Cool Up
Upscaling Sustainable Cooling

تقرير حالة قطاع التبريد في الأردن:

تحليل الهيكل السوقي الحالي والاتجاهات والرؤى حول قطاع التبريد وتكييف الهواء

مارس 2022

تقرير حالة قطاع التبريد في الأردن:

تحليل الهيكل السوقي الحالي والاتجاهات والرؤى حول قطاع التبريد وتكييف الهواء

www.cooluppprogramme.org

تويتر

الرسائل الإخبارية

البريد الإلكتروني

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 تدعمهس الوزارة الاتحادية للبيئة وحماية الطبيعة والسلامة النووية وحماية المستهلك استناداً إلى قرار اتخذه البرلمان الألماني (البوندستاغ).

المعلومات والآراء الواردة في هذا المطبوعة تخص المؤلفين ولا تعكس بالضرورة الرأي الرسمي لمبادرة المناخ الدولية أو الوزارة الاتحادية للبيئة وحماية الطبيعة والسلامة النووية وحماية المستهلك.

تم إعداد هذه المطبوعة بواسطة المؤلفين للاستخدام فقط من قبل برنامج كوول أب Cool Up حيث يمثل ماورد فيها الحكم المهني للمؤلفين بناءً على المعلومات المتاحة في وقت إعداد هذا التقرير. ولا يتحمل شركاء اتحاد Cool Up مسؤولية استخدام أي طرف ثالث لهذا التقرير أو الاعتماد عليه أو أي قرارات تستند إليه. وليكن معلوماً لدى قراء هذا التقرير بأنهم يتحملون جميع المسؤوليات التي تقع على عاتقهم هم أو أي أطراف أخرى نتيجة اعتمادهم على هذا التقرير أو البيانات والمعلومات والنتائج والآراء الواردة فيه، والتي تعتبر آراء 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 الأساسيون
سوسن بوارش (الجمعية العلمية الملكية)

Jan Grözinger, Nesen Surmeli-Anac (Guidehouse)

المؤلفون المساهمون:
مها أبو مويس (الجمعية العلمية الملكية)

Sven Schimschar وإسلام محمد مهدي يوسف Katja Dinges, Andrea Dertinger, Alexander Pohl (Guidehouse)

Felix Heydel (Öko-Recherche)

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

مراجعة:
نضال عبد الله (الجمعية العلمية الملكية)
Markus Offermann, Carsten Petersdorff, Katja Eisbrenner (Guidehouse)
Barbara Gschrey (Öko-Recherche)
Mathias Safarik, Ronny Mai (Institut für Luft- und (Kältetechnik gGmbH
رنا صالح، محمد أبو مغلي (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي - الأردن)

التاريخ

مارس 2022

جهات الاتصال

تواصل معنا على info@coolupprogramme.org.
قم بزيارتنا على موقع www.coolupprogramme.org.

جدول المحتويات

1- مقدمة 1
1-1- برنامج كوول أب ..... **Error! Bookmark not defined.**
1-2- هدف التقرير ونطاقه 2
1-3- تعديل كيغالي 2
2- نظرة عامة ..... Error! Bookmark not defined.
2-1- الوضع الحالي في الأردن ..... **Error! Bookmark not defined.**
2-2- نظرة عامة على الاقتصاد الكلي ..... **Error! Bookmark not defined.**
2-1-**2**- استهلاك الكهرباء 4
2-2-2- انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء ..... **Error! Bookmark not defined.**
2-3- ملامح السياسة العامة ..... **Error! Bookmark not defined.**
2-4- ملامح المشهد المالي 7
3- المنهجية المتبعة ..... Error! Bookmark not defined.
3-1- التعريفات ..... **Error! Bookmark not defined.**
3-2- فئات المباني وأنواع المعدات في نطاق برنامج Cool Up ..... **Error! Bookmark not defined.**
3-3- النهج المتبع في جمع البيانات 10
4- ملخص النتائج والتوصيات الرئيسية ..... Error! Bookmark not defined.
5- سوق تكييف الهواء ..... Error! Bookmark not defined.
5-1- المباني الحالية وإمكانات السوق 13
5-2- خصائص السوق وتطوراته ..... **Error! Bookmark not defined.**
5-2-1- التقنيات السائدة ..... **Error! Bookmark not defined.**
5-2-2- اتجاهات السوق ومحركاته ..... **Error! Bookmark not defined.**
5-2-3- حجم وهيكل السوق 19
6- سوق التبريد التجاري 21
6-1- فئات السوق والتقنيات السائدة 21
6-2- اتجاهات السوق ومحركاته 24
6-3- حجم وهيكل السوق ..... **Error! Bookmark not defined.**
7- سوق التبريد 27
7-1- سوق التبريد الحالي 27
7-2- توافر مواد التبريد الطبيعية منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي 28
7-2-1- توافر أنظمة تبريد تعمل بمواد ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي 28
7-2-2- توافر أنظمة التبريد التي تعمل بمواد التبريد الطبيعية ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي 28
8- مزيد من الرؤى حول قطاع التبريد 29
8-1- مواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة 29
8-2- ارتفاع معدلات التسرب وتدني مستوى الصيانة 30
8-3- العوامل المؤثرة في اتخاذ قرار الشراء 31
8-3-1- قطاع تكييف الهواء 31
8-3-2- قطاع التبريد التجاري 32
9- المراجع 33

الأشكال

الشكل 1 انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء (2016) 5
الشكل 2 مجمل المباني الحالية في الأردن عام 2020 13
الشكل 3 نسبة المساحات غير المكيفة (= إمكانية النمو) في المباني السكنية وغير السكنية ..... **Error! Bookmark not defined.**
الشكل 4 نظام المنصات في سي تاون 17
الشكل 5 سي تاون العبدلي هايبر ماركت 17
الشكل 6 استيراد وتصدير أنظمة تكييف الهواء (2019) 19
الشكل 7 نظرة عامة على حجم سوق التبريد حسب التقنية من الناحية النقدية (الحصة في حجم المبيعات باليورو في 2016) 20

الجداول

الجدول 1 الجدول الزمني لخفض استهلاك المركبات الهيدروفلوروكربونية تدريجيًا في البلدان الشريكة في برنامج كوول أب 2
الجدول 2 نظرة عامة على أنظمة تكييف الهواء المثبتة في كل فئة من فئات المباني 15
الجدول 3 نظرة عامة على أنظمة التكييف المثبتة في المباني المشيدة حديثًا في كل فئة من فئات المباني 15
الجدول 4 كفاءة أنظمة تكييف الهواء المختلفة 16
الجدول 5 اتجاهات قطاع التكييف وتأثيرها على المبيعات 18
الجدول 6 أجهزة التبريد النموذجية في سوق التبريد التجاري الأردني 22
الجدول 7 فئات التبريد التجاري في الأردن 23
الجدول 8 الاتجاهات الناشئة لأنواع المباني المختلفة وفئات السوق 25
الجدول 9 أهم شركات تصنيع أجهزة التبريد المحلية 26
الجدول 10 كميات مواد التبريد من مركبات الهيدروفلوروكربون المستخدمة في تطبيقات التبريد وتكييف الهواء في عام 2020 27
الجدول 11 الخصائص الأساسية لأكثر مواد التبريد الطبيعية ملائمة 29

الاختصارات

AB	البنك العربي
AC	تكييف الهواء
BSRIA	جمعية بحوث ومعلومات خدمات البناء
CAGR	معدل النمو السنوي الإجمالي
CBJ	البنك المركزي الأردني
CFC	مركبات الكلوروفلوروكربون
CLASP	البرنامج التعاوني لوضع بطاقات التعريف والمعايير للأجهزة
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
COP	معامل الأداء
DC	تبريد المناطق
EBRD	البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية
EE	كفاءة الطاقة
EER	نسبة كفاءة الطاقة
EUR	يورو
GAM	أمانة عمّان الكبرى
GCI	مبادرة التبريد الأخضر
GDP	إجمالي الناتج المحلي
GHG	غازات الدفيئة
GWP	احتمالية إحداث الاحترار العالمي
HAMCO	شركة تصنيع الأجهزة المنزلية
HCFC	مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون
HFC	مركبات الهيدروفلوروكربون
HFO	الأوليفينات الهيدروفلورية
IEA	وكالة الطاقة الدولية
IKI	مبادرة المناخ الدولية
IMF	صندوق النقد الدولي
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
JAB	البنك الأهلي الأردني
JCS	الأردنية لتجهيزات المطاعم
JD	الدولار الأردني
JLGC	الشركة الاردنية لضمان القروض
JREEEF	صندوق تشجيع الطاقة المتجددة وترشيد الطاقة
kW	كيلوواط
m^2	متر مربع
MEMR	وزارة الطاقة والثروة المعدنية

MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MEP	الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة
MEPS	معايير أداء الطاقة الدنيا
MP	بروتوكول مونتريال
MT	طن متري
MW	ميغاواط
NDC	المساهمات المحددة وطنيًا
NEEAP	الخطة الوطنية لرفع كفاءة الطاقة
NOU	وحدة الأوزون الوطنية
ODS	المواد المستنفدة لطبقة الأوزون
PHC	شركة التخصيص القابضة
PTAC	تكييف هواء طرفي معبأ (وحدة)
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 المركبات الهيدروفلوروكربونية: R143a (ثلاثي فلورو الإيثان)، وR125 (خماسي فلورو الإيثان)، وR134a (رباعي فلورو الإيثان)
R407C	خليط مكون من المركبات الهيدروفلوروكربونية: R32 (ثنائي فلورو الميثان) وR125 (رباعي فلورو الإيثان)، و1،1،1،2 - رباعي فلورو الإيثان
R410A	خليط مكون من المركبات الهيدروفلوروكربونية: R32 (ثنائي فلورو الميثان) وR125 (خماسي فلورو الإيثان)
R600a	HC-600a، أيزوبيوتان (مركب هيدروكربون)
R717	NH3-717، الأمونيا (مُبرد طبيعي)
R718	ماء (مُبرد طبيعي)
R744	ثاني أكسيد الكربون
RAC	التبريد وتكييف الهواء
RCREEE	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
RE	الطاقة المتجددة
RTOC	لجنة الخيارات التقنية للتبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية
R&D	البحث والتطوير
SME	المشروعات الصغيرة والمتوسطة
UAC	تكييف الهواء الوحدوي
UK	المملكة المتحدة
UNDP	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNIDO	منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

US	الولايات 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، حيث تشمل تحديات الطاقة في المنطقة النمو السكاني السريع، والتوسع الحضري، والبنية التحتية الهشة للطاقة. وفي نفس الوقت يمثل التبريد في المنازل المجهزة بتكييف الهواء بالفعل مصدرًا رئيسيًا لاستهلاك الطاقة في المنطقة. كما أنه من المتوقع أن يزداد استخدام التبريد بشكل أكبر لأنه مع تحسن مستوى المعيشة، تستخدم المزيد من الأسر أنظمة تكييف الهواء، إلا أن هناك إمكانية كبيرة لتوفير الطاقة عند استبدال العديد من أنظمة التبريد والتكييف ذات كفاءة الطاقة المنخفضة المستخدمة حالياً بأخرى ذات كفاءة عالية. 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 Cool Up

يشجع برنامج كوول أب Cool Up التغيير التكنولوجي المتسارع والتنفيذ المبكر لتعديل كيغالي لبروتوكول مونتريال واتفاقية باريس في مصروالأردن ولبنان وتركيا. ويركز البرنامج على اتاحة مواد التبريد الطبيعية والحلول الموفرة للطاقة للتخفيف من آثار ارتفاع الطلب على التبريد. يعتمد نهج برنامج كوول أب Cool Up على أربع ركائز: تقليل الطلب على التبريد، والخفض التدريجي للمركبات الهيدروفلوروكربونية (HFCs)، واستبدال وإعادة تدوير المعدات والمبردات غير الفعالة، والتدريب وزيادة 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 Cool Up بما يلي:

- تعزيز الحوار عبر القطاعات بين الجهات الفاعلة الوطنية لتعزيز الإحساس لديهم بالملكية لدعم إحداث أثر طويل المدى.
- تطوير الإجراءات والسياسات التي من شأنها خلق بيئة تنظيمية داعمة.
- تطوير آليات مالية وهياكل تمويلية للتمكين من تحول سوق التبريد.
- دعم نشر وتعميم التقنيات الحالية والناشئة التي تحتوي على مواد التبريد الطبيعية.
- توفير الموارد اللازمة لتنمية القدرات في مجال التبريد المستدام في البلدان الأربعة الشريكة.

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

وينقسم البرنامج إلى ثلاث محاور:

- السياسات واللوائح
- التكنولوجيا والأسواق
- التمويل ونماذج الأعمال

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

1-2- هدف التقرير ونطاقه

يعد تقرير حالة قطاع التبريد هو أول سلسلة التقارير التي سيصدرها برنامج كوول أب. ويهدف هذا التقرير إلى تقديم لمحة عامة عن قطاع التبريد وإرساء ركائز للاضطلاع بمزيد من الأعمال ضمن إطار البرنامج لإتاحة الطريق أمام جميع أصحاب المصلحة في القطاعين العام والخاص لصناعة القرارات المستنيرة.

وفي البلدان الشريكة - مصر والأردن ولبنان وتركيا – يصعُب العثور على دراسات مفصلة تتناول سوق التبريد. إذ أن لمثل هذه الدراسات ضرورة كبرى لفهم الوضع الراهن وتحويل سوق التكييف والتبريد بشكل مستدام.

يعرض تقرير حالة قطاع التبريد هذا تجميعًا للبيانات المحدودة المتاحة عن القطاعات التي يركز عليها[2]، وتحديداً قطاع التكييف في المباني السكنية وغير السكنية والتبريد التجاري. وعلى الرغم من تركيز التقرير في المقام الأول على تلك القطاعات، فإنه يلخص بإيجاز ملامح السياسة العامة الحالية ويحدد عدة أنواع من السياسات واللوائح (مثل البروتوكولات الدولية والاستراتيجيات الوطنية والقوانين والمعايير والقواعد) فضلًا عن شرح ملامح المشهد المالي. وسيصدر برنامج Cool Up تقارير منفصلة تشرح تفاصيل مكونات البرنامج هذه بشكل أكبر.

ويمكن تقسيم التقرير على النحو التالي:

- يقدم الفصل الثاني لمحة عامة موجزة عن الدولة يتبعها ملخصات عالية المستوى عن السياسات المتبعة والقطاعات المالية.
- يقدم الفصل الثالث نظرة عامة حول التدابير المتبعة لتوجيه أنشطة Cool Up بما في ذلك الوضوح في التعريفات ونطاق البيانات وقيود الدراسة.
- يلخص الفصل الرابع النتائج الرئيسية لهذا التقرير.
- يركز الفصلان السادس والسابع على حالة قطاع تكييف الهواء وأسواق التبريد التجاري، ويقدمان بيانات تتعلق بشكل المباني الحالي وإمكانات السوق وخصائصه وتطوراته.
- يناقش الفصل الثامن مواد التبريد المستخدمة في الدولة.
- يقدم الفصل الرابع رؤى حول أهمية مواد التبريد الطبيعية وأهمية الصيانة والعوامل الرئيسية التي تؤثر على قرارات الشراء.

1-3- تعديل كيغالي

تعتمد معظم أنظمة التبريد على مواد أو غازات تبريد ذات قدرة عالية على إحداث الاحترار العالمي، ما يؤدي إلى زيادة انتشار الانبعاثات المباشرة من دائرة التبريد. وعليه، تم اعتماد بروتوكول مونتريال في عام 1987، والذي يتبنى خفض استهلاك المواد المستنفدة لطبقة الأوزون وإنتاجها تدريجياً – ومن أبرزها مركبات – الهيدروكلوروفلوروكربون. ويتم هذا الخفض التدريجي من خلال جداول زمنية مختلفة للدول المتقدمة والنامية (المشار إليها باسم دول المادة 5). وقرر المجتمع الدولي عام 2016 في كيغالي (رواندا) إجراء تعديل على بروتوكول مونتريال إدراكًا منه بتهديد آثار الغازات المفلورة على المناخ العالمي وخاصة المركبات الهيدروفلوروكربونية. وكانت المملكة الأردنية أولى الدول في الشرق الأوسط لتصدق على تعديل كيغالي لخفض المركبات الهيدروفلوروكربونية. وبدخول هذا التعديل حيز التنفيذ في 1 يناير 2019، انصب التركيز على الخفض التدريجي لتلك المُركبات عالميًا لتقليل إنتاج مركبات الهيدروفلوروكربون واستهلاكها بنسبة تزيد عن 80% خلال الثلاثين عامًا القادمة.

وبالنسبة للدول الشريكة في برنامج Cool Up - مصر والأردن ولبنان وتركيا[3] - فكلها تُطبق نفس جداول خفض مركبات الهيدروفلوروكربون تدريجيًا بموجب تعديل كيغالي (انظر الجدول 1).

ويُعرَف خط الأساس على أنه متوسط استهلاك الدولة من المركبات الهيدروفلوروكربونية لعام 2020 و2021 و2022 بالإضافة إلى أن 65% من خط الأساس للمركبات الهيدروكلوروفلوروكربونية.

الجدول 1 الجدول الزمني لخفض استهلاك المركبات الهيدروفلوروكربونية تدريجيًا في البلدان الشريكة في برنامج كوول أب

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

وتطرح السنوات القادمة العديد من الفرص والتحديات أمام عمليات التحول في قطاع التبريد وتقديم بدائل للمواد المستنفدة للأوزون والمركبات الهيدروفلوروكربونية تتسم بالاستدامة والقدرة على الصمود أمام تحديات المستقبل.

[2] هذا التقرير ليس جزءًا من إعداد التقارير الحكومية الوطنية بموجب بروتوكول مونتريال؛ ولا يمثل تقريرًا أساسيًا رسميًا وليس جزءًا من تقرير مخزون مركبات الهيدروفلوروكربون.
[3] تعتبر هذه البلدان من البلدان النامية (المادة 5) بموجب بروتوكول مونتريال. وتتبع البلدان العاملة بالمادة 5 جداول زمنية مختلفة للخفض التدريجي عن تلك التي تتبعها البلدان الصناعية.

و خلال السنوات الماضية، أدى استبدال المركبات الهيدروكلوروفلوروكربونية في العديد من البلدان إلى إدخال المركبات الهيدروفلوروكربونية في تطبيقات التبريد الرئيسية، إلا أنه، بسبب الجدول الزمني لخفض استهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون المنصوص عليه في تعديل كيغالي، لم تعد تلك المركبات الهيدروفلوروكربونية تمثل بديلاً مستداماً للمواد المستنفدة للأوزون. كما أن إتاحة استخدام البدائل المستدامة - مثل مواد التبريد الطبيعية تمنع التحول من استخدام المركبات الهيدروكلوروفلوروكربونية إلى استخدام المركبات الهيدروفلوروكربونية وبالتالي التحول من استخدام المركبات الهيدروفلوروكربونية إلى بدائل صديقة للبيئة منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي. ويُطلق على هذا الاستبدال المباشر في وقت مبكر من عملية التحول مصطلح القفزات النوعية والتي تخلق فرصًا لخفض الانبعاثات وتوفير الطاقة وتشجيع الاستثمار في التقنيات الملائمة للمستقبل.

وفي العقد الماضي، خضعت مواد التبريد الطبيعية والتدابير الصديقة للمناخ (المشار إليها باسم التقنيات غير التقليدية[4]) للبحث المستفيض. ويتم طرح بعض من هذه التقنيات غير التقليدية تجاريًا في جميع أنحاء العالم (مثل التبريد السلبي للمباني). وعلاوة على ذلك، تم تحديد حلول تقنية لتعزيز كفاءة نظام التبريد لاستعمالها في التطبيقات التي تعتمد على مواد التبريد الطبيعية.

[4] الأنظمة التي لا تعتمد على دورة ضغط البخار وتستخدم غازات التبريدغازية.

2- نظرة عامة

2-1- الوضع الحالي في الأردن

يتنوع مناخ الأردن بين البحر الأبيض المتوسط والمناخ الصحراوي ويغلب عليه الجفاف بشكل عام. وهناك ما يقرب من 1113 درجة تبريد يومي في الأردن سنويًا[5]. وقد شهدت معدلات استهلاك الطاقة والطلب عليها في البلاد زيادة مطردة نتيجة للنمو الاقتصادي والسكاني المتزايد. وفي ظل هذه الزيادات، يشهد الأردن ارتفاعًا في الطلب على الطاقة، ولا سيما في القطاع السكني. إذ تمثل أغراض الإضاءة والتبريد والتدفئة الحصة الأكبر من استهلاك الطاقة في البلاد، ويمثل القطاع السكني حوالي نصف استهلاك الكهرباء في الأردن. ويعزى أكثر من 60% من الطاقة المستهلكة في المنازل لأغراض التدفئة والتبريد.

2-2- نظرة عامة على الاقتصاد الكلي

يبلغ الناتج المحلي الإجمالي للأردن 39.5 مليار يورو[6] فيما يُقدر نصيب الفرد بمقدار 3,854 يورو في عام 2020، ونظرًا لندرة توافر المياه والنفط والموارد الطبيعية الأخرى، تعتمد الحكومة بشكل كبير على الواردات لتلبية احتياجاتها من الطاقة. وفي عام 2017، تم استيراد أكثر من 94% من متطلبات الطاقة في الأردن – ولاسيما الغاز الطبيعي[7]. وتدعم الحكومة أسعار الطاقة لضمان توفير مواردها بأسعار معقولة في متناول الشعب الأردني.

2-2-1- استهلاك الكهرباء

يمثل القطاع السكني 21% من الاستهلاك النهائي للطاقة.[8] ويعد قطاع المباني السكنية أكبر مستهلك للكهرباء في الأردن منذ عام 2020 بمقدار 49% من إجمالي استهلاك الكهرباء في البلاد. ويمثل القطاع غير السكني أكثر من 10% من إجمالي استهلاك الكهرباء.[9] وفي المتوسط، يُعزى أكثر من 60% من الطاقة المستهلكة في المنازل إلى أغراض التدفئة والتبريد.[10] وارتفع الطلب على أجهزة التكييف نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في ذروة الصيف ونظرًا لعدم كفاءة التهوية الطبيعية في المباني[11].

ازداد الطلب على الكهرباء منذ عام 2018 بنحو 4.3% في المتوسط سنويًا.[12] وكان من المتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة والكهرباء بنسبة 3.5% و4% على التوالي في عام 2020.[13] وبناءً على نتائج دراسة توقعات الطلب على الكهرباء للفترة 2020 -2040، فمن المتوقع أن يرتفع الحمل الأقصى بنسبة 3% عام 2019 و بنسبة 2.9% سنويًا.[14]

---

[5] المصدر: https://xp20.ashrae.org/standard169/169_2013_a_20201012.pdf

[6] تم تحويل جميع البيانات الواردة بالدولار الأمريكي في المصدر الأصلي إلى اليورو. على أساس 1 دولار أمريكي = 0.90 يورو، طبقًا للمعدلات "الأسعار المرجعية لصرف العملات الأجنبية باليورو" الصادرة عن البنك المركزي الأوروبي

[7] Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2020 - Facts & Figures"; The World Bank, "Energy imports, net (% of energy use)"

[8] Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2015 - Facts and Figures"

[9] استنادًا إلى:

Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2020 - Facts & Figures";
International Energy Agency, "Key stats for Jordan 1990-2016";
National Energy Research Centre, "Personal communication with Eng. M. Tawalbeh"

[10] Al-Hinti and Al-Sallami, "Potentials and Barriers of Energy Saving in Jordan's Residential Sector through Thermal Insulation"

[11] Jordan Green Building Council, "Developing an Energy Benchmark for Residential Appartements in Amman"

[12] Ministry of Energy and Mineral Resources MEMR, "Energy Brochure 2019"; National Electric Power Company, "Annual Report 2019"

[13] Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2020 - Facts & Figures"

[14] استنادًا إلى :

Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2020 - Facts & Figures";
Ministry of Energy and Mineral Resources, "Energy 2015 - Facts and Figures";
International Energy Agency, "Key stats for Jordan 1990-2016";
National Energy Research Center, "Personal communication with Eng. M. Tawaleh"

تلعب العوامل التالية دورًا رئيسيًا في زيادة الطلب على الطاقة:

- النمو السكاني المتسارع الناجم بشكل رئيسي عن تدفق اللاجئين الذين ارتفعت أعدادهم من 5 ملايين في عام 2000 إلى 9,9 مليون في عام 2016[15]
- التنمية الاقتصادية (يبلغ متوسط نمو الناتج المحلي الإجمالي 3% سنويًا بين عامي 2008 و2018)[16]
- تحسن مستويات المعيشة[17]

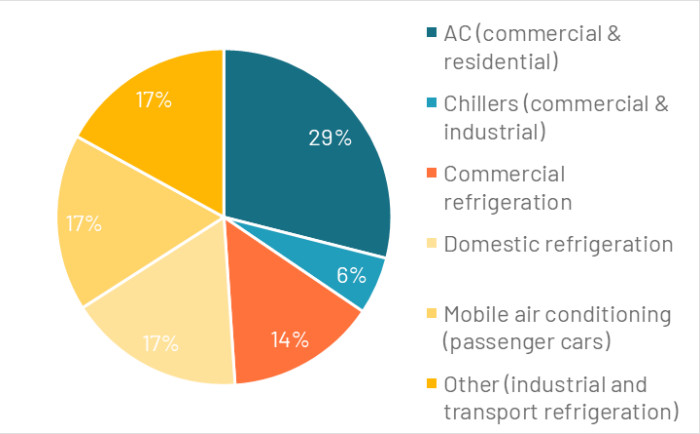
وتكمن التحديات الاقتصادية الناتجة عن زيادة الطلب في ارتفاع معدلات الفقر بشكل مضطرد، وانتشار البطالة ونقص العمالة، والعجز في الميزانية وعجز ميزان المعاملات الجارية، والديون الحكومية.[18]

إن احتياجات الأردن المتزايدة من الطاقة تجعله عرضة للأزمات الناجمة عن تقلبات الأسعار الدولية.[19] وتمثل تكلفة دعم الطاقة المستهلكة على الصعيد الوطني 10% من الناتج المحلي الإجمالي للأردن (2018).[20]

2-2-2- انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء

تتراوح حصة الانبعاثات المباشرة من إجمالي انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء من 15% إلى 40% وفقًا لعدة دراسات مختلفة[21]. وثمة افتقار شديد للدراسات القُطرية التي تتناول انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء.

وطورت مبادرة التبريد الأخضر[22] نموذجًا رقمياً يوفر بيانات خاصة بقطاع التبريد وتكييف الهواء حول التقنيات القائمة والمبيعات والانبعاثات (وإمكانات التوفير). وينسب هذا النموذج حوالي 40% من انبعاثات القطاع (المباشرة وغير المباشرة) إلى القطاعات الفرعية لتكييف الهواء والتبريد التجاري، حيث إن 29% من الانبعاثات تنتج عن أنظمة تكييف الهواء التجارية والسكنية، بينما تنتج 14% من الانبعاثات عن أنظمة التبريد التجارية (انظر **الشكل 1**). كما ينسب النموذج 6% من الانبعاثات إلى المبرّدات (في القطاعات الفرعية الصناعية والتجارية). وتُعزى الانبعاثات المتبقية وفقًا للنموذج إلى قطاعات التبريد وتكييف الهواء الفرعية (سيارات الركاب المكيفة، شاحنات التبريد، والتبريد المنزلي والصناعي).[23]



الشكل 1 انبعاثات قطاع التبريد وتكييف الهواء في الأردن (2016)

[15] International Energy Agency, "Key stats for Jordan 1990-2016". The population growth is driven mainly by influx of refugees (2 million Palestinians, 2.5 million Syrians, in addition to 700,000 South Asians low-wage workers.

[16] International Monetary Fund, "World Economic Outlook Database"

[17] Sahawneh, "Energy Policy Country Report Jordan"

[18] CIA World Factbook, "Jordan Economy Profile 2018"

[19] CIA World Factbook; Jordan has secured several contracts for liquefied natural gas and is exploring nuclear power generation, exploitation of abundant oil shale reserves, and renewable technologies, as well as the import of Israeli offshore gas

[20] Ministry of Energy and Mineral Resources MEMR, "Energy Brochure 2019"

[21] على سبيل المثال:

National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon"
Egypt Environment Agency Affairs, "National Ozone Unit Activities"
Campbell, Kalanki, and Sachar, "Solving the Global Cooling Challenge"

تعتمد الحسابات الخاصة على:

Build_ME, "Towards a Low-Carbon Building Sector in the MENA Region"
United States Environmental Protection Agency, "Stationary Refrigeration Leak Repair Requirements"
California Air Resources Board, "Potential Impact of the Kigali Amendment on California HFC Emissions"
United States Environmental Protection Agency, "Stationary Refrigeration Leak Repair Requirements"

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

[23] استنادًا إلى: مبادرة التبريد الأخضر

3-2- ملامح السياسة العامة

أصبح الأردن طرفًا في بروتوكول مونتريال (MP) منذ عام 1989 وقد صادق على تعديلاته الخمسة اللاحقة، بما في ذلك تعديل كيغالي الأخير الصادر في أكتوبر 2019. وقد أحرزت المملكة الأردنية تقدمًا في الوفاء بالتزاماتها بموجب بروتوكول مونتريال وتعديل كيغالي من خلال الاضطلاع بالعديد من البرامج والقوانين وأدوات السياسة العامة الأخرى مثل القواعد والمعايير. وجرى تحليل أدوات السياسة العامة التي تحكم قطاع التبريد وتكييف الهواء والبناء في الأردن من أجل تحديد نقاط القوة وأوجه القصور الرئيسية في عملية الخفض التدريجي من استخدام المركبات الهيدروفلوروكربونية، واستخدام مواد التبريد الطبيعية وخفض الطلب على التبريد. ويغطي التحليل التنظيمي الفئات الأربع من أدوات السياسة العامة التي تشمل بشكل هرمي الفئات التالية: أ) البروتوكولات والالتزامات الدولية، ب) الخطط والاستراتيجيات الوطنية، ج) القوانين واللوائح ذات الصلة بقطاع التبريد وتكييف الهواء وقطاع البناء، د) المعايير والقواعد.

كما يُظهر التحليل أن الأردن قد نفذ بنجاح مشاريع قائمة لخفض استهلاك مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون تدريجيًا. وتتضمن تلك المشاريع قصر استيراد المواد المستنفدة لطبقة الأوزون على المستوردين المرخصين وكذلك مراقبة عمل الشركات المستهلكة للمواد المستنفدة للأوزون. كما بدأ الأردن في تنفيذ خطة للخفض التدريجي من استهلاك المركبات الهيدروفلوروكربونية من خلال التعليمات التي تمت الموافقة عليها مؤخرًا. وبالرغم من وجود تعليمات جديدة لخفض استهلاك المركبات الهيدروفلوروكربونية تدريجيًا، فلا تخضع هذه مواد للرقابة بعد ولا تخضع لمراقبة الجمارك الأردنية. ولذلك ليس هناك لزامًا على المستوردين بالتسجيل أو الحصول على ترخيص للاستيراد أو إبلاغ وحدة الأوزون الوطنية بكميات مركبات الهيدروفلوروكربون المستوردة.

لا يزال تطبيق التبريد المستدام بحاجة إلى بذل الجهود والتنسيق من خلال الاضطلاع بالاستراتيجيات الوطنية المختلفة في الأردن. وفي هذا السياق نشرت الحكومة تقرير المساهمات المحددة وطنيًا (NDC) المُحدَّث لعام (2021) ورفعت مستوى طموح الأردن في تحقيق أهداف التخفيف إلى خفض الانبعاثات بنسبة 31% بحلول عام 2030 مقارنةً بالمستوى المعتاد لسنة الأساس 2012. ويتضمن تقرير المساهمات المحددة وطنيًا المحدّث إجراءً يستهدف خفض استهلاك المركبات الهيدروفلوروكربونية تماشيًا مع الالتزامات الوطنية فيما يتعلق بالامتثال لتعديل كيغالي. فعلى سبيل المثال، تسعى وزارة الطاقة والثروة المعدنية لإعداد الخطة الوطنية الثالثة لرفع كفاءة الطاقة (NEEAP) التي من المفترض أن تجمع التدابير الرئيسية المتعلقة بكفاءة الطاقة والأولويات الوطنية ذات الصلة. ومع ذلك، لم تضع المملكة الأردنية خطة تبريد وطنية ترمي إلى دمج جوانب قطاع التبريد في استراتيجيات المناخ العامة في الأردن.

تطبق معظم القوانين القائمة وتنفذ بشكل جيد إلى حد كبير، ولكن ثمة مجال للتحسين. فعلى سبيل المثال يمكن أن يسهم القانون الإطاري لإدارة النفايات رقم 16 لسنة 2020 وقانون إدارة النفايات الكهربائية والإلكترونية في تحسين إدارة نفايات مواد التبريد بعد انتهاء العمر الافتراضي لأجهزة التبريد وتكييف الهواء، ولكن لا يزال هناك حاجة لتوضيح مخطط استرداد وإدارة نفايات مواد التبريد التي تم خفضها تدريجياً. وثمة مجال للتطوير لمواصلة وضع القواعد والمعايير التي تحكم إدارة نفايات المواد المستنفدة لطبقة الأوزون والمركبات الهيدروفلوروكربونية بالإضافة إلى متطلبات السلامة واعتماد الفنيين وتحديث إجراءات معايير أداء الطاقة الدنيا. وتتميز معظم أجهزة التبريد وتكييف الهواء المُخصصة للاستخدام المنزلي بمعايير أداء طاقة الدنيا واضحة وبطاقات تعريف مُفصّلة على عكس أجهزة التبريد وتكييف الهواء المُخصصة للأغراض التجارية.

وتعمل لجنة الأوزون الوطنية الأردنية كهيئة استشارية تقدم التوجيه لوحدة الأوزون الوطنية لإعداد اللوائح الوطنية للخفض التدريجي من المواد المستنفدة لطبقة الأوزون، ولكنها تفتقر إلى الوعي بالصلات بين لوائح الغازات المفلورة ومعايير كفاءة الطاقة لقطاعات التبريد وتكييف الهواء الفرعية وقوانين البناء. ويمثل هذا الوعي المحدود فجوة رئيسية تعيق تنسيق وتعميم قضايا التبريد ذات الصلة عبر اللوائح والسياسات الوطنية. وهناك أيضًا حاجة لزيادة الوعي حول موضوعات التبريد المستدام الأخرى ولا سيما الصلة بين التزامات تعديل كيغالي وتدابير كفاءة الطاقة، فضلاً عن إنفاذ قوانين البناء لتقليل الطلب على التبريد.

وبناءً على تحليل أدوات السياسة العامة ولقاءات الخبراء مع العديد من أصحاب المصلحة في الأردن، تم استنباط بعض التوصيات فيما يتعلق بالسياسة العامة لدعم إعداد أطر سياسة عامة توجه الانتقال نحو التبريد المستدام واستخدام مواد التبريد الطبيعية. ويمكن الاطلاع على تقرير مُفصل يحتوي على تحليل كامل والتوصيات المتعلقة بالسياسة العامة على موقع Cool Up website.

4-2- ملامح المشهد المالي

تعامل الأردن مع صدمة كوفيد 19 بشكل أفضل من معظم بلدان العالم[24]. ويعد القطاع المصرفي في الأردن أحد أقوى القطاعات، حيث إن المؤشرات ذات الصلة مثل نسبة كفاية رأس المال البالغة 19% أعلى بكثير من المتطلبات الاحترازية البالغة 12%. وتتمتع البنوك بسيولة مريحة بمتوسط 138.1%، ما يفوق الحد الأدنى التنظيمي البالغ 100%. كما تمول البنوك التجارية كلا من القطاعين العام والخاص، ويوجد في الدولة 24 بنكًا، شُيد بعضها منذ أكثر من 50 عامًا.

وأشارت بيانات البنك المركزي الأردني إلى ارتفاع إجمالي أصول القطاع المصرفي من 72,46 مليار يورو[25] في سنة 2019 إلى 77,06 مليار يورو في سنة 2020 (بنسبة 6,3%). ويمكن أن يُعزى هذا الارتفاع إلى استحداث الحكومة سياسات عامة ذات معدلات إقراض مدعومة مقدمة للقطاع الخاص، بالإضافة إلى حصول المزيد من الشركات الصغيرة والمتوسطة على موارد التمويل أثناء الجائحة. وكذلك شهدت ودائع القطاع الخاص زيادة طفيفة نتيجة لارتفاع معدل الإنفاق خلال الجائحة. وزادت البنوك التجارية معدلات الاقتراض من البنك المركزي الأردني خلال عام 2020 لتلبية الطلب المتزايد على الإقراض الخاص. وبذلك أظهر القطاع المالي بشكل عام مرونة في مواجهة تقلبات مناخ التمويل بينما تكيفت البنوك مع سياسات الحكومة الهادفة لتلبية المتطلبات الاقتصادية الناتجة عن جائحة كوفيد مع الحفاظ على السيولة الكافية.

وتساهم معظم البنوك التجارية في عمليات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية (توليد الطاقة المتجددة) ومشاريع كفاءة الطاقة كجزء من خدمات الإقراض أو كمبادرة لتعزيز الاستدامة. وتتسم المؤسسات المالية في الأردن بالمتانة، وفي ظل دفع كل من الحكومة والبنك المركزي الأردني للسياسات العامة، عملت المؤسسات المالية على توسيع محافظهم في قطاعي كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. وتتبنى البنوك التجارية المرموقة مثل البنك العربي (AB) والبنك الأهلي الأردني (JAB) نهج الاستدامة والإيفاء بالالتزامات والإفصاح والتقارير الوافية. ويستثمر صندوق تشجيع الطاقة المتجددة وترشيد الطاقة (JREEEF) في مختلف تقنيات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة إذ وقع الصندوق اتفاقية مع عدد من البنوك التجارية المحلية لتقديم التمويل بأسعار فائدة مدعومة. وبالإضافة إلى ذلك، تقدم الشركة الاردنية لضمان القروض (JLGC) ضمانات للشركات الصغيرة والمتوسطة من خلال البنوك التجارية المشاركة. كما تقدم الشركة الأردنية لضمان القروض تأمين ائتمان الصادرات وضمانات على القروض المقدمة لدعم مشاريع الطاقة المتجددة.

[24] Jordan's Economic Update, April 2022 – The World Bank

[25] تم تحويل جميع العملات غير الواردة باليورو إلى اليورو باستخدام سعر صرف البنك المركزي الأوروبي في 5 يوليو.

3- المنهجية المتبعة

تمثلت الخطوة الأولى في إعداد تقرير حالة قطاع التبريد في الاطلاع على مناحي قطاع التبريد وتكييف الهواء. ولذا استعان التقرير بمجموعة الإجراءات التالية من أجل توجيه أنشطة البرنامج لضمان وضوح التعريفات ونطاق البيانات وقيود الدراسة.

3-1- التعريفات

يستخدم برنامج كوول اب التعريفات التالية:

- التبريد المستدام وهو تبريد ميسور التكلفة وآمن يلبي احتياجات المستخدم بأقل تأثير ممكن على البيئة. ما يعني على وجه التحديد عدم استخدام مواد التبريد الضارة بيئيًا (مثل الغازات المفلورة) وانخفاض استهلاك الطاقة (بما في ذلك كفاءة الاستخدام العالية) والاستعداد على الأقل لاستيعاب إمدادات الطاقة المتجددة بالكامل.
- انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وترتبط بغاز التبريد المفقود عند تشغيل كل جهاز (تسرب مادة التبريد، وتشغيل الأجهزة بعد انتهاء عمرها الافتراضي وعند التخلص منها).
- انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة وترتبط بتوليد الكهرباء المستخدمة للتبريد.
- قطاع التبريد وتكييف الهواء :
  - التبريد: يشمل التبريد المنزلي والتجاري والصناعي والنقلي
  - مكيف الهواء: تصنيع مكيفات الهواء السكنية والتجارية (بما في ذلك المبرّدات)
  - قطاع الخدمات الخاص بمجال التبريد وتكييف الهواء
- تكييف الهواء (يشار إليه غالبًا باسم مكيف الهواء) هو عملية إزالة الحرارة والرطوبة من المساحات الداخلية. وتنتشر هذه العملية في الأوساط السكنية والتجارية.
- نطاق التبريد التجاري ويشمل الأنظمة الثابتة المستخدمة لتخزين الأطعمة والمشروبات وعرضها في منافذ البيع بالتجزئة (متاجر السوبر ماركت والمتاجر) ويستخدمها مقدمي الخدمات الغذائية (المطاعم والفنادق) ولا يشمل عمليات التبريد ذاتها. ويُعرّف برنامج الأمم المتحدة للبيئة أنظمة التبريد التجاري على أنها أنظمة تتضمن عادةً وحدات مستقلة أو مركزية أو وحدات تكثيف لا تتجاوز سعتها في الغالب 200 كيلو واط، والتي تحافظ على درجات الحرارة بين -25 درجة مئوية و8 درجات مئوية[26].
- تخزين التبريد التجاري ويشمل غرف التخزين المبرّدة على نطاق تجاري، والتي عادة ما تكون مجهزة بوحدات تكثيف أو وحدات مركزية بسعة تصل إلى 200 كيلو وات. وتعمل كمخزن لمنتجات الأغذية والمشروبات وتختلف عن التخزين البارد على النطاق الصناعي المُستخدم في معالجة الأطعمة والمشروبات وتخزينها أو في عمليات تصنيع البتروكيماويات والكيماويات والأدوية. ويمكن أن تتراوح سعة هذه الأنظمة من 5 ميغاواط إلى 30 ميغاواط.[27]
- مواد التبريد الاصطناعية وهي مواد من أصل اصطناعي (لا تُشَكّل طبيعيًا). وتشمل مواد التبريد تلك كل من مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون ومركبات الهيدروفلوروكربون ضمن مواد أخرى.
- مواد التبريد الطبيعية عبارة عن غازات التبريدغير اصطناعية يمكن العثور عليها في الطبيعة.
- نسبة كفاءة استخدام الطاقة لكل واط تقيس كفاءة الطاقة لأجهزة التبريد بالواط (W). ويتوافق تصنيف نسبة كفاءة الطاقة الأعلى مع كفاءة أعلى في استخدام الطاقة.
- قطاع المباني السكنية ويتكون من مباني يسكن بها أسرة واحدة أو عدة أسر.
- قطاع المباني غير السكنية ويشمل المكاتب العامة والخاصة ومرافق التعليم والصحة والمنشآت الاجتماعية والفنادق والمطاعم ومحال تجارة الجملة والتجزئة والمباني الأخرى (مثل المنشآت الرياضية). ولكن لا يشمل المباني والمستودعات الصناعية والزراعية والسمكية.

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

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

2-3- فئات المباني وأنواع المعدات في نطاق برنامج Cool Up

يركز برنامج Cool Up على قطاع التكييف التجاري والسكني

- فئات المباني: يركز برنامج Cool Up على قطاع المباني السكنية، ويشمل المباني التي تسكن بها أسرة واحدة أو أكثر، وقطاع المباني غير السكنية، أي المكاتب العامة والخاصة ومرافق التعليم والصحة والمنشآت الاجتماعية والفنادق والمطاعم ومحال تجارة الجملة والتجزئة وغيرها (مثل المنشآت الرياضية).
- أنواع المعدات (أنظمة تكييف الهواء): على الرغم من وجود العديد من التقنيات المختلفة في السوق، إلا أنه يمكن حصرها في قطاعات التكنولوجيا الرئيسية التالية والتي تُستخدم لوصف خصائص السوق[28]. ويمكن تقسيم أنظمة تكييف الهواء عمومًا إلى أنظمة مركزية وأنظمة لامركزية.
  - يقوم تكييف الهواء الأنبوبي بالتبريد (أو التدفئة) من خلال شبكة أنابيب. وتتكون الوحدة المركزية من ضاغط (كومبرسور) ومكثف ووحدة مداولة الهواء، ويوضع عادة في الشقيفة أو البدروم. ويُوزع الهواء البارد (أو الساخن) في أنحاء المبنى من خلال شبكات الأنابيب وفتحات التهوية. وتسمى هذه الشبكات أيضًا بأنظمة تكييف الهواء المركزية والتي يمكن تصنيفها على نطاق واسع إلى نوعين: مكيفات الهواء المركزية المنفصلة (سبليت) (نظام الفصل الأنبوبي / duct split) ومكيفات الهواء المركزية المعبأة[29].
  - وحدات منفصلة (سبليت): تتكون الأنظمة المنفصلة الفردية (سبليت) من وحدة داخلية وأخرى خارجية وتوفر تكييفًا لمنطقة داخلية واحدة.
  - أنظمة التبريد متغيرة التدفق متعددة الوحدات المنفصلة (Multi-split): تتكون الأنظمة متعددة الوحدات المنفصلة من وحدة خارجية واحدة وعدة وحدات داخلية. وتعد تلك الأنظمة من النظم المتطورة متعددة الوحدات. ويمكن لعدة وحدات خارجية أن تدعم العديد من الوحدات الداخلية (حتى 64 وحدة)، ويمكن ضبط الوحدات الداخلية بشكل فردي.
  - الوحدات الطرفية 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
  - مبرّدات الهواء: في هذا النظام، تصير وحدات التوليد المركزية الباردة جزءًا من نظام تكييف مركزي ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات:
    1- مبرّد قائم على التبريد بالماء المضغوط
    2- مبرّد قائم على التبريد بالهواء المضغوط
    3- مبرّد يعمل بامتصاص الطاقة (الامتصاص أو الامتزاز)
- توصل مرافق التبريد بنظم توزيع المياه (وحدات ملف المروحة أو وحدات مناولة الهواء).

[28] المصادر الأولية 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"

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

قطاع التبريد التجاري

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

- فئات المباني: يركز البرنامج على متاجر الزوايا والمطاعم ومتاجر السوبر ماركت والفنادق، التي تشتمل على مناطق للتخزين بالتبريد.
- أنواع المعدات (أنظمة التبريد التجارية): تتمثل الأنواع الثلاثة الرئيسية للمعدات[30]في: جهاز مستقل، ووحدات تكثيف، وأنظمة مركزية (لمتاجر السوبر ماركت)، وتُستخدم أنواع المعدات المختلفة في فئات المباني المختلفة:
  - تفضل معظم متاجر السوبر ماركت المتوسطة والكبيرة استخدام الأنظمة المركزية لأنها عادة ما تكون أكثر كفاءة في إدارة استهلاك الطاقة من وحدات التكثيف والثلاجات المستقلة. وتتراوح مساحة منطقة البيع في متاجر السوبر ماركت التي تستخدم نظام تبريد مركزي من 400 متر مربع إلى 20,000 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 كبيرًا من أعمال التركيب.

3-3- النهج المتبع في جمع البيانات

تم جمع البيانات الخاصة بهذا التقرير من مصادر رئيسة وثانوية مختلفة.

- أستقيت **البيانات الرئيسية** من مقابلات الخبراء والزيارات الميدانية. وأُجري حوالي 15 مقابلة لكل دولة شريكة مع مجموعة متنوعة من الخبراء الذين يمثلون الشركات المصنعة وشركات التجميع وشركات البيع بالجملة والمهندسين ومستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة ومطوري المشاريع. وتم بالفعل الانتهاء من الزيارات الميدانية في بعض البلدان.
- أستقيت **البيانات الثانوية** (الفرعية) من مجموعة متنوعة من المنشورات التي تغطي المصادر الإحصائية والوثائق الوطنية (مثل خطة التبريد الوطنية في لبنان[31] أو مخزون مركبات الهيدروفلوروكربون في الأردن من منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو)[32])، وشركات أبحاث الأسواق (مثل جمعية بحوث ومعلومات خدمات البناء لتركيا ومصر)[33]، استعراض المؤلفات، ومصادر إقليمية مثل البرنامج التعاوني لوضع بطاقات التعريف والمعايير للأجهزة[34] أو المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة[35].

اشتمل نهج جمع البيانات هذا على بعض القيود مثل النقص الجزئي في الأساليب المنهجية لجمع البيانات (مثل البيانات المتعلقة باستهلاك مركبات الهيدروفلوروكربون، وأساس بيانات التكنولوجيات المستخدمة خاصة في قطاع التبريد التجاري)، فضلًا عن صعوبة الوصول إلى البيانات الرسمية وعدم توافر معلومات أساسية حول البيانات المتاحة، ونطاقات واسعة من البيانات حول النقطة نفسها في مصادر مختلفة. ونظرًا لحالة البيانات في قطاعات التبريد وتكييف الهواء الفرعية المذكورة أعلاه، يقر هذا التقرير بوجود فجوات في البيانات المُستقاة من مصادر مختلفة ما يؤدي إلى وجود تناقضات. ولتقليل تلك الفجوات، تبنى برنامج Cool Up أساليب مختلفة مثل تحليل مصادر البيانات المختلفة والتقييم المتقاطع وتحليل الموثوقية والاستعانة بآراء الخبراء.

استُخدمت العديد من الاستراتيجيات للتعامل مع محدودية البيانات. وفي حالة عدم توفر قيم خاصة بالبلد، يتم سد الفجوات في البيانات باستخدام المعلومات المُستقاة من الدراسات العالمية مثل تلك الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ[36]، ووكالة الطاقة الدولية[37] ولجنة الخيارات التقنية للتبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية ومعهد روكي ماونتن[38] والبرنامج التعاوني لوضع بطاقات التعريف والمعايير للأجهزة[39] وكذلك باستخدام بيانات نموذج عالمي طورته مبادرة التبريد الأخضر[40] بالإضافة إلى المعلومات التي قدمتها مقابلات الخبراء.

---

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

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

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

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

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

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

[36] 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"

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

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

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

[40] 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.

يُقيِّم النموذج العالمي الذي طورته مبادرة التبريد الأخضر[41] البيانات حول أجهزة التبريد وتكييف الهواء المستخدمة في إجمالي عدد المباني الحالية والمبيعات، كما يقدم توقعات عن أنظمة تكييف الهواء (وكذلك المبرّدات) وأنظمة التبريد التجاري. ويتناول النموذج أيضًا القطاعات الفرعية الأخرى في مجال التبريد وتكييف الهواء. ونظرًا لتبني النموذج نهجًا عالميًا، تتأثر القيم الخاصة بكل بلد بدرجة مختلفة من عدم اليقين.

إن النقص الملحوظ في البيانات الشاملة عن الاتجاهات الحالية في سوق التبريد وتكييف الهواء في البلدان الشريكة يسلط الضوء على الحاجة إلى مزيد من التقييمات وتطوير أساليب جمع البيانات بشكل منهجي.

سيتم رصد معايير البيانات الرئيسية طوال مدة البرنامج وستنعكس في تحديثات أنشطة البرنامج والتوصيات.

[41] مبادرة التبريد الأخضر

4- ملخص النتائج والتوصيات الرئيسية

تقوم العديد من الشركات بتصنيع أنواع مختلفة من أجهزة التكييف تحت أسماء تجارية مختلفة في الأردن، إذ أن 50% من أنظمة التكييف المتاحة بالسوق الأردنية من إنتاج شركات التصنيع المحلية. ومع ذلك، لا تزال البلاد تعتمد على الواردات لتلبية الطلب المتزايد. وثمة أكثر من 400 ورشة عمل في الأردن تقدم الصيانة والخدمات لقطاع التبريد وتكييف الهواء.

ويتزايد الطلب على وحدات التبريد وتكييف الهواء في جميع ربوع الأردن ومن المتوقع أن يواصل الطلب النمو. وتشمل محركات سوق التكييف زيادة القدرة على تحمل التكاليف (نمو الناتج المحلي الإجمالي) وزيادة عدد السكان وأنشطة البناء الجديدة وتغير المناخ وزيادة أسعار الكهرباء واعتماد لوائح فنية جديدة وتوافر تقنيات حديثة. إن الطلب على تقنيات التكييف المختلفة مدفوع بمعدل تركيب أنظمة التكييف في المباني الجديدة، وكذلك معدل التركيبات الجديدة في المباني الحالية (بهدف زيادة عدد الغرف المكيفة)، فضلًا عن استبدال أنظمة التكييف المعيبة. وفي قطاع المباني الجديدة، تعتبر أنظمة تكييف الهواء جزءًا أساسيًا في العديد من المنشآت منها حوالي 60% من الشقق الجديدة و80% من المباني الجديدة التي يسكن بها أسرة واحدة، وما بين 70% إلى 75% من المكاتب ومتاجر السوبر ماركت الجديدة، وما بين 90% إلى 95% من مرافق الرعاية الصحية والمباني الفندقية الجديدة. وفي المباني السكنية القائمة، تتوافر إمكانات نمو هائلة لسوق التبريد، حيث إن حوالي 80% من المساحات السكنية وحوالي 50% من المساحات غير السكنية لم تجهز بنظام تكييف هواء بعد. وبينما شهد سوق التكييف في الأردن بالفعل نموًا بنسبة 1.5% بين 2017 و2020، فمن المتوقع أن يشهد سوق التكييف معدل نمو سنوي إجمالي يُقدر بحوالي 6% في الفترة بين 2021 و2027.

ولا ترتقي كفاءة إدارة الطاقة في الأجهزة المثبتة حاليًا وفي الوحدات الجديدة إلى كفاءة أفضل التقنيات المتاحة، ولذا فهناك إمكانية كبيرة لتوفير الطاقة. وتحتوي أنظمة تكييف الهواء المثبتة في المباني الحالية على نسبة كفاءة الطاقة أو معامل أداء يتراوح بين 2.5 إلى 4.5 (في المباني الحالية) ويبلغ المتوسط حوالي 3.5.

وتهيمن شركات التصنيع المحلية على قطاع التكثيف والتبريد المركزي التجاري. ويجري تصنيع أنظمة التبريد التجاري المستقلة محليًا كما يتم أيضًا استيرادها. وتتمثل الجهات الموردة الرئيسية للأنظمة المستقلة في شركات صناعات الأغذية والمشروبات الأردنية والعالمية والتي تقدم خدماتها لمتاجر السوبر ماركت ومرافق الخدمات والمطاعم السريعة.

ويستورد الأردن حاليًا جميع مواد التبريد. ويمثل مركب R410A مادة التبريد الرئيسية المستخدمة في قطاع التبريد وتكييف الهواء ويليه مركب R134a. ويستخدم قطاع التبريد بشكل أساسي مركبات R134a وR404A وR407C. وتستخدم معدات الصيانة في الغالب مركب R22 في الوحدات القديمة ومركبات R134a وR407C وR410A وR600a وR717 في الوحدات المثبتة حديثًا. وبالرغم من الإقبال المحدود، تُستخدم مواد التبريد الطبيعية في الأردن وتعمل الحكومة على تعزيز الانتقال إلى استخدام مواد التبريد الطبيعية في تطبيقات التبريد وتكييف الهواء من خلال حشد الدعم المطلوب من الوكالات الدولية للقطاع الخاص من أجل تسهيل التحول إلى التقنيات الحديثة.

ومن المتوقع أن يستمر تطور معدات سوق التبريد في الأردن بشكل عام. ويتطلب هذا النمو القوي في السوق إدخال تقنيات تبريد مستدامة و غازات التبريد طبيعية في وقت مبكر كبديل مباشر لمنع الآثار الجسيمة المحتملة الناجمة عن استهلاك مواد التبريد الضارة. وتشمل التحديات الرئيسية التي من المتوقع أن تنتج عن استخدام مواد التبريد الطبيعية قضايا السلامة وارتفاع التكاليف ذات الصلة.

ويقدم برنامج Cool Up فرصة فريدة للبناء على الإطار التنظيمي المعمول به حاليًا ودعم كل من قطاع التصنيع الراسخ في الأردن والبنوك التجارية التي توفر التمويل الأخضر بهدف توسيع نطاق تقنيات التبريد المستدامة واستخدام مواد التبريد الطبيعية. ومن الضروري أن يعمل برنامج Cool Up على زيادة الوعي بالإمكانات والفرص الناتجة عن استخدام مواد التبريد الطبيعية وتحسين كفاءة الطاقة؛ وكذلك يجب أن يتناول البرنامج المخاوف المتعلقة بالسلامة وتكاليف الاستثمار الأولية.

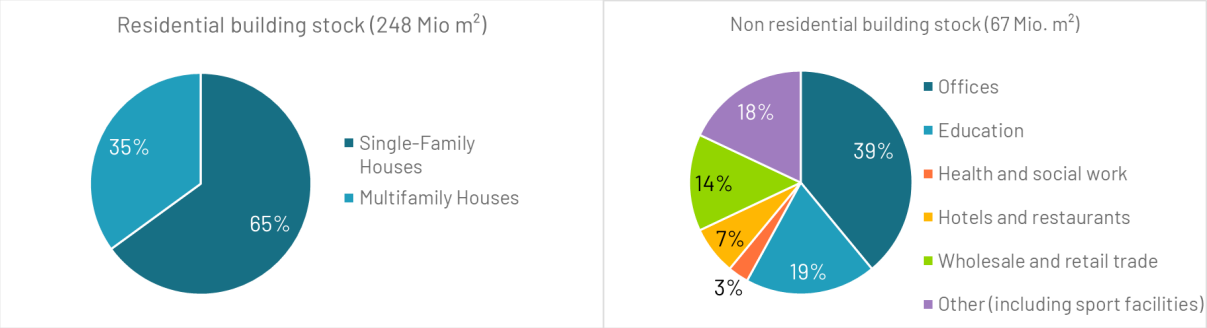
5- سوق تكييف الهواء

- من المتوقع أن يستمر نمو سوق أجهزة التبريد بشكل عام.
- تهيمن كل من شركات التصنيع المحلية والمنتجات المستوردة على سوق التكييف الوطنية.
- ثمة إمكانية كبيرة لتوفير الطاقة – إذ تتسم الأجهزة المثبتة والوحدات الجديدة بكفاءة أقل من أفضل التقنيات المتاحة.
- تتمثل محركات السوق الرئيسية من حيث قطاع المباني السكنية في النمو الاقتصادي (القدرة على تحمل التكاليف)، وظروف المناخ القاسية (التي يترتب عليها قرار شراء تكييف هواء)، وأنشطة البناء الجديدة. وفي قطاع المباني غير السكنية يتم تركيب أنظمة تكييف الهواء في 70% - 95% من جميع المباني غير السكنية الجديدة.
- أنظمة سبليت (دون أنابيب) هي نوع النظام الرئيسي المستخدم في السوق ككل (يتم تركيبها وبيعها كل عام) في المباني غير السكنية الكبيرة وتعتبر المبرّدات هي التقنية الرئيسية في هيكلها، وتم تنفيذ نظام تبريد المناطق في منطقة العبدلي.

5-1- المباني الحالية وإمكانات السوق

تشكل المباني السكنية في الأردن (79%) من إجمالي مساحات البناء التي تبلغ (315 مليون متر مربع). وتمثل نسبة 65% من هذه المساحة السكنية وحدات إسكان لأسرة واحدة، في حين يشكل الباقي شقق سكنية متعددة الأسر. وللمكاتب أعلى حصة في المساحات غير السكنية بنسبة (39%) فيما تشكل المباني التعليمية (19%) ومرافق البيع بالجملة والتجزئة (14%) (انظر **الشكل 2**).

بلغ معدل البناء الجديد السنوي في القطاع السكني حوالي 1.5% في 2017-2019.[42]



الشكل 2 مجمل المباني الحالية في الأردن عام 2020[43]

في القطاع السكني، يوجد في حوالي 55% من الوحدات السكنية نظام تكييف هواء (مجموع الحصص موضح باللونين الأزرق الفاتح والأصفر في **الشكل 3**)[44] [45]. وفي الوحدات السكنية المزودة بنظام تكييف، تبلغ نسبة الغرف والمساحات المكيفة حوالي 35%[46]، ويعني هذا أن حوالي 20% من إجمالي المساحات أو الغرف السكنية مكيفة الهواء (الحصة موضحة باللون الأصفر في **الشكل 3**)[47] وأن نسبة المساحات غير مكيفة تبلغ 80% (مجموع الحصص موضحة باللون الأزرق الفاتح والأزرق الغامق في **الشكل 3**).

ويختلف الوضع في المباني غير السكنية حيث تبلغ نسبة المباني المجهزة بنظام تكييف هواء واحد على الأقل حوالي 75%. وتُقدر نسبة المساحات المكيفة في هذه المباني غير السكنية المزودة بنظام تكييف حوالي 68%[48]، ويعني هذا أن حوالي 51% من إجمالي المساحات التجارية مكيفة وأن النصف الآخر غير مكيف.

وبالتالي تشكل المساحات الموجودة في المباني غير المكيفة إمكانية محتملة لنمو مبيعات معدات التبريد.

---

[42] تم الحساب استنادًا إلى:

Jordan Strategy Forum, "The Construction & Housing Sector in Jordan"
Guidehouse, "Guidehouse Global Building Stock Model"
Department of Statistics Jordan, "Main results of the general census of population and housing 2015"

[43] Guidehouse, "Guidehouse Global Building Stock Model"

[44] مقابلات الخبراء

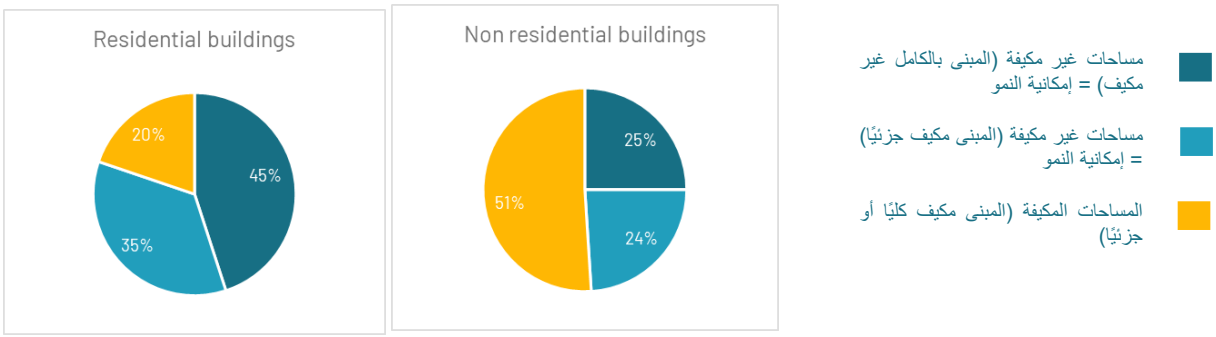
[45] Department of Statistics Jordan, "Main results of the general census of population and housing 2015"

[46] مقابلات الخبراء

[47] حوالي 55% من الوحدات السكنية مزودة بنظام تكييف. وفي هذه الوحدات السكنية ثمة حوالي 36% من الغرف أو المساحات مكيفة. بضرب هذه الأرقام، يمكن تقدير حصة إجمالي المساحات المكيفة كما يلي (55%*36% = 20%).

[48] مقابلات الخبراء

وفقًا للمناهج العلمية، يتم تحديد الحد الأقصى لتركيب أنظمة التكييف في المباني الحالية حسب الحد الأقصى لتشبع السوق القائم على المناخ ومعدل التوافر في السوق اعتمادًا على متوسط دخل الأسرة[49]. وفي هذا السياق يتم تعريف معدل إدخال معدات التبريد على أنه نسبة الوحدات السكنية والمباني غير السكنية المجهزة بنظام تكييف واحد على الأقل مثبت.



الشكل 1 نسبة المساحات غير المكيفة (= إمكانية النمو) في المباني السكنية وغير السكنية

يعد قطاع البناء والتشييد الجديد أيضًا مجالًا رئيسيًا لنمو المبيعات المحتمل وهو الأمر الذي لا ينعكس في هذا الرسم التوضيحي.

ومن المتوقع أن يشهد السوق العام نموًا في المستقبل.

2-5- خصائص السوق وتطوراته

تعمل العديد من الشركات في الأردن بمجال تصنيع أجهزة تكييف الهواء تحت أسماء تجارية مختلفة. وتشمل العلامات التجارية الرئيسية في البلاد - بما في ذلك المعدات المستوردة - شركة بترا للصناعات الهندسية وشركة الشرق الأوسط للصناعات الكهربائية المحدودة ومجموعة أبو حلتم للاستثمارات والشركة الوطنية للتبريد والمجمع الوطني المتكامل للصناعات وشركة زهران وشركاه وشركة رامك للتكييف بالإضافة إلى باناسونيك ودايكن وكاريير وترين وسامسونغ وجري وإل جي ودايو وأكاي.[50]

وتمتلك الأردن بأكثر من 400 ورشة عمل تقدم أعمال الصيانة والخدمات لقطاع التبريد وتكييف الهواء.[51]

وتنتج شركات التصنيع المحلية 50% من أنظمة التكييف المتاحة في السوق الأردنية، وخاصة شركة بترا للصناعات الهندسية[52]. ولا تزال البلاد تعتمد على الواردات من الدول الخارجية لتلبية الطلب المتزايد.

1-2-5- التقنيات السائدة

يمكن تلخيص التقنيات المختلفة المستخدمة في السوق في فئات التكنولوجيا التالية والتي تُستخدم لتحديد خصائص السوق بشكل أكبر:

- الأنظمة المنفصلة الفردية (سبليت)
- أنظمة التبريد متغيرة التدفق متعددة الوحدات المنفصلة (Multi-split \VRF):
- تكييف الهواء الطرفي المعبأ (PTAC) (مثل مكيفات السطح)
- مبرّدات الهواء

للاطلاع على التعريفات، انظر الفصل 3.2.

يعد نظام التكييف المنفصل (سبليت) النوع السائد المستخدم في المباني الأردنية حاليًا. وتعمل معظم أنظمة سبليت دون أنبوب. ويعتبر النظام الفردي على وجه التحديد النظام السائد في قطاعات المباني السكنية والمكتبية ومنشآت البيع بالتجزئة. فيما تعد المبرّدات هي التقنية السائدة في المباني غير السكنية الكبيرة مثل مراكز التسوق والفنادق الكبرى ومرافق الرعاية الصحية. وتتمتع أنظمة التبريد متغيرة التدفق بنسبة منخفضة من الانتشار في المباني حاليًا، ولكن بدأت مبيعاتها في الازدياد. وتتمتع أنظمة تكييف الهواء الطرفي المعبأ (مثل الأسطح) بحصة سوقية كبيرة في قطاع مباني البيع بالتجزئة ويتم تثبيتها أيضًا في الفنادق والمكاتب ومرافق الرعاية الصحية.

يقدم الجدول 2 نظرة عامة على أكثر التقنيات السائدة في المباني الأردنية حاليًا لكل فئة من فئات المباني.

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

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

[51] منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

[52] مقابلة مع القائمين على شركة بترا للصناعات الهندسية

الجدول 2 نظرة عامة على أنظمة تكييف الهواء المثبتة في كل فئة من فئات المباني[53]

تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة –نسبة كبيرة*	تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة في المرتبة الثانية - نسبة ضئيلة*	تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة في المرتبة الثالثة - نسبة ضئيلة جدًا*	نسبة مهملة*

	سبليت فردي (دون أنابيب)	سبليت فردي (بأنابيب)	مبرّد هواء	تكييف الهواء الطرفي المعبأ (مثل الأسطح)	أنظمة التبريد متغيرة التدفق متعددة الوحدات المنفصلة VRF \ Multi-) (split	
وحدات سكنية لأسرة واحدة						
وحدات سكنية لعدة أسر						
الفنادق						
المكاتب						
منشآت البيع بالتجزئة (بما في ذلك محلات السوبر ماركت)						
مرافق الرعاية الصحية						

*تشير حصة السوق إلى الحصة في فئة المباني المعنية **وليس** إلى السوق بالكامل.

يقدم الجدول 3 نظرة عامة على أكثر التقنيات السائدة في قطاع البناء والتشييد الجديد لكل فئة من فئات المباني.

تحقق أنظمة سبليت الفردية مبيعات بشكل أساسي في فئة المباني السكنية وتُستخدم كذلك في المباني غير السكنية وخاصة المكاتب والفنادق الصغيرة والمتاجر والمحلات. بينما تُباع الأنظمة المركزية عادةً لمنشآت البيع بالتجزئة والمكاتب ومرافق الرعاية الصحية. وتُباع المبرّدات عادةً للفنادق والمستشفيات الكبرى ومراكز التسوق. وتُستخدم أنظمة التبريد متغيرة التدفق في المباني السكنية (وحدات سكنية لأسرة واحدة) ومنشآت البيع بالتجزئة والمكاتب.[54]

الجدول 3 نظرة عامة على أنظمة التكييف المثبتة في المباني المشيدة حديثًا في كل فئة من فئات المباني[55]

تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة –حصة سوقية كبيرة*	تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة في المرتبة الثانية - حصة سوقية ضئيلة*	تقنيات أنظمة تكييف الهواء السائدة في المرتبة الثالثة - حصة سوقية ضئيلة جدًا*	حصة سوقية مهملة*

	سبليت فردي (دون أنابيب)	سبليت فردي (بأنابيب)	مبرّد هواء	تكييف الهواء الطرفي المعبأ (مثل الأسطح)	أنظمة التبريد متغيرة التدفق متعددة الوحدات المنفصلة VRF \ Multi-) (split	
وحدات سكنية لأسرة واحدة						
وحدات سكنية لعدة أسر						
الفنادق						
المكاتب						
منشآت البيع بالتجزئة (بما في ذلك محلات السوبر ماركت)						
مرافق الرعاية الصحية						

*تشير الحصة السوقية إلى الحصة في فئة المباني المعنية **وليس** إلى السوق بالكامل.

[53] مقابلات الخبراء
[54] مقابلات الخبراء
[55] مقابلات الخبراء

تتراوح نسبة كفاءة الطاقة في أنظمة التكييف المثبتة في المباني الحالية بين 2.5-4.5، وتعمل غالبية الأنظمة بكفاءة أقل بكثير من أفضل نطاق كفاءة متاح[56].

يقدم الجدول 4 نظرة عامة على مدى كفاءة التقنيات المثبتة في المباني الحالية، وعلى المعدات الجديدة وأفضل التقنيات المتاحة.

الجدول 4 كفاءة أنظمة تكييف الهواء المختلفة[57]

نوع النظام	نطاق الكفاءة في المباني مستوى كفاءة الطاقة (35/27)*	مستوى الكفاءة في المباني الجديدة	أفضل كفاءة متاحة	
			محليًا	دوليًا
الأنظمة المنفصلة الفردية (سبليت) (صغير)	2.5-4.5	3.5	4.5	6.5
أنظمة التبريد متغيرة التدفق متعددة الوحدات المنفصلة (VRF \ Multi-split)	3.0-4.5	4.0	5.0	5.0 / 4.4
المبرّدات	3.0-4.5	3.0-5.0	5.0	3.9-6.1**
أنبوبي مركزي (مثل التكييف الطرفي للأسطح)	2.5-4.0	3.0	4.0	4.3

*وفقًا لمعيار EN 14511
*وفقًا للمعيار EN 14511، تبلغ نسبة كفاءة الطاقة للمبرّد فقط وليس نظام التكييف بالكامل 7/12°C//30/35°C، أما بالنسبة لأنظمة التكييف بأكملها ستكون النسبة أقل بكثير حسب نوع نظام التوزيع والنقل ("هواء فقط "، "هواء + ماء" أو "ماء" فقط)

يتم استبدال أنظمة التكييف (باستثناء المبرّدات) كل 7-10 سنوات[58].

تبريد المناطق

يوجد في الأردن مشروع واحد للتبريد المركزي، تمت إقامته في عام 2016، بسعة تبريد تبلغ 31,000 طن يعمل على مدار العام. ويوفر التبريد لـ 18 مبنى (منها السكني والتجاري والفنادق ومراكز التسوق، إلخ) بإجمالي مساحات تبلغ 300,000 متر مربع؛ ويقع المشروع في منطقة العبدلي بعمّان. ويشتمل نظام التبريد هذا على ثمانية ضواغط تستخدم *R*717 (الأمونيا). وتسمح محطة التبريد هذه بتخفيض الانبعاثات بنسبة 37% مقارنة بالعديد من أنظمة التبريد الفردية.

وصُممت محطة التدفئة بمشروع تبريد المناطق بهدف خفض انبعاثات غازات الدفيئة بمقدار حوالي 15,000 طن سنويًا نظرًا لاستخدام غازات التبريد فعالة تتمثل في R717 (مادة الأمونيا). وكذلك صُمم المشروع لتوفير 40% من استهلاك الطاقة عن طريق الحد بشكل كبير من ذروة الطلب على الكهرباء ما يقلل من تكلفة التدفئة والتبريد التي يتحملها المستخدم النهائي. وتجاوزت التكلفة الإجمالية للمشروع 95 مليون يورو، بما في ذلك قرض بقيمة 27 مليون يورو من البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية.[59]

وتقدم الشركة الأردنية للطاقة المركزية نظام التبريد بالمياه وهي إحدى الخدمات التي تقدمها محطة التدفئة والتبريد المركزية في مجمع العبدلي؛ ويعمل النظام على تزويد المياه المبرّدة لنظام التبريد المستخدم في مكثف تبريد المياه في مول سي تاون العبدلي (C-Town)، وهو مشروع فريد أقامته شركة عابدين الصناعية. ويتكون النظام من منصتين للتبريد ومنصتين للتجميد والذين يعملوا بتقنية عاكس التيار المباشربدلاً من محولات التيار المتردد التقليدية المستخدمة.

وتشير ملاحظات أداء النظام وفواتير كهرباء الهايبر ماركت إلى تحقيق نسبة توفير تصل إلى 60%. وكذلك لوحظ استقرار أداء النظام – أي أن درجات حرارة غرف التبريد ظلت مستقرة منذ تنشيط النظام. وعلاوة على ذلك، يعمل طاقم الصيانة على مراقبة النظام والتحكم فيه مركزيًا؛ كما تشرف شركة عابدين الصناعية على النظام عن بعد.

[56] مقابلات الخبراء
[57] مقابلات الخبراء
[58] CLASP, "Environmentally Harmful Dumping of Inefficient and Obsolete Air Conditioners in Africa"
[59] European Bank for Reconstruction and Development, "Abdali District Heating and Cooling"

الشكل 2 نظام المنصات في سي تاون

الشكل 5 سي تاون العبدلي هايبر ماركت

نظام التبريد بالمياه المُزوّد بوحدة استرجاع للحرارة في المسلخ المركزي بأمانة عمَّان الكبرى.

يجري حاليًا استبدال المبرّد القديم الحالي بمبرّد جديد فعّال مُزوّد بنظام استرجاع الحرارة متكامل في مسلخ أمانة عمَّان الكبرى، والذي يوفر الماء البارد والساخن معًا في آن واحد أثناء هذه العملية. ويمكن الوصول إلى معامل أداء مرتفع يبلغ حوالي 6,0 بواسطة مبرّد مُزوّد بوحدة استرجاع الحرارة.

5-2-2- اتجاهات السوق ومحركاته

أصبح تجهيز المنشآت السكنية والتجارية بأنظمة تكييف الهواء أمرًا رائجًا في الأردن نظرًا لزيادة التنمية الاقتصادية وارتفاع عدد السكان فضلًا عن الظروف المناخية القاسية التي شهدتها السنوات الأخيرة.

إن الطلب على تقنيات التكييف المختلفة مدفوع باحتياجات المباني الجديدة وتركيب أنظمة التكييف في المباني الحالية (لزيادة حصة الغرف المكيفة)، واستبدال أنظمة التكييف المعطلة. تم توضيح حجم نمو المبيعات المحتمل لخدمة المباني الحالية في الفصل 5.1.

وتتمثل العوامل الرئيسية لزيادة مبيعات فئة المباني السكنية الحالية في زيادة القدرة على تحمل التكاليف (نمو الناتج المحلي الإجمالي)، وتزايد عدد السكان، وتغير المناخ (ارتفاع درجات الحرارة في الصيف، بما في ذلك الموجات الحارة، وانخفاض درجات الحرارة في الشتاء مقارنة بالأرقام المتوسطة). وتعزز هذه العوامل من نمو المبيعات بسبب تركيب أجهزة التكييف لأول مرة في المباني الحالية.[60]

ويعد قطاع البناء الجديد سوقًا مهمًا آخر لزيادة مبيعات أنظمة التكييف في القطاعين السكني والتجاري. وتمثل نسبة المباني المُجهزة بأنظمة تكييف ما بين 60% (من الشقق السكنية) و80% (من منازل الأسرة الواحدة). ويعتبر قطاع البناء الجديد محركًا رئيسيًا لنمو المبيعات في قطاع المباني غير السكنية، والذي يتمتع بسوق أكثر تشبعًا في قطاع المباني الحالية مقارنة بالقطاع السكني. وفي الوقت الحالي، تُستخدم أجهزة التكييف فيما بين 70% إلى 75% (من المكاتب ومتاجر السوبر ماركت) و90% إلى 95% (من مرافق الرعاية الصحية والفنادق) من المباني الجديدة غير السكنية[61].

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على المبيعات هي زيادة أسعار الكهرباء وتوافر تقنيات حديثة مثل العاكس الكهربائي (إنفيرتر) وإدخال لوائح فنية جديدة للتصميم البيئي والنمو الاقتصادي وجائحة كوفيد-19 والمشاريع الجديدة التي تتناول أنظمة التبريد الفعالة، ومشاريع البناء الجديدة. وفيما يتعلق باستبدال أنظمة التكييف القديمة، فإن الطلب مدفوع بشكل أساسي بالتغير في أسعار الكهرباء والوعي بإمكانات توفير الطاقة بالإضافة إلى تغير مستوى الدخل. ويستبدل معظم المستخدمين في القطاع السكني أجهزة التكييف عند وصولها إلى نهاية العمر الافتراضي[62].

وعلى مستوى التكنولوجيا، فثمة اتجاه نحو استخدام وحدات منفصلة (سبليت) دون أنابيب ومُزودة بعاكس كهربائي كامل. وبالنسبة للمبرّدات، فثمة تقنية جديدة وهي: ضواغط Turbo Core، والتي من المتوقع أن تكون أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة ولا تزال في مرحلة البحث والتطوير[63]. يلخص **الجدول 5** تأثير هذه المحركات والاتجاهات على المستوى التقني.

جدول 2 اتجاهات قطاع التكييف وتأثيرها على المبيعات

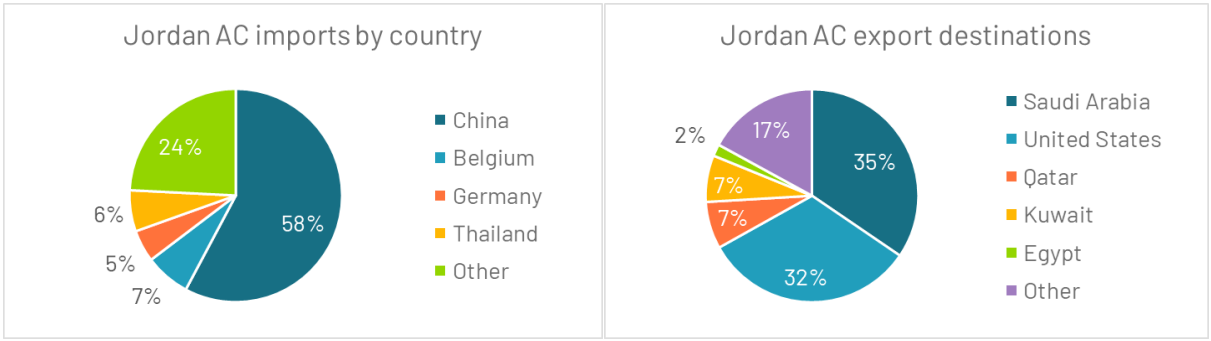
التقنية	التطبيقات الرئيسية في المستقبل	محركات السوق	الاتجاهات الناشئة	التأثير المتوقع على المبيعات
سبليت فردي (دون أنبوب) سبليت فردي (مُزود بأنبوب)	القطاع السكني (الأغلبية)	إنفاذ اللوائح الفنية الجديدة المتعلقة بتكييف الهواء (وضع العلامات على منتجات الطاقة والتصميم الصديق للبيئة في عام 2014) من خلال استخدام تقنية العاكس الكهربائي (إنفرتر) المشاريع الجديدة والمبادرة الملكية المتعلقة ببرامج التدفئة بالمدارس باستخدام مكيفات الهواء وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية. تركيب أجهزة التكييف في المنشآت التجارية مدفوعة بمشروعات البناء الجديدة والنمو الاقتصادي وآثار جائحة كوفيد.	مواد التبريد الجديدة المستخدمة، R32	↑
أنظمة التبريد متعددة الوحدات المنفصلة Multi-splits			عدم رواج الأنظمة بسبب ارتفاع التكلفة الأولية؛ هيمنة أجهزة سبليت الفردية على السوق.	↓
أنظمة التبريد متغيرة التدفق VRF	سكني، وحدات سكنية لعائلة واحدة، الفنادق	النمو في قطاع الترفيه والسياحة (فنادق حديثة البناء) وحدات سكنية لعائلة واحدة مشيدة حديثًا	رواج الأنظمة بين مستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة وفي كل من وحدات الإسكان لعائلة واحدة والفنادق الجديدة	↑
تكييف الهواء الطرفي المعبأ (الأسطح)	مرافق الرعاية الصحية والفنادق والمكاتب	تراجع الاستثمار في قطاع البيع بالتجزئة	استمرار تراجع الاستثمارات في قطاع البيع بالتجزئة بسبب آثار جائحة كوفيد	↓
المبرّدات	المباني الكبيرة والفنادق والمستشفيات	بناء الفنادق والمستشفيات الجديدة إدخال تقنية جديدة للمبرّدات تعمل بالعاكس الكهربائي	الانتشار بين أصحاب الفنادق والمستشفيات، خاصة بسبب تقنية العاكس الكهربائي	↑
تبريد المناطق	منشآت البيع بالتجزئة	بناء مشروع واحد وهو مشروع تبريد المناطق بالعبدلي وهو قيد التشغيل حاليًا.	لا توجد مشاريع جديدة مخططة	↓

[60] مقابلات الخبراء
[61] مقابلات الخبراء
[62] مقابلات الخبراء
[63] مقابلات الخبراء

5-2-3- حجم وهيكل السوق

يقدّر نموذج مبادرة التبريد الأخضر عدد الوحدات المثبتة في مجمل المباني الحالية في الأردن بحوالي 285,000 نظام تكييف[64]. ويبدو أن النموذج يقلل من عدد أنظمة التكييف المثبتة مع الأخذ في الاعتبار عدد المنازل والمباني غير السكنية ونسبة المباني التي تحتوي على نظام تكييف واحد على الأقل، ونسبة المساحات المُجهزة بتكييف (انظر الفصل 5.1)، وبيانات الاستيراد والتصدير المتاحة لعدد أنظمة التكييف (انظر هذا الفصل).[65]

وفقًا لمرصد التعقيد الاقتصادي، بلغت صادرات الأردن في عام 2019 من أنظمة تكييف الهواء 81 مليون يورو فيما بلغت الواردات 63 مليون يورو[66]. وتأتي معظم المعدات المستوردة مشحونة مسبقًا بمواد التبريد ويتطلب الباقي الشحن[67]. وتتمثل دول المقصد (التصدير) الرئيسية في المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة والكويت وقطر، بينما تتمثل دول المنشأ الرئيسية (الاستيراد) في الصين وبلجيكا وألمانيا وتايلاند (انظر **الشكل 6**).



الشكل 3 استيراد وتصدير أنظمة تكييف الهواء (2019)[68]

في عام 2016، قدّر مخزون الهيدروفلوروكربون (HFC) في الأردن[69] العدد الإجمالي لأنظمة التكييف المستوردة بـ 332,000 جهاز، وأنظمة التكييف المُصدرة بـ 34,000 نظام، وأنظمة التكييف المصنعة محليًا بحوالي 150,000 نظام[70]. وبالنظر إلى عدد الأسر[71] ومعدل تثبيت أجهزة التكييف ومعدل الاستبدال[72] النموذجي ونسبة الغرف المكيفة لكل أسرة[73]، يبدو أن هذه الأرقام مبالغ فيها[74]. وبناءً على تحليل الوضع في الأردن، تُقدر مبيعات سوق أنظمة التكييف الأردني (القطاع السكني وغير السكني) في حدود 90,000 – 110,000 عملية بيع[75].

وتهيمن أنظمة سبليت الفردية (ولا سيما دون أنبوب) بقوة على سوق التكييف، والتي تمثل حوالي 80% من السوق من الناحية النقدية. وتحظى التقنيات الأخرى مثل المبرّدات والوحدات المركزية (أنظمة VRF والأنظمة المعبأة) حصة صغيرة من السوق. ويوضح **الشكل 7** حصص أنظمة التكييف المختلفة من السوق في عام 2016 من الناحية النقدية (حجم المبيعات بالدولار الأمريكي). وفيما يتعلق بعدد الأنظمة، فلا تزال حصة أنظمة سبليت الفردية هي الأعلى، وحصة الأنظمة الأخرى أقل بكثير (نظرًا لارتفاع سعر وحدة المبرّد مقارنةً بنظام سبليت الفردي).

---

[64] تستند الأرقام إلى: وثيقة مبادرة التبريد الأخضر " Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector"؛ يضم عدد المبرّدات القطاعات التجارية والصناعية.

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

[66] Observatory of Economic Complexity, "Trade Data"

[67] مرصد التعقيد الاقتصادي

[68] مرصد التعقيد الاقتصادي

[69] HFC Inventory in Jordan, UNIDO,2015

[70] HFC Inventory in Jordan, UNIDO,2015

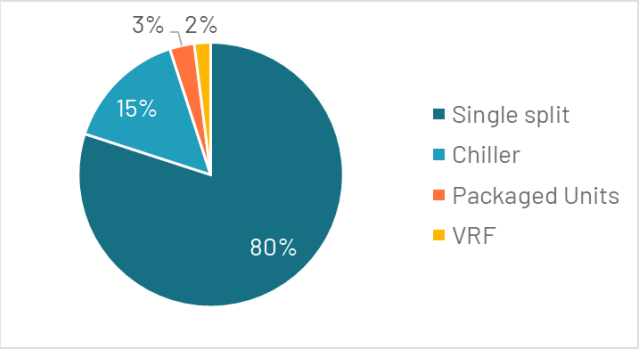
[71] Build_ME, "Towards a Low-Carbon Building Sector in the MENA Region"

[72] Build_ME, مقابلات الخبراء

[73] مقابلات الخبراء

[74] يمكن العثور على تفسير في اختلافات المحاسبة والترميز. قد يعكس الرقم أيضًا جزءًا من أنظمة التكييف والتبريد.

[75] تقديريًا مع الأخذ في الاعتبار عدد الأسر ومعدل الانتشار ومعدل الاستبدال والتركيبات الجديدة. بالنسبة للقطاع التجاري، يُفترض أن تبلغ حصة عدد الأنظمة حوالي 20٪ بناءً على تجربة السوق اللبنانية(National Ozone Unit Lebanon, "Guidance for Integrating Efficient Cooling in National Policies in Lebanon")



الشكل 4 نظرة عامة على حجم سوق التبريد حسب التقنية من الناحية النقدية (الحصة في حجم المبيعات باليورو في 2016)

شهدت سوق أجهزة التكييف في الأردن نموًا بنسبة 1.5% بين 2017 و2020، ومن المتوقع أن يبلغ معدل النمو السنوي الإجمالي (CAGR) حوالي 6% في الفترة بين 2021 و2027. ويمكن أن يُعزى نمو السوق في معظمه إلى سوق مكيفات الغرف، بما في ذلك سوق نظام سبليت الفردي (ولاسيما نظام دون أنبوب ومُزود بتقنية العاكس). ومن المتوقع أيضًا أن يسجل سوق أنظمة المبرّدات وأنظمة التبريد متغيرة التدفق أسرع معدل نمو. وفي المقابل سيظل سوق الأنظمة المعبأة (مثل الأسطح) مستقرًا وربما يتراجع[76] [77].

[76] 6Wresearch, "Jordan Air Conditioner (AC) Market (2021-2027)"
[77] United Nations Industrial Development Organization, "HFC Inventory of Jordan"

6- سوق التبريد التجاري

- تهيمن متاجر السوبر ماركت على قطاع التبريد التجاري في الأردن؛ وتشمل قطاعات السوق الكبيرة الأخرى الفنادق والمطاعم.
- تمثل التقنيات الرئيسية أنظمة مستقلة وتُقدر بـ (65%) ووحدات تكثيف بنسبة (30%).
- يُعزى تزايد تركيب أنظمة التكييف إلى بعض المحركات الرئيسية وهي: النمو السكاني وزيادة أسعار الكهرباء وإدخال تقنيات جديدة والنمو الاقتصادي وجائحة كوفيد وأنشطة البناء الجديدة هي الدوافع الرئيسية للمنشآت الجديدة.
- يعد مقدمو خدمات الأغذية والمشروبات الموردين الرئيسيين لأنظمة التبريد المستقلة لمتاجر السوبر ماركت والخدمات والمطاعم السريعة.
- تهيمن شركات التصنيع المحلية على قطاع التكثيف والتبريد المركزي التجاري الأردني. ويجري تصنيع أنظمة التبريد التجارية المستقلة محليًا كما يتم أيضًا استيرادها.

6-1- فئات السوق والتقنيات السائدة

تضم مجموعات تقنيات التبريد التجاري السائدة أنظمة تجارية مستقلة ووحدات تكثيف وأنظمة مركزية (للتعريفات انظر الفصل 3.2).

وتُستخدم أنظمة التبريد المستقلة مثل المجمدات الصندوقية بشكل أساسي في تطبيقات التبريد الصغيرة (عادةً المجمدات الصغيرة ومتوسطة الحجم) في محلات السوبر ماركت الصغيرة. وغالبًا ما توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية المستقلة هذه مجانًا. وتعتمد مطاعم الوجبات السريعة بشكل أساسي على المنتجات المستقلة[78].

وعادة ما يتم تركيب وحدات التكثيف في محلات السوبر ماركت المتوسطة والكبيرة والهايبر ماركت. كما تستخدم أيضًا في المطاعم الكبيرة والفنادق والمطاعم التي تحتوي على مطبخ مركزي يدعم فروعها ومطاعمها الكبيرة. كما تحظى وحدات التكثيف برواج في مخازن التبريد الصغيرة نسبيًا بسبب انخفاض تكاليفها الأولية.[79]

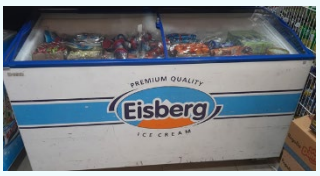
وتتمتع المحطات المركزية برواج كبير في عمليات التخزين البارد واسعة النطاق بسبب كفاءتها العالية مقارنة بأنظمة التبريد بالتكثيف.[80]

يبلغ حجم السعة النموذجي (القدرة الكهربائية المُقدرة) لنظام تجاري قائم بذاته من 260 واط إلى 1,200 واط. ويعتمد حجم سعة أنظمة التكثيف والأنظمة المركزية على طلب العميل، والذي عادةً ما يكون أعلى من الأنواع المستقلة[81]. ويتراوح حجم السعة النموذجية لنظام التكثيف بين 2 كيلو واط إلى 20 كيلو واط، بينما تبلغ سعة النظام المركزي من 40 كيلو واط إلى 200 كيلو واط.[82]

يقدم الجدول 6 نظرة ثاقبة على الأنظمة النموذجية وتصميمها الفني بما في ذلك نوع التطبيق ونطاق الحجم النموذجي في سوق التبريد التجاري الأردني.[83]

[78] مقابلات الخبراء
[79] مقابلات الخبراء
[80] مقابلات الخبراء
[81] البحث المكتبي ومقابلات الخبراء
[82] United Nations Environment Programme (UNEP) Ozone Secretariat, "FACT SHEET 4 Commercial Refrigeration"
[83] زيارات ميدانية لفريق المشروع بين سبتمبر 2021 ويناير 2022 والصور التي التقطها الفريق

الجدول 3 أجهزة التبريد النموذجية في سوق التبريد التجاري الأردني

النظام	الصورة	التصميم الفني	الاستخدام	نطاق الحجم النموذجي[84] الحجم (باللتر) القدرة الكهربائية المقدرة (بالواط)
مبرّد صندوقي (نظام مستقل)		وحدة تكثيف مستقلة مدمجة تعمل بالتبريد الهوائي	متاجر السوبر ماركت الصغيرة والمتوسطة والكبيرة	300-500 لتر 260 واط - 500 واط
ثلاجات ومجمدات عرض رأسية (نظام مستقل)		وحدة تكثيف مستقلة مدمجة	متاجر السوبر ماركت الصغيرة والمتوسطة والكبيرة والهايبر ماركت والمطاعم	360 – 1,750 لتر 500 واط - 950 واط
مجمدات عرض رأسية (وحدة تكثيف)		وحدة تكثيف عن بعد	متاجر السوبر ماركت المتوسطة والكبيرة	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة
ثلاجات عرض رأسية (وحدة تكثيف)		تكثيف عن بعد	متاجر السوبر ماركت الكبيرة والمتوسطة	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة
خزانات تبريد لعرض السلع (نظام مستقل)		وحدة تكثيف مستقلة مدمجة	متاجر السوبر ماركت المتوسطة والكبيرة والهايبر ماركت والمطاعم	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة
ثلاجة عرض رأسية مركزية		نظام أرفف مركزي	متاجر الهايبر ماركت	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة

[84] البحث المكتبي والبيانات الفنية المجمعة أثناء الزيارات الميدانية.

النظام	الصورة	التصميم الفني	الاستخدام	نطاق الحجم النموذجي[84] الحجم (باللتر) القدرة الكهربائية المقدرة (بالواط)
خزانات التجميد الرأسية المدمجة المفتوح منها والمغلق ويوجد منها ما يعمل بالتبريد المركزي أو بالتكثيف		وحدة التكثيف عن بعد أو نظام الأرفف	متاجر السوبر ماركت الكبيرة والهايبر ماركت	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة
غرف التبريد		نظام مركزي (نظام الأرفف) أو نظام تكثيف	المطاعم والفنادق ومتاجر السوبر ماركت	حسب طلب العميل ووفقًا للمساحة المتاحة

يقدم الجدول 7 نظرة عامة على فئات المباني (حالات الاستخدام) وأنظمة التبريد النموذجية المستخدمة.

الجدول 4 فئات التبريد التجاري في الأردن[85]

نوع المبنى (الفئة السوقية)	أنظمة التبريد النموذجية وتشمل عدد الوحدات
سوبر ماركت صغير (حتى 50 م^2)[86]	▶ 2-4 ثلاجات عرض رأسية منفصلة (توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات بعضها) ▶ 1-2 مجمدات صندوقية مستقلة
سوبر ماركت متوسط الحجم (من 51 م^2 إلى 99 م^2)	▶ 5-8 ثلاجات ومجمدات عرض رأسية مستقلة (توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات بعضها) ▶ 3-5 مجمدات صندوقية مستقلة ▶ ما يصل إلى ثلاجتين عرض رأسيتين تعملا بالتكثيف
سوبر ماركت كبير الحجم (من 100 م^2 إلى 250 م^2)	▶ أكثر من 8 ثلاجات ومجمدات عرض رأسية مستقلة (توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات بعضها) ▶ 3-5 مجمدات صندوقية مستقلة (توفر شركات صناعات الأغذية بعضها) ▶ ما يصل إلى عدد 2 من الثلاجات والمجمدات التي تعمل بالتكثيف ▶ ما يصل إلى عدد 3 خزنات تبريد مستقلة لعرض المنتجات ▶ ما يصل إلى خزانين تجميد رأسي المفتوح منها والمغلق لعرض المنتجات ويعملا بالتكثيف
الهايبر ماركت	▶ ثلاجات ومجمدات مستقلة (توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات بعضها) ▶ ثلاجات عرض مستقلة ▶ ثلاجات عرض رأسية تعمل بالتكثيف وغرف التبريد ▶ أنظمة مركزية (توفر غرف تبريد مُخصصة لتبريد وتجميد المواد الغذائية فضلًا عن ثلاجات العرض والمجمدات) ▶ عدد الأنظمة كبير ويختلف حسب حجم الهايبر ماركت
مطاعم الوجبات السريعة (من الباب للباب فقط) مثل الفطائر والمعجنات وغيرها.	▶ ثلاجات ومجمدات مستقلة (توفر شركات صناعات الأغذية والمشروبات بعضها) ▶ ثلاجات عرض مستقلة (عدد أقل من تلك المستخدمة في أنواع المطاعم الأخرى)
المطاعم غير الرسمية (التي تتيح الجلوس والتوصيل من الباب إلى الباب)، حتى 80 مقعدًا	تستخدم أنواع مستقلة من المجمدات والثلاجات: ▶ ما يصل إلى 3 ثلاجات مستقلة للمشروبات (توفرها شركات صناعات المشروبات) ▶ ثلاجات ومجمدات مستقلة ▶ ثلاجات عرض مستقلة

[85] مقابلات الخبراء وزيارات ميدانية لفريق المشروع بين سبتمبر 2021 ويناير 2022

[86] في بعض البلدان ، يشار إلى هذه الفئة باسم متجر الزاوية.

نوع المبنى (الفئة السوقية)	أنظمة التبريد النموذجية وتشمل عدد الوحدات
المطاعم الكبيرة (تتيح الجلوس)، أكثر من 80 مقعدًا	▶ ما يصل إلى 6 ثلاجات مستقلة للمشروبات (توفر شركات صناعات المشروبات بعضها) ▶ ما يصل إلى 6 وحدات عرض مستقلة للتبريد ▶ ما يصل إلى 3 مجمدات مستقلة ▶ (غرف التبريد) تعمل بالتكثيف (لأكثر من 250 مقعدًا)
فنادق الثلاث نجوم	▶ عدد من الثلاجات والمجمدات المستقلة
فنادق الأربع نجوم	▶ ما يصل إلى 30 ثلاجة ومجمد مستقل ▶ وحدات تكثيف قليلة (غرف تبريد)
فنادق الخمس نجوم	▶ أكثر من 10 ثلاجات ومجمدات مستقلة ▶ وحدات تكثيف قليلة ▶ غرف التبريد (أكثر من 10 أنواع من التكثيف؛ تزداد الأرقام بزيادة السعة الاستيعابية للفندق)

2-6- اتجاهات السوق ومحركاته

من المتوقع استمرار زيادة الطلب على أجهزة التبريد التجاري في الأردن نظرًا لتزايد عدد السكان وتوسع القطاع التجاري.

وتعتمد زيادة الطلب على تركيب أنظمة التبريد التجاري المختلفة على الدوافع الرئيسية التالية: زيادة النمو السكاني وارتفاع أسعار الكهرباء، وإدخال تقنيات جديدة وزيادة النمو الاقتصادي وآثار جائحة كوفيد إلى جانب أنشطة البناء الجديدة. ويعد برنامج كفاءة الطاقة الذي صاحبه إطلاق بعض الحوافز (علاوة الشراء) على وحدات التبريد التجارية أحد أهم المحركات الرئيسية.

وتعتبر فئة استبدال أجهزة التبريد مدفوعة بالتغير في أسعار الكهرباء وزيادة الوعي بتوفير الطاقة والجدوى الاقتصادية[87].

في متاجر السوبر ماركت، تجري عمليات تركيب واستبدال الأنظمة المستقلة (بشكل أساسي) من خلال خطط الموردين وشركات صناعات الأغذية والمشروبات المعنية، إذ تُخصص هذه الأنظمة بشكل أساسي لمنتجات الشركات الموردة.[88] [89]

يلخص الجدول 8 الاتجاهات الناشئة لأنواع المباني المختلفة وفئات السوق.[90]

[87] مقابلات الخبراء

[88] زيارات ميدانية لفريق المشروع بين سبتمبر 2021 ويناير 2022

[89] مقابلات الخبراء في مجال الصناعات الغذائية

[90] زيارات ميدانية لفريق المشروع بين سبتمبر 2021 ويناير 2022

الجدول 5 الاتجاهات الناشئة لأنواع المباني المختلفة وفئات السوق

نوع المبنى (الفئة السوقية)	أنواع أنظمة التبريد الرئيسية المستخدمة	الاتجاهات الناشئة
الحالة 1: متاجر السوبر ماركت صغيرة المساحة	الثلاجات والمجمدات الصندوقية	تقوم معظم متاجر السوبر ماركت الآن بتركيب عدد قليل من الأجهزة الكبيرة بدلاً من العديد من الأجهزة الصغيرة
	ثلاجات العرض الرأسية المستقلة	تعد من بين الأكثر انتشارًا في المدن الكبيرة والصغيرة، وتزداد أعدادها كل عام بسبب النمو السكاني وزيادة معدلات التوسع الحضري
	المجمدات الصندوقية المستقلة	
الحالة 2: متاجر السوبر ماركت متوسطة المساحة	أولًا: ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية المستقلة	تعد الأكثر انتشارًا في المدن الكبرى
	ثانيًا: ثلاجات العرض الرأسية المستقلة التي تعمل بالتكثيف (نظام الأرفف)	
	ثالثًا: المجمدات الصندوقية المستقلة	
الحالة 3: محلات السوبر ماركت كبيرة الحجم	أولًا: ثلاجات ومجمدات العرض الرأسية المستقلة	تعد من بين الأكثر انتشارًا في المدن الكبيرة والصغيرة، وتزداد أعدادها كل عام بسبب النمو السكاني وزيادة معدلات التوسع الحضري
	ثانيًا: المجمدات الصندوقية المستقلة	
	ثالثًا: ثلاجات العرض الرأسية المركزي منها أوما يعمل بالتكثيف (نظام الأرفف)	توجد في المدن الكبيرة فقط
	رابعًا: خزانات التبريد المستقلة لعرض المنتجات	
	خامسًا: خزانات التجميد الرأسية المدمجة المفتوح منها والمغلق وتعمل بالتكثيف	

3-6- حجم وهيكل السوق

يقدر نموذج مبادرة التبريد الأخضر إجمالي عدد أنظمة التبريد التجارية المثبتة في الأردن بحوالي 94,800 (وحدة).[91]

كان من المتوقع أن يصل عدد أنظمة التبريد التجارية المُباعة في الأردن إلى حوالي 7,430 وحدة في عام 2020[92] من الأنظمة المستقلة (ويشار إليها أيضًا بأنظمة التوصيل الذاتي) ووحدات التكثيف، وتستخدم بشكل رئيسي في متاجر السوبر ماركت (الكبيرة والمتوسطة والصغيرة) والمطاعم والفنادق[93]. وقسم الخبراء سوق مبيعات التبريد في عام 2021، إذ حازت الأنظمة التجارية المستقلة على حوالي 65%، وحصلت وحدات التكثيف على حوالي 30%، والأنظمة المركزية على حوالي 5%.[94]

تهيمن شركات التصنيع المحلية على سوق أنظمة التكثيف والأنظمة المركزية بشكل أساسي، ويمثلون العلامات التجارية المحلية الكبرى. ويتم تصنيع حوالي 85% من أنظمة التبريد بالتكثيف وأنظمة التبريد المركزي التجارية محليًا؛ وتُصمم وفقًا لطلب العميل، مع العلم أنه يتم استيراد الضواغط من كبرى الشركات المصنعة العالمية مثل كوبلاند وبيتزر ودانفوس.[95] وتعمل الشركة المحلية المصنعة على تركيب الضاغط مع مكونات نظام التبريد الأخرى التي يتم تصنيعها محليًا.

وتشمل شركات التصنيع المحلية شركة عابدين الصناعية وشركة محمد تحسين البعلبكي وغيرها. ويوجد في الأردن حوالي 29 شركة تصنع أنواعًا ونماذج مختلفة من الثلاجات المنزلية والتجارية والصناعية (انظر **الجدول 9**).[96]

---

[91] البيانات مستمدة من نموذج GCI (مبادرة التبريد الأخضر، "Global greenhouse gases emissions from the RAC Sector"). يحسب النموذج عدد الأنظمة المستخدمة من خلال مؤشر (عدد الأنظمة للفرد: 0.0114).

[92] مبادرة التبريد الأخضر

[93] مقابلات الخبراء

[94] مقابلات الخبراء

[95] استنادًا إلى:

مقابلات الخبراء

United Nations Industrial Development Organization, "HFC Inventory of Jordan"

[96] منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

الجدول 6 أهم شركات تصنيع أجهزة التبريد المحلية[97]

الرقم	اسم الشركة
1	شركة عابدين الصناعية
2	مجموعة محمد أبو حلتم للاستثمارات
3	مجموعة الحافظ للتجارة والاستثمار (ناشيونال إلكتريك)
4	شركة التخصيص القابضة - PHC
5	شركة إكسيد للإلكترونيات
6	شركة صناعة الأجهزة المنزلية (هامكو)
7	الشركة الأردنية لتجهيزات المطاعم (JCS)
8	شركة نعيم دحدل وأولاده
9	شركة فلسطين رجا الدويك وشريكته
10	شركة معاذ ومراد حسونه
11	مناع لتجهيزات المطاعم
12	مصنع ثلاجات عفانه
13	شركة محمد تحسين البعلبكي وشركاه
14	شركة أوار التجارية

[97] منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

7- سوق مواد التبريد

- يستورد الأردن جميع مواد التبريد.
- تعد مادة R22 (أحد مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون (HCFC)) مادة التبريد الرئيسية المستخدمة في معدات التبريد الحالية ويتم استبدالها بمركبات الهيدروفلوروكربون (ولا سيما مادة R410A).
- تتمثل معوقات استخدام مواد التبريد الطبيعية (لدى المستخدم النهائي) في مشكلات السلامة والتكاليف ذات الصلة.

7-1- سوق مواد التبريد الحالي

لا ينتج الأردن مواد التبريد، ولذلك يتم استيراد جميع مواد التبريد للاستخدام المحلي[98]. وفي عام 2020، تم استيراد حوالي 800 طن متري من مواد التبريد، جاء معظمها من الهند والمملكة المتحدة والصين والولايات المتحدة وإيطاليا وسنغافورة[99]. وتشمل هذه الكمية المستوردة جميع أنواع مواد التبريد المستخدمة لأغراض التصنيع وخدمات تطبيقات قطاع التبريد وتكييف الهواء المختلفة.

وتعد مادة R22 أحد مواد التبريد الأكثر استخدامًا في أجهزة التبريد الحالية؛ كما أنها لا تزال متاحة لأغراض الخدمة[100].

وشهدت السوق الأردنية إدخال خلائط مختلفة ذات قدرة عالية على إحداث الاحترار العالمي كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون. وارتفع الاستهلاك من حوالي 1,307 طن متري في عام 2012 إلى 1,532 طن متري في عام 2015، ما يمثل معدل نمو سنوي إجمالي يبلغ حوالي 17% خلال تلك الفترة. ووفقًا لمعدلات النمو السنوية المتوقعة، سيصل استهلاك بدائل المواد المستنفدة للأوزون إلى حوالي 7,638 طن متري في عام 2030. وفيما يتعلق بمواد التبريد الاصطناعية، فمن المتوقع تعميم استخدام مركبات الهيدروفلوروكربون في القطاع بأكمله في المستقبل[101].

وفي عام 2020، بلغ إجمالي استهلاك قطاعي صناعة التبريد والصيانة حوالي 690 طن متري ذهبت حوالي 40% منها إلى قطاع الصيانة. وتمتلك وحدة الأوزون الوطنية سجلات بمواد التبريد المستوردة مقسمة حسب التصنيع (بما في ذلك التبريد والهباء الجوي (الأيروسول) والرغوة والمذيبات ومكافحة الحرائق) والكميات المستخدمة لصيانة المعدات القائمة. وتُقسم الكميات المعروضة للتصنيع إلى فئتي "تكييف الهواء" و"أخرى". ولا تشير السجلات إلى كميات مواد التبريد السائبة المستخدمة في تصنيع معدات التبريد التجاري.

وتُعد مادة R410A هي مادة التبريد الرئيسية المستخدم في قطاع تصنيع أجهزة تكييف الهواء، ويليها R134a. ويستخدم قطاع التبريد[102] بشكل أساسي مواد R134a وR404A وR407C. بينما يستخدم قطاع الصيانة R134a.

يلخص **الجدول 10** كميات مواد التبريد من مركبات الهيدروفلوروكربون المستخدمة في تطبيقات التبريد وتكييف الهواء في عام 2020.

الجدول 7 كميات مواد التبريد من مركبات الهيدروفلوروكربون المستخدمة في تطبيقات التبريد وتكييف الهواء في عام 2020

المادة	التصنيع (بالطن المتري)			الصيانة (بالطن المتري)
	أخرى	تكييف الهواء	الإجمالي	
R 32				2.6
R 134a	246	81	327	136
R 404A	60	0	60	18
R 407A	5.5	4.5	10	0
R 407C	29	0	29	8
R 410A	0	89	89	21
R 507A	3	0	0	0

بدأت صناعة تكييف الهواء، والتي كانت تعتمد بشدة على مادة R22 كمادة التبريد الرئيسية لوحدات تكييف الهواء الجديدة قبل عام 2016، في التحول إلى استخدام مركبات الهيدروفلوروكربون كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون في إطار الامتثال للخطة الوطنية لخفض استخدام مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون تدريجيًا. ووفقًا لسجلات شركة بترا للصناعات الهندسية، فقد بلغ استهلاك مادة R22مقدار 130 طن متري، و8 طن متري من مادة R134a، و2,9 طن متري من مادة R407C، و2,3 مليون طن متري من مادة R410A في عام 2009. وتحولت الشركة تدريجياً إلى استخدام مركبات الهيدروفلوروكربون من عام 2010 إلى عام 2016، حيث بلغ الاستهلاك 17,7 طن متري من مادة R22 (أي 13% فقط من مستوى 2009 المذكور سابقًا)، و40 طن متري كجم من R134a، و72 طن متري من R407C، و28 طن متري من R410A

[98] مقابلات الخبراء

[99] National Ozone Unit Jordan, Jordan Customs, "Trade data for the RAC market"

[100] مقابلات الخبراء

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

[102] بما في ذلك التبريد المنزلي والتجاري والصناعي والمبردات الصناعية وتبريد النقل.

في عام 2015. وفي عام 2018، بدأت الشركة في التحول لتصنيع وحدات تكييف للأسطح تصل إلى 400 كيلوواط وتعمل بمواد التبريد منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي باستخدام مواد R290 وR32 والأوليفينات الهيدروفلورية (HFO).[103]

ويستخدم مجمع العبدلي التجاري في عمان مادة R717 (الأمونيا) بشكل رئيسي في مشروع تبريد المناطق باستخدام المبرّدات المبردة بالهواء. وتستخدم كميات صغيرة من R717 في ورشتي صيانة للتجميع والتعبئة الأولى لمعدات التبريد المستوردة حديثًا.[104]

يتم تصنيع معظم أنظمة التبريد التجارية في الأردن وتضمغازات التبريد مثل R404A وR134a. وتُصنع معدات التبريد التجارية الآن باستخدام مادة R134a، والتي كانت تُصنع باستخدام مركب الكلوروفلوروكربون R12 في السابق، مراعاةً لأهداف الخفض التدريجي من استخدام مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون في البلاد. وعلاوة على ذلك، تُستخدم مادة R404A بشكل متزايد في معدات التبريد التجارية ذات درجة الحرارة المنخفضة. بينما غالبًا ما تُستخدم مادة R134a في الأنظمة الأصغر ذات درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة، فيما تُستخدم مادة R404A بشكل أساسي في الأنظمة الأكبر.[105]

وتعتمد معدات الصيانة في الغالب على مادة R22 لصيانة الوحدات القديمة ومواد R134a وR407C وR410A وR600a وR717 لصيانة الوحدات المُركبة حديثًا.[106]

7-2- توافر مواد التبريد الطبيعية منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي

7-2-1- توافر أنظمة تبريد تعمل بمواد ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي

تلتزم الحكومة الأردنية ببروتوكول مونتريال وتعديلاته. فمنذ عام 2016، تم وضع اللائحة الوطنية[107] لحظر استيراد وإعادة تصدير مركبات الهيدروكلوروفلوروكربونغازات التبريد سائبة أو أي أنظمة تبريد وتكييف مشحونة بهذه المواد. كما تحظر اللائحة إنتاج وحدات ومعدات تبريد جديدة باستخدام مواد مستنفدة للأوزون بموجب بروتوكول مونتريال. وبناءً على الأحكام المذكورة، فإن جميع مواد التبريد السائبة المستوردة (باستثناء كميات الصيانة) ووحدات التبريد وتكييف الهواء لأغراض الاستخدام المنزلي والتجاري تشمل مركبات الهيدروفلوروكربون ومواد ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي وغازات التبريد طبيعية.

ولفترة طويلة، كان سوق التبريد وتكييف الهواء في الأردن يتألف من وحدات تبريد وتكييف الهواء المستوردة والوحدات المصنعة محليًا. وفي ظل تنوع العلامات التجارية المتوفرة في السوق، فمن المتوقع أن تتوفر المواد منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي في الوحدات المصنعة محليًا والمستوردة. فعلى سبيل المثال، تم استخدام مادة R32 في وحدات التكييف لعدة سنوات في مدينة البترا.

7-2-2- توافر أنظمة التبريد التي تعمل بمواد التبريد الطبيعية ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي

تعمل الحكومة من خلال وحدة الأوزون الوطنية على تعزيز التحول إلى استخدام مواد التبريد الطبيعية في تطبيقات التبريد وتكييف الهواء عن طريق حشد الدعم المطلوب من الوكالات الدولية للقطاع الخاص من أجل تسهيل التحول إلى التقنيات الجديدة.

ويعد المشروع الإيضاحي المُمول من ائتلاف المناخ والهواء النظيف لتقديم تقنية تبريد نظيفة جديدة في متاجر السوبر ماركت باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون تجربة رائدة في قطاع بيع المواد الغذائية بالتجزئة في الشرق الأوسط. ويعتبر التحول من استخدام مركبات الهيدروفلوروكربون إلى R290 في منشأة تصنيع وحدات تبريد وحدوية تجارية كبيرة للأسطح تصل إلى 400 كيلوواط في مدينة البترا منذ عام 2018 (بدعم من منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية) قصة نجاح في التحول بسلاسة إلى استخدام مواد التبريد الطبيعية في السوق المحلية.

وكذلك بدأ إنتاج أنظمة التبريد التجارية محليًا باستخدام مادة R290 منذ عام 2018.

ويوضح مشروع نظام تبريد المناطق في منطقة العبدلي الذي يستخدم أحدث محطات التبريد والتدفئة باستخدام مكثفات R717 والمياه المبرّدة أنه من الممكن تقديم تخفيضات هائلة في ظل ذروة الطلب على الكهرباء عند التحول إلى استخدام مواد التبريد الطبيعية. وعلاوة على ذلك، تتواجد مادة R600 في الثلاجات المنزلية وفقًا لملاحظات الزيارات الميدانية على سوق البيع بالتجزئة.

[103] مقابلات الخبراء

[104] مقابلات الخبراء

[105] Expert Interviews, United Nations Industrial Development Organization, "HFC Inventory of Jordan"

[106] منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية

[107] http://moenv.gov.jo/ebv4.0/root_storage/ar/eb_list_page/ministry_info_english.pdf, المادة 32 من التعليمات.

8- مزيد من الرؤى حول قطاع التبريد

8-1 مواد التبريد الطبيعية الأكثر ملائمة

تعد مواد التبريد الطبيعية خيارًا مستدامًا للتبريد بالضغط، خاصة وأنها تتسم بعدم القدرة على إحداث الاحترار العالمي أو حتى قدر ضئيل منها فحسب. وتشمل المزايا الأخرى لمواد التبريد الطبيعية انخفاض واستقرار التكلفة والكفاءة العالية[108] ومدى التوافر. ومع ذلك، فثمة بعض التحديات المرتبطة بالتعامل مع مواد التبريد الطبيعية - على سبيل المثال قابلية الهيدروكربونات للاشتعال (مثل R290، البروبان). ويجب معالجة مخاوف السلامة المحتملة من خلال اتخاذ بعض التدابير المتعلقة بأنظمة التبريد وتكييف الهواء. فمثلًا يمكن تحديد متطلبات الأنظمة التي تتجاوز سعة معينة لوضع الغاز القابل للاشتعال في غرفة الآلات وعدم السماح بالوصول إلا للفنيين المدربين وتوفير التهوية واكتشاف التسرب. وتعتبر مؤهلات ومهارات الموظفين التقنيين لتركيب معدات وأنظمة التبريد وتكييف الهواء وإصلاحها وصيانتها أمرًا أساسيًا خاصة بالنسبة لمواد التبريد الطبيعية. وبناءً على الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمواد التبريد الطبيعية، فثمة حاجة إلى معرفة فنية إضافية وخبرة عملية للتعامل مع مواد التبريد الطبيعية بأمان. وتشمل الخبرة الحالية لفنيي التبريد وتكييف الهواء في البلدان النامية في المقام الأول التعامل مع مركبات الهيدروكلوروفلوروكربون ومركبات الهيدروفلوروكربون ولكن ليس مع مواد التبريد الطبيعية أو التعامل معها بدرجة محدودة.

ويرجع ضعف دوافع التحول لاستخدام مواد التبريد الطبيعية في صناعات مركبات الهيدروفلوروكربون التقليدية إلى غياب اللوائح التنظيمية. وبالإضافة إلى ذلك، يحقق العدد المحدود من أنظمة التبريد وتكييف الهواء التي تعمل بمواد التبريد الطبيعية مبيعات منخفضة في الأسواق.

يلخص **الجدول 11** مجالات التطبيق الرئيسية والخصائص الأساسية لأكثر مواد التبريد الطبيعية ملائمة.

الجدول 8 الخصائص الأساسية لأكثر مواد التبريد الطبيعية ملائمة [109،110]

مادة التبريد	إمكانية إحداث الاحترار العالمي (في 100 سنة)	مجالات التطبيق الرئيسية	المميزات	التحديات
R290 (البروبان)	3	▶ وحدات تكييف الغرف (وحدات أحادية الكتلة وسبليت) ▶ المبرّدات الصغيرة ▶ توصيل التبريد التجاري	▶ كفاءة عالية ▶ تكلفة إضافية منخفضة ▶ متوفر	▶ شديد الاشتعال (=> حدود الشحن)
R600a (إيزوبيوتان)	3	▶ الثلاجات المستقلة	▶ كفاءة عالية في استخدام الطاقة ▶ تقنية شائعة	▶ شديد الاشتعال (ولكن ليست مشكلة كبيرة نظرًا لانخفاض الشحنات وإحكام صناعة التطبيقات الرئيسية)
R717 (الأمونيا)	0	▶ المبرّدات ▶ أنظمة التبريد المركزية	▶ كفاءة ممتازة للتطبيقات ذات درجات الحرارة المنخفضة (أقل بكثير من 0 درجة مئوية) ▶ سهل التشغيل والصيانة ▶ ضغط تشغيل منخفض	▶ سام (ولكن منخفض الخطورة حيث يمكن شم رائحته قبل الوصول إلى التركيز الحرج) ▶ مادة تسبب تآكل النحاس والنحاس الأصفر والبرونز ▶ شديد الاشتعال (=> حدود الشحن)
R744 (ثاني أكسيد الكربون)	1	▶ تبريد متاجر السوبر ماركت ▶ الأنظمة المدمجة (تدفئة وتبريد)	▶ غير قابل للاشتعال ▶ سائل ذو درجة حرارة مرتفعة لاسترجاع الحرارة ▶ غير سام ▶ أنظمة صيانة منخفضة ▶ غير قابل للتآكل	▶ يتطلب أنظمة أكثر تعقيدًا بسبب ضغوط التفريغ المرتفعة ▶ درجة حرارة حرجة منخفضة جدًا (31 درجة مئوية)

[108] على وجه التحديد، يتمتع كل من البروبان (R290) والأمونيا (R717) بخصائص حرارية أفضل من مواد التبريد التقليدية.

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

[110] 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"

2-8- ارتفاع معدلات التسرب وتدني مستوى الصيانة

- يعد تطوير خدمات الصيانة أمرًا مهمًا لتقليل معدلات التسرب وتحسين كفاءة الطاقة في المستقبل.
- تعتبر معدلات التسرب الحالية في قطاع التبريد التجاري مرتفعة نوعًا ما (إذ تصل إلى 20% -40% سنويًا في وحدات التكثيف والأنظمة المركزية).
- عند نهاية العمر الافتراضي لمواد التبريد التي لا تُدار بشكل رشيد، تطلق المادة بنسبة 100% في الغلاف الجوي أثناء التخلص منها.
- ومن الضروري العمل على زيادة الوعي وبناء قدرات المشاركين في عملية التخلص من مواد التبريد.
- وثمة طلب على تركيب آليات المراقبة والتقييم والمرافق اللازمة لضمان التخلص الآمن من مواد التبريد.

تعد الصيانة الدورية عاملاً أساسيًا لتقليل الانبعاثات المباشرة الناجمة عن معدات التبريد وتكييف الهواء. ويؤدي تدني خدمات الصيانة إلى ارتفاع معدلات تسرب مادة التبريد وانخفاض كفاءة المعدات. وتتمثل الصيانة النموذجية في قطاع التبريد وتكييف الهواء في توفير خدمة منتظمة (سنوية في الغالب) لاستبدال المرشح وإجراء الفحوصات الكهربائية والتنظيف المنتظم وفحص مستوى شحن غاز التبريد. وفيما يتعلق بأنظمة التكييف الأصغر، فلا تكون الصيانة النموذجية على أساس سنوي، ولكن حسب الحاجة، وعادة ما تنتج الحاجة إلى الصيانة عن خلل فني في النظام نفسه. وأثناء الصيانة، غالبًا ما يتم إطلاق شحنة مادة التبريد الكاملة في الغلاف الجوي، ومن ثم يحتاج النظام إلى إعادة الشحن بالكامل (باستثناء الأنظمة الكبرى التي قد تحتوي على مستقبل سائل).[111]

وتتمثل إحدى التحديات الرئيسية في بناء قدرات فنيي خدمات التبريد والعاملين الآخرين في السوق بهدف معالجة حالات التسرب وتحسين مهارات الصيانة مثل مركبي أجهزة التكييف وشركات الصيانة وفنيي الإصلاح.[112]

ويؤكد مالكو متاجر السوبر ماركت على عدم إجراء أي صيانة دورية أو مهنية لأنظمة التبريد التجارية؛ إذ يعتمد ذلك على خطط الصيانة والاستبدال الخاصة بشركة المبيعات. وتشكل أكثر إجراءات الصيانة شيوعًا تنظيف وحدات التكثيف، والتي تعتمد على المناخ (إذا كان متربًا أم لا) ويتم تنظيفها عادةً بشكل سنوي كجزء من خدمات ما بعد البيع الذي توفره الشركة المصنعة.[113]

ووفقًا للمقابلات التي أجريت في الدول الشريكة، تتراوح معدلات التسرب السنوية في أنظمة التكييف بالدول المختلفة بين 5% و10%. وتبلغ معدلات التسرب السنوية للمبرّدات (الأنظمة) حوالي 15% إلى 20% فضلًا عن 20% إلى 40% لأنظمة التبريد التجاري الكبرى (وتكون معدلات تسرب الأنظمة المستقلة منخفضة في معظم الحالات)[114] . وتوفر الدراسات المتاحة قيمًا بنفس الترتيب من حيث الحجم[115]. ويمكن تقدير الطلب على خدمات التبريد وتكييف الهواء على المستوى الوطني بحوالي 40% -60% من استهلاك القطاع الفرعي بأكمله (وهو تكييف الهواء والتبريد التجاري).[116]

وفي نهاية العمر الافتراضي التقني، عادة ما يتم تفكيك أنظمة التبريد وتكييف الهواء لإعادة استخدام بعض الأجزاء أو المكونات كقطع غيار لأنظمة أخرى. ولا يتم التخلص من مواد التبريد بشكل صحيح إذ تُطلق في الجو دون اتخاذ أي احتياطات. ويؤدي عدم وجود تشريع لإدارة نفايات مواد التبريد بعد انتهاء العمر الافتراضي إلى ارتفاع انبعاثات غاز التبريد في الغلاف الجوي في مرحلة تصريف النفايات والتي، حسب معدل التسرب السنوي، قد تفوق بسهولة كمية الشحن الأولية بعدة مرات.[117]

وتتمثل التحديات الرئيسية أمام تحسين إدارة نفايات مواد التبريد بعد انتهاء العمر الافتراضي في الافتقار إلى:

- توعية المشاركين في عملية تصريف نفايات مواد التبريد بتدابير السلامة.
- آليات المراقبة والتقييم.
- المرافق والموارد اللازمة التي تضمن التخلص الآمن من مواد التبريد.

---

[111] مقابلات الخبراء

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

[113] مقابلات الخبراء

[114] مقابلات الخبراء

[115] على سبيل المثال:

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"

فيما يتعلق بأنظمة تكييف الهواء، تراعي صحائف وقائع برنامج الأمم المتحدة للبيئة بنطاقها العالمي معدلات التسرب النموذجية 1%-6%؛ لأنظمة التبريد التجارية والمعدات المستقلة لتكون 5% -20%؛ لكي تكون وحدة التكثيف والأنظمة المركزية بنفس الترتيب من حيث الحجم.

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"

[116] الافتراض على أساس :

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"

[117] مقابلات الخبراء

وتشمل التحديات الرئيسية التي تحول دون التخلص الآمن عدم توفر:

- مساحة تخزين لمواد التبريد المستعملة.
- المعدات المناسبة لمعالجة مواد التبريد لدى الفنيين.
- قلة وعي الجمهور بالمسائل المتعلقة بمخاطر التخلص غير الآمن من المعدات القديمة (تسليط الضوء على أهمية إجراء الصيانة المناسبة)
- توعية القائمين على التركيب والفنيين.
- اللوائح الإلزامية للتخلص الآمن.[118]

8-3- العوامل المؤثرة في اتخاذ قرار الشراء

- تعتبر تكلفة الاستثمار الأولية عاملًا رئيسيًا في عملية اتخاذ قرار شراء نوع معين من أنظمة تكييف الهواء.
- غالبًا ما يعتمد أصحاب المنازل في المباني القائمة على مشورة العاملين بالتركيب أو غيرهم من الأشخاص الموثوقين لاتخاذ قرارات.
- في المنازل الجديدة، تؤثر آراء المهندسين المعماريين ومستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة على نوع أنظمة تكييف الهواء المثبتة.
- في المباني غير السكنية الكبيرة، تؤثر المعايير الدولية على نوع أنظمة تكييف الهواء المستخدمة.
- وفيما يتعلق بالتبريد التجاري، توفر العديد من العلامات التجارية نظام التبريد الخاص بها لتوزيع منتجاتها في متاجر السوبر ماركت (أنظمة مستقلة بشكل أساسي).

8-3-1- قطاع تكييف الهواء

يرى معظم الفاعلين في السوق الذين تمت مقابلتهم أن التكلفة، وخاصة تكلفة الاستثمار الأولية، هي المعيار الرئيسي الذي يؤثر على قرارات الشراء المتعلقة بتكييف الهواء وأنظمة التبريد التجاري. وتشمل العوامل الأخرى التي تؤثر على قرار الشراء الموثوقية وسهولة الصيانة، وفي حالة أنظمة التكييف على وجه التحديد، تلعب التوصيات الشخصية (من العاملين بالتركيب أو البائعين) دورًا مهمًا في اتخاذ قرار الشراء.[119]

ونظرًا لتعدد أنواع الجهات التي تتخذ قرارات شراء معينة حسب نوع المبنى، سيتناول الجزء التالي الخصائص ذات الصلة.

بالنسبة للمباني السكنية الحالية، فعادة ما يحدد الملاك نوع نظام تكييف الهواء الذي يجب شراؤه بناءً على مشورة العاملين بالتركيب أو غيرهم من الأشخاص الموثوقين. أما في المنازل الجديدة، تؤثر عدة عوامل على قرار الشراء وهي: آراء المهندسين المعماريين ومستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة بالإضافة إلى معايير البناء بالرغم من أن المالك هو من يتخذ القرار النهائي.[120]

وفي منازل الإيجار الحالية، يقرر أصحاب العقارات عادة تركيب مكيفات جديدة للشقق المفروشة. وبالرغم من أن مالكي الشقق يتحملون تكلفة الاستثمار، فإنهم لا يستفيدون بشكل مباشر من التركيب، ولذلك تمثل قدرتهم على تحصيل التكلفة من المستأجرين عاملًا رئيسيًا في اتخاذ قرار تركيب مكيفات جديدة. ويمكن أن يتأثر هذا القرار برؤى المخططين أو المهندسين المعماريين أو الاستشاريين في المجمعات السكنية الجديدة والكبيرة المخصصة للإيجار. وتلعب القدرة على الاستفادة من الاستثمار من خلال الاستئجار دورًا كبيرًا حسب حالة السوق.[121]

وفي المباني غير السكنية الحالية، تتخذ الشركة أو النشاط التجاري قرارات شراء أنظمة تكييف الهواء الجديدة بناءً على توصيات مستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة أو اتباع معايير الدولة الخاصة بالشركات الكبيرة. وفي المباني الجديدة، يقرر المهندسون المعماريون أو المخططون أو الاستشاريون نظام التكييف الذي سيتم تركيبه.[122]

ويمكن تحديد قرارات شراء أنظمة تكييف الهواء مسبقًا من خلال المعايير السارية (الدولية أحيانًا) للشركة الأم في متاجر السوبر ماركت الكبرى أو المطاعم أو الفنادق استنادًا إلى توصيات مستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة. بينما يعتمد قرار الشراء على صاحب المنشأة مباشرة في محلات السوبر ماركت الصغيرة أو المطاعم أو الفنادق أو المتاجر الصغيرة، وأحيانًا يكون القرار بناءً على نصيحة البائعين أو العاملين بالتركيب أو مستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة.[123]

[118] مقابلات الخبراء
[119] مقابلات الخبراء
[120] مقابلات الخبراء
[121] مقابلات الخبراء
[122] مقابلات الخبراء
[123] مقابلات الخبراء

8-3-2- قطاع التبريد التجاري

غالبًا ما توفر كبرى العلامات التجارية معداتها للمتاجر ومحلات السوبر ماركت وتتبع بشكل أساسي إرشاداتها ومعاييرها الخاصة وفقًا لحجم واحتياجات كل متجر. وتمثل هذه التركيبات والبدائل الجديدة في الأساس أنظمة مستقلة تعتمد على خطط وتفضيلات الموردين وشركات صناعات الأغذية والمشروبات التي توفر هذه الأنظمة المخصصة أساسًا لمنتجاتهم.

ويمكن تحديد قرارات شراء أنظمة تكييف الهواء مسبقًا من خلال المعايير السارية (الدولية أحيانًا) للشركة الأم في متاجر السوبر ماركت الكبرى أو المطاعم أو الفنادق استنادًا إلى توصيات مستشاري الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة. بينما يعتمد قرار الشراء على صاحب المنشأة مباشرة في محلات السوبر ماركت الصغيرة أو المطاعم أو الفنادق أو المتاجر الصغيرة، وأحيانًا يكون القرار بناءً على نصيحة البائعين أو العاملين بالتركيب أو المستشارين الذين يقدمون المشورة حسب عوامل معينة مثل التكلفة والحجم والموثوقية واسم العلامة التجارية وسلاسة خدمات الصيانة.[124]

[124] مقابلات الخبراء

9- المراجع

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

Al-Hinti, I., and H. Al-Sallami. “Potentials and Barriers of Energy Saving in Jordan’s Residential Sector through Thermal Insulation.” 2017. http://jjmie.hu.edu.jo/vol-11-3/JJMIE-112-16-01.pdf.

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/.

California Air Resources Board. “Potential Impact of the Kigali Amendment on California HFC Emissions: Estimates and Methodology used to Model Potential Greenhouse Gas Emissions Reductions in California from the Global Hydrofluorocarbon (HFC) Phase-down Agreement of October 15, 2016, in Kigali, Rwanda (“Kigali Amendment”).” California, December 15, 2017.

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.

CIA World Factbook. “Jordan Economy Profile 2018.” https://www.indexmundi.com/jordan/economy_profile.html.

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.

Department of Statistics Jordan. “Main results of the general census of population and housing 2015.” 2016. http://dosweb.dos.gov.jo/products/census_mainresults2015/.

Egypt Environment Agency Affairs. “National Ozone Unit Activities.” 2020. https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/air/ozone/nationalactivities.aspx.

European Bank for Reconstruction and Development. “Abdali District Heating and Cooling.” https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/abdali-district-heating-and-cooling.html.

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).

Expert interviews with the food industry, 2021.

Field visits of the project team between September 2021 and January 2022, 2021.

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.

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. “Key statistics for Jordan 1990-2016.” https://www.iea.org/countries/Jordan.

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

International Energy Agency. “Key stats for Jordan 1990-2016.” https://www.iea.org/countries/Jordan/.

International Monetary Fund. "World Economic Outlook Database." https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending.
Interview with Petra Engineering Industrial Co.
Jordan Customs. "Trade data for the RAC market." https://www.customs.gov.jo/en/index.aspx.
Jordan Green Building Council. "Developing an Energy Benchmark for Residential Appartements in Amman." 2019. http://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/15926.pdf.
Jordan Strategy Forum. "The Construction & Housing Sector in Jordan: The Challenge of Demand & Supply Alignment & Financing Mechanisms." 2019. http://jsf.org/sites/default/files/The%20Construction%20%26%20Housing%20Sector%20in%20Jordan-%20The%20Challenge%20of%20Demand%20%26%20Supply%20Alignment%20%26%20Financing%20Mechanisms%20%282%29.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.
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.
Ministry of Energy and Mineral Resources. "Energy 2015 - Facts and Figures." 2016.
Ministry of Energy and Mineral Resources. "Energy 2020 - Facts & Figures."
Ministry of Energy and Mineral Resources MEMR. "Energy Brochure 2019." https://www.memr.gov.jo/En/List/Enargy_Brochure.
National Electric Power Company. "Annual Report 2019." https://www.nepco.com.jo/store/DOCS/web/2019_en.pdf.
National Energy Research Center. "Personal communication with Eng. M. Tawalbeh."
National Ozone Unit Jordan, 2021.
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.
Observatory of Economic Complexity. "Trade Data." https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/export/jor/all/168415/2019/.
Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency. "Field survey results for AC market in Egypt." 2019.
Sahawneh, Dr. Julia. "Energy Policy Country Report Jordan." Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR), 2015. https://eneken.ieej.or.jp/data/6206.pdf.
The Building Services Research & Information Association. "Split Systems 2018: Egypt." Report 61099/2, BSRIA, Bracknell, December 2018.
The World Bank. "Energy imports, net (% of energy use)." https://data.worldbank.org/indicator/EG.IMP.CONS.ZS?location%20s=JO.
The World Bank. "World Economic Outlook." https://data.worldbank.org/indicator.
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.
United States Environmental Protection Agency. "Stationary Refrigeration Leak Repair Requirements."

Waide, Paul, Sietze van der Sluis, and Thomas Michineau. "CLASP Commercial refrigeration equipment: mapping and benchmarking." Waide Strategic Efficiency Ltd; CLASP, January 2014.