Cool Up
Upscaling Sustainable Cooling

التقرير الخاص بحالة قطاع التبريد في لبنان:

تحليل هيكل السوق الحالي والتوجهات والرؤى حول قطاع التبريد وتكييف الهواء

آذار 2022

التقرير الخاص بحالة قطاع التبريد في لبنان:

تحليل هيكل السوق الحالي والتوجهات والرؤى حول قطاع التبريد وتكييف الهواء

www.cooluppprogramme.org

تويتر

الرسائل الإخبارية

البريد الإلكتروني

Cool Up
Upscaling Sustainable Cooling

Guidehouse
Outwit Complexity

Frankfurt School
of Finance & Management
German Excellence. Global Relevance.

LCEC
LEBANESE CENTER FOR ENERGY CONSERVATION
المركز اللبناني لحفظ الطاقة
efficient resources, sustainable achievements

الجمعية العلمية الملكية
Royal Scientific Society

UNDP

Öko-Recherche
Environmental Consulting

ILK Dresden

IDG Co.

ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY

RCREEE
Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency
المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

Supported by:
Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection
based on a decision of
the German Bundestag

برنامج كوول أب Cool Up هو جزء من مبادرة المناخ الدولية، التي تدعمها وزارة البيئة وحماية الطبيعة والسلامة النووية وحماية المستهلك بناءً على قرار معتمد من مجلس النواب الألماني الاتحادي (البوندستاغ).

المعلومات والآراء الواردة في هذه المطبوعة تخص المؤلفين، ولا تعكس بالضرورة الرأي الرسمي لمبادرة المناخ الدولية أو وزارة البيئة وحماية الطبيعة والسلامة النووية وحماية المستهلك.

أعد المؤلفين التقرير الوارد هنا بغرض استخدامه في برنامج كوول اب وحسب. وتمثل الأعمال المنجزة المقدمة في هذه الوثيقة الرأي المهني للمؤلفين بناءً على المعلومات المتاحة في وقت إعداد هذا التقرير. ولا يتحمل شركاء اتحاد كوول اب مسؤولية استخدام أي طرف ثالث للتقرير أو الاعتماد عليه أو أي قرارات تستند إليه. ويرجى العلم أن قراء التقرير يتحملون التبعات المترتبة على اعتمادهم على التقرير أو البيانات والمعلومات والنتائج والآراء الواردة فيه. فالآراء الواردة هنا تعود إلى المؤلفين ولا تمثل بالضرورة آراء حكومات مصر والأردن ولبنان وتركيا وألمانيا.

جهة النشر

Guidehouse Germany GmbH
Albrechtstr. 10C
10117 Berlin, Germany
+49 (0)30 297735790
www.guidehouse.com
© 2022 Guidehouse Germany GmbH

المؤلفون

المؤلفون الرئيسيون:
د. سورينا مرتضى، وحسين السمرة، ومحمد حماد (المركز اللبناني لحفظ الطاقة)

Jan Grözinger, Nesen Surmeli-Anac (Guidehouse)

المؤلفون المساهمون:
Sven Schimschar, Eslam Mohamed Mahdy Youssef, Katja Dinges, Andrea Dertinger, Alexander Pohl (Guidehouse)

Felix Heydel (Öko-Recherche)

Sanjeev Tamhane, Zuhal Ürgüplü Sanal (Frankfurt School of Finance and Management)

Mohamed Abdelhameed (Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency)

مراجعة:
Markus Offermann, Carsten Petersdorff, Katja Eisbrenner (Guidehouse)

Barbara Gschrey (Öko-Recherche)

Mathias Safarik, Ronny Mai (Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH)

التاريخ

آذار 2022

للتواصل

التواصل معنا من خلال info@coolupprogramme.org.
أو قُم بزيارة موقعنا على شبكة الإنترنت www.coolupprogramme.org.

جدول المحتويات

1. **مقدمة** 1
1.1. برنامج كوول أب 1
1.2. هدف التقرير ونطاقه 2
1.3. تعديل كيغالي 2
2. **لمحة عامة** 4
2.1. تحديد المشهد 4
2.2. لمحة عامة على الاقتصاد الكلي 4
2.2.1. استهلاك الكهرباء 5
2.2.2. انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء 5
2.3. مشهد السياسات العامة 6
2.4. ملامح التمويل 7
3. **المنهجية المُتبعة** 9
3.1. التعريفات 9
3.2. فئات المباني وأنواع الأجهزة المستخدمة في نطاق برنامج كوول أب 10
3.3. النهج المُتبع في جمع البيانات 11
4. **موجز بأهم النتائج والتوصيات** 13
5. **سوق تكييف الهواء** 14
5.1. إجمالي المباني وإمكانات السوق 14
5.2. خصائص السوق وتطوراته 16
5.2.1. التكنولوجيات الشائعة 16
5.2.2. توجهات السوق ومحركاته 18
5.2.3. حجم السوق وهيكله 19
6. **سوق التبريد التجاري** 21
6.1. فئات السوق والتكنولوجيات الشائعة 21
6.2. توجهات السوق ومحركاته 22
6.3. حجم السوق وهيكله 22
7. **سوق مواد التبريد** 24
7.1. سوق مواد التبريد الحالي 24
7.2. توافر مواد التبريد الطبيعية ذات القدرة المنخفضة على إحداث احترار عالمي 25
8. **مزيد من الرؤى حول قطاع التبريد** 26
8.1. مواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة 26
8.2. ارتفاع معدلات التسرب وسوء الصيانة 27
8.3. أهم العوامل المؤثرة في قرار الشراء 28
8.3.1. قطاع تكييف الهواء 28
8.3.2. قطاع التبريد التجاري 29
9. **المراجع** 30

الأشكال

شكل 1 تقسيم انبعاثات غازات الدفيئة حسب قطاعات التبريد وتكييف الهواء الفرعية في عام 2018 6

شكل 2 إجمالي المباني في لبنان 15

شكل 3 حصة المساحة الأرضية غير المكيفة (= إمكانية النمو) في المباني السكنية وغير السكنية 15

شكل 4 واردات لبنان من مكيفات الهواء حسب البلد 19

شكل 5 حجم سوق تكييف الهواء، لمحة عامة حسب النظام (% حجم المبيعات في 2020) 20

الجداول

جدول 1 الجدول الزمني للخفض التدريجي من استهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون في البلدان الشريكة في برنامج "كوول أب" 2

جدول 2 نظرة عامة على أنظمة التكييف الموجودة في كل فئة من فئات المباني الموجودة 16

جدول 3 نظرة عامة على أنظمة التكييف الموجودة في كل فئة من فئات المباني المشيدة حديثًا **Error! Bookmark not defined.**

جدول 4 نظرة عامة على متوسط الكفاءات في المباني والأنظمة الجديدة وأفضل التقنيات المتاحة محليًا ودوليًا 17

جدول 5 تأثير تكنولوجيات تكييف الهواء والعوامل المحركة (قبل التراجع الاقتصادي الحالي) 18

جدول 6 المعلمات التقنية لأنظمة التبريد التجارية الرئيسية 22

جدول 7 أهم مواد التبريد المستخدمة في أجهزة التكييف الموجودة والجديدة في لبنان 24

جدول 8 مواد التبريد شائعة الاستخدام في أنظمة التبريد التجارية الحالية والجديدة 25

جدول 9 الخصائص الرئيسية لمواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة 26

الاختصارات

AC	تكييف الهواء
AHU	وحدة مناولة الهواء
BP	شركة بريتيش بتروليوم
BSRIA	جمعية بحوث ومعلومات خدمات البناء
Btu	وحدة حرارية بريطانية
CLASP	البرنامج التعاوني لمعايير الوسم والأجهزة
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
DC	تبريد المناطق
DX	التحويل المباشر
EBRD	البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية
EDL	شركة كهرباء لبنان
EE	كفاءة الطاقة
EER	نسبة كفاءة الطاقة
ESCO	شركة خدمات الطاقة (إسكو)
GCI	مبادرة التمويل الأخضر
GDP	إجمالي الناتج المحلي
GEFF	مرفق تمويل الاقتصاد الأخضر
GHG	غازات الدفيئة
GWP	احتمالية الاحترار العالمي
HCFC	مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون
HFC	مركبات الهيدروفلوروكربون
HPMP	خطة إدارة التخلص التدريجي من مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون
IEA	الوكالة الدولية للطاقة
IKI	مبادرة المناخ الدولية
IMF	صندوق النقد الدولي
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
IRI	معهد البحوث الصناعية
IRENA	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
JRAIA	جمعية صناعة التبريد وتكييف الهواء اليابانية
kW	كيلوواط
LBP	الليرة اللبناني

LIBNOR	معهد المعايير اللبنانية
m^2	متر مربع
MAC	مكيف هواء متنقل
MENA	الشرق الأوسط وشمال إفريقيا
MEP	الهندسة الميكانيكية والسباكة
MEPS	معايير أداء الطاقة الدنيا
MP	بروتوكوول مونتريال
MT	طن متري
$MtCO_2e$	ميغا طن من مكافيء ثاني أكسيد الكربون
MW	ميغا واط
NCPL	الخطة الوطنية للتبريد في لبنان
NDC	المساهمات المحددة وطنيًا
NEEAP	خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة
NEEREA	خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة
NOU	وحدة الأوزون الوطنية
ODS	مادة (مواد) مستنفدة لطبقة الأوزون
PTAC	تكييف الهواء الطرفي المعبأ (وحدة)
PV	كهروضوئي
R1234ze	HFO-1234ze (مركب هيدروفلوروكربون غير مشبع، أوليفين هيدروفلور)
R134a	HFC-123a (رباعي فلورو الإيثان)
R22	HCFC-22 (كلورو فلورو الميثان)
R290	HC-290، البروبان (هيدروكربون)
R32	HFC-32 (ثنائي فلورو الميثان)
R404A	خليط مكون من مركبات الهيدروفلوروكربون R143a :(ثلاثي فلورو الإيثان)، و R125(خماسي فلورو الإيثان)، وR134a (رباعي فلورو الإيثان)
R407C	خليط مكون من المركبات الهيدروفلوروكربونية R32 :(ثنائي فلورو الميثان) وR125(رباعي فلورو الإيثان)، و 1،1،1،2 - رباعي فلورو الإيثان
R410A	خليط مكون من المركبات الهيدروفلوروكربونية R32 :(ثنائي فلورو الميثان) وR125 (خماسي فلورو الإيثان)
R600a	HC-600a، أيزوبيوتان (هيدروكربون)
R717	NH3-717، الأمونيا (مادة تبريد طبيعية)
R718	الماء (مادة تبريد طبيعية)
R744	ثاني أكسيد الكربون (مادة تبريد)
RAC	تبريد وتكييف الهواء
RCREEE	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

RTOC	لجنة الخيارات الفنية للتبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية
SME	المؤسسات الصغيرة والمتوسطة
TR	طن من التبريد
TWh	تيرا واط / ساعة
UAC	تكييف الهواء الوحدوي
UNDP	برنامج الأمم المتحدة للتنمية
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNIDO	منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو)
UK	المملكة المتحدة
VRF	نظام التبريد متغير التدفق
W	واط

1. مقدمة

مع توقع زيادة الطلب على الطاقة بنسبة 50٪ بحلول عام 2040،[1] تواجه بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مجموعة من التحديات المتعلقة بتغير المناخ. تشمل تحديات الطاقة في المنطقة النمو السكاني السريع، والتوسع الحضري، والبنية التحتية الهشة للطاقة. يمثل التبريد في المنازل المجهزة بتكييف الهواء بالفعل مصدرًا رئيسيًا لاستهلاك الطاقة في المنطقة. كما أنه من المتوقع أن يزداد استخدام التبريد لأنه مع تحسن مستوى المعيشة، تستخدم المزيد من الأسر أنظمة تكييف الهواء. هناك إمكانية كبيرة لتوفير الطاقة حيث أن العديد من أنظمة التبريد والتبريد المستخدمة لديها كفاءة طاقة منخفضة. وهناك تأثير مناخي آخر ناجم عن التبريد يأتي من مواد التبريد التي لا تزال مستخدمة في العديد من مكيفات الهواء والثلاجات اليوم. فمثل هذه المبردات ذات القدرة العالية على إحداث الاحترار العالمي هي أقوى 2000 مرة (انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة) بالنسبة للمناخ من ثاني أكسيد الكربون وبدائل مواد التبريد الطبيعية. لذلك فإنه بدون تنفيذ سياسات عامة أخرى، قد ترتفع الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة من التبريد والتجميد بنسبة 90٪ فوق مستويات عام 2017 بحلول عام 2050، مما يؤدي إلى حلقة ردود فعل مفرغة.

1.1. برنامج كوول أب

يشجع برنامج كوول أب Cool Up التغير التكنولوجي المتسارع والتنفيذ المبكر لتعديل كيغالي لبروتوكوول مونتريال واتفاقية باريس في كل من مصر والأردن ولبنان وتركيا. ويركز البرنامج على إتاحة مواد التبريد الطبيعية والحلول الموفرة للطاقة للتخفيف من آثار ارتفاع الطلب على التبريد. ويعتمد نهج برنامج كوول أب Cool Up على أربع ركائز: تقليل الطلب على التبريد، والخفض التدريجي لمركبات الهيدروفلوروكربون، واستبدال وإعادة تدوير المعدات ومواد التبريد غير الفعالة، والتدريب ورفع الوعي.

يركز نهج البرنامج متعدد القطاعات على قطاع التكييف السكني والتجاري (تكييف الهواء) وعلى قطاع التبريد التجاري.

ويهدف البرنامج إلى تطوير قدرة مؤسسية دائمة وزيادة نشر تقنيات التبريد المستدامة في السوق. ومن أجل التمكين من تحول سوق التبريد نحو تقنيات التبريد المستدامة، سيقوم برنامج كوول أب بما يلي:

- تعزيز الحوار عبر القطاعات بين الجهات الفاعلة الوطنية لبناء الملكية لدعم التأثير على المدى الطويل.
- تطوير الإجراءات والسياسات لتوفير بيئة تنظيمية داعمة.
- تطوير آليات مالية وهياكل تمويلية لإتاحة تحول سوق التبريد
- دعم النشر التجاري ونشر التقنيات الحالية والناشئة باستخدام المبردات الطبيعية..
- توفير الموارد اللازمة لتنمية القدرات في مجال التبريد المستدام في البلدان الأربعة المستهدفة.

في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، يشكل التبريد مصدرًا رئيسيًا لاستهلاك الطاقة، تنتج انبعاثات غير مباشرة من غازات الدفيئة وتساهم في استنفاد طبقة الأوزون والاحترار العالمي. ولذلك، يسعى برنامج كوول أب إلى مواجهة هذا التحدي في البلدان الشريكة من خلال التخفيف من الآثار السلبية لغازات التبريد من خلال تعزيز التغيير التكنولوجي المتسارع وتسهيل التنفيذ المبكر لتعديل كيغالي واتفاقية باريس.

وينقسم البرنامج إلى ثلاث محاور:

- السياسات والأنظمة
- التكنولوجيا والأسواق
- التمويل ونماذج الأعمال

[1] British Patrol, "BP Energy Outlook 2018 Edition"

1.2. هدف التقرير ونطاقه

يعد تقرير وضع قطاع التبريد هو الأول في سلسلة من التقارير التي سيصدرها برنامج كوول أب. ويهدف هذا التقرير إلى تقديم لمحة عامة عن قطاع التبريد، مما سيضع الأساس لإجراء المزيد من الأعمال ضمن إطار البرنامج، كما سيسهل اتخاذ جميع صناع القرار من الأطراف المعنية في القطاعين العام والخاص للقرارات المدروسة .

في الدول الشريكة - مصر، الأردن، لبنان وتركيا – بالكاد تتوفر دراسات مفصلة حول سوق التبريد التي تعد ضرورية لفهم الوضع الحالي وتوجيه سوق تكييف الهواء والتبريد نحو الاستدامة.

ويعرض تقرير وضع قطاع التبريد مجموعة من البيانات المحدودة المتاحة حول قطاعات التركيز،[2] ومنها أجهزة التكييف في المباني السكنية وغير السكنية والتبريد التجاري في المباني غير السكنية. وعلى الرغم من أن هذا التقرير يركز على تلك القطاعات، فكذلك من أجل الشمولية، يلخص شكل السياسات الحالية ويستعرض عدة أنواع من السياسات واللوائح (مثل البروتوكوولات الدولية والاستراتيجيات الوطنية والقوانين والمعايير والقواعد)، فضلاً عن ملامح التمويل. وسيعرض برنامج كوول أب عناصر البرنامج بالتفصيل في تقارير منفصلة.

والتقرير منظم على النحو التالي:

- يستعرض الفصل 2 لمحة موجزة عن البلد يتبعها ملخصات رفيعة المستوى تخص السياسات والقطاعات المالية.
- يعرض الفصل 3 نظرة عامة على التدابير المُتخذة لتوجيه أنشطة برنامج كوول أب، متضمنًا توضيحًا للتعريفات ونطاق البيانات وأوجه القصور في الدراسة.
- يلخص الفصل الرابع أهم نتائج هذا التقرير.
- يركز الفصلان 5 و6 على وضع قطاع تكييف الهواء وأسواق التبريد التجاري، كما يوفران بيانات حول أعداد المباني الحالية وإمكانات السوق وخصائصه ومستجداته.
- يناقش الفصل 7 مواد التبريد التقليدية المستخدمة في الدولة.
- يعرض الفصل 8 رؤى حول أهمية مواد التبريد الطبيعية، وأهمية الصيانة، وأهم العوامل التي تؤثر في قرار الشراء.

1.3. تعديل كيغالي

تعتمد معظم أنظمة التبريد على مواد تبريد ذات قدرة عالية على التسبب في الاحترار العالمي، مما يؤدي إلى انبعاثات مباشرة عالية من دائرة التبريد. وعليه، اعتُمد بروتوكول مونتريال في عام 1987 يخفض تدريجياً استهلاك المواد المستنفدة لطبقة الأوزون وإنتاجها – وعلى رأسها مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون، وذلك وفقًا لجداول زمنية مختلفة للبلدان المتقدمة والنامية (المعروفة بالبلدان المشار إليها بالمادة 5). (المشار إليها باسم دول المادة 5). وإدراكًا منه بالتهديدات التي تنتج عن الغازات المفلورة على المناخ العالمي ولاسيما مركبات الهيدروفلوروكربون، قرر المجتمع الدولي عام 2016 في كيغالي (رواندا) إجراء تعديل على بروتوكول مونتريال. وبدخول تعديل كيغالي حيز التنفيذ في 1 يناير 2019، أصبح هناك تركيز على الخفض التدريجي لتلك المُركبات، عالميًا، لتقليل إنتاج مركبات الهيدروفلوروكربون واستهلاكها بنسبة تزيد عن 80٪ خلال الثلاثين عامًا القادمة.

بالنسبة للدول الشريكة في برنامج كوول أب - مصر والأردن ولبنان وتركيا[3] - تُطبق الجداول الزمنية نفسها للتخلص التدريجي من مركبات الهيدروفلوروكربون بموجب تعديل كيغالي (انظر الجدول 1).

يُعرَف خط الأساس على أنه متوسط استهلاك الدولة من مركبات الكربون الهيدروفلوروكربون لعام 2020 و2021 و2022 بالإضافة إلى أن 65٪ من خط الأساس يُخصص لمركبات الهيدروكلوروفلوروكربون.

---

[2] هذا التقرير ليس جزءًا من عمل إعداد التقارير الحكومية الوطنية بموجب بروتوكول مونتريال؛ إذ أنه لا يشكل تقريرًا أساسيًا رسميًا وليس جزءًا من قائمة جرد مركبات الهيدروفلوروكربون.

[3] وتعتبر هذه البلدان من البلدان النامية (بلدان المادة 5) بموجب بروتوكول مونتريال. وتتبع البلدان العاملة بالمادة 5 جداول زمنية مختلفة للتخلص التدريجي عن تلك التي تتبعها البلدان الصناعية.

جدول 1 الجدول الزمني للخفض التدريجي من استهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون في البلدان الشريكة في برنامج كوول أب

الخطوات	الجدول الزمني للخفض التدريجي
1	تجميد 100٪ من خط الأساس 2024-2028
2	الخفض التدريجي بنسبة 10٪ من خط الأساس لـ 2029-2034
3	الخفض التدريجي بنسبة 30٪ من خط الأساس لـ 2035-2039
4	الخفض التدريجي بنسبة 50٪ من خط الأساس لـ 2040-2044
5	الخفض التدريجي بنسبة 80٪ من خط الأساس عام 2045

تشكل السنوات القادمة العديد من الفرص والتحديات أمام إحداث تحول في قطاع التبريد وتقديم بدائل للمواد المستنفدة لطبقة الأوزون ومركبات الهيدروفلوروكربون تتسم بالاستدامة والقدرة على الصمود أمام تحديات المستقبل.

وفي عديد من البلدان خلال السنوات الماضية، أدى استبدال مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون إلى إدخال مركبات الهيدروفلوروكربون في تطبيقات التبريد الرئيسية. ومع ذلك، بسبب الجدول الزمني لخفض استهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون المذكور في تعديل كيغالي، لم تعد مركبات الهيدروفلوروكربون تمثل بدائل مستدامة للمواد المستنفدة لطبقة الأوزون. فتمكين الاستفادة من البدائل المستدامة، مثل مواد التبريد الطبيعية، يمنع التحول من مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون إلى مركبات الهيدروفلوروكربون ومن مركبات الهيدروفلوروكربون إلى بدائل صديقة للبيئة منخفضة القدرة على التسبب في احترار عالمي. ويُطلق على هذا الاستبدال المباشر في وقت مبكر من عملية التحول اسم "القفزة النوعية" ويخلق فرصًا لتقليل الانبعاثات، وتوفير الطاقة، والاستثمار في التكنولوجيا القادرة على مواجهة التحديات المستقبلية.

وفي العقد الماضي، أُجريت العديد من الأبحاث على نطاق واسع عن مواد التبريد الطبيعية والتدابير المراعية للمناخ (التي يُشار إليها باسم "التقنيات غير العينية[4]"). وتُطرح أمثلة على مثل هذه التقنيات تجاريًا في جميع أنحاء العالم (مثل التبريد السلبي للمباني). وكذلك، تم الوصول إلى حلول تقنية لتطبيقها في تعزيز كفاءة الأنظمة المعتمدة على مواد التبريد الطبيعية.

[4] هي الأنظمة التي لا تعتمد على دورة ضغط البخار باستخدام مادة التبريد الغازية.

2. لمحة عامة

2.1. تحديد المشهد

يشهد لبنان اضطرابات اقتصادية وسياسية كبيرة أثرت في جميع الأسواق. وتفاقمت الأزمة الاقتصادية المستمرة منذ عام 2019 بسبب انفجار مرفأ بيروت عام 2020، وازدادت الأمور سوءًا مع تفشي جائحة كوفيد-19. وفي ظل الظروف الحالية، عانى البلد من نمو اقتصادي سلبي وتنفيذ عدد قليل من أنشطة البناء الجديدة في لبنان، مما أدى إلى تضاؤل النمو في أسواق تكييف الهواء والتبريد.

تتمتع البلاد بمناخ متوسطي يتسم بصيفه الحار والجاف الذي يتطلب التبريد. يزيد عدد أيام درجة التبريد في لبنان بمرتين من عدد أيام درجات التدفئة، ويمكن أن تتجاوز 1300 درجة في السنة[5]. ففي عام 2018، شكلت طاقة التبريد المستهلكة ما يقرب من 32٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء في لبنان، وشكل القطاع السكني 50٪ من إجمالي استهلاك التبريد. وعلى الرغم من التحديات الاقتصادية الأخيرة، من المتوقع أن يشهد لبنان زيادة بنسبة 75٪ في الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني بحلول عام 2030[6]، إذ يعد التبريد وتخفيض الرطوبة من أكثر الاستخدامات النهائية استهلاكًا للطاقة في قطاع البناء اللبناني.

2.2. لمحة عامة على الاقتصاد الكلي

مثلت الفترة بين 2020 و2021 فترة استثنائية إذ لم تسر الأمور على النحو المعتاد. ويستند هذا التقرير إلى البيانات التي تمثل ظروف التشغيل التاريخية والمعتادة مع مراعاة التحديات الاقتصادية الأخيرة عند اللزوم.

وعانى لبنان من كساد اقتصادي وواجه تحديات سياسية في السنوات الأخيرة بسبب الطوارئ المالية، وتفشي جائحة كوفيد-19، وانفجار مرفأ بيروت، مما أدى إلى انخفاض إجمالي الناتج المحلي الفعلي بنسبة 20٪ في عام 2020 ووصول معدل التضخم إلى خانة المئات مع استمرار انهيار سعر الصرف، وتزايد الفقر بسرعة[7]. ووفقًا للبنك الدولي، سيستمر الاضطراب النقدي والمالي في المساهمة في تفاقم ظروف الأزمة، وستتمثل العوامل المؤثرة الرئيسية في التقلبات في سعر الصرف والأموال المحدودة والتضخم[8].

فتنعكس التحديات الاقتصادية الأخيرة في لبنان انعكاسًا مباشرًا في القدرة الشرائية للأسر اللبنانية، فشراء جهاز جديد صار عبئًا ماليًا؛ فعلى سبيل المثال، تكلفة وحدة تكييف الهواء المتوسطة تساوي ضعف الحد الأدنى للأجور اللبنانية. وفي ظل هذه الظروف العصيبة والتحديات الاقتصادية الجسيمة في لبنان (بما في ذلك النمو الاقتصادي السلبي وقلة أنشطة البناء الجديدة)، غابت المحركات الرئيسية المعتادة لسوق تكييف الهواء والتبريد غيابًا جزئيًا، مما أدى إلى تراجع سوق تكييف الهواء والتبريد. وقد تأثرت سوق الأنظمة المنفصلة بشكل خاص بين السكان ذوي الدخل المنخفض. فيعتمد السوق الآن على صيانة الأنظمة الموجودة بدلاً من بيع أنظمة جديدة[9].

وأسعار الكهرباء في لبنان مدعومة إلى حد كبير؛ إذ بلغ متوسط تكلفة إنتاج 1 كيلوواط في الساعة في عام 2010 0.18 يورو[10][11]، ومتوسط سعر بيع شركة كهرباء لبنان للكيلوواط 138 ليرة لبنانية، أي ما يعادل 0.083 يورو بسعر الصرف الرسمي. ونتج عن ذلك الدعم، منذ نهاية عام 2019 وحتى ديسمبر 2021، خسارة حوالي 90٪ من قيمة العملة اللبنانية. وعليه، يمكن اعتبار قيمة 1 كيلوواط في الساعة المباعة الآن أقل من 0.009 يورو في حين تظل تكلفة الإنتاج، التي تعتمد بشكل كبير على واردات الوقود، كما هي، مما نتج عنه خسائر مجمعة تزيد عن 0.17 يورو لكل كيلوواط في الساعة تكبدها كل من شركة كهرباء لبنان والاقتصاد اللبناني.

ويسجل الطلب على الكهرباء معدلات أعلى بكثير من الإمدادات المتاحة في لبنان؛ إذ بلغ متوسط الطاقة المولدة 1670 ميغاواط في عام 2019 في حين بلغ متوسط الطلب 2615 ميغاواط. كما بلغت الفجوة بين ذروة الطلب وذروة التوليد في

---

[5] Sources: https://xp20.ashrae.org/standard169/169_2013_a_20201012.pdf, https://meteonorm.com/en/

[6] Sources: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Outlook_Lebanon_2020.pdf

[7] The Heritage Foundation, "2021 Index of Economic Freedom - Lebanon"

[8] The World Bank, "The World Bank in Lebanon"

[9] Expert Interviews

[10] Lebanese Center for Energy Conservation, "The Second National Energy Efficiency Action Plan for The Republic of Lebanon NEEAP 2016-2020"

[11] All data given in USD in the original source has been converted to EUR. 1 USD has been converted to 0.90 EUR, based on, European Central Bank, "Euro foreign exchange reference rates"

العام نفسه 1537 ميجاوات. وبينما يرتفع الطلب على الكهرباء، تنخفض إمدادات الكهرباء بسبب ارتفاع الطلب على الوقود المستورد[12].

تعاني جميع المناطق في لبنان من انقطاع الكهرباء؛ إذ تنقطع الكهرباء لمدة 12 ساعة يوميًا في السنوات العادية و18-20 ساعة في ظل الوضع الحالي.

2.2.1. استهلاك الكهرباء

إن نمط الطلب على الكهرباء مدفوع بشكل أساسي بالنمو الاقتصادي والزيادة السكانية وتغير المناخ.

شهد لبنان تذبذباً في استهلاك الطاقة على مر السنين. ويحدد **تقرير مؤشرات الطاقة الأول للجمهورية اللبنانية** الصادر عام 2018[13] ثلاثة محاور رئيسية لاستهلاك الطاقة على مستوى المستخدم النهائي في لبنان: قطاع البناء، والقطاع الصناعي (الذي يمثل العمليات الصناعية فقط)، وقطاع النقل. وفي عام 2018، استهلك قطاع البناء غالبية كهرباء لبنان، بإجمالي استهلاك حوالي 19.5 تيراوات في الساعة أي ما يعادل 86٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء[14] (مقارنة بـ 78٪ في عام 2014)[15].

لطالما كان القطاع السكني أكبر مستهلك للكهرباء، إذ استأثر على ما يقرب من 30٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء في لبنان في عام 2014، يليه القطاع التجاري (تجارة التجزئة والجملة والمراكز التجارية...) الذي يُنسب إليه 27٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء في لبنان في العام نفسه.[16]

يعد التبريد وإزالة الرطوبة من أكثر الاستخدامات استهلاكًا في قطاع المباني (السكنية وغير السكنية). فشكل التبريد وإزالة الرطوبة في قطاع البناء مجتمعين 40٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء في لبنان عام 2014؛ إذ يُنسب حوالي 19٪ من الاستهلاك إلى القطاع السكني، و11٪ إلى القطاع التجاري و8٪ إلى قطاعي الصحة والتعليم[17].

في عام 2018، استحوذ التبريد في قطاع المباني (السكنية وغير السكنية) على حوالي 7250 جيجاوات في الساعة، وهو ما يعادل حوالي 32٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء في لبنان (مقارنة بـ 40٪ في عام 2014). وشكل استهلاك القطاع السكني في التبريد 50٪ من إجمالي استهلاك قطاع التبريد عام 2018[18].

أثبتت الخطة الوطنية للتبريد في لبنان أن حوالي 53٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء للتبريد يُنسب إلى تكييف الهواء الوحدوي، وحوالي 18٪ إلى التبريد التجاري[19].

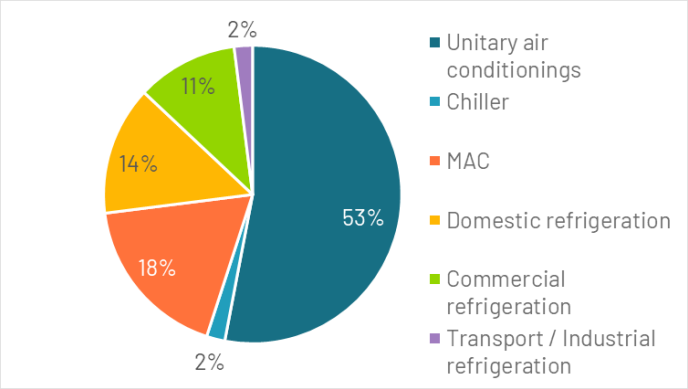
توقعت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في **تقرير توقعات الطاقة المتجددة في لبنان**[20] (2020) زيادة في الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني بنحو 75٪ (لتصل إلى 36 تيراواط في الساعة) بحلول عام 2030. ويعزى هذا النمو في الطلب على الطاقة إلى زيادة الطلب في قطاع البناء، بما في ذلك الطلب على التبريد والتدفئة.

2.2.2. انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء

كان من المتوقع أن تبلغ الانبعاثات الإجمالية لقطاع التبريد وتكييف الهواء حوالي 7.7 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2020. فتم تقسيم انبعاثات القطاع إلى انبعاثات مباشرة (متعلقة بغاز التبريد) بنسبة 32٪ وانبعاثات غير مباشرة (تتعلق باستهلاك الطاقة) بنسبة 68٪. وتُنسب أعلى حصة في إجمالي انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء إلى قطاع تكييف الهواء (تكييف الهواء الوحدوي) بنسبة 53٪، يليه مكيف الهواء المتنقل بنسبة 18٪، والتبريد المنزلي بنسبة 14٪،

[12] Lebanese Center for Energy Conservation, "Internal database"
[13] Lebanese Center for Energy Conservation, "The First Energy Indicators Report of the Republic of Lebanon"
[14] LCEC internal database
[15] Lebanese Center for Energy Conservation
[16] Lebanese Center for Energy Conservation
[17] Lebanese Center for Energy Conservation
[18] Lebanese Center for Energy Conservation, "Internal database"
[19] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
[20] International Renewable Energy Agency, "Renewable Energy Outlook Lebanon"

والتبريد التجاري بنسبة 11٪، والتبريد في قطاعي النقل والصناعة معًا بنسبة 2٪. ويوضح **الشكل 1**[21] التقسيم حسب القطاع الفرعي.



شكل 1 تقسيم انبعاثات غازات الدفيئة حسب قطاعات التبريد وتكييف الهواء الفرعية في عام 2018[22]

2.3. مشهد السياسات العامة

صدقت الحكومة اللبنانية على تعديل كيغالي في 5 شباط 2020، وأحرزت تقدمًا فيما يخص الالتزامات المتعلقة ببروتوكول مونتريال من خلال تنفيذ عدة برامج وتطبيق قوانين وآليات أخرى للسياسة العامة مثل القواعد والمعايير. وتم تحليل آليات السياسة العامة التي تحكم قطاع التبريد وتكييف الهواء في لبنان لتحديد أهم نقاط القوى والضعف فيما يتعلق بعملية التخلص التدريجي من مركبات الهيدروفلوروكربون، واستخدام مواد تبريد طبيعية، وتقليل الطلب على التبريد. ويغطي التحليل الدوري الفئات الأربعة من أدوات السياسة العامة وفقًا للتسلسل التالي: أ) البروتوكوولات والالتزامات الدولية، ب) الخطط والاستراتيجيات الوطنية، ج) القوانين والأنظمة ذات الصلة بقطاع تبريد وتكييف الهواء، د) المعايير والقواعد.

يسعى لبنان إلى الوفاء بالتزاماته الدولية من خلال تطبيق نهج مرحلي للامتثال لجدول المراقبة المعدل لمواد المجموعة الأولى في الملحق ج (مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون)، إلى جانب استكمال أنشطة المرحلة الأولى من خطة إدارة التخلص التدريجي من مواد الهيدروكلوروفلوروكربون (من عام 2011 إلى عام 2015)، وهي المرحلة الصناعية من عملية التخلص التدريجي قبل عام 2015. وقد ساهمت هذه الجهود في انخفاض استهلاك مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون في البلاد. وكذلك، تمت الموافقة على تنفيذ المرحلة الثانية (من عام 2016 إلى عام 2025) من الخطة نفسها في عام 2016، وتركز هذه المرحلة على صناعات التبريد وتكييف الهواء وقطاع خدمة التبريد وتكييف الهواء. وعلاوة على ما سبق، تم وضع العديد من السياسات الوطنية الأخرى، مثل خطة العمل الوطنية الثانية لكفاءة الطاقة (2016-2020)، وخطة التبريد الوطنية (2021). كما نشر لبنان أيضًا تحديثًا على المساهمات المحددة وطنيًا في عام 2021 يتضمن التزامات جديدة بخفض الانبعاثات. وقد تم تنفيذ معظم هذه الخطط الوطنية بنجاح أما البقية فهي قيد التنفيذ. ومع ذلك، يمثل نقص التمويل عائقًا رئيسيًا أمام التنفيذ.

سن لبنان العديد من القوانين التي تحكم عملية التخلص التدريجي من المواد المستنفدة للأوزون، وتعزز كفاءة الطاقة وحماية البيئة. وهذا يشمل -على سبيل المثال- قانون حماية البيئة، والقانون الإطاري لإدارة النفايات، والمرسوم رقم 2016/3277 الذي ينظم استيراد المواد المدرجة في بروتوكول مونتريال وتعديلاته. ويعد عدم الإنفاذ هو التحدي الرئيسي الذي يواجه تلك القوانين ووالأنظمة، ويرجع ذلك في الغالب إلى غياب الوعي بين المستخدمين النهائيين بالإضافة إلى ندرة الموارد لدى السلطات المنفذة. فعلى سبيل المثال، تتمتع بعض الكيانات، مثل معهد البحوث الصناعية بصلاحيات اختبار سلامة الأجهزة وأنواع أخرى من الاختبارات المصدق عليها بموجب القوانين، في حين تفتقر كيانات أخرى، مثل مكاتب الجمارك إلى النظام أو البرنامج اللازم للجمارك من أجل تطبيق المرسوم رقم 2017/167 المتعلق بالحوافز الضريبية على المعدات الخضراء.

يمر لبنان بمرحلة مختلفة من تطوير وتنفيذ ما يتعلق بمعايير أداء الطاقة الدنيا وبطاقات الطاقة. ويقتصر تنفيذ المعايير الإلزامية على مصابيح الفلورسنت المدمجة وسخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية، في حين يتم تطوير معايير أداء الطاقة الدنيا

[21] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
[22] National Ozone Unit Lebanon

المتعلقة بالثلاجات ووحدات تكييف الهواء سبليت والمضخات الحرارية، وتركز في الغالب على أداء الأنظمة، بدلاً من التركيز على استخدامات محددة لمواد التبريد الطبيعية والتبريد المستدام. ووضع معهد المعايير اللبنانية هذه المعايير، وأصدرها في الأساس بوصفها معايير طوعية، إذ يجب ترجمة المعيار إلى مرسوم حكومي حتى يتم تطبيقه على أنه إلزامي، كما يجب أن يحدد هذا المرسوم أيضًا الجهات المنفذة (المراقبة والتفتيش والضبطية القضائية). وتتطلب هذه العملية صقل مهارات جميع الكيانات المعنية وبناء قدراتها. ولا بد من رفع وعي المستخدمين النهائيين لتعزيز فهمهم لاستخدام مواد التبريد الطبيعية، ولتهدئة مخاوفهم المتعلقة بالسلامة على وجه التحديد.

وفي العموم، نجح لبنان في تنفيذ العديد من الخطط الوطنية للامتثال لبروتوكول مونتريال والوفاء بالتزاماته، بيد أن المجال فسيح أمام البلاد لتحقيق المزيد من النجاح ومواجهة التحديات المتعلقة بعدم الإنفاذ وتوفر التمويل وبرامج بناء قدرات مجموعات أصحاب المصلحة المختلفة.

وبناءً على هذا التحليل، تم استخلاص بعض التوصيات السياسية الرئيسية لدعم إعداد الأطر السياسية التي يُسترشد بها في عملية الانتقال نحو التبريد المستدام واستخدام المواد المبردة الطبيعية. ويتوفر تقريرٌ مفصلٌ يضم تحليلاً كاملاً وقائمة بالتوصيات السياسية على موقع برنامج كوول أب .

2.4. ملامح التمويل

يوجد في لبنان أكثر من 45 مصرفاً تجارياً حتى عام 2020، منها حوالي 16 مصرفاً كبيراً ومتوسط الحجم. وتضاعفت حصة هذه البنوك في إجمالي الائتمان المصرفي لتشكل ما يقرب من ثلث إجمالي الائتمان المصرفي للقطاع الخاص. وخضع التوزيع القطاعي للائتمان المصرفي إلى تغير هيكلي جذري في العقد الماضي، إذ تضاعفت القروض الشخصية الممنوحة بشكل أساسي لتمويل الإنفاق الاستهلاكي بجميع أشكاله بمعامل 7 في الفترة من عام 2000 إلى عام 2012، وبمعامل 11 من عام 2000 إلى عام 2018. وعلى مدار العامين ونصف العام الماضيين (يوليو 2019 - ديسمبر 2021)، واجه لبنان عدة أزمات، على رأسها: أ) الأزمة الاقتصادية والمالية. ب) جائحة كوفيد-19، وانفجار مرفأ بيروت (أغسطس 2020). وكان للأزمة الاقتصادية التأثير السلبي الأكبر؛ إذ توقف القطاع المصرفي عن الإقراض وعزفت عن قبول الودائع (تبنت البنوك ضوابط صارمة على رأس المال.)

وبهدف تحقيق الاستقرار الاقتصادي في البلاد، يجب تنفيذ برنامج إصلاح اقتصادي واجتماعي ومالي محدد، متضمنًا تحديات كبيرة ومطالب كبيرة وأساس لتحقيق رخاء مستقر ومستدام. ووفقًا لصندوق النقد الدولي، يجب أن يشتمل اقتصاد لبنان على خمس نقاط قوة من أجل وضع سياسات محددة لمواجهة التحديات الاقتصادية والمالية في البلاد، والتي تشمل:

- الإصلاحات المالية لضمان القدرة على تحمل الديون
- تعزيز إعادة الهيكلة والتعافي والثقة في القطاع المالي
- إعادة تنظيم قطاع الطاقة والشركات العامة بهدف توفير خدمات أفضل
- تعزيز الأطر المصرفية لتعزيز الشفافية والمساءلة
- إنشاء نظام موثوق لسعر الصرف

تمويل سلسلة القيمة الخاصة بقطاع التبريد وتكييف الهواء

تيسر معظم البنوك التجارية تمويل سلسلة القيمة الخاصة بالتبريد وتكييف الهواء في لبنان. ويهيمن الاستيراد على سوق التبريد وتكييف الهواء اللبناني، كما يتوفر بعض التجميع المحلي والتصنيع المحلي الثانوي. ومعظم أنظمة تكييف الهواء هي أنظمة منفصلة (سبليت). ويعتمد سوق التبريد التجاري على منتجات مستوردة من إيطاليا وتركيا واليونان وألمانيا؛ إذ لا تضم لبنان قاعدة تصنيع واسعة النطاق لمكيفات الهواء والمجمدات. بيد أن يوجد في لبنان أحدث مراكز التسوق ومحلات السوبر ماركت التي تضم منافذ البيع بالتجزئة للسلع المختلفة، بما في ذلك الأجهزة المنزلية. ويشتمل التوزيع على التخزين والنقل. وتوفر البنوك التجارية تمويل للاستيراد بالإضافة إلى دعم وحدات الشركات الصغيرة والمتوسطة التي تصنع أنظمة التبريد التجارية (تجمعها غالبًا)، وكل التمويل هو تمويل تقليدي للشركات بعد إقراض الميزانية العمومية. فبصرف النظر عن تمويل المشاريع الجديدة، تلبي البنوك أيضًا احتياجات رأس المال العامل؛ إذ يُمول عملاء البيع بالتجزئة من خلال تمويل بطاقات الائتمان أو القروض الشخصية.

التمويل الأخضر

تُنفذ خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة من خلال جميع البنوك التجارية اللبنانية تحت قيادة وإدارة مصرف لبنان، ويقوم المركز اللبناني لحفظ الطاقة بتنفيذ أنشطة الدعم الفني وبناء القدرات لتنمية الخبرة الفنية المعرفة لجميع الجهات الفاعلة. ويسمح التعميم الوسيط رقم 236 (25 نوفمبر 2010) للبنوك التجارية باستخدام "احتياطياتها الإلزامية" في تنفيذ آلية خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة لتيسير التمويل في القطاعات الخضراء. وعلاوة على ما سبق، مرفق

تمويل الاقتصاد الأخضر هو برنامج تابع للبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية يدعم أصحاب المنازل والشركات في الاستثمار في التقنيات الخضراء.

فرص تمويل تكنولوجيات التبريد المستدامة

قيّم برنامج كوول أب نُهُج التمويل المناسبة لتمويل خيارات التبريد المستدامة لكل مجموعة من المستخدمين النهائيين في لبنان، وتم دمجها بشكل أساسي من خلال خبرة الخبراء المحليين والخبرة الدولية في تمويل كفاءة الطاقة، بما في ذلك الدراسات الكثيرة التي تناولت هذا الموضوع.

يعد الاستئجار والقائمة الإيجابية نهجان بارزان قد يُستخدمان لمصلحة المستخدمين النهائيين التجاريين في لبنان. فنهج القائمة الإيجابية هو آلية سهلة التنفيذ بالنسبة إلى البنوك التجارية التي تحتاج إلى أدنى قدر من التدريب لمسؤولي القروض. ويمكن استخدام نهج شركة خدمات الطاقة (إسكو) والبيع بالجملة في مؤسسات القطاع العام. وقد تلعب مصادر تمويل البنوك التجارية دورًا مهمًا.

وأخيرًا

يحتاج برنامج كوول أب إلى العمل عن كثب مع مؤسسات التمويل والبنوك والمستخدمين النهائيين ومقدمي التكنولوجيا وأصحاب المصلحة الآخرين في لبنان. وبمجرد الانتهاء من اختيار البرنامج للتكنولوجيا، ستتضمن الخطوات المقبلة تأمين البيانات من أصحاب المصلحة المذكورين، لبدء دراسات الجدوى عن خيارات تقنيات التبريد المستدامة.

3. المنهجية المُتبعة

تمثلت الخطوة الأولى في إعداد تقرير وضع قطاع التبريد هي تكوين فهم لحالة قطاع التبريد وتكييف الهواء. وتُستخدم مجموعة التدابير التالية لتوجيه أنشطة البرنامج للحفاظ على وضوح التعريفات ونطاق البيانات وأوجه القصور في الدراسة.

3.1. التعريفات

يستخدم البرنامج التعريفات التالية:

- التبريد المستدام هو تبريد ميسور التكلفة وآمن يلبي احتياجات المستخدم بأقل تأثير ممكن على البيئة؛ وعلى وجه التحديد، فهو يعني غياب مواد التبريد الضارة بالبيئة مثل الغازات المفلورة، وانخفاض الطلب على الطاقة من خلال رفع كفاءتها، واستيعاب إمدادات الطاقة المتجددة بالكامل .
- ترتبط انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة بمادة التبريد المفقودة عند تشغيل كل جهاز (عند تسربها أو عند تشغيل الجهاز أو عند التخلص منه بعد انتهاء عمره الافتراضي) .
- انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة هي تلك المتعلقة بتوليد الكهرباء المستخدمة للتبريد .
- قطاع التبريد وتكييف الهواء:
  - التبريد: التبريد المنزلي والتجاري والصناعي والنقلي
  - تكييف الهواء: تصنيع أجهزة تكييف الهواء السكنية والتجارية (مثل وحدات تبريد الهواء)
  - قطاع خدمات تكييف الهواء
- تكييف الهواء (يُشار إليه غالبًا باسم AC أو A/C أو air con) هو عملية إزالة الحرارة والرطوبة من المساحات الداخلية. وتنتشر هذه العملية في الأوساط السكنية والتجارية.
- يشمل نطاق التبريد التجاري الأنظمة الثابتة المستخدمة لتخزين الأطعمة والمشروبات وعرضها في مرافق البيع بالتجزئة (محلات السوبر ماركت والمتاجر) ومقدمي خدمات الطعام (المطاعم والفنادق) وليس على عمليات التبريد ذاتها. ويُعرّف برنامج الأمم المتحدة للبيئة أنظمة التبريد التجارية على أنها أنظمة تتضمن عادةً وحدات مستقلة أو وحدات تكثيف أو وحدات مركزية لا تتجاوز سعتها في الغالب 200 كيلوواط وتحافظ على درجات الحرارة بين -25 درجة مئوية و8 درجات مئوية.[23]
- يشمل التخزين البارد التابع لقطاع التبريد التجاري غرف تخزين مبردة على نطاق تجاري التي عادةً ما تكون مجهزة بوحدات تكثيف أو وحدات مركزية بسعة تصل إلى 200 كيلوواط. وتعمل هذه الأجهزة بوصفها مخازن لمنتجات الأغذية والمشروبات وتختلف عن التخزين البارد على النطاق الصناعي الذي يستخدم في معالجة الأطعمة والمشروبات وتخزينها أو في عملية تصنيع البتروكيماويات والكيماويات والأدوية. ويمكن أن تتراوح سعة هذه الأنظمة من 5 ميغا واط إلى 30 ميغا واط[24].
- مواد التبريد الاصطناعية هي مواد من أصل اصطناعي (لا توجد في الطبيعة)، وتشمل مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون ومركبات الهيدروفلوروكربون وغيرها من المواد.
- مواد التبريد الطبيعية هي مواد غير اصطناعية يمكن العثور عليها في الطبيعة.
- نسبة كفاءة الطاقة W / W تقيس معدل كفاءة الطاقة لأجهزة التبريد بالواط (W). ويتوافق تصنيف نسبة كفاءة الطاقة الأعلى مع كفاءة أعلى في استهلاك الطاقة.
- يتكون قطاع المباني السكنية من مباني تأوي عائلة واحدة أو عدة عائلات.
- يشمل قطاع المباني غير السكنية المكاتب العامة والخاصة، والمنشآت الخاصة بالتعليم والصحة، والمنشآت الاجتماعية، والفنادق والمطاعم، ومحلات البيع بالجملة وبالتجزئة، والمباني الأخرى (مثل المنشآت الرياضية)، في حين لا يضم المباني والمستودعات الصناعية والزراعية والسمكية.

[23] Definition based on United Nations Environment Programme, "Presession Documents: Workshop on Hydrofluorocarbon Management"

[24] United Nations Environment Programme, "2018 Report of the Refrigeration, Air Conditiong and Heat Pumps Technical Options Committee"

3.2. فئات المباني وأنواع الأجهزة المستخدمة في نطاق برنامج كوول أب

قطاع تكييف الهواء

- فئات المباني: يركز برنامج كوول أب على المباني السكنية، مما يشمل المباني التي تأوي أسرة واحدة أو أسر متعددة، وعلى المباني غير السكنية، أي المكاتب العامة والخاصة ومرافق التعليم والصحة والمنشآت الاجتماعية والفنادق والمطاعم ومحلات تجارة الجملة والتجزئة ومباني أخرى (مثل المنشآت الرياضية).x
- أنواع المعدات (أنظمة تكييف الهواء): على الرغم من توفر العديد من التقنيات المختلفة في السوق، يمكن حصرها في قطاعات التكنولوجيا الرئيسية التالية التي تُستخدم لوصف خصائص السوق[25]. ويمكن تقسيم أنظمة تكييف الهواء بوجه عام إلى أنظمة مركزية ولامركزية.
  - يوفر تكييف الهواء الأنبوبي التبريد (أو التدفئة) من خلال نظام من مجاري الهواء. وتتكون الوحدة المركزية من ضاغط (كومبرسور) ومكثف ووحدة مناولة الهواء، وتقع عادةً في الغرفة العلوية أو القبو. ويُوزع الهواء البارد (أو الساخن) في أنحاء المبنى من خلال مجاري الهواء وفتحات التهوية. وتُسمى هذه الأنظمة أيضًا بأنظمة تكييف الهواء المركزية التي يمكن تصنيفها بوجه عام إلى نوعين: مكيفات هواء سبليت المركزية المنفصلة (ذات مجاري هواء منفصلة) ومكيفات الهواء المركزية المعبأة[26].
  - تشتمل أنظمة تكييف الهواء غير الأنبوبية على مكونين رئيسيين: وحدة خارجية ووحدة مناولة هواء داخلية بها ملف المبخر والمروحة. ويربط كل من سلك الكهرباء ومصرف المكثفات وأنابيب التبريد وأنابيب الشفط بين الوحدات الداخلية والخارجية. ويمكن أن تكون وحدات تكييف الهواء غير الأنبوبية أنظمة مركزية ولامركزية[27].
  - وحدات صغيرة مستقلة: تشمل وحدات تكييف هواء المعلقة بالنوافذ، وعلى الحائط، ووحدات تكييف الهواء الطرفي المعبأة، ويتم تضمين جميع المكونات في صندوق واحد لتوفير هواء مكيف لمنطقة داخلية واحدة.
  - وحدات سبليت منفصلة: تتكون أنظمة تكييف الهواء ذات الوحدات المنفصلة من وحدة داخلية وأخرى خارجية، وتوفر تكييفًا لمنطقة داخلية واحدة.
  - أنظمة التكييف متعددة الوحدات المنفصلة وأنظمة التبريد متغير التدفق: تتكون الأنظمة متعددة الوحدات من وحدة خارجية واحدة وعدة وحدات داخلية. وتعد أنظمة التبريد متغير التدفق من تلك الأنظمة المتطورة متعددة الوحدات. ويمكن لعدة وحدات خارجية أن تدعم العديد من الوحدات الداخلية (حتى 64 وحدة)، ويمكن ضبط الوحدات الداخلية كل على حدة.
  - الوحدات المعبأة (مثل مكيفات السطح): توضع جميع مكونات الجهاز في صندوق واحد. وعادةً ما تركب الوحدات المعبأة في الأماكن المفتوحة (على الأسطح والشُرف) وتوفر التبريد عن طريق توصيل الهواء المكيف إلى مساحة داخلية واحدة أو أكثر
  - وحدات تبريد الهواء: هي وحدات التوليد المركزية الباردة باعتبارها جزء من نظام تكييف مركزي، ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات:
    1. وحدات التبريد القائمة على التبريد بالماء العذب أو المالح المضغوط
    2. وحدات تبريد التبادل المباشر للضغط
    3. وحدات التبريد القائمة على الامتصاص (الامتصاص أو الامتزاز)
  - تُوصل وحدات تبريد بأنظمة التوزيع (الهواء أو الماء) أو أنظمة التوصيل (وحدات لفائف المروحة أو الحزم المبردة أو الأسقف).

---

[25] المصادر الرئيسية لهذه التعريفات هي:

United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 7 Small Self Contained Air Conditioning"

United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 8 Small Split Air Conditioning"

United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 9 Large Air-Conditioning (air-to-air)"

United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 10 Water chillers for air conditioning"

United Nations Environment Programme, "2018 Report of the Refrigeration, Air Conditiong and Heat Pumps Technical Options Committee"

[26] CIELO, "Ducted vs. Ductless Air Conditioning Systems"

[27] CIELO

قطاع التبريد التجاري

يركز برنامج كوول اب على قطاع التبريد التجاري، أما التبريد المنزلي والصناعي غير مشمولين في نطاق البرنامج.

- فئات المباني: تركز على متاجر الزاوية والمطاعم ومحلات السوبر ماركت والفنادق، التي تشتمل على مناطق للتخزين بالتبريد.
- أنواع المعدات (أنظمة التبريد التجاري): تغطي الأنواع الثلاثة الرئيسية للمعدات[28]: المعدات المستقلة، ووحدات التكثيف، والأنظمة المركزية (لمحلات السوبر ماركت). وتُستخدم أنواع المعدات المختلفة في شتى قطاعات المباني.
  - تفضل معظم محلات السوبر ماركت المتوسطة والكبيرة استخدام الأنظمة المركزية لأنها عادة ما تكون أكثر كفاءة في استخدام الطاقة من وحدات التكثيف وثلاجات العرض الإضافية. وتتراوح مساحة منطقة البيع في محلات السوبر ماركت التي تستخدم نظام التبريد المركزي من 400 متر مربع إلى 20000 متر مربع.
  - يشيع استخدام وحدات التكثيف في المتاجر المتوسطة والصغيرة، وغالبًا ما توجد في منافذ بيع الوجبات السريعة والمطاعم والحانات ومتاجر الزاوية، وهي تسمح بتوصيل عدد أقل من الخزانات بالنظام، وتشغل مساحة أقل، وعادة ما تكون أسهل في التركيب، مقارنةً بالنظام المركزي.
  - عادةً ما تكون أنظمة التبريد المستقلة أنظمة قائمة بذاتها، مثل مجمدات الآيس كريم وصناديق العرض وماكينات البيع، وغالبًا ما تُوصف بأنها وحدات مستقلة لأنها أنظمة مغلقة لا تتطلب قدرًا وافرًا من أعمال التركيب.

3.3. النهج المُتبع في جمع البيانات

تم جمع البيانات الخاصة بهذا التقرير من مصادر رئيسية وثانوية شتى.

- أُستقيت **البيانات الرئيسية** من Expert Interviews والزيارات الميدانية، إذ أُجريت حوالي 15 مقابلة لمجموعة متنوعة من الخبراء الذين يمثلون الشركات التصنيع والتجميع وتجار الجملة والمهندسين المعماريين واستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة ومطوري المشاريع في كل دولة من الدول شريكة. وقد انتهت الزيارات الميدانية في بعض البلدان.
- أُستقيت **البيانات الثانوية** من مجموعة متنوعة من المنشورات التي تغطي المصادر الإحصائية والوثائق الوطنية (مثل خطة التبريد الوطنية في لبنان[29] أو مخزون مركبات الهيدروفلوروكربون في الأردن من منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو)[30])، وشركات دراسة السوق (مثل جمعية بحوث ومعلومات خدمات البناء في تركيا ومصر[31])، وكذلك من خلال مراجعة الأدبيات، والمعلومات إقليمية مثل البرنامج التعاوني لمعايير الوسم والأجهزة[32] أو المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة[33].

لنهج البيانات هذا أوجه قصور، مثل غياب بعض النُهج المنظمة لجمع البيانات (مثل البيانات المتعلقة باستهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون، وقواعد بيانات تركيب التقنيات، لا سيما في قطاع التبريد التجاري)، وصعوبة الحصول على البيانات الرسمية، وغياب المعلومات المرجعية عن البيانات المتاحة، والتفاوت الكبير بين البيانات عن النقطة نفسها في المصادر المختلفة. ونظرًا لحالة البيانات في القطاعات الفرعية المذكورة سلفًا، يسلّم هذا التقرير بوجود ثغرات في البيانات وبأن البيانات تم جمعها من مصادر مختلفة، مما يؤدي إلى وجود تباينات. وبغية تقليل أوجه القصور، استخدم برنامج كوول أب أساليب مختلفة مثل تحليل مصادر البيانات المختلفة، والتقييم المُقارن، وتحليل الموثوقية، والاستعانة بآراء الخبراء.

أُستخدمت العديد من الاستراتيجيات للتعامل مع محدودية البيانات. وفي حالة عدم توفر قيم خاصة بالبلد، تم سد فجوات البيانات باستخدام معلومات من الدراسات العالمية مثل تلك الدراسات التي أجراها كل من الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ[34]، والوكالة الدولية للطاقة[35]، ولجنة الخيارات الفنية للتبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، ومعهد روكي

---

[28] United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 4 Commercial Refrigeration"

[29] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

[30] United Nations Industrial Development Organization, "HFC Inventory of Jordan"

[31] The Building Services Research & Information Association, "Split Systems 2018"

[32] Klinckenberg and Smith, "Scoping Study for Commercial Refrigeration Equipment"
Waide, van der Sluis, and Michineau, "CLASP Commercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking"

[33] Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency, "Field survey results for AC market in Egypt"

[34] Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"

[35] International Energy Agency, "The Future of Cooling - Opportunities for energy efficient air conditioning"

ماونتن[36]، والبرنامج التعاوني لمعايير الوسم والأجهزة[37]، وكذلك باستخدام بيانات من نموذج عالمي طورته مبادرة التبريد الأخضر[38] بالاستعانة بالمعرفة المكتسبة من Expert Interviews.

ويذكر النموذج العالمي، الذي طورته مبادرة التبريد الأخضر[39]، بيانات حول الأنظمة المستخدمة في المباني والمبيعات، كما يعرض توقعات عن أنظمة تكييف الهواء (أيضًا تكييف الهواء بالتبريد) وأنظمة التبريد التجارية، ويتناول القطاعات الفرعية الأخرى في مجال التبريد وتكييف الهواء. وبسبب نهج النموذج العالمي، تتأثر القيم الخاصة بالبلد بدرجة مختلفة من عدم اليقين.

يقوم النقص الملحوظ في البيانات الشاملة عن التوجهات الحالية في سوق التبريد وتكييف الهواء في البلدان الشريكة بتسليط الضوء على ضرورة إجراء مزيد من التقييمات والجمع المنتظم للبيانات.

ستُراقب مؤشرات البيانات الرئيسية طوال مدة البرنامج، وستنعكس هذه المؤشرات في تحديثات أنشطة البرنامج والتوصيات.

[36] Campbell, Kalanki, and Sachar, "Solving the Global Cooling Challenge"

[37] Waide, van der Sluis, and Michineau, "CLASP Commercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking"

[38] Green Cooling Initiative, "Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector". The model estimates data on installed equipment in the stock (as well as sales figures) for AC cooling equipment and for the commercial refrigeration sector.

[39] Green Cooling Initiative

4. موجز بأهم النتائج والتوصيات

تهيمن الواردات على سوق أجهزة التكييف اللبنانية. وتشمل منتجات التبريد المستوردة وحدات وأنظمة منفصلة بالكامل وأجزاء مفككة عادةً ما يتم تجميعها محليًا. وعلى الرغم من تراجع سوق التكييف اللبناني بين عامي 2017 و2020 بسبب الأزمة الاقتصادية، من المتوقع أن ينمو السوق بمجرد استقرار الوضع الاقتصادي.

تتمثل المحركات الرئيسية للسوق في النمو الاقتصادي (القدرة على تحمل التكاليف)، والظروف الجوية القاسية، وأنشطة البناء الجديدة قبل التراجع الاقتصادي. وارتفاع الطلب على تقنيات التكييف المختلفة مدفوع بالتركيبات في المباني الجديدة، والتركيبات الجديدة في المباني الموجودة (لزيادة حصة الغرف المكيفة)، واستبدال أنظمة التكييف المعطلة. وفي قطاع المباني الجديدة، قام حوالي 85٪ من الشقق الجديدة، و90٪ من مباني خدمات البيع التجزئة الجديدة و95٪ - 100٪ من المباني غير السكنية الأخرى، مثل الفنادق والمكاتب ومباني الرعاية الصحية بتركيب أنظمة تكييف (قبل الأزمة الاقتصادية). أما في المباني السكنية الموجودة، تمثل مساحة الأرضية غير المكيفة حوالي 50٪، ومع ذلك هناك إمكانات نمو كبيرة في السوق لسوق التبريد في لبنان بمجرد أن بدء نمو الاقتصاد من جديد.

للمعدات الموجودة حاليًا والوحدات الجديدة كفاءة أقل من أفضل التقنيات المتاحة، إذ تتسم بإمكانية كبيرة لتوفير الطاقة. وتتمتع أنظمة التكييف المُركبة في المباني بمعدل كفاءة طاقة في نطاق 2.0-2.8 (في المباني الموجودة)، وهو أقل بكثير من كفاءة التقنيات ذات أفضل نطاق كفاءة متاح في لبنان. ومن الممكن تحقيق زيادات كبيرة في الكفاءة، لا سيما في أنظمة سبليت ذات الوحدات المنفصلة والأنظمة الأنبوبية المركزية بمقارنة ذلك بأفضل كفاءة متاحة على المستوى الدولي.

تهيمن الواردات على سوق التبريد التجاري في أهم قطاعات التبريد التجاري، مثل متاجر الزاوية والمطاعم ومحلات السوبر ماركت الصغيرة والكبيرة. وغالبًا ما توفر الشركات ذات العلامات التجارية الكبيرة المعدات للمتاجر ومحلات السوبر ماركت. ويعتمد السوق حاليًا على خدمات صيانة أنظمة التبريد التجارية بدلاً من بيع الأنظمة الجديدة. كما أدت التحديات الاقتصادية إلى توجيه القطاعات الكبيرة لاستخدام معدات أكثر كفاءة للحد من استهلاك الكهرباء. وفي العموم، يحرك كل من أنشطة البناء الجديدة والنمو الاقتصادي والنمو السكاني والتوسع الحضري نمو قطاع تكييف الهواء وقطاع التبريد.

يستورد لبنان حالياً جميع مواد التبريد المستخدمة في قطاعي التبريد والتجميد. ومواد التبريد شائعة الاستخدام في قطاع تكييف الهواء الحالي هي R22 وR410A، وتُستخدم مادة R134a في الأنظمة المركزية أيضًا. أما في أنظمة تكييف الهواء الجديدة، فـ R410A هي مادة التبريد الشائعة، وكذلك يُستخدم R32. وفي الأنظمة المركزية الجديدة، يتم استخدام مادة التبريد R1234zeوكميات قليلة من R600a إلى جانب R410A. وفي قطاع التبريد التجاري، مواد التبريد شائعة الاستخدام في الأجهزة الموجودة هي R22 وR134a. و في أنظمة التبريد التجارية المكثفة الجديدة، مواد التبريد الشائعة هي R404A وR134a، ولا تزال تُستخدم كميات صغيرة من R22 في الأنظمة الجديدة. وعلى الرغم من أن مواد التبريد التي تهيمن على السوق ذات قدرة عالية على إحداث الاحترار العالمي، تُطبق بعض حلول مواد التبريد الطبيعية حاليًا في وحدات تبريد الهواء المركزية. ومع ذلك، فإن لم تُستخدم مواد التبريد الطبيعية على المستوى التجاري بعد. ويمتلك لبنان القدرة على مواجهة هذه التحديات وتطوير سوق التبريد الطبيعي من خلال الاستفادة من شراكته في برنامج كوول أب لتوسيع المعرفة التقنية، وتحسين كفاءة الطاقة وخيارات تكنولوجيا التبريد المستدامة، وبناء القدرات التقنية التي يمكن أن تكون مفيدة لأصحاب المصلحة في أثناء وبعد تعافي البلد.

وخلاصة القول أنه من المتوقع استمرار نمو سوق معدات التبريد في لبنان بوجه عام بمجرد التغلب على الأزمة الاقتصادية. وسيتطلب النمو توفير تقنيات تبريد مستدامة ومواد تبريد طبيعية في وقت مبكر باعتبارها بديل مباشر لمنع الآثار المحتملة لاحتكار مواد التبريد الضارة. وتشمل التحديات الرئيسية المتصورة لامتصاص مواد التبريد الطبيعية مشاكل السلامة وتكاليفها.

5. سوق تكييف الهواء

- تراجع سوق تكييف الهواء بين عامي 2017 و2020، ومع ذلك، من المتوقع ازدهاره ونموه بمجرد التعافي من التراجع الاقتصادي.
- تمثلت المحركات الرئيسية للمبيعات في القطاع السكني (المباني الموجودة) في النمو الاقتصادي (القدرة على تحمل التكاليف)، والظروف الجوية القاسية، وأنشطة البناء الجديدة قبل التراجع الاقتصادي.
- يتمتع قطاع المباني السكنية الحالي بإمكانات عالية لنمو السوق: 50 ٪ من مساحة الأرضية غير مكيفة.
- قطاع البناء الجديد هو المحرك الرئيسي لتركيبات أنظمة تكييف الهواء الجديدة في القطاعين السكني والتجاري، إذ قامت أغلب المباني الجديدة بتركيب أنظمة تكييف الهواء (قبل التراجع الاقتصادي).
- يُعَد نظام سبليت المنفصل تكنولوجيا التبريد الشائعة في المباني السكنية وغير السكنية بنسبة (87٪). واكتسبت أنظمة التبريد متغير التدفق ووحدات التبريد شعبية بين استشاريي الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة. ففي المباني الكبيرة مثل منشآت البيع بالتجزئة ومحلات السوبر ماركت والفنادق، تعد وحدات التبريد نظام تكييف الهواء الشائع. وعادةً ما تكون المعدات الجديدة أقل بكثير من أفضل التقنيات المتاحة، وبالتالي ستكون هناك امكانية لتحقيق كفاءة عالية في استخدام الطاقة.
- تهيمن الواردات على سوق تكييف الهواء اللبناني.

5.1. إجمالي المباني وإمكانات السوق

تشكل المباني السكنية الحصة الأكبر (71٪) من إجمالي مساحة البناء (376 مليون متر مربع) في لبنان، وتشكل الشقق 90٪ من هذه المساحة، في حين تمثل مباني لأسرة واحدة باقي المساحة.

يمثل قطاع المباني غير السكنية حوالي 29٪ من إجمالي مساحة الأرضية أي ما يعادل 109 مليون متر مربع[40]، ويستحوذ قطاع الصحة والتعليم على أعلى حصة في المساحة (36٪)، في حين يشكل قطاع التجزئة والسوبر ماركت وبيع مواد البناء بالجملة (32%) من إجمالي المساحة.

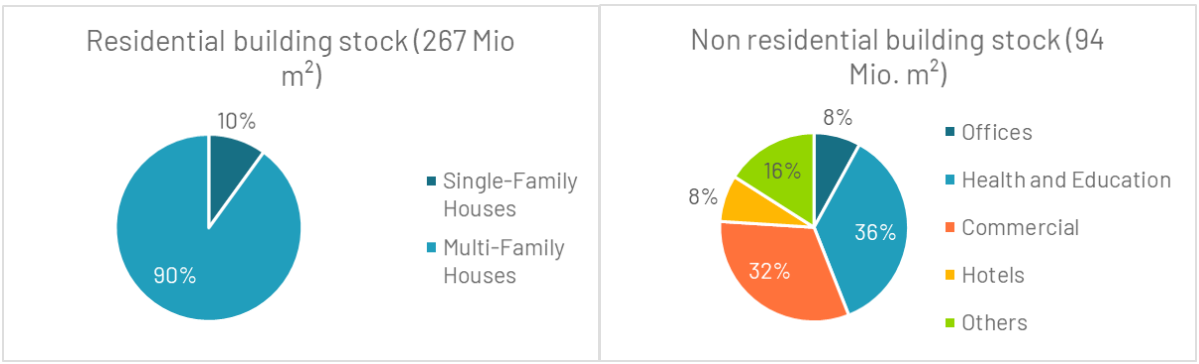
تراوح معدل البناء الجديد في القطاع السكني بين 2٪ و2.5٪، في المتوسط، في السنوات التي سبقت عام 2020[41]. أما في عام 2020، كانت الأنشطة في قطاع البناء الجديد شبه معدومة؛ إذ أدى ارتفاع سعر صرف الدولار إلى ارتفاع أسعار المواد وندرتها وتعذر استيرادها، مما سفر عنه تعليق العمل في معظم المشاريع وفصل ما يزيد على 50% من المهندسين والموظفين والعمال من وظائفهم[42]. وانكمشت مساحة تراخيص البناء في لبنان إلى 0.6 مليون متر مربع خلال شهر أكتوبر 2021، بانخفاض من 0.7 مليون متر مربع في سبتمبر، مما يعكس مستوى المعروض المستقبلي في قطاع العقارات. وزادت مساحة تصاريح البناء بصورة تراكمية بنسبة 92٪ على أساس سنوي لتصل إلى 6.2 مليون متر مربع في الأشهر العشرة الأولى من عام 2021، مقارنة بـ 3.2 مليون متر مربع خلال نفس الفترة من العام الماضي[43].

[40] بما في ذلك 14.4 مليون متر مربع منطقة أرض صناعية

[41] Central Agency for Public Mobilization and Statistics, "Total number of housing units of the system (government / public / public / private)"

[42] Houssari, "Construction sector faces severe contraction in Lebanon"

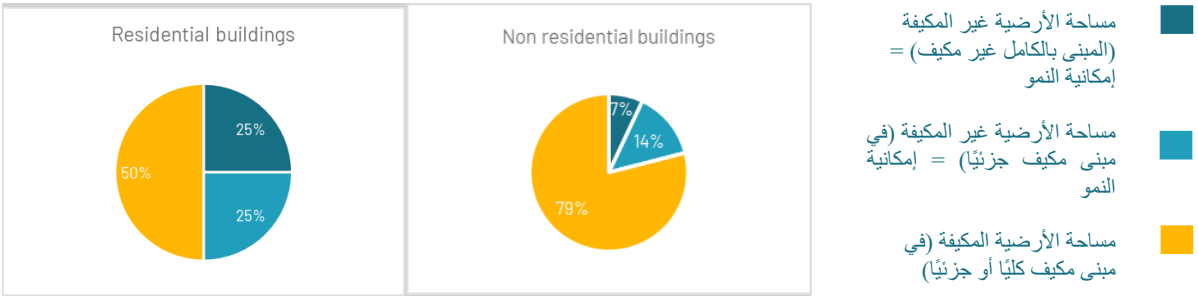
[43] Credit Libanais Tower, "Construction Permits Area at Around 6.22 Million SQM YTD October 2021"



شكل 2 إجمالي المباني في لبنان [44]

في القطاع السكني، حوالي 75٪ من الوحدات السكنية مجهزة بنظام تكييف (مجموع الأسهم موضحة باللون الأزرق الفاتح والأصفر [45]). وفي الوحدات السكنية المزودة بنظام تكييف، حوالي 67٪ من الغرف أو مساحة الأرضية مكيفة.[46] و هذا يعني أن حوالي 50٪ من إجمالي المساحة السكنية أو الغرف مكيفة الهواء (الحصة موضحة باللون الأصفر [47]) و 50٪ من مساحة الأرضية غير مكيفة (مجموع الأسهم موضحة باللون الأزرق الفاتح والداكن *

تختلف الصورة قليلاً في القطاع غير السكني، إذ أن حوالي 93٪ من المباني غير السكنية مجهزة بنظام تكييف واحد على الأقل. وفي هذه المباني، تبلغ مساحة الأرضية المكيفة حوالي 85٪ من إجمالي مساحة الكلية[48]، مما يعني أن حوالي 79٪ من إجمالي مساحة الطابق التجاري مكيف الهواء وحوالي 21٪ غير مكيف.



شكل 3 حصة المساحة الأرضية غير المكيفة (= إمكانية النمو) في المباني السكنية وغير السكنية

تمثل منطقة النمو المحتملة لمبيعات معدات التبريد مساحة الأرضية في المباني الموجودة الخالية من أنظمة التكييف حتى الآن.

وفقًا للنهج العلمية، يتم تحديد الحد الأقصى لعدد أجهزة التكييف في المباني من خلال تحديد أقصى حد لتشبع السوق القائم على المناخ والتوافر في السوق اعتمادًا على متوسط دخل الأسرة[49]. وفي هذا السياق، يتم تعريف معدل تركيب أجهزة التبريد على أنه حصة الوحدات السكنية والمباني غير السكنية التي يوجد بها نظام تكييف واحد على الأقل.

يعد قطاع البناء الجديد أيضًا مجالًا رئيسيًا للنمو المحتمل في المبيعات، وهذا لا ينعكس في هذا الرسم التوضيحي.

قبل تدهور الأوضاع الاقتصادية، كان من المتوقع أن ينمو السوق بشكل أكبر، والآن من المتوقع أن يرتفع معدل النمو بمجرد التغلب على التحديات.

---

[44] جاءت الإحصائيات بناءً على:- Guidehouse, "Guidehouse Global Building Stock Model": The model uses comprehensive residential and non-residential building stock data from more than 50 countries worldwide; it has been used in several European and international projects

[45] Expert Interviews

[46] Expert Interviews

[47] 75٪ من الوحدات السكنية مجهزة بنظام تكييف. وفي هذه الوحدات السكنية، حوالي 67٪ من الغرف أو مساحة الأرضية مكيفة. وبضرب هذه الأرقام، يمكن تقدير الحصة من إجمالي مساحة الأرضية المكيفة (75٪*67 ٪ =50٪).

[48] Expert Interviews

[49] McNeil et al., *Bottom-Up Energy Analysis System - Methodology and Results*

5.2. خصائص السوق وتطوراته

تهيمن واردات أنظمة تكييف الهواء على سوق التكييف اللبنانية. وتشمل منتجات التبريد المستوردة وحدات وأنظمة منفصلة بالكامل وأجزاء مفككة يتم تجميعها محليًا في الأغلب. وتستأثر شركات التجميع على حصة كبيرة من سوق التبريد اللبنانية، لاسيما أنظمة التبريد المركزية حيث يتم تجميع وحدات مناولة الهواء والمكونات الأخرى محليًا.

5.2.1. التكنولوجيات الشائعة

على الرغم من وجود العديد من التقنيات المختلفة في السوق، فيمكن حصرها في قطاعات التكنولوجيا التالية، التي تُستخدم لوصف خصائص السوق بتوسع:

- أنظمة صغيرة قائمة بذاتها
- أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة
- أنظمة التبريد متعددة الوحدات المنفصلة ومتغيرة التدفق
- الأنظمة المعبأة (مثل أنظمة السطح)
- وحدات تبريد الهواء

للإطلاع على تعريفات كل فئة، انظر الفصل 3.2.

يعد نظام سبليت الفردي المنفصل (غير الأنبوبي على الأغلب) هو نوع نظام تكييف الهواء الأكثر انتشارًا في المباني الموجودة[50] بحصة تبلغ حوالي 87%. أما في المباني الكبيرة، مثل مراكز التسوق ومباني الرعاية الصحية، تعد الأنظمة المركزية ووحدات تبريد هي التكنولوجيا الشائعة. وفي الفنادق والمكاتب وبعض منشآت البيع بالتجزئة الجديدة، أنظمة التبريد متغيرة التدفق هي الخيار الأول. وتستحوذ أنظمة سبليت الفردية الأنبوبية ذات الوحدات المنفصلة على حصة سوقية صغيرة وهي ثاني أكثر تكنولوجيا شائعة الاستخدام في القطاع السكني وفي المباني الإدارية. وفي منشآت البيع بالتجزئة، تعد أجهزة تكييف الهواء الطرفية المعبأة هي ثاني أكثر تكنولوجيا شائعة الاستخدام. كما تستحوذ الأنظمة متعددة الوحدات المنفصلة على حصة سوقية صغيرة[51].

يقدم الجدول 2 نظرة عامة على أكثر التقنيات الملائمة في المباني الحالية في كل جزء من أجزاء المبنى.

جدول 2 نظرة عامة على أنظمة تكييف الهواء في كل فئة من فئات المباني الموجودة[52]

	تقنيات تكييف الهواء شائعة الاستخدام - حصة كبيرة*		ثاني أكثر تقنيات تكييف الهواء المُستخدمة شيوعًا - حصة صغيرة*		ثالث أكثر تقنيات تكييف الهواء المُستخدمة شيوعًا - حصة صغيرة جدًا*		حصة ضئيلة*
	أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة غير الأنبوبية	نظام سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة الأنبوبية	وحدات تبريد الهواء	الأنظمة المعبأة (مثل أنظمة السطح)	الأنظمة متعددة الوحدات المنفصلة ومتغيرة التدفق	الأنظمة القائمة بذاتها (مثل تكييف الهواء من نوع النافذة وتكييف الهواء الطرفي المعبأ)
وحدات سكنية لأسرة واحدة						
وحدات سكنية لأسر متعددة						
الفنادق						
المكاتب						
منشآت البيع بالتجزئة (مثل محلات السوبر ماركت)						
منشآت الرعاية الصحية[53]						

*تشير الحصة السوقية إلى الحصة في قطاع البناء المعني، **وليس** في السوق بالكامل.

يعرض الجدول 3 لمحة عامة على أكثر التقنيات المناسبة في قطاع البناء الجديد حسب نوع المبنى. تُباع أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة بشكل أساسي لقطاعي المباني السكنية وغير السكنية، ولاسيما للمباني الإدارية وأيضًا لمنشآت البيع

[50] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

[51] Expert Interviews

[52] Expert Interviews

[53] لا تتوفر معلومات من المقابلات. فيمكن افتراض أن وحدات تبريد الهواء هي التكنولوجيا الرئيسية وأنظمة الانبوبية المركزية هي التكنولوجيا الرئيسية الثانية.

بالتجزئة ومحلات السوبر ماركت. وتُباع وحدات تبريد الهواء عادةً للمباني غير السكنية الكبيرة، مثل الفنادق الكبيرة ومراكز التسوق والمستشفيات، في حين تُباع أنظمة التبريد متغيرة التدفق في الغالب لقطاع تكييف الهواء التجاري.[54]

جدول 3 نظرة عامة على أنظمة تكييف الهواء في كل فئة من فئات المباني المُشيدة حديثًا[55]

	تقنيات تكييف الهواء شائعة الاستخدام - حصة كبيرة*	ثاني أكثر تقنيات تكييف الهواء المُستخدمة شيوعًا - حصة صغيرة*	ثالث أكثر تقنيات تكييف الهواء المُستخدمة شيوعًا - حصة صغيرة جدًا*	حصة سوقية ضئيلة*	
	أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة غير الأنبوبية	نظام سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة الأنبوبية	وحدات تبريد الهواء	الأنظمة المعبأة (مثل أنظمة السطح)	أنظمة تكييف الهواء المركزية (متعددة الوحدات المنفصلة ومتغيرة التدفق)	الأنظمة القائمة بذاتها (مثل تكييف الهواء من نوع النافذة وتكييف الهواء الطرفي المعبأ)
وحدات سكنية لأسرة واحدة						
وحدات سكنية لأسر متعددة						
الفنادق						
المكاتب						
منشآت البيع بالتجزئة (مثل محلات السوبر ماركت)						
منشآت الرعاية الصحية[56]						

*تشير الحصة السوقية إلى الحصة في قطاع البناء المعني، **وليس** في السوق بالكامل.

لأنظمة التكييف المُركبة في المباني نسبة كفاءة الطاقة في نطاق 2.0-2.8[57] (في المباني الموجودة)، وهو أقل بكثير من كفاءة التقنيات التي لها أفضل نطاق كفاءة متاح في لبنان. وبالمقارنة مع أفضل كفاءة طاقة متاحة على المستوى الدولي، من الممكن أن تزداد الكفاءة زيادات بالغة، لاسيما في أنظمة سبليت وفئة المكيفات الأنبوبية المركزية.[58]

يقدم **الجدول 4** لمحة عامة على نطاق ومتوسط كفاءات التقنيات المركبة حاليًا في المباني، والمعدات الجديدة، وأفضل التقنيات المتاحة.

جدول 4 متوسط الكفاءات في المباني والأنظمة الجديدة وأفضل التقنيات المتاحة محليًا ودوليًا[59]

نوع النظام	متوسط الكفاءة في المباني الموجودة	كفاءة الأنظمة في المباني الجديدة	أفضل كفاءة متاحة*	
			على المستوى الوطني	على المستوى الدولي
أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة	٢.٠ (أنبوبي)، ٢.٥ -٢.٨	٣.١-٣.٢	٣-٣.٥	٦.٥
أنظمة التبريد متغيرة التدفق/ متعددة الوحدات المنفصلة	٣	٢.٥-٤	٣.٥-٤	٤.٤ / ٥.٠
وحدات تبريد الهواء	٢.٨	٣	٣-٣.٥	٣.٩-٦.١**
الأنظمة الأنبوبية المركزية (مثل أنظمة السطح)	٢	٢.٥ - ٢.٩	٢.٩-٣.٢	٤.٣

*نسبة كفاءة الطاقة هي 35 (24) درجة مئوية / 27 (19) درجة مئوية وفقًا لمعيار EN 14511
**نسبة كفاءة الطاقة هي 35 (24) درجة مئوية / 27 (19) درجة مئوية وفقًا لمعيار EN 14511
***نسبة كفاءة الطاقة هي 12/7 درجة مئوية // 30/35 درجة مئوية وفقًا للمواصفة EN 14511؛ وهي نسبة كفاءة الطاقة للمبرد فقط وليس لنظام تكييف الهواء بأكمله. بالنسبة للأنظمة بأكملها، ستكون نسبة كفاءة الطاقة أقل بكثير حسب نوع نظام التوزيع والنقل ("الهواء فقط" أم "الهواء + الماء" أم "الماء" فقط)

تم إحلال نظام تكييف الهواء النموذجي (باستثناء وحدات تبريد الهواء) كل 7-10 سنوات.[60]

[54] Expert Interviews
[55] Expert Interviews
[56] لا تتوفر معلومات من المقابلات. فيمكن افتراض أن وحدات تبريد الهواء هي التكنولوجيا الرئيسية وأنظمة الانبوبية المركزية هي التكنولوجيا الرئيسية الثانية.
[57] COP: 6.8 Btu/Wh to 9.5 Btu/Wh (conversion factor: 3.41 Btu/Wh)
[58] Expert Interviews
[59] Expert Interviews
[60] CLASP, "Environmentally Harmful Dumping of Inefficient and Obsolete Air Conditioners in Africa"

5.2.2. توجهات السوق ومحركاته

وفي السابق، كان الطلب على تقنيات التكييف المختلفة مدفوعًا بتركيبات الأجهزة في المباني الجديدة، وتركيبات الأجهزة الجديدة في المباني الموجودة (لزيادة حصة الغرف المكيفة)، واستبدال أنظمة التكييف المعطلة. تم توضيح منطقة نمو المبيعات المحتملة في المباني الموجودة في الفصل 5.1.

تتمثل العوامل الرئيسية المحركة لنمو المبيعات في قطاع المباني السكنية الحالي في زيادة القدرة على تحمل التكاليف (نمو الناتج المحلي الإجمالي)، ونمو عدد السكان، وتغيير أنماط الطقس (زيادة أيام درجة التبريد في موجات الحرارة الزمنية، وما إلى ذلك). وهذه العوامل تدفع نمو المبيعات في المباني الموجودة بسبب تركيبات الأجهزة للمرة الأولى[61].

كان قطاع البناء الجديد محركًا مهمًا آخر في سوق أنظمة تكييف الهواء في قطاعي المباني السكنية وغير السكنية، إذ تم تركيب أنظمة التكييف في حوالي 85٪ من المباني السكنية الجديدة. أما في قطاع المباني غير السكنية، تم تركيب أنظمة تكييف في 90٪ من مباني خدمات البيع بالتجزئة الجديدة و95٪ - 100٪ من الفنادق والمكاتب ومباني الرعاية الصحية[62].

يتمتع قطاع المباني غير السكنية بمعدل تركيب مرتفع نسبيًا لأنظمة التكييف المركبة في المباني الموجودة (انظر الفصل 5.1)، وعليه يتمثل المحرك الرئيسي لنمو السوق في أنشطة البناء الجديدة. أما في قطاع المباني السكنية، يعد تركيب أنظمة التكييف لأول مرة في المباني الموجودة (انظر الفصل 5.1) إلى جانب أنشطة البناء الجديدة من المحركات الرئيسية لنمو السوق.

يلخص الجدول 5 تأثير هذه المحركات والتوجهات التي تُخلق على المستوى التقني.

جدول 5 تأثير تكنولوجيات تكييف الهواء والعوامل المحركة (قبل التراجع الاقتصادي الحالي)

التكنولوجيا	التطبيقات الرئيسية في المستقبل	العوامل المحركة للسوق	الاتجاهات الناشئة	التأثير المتوقع في المبيعات
أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة (الأنبوبية واللاأنبوبية)	سكني (وحدات لأسرة واحدة ولأسر متعددة)، ومباني إدارية، ومنشآت البيع بالتجزئة (محلات السوبر ماركت الصغيرة)، ومرافق التعليم والرعاية الصحية	▶ يؤدي الصيف الحار والرطب إلى قيام المزيد من الأشخاص والشركات بتركيب مكيفات الهواء لأول مرة أو زيادة المساحة المكيفة. ▶ الأزمات الاقتصادية وتدهور العملة المحلية تثبط المبيعات، لاسيما أنظمة سبليت، بين السكان ذوي الدخل المحدود.	سينتهي إنتاج الأجهزة المشحونة بمادة التبريد R22 بحلول عام 2023، وستحل مادة التبريد R410A محل R22 في السوق.	↑
الأنظمة متعددة الوحدات المنفصلة	الوحدات السكنية الجديدة (لكن شبه معدومة)		ليست شائعة بسبب التكلفة الأولية العالية، وصعوبة الصيانة، تزايد شعبية أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة	↓
أنظمة التبريد متغيرة التدفق	الوحدات السكنية (لأسرة واحدة) والفنادق والمباني الإدارية الجديدة	▶ نظرًا لكفاءة أنظمة التبريد متغيرة التدفق العالية، بدأ يتزايد عددها بسرعة في السوق، مدفوعًا بإنشاء المدن الجديدة.	تزايد شعبية بين الاستشاريين والموردين للوحدات الجديدة للأسرة الواحدة، والمباني الإدارية الجديدة، والفنادق، والمباني التعليمية	↑
الأنظمة المعبأة (أنظمة السطح)	منشآت البيع بالتجزئة (محلات السوبر ماركت الكبيرة)	▶ بناءً على المقابلات، تتناقص شعبية الأنظمة المعبأة بين الاستشاريين، خاصة في المباني الجديدة. ولا يزال البعض يفضل هذا النوع للمباني المكونة من طابق واحد.		↓
وحدات تبريد **الهواء**	المباني الكبيرة (جميع الفئات)	▶ يؤدي إنشاء المباني الجديدة، مثل محلات السوبر ماركت والفنادق والمستشفيات إلى زيادة مبيعات وحدات تبريد الهواء. كما يؤدي العمر الافتراضي الطويل لوحدات تبريد الهواء بالامتصاص وأسعار الكهرباء المرتفعة إلى زيادة مبيعاتها للمباني غير السكنية الكبيرة.	بدأت وحدات تبريد الهواء بالامتصاص في جذب انتباه الاستشاريين وكسب شعبية بينهم	↑

[61] Expert Interviews
[62] Expert Interviews

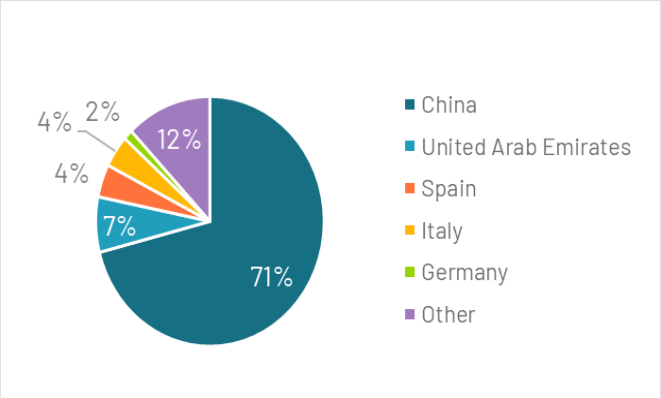
تبريد المناطق	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	

5.2.3. حجم السوق وهيكله

توقعت الخطة الوطنية للتبريد في لبنان[63] أن يصل عدد أنظمة التكييف المركبة في عام 2021 إلى حوالي 1.9 مليون وحدة، منها 1.7 مليون وحدة في القطاع السكني (1.5 مليون وحدة تكييف للغرفة، أي أنظمة سبليت الفردية ذات الوحدات المنفصلة، و0.2 مليون أنظمة سبليت الأنبوبية) و0.2 مليون في القطاع التجاري. وفي القطاع التجاري، تم تركيب حوالي 0.1 مليون نظام تكييف سبليت المنفصل، و 0.1 مليون نظام تكييف سبليت الأنبوبي التجاري، و2500 مبرد[64].

ويقدّر نموذج مبادرة التبريد الأخضر عدد الوحدات التي تم تركيبها في إجمالي عدد المباني في لبنان بحوالي 270.000 نظام تكييف[65]. ويبدو أن النموذج يقلل من عدد أنظمة التكييف المُركبة بالنظر إلى عدد المنازل والمباني غير السكنية، وحصة المباني التي تحتوي على نظام تكييف واحد على الأقل، وحصة مساحة الأرضية التي تم تكييفها (انظر الفصل 5.1)، والرؤى من مشروع[66](BUILD_ME) .

ووفقًا لمرصد التعقيد الاقتصادي، استورد لبنان في عام 2019 أنظمة تكييف بقيمة 51.5 مليون يورو، وصدر أنظمة بقيمة 0.45 مليون يورو. وكانت دول المنشأ الرئيسية هي الصين والإمارات العربية المتحدة وإسبانيا وإيطاليا. كما تقوم بعض الجهات المستوردة بتجميع منتجاتها المستوردة محليًا؛ ومع ذلك، يتم استيراد معظم الأنظمة كوحدة كاملة. وكانت بلدان المنشأ الرئيسية هي الصين (حوالي ثلاثة أرباع)، تليها الإمارات العربية المتحدة (7٪)، ثم إسبانيا (4٪)، وإيطاليا (4٪). وبلدان المنشأ موضحة في **الشكل 4**.



شكل 4 واردات لبنان من مكيفات الهواء حسب البلد

في عام 2018، قدّرت الخطة الوطنية للتبريد في لبنان حجم سوق أنظمة التكييف بنحو 210،000 وحدة[67]:

- تم بيع 185،000 وحدة لقطاع السوق السكني، منها حوالي 160،000 من وحدات تكييف للغرف (أي أنظمة سبليت الفردية)، وحوالي 25000 وحدة سبليت أنبوبية.
- تم بيع حوالي 25،000 وحدة لقطاع سوق التكييف التجاري، منها حوالي 13،000 من أنظمة تكييف سبليت التجارية و12،000 وحدة من أنظمة سبليت الأنبوبية.
- تم بيع حوالي 40 مبرد.[68]

[63] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

[64] National Ozone Unit Lebanon

[65] Green Cooling Initiative, "Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector"

[66] Build_ME, "Towards a Low-Carbon Building Sector in the MENA Region"

[67] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon". Numbers have been read out from graphic.

[68] National Ozone Unit Lebanon

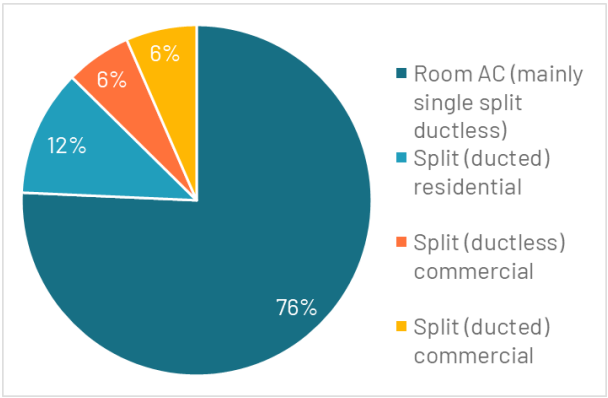
يقدر نموذج مبادرة التبريد الأخضر عدد مبيعات مكيفات الهواء في عام 2018 بنحو 25000 وحدة[69]. كما أفادت الرابطة اليابانية لصناعة التبريد وتكييف الهواء أن مبيعات السوق في عام 2018 بلغت حوالي 67000 وحدة[70].

وبالنظر إلى عدد المنازل والمباني غير السكنية، وحصة المباني التي تحتوي على نظام تكييف واحد على الأقل، وحصة المساحة الأرضية التي تم تكييفها (انظر 5.1)، والرؤى من مشروع BUILD_ME[71][72]، يبدو أن تقديرات الأرقام في نموذج مبادرة التبريد الأخضر تبخس عدد أنظمة تكييف الهواء المُركبة.

يستحوذ القطاع السكني على حصة سوقية تبلغ 88٪ (عدد الأنظمة المباعة)، في حين يستحوذ القطاع غير السكني على حصة تُقدر بـ 12 ٪[73].

تهيمن أنظمة تكييف الهواء للغرف على سوق أجهزة التكييف (أنظمة سبليت الفردية بشكل أساسي)، التي تمثل حوالي 76٪ من السوق (عدد الأنظمة). وتمثل أنظمة تكييف الهواء سبليت الأنبوبية السكنية حوالي 12٪ من سوق أجهزة التكييف. ولأنظمة تكييف سبليت التجارية وأنظمة سبليت الأنبوبية التجارية حصة سوقية تبلغ 6٪ لكل منهما، أما الحصة السوقية لوحدات التبريد فلا تكاد تذكر مع حوالي 40 عملية بيع[74] في عام 2018.

يوضح **الشكل 5** الحصص السوقية لأنظمة التكييف المختلفة في عام 2018 (من حيث عدد الأنظمة).



شكل 5 حجم سوق تكييف الهواء، لمحة عامة حسب النظام (% حجم المبيعات في 2020)

وحدات تكييف الغرف هي نوع تكييف الهواء شائع الاستخدام، ومن المتوقع أن تظل النوع الأكثر شعبية في السنوات القادمة. كما يُرجح أن تكون الأنظمة المركزية، من بين جميع الأنواع، الأسرع في معدل نمو. وفي قطاع سوق التكييف التجاري، تستحوذ قطاعات السوبر ماركت وسوق البيع التجزئة على أعلى حصة في المبيعات. ومن المتوقع أن يكون لقطاع الضيافة أسرع معدل نمو مقارنة بالقطاعات التجارية الفرعية الأخرى.[75]

[69] Green Cooling Initiative, "Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector"

[70] The Japanese Refrigeration and Air Conditioning Industry Association, "World Air Conditioner Demand in 2017"

[71] Build_ME, "Towards a Low-Carbon Building Sector in the MENA Region"

[72] Expert Interviews

[73] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"; The Japanese Refrigeration and Air Conditioning Industry Association, "World Air Conditioner Demand in 2017"

[74] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

[75] 6Wresearch, "Lebanon Air Conditioner (AC) Market (2021-2027)"

6. سوق التبريد التجاري

6.1. فئات السوق والتكنولوجيات الشائعة

- تتمثل أكبر فئات التبريد التجاري في لبنان في متاجر الزاوية والمطاعم ومحلات السوبر ماركت الصغيرة والكبيرة.
- غالبًا ما توفر العلامات التجارية الكبيرة أجهزتها للمتاجر ومحلات السوبر ماركت.
- تتمثل التقنيات الرئيسية الثلاث المستخدمة في تطبيقات التبريد التجاري في لبنان في الأنظمة المركزية ووحدات التكثيف والأنظمة القائمة بذاتها.
- ومن حيث المبيعات والمخزون، تشكل التكنولوجيا القائمة بذاتها الحصة الأكبر من السوق بنسبة 95٪ (عدد الأنظمة)[76].
- تستخدم أنظمة التكثيف والمركزية بشكل أساسي في محلات السوبر ماركت والمطاعم الكبيرة.

تتمثل مجموعات التكنولوجيا الشائعة للتبريد التجاري في الأنظمة التجارية القائمة بذاتها، ووحدات التكثيف، والأنظمة المركزية (للإطلاع على التعريفات، انظر الفصل 3.2).

أنظمة التبريد الرئيسية المستخدمة هي تبريد المشروبات، وثلاجات ومجمدات العرض الرأسية، والثلاجات والمجمدات الصندوقية، كما يشيع استخدام غرف التبريد في المطاعم وأنظمة الرفوف (الأنظمة المركزية) في محلات السوبر ماركت الكبيرة[77].

أكبر فئات سوق التبريد التجاري في لبنان هي المتاجر والمطاعم ومحلات السوبر ماركت (الكبيرة والصغيرة):

- **متاجر الزاوية** هي متاجر صغيرة تستخدم معدات التبريد لتبريد المشروبات ومنتجات الألبان، فتستخدم بشكل أساسي وحدات قائمة بذاتها مثل ثلاجات المشروبات (60٪)، والثلاجات والمجمدات الصندوقية (25٪)، وثلاجات ومجمدات العرض الرأسية (15٪). وتستحوذ متاجر الزاوية على حصة صغيرة من إجمالي الطلب على التبريد، ولكنها تمثل حصة كبيرة في عدد الأنظمة.
- تستخدم **المطاعم** الثلاجات والمجمدات الصندوقية والرأسية وغرف التبريد والتجميد لتبريد الطعام وتخزينه بحصص تقريبية تبلغ 45٪ و35٪ و20٪ على التوالي. وعلى الرغم من أن الأنظمة الحالية في الغالب قائمة بذاتها، يمكن أيضًا تشغيل أنظمة التبريد الجديدة مزودة بوحدات التكثيف. وتشكل المطاعم نسبة كبيرة من الطلب على التبريد من حيث العدد والسعة الإجمالية.
- تستخدم **المتاجر السوبر ماركت الصغيرة** (حتى 250 مترًا مربعًا) بشكل أساسي الثلاجات والمجمدات الصندوقية (70٪)، والثلاجات والمجمدات الرأسية (20٪)، وأنظمة الرفوف (10٪). وعادةً ما يتم تركيب عدة وحدات مختلفة بسعات مختلفة.
- تستخدم **محلات السوبر ماركت الكبيرة** (فوق 250 مترًا مربعًا) أنظمة رفوف (50٪) وثلاجات ومجمدات صندوقية ورأسية (25٪ لكل منها). وتمثل هذه الأسواق حصة كبيرة من الطلب على التبريد من حيث السعة الإجمالية، ولكن حصة صغيرة من حيث عدد الأنظمة المركبة[78].

يعرض **الجدول 6** فئات السوق الأربعة الأولى، وأنظمة التبريد التجارية المستخدمة، بما في ذلك بعض المعلمات التقنية.

[76] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
[77] Expert Interviews
[78] Expert Interviews

جدول 6 المعلمات التقنية لأنظمة التبريد التجارية الرئيسية[79]

نوع المبنى (فئة السوق)		نظام التبريد الرئيسي	النوع	الأنظمة الموجودة	الأنظمة الجديدة
				السعة النموذجية	
متاجر الزاوية		تبريد المشروبات (60%)	قائم بذاته	0.5 كيلوواط -3 كيلوواط	0.5 كيلوواط -3 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات صندوقية (25%)	قائم بذاته	0.75 كيلوواط - 5.5 كيلوواط	0.75 كيلوواط - 5.5 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية (15%)	قائم بذاته	1 كيلوواط - 5 كيلوواط	1 كيلوواط - 5 كيلوواط
المطاعم		ثلاجات ومجمدات	قائم بذاته	1 كيلوواط - 5 كيلوواط	0.75 كيلوواط - 5.5 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية	قائم بذاته	1 كيلوواط - 10 كيلوواط	1 كيلوواط - 10 كيلوواط
		غرف التبريد والتجميد	قائم بذاته	5 كيلوواط - 15 كيلوواط	5 كيلوواط - 15 كيلوواط
محلات الصغيرة	السوبرماركت	ثلاجات ومجمدات صندوقية (70%)	قائم بذاته	2 كيلوواط -3 كيلوواط	2 كيلوواط -3 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية (20%)	قائم بذاته	2.5 كيلوواط	2.5 كيلوواط
		أنظمة الرفوف (10%)	وحدات تكثيف	2 كيلوواط - 50 كيلوواط	5 كيلوواط - 50 كيلوواط
محلات الكبيرة	السوبرماركت	أنظمة الرفوف (50%)	وحدات تكثيف	5 كيلوواط - 50 كيلوواط	5 كيلوواط - 50 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية (25%)	قائم بذاته	0.5 كيلوواط - 1.5 كيلوواط	0.5 كيلوواط - 1.5 كيلوواط
		ثلاجات ومجمدات صندوقية (25%)	قائم بذاته	1.5 كيلوواط - 5 كيلوواط	6.1كيلوواط - 5 كيلوواط

6.2. توجهات السوق ومحركاته

ترتبط العوامل المحركة لتقنيات التبريد التجاري ارتباطًا وثيقًا بالوضع الاقتصادي. وتؤثر الأزمات الاقتصادية التي يعاني منها لبنان بالسلب في المبيعات[80]، إذ يعتمد السوق حاليًا على خدمات صيانة أنظمة التبريد التجاري بدلاً من الاعتماد على مبيعات الأنظمة الجديدة. كما أدت التحديات الاقتصادية التي يواجهها البلاد إلى توجيه القطاعات الكبيرة إلى استخدام أنظمة أكثر كفاءة لتقليل استهلاك الكهرباء. وفي العموم، يمكن أن نجد توجهات مماثلة لقطاع تكييف الهواء في قطاع التبريد التجاري، مما ينتج عنه زيادة المباني الجديدة، والنمو الاقتصادي، وزيادة عدد السكان والتوسع الحضري الذي يرفع مبيعات التبريد التجاري[81].

6.3. حجم السوق وهيكله

قدّرت الخطة الوطنية للتبريد في لبنان عدد أنظمة التبريد التجارية التي تم تركيبها في لبنان في عام 2018 بحوالي 1.4 مليون وحدة[82]، وشكلت الأنظمة القائمة بذاتها أكثر من 95٪ منها، أما الباقي فكان من نصيب وحدات التكثيف الموجودة في محلات السوبر ماركت[83].

قدّرت الخطة الوطنية للتبريد في لبنان أيضًا حجم سوق التبريد التجاري في لبنان بنحو 78000 وحدة مباعة في عام 2018.[84] كما قدر نموذج مبادرة التبريد الأخضر عدد وحدات التبريد التجاري في لبنان في عام 2018 بنحو 4000 وحدة مباعة[85].

[79] Expert Interviews

[80] Expert Interviews

[81] Expert Interviews

[82] The number of commercial refrigeration systems suggests an installed base of 0.28 commercial refrigeration systems per person. Most of the studies related to commercial refrigeration suggest an installed base of 0.01 to 0.04 commercial refrigeration systems per person. This variation accounts for different countries and regions, inclusion of different commercial refrigeration systems, and different estimation methodologies. See GCI: https://www.green-cooling-initiative.org/country-data#!total-emissions/all-sectors/absolute; https://coolcoalition.org/ (cool calculator), Commercial refrigeration report for US Department of Energy (non-public report using publicly available government estimate), California Air Resources Board Data (publicly available but the data is not summarized in an single report), European Commercial Refrigeration Study – Ecodesign for Commercial Refrigeration.(2014)

[83] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon".

[84] National Ozone Unit Lebanon

[85] Green Cooling Initiative, "Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector"

شكلت الأنظمة القائمة بذاتها 95٪ من أنظمة التبريد التجارية الجديدة المباعة[86].

يمكن تخصيص حوالي 50٪ من إجمالي حجم المبيعات (الوحدات) لأنظمة التبريد التجارية للمتاجر الصغيرة، ويمكن تخصيص حجم المبيعات المتبقي بالتساوي بين المطاعم (25٪) ومحلات السوبر ماركت (25٪). ويعد كل من ثلاجات ومجمدات المشروبات والثلاجات والمجمدات الصندوقية وثلاجات ومجمدات العرض الرأسية أهم ثلاثة أنظمة مباعة[87].

في كثير من الأحيان، توفر شركات المبيعات ثلاجات المشروبات القائمة بذاتها والثلاجات والمجمدات الصندوقية والرأسية، غالبًا بالمجان، لمتاجر الزاوية ومحلات السوبر ماركت الصغيرة بناءً على عقد مُوقع بين صاحب المتجر والشركة. وتُقيّم الشركات الحاجة من حيث السعة وعدد الأنظمة وتوفر الصيانة خلال فترة العقد، ومع ذلك تعود ملكية الانظمة إلى شركة المبيعات[88].

تهيمن المنتجات المستوردة من أوروبا على سوق التبريد التجاري في لبنان. وبلدان المنشأ التي تستحوذ على أعلى حصة من الواردات هي إيطاليا وتركيا واليونان وألمانيا، وتمثل هذه البلدان العلامات التجارية المحلية الكبرى، لا سيما لأنظمة التكثيف والأنظمة المركزية المصممة حسب طلب العميل[89].

[86] Expert Interviews
[87] Expert Interviews
[88] Expert Interviews
[89] Expert Interviews

7. سوق مواد التبريد

- جميع مواد التبريد في لبنان مستوردة.
- R22 وR134a هما مادتا التبريد الرئيسيتان المستخدمتان في أجهزة التبريد الحالية. وتستخدم أجهزة تكييف الهواء الجديدة مادة التبريد R410A بشكل أساسي، كما تستخدم أنظمة سبليت أيضًا R22 وR32. وتستخدم أنظمة التكييف المركزية الجديدة في الغالب مواد التبريد R410A وR1234ze وR600a بكميات صغيرة.
- يتمثل أحد التحديات الرئيسية أمام الانتقال نحو التبريد الوطني في حظر استخدام مادة التبريد R22 لأن أنظمة تكييف الهواء التجارية لا تزال تعتمد إلى حد كبير عليها. ويتمثل أحد التحديات الرئيسية التي يجب التغلب عليها في معالجة العوائق التي تحول دون امتصاص مواد التبريد الطبيعية (التي يتصورها المستخدم النهائي) في مشكلات السلامة والتكاليف ذات الصلة.

7.1. سوق مواد التبريد الحالي

لا ينتج لبنان مواد التبريد، لذلك تُستورد جميع مواد التبريد للاستخدام المنزلي[90]. ففي عام 2015، تم استيراد 1،483 طنًا متريًا من مواد التبريد إلى لبنان[91].

يتعلق أحد التحديات بأنظمة التكييف التجارية الكبيرة، التي لا تزال تعتمد على مادة التبريد R22. وبالمثل، تُشحن وحدات سبليت الصغيرة ذات الوحدات المنفصلة الجديدة في السوق بشكل أساسي بـR410A ، ولكن بعضها لا يزال يُشحن بـ R22 وR32. ويتم استيراد أنظمة التبريد متغيرة التدفق إلى السوق اللبنانية وهي تعمل باستخدام مادة التبريد R410A.[92]

وبناءً على المقابلات مع الخبراء، ثمة مخاوف بشأن الموثوقية والتكلفة والأداء والمخاطر المحتملة[93]. ومواد التبريد شائعة الاستخدام في قطاع تكييف الهواء الحالي هي R410A وR22، وفي الأنظمة المركزية تُستخدم أيضًا مادة التبريد R134a. أما في أنظمة تكييف الهواء الجديدة، فمادة التبريد الشائعة هي R410A. وفي أنظمة سبليت، يُستخدم أيضًا R22 وR32. وفي الأنظمة المركزية الجديدة، يُستخدم R1234ze وكمية صغيرة من R600a بالإضافة إلى R410A.[94]

يلخص **الجدول 7** قائمة بمواد التبريد المُستخدمة في لبنان.

جدول 7 أهم مواد التبريد المستخدمة في أجهزة التكييف الموجودة والجديدة في لبنان[95]

أهم مواد التبريد المستخدمة في الأجهزة المُركبة بالفعل				أهم مواد التبريد المستخدمة في الأجهزة الجديدة			
نظام أحادي الكتلة (نوع النافذة)	وحدات تكييف هواء سبليت المنفصلة	نظام أحادي الكتلة (نوع النافذة)	وحدات تكييف هواء سبليت المنفصلة	نظام أحادي الكتلة (نوع النافذة)	وحدات تكييف هواء سبليت المنفصلة	نظام أحادي الكتلة (نوع النافذة)	وحدات تكييف هواء سبليت المنفصلة
R22	R22 وR410A	R22 وR410 و R134a (R407C)	R22 (وأيضًا R410A و R134a)	R410A (وأيضًا R134a)	R410A (وأيضًا R22 و R32)	R410A	R410A (وأيضًا R134a وR1234ze)

في قطاع التبريد التجاري، مواد التبريد شائعة الاستخدام في الأنظمة الموجودة هي R22 وR134a. وفي أنظمة التبريد التجاري المكثفة الجديدة، تتمثل مواد التبريد الشائعة في R404A وR134a، ولا تزال تستخدم كميات صغيرة من R22 في الأنظمة الجديدة (انظر **الجدول 8**).

[90] Expert Interviews
[91] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
[92] Expert Interviews
[93] Expert Interviews
[94] Expert Interviews
[95] Expert Interviews, National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

جدول 8 مواد التبريد شائعة الاستخدام في أجهزة التبريد التجاري الحالية والجديدة[96]

أهم مواد التبريد المُستخدمة في الأنظمة الموجودة بالفعل			أهم مواد التبريد المُستخدمة في الأنظمة الجديدة		
وحدة التكثيف	النظام المركزي	النظام التجاري القائم بذاته	وحدة التكثيف	النظام المركزي	النظام التجاري القائم بذاته
R22 أو R134a	R134a أو R22	R22 أو R134a	R134a وR404A	R134a وR404A	R134a أو R22 أو R404A

7.2. توافر مواد التبريد الطبيعية ذات القدرة المنخفضة على إحداث احترار عالمي

يتوفر في لبنان مواد التبريد الطبيعية ذات القدرة المنخفضة على إحداث احترار عالمي.

كشفت المقابلات التي أُجريت أن R32 يستخدم في عدد محدود من الأنظمة (على سبيل المثال، في وحدات سبليت المنفصلة، وفي أنظمة التبريد متغير التدفق)، وأن R1234ze يستخدم في وحدات التبريد.

في أنظمة تكييف الهواء، تشمل مواد التبريد الطبيعية R717 وR718 وR290، أما في أنظمة التبريد، فمواد التبريد هي R717 وR600a. ولا تُستخدم مواد التبريد الطبيعية على نطاق واسع في لبنان - فالاستثناء الوحيد هو R600a (الأيزوبيوتان) الذي يستخدم في الثلاجات المنزلية[97].

ذكر الخبراء في المقابلات أن أهم المشكلات الناشئة عند عرض مثل هذه المنتجات واستخدامها هي في الأساس مشكلات تتعلق بالسلامة، والتكاليف (الإضافية) ذات الصلة، والتوافر في السوق، وغياب الفنيين أصحاب الخبرات المماثلة[98].

[96] Expert Interviews
[97] Expert Interviews
[98] Expert Interviews

8. مزيد من الرؤى حول قطاع التبريد

8.1 مواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة

تعد مواد التبريد الطبيعية، بسبب عدم قدرتها على إحداث الاحترار العالمي أو قدرتها المنخفضة على إحداثه، خيارًا مستدامًا ومثبتًا في المستقبل في مجال التبريد بالضغط. وتتمثل المزايا الأخرى لمواد التبريد الطبيعية في تكاليفها المنخفضة والمستقرة وكفاءتها العالية[99] وتوافرها. ومع ذلك، ثمة بعض التحديات المرتبطة بالتعامل معها، مثلقابلية الهيدروكربونات للاشتعال (مثل R290 "البروبان"). لذا، يجب مواجهة مخاوف السلامة المحتملة من خلال تطبيق بعض التدابير المتعلقة بأنظمة التبريد وتكييف الهواء؛ فعلى سبيل المثال، تحديد متطلبات الأنظمة التي تتجاوز سعة معينة لوضع الغاز القابل للاشتعال في غرفة الآلات، والسماح بالوصول للفنيين المدربين فقط، وللتهوية واكتشاف التسرب. وتعد مؤهلات ومهارات الموظفين التقنيين لتركيب معدات وأنظمة التبريد وتكييف الهواء وإصلاحها وصيانتها ذات أهمية بالغة، لاسيما بالنسبة لمواد التبريد الطبيعية. فلابد من معرفة فنية إضافية وخبرة عملية للتعامل مع مواد التبريد الطبيعية بأمان بسبب خصائصها الكيميائية والفيزيائية. فتشمل الخبرة الحالية لفنيي التبريد وتكييف الهواء في البلدان النامية في المقام الأول التعامل مع مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون ومركبات الهيدروفلوروكربون، ولكنها لا تشمل التعامل مع مواد التبريد الطبيعية أو التعامل معها بشكل محدود.

بسبب الافتقار إلى التنظيم، لا يوجد دافع قوي وراء التحول إلى مواد التبريد الطبيعية في صناعات مركبات الهيدروفلوروكربون التقليدية. وعلاوة على ما سبق، تنخفض أحجام مبيعات العدد المحدود من أنظمة التبريد وتكييف الهواء التي تعتمد على مواد التبريد الطبيعية المتاحة في الأسواق.

يلخص **الجدول 9** مجالات التطبيق والخصائص الرئيسية لمواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة.

جدول 9 الخصائص الرئيسية لمواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة[100] [101]

اسم مادة التبريد	احتمالية الاحترار العالمي (بعد 100 عام)	أهم مجالات التطبيق	المميزات	العيوب
R290 (البروبان)	3	▶ وحدات تكييف هواء الغرف (أحادي الكتلة ووحدات سبليت) ▶ وحدات تبريد الهواء الصغيرة ▶ أنظمة التبريد التجاري القابلة للتوصيل بالكهرباء	▶ كفاءة عالية ▶ لا توجد تكلفة إضافية كبيرة ▶ متوفر	▶ شديد الاشتعال (=> حدود الشحن)
R600a (الأيزوبيوتان)	3	▶ الثلاجات القائمة بذاتها	▶ كفاءة طاقة عالية ▶ تقنية شائعة	▶ شديد الاشتعال (ولكن بسبب انخفاض الشحنات والتغليف الجيد للتطبيقات الرئيسية ليست مشكلة كبيرة)
R717 (الأمونيا)	0	▶ وحدات تبريد الهواء ▶ أنظمة التبريد المركزي	▶ كفاءة ممتازة لتطبيقات درجات الحرارة المنخفضة (أقل بكثير من 0 درجة مئوية) ▶ سهل التشغيل والصيانة ▶ ضغط تشغيل منخفض	▶ سام (لكن منخفض الخطورة، إذ يمكن شم رائحته قبل أن يصل إلى التركيز الحرج) ▶ مسبب لتآكل النحاس الأحمر والأصفر والبرونز شديد الاشتعال (=> حدود الشحن)

[99] Specifically, propane (R290) and ammonia (R717) have better thermal properties than conventional refrigerants.

[100] Azar and Nosbers, "Implications of natural refrigerants for cooling technologies – Converting from HFCs/HCFCs to natural refrigerants"

[101] Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"

اسم مادة التبريد	احتمالية الاحترار العالمي (بعد 100 عام)	أهم مجالات التطبيق	المميزات	العيوب
R744 (ثاني أكسيد الكربون)	1	▶ تبريد محلات السوبر ماركت ▶ الانظمة المزدوجة (تدفئة وتبريد)	▶ غير قابل للاشتعال ▶ السائل ذو درجة الحرارة العالية لاستخلاص الحرارة ▶ غير سام ▶ أنظمة لا تتطلب قدر كبير من الصيانة ▶ غير قابل للتآكل	▶ يتطلب أنظمة أكثر تعقيدًا بسبب ضغوط التفريغ العالية ▶ درجة حرارة حرجة منخفضة جدًا (31 درجة مئوية)

8.2. ارتفاع معدلات التسرب وسوء الصيانة

- تحسين الصيانة مهم لتقليل معدلات التسرب وتحسين كفاءة الطاقة في المستقبل.
- معدلات التسرب الحالية مرتفعة إلى حد ما في قطاع التبريد التجاري (تصل إلى 20٪ -40٪ سنويًا في وحدات التكثيف والأنظمة المركزية).
- عادةً ما يؤدي غياب إدارة نهاية العمر الافتراضي لمواد التبريد إلى انطلاق 100٪ من غاز التبريد في الغلاف الجوي في أثناء مرحلة التخلص منه.
- ثمة حاجة ملحة إلى رفع وعي أولئك المشاركين في عملية التخلص من مواد التبريد وبناء قدراتهم.
- ثمة حاجة إلى تطبيق آليات الرصد والتقييم وإقامة المرافق اللازمة لضمان التخلص الآمن من مواد التبريد.

تعد الصيانة الدورية عاملاً مهمًا لتقليل الانبعاثات المباشرة من أجهزة التبريد وتكييف الهواء. ويؤدي سوء الصيانة إلى ارتفاع معدلات تسرب مادة التبريد وانخفاض كفاءة النظام. والصيانة النموذجية في قطاع التبريد وتكييف الهواء هي خدمة منتظمة (سنوية في الغالب) لاستبدال المرشح وإجراء فحوصات متعلقة بالكهرباء والتنظيف المنتظم وفحص شحن غاز التبريد. أما بالنسبة لأنظمة التكييف الأصغر، لا تكون الصيانة النموذجية سنوية؛ بل حين يقع خلل فني ما في النظام نفسه. وفي أثناء الصيانة، غالبًا ما تُطلث شحنة مادة التبريد الكاملة في الغلاف الجوي، ويحتاج النظام إلى إعادة الشحن بالكامل (باستثناء الأنظمة الكبيرة التي قد تحتوي على مستقبل سائل)[102].

يتمثل أحد التحديات الرئيسية في بناء قدرات فنيي خدمات التبريد والمشاركين الآخرين في السوق، مثل فنيي تركيب مكيفات الهواء، وشركات خدمات تكييف الهواء، وفنيي الإصلاح لمعالجة التسرب وتحسين مهارات الصيانة[103].

يؤكد ملاك محلات السوبر ماركت على عدم إجراء أي صيانة دورية أو فنية لأنظمة التبريد التجارية؛ ويعتمد ذلك على خطط الصيانة والإحلال الخاصة بشركة النظام. وأكثر طلبات الصيانة التي تُجرى للأنظمة هي تنظيف وحدات التكثيف التي تعتمد على حالة الطقس (مغبر أم لا)، وعادةً ما تُجرى سنويًا باعتبارها جزء من خدمة ما بعد البيع الذي توفره الشركة المصنعة[104].

وفقًا لمقابلات أجريت في الدول الشريكة، تتراوح معدلات التسرب السنوية في الدول المختلفة بين 5٪ و10٪ في أنظمة التكييف. وبالنسبة لأنظمة وحدات التبريد، تتراوح النسبة بين حوالي 15٪-20٪ و20٪-40٪ في أنظمة التبريد التجارية الكبيرة (الأنظمة المستقلة لديها معدلات تسرب منخفضة في الأغلب).[105] توفر الدراسات المتاحة قيمًا بنفس الترتيب من حيث

[102] Expert Interviews
[103] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
[104] Expert Interviews
[105] Expert Interviews

الحجم[106]. ويُقدر الطلب على خدمات التبريد وتكييف الهواء على المستوى الوطني بحوالي 40٪ -60٪ من احتياج القطاع الفرعي بأكمله (تكييف الهواء والتبريد التجاري)[107].

عادة ما يتم تفكيك أنظمة التبريد وتكييف الهواء، في نهاية عمرها الافتراضي التقني، لإعادة استخدام بعض الأجزاء أو المكونات لكونها قطع غيار لأنظمة أخرى. أما مواد التبريد، فلا يتم التخلص منها بشكل سليم، بل من دون اتخاذ أي احتياطات. ويؤدي عدم وجود تشريع لإدارة نهاية العمر الافتراضي (للنفايات) إلى ارتفاع انبعاثات غازات التبريد في الغلاف الجوي في مرحلة التخلص منه، والتي يمكن بدورها، وحسب معدل التسرب السنوي، أن تزيد ما يصل إلى مضاعفات الكمية الأولية[108].

تتمثل التحديات الرئيسية لتحسين إدارة نهاية العمر الافتراضي في غياب:

- توعية المشاركين في عملية التخلص من غازات التبريد بتدابير السلامة.
- آليات الرصد والتقييم.
- الحاجة إلى المرافق والموارد التي تضمن التخلص الآمن من مواد التبريد.

تشمل التحديات الرئيسية للتخلص الآمن غياب:

- مساحة تخزين لمواد التبريد المستخدمة.
- المعدات المناسبة لمعالجة مواد التبريد في أوساط الفنيين.
- توعية القائمين بالتركيب والفنيين.
- اللوائح الإلزامية للتخلص الآمن[109].

8.3. أهم العوامل المؤثرة في قرار الشراء

- تكلفة الاستثمار المقدمة دافعًا رئيسيًا وراء قرار شراء نوع معين من أنظمة تكييف الهواء.
- غالبًا ما يتخذ أصحاب المنازل في المباني الموجودة قرارات الشراء بناءً على المشاورات مع القائمين بالتركيب أو غيرهم من الأشخاص الموثوق فيهم.
- في المنازل الجديدة، تؤثر آراء المهندسين المعماريين واستشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة في نوع أنظمة تكييف الهواء المستخدمة.
- في المباني غير السكنية الكبيرة، تؤثر المعايير الدولية في نوع أنظمة تكييف الهواء المستخدمة.
- وبالنسبة للتبريد التجاري، تصنع العديد من العلامات التجارية نظام التبريد الخاص بها من أجل توزيع منتجاتها في محلات السوبر ماركت (أنظمة قائمة بذاتها في الأغلب).

8.3.1. قطاع تكييف الهواء

ينظر معظم الأطراف الفاعلة في السوق الذين جرت مقابلتهم إلى التكلفة، ولاسيما تكلفة الاستثمار المقدمة، على أنها العامل الرئيسي الذي يؤثر في قرارات الشراء الخاصة بتكييف الهواء وأنظمة التبريد التجاري. وتشمل العوامل الأخرى التي تؤثر

---

[106] National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
CLASP, "Environmentally Harmful Dumping of Inefficient and Obsolete Air Conditioners in Africa"
United Nations Environment Programme, "Presession Documents: Workshop on Hydrofluorocarbon Management" For AC systems, the UNEP factsheets with its global scope consider the typical leakage rates 1%-6 %; for commercial refrigeration systems and for standalone equipment to be 5%-20%; for the condensing unit and centralized systems to be in the same order of magnitude.
Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"
National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"

[107] Assumption based on:
Government of Turkey, "Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2019"
United Nations Industrial Development Organization, "HFC Inventory of Jordan"
United Nations Environment Programme, "Presession Documents: Workshop on Hydrofluorocarbon Management"

[108] Expert Interviews

[109] Expert Interviews

في قرار الشراء الموثوقية وسهولة الصيانة. أما بالنسبة لأنظمة التكييف على وجه التحديد، فالترشيحات الشخصية (من القائمين بالتركيب أو البائعين) هي المؤثر الأكبر.[110]

ونظرًا لأن الطرف الذي يتخذ قرارات شراء معينة قد يختلف حسب نوع المبنى، ستتم مناقشة السمات ذات الصلة على النحو التالي.

بالنسبة للمباني السكنية القائمة التي يعيش فيها ملاك المنازل، عادةً ما يقرر الملاك أي نظام تكييف هواء يجب شراؤه بناءً على التشاور مع القائمين بالتركيب أو غيرهم من الأشخاص الموثوق فيهم. وفي المنازل الجديدة، تؤثر آراء المهندسين المعماريين واستشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة ومعايير البناء التي يجب اتباعها في قرار الشراء، رغم أن صاحب المنزل هو صاحب القرار النهائي[111].

وفي المنازل الإيجار، عادةً ما يقرر أصحاب العقارات تركيب مكيفات جديدة. ورغم أن مالكي الشقق يتحملون تكلفة الاستثمار، فإنهم لا يستفيدون استفادة مباشرة من التركيب، لذا فإن قدرتهم على استرداد التكلفة من المستأجرين هي المتحكم الرئيسي في اتخاذ قرار تركيب مكيفات جديدة. وبالنسبة للمجمعات السكنية الكبيرة المؤجرة، يمكن أن يساهم المخططون أو المهندسون المعماريون أو الاستشاريون في اتخاذ هذا القرار. وتضطلع القدرة على استرداد الاستثمار عن طريق الإيجار بدور مهم حسب حالة السوق.[112]

في المباني غير السكنية، تتخذ الشركة أو المشروع الذي يستخدم المبنى قرارات شراء أنظمة تكييف الهواء الجديدة بناءً على ترشيحات استشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة المتعاقد معهم أو اتباع معايير الدولة للشركات الكبيرة. وفي المباني الجديدة، يقرر المهندسون المعماريون أو المخططون أو الاستشاريون ما النظام الذي سيتم تركيبه[113].

في المتاجر الكبرى أو المطاعم أو الفنادق، يمكن اتخاذ قرارات شراء أنظمة تكييف الهواء مسبقًا من خلال الإطلاع المعايير الحالية (الدولية أحيانًا) للشركة الأم بناءً على توصيات استشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة المتعاقد معهم. أما في محلات السوبر ماركت الصغيرة أو المطاعم أو الفنادق أو متاجر الزاوية، يتخذ صاحب المتجر مباشرة هذه القرارات، وأحيانًا يعمل بنصيحة البائعين أو القائمين بالتركيب أو استشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة[114].

8.3.2. قطاع التبريد التجاري

غالبًا ما توفر العلامات التجارية الكبيرة معداتها للمتاجر ومحلات السوبر ماركت، كما تتبع بشكل رئيسي إرشاداتها ومعاييرها الخاصة حسب حجم كل متجر واحتياجاته. وهذه المعدات والبدائل الجديدة هي في الأساس أنظمة قائمة بذاتها، وتعتمد على خطط الموردين والمصنعين في قطاع الأغذية والمشروبات. فتوفر لهم هذه الأنظمة المصممة خصيصًا في الأساس لمنتجاتهم.

وفي محلات السوبر ماركت الكبيرة أو المطاعم أو الفنادق، يمكن تحديد قرارات الشراء مسبقًا من خلال المعايير الحالية (الدولية أحيانًا) للشركة الأم بناءً على توصيات استشاري الهندسة الكهربائية والميكانيكية والسباكة المُتعاقد معهم. أما في محلات السوبر ماركت الصغيرة أو المطاعم أو الفنادق أو متاجر الزاوية، يتخذ صاحب المتجر هذه القرارات على الفور، وأحيانًا يأخذ بنصيحة البائعين أو القائمين بالتركيب أو الاستشاريين، متأثرًا بعوامل مثل التكلفة والحجم والموثوقية واسم العلامة التجارية وسهولة للصيانة[115].

[110] Expert Interviews
[111] Expert Interviews
[112] Expert Interviews
[113] Expert Interviews
[114] Expert Interviews
[115] Expert Interviews

9. المراجع

6Wresearch. “Lebanon Air Conditioner (AC) Market (2021-2027).” https://www.6wresearch.com/industry-report/lebanon-air-conditioner-ac-market-2021-2027.

Azar, Antoine, and Ramona Nosbers. “Implications of natural refrigerants for cooling technologies – Converting from HFCs/HCFCs to natural refrigerants: A guide for refrigeration manufacturers.” GIZ, Eschborn, May 2018.

British Patrol. “BP Energy Outlook 2018 Edition.” London, UK, 2018. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf.

Build_ME. “Towards a Low-Carbon Building Sector in the MENA Region.” https://www.buildings-mena.com/.

Campbell, Iain, Ankit Kalanki, and Sneha Sachar. “Solving the Global Cooling Challenge: How to Counter the Climate Threat from Room Air Conditioners.” 2018. https://rmi.org/wp-content/uploads/2018/11/Global_Cooling_Challenge_Report_2018.pdf.

Central Agency for Public Mobilization and Statistics. “Total number of housing units of the system (government / public / public / private).” Central Agency for Public Mobilization and Statistics Egypt, 2019.

CIELO. “Ducted vs. Ductless Air Conditioning Systems.” https://www.cielowigle.com/blog/ducted-vs-ductless-air-conditioning-systems/.

CLASP. “Environmentally Harmful Dumping of Inefficient and Obsolete Air Conditioners in Africa.” CLASP; IGSD, June 24, 2020.

Credit Libanais Tower. “Construction Permits Area at Around 6.22 Million SQM YTD October 2021.” https://economics.creditlibanais.com/Article/210764#en.

European Central Bank. “Euro foreign exchange reference rates.” https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

Expert Interviews, June - August 2021. Selected market actors from different sectors: Manufacturer, Assembler, Wholesale, Dealer, Architect, MEP (mechanical, electrical, plumbing) consultant, Project developer (anonymous).

Government of Turkey. “Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2019: National Investory Report for submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change.” 2021. https://unfccc.int/documents/271544.

Green Cooling Initiative. “Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector.” Accessed September 1, 2021. https://www.green-cooling-initiative.org/country-data/#!total-emissions/all-sectors/absolute.

Guidehouse. “Guidehouse Global Building Stock Model.” 2021.

Houssari, Najia. “Construction sector faces severe contraction in Lebanon.” https://www.arabnews.com/node/1686776/middle-east.

Intergovernmental Panel on Climate Change. “Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing.” Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf.

International Energy Agency. “The Future of Cooling - Opportunities for energy efficient air conditioning.” International Energy Agency (IEA), 2018.

International Renewable Energy Agency. “Renewable Energy Outlook Lebanon: Based on Renewables Readiness Assessment and REmap analysis.” 2020. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Outlook_Lebanon_2020.pdf.

Klinckenberg, Frank, and Winton Smith. “Scoping Study for Commercial Refrigeration Equipment: Mapping and Benchmarking Project - Results.” KLINCKENBERG CONSULTANTS; PUDDLE CONSULTANCY; Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), October 2012.

Lebanese Center for Energy Conservation. “Internal database.”

Lebanese Center for Energy Conservation. “The Second National Energy Efficiency Action Plan for The Republic of Lebanon NEEAP 2016-2020.” 2016. https://lcec.org.lb/sites/default/files/2021-02/NEEAP%202016%202020.pdf.

Lebanese Center for Energy Conservation. “The First Energy Indicators Report of the Republic of Lebanon.” 2018. https://lcec.org.lb/sites/default/files/2021-09/Indicators%20ReportVF.PDF.

McNeil, Michael A., Virginie E. Letschert, de Rue Can La Stephane, and Jing Ke. *Bottom-Up Energy Analysis System - Methodology and Results*., 2012, https://doi.org/10.2172/1210915.

National Ozone Unit Lebanon. “Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon.” 2021. https://www.lb.undp.org/content/lebanon/en/home/library/guidance-for-integrating-efficient-cooling-in-national-policies-.html.

Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency. “Field survey results for AC market in Egypt.” 2019.

The Building Services Research & Information Association. “Split Systems 2018: Egypt.” Report 61099/2, BSRIA, Bracknell, December 2018.
The Heritage Foundation. “2021 Index of Economic Freedom - Lebanon.” https://www.heritage.org/index/country/lebanon.
The Japanese Refrigeration and Air Conditioning Industry Association. “World Air Conditioner Demand in 2017: Inverter & Refrigerant ratio.” JRAIA, April 2018.
The World Bank. “The World Bank in Lebanon.” https://www.worldbank.org/en/country/lebanon/overview#1.
United Nations Environment Programme. *Presession Documents: Workshop on Hydrofluorocarbon Management*., 2015.
United Nations Environment Programme. “2018 Report of the Refrigeration, Air Conditiong and Heat Pumps Technical Options Committee: 2018 Assessment.” United Nations Environment Programme, Kenya, 2019. https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/RTOC-assessment-report-2018_0.pdf.
United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat. “FACT SHEET 10 Water chillers for air conditioning.” April 2015.
United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat. “FACT SHEET 4 Commercial Refrigeration.” UNEP Ozone Secretariat, Bangkok, April 20, 2015.
United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat. “FACT SHEET 7 Small Self Contained Air Conditioning.” UNEP Ozone Secretariat, Bangkok, April 20, 2015.
United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat. “FACT SHEET 8 Small Split Air Conditioning.” UNEP Ozone Secretariat, Bangkok, April 20, 2015.
United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat. “FACT SHEET 9 Large Air-Conditioning (air-to-air).” UNEP Ozone Secretariat, Bangkok, April 20, 2015.
United Nations Industrial Development Organization. “HFC Inventory of Jordan.” 2018. https://www.ccacoalition.org/en/resources/jordan-hfc-inventory.
Waide, Paul, Sietze van der Sluis, and Thomas Michineau. “CLASP Commercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking.” Waide Strategic Efficiency Ltd; CLASP, January 2014.