

# دليل كفاءة الطاقة

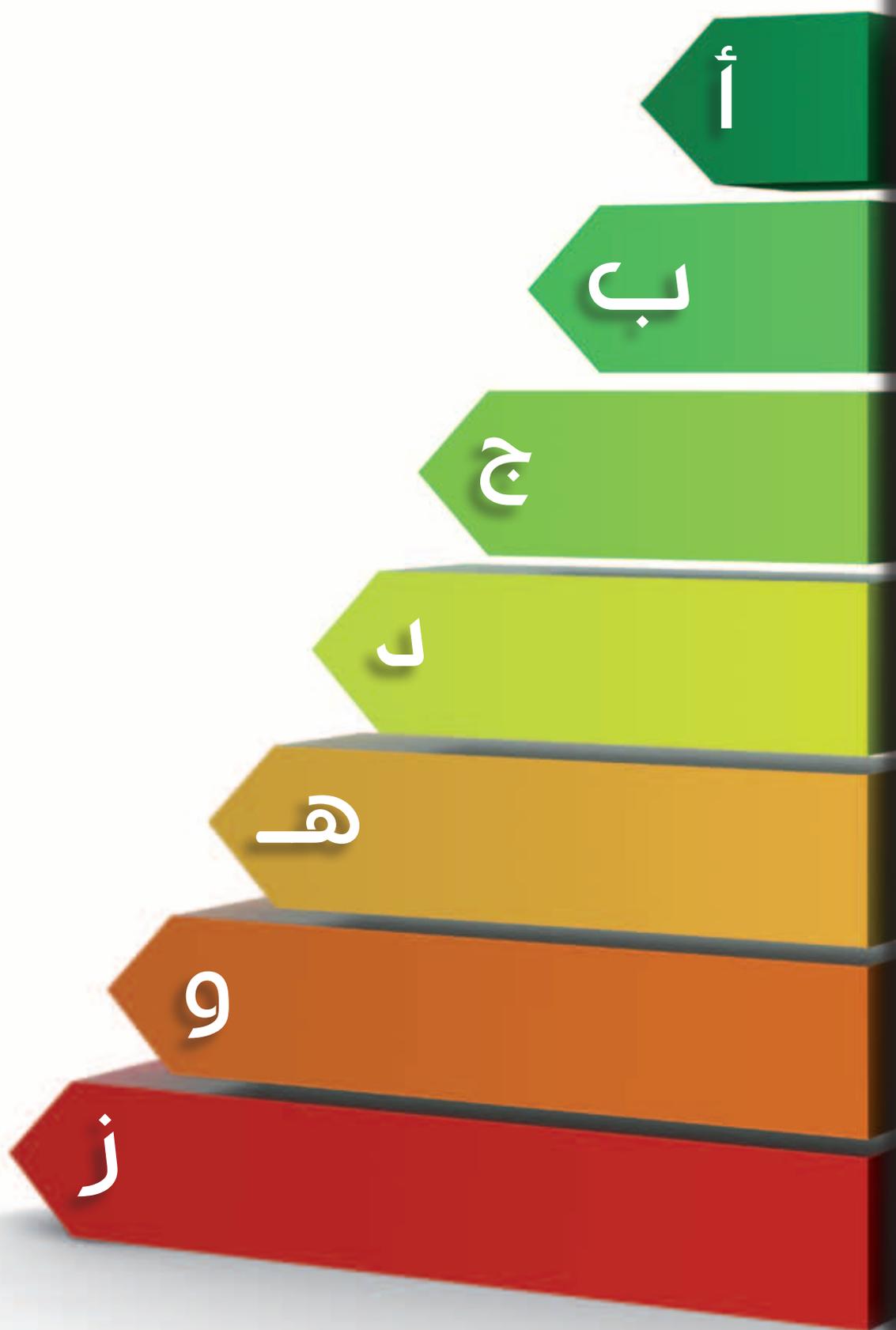


## مبادئ التدبير البيئي لمباني المكاتب في البلدان العربية

المنتدى العربي للبيئة والتنمية  
ARAB FORUM FOR  
ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT



أحد منتجات مبادرة الاقتصاد العربي الأخضر من المنتدى العربي للبيئة والتنمية



# دليل كفاءة الطاقة

مبادئ التدير البيئي لمباني المكاتب  
في البلدان العربية

المنتدى العربي للبيئة والتنمية  
ARAB FORUM FOR  
ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT



المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد) منظمة لا تتوخى الربح، تجمع مجتمع الأعمال مع الخبراء وهيئات المجتمع الأهلي ومؤسسات الاعلام لتشجيع سياسات وبرامج بيئية متطورة عبر العالم العربي.

من الأهداف الرئيسية للمنتدى نشر الوعي البيئي عن طريق دعم دور التربية والمعلومات البيئية ومنظمات المجتمع المدني العاملة في مجال حماية البيئة.

المنتج الرئيسي للمنتدى هو تقرير متخصص دوري عن حالة البيئة العربية، يتابع التطورات ويقترح تدابير وسياسات لمعالجة المشاكل البيئية. ومن مبادرات المنتدى برنامج إقليمي للمسؤولية البيئية لقطاع الأعمال، وبناء قدرات هيئات المجتمع الأهلي العربي، والتوعية والتربية البيئية.

## دليل كفاءة الطاقة

الهدف من هذا الدليل استعماله كمرشد الى أفضل ممارسات الاقتصاد بالطاقة في مباني المكاتب في أنحاء المنطقة العربية.

أعدّه «أفد» وعدله ليطماشى مع متطلبات المنطقة العربية، وبُني أساساً على دليل Climate Corps بإذن من Environmental Defense Fund (EDF)

© 2012 المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد)

صندوق البريد: 5474-113، بيروت، لبنان

هاتف: +961 1 334100

فاكس: +961 1 321900

info@afedonline.org

www.afedonline.org

ينشر هذا الدليل بالتعاون مع المنشورات التقنية ومجلة «البيئة والتنمية». جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة استعمال أي جزء من هذا الدليل بأي وسيلة مطبوعة أو إلكترونية أو مسموعة إلا بعد الحصول على موافقة خطية من المنتدى العربي للبيئة والتنمية.

تم إنتاج هذه الطبعة بالتعاون مع: Philips، MED-ENEC، و Musanada

المحرر والمراجع الرئيسي: بشار زيتون، مدير البرامج، «أفد»

المراجعون الرئيسيون:

حسان حراجلي، مدير مشاريع، CEDRO (UNDP)، بيروت؛ بوغوص غوكاسيان، مدير التدريب والأبحاث، مجلة «البيئة والتنمية»؛ ميك دالتون، عضو مجلس إدارة مساندة، إدارة Musanada Facilities، عضو في مجموعة التركي، الخبر، المملكة العربية السعودية؛ فلورنتين فيسر، خبيرة رئيسية MED-ENEC

راجعت فصل الإضاءة فيليبس الشرق الأوسط وأفريقيا

مدير الإنتاج: شربل محفوظ

التنفيذ: جمال عواضة

الترجمة الى العربية: هاني تابري - مراجعة: عماد فرحات

الصور: لوسيان دي غروت لمجلة «البيئة والتنمية» © 2011

Carbon Trust. نسخت بإذن من Carbon Trust مع الاحتفاظ بجميع الحقوق ©

ISBN: 978-9953-437-45-3

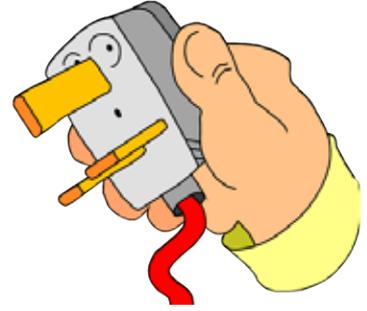
# المحتويات

4	تمهيد
8	الفصل 1 مقدمة
11	الفصل 2 كيف تستخدم هذا الدليل
12	الفصل 3 خطوات لتحديد تدابير الكفاءة الممكنة وفق الأولويات
15	الفصل 4 عوائق كفاءة الطاقة
17	الفصل 5 تحليل فواتير الكهرباء ووضع أساس لقياس استخدام الطاقة
20	الفصل 6 الإنارة
37	الفصل 7 تجهيزات المكاتب (كوميوترات شخصية، شاشات عرض، آلات نسخ، ماكينات بيع)
45	الفصل 8 التدفئة والتهوية والتبريد
55	الفصل 9 تسخين الماء
62	الفصل 10 أنظمة إدارة الطاقة
73	الفصل 11 مراكز البيانات ومعدات تكنولوجيا المعلومات
85	الفصل 12 سيارات الشركات
93	الفصل 13 تمويل كفاءة الطاقة
95	الفصل 14 الاعتبارات غير المالية
99	الملحق أ: معلومات أساسية عن الإنارة
102	الملحق ب: استهلاك المعدات المتنوعة للطاقة
103	الملحق ج: معلومات أساسية عن أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد
106	الملحق د: تدابير غلافات المباني
110	الملحق هـ: معلومات أساسية عن تسخين الماء
113	الملحق و: دراسات حالات
126	المراجع

## تمهيد

لا تتمتع الاقتصادات العربية بكفاءة جيدة في استخدام الطاقة. وهذا ما تؤكده البيانات الحديثة حول انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية للفرد ولكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي في بعض البلدان العربية. يُشار إلى أن الطلب على الطاقة أخذ في الازدياد في جميع الدول العربية نتيجة للنمو الاقتصادي والزيادات السكانية، ومدفوعاً كذلك بتنامي التصنيع والتوسع في المدن وتغيير أنماط الحياة. كانت انعكاسات ذلك في البلدان العربية المستوردة للنفط أن ارتفاع أسعار النفط قد أثر سلباً على ميزان المدفوعات. أما في البلدان المنتجة للنفط فقد سببت سرعة ارتفاع الطلب على الكهرباء حالات انقطاع للتيار الكهربائي في السنوات الأخيرة.

ونتيجةً لذلك، أخذت الحكومات بتخصيص عشرات بلايين الدولارات للسنوات العشر القادمة لإنشاء معامل طاقة إضافية وتطوير الشبكات الحالية. علاوةً على ذلك، بدأت دول عربية عدة الاهتمام بالطاقة النووية كمصدر جديد يُضاف إلى المصدرين الأساسيين لتوليد الكهرباء، أي النفط والغاز الطبيعي. غير أن هذه الاستثمارات الضخمة لا تعطي مردوداً اقتصادياً كبيراً لانخفاض كفاءة الاستخدام النهائي وارتفاع الدعم. فلا يمكن الاستمرار اقتصادياً في دعم استهلاك الكهرباء لملايين المستخدمين النهائيين في المؤسسات والمنزل. لذا يواجه واضعو خطط الطاقة تحديات كبيرة.



ينبغي ألا تتوجّه سياسة الطاقة في البلدان العربية فقط نحو التوسع في إمدادات الطاقة للوفاء بالطلب المتزايد على الكهرباء. بل إن إدارة جانب الإمدادات يجب أن تقترن بإدارة جانب الطلب. وهذا ما يُوجب على المسؤولين عن سياسات الطاقة أن يضعوا كفاءة الطاقة نصب أعينهم كهدف استراتيجي تتوجّه الجهود لتحقيقه. والواقع أن إدارة الطلب على الطاقة عن طريق الكفاءة يجب أن تصبح أولوية الآن قبل أن يتم تخصيص استثمارات ضخمة لمرافق معامل طاقة جديدة. فالإفادة من كفاءة الطاقة ستخفّض فعلياً الطلب على الطاقة وبالتالي تلغي الحاجة الملحة لبناء بعض معامل التوليد الجديدة. وقد أشارت الدراسات إلى أن فرص كفاءة الطاقة القابلة للتطوير يمكن أن تخفّض استهلاك الطاقة بمقدار 30 في المئة.

لا يكثر المستخدمون النهائيون في العديد من البلدان العربية لمقدار استهلاك الطاقة، نظراً للدعم الحكومي للأسعار. والواقع أن فاتورة الكهرباء الشهرية بالنسبة لمعظم الهيئات لا توازي الجزء الأضيقاً من مجمل تكاليف التشغيل. ولا يقف الأمر عند هذا الحد؛ فإن لم يكن آلاف المستخدمين النهائيين مثقلين بتكاليف الكهرباء، فإن الاقتصاد الوطني هو الذي يبرز تحت عبء كلفة الدعم الكبير، عدا الكلفة الباهظة لبناء معامل طاقة جديدة. ولا شك بأن الدعم يقود إلى الإفراط في الاستهلاك وإرهاق المالية العامة وسوء توزيع الموارد والحد من قدرة الهيئات الناضمة على تخفيض زيادة الطلب. وتشمل التأثيرات غير المباشرة انخفاض الإنتاجية الاقتصادية وتفاقم تلوث الهواء وارتفاع معدلات انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. تخلق هذه الديناميكيات حلقة مستمرة، فالدعم المرتفع يشجّع على الإفراط في الاستهلاك، وهذا بدوره يدفع الطلب صعوداً مما يؤدي إلى بناء المزيد من معامل الطاقة، ويقود في نهاية المطاف إلى زيادة الدعم.

من العوائق التي تعترض سبيل تحسين كفاءة الطاقة انعدام الوعي بالأساليب العملية والمجدية اقتصادياً لتخفيض الاستهلاك. يهدف هذا الدليل إلى سدّ النقص الكبير في مجال إستراتيجيات كفاءة الطاقة في مباني المكاتب في البلدان العربية. وقد أعدّ ليُسَهّل على المؤسسات معرفة فرص كفاءة الطاقة المجدية اقتصادياً في الأبنية التجارية وتحديد أولويتها.

تتطلب أنظمة إمداد الطاقة وشبكات الاستخدام النهائي، مثل الأبنية، استثمارات رأسمالية كبيرة وتمتاز بطول الفترات اللازمة لاستبدالها: 30 - 40 عاما لشبكات الطاقة و 100 عام للأبنية. ونظراً لأن الاستثمارات قد وُظفت في هذه المرافق، فإن الوسيلة العملية الوحيدة لتخفيض استهلاك الطاقة تكمن في إجراء تحسينات منهجية أثناء الصيانة واختيار معدات موفّرة. فإذا ما جُمعت التخفيضات الصغيرة في استهلاك طاقة الإنارة في الأبنية فإنها تساوي توفيرات كبيرة. وإذا ما استُهدفت استخدامات الطاقة الأخرى في الأبنية - مثل أجهزة التدفئة وتهوية التهوية والتبريد، والمعدّات ومراكز البيانات، وشمل ذلك آلاف الأبنية التجارية فإن التخفيضات الدقيقة الإفرادية سوف تتجمع لتبلغ وفورات كبيرة في الطاقة بالكيلوواط - ساعة وبخفيضات هائلة في التكاليف. وما من شك في أن المستهلك سيستفيد وكذلك الاقتصاد برمته والبيئة.

ويأمل المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد) أن يساهم دليل كفاءة الطاقة في زيادة المعرفة لدى جميع الأطراف المعنية، ويحفّز العمل من أجل اعتماد إستراتيجيات مجدية اقتصادياً لكفاءة الطاقة.

لقد تم إنتاج نسخة تجريبية من هذا الدليل في تشرين الثاني (نوفمبر) 2011، بالتعاون مع شركة فيليبس للشرق الأوسط وأفريقيا، وهي عضو في المنتدى العربي للبيئة والتنمية. هذا كان في إطار مبادرة الاقتصاد الأخضر التي أطلقها "أفد" مع تقريره "الاقتصاد الأخضر في عالم عربي متغير"، بهدف تحويل الأفكار إلى تطبيق عملي. استخدم أعضاء "أفد" وغيرهم النسخة التجريبية، ووضعوا ملاحظات عليها، كانت الأساس في تطوير هذه الطبعة النهائية، التي تتضمن تعديلات وإضافات. وهي متوافرة بالعربية والانكليزية، في نسخة مطبوعة كما على الانترنت.

وقد تحقق هذا الانجاز بالتعاون مع ثلاثة شركاء ساهموا في تطوير المحتوى وإنتاج الدليل: شركة فيليبس للإلكترونيات وشركة مساندة / مجموعة خالد التركي وأولاده السعودية، والاثنتان عضوان في "أفد". كما يساهم في الدليل برنامج الطاقة المتوسطة MED-ENEC الممول عن الاتحاد الأوروبي، والذي يشجع استخدام كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في بلدان المتوسط.

تشرين الثاني (نوفمبر) 2012

### نجيب صعب

الأمين العام

المنتدى العربي للبيئة والتنمية

## تعطي برامج كفاءة استخدام الطاقة الفوائد التالية:

### الفوائد الاقتصادية:

1. تخفيض فواتير الطاقة بالنسبة لمستهلكي الاستخدام النهائي على مدى فترة عمر إشغال البناء.
2. تخفيض حجم الدعم الحكومي للطاقة وتحسين أوضاع ميزان المدفوعات في البلدان المختلفة.
3. تخفيض مستويات ذروة الطلب على الكهرباء ممّا يخفّف الضغط على شبكة الكهرباء ويقلل الحاجة إلى بناء معامل طاقة جديدة باهظة الكلفة. وهذا يعطي وفراً في التكاليف ببلاتين الدولارات.
4. وفر في تكاليف الطاقة لجميع المستهلكين وللحكومة، عن طريق انخفاض استهلاك الطاقة الذي يولد ضغوطاً باتجاه هبوط أسعار الطاقة الإجمالية.
5. تحسين اعتمادية واستقرار شبكة الكهرباء والأنظمة الفرعية الأخرى في منظومة البنى التحتية للطاقة على المدى الطويل.
6. تحسين إنتاجية الموارد والقدرة على المنافسة الاقتصادية.
7. خلق نشاطات اقتصادية ذات قيمة مضافة ووظائف جديدة نتيجةً للاستثمارات في كفاءة الطاقة.

### الفوائد البيئية:

8. تحسين مستويات الكفاءة أمر لا بد منه لتجنّب كثرة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ولتحقيق أهداف تغيير المناخ الوطنية بأقل قدر ممكن من التكاليف الإجمالية.
9. تخفيض استهلاك المياه في معامل الطاقة.
10. تساهم كفاءة الطاقة في تخفيض الانبعاثات وتكوين ملوثات الهواء السامة - أكاسيد النتروجين، وأكاسيد الكبريت، وطبقة الأوزون الأرضية (الضباب الدخاني)، والجزيئات الصلبة، والمركبات العضوية المتطايرة، وسواها.

## المختصرات

ACEEE	American Council for an Energy Efficient Economy
AFED	Arab Forum for Environment and Development
AC	Alternating current
AREE	Aqaba Residence Energy Efficiency
ARI	Air-Conditioning & Refrigeration Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BAS	Building automation system
BIEC	Best-in-efficiency class
BMS	Building management system
CADE	Corporate average data efficiency
CFL	Compact florescent lamp
CFO	Chief financial officer
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
CLASP	Collaborative Labeling and Appliance Standards Program
COP	Coefficient of performance
CPU	Central processing unit
DC	Direct current
DCIE	Data center infrastructure efficiency
EDF	Environmental Defense Fund
EER	Energy efficiency ratio
EF	Energy factor
EI	Energy intensity
EIS	Energy information system
E&M	Electro-mechanical
EMS	Energy management system
EPO	Environmental performance officer
GDP	Gross domestic product
GHG	Greenhouse gas
GPM	Gallons per minute
HID	High intensity discharge
HP	Hewlett Packard
HSPF	Heating season performance factor
HVAC	Heating, ventilation, and air-conditioning
IPLV	Integrated part-load value
IRR	Internal rate of return
IT	Information technology
kWh	Kilowatt-hours
LCD	Liquid crystal display
LCEC	Lebanese Center for Energy Conservation
LED	Light-emitting diode
O&M	Operations & maintenance
MENA	Middle East and North Africa
NPV	Net present value
PC	Personal computer
ppm	Pages per minute
PUE	Power utilization effectiveness
PV	Photovoltaic
RoI	Return on investment
SEER	Seasonal energy efficiency ratio
SWH	Solar water heater
TAB	Testing, adjusting, and balancing
TOE	Ton of oil equivalent
UPS	Uninterruptible power supply
US\$	United States Dollar
USEPA	United States Environmental Protection Agency
VAV	Variable air volume
VSD	Variable-speed drive

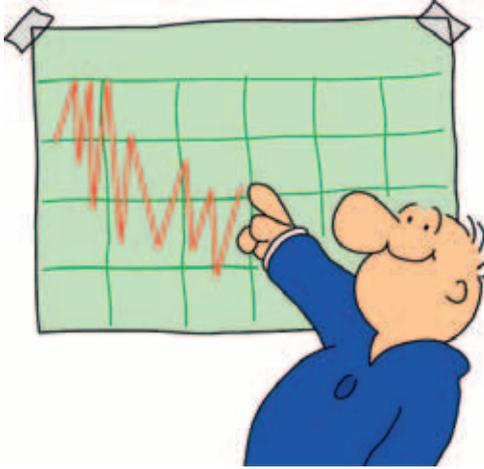
## الفصل 1 مقدمة

### أهداف دليل كفاءة الطاقة

يساعد دليل كفاءة الطاقة شاغلي المباني التجارية في البلدان العربية على جني المكاسب المالية والبيئية غير المتحققة بعد. ويعرض الدليل منهجيات لتعيين الاستثمارات المجدية اقتصادياً وتحديد أولوياتها بشكل منتظم مما يؤدي إلى وفورات في الطاقة بالنسبة لأصحاب المباني وللمستأجرين.

### شؤون كفاءة الطاقة

أخذت الشركات والدوائر الحكومية في البلدان العربية مؤخراً، بشكل متزايد، تعتبر تحسين كفاءة الطاقة تكتيكاً حيوياً من أجل تخفيض التكاليف والحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. والجدير بالذكر أن تكاليف التدفئة والتبريد في الأبنية المصممة والمنشأة بشكل غير فعال تضع عبئاً مالياً متصاعداً على الشاغلين، خصوصاً في بلدان مثل الأردن والمغرب حيث يتم بالتدريج التوقف عن دعم الوقود والكهرباء. وحتى في الدول العربية المرتفعة الدخل التي تمنح المستخدمين النهائيين دعماً كبيراً للطاقة، فإن الإمدادات لا تكفي للوفاء بالطلب المرتفع جداً على الكهرباء. توفر كفاءة الاستخدام النهائي للطاقة في الأبنية إستراتيجية فعالة من حيث الكلفة لتخفيض استهلاك الكهرباء بالمقارنة مع زيادة قدرة الإمداد، مثلاً. والحقيقة أن تحسينات كفاءة الاستخدام النهائي للطاقة هي أضمن وأنظف وأرخص خيار للوفاء بالطلب المتزايد.



يبلغ معدل استهلاك المباني في الدول العربية، نسبة 35% من مجمل الاستهلاك النهائي للطاقة، وهي تنتج ما بين 35 و45% من جميع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتحدث معظم هذه التأثيرات خلال أوقات الإشغال والاستخدام. يوضح الشكل 1-1 حصة قطاع المباني من الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان عربية مختارة. علاوة على ذلك فإن قطاع المباني هو من أسرع القطاعات نمواً في المنطقة العربية. ومن المتوقع أن يصل مجموع الإنفاق على البناء، خلال العقد القادم، في منطقة الشرق

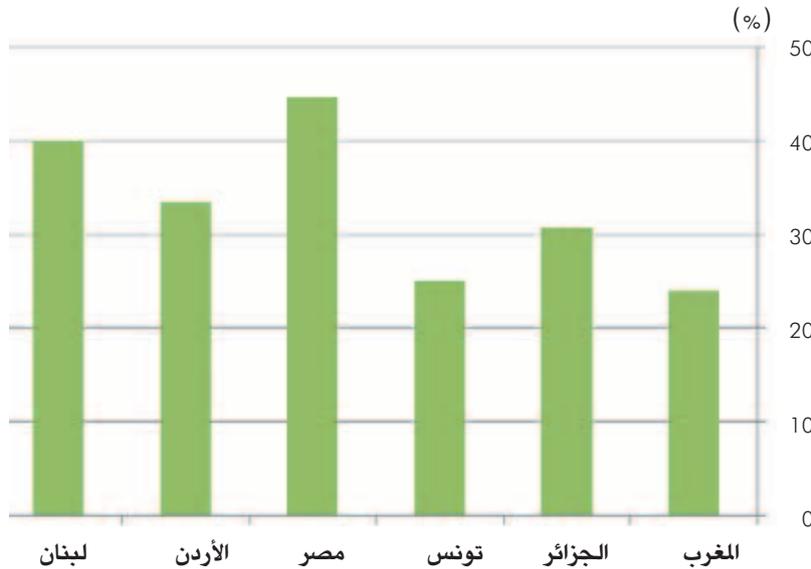
الأوسط وشمال أفريقيا، إلى 4,3 تريليون دولار، وسيكون معظم هذه الإنشاءات الجديدة أبنية سكنية وتجارية وأبنية عامة للمستشفيات والمدارس. لذا فإن التحدي العام سيكون استخدام القطاع للموارد بشكل جيد وضبط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ولا شك بأن هذه التوقعات تبرهن على أن حسن إدارة استهلاك الطاقة في المباني أمر بالغ الأهمية.

لقد أظهرت الدراسات العالمية أنه يمكن تخفيض استهلاك الطاقة في معظم المباني التجارية حتى 30% أو أكثر، وذلك عن طريق الاستثمار في تحسين الكفاءة. وعلى الرغم من الفرص، فإن عدداً قليلاً من

الشركات في البلدان العربية قد استثمرت بالكامل في تحسينات كفاءة الطاقة الفعّالة من حيث الكلفة. وثمة عدد من العوائق التي تمنع هذه الشركات من تحديد استثمارات الكفاءة الذاتية. ومن أهم العوائق التي تُذكر عدم معرفة الشركات والمستخدمين النهائيين بالفرص الموجودة وكيفية الاستفادة منها.

يقدم هذا الدليل خريطة طريق يمكن أن يستخدمها مدراء المكاتب والمرافق في البلدان العربية لتعيين فرص استثمارات الطاقة وتقييمها وتحديد أولوياتها للتوصّل إلى الحدّ من استهلاك المؤسسات للطاقة وبالتالي تخفيض بصمتها الكربونية. يركّز الدليل، بالدرجة الأولى، على أكثر العمليات استهلاكاً للكهرباء في مباني المكاتب، وتشمل التدفئة وتهوية التهوية والتبريد، والإنارة، وتسخين الماء، وتجهيزات المكاتب مثل الكومبيوترات وآلات النسخ والطابعات. يتخذ الدليل توجّهاً عاماً نحو تحسين كفاءة الطاقة في مباني المكاتب، ولذا فقد يُضطر مستخدموه لتعديل بعض محتوياته لتلائم الظروف الخاصة في أماكنهم. وبالإضافة إلى معالجة الكفاءة في استخدام الطاقة الكهربائية، فإن الدليل يحوى أيضاً فصلاً حول تخفيض استهلاك الوقود في السيارات التي تملكها أو تستأجرها الشركات. مباني المكاتب هي المباني المستخدمة لمساحة المكاتب العامة والمكاتب المهنية أو المكاتب الإدارية. وتشمل هذه الفئة: المكاتب الإدارية أو المهنية، والمقرات الرئيسية للشركات، والمكاتب المتعددة الاستخدامات، والمصارف أو غيرها من المؤسسات المالية، والمكاتب الطبية من دون أدوات التشخيص، ومكاتب المبيعات، ومكاتب المقاولين، والخدمات التي لا تستهدف الربح أو الخدمات الاجتماعية، والبحث والتطوير، ودور البلديات.

### الشكل 1-1: حصة قطاع البناء من الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان عربية مختارة



المصدر: MED-ENEC, 2006

ومباني المكاتب هي فئة من فئات أخرى تشكّل المباني التجارية. وإذا كان موضع اهتمام هذا الدليل هو مباني المكاتب، فإن العديد من استثمارات كفاءة الطاقة الواردة فيه تنطبق، بالقدر نفسه، على أنواع أخرى من المباني التجارية أو مباني المؤسسات مثل مباني البيع بالتجزئة، ومراكز التسوق،

والمستشفيات، والفنادق، والمدارس، والجامعات. ونكرّر القول: يُستحسن أن يكيّف مدراء المكاتب والمرافق محتويات الدليل مع الاحتياجات والوظائف الخاصة بفقّة المبنى المعنيّ.

تجدر الإشارة إلى أنّ العمل المعروض في هذه الوثيقة يعتمد بالدرجة الأولى على الدليل عن "فرص الاستثمار في كفاءة الطاقة في مباني المكاتب"، الصادر عن صندوق الدفاع البيئيّ (EDF)، وذلك بالاتفاق مع الصندوق. وقد تم تطويره والاضافة اليه ليتناسب مع متطلبات المنطقة العربية.



## الفصل 2 كيف تستخدم هذا الدليل

هذا الدليل هو كتيب مرجعي لتعيين استثمارات كفاءة الطاقة وتحديد أولوياتها في مباني المكاتب التجارية. في الدليل مجموعة فصول يركّز كل منها على ناحية نموذجية من نواحي استهلاك الطاقة في المباني، مثل الإنارة، والتدفئة وتهوية التهوية والتبريد، وتجهيزات المكاتب، وتسخين المياه، وما يتصل بها من فرص توفير الطاقة. يعطي كل فصل نظرة عامة على الخطوات التي يمكن اتخاذها لتخفيض استهلاك الكهرباء، ابتداءً من تغيير السياسات وصولاً إلى تعديلات الاستخدام الفعّال واستبدال الأجهزة. وتعرض فصول إضافية بالتفصيل إمكانيات توفير الطاقة بتركيب أو تحسين نظام إدارة الطاقة وفرص الكفاءة الموجودة في مرافق مراكز البيانات. كما تُعالج مسألة تخفيض كميات الوقود التي تستهلكها السيارات.

وتستعرض الفصول كذلك مفاهيم إضافية مفيدة لمدراء المكاتب والمرافق: العوائق التقليدية أمام استثمارات كفاءة الطاقة، وكيفية تحليل فواتير الطاقة للمكتب، والتمويل الأساسي لمشاريع كفاءة الطاقة، واعتبارات أخرى غير مالية. وتتضمّن الملاحق معلومات مرجعية إضافية.

يشمل كل فصل مجموعة أهداف، ونظرة عامة موضوعية و"دليل جمع المعلومات" الذي يعرض باختصار المعلومات التي يحتاج مدراء المكاتب أو المرافق إلى تجميعها داخلياً أو من مصادر خارجية. وتضمّ الفصول تقديرات تقريبية للتكاليف، وتوفيرات الطاقة النموذجية، وعوائد الاستثمار المتوقعة بالنسبة لعدد من تحسينات الكفاءة المقترحة. وبما أن هذه التقديرات تتفاوت من بلد لآخر، يُنصح مستخدمو الدليل باستشارة المقاولين والبائعين للتأكد من دقة تقديرات التكاليف. وثمة لائحة بالمراجع للقارئ الذي يريد التعمّق في تطبيق معين أو تقنية ما.

من المقاربات المفيدة الأخرى عندما تُعرض على الشركات بيانات جدوى للاستثمار في كفاءة الطاقة إيراد دراسات حالات وثيقة الصلة من منظمات حققت نجاحات في الاستثمار. وبالإضافة إلى دراسات الحالات الموجزة في عدد من الفصول المتفرقة، ورد في الملاحق المزيد من دراسات الحالات المفصلة.

وعلى الرغم أن التحسين الكبير في كفاءة الطاقة في الأبنية قد يبدو أمراً شاقاً في البداية، فمن الأساليب الجيدة البدء بمشاريع بسيطة متدنية الكلفة نسبياً. ولذا فإن هذا الدليل يركّز على خيارات التقنية الفعّالة البسيطة والأقل كلفة. ونعرض الترتيبات التكتيكية لتخفيض الطاقة في كل فصل بالتدرّج بدءاً من الأبسط والأقل كلفة (مثل التعديلات في السياسات والإجراءات) وصولاً إلى الأكثر تعقيداً والأكثر كلفة (مثل استبدال المعدات).



## الفصل 3 خطوات لتحديد تدابير الكفاءة الممكنة وفق الأولويات

### مقدمة



قد تكون فرص إدخال كفاءة طاقة أكبر في المباني التجارية ممكنة في عدد من مراحل دورة حياة المبنى، ومنها:

- تصميم وهندسة المبنى الجديد.
- التملك والإيجار.
- مشاريع التجديد والتحسين.
- تقييم الأصول.
- العمليات وإدارة المرافق.

يركّز هذا الدليل، بالدرجة الأولى، على المرحلة النهائية، أي العمليات وإدارة المرافق، ويقترح التدابير المناسبة لإدخال التعديلات التحسينية على تقنيات البناء الموجودة أو استبدالها. وقد يجد كذلك أصحاب المصلحة المعنيون بالمرحلة الأسبق من دورة حياة المبنى بعض المعلومات العملية المفيدة لهم في هذا الدليل. وفي ما يلي الخطوات الأساسية لاكتشاف فرص كفاءة الطاقة وتحديد أولوياتها.

### 1. تقدير كثافة استخدام الطاقة الأساسية

يمكن إجراء حساب كثافة الطاقة الأساسية بقسمة الكهرباء أو كمية الوقود المشتراة سنويًا على المساحة الإجمالية لحيز المكاتب. ولإجراء هذا التحليل، ينبغي الحصول على مستندات الطاقة المشتراة (مثل فواتير الكهرباء والمازوت والغاز الطبيعي الشهرية) من السنة المالية الفائتة. ومن المستحسن تسجيل أرقام العدادات بشكل دوري شهريًا للمطابقة بينها وبين فواتير الكهرباء. يمكن مقارنة التقديرات الأساسية لكثافة الطاقة بأرقام كثافة استخدام الطاقة المرجعية للحصول على تقديرات تقريبية للمكاسب المحتملة التي يمكن تحقيقها من طريق تدابير كفاءة الطاقة. يمكن مراجعة الفصل 5 المعنون "تحليل فواتير الكهرباء ووضع أساس لقياس استخدام الطاقة" للاطلاع على مزيد من المعلومات حول تقدير كثافة استخدام الطاقة الأساسي وإجراء المقارنة المعيارية.

إذا تعذر الحصول على أسس للقياس، يُنصح بتحديد هدف لتخفيض كثافة الطاقة في صيغة نسبة مئوية من كثافة الطاقة الأساسية، خلال فترة من الزمن. فمثلاً، يمكن أن يضع مدير المرافق هدفاً بالوصول إلى تخفيض لكثافة الطاقة الأساسية الحالية بنسبة 20% في خلال فترة ثلاث سنوات.

### 2. إجراء تدقيق للطاقة

إذا أظهرت الحسابات الأولية للمقارنة المعيارية لكثافة الطاقة أن مساحة معينة للمكاتب ليست ذات كفاءة قصوى فإن الخطوة التالية هي إجراء تدقيق مهني للطاقة. والغاية من تدقيق (أو فحص) الطاقة

## الفصل 3 - خطوات لتحديد تدابير الكفاءة الممكنة وفق الأولويات

هو تقييم بناء موجود لمعرفة كيفية استخدام الطاقة فيه. يتمّ الاطلاع أولاً على سجلّ المنافع العامة ويُراجَع لتقييم تكاليف الطاقة واستخدامها في المرفق. يجري تدقيق وفحص مختلف أنظمة الطاقة في المبنى لمعرفة ما إذا كانت تعمل بفعالية. تشمل المعايير عادةً أنظمة الإنارة وكل جوانب معدّات وأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، بما في ذلك وحدات الأجهزة المركزية وأنظمة توزيع الهواء والمياه. ويُفحص غلاف المبنى بما في ذلك الأبواب والنوافذ والسطوح، كما يُدقّق في إنشاء/ عزل الجدران.

يمكن الاستفادة من نتائج تدقيق الطاقة في تحديد فرص تخفيض استهلاك الطاقة وقياس مقاديرها إلى جانب راحة شاغلي المكاتب. تتراوح تدابير الكفاءة من التحسينات المنخفضة الكلفة أو العديمة الكلفة في ضبط واستخدام الأنظمة، إلى استبدال النظام بالكامل. وكثيراً ما تكشف التدقيقات عن نواقص بديهية في الكفاءة مثل أجهزة الضبط المعطّلة في أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. وينبغي إعطاء تصحيح هذه النواقص الأولوية، وهي على الأرجح تؤدي إلى نتائج سريعة.

### 3. دراسة التفاعل بين الأنظمة

من الضروري إجراء تقييم تحسينات الكفاءة الممكنة بنظرة شمولية – فأى تغيير في نظام معيّن قد يعدّل ظروف نظم أخرى في مساحات المكاتب. مثلاً، ينجم عن تحسينات كفاءة نظام الإنارة إطلاق حرارة أدنى، ممّا يخفّض حمل التبريد على نظام تكييف الهواء. ويمكن أن تكون تخفيضات حمل التبريد الناجمة عن تحسين كفاءة الإنارة أو تجهيزات المكاتب كبيرة أحياناً، بحيث تكفي لتخفيف حمل التبريد بالنسبة لنظام التدفئة والتهوية والتبريد. ولا شك بأن مهندسي الطاقة قادرين على إعطاء تقديرات جيدة للتأثيرات غير المباشرة المحتملة لأي تحسين في الكفاءة، وينبغي إدخال هذه التقديرات في التحليل المالي وعند تحديد الأولويات.

### 4. إجراء تحليل مالي لاستثمارات الكفاءة الممكنة

ينبغي إعطاء توقّعات للاستثمار الأولي الإضافي لكل مشروع محتمل بالإضافة إلى التوفيرات والتكاليف السنوية المحتملة. ويحتمل أن يكون تخفيض استهلاك الطاقة هو الدافع المالي الأساسي، إلا أن التغييرات في أجور العمّال وتكاليف الاستبدال والتجديد قد تكون كذلك ذات أهمية. ومن أدوات التحليل المالي التي يمكن استخدامها تحديد القيمة الحالية الصافية و/أو حسابات عوائد الاستثمار و/أو فترة استرداد رأس المال المتوقعة. ويمكن للدائرة المالية في الشركة توفير إرشادات إضافية في هذا المجال.

### 5. تحديد أولويات خيار الاستثمار

ينبغي ترتيب الاستثمارات بناءً على تحليل القيمة الحالية الصافية بالإضافة إلى حجم الاستثمار الأولي والجدوى، على أن تنفَّذ فوراً الاستثمارات الصغيرة والسهلة التي تعطي مردوداً إيجابياً سريعاً. وتؤدي الاستثمارات الأكبر غالباً إلى وفورات أعظم في الطاقة، ولكنها تحتاج إلى ميزانيات خاصة وتتطلب إدارتها موارد أضخم.

### 6. تقييم خيارات التمويل

يمكن دفع ثمن الاستثمارات نقداً، أو تمويلها بقرض، أو استئجارها، أو تمويلها عن طريق عقد أداء (راجع الفصل 13: تمويل كفاءة الطاقة). يُحدّد أفضل خيار لشركة ما على ضوء وضع الشركة النقدي



ودورة ميزانيتها، وتوافر الحوافز، وسياسة الشراء. ومن المفيد العمل مع كبير المسؤولين الماليين والمدراء الماليين لاقتراح توصيات على أساس كل هذه العناصر.

### 7. المتابعة بعد التنفيذ

بعد إنجاز تحسينات الكفاءة المقترحة من الضروري المتابعة بمراقبة الطاقة بعد المشروع لتقدير تأثيرات تحسين الكفاءة وتوثيقها.



## الفصل 4 عوائق كفاءة الطاقة

ثمّة عوائق أساسية عديدة تعترض اعتماد تدابير كفاءة الطاقة في مباني المكاتب في البلدان العربية. وأهم هذه العوائق هي العوائق المالية تليها المعوقات البنيوية والتنظيمية.

### العوائق المالية

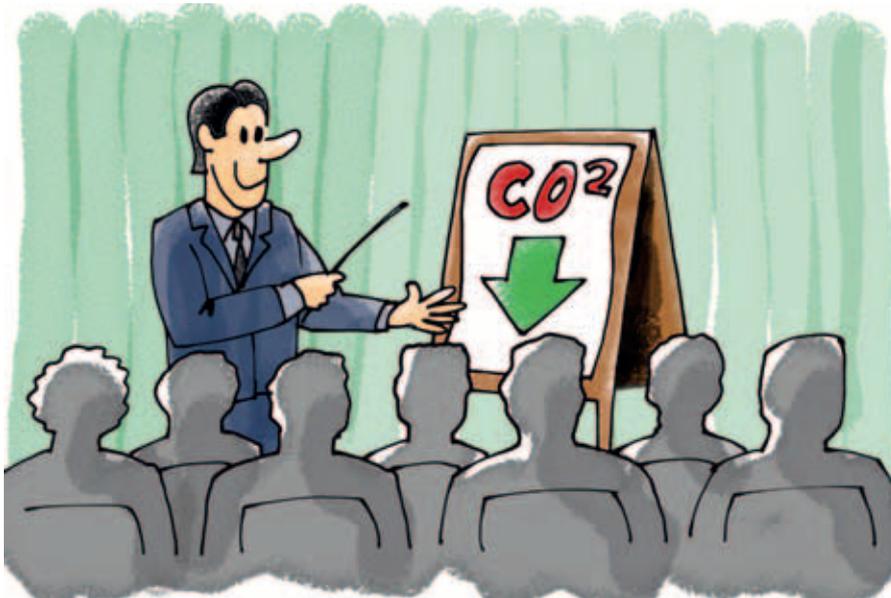
- تشكّل الكهرباء المدعومة في البلدان العربية عائقاً للاستثمار في كفاءة الطاقة. ووفقاً لما جاء في دراسة (Khatib، 2005)، فإنّ "تعريفات الكهرباء بقيمة 2 - 3 سنت لكل كيلوواط ساعة شائعة جداً." وهذه التعريفات هي أدنى بكثير من معدلات الأسعار التجارية العالمية البالغة 6 - 9 سنت لكل كيلوواط ساعة. علماً بأنّ الكهرباء المدعومة حكومياً تشوّه أسعار السوق وتوصل إلى توزيع الموارد بشكل غير فعّال والإفراط في الاستهلاك وتُضعف الأساس المنطقي الاقتصادي للاستثمار في إدارة الطلب من المستخدم النهائي.
- قد تتطلب استثمارات الكفاءة نفقات تكاليف رأسمالية مقدّمة ضخمة تتبعها سنوات من التوفير بشكل ثابت وغير متقلّب، وقد يؤدي عدم توافر النقد أو التمويل المتاح إلى إعاقة هذه الاستثمارات. كما إن دورات الميزانية يمكن أن تتحكّم بتوقيت المشاريع، بشكل عام.
- تفرض معظم الشركات معدلات معيقة في غاية الصرامة. فعدد كبير منها مثلاً لا يوظّف استثمارات في تدابير الكفاءة إذا تجاوزت فترة استرداد رأس المال سنتين.
- لا تملك مؤسسات الكهرباء في القطاعين العام والخاص في البلدان العربية القدرة على منح حوافز مالية تسمح للمستخدمين النهائيين بالاستثمار في تحسينات كفاءة الطاقة.

### العوائق البنيوية

- تجزئة المنافع الناجمة عن تدابير تحسين كفاءة الطاقة، كأن يستفيد صاحب العقار من استثمار أجراه المستأجرون، والعكس بالعكس. مثلاً إذا كانت كهرباء المستأجرين مشمولة في الإيجار، فلا حافز يدفعهم لتخفيض استهلاكهم للكهرباء. بينما إذا كان المستأجرون يُحاسبون على أساس عدادات فرعية أو كانوا يدفعون فواتير استهلاك الكهرباء مباشرة، فإن الحوافز لإحداث تغيير تصبح أكثر. غير أنّ الحوافز المالية في البلدان العربية معدومة، كما ذكرنا سابقاً.
- كما تفرض جداول الإيجارات القصيرة الأجل أو الوشبكة قيوداً مالية. فمن النادر أن يستثمر المستأجرون في مشاريع تبلغ فترة استرداد رأسمالها خمس سنوات إذا كان يُحتمل أن يغادروا بعد سنتين أو ثلاث.

## العوائق التنظيمية

- إذا كانت الموارد نادرة في مؤسسة ما فهذا يعني أن الوقت محدود جداً لتقييم وتنفيذ استثمارات الكفاءة. فالأولوية تعطى لمهام أخرى أكثر إلحاحاً.
- فقدان التوعية أو المعرفة حول كيفية الحد من استهلاك الطاقة يُصعّب على مديري المرافق دراسة وتطوير خطة لكفاءة الطاقة. فعدم كفاية قاعدة المعرفة ضمن الصناعة وضعف القدرات ضمن سلاسل الإمدادات المحلية قد يمنعان مديري المكاتب من متابعة تحسينات الكفاءة.
- التفاوت في المفاهيم وطريقة النظر إلى الأمور بين مسؤولي التمويل وإدارة المرافق والصيانة تضع عوائق تمنع مديري المرافق من تطوير وعرض بيان جدوى مقنع باللغة المالية الملائمة. ففي بعض الشركات، تُدار النفقات الرأسمالية منفصلة عن نفقات التشغيل، فيصعب بالتالي تبرير أي مصروف رأسمالي يخفّض نفقات التشغيل.
- صعوبات التنسيق بين التمويل والموارد البشرية والمرافق تضيق الكثير من الوقت في تنفيذ تحسينات الكفاءة، مثل التحسينات في التدفئة والتهوية والتبريد أو في الإنارة، وفي الوقت عينه ضمان عدم التأثير سلباً على راحة العاملين والإنتاجية.
- محدودية المساءلة عن المبادرات الخضراء تعني عدم وجود دائرة واحدة مسؤولة عن تمويل المبادرات وتنفيذها. مثلاً، تمويل برامج الكمبيوتر لتخفيض استهلاك الطاقة في الكمبيوترات الشخصية قد يأتي من ميزانية تكنولوجيا المعلومات، في حين أن فوائد توفيرات الطاقة تنعكس على ميزانية المرافق.



# الفصل 5 تحليل فواتير الكهرباء ووضع أساس لقياس استخدام الطاقة

## الأهداف

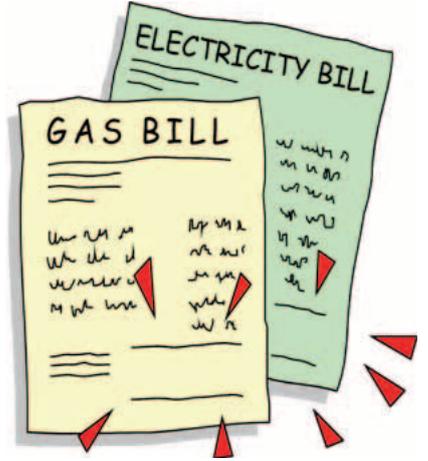
- تحديد كميات الكهرباء (وسائر مصادر الطاقة مثل الغاز أو الديزل) المستخدمة في الشركة وهيكلية الدفع والتسعير الحالية.
- قياس استخدام الكهرباء والغاز/الديزل بالمقارنة مع مرافق مشابهة.

## نظرة عامة

- بإمكان المستأجرين أن يدفعوا مقابل الكهرباء بواسطة إحدى طُرق ثلاث:
- عداد مباشر: يتعاقد المستأجر مع مؤسسة الكهرباء ويدفع فواتيرها مباشرة.
- عداد فرعي: يدفع المستأجر للمالك حسب العداد بالإضافة إلى "رسم مناولة" متفق عليه.
- إيجار شامل: يدفع المستأجر مبلغاً محدداً عن كل متر مربع.

تُعتبر العدادات المباشرة والعدادات الفرعية أكثر وسيلتين مستخدمتين لقبض رسوم الكهرباء من المستأجرين في البلدان العربية، وهما كذلك الأفضل في تعزيز كفاءة الطاقة. فإذا كان المستأجر يُحاسب على أساس العداد المباشر أو العداد الفرعي فسيكون هناك حافز مالي لتحسين كفاءة الطاقة في مساحة المكاتب. فأي تخفيض في الاستهلاك أو في ذروة الطلب سوف يخفّض مباشرةً فواتير المستأجر الشهرية. لكن إذا كان المستأجر يدفع الكهرباء من ضمن الإيجار الشامل، فلا حافز ماليًا يدفعه لتخفيف الاستهلاك قبل الاتفاق على استخدام عداد فرعي.

وهناك عدة طرق متنوعة تعتمد على مؤسسات تقديم الخدمات لتحصيل الرسوم من كبار المشتركين:



- الطاقة والطلب:** هذه أكثر الأساليب شيوعاً للتسعير. يستند مبلغ الدفعة المستحقة في نهاية كل فترة محاسبية إلى رسم طاقة ورسم طلب. يُبنى رسم الطاقة على أساس إجمالي مقدار الطاقة المستخدمة ويُقاس بالكيلوواط ساعة (وهو وحدة شغل). أما رسم الطلب فهو مبني على أساس الحمل الأقصى بالكيلوواط (وهو وحدة قدرة) الذي يسحبه المستأجر، ويُسجّل عادةً على فترات من 15 دقيقة كل شهر. ولرسم الطلب أهمية كبرى لأنه يحدد مقدار طاقة التوليد التي ينبغي أن تكون لدى مؤسسة المنافع لتلبي طلب المشترك. ونعلم أنّ بناء معامل طاقة جديدة أمر باهظ التكاليف ويمكن أن يقود إلى ارتفاع أسعار الكهرباء بالنسبة للمستهلكين. ونتيجة لذلك، تحاول مؤسسات تقديم الخدمات ضبط نمو حمل المستهلكين لإرجاء بناء قدرات توليد جديدة أطول فترة ممكنة، عن طريق رسوم الطلب وبرامج حفظ الطاقة. لذا ينبغي على الشركات، إذا أرادت تخفيض فواتير الكهرباء، إما أن تخفّف مقدار الكهرباء التي تستهلكها بشكل عام، أو أن تخفّف مقادير الكهرباء القصوى التي تستهلكها في وقت محدد وخلال ساعات الذروة.

- **وقت الاستهلاك:** يُبنى أسلوب التسعير هذا كذلك على استهلاك الطاقة والطلب عليها. غير أن هناك أسعاراً مختلفة بالنسبة لذروة الطلب والطلب خارج الذروة ومختلف الفترات. ووفقاً لهذه الطريقة فإن الكهرباء المسحوبة خلال فترات أعلى مستويات الطلب هي أعلى من الكهرباء المسحوبة خلال فترات الطلب الأدنى نسبياً.
- **تسعير الوقت الحقيقي:** تتبدل الأسعار كل ساعة وكل يوم، وهي ترتبط بأسعار السوق بالجملة.

## وضع أساس لقياس استخدام الطاقة

يمكن التعبير عن كثافة الطاقة في مرفق ما بقيمتين: كثافة الكهرباء وكثافة الوقود. ولحساب هاتين القيمتين بالنسبة لمبنى مكاتب أو طابق منه يمكن، بكل بساطة، قسمة إجمالي استهلاك الكهرباء أو الوقود لتلك المساحة خلال سنة واحدة على المساحة الإجمالية لحيز المكاتب.

مثلاً، إذا كانت مساحة المكاتب في مبنى معين تبلغ 20000 متر مربع واستهلاكها السنوي من الكهرباء يبلغ 1000000 كيلوواط ساعة ومن الغاز الطبيعي 7500 ثيرم، لذلك:

$$\text{كثافة الكهرباء} = 1000000 \text{ كيلوواط ساعة} / \text{سنوياً مقسومة على } 20000 \text{ متر مربع} = 50 \text{ كيلوواط ساعة} / \text{متر مربع} - \text{سنوياً.}$$

$$\text{كثافة الوقود} = 7500 \text{ ثيرم} / \text{سنوياً مقسومة على } 20000 \text{ متر مربع} = 0,375 \text{ ثيرم} / \text{متر مربع} - \text{سنوياً.}$$

## وضع الأهداف

توجد طريقتان لتحديد هدف كفاءة الطاقة:

- **المقارنة بمقاييس مرجعية:** لمعرفة كيفية أداء مبنى ما بالمقارنة مع مبانٍ مشابهة، يمكن المقابلة بين قيم كثافة الطاقة للمبنى المذكور والمقاييس المرجعية المعروفة لنوع المبنى ومنطقته الجغرافية. فإذا كانت قيم كثافة الطاقة للمبنى أعلى من المقاييس المرجعية، فالأرجح أن تكون الاحتمالات كبيرة بإمكانية تحقيق تحسينات اقتصادية الكلفة في كفاءة الطاقة.
- **وضع هدف بتخفيض الطاقة بمعدل نسبة مئوية من كثافة استخدام الطاقة الأساسية:** وإذا لم تكن المقاييس المرجعية متوافرة بسهولة يمكن اختيار نسبة مئوية محددة (مثلاً 15% أو 25%) من قيم كثافة الطاقة الحالية لتكون هدفاً لتحقيقه خلال فترة من الزمن (مثلاً سنتان أو ثلاث).

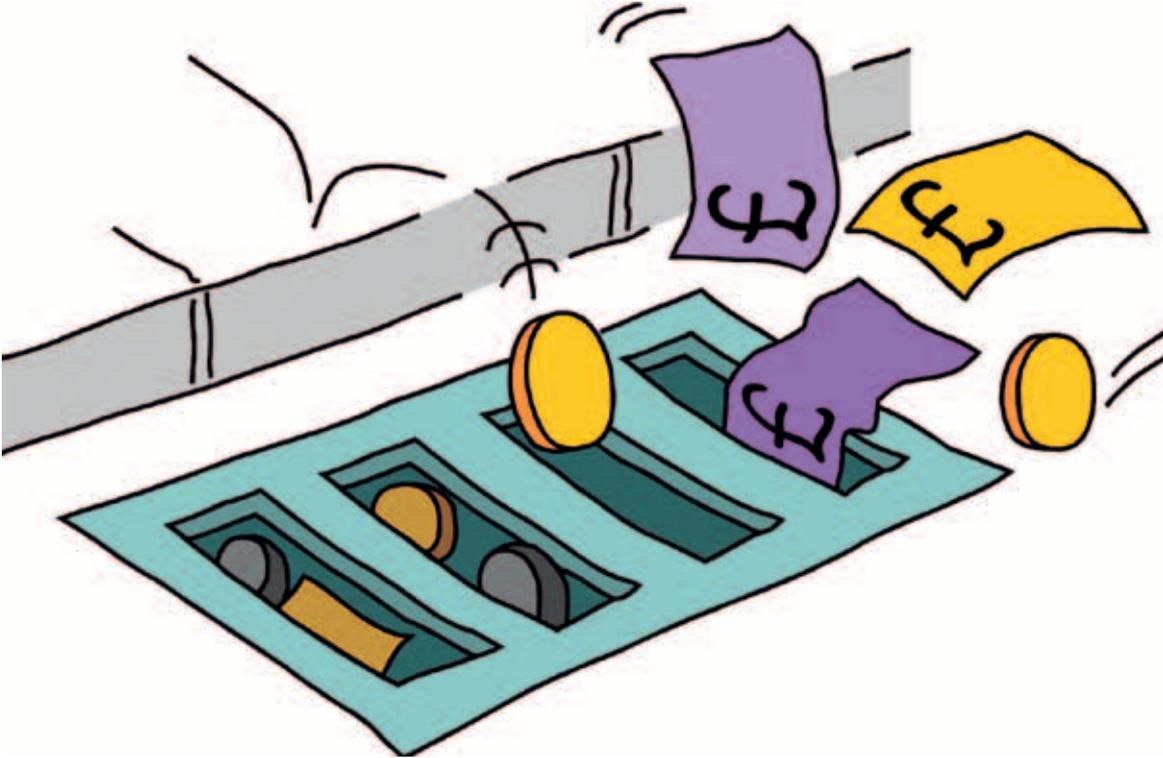
## دليل جمع المعلومات

ينبغي أن يكون لدى مدير المرافق أو مسؤول العمليات معلومات حول استهلاك الكهرباء. وفي ما يلي بعض الأسئلة التي تساعد على جمع تلك المعلومات:

- طلب فواتير الكهرباء الشهرية بالعودة إلى السنتين الأخيرتين على الأقل.
- كم عدد العدادات في المبنى؟ وأي جزء من المبنى يغطي كل منها؟
- هل يدفع المستأجر مقابل استهلاك الكهرباء لمؤسسة تقديم الخدمات مباشرة أم للمالك أم للشركة التي تدير الأعمال؟
- ما هي اتفاقية تسعير الكهرباء أو هيكلية الأسعار المعقودة مع المستأجر؟
- كم عدد الموظفين الموجودين في هذه المساحة؟
- هل هناك أي أنشطة للموظفين تدفع إلى استهلاك إضافي كبير للطاقة (مثلاً أعمال الكمبيوتر ذات الكثافة العالية)؟
- ما هي المساحة الاجمالية لحيز المكاتب؟ ما هي مساحة حيز المكاتب التي تستهلك أحمال التبريد أو التدفئة؟

يمكن تسهيل جمع المعلومات حول أعداد مختلف العدادات في المبنى وأنواعها ومواقعها، وذلك بالاعتماد على قائمة المراجعة الموجودة في الموقع التالي:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist%20energy%20meters.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist%20energy%20meters.pdf)



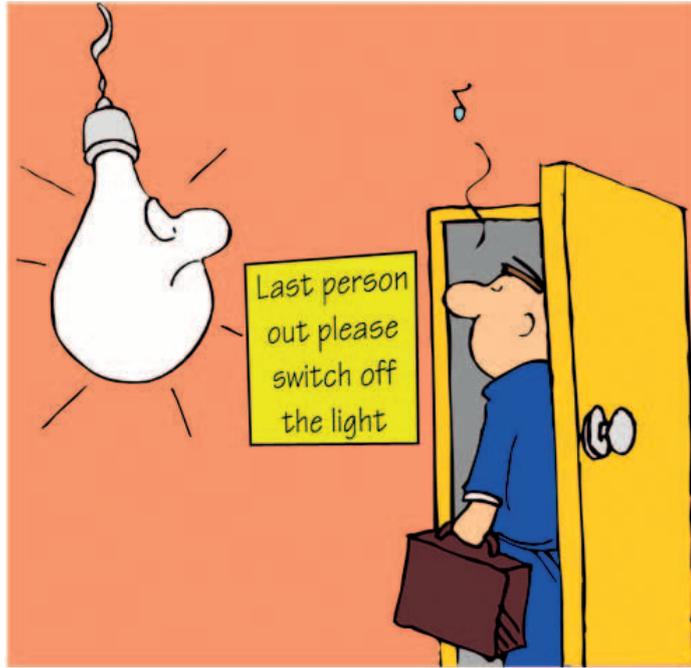
## الفصل 6 الإنارة

### الأهداف

- التوصل إلى مستويات إنارة كافية لتحقيق أفضل نوعية للبيئة الداخلية بأقل مصروف للطاقة ومن دون التأثير سلباً على الراحة وسير العمل.
- تحديد تدابير كفاءة طاقة الإنارة.
- إعداد تقديرات استهلاك الطاقة الفعلي وحساب إمكانات التوفير التقديرية في حال تطبيق تدابير كفاءة طاقة الانارة.

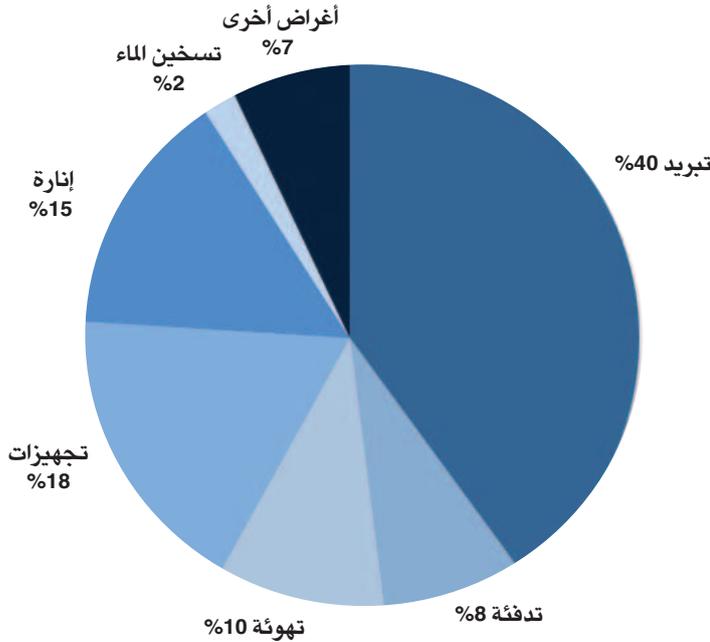
### نظرة عامة

تستهلك الإنارة 15 - 25% من إجمالي الطاقة المستهلكة في مبنى مكاتب كبير في الدول العربية. وللإيضاح، يُظهر الشكل 6-1 تفصيلاً افتراضياً لاستهلاك الطاقة في مبنى كبير للمكاتب (تزيد مساحته عن 10000 متر مربع). ويعمل كثير من مباني المكاتب على أساس أنظمة إنارة هي عديمة الفعالية إلى أبعد الحدود وتكاد تصبح قديمة الطراز. فالأنوار تُترك غالباً مضاءة في أماكن العمل غير المشغولة، والإضاءة الاصطناعية تُستخدم حيث يمكن لضوء النهار أن يوفر نوراً أفضل بـكلفة أقل (أو من دون



كلفة). وبالإضافة إلى أن أنظمة الإنارة غير الكفوءة تتطلب الكثير من الطاقة، فهي تطلق جزءاً كبيراً من الكهرباء المسحوبة كحرارة مهدورة، مما يرفع حمل التبريد في المكتب ويتطلب زيادة مصروفات الطاقة لتكييف الهواء. ونتيجة لذلك، فإن رفع كفاءة الإنارة لا يخفّض تكاليف الطاقة المرتبطة بالإنارة فحسب، بل قد يخفض كذلك تكاليف الطاقة المرتبطة بأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. لا تزال تقنيات الإنارة المتوافرة غير كفوءة أصلاً. ولتقدير حجم المسألة، فإن المصابيح التوهجية تحوّل عملياً 6% من دُخُل الكهرباء المسحوبة إلى ضوء مفيد، في حين أن المصابيح الفلورية المدمجة التي كثيراً ما يتم الاشادة بها هي ذات كفاءة تبلغ نحو 24%. وتسجل حالياً المصابيح ذات الصمامات

الشكل 6-1: تفصيل افتراضي لاستهلاك الطاقة في مبنى كبير للمكاتب في بلد عربي معين.



الثنائية الباعثة للضوء (LED) أفضل النتائج إذ تبلغ كفاءتها للتحويل إلى ضوء واضح 27 - 45%. وتتبدد النسبة المتبقية كحرارة مهدورة.

وإذا أخذنا في الحسبان كفاءة التحويل الأولية في معمل الطاقة وفقد النقل بالشبكة، فإن كفاءة التحويل من طاقة أولية إلى ضوء مفيد هي 9% في المصابيح الفلورية المدمجة و2,4% فقط في المصابيح التوهجية. وهذا يعني أنه إذا كان معمل الطاقة يستهلك 1000 كيلوغرام من الوقود لتوليد الكهرباء للإنارة، فإن 90 كيلوغراماً منها فقط تتحوّل إلى ضوء مفيد في حال استخدام مصابيح فلورية مدمجة، بينما يتحول ما يعادل 24 كيلوغراماً فقط إلى ضوء في حال استخدام المصابيح التوهجية. ويُشار إلى أن كل كيلواط ساعة من تشغيل مصباح توهجي يؤدي إلى انبعاث حوالي 17 كيلوغراماً من ثاني أكسيد الكربون، بينما يؤدي استهلاك المصباح الفلوري المدمج لكل كيلواط ساعة إلى انبعاث 3 كيلوغرامات من ثاني أكسيد الكربون. وبالتالي، فإن الإنارة الكفوءة هي العامل الأساسي لخفض استهلاك الطاقة في مباني المكاتب.

#### يمكن زيادة كفاءة نظام إنارة المكاتب باتّباع ما يأتي:

- التثقيف والتغييرات السلوكية مثل تشجيع شاغلي المكاتب على إطفاء الأنوار غير الضرورية.
- استعمال أجهزة ضبط الإنارة التي تضمن تعديل مستويات الإنارة بحسب الكثافة الصحيحة وإضاءة المصابيح فقط حين وحيث تكون ضرورية.

- تطوير أنظمة الإنارة عن طريق تقنيات الكفاءة العالية.
- بالإضافة إلى ذلك، يُستحسن اتباع المبادئ والتوجيهات التالية من أجل التوصل إلى استخدام كفاءة للطاقة في أنظمة الإنارة:
- حفظ تركيبات الإنارة نظيفة وفي حالة صالحة للتشغيل.
- تعزيز المميزات البصرية للمكان المراد إنارته.
- استبدال مصابيح الإنارة والتركيبات واللوازم غير الكفوءة بأخرى كفوءة في استهلاك الطاقة.
- استخدام ضوء يكفي لما تتطلبه الوظيفة المطلوبة منه.
- حيثما أمكن، استبدال النور الاصطناعي بالنور الطبيعي.

## دليل جمع المعلومات

من الضروري النظر في عدد من الأسئلة حول المبنى قبل تقدير كفاءة الإنارة المحتملة في المبنى، ومنها:

- هل إن شاغل حيز المكتب هو مالك أو مستأجر؟
- إذا كان الشاغل مستأجراً حيز مكتبه، فهل يدفع فاتورة مؤسسات تقديم الخدمات أو هي مشمولة في الإيجار؟ (راجع الفصل 5: تحليل فواتير الكهرباء ووضع أساس لقياس استخدام الطاقة).
- هل المالك مهتمّ بالسعي لتحقيق كفاءة الطاقة؟
- من في الهيكل التنظيمي للمستأجر يُعدّ تصاميم الإنارة ويتخذ قرارات الشراء؟
- ما هي التحسينات التي أدخلت على الإنارة في السنوات الثلاث إلى الخمس الأخيرة؟
- كم مرة يتم تجديد حيز المكتب؟
- ما هو مقدار الإضاءة الخارجية اللازمة للأمن؟
- هل توجد تدابير إنارة رسمية (مثلاً وجوب تخفيف الأنوار بعد السادسة مساءً)؟
- ما هو جدول الإشغال بالنسبة للمكتب؟
- كيف تُضبط الأنوار؟ أي الأنظمة يعمل أوتوماتيكياً وأيّها يُضبط يدوياً؟
- ما هي مسؤوليات موظفي التنظيف بالنسبة للإنارة؟
- ما هي مسؤوليات موظفي الأمن بالنسبة للإنارة؟
- هل أُجري تدقيق للطاقة خلال السنوات الثلاث الأخيرة؟ إذا كان الجواب بالإيجاب، ما هي نتائج التدقيق؟ وهل نُفذت تدابير الكفاءة المقترحة؟
- هل يتوافر مخطط لطبقة المكتب؟ وهل تتوافر رسوم كهربائية؟

قُم بجولة في مبنى المكاتب خلال ساعات العمل اليومي، ثم ثانية بعد ساعات الدوام، ولاحظ مستويات الإضاءة. قد يساعدك هذا العمل البسيط في حساب تقدير تقريبي لإمكانات توفير في الإنارة. فكّر، أثناء الجولة، في الأسئلة الآتية:

- بالنسبة لكل غرفة أو منطقة، هل الأنوار مُضاءة خلال النهار/المساء؟
  - حين تكون الغرف مشغولة أو غير مشغولة، هل الإنارة كافية؟ زائدة؟
  - ما هو نوع المصابيح المستخدمة في المبنى وقدرتها بالواط؟
- يمكن لمهندس إنارة أن يزودك بإمكانات تقدير أكثر تفصيلاً وعدد أكبر من الحلول.

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك طاقة الإنارة

تنقسم تدابير كفاءة طاقة الإنارة، بشكل عام، إلى التدابير المتعلقة بالتغييرات السلوكية والسياسات الإدارية، والتدابير المرتبطة بأجهزة ضبط الإنارة، والتدابير التي تحتاج إلى تحسين الأجهزة أو إبدالها. يشمل النوع الأول عادةً عمليات عديمة الكلفة أو منخفضة الكلفة، أما النوع الثالث فيتراوح بين التدابير البسيطة المنخفضة الكلفة والتغييرات الأكثر تعقيداً نسبياً والتي تتطلب كثافة في رأس المال. والجدير بالذكر أن أنظمة الإنارة هي مسائل معقدة بكل معنى الكلمة، لذا يجب ألا يتعامل معها إلا محترفون مؤهلون. تحتاج العديد من التدابير المذكورة أدناه إلى تدخل شركة تدقيق طاقة ومستشار إنارة ومقاولين متخصصين.

### (أ) التغيير في السياسات والإجراءات

1-1) تدريب وتعليم الموظفين إطفاء الأنوار حين تكون الغرف غير مشغولة. أبسط إجراءات الكفاءة التي يمكن أن تتخذها الشركة هو البدء بتنفيذ سياسات وتدابير لضمان إطفاء الأنوار حين يكون حيز المكتب فارغاً. ويجب أن تحدد أي شخص من مستعملي المكتب يكون مسؤولاً أساسياً عن تشغيل وإطفاء الأنوار في مختلف أوقات النهار والأسبوع، وأن تتأكد من تبليغ هذه المسؤوليات. وغالباً ما تؤدي زيادة التنسيق بين الموظفين، من مديري المكتب وشاغليه وصولاً إلى فرق التنظيف والأمن، إلى تنفيذ هذه السياسة. وإن تركيب مفتاح رئيسي يمكن أن يطفىء كل الأنوار في المكتب، يسهل على آخر من يغادره إطفاء جميع الأنوار.

### في ما يأتي بعض الخطوات المقترحة لتسهيل تنفيذ هذا التدبير:

- زيادة تعاون الموظفين إلى أقصى حد ممكن عن طريق حملات التثقيف والتوعية.
- وضع لافتات في كل غرفة وملصقات على كل مفتاح ضوء.
- التأكد من أن فرق الحفاظ على الأمن ينتبهون، خلال جولاتهم، للأضواء غير المطفأة حين يكون المكتب خالياً.

لا تتطلب هذه الخطوات تكاليف أو أجهزة كثيرة، ولذا فإن فوائدها فورية. ولا شك بأن قيام موظفين ملتزمين وإدارة ملتزمة بتنفيذ كامل لهذا التدبير يمكن أن يخفّض استهلاك كهرباء الإنارة حتى حدود 20%.

2-1) الفصل بين إنارة المهمّات وإنارة المحيط. إنارة المهمّات تدبير يسهل أداء بعض المهمّات التي تحتاج إلى إضاءة أشد من الإضاءة اللازمة أو المتوافرة للإنارة العامة أو إنارة المحيط. كما إنها ممارسة جيّدة في أماكن العمل المشغولة بشكل جزئي. فالفصل بين إنارة المحيط وإنارة المهمّات يمنح الموظفين المرونة لاختيار مستويات الإنارة الملائمة لأماكن عملهم، ممّا يحسّن نوعية الإنارة ويقلّل من الإنارة غير اللازمة. ومن شأن زيادة إنارة المهمّات المتوافرة، مثلاً باستخدام مصابيح الطاوات وتوفير مفاتيح تحكّم فردية لخفض الإضاءة وتشغيل الأنوار وقطعها، أن تمكّن المستخدمين من ضبط وموازنة نسب السطوع بحسب مهمّاتهم.



تدابير كفاءة  
طاقة الإنارة  
المطبقة بنجاح  
والتي تعتمد  
على  
تعاون الموظفين  
هي من علامات  
الأداء الجيد  
للإدارة.

ليست النفقات الرأسمالية المتعلقة بهذا التدبير كبيرة، في حين أن العملية ليست كثيرة التعقيدات. غير أنه من الضروري التعاون مع مستشار مختص لاقتراح التعديلات الضرورية لمنشآت الإضاءة الموجودة. وقد تكون فترات استرداد رأس المال أقل من سنة خصوصاً في المكاتب المضاءة باستمرار.

**أ-3) تدريب وتنظيف الموظفين على إطفاء الأنوار غير اللازمة حين يكون المكتب مشغولاً جزئياً.** في الكثير من الحالات يتم التحكم بتركيبات الإنارة في المكاتب الكبيرة نسبياً بواسطة مفتاح واحد أو مفتاحين، مما يؤدي إلى بقاء مساحات كبيرة مضاءة من غير داع حين يكون عدد الموظفين الحاضرين قليلاً. يمكن معالجة النقص في مرونة التحكم بالإنارة الاصطناعية باعتماد الإنارة النطاقية لإبقاء الإنارة فقط في أماكن العمل المستخدمة والمشغولة. إن توزيع تركيبات الإنارة بحسب المساحة وربطها بدوائر كهربائية متعددة تتحكم بها مفاتيحها الخاصة يسهل تطبيق هذه الممارسة. ولا يحتاج هذا التدبير إلى أجهزة تذكر، ولذا فإن فوائده فورية. ويمكن أن تصل الوفورات إلى 10% من استهلاك كهرباء الإنارة. وفي ما يأتي بعض الخطوات المقترحة لتسهيل تنفيذ هذا التدبير:

- زيادة تعاون الموظفين إلى أقصى حد ممكن عن طريق حملات التثقيف والتوعية.
- وضع لافتات وملصقات في كل نطاق (تنبيه: ليس من الاقتصاد بشيء إطفاء الأنوار الفلورية إذا كانت الغرفة ستظل شاغرة أقل من 15 دقيقة).

**أ-4) الاستفادة من ضوء النهار حيث أمكن.** يمكن أحياناً الاستفادة من ضوء النهار الداخل إلى المكتب في مبنى ما عبر النوافذ وكوّات السقف بالإضافة إلى الإنارة الاصطناعية، وذلك لتخفيض حمل الإنارة الإجمالي. ومع أن ضوء النهار مصدر إنارة أكثر كفاءة من الإنارة الاصطناعية، فإن مستويات ضوء النهار المتوافر تتفاوت خلال النهار وأثناء السنة. كما أن ضوء النهار قد يكون غير متساوٍ في أنحاء حيز مكتب معين، بحيث يكون كثير السطوع قرب النوافذ ويضعف تدريجياً مع الابتعاد عن النوافذ. ويستطيع مدراء المكاتب، حيث أمكن، الاستفادة من ضوء النهار للإضافة إلى الإنارة الاصطناعية، وهذا ما يخفف سحب الكهرباء الإجمالي للإنارة مع المحافظة على مستويات السطوع المطلوبة.

يتوقف توافر ضوء النهار وجودته على توجيه المبنى ونصوع السماء وشكل وموقع النوافذ وكوّات السقف ونوعية تظليل النوافذ. كما إن استغلال ضوء النهار يؤدي في كثير من الأحيان إلى كسب حرارة الشمس، وهذا قد يكون مرغوباً أو غير مرغوب تبعاً للموسم. لا يترتب على هذا التدبير تكاليف كبيرة ولا يتطلب أجهزة، ولذا فإن فوائده فورية. ويمكن أن تصل الوفورات إلى 30% من استهلاك كهرباء الإنارة. وللمساهمة في تسهيل التنفيذ، يمكن وضع جدول لجمع ضوء النهار وفقاً لساعات النهار وأوقات السنة وبالاستناد إلى مستويات السطوع المطلوبة.

**أ-5) ممارسة صيانة الإضاءة العادية.** من الأهمية بمكان التأكد من وجود جدول لأعمال الصيانة والتنظيف العادية لما هو موجود من تركيبات إنارة وعاكسات وناشرات وعدسات. يُشار إلى أن تركيبات الإنارة المتسخة قد تفقد حتى 20% من سطوعها. والمحافظة على تركيبات الإنارة في أفضل حالة من الأداء أمر لا يكلف شيئاً من الناحية العملية، لكنّه قد يوفر الطاقة. كما إن المحافظة على الجدران والسقوف والأرضيات خالية من الغبار والسنج وسواها من جسيمات الأوساخ تحسّن حتماً عامل انعكاسها، وبالتالي تزيد من مستويات السطوع. وعند إعادة الطلاء، يُستحسن استخدام ألوان فاتحة

**تدابير كفاءة  
الإنارة التي تقوم  
على سلوك  
التكيف ولا تحتاج  
إلى أجهزة هي  
عادةً خطوات  
سهلة لا تتطلب  
استثمارات،  
ويحتمل أن  
تتجم عنها  
توفيرات كبيرة.**

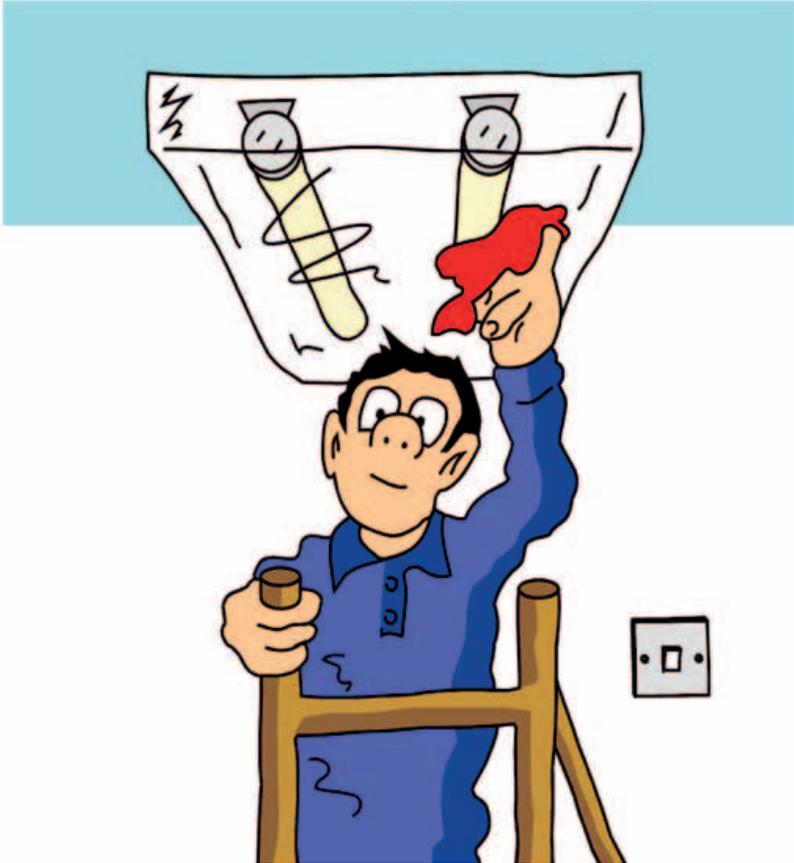
لزيادة انعكاس النور. فمكان العمل نفسه يحتاج إلى إضاءة أقل 30% في حال كانت ألوان الجدران والمفروشات فاتحة. في الجدول 6-1 قائمة مراجعة مقترحة لصيانة الإنارة في مبنى للمكاتب.

### ب) تدابير كفاءة ضبط الإنارة

يستطيع شاغلو المبنى الوصول مباشرة إلى بعض أجهزة ضبط الإنارة والتحكم بها، مثل مفاتيح الأنوار والمُخفّطات اليدوية وستائر النوافذ، ممّا يتيح لهم ضبط إنارة المحيط. لكن ثمة أجهزة أوتوماتيكية مصمّمة لتحلّ محلّ العمل البشري. ومن وسائل الضبط الأوتوماتيكية أجهزة استشعار الإشغال والموقّعات وأجهزة الاستشعار الضوئي.

ب-1) تركيب ساعات توقيت لإطفاء الأنوار أوتوماتيكياً بعد ساعات العمل. تركيب ساعات توقيت لتشغيل وإطفاء الإنارة يستبعد الخطأ البشري الناتج عن عدم الكفاءة في ضبط الإنارة. وأفضل الأماكن للاستفادة من ساعات التوقيت هي حيث تكون أنماط الإشغال منتظمة ويمكن توقعها.

يستطيع اختصاصي الإنارة أن يزودنا بإرشادات حول نوعية ساعات التوقيت المناسبة لكل موقع، لكن، بشكل عام، يمكن استخدام ساعات التوقيت الموزعة على 24 ساعة حيث تكون أنماط الإشغال متشابهة



## الجدول 6-1: قائمة مراجعة لصيانة الإنارة

ملاحظات	العمل
إجراء فحص بصري عام شامل للتأكد من أن جميع المعدات وأنظمة السلامة تعمل بشكل صحيح.	معاينة بصرية شاملة
إطفاء الأنوار غير اللازمة.	استخدام الإنارة وتسلسلها
إبراز أهمية وفعالية إنارة المهمات.	إنارة المهمات
الاستفادة من ضوء النهار حيث أمكن.	استخدام ضوء النهار
استبدال المصابيح المرتعشة والمحترقة. فالمصابيح المحترقة قد تسبب إتلاف كابج التيار.	استبدال المصابيح المحترقة
إجراء مسح لاستخدام الفعلي للإنارة لتحديد احتياجات الإنارة.	إجراء مسح لاستخدام الإنارة
حيث يمكن، تخفيض مستويات السطوح إلى المعايير الصناعية.	قياس مستويات السطوح
ينبغي مسح المصابيح والتراكيب لتصبح نظيفة لضمان أقصى درجات الكفاءة.	تنظيف المصابيح والتراكيب
السطوح النظيفة تعكس النور بشكل أفضل.	تنظيف الجدران والسقوف والأرضيات
عند إعادة الطلاء، استخدام الألوان الفاتحة لأنها تعكس النور بشكل أفضل.	الطلاء بالألوان فاتحة
استبدال عدسات الحماية المصفرة أو الغبيشة.	استبدال العدسات

طوال الأسبوع وخلال عطلة نهاية الأسبوع، في حين أن ساعات التوقيت الموزعة على 7 أيام يجب أن تُستخدم في أماكن حيث تتبدل أنماط الإشغال من يوم لآخر. ويمكن استخدام ساعات التوقيت ذات الثلاث مراحل لضبط الإنارة والتدفئة والتهوية والتبريد في آن واحد.

**فترة استرداد رأس المال:** التدابير القائمة على مفاتيح تشغيل وقطع الإنارة هي إستراتيجيات متوسطة الكلفة ذات تعقيدات تقنية ومخاطر منخفضة نسبياً وتتراوح فترة استرداد رأسمالها بين سنتين وثلاث سنوات تبعاً لأسعار الكهرباء وفترات تشغيل الأنوار وجداول الإنارة الداخلية المعمول بها وأسعار الأجهزة. ومن المستحسن، في المشاريع الكبيرة، الاستعانة بخدمات شركة تدقيق طاقة أو مستشار إنارة. راجع الجدول 6-2 للاطلاع على تكاليف المنتجات وأجور عمال التركيب.

**ب-2) تركيب أجهزة استشعار الإشغال 360 درجة مع معايرة توقيت متغيرة.** قد توفر أجهزة استشعار الإشغال مقادير كبيرة من الطاقة في الأماكن التي تكون في أكثر الأحيان شاغرة أو مشغولة كيفما اتفق (بيوت الدرج، المراحيض، غرف الاجتماع، وسواها). وهي مفيدة بشكل خاص خلال ساعات الليل والصبح الباكر حين تكون في المكاتب مساحات كبيرة خالية لا تتطلب إنارة. كما تُستخدم عندما يعتبر التدخل البشري عبئاً أو عملاً غير موثوق. ومن الضروري، لتجنب المشاكل في الأداء، أن توضع أجهزة استشعار الإشغال في الأماكن الصحيحة للتجاوب مع حركة الأفراد أو سكوتهم في أنحاء المساحة التي تخدمها. كما ينبغي المحافظة على إمكانية تجاوز أجهزة

الضبط الأتوماتيكية، إذا لزم الأمر. تتراوح وفورات الطاقة الناجمة عن أجهزة استشعار الإشغال بين 13 و 80%، وذلك بحسب عدد التركيبات التي يتم ضبطها وأنواعها، وتكرار الإشغال، والمدة الزمنية التي تبقى خلالها الأنوار مضاءة حين يكون المكان خالياً. كما أنه من المهم التمييز بين أجهزة استشعار الإشغال ومكشافات الحركة. فالنوع الأول يكتشف وجود الشخص حتى ولو لم يكن يتحرك، أما الثاني فلا يكتشف إلا التحركات. ومكشاف الحركة هو، بشكل عام، أقل كلفة من جهاز استشعار الإشغال بـ 40%. وهو يحتوي على مؤقت يضبط وضعه من حيث التشغيل والقطع. ومن الناحية المبدئية، في الأماكن حيث يُتوقع أن لا يمكث المستخدمون فترة طويلة، مثل غرف التخزين وبيوت الدرج، يكون من الأفضل وضع مكشافات الحركة، وهذا يمكن أن يختصر فترة استرداد رأس المال.

### الجدول 6-2: تكاليف ساعات التوقيت وأجهزة استشعار الإشغال

التقنية	المواد <sup>1</sup>	العمل <sup>2</sup>	إجمالي الكلفة <sup>3</sup>
ساعة توقيت، 24 ساعة، كهربائية الحركة	\$ 45	\$ 30	\$ 75
ساعة توقيت، 24 ساعة، رقمية	\$ 65	\$ 30	\$ 95
ساعة توقيت، 7 أيام، كهربائية الحركة	\$ 55	\$ 30	\$ 85
ساعة توقيت، 7 أيام، رقمية	\$ 65	\$ 30	\$ 95
جهاز استشعار الإشغال، مركب على الحائط، رؤية 180°	\$ 55	\$ 40	\$ 95
جهاز استشعار الإشغال، مركب في السقف، رؤية 360°	\$ 150	\$ 50	\$ 200

1- تشمل المواد الأجهزة واللوازم الإضافية (الغلافات والمواسير والأسلاك).

2- يشمل العمل المصاريف العامة والأرباح.

3- تنطبق التكاليف الواردة أعلاه على البلدان العربية المتوسطة الدخل والمرتفعة الدخل. بالنسبة لكل من الجزائر ومصر والعراق والسودان وسورية وتونس واليمن يُنقَص إجمالي الكلفة بمقدار 20%، مع الإشارة إلى أن ساعات التوقيت الرقمية قد لا تتوفر في البلدان المذكورة.

يشتمل أحدث جيل من أجهزة استشعار الإشغال ومكشافات الحركة على أجهزة استشعار ضوئي مبيّنة (راجع المقطع التالي). لذلك فإن دوائر الإنارة لن تزود بالطاقة حتى لو دخل أشخاص مكانا تضبطه هذه الأجهزة إذا كان مستوى الإنارة بالضوء الطبيعي فوق نقطة الضبط القابلة للتعديل.

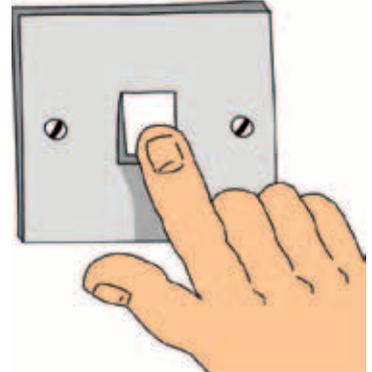
**فترة استرداد رأس المال:** في دراسة جدوى لتركيبة أجهزة استشعار إشغال في سقوف المراهيض في مباني الجامعة اللبنانية في الحدث، تبين أن فترة استرداد رأس المال تبلغ 2,6 سنة على أساس 3000 ساعة تشغيل مقدّرة، وتوفير في الطاقة بنسبة 50%، وإنارة مركبة بمعدل 400 واط لكل مرحاض، وتكاليف كهرباء بقيمة 0,12 دولار لكل كيلوواط ساعة (هذا هو السعر الذي تفرضه مؤسسة الكهرباء الوطنية على مستهلكي القطاع العام مع أخذ الضرائب في الاعتبار).

**ب-3) تركيب أجهزة استشعار ضوئي وكوابح تيار قابلة للخفت وأجهزة تحكّم خافتة للاضاءة في المناطق الداخلية المنارة بالضوء الطبيعي.** أجهزة الاستشعار الضوئي هي وحدات ضبط إلكترونية تعدّل أوتوماتيكياً مستوى خرج الأنوار الإلكترونية بناء على مقدار الضوء المحيط المكتشف. وفي المناطق

التي تتلقّى مقادير متفاوتة من ضوء النهار خلال اليوم، تستطيع أجهزة الضبط بالاستشعار الضوئي أن تعدّل مستويات الضوء الاصطناعي حسبما يلزم لإكمال الضوء الطبيعي المتوافر. وثمة مُخفّت مستمر يتحكّم به جهاز استشعار ضوئي يخفض شدة الإنارة الاصطناعية بالاعتماد على ضوء النهار، للمحافظة على أفضل مستويات الضوء. وتتوقف وفورات الطاقة والتكاليف، إلى حدّ كبير، على مدى توافر الضوء الطبيعي.

قد تكون ضوابط خفت الإضاءة الكهربائية إمّا يدوية وإمّا أوتوماتيكية، وهي لا تخفّض استهلاك الطاقة فحسب، بل توفّر أيضاً المرونة. فبدلاً من إطفاء جميع الأنوار في أي وقت محدّد، يمكن خفت الإنارة. وبالإمكان خفّت المصابيح الفلورية إذا جُهزت بكوابح خفّت. وتُخفّت مصابيح تنغستن هالوجين المنخفضة الفلطية بضوابط خفت منخفضة الفلطية. أما المصابيح ذات الصمامات الثنائية الباعثة للضوء، فتحتاج إلى مصدر طاقة خفت بالاقتران مع ضوابط الخفت.

تكون كوابح التيار القابلة للخفت العاملة بالتزامن مع أجهزة الاستشعار الضوئي أو سواها من أجهزة الضبط قادرة على إحداث تغيير تدريجيّ مضبوط في قدرة المصابيح. وغالباً ما تكون الإضاءة الاصطناعية بكامل القدرة غير ضرورية في المناطق التي يصلها ضوء النهار بشكل جيّد. علاوة على ذلك، فإن هذا النظام يمكن أن يُقرن بأجهزة استشعار الإشغال لإطفاء الأنوار في حالة عدم الإشغال.



يتطلّب هذا التدبير نفقات رأسمالية مرتفعة خصوصاً إذا كان التقسيم الفعلي إلى مناطق للإنارة لا يأخذ الإنارة بالضوء الطبيعي في الاعتبار، وهو للأسف الوضع السائد في معظم الأحوال، ممّا يؤدي إلى طول فترات استرداد رأس المال التي قد تتجاوز 8 سنوات. ويشار إلى أن أجهزة الخفت الأوتوماتيكية نادراً ما تكون اقتصادية بالنسبة للمنشآت الصغيرة.

لذا فإن تركيب أجهزة استشعار ضوئي مع ضوابط خفّت وكوابح خفّت يُعتبر تدبيراً في غاية التوفير إذا نُفّذ بالتزامن مع تعديل رجعي آخر للإضاءة بحيث يتمّ استبدال كوابح التيار وأجهزة الضبط. وتكون كلفة المشروع، في هذه الحالة، مقتصرة على تكاليف جهاز الاستشعار الضوئي وتركيب مفتاح التحكم بالإضافة إلى التكاليف الإضافية لكوابح الخفت والتعميدات الكهربائية فوق الكوابح الإلكترونية المعيارية. وبما أن الخبرة الهندسية مطلوبة، فإنّ التعديلات الرجعية يجب ألا يقوم بها سوى الماولين الخبراء، علماً بأن نوعية البناء القائم تؤثر على تكاليف التعديلات. فمثلاً إذا كان السقف مكشوفاً وفيه تركيبات متساوية تحوى مواسير مدمجة، فذلك يعني ارتفاع تكاليف تركيب نظام الخفت إذا كانت المواسير الإضافية من أجل أجهزة الضبط ستُخبأ في داخل الجدران والسقف.

**فترة استرداد رأس المال:** في حيز مكتب مفتوح مواجه للجنوب في عمان ذي فسحة جنوبية مزججة مزودة بمئة تركيبية إنارة من 4 مصابيح فلورية خطية  $36 \times$  واط من نوع T8، من المزمع تركيب كوابح خفّت وأجهزة خفت أوتوماتيكية كتعديل تحسيني بديل للإنارة من أجل التحول فقط من كوابح التيار الكهربائي إلى الكوابح الإلكترونية. ويكلف هذا التعديل 14000 دولار إضافية ويوفّر 2321 دولاراً سنوياً من تكاليف الكهرباء من دون حساب تخفيض حمل تكييف الهواء، ما يسفر عن فترة معدّلة لاسترداد رأس المال تبلغ 8,3 سنوات. وفترة استرداد رأس المال المحسوبة هي على أساس تخفيض 42% من طاقة الإنارة المسحوبة نتيجة لضوابط الخفت، و2200 ساعة من التشغيل في السنة، وكلفة كهرباء

بقيمة 12,0 دولار لكل كيلوواط ساعة (وهو سعر مؤسسة الكهرباء للمستهلكين التجاريين في الأردن)، وتكاليف مواد وعمال كما هي محددة في الجدول 6-3. ولو أن تدبيراً مشابهاً طُبّق في دول الخليج لكان أدى إلى فترة لاسترداد رأس المال تفوق 20 سنة، وذلك لتدني تعريفات الكهرباء.

وفي حال تمّ استخدام نظام خفت بقييم سطوع يجري ضبطها مقدماً من دون أجهزة استشعار ضوئي، فإن فترة استرداد رأس المال تخفّض إلى النصف، إلا أن مثل تلك الأنظمة هي ذات حمل ثقيل لأنها تحتاج إلى إعادة ضبطها يدوياً وفقاً بمقدار ضوء النهار الداخل إلى المبنى.

**ب-4) تركيب ساعات توقيت أو أجهزة استشعار ضوئي لضبط الإنارة الخارجية.** يمكن أيضاً تحقيق وفورات في الطاقة عن طريق زيادة الكفاءة في الإنارة الخارجية. ويُصح باستخدام دورات الإنارة الخارجية التي تضبطها موقتات حين تكون الإنارة مُحدّدة مقدماً وفقاً جدول يومي أو أسبوعي. وساعات التوقيت أو أجهزة الاستشعار الضوئي التي تشغل الإنارة الخارجية في الغسق وتطفئها في الفجر هي تطبيقات دقيقة قادرة على تلافي إهدار الطاقة بسبب الإنارة غير الضرورية.

### الجدول 6-3: تكاليف كوابح وضوابط الخفت

التقنية	المواد	العمل <sup>3</sup>	إجمالي الكلفة <sup>4</sup>
كوابح الخفت 36 واط	\$ 45	\$ 10	\$ 55
نظام الخفت الأوتوماتيكي <sup>1</sup>	\$ 2500	\$ 300	\$ 2800
الأسلاك لكل تركيب <sup>2</sup>	\$ 5	\$ 7	\$ 12

1- يتضمّن جهاز الاستشعار الضوئي ومفتاح التحكم لتركيبات إضاءة يصل عددها إلى 150.

2- بين مفتاح التحكم والتركيبية (تستطيع مفاتيح التحكم أن تتحمل تركيبات 4 × 36 واط يصل عددها إلى 150).

3- يشمل العمل المصاريف العامة والأرباح

4- تنطبق التكاليف الواردة أعلاه على البلدان العربية المتوسطة الدخل والمرتفعة الدخل. بالنسبة لكل من الجزائر ومصر والعراق والسودان وسورية وتونس واليمن يُنقّص إجمالي الكلفة بمقدار 20%. ويُشار إلى أن أنظمة الخفت الأوتوماتيكية قد لا تتوافر بسهولة في البلدان المذكورة باستثناء تونس.

**فترة استرداد رأس المال:** تتفاوت وفورات الطاقة والتكاليف بشكل كبير وفقاً لممارسات الإنارة الخارجية السائدة. ويؤدي استخدام الموقتات إلى تخفيض المصاريف وتقصير فترات استرداد رأس المال إلى بضعة أشهر خصوصاً عندما تتحكم هذه الموقتات بعدة تركيبات إنارة عالية القدرة. راجع الجدول 6-4 للاطلاع على تكاليف المنتجات وأجور عمال التركيب.

### ج) تحسينات كفاءة مصادر الإنارة

غالباً ما ينجم عن إدخال تحسينات على مصادر إنارة أكثر كفاءة (مصابيح، تركيبات إنارة، وسواها) مكاسب كبرى في كفاءة أنظمة الإنارة. ينبغي البحث عن فرص مناسبة لاستبدال مصادر الإنارة (مثل المصابيح التوهجية، والمصابيح الفلورية الخطية T12) بمصادر عصرية أكثر كفاءة (مثل المصابيح الفلورية المدمجة، والمصابيح الفلورية الخطية T8 أو T5، والمصابيح ذات الصمامات الثنائية الباعثة

### الجدول 4-6 تكاليف أجهزة الاستشعار الضوئي وساعات التوقيت

التقنية	المواد	العمل	إجمالي الكلفة
جهاز استشعار ضوئي خارجي	\$30	\$20	\$50
ساعة توقيت، 24 ساعة، كهربائية الحركة	\$45	\$30	\$75
ساعة توقيت، 24 ساعة، رقمية	\$65	\$30	\$95
ساعة توقيت، 7 أيام، كهربائية الحركة	\$55	\$30	\$85
ساعة توقيت، 7 أيام، رقمية	\$65	\$30	\$95

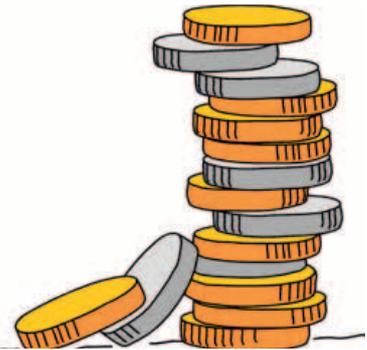
للضوء، ومصابيح التفريغ العالي الشدة). للاطلاع على معلومات أساسية حول أنواع الإنارة راجع الملحق أ- المعنون "معلومات أساسية عن الإنارة".

تكون تكاليف تركيب أجهزة مطوّرة مثل مصابيح الإضاءة وضوابط تشغيل المفاتيح المحسّنة في معظم الأحيان زهيدة، لكنها قد تتطلب أحياناً نفقات رأسمالية كبيرة ذات مجالات متعدّدة بالنسبة لفترات استرداد رأس المال وتعقيدات تكنولوجية كبرى، وهي تتيج بذلك عدّة خيارات محتملة.

ج-1) استبدال المصابيح الفلورية الخطية T12 بأخرى من نوع T8 أو T5. المصابيح الفلورية الخطية T8 أو T5 هي مصادر الإنارة القياسية المستخدمة في المكاتب المنشأة حديثاً (علماً بأن المصابيح T5 هي ذات قطر أضيق وأقصر إلى حدّ ما وأكثر كفاءة من المصابيح T8). ولا تزال المصابيح T12 غير الكفوءة قيد الاستعمال في المكاتب المنشأة منذ 20 سنة وأكثر. إلا أن المصنّعين بدأوا يخفّضون بالتدريج إنتاج هذه المصابيح وأصبح إيجادها صعباً في معظم أسواق الدول العربية. وينبغي على هذه المكاتب أن تباشر تطوير النوعين T8 أو T5.

تُستخدم في المصابيح الفلورية الخطية T12 كوابح مغنطيسية، أمّا في T8 فتُستخدم الكوابح الكهرمغنطيسية أو الإلكترونية. وتعمل مصابيح T5 بكوابح إلكترونية فقط. ليست الكوابح الخاصة بالأنواع T12 وT8 وT5 قابلة للابديل، ممّا يعني أن تغيير نوع المصباح يفرض تلقائياً تغيير الكابح. ويُشار إلى أن T8 وT12 يُنتجان بالطول القياسي نفسه، أي أن استبدال مصباح T12 بمصباح T8 لا يستوجب عادةً استبدال التركيبة بأكملها. إلا أن T5 هو أقصر نوعاً ما من T8 وT12، ممّا يفرض تغيير كامل التركيبة عند الانتقال من استخدام T12 أو T8 إلى T5. يمكن مراجعة الجدول 5-6 لأخذ فكرة عن التكاليف الإضافية لمنتجات وعمال الاستبدال عند التحول من T12 إلى T8 أو T5.

علاوة على ذلك، فإن لمصابيح بطول 1219 مليمتراً وT5 بطول 1163 مليمتراً مع عاكسات وكوابح إلكترونية فعالية أعلى بنحو 20% و30%، على التوالي، من مصابيح T12 مماثلة مع كوابح مغنطيسية، كما هو موضح في الجدول 6,6. فالكسب في الفعالية عند التحول من مصابيح T8 مع كوابح مغنطيسي إلى مصابيح T5 يبلغ حوالي 20%. كما إن مصابيح T5 وT8 هي أقل ضجيجاً وأخف وزناً وتسمح بخفت كفاءه حين تكون مصمّمة لذلك. وهي أيضاً ذات عمر أطول من مصابيح T12، أي أنها تحتاج إلى صيانة أقل وتنتج نفايات أقل. ونظراً للمكاسب في وفورات الطاقة، فمن المفيد دائماً التحول من مصابيح T12 أو



### الجدول 5-6 تكاليف المصابيح T8 وT5 والكوابح الإلكترونية

التقنية	المواد (تكاليف إضافية)	العمل (تكاليف إضافية)	إجمالي الكلفة
مصباح T8 - 1219 ملم	\$0 <sup>1</sup>	\$0 <sup>2</sup>	\$0
مصباح T5 - 1163 ملم	\$3 <sup>3</sup>	\$2 <sup>3</sup>	\$5
كابح إلكتروني	\$17 <sup>4</sup>	\$3 <sup>4</sup>	\$20
كابح كهرو - مغنطيسي <sup>5</sup>	\$3	\$3	\$6
تركيبة T55 كاملة 4 × 28 واط	\$70 <sup>6</sup>	\$20	\$90

- 1- ليس لهذا المصباح تكاليف إضافية زيادة عن مصباح T12.
- 2- تكاليف العمالة الإضافية هي صفر على افتراض أن مصباح T12 هو على وشك أن يُستبدل.
- 3- يتضمن حاملات المصابيح التي ينبغي استبدالها في حال بقاء التركيبة.
- 4- كوابح T8 وT5، على رغم اختلافها، لها السعر نفسه تقريباً.
- 5- في حال النظر باستخدام كوابح كهرو - مغنطيسية لمصابيح T8.
- 6- الكوابح الإلكترونية وحامل المصابيح مشمولة ضمن سعر التركيبة.

T8 مع كوابح مغنطيسية إلى T5 حتى ولو اقتضى ذلك تغيير تركيبة الإنارة، هذا في حال كانت المنشأة الأصلية موجودة منذ أكثر من 20 سنة .

ونظراً إلى أن مصابيح T5 وT8 هي ذات فعالية إنارة أكبر (تُقاس باللومن لكل واط)، يمكن الحصول على نفس جودة ونسوع النور بعدد أقل من المصابيح بعد التعديل التحسيني من T12 إلى T8 أو T5، لكن هذا لا ينطبق دائماً كما يبين المثل أدناه. ومن الفوائد الإضافية لإزالة المصابيح غير الضرورية في البلدان ذات المناخ الحار تخفيض الحرارة الصادرة عن المصابيح، ما يخفض أحمال تبريد المباني ويقلل تكاليف الطاقة.

فترة استرداد رأس المال: في أحد المكاتب في تونس، المطلوب تحسين مئة تركيبة من 4 مصابيح فلورية × 40 واط من نوع T12 بطول 1219 مليمتراً، والخيارات المحتملة للتحسين هي على النحو الآتي:  
الخيار 1: التحسين إلى T8 مع كوابح مغنطيسية.

### الجدول 6-6 مقارنة فعالية<sup>1</sup> المصابيح T12 وT8 وT5 ذات الطول 1219 ملم.

مصباح T5		مصباح T8 مع كابح إلكتروني		مصباح T12 مع كابح مغنطيسي		عدد المصابيح
فعالية النظام الاسمية (لومن/واط)	الدخل بالواط	فعالية النظام الاسمية (لومن/واط)	الدخل بالواط	فعالية النظام الاسمية <sup>2</sup> (لومن/واط)	الدخل بالواط	
94	58	84	75	71	94	2
94	116	84	150	71	188	4

- 1- الفعالية: مقدار خرج إضاءة مصدر ما لكل وحدة طاقة حرارة دخل يعطيها ذلك المصدر إلى الحيز.
- 2- بما في ذلك خسائر الكابح. والواقع أن فعالية النظام الحقيقية في منتصف العمر هي أدنى من القيم الاسمية لمصابيح T12 بحوالي 20% ومصابيح T8 وT5 بحوالي 10%.

الخيار 2: التحسين إلى T8 مع كوابح إلكترونية.

الخيار 3: التحسين إلى T5 من دون تغيير التركيبات.

الخيار 4: التحسين إلى T5 مع تغيير التركيبات.

يبين الجدول 6-7 التكاليف والوفورات السنوية وفترة استرداد رأس المال لكل من هذه الخيارات. وقد تمت الحسابات على أساس 2200 ساعة تشغيل وكلفة مؤسسة الكهرباء بمعدل 0,12 دولار لكل كيلوواط ساعة (السعر للمستهلكين التجاريين في تونس)، وكذلك على ضوء البيانات الواردة في الجدولين 5-6 و 6-6. ولو أن المكتب نفسه كان في القاهرة لكانت فترة استرداد رأس المال أطول بنسبة 30% على أقل تقدير، وذلك لأن أسعار مؤسسة الكهرباء للمستهلكين التجاريين هو 0,08 دولار لكل كيلوواط ساعة.

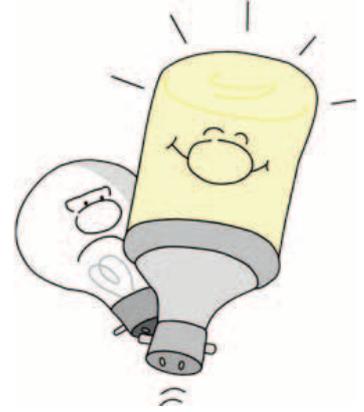
ومن الجدير بالذكر أنه من غير الممكن إنقاص عدد التركيبات في الخيارين 1 و 2، أما في الخيارين 3 و 4 فقد تكون هناك حاجة لزيادة المصابيح لأن قدرة مصابيح T5 بالواط هي أقل، وذلك على رغم زيادة فعالية التركيبات (راجع الجدول 6-6). لذلك يستحسن دائماً استشارة مؤسسة متخصصة بشأن المفاضلة بين الخيارات المختلفة.

### الجدول 6-7 التحسين من مصابيح T12 إلى T8 أو T5 على أساس عدة خيارات

الخيار	الكلفة	الوفورات السنوية	فترة استرداد رأس المال	عدد التركيبات المطلوبة
1	\$ 2,400	\$ 552	3,4 سنوات	99
2	\$ 8,000	\$ 1,017	7,9 سنوات	99
3	\$ 9,600	\$ 1,574	6,1 سنوات	109
4	\$ 11,600	\$ 1,500	7,4 سنوات	109

ولو كان مكتب تونس مجهزاً بتركيبات T8 مع كوابح مغناطيسية وأريد تحسينها إلى كوابح إلكترونية مع الاحتفاظ بالمصابيح من دون تغيير لكانت الكلفة تبلغ 5600 دولار والوفورات السنوية 465 دولاراً وكانت فترة استرداد رأس المال 12 سنة. أما التحسين من T8 مع كوابح مغناطيسية إلى T5 من دون تبديل التركيبات فيكلف 7200 دولار ويثمر وفورات سنوية مقدارها 1022 دولاراً ويعطي فترة لاسترداد رأس المال تبلغ 7 سنوات.

كما إنه من المستحسن إزالة تركيبات الإنارة والمصابيح غير الضرورية إذا كان نظام الإنارة ذا قدرة تفوق المطلوب، بحيث يسبب مستويات إنارة مفرطة ومسحوبات طاقة غير ضرورية. فإذا كانت تركيبات الإنارة الموجودة تتألف من مصابيح فلورية فيمكن فصل بعضها. وقد يترتب على هذا التدبير بعض أجور العمال التي تظل بسيطة، مما يؤدي إلى فترات قصيرة لاسترداد رأس المال لا تتجاوز الشهرين. ومن الضروري جداً التأكد من أن مستويات الإنارة لا تزال مقبولة بعد إنجاز التعديل. يمكن عملياً خفض أجور العمال، وذلك بالجمع بين أعمال إزالة المصابيح غير الضرورية، إذا لزم الأمر، وأعمال الصيانة الدورية الأخرى مثل تنظيف تركيبات الإنارة. وينبغي التنبيه إلى أن فصل الأنابيب الفلورية عن الطاقة بفكها أمر غير مرغوب فيه لأن كوابح الأنابيب المفكوكة تظل موصولة بمصدر الطاقة، وبالتالي تسحب التيار الكهربائي الذي يتبدد جزئياً إذ يتحول إلى فقد حراري. يُضاف إلى ذلك أن فترة حياة الكوابح تتأثر سلباً.



ج-2) استبدال المصابيح التوهجية بمصابيح فلورية مدمجة موازية لها. يحوّل المصباح التوهجي النموذجي 90 – 95% من دخل طاقته إلى حرارة مهدورة. لكن المصابيح الفلورية المدمجة مصمّمة لتكون متوافقة مع التركيبات التوهجية التقليدية، مع أنها أكثر كفاءة من المصابيح التوهجية الموازية بنسبة 60-75% ومدى عمرها المتوقّع يصل إلى 10000 ساعة مقابل حوالي 1000 ساعة للمصباح التوهجي. لذلك فإن استخدام مصابيح فلورية مدمجة بدلاً من المصابيح التوهجية سيخفّض تكاليف الصيانة والتبريد بالإضافة إلى تخفيض تكاليف طاقة الإنارة.

تُصنع المصابيح الفلورية المدمجة بأشكال وأحجام متنوّعة ويمكن أن تُستخدم لحاجات متعدّدة. فمثلاً، تمتاز المصابيح الفلورية المدمجة المتغيّرة الخرج بمخرجات إنارة ثلاثية المسالك أو بإنارة قابلة للخفت. وتُعتبر المصابيح الفلورية المدمجة بديلاً مجدياً للمصابيح التوهجية في كل تطبيقات الإنارة في المكاتب تقريباً.

### نموذج حساب فترة استرداد رأس المال

#### لاستبدال مصباح فلوري مدمج 24 واط بمصباح توهجي 100 واط

- ساعات التشغيل المفترضة في السنة: 1500 ساعة (250 يوماً × 6 ساعات يومياً)
- أسعار الكهرباء المفترضة: 0,08 / كيلوواط ساعة
- كلفة المصباح الفلوري المدمج: 4 دولارات
- كلفة المصباح التوهجي: دولار واحد
- استهلاك المصباح الفلوري المدمج للكهرباء سنوياً:  $24 \times 1500 / 1000 = 36$  كيلوواط ساعة
- استهلاك المصباح التوهجي للكهرباء سنوياً:  $100 \times 1500 / 1000 = 150$  كيلوواط ساعة
- وفورات الطاقة الكهربائية سنوياً:  $150 - 36 = 114$  كيلوواط ساعة
- الوفورات النقدية السنوية:  $114 \times 0,08 = 9,12$  دولار
- فترة استرداد رأس المال البسيطة:  $(4 - 1) / 9,12 = 0,33$  سنة أو 4 أشهر
- مُعامل تحويل الطاقة الأولي / النهائي المفترض: 2,7 كيلوواط ساعة / كيلوواط ساعة
- المعامل المفترض لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من محطة الكهرباء: 650 غراماً / كيلوواط ساعة
- الطاقة الأولية الموقّرة في محطة الكهرباء:  $114 \times 2,7 = 308$  كيلوواط ساعة
- تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:  $308 \times 650 / 1000 = 200$  كيلوغرام ثاني أكسيد الكربون
- فترة استرداد رأس المال المحتسبة أعلاه مبنية على أساس التوفيرات من تخفيض كهرباء الإنارة. ولم يؤخذ ما يأتي في الحسبان:
- عمر التشغيل الأطول للمصباح الفلوري المدمج.
- الوفورات الإضافية من تخفيض حمل التبريد وأعمال الصيانة

### الجدول 6-8 مقارنة القدرة المتكافئة (بالواط) بين المصابيح التوهجية والمصابيح الفلورية المدمجة ذات الخرج المتساوي (باللومن)

المصابيح الفلورية المدمجة (واط)	خُرْج الإضاءة الأدنى (لومن)	المصابيح التوهجية (واط)
9 إلى 13	450	40
13 إلى 15	800	60
18 إلى 25	1100	75
23 إلى 30	1600	100
30 إلى 52	2600	150

**فترة استرداد رأس المال:** فترة الاسترداد العادية لاستبدال المصابيح التوهجية بمصابيح فلورية مدمجة موازية لها لا تزيد على ستة أشهر. وفي ما يأتي نموذج لحساب وفورات الكهرباء التقديرية الناجمة عن استبدال مصباح توهجي 100 واط بمصباح فلوري مدمج 24 واط موازي الخرج باللومن.

ولمعرفة أيّ المصابيح الفلورية المدمجة يمكن أن يعطي مقدار النور نفسه الذي يعطيه المصباح التوهجي الموجود، يمكن الرجوع إلى الجدول 6-8.

**ج-3) تركيب إشارات مخارج المصابيح ذات الصمامات الثنائية الباعثة للضوء.** على الرغم من أن إشارات المخارج تسحب فولتية منخفضة نسبياً، فهي تعمل باستمرار. وتسحب إشارة المخرج التوهجية العادية من القدرة الكهربائية سنوياً ما يحتاجه كومبيوتر شخصي مكتبي. أما إشارات مخارج الصمامات الثنائية الباعثة للضوء فهي أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة من الإشارات التوهجية أو الفلورية. وفي الجدول 6-9 مقارنة لإيضاح الفروقات بين مختلف مصادر الضوء لإشارات المخارج.

### الجدول 6-9 مقارنة أنواع إشارات المخارج

صمامات ثنائية باعثة للضوء	إنارة فلورية	إنارة توهجية	
5	16	40	قدرة الدخل (واط)
18	96	350	الطاقة السنوية (كيلوواط ساعة)
+10	2-1	0,5 - 0,25	عمر المصباح (عدد السنوات)
\$ 5,30	\$ 16,6	\$ 420	كلفة الطاقة التقديرية في السنة (0,12 دولار لكل كيلوواط ساعة)

**فترة استرداد رأس المال:** تمّ في مكتب في بيروت حساب تكاليف استبدال عشر إشارات مخارج ذات أنوار توهجية بصمامات ثنائية باعثة للضوء، فبلغت 550 دولاراً وأثمرت توفيراً سنوياً في أسعار الكهرباء مقداره 375 دولاراً، أي أن فترة استرداد رأس المال تبلغ 1,5 سنة (على افتراض كلفة 55 دولار لكل إشارة، وأسعار الكهرباء على أساس 0,12 دولار لكل كيلوواط ساعة، وأجور عمال بقيمة 5 دولارات في الساعة).

وإذا طُبّق استعمال مماثل في الجزائر، فإن فترة استرداد رأس المال ستكون ضعفين تقريباً نظراً لأن تعرفه الكهرباء متدنية في الجزائر إذ تبلغ 0,07 دولار لكل كيلوواط ساعة.

الشكل 6-10 فعالية<sup>1</sup> (لومن للواط) مصادر النور المختلفة

المصدر	الفعالية <sup>2</sup> (لومن / واط)
شمعة	1
مصباح زيتي	0,3
مصباح توهجي (15 - 500 واط)	22-8
مصباح تنغستين هالوجين (صفر - 1500 واط)	22-18
مصباح فلوري (15 - 215 واط)	80-35
مصباح فلوري مدمج	75-55
مصباح بخار الزئبق (40 - 1000 واط)	63-32
مصباح هاليد معدني (70 - 1500 واط)	125-80
مصباح صوديوم عالي الضغط (35 - 100 واط)	115-55
مصباح حثي	70-48
مصباح كبريتي	100-90
أشعة شمس مباشرة منخفضة الارتفاع (=7°)	90
أشعة شمس مباشرة عالية الارتفاع 25°	117
أشعة شمس مباشرة متوسطة الارتفاع	100
سما (صافية)	150
سما (معتدلة)	125
مصدر صمام ثنائي باعث للضوء	1303
الحد النظري الأقصى القصوى لفعالية المصدر (تقريبي)	250

1- الفعالية: راجع التعريف في الجدول 6-6

2- تتضمن فعالية مصابيح التفريغ الواردة في الجدول خسائر كوابح التيار

3- يجري العمل على تحسين هذه القيمة.

**ج-4) تحسين الإنارة الخارجية إلى تركيبات صوديوم عالي الضغط أو تركيبات هاليد معدني.** توفر مصابيح التفريغ العالي الشدة ما بين 50 و 90% من استهلاك الطاقة بالمقارنة مع المصادر التوهجية، وهي مناسبة جداً للاستعمال في الخارج. وتمتاز مصابيح التفريغ العالي الشدة بحياة أطول وتوفر من الضوء مقابل كل واط أكثر من أي مصدر ضوء آخر. ويزداد مؤخرًا استخدام مصابيح الصوديوم العالي الضغط والهاليد المعدني الأكثر كفاءة بدلاً من مصابيح بخار الزئبق. ومن أهم صفات مصابيح الصوديوم العالي الضغط العيارية أنها الأكثر فعالية بين جميع مصابيح التفريغ العالي الشدة، إلا أنها تُصدر نوراً ضارباً إلى الصفرة. راجع الشكل 6-10 للمقارنة بين مستويات فعالية مختلف مصادر الضوء. يُشار إلى أن أسعار مصابيح التفريغ العالي الشدة تتفاوت بدرجات كبيرة وذلك اعتماداً على الاستعمال، لكنها إجمالاً أكثر كلفة من المصابيح التوهجية الموازية.

**فترة استرداد رأس المال:** على رغم التكاليف الإضافية المرتفعة لمصابيح التفريغ العالي الشدة فإن تخفيض القدرة بالواط الذي يتحقق عند استخدامها بدلاً من المصابيح التوهجية كبير بحيث إن فترة استرداد رأس المال لا تزيد عادةً عن سنة واحدة.



## معلومات إضافية

يمكن الحصول على معلومات إضافية حول الإنارة من المواقع التالية:

[http://www.energy.ca.gov/enhancedautomation/documents/400-02-005F\\_TECH\\_OPTIONS.PDF](http://www.energy.ca.gov/enhancedautomation/documents/400-02-005F_TECH_OPTIONS.PDF)

<http://www.lrc.rpi.edu/researchAreas/controls.asp>

يمكن تسهيل عملية جمع المعلومات حول أعداد وأنواع مختلف تركيبات الإنارة في المكاتب واستهلاكها للطاقة، وذلك استناداً إلى قائمة المراجعة الموجودة في الموقع:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist%205lighting.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist%205lighting.pdf)

## مختصر مفيد

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك طاقة الإنارة

## 1. التغيير في السياسات والإجراءات

- تدريب /تعليم الموظفين لإطفاء الأنوار
- الفصل بين إنارة المهّمات وإنارة المحيط
- ممارسة صيانة الإضاءة العادية

## 2. تدابير كفاءة ضبط الإنارة

- تركيب ساعات توقيت لإطفاء الأنوار أوتوماتيكياً بعد ساعات العمل.
- تركيب أجهزة استشعار الإشغال.
- تركيب كوابح تيار قابلة للخفت وضوابط خفت الإضاءة في المناطق الداخلية المنارة بالضوء الطبيعي.
- تركيب أجهزة استشعار ضوئي في المناطق الداخلية المنارة بالضوء الطبيعي.
- تركيب ساعات توقيت أو أجهزة استشعار ضوئي لضبط الإنارة الخارجية.

## 3. تحسينات كفاءة مصادر الإنارة

- استبدال المصابيح الفلورية الخطية T8 ذات عاكسات بمصابيح خطية فلورية T12 (للاطلاع على معلومات تفصيلية حول أنواع الإنارة يمكن مراجعة الملحق أ: معلومات أساسية عن الإنارة).
- استبدال المصابيح التوهجية بمصابيح فلورية مدمجة موازية.
- تركيب إشارات مخارج الصمامات الثنائية الباعثة للضوء.
- تحسين الإنارة الخارجية باستعمال تركيبات صوديوم عالي الضغط أو تركيبات هاليد معدني.

## الفصل 7 تجهيزات المكاتب (كومبيوترات شخصية، شاشات عرض، آلات نسخ، ماكينات بيع)

### الأهداف

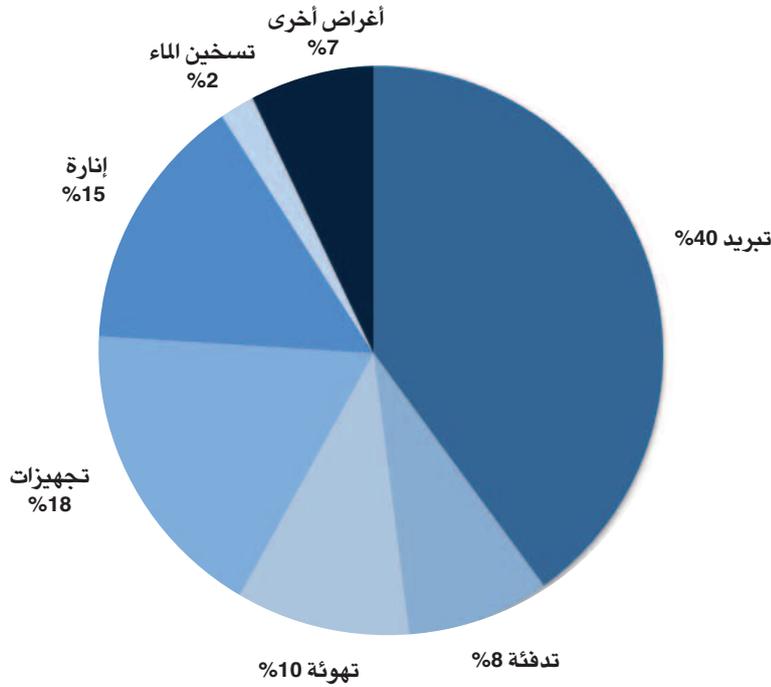
- إجراء جرد للتجهيزات المكتبية الموجودة وتحديد أنماط استخدامها.
- تفهم دورة حياة التجهيزات المكتبية بدءاً من الشراء/الإيجار إلى التشكيل الأولي ثم الصيانة المتواصلة.
- إعداد تقديرات لاستهلاك التجهيزات المكتبية للطاقة وحساب الوفورات التقديرية الممكنة نتيجة لتقنيات كفاءة الاستخدام وتحسينات تجهيزات المكاتب.



### نظرة عامة

يستخدم، في المتوسط، 18% من الطاقة من أجل التجهيزات المكتبية في أي مبنى مكاتب كبير في المنطقة العربية. ولتوضيح الأهداف، يوفر الشكل 7-1 تفصيلاً افتراضياً لاستهلاك الطاقة في مبنى كبير للمكاتب (تزيد مساحته على 10000 متر مربع). كما إن الحرارة المهدورة من آلات المكاتب غير الكفاءة يمكن أن ترفع حمل التبريد في المبنى، مما يزيد مقدار الطاقة التي تحتاج إليها أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. وثمة إمكانات محتملة لزيادة كفاءة جميع تجهيزات المكاتب من الكومبيوترات الشخصية إلى آلات النسخ إلى ماكينات البيع، كما يظهر في الجدول 7-2.

الشكل 7-1 تفصيل افتراضي لاستهلاك الطاقة في مباني المكاتب الكبيرة في بلد عربي معين



يعرض هذا الفصل مجموعة من الإستراتيجيات لتخفيض ما تسحبه تجهيزات المكاتب النموذجية من الكهرباء. وتتضمن هذه الإستراتيجيات زيادة الاستخدام الكفوء للتجهيزات الموجودة وشراء أجهزة جديدة أكثر كفاءة. وثمة عدد من الحلول البسيطة نسبياً التي يمكن اعتمادها لتخفيض استهلاك المعدات الحالية للكهرباء. إلا أن معظم المكاتب في البلدان العربية لم تتخذ بعد أبسط تدابير الكفاءة. فمن الشائع مثلاً ترك الكومبيوترات الشخصية المكتبية شغالة خلال الليل. وتُفعل في عدد قليل فقط من هذه الكومبيوترات ضوابط إدارة الطاقة لتخفيض سحب الكهرباء. ولعل تفعيل ضوابط إدارة الطاقة هذه هو أبسط خطوة يمكن القيام بها لتخفيض الكهرباء التي تسحبها الأدوات المكتبية غير المستخدمة. ويمكن تحقيق ذلك بحث الموظفين على تفعيل ضوابط إدارة الطاقة في الكومبيوترات الشخصية وشاشات العرض والطابعات وآلات النسخ. وهناك حل أشمل بالنسبة للكومبيوترات الشخصية وشاشات العرض، هو تركيب برنامج إدارة طاقة مركزي للتحكم أوتوماتيكياً بضوابط الطاقة لكل جهاز.

ونظراً إلى أن أجهزة المكاتب تُستبدل عادةً على فترات أسرع من التجهيزات الأخرى في المباني مثل الإنارة وأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، فيمكن تحقيق تخفيضات أخرى في سحب الطاقة بشراء أجهزة أكثر كفاءة. وإذا ما وجدت برامج الاعتماد و/أو التقييم و/أو التصنيف في مجال الطاقة، فإنها تحدد مقاييس الكفاءة في التجهيزات المكتبية، مما يسهل على المؤسسات إيلاء الكفاءة في معايير الشراء الأولوية من أجل اختيار أجهزة أكثر كفاءة.

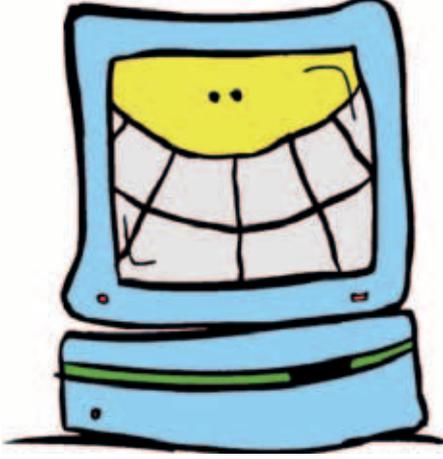
الجدول 7-2 إمكانات وإستراتيجيات التوفير في الطاقة بالنسبة للتجهيزات المكتبية النموذجية

إستراتيجيات التوفير في الطاقة	النسبة المئوية لوفورات الطاقة التقديرية الممكنة	وفورات الطاقة التقديرية الممكنة (كيلوواط ساعة / سنة)	متوسط استهلاك الطاقة السنوي (غير إنرجي ستار" المعتمدة من دون تفعيل ضوابط إدارة الطاقة) (كيلوواط ساعة / سنة)	الجهاز
تفعيل ضوابط التوفير في الطاقة تركيب برنامج لإدارة الطاقة شراء أجهزة "إنرجي ستار" المعتمدة	~83%	~430	520	كومبيوتر شخصي مكتبي (60% منها يُترك شغلاً خلال الليل)
تفعيل ضوابط التوفير في الطاقة تركيب برنامج لإدارة الطاقة شراء أجهزة "إنرجي ستار" المعتمدة	~4%	~5	139	كومبيوتر شخصي محمول
تفعيل ضوابط التوفير في الطاقة تركيب برنامج لإدارة الطاقة شراء أجهزة "إنرجي ستار" المعتمدة	~82%	~350	429	شاشة عرض كاثودية 17 بوصة
تفعيل ضوابط التوفير في الطاقة تركيب برنامج لإدارة الطاقة شراء أجهزة "إنرجي ستار" المعتمدة	~68%	~180	266	شاشة عرض بالبلورات السائقة 17 بوصة
تفعيل ضوابط التوفير في الطاقة تركيب برنامج لإدارة الطاقة	~47%	~550	1,164	طابعة ليزر أحادية اللون (31 - 40 صفحة في الدقيقة)
شراء أجهزة "إنرجي ستار" المعتمدة استخدام الطباعة المزدوجة	~55%	~360	660	آلة نسخ (21 - 40 صفحة في الدقيقة)
تركيب جهاز لتوفير الطاقة (مثل جهاز Vending Miser)	~51%	~1752	3,468	ماكينة بيع

## دليل جمع المعلومات

لا شك أن مدير تكنولوجيا المعلومات يمكنه الإجابة عن الأسئلة ذات العلاقة بالكومبيوترات. أما التجهيزات المكتبية الأخرى، مثل آلات النسخ وآلات الفاكس، فقد تكون من مسؤولية مدير المرفق أو مدير المكتب. وينبغي لأي حملة لتحسين أداء التجهيزات المكتبية من حيث كفاءة الطاقة أن تهتم بجمع المعلومات المناسبة. وفي ما يأتي قائمة بأسئلة شائعة في هذا المجال:

- كم عدد الكومبيوترات المكتبية والكومبيوترات المحمولة وآلات النسخ والطابعات وماكينات البيع المستخدمة في المكتب؟ وما هي النسبة المئوية للأجهزة، في كل نوع، التي تحمل علامات كفاءة الطاقة؟
- ما هي الأجهزة المملوكة؟ والأجهزة المستأجرة؟
- إذا كانت الكومبيوترات الشخصية لا تحمل علامات كفاءة، فمتى تحين المرحلة القادمة لتطويرها؟



- من هو المسؤول عن اختيار الكمبيوترات وإجراءات اتخاذ قرارات الشراء؟
- ما هي نسبة عدد الكمبيوترات وشاشات العرض التي تُطفأ في الليل؟
- ما هي ضوابط الطاقة، إن وُجدت، المستخدمة للكمبيوترات وشاشات العرض؟
- من هو المسؤول عن تشكيل كمبيوترات المكتب وصيانتها؟
- هل فكرت الشركة في تركيب برنامج إضافي لإدارة طاقة الكمبيوترات؟
- هل إن ضوابط حفظ الطاقة في حالة تشغيل بالنسبة للطابعات وآلات النسخ؟
- هل تقوم الطابعات وآلات النسخ بالطباعة المزدوجة بناء على اختيار الكمبيوتر التلقائي؟
- من هو المسؤول عن تعديلات سياسة تجهيزات المكتب؟

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة لتجهيزات المكاتب

تنقسم تدابير كفاءة الطاقة بالنسبة لتجهيزات المكاتب، بشكل عام، إلى التدابير المرتبطة بالتغييرات السلوكية والسياسات، وتلك المتعلقة بتحسين كفاءة استخدام الأدوات الموجودة، وتلك التي تتطلب إدخال تحسينات على الأجهزة و/أو استبدالها. ويشمل النوع الأول عادة إجراءات عديمة الكلفة أو منخفضة الكلفة، في حين أن النوع الأخير ينطوي على مصروفات رأسمالية.

لم يكن الناس، حتى عهد قريب، يكثرثون لاستهلاك الأجهزة المكتبية للطاقة وإنما كان همهم فعالية هذه الأجهزة وأداءها العملي وإنتاجيتها. لكن هذه العقلية أخذت تتغير الآن وأصبح استهلاك الأجهزة للطاقة موضع اهتمام أكبر، وخصوصاً عندما تكون الأجهزة في وضعية الخمول أو الاستعداد.

### (أ) كفاءة استخدام تقنيات المكاتب

يخفّض الاستخدام الكفوء لتقنيات المكاتب استهلاك التجهيزات الموجودة للطاقة، وذلك عادةً بتحويل المعدات إلى حالة الطاقة المنخفضة أثناء عدم استخدامها.

**1-1) إيقاف الأجهزة بعد ساعات العمل.** هذه أسهل وأبسط طريقة معروفة لتحقيق وفورات كبيرة من دون تكاليف عملية. ولقد أظهرت الدراسات أن أكثر من 50% من مجمل الكمبيوترات لا يتم إيقافها بعد ساعات العمل. (Robertson et al., 2004). وإذا لم يتم إيقاف أجهزة المكاتب بالكامل، أو إذا تركت في وضعية الاستعداد طوال الليل، فإن ذلك قد يرفع استهلاك الطاقة بما لا يقل عن 70%، خصوصاً إذا لم تكن الأجهزة مزودة بوظيفة إدارة الطاقة أو كانت تلك الوظيفة معطلة. لكن قطع مصدر الطاقة يساهم في تحقيق وفورات كبيرة في استهلاك الطاقة ويعطي نتائج سريعة. ويُنصح كذلك بإيقاف الأجهزة عندما لا يتم استخدامها فترات طويلة خلال ساعات العمل. وفي ما يأتي بعض

الخطوات المقترحة لتسهيل تنفيذ هذا التدبير:

- تشجيع الموظفين على التعاون عن طريق حملات التوعية.
- وضع لافتات في كل غرفة.

**أ-2) الاستفادة من ميزة إدارة الطاقة.** تمتاز الكثير من أجهزة الكمبيوتر الحديثة وغيرها من المعدات المكتبية، مثل آلات النسخ، بالقدرة على إدارة الطاقة. لكن في كثير من الأحيان يُعطل المستخدمون تلك القدرة حين يعدّلون بعض الضوابط في أجهزتهم. ولقد أظهرت الدراسات أنّ أجهزة الكمبيوتر التي تكون فيها وظيفة إدارة الطاقة مُفَعّلة لا تتجاوز 25% من المجموع (Robertson et al., 2004). وميزة إدارة الطاقة - وهي قياسية في نظامي التشغيل وندوز وماكنتوش - تضع أوتوماتيكياً شاشات العرض والكمبيوترات (وحدات المعالجة المركزية والأقراص الصلبة وسواها) في "وضع سبات" منخفض الطاقة بعد مرور فترة من عدم النشاط. ويُستحسن إعداد الكمبيوترات لتدخل في وضع استعداد أو سبات النظام بعد 20 دقيقة من عدم النشاط. ولتوفير المزيد من الطاقة يمكن إعداد شاشات العرض للدخول في وضعية السبات بعد مرور ما بين 5 دقائق و20 دقيقة من عدم النشاط. فمتابعة تفعيل ضوابط إدارة الطاقة تُثمر تخفيضاً في استهلاك الطاقة من دون أي استثمار إضافي. وفي ما يأتي بعض الخطوات المقترحة لتسهيل تنفيذ هذا التدبير:

- تشجيع الموظفين على التعاون عن طريق حملات التوعية.
- وضع ملصقات على هياكل الكمبيوترات المكتبية وسائر الأجهزة.
- إطلاق إجراء روتيني شهري بحيث تقوم دائرة تكنولوجيا المعلومات بفحص ضوابط إدارة الطاقة على جميع الأجهزة المكتبية وتعديلها بحسب الحاجة.

**أ-3) تركيب برنامج إضافي لإدارة طاقة الكمبيوترات.** تحدد البرامج المركزية لإدارة الطاقة ضوابط الطاقة في كل الكمبيوترات الشخصية وشاشات العرض المرتبطة معا ضمن الشبكة لتخفيض هدر الطاقة إلى أقصى حدّ ممكن. وهذا البرنامج يرفع درجة الكفاءة إذ يسمح للضوابط المركزية بتجاوز ضوابط الطاقة كما أعدها المستخدمون الأفراديون على كومبيوتراتهم الشخصية. وإذا كانت أعمال الشركة تفرض عدم إطفاء أجهزة الكمبيوتر ليلاً، فإن برنامج إدارة الطاقة المركزي يسمح لمسؤولي إدارة تكنولوجيا المعلومات بوضع الكمبيوترات في حالة انخفاض الطاقة ثمّ إمدادها بالطاقة حسبما يلزم (لتركيب البرامج وتحديث ملفات تعريف الفيروسات وسواها).

يمكن الحصول على المزيد من المعلومات حول إدارة الطاقة من الموقع:

[www.energystar.gov/index.cfm?c=power\\_mgt.pr\\_power\\_mgt\\_low\\_carbon\\_join](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.pr_power_mgt_low_carbon_join)

ويقوم عدد من بائعي برامج إدارة الطاقة بإجراء تدقيق مجاني لاستهلاك كومبيوترات الشبكة للطاقة ويُعدّون تحليلاً للوفورات في الطاقة وفترة استرداد رأس المال. ومن الأمثلة على برامج إدارة الطاقة البرامج التالية:

EZ Save, 1E Nightwatch, SURVEYOR, Policy Maker.

**فترة استرداد رأس المال:** تبلغ الفترة النموذجية لاسترداد رأس المال في حالة شراء وتركيب برنامج إضافي لإدارة الطاقة على أجهزة الكمبيوتر الشخصية ما بين ستة أشهر وستة أشهر وستة أشهر.

الكمبيوترات  
من دون ميزة  
إدارة الطاقة،  
إذا تُركت خلال  
الليل في وضع  
الاستعداد  
فإن استهلاكها  
للطاقة قد  
يصل إلى ما  
يوازي 70%  
مما تستهلكه  
عند استخدامها  
خلال النهار.

4-4) تركيب أجهزة لتوفير الطاقة على ماكينات البيع أو الطلب من البائعين توفير ماكينات بيع أكثر كفاءة. ينبغي التفكير في تركيب جهاز Vending Miser أو أداة شبيهة لكل ماكينة بيع مبردة. وهذه الأجهزة تضبط الإنارة والضغوط في ماكينات البيع، وتطفئ الضوء وتشعله، بحسب الحاجة، اعتماداً على جهاز لاستشعار الحركة. وتخفّض هذه الأدوات استهلاك الطاقة في ماكينات البيع بنحو 50% في المتوسط مع المحافظة على درجة الحرارة الملائمة والإنارة اللازمة.

فترة استرداد رأس المال: تبلغ كلفة المنتج والتركيب نحو 195 دولاراً. وتبلغ فترة استرداد رأس المال النموذجية لشراء وتركيب أجهزة لتوفير الطاقة على ماكينات البيع ما بين سنة وستين.

### ب) شراء واستبدال المعدات

ب-1) شراء كومبيوترات شخصية وكومبيوترات مركزية معتمدة الطاقة مع لوازم كهربائية معتمدة (كابل محوّل) لأجهزة الكومبيوتر الشخصية والمركزية. فالكومبيوتر المعرف بأنه ذو كفاءة في استهلاك الطاقة يوفر كثيراً في الاستهلاك بالمقارنة مع الكومبيوترات التقليدية. وينطبق هذا على الكومبيوترات المكتبية والمكتبية المدمجة والمحمولة، وعلى محطات العمل والكومبيوترات المركزية الصغيرة النطاق والكومبيوترات التابعة جزئياً. احرص على معرفة أي برامج لاعتماد أو تعريف كفاءة الطاقة في أجهزة الكومبيوتر تصدرها الحكومة. علماً بأن المنظمات غير الحكومية أو الإقليمية قد توفر ضوابط لكفاءة الطاقة. وأشهر برنامج لتعريف طاقة التجهيزات المكتبية، على الصعيد العالمي، هو برنامج "إنرجي ستار" التابع لوكالة حماية البيئة الأميركية، الذي تبنته أكثر من 20 دولة. ويمكن الاطلاع على معلومات حول هذا البرنامج من الموقع:

[www.energystar.gov/index.cfm?c=power\\_mgt.pr\\_power\\_mgt\\_efficient\\_equipment](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.pr_power_mgt_efficient_equipment)

ويُعتبر شراء اللوازم الكهربائية التي تحمل تعريفاً للطاقة مثل معيار الأداء Plus 80 استثماراً جيداً لأنها تحافظ على كفاءة عالية نزولاً إلى 20% من عامل الحمل. ويتطلب المعيار Plus 80 أن تكون كفاءة اللوازم الكهربائية 80% على الأقل عند 20% و50% و100% من الحمل المقدّر. ويُقدّر أن أجهزة الكومبيوتر الشخصية المزودة باللوازم الكهربائية المعتمدة وفق المعيار Plus 80 هي أكثر كفاءة من سائر الكومبيوترات غير المزودة بها بنسبة 33%. وتقتضي مواصفات الإصدار (5.0 Version) للكومبيوترات المكتبية، والإصدار (1.0 Version) للكومبيوترات المركزية من "إنرجي ستار"، التي أصبحت سارية في تموز (يوليو) 2009، أن تكون اللوازم الكهربائية للكومبيوترات الشخصية مستوفية معيار الأداء Plus 80. ويمكن الاطلاع على قائمة بأنواع الكومبيوترات الشخصية المزودة باللوازم الكهربائية المعتمدة وفق المعيار Plus 80 في الموقع التالي:

<http://www.plugloadsolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx>

**التكاليف:** لا تترتب تكاليف إضافية، أو قد تكون التكاليف الإضافية زهيدة، مقابل الكومبيوترات الشخصية والمركزية المعتمدة من قبل "إنرجي ستار". يمكن استخدام وسائل حساب وفورات معدات "إنرجي ستار" المكتبية في الموقع التالي:

[www.energystar.gov/index.cfm?c=power\\_mgt.pr\\_power\\_mgt\\_low\\_carbon\\_join](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=power_mgt.pr_power_mgt_low_carbon_join)

تمثل برامج

إدارة الطاقة

لشبكات

الكومبيوتر أكبر

فرصة لتوفير

الطاقة من بين

سائر تدابير

كفاءة الطاقة

المستخدمة في

الكومبيوترات.

إن مصدر التيار غير المنقطع قد يكون سبباً كبيراً لهدر الطاقة إذا لم يكن بالحجم المناسب. لذا من المفيد تفحص عوامل الحمل في مختلف مصادر التيار غير المنقطع في المكتب خاصة إذا كان ثمة مصدر مركزي يعمل على تغذية جميع الأجهزة المكتبية ومراكز البيانات. والمعروف أن كفاءة مصادر التيار غير المنقطع ومعظم مصادر الطاقة الأخرى تتدنى كثيراً تحت عامل حمل 25%، لذا فإن اختيار الحجم المناسب يساهم في تعزيز كفاءة الطاقة.

**ب-2) استخدام شاشات العرض ذات البلورات السائلة بدلاً من شاشات العرض الكاثودية.** تستهلك شاشات العرض ذات البلورات السائلة أقل من نصف الطاقة التي تتطلبها مثيلاتها من شاشات العرض الكاثودية. والجدير بالذكر أن الانخفاض الكبير في أسعار شاشات العرض ذات البلورات السائلة، خلال السنوات العشر الماضية، يجعلها مغرية جداً من أجل تخفيض استهلاك الطاقة في المكاتب.

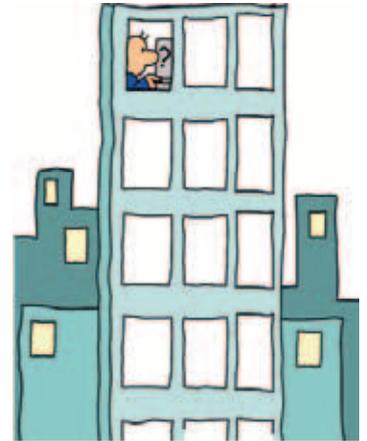
**ب-3) شراء معدات تصوير تحمل تعريفاً للطاقة (طابعات، آلات نسخ، ماسحات ضوئية).** احرص على تحديد برامج اعتماد أو تعريف كفاءة الطاقة الصادرة عن الحكومة والخاصة بالطابعات وآلات النسخ والماسحات الضوئية وآلات الفاكس وأي معدات تصوير أخرى. علماً بأن المنظمات غير الحكومية أو الإقليمية قد توفر تقديرات لكفاءة الطاقة. وإذا لم يكن في بلدك برنامج تعريف وطني، فارجع إلى برنامج "إنرجي ستار" التابع لوكالة حماية البيئة الأميركية الذي تبنته أكثر من 20 دولة. فالطابعات وآلات النسخ وشاشات العرض المعتمدة من "إنرجي ستار" تتحول أوتوماتيكياً إلى وضع الاستعداد المنخفض الطاقة بعد فترة من عدم النشاط. لذا فإن أنواع معدات التصوير التي تستوفي شروط "إنرجي ستار" هي أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة بنسبة 40%، وتمتاز بتصميمات فعالة تساهم في جعل المعدات أكثر برودة أثناء التشغيل وأطول عمراً. وبشكل عام، فإن معدات المكاتب المعتمدة من "إنرجي ستار" تستهلك الكهرباء بمقدار 30-75% أقل من المعدات الاعتيادية. ويمكن الاطلاع على معلومات حول برنامج "إنرجي ستار" بالنسبة لمعدات التصوير من الموقع:

[http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find\\_a\\_product.showProductGroup&pgw\\_code=IEQ](http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=find_a_product.showProductGroup&pgw_code=IEQ)

**فترة استرداد رأس المال:** لا تترتب تكاليف إضافية، أو قد تكون التكاليف الإضافية زهيدة، مقابل الطابعات وآلات النسخ وشاشات العرض المعتمدة من "إنرجي ستار". يمكن استخدام وسائل حساب الوفورات لمعدات "إنرجي ستار" المكتبية في الموقع التالي:

[www.energystar.gov/index.cfm?c=bulk\\_purchasing.bus\\_purchasing](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=bulk_purchasing.bus_purchasing)

**ب-4) شراء طابعات ليزر عالية السرعة للطباعة المزدوجة (على وجهين)، وجعل الطباعة المزدوجة خيار الطباعة التلقائي.** مع أن الطابعات عالية السرعة تسحب الطاقة بمعدلات أعلى، فإن مدة الطباعة الأقصر تفوق بقيمتها سحب الكهرباء الزائد، وينجم عنها استهلاك طاقة أقل لطباعة كل صفحة. مثلاً، تبين بنتيجة إحدى الدراسات أن طابعة بسرعة 8 صفحات في الدقيقة تسحب 60 واط، في حين أن طابعة بسرعة 24 صفحة في الدقيقة تسحب 100 واط. ونظراً لانخفاض وقت الطباعة في كل عملية طباعة على الطابعة الأسرع، فإن متوسط سحب الطاقة في كل عملية طباعة قد انخفض 40% على الطابعة ذات سرعة 24 صفحة في الدقيقة.



**فترة استرداد رأس المال:** تُسعر الطابعات العالية السرعة عادةً بأكثر من الطابعات المنخفضة السرعة، لكن نظراً لأن الطابعات الأسرع قادرة على تلبية أحمال طباعة أكبر، فإن عدداً أقل منها يلزم لتلبية الطلب على الطباعة. لذا فإن صافي كلفة الطابعات العالية السرعة هو أدنى على أساس الكلفة مقابل عدد الصفحات في الدقيقة، خصوصاً إذا أدخلنا في الحسابان التوفير في الطاقة.

كما إن الطباعة المزدوجة توفر في تكاليف الورق والتخلص منه حتى النصف. علماً بأن تخفيف استخدام الورق من شأنه أن يخفض بصمة غازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري الناجمة عن أعمال الشركة. لذا ينبغي التأكد من جعل نمط الطباعة المزدوجة هو الاختيار التلقائي بالنسبة لطباعة جميع مستندات المكتب الداخلية. يمكن الاطلاع على معلومات إضافية في الموقع:

[www.calculator.environmentalpaper.org/home](http://www.calculator.environmentalpaper.org/home)

#### معلومات إضافية

توجد قائمة مراجعة بأنواع أجهزة المكتب وقياس استهلاكها في الموقع:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist203%office20%equipment.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist203%office20%equipment.pdf)

ويوجد شرح للقائمة في الموقع التالي:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist203%office20%equipment20%explanation.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist203%office20%equipment20%explanation.pdf)

#### مختصر مفيد

##### ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في تجهيزات المكاتب

1. كفاءة استخدام تقنيات المكاتب.
  - إيقاف الأجهزة بعد ساعات العمل.
  - الاستفادة من ميزة إدارة الطاقة في التجهيزات المكتبية.
  - تركيب برنامج إضافي لإدارة طاقة الكمبيوترات.
  - تركيب أجهزة لتوفير الطاقة على ماكينات البيع أو الطلب من البائع توفير ماكينات بيع أكثر كفاءة.
2. شراء واستبدال المعدات
  - شراء كومبيوترات شخصية وكومبيوترات مركزية معتمدة من "إنرجي ستار" مع لوازم كهربائية معتمدة وفق المعيار Plus 80 (كابل محوّل) للكومبيوترات الشخصية والكومبيوترات المركزية.
  - استخدام شاشات العرض البلورات السائلة بدلاً من شاشات العرض الكاثودية.
  - شراء طابعات وآلات نسخ وشاشات عرض معتمدة من "إنرجي ستار" عند استبدال الأجهزة القديمة.
  - شراء طابعات ليزر عالية السرعة للطباعة المزدوجة (على وجهين) ، وجعل الطباعة المزدوجة خيار الطباعة التلقائي.

## الفصل 8 التدفئة والتهوية والتبريد

### الأهداف



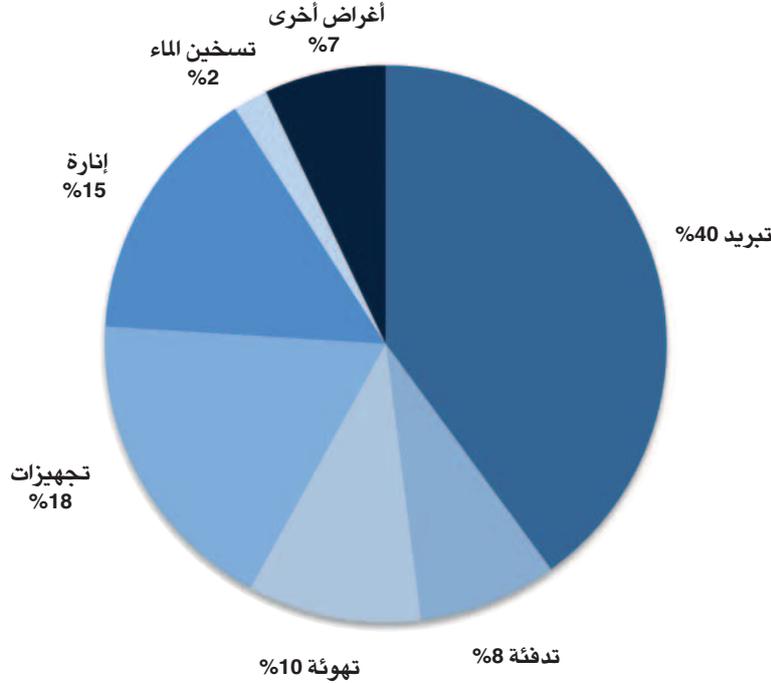
- تفحص أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد الحالية وإجراءات تشغيلها وبرامج صيانتها.
- تحليل نتائج تدقيق الطاقة بالنسبة لأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد (الذي يقوم به خبير مختص في هذا المجال) وتحديد التحسينات الفعالة لكفاءة الطاقة.
- تأدية العمل اللازم وإجراء التحليلات المالية بناء على توصيات مدققي الطاقة.

### نظرة عامة

أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد مسؤولة عن ضبط الحرارة والرطوبة، وكذلك دورات الهواء النقي في أنحاء المبنى. تُعتبر أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد مسرفة نسبياً في استهلاك الطاقة، فهي تستهلك جزءاً كبيراً من مجمل استهلاك المبنى - بمعدل 51% في المباني التجارية في الولايات المتحدة و52% في إسبانيا و58% في بريطانيا و70% في المملكة العربية السعودية و71% في البحرين. لذا فإن نظام التدفئة والتهوية والتبريد مؤهل لتحقيق أعلى الوفورات في استهلاك الطاقة إذا خضع لتدقيق جيد. ومن أجل التوضيح، يعرض الشكل 8-1 تفصيلاً افتراضياً لاستهلاك الطاقة في مبنى مكاتب كبير (تزيد مساحته على 10000 متر مربع). وقد يتفاوت تفصيل الطاقة التي يسحبها هذا النظام سنوياً من أجل الاستخدام النهائي في التدفئة والتهوية والتبريد تفاوتاً كبيراً تبعاً للموقع الجغرافي. فمن الشائع أن تحتاج المباني الكبيرة إلى التبريد على مدار السنة بسبب الظروف المناخية الحارة. كما إن أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد تعمل على مستويات عالية أثناء فترات حمل الذروة الإقليمي (مثل أيام الصيف الحارة) حين تكون أسعار الكهرباء في مستواها الأعلى، مما يزيد إلى حد كبير نفقات الشركة المتعلقة بالكهرباء.

تختلف أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد على نحو كبير بحسب أنواع المباني. وتُعتبر الأنظمة العادية تقنيات "فاعلة" تحتاج إلى دخل طاقة لإدارة الأدوات الميكانيكية. يتضمّن النظام النموذجي للتدفئة والتهوية والتبريد مكونات تضم المبرّدات والمراوح وأنابيب الهواء والمراوح والمبادلات الحرارية. أما

الشكل 8-1 تفصيل افتراضي لاستهلاك الطاقة في مباني المكاتب الكبيرة في بلد عربي معين



تقنيات التبريد "المنفصلة" البديلة فهي أقل شيوعاً، لكنها على وجه العموم أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة. ومن هذه التقنيات التهوية الطبيعية وأنظمة التبريد التبخيرية وأنظمة التدفئة والتبريد الإشعاعية. وينبغي بذل العناية الكاملة لإدخال أفضل تحسينات ممكنة عند تصميم وضبط المكونات.

يمكن اللجوء إلى عدة أساليب لتخفيض سحب الطاقة في نظام التدفئة والتهوية والتبريد، إلا أن من أسهل هذه الأساليب تخفيف حمل التبريد في المبنى وذلك بتخفيض الحرارة المهدورة نتيجة لعدم فعالية أنظمة الإنارة والتجهيزات المكتبية وأنظمة تسخين الماء. إن هذه التدابير هي قليلة الكلفة إلى أبعد الحدود من حيث مردودها، وينبغي تنفيذها قبل إجراء أي تحسين في أجهزة نظام التدفئة والتهوية والتبريد. وإذا كانت هذه الأدوات قد طالها التحسين حديثاً وتحولت إلى طراز فعال، فينبغي التفكير جدياً بالمحافظة على المستوى المطلوب من كفاءة أداء النظام.

يشار إلى أن أداء نظام التدفئة والتهوية والتبريد، على غرار جودة الإنارة، هو أمر حيوي بالنسبة لراحة شاغلي المبنى وإنتاجيتهم. والواقع أن معظم تحسينات كفاءة نظام التدفئة والتهوية والتبريد تتميز بفوائد إضافية تتمثل في تحسين جودة الهواء والراحة في أنحاء المكان (من ذلك مثلاً الضبط الدقيق لأجهزة التحكم بالحرارة أو تركيب مبردات للهواء الخارجي). وما من شك في أن مهندس أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد يجب أن يضمن أن تحسينات كفاءة النظام لا تؤثر سلباً على جودة جو المبنى. فيما يلي الترتيب الذي يُنصح به لتسلسل خطوات تحسين نظام التدفئة والتهوية والتبريد: (1) ضمان تأدية الصيانة المناسبة. (2) دراسة إمكانات تخفيض حمل التدفئة/التبريد. (3) معايرة وتصحيح

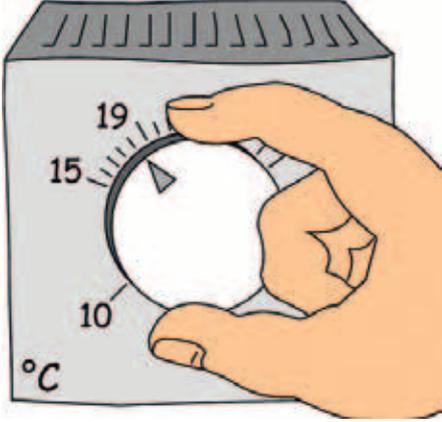
ضوابط النظام. 4) التفكير في تحسين معدات التدفئة والتهوية والتبريد. يمكن تنفيذ تحسينات الكفاءة بأقل كلفة بالتزامن مع برنامج التحسين المنتظم للمعدات. ملاحظة: تتفاوت وفورات التكاليف والطاقة بالنسبة لتدابير كفاءة أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، وذلك تبعاً لخصائص كل مبنى. ونعرض في هذا الفصل أمثلة عن احتمالات التكاليف والوفورات من خلال دراسات حالات مالية.

## دليل جمع المعلومات

من الضروري التفكير في بعض الأسئلة الهامة قبل معالجة تحسين أداء وكفاءة نظام التدفئة والتهوية والتبريد:

- هل إن شاغل المكتب هو مالك أم مستأجر؟
- هل يدفع المستأجر فاتورة المنافع أم أنها مشمولة في الإيجار؟
- هل المالك مهتم بالسعي لتحسين كفاءة الطاقة؟ (إن لم تكن الشركة المضيفة مهتمة بذلك).
- ما هو نوع نظام التدفئة والتهوية والتبريد المركب؟ هل هو نظام وحدات أم نظام مركزي.
- منذ متى رُكِّب النظام القائم؟
- كيف يتحكم مدراء المباني بالنظام؟ أي الضوابط يدوية؟ وأيها أوتوماتيكية؟
- هل يوجد برنامج صيانة وقائية لنظام التدفئة والتهوية والتبريد؟ من يقوم بصيانة النظام؟
- ما هي البيانات المتعلقة بدرجات الحرارة في المبنى وباستهلاك الطاقة التي يمكن أن يطَّلَع عليها موظفو العمليات؟ كيف تُسَلَّم البيانات وتسجَّل وتتابع؟
- ما هو جدول الصيانة لنظام التدفئة والتهوية والتبريد؟
- هل خضع النظام لعملية بدء تشغيل مؤخراً؟
- ما الذي تم القيام به حتى الآن لتحسين كفاءة نظام التدفئة والتهوية والتبريد؟
- هل يتضمن البرنامج الموضوع للنظام إدخال تحسينات عليه أو استبداله؟
- كيف يتم ضبط حرارة الغرفة داخلياً: بحسب المكتب، أم المنطقة، أم الطبقة؟
- هل يستطيع شاغلو المكتب فتح النوافذ؟
- هل يتم جمع المعلومات والآراء حول الارتياح للمناخ الداخلي؟

- ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد عند تطوير نظام التدفئة والتهوية والتبريد، من المفيد الانتباه للمبادئ العامة التالية:
- التفرقة بكل وضوح بين حفظ الطاقة وكفاءة الطاقة: فحفظ الطاقة ينبغي ألا يكون على حساب صحة شاغلي المبنى وراحتهم.
  - ينبغي أن تكون معدات التدفئة والتهوية والتبريد في حالة صالحة للتشغيل وأن يتم اعتماد صلاحيتها للتشغيل بشكل دوري.
  - يجب أن تكون قدرات معدات التدفئة والتهوية والتبريد متناسبة مع الأحمال التي يُفترض أن تلبّيها.
  - ينبغي عدم تشغيل معدات التدفئة والتهوية والتبريد في الأماكن الشاغرة.
  - استرداد الطاقة المهدورة كلما كان ذلك ممكناً عملياً.



▪ تجنّب استخدام سخانات المقاومة الكهربائية.

#### أ) الاستخدام الكفوء لتقنيات التدفئة والتهوية والتبريد (تدابير منخفضة الكلفة / عديمة الكلفة)

تؤدي كفاءة استخدام تقنيات التدفئة والتهوية والتبريد إلى تخفيض استخدام الطاقة في المعدات الموجودة، وذلك عادةً بتحويل المعدات إلى وضعية الطاقة المنخفضة عند عدم استخدامها.

وتشمل هذه الفئة تدخّلات تكلف عادة ما بين صفر و 2000 دولار بالنسبة لمساحة مكتب متوسط الحجم تبلغ نحو 1000 متر مربع مع فترات لاسترداد رأس المال لا تزيد عن سنة واحدة. وتنطوي معظم هذه التدابير على تدخل بشري على مستوى المستخدم و/أو التشغيل والصيانة، علماً بأن الحافز الأساسي، في نهاية الأمر، هو التزام الإدارة بكفاءة الطاقة. ومع أنّ هذه التدابير تبدو للوهلة الأولى سهلة وممكنة التطبيق، إلا أنّ التنفيذ الفعلي ليس بهذه السهولة. ويمكن أن تكون النتائج مجزية جداً إذا أُجريت عملية متابعة دقيقة.

**أ-1) إيقاف معدّات التدفئة والتهوية والتبريد حين تكون الغرف غير مشغولة.** يُطبّق هذا التدبير على أفضل وجه حين تكون بعض معدّات نظام التدفئة والتهوية والتبريد مخصصة لمساحة محدّدة. مثل وحدة ملفّ المروحة أو المشعاع أو موجّه الهواء. وهناك خيار بديل هو عبارة عن ضبط المعدات على وضع التشغيل المنخفض خصوصاً إذا كان معروفاً أنّ تلك المساحة ستصبح مشغولة بعد فترة وجيزة. ويشدّد هذا التدبير على أهمية إدخال مرونة النظام ونسقيته في طور التصميم. في بعض الأحيان، قد ينتج عن ضعف التصميم الاضطرار لإبقاء تكييف الهواء شغّالاً في طابق بكامله بسبب وجود شاغلين في غرفة واحدة منه.

ولدور المستخدم تأثير بالغ في مرحلة التصميم لضمان اعتماد مقاربة تصميمية متكاملة، حيث تؤخذ آراء جميع الجهات المعنية بعين الاعتبار للتأكد من أنّ النظام الناجم عن التصميم يتلاءم مع الاستعمال المنشود. ولا شك بأنّ الفوائد التي يمكن أن نجنيها تفوق في قيمتها مقدار الوقت والجهود التي بذلت في سبيل ذلك.

**أ-2) إبقاء النوافذ والأبواب الخارجية مغلقة أثناء عمل أجهزة التدفئة والتهوية والتبريد.** قد يُظنّ أنّ هذه المسألة تافهة، لكن الواقع المفاجئ هو أنّ ذلك يحدث كثيراً. فغالباً ما تُترك الأبواب والنوافذ مفتوحة نتيجة لبعض الممارسات المنطوية على اختلالات وظيفية مثل التدخين داخل المكتب والإفراط في التبريد أو الإفراط في التدفئة والتهوية المغلوبة. ويمكن أن يكون التبريد المفرط أو التدفئة المفرطة نتيجة لخطأ في تقسيم المناطق أو خلل في معايير الحرارة أو اختلال ضبط وموازنة النظام. وغالباً ما تكون متطلبات شاغلي المكاتب مختلفة بالنسبة للتبريد والتدفئة. ونشير إلى أنّ عيوب التصميم ستُعالج أدناه. وللمساعدة على إبقاء النوافذ والأبواب الخارجية مغلقة نقترح ما يأتي:

- زيادة تعاون الموظفين إلى أقصى حد ممكن عن طريق حملات التثقيف والتوعية.
- وضع لافتات في كل الغرف.

**أ-3) زيادة معايير درجة حرارة جوّ المبنى صيفاً وإنقاصها شتاءً.** في العديد من البلدان العربية، خصوصاً حيث يكون الطقس حاراً جداً يفضّل الناس أن تكون حرارة الجو الداخلي متدنية جداً بحدود 20 درجة مئوية أو أدنى. لكن بالإضافة إلى أن ذلك قد يسبب الأمراض، فإن فيه هدراً للطاقة، خصوصاً عند ضبط معايير الحرارة تحت 21 درجة مئوية. يُشار إلى أن الحرارة المثالية المقترحة للمكاتب يجب أن تكون 23-24 درجة مئوية في الصيف و 20 درجة مئوية في الشتاء، ويمكن التوصل إلى هذه الدرجات بسهولة من دون أي ازعاج جسدي، خصوصاً عند ضبط الرطوبة النسبية كما ينبغي. ويُقدّر أن إنقاص درجة مئوية واحدة من حرارة المَبْحَر يمكن أن يؤدي إلى زيادة 1-2% في استهلاك الطاقة خصوصاً عند درجات حرارة التشغيل المتدنية. ومن المفيد جداً وضع معايير درجة الحرارة في علبة مقفلة.

**أ-4) التأكد من أن معدات التخلّص من الحرارة مُهَوّاة جيداً.** قد تُستخدم أحياناً عُرف الآلات الميكانيكية وسطوح المباني حيث توضع معدات التدفئة والتهوية والتبريد كمساحات للتخزين، وهذا قد يسدّ ممرّات الهواء إلى المكثّفات فيُنقّص من أدائها بشكل ملحوظ. ويُقدّر أن متوسط زيادة درجة مئوية واحدة في حرارة المكثّف تؤدي إلى انخفاض كفاءة تشغيل المعدات بنسبة 1,5% تقريباً، خصوصاً إذا كانت درجة حرارة المحيط مرتفعة كما هي الحال في العالم العربي.

**أ-5) عدم وضع عوائق حول المشعاعات ووحدات ملفّ المروحة.** ينبغي عدم استخدام المشعاعات ووحدات ملفّ المروحة المثبتة على الأرض كرفوف لوضع الكتب أو الملفات أو سوى ذلك. ويجب الامتناع عن وضع هذه الوحدات داخل أغشية تزيينية تعيق سريان الهواء، فمثل تلك الحاويات يمكن أن تخفض القدرة الإجمالية للمشعاعات حتى 30%.

### ب) الصيانة واختبار صلاحية التشغيل

يمكن رفع كفاءة أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد الموجودة إلى أقصى حدّ ممكن عن طريق الجمع بين الصيانة الداخلية المنتظمة واختبار صلاحية التشغيل دورياً. تشمل الصيانة الداخلية عادةً على التنظيف واستبدال الأجزاء البالية. أما اختبار صلاحية التشغيل فهو عملية تفحص الأجهزة للتأكد من أنها تعمل وفقاً لغايتها التصميمية. ومن مهمّات اختبار صلاحية التشغيل: الفحص والتعديل والموازنة. وتحتاج معظم خدمات اختبار صلاحية التشغيل إلى أن تُنجز على أيدي تقنيّين خبراء متخصصين في مختلف أنظمة المباني.

#### ب-1) الصيانة المنتظمة لمعدات التبادل الحراري. وهذا يتضمّن ما يأتي:

- إزالة الرواسب المتراكمة من ملفات التسخين/أنابيب المبرّد.
- تنظيف واستبدال مرشحات الماء والهواء في نظام التدفئة والتهوية والتبريد. فقد تسبب المرشحات المسدودة في موجّهات الهواء نقصاً في سريان الهواء ممّا يؤثّر سلباً على أداء النظام واستهلاك الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، قد تصبح المرشحات المتسخة مواضع لتكاثر الجراثيم.

- تعديلات المرجل .
- فحص مصائد البخار للتأكد من عدم وجود تسريبات .

ب-2) اختبار صلاحية التشغيل . يجب أن يقوم باختبار صلاحية التشغيل تقني مختص في هذا المجال، ويقوم هذا التقني بما يلي :

- التحقق من أن مكونات نظام التدفئة والتهوية والتبريد تعمل بالشكل الصحيح .
- استكشاف وتصحيح أي مشكلة في ضوابط النظام .
- التأكد من أن نظام التدفئة والتهوية والتبريد يعطي نوعية الهواء الداخلي الملائمة .
- معايرة أجهزة استشعار الحرارة وأجهزة الضبط لجعلها متوافقة مع مواصفات التصميم الأساسية .

يتضمن الملحق ج المعنون معلومات أساسية عن أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد نشاطات إضافية تتعلق بالصيانة واختبار صلاحية التشغيل .



دراسة حالة مالية: نتيجةً لعملية صيانة لنظام التدفئة والتهوية والتبريد في مجمع مبان شاهقة في سان خوسيه بكاليفورنيا، أجريت بعض التعديلات، ومنها تعديل برمجة ضبط المرجل . بلغت كلفة العملية 600 دولار كأجور عمال، ونتج عنها توفير سنوي في تكاليف الطاقة بقيمة 41779 دولاراً. كما إن تصحيحاً إضافياً لضوابط مضخة الماء المبرّد قد كلف 1200 دولار وعاد بتوفير سنوي صافٍ في تكاليف الطاقة بمقدار 43000 دولار .

### ج) تعديلات الكفاءة

ج-1) تحسين كامل غلاف المبنى . يمكن لمهندس كفاءة الطاقة أن يقدّر ما إذا كانت التحسينات في غلاف المبنى تخفّض حمل التدفئة / التبريد . وتتضمن تحسينات الغلاف :

- تعيين مواضع تسرب الهواء في النوافذ والأبواب والسطوح والجدران وسدها . وفي العادة يؤدي منع الارتشاح بسبب تسرب الهواء في أبنية المكاتب الكبيرة إلى توفير حتى 5% من طاقة التدفئة / التبريد .

▪ تركيب أغشية تظليل للنوافذ. تمنع أغطية النوافذ الإشعاع الشمسي من دخول المبنى وتخفّض فقد الحرارة الداخلية عبر النوافذ، وذلك بتحسين العزل. ويُشار إلى أن الأسعار القياسية لأغشية النوافذ المخصّصة الجيدة النوعية التي تمنع الحرارة وتسمح بنفاذ النور تبلغ نحو 0,28 دولار للمتر المربع. وتتجاوز مدة حياة أغشية النوافذ، في العادة، سبع سنوات.

يرجى الرجوع إلى الملحق د للاطلاع على المزيد من عمليات التصميم المنفعل وتفصيل تحسينات غلاف المبنى، بما في ذلك تركيب نوافذ بزجاج مزدوج عازل.

**دراسة حالة مالية:** ركّب مالك مجمّع مكاتب مساحته 130000 متر مربع في سان فرنسيسكو بكاليفورنيا أغشية نوافذ مساحتها 130000 متر مربع على النوافذ الممتدة من الأرضية إلى السقف. وقد تأهل المشروع لنيل حوافز الكفاءة من مؤسسة الكهرباء المحلية وخفّض تكاليف التدفئة والتبريد بشكل كبير. وإذا أخذنا في الاعتبار خصومات مؤسسة الكهرباء، فإن فترة استرداد رأس مال المشروع بلغت أقل من سنتين.



**ج-2) تعديل وتركيب وسائل ضوابط درجة الحرارة. على مهندس أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد أن يقارن أنماط التدفئة / التبريد**

في مبنى الشركة المضيئة بجدول إشغال المبنى لمعرفة ما إذا كان يتوجب تعديل الضوابط لتتناسب مع الإشغال. ويمكن تحقيق توفيرات إضافية من طريق تركيب أنظمة مراقبة أوتوماتيكية موحّدة للإنارة ولنظام التدفئة والتهوية والتبريد (راجع الفصل 10 "أنظمة إدارة الطاقة"). بعد ذلك يمكن مراقبة وتعديل الإنارة ونظام التدفئة والتهوية والتبريد باستمرار بناء على معطيات الإشغال والمحيط. ويستطيع مهندس التدفئة والتهوية والتبريد أن يقيم جدوى التدفئة المسبقة أو التبريد المسبق للمبنى أثناء الليل باستخدام الكهرباء خارج وقت الذروة.

**دراسة حالة مالية:** أجرى مالك مبنى للمكاتب تعديلاً لضوابط درجات الحرارة وأوقات التشغيل في المراحل بكلفة 400 دولار. وقد خفّضت هذه التعديلات 20% من استهلاك المراحل للغاز الطبيعي وبلغت قيمة التوفير السنوي 42960 دولاراً، أي أن عائد الاستثمار كان فورياً.

#### د) استبدال وشراء المعدات

يُرجح ألا يكون استبدال أجهزة التدفئة والتهوية والتبريد الحديثة بالكامل مجدياً من حيث الكلفة إذا تمّ ذلك فقط لزيادة كفاءة الطاقة. من ناحية ثانية، تعمل في العديد من الأبنية الحديثة أنظمة قديمة العهد وغير فعالة. لذا ينبغي دراسة مسألة تحسين النظام القديم إلى نظام أكثر كفاءة، خصوصاً إذا كانت قد برزت مشكلات في أداء نظام التدفئة والتهوية والتبريد في المبنى المعني. وينبغي أن يُدار ملف أملاك المؤسسة على أساس مقاربة دورة الحياة وخطة رأسمالية. ويجب أن يتنبّه مدير المكتب لأخذ كفاءة الطاقة في الاعتبار عند تخطيط مشروع رأسمالي لنظام التدفئة والتهوية والتبريد.

- ومن الأهداف الرئيسية لأعمال تحسين نظام التدفئة والتهوية والتبريد:
- تحسين مستوى راحة شاغلي المبنى على مدار السنة.
- رفع كفاءة الطاقة مع خفض نفقات التشغيل.

**د-1) تركيب مبرّدات الهواء الخارجي.** تستخدم مبرّدات الهواء الخارجي صماماً منظماً للتحكم في دخول الهواء الخارجي. وحين يكون الهواء الخارجي أبرد من الهواء العائد، يتعدل الصمام المنظم ليزيد الهواء الداخل إلى أقصى حد. وحين يكون الهواء الخارجي أدفاً من الهواء العائد، يخفّض الصمام المنظم دخول الهواء الخارجي إلى أدنى حدّ مطلوب في قوانين البناء. ويمكن كذلك استخدام مبرّدات الهواء الخارجي لتبريد المباني مسبقاً أثناء الليل.

**د-2) اختيار الحجم المناسب لأنظمة مراوح التدفئة والتهوية والتبريد وإدخال تعديلات تحسينية عليها.** غالباً ما يكون استبدال أنظمة المراوح (التي توزع الهواء المسخن أو المبرّد في أنحاء المبنى) أقلّ كلفة من استبدال مكوّنات التدفئة والتبريد. وكثيراً ما تكون المراوح كبيرة الحجم. وقد وجدت دراسة حديثة أجرتها وكالة حماية البيئة الأميركية أن 60% من مباني المكاتب في الولايات المتحدة فيها أنظمة مراوح أكبر من الحجم المطلوب بمعدل 10% على الأقل، وأن معدل حجم بلغ 60%. إن اختيار الحجم الصحيح لنظام المراوح ينجم عنه تخفيض 50% من الطاقة التي يسحبها هذا النظام.

من الشائع في الأبنية التجارية وجود أنظمة مراوح ثابتة الحجم، وهي توجه مقداراً محدداً من الهواء وتنظم الحرارة بتسخين هذا الهواء أو تبريده، لكن هذه الأنظمة غير كفوءة نسبياً. وتعتبر أنظمة حجم الهواء المتغير أكثر كفاءة بشكل عام، وهي تنظم درجات الحرارة أساساً عن طريق تغيير حجم الهواء الموجه. ومن شأن التحول من نظام حجم الهواء الثابت إلى نظام الحجم المتغير أن يُنقص القدرة الحصانية المطلوبة للمراوح بمقدار 40 – 60%.

يمكن إدخال تعديلات تحسينية على نظام حجم الهواء المتغير لضبط سرعة المراوح وذلك بإدخال جهاز إدارة متغير السرعة. تعمل أجهزة الإدارة المتغيرة السرعة على تعديل سرعة المراوح حسب الحاجة، وينجم عن ذلك وفورات في استهلاك الطاقة نتيجة تخفيف سرعة تلك المراوح. وقد توصلت دراسة أجرتها مؤخراً وكالة حماية البيئة الأميركية إلى أن تركيب جهاز إدارة متغير السرعة على نظام حجم الهواء المتغير حقق وفورات بمعدل 52% في متطلبات الطاقة لنظام المراوح. (يمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات حول أنظمة الإدارة متغيرة السرعة بالعودة إلى دليل "إنرجي ستار" الخاص بتحسين الأبنية: ENERGY STAR Building upgrade manual, p.107).

بعد إنقاص متطلبات الطاقة للمراوح، يستطيع المهندس أن يعرف ما إذا كان من الملائم تصغير حجم محرّك المروحة إلى حجم أكثر كفاءة.

**دراسة حالة مالية:** في ناطحة سحاب من 36 طابقاً في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا تجري تعديلات تحسينية لتحويل نظامها ثابت الحجم إلى نظام حجم الهواء المتغير. تبلغ كلفة مشروع التعديلات

حوالي 848000 دولار، لكنه سينال 179000 دولار كحواجز من مؤسسة منافع الكهرباء، ويُتَوَقَّع أن يوفّر سنوياً 473000 دولار من تكاليف الطاقة. وتبلغ فترة استرداد رأس المال المعدلة 1,3 سنة (راجع الملحق هـ "دراسات حالات").

**دراسة حالة مالية:** أُضيف جهاز إدارة متغيّر التردد إلى نظام المراوح في مجمع مبانٍ شاهقة في سان خوسيه بكاليفورنيا، وهذا مكن النظام من تعديل حجم الهواء وطاقة المراوح للتناسب مع حمل التبريد. بلغت كلفة التعديلات التحسينية 126960 دولاراً ونال حسماً بمقدار 63500 دولار. وتقدّر الوفورات السنوية في الطاقة بـ 78000 دولار، ممّا يجعل فترة استرداد رأس المال عشرة أشهر فقط.



**د-3) قياس حمل التدفئة والتبريد الموجود وجعل مكونات التدفئة والتبريد في نظام التدفئة والتهوية والتبريد بالحجم الصحيح.** يُكلف مهندس التدفئة والتهوية والتبريد بإعادة قياس حمل التدفئة وحمل التبريد لمعرفة الوفورات الناجمة عن تحسينات الكفاءة السابقة وتقدير ما إذا كان ممكناً تصغير حجم مكونات التدفئة والتبريد.

يطبّق مهندسو أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد عادةً "منهج النظم المتكاملة" على محاولات التقييم في أنظمة التدفئة والتبريد. فإذا جرى تقييم أنظمة التدفئة والتبريد بشكل منفصل، فإن العملية تستهلك وقتاً أطول وقد تفوّت فرصاً لتحسين كفاءة كامل النظام.

**د-4) استبدال أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد القديمة العهد أو غير الكفوءة عند الامكان.** "أنظمة إعادة التسخين" و"الأنظمة المتعددة المناطق" هي في غاية عدم الكفاءة، فالأولى تبرّد وتوجه كمية محددة من الهواء ثم تعيد تسخين الهواء المبرّد حسبما يلزم للتوصل إلى درجات الحرارة المطلوبة، أما الثانية فتخلط الهواء المبرّد والهواء المسخّن لتنتج درجات حرارة الهواء المطلوبة. يمكن استشارة مهندس التدفئة والتهوية والتبريد حول جدوى تحويل مثل هذه الأنظمة إلى أنظمة أكثر كفاءة.

**دراسة حالة مالية:** أثناء تجديد مبنى مكاتب في إنسينو بكاليفورنيا، مساحته 223000 قدم مربعة (مؤلف من ست طبقات)، استبدل مالك المبنى مبرّداً قديماً العهد من ضمن التعديلات التحسينية لنظام التدفئة والتهوية والتبريد. كان المبرّد القديم من طراز R-12 ووزنه 375 رطلاً ويعمل بالطرد المركزي، وقد قارب نهاية فترة عمره، لذا المطلوب مبرّد جديد. اختار المالك مبرّداً كارير 19XRV بديلاً له وهو ذو كفاءة في استخدام الطاقة، إذ خفّض تكاليف الطاقة السنوية بمقدار 15500 دولار. وبعد أن استرد المالك حسماً من شركة منافع الكهرباء بقيمة 15,750 دولاراً أصبحت الكلفة الصافية لاستبدال المبرّد 273884 دولاراً.

### معلومات إضافية

توجد قائمة مراجعة لجمع المعلومات حول وضع التدفئة بالنسبة للغرف والنوافذ في مباني المكاتب في الموقع:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist204%heating20%Status.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist204%heating20%Status.pdf)

ويوجد شرح للقائمة في الموقع التالي:

[http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user\\_files/downloads/Checklist204%heating20%Status20%explanation.pdf](http://www.med-enec.eu/sites/default/files/user_files/downloads/Checklist204%heating20%Status20%explanation.pdf)

### مختصر مفيد

#### ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد

##### 1. الصيانة واختبار صلاحية التشغيل

- إيقاف أجهزة التدفئة والتهوية والتبريد حين تكون الغرف غير مشغولة.
- التأكد من أن معدات التخلّص من الحرارة مهوأة بشكل جيّد.
- عدم وضع عوائق حول المشعاعات ووحدات ملفّ المروحة.
- التحقق من جدول الصيانة المنتظمة.
- تحديد وتيرة اختبار صلاحية التشغيل.

##### 2. تعديلات الكفاءة

- تحسين كامل غلاف المبنى
- تعديل وتركيب ضوابط درجة الحرارة

##### 3. استبدال وشراء المعدات

- تركيب مبرّدات الهواء الخارجي
- اختيار الحجم المناسب لنظم مراوح التدفئة والتهوية والتبريد وإدخال تعديلات تحسينية عليها.
- قياس حمل التدفئة والتبريد الحالي وجعل مكونات التدفئة والتبريد في نظام التدفئة والتهوية والتبريد في الحجم الصحيح.

## الفصل 9 تسخين الماء

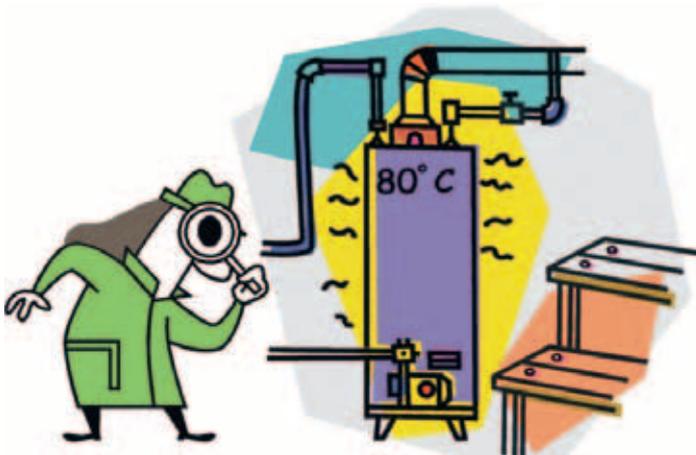
### الأهداف

- تحديد ما إذا كان نظام تسخين الماء يتوافق بالشكل الصحيح مع احتياجات المكتب للماء الساخن.
- تحديد التدابير الفعالة لتوفير الطاقة التي تؤدي إلى تحسين كفاءة تسخين الماء.
- إعداد تقديرات لاستهلاك الطاقة من أجل تسخين الماء وحساب إمكانات الوفورات التقديرية من رفع كفاءة الاستخدام وتحسينات معدات التسخين.

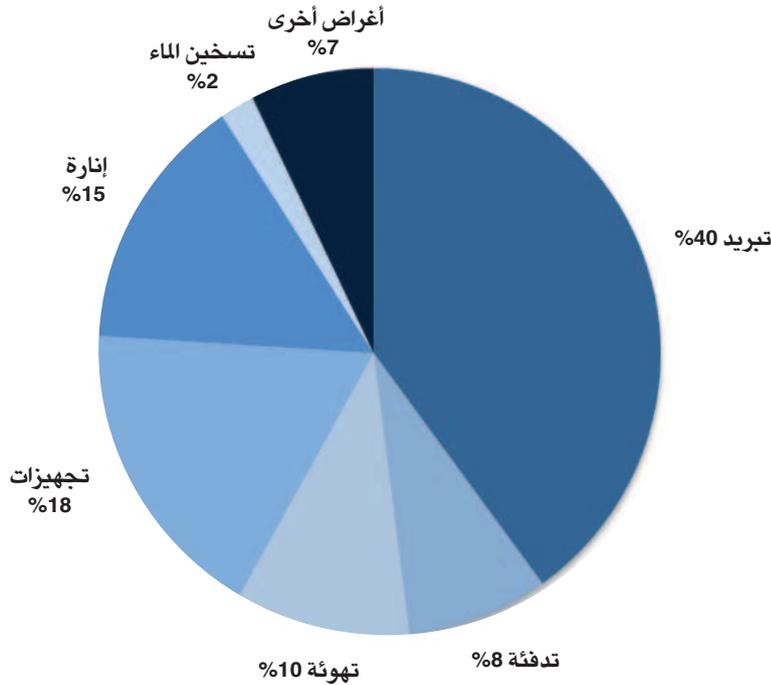
### نظرة عامة

قد تكون شركات كثيرة تبذّر المال من خلال تسخين الماء بلا داع. ومن ممارسات التبذير الشائعة تسخين الماء على درجات مرتفعة جداً من أجل الاستخدام اليومي واقتناء سخّان مياه أكبر من المعتاد. وعلى غرار الإضاءة غير الكفوءة والاستخدام غير الكفوء لمعدات المكاتب، فإن الاستخدام غير الكفوء وغير الضروري لسخانات المياه يُطلق حرارة مهدورة تستدعي مواجهتها بزيادة التبريد، وهذا بدوره يزيد من هدر الطاقة.

كما يبدو في الشكل 9-1، لا يمثّل تسخين الماء سوى جزء ضئيل من استهلاك الطاقة في المكاتب. ويبدو في الغالب أن تكاليف الطاقة لتسخين المياه هي منخفضة بالقياس إلى تكاليف التدفئة والتهوية والتبريد والإنارة. فحصة الطاقة المستخدمة لإنتاج الماء الساخن من أصل إجمالي ميزانية الطاقة للشركات في مباني المكاتب تقدّر بما يتراوح ما بين 0,5% للبلدان العربية الواقعة، في الأغلب، في المناطق شبه الاستوائية و2% للبلدان الواقعة في المناطق المعتدلة. ويمكن إعداد بيان جدوى بالنسبة لكثير من التدابير الموجزة في هذا الفصل، ومعظمها عديم الكلفة أو منخفض التكلفة. ومن المهم أيضاً أن نشير إلى أن الشركات غالباً ما تدفع ثلاث مرّات عندما تستخدم الماء المسخّن - فهي تتكبّد تكاليف استهلاك الماء والطاقة والتخلص من مياه المجاري. لذا فإن التدابير المتخذة لتخفيض استهلاك المياه المسخّنة تتجاوز ثمارها وفورات الطاقة.



الشكل 9-1 تفصيل افتراضي لاستهلاك الطاقة في مباني المكاتب الكبيرة في بلد عربي معين



## دليل جمع المعلومات

مدير المرافق هو، على الأرجح، أفضل مصدر للمعلومات حول تسخين الماء. ومن أهم الأسئلة التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند النظر في تحسينات كفاءة تسخين الماء ما يلي:

- من يملك أو يشغل معدّات تسخين المياه (شركة تشغيل المبنى أم الشركة المؤجّرة)؟
- من المسؤول ماليّاً عن تسخين المياه وكيف تُعدّ فواتيره؟ كم تصرف الشركة المؤجّرة على تسخين المياه في السنة؟
- ما هي الغاية من تسخين المياه؟ ما هي كمية المياه المسخّنة سنويّاً؟
- ما هي أنواع سخّانات المياه المستخدمة حالياً؟
- ما هي الكفاءة الحرارية لسخّان المياه أو سخّانات المياه الحالية؟
- هل تُستخدم في المبنى معدّات تسخين المياه المركزية أم الموزّعة؟
- ما هي عيارات درجات الحرارة حالياً على سخّان أو سخّانات المياه؟

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في تسخين المياه

التدابير المذكورة أدناه قد تخفض الطاقة اللازمة لتسخين المياه وكميات الحرارة المهدورة المنبعثة من الخزانات والأنابيب.

### أ) تعديلات وتحسينات كفاءة الاستخدام

أ-1) ضبط درجات حرارة سخان المياه بالشكل المناسب. تكون الحرارة المحددة في المصنع لسخانات المياه عادة 60 درجة مئوية (140 درجة فهرنهايت)، لكن يمكن تخفيضها عادةً حتى 46 درجة مئوية (أو 120 درجة فهرنهايت) أو أقل من دون التأثير سلباً على الأداء. يمكن لمستشار كفاءة الطاقة أن يحدد ضبط درجات الحرارة المناسبة لمختلف الاستعمالات. ومن الفوائد الجانبية تخفيض مقدار القشور المتكوّنة في معدات التسخين. ووفقاً لأحد التقديرات، فإن التحول من 60 درجة مئوية إلى 46 درجة مئوية يمكن أن يوفر 18% من طاقة تسخين المياه، وتخفيض ضبط درجات الحرارة بمقدار 5,6 درجة مئوية يمكن أن يوفر 6% من طاقة تسخين المياه. يبين الجدول 9-1 تقديراً لدرجات الحرارة اللازمة لعدد من الاستعمالات.

### الجدول 9-1 درجات حرارة المياه الساخنة اللازمة لبعض الاستعمالات

درجة الحرارة		الاستعمال
فهرنهايت	مئوية	
105	40	غسل اليدين
110	43	"الدهش" وأحواض الاستحمام
حتى 180	حتى 82	غسل الثياب التجاري وفي المؤسسات
140	06	غسل الصحون وغسل الثياب من النوع المنزلي
150 حد أدنى	65 حد أدنى	غسل الصحون، تجاري من نوع الرش - الغسل
180 - 195	82 - 90	غسل الصحون، تجاري من نوع الرش - الشطف النهائي

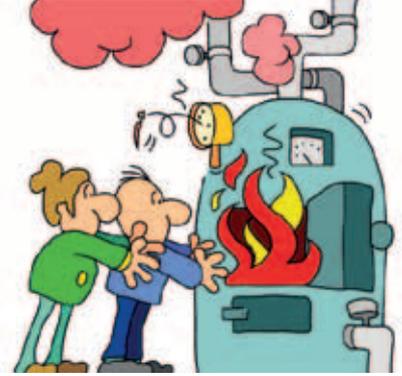
أ-2) تركيب مواد عازلة للأنايبب وخزانات المياه. يخفّض عزل الأنايبب والخزانات فقد حرارة المياه الساخنة في الخزان فيقلل من الطاقة اللازمة للمحافظة على درجة حرارة الماء الصحيحة. وتختلف مقادير التوفير في استهلاك الطاقة من جراء عزل الأنايبب والخزانات، بشكل كبير، من استعمال لآخر، غير أن مهندس كفاءة الطاقة يمكن أن يقدر مقادير التوفير بالنسبة لأي مبنى محدد.

فترة استرداد رأس المال. استشر مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقدير لتكاليف تركيب المواد العازلة وفترة استرداد رأس المال.

أ-3) تركيب موقتات للسخانات الكهربائية وتسخين المياه في الليل باستخدام الكهرباء خارج وقت الذروة. يُعتبر سخان الماء العامل باستمرار خلال فترات الإشغال الخفيف أو الشغور مصدراً للهدر. ويمكن تركيب موقت لتنسيق تشغيل السخان مع إشغال المرفق، وذلك بإيقاف السخان بعد ساعات الدوام وإعادة تشغيله قبل ساعة واحدة من بدء العمل.

يمكن كذلك تركيب الموقتات لضبط دوران الماء الساخن، وذلك في حال استخدامها في مبنى مكاتب. فموزعات الماء الساخن تجعل الماء الساخن متوافراً فوراً في الحنفية، فتوفر بذلك في استهلاك الماء لكنها تستهلك طاقة كهربائية وحرارية. لذا فإن الموقتات وسيلة فعالة للحد من استهلاك الطاقة في الموزعات. وقد أثبتت التجربة العملية فائدة تشغيل موزعات الماء الساخن على فترات متساوية مدة كل منها 10 دقائق.

**فترة استرداد رأس المال:** استشر مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقدير لتكاليف تركيب المؤقتات ووفورات الطاقة. وعند إجراء حساب فترة استرداد رأس المال، من الضروري أن تؤخذ في الاعتبار الوفورات الناجمة عن استهلاك الكهرباء خارج أوقات الذروة. وتعتمد فترات استرداد رأس المال بشكل كبير على هيكلية تسعير الطاقة بحسب التوقيت.



**أ-4) استعمال تركيبات منخفضة التدفق وضوابط أوتوماتيكية لأجهزة الاستشعار.** تخفيض التدفق في تركيبات الماء الساخن (حنفيات، مرشّات "الدش"، وسواها) يخفّض الطاقة اللازمة لتسخين الماء، وذلك بإنقاص حجم المياه الساخنة المستهلكة. يمكن الرجوع إلى التوجيهات المحلية المعتمدة لمعدّلات التدفق القصوى بالنسبة للحنفيات ومرشّات "الدش" والمراحيض وسائر التركيبات. ويبلغ متوسط معدلات التدفق لمهوِّيات الحنفيات ومرشّات "الدش" حالياً حوالي 11,5 لتر في الدقيقة. وتبلغ معدلات التدفق في تركيبات الحنفيات الفائقة الكفاءة نحو لترين في الدقيقة وتصل في مرشّات "الدش" الفائقة الكفاءة إلى 10 لترات في الدقيقة.

يُضاف إلى ذلك أن الوفورات في الطاقة من تقادي تسخين جزء من الماء ووضع تركيبات منخفضة التدفق وضوابط أوتوماتيكية لأجهزة الاستشعار سوف يُثمر وفورات نتيجة تخفيض استهلاك المياه. ويرى مركز "Greener Buildings" (أبنية أكثر خضرة) الذي يهتم بمراد البناء المراعي للبيئة، "في أي مبنى عادي مكاتب عادي مساحته 9000 متر مربع، يمكن أن توفر التركيبات المنخفضة التدفق، بالإضافة إلى أجهزة الاستشعار والضوابط الأوتوماتيكية، نحو 4,5 ملايين لتر من الماء سنوياً، على أساس وجود 650 شاغلاً في المبنى يستهلك كل منهم نحو 90 ليتراً، في المتوسط كل يوم".

**فترة استرداد رأس المال:** استشر مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقدير لتكاليف تركيب تجهيزات منخفضة التدفق ووفورات الطاقة والماء. وعند تقدير فترة استرداد رأس المال، من الضروري أن تؤخذ في الاعتبار الوفورات الناجمة عن تخفيض استهلاك الطاقة والماء.

### ب) تحسينات الكفاءة

يتطلب رفع كفاءة المعدات استثمارات رأسمالية مقدّمة كبيرة، لذا فمن الأسهل تبريره مالياً عندما يحين أو يقترب موعد استبدال المعدات.

**ب-1) اختيار حجم سخان الماء المناسب لاحتياجات الشركة.** قد تكون الشركة المؤجّرة تعمل بسخّان ماء أكبر من اللازم. ويمكن أخذ رأي مستشار كفاءة الطاقة بشأن حجم السخان الملائم لتلبية الطلب على الماء الساخن. تبلغ احتياجات الماء الساخن في مبنى نموذجي للمكاتب الكميات التالية: 0,4 غالون كحدّ أقصى للشخص في الساعة، وغالونان اثنان كحدّ أقصى للشخص في اليوم، وغالون واحد للشخص في المتوسط كل يوم.

**فترة استرداد رأس المال:** استشر مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقدير تكاليف استبدال سخان الماء وفترة استرداد رأس المال.

**ب-2) شراء سخان ماء بكفاءة حرارية عالية.** تُستخدم برامج تعريف الطاقة لتصنيف الأداء

الحراري لسخانات المياه. وقد بدأت بعض الدول العربية، مثل تونس والمملكة العربية السعودية، باعتماد أنظمة تعريف لسخانات المياه، وثمة دول عربية أخرى في طور البدء بذلك. لذا بالإمكان عند استبدال سخان الماء تركيب سخان جديد عالي الكفاءة يتم تقييمه على أساس نظام تعريف وطني أو دولي.

يُعبّر عن كفاءة سخانات الماء التجارية بالنسبة المئوية للكفاءة الحرارية (صفر - 100%)، وهي تمثل النسبة المئوية للطاقة من الوقود أو من عنصر التسخين الكهربائي المتحوّلة إلى الماء الذي يتمّ تسخينه (كلّما ارتفعت القيمة ازدادت درجة كفاءة السخّان). ويتمّ تقييم السخانات التجارية كذلك بالنسبة لفقد الحرارة في الخزان، وهي قياس للنسبة المئوية للحرارة المفقودة في الساعة بعد تسخين الماء. ويعبّر عن فقد الحرارة في الخزان كذلك بنسبة مئوية تتراوح عادة بين 0,5 و2% (كلّما انخفضت النسبة ازدادت درجة كفاءة السخّان). ملاحظة: يُعبّر عن كفاءة سخانات المياه المنزلية بوحدة قياس أخرى، هي عامل الطاقة الذي يتراوح بين صفر و1 (القيمة الأعلى دلالة على زيادة الكفاءة). وعامل الكفاءة هو مقياس يجمع بين الكفاءة الحرارية وفقد الحرارة في الخزان. أما مضخات الحرارة فتُقاس كفاءتها بمعامل الأداء. غير أن كل هذه المؤشّرات تدل على المفهوم نفسه وهو نسبة طاقة الخرج إلى طاقة الدخل، بما في ذلك فقد الحرارة في الخزان.

تبلغ الكفاءة الحرارية لسخانات المياه التقليدية العاملة بالنفط والغاز نحو 80%، ولكنها يمكن أن تصل إلى 95%، كما يتّضح في الجدول 9-2. تُعتبر سخانات الماء العاملة بتكثيف الغاز أكثر كفاءة من السخانات التقليدية العاملة بالغاز لأنها يمكن أن ترفع الكفاءة الحرارية حتى 20%. أما سخانات الماء الكهربائية فتبلغ كفاءتها الحرارية عادةً 98%. لكن إذا كانت وحدات التسخين الكهربائية بحد ذاتها فائقة الفعالية فيجب ألا يغيب عن بالنا أن عملية توليد الكهرباء وتوزيعها تكاد تكون عديمة الكفاءة، إذ إن متوسط الكفاءة الحرارية لمعامل الكهرباء هو نحو 33% (أي أن 33% فقط من طاقة لقيم الوقود هي مردود بشكل كهرباء). وتحدث كذلك خسائر إضافية في الكفاءة أثناء نقل الكهرباء وتوزيعها (9,5% في المتوسط عام 2001). تؤدي عوامل عدم الكفاءة هذه إلى ارتفاع أسعار الكهرباء بالمقارنة مع الغاز والنفط، في معظم الأسواق. ونتيجة لذلك، فإن سخانات المياه العاملة بالنفط والغاز، في معظم المناطق، هي ذات مردود اقتصادي أفضل وتأثيرات سلبية بيئية أقل بالمقارنة مع سخانات المياه الكهربائية.

ويبدو في كثير من التطبيقات أن سخان المياه بلا خزان هو الخيار الأكثر كفاءة. فالسخان بلا خزان يسخن الماء عند الطلب بدلاً من خزن الماء المسخّن مقدّماً، وهذا يلغي فقد حرارة الماء في الخزان. وبإمكان مهندس كفاءة الطاقة أن يقدر مكاسب الكفاءة المحتملة من التحول إلى سخان بلا خزان في الشركة المضيفة. إن السخانات بلا خزانات هي بشكل عام أعلى ثمنًا من الأنواع المشابهة من السخانات ذات الخزانات.

**فترة استرداد رأس المال:** استشر مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقديرات تكاليف استبدال سخان الماء وفترة استرداد رأس المال.

**ب-3) تركيب سخانات مياه شمسية.** من الخيارات المواتية اقتصادياً وبيئياً والتي يجب اعتمادها

## الجدول 9-2 قيم الكفاءة النموذجية لمختلف أنواع سخانات المياه

كفاءة الطاقة الأولية	كفاءة الطاقة النهائية	نوع السخان
79 - 89%	80 - 90%	تقليدي يعمل بالغاز
94 - 97%	95 - 98%	يعمل بتكثيف الغاز
79 - 89%	80 - 90%	وقود خفيف
29%	97%	مقاومة كهربائية

بشكل واسع الاستفادة من الطاقة الشمسية لتسخين المياه. ولقد شهدت العديد من البلدان العربية تزايد استخدام سخانات المياه الشمسية للأغراض المنزلية، علماً أن استخدام هذه السخانات في مباني المكاتب سيوسّع انتشارها ويخفّض تكاليفها. وفي بعض البلدان، مثل لبنان، تقدم حوافز ومنح مالية للتعويض عن بعض التكاليف الأولية لشراء سخانات المياه الشمسية.

**فترة استرداد رأس المال:** لا تقل فترة استرداد رأس المال عن 4-5 سنوات ويتوقّف ذلك، بالدرجة الأولى، على مصدر الطاقة المستبدل، وكذلك على مدى اختراق سخانات المياه الشمسية الأسواق في البلد المعنيّ.

**ب-4) زيادة جهاز لإزالة عسر الماء (إذا لزم الأمر).** الماء العسر يركم القشور على السطوح الساخنة. وتخفّض هذه القشور إلى حدّ بعيد معدّل انتقال الحرارة بين وسط التسخين والماء في السخان ممّا يحدّ من كفاءة السخان. كل تراكم من القشور بمقدار ميليمتر واحد تقريباً في مرّج يعمل بالوقود الخفيف يخفض انتقال الحرارة بنحو 2%. وللمحد من تكوّن القشور لا بد من استخدام أجهزة إزالة عسر الماء.

**فترة استرداد رأس المال:** ليست أجهزة إزالة عسر الماء المخصصة لسخانات المياه باهظة الكلفة قياساً على انخفاض استخدام الماء الساخن نسبياً في مباني المكاتب. وتكون فترة استرداد رأس المال عادة 3-4 سنوات بالنسبة لجهاز إزالة عسر الماء. أما بالنسبة للسخانات الكهربائية فيمكن استشارة مهندس كفاءة طاقة للحصول على تقدير التكاليف وفترة استرداد رأس المال.

## معلومات إضافية

يمكن الحصول على معلومات إضافية من المواقع التالية:

American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) - [www.aceee.org](http://www.aceee.org)

Collaborative Labelling and Appliance Standards Program (CLASP) - [www.clasponline.org](http://www.clasponline.org)

[www.clasponline.org](http://www.clasponline.org)

Global Ecolabelling Network - [www.globalecolabelling.net](http://www.globalecolabelling.net)



### مختصر مفيد

#### ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة لتسخين الماء

1. تعديلات وتحسينات كفاءة الاستخدام
  - ضبط درجات حرارة سخان الماء بالشكل المناسب.
  - تركيب مواد عازلة للخرانات.
  - تركيب مواد عازلة للأنابيب.
  - بالنسبة للسخانات الكهربائية: تسخين المياه ليلاً باستخدام الكهرباء خارج وقت الذروة.
  - استخدام تركيبات منخفضة التدفق وضوابط أوتوماتيكية لأجهزة الاستشعار.

#### 2. تحسينات المعدات

- اختيار حجم سخان الماء المناسب لاحتياجات الشركة.
- شراء سخان ماء بكفاءة حرارية عالية.
- تركيب سخانات مياه شمسية.

## الفصل 10 أنظمة إدارة الطاقة

### الأهداف

- تحديد ما إذا كان بإمكان الشركة المؤجّرة أن تستفيد من تركيب أو تحسين نظام لإدارة الطاقة.
- تطوير منهجية تنفيذ القياسات والمراقبة والتحكم، وتوقع الأنشطة اللازمة لنظام إدارة الطاقة.

### نظرة عامة

يعالج هذا الفصل الحاجة إلى نظام لإدارة الطاقة وذلك لقياس ومراقبة وضبط وتوقع استهلاك الطاقة في مبنى للمكاتب، وصولاً إلى إجراء مقارنة معيارية لأداء الطاقة. ونبحث كذلك تنفيذ برنامج تشغيل وصيانة في المبنى.

يسمح نظام إدارة الطاقة بمراقبة وضبط واستخدام الطاقة مركزياً في جميع أنظمة المبنى. ونشير إلى أن تحسينات ضوابط الإنارة، وتجهيزات المكاتب، وأنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، وتسخين الماء، التي أوردناها في الفصول السابقة تشكل جميعها أنظمة مراقبة مستقلة (مثلاً: ضوابط خفت الإضاءة المستندة إلى أجهزة الاستشعار الضوئي). أما نظام إدارة الطاقة فهو نظام تحكم "مركزي" يتيح لمديري المرافق تشغيل جميع أنظمة المراقبة المستقلة في المبنى في وقت واحد من منصة مراقبة واحدة أو برنامج تطبيقي على الشبكة. توضع أجهزة استشعار في أنحاء المبنى لتقيس مختلف الظروف والأوضاع مثل مستوى الإضاءة، ودرجات الحرارة الداخلية والخارجية، ودرجة حرارة الماء (تسمى "نقاط المراقبة") وهي تعمل كمداخل بيانات إلى نظام إدارة الطاقة الذي يستند إلى تلك المعلومات ليعدّل عناصر الضبط (تسمى "نقاط الضبط") مثل المخفّفات والمبرّدات والمراجل. عند تركيب نظام إدارة طاقة جديد يمكن تشكيله بحيث يتمكن من العمل مع معظم أجهزة الاستشعار والضوابط الموجودة ومع أي نقاط مراقبة أو نقاط ضبط يمكن أن تُضاف. ويُذكر أن تقنيات أنظمة إدارة الطاقة قد أصبحت أرخص ثمناً وأوسع انتشاراً.



### أنظمة إدارة المباني وأنظمة أتمتة المباني

مديرو المرافق ومهندسو كفاءة الطاقة قد يشيرون أيضاً إلى أنظمة إدارة المباني (BMS) أو أنظمة أتمتة المباني (BAS). وغالباً ما يتوقف التفريق بين هذين المصطلحين ونظام إدارة الطاقة (EMS) على سياق الكلام أو المصطلح الذي يختاره الصانع، لذا قد تتداخل المصطلحات وتوقع في الحيرة. يتضمّن نظام إدارة المباني أو نظام أتمتة المباني عادةً ضوابط أوتوماتيكية لعدد من أنظمة المباني: نظام التدفئة والتهوية والتبريد والأمن وإنذار الحريق والمرشّات وسواها. ويُستخدم مصطلح نظام

إدارة الطاقة، في العادة للإشارة إلى نظام آلي مصمّم خصيصاً لإدارة استهلاك الطاقة، وهو يستند دائماً إلى تقنيات لمراقبة وضبط الطاقة هي أكثر عدداً ودقة من تقنيات نظام إدارة المباني ونظام أتمتة المباني. غير أن بعض الأنظمة المشار إليها كأنظمة إدارة الطاقة يمكن إعادة تشكيلها لمراقبة وظائف أخرى في المبنى بالإضافة إلى إدارة الطاقة. ومقابل ذلك، فإن بعض أنظمة إدارة المباني أو أنظمة أتمتة المباني مصممة كي تستوعب تقنيات متطورة لإدارة الطاقة. لذلك فإن المصطلحات BMS وBAS وEMS تشير إلى عدد من أنواع الأنظمة المتداخلة وتستخدم أحياناً كمترادفات.

## نظام معلومات الطاقة

تمتاز معظم أنظمة معلومات الطاقة بالقدرة على تسجيل ومتابعة استهلاك الطاقة في مبنى أو طبقة بالزمن الحقيقي وتخزين تلك المعلومات لاستخدامها في التحليلات لاحقاً. ومع ذلك يزداد استخدام أنظمة معلومات الطاقة لإكمال عمل مراقبة الطاقة ومتابعتها الذي تقوم به أنظمة إدارة الطاقة، وتشمل وظائفها معلومات الأحوال الجوية وهياكل الأسعار وبيانات استهلاك الطاقة بالزمن الحقيقي البالغة الدقة. وقد يتيح نظام معلومات الطاقة للشركة تحقيق تخفيضات إضافية في تكاليف الطاقة وذلك بدمج عوامل مثل الأحوال الجوية وأسعار الطاقة في عمليات اتخاذ القرار بشأن إدارة الطاقة. كما إن نظام معلومات الطاقة يمكن الشركات من المشاركة في برنامج تخفيض حمل المنافع العامة حيث تقدم مؤسسات المنافع الحوافز للمستخدمين النهائيين كي يخفضوا استهلاك الكهرباء أثناء فترات ذروة الطلب.

## دليل جمع المعلومات

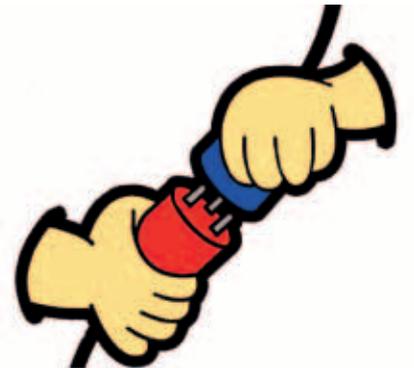
تؤخذ المعلومات من مدير مرافق الشركة المضيفة، على أن يتم التركيز على معرفة مدى قابلية المبنى للاستفادة من تركيب نظام لإدارة الطاقة أو تطوير النظام الموجود.

أسئلة موجهة الى مدير مكتب الشركة المضيفة أو مدير مرافقها

- هل تستخدم الشركة المؤجرة حالياً نظاماً لإدارة الطاقة؟ وفي حال الإيجاب، متى رُكّب هذا النظام؟
- هل تستخدم الشركة المؤجرة حالياً نظام معلومات الطاقة؟
- ما هي ذروة الطلب الحالية في المبنى أو الطبقة؟
- هل تشارك الشركة المؤجرة حالياً في برنامج المنافع لتخفيض حمل الذروة؟ وفي حال الإيجاب، كيف كانت تجربة الشركة؟ وإذا كان الجواب سلباً، هل تفكر الشركة في المشاركة بهذا البرنامج؟
- هل يعتبر مهندس المرافق أن مستوى الكفاءة في المبنى سيتحسن من جرّاء زيادة أتمتة ضوابط الأنظمة؟ أي جزء من ضوابط الكفاءة يتم التحكم به يدوياً؟

أسئلة موجهة الى مهندس تركيب نظام إدارة الطاقة

- هل إن مبنى الشركة المؤجرة مهياً ومناسب لتركيب نظام جديد لإدارة الطاقة أو تحسين النظام القائم؟
- ما هي مروحة الخيارات المتاحة من حيث تطوّر النظام؟ ما هي احتمالات التوفير التقديرية



وتكاليف التركيب المرتبطة بهذه الخيارات؟

- ما هي أجهزة الاستشعار ونقاط المراقبة المستخدمة حالياً في مبنى الشركة المؤجرة؟ هل يمكن تشكيل نظام لإدارة الطاقة بحيث يتفاعل مع أجهزة الاستشعار وضوابط النظام الموجودة؟
- ما هي أجهزة الاستشعار ونقاط المراقبة الإضافية التي يمكن أن تحسّن أداء نظام إدارة الطاقة؟

تتدفق الطاقة إلى المرافق بعدة أشكال، وتتحوّل من طاقة نهائية مثل الكهرباء ووقود الديزل والغاز الطبيعي ومياه الضخ البلدية إلى طاقة مفيدة، فتتيح بذلك الإنارة والأجواء المريحة والهواء العالي الجودة والماء الساخن، بالإضافة إلى تشغيل أجهزة المكاتب مثل الكومبيوترات وآلات النسخ والطابعات.

وتقوم بهذا التحويل من طاقة "نهائية" إلى طاقة "مفيدة" خدمات المبنى مثل أنظمة الإنارة، ونظام التدفئة والتهوية والتبريد، والأجهزة المكتبية، وسائر الخدمات الواردة في هذا الدليل.

تكون الخطوة الأولى القيام بقياس طاقة الدخل إلى هذه الأنظمة، وفي معظم الأحيان طاقة الخرج منها، بهدف تحديد توازن للطاقة أو ميزانية للطاقة في المرفق للتمكن من تحديد مقدار العنصر الثالث في مثلث الطاقة في المرفق، ألا وهو الطاقة "المهدورة".



### أ) خيارات نظام إدارة الطاقة

**أ-1) تركيب نظام جديد لإدارة طاقة وتحسينات تعديلية للنظام الموجود.** تختلف أنظمة إدارة الطاقة كثيراً من حيث دقتها وتعقيديتها. وكلما ازدادت دقة النظام ازداد عدد "النقاط" - أي نقاط المراقبة (المدخلات) ونقاط الضبط (المخرجات) - وهذا يعني عادة زيادة إمكانات توفير الطاقة، لكن مع رفع كلفة التركيب. والأنظمة الأكثر تعقيداً هي أكثر اعتماداً على العمل الآلي وتحتاج إلى حد أدنى من الضبط اليدوي الذي يقوم به موظفو أشغال المبنى بعد بدء تشغيل النظام.

ووفقاً لمفوضية الطاقة في كاليفورنيا، فإن أي مبنى تتجاوز ذروة الطلب فيه 200 كيلواط بحاجة إلى استخدام نظام لإدارة الطاقة. يُضاف إلى ذلك أنه في حال كون نظام إدارة الطاقة يعمل منذ أكثر من 12 سنة، فينبغي النظر في استبدال النظام بالكامل. وإذا كانت الشركة المضيئة تستخدم حالياً نظاماً لإدارة الطاقة مركباً خلال الاثنتي عشرة سنة الماضية، فقد يكون من المفيد القيام بتحسين تعديلي وتحويله إلى نظام أكثر تطوراً. ويمكن غالباً تحقيق التحسين التعديلي بتركيب ووصل أجهزة استشعار ونقاط ضبط إضافية إلى نظام إدارة الطاقة الموجود وإعادة برمجته ليستوعب التجهيزات الجديدة. يمكن استشارة مختصّ في أنظمة إدارة الطاقة حول جدوى التحسينات التعديلية.

يحتاج اختيار النظام المناسب لأي مبنى إلى دراسة احتياجات وقدرات موظفي أشغال الشركة. ومن البديهي ألا تستثمر أي شركة المال في نظام ذي مواصفات لن تستفيد منها بالكامل. وأفضل نظام إدارة طاقة لأي شركة هو النظام الذي يرفع إلى أقصى حدّ ممكن وفورات الطاقة المتوقعة مقابل كل دولار مستثمر. ولا شك بأن الخبير المختصّ في هذه الأنظمة يمكن أن يعرض عدداً من خيارات التركيب أو التحسين مشفوعة بتقديرات وفورات الطاقة المتوقعة وتكاليف التركيب. هذه التقديرات، بالإضافة إلى معرفة احتياجات الشركة المضيئة، قد توفر الأساس لتقرير ما إذا كان تركيب أو تحسين

الجدول 10-1 مستويات تعقيد أنظمة إدارة الطاقة وتكاليفها

متوسط الكلفة لكل نقطة ضبط	مكونات الضبط	مستوى تعقيدات النظام
\$ 200	وحدات معزولة جاهزة وضابط تشغيل / إيقاف المبرد على أساس الوقت ودرجة الحرارة، ضابط قطع / وصل المروحة وربما الإضاءة على أساس الوقت، و / أو ضابط درجة حرارة الماء على أساس الوقت والحرارة.	ساكن
\$ 400	ساكن زائد: ضابط بدء التضمين، ضوابط المبرّدات الخارجية، ضوابط معمل التبريد، ضابط الدفع المتغير السرعة، ضابط درجة الحرارة ليلاً، إستراتيجيات تهوئة ثاني أكسيد الكربون، و / أو إستراتيجيات ضبط الإنارة.	
\$ 700	زائد: تدخّل بشري مخفّف، تشغيل / إيقاف أمثل، إستراتيجيات الحد من الطلب مع منطوق ترانسي، ضوابط تضمين ضوء النهار، ضوابط التخزين الحراري، و / أو تفعيل أمثل لعمليات التدفئة والتهوئة والتبريد.	

نظام إدارة الطاقة جيداً بالاهتمام وما هو مستوى النظام الأنسب للشركة. فترة استرداد رأس المال: تتفاوت كلفة تركيب أو تحسين نظام إدارة الطاقة كثيراً تبعاً لأعداد وأنواع مكونات أجهزة الاستشعار والضبط المركبة. يورد الجدول 10-1 تقديراً تقريبياً لكلفة الأنظمة الجديدة المختلفة بدرجات تعقيدها. أما التحسينات فتكلف عادة نحو 500 دولار لكل نقطة.

**دراسة حالة مالية:** انتقلت إحدى الشركات عام 2002 إلى مركز رئيسي جديد في سان فرانسيسكو مساحته 6200 متر مربع. كان نظام إدارة المبنى موجوداً في الخدمة منذ 20 عاماً وكان بحاجة إلى استبدال. ركبت الشركة نظام (Emcor) جديداً لإدارة المبنى بمؤقتات تشغيل وإيقاف للإنارة وللتدفئة والتهوئة والتبريد. سمح نظام إدارة المبنى الجديد للشركة كذلك بمتابعة استهلاك الطاقة في كل طبقة على حدة (عدادات فرعية) وتحميل المجموعات التي تستعمل كل طبقة ما يتوجب عليها مقابل تكاليف الكهرباء. كانت كلفة تركيب نظام إدارة المبنى 40000 دولار، وهو خفض تكاليف الكهرباء والغاز بنسبة 50% وجعل فترة استرداد رأس مال المشروع 1,7 سنة.

**دراسة حالة مالية:** تبلغ مساحة مجمع شركة هولت باكارد (HP) في روزفيل بكاليفورنيا 1,4 مليون قدم مربعة. وهو ظل حتى العام 2001 يشغل نظاماً لإدارة الطاقة يعمل آلياً بشكل محدود، لذا كان بحاجة إلى عمل يدوي كثيف لتعديل أجهزة الضبط وذلك لتخفيف أحمال الطاقة أثناء فترات ذروة الطلب. استخدمت HP الأموال المتاحة من مفوضية الطاقة في كاليفورنيا وشركة الكهرباء المحلية (روزفيل إلكتريك)، فحسنت نظام إدارة الطاقة لديها وزادت أجهزة استشعار ونقاط ضبط أنظمة التهوئة والإنارة. مكنت هذه التغييرات الشركة من تقليص 1,5 ميغاواط من أصل ذروة طلبها البالغ 10,9 ميغاواط من دون تعطيل شاغلي المبنى. وتستخدم الشركة اليوم قدرات تقليص حمل نظام إدارة الطاقة يوماً بعد يوم، وتوفر نتيجة ذلك 1,5 مليون دولار سنوياً من تكاليف الطاقة. بلغت تكاليف تحسين نظام إدارة الطاقة 275000 دولار، إلا أن الحوافز غطت 212000 دولار من تكاليف المشروع، وهذا ما جعل فترة استرداد رأس مال المشروع أقل من شهر.

معظم وظائف التحكم اللازمة لتنفيذ تدابير كفاءة الطاقة المبينة في الفصول السابقة يمكن أن يقوم

بها نظام إدارة الطاقة. وفي ما يأتي قائمة بأبرز مهمّات الضبط ذات العلاقة:

- تضمين الإنارة للتحكم بضوء النهار.
- موقّعات لضبط الإنارة.
- تقليص الحمل، وإدارة جانب الطلب لتقليل حمل الذروة.
- التبريد الموازن.
- النقطة المحدّدة لدرجة حرارة الجو على أساس الحرارة الخارجية.
- ضبط السرعة المتغيرة للمبرّد.
- تحسين وضعية المبرّدات الخارجية.
- التبريد الحرّ.
- التهوية ليلاً.
- موقّعات لضبط سخّان المياه الكهربائي.

### ب) برنامج الطاقة في المبنى

**ب-1) تركيب أجهزة لقياس استهلاك الطاقة والماء.** للتوصل إلى معلومات دقيقة حول استهلاك الطاقة والمياه في مبنى للمكاتب ثمة حاجة لوجود قدرة على قياس البيانات الهامة. وفي ما يأتي قائمة مقترحة للأجهزة التي ينبغي تركيبها بشكل دائم في المرفق. ونبحث في الجزء التالي ما إذا كان ينبغي أن يقوم المشغّلون بالقياسات أو أن تؤخذ عينات منها ألياً عن طريق نظام أوتوماتيكي.

#### 1- عدادات المياه

- خطوط امداد المياه إلى المبنى من البلدية و/أو من بئر (في حال انطباقها).
- خطوط تفريغ من أجهزة إزالة عسر الماء وأنظمة التناضح العكسي.
- خط الماء البارد المنزلي الرئيسي.
- خط الماء الساخن المنزلي الرئيسي.
- خط مياه الشرب الرئيسي.
- خط إضافي يغذي أبراج التبريد.
- خط إضافي يغذي المراجل البخارية.
- خط مياه الري الرئيسي.

#### 2- عدادات الطاقة

- على جانب الماء من المبرّدات والمبخرات والمكثّفات.
- على كل مرجل بخار وماء ساخن.
- على كل نظام شمسي لتسخين الماء.
- على أجهزة استعادة الحرارة مثل مولّدات البخار لاستعادة الحرارة.

#### 3- عدادات قياس الكيلوواط ساعة

- لكل لوحة توزيع رئيسية.
- لكل لوحة مفاتيح كهربائية للإنارة والقدرة الاحتياطية من فئة ما فوق 20 أمبير.

- لكل جهاز كهربائي من فئة ما فوق 5 كيلوواط.

#### 4- عدادات الوقود والغاز

- لمعدات المطبخ في المرفق.
- لكل مولد.
- لكل مرجل.

#### 5- عدادات ساعات التشغيل

- لكل جهاز كهربائي من فئة ما فوق 5 كيلوواط.
- لكل وحدة لمناولة الهواء.
- لكل مرجل.
- لكل وحدة لمعالجة المياه.

تُعتبر عدادات ساعات التشغيل عنصراً أساسياً لأي برنامج لمراقبة وتدقيق الطاقة، ولذا فهي ضرورية جداً.

#### 6- أجهزة قياس التدفق والكتلة (يمكن أن يقوم عداد الطاقة بهذه المهمة)

- المياه الباردة والساخنة في الخطوط الرئيسية.

#### 7- درجات الحرارة (يمكن أن يقوم عداد الطاقة بهذه المهمة جزئياً)

- درجات حرارة الاقتراب للمبرّدات والمبخرات والمكثّفات.
- درجة حرارة إمدادات المرجل.
- درجات حرارة الهواء الداخل والخارج من وحدات مناولة الهواء.
- درجات حرارة الهواء الداخل والخارج من وحدات مناولة الهواء على ملفّات الماء البارد والماء الساخن.
- درجات الحرارة على أجهزة استعادة الحرارة.
- درجة حرارة الحيز في المناطق الهامة (عينات كل نصف ساعة).
- درجة حرارة المحيط الخارجي (عينات كل نصف ساعة).

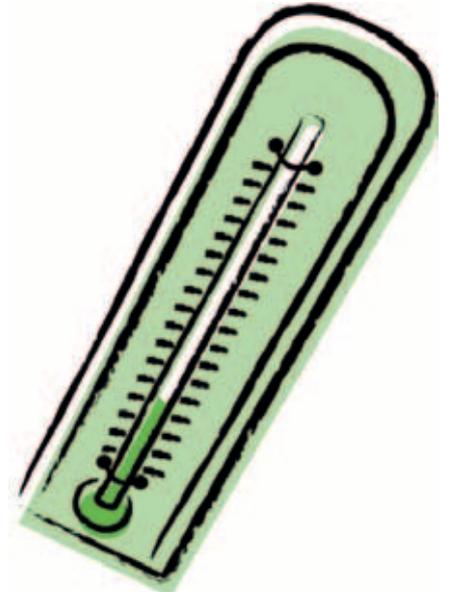
#### 8- الضغط

- على كل مضخة ومعزّز يتجاوز عياره 0,5 كيلوواط.
- مخرج مرجل البخار.

#### 9- الرطوبة النسبية

- رطوبة الحيز النسبية.
- الرطوبة النسبية في الخارج.

التشغيل الآلي مقابل التداخل البشري: مدى الاعتماد على القراءات الآلية أو الميدانية هو قرار إداري يتوقف على توافر القوة العاملة الماهرة والتكاليف والدقة المطلوبة في نظام إدارة الطاقة المنشود والنفقات الرأسمالية المرصودة في الموازنة مقابل نفقات التشغيل، وأخيراً قدرات فريق التشغيل والصيانة الموجود.



## هام

- يرجى التأكد مما يأتي:
- تركيب عدادات التدفق وفقاً لتعليمات المصنع، وذلك لضمان صحة قراءات البيانات ودقتها.
- معايرة أجهزة القياس في فترات محددة مسبقاً، حيث إن دقة هذه الأجهزة أمر بالغ الأهمية بالنسبة لنجاح وسلامة برنامج إدارة الطاقة. وينبغي، بشكل خاص، أن تخضع عدادات التدفق لصيانة دورية لضمان دقة النتائج، لأنها قد تكون المصدر الأساسي للأخطاء في أي نظام لمراقبة البيانات.



والوضع الأمثل هو أن تجري القراءات والتسجيلات وتخزين البيانات أوتوماتيكياً كلما كانت مخصّصات الميزانية تسمح بذلك. وبهذا يخفّ حدوث أخطاء بشرية في القراءات وتنتفي احتمالات إغفال جمع البيانات. وعند استخدام نظام إدارة الطاقة للقيام بالقياسات أوتوماتيكياً، ينبغي التأكد من أن للنظام سعة كافية لتخزين البيانات وقدرة على نقل البيانات إلى بنوك التخزين للمزيد من المعالجة. في الشكل 10-1 عرض لأوجه المفاضلة بين تشغيل نظام الطاقة أوتوماتيكياً أو يدوياً.

### الشكل 10-1 تشكيل نظام إدارة الطاقة

تكاليف رأسمالية مرتفعة  
نفقات تشغيلية منخفضة

منهج مختلط

تكاليف رأسمالية منخفضة  
نفقات تشغيلية مرتفعة



تشغيل آلي بالكامل  
تسجيل البيانات أوتوماتيكياً  
تقييم على أساس برنامج كمبيوتر  
تخزين بيانات ثنائي  
برمجة على أساس برنامج كمبيوتر

تشغيل / إيقاف المعدات يدوياً  
تسجيل البيانات يدوياً  
حسابات الأداء يدوياً  
مسك الدفاتر يدوياً  
برمجة أعمال الصيانة يدوياً

وعلى وجه العموم، يُنصح بتشغيل نظام إدارة الطاقة بشكل أوتوماتيكي جزئي في المرافق الكبيرة وحتى المتوسطة الحجم التي تزيد مساحة المكاتب فيها على 1500 متر مربع. ويُرجح ألا تكون فرق التشغيل والصيانة الموجودة قادرة على تنفيذ تلك المهمة يدوياً.

**ب-2) توظيف مسؤول أداء بيئي أو مدير طاقة مُجاز.** من أهم الأشخاص بالنسبة لعملية تطبيق نظام إدارة الطاقة هو مسؤول الأداء البيئي في المبنى. وأهم واجبات هذا المسؤول هي إدارة مراقبة أداء المبنى بالنسبة للطاقة وضبطه والتحقق منه وتوقعاته وقياساته.

وكما يبدو من اسم هذا المنصب فإن مسؤولياته تتجاوز إدارة الطاقة لتصل إلى جوانب أخرى من الأداء البيئي للمبنى. غير أن قضايا الطاقة هي الأساس. كما يُستدَلّ من اسم المنصب على زيادة أهمية الهموم البيئية في العمليات اليومية وصيانة مباني المكاتب.

ومن غير المحتمل أبداً اليوم أن تتمكّن المباني الكبيرة من تنفيذ برنامج لإدارة الطاقة من دون تدخل مدير أو مسؤول قادر ومخلص وملتزم كلياً بإكمال المشروع وله إلمام عميق بإدارة الطاقة والمياه في مباني المكاتب المتوسطة إلى الكبيرة. في الإطار أدناه عرض لاختصاصات هذا المنصب.

**ب-3) إجراء تدقيقات للطاقة.** مهما كانت درجة نجاح أعمال أي شركة ومستوى موظفيها، فإنها تظل دائماً بحاجة إلى نظرة جديدة متبصرة لمراقبة أعمالها. وكما يقول المثل الألفة مجلبة للاستخفاف وهي تؤدي كذلك إلى الجمود وكراهية التغيير. وإدارة الطاقة لا تشذ عن هذه القاعدة التي لا مفرّ منها.

## مسؤول الأداء البيئي نطاق العمل

يُفضّل أن يكون شاغل هذا المنصب موظفاً بدوام كامل مسؤول مباشرة تجاه الإدارة العليا. ويجب أن يُعطى مسؤول الأداء البيئي صلاحية اتخاذ قرارات ليتمكّن من تأدية المهمات الواردة في نطاق العمل كما هو محدد أدناه.

### القدرات المهنية المطلوبة

- قدرات ممتازة في العمل الإداري والجماعي.
- معرفة هندسية واسعة وخبرة في أنظمة خدمات المباني.
- خبرة واسعة في مشاريع حفظ الطاقة لأنظمة خدمات المباني.
- خبرة في برامج إدارة الموارد والنفايات.

### المهمة

تعزيز وتنفيذ الممارسات الفعالة والمجدية والمسؤولة التي تحقّق كفاءة استخدام الموارد وخصوصاً المتعلقة بالطاقة والماء.

### نطاق العمل

- وضع أهداف سنوية لاستهلاك الطاقة والمياه بالتعاون مع مديري المبنى، بالإضافة إلى التزامات تخفيض الكربون بناء على البيانات الأساسية وتوقعات المرفق.
- إعداد ونشر إستراتيجية لثلاث سنوات على ضوء الأهداف المذكورة أعلاه وبالتوافق مع أفضل الممارسات ذات الصلة والمقتضيات التشريعية.
- تعيين ومراجعة الأساليب المناسبة لإجراء التدقيقات وإعداد التقارير والقيام بالقياسات المعيارية لأداء الطاقة في المبنى.
- وضع منهجية حسابات الكربون.
- تبليغ الجهات المعنية في المبنى بمبادرات كفاءة الطاقة وتعزيز التغيير السلوكي.

- الإشراف على جميع أعمال قياس وتسجيل ومعالجة بيانات الطاقة.
- تحديد الأنظمة التي ينبغي تزويدها بأجهزة مراقبة بيانات الطاقة.
- مراقبة أداء الطاقة في الأنظمة الكهرو - ميكانيكية.
- إصدار توجيهات لتصحيح الممارسات الخاطئة في تشغيل الأنظمة الكهرو - ميكانيكية التي تسبب هدراً.
- التثبّت من تحقيق الأهداف المحددة لتخفيض استهلاك الموارد.
- البحث عن تدابير لزيادة تخفيض استهلاك الطاقة.
- تولي تدقيق أداء الاستدامة.
- وضع مقاييس مرجعية لأداء الطاقة.
- التأكد من أن المبنى يستوفي جميع القوانين والأنظمة البيئية الحالية.
- إصدار التعليمات الإستراتيجية لتحسين أداء المبنى بالنسبة للمسؤولية الاجتماعية والبيئية.

وحتى المؤسسات التي تكون كفاءة الطاقة منغرسه في ثقافتها تظل بحاجة الى تدقيق للطاقة تجريه جهة مستقلة، من حين لآخر، وذلك لتقييم أدائها لناحية استهلاك الطاقة. ويمكن، في هذا الصدد، الرجوع إلى أفضل ممارسات تدقيق الطاقة التي نشرتها الجمعية الأميركية لمهندسي التدفئة والتبريد والتبريد والمعهد القانوني لمهندسي خدمات المباني.

**ب-4) إعداد برنامج فعال للتشغيل والصيانة.** من الشروط الأساسية لإدارة الطاقة الجيدة في أي مبنى وجود دائرة فعّالة للتشغيل والصيانة. والواقع أن الاستثمار في تحسين التشغيل والصيانة هو من أكثر الإجراءات المجزية لتوفير الطاقة التي يمكن أن يتولاها مسؤول المبنى أو مديره. هناك أربع نواحٍ متعلّقة بالتشغيل والصيانة هي في غاية الأهمية لبلورة كفاءة وفعالية التشغيل في المبنى:

**1- برنامج التشغيل والصيانة:** من الشروط الأساسية لكفاءة الطاقة في أي مبنى، بصرف النظر عن حجمه، وجود برنامج تشغيل وصيانة جيّد الإعداد ينفّذه فريق وافي العدد من الخبراء المؤهلين والمدفوعين للعمل. ويُعتبر هذا المطلب شرطاً حيوياً خصوصاً بالنسبة للمباني الكبيرة نسبياً حيث تعمل معدّات ضخمة تكلف عدّة ملايين من الدولارات وتستهلك مقادير كبيرة من الطاقة والماء.

يدور المحور الأساسي لأعمال التشغيل والصيانة حول وجود نظام كومبيوتري شديد الفعالية لإدارة الصيانة وبرنامج من الدرجة الأولى لتفعيل نشاطات التشغيل والصيانة إلى أقصى حدّ ممكن، وذلك لحسن سير العمليات اليومية والأطول أجلاً، ومنها:

- إعداد ميزانية التشغيل والصيانة.
- إدارة أعمال الصيانة الوقائية على أساس توصيات صانع المعدّات.
- حفظ قاعدة بيانات السجل التشغيلي لمختلف الأجهزة.
- حفظ جرّد قطع الغيار والبائعين.
- معالجة طلبات الصيانة الفورية من دون تأخير.
- متابعة استمارات طلب المواد.
- معالجة طلبات العمل.



- ملاحقة قسائم تسلّم المواد.
- الإشراف على أعمال تدابير الصيانة بالنسبة للمعدّات.
- تسهيل التنسيق بين موظفي التشغيل والصيانة.

يمكن أن تنشأ عن عدم كفاءة التشغيل وهدر الطاقة في المباني تكاليف باهظة غالباً ما يُظن أن لا علاقة مباشرة لها بممارسات التشغيل والصيانة غير الفعّالة. وقد يؤخر هذا الإدراك الخاطئ إجراءً سريعاً وحاسماً لاتخاذ تدابير تصحيحية من قبل الإدارة. وغالباً ما تؤدي التدخلات السريعة والمركّزة إلى وفورات لا يستهان بها في مصاريف التشغيل.

**2- موظفو التشغيل والصيانة:** إن أفضل برامج التشغيل والصيانة لا تكون فعالة إذا لم يكن لدى الموظفين المسؤولين عن تنفيذها المؤهلات والخبرة الضرورية. وينبغي تزويد موظفي التشغيل والصيانة بالأدوات الإدارية والتقنية الضرورية التي تمكّنهم من تأدية وظائفهم كما يجب. ويستهدف الاستثمار في موظفي التشغيل والصيانة تحقيق ما يأتي:

- بناء القدرات على أساس متواصل.
- التوعية بأهمية كفاءة الطاقة.
- التمكين.

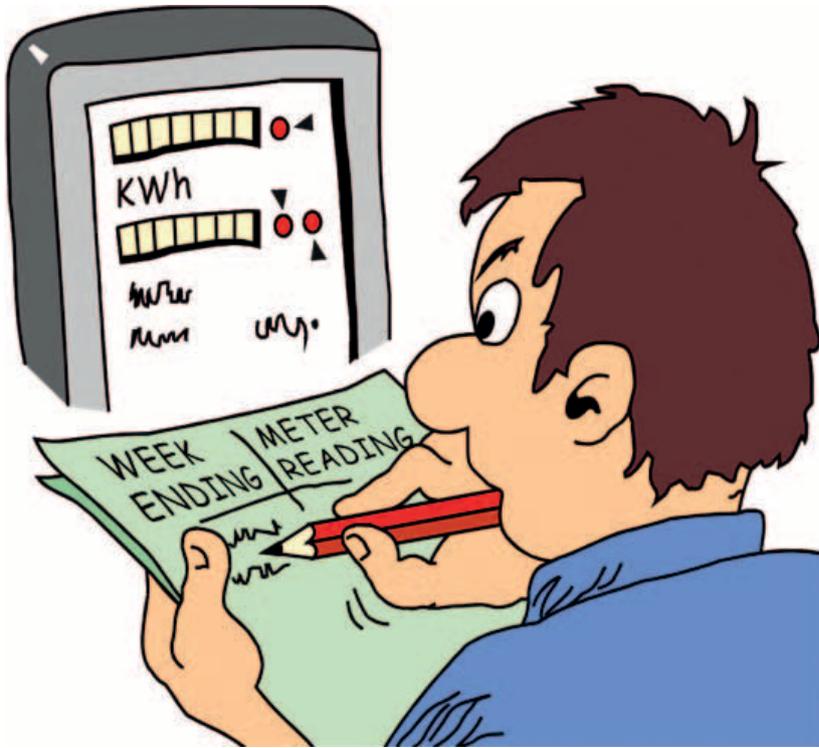
**3- توافر المعلومات التقنية:** ينبغي أن تتوافر لفريق التشغيل والصيانة معلومات فنية مثل كتيبات تعليمات التشغيل والصيانة والرسومات حسب التنفيذ وجداول المعدّات ورسوم الخط المفرد لمختلف الأنظمة الكهرو - ميكانيكية.

وإذا لم تكن هذه الوثائق متوافرة فيُحتمل إضاعة الكثير من الوقت في محاولة الوصول إلى المعلومات الضرورية للسير في عمليات التشغيل والصيانة. لذا يجب أن تكون المعلومات التقنية في متناول أفراد فرق التشغيل والصيانة في المرافق الحديثة، وذلك لتمكينهم من حسن أداء مهمّاتهم، لأن جميع موظفي التشغيل والصيانة يجب أن يكونوا ملمّين بالأنظمة الكهرو - ميكانيكية التي يشغلونها. لذلك من الضروري ضمان توفير ما يأتي للموظفين التقنيين:

- كتيبات تعليمات التشغيل والصيانة لجميع الأنظمة الكهرو - ميكانيكية الموجودة في المرفق.
- جداول المعدّات الكهرو - ميكانيكية.
- رسوم الخط المفرد لجميع الأنظمة الكهرو - ميكانيكية.
- مخططات غرف الآلات الميكانيكية.
- التدريب الملائم على المعدّات الموجودة التي يجري تشغيلها.

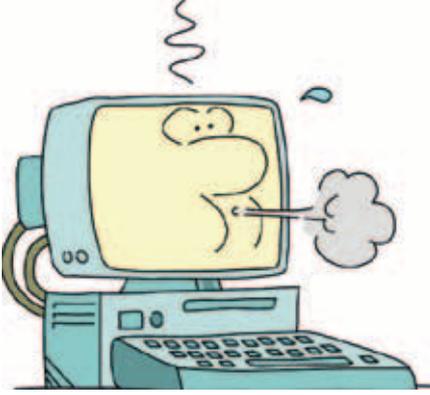
**4- تسجيل البيانات وسجّلات المعدّات:** ينبغي أن يكون هذا العمل منسقاً مع قدرات نظام إدارة الطاقة في المرفق. ويجب أن يقوم أفراد فريق التشغيل والصيانة بالتسجيل اليدوي لبارامترات تشغيل المعدّات غير الخاضعة لمراقبة نظام إدارة الطاقة مثل الكيلوواط ساعة، ودرجات حرارة التشغيل، وعدادات الدوران. والهدف من ذلك هو تسجيل تاريخ تشغيل المعدّات وذلك لمراقبة المتغيّرات في بارامترات تشغيلها، وهذه معلومات حيوية من أجل برنامج الصيانة الوقائية وإدارة الطاقة.

وينبغي تخصيص سجلات لكل قطعة معدات لمراقبة كل أعمال الصيانة الدورية. لذا عليك إعداد سجلات للمضخات ووحدات توجيه الهواء والمراوح والمبردات والمولدات وسائر الأجهزة الكهرو- ميكانيكية، مع الحرص على تضمينها كل البارامترات ذات الصلة بالنسبة لكل جهاز. علاوةً على ذلك، يجب أخذ القراءات يومياً أو كل ساعة، وذلك تبعاً لحجم الجهاز وتغيّرات بارامترات تشغيله مع الوقت. مثلاً يمكن أخذ قراءات يومية للمضخات، لكن يجب أخذ قراءات كل ساعة عند بدء تشغيل المعدات (مثل المبردات). وينبغي إدخال القراءات الميدانية على جداول البيانات لمزيد من التحليل.



# الفصل 11 مراكز البيانات

## ومعدات تكنولوجيا المعلومات



### الأهداف

- معرفة الروابط بين كفاءة مراكز البيانات وربحية الشركة.
- تحديد استهلاك الطاقة الرئيسية في مراكز البيانات ومصادر عدم كفاءة الطاقة.
- تحليل واقتراح مبادرات للاستفادة من فرص كفاءة الطاقة بطريقة مجدية اقتصادياً.

### نظرة عامة

تُعتبر مراكز البيانات، بالنسبة للعديد من الشركات، مساهمات رئيسية في إجمالي نفقات التشغيل والتأثيرات البيئية. وقد جرت العادة على تصميم وتشغيل مراكز البيانات من دون إعاة كفاءة الطاقة أي اهتمام. ونتيجة لذلك ثمة كثير من فرص الكفاءة التي تدعمها بيانات جدوى محكمة، كما يرد في ما يأتي:

### أهمية مراكز البيانات بالنسبة للشركات

لقد ازداد مؤخرًا اعتماد الشركات، بمختلف أنواعها، على تكنولوجيا المعلومات، حيث إن معظمها أخذ يستند إلى تكنولوجيا المعلومات لإدارة مهمات عملها الأساسية مثل إدارة المحاسبة والتواجد على الشبكة العالمية والمبيعات، بالإضافة إلى التمويل والموارد البشرية وشبكات البريد الإلكتروني. ويُتوقع أن يستمر هذا التوجّه وينعكس نموًا في متطلبات تكنولوجيا المعلومات مع التوسع في معالجة البيانات وتخزينها.

لقد نشأت المعدّات الكومبيوترية عن أجهزة الكومبيوتر المركزية الكبيرة المتخصصة في مهمات محدّدة فقط وتحوّلت إلى كومبيوترات شاملة. لذا فإن وظائف الشركات الهامة تعتمد على القدرات الكومبيوترية وعلى توافر الكومبيوتر الرئيسي 24 ساعة يوميًا على مدى سبعة أيام في الأسبوع، أي "زمن التشغيل". ولزيادة فاعلية زمن التشغيل إلى أقصى درجة ممكنة والاستفادة من اقتصاديات الحجم، تجمّع الكومبيوترات الرئيسية عادة في مرافق مراكز البيانات أو "مجمّعات الأجهزة المركزية".

تصمّم مرافق مراكز البيانات بحيث تغذّي الكومبيوترات الرئيسية بالطاقة العالية الجودة مع إبقائها باردة. وتمتلك بعض الشركات الكبرى مراكزها الخاصة للبيانات، فيما تتعاقد شركات أخرى مع مصادر خارجية لتتولى مهمات تكنولوجيا المعلومات أو تستأجر حيزًا في مركز بيانات تديره شركة مضيقة. وتُعرف مراكز البيانات التي تُوجر مساحات لشركات مختلفة باسم مراكز المواقع المشتركة. ومن الشائع أيضاً أن تخصّص الشركات مساحات في مباني مكاتبها للكومبيوترات المركزية تعرف كذلك بخزانات الأجهزة المركزية.

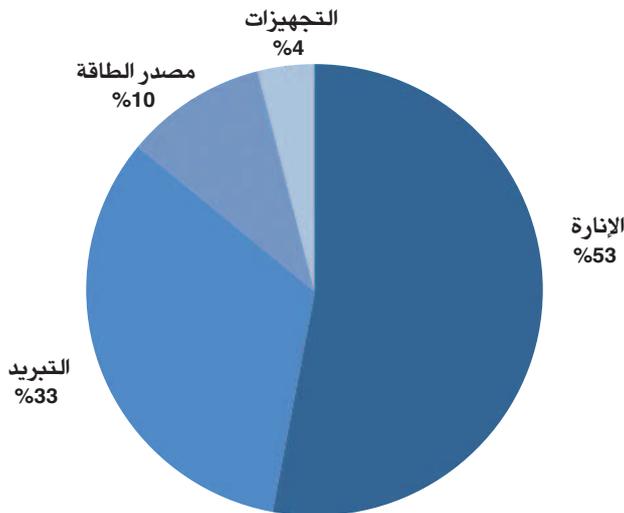
## مراكز البيانات تستهلك الطاقة بكثافة

أجهزة الكمبيوتر المركزية هي من أكثر الأدوات استهلاكاً للطاقة. فالجهاز الواحد يستهلك نحو 300 واط من الطاقة، أي ما يوازي 3 مصابيح إضاءة توهجبة قوة كل منها 100 واط. وعلى غرار تلك المصابيح تحول أجهزة الكمبيوتر الرئيسية الكثير من طاقتها إلى حرارة. لكن بما أنها تعمل باستمرار على طول السنة، فإن استهلاكها للطاقة وإنتاجها للحرارة يفوقان استهلاك وإنتاج أي مصباح كهربائي.

يظهر في الشكل 1-11 كشف مفصل لاستهلاك الطاقة في مركز للبيانات، وهو لا يختلف كثيراً بين بلد وآخر لأن خصائص التجهيزات هي عملياً متماثلة.

في كثير من مراكز البيانات، تستهلك أنظمة التبريد وسائر البنى التحتية - المعدات والإدارة المعتمدة على الطاقة الكهربائية - من الطاقة بقدر الكمبيوترات نفسها، ونتيجة لذلك، تتجاوز البصمة البيئية السنوية لجهاز واحد مع أنظمتها المساندة خمسة أطنان من ثاني أكسيد الكربون، أي ما يوازي الكمية التي تصدرها سيارة ميني فان عادية تسير 12000 ميل في السنة. قد تحتوي مراكز البيانات الكبرى 10000 كمبيوتر أو أكثر، وهي تُعتبر بالنسبة لكثير من الشركات التي لا تنتج مصنوعات من المساهمين الرئيسيين في البصمة البيئية للشركة. وقد أصبحت هذه المراكز من أكبر مستهلكي الطاقة في الولايات المتحدة. وقدّرت وكالة حماية البيئة أن مراكز البيانات قد استهلكت 1,6% من الكهرباء عام 2006، وهذا الرقم مرشح ليرتفع إلى الضعفين عام 2011. ومع أن الدول العربية قد لا تشهد مثل هذا النمو العظيم، فإن هذه التوقعات تؤشر بوضوح إلى تنامي أهمية تكنولوجيا المعلومات في المؤسسات العامة والخاصة على حدّ سواء.

الشكل 1-11 كشف مفصل لاستهلاك الطاقة المقدر في مركز عادي للبيانات



### وجود بيانات جدوى مقنعة لجعل مراكز البيانات أكثر كفاءة

يستخدم أقل من 5% من الطاقة المستهلكة في مركز بيانات نموذجي من أجل عمليات الكمبيوتر. أما نسبة 95% المتبقية فهي تضيع فعلاً في الطريق - على شكل حرارة في الكمبيوترات الرئيسية، وخسائر تحويل في إمدادات الكهرباء وتزويد المراوح والأنوار بالطاقة وفي أنظمة التبريد اللازمة لإزالة كل تلك الحرارة المهدورة.

وتوجد فرص للكفاءة عند كل خطوة من النظام. وتكون أفضل الممارسات، كما هو مذكور أدناه، معروفة جداً. ونظراً لأن زيادة استهلاك الطاقة تدفع إلى رفع تكاليف التشغيل (كهرباء) والتكاليف الرأسمالية (للمولدات الاحتياطية وبنوك البطاريات وأنظمة التبريد)، فإن تدابير الكفاءة في مراكز البيانات عموماً تخفّض التكاليف بدرجات كبيرة وتعطي ثمارها بسرعة نسبية.

وعلى وجه التحديد، فإن تدابير الكفاءة توفر قيمة اقتصادية في ثلاث وسائل رئيسية:

- التوفير في استهلاك الطاقة يخفّض تكاليف الكهرباء اللازمة لإمداد الكمبيوترات الرئيسية بالطاقة وتبريدها.
- كفاءة الطاقة تزيد عدد الأجهزة التي يمكن أن تدعمها البنية التحتية الحالية لمراكز البيانات مما يؤخر أو يلغي الحاجة إلى مراكز بيانات جديدة باهظة التكاليف.
- تصميم أنظمة أكثر كفاءة في مراكز البيانات الجديدة يمكن أن يخفّض إجمالي النفقات الرأسمالية.

قد تخفّض تدابير كفاءة أجهزة وبرامج تكنولوجيا المعلومات استهلاك الكمبيوتر الرئيسي للطاقة بنسبة 90%. وإذا ما أضيف إلى ذلك إمكانات كفاءة تعديلات أنظمة التبريد بنسبة 40% فإن نظام مركز البيانات المحسّن يمكن أن يخفّض الطلب على الطاقة في كل عملية كمبيوتر بنسبة 92%.

تكون مراكز البيانات، في العادة، مصمّمة بحيث تؤمّن الموثوقية والأمن والتوافر وأداء التشغيل، لكن نادراً ما يكون هناك اهتمام بكفاءة الطاقة. وبالتالي فإن تدابير كفاءة الطاقة يجب ألا تعيق الجهوية التشغيلية لمعدات تكنولوجيا المعلومات.

تتفاوت التكاليف والوفورات من تدابير الكفاءة بين مختلف مراكز البيانات، علماً أن مقادير الوفورات والتكاليف الواردة في هذا الفصل هي تقديرات تقريبية، وتحتاج إلى المزيد من التكيف لتتوافق مع مراكز البيانات المحددة.

### دليل جمع المعلومات

مراكز البيانات هي مرافق بالغة التعقيد، وتتوقف إمكانات الكفاءة فيها على عدد كبير من العوامل. وتخضع قرارات مراكز البيانات لتأثيرات العديد من الجهات المعنية - من مدراء تنفيذيين للشركات، ومسؤولي شراء المعدات، ومشغلي تكنولوجيا المعلومات، ومديري المرافق. وتتوزع الخبرة والمعرفة في الموضوعات الواردة أدناه على تلك المجموعة المتنوعة من المسؤولين. ولا بد من مساهمة فريق من الجهات المعنية في تقييم إمكانات الكفاءة وتنفيذ برامج الكفاءة.



والأسئلة التالية تساعد في إطلاق الحوار حول كفاءة مركز البيانات :

- أين وُضعت أجهزة الكمبيوتر المركزية؟ (في خزائن الأجهزة ضمن المكاتب، أم في مراكز بيانات تملكها الشركة، أم في حيزٍ مستأجر في مركز البيانات؟) . وهل إن خدمات تكنولوجيا المعلومات مُتعاقد عليها مع مصادر خارجية؟
- ماهي درجة الانتفاع من قدرات الكمبيوتر المركزي؟ إذا كانت النتيجة أقل من 5% فهذا يشير إلى فرصة كبرى لزيادة الانتفاع من الجهاز. أما نسبة 20 - 30% فهي نسبياً جيدة، لكنها تحتمل إمكانية التحسين.
- ماهي كثافة القدرة الكهربائية (واط من معدات تكنولوجيا المعلومات بحسب المساحة) في حيز مركز البيانات؟ أقل من 1 كيلوواط في المتر المربع تعني أن كثافة الكمبيوتر المركزي متدنية. ويمكن إضافة المزيد من هذه الكمبيوترات من خلال برامج التعديلات التحسينية.
- ماهي درجة فعالية الانتفاع من الطاقة في مركز البيانات المحددة بنسبة مجمل الطاقة المستهلكة في مركز البيانات إلى الطاقة التي تستهلكها الكمبيوترات المركزية فعلياً في فترة زمنية محددة؟ وتعتبر نسبة 1,5 سبباً معقولاً لإجراء تعديلات تحسينية. ويشار إلى أن متوسط فعالية الانتفاع من الطاقة في الصناعة هو حوالي 2,6، كما إن "مايكروسوفت" حققت فعالية انتفاع بنسبة 1,2.
- ماهي رتبة تصنيف مركز البيانات؟
- هل ثمة مجال لاستخدام المبرّدات الخارجية والتبريد الحر.
- من يدفع (أي دائرة) تكاليف طاقة مراكز البيانات وتشغيلها؟
- من المسؤول عن إستراتيجية تكنولوجيا المعلومات واستثمارات مراكز البيانات؟

### ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في مراكز البيانات

توجد خمس فئات أعمال متميزة يمكن أن تنفّذ معاكي تخفّص مراكز البيانات حتى 90% من استهلاك الطاقة.

#### أ) المراقبة والقياس المعياري

مع أن المراقبة والقياس المعياري لا يحدثا وفورات مباشرة في الطاقة، فإن هذين التدبيرين المنخفضي الكلفة يزودان برامج الكفاءة بالمعلومات ويتعقبان أثارها.

**أ-1) حساب ومراقبة فعالية الانتفاع من الطاقة.** فعالية الانتفاع من الطاقة هي نسبة إجمالي الطاقة التي يستهلكها مركز المراقبة إلى الطاقة التي تستهلكها الكمبيوترات المركزية فعلياً، على مدى فترة زمنية معيّنة. تكون فعالية الانتفاع من الطاقة في مركز البيانات المثالي 1,0 - حيث تكون كل الطاقة قد استُخدمت لإمداد الكمبيوترات المركزية بالطاقة. والواقع هو أن معظم مراكز البيانات تكون فعاليتها في الانتفاع من الطاقة 2,0 أو أكثر - أي أن الكمبيوترات المركزية تستخدم نصف الطاقة فقط. أما الباقي فتستهلكه أنظمة البنية التحتية لإبقاء جوّ مركز البيانات بارداً وإدارة نوعية الطاقة. وقد تتغير فعالية الانتفاع من الطاقة مع الوقت وخلال أيام السنة تبعاً لأحمال الكمبيوترات المركزية ودرجات الحرارة الخارجية، لذا يجب مراقبتها بانتظام لمتابعة أداء مركز البيانات.

**أ-2) متابعة الانتفاع من الكمبيوترات المركزية.** تعمل الكمبيوترات المركزية عادةً بأقل من 10% من قدرتها المحتملة، نتيجة لاختلافات أنماط الأحمال. ويساعد تركيب برامج لمراقبة الكمبيوتر

المركزي على تعيين فرص الكفاءة في الكومبيوترات المركزية التي لا يُنتفع منها بالقدر الكافي أو التي لا تُستخدم بتاتا.

**أ-3) تركيب أجهزة استشعار لمراقبة درجات الحرارة والرطوبة.** لأجهزة الكومبيوتر المركزية نطاقات حرارة محددة (راجع الفقرة "هـ" أدناه). ومن شأن تحسين المراقبة معرفة "النقاط الساخنة" داخل مركز البيانات حيث يكون الهواء أكثر سخونة من معدل حرارة الغرفة. ويمكن استخدام هذه البيانات لتركيز برامج كفاءة التبريد والسماح بزيادة كومبيوترات مركزية إضافية من دون زيادة درجات الحرارة.

**أ-4) استخدام مقياس كيلوواط / طن لتقييم أداء أنظمة التبريد.** نسبة الطاقة التي يستهلكها نظام للتبريد (بالكيلوواط) إلى الحرارة المزالة (بالأطنان المعادلة لـ 12000 وحدة حرارية بريطانية / ساعة) هي قياس لكفاءة التبريد. ويمكن أن تعمل أنظمة التبريد المحسنة بقوة 0,9 كيلوواط / طن أو أقل. وفي كثير من مراكز البيانات، يتجاوز المستوى 2,0 كيلوواط / طن، مما يعني وجود إمكانية لتحسينات الكفاءة.

### ب) البرامج ذات الكفاءة في استهلاك الطاقة

قد تكون احتمالات توفير الطاقة مرتفعة بالنسبة للتدابير الخاصة بالبرامج، مع أن تكاليف هذه التدابير ووفوراتها المحتملة تختلف كثيراً بين شركة وأخرى.

## مقاييس أداء بديلة

فعالية الانتفاع من الطاقة هي أكثر المقاييس استخداماً لتقييم كفاءة مركز البيانات بالمقارنة مع خط أساسي. وهناك أيضاً مقياسان آخران أخذ استخدامهما يزداد مؤخراً، وهما:

- كفاءة البنية التحتية لمركز البيانات (DCIE): كفاءة البنية التحتية لمركز البيانات هي عكس فعالية الانتفاع من الطاقة، وهي نسبة استهلاك الكومبيوتر المركزي للطاقة إلى إجمالي استهلاك المركز للطاقة. وتمثل جزءاً من استهلاك الطاقة الذي يستخدم فعلياً لإمداد الكومبيوترات المركزية بالطاقة. والمستوى الاعتيادي هو 50%، غير أن أفضل مراكز البيانات قد تعمل بكفاءة في حدود 90%.
- معدل كفاءة بيانات الشركة (CADE): هذا مقياس أكثر تطوراً، وهو يأخذ في الاعتبار استهلاك معدات الكومبيوترات المركزية للطاقة وكذلك كفاءة المرفق. معدل كفاءة بيانات الشركة هو حصيلة كفاءة الطاقة في المرفق، والانتفاع من المرفق، والانتفاع من تكنولوجيا المعلومات، وكفاءة طاقة تكنولوجيا المعلومات. وبما أن من العسير تحديد مقدار كفاءة تكنولوجيا المعلومات، فإن المقياس لا يزال في طور الإعداد. وعلى كل حال فإنه مفيد جداً لأنه ينطوي على كل العوامل ذات العلاقة بكفاءة مركز البيانات.



**ب-1) تصميم أو شراء برنامج جديد يخفّض استهلاك الكهرباء إلى الحد الأدنى.** من النادر أن يكون استهلاك الطاقة عائقاً هاماً أمام مطوري البرامج. ونتيجةً لذلك، يزداد ضغط البرامج على تجهيزات الكمبيوتر المركزي. وإذا كانت البرامج أكثر كفاءة فهي تستطيع أن تنجز المهمات نفسها بقدر أقل من الطاقة، علماً أن كفاءة البرامج مسألة معقدة لأن تدابير الكفاءة تكون محددة بحسب كل برنامج ومهمة. ومن الخطوات الأولى الهامة بالنسبة للبرامج المكوّنة داخل الشركة هي تقديم حوافز لمصممي البرامج كي يكتبوا رموزاً ذات كفاءة أكثر في استهلاك الطاقة. أما بالنسبة للبرامج المشتراة فإن المعايير الصناعية ما زالت قيد التطوير للتوصل إلى مقاييس مرجعية لأداء الطاقة الخاصة بها.

**ب-2) تطبيق برامج إدارة الطاقة.** يمكن تخفيض استهلاك الكهرباء إلى حد كبير بتفعيل برامج إدارة الطاقة. وعلى غرار أوضاع توفير الطاقة على الكمبيوترات المكتبية، يمكن برمجة الكمبيوترات المركزية لتتحول إلى وضع الخمول أثناء عدم استعمالها.

### ج) تحسين الانتفاع من الكمبيوترات المركزية

يدل "الانتفاع من الكمبيوتر المركزي" على النسبة المستخدمة من قدرة الكمبيوتر المركزي على المعالجة في أي وقت. ولا يختلف كثيراً استخدام الطاقة بالنسبة لمعظم الكمبيوترات المركزية بناءً على مستوى الانتفاع. ونتيجة ذلك، فإن الكمبيوترات المركزية غير المستخدمة أو التي قل الانتفاع منها تستخدم تقريباً القدر نفسه من الطاقة مثل تلك المستخدمة بالكامل. ويمكن تحقيق مكاسب كفاءة كبيرة باتخاذ خطوات لتخفيض عدد الأجهزة العاملة على مستوى الانتفاع المنخفض أو المنعدم، مع الإشارة إلى أن تكاليف القيام بهذه الخطوات منخفضة نسبياً.

**ج-1) نزع التوصيل الكهربائي وإزالة الكمبيوترات المركزية غير المستخدمة بتاتاً.** المفاجئ أن نسبة كبيرة من الكمبيوترات المركزية (تصل إلى 10% في بعض الحالات) في العديد من مراكز البيانات أصبحت غير مستعملة. إذا غادر أي موظف عمله، فإن الآخرين يلاحظون بسرعة ما إذا كان

كومبيوتر المكتب غير المستخدم لا يزال في وضع تشغيل كل يوم. لكن اكتشاف ذلك في الكومبيوترات المركزية ليس بهذه السهولة، فهي يمكن أن تسيّر أنظمتها التشغيلية وتطبيقاتها الأساسية بشكل غير منظور أشهراً أو سنوات قبل إزالتها. ولتحديد الكومبيوترات المركزية غير المستخدمة، تُشغل برامج لمراقبة نشاطات الشبكة مع مرور الوقت. وهذا المجهود قادر عن تحديد "الأجهزة الزومبي" [الجثث المتحركة] المحتملة التي يجب البحث في أمر كل منها لمعرفة ما إذا كان من المأمون نزع توصيلها الكهربائي وإزالتها. وتُعتبر تكاليف فصل الكومبيوترات المركزية غير المستخدمة عن الطاقة وإزالتها منخفضة نسبياً ولا تتجاوز فترة استرداد رأس المال سنة أو سنتين.

**ج-2) محاكاة عدة كومبيوترات مركزية على جهاز واحد.** تطوّرت في السنوات الخمس الأخيرة تقنيات جديدة تسمح بتشغيل عدة نسخ أنظمة تشغيل في وقت واحد على كومبيوتر مركزي واحد، وهذا ما يُعرف بالمحاكاة. تتيح المحاكاة فرصة كبرى لتوفير الطاقة، إذ إنها تدمج معاً عدة أجهزة في جهاز مركزي واحد أكثر استعمالاً. لكن تحقيق ذلك ليس أمراً سهلاً لأنه يتطلب نقل أنظمة تشغيل بالكامل من كومبيوتر مركزي إلى آخر. إلا أن الفوائد المحتملة كبيرة جداً حتى إن الكثير من الشركات أخذت تسارع إلى تنفيذ مبادرات المحاكاة. تُقدّر إمكانات المحاكاة غالباً بنسبة 3:1 أو 5:1، للدلالة على عدد الأجهزة التي يمكن دمجها على جهاز واحد. غير أن مستويات المحاكاة، في كثير من الحالات، يمكن أن تزيد على 20:1. وقد تتحقق وفورات كبيرة تصل إلى 75% من استهلاك أجهزة تكنولوجيا المعلومات للطاقة، مع فترة لاسترداد رأس المال لا تتجاوز السنتين.

**ج-3) دراسة إمكانية التخصيص المتطور للموارد عن طريق ترشيح التطبيقات والحوسبة السحابية.** بالإضافة إلى المحاكاة، تتوافر تقنيات جديدة تسمح بتخصيص المتطلبات الكومبيوترية لأي جهاز مركزي فيه سعة، من دون إهمال الناحية الأمنية. وهذه البرامج التي تُسمى "الحوسبة السحابية" توزّع الأحمال على الكومبيوترات لرفع مستوى الانتفاع إلى أقصى درجة. يمكن إيقاف الكومبيوترات المركزية غير اللازمة لتوفير الطاقة الكهربائية إلى أن تعود الحاجة إليها عند ارتفاع الأحمال. ويمكن، بالإضافة إلى ذلك، تنفيذ تدابير ترشيح التطبيقات على كومبيوتر مركزي واحد للسماح لنسخ متعددة من برنامج تطبيقي بالعمل معاً. وبهذه الطريقة يمكن دمج كومبيوتر مركزي واحد أو أكثر في جهاز واحد.

#### **د) تصميم أجهزة كومبيوتر مركزي ذات كفاءة في استخدام الطاقة**

شراء أجهزة ذات كفاءة هو وسيلة قليلة الكلفة لتحقيق وفورات كبيرة في الطاقة. ومع أن الأجهزة ذات الكفاءة تكلف أحياناً أكثر في البداية، لكن حين نأخذ بعين الاعتبار كلفة تملكها على مدى دورة عمرها فإن وفورات الطاقة، على مرّ الزمن، تفوق بقيمتها الكلفة الزائدة. وبما أن معظم الكومبيوترات المركزية تُستبدل (تجدد) مرّة كل ثلاث أو أربع سنوات، فإن فرصة التحسين إلى أجهزة أكثر كفاءة تتكرر مراراً. تتميز التدابير المبينة أدناه بانخفاض النفقات وتُقدّر فترة استرداد الكلفة بأقل من سنة واحدة.

**د-1) شراء الكومبيوترات المركزية الأفضل كفاءة في فئتها.** تتفاوت متطلبات الطاقة اللازمة لمختلف أنواع الكومبيوترات المركزية الموجودة في الأسواق لتحقيق مستوى معين من الأداء (سرعة المعالجة، ذاكرة الوصول العشوائي، وسواها). وبمعنى آخر، فإن الأداء لا يتعلق كثيراً بالطاقة. ومع ذلك فإن قرارات الشراء في معظم الشركات لا تقيم وزناً لكفاءة الطاقة. لكن إذا تمّ العمل مع دوائر



تكنولوجيا المعلومات وسلسلة الإمداد لتحديد أولويات أنواع الكومبيوترات المركزية ذات الكفاءة في استخدام الطاقة، وذلك خلال دورات التجديد العادية، فمن المحتمل توفير حتى 50% من طاقة الكومبيوترات المركزية. وبما أن الأجهزة الأكثر كفاءة ليست بالضرورة أكثر كلفة، فإن هذا التدبير منخفض الكلفة.

**د-2) إلغاء المكونات غير الضرورية واستخدام اللوازم الكهربائية والمراوح والأجهزة ذات الكفاءة عند إنشاء كومبيوترات مركزية جديدة حسب الطلب.** تصمّم بعض الشركات الكومبيوترات المركزية التي تستخدمها في مراكز البيانات وفقاً لمتطلباتها الخاصة. وهذا يفتح المجال لعدد من تدابير الكفاءة التي توفر التكاليف الرأسمالية والطاقة. الخطوة الأولى هي إلغاء المكونات غير الضرورية المتضمنة بشكل قياسي في العديد من الكومبيوترات المركزية. فمثلاً، قد تكون محرّكات الأقراص وبطاقات الرسومات أجزاء غير ضرورية، وذلك تبعاً لوظيفة الكومبيوتر نفسه. ثم تُدرس كفاءة المكونات المحددة، وذلك كجزء من عملية اتخاذ قرار الشراء. وفي هذا الصدد تُعتبر اللوازم الكهربائية والمراوح والشرائح ومحرّكات أقراص التخزين فرصاً محتملة لتحقيق مكاسب في الكفاءة. وللمتأكد من تحقيق هذه الفرص ينبغي تحليل كيفية اتخاذ القرارات بالنسبة لمكونات الكومبيوترات المركزية والحرص على استهلاك الطاقة كأحد المقاييس.

**د-3) تقرير استخدام لوازم كهربائية ذات كفاءة.** لقد ازدادت الجهود في السنوات الأخيرة لرفع كفاءة مصادر الطاقة. فاللوازم الكهربائية للكومبيوترات المركزيّة تحوّل الكهرباء إلى الفولطية المنخفضة التي تتطلبها المكونات الإلكترونية. وقد ثبت بالممارسة أن الكثير من اللوازم الكهربائية قد عملت بدرجات كفاءة منخفضة حتى 60% - أي أن ما يصل حتى 40% من الطاقة التي يستهلكها الكومبيوتر المركزي تضيع فوراً على شكل حرارة. ونجد اليوم أن الكثير من الكومبيوترات المركزية الجاهزة مزودة بلوازم كهربائية معتمدة من برنامج 80 Plus، الذي يقضي بأن يكون معدل الكفاءة 80% على الأقل. والواقع أنه توجد لوازم كهربائية ذات كفاءة 90% (يوفر برنامج 80 Plus ومبادرة حماة المناخ للحوسبة قوائم باللوازم الكهربائية ذات الكفاءة العالية).

**د-4) استخدام معدات إدارة الطاقة لإيقاف الكومبيوترات المركزية.** قد لا تُستخدم العديد من الكومبيوترات المركزية في فترات طويلة من اليوم. وغالباً ما تظلّ الأجهزة غير المستخدمة موصولة بالتيار حتى حين تكون أحمالها معروفة. ويمكن أن تُبرمج تطبيقات وأجهزة إدارة الطاقة ("وحدات توزيع الطاقة" الذكية) بحيث توقف الكومبيوترات المركزية ثم تعيد وصلها بالشبكة عند الحاجة.

## إنشاء مركز بيانات جديد فائق الكفاءة

يدور هذا الفصل، بالدرجة الأولى، حول مراكز البيانات الموجودة. لكن عند إنشاء مركز بيانات جديد ينبغي النظر في مجموعة أوسع من تدابير الكفاءة. بالإضافة إلى التدابير التي بحثت بالتفصيل في هذا الجزء والمتعلقة بأجهزة وبرامج تكنولوجيا المعلومات، يمكن تبني إستراتيجيات مبتكرة للتبريد ومصادر الطاقة. من ذلك مثلاً:

مبرّدات الهواء الخارجي. يُصمّم مركز البيانات بحيث يتم استخدام الهواء الخارجي مباشرةً للتبريد عندما تكون درجة الحرارة منخفضة بما فيه الكفاية. وهذا الأمر يشبه فتح النافذة في المنزل لتبريد الغرفة بدلاً من استخدام مكيف الهواء.

إزالة مراوح الكومبيوترات المركزية. في حال استخدام نظام مركزي للمراوح لضغط الممرات الباردة، فقد يمكن إزالة المراوح غير الكفوءة في كل جهاز.

التبريد بالسائل مباشرةً. يُوجّه السائل المبرّد في أنابيب مباشرةً إلى أجهزة تكنولوجيا المعلومات، فالسوائل أشدّ فعالية من الهواء في إزالة الحرارة.

- مصدر تيار غير منقطع ديناميكي. بدلاً من استخدام مجموعة بطاريات كبيرة لتوفير طاقة غير منقطعة، يُستعمل نظام حدّافة (flywheel) ذات حركة دورانية.

يمكن أن تخفّض هذه الإستراتيجيات فعالية الانتفاع من الطاقة إلى ما دون 1,2، وهذا يتيح وفورات كبيرة في تكاليف التشغيل من دون تكاليف رأسمالية إضافية أو بقليل منها.

### الجدول 1-11 تكاليف وفوائد كفاءة أجهزة الكومبيوتر المركزي

التقنية	وفورات الطاقة لتكنولوجيا المعلومات (%)	الكلفة لكل كومبيوتر مركزي (دولار)	فترة استرداد الكلفة (سنوات)
شراء الأجهزة الأفضل كفاءة	40%	0 \$ - 100	1 <
تحسين التصميمات الخاصة	متفاوتة	متفاوتة	-
اللوازم الكهربائية	20%	0 \$ - 100	1 <
التخصيص المتطور للموارد	متفاوتة	متفاوتة	-

وبما أن معظم الكومبيوترات المركزية تستخدم أكثر من نصف إجمالي استهلاكها للطاقة حين تكون في حالة خمول، فيمكن لتدابير إدارة الطاقة أن تخفض استهلاك الكومبيوتر الرئيسي للطاقة.

#### هـ) تحسين نظام التبريد إلى المستوى الأمثل

أنظمة التبريد مسؤولة عن أقل من نصف استهلاك الطاقة في مركز البيانات، لكن غالباً ما توجد فرص كبيرة للكفاءة يمكن انتهازها، وهي ذات فترات معقولة جداً لاسترداد الكلفة.

هـ-1) سدّ الفجوات في الأرضية المرفوعة. في معظم مراكز البيانات حيّز مفتوح تحت أرضية مرفوعة، وذلك لتوزيع الهواء على رفوف الكومبيوترات المركزية. وتُستخدم المراوح لضغط الهواء في الحيّز. وتوضع بلاطات مثقّبة حيث تكون هناك حاجة للهواء البارد (في جهة مأخذ الهواء من رفوف الكومبيوترات)، وهذا ما يسمح بدفع الهواء البارد إلى داخل الغرفة. لكن بلاطات الأرضية، في كثير من مراكز البيانات، تُنزع لتحرير الكابلات أو إجراء الصيانة، ولا تُعاد أبداً. وهذا يفتح مجالاً لهروب

الهواء البارد ويُضعف كفاءة نظام التبريد. لكن يمكن بتدبير بسيط إصلاح ذلك بفتح ثقب صغيرة لتميرير الكابلات واستبدال بلاطات الأرضية لتغطية الثقب. ومن الممكن أيضاً استخدام مواد أخرى معتمدة لتغطية الأرضية، وهذا أيضاً خيار معقول التكلفة.

**ه-2) حزم الأسلاك تحت الأرضية.** في العديد من مراكز البيانات، قد تسد مجرى الهواء كتل متشابكة من الأسلاك والكابلات في الحيز تحت الأرضية. وإذا ما تم ترتيب الكابلات تحت الأرضية، فيمكن تخفيض استهلاك المراوح للطاقة وتحسين فعالية التبريد مما يسمح بزيادة كوميوترات مركزية إضافية في مركز البيانات.

**ه-3) تخفيف قيود الحرارة والرطوبة المحددة بشكل مصطنع.** تُقيد درجات الحرارة المسموح بها في مراكز البيانات عادةً ضمن مجالات ضيقة، وذلك لتخفيض مخاطر تعطل الكوميوترات المركزي. وتعتمد العديد من مراكز البيانات "المدى المقترح" من الجمعية الأميركية لمهندسي التدفئة والتبريد والتبريد وهو يتراوح بين 18 و 27 درجة مئوية (64 و 80 درجة فهرنهايت). إلا أن شركات صنع الكوميوترات المركزية تضمن عمل أجهزتها بشكل موثوق في ظروف حرارة أعلى بكثير. فمثلاً يحدّد الكوميوترات المركزي النموذجي من نوع Sun حرارة 35 درجة مئوية (95 درجة فهرنهايت) كحد أقصى للحرارة. وإذا سمحنا بدرجات حرارة أعلى في مراكز البيانات خفضنا استهلاك الطاقة للتبريد وأتحننا مجالاً لزيادة أجهزة إضافية في المركز. ويُشار إلى أن تنفيذ هذا الإجراء بسيط - فرغ نقاط تحديد الحرارة لا يتطلب سوى تعديل الضوابط. غير أن العائق الأول أمام اعتماد هذا الخيار هو ممانعة مشغلي أنظمة تكنولوجيا المعلومات.

**ه-4) حصر الممرات "الساخنة" أو "الباردة" وسدّ الفجوات في الرفوف بألواح تغطية.** لرفع كفاءة مركز بيانات مبرّد الهواء إلى أقصى درجة ممكنة، ينبغي عزل الهواء الإمداد البارد مادياً عن الهواء الساخن العائد. وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي بتغليف ممرّ رفوف الكوميوترات المركزية بإضافة أبواب جانبية وألواح في السقف فوق الرفوف وألواح تغطية، التي تتركب في الرفوف وتمنع الهواء من المرور عبر الشقوق الفارغة. بعد تنفيذ ذلك، يسرى الهواء من الممرّ البارد عبر الكوميوترات إلى الممرّ الساخن ومجرى الهواء الخارج من دون الدخول في "دائرة مقصورة" (يمر الهواء البارد بجانب الكوميوترات ويندمج بالهواء الساخن الخارج) أو في "دوران استرجاعي" (سريان الهواء الساخن عائداً إلى مداخل الكوميوترات المركزية مما يؤدي إلى مشاكل بسبب التسخين الزائد). الجدير بالذكر أن تنفيذ تدابير احتواء الممرات يمكن أن تعيق عمليات مركز البيانات في حال الاضطرار لتغيير مواقع الرفوف، لكن هذه التدابير يمكن أن تحقق وفورات في استهلاك الطاقة للتبريد نسبتها 25%.

**ه-5) إجراء تدقيق للطاقة في المرفق.** بإمكان مدققي الهندسة الميكانيكية تقييم أنظمة وعمليات التدفئة والتهوية والتبريد. بعد أن يمضوا نهاراً في الموقع، يستطيعون تقدير وفورات الطاقة وتأثيرات التكاليف من جراء تدابير الكفاءة الممكنة. وبالإضافة إلى تدابير نظام التبريد المذكورة أعلاه، يمكن أن يقترحوا تعديلات تحسينية باستخدام الهواء الخارجي للتبريد، وتحسين نقاط تحديد حرارة مياه المكثف والمياه المبرّدة إلى درجات أفضل، وغير ذلك من الإجراءات المتعلقة بالتحسينات.

الجدول 11-2 تكاليف وفوائد كفاءة نظام التبريد

التقنية	وفورات طاقة التبريد (%)	الكلفة لكل كومبيوتر مركزي (دولار)	فترة استرداد الكلفة (سنوات)
سدّ الفجوات	حتى 5%	\$5	
حزم الكابلات	2%	5-1	1
تخفيف قيود الحرارة	متفاوتة	\$0	1 <
احتواء المرآت	حتى 25%	\$40	متفاوتة
تدقيق الطاقة في المرفق	متفاوتة	متفاوتة	2

متفاوتة

### و) أحمال أخرى: أنظمة إمداد الطاقة والإنارة

ينبغي عدم إغفال مصدر الطاقة والإنارة عند البحث عن فرص كفاءة الطاقة في مراكز البيانات، حيث إن هذين العنصرين مسؤولان معاً عن نحو 15% من استهلاك الطاقة الكهربائية.

و-1) تحسين أنظمة إمداد وتحويل الطاقة لرفع الكفاءة. يستخدم مصدر التيار غير المنقطع عادة مجموعة بطاريات لتفادي تعطل الكومبيوترات المركزية بسبب أي انقطاع مفاجئ في إمدادات الطاقة. غير أن عملية التغيير إلى فولتيات مختلفة والانتقال إلى التيار المستمر لا تزيد كفاءتها عن 85%. وبما أن كل الطاقة التي تستخدمها الكومبيوترات المركزية تمرّ عبر نظام مصدر التيار غير المنقطع فإن 15% من الطاقة الإجمالية يذهب هدراً. ومن الأساليب المفيدة في تحسين كفاءة مصدر التيار غير المنقطع تركيب نظام "دلّتا للتحويل" الذي يحول معظم تدفقات التيار المتناوب حول معدّات محوّل التيار المتناوب/المستمرّ والبطاريات، ممّا يحدّ من خسائر التحويل.

و-2) تخفيض استهلاك طاقة الإنارة بالتحكم الأوتوماتيكي والتركيبات الأكثر كفاءة. تتمثّل الإنارة جزءاً ضئيلاً من استهلاك الطاقة في مركز البيانات، إلا أن تحسينها أمر في غاية السهولة. تكون الأنوار، في كثير من مراكز البيانات، ساطعة جداً لتمكين العاملين من الرؤية داخل الرفوف المظلمة للتمكّن من تشكيل الكومبيوترات المركزية. علاوةً على ذلك، تظلّ الأنوار، في الغالب، مُضاءً على مدار الساعة دون انقطاع، وذلك لأن العامل الذي يُغادر قاعة مركز المعلومات الواسعة لا يمكن أن يعرف ما إذا كان غيره لا يزال يعمل في الداخل. لذا فإن استخدام أجهزة استشعار الإشغال يجعل الأنوار تنطفئ حين يكون مركز البيانات خالياً، ما قد يوفر 50% أو أكثر من طاقة الإنارة. ويمكن كذلك تقسيم المصابيح على مناطق مختلفة، بحيث تنتفي الحاجة لإنارة المكان بأكمله حين يكون بعض الأشخاص يعملون في ناحية واحدة منه. وأخيراً، يمكن تحسين نوعية الإنارة بجعل السطوح الداخلية ورفوف الكومبيوترات فاتحة اللون واستخدام تركيبات إضاءة غير مباشرة.



#### معلومات إضافية

يمكن الحصول على معلومات إضافية من المواقع التالية:

<http://searchdatacenter.bitpipe.com/>

<http://www.plugloadsolutions.com/About.aspx>

<http://www.climatesaverscomputing.org/>

## مختصر مفيد

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك الطاقة في مراكز البيانات

1. شرط أساسي: المراقبة والقياس المعياري
  - حساب ومراقبة فعالية الانتفاع من الطاقة.
  - متابعة الانتفاع من الكومبيوترات المركزية.
  - تركيب أجهزة استشعار لمراقبة درجات الحرارة والرطوبة.
  - استخدام مقياس كيلواط / طن لتقييم أداء أنظمة التبريد.
2. البرامج ذات الكفاءة في استهلاك الطاقة
  - تصميم وشراء برامج جديدة لتخفيض استهلاك الكهرباء إلى الحد الأدنى.
  - تطبيق برامج إدارة الطاقة.
3. تحسين الانتفاع من الكومبيوترات المركزية
  - نزع التوصيل الكهربائي وإزالة الكومبيوترات المركزية غير المستخدمة بتاتاً.
  - محاكاة عدة كومبيوترات مركزية على جهاز واحد.
  - دراسة إمكانية التخصيص المتطور للموارد عن طريق تنفيذ الترشيح والحوسبة السحابية.
4. تصميم كومبيوترات مركزية ذات كفاءة في استخدام الطاقة.
  - شراء الكومبيوترات المركزية الأفضل كفاءة في فئتها.
  - إلغاء المكونات غير الضرورية واستخدام اللوازم الكهربائية والمراوح والأجهزة ذات الكفاءة عند إنشاء كومبيوترات مركزية جديدة حسب الطلب.
  - تحديد اللوازم الكهربائية ذات كفاءة.
  - استخدام معدات إدارة الطاقة لإيقاف الكومبيوترات المركزية.
5. تحسين نظام التبريد إلى المستوى الأمثل
  - سدّ الفجوات في الأرضية المرفوعة.
  - حزم الكابلات تحت الأرضية.
  - تخفيف قيود الحرارة والرطوبة.
  - تغليف الممرات "الباردة" أو "الساخنة" وسدّ الفجوات في الرفوف بألواح تغطية.
  - إجراء تدقيق للطاقة في المرفق.
6. أحمال أخرى: أنظمة إمداد الطاقة والإنارة
  - تحسين أنظمة إمداد وتحويل الطاقة لرفع الكفاءة.
  - تخفيض استهلاك طاقة الإنارة بواسطة ضوابط أوتوماتيكية وتركيبات أكثر كفاءة.

## الفصل 12 سيارات الشركات

### الأهداف

- تحديد فرص تخفيض استهلاك الوقود والانبعاثات من أسطول سيارات الشركة من دون التأثير سلباً على أدائها أو فعاليتها عملها.
- وضع معايير لاختيار سيارات الشركة المملوكة أو المستأجرة لاستخدام المديرين التنفيذيين والموظفين.

### نظرة عامة

يمكن تحقيق مكاسب إضافية مجدية من كفاءة الطاقة في سيارات الشركة. فتشغيل "أسطول أنظف" لا يعني فقط زيادة عدد السيارات الهجينة (هايبريد) أو سيارات الوقود البديل، إذ إن الإدارة الجيدة تعني المتابعة على قياس الغازات المسببة للاحتباس الحراري وتخفيض انبعاثاتها. وثمة عدد من الاستراتيجيات المنخفضة الكلفة أو العديمة الكلفة للحد من استهلاك الوقود وتخفيض الانبعاثات. ومن هذه التدابير اقتناء سيارات أصغر حجماً وأخف وزناً، وتقليل فترات تشغيل المحرك خلال التوقف، وتقصير المسافات التي يتم اجتيازها بحسن اختيار المسارات والطرق، وتخفيف الحمولة. وللحصول على أكبر قدر ممكن من التخفيضات، ينبغي النظر أولاً إلى السيارات التي تشكل أكبر جزء من أسطول الشركة. فتحسين كفاءة مئة سيارة بنسبة 3% هو، في العادة، أبعداً أثراً من تحسين كفاءة ثلاث سيارات بنسبة 100%.

### دليل جمع المعلومات

- ما هي المهمات الأساسية التي تؤديها السيارات؟ (مثلاً تسليم البضائع، نقل موظفي المبيعات، تخزين المعدات للتقنيين).
- ما عدد السيارات التي تستخدمها الشركة، وما هي أنواعها؟



- ما معدّل المسافات التي تُقطع في كل مهمة؟
- هل تتوافر سيارات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود يمكن أن تقوم بالمهمة؟
- ما هي العمليات المعتمدة لمراقبة استهلاك الوقود؟
- ما هي الجهود التي بُذلت لتثقيف السائقين بشأن كفاءة الوقود؟
- هل يتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من أسطول السيارات، سنويًا على الأقل؟
- هل تعتمد الشركة حاليًا برنامجا بيئيًا لسياراتها؟ ما هي أهدافه؟
- هل تدير الشركة أسطول سياراتها بنفسها أم تتعامل مع شركة مختصة بإدارة السيارات؟

## ترتيبات تكتيكية لتخفيض استهلاك السيارات للطاقة

### (أ) تحسين اختيار السيارات

أهم قرار بيئي يتعلق بأسطول الشركة هو: أي السيارات ينبغي اقتناؤها؟ كما إن إدخال بعض التعديلات الطفيفة نسبيًا على عملية اختيار السيارات يمكن أن يؤدي، مع مرور الوقت، إلى فوائد بيئية - ومالية - عظيمة. ونقترح الاستراتيجيات الآتية لتحسين عملية اختيار السيارات:

**أ-1) اختيار الحجم المناسب.** يجب دراسة الاحتياجات التشغيلية لجميع السيارات والاستغناء عن السيارات الزائدة. تُقارن متطلبات المهمات مع فئات السيارات وأحجامها المناسبة، ويؤخذ بعين الاعتبار أن بعض المواصفات الخاصة، مثل سيارات الدفع الرباعي أو المحركات ذات 6 أسطوانات أو 8 اسطوانات، يمكن أن تزيد التكاليف والانبعاثات.

**أ-2) اختيار السيارات الأفضل في فئتها.** يُنصح بانتقاء السيارات الأعلى كفاءة في استهلاك الوقود ضمن فئتها، والتي تستوفي حدود السعر الذي وضعته الدائرة واحتياجاتها الأدائية. في الجدول 2-12 عرض لأداء طرازات مختلفة من السيارات من حيث الاقتصاد في استهلاك الوقود. ويمكن الرجوع إلى هذا الجدول عند اختيار سيارات الشركة.

**أ-3) تقييم تكاليف إجمالي دورة الحياة.** اختيار السيارات بناء على حساب التكاليف طوال كامل حياة السيارة، بما في ذلك الشراء واستهلاك الوقود وفقدان القيمة وإعادة البيع.

**أ-4) تقديم حوافز.** دراسة إمكانية تقديم عروض مغرية للموظفين، مثل التحسينات الداخلية وفتحات السقف وأجهزة الاستدلال على المواقع بواسطة الأقمار الاصطناعية، وذلك كحوافز لاختيار سيارات أجدى اقتصادياً وأكثر من حيث استهلاك الوقود.

### (ب) تحسين استخدام السيارة

تؤثر طريقة قيادة السيارة وصيانتها على نفقات التشغيل وعلى درجة الاقتصاد في استهلاك الوقود وعلى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويمكن، في هذا الصدد، اتخاذ بضعة تدابير ينجم عنها توفير كبير، أهمها:

**ب-1) تثقيف السائقين.** تعليم السائقين كيف يكونون أكثر كفاءة على الطرق وكيف يقودون مسافات



أقل. فالتهور في القيادة، مثل السرعة المفرطة مقرونة بالإسراع أو الإبطاء المفاجئ، قد يزيد استهلاك الوقود بنسبة يمكن أن تصل حتى 40%. ومن الممارسات غير الكفوءة أيضاً دوران المحرك أثناء التوقف، إذ إن كل عشر ثوانٍ من هذا الدوران تستهلك من الوقود أكثر مما تستهلكه إعادة تشغيل المحرك.

وتُعتبر القيادة الحكيمة عاملاً أساسياً لرفع كفاءة السيارة في استهلاك الوقود والحد من انبعاثاتها التي تساهم في زيادة الاحتراق العالمي. وهي تفرض ما يأتي:

- الالتزام بالحدود القصوى للسرعة: معظم السيارات تصل إلى أقصى درجات الاقتصاد في استهلاك الوقود بسرعة 100 كيلومتر في الساعة. وإذا ما زادت السرعة على ذلك فإن درجة الاقتصاد في استهلاك الوقود قد تتدنّى بسرعة. ووفقاً لبعض التقديرات، فإن كل زيادة على 104,5 كيلومتر في الساعة بمقدار ثمانية كيلومترات في الساعة تخفّض كفاءة استهلاك الوقود بنسبة 7%.
- زيادة السرعة تدريجياً: كلما ازدادت سرعة دوران المحرك (عدد الدورات في الدقيقة RPM) ازداد استهلاك الوقود. وبزيادة السرعة تدريجياً يمكن إبقاء سرعة دوران المحرك متدنية مع رفع كفاءة استهلاك الوقود إلى أفضل مستوى.
- التنبيه مسبقاً للتوقف: إذا راقبت حركة المرور أمامك، تستطيع أن تلاحظ مسبقاً متى يجب تخفيف السرعة أو التوقف. وإذا وجدت أن أمامك ضرورة للتوقف، خفف قدمك عن دواسة الوقود. لا تستمر في زيادة السرعة وتستخدم الكابح في اللحظة الأخيرة، فهذا الأسلوب يهدر الوقود بتحويل الطاقة من الحركة إلى حرارة الاحتكاك.
- التخفيف من دوران المحرك أثناء الوقوف: السيارة التي يدور محركها وهي متوقفة تستهلك الوقود وتزيد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. لذا، أطفئ محرك سيارتك إذا كنت ستتوقف لسبب ما.

**ب-2) تحسين الصيانة.** ينبغي تعزيز برنامج صيانة السيارة. فإذا أردنا أن يكون أداء السيارة على أفضل وجه، وأن تظل محتفظة بأفضل قيمة عند إعادة بيعها، فيجب صيانتها بشكل جيد. أما إذا تُركت السيارة في وضع سيئ، فقد يؤثر ذلك سلباً على استهلاكها للوقود وعلى نفقات تشغيلها. ومما يحسّن مستوى كفاءة استهلاك الوقود تغيير الزيت بشكل دوري، ونفخ الإطارات بالضغط الملائم، بالإضافة إلى بقية إجراءات الصيانة الوقائية. وفي الجدول 12-1 بعض الأمثلة.

**ب-3) تطبيق المزيد من تقنيات القيادة الكفوءة.** إن أقلعنا عن سلوكيات القيادة المتهورّة، وحفّضنا دوران المحرك أثناء التوقف، واحتطنا مسبقاً لما قد يواجها، وتابعتنا الصيانة، نكون على الطريق الصحيح نحو تحقيق أفضل مستويات الاقتصاد في استهلاك الوقود. هنا المزيد من أساليب توفير الاستهلاك:

### الجدول 12-1 إمكانية زيادة الاقتصاد في استهلاك الوقود بتحسين إجراءات الصيانة

حالة السيارة	الزيادة المحتملة في الاقتصاد بالوقود نتيجة تصحيح المشكلة
الإطارات منفوخة أقل مما يجب	3 - 4%
الإطارات غير متوازنة	4%
خلل في جهاز استشعار الأوكسيجين	40%
وزن زيت المحرك غير مناسب	2%

- القيادة الآلية: على الطرق السريعة المنبسطة، تساعد القيادة الآلية في المحافظة على سرعة ثابتة توفر استهلاك الوقود إلى أقصى حد. لكن، على التلال والطرق الجبلية حيث تكثر المنحدرات، قد يسبب ذلك زيادات مفاجئة في السرعة، وهذا يخفّض مستوى الاقتصاد في استهلاك الوقود.
- استخدام الـ"أوفردرايف". تستهلك السيارات كميات أقل من الوقود إذا كانت سرعة دوران المحرك أبطأ. لذا فإن استخدام الـoverdrive في السيارات الأوتوماتيكية يخفّض استهلاك الوقود عند القيادة بسرعة ثابتة كما على الطرق السريعة. أما إذا كنت تقود سيارة ذات ناقل حركة يدوي، فيمكنك تغيير السرعة في وقت أبكر.

**ب-4) التحضير قبل الانطلاق.** هناك عدة طرق تساعدك على تخفيض استهلاك الوقود حتى قبل ركوب السيارة:

- التخطيط ثم التخطيط: أفضل طريقة لتخفيض استهلاك الوقود هي تقصير المسافات التي تقطعها على الطريق. فعند اختيار الطريق الأفضل ينخفض استهلاك الوقود وتقتصر مدة القيادة. اسأل نفسك قبل الانطلاق:
- 1- هل أعرف كيف أصل إلى المكان الذي أقصده؟
  - 2- هل الطريق التي سأسلكها هي الأفضل والأنسب؟
  - 3- هل يمكنني أداء مهمة أخرى على الطريق فأتجنب القيام برحلة خاصة من أجلها لاحقاً؟
  - 4- هل أقوم بهذه الرحلة في وقت آخر حين تكون حركة المرور أخفّ ازدحاماً؟

- التخلّص من الحمولة الزائدة: إن تحميل 100 كيلوغرام إضافية يمكن أن يخفّض كفاءة استهلاك الوقود بنسبة 2%. لذا عليك، قبل الانطلاق في رحلتك المقبلة، النظر في صندوق السيارة وإزالة ما فيه من أغراض غير لازمة.
- إزالة كل ما يتعارض مع الديناميكا الهوائية: رفوف سطح السيارة وغيرها من الزوائد التي قد تعيق الانسيابية الهوائية (الديناميكا) يمكن أن تنقص كفاءة استهلاك الوقود بنسبة تصل إلى 5%.

**ب-5) العمل بالتكنولوجيا الجديدة.** يمكن الاستفادة من تكنولوجيات جديدة، مثل البرامج الإلكترونية لتحديد الطرق، وأجهزة GPS لتحديد المواقع، وبرامج إدارة الوقود، لرفع درجة الكفاءة إلى حدّ أقصى. وتتيح منتجات أنظمة الاتصال

والمعلوماتية إجراء مراقبة شبه آنية وجمع المعلومات، ممّا يرفع مستوى السلامة ويقلل فترات دوران المحرك أثناء التوقف، ويحد من استهلاك الوقود، ويقلل من الانبعاثات.



### ج) كفاءة استهلاك الوقود بحسب الفئة

نظراً لتشدّد القوانين في بلدان كثيرة للحدّ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل، بالإضافة إلى ارتفاع أسعار الوقود وتزايد الوعي لدى المستهلكين، بدأت صناعة السيارات إنتاج محرّكات أكثر كفاءة. ولا يقتصر ذلك على المحرّكات الهجينة (هايبريد) أو الكهربائية، بل يشمل المحرّكات التقليدية التي شهدت تحسينات كبيرة ووصلت، في بعض الحالات، إلى تخفيض الانبعاثات حتى النصف، مع المحافظة على القدرة نفسها. لكن النقلة الكبيرة التي يحتاج إليها هذا القطاع هي اعتماد نقل عام أنظف، وحلول للتخطيط المدني وتصنيف المناطق لتتيح الحد من استخدام السيارات.

غير أن الحاجة إلى وسائل النقل الشخصية ستظل قائمة، لذا ينبغي أخذ عدد من المبادئ بعين الاعتبار لتقرير الاختيار الصحيح. أولاً، يجب اختيار السيارة على ضوء الحاجة الفعلية المرتقبة منها، والتي تحدد الفئة التي سيتم الاختيار من ضمنها. ثانياً، ثمة خيارات عديدة داخل كل فئة، بناء على الاستهلاك والانبعاثات. والقوائم الواردة في الجدول 12-2 هي لمجرد إعطاء فكرة من أجل المقارنة والمساهمة في انتقاء الأفضل. وعلى المسؤولين عن إدارة سيارات الشركة، كما الأفراد، أن يطلبوا معلومات تفصيلية حول استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.



هناك مواقع إلكترونية معروفة توفر معلومات يتم تحديثها دورياً حول المسافة التي تقطعها السيارات بكل ليتر من الوقود، وما يوازئها من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومنها الموقع <http://carfueldata.direct.gov.uk> الذي يتضمّن كل السيارات الموجودة حالياً في الأسواق البريطانية. كما توجد مواقع أخرى تتوجه بشكل خاص إلى المشترين "الخضراء"، مثل <http://www.nextgreencar.com> الذي يزود المستهلكين الباحثين عن سيارات أكثر مراعاة للبيئة بمعلومات متخصصة ومستقلة. وترد في القوائم أمام كل سيارة تصنيفات وعلامات من 100 (الأكثر تلويثاً) إلى صفر (الأكثر اخضراراً)، بالإضافة إلى معلومات حول محتوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل سيارة واستهلاكها للوقود.

يُلاحظ أن بعض الطرازات المبيعة في أسواق الشرق الأوسط، خصوصاً ذات الثماني أسطوانات، قد لا ترد في تلك المواقع الإلكترونية، لأنها مصنوعة خصيصاً بمحركات أكبر ونسبة استهلاك أعلى تلبية للطلب العام في البلدان العربية التي لا تنظم قوانينها هذه المواصفات. كما أن كثيراً من السيارات الواردة في القوائم تكون متوافرة في أسواق أخرى بطرازات هجينة (هايبريد)، لكنها لا تباع في أسواق الشرق الأوسط بسبب غياب الأنظمة القانونية والحوافز التي تشجع على اقتنائها. وتباع في المنطقة بشكل محدود طرازات قليلة من السيارات الهجينة التي تضمها القوائم .



لا يعطي معظم تجار السيارات في البلدان العربية معلومات حول كفاءة استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، لا على مواقعهم الإلكترونية ولا في المنشورات الموزعة في الشرق الأوسط. وينبغي على المسؤولين عن سيارات الشركات، والمستهلكين عموماً، رفض شراء أي سيارة إذا لم يُزودوا بهذه المعلومات حولها. كما ينبغي العمل في كل البلدان على إقرار تشريعات تلزم البائعين بتوفير بيانات استهلاك الوقود وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل طراز يُباع. ويجب العمل بإعفاءات ضريبية لتشجيع استخدام السيارات الأقل استهلاكاً وانبعاثات، مع فرض ضرائب أعلى تتوافق مع درجات ارتفاع الاستهلاك والانبعاثات. وفي وسع والقطاع العام والمستهلكين عموماً بدء السير في الاتجاه الصحيح، باعتماد حد أقصى لانبعاثات السيارات التي يشترونها من كل فئة.

الجدول 12-2 أداء الاقتصاد في استهلاك الوقود بالنسبة لأنواع السيارات المختلفة

الفئة 1: سيارات صغيرة (حتى 1,4 ليتر)			
السيارة	سعة المحرك (ليتر)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (غرام / كيلومتر)	مجموع استهلاك الوقود (ليتر / 100 كيلومتر)
Citroen C1 Compact	1	106	4.6
Nissan Micra	1.2	115	5
Fiat 500	1.2	119	4.2
Chevrolet Spark	1	119	5.1
Toyota Yaris	1.3	123	5.4
Audi A1	1.4	124	5.3
Volkswagen Polo	1.2	128	5.5
Honda Jazz	1.3	128	5.5
Hyundai i10	1.2	129	5.5
Suzuki Swift	1.2	129	5.6
Opel Corsa	1.4	138	5.9
Ford Fiesta	1.4	154	6.5

الفئة 2: سيارات متوسطة - صغيرة (حتى 1,6 ليتر)			
السيارة	سعة المحرك (ليتر)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (غرام / كيلومتر)	مجموع استهلاك الوقود (ليتر / 100 كيلومتر)
Chevrolet Aveo	1.2	130	5.4
Citroen C2	1.4	130	5.6
Hyundai Elantra	1.6	138	7.4
Volkswagen Golf	1.4	144	6.2
Audi A3	1.8	152	6.6
Renault Clio	1.6	155	6.7
Peugeot 207	1.6	160	6.9
Opel Astra	1.6	167	7.1
Mazda 3	1.6	167	7.6

الفئة 3: سيارات متوسطة - عائلية (حتى 2,5 ليتر)			
السيارة	سعة المحرك (ليتر)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (غرام / كيلومتر)	مجموع استهلاك الوقود (ليتر / 100 كيلومتر)
Toyota Prius (hybrid)	1.8	92	4
Chevrolet Cruze	1.8	155	6.6
BMW 3 Series	2	159	6.8
Citroen C4	1.6	159	6.9
Volkswagen Passat	1.8	165	7.1
Honda Civic	1.8	165	7.1
Mercedes C 180	1.6	172	7.4
Mazda 6	2	176	7.6
Renault Ménage	2	178	7.7
Hyundai Sonata	2.4	179	8.7
Nissan Qashqai	2	179	7.6

7.7	179	2	Ford Mondeo
8.4	193	2	Honda CR-V
8.3	194	2	Audi A4
8.4	194	2.5	Lexus IS250
8.4	198	2	Opel Insignia
8.2	220	2.5	Subaru Legacy AWD
9.2	220	2.4	Nissan Altima
9.4	223	2	Renault Espace
10.2	233	2.4	Toyota Camry

الفئة 4: سيارات فخمة (حتى 3,5 ليتر)			
السيارة	سعة المحرك (ليتر)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (غرام / كيلومتر)	مجموع استهلاك الوقود (ليتر / 100 كيلومتر)
Lexus RX450 hybrid	3.5	145	6.3
Honda Accord	2	170	7.3
BMW 523i	3	178	7.6
Lexus GS450 hybrid	3.5	179	7.7
Mercedes E350 Blue Efficiency	3.5	205	8.8
Peugeot 407	2	207	8.7
Audi A8	4.2	219	9.5
BMW 740i	3	232	10.1
Nissan Murano	3.5	248	10.6
Jaguar XF	3	249	10.7
Cadillac CTS	2.8	263	9.5

تضم هذه الجداول التي جمعها المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد) مجموعة من السيارات المتوافرة في أسواق الشرق الأوسط، مصنفة بحسب حجم المحرك، وحجم السيارة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. جميع السيارات الواردة هي من طراز 2011 وتعمل بالبنزين ومجهزة بناقل حركة أوتوماتيكي، وفيها مكيف هواء، وفقاً لوضع معظم السيارات التي تباع في المنطقة. تضمنت اللائحة معلومات عن المحركات حتى سعة 3,5 ليتر، وهي مستقاة من الصانعين ومصادر أخرى مستقلة. أما مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فهي واردة بالغمات لكل كيلومتر، ومعدل استهلاك الوقود وارد بالليترات لكل 100 كيلومتر. ملاحظة: قد يكون هناك بعض التداخل بين الفئات، خصوصاً بين المتوسطة - العائلية والفخمة.

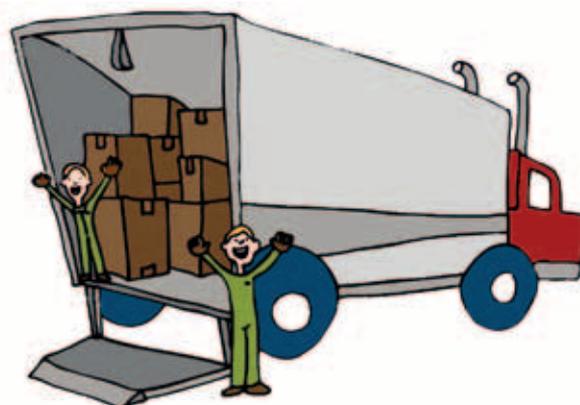
#### معلومات إضافية

يمكن الحصول على معلومات إضافية من المواقع الآتية:

<http://www.fueleconomy.gov/feg/maintain.shtml>

<http://www.buzzle.com/articles/what-affects-gas-mileage7-tips-on-improving-fuel-efficiency.html>

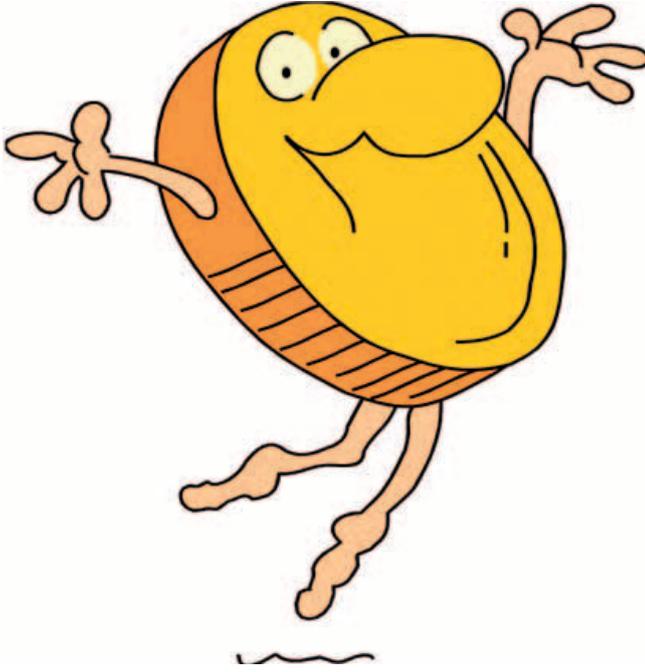
<http://www.environment.gov.au/settlements/transport/fuelguide/tips.html>



## الفصل 13 تمويل كفاءة الطاقة

### الأهداف

- إعداد منهجية للتحليل المالي تعكس الاطار العام الذي تعتمد عليه الشركة في تحليل استثماراتها.
- تطوير خطة توصي باختيار استثمارات كفاءة الطاقة التي ينبغي القيام بها وكيفية تمويلها، سواء من ميزانيات الدوائر الحالية أم إدخالها في ميزانية السنة المقبلة أم من خلال وسائل أخرى؟



### نظرة عامة

كل مشروع محتمل لكفاءة الطاقة يحتاج إلى تقديرات للاستثمار الإضافي الأولي والتوفير السنوي والتكاليف. قد تكون وفورات تكاليف الطاقة المحرك المالي الرئيسي، إلا أن التغييرات في أجور العمال وتكاليف استبدال المعدات قد تكون ذات أهمية أيضاً. وغالباً ما تُقِيم الجدوى الاقتصادية للاستثمارات استناداً إلى تحليل القيمة الحالية الصافية، أو فترة استرداد رأس المال، أو معدّل العائد الداخلي، أو بالنظر إلى العوامل الثلاثة معاً.

يتطلب التحليل المالي حساب **القيمة الحالية الصافية**، أي مجموع التدفقات النقدية المخصومة المتوقعة ناقصاً الاستثمار الأولي، وذلك كمقياس أساسي لمدى ملاءمة المشروع. وباستخدام القيمة الحالية الصافية بالشكل الصحيح تكون فرص توفيرات وفورات الطاقة قد اعتبرت استثمارات وليس مصروفات. كما إن معدّل الخصم هو من المتغيرات الهامة التي تؤثر في حساب القيمة الحالية الصافية.

**معدّل الخصم:** بصورة مبدئية، ينبغي تحديد **معدّل الخصم** في التحليلات المالية بأنه معدل **العائد الأدنى الداخلي** للشركة المضيفة. تعكس معدّلات الخصم القيمة الزمنية للمال والمخاطر المرتبطة بمشروع محدد. وفي العادة، تكون المخاطر المتعلقة باستثمارات كفاءة الطاقة أقلّ كثيراً من الاستثمارات الأخرى التي تختار الشركات متابعتها. لذلك، ومن منظور مالي صرف، ينبغي تقييم استثمارات الكفاءة وفقاً لمعدّلات خصم أدنى، في المقابل. إلا أن معظم المسؤولين الماليين الكبار لا يرغبون في تعديل معدّلات الخصم من أجل استثمارات أدنى نسبياً نظراً لطول الوقت والمناقشات التي قد يستغرقها اختيار العدد "الصحيح". وإذا كان استثمار كبير لكفاءة الطاقة، كنظام جديد للتدفئة والتهوية والتبريد، على عتبة الربحية، فقد يكون من المناسب تقديم تحليل للاستجابة باستخدام معدّلات خصم متعددة.

**فترة استرداد رأس المال** هي المدة اللازمة لتصبح الوفورات المتراكمة مساوية للاستثمار الأولي. وكثيراً ما يُستخدم هذا المقياس في استثمارات كفاءة الطاقة. وهو بسيط يفهم بسهولة ويمكن أن يكون فعالاً ومؤثراً حين تكون فترة استرداد رأس المال بين سنة وثلاث سنوات. لكن في معظم المتغيرات، تجاهل استرداد الاستثمار التدفقات النقدية بعد فترة استرداد الاستثمار والقيمة الزمنية للمال، وبذلك لا يتم تقدير قيمة الاستثمارات الطويلة الأجل حقّ قدرها.

كذلك، عند استخدام هذا المقياس يجب أن يرافقه حساب القيمة الحالية الصافية.

إن معدّل العائد الأدنى الداخلي شديد الارتباط بالقيمة الحالية الصافية وتستخدمه الشركات بالوتيرة نفسها. فإذا استُخدم معدل العائد الأدنى الداخلي كمعيار رئيسي، فإنه قد يدفع الشركة نحو تحسينات في الكفاءة لا تحتاج إلى استثمارات ابتدائية أو إلى شيء ضئيل منها، حتى ولو انتجت للشركة قيمة مالية أقلّ (ووفورات في الطاقة). وعلى صعيد أكثر إيجابية، فإن بنية التدفقات النقدية البسيطة نسبياً لمعظم مشاريع كفاءة الطاقة تمنع بعض الأخطاء الحسابية الشائعة التي تشوب هذا المقياس.

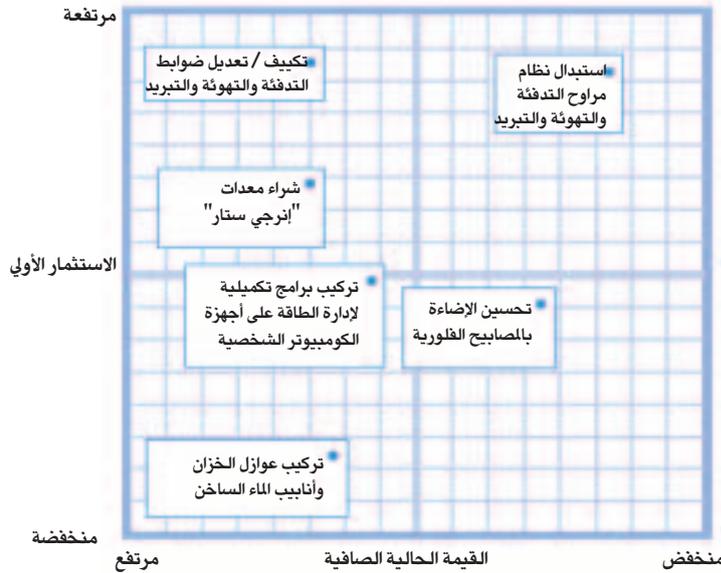
## تحديد أولويات استثمارات الكفاءة

من منظور مالي، فإن أكثر الاستثمارات جاذبية هي تلك التي تولّد أكبر التدفقات النقدية زيادةً عن كلفة رأس المال - أي الاستثمارات ذات القيمة الحالية الصافية الأعلى. ونظراً لأن حجم الاستثمار الابتدائي له تأثير على القرار، فيمكن استخدام جدول تحديد الأولويات كأداة بصرية مفيدة في تنظيم المعلومات حول القيمة الحالية الصافية والاستثمار الأولي، كما يظهر في الشكل 1-13. وبالطبع فإن الأفضلية في الاختيار والتنفيذ تُعطى للمشاريع ذات الاستثمارات الأولية المنخفضة نسبياً والقيمة الحالية الصافية أو وفورات الطاقة المحتملة العالية.

## تمويل الاستثمارات

بعد تحديد أولويات الاستثمارات يتمثّل التحدي التالي في تقرير كيفية تأمين المال اللازم لها. ثمة أربعة أساليب عامة للتسديد هي الدفع نقداً والقروض والتأجير وعقود الأداء.

الشكل 13-1 نموذج مصفوفة تحديد الأولويات لاستثمارات كفاءة الطاقة المحتملة



**الدفع نقداً:** الدفع نقداً هو أسلوب مثالي حين يكون الاستثمار صغيراً نسبياً والميزانية العمومية للشركة قوية. كما إنه يسمح للشركة بتخفيض قيمة استهلاك الاستثمار. وإذا قرّرت الشركة الدفع نقداً، فلا حاجة لأي تعديل في تحليل القيمة الحالية الصافية الأساسية.

**القرض:** تبعاً للوضع النقدي للشركة المضيفة وحجم الاستثمارات المطلوبة، قد تبرز الحاجة لقرض. وقد يكون من المفيد تحديد ما إذا كانت تتوافر أسعار فائدة أدنى من أسعار السوق لاستثمارات محددة. ففي لبنان مثلاً أطلق مصرف لبنان، بالتعاون مع المركز اللبناني لحفظ الطاقة، "الحساب الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة" الذي يوفر القروض لمشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة بلا فوائد.

**عقود الأداء:** تضع طريقة التمويل هذه بعض المخاطر أو كلها على عاتق بائع خارجي ويمكن اعتمادها للمشتريات وعقود الإيجار. وفقاً لهذا الترتيب، تدفع الشركة التي توفر الخدمة التكاليف الأولية لتحسين الكفاءة وتستوفي الوفورات الناجمة عن انخفاض تكاليف الطاقة. بدلاً من ذلك، تدفع شركة التي توفر الخدمة نسبة مئوية من التكاليف الأولية مقابل الحصول على نسبة مئوية من الوفورات الناجمة عن المشروع. ويجب تقييم عقد الأداء بالقياس إلى التدفقات النقدية من خيار الشراء، على أن تأخذ بعين الاعتبار الوقت الذي استغرقه تفاوض الموظفين بشأن العقد وإدارة تنفيذ المشروع والصيانة.

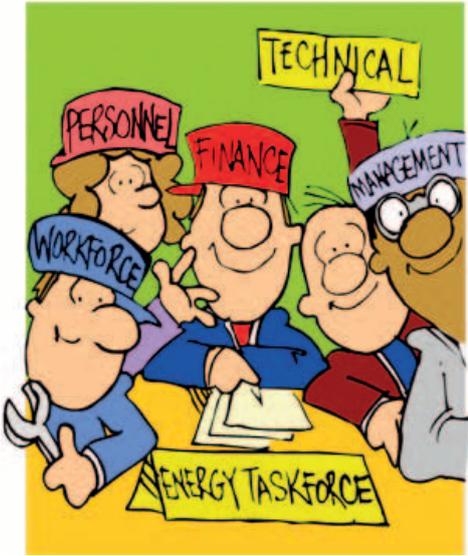
## دليل جمع المعلومات

لا شك بأن المسؤول المالي الأول أو المراقب العام يجب أن يوفّر المعلومات حول إجراءات إعداد الموازنة في الشركة ومعاييرها في الاستثمار.

- كيف تقيّم الشركة المضيّفة استثمارات المرافق الداخلية أو أسطول السيارات؟
- هل يمكن للشركة المضيّفة أن تقدّم تحليلاً أو عرضاً لاستثمار ناجح حديث العهد؟
- ما هو معدّل الخصم الذي تعتمد عليه الشركة المعنية عادة؟ وكيف يتحدد معدّل الخصم هذا؟
- هل يجري استهلاك البنود التالية؟ ووفقاً لأي جدول؟
  - ✓ معدات الإنارة
  - ✓ الكومبيوترات والأجهزة المكتبية
  - ✓ أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد.
- متى تتحدد الميزانيات لكل دائرة؟ وهل هذه العملية مرنة أم صارمة؟
- متى تفضّل الشركة المعنية عقود الإيجار على شراء الأصول؟
- ما هي أنواع الخدمات التي تتعاقد الشركة المعنية مع مصادر خارجية لتنفيذها؟



## الفصل 14 الاعتبارات غير المالية



### الأهداف

- معرفة "قواعد اللعبة" المكتوبة وغير المكتوبة في الشركة المعنية.
- تطوير حجج غير مالية بشأن استثمارات كفاءة الطاقة الوثيقة الصلة بالشركة.

### نظرة عامة

في كل شركة سياسات وشخصيات مختلفة وإجراءات خاصة لاتخاذ القرارات. ويتخذ بعضها صفة رسمية فيكون مكتوباً، في حين يصبح بعضها الآخر عُرفاً ثقافياً غير مكتوب. وإذا ما فهمت هذه العناصر، ازدادت احتمالات

نجاح توظيف أموال في كفاءة الطاقة. ويمكن عادة التعرف إلى سياسات الشركات وإجراءاتها غير المكتوبة عن طريق الملاحظة الدقيقة خلال الاجتماعات وكذلك بإجراء أحاديث صريحة مع أشخاص موثوقين.

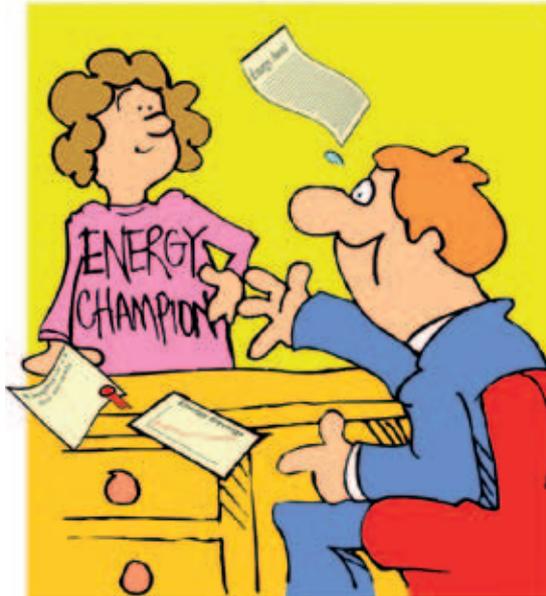
ثمّة عدد من الحجج القوية لإدخال تحسينات على حيز المكتب لا تتعلق بالأمر المالي. ويلاحظ المختصون في هذا الميدان تكراراً أن لا أحد يسأل عن فترة استرداد رأس المال بالنسبة للسجاد مثلاً. فالنقاش غير المالي يجب أن يرتبط بأهداف وقيم الشركة المعنية ويتماشى مع أهواء صانعي القرار. وقد تشمل تلك الحجج:

- جوعاً أفضل في المكتب (إضاءة أفضل، جودة الهواء).
- رفع إنتاجية العاملين ومعنوياتهم.
- انخفاض التغيب.
- سهولة أكبر في توظيف العمالة الماهرة والحفاظ عليها.
- استيفاء أو استباق المتطلبات التنظيمية.
- اعتماد أفضل ممارسات الصناعة.
- العلاقات العامة.
- إظهار دور ريادي في رعاية البيئة.

قد لا تُنفذ استثمارات كفاءة الطاقة حتى ولو كانت تستند إلى دراسة جدوى محكمة. وقد نوقشت في الفصل 4 عدّة عوائق قد تمنع الاستثمارات. ويتطلب أحدها معالجة المسائل التنظيمية المتعلقة بندرة الموارد وحواجز اللغة وصعوبات التنسيق والمساءلة. وفي الأساس، يجب معرفة من هم الأشخاص المسؤولون عن العمل الفعلي، وهل لديهم الدوافع والموارد اللازمة لإنجازه؟

## دليل جمع المعلومات

- ما هي الأهداف العامة للشركة المعنية؟
- كيف تُدار الشركة؟ هل بإدارة فردية مطلقة أم بيروقراطية أم تكنوقراطية؟
- ما هي التصرفات التي تقدّرهما الشركة المعنية؟
- الحصول على نسخة من الهيكل التنظيمي - ومعرفة المسؤولين ومسؤولياتهم.
- لكل نوع استثمار:
  - ✓ من ينبغي أن يوافق عليه؟
  - ✓ من يستطيع رفضه؟
  - ✓ من يستفيد منه؟
  - ✓ من المسؤول عن التنفيذ؟
  - ✓ ما هي دوافع هذا الشخص؟
- ما هي الإجراءات المتبعة للموافقة على الاستثمارات الجديدة؟
- التحدّث إلى آخرين في المكتب ممّن نجحوا في نيل الموافقة على المشاريع؟
- هل ثمة اجتماعات قريبة يمكن أن تطرح فيها وتناقش مسائل كفاءة الطاقة؟
- هل الموظفون راضون عن الصيانة الحالية للإنارة وحرارة المكتب؟
- ما هي استثمارات كفاءة الطاقة التي حققتها الشركات المماثلة؟
- هل كان أحد في الشركة المضيئة مؤخراً نصيراً وداعية لمبادرات كفاءة الطاقة؟
- من بين الذين أظهروا اهتماماً بكفاءة الطاقة يحتلّ مركزاً قيادياً في الشركة المضيئة؟
- كيف يمكن أن تساهم استثمارات كفاءة الطاقة في تلبية الأهداف الأخرى للشركة؟



### وظائف الإنارة

- من الضروري تقييم الوظائف التي نحتاج الإضاءة من أجلها، وذلك عند دراسة خيارات تحسينات الكفاءة. وتشمل وظائف الإنارة ما يأتي:
- **إنارة المحيط** التي توفر الإضاءة العامة في الداخل من أجل الأعمال اليومية، وفي الخارج من أجل السلامة والأمن.
  - **الإنارة الموضعية** التي تسهل بعض المهمات الخاصة التي تحتاج إلى إضاءة أكثر من الإنارة العامة، مثلاً مصابيح الطاولة.
  - **الإنارة المركزة** التي تلفت النظر إلى معالم خاصة أو تعزز الصفات الجمالية للمحيط الداخلي أو الخارجي، مثل الأنوار في الأروقة وفي غرف الاجتماعات.

المواءمة بين كمية ونوعية الإنارة، من جهة، والوظيفة المطلوبة، من جهة أخرى هي استراتيجية أساسية لتحسين الجو العام للإضاءة وكفاءتها في أي حيز. فمثلاً إذا استخدمت إنارة المهمات للتقليل من إنارة المحيط، فإن ذلك لا يخفض الطلب على الطاقة فحسب بل يوفر أيضاً مرونة أكبر وظروف عمل أفضل.

### مصادر الإنارة

- تُعرف مصادر الضوء الكهربائي، في صناعة الإنارة، باسم المصابيح، وهذه تضم نوعين هما البصلات (اللمبات) والأنابيب. وتشمل مصادر الضوء المعروفة ما يأتي:
- **المصابيح التوهجية**: المصابيح التوهجية هي من أقدم تقنيات الإنارة الكهربائية المتوافرة. تصدر المصابيح التوهجية الضوء بتمرير التيار عبر سلك دقيق فيجعله ساخناً متوهجاً (وهو يُصدر كذلك حرارة مهدورة).
  - **مصابيح تنغستن هالوجين**: تتفوق هذه المصابيح على المصابيح التوهجية الاعتيادية في أنها أكثر منها كفاءة بفارق بسيط وأطول عمراً. ومن مميزات مصابيح تنغستن هالوجين انتشار الأشعة الموجّه، وهذا يجعلها مثالية للإنارة المركزة. يمكن استخدام مصابيح تنغستن هالوجين في أوضاع التعليق والتركيبات الغائرة والكشافات الخارجية والأضواء الغامرة.
  - **الأضواء الفلورية**:  
    - ✓ **مصابيح الأنابيب الفلورية**: تستخدم مصابيح الأنابيب الفلورية بكثرة في أماكن العمل. تُحدّد هذه المصابيح عادةً بمصابيح T12 و T8 للإشارة إلى قطر الأنبوب. يُذكر أن قطر مصباح T12 يبلغ 38,1 ملليمتر، وقطر مصباح T8 يبلغ 25,4 ملليمتر. وتكون مصابيح T8 عادةً أكثر كفاءة من مصابيح T12.
    - ✓ **المصابيح الفلورية المدمجة**: تتميز المصابيح الفلورية المدمجة بفعالية أعلى وحياة أطول من المصابيح التوهجية المماثلة. تصنع المصابيح الفلورية المدمجة بأشكال وأحجام متعددة، وهي متوافقة مع معظم التركيبات المصممة للمصابيح التوهجية.

■ **مصابيح الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED):** هي مصدر ضوء في حالة جمود يعطي أشعة ضوئية مباشرة بقدرة فولطية منخفضة جداً. تتميز هذه المصابيح حالياً بدرجات كفاءة مساوية لكفاءة المصابيح الفلورية المدمجة، أي بين 20 و 60 لومن لكل واط. غير أنه من المتوقع أن تتوصل التكنولوجيا، خلال السنوات العشرين القادمة، إلى مستوى 150 لومن لكل واط. ومع أن كفاءة مصابيح الصمامات الثنائية الباعثة للضوء حالياً قد لا تكون أعلى بكثير من المصادر التقليدية الخرى، فإن كفاءة المصباح بأكمله وتركيبه الإنارة تكون مرتفعة جداً لأن جميع الأنوار تقريباً تُوجّه خارج المصباح.

■ **التفريغ العالي الشدة:** تتميز مصابيح التفريغ العالية الشدة بأنها أطول عمراً وتعطي ضوءاً لكل واط أكثر من أي مصدر إنارة آخر. يشيع استخدام هذه المصابيح للأغراض الأمنية في الخارج ولإضاءة الحدائق. كانت مصابيح بخار الزئبق، التي تصدر أساساً ضوءاً أخضر مائلاً إلى الزرقة، أول مصابيح التفريغ العالي الشدة التي توافرت بشكل تجاري. لا تزال متوافرة اليوم بعد تعديل لونها الذي أصبح أكثر بياضاً. لكن يتزايد مؤخراً استخدام مصابيح الصوديوم العالي الضغط ومصابيح الهاليد المعدني، وهي الأكثر كفاءة، محل مصابيح بخار الزئبق. وتتميز مصابيح الصوديوم العالي الضغط القياسية بأرفع درجات الفعالية بين جميع أنواع مصابيح التفريغ العالية الشدة، إلا أنها تصدر نوراً ضارباً إلى الصفرة. وتتوافر الآن مصابيح الصوديوم العالي الضغط التي تُصدر نوراً أشدّ بياضاً، إلا أن كفاءتها أقل، إلى حدّ ما، من مصابيح الصوديوم العالي الضغط التقليدية. أمّا مصابيح الهاليد المعدني فهي أقل كفاءة إنما نورها أشدّ بياضاً وأقرب إلى نور الطبيعة، علماً بأن مصابيح الهاليد المعدني الملونة أصبحت متوافرة أيضاً.

## توجيهات بشأن تصميم الإنارة

- ينبغي عند تصميم أو تجديد نظام للإنارة دراسة سبع خطوات هامة، هي على النحو الآتي:
- 1- تحسين النوعية البصرية للمهمة. تعيين المهمات البصرية المحددة واقتراح الإنارة الملائمة بما في ذلك إنارة المهمات.
  - 2- تحسين هندسة المكان وانعكاسات الفجوات. استخدام نور الغرفة وألوانها لزيادة استخدام الضوء الطبيعي. إعادة ترتيب المفروشات لتحسين الإضاءة إلى أقصى حدّ ممكن.
  - 3- تحسين نوعية الإنارة. تخفيف الانعكاسات الحادة عن طريق زيادة توزيع الضوء غير المباشر وتخفيض التوهج.
  - 4- رفع مقدار الإنارة إلى أقصى حدّ. موازنة مستويات إنارة المحيط وإنارة المهمات، وضمان مستويات الإنارة المناسبة للمهمات التي تنفذ.
  - 5- جمع وتوزيع الضوء الطبيعي. فضاء النهار يحسّن الجوّ البصري ويعطي زيادة في الإنتاجية ويوفر الطاقة. ويجب تظليل النوافذ لمنع التوهج والكسب الحراري وضبط مقادير ضوء النهار الداخل إلى المبنى. يمكن إعادة توجيه ضوء النهار إلى حيث تدعو إليه الحاجة ويمكن دمجه مع الأنوار الكهربائية.
  - 6- الاستخدام الأمثل للمعدات التقنية. إذ يجب الاستفادة القصوى من المصابيح وكوابح التيار والعاكسات وسائر التجهيزات التقنية لرفع مستوى الأداء.

7- المراقبة والصيانة والتدريب. تُعتبر الصيانة المناسبة للمعدات عنصراً حاسماً في مواكبة التكنولوجيا والاستفادة القصوى منها.

### معلومات إضافية

يمكن الحصول على معلومات إضافية حول أفضل مستويات تصميم الإنارة بالرجوع إلى المصدر التالي:

Mark S. Rea, Rensselaer Polytechnic Institute. Illuminating Engineering Society of North America Lighting Handbook. 2000.

## الملحق ب استهلاك المعدات المتنوعة للطاقة

بناءً على المعدّات الموجودة في مبنى الشركة المعنية قد تتاح فرص لتوفير الطاقة في المعدات غير تلك الفرص الواردة في الفصل 7. وقد أجرى مختبر لورنس بيركلي الوطني في كاليفورنيا بالولايات المتحدة تدقيقاً لـ 16 مبنى، ووجد أنه مقابل كل 2 كيلواط ساعة تستهلكها التجهيزات المكتبية في المكاتب الكبيرة (التي تصل مساحتها إلى 2800 متر مربع أو أكثر)، تستهلك المعدات المتنوعة 1 كيلواط ساعة آخر. في ما يأتي جدول بالمعدات العشر الأكثر استهلاكاً للطاقة وفقاً لذلك التدقيق:

إذا كانت الشركة المعنية تستخدم الكثير من هذه الآلات فقد يكون من الأنسب استبدال هذه الآلات بأخرى أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة.

### الجدول ج-1: استهلاك المعدات المتنوعة للطاقة

الرتبة	المعدات المتنوعة	استهلاك الطاقة سنوياً لكل وحدة (كيلواط ساعة / سنة)
1	ماكينات البيع	3318
2	البراد التجاري	4300
3	مكبرات الصوت	74
4	جهاز توزيع الشبكة	17
5	المجمّدة التجارية	5200
6	فرن مايكرويف	447
7	مصابيح فلورية تحت الخزائن	33
8	ماكينة قهوة تجارية	1349
9	ماكينة قهوة	450
10	ثلاجة (صغيرة)	277

### ملاحظة

M. Sanchez et al., Environmental Energy technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory. "How plugged in are Commercial buildings?" February 2007, p.11. accessible at: <http://enduse.lbl.gov/info/lbnl-62397.pdf>

## معلومات أساسية عن أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد

### أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد بالوحدات المنفصلة مقابل المركزية

تستخدم المباني التجارية التي تقل مساحتها عن 1850 متراً مربعاً عادة وحدات تدفئة وتهوية وتبريد جاهزة الصنع وباردة الهواء. وتستخدم في المباني الكبيرة التي تفوق مساحتها 9300 متر مربع وفي المجمعات المتعددة المباني عموماً، أنظمة تدفئة وتهوية وتبريد مركزية مجمعة أو مهندسة في الموقع. أما المباني التي تتراوح مساحتها 1850 و9300 متر مربع فيمكن أن تستخدم مزيجاً من عدة وحدات كبيرة جاهزة (مثلاً وحدة لكل جناح من مبنى مكاتب) أو أنظمة صغيرة مركبة. وعند إجراء مقارنات بين أداء أنظمة الوحدات والأنظمة المهندسة، أو بين الأنظمة من أي نوع، ينبغي أن يدخل في الحساب أداء النظام بأكمله وليس المبرد أو وحدة التكييف فقط.

من أهم مزايا أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد المركزية ارتفاع كفاءة الطاقة، والقدرة الكبيرة على إدارة الأحمال، ووجود مكونات أقل عدداً وأجود نوعية تحتاج إلى قدر أقل (إنما مهارة أكثر) من الصيانة والبساطة الهندسية والتركيبية. غير أن الميزة الرئيسية لأنظمة الوحدات هي انخفاض التكاليف الأولية والتحكم المستقل بالمناطق وانخفاض احتمالات الأعطال وتدني المساحة المشغولة التي تتطلبها غرفة الآلات الميكانيكية ومجاري الهواء والأنابيب.

### قياسات الأداء

ثمّة عدد من المقاييس التي يمكن استخدامها لمقارنة كفاءة أداء مختلف أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. فقد عرّف معهد تكييف الهواء والتبريد (ARI) إجراءات اختبار قياسية لتحديد مقاييس الكفاءة بالنسبة لمجال محدد في أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. وتتفاوت الاختبارات المستخدمة لتقييم الأداء تبعاً للمعدات التي يجري اختبارها. وفي ما يأتي قائمة تلخص أبرز مقاييس الأداء في مجال التدفئة والتهوية والتبريد:

**قدرة التبريد** تُحدّد بكمية الطاقة الحرارية التي تستطيع وحدة تبريد أن تزيلها من حيز معين كل ساعة، وتقاس بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة.

**نسبة كفاءة الطاقة** هي نسبة قدرة التبريد (وحدة حرارية بريطانية/ساعة) إلى قيمة دُخُل القدرة الكهربائية (واط) في أي ظروف محدّدة، ويُعبّر عنها بالوحدات الحرارية البريطانية/واط - ساعة. والمستوى الحالي هو نسبة كفاءة طاقة بمقدار 8,9 للأنظمة التي تتراوح قدرتها بين 65 و135 ألف وحدة حرارية بريطانية في الساعة.

**مُعامل الأداء** يُحدّد بشكل مختلف تبعاً للوظيفة. فبالنسبة للتبريد، يُعبّر معامل الأداء عن نسبة معدّل إزالة الحرارة إلى نسبة دُخُل الطاقة في الوحدات الثابتة لنظام تبريد متكامل عند اختباره وفقاً لمقياس وطني معتمد. أما بالنسبة للتدفئة، فهو نسبة الحرارة الموزّعة إلى نسبة دخل الطاقة

في الوحدات الثابتة لنظام مضخة حرارة متكامل عند اختياره في ظروف تشغيل معيّنة. التحويل :  
معامل الأداء = نسبة كفاءة الطاقة + 3,4.

يُشار إلى أن معامل الأداء ونسبة كفاءة الطاقة كليهما يُحسبان في ظروف مضبوطة في المختبر ولا يعكسان عادةً كفاءة الأداء أثناء الاستخدام الفعلي. كما إن نسبة كفاءة الطاقة الموسمية وعامل أداء التدفئة الموسمي يعالجان الحاجة لإظهار الاستخدام الفعلي، وذلك بقياس الفعالية في أوضاع ميدانية.

**نسبة كفاءة الطاقة الموسمية** هي مجموع الحرارة المزالة من الحيز المكيف خلال موسم التبريد السنوي، وتحتسب بالوحدات الحرارية البريطانية، مقسومةً على مجمل الطاقة التي يستهلكها مكيف الهواء أو مضخة الحرارة خلال الموسم نفسه، ويُعبّر عنها بالواط - ساعة. ويتطلب مقياس كفاءة الأجهزة الفدرالية الأميركية حالياً حداً أدنى لمستوى نسبة كفاءة الطاقة الموسمية هو 13. علماً بأن أعلى نماذج الكفاءة المتوفرة لوحدات الهواء المركزية قد تصل تقديراتها إلى 23.

**عامل أداء التدفئة الموسمي** وهو مجموع الحرارة المضافة إلى الحيز المكيف خلال موسم التدفئة السنوي (يُعبّر عنها بالوحدات الحرارية البريطانية)، مقسوماً على مجموع الطاقة التي يستهلكها مكيف الهواء أو مضخة الحرارة خلال الموسم نفسه (ويُعبّر عنها بالواط - ساعة).

**قيمة الحمل الجزئي المتكامل** هي طريقة لتقدير الكفاءة الموسمية لأحمال نموذجية من 65000 وحدة حرارية بريطانية في الساعة وما فوق. وينطبق هذا التقدير على الوحدات ذات القدرات الجزئية المحددة، مثل الوحدات ذات الضاغط المتعدد المراحل. تُختبر الوحدات بالقدرة الكاملة وبكل قدرة جزئية محددة، ثم تُستخدم قراءات الاختبارات لحساب قيمة الحمل الجزئي الموحد.

## معلومات إضافية

للحصول على معلومات إضافية حول تصميم أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد، راجع :

Nontechnical introduction to HVAC: NCDEnr. 2003. "Energy Efficiency in industrial HVAC systems." accessible at: <http://www.p2pays.org/ref/26/25985.pdf>

Technical discussion of HVAC systems: Benjamin, Reynolds, Grondzic, and Kwok. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 10th Edition. John Wiley & sons, inc. new York.

## ملاحظات

1. American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE). 2004. Online guide to Energy-Efficient Equipment. High-performing HVAC systems. accessible at: [http://www.aceee.org/ogeece/ch3\\_index.htm](http://www.aceee.org/ogeece/ch3_index.htm).
2. ERPI Office Complexes Guidebook, Innovative Electric Solutions. Chapter 6—Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC). December 1997. tr-109450, p. 195.
3. Air-Conditioning and Refrigeration Institute. (2006). 2006 Standard for Performance Rating of Unitary Air-Conditioning Equipment and Air Source Heat Equipment.

## الملاحق د تدابير غلافات المباني

المبنى الجيد التصميم يمكن أن يخفّض حمل التدفئة والتبريد بحوالي 30%<sup>(1)</sup>. وتصل فوائد ذلك إلى تخفيض في حمل ذروة التبريد والتدفئة، وفي نظام التدفئة والتهوية والتبريد وساعات التشغيل. ويمكن التوصل إلى هذه النتائج باعتماد معايير في التصميم تخفف من الاستهلاك، مثل تحديد وجهة المبنى نسبة إلى الشمس والرياح، أو إدخال عناصر انشائية في البناء مثل عزل الجدران والسطوح والنوافذ المزدوجة الزجاج. والمبدأ الأساسي هو بتخفيض زيادات أو نواقص الطاقة عبر الغلاف الخارجي للمبنى. فالحرارة التي لا تُكتسب أو تُطلق لا تحتاج إلى معاملة بواسطة نظام التدفئة والتهوية والتبريد. وهذا يعني أن حرارة الشمس التي تُمنع من اختراق المبنى لا تحتاج إلى منشآت تبريد لإزالتها. وكذلك فإن الحرارة التي تُمنع من التسرب لا تحتاج إلى أن تولدها أنظمة التدفئة. والغاية القصوى هي جعل الحرارة الداخلية مريحة بالنسبة لشاغلي المبنى.

وهكذا فإن "المبنى ذا الكفاءة في استخدام الطاقة" يوفر جواً داخلياً أكثر راحة ويُخفّض، في الوقت عينه، استخدام أنظمة التدفئة والتهوية والتبريد. وبالتالي تتدنى كثيراً أوقات التشغيل وكذلك نفقات التشغيل. والتبريد في معظم أنحاء المنطقة العربية هو حمل الطاقة الداخلي الأساسي في المباني. لذا فإن التوصيات في هذا الملحق تتعلق عموماً بالتدابير الهادفة إلى تخفيض أحمال التبريد.

يتناول هذا الدليل بشكل أساسي المباني القائمة. لذلك لن تُدرس سمات التصميم إلا عند التخطيط لأعمال تجديد كبيرة. غير أنه يمكن إعادة النظر في كيفية استخدام مساحة المكاتب. لذا ينظر هذا الملحق مثلاً في كيفية تخصيص وتحديد استخدام الحيز وإشغاله في المبنى.

أما بالنسبة لغلاف المبنى الذي يشمل الجدران والنوافذ والسطح والطبقة الأرضية، فيُقدّر دراسة تدابير بسيطة يسهل اتخاذها. وبالإضافة إلى ذلك، تتوقف تلك التدابير على نوعية الأشغال. فإذا كان المبنى مؤجراً، فيجب مراجعة عقد الإيجار لمعرفة التعديلات في حيز المكتب والمبنى التي يسمح بها العقد.

### إجراءات التصميم

إذا لم يكن متوقعاً إجراء تجديرات رئيسية، فإن احتمالات تنفيذ تغييرات في التصميم تكون محدودة جداً. لكن بالنسبة لاستخدام حيز المكتب، يمكن اتخاذ عدة تدابير محددة.

- كفاءة استهلاك الطاقة في الحيز: هي النظر في العلاقة بين وتيرة إشغال مساحة مكتب معين، التي تملي حمل التدفئة والتبريد، وموقع تلك المساحة. وينبغي أن يكون موقع الحيز الذي له نسبة إشغال أطول أو أكثف في الجهة الشمالية من المبنى. ويجب أن يكون موقع الحيز الذي له استعمال قصير أو متقطع في الناحية الجنوبية من المبنى. وهذا التدبير يجعل الحيز الكثيف الإشغال أقل عرضة لأشعة الشمس، مما يخفف حمل التبريد.

(1) نتيجة مشروع MED-ENEC التجريبي: [www.med-enec.eu/building-projects/pilot-projects](http://www.med-enec.eu/building-projects/pilot-projects)

- **التهوئة الليلية:** ترك النوافذ مفتوحة ليلاً، خلال بعض أوقات السنة، يجعل المبنى يبرد طبيعياً. وهذا يسمح للحرارة التي احتجزت داخل المبنى أثناء النهار بالخروج في الليل، ما يخفض حمل التبريد الملقى على نظام التدفئة والتهوئة والتبريد مع بداية اليوم التالي. ويجب أن تؤخذ اعتبارات السلامة في الحسبان، ومنها:
  - ينبغي استخدام النوافذ التي يمكن تركها مفتوحة بسهولة وبأمان خارج ساعات الدوام، وذلك لضمان عدم تسلل الدخلاء إلى المبنى. مثلاً يمكن استخدام القسم الأعلى من النافذة أو فتحة نافذة صغيرة. ويمكن، بدلاً من ذلك تركيب "شبيكات أمان" (مشربية تقليدية أو "حامية") على النوافذ من الخارج لمنع الدخول إلى المبنى.
  - وبالإمكان كذلك استخدام فتحات تهوئة خاصة على الجهتين المقابلتين من المبنى، ما يسمح بمرور الهواء الطبيعي عبر المبنى. وهذا الخيار أضمن من الناحية الأمنية.
- **الألوان الداخلية الفاتحة:** يُستحسن استخدام الألوان الفاتحة (أبيض، أبيض مصفر) في الداخل للحد من امتصاص الحرارة وتخفيض حمل التبريد. ومن المزايا الإضافية للألوان الداخلية الفاتحة زيادة انعكاس الضوء داخل المكتب، ما يخفض مستوى الإضاءة الاصطناعية المطلوبة.

## تدابير غلافات المباني

تُصمم تدابير غلافات المباني في المباني القائمة لتفعيل انتقال الطاقة بين المبنى ومحيطه إلى أقصى حدٍّ ممكن، ما يخفض إلى الحد الأدنى من التبادل الحراري بين الداخل والخارج.

**ألوان فاتحة للغلاف:** كما هو مذكور أعلاه، تعكس الألوان الفاتحة الضوء بشكل أفضل وتقل نسبة امتصاصها للحرارة. وتتطلب إعادة طلاء كامل المبنى من الخارج جهوداً جبارة. غير أن السطح المعرض للشمس طيلة النهار قادر على امتصاص الحرارة بشكل أكبر (وهذا ما يجب تجنبه). ويتسبب التعرض للإشعاع الشمسي في رفع حرارة الحيز الداخلي تحت السطح، لذا فإن طلاء سطح المبنى بالأبيض هو أفضل خيار يمكن اعتماده شرط ألا يكون السطح مزدحماً بالمعدات المركبة مثل خزانات المياه أو أطباق السواتل.

في دراسة حالة، اعتادت منظمة غير حكومية في الأردن على تشغيل نظام تكييف الهواء في الساعة الثانية بعد الظهر، وذلك حين تكون الحرارة مرتفعة إلى درجة تستدعي التبريد. وعمدت المنظمة، من أجل تخفيض الكسب الحراري من السطح، إلى طلاء سطح مقرها الرئيسي باللون الأبيض. ونتيجة ذلك، أصبح مكيف الهواء يُدار في الساعة الرابعة بعد الظهر، مما يشير إلى تخفيض فترة استعمال المكيف من 3 ساعات إلى ساعة واحدة. وبلغت كلفة طلاء السطح بالأبيض 70 دولاراً وتطلبت عمل موظفي الصيانة مدة يومين.

**التظليل:** النوافذ هي "الحلقة الأضعف" في غلاف المبنى. فمقاومتها لانتقال الحرارة هي دائماً أدنى

من مقاومة الجدران، مهما كان نوع النوافذ أو الزجاج المستخدم. يتفادى التظليل التماس المباشر مع حرارة الشمس ويمكن أن يخفّض حمل التبريد بشكل كبير، خصوصاً بالنسبة للنوافذ الموجهة لجهة الجنوب. فالنوافذ الموجهة لجهة الشمال لا تحتاج إلى التظليل (من منظور أداء الطاقة).

لذا، فإن التظليل أمر يكاد يكون "حتمياً" في المناطق ذات المناخ الحار. وينبغي التأكد من أن التظليل لا يعيق دخول ضوء النهار إلى داخل الحيز بالشكل المقبول. والحدّ الفاصل في هذه المسألة هو عدم الحاجة إلى إنارة اصطناعية إضافية. وأفضل ما يفيد في هذا المجال تركيب أباجور للنوافذ، تكون عوارضه أفقية للارتفاعات المتوجهة إلى الجنوب وعمودية للنوافذ المتوجهة إلى الشرق والغرب.

ويمكن الحصول على أفضل النتائج عند وضع التظليل على الجزء الخارجي من المبنى. وتظليل الصفائح هو الأقل كلفة. وهناك التظليل المتحرك الذي يُعتبر أنسب للمناخ الذي يتطلب تدفئة في الشتاء، ولكنه عادة مرتفع الكلفة. وفي هذه الحالة، يمكن أن تساهم حرارة الشمس في تخفيض حمل التدفئة.

**منع نفاذ الهواء:** يمكن منع تسرب الهواء، بكل بساطة، بإحكام سدّ النوافذ. فالفتحات الصغيرة بين النوافذ والجدران أو بين إطارات النوافذ تسمح بقدر كبير من التبادل الحراري بين الحيز الداخلي والخارج. فينبغي إذا سدّ هذه الفتحات جيداً. وتبعاً لنوعية مواد (طلاء) الجدران، يمكن أن يتم ذلك بواسطة الأسمنت أو السيليكون للفتحات بين الجدار وإطار النافذة. وبالنسبة للنوافذ المتحركة يمكن تثبيت شرائط مطاط رغوي على الحافة حيث يلتقي مصراع النافذة الثابت والمتحرك معاً. وللنوافذ المنزلقة شرائط خاصة.

**نوافذ ذات زجاج مزدوج:** تتمتع النوافذ المزدوجة الزجاج، بسبب فجوة الهواء بين لوحَي الزجاج، بمقاومة حرارية أكبر من مقاومة النوافذ المفردة الزجاج. ومن الناحية التقنية، من السهل وضع نوافذ مزدوجة الزجاج مكان النوافذ العادية. غير أن ذلك يتقرّر على ضوء نوع النافذة، ونوع الإطار ومادة البناء (خشب، ألومنيوم، بلاستيك PVC). لكن في بعض الحالات لا حاجة إلا لاستبدال الزجاج، وفي حالات أخرى يتوجب تغيير الإطار ليستوعب سماكة الزجاج المزدوج، وهذا يزيد من التكاليف.

**عزل السطح:** يكتسب السطح معظم الحرارة خلال النهار من الشمس. لذا فإن عزل السطح يخفّض حمل التبريد واستخدام مكيف الهواء في الطبقة العليا. وأكثر ما يُفيد في العزل طبقة بوليسترين سماكتها بين 3 و5 سنتيمترات. ومن الضروري تغطية المادة العازلة بطبقة مانعة للتسرب لمنع نفاذ الماء (مياه الأمطار تخفف قدرة المادة العازلة). يستوجب هذا التدبير زيادة الأعمال التحضيرية في حال كان السطح يحوي معدّات مركبة.

**عزل الجدران:** إذا كان من المقرّر إجراء تجديد رئيسي للمبنى، فيُستحسن وضع مواد عازلة (بوليسترين سماكة 3-5 سنتيمترات) على الجدران. فالمبنى المعزول بشكل جيّد يكتسب الحرارة بشكل بطيء جداً، وهذا ما يخفّض حمل التبريد.

للحصول على معلومات إضافية حول عزل غلافات المباني، راجع الموقع:

<http://www.med-enec.com/news/guide-maghr%C3%A9bin-des-mat%C3%A9riaux-d%E2%80%98isolation-thermique-des-b%C3%A2timents>

## الملحق ه معلومات أساسية عن تسخين الماء

يمكن وجود عدد متنوع من سخانات المياه في مباني المكاتب. وفيما يلي شرح لأنواع سخانات المياه مُترجم عن دليل تسخين المياه الصادر عن المجلس الأميركي لاقتصاد يتميّز بكفاءة الطاقة (ACEEE):

**سخانات مياه الخزانات** هي أكثر أنواع سخانات المياه شيوعاً في الولايات المتحدة. وتتراوح أحجامها بين 90 و360 ليترًا (أو أكثر) وتعمل بالكهرباء أو الغاز الطبيعي أو البروبان أو النفط، وهي تسخن المياه في خزان معزول. حين تُفتَح حنفية الماء الساخن يُسحب الماء الحار من أعلى سخان الماء ويدخل الماء البارد إلى قعره. ومن دون عزل مناسب، قد تكون سخانات المياه غير كفوءة في استهلاك الطاقة لأن الحرارة تُفقد عبر جدران الخزان (وهذا يسمى فَقْد الحرارة في الخزان) حتى أثناء عدم استعمال أي ماء ساخن. وتتميّز سخانات مياه الخزانات الجديدة ذات الكفاءة في الطاقة بمستوى أفضل من العزل حول الخزان، وهي مجهزة بصمامات أحادية الاتجاه حيث تتصل الأنابيب بالخزان، وهذا يخفّض الفقد الحراري بشكل كبير.

**سخانات المياه عند الطلب** المعروفة أيضاً بالسخانات الفورية أو السخانات بلا خزانات لا تحتاج إلى خزان فتسخن المياه عند الحاجة إلى المياه الساخنة. وتتميّز هذه الأنواع عادة بانخفاض استهلاكها للطاقة، فلا حرارة مفقودة في الخزان. وتكون سخانات المياه عند الطلب ذات القدرة الكافية لتلبية الاحتياجات المنزلية عاملة على الغاز أو البروبان. ولكن لبعض تطبيقاتها ثلاثة عوائق: فقد لا تكون قادرة على تلبية الطلب إذا كان متعدياً ومتزامناً. وهي لا تعمل إلا إذا كان تدفق الماء بمعدل 0,5 - 0,75 غالون في الدقيقة. كما إن إدخال تعديلات تحسينية عليها قد يكون باهظ الكلفة.

**سخانات الماء المزودة بمضخات حرارة** هي أكثر فعالية من سخانات المياه الكهربائية لأن الكهرباء تُستخدم لنقل المياه من مكان لآخر وليس لتوليد الحرارة مباشرة. مصدر الحرارة هو الهواء الخارجي أو الهواء حيث تكون المضخة موضوعة. ينقل السائل المبرّد والضواغظ الحرارة إلى خزان معزول. وتتوافر سخانات الماء المزودة بمضخات حرارة مع خزانات مياه مبيّنة تسمّى وحدات متكاملة، أو قد تكون مُضافةً إلى خزانات المياه الساخنة الموجودة. وتستهلك هذه السخانات ما بين ثلث ونصف مقدار الكهرباء الذي يستهلكه سخان المقاومة الكهربائية التقليدي، وقد يكون أداؤها أفضل من ذلك في المناخات الحارة. لكن مصادر هذه المنتجات، للأسف، قليلة.

**سخانات المياه غير المباشرة** هي عموماً تستخدم المرجل مصدراً للحرارة. وفي أنظمة المرجل، يسري الماء الساخن من المرجل عبر مبادل حراري في خزان معزول منفصل. لكن في الأنظمة الأقل انتشاراً المعتمدة على أفران، تسري المياه الموجودة في ملف التبادل الحراري عبر الفرن فتسخن ثم تمرّ عبر خزان المياه. وبما أن المياه الساخنة مخزّنة في خزان معزول، فلا يضطرّ المرجل أو الفرن للاشتغال والتوقف مراراً، ما يحسن اقتصاده بالوقود. وبشكل عام، إذا ما استُخدمت سخانات المياه غير المباشرة إلى جانب مرجل أو أفران جديدة عالية الكفاءة، تكون تكاليف تشغيلها الأدنى بين مختلف تقنيات تسخين المياه.

**سخانات المياه الشمسية** تستخدم الطاقة من الشمس لتسخين المياه. وتُصمَّم سخانات المياه الشمسية لأبنية المكاتب عادة لرفع حرارة المياه في مرحلة أولى، وضخها من ثم إلى سخانات التخزين التقليدية أو سخانات المياه عند الطلب. وإذا كانت التكاليف الأولية لسخانات المياه الشمسية مرتفعة، فهي توفر الكثير من المال على المدى الطويل. فسخانات المياه الشمسية، على أساس الكلفة الموزعة على دورة حياتها، أن تنافس سخانات المياه الكهربائية وسخانات البروبان، لكنها لا تزال أكثر كلفة من سخانات الغاز الطبيعي.

### المعدّات المركزية مقابل المعدّات الموزعة

للقرار باستخدام نظام مركزي أم موزع لتسخين الماء تأثير على متطلبات السخانات الفورية، وعزل الأنابيب، والاستخدام وتصميم المبنى.

### مثال: استخدام مركزي مقابل استخدام موزع

إذا استخدم نظام مركزي للماء الساخن، وكان الماء الساخن مطلوباً في حمام يبعد 50 قدماً عن خزان للمياه الساخنة يعمل بالغاز الطبيعي، فإن المياه في الأنابيب ضمن مسافة 50 قدماً ينبغي أن تفرغ للحصول على الماء الساخن. فإذا كان قطر الأنابيب 1,9 سنتيمتر فإنه يتسع لـ 20 ليترًا ضمن 17 متراً. وإذا كان سخان الماء مضبوطاً على مستوى 34,6 درجة مئوية (120 درجة فهرنهايت) وكانت حرارة الماء الداخل -4 درجات مئوية (50 درجة فهرنهايت)، فإن كمية 4,6 غالون من المياه المهدورة سوف تهدر أيضاً 2682 وحدة حرارية بريطانية عند تسخينها. من الخيارات المتاحة لتفادي مثل هذه الخسارة تركيب سخانات من دون خزانات مجاورة لأنظمة المياه الساخنة. وبهذا يتم تفادي خسارة 20 ليترًا وكذلك فقدان 2682 وحدة حرارية بريطانية. لكن إذا كانت الحاجة للقدر كبير، فإن الطلب الفوري على الطاقة يمكن أن يؤدي إلى غرامات تكليف الكهرباء أو صعوبات في تلبية الطلب الكبير. (مقتبس عن: Stein, Mechanical and Electrical Equipment Buildings 9th ed. Page 601-603).

### معلومات إضافية

للاطلاع على مواصفات كفاءة الأجهزة في الولايات المتحدة وكاليفورنيا، راجع:

Appliance Efficiency Regulations. Dec 2006. CEC-400-2006-002-rEV2.  
Accessible at:  
<http://www.energy.ca.gov/2006publications/CEC-400-2006-002/CEC-400-2006-002-rEV2.PDF>

وللاطلاع على تعريف لإدارة المياه في المرافق، راجع:

James Piper, Maintenance Solutions. "Water Use: Slowing the Flow."  
2003. Accessible at:  
<http://www.facilitiesnet.com/ms/article.asp?id=1969&keywords>

وللاطلاع على مرجع تقني حول أنظمة الماء الساخن، راجع:

Benjamin Stein and John Reynolds. 2000. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, Chapter 10, Water Supply. Sections 10.5, 10.6, and 10.7 containing Water Sources, Hot Water Systems and Equipment, and Fixtures and Water Conservation. Accessible at:  
<http://www.facilitiesnet.com/ms/article.asp?id=1969&keywords>

### ملاحظات

ACEEE—American Council for an Energy-Efficient Economy, “Consumers Guide to Home Energy Savings: Condensed Online Version.” Water Heating. Accessible at: <http://www.aceee.org/consumerguide/waterheating.htm>

## الملحق و دراسة حالات

---

دراسة حالة 1: صفوف الجامعة

دراسة حالة 2: الطاقة الفوتوفولطية الشمسية لمدارس حكومية في لبنان

دراسة حالة 3: الديزل الحيوي في الامارات العربية المتحدة من الزيت المتخلف من مطاعم ماكدونالدز

دراسة حالة 4: مدينة دبي اللوجستية التابعة لأرامكس تضيئها مصابيح فيليبس

دراسة حالة 5: كفاءة الطاقة في مبنى سكني في العقبة

دراسة حالة 6: مقر المنظمات العربية في الكويت

دراسة حالة 7: مصرف لبنان يُشجّع التحوّل إلى الأخضر

دراسة حالة 8: كفاءة الطاقة في فنادق دبي فيستيفال سيتي

دراسة حالة 9: ملاعب صديقة للبيئة في قطر

دراسة حالة 10: اللمبات الموفرة للطاقة في لبنان

دراسة حالة 11: كفاءة استخدام الطاقة في مستشفى الشمال

## دراسة حالة 1 غرف الدراسة الجامعية

زُودت غرف الدراسة الكبيرة الخاصة بالتدريب على أجهزة الكمبيوتر في إحدى الجامعات اللبنانية بـ 36 تركيبية اضاءة من نوع 4x36W TFL8. وبلغت مستويات الإنارة أثناء الليل 600 لكس عندما كانت جميع المصابيح مضاءة. متطلبات جمعية هندسة الإضاءة في أميركا الشمالية (IESNA) والمؤسسة المجازة لمهندسي خدمات البناء (CIBSE) تستلزم عموماً 300 لكس كحد أقصى لهذه التطبيقات.



كان أحد الخيارات المقترحة الطلب من الطلاب تشغيل أربع دوائر إضاءة من أصل ست (تم تقسيم التركيبات الست والثلاثين الى ست دوائر). واقترح أيضاً نزع بعض المصابيح كخيار بديل. وتم تبني نزع المصابيح لأن قراءات لكس أظهرت أن وقف تشغيل أنبوبين من كل تركيبية يسفر عن مستويات إضاءة أكثر انتظاماً من إطفاء دائرتين من أصل ست.

وبناء على ذلك، تم وقف تشغيل أنبوبين من كل تركيبية في ترتيب شطرنجي بفصل كوابحها. فكانت القراءات أقل من 400 لكس. وقُدرت وفورات الطاقة السنوية من هذا التدخل بنحو 2400 كيلوواط ساعة ما يعادل 8400 كيلوواط ساعة أو 0,72 طن مكافئ نفط من الطاقة الأولية على أساس كفاءة تحويل مرفق كهربائي في لبنان. وبلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم تجنبها 2,4 طن. وبلغت فترة استرداد الكلفة شهراً واحداً.

## دراسة حالة 2 الطاقة الفوتوفولطية الشمسية لمدارس حكومية في لبنان

مصادر الطاقة الموثوقة ضرورية للنمو الاقتصادي والتنمية الاجتماعية والاستدامة المالية والتكامل الاقليمي والعالمي. وفي الواقع، تظهر دراسات عدة أجراها البنك الدولي في كثير من البلدان علاقة واضحة جداً بين الوصول الى الطاقة ونمو الناتج المحلي الاجمالي.

وعلى رغم أن لبنان يعتمد كلياً على الكهرباء، فإن معظم مناطق البلاد، خاصة قرب الحدود، تعاني من انقطاع الكهرباء فترات طويلة جداً ومن مستويات فولطية منخفضة جداً، ما يمنعهما من استعمال الأجهزة الكهربائية أو حتى التمتع بمستويات اضاءة مناسبة.



وفي حين أن هذه الانقطاعات مزعجة عموماً للجميع، فبالنسبة إلى الأطفال قد تكون لها تأثيرات سلبية، خصوصاً على تحصيلهم العلمي. وبما أن المدارس الحكومية لا تستطيع تحمل مصادر طاقة بديلة مناسبة، فإن ذلك يحرم الأطفال من اضاءة كافية أو طاقة موثوقة تسمح باستعمال تكنولوجيايات غرف الدرس.

مع وجود تفويض بنشر مشاريع الطاقة المستدامة في لبنان، فإن المشروع النموذجي الخاص بكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (CEDRO)، الذي يديره برنامج الأمم المتحدة الانمائي، أطلق عام 2010 مشاريع لتكريب نظم فوتوفولطية شمسية في 25 مدرسة رسمية ومراكز نشاطات أهلية في عكار والبقاع والجنوب. وتم اختيار مدرسة خربة سلم الرسمية في جنوب لبنان لتنفيذ المشروع التجريبي. صُمم النظام الفوتوفولطي الشمسي لتزويد المدرسة بالطاقة بمعزل عن الشبكة العامة. لكنه موصول بالشبكة لتمكين بطارياته من أن تُشحن عندما تنخفض الطاقة المخزنة فيها. وفي المستقبل، سيتم تركيب جهاز تغذية لتمكين النظام الفوتوفولطي الشمسي من تزويد الشبكة العامة بالطاقة خلال أيام العطل المدرسية أو عندما يوجد فائض في الطاقة.

يتكون النظام الفوتوفولطي الشمسي المركب من ثلاث وحدات أحادية البلورات وتبلغ قدرته القصوى 1800 واط. وتتكون الوحدات الشمسية من خلايا تنتج التيار الكهربائي المباشر عند تعرضها لأشعة الشمس. وتخزن الكهرباء المنتجة في بطاريات ومن ثم تُحول إلى تيار متردد. وتزود البطاريات المبنى بالحمل الكهربائي الضروري في حال حدوث عطل في الشبكة العامة. وسيكون مقدار الكهرباء المزودة كافياً لتلبية احتياجات جميع المعدات الكهربائية الضرورية. وإضافة إلى ذلك، تم تركيب المزيد من مثبتات الاضاءة الكفوءة لتزويد غرف الدرس والمكاتب بالاضاءة المطلوبة ذاتها، مع استهلاك طاقة أقل.

البطاريات المساندة مطلوبة لتوفير امداد كهربائي من دون انقطاع في حال حدوث عطل في الشبكة. لذلك، سيكون النظام الفوتوفولطي الشمسي بمثابة مولد خاص بالمدرسة وسوف يزودها بالحمل الضروري. وعندما تكون أشعة الشمس منخفضة، سيتم سحب الطاقة من الشبكة العامة لشحن البطاريات. وعندما تكون المدرسة غير مشغولة، خلال ثلاثة أشهر في السنة، سيكون بإمكان النظام امداد الشبكة العامة بالطاقة المتجددة.

## دراسة حالة 3

الديزل الحيوي في الامارات العربية المتحدة  
من الزيت المتخلف من مطاعم ماكدونالدز

باشرت شركة "نيوترال فيولز" المتخصصة بالحلول التشغيلية الكفوءة بالطاقة انتاج الديزل الحيوي (بيوديزل) بتحويل الزيت النباتي المستعمل من مطاعم ماكدونالدز المحلية في الامارات العربية المتحدة. ويستعمل الديزل الحيوي المنتج لتشغيل شاحنات الخدمات اللوجستية التابعة كشركة ماكدونالدز، ويمكن استعماله في أي محرك ديزل عادي. والزيت المستلم من الشركة هو المخلفات الناتجة من تحضير الطعام، ولذلك يخفض الانبعاثات الكربونية بنسبة 60 الى 80 في المئة بالمقارنة مع وقود الديزل التقليدي.



برنامج الديزل الحيوي هذا ليس الأول من نوعه، ان هو قيد التشغيل من قبل مطاعم ماكدونالدز في ألمانيا وبريطانيا ومناطق في البرازيل والولايات المتحدة. لكن العملية تؤدي مهمة أفضل في الامارات. فقد شرح روبن ميلز، وهو باحث في شؤون الطاقة مقره دبي، في مقابلة مع هيئة الاذاعة البريطانية (BBC) أن خطر الديزل الحيوي هو أن هناك امكانية بأن يتخثر، مشكلاً مادة هلامية وفي النهاية تتجمد على درجات حرارة منخفضة. طبعاً، درجات الحرارة المنخفضة ليست مشكلة في الامارات، ولذلك يزول هذا الخطر.

هناك مشكلة واحدة تواجهها البلاد هي أن الامارات تدعم سعر الوقود عند المضخة، ما يجعل من الصعب على شركات مثل نيوترال فيولز أن تنافس وتحقق ربحاً. ومع ذلك، اعتبر رئيس مجلس ادارة نيوترال فيولز كارل فيلدر ذلك بمثابة فرصة "لتكون شركته أكثر كفاءة وأكثر منافسة".

الامارات هي ثامن أكبر منتج للنفط في العالم، ما يجعل الدعم الذي يلقاه مشروع الديزل الحيوي أمراً مستغرباً. وقد باشرت سلاسل مطاعم أخرى ابداء اهتمام بالبرنامج أيضاً.

يقول عبدالله الجفال عضو مجلس الادارة المنتدب في نيوترال فيولز في دبي التي باتت أول منتج تجاري للديزل الحيوي 100 في المئة في الشرق الأوسط: "الآن أصبحت الشركات أكثر وعياً للمسائل البيئية وهي تريد أن تكون، قدر المستطاع، مستدامة بيئياً". وقد دعمت العملية ادارة التنمية الاقتصادية لدى حكومة دبي.

ماكدونالدز هي حالياً الزبون الوحيد لنيوترال فيولز وينحصر المشروع في الامارات العربية المتحدة، لكن هناك آمالاً بتوسيعه ليشمل منطقة أوسع.

## دراسة حالة 4 مدينة دبي اللوجستية التابعة لأرامكس تضيئها مصابيح فيليبس

كمزود عالمي للخدمات اللوجستية وحلول النقل الشاملة منذ 29 سنة في أكثر من 54 بلداً، تتفهم أرامكس أهمية التخزين في المستودعات ضمن سلسلة إمدادات أوسع، والبصمة البيئية لهذه المرافق. وتستثمر الشركة في التكنولوجيا الخضراء المتقدمة لضمان الوفاء بمتطلبات التخزين للزبائن واحتياجات إدارة المخزون مع بصمة كربونية ضئيلة. وقد برزت مدينة دبي اللوجستية كأحدى مرافق أرامكس الرئيسية لتصبح كفاءة بالطاقة بموجب برنامج حائز على شهادة ذهبية من هيئة الريادة في التصميم الطاقوي والبيئي (LEED).



وكان التحدي تقديم حل لإضاءة بسيطة لكن ذكية تلبي متطلبات الطلبات، في حين تستهلك طاقة أقل في المئة مما نصت عليه مقاييس الجمعية الأميركية لمهندسي نظم التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE). ويتطلب المشروع أجهزة تحكم بإضاءة مستقلة أساسها مصابيح لكشف الإشغال في منطقة المستودع وتفعيل ضوء النهار في المكاتب.

أجرت فيليبس اختياراً ذكياً لصنع مصابيح وفقاً لطلبات الزبائن. وبالنسبة الى أجهزة التحكم بالإضاءة، صنعت المصباح TMX204 القياسي وفقاً لطلبات الزبائن وزودته بجهاز تحسن للإشغال في منطقة المستودع لتوفير سيناريو مثالي: إضاءة عند الحاجة وحيثما تدعو الحاجة. وتم تزويد المصابيح Smartform TBS460 في المكاتب بأجهزة تحكم Luxsense، توفر الطاقة من خلال تنظيم ضوء المصابيح أوتوماتيكياً وفقاً لمستوى ضوء النهار المتوافر. وتم استعمال أضواء سفلية Fugato Compact and Performance مع مصابيح PL-R للأماكن الدوارة.

يعكس مشروع مدينة دبي اللوجستية التزام أرامكس المستمر تخفيض بصمتها الكربونية والتوفير في استهلاك الطاقة ورفع الوعي في أنشطة أخرى في أماكن عملها الـ 307 حول العالم.

(شركتا أرامكس وفيليبس عضوان في المنتدى العربي للبيئة والتنمية)

## دراسة حالة 5 كفاءة الطاقة في مبنى سكني في العقبة

المبادرة لبناء مبنى سكني كفوء بالطاقة على نطاق تجريبي في العقبة هي لأظهار حسنات البناء المستدام في الأردن. وقد تم اختيار تصميم كفاءة الطاقة في المبنى السكني في العقبة للحث على ادخال تحسينات في الأداء البيئي للأبنية. ويلحظ تصميم المبنى الاستعمال الكفوء للموارد في انشاء الأبنية وفي استهلاك المياه والطاقة.

المبنى السكني الذي يتكون من ثلاث طبقات تبلغ مساحته 420 متراً مربعاً، ويشتمل على غرفة جلوس ومطبخ وغرفة درس وغرفة عائلة وست غرف نوم وثلاثة حمامات ومرآب سيارات وطابق سفلي.



الحرارة خلال فصل الصيف في العقبة ترتفع الى أكثر من 40 درجة مئوية، ونادراً ما تكون هناك حاجة للتدفئة في فصل الشتاء، وقد ركز التصميم على تبني استراتيجيات تبريد تتأثر بالعوامل الخارجية. فمن خلال التصميم، يُمنع التراكم الحراري في فصل الصيف ويُفَعَّل الكسب الحراري في فصل الشتاء. وقد تَكُون المفهوم المعماري بناء على تحليل لزاويا الشمس، واتجاهات الرياح، ومناظر البحر الأحمر، وممارسات الانشاء الشائعة في الأردن (طابوق مجصص وتلبيس بالحجارة).

التصميم المعماري هو الخطوة الأولى للوصول الى استعمال كفوء للطاقة والمياه والمواد. وتوجيه المبنى السكني وتصميمه يُفَعَّلان التبريد المتأثر بالعوامل الخارجية. وتقع الأماكن التي تستعمل لوقت قصير (الحمامات والمرآب والماشية) على الجانب الجنوبي الغربي، وهو الجانب الأشد حرارة للمبنى، ما يخلق حاجزاً يساعد في ابقاء الأماكن الرئيسية أبرد. ولتقليل حمل التبريد الداخلي، تواجه غرف النوم الشمال الشرقي. والجزء الرئيسي للمبنى مصقول بالجص العادي الممزوج بالقش لتخفيض انتقال الحرارة وتقليل استعمال الاسمنت. ويوفر استعمال الجص قواماً جميلاً يتحسن مع التقادم. ويتم تحسين التهوية الطبيعية من خلال تحديد مواقع النوافذ والأبواب وفتحات التهوية بعناية تحت السقف والدرج الرئيس الذي صُمم ليعمل مثل "برج هوائي". وتمنع المظلات المتحركة الاحترار الشمسي في فصل الصيف، لكن تمكن الحرارة الشمسية من الدخول أثناء الشتاء لتقليل الحاجة الى التدفئة.

الجزءان الخارجي والداخلي تصل بينهما منطقة مزودة بأبواب زجاجية متساوية لتوفير اضاءة نهائية مثلى. هذه المنطقة، التي تؤوي المطبخ وحجرة الطعام، تصل ما بين جزأي المبنى. الطابق السفلي ملبّس بحجار معاد تدويرها تم الحصول عليها من شركات محلية لبيع الحجار. حديقة السطح التي تقع فوق الجزء السفلي تساهم أيضاً في تخفيض حمل التبريد الداخلي الذي تحققه قدرة التراكم الحراري لترتبة الحديقة التي تبلغ سماكتها 40 سنتيمتراً، حديقة السطح هذه توفر الظل وتُطل على البحر الأحمر بمنظره الجميل.

غلاف المبنى هو الخطوة الثانية لاستراتيجية التصميم البيئي والتبريد المتأثر بالعوامل الخارجية. الأماكن

الداخلية محمية من الحرارة الشمسية باستعمال عازل محسن . ولطابوق الجدران ذات التجاويف قدرة عزل أفضل بسبب الحصى البركاني والناري (برليت) . وتتم تعبئة الفجوات بمواد عازلة. وجزء المبنى الأكثر تعرضاً هو السطح. لذلك تم عزله، وهذه ممارسة ليست شائعة في الأردن، كما تم ادخال ممارسة جديدة أخرى هي عزل "الجسور الحرارية" عند توصيلات الأرضية بالجدران. والحشوة الرملية للجدار الشمالي ذي التجاويف وصل الجدران الحجرية الطبيعية يزيدان قدرة التراكم الحراري في المبنى .

يوفر تصميم المبنى وانشاؤه 30 في المئة من حمل التبريد، بالمقارنة مع مبنى عادي. ولضمان وفورات كبيرة في فواتير الكهرباء، تم تركيب نظم اضاءة كفوءة .

إن مفهوم "التبريد الشمسي" مبني على أساس مياه ساخنة من لاقطات شمسية توفر طاقة حرارية لجهاز التبريد الامتصاصي، الذي يعطي مياهها مبردة لتبريد الجزء الداخلي. هذا هو التطبيق الأول للتبريد الشمسي في الأردن، ولذلك هناك تحديات في تحقيق أداء أمثل. ويعمل المورد المحلي على نموذج أولي ثانٍ. وفي هذه الأثناء، تم تركيب مبرد امتصاصي مستورد يجري اختباره حالياً .

نظام التبريد الشمسي يخفض اجمالي الوفورات المحتملة في تكاليف الكهرباء الى 72 في المئة، بالمقارنة مع التصميم التقليدي. ومع أخذ تكاليف الاستثمار الاضافية في الاعتبار، فان الوقت المتوقع لاسترداد النفقات هو أقل من تسع سنوات. ولجعل المبنى مكتفياً تقريباً بإمدادات الطاقة، تمت دراسة خيار اللوحات الفوتوفولطية لتوليد الكهرباء. لكن طول وقت استرداد النفقات الذي يبلغ نحو 14 سنة جعل هذا الخيار غير اقتصادي.

إن تخفيض استهلاك المياه ضروري في الأردن، حيث حصة الفرد السنوية من المياه العذبة منخفضة جداً. والمبنى هو أول مشروع في العقبة يتم تزويده بنظام مزدوج لأنابيب المياه، يفصل المياه الرمادية عن المياه المبتذلة السوداء. والمياه الرمادية من مرشات الإغتسال (الدش) وأحواض الجلي تتم تصفيتها بواسطة مستنقع تم انشاؤه وتُستعمل لري الحديقة. وتم اختيار نباتات وأشجار مقتصدة باستهلاك المياه ومتكيفة جداً مع مناخ العقبة، ما يقلل الحاجة الى الري. وفضلاً عن الحنفيات والمراحيض ورؤوس المرشات الموفرة للمياه، يبلغ اجمالي الوفورات المائية المقدرة 51 في المئة.

لقد كانت جميع عناصر التصميم والانشاء سهلة التخطيط على لوح الرسم، لكن تطلبت كثيراً من النقاش مع المهندسين والمتعهدين في الموقع. والتحدي الأكبر للبناء المستدام في الأردن هو استعمال المواد وتخفيض فضلات الانشاء. فالمواد الصديقة للبيئة لشححة والموردون المحليون كثيراً ما يكونون غير ملمين بمواصفات المواد. وازافة الى ذلك، لم يكن المتعهدون الأردنيون ملمين باستراتيجيات التبريد المتأثرة بالعوامل الخارجية. لقد كانت الفرص المتاحة للتعليم كبيرة جداً، ما يبشر بنشر ممارسات بناء أكثر استدامة في الأردن.

## دراسة حالة 6 مقر المنظمات العربية في الكويت شاهد على العمارة البيئية الحديثة

وسط غابة ناطحات السحاب الزجاجية التي غزت دول الخليج، يقوم مبنى فريد في مدينة الكويت، وهو يمثل نموذجاً لعمارة البيئية الحديثة في العالم العربي. المقر الدائم للمنظمات العربية، الذي يضم المركز الرئيسي للصندوق العربي للأنماء الاقتصادي والاجتماعي، مصمم على أسس البيت العربي التقليدي، حول فناء داخلي رحب تطل عليه جميع المكاتب، وكأنه نقل الطبيعة الى الداخل. ولا يظهر من الخارج إلا القليل من روعة المبنى، الذي يبدو للزوار من بعد كيلومترات كتلة مكعبة ضخمة من الخرسانة الرمادي، تغطي 54 ألف متر مربع، منقطة بفتحات مائلة ومخروطة بعمق في كل جانب.



تشعر وأنت داخل هذا المبنى، الذي اكتمل بناؤه عام 1994، كأنك تسبح في الضوء. لا يزعجك هبوب رياح المكيفات، كما لا تزعجك حرارة. فأنظمة العزل والضوء خلقت داخل هذا المبنى بيئة معتدلة مريحة. يستهلك هذا المبنى الصديق للبيئة أقل من نصف الطاقة التي يحتاجها بناء زجاجي بالحجم نفسه. وعلى الرغم من كل صفاته البيئية، يحمل هذا المبنى مقومات العمارة الحديثة، بكل تكنولوجياتها المتطورة.

عندما تدخل المبنى يغمرك شعور بالانبهار. فحجمه وأبعاده المترامية والمرتفعة تجعلك تحبس أنفاسك. يمكنك أن تجلس في هدوء ساعات طويلة في قاعة الانتظار، يداعب أذنك خريير مياه النوافير، وتستمتع بالجمال الخلاب المحيط بك من كل جهة. ويجذب انتباهك فوراً، الى اليسار، شلال هائل من المياه المتدفقة فوق لوحة من الفسيفساء المغربية الزاهية الألوان والمصنوعة باليد.

إذا صعدت بهدوء على سلم الرخام من قاعة الانتظار المغربية الى الطابق الأول، وكلما اقتربت الى فوق، يمكنك أن تميز مزيجاً من الأنعام التي هي خليط بين زقزقة العصافير وخريير المياه. فجأة، ومن دون توقع، ترى أمام عينيك الخضرة والنور والمساحة الواسعة. هذا هو الفناء الرئيسي، وهو عمل معماري يدل على البراعة والقوة في أن.

الجدران والفواصل بين الغرف في جميع طوابق المبنى مصنوعة من الزجاج. فإذا وقفت في أحد أطراف المبنى، يمكنك أن ترى الطرف الآخر بسهولة، ويتخلل نظرك المبنى بكامله.

من التحديات التي صادفت تصميم المبنى إمكان عزل الحرارة الخارجية مع الاحتفاظ بالضوء. وقد تم التوصل الى ذلك بدراسة متأنية لزوايا أشعة الشمس التي تنعكس على المبنى طوال السنة. وصممت النوافذ في اتجاهات مختلفة بحيث لا تسمح بدخول أشعة الشمس الى المبنى بصورة مباشرة. كما

صممت الانارة الكهربائية لتعطي الضوء الطبيعي ولكن من دون أن تكون ظللاً. والجدار الزجاجي للفناء الداخلي مفتوح على جهة الشمال مما يسمح بدخول الضوء بينما يحجب أشعة الشمس المباشرة.

إن المقر الدائم للمنظمات العربية، في فكرته وتصميمه وتنفيذه، هو شهادة على إمكانية اعتماد هندسة معمارية حديثة ملائمة للبيئة المحلية في وقت كثر فيه التقليد والمحاكاة.

### دراسة حالة 7 مصرف لبنان يُشجّع التحوّل إلى الأخضر

يقوم مصرف لبنان بدعم القروض الخضراء التي يمكن الحصول عليها لقاء فائدة متدنية تبلغ حوالي 2% فوق تكلفة التمويل. كان الغرض الأساسي من هذه القروض التي تقدّمها المصارف التجارية هو دعم المشاريع الصناعية والزراعية الصديقة للبيئة، لكن تمّ التوسّع في نطاقها لتشمل دعم العمارة الخضراء والسياحة البيئية، وكذلك تجديد المرافق القائمة لتتلاءم مع المعايير البيئية المعتمدة. ولزيادة الاستفادة من هذه الآلية تمّ الاتفاق بين مصرف لبنان وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي على إنشاء "المبادرة الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة"، بهدف تمويل مشاريع كفاءة الطاقة وأنواع الطاقة المتجددة والعمارة الخضراء في جميع أنحاء الأراضي اللبنانية.



ولتسهيل التعاون في هذا المجال وقّع مصرف لبنان وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، في 14 حزيران / يونيو 2010، مذكرة تفاهم لتكون إطاراً لتنسيق العمل بينهما من أجل جذب الجهات المانحة والمنظمات الدولية لدعم المبادرة الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. كما يقوم مصرف لبنان وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي بتنظيم برامج لنشر التوعية وبناء القدرات تستهدف المصارف التجارية والمستهلكين النهائيين في لبنان لزيادة الإقبال على مشاريع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

ومن المقرر أن تقوم المبادرة الوطنية بوضع مجموعة معايير لتقييم الأهلية الفنية لطلبات القروض الخضراء، وذلك لتسهيل إجراءات الحصول على القروض. وسوف يتمّ الاستناد إلى هذه المعايير للتوصّل إلى التقييمات والإثباتات الفنية الخاصة بالمشاريع الخضراء المقدّمة لمصرف لبنان عبر المركز اللبناني لحفظ الطاقة ومقرّه في وزارة الطاقة والمياه.

وفي موازاة ذلك، وقّع الاتحاد الأوروبي مع مصرف لبنان عقد منحة بقيمة 15 مليون يورو وبرنامج القروض الميسرة "كفالات"، المخصّص لتوفير التمويل اللازم للمشاريع الصغيرة والمتوسطة الحجم، وذلك لتشجيع الاستثمار في مجالات كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة.

ويؤمل أن تساهم المبادرة الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقت المتجددة في زيادة حجم الاستثمارات بحدود حوالى 500 مليون دولار في السنوات القليلة القادمة لتمويل المشاريع بمعدلات فائدة متدنية جداً قد تصل إلى الصفر بالمئة، وفترات سداد طويلة الأجل يمكن أن تصل إلى 14 سنة، على أن تُعطى أيضاً فترات سماح متفاوتة.

## دراسة حالة 8 كفاءة الطاقة في فنادق دبي فيستيفال سيتي

يحتوي فندقا انتركونتيننتال وكراون بلازا في «دبي فيستيفال سيتي» على 814 غرفة، مع أكثر من كيلومترين من المصابيح الثابتة في الواجهة الخارجية وأكثر من 35 ألف مصباح داخلي. وكانت الإضاءة القائمة غير كفوءة، إذ انها أدت إلى ارتفاع نفقات الصيانة، ومعدلات التسرب الحراري من المصابيح المضاء، واستهلاك الطاقة.



ولتحديد فرص التحول الى حلول موفرة للطاقة، أجرت فيليبس تدقيقاً للإضاءة في الفندقين. أظهرت نتائج التدقيق أن التركيبة القديمة يمكن استبدالها بنظام إضاءة أكثر كفاءة يضمن سلامة طويلة الأجل، مع الحفاظ على جو الغرف والمماشي باختيار المصباح المناسب للاستعمال الصحيح.

بالنسبة الى الإضاءة الداخلية، ففج تم استبدالها مباشرة بمصابيح LED (ذات صمام ثنائي باعث للضوء) و CFL - I وهالوجين موفرة للطاقة على أساس متطلبات الاستعمال والموقع (ساعات الإضاءة ومستويات الضوء واحتياجات خفت الضوء). هذا الحل خفض توليد الحرارة، مما قلل بدوره من حمل التبريد وحسن نوعية الضوء، خصوصاً في المماشي. وأصبحت نفقات الصيانة زهيدة نتيجة لتطويل عمر شبكة الإضاءة الجديدة، خاصة تكنولوجيا LED.

وبالمثل، أثبتت دراسة لجدوى الإضاءة الخارجية أن تكنولوجيا LED - I Color Accent التي لا تحتاج الى صيانة هي البديل المثالي للأنابيب الكاثودية الباردة. وتسمح مرونة التحكم، التي يوفرها نظام "Plug & Play" السهل الاستعمال بتغيير ألوان الإضاءة لتنسجم مع نوع الحدث الذي يقام في الفندقين.

إن فندقي انتركونتيننتال وكراون بلازا في "دبي فيستيفال سيتي" يحددان المعيار لإحدى أفضل الممارسات في التكنولوجيا الخضراء في المنطقة. من المتوقع أن يخفض الفندقان انبعاثاتهما الكربونية بنحو مليوني كيلوغرام سنوياً وتحقيق خفض بنسبة 80 في المئة في نفقات الطاقة الناتجة من الإضاءة.  
[http://test.lighting.philips.com/me\\_en/projects/intercontinentalandcrownplazahotels.wpd](http://test.lighting.philips.com/me_en/projects/intercontinentalandcrownplazahotels.wpd)

## دراسة حالة 9 ملاعب صديقة للبيئة في قطر

فازت قطر باستضافة مباريات كأس العالم في كرة القدم سنة 2022. ولكن كيف سيتحمل اللاعبون والجمهور قيظ صيف الدوحة؟ ومن سيستفيد لاحقاً في هذا البلد الصغير من ملاعب صممت لعشرات آلاف المتفرجين؟ وما حجم البصمة البيئية التي ستخلفها هذه المباريات؟ قطر وعدت بـ«دورة خالية من الكربون»، فهل تستطيع تحقيق هذا الهدف؟



التزمت قطر استعمال وتطوير تكنولوجيات صديقة للبيئة في الملاعب يمكن اقتباسها في بلدان أخرى. فبعد انتهاء الدورة، سيقبلص حجم الملاعب بتفكيك أجزاء منها ليتم نقلها وإعادة تركيبها في بلدان آسيوية أخرى، ما يساعد في إبقاء روح الدورة حية في أنحاء القارة. وسوف يتمتع الزائرون من أنحاء العالم بسحر الضيافة العربية، ويغادرون قطر بفهم جديد للمنطقة.

المسألة الرئيسية التي تشغل المنظمين هي التغلب على الحرارة الصحراوية الشديدة صيفاً حين تقام مباريات كأس العالم. فتوفير بيئة محتملة داخل الملاعب يتطلب مقادير كبيرة من الطاقة، خصوصاً للتبريد. وسوف تشهد الملاعب نوعين من تكنولوجيات الطاقة الشمسية يعملان معاً لضمان بيئة مريحة ومحايدة كربونياً لجميع الفرق الرياضية والمتفرجين والإداريين ووسائل الإعلام. أولى هذه التكنولوجيات نظام فوتوفولطي يحوّل أشعة الشمس الى كهرباء. والتكنولوجيا الثانية هي نظام حراري شمسي يستخدم الحرارة الملتقطة من الشمس، حيث تقوم اللاقطات بنقل الطاقة وتخزينها واستخدامها في أيام المباريات لتبريد المياه التي بدورها تبرّد الهواء الى 27 درجة مئوية. وستتولى مواسير نقل الهواء البارد الى أراضي الملاعب وتحت المقاعد لتبريد اللاعبين والمتفرجين. يذكر أن هذين النظامين موجودان حالياً، لكن الجمع بينهما سيكون الأول من نوعه.

وستكون للملاعب سطوح قابلة للانكماش، تماشياً مع أنظمة الفيفا التي قد تتطلب إقامة مباريات في الهواء الطلق. وسوف تقفل السطوح خلال الأيام التي تسبق المباريات لإبقاء حرارة الملاعب على 27 درجة مئوية. وعندما لا تكون ثمة مباريات في الملاعب، تتولى المنشآت الشمسية تصدير الكهرباء الى شبكة الكهرباء القطرية، وأثناء المباريات تستمد الملاعب الطاقة من الشبكة، ما سيجعلها محايدة كربونياً.

وستوضع تكنولوجيات التبريد هذه في تصرف بلدان أخرى تعاني من مناخات حارة، بحيث تتمكن من استضافة مباريات رياضية كبرى.

وقد ابتكر مهندسون في قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية في جامعة قطر غيمة اصطناعية يتم التحكم بها عن بعد، ما يسمح بتغيير موقعها لتتبع حركة الشمس. هذه الغيمة التي تعلق فوق الملعب

توفر الظل لجميع الحاضرين. وسوف تصنع من خليط كربون خفيف وهيليوم، وتبقيها الطاقة الشمسية طافية في الهواء.

التزمت قطر اعتماد البناء الأخضر كجزء من رؤيتها الوطنية لسنة 2030، وليس فقط في دعم حملتها لاستضافة دورة كأس العالم. وإذا نجح مجلس البناء الأخضر وشركات الإنشاء في تطبيق المبادئ البيئية خلال السنوات القليلة المقبلة، فقد تشهد قطر تطوير تكنولوجيات مذهلة في البناء بحلول سنة 2022، ويبقى التحدي نقلها من الاستعراض الرياضي إلى الحياة اليومية.

## دراسة حالة 10 اللمبات الموفرة للطاقة في لبنان

في آذار (مارس) 2010، وافقت حكومة لبنان على خطة عمل وطنية قدمتها وزارة الطاقة والمياه لتخصيص 9 ملايين دولار لتمويل برامج حفظ الطاقة في البلاد. وقد تم تحويل المبلغ من ميزانية خصصت أصلاً لدعم وقود الديزل. ومن الأهداف الرئيسية للخطة استبدال ثلاثة ملايين لمبة متوهجة (incandescent)، بثلاثة ملايين لمبة فلورية (fluorescent) مدمجة في المنازل في أنحاء لبنان، وذلك مجاناً للمستهلك، بكلفة 7 ملايين دولار.



لقد ثبت أن اللمبات الفلورية المدمجة تستهلك كمية من الطاقة تقل عن استهلاك اللمبات المتوهجة في حين تكلف أقل طوال مدة عمرها، كما أنها توفر إضاءة فعالة. وبرنامج الاستبدال جزء من محاولة لالغاء اللمبات المتوهجة على مراحل. وسوف يستفيد مليون مشترك في الكهرباء المنزلية، من أصل ما مجموعه 1,4 مليون، من هذه الخطة، التي وضعت في إطار "آلية التنمية النظيفة"، أي أنها مؤهلة للحصول على دعم دولي. وترافق هذه المبادرة حملة توعية تحت الجمهور على تبني تدابير حفظ الطاقة.

نشأ المشروع طبقاً لاجراءات آلية التنمية النظيفة بهدف المطالبة باعتمادات خفض ثاني أكسيد الكربون. وتبلغ الوفورات وفق حسابات الآلية 970 جيغاواط ساعة من الكهرباء، أي ما يعادل 181 مليون دولار. وسوف تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 806,000 طن. وازضافة الى ذلك، سوف يخفض المشروع الطلب على الحمل بمقدار 160 ميغاواط من قدرة الحمل الذروي. ويتحول التخفيض في الطلب على الحمل الذروي الى وفورات حاسمة لمصلحة الموازنة العامة للحكومة. وسوف يستفيد الجمهور من تخفيض انبعاثات ملوثات الهواء ومن تخفيض فواتير الكهرباء.

بدأ توزيع اللمبات الفلورية في تشرين الأول (أكتوبر) 2010 وسوف ينجز في 6 مراحل. وقد عقدت لقاءات تشاورية مع الجهات المعنية الشعبية في كل منطقة من البلاد بموازاة حملة توعية. ويتم توزيع اللمبات في أنحاء لبنان عن طريق البلديات وبالتعاون مع جباة فواتير الكهرباء في شركة كهرباء لبنان.

## دراسة احالة 11 كفاءة استخدام الطاقة في مستشفى الشمال



مركز الشمال الاستشفائي هو مستشفى خاص يضم 140 سريراً في زغرتا شمال لبنان. بسبب الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي، توفر المولدات الخاصة 70 في المئة من الطاقة التي يستهلكها المركز. وقد بلغ مجموع فاتورته نحو 383,000 دولار عام 2006، فقررت إدارة المركز إجراء عملية تدقيق أسفرت عن التوصيات الآتية:

- تحسين صيانة معدات تكييف الهواء
- استخدام الإنارة المقتصدة بالطاقة
- العزل الحراري لسطح المبنى
- استخدام نظام إدارة الطلب، وهو برنامج لضبط ومراقبة استهلاك الطاقة.

منذ تطبيق هذه الإجراءات عام 2007 تقلص إجمالي استهلاك الطاقة في المركز بنسبة 20 في المئة، ما أدى إلى تخفيض نحو 78,000 دولار من فاتورة الطاقة و410 أطنان من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنوياً. واللافت أن حجم الاستثمار في المشروع لم يتجاوز 85,000 دولار يمكن استردادها في خلال عام، وبالتالي يمكن تطبيق إجراءات مماثلة في معظم المستشفيات والمباني المشابهة في لبنان ودول أخرى في المنطقة من دون أي مساعدة مالية خارجية. وقد قرر مركز الشمال الاستشفائي الاستفادة من خبراته في هذا المشروع وتطبيقه في مستشفى جديد في مدينة جونيه الساحلية، شمال بيروت.

يعتمد لبنان بشكل كبير على واردات الطاقة، وقد استورد 97 في المئة من حاجاته عام 2005. وتعد المباني ثاني أكبر مستهلك للطاقة، بحصة تبلغ نحو 30 في المئة، بينما يحل قطاع النقل في المرتبة الأولى والصناعة ثالثة. ومع الارتفاع الحاد في أسعار الطاقة في الأسواق العالمية ودعم هذه الأسعار في لبنان، شكلت حاجات شركة كهرباء لبنان وحدها 21 في المئة من موازنة الدولة في كانون الثاني (يناير) 2008. علاوة على ذلك، يعاني المواطنون من انقطاع متكرر للتيار الكهربائي نظراً لتهاك محطات الطاقة وخطوط التوزيع وعدم كفايتها، ويضطرون إلى تحمل ألاف إضافية ملحوظة للحصول على الطاقة من مولدات خاصة.

في الوقت ذاته، تبقى الإمكانيات الكبيرة للطاقة الكفوءة والطاقات المتجددة في لبنان غير مستغلة. فالمباني، وتحديدًا الجديدة منها، لا تستخدم عادة تقنيات مثل العزل الحراري والإنارة الكفوءة أو السخانات التي تعمل بالطاقة الشمسية. ويبيّن مشروع مركز الشمال الاستشفائي إمكانية تقليص استهلاك الطاقة بشكل كبير قد يصل إلى 60 في المئة، مع تخصيص استثمارات إضافية تتراوح بين 10 و20 في المئة.

## المراجع

AFED (2009). *Climate Change: Impact of Climate Change on Arab Countries*. (Eds. Mostafa K. Tolba and Najib W. Saab). Arab Forum for Environment and Development (AFED), Beirut.

Allen, S. R., Hammond, G. P., Harajli, H. A., Jones, C. I., McManus, M. C., and Winnett, A.B. (2008). "Integrated appraisal of micro-generators: methods and applications", *Proceedings - Institution of Civil Engineers: Energy*, 161, 2: 73-86.

Alnaser, W.E., Knies, G., and Trieb, F. (2007). "Solar Energy Technology in the Middle East and North Africa (MENA) for Sustainable Energy, Water and Environment." *Advances in Solar Energy*, 17: 261-304.

ASHRAE (2008). "ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipmen." American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Accessed at: [http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE\\_Extended\\_Environmental\\_Envelope\\_Final\\_Aug\\_1\\_2008.pdf](http://tc99.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_Extended_Environmental_Envelope_Final_Aug_1_2008.pdf)

Carbon Trust (2003). *Energy Use in Offices*, Energy Consumption Guide 13, Best Practice Program, London.

CEC (2002). *Enhanced Automation Technical Options Guidebook*, Energy Efficiency and Demand Analysis Division. California Energy Commission, CA.

CEC (2003). *Retrofit Fluorescent Dimming with Integrated Lighting Control – Economic and Market Considerations*. PIER Lighting Research Program, California Energy Commission, CA.

City of Portland (2001). *Green Office Guide*. A guide to greening your bottom line through a resource efficient office environment, City of Portland Office of Sustainable Development, OR.

Cornell University News Service. (2005). "Cornell ecologist's study finds that producing ethanol and biodiesel from corn and other crops is not worth the energy." Cornell University. Accessed at: [www.news.cornell.edu/stories/july05/ethanol.toocostly.ssl.html](http://www.news.cornell.edu/stories/july05/ethanol.toocostly.ssl.html)

EDF (2009). *Climate Corps Handbook; Energy Efficiency Investment Opportunities in Commercial*. Environmental Defense Fund (EDF).

EPA (2004). *Energy star building upgrade manual*. United States Environmental Protection Agency (USEPA), Washington, DC.

Fattouh, B. (2010). "Energy Subsidies in the Middle East: Issues & Implications." *Presentation to the conference: Increasing the Momentum of Fossil-Fuel Subsidy Reform*, 2010, Geneva.

Grein, M., Al Mathnani, A., and Nordell, B. (2007). "Energy consumption and future potential of renewable energy in North Africa." *Revue des Energies Renouvelables ICRESO*, Tlemcen: 249-254.

Khatib, H. (2005). "MENA Electrical Power Sector: Challenges and Opportunities." *Middle East Economic Survey*, Vol. XLVIII, No. 39.

Koomey, J. (2008). *A Simple Model for Determining True Total Cost of Ownership for Data Centers*. Uptime Institute White Paper.

Lombard, L.P., Ortiz, J., and Pout, C. (2008). "A review on buildings energy consumption information." *Energy and Buildings*, 40: 394-398.

MED-ENEC (2006). "Baseline country studies." *Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean (MED-ENEC)*. Accessed at: [http://www.med-enec.com/sites/default/files/user\\_files/downloads/View%20Comparative%20key%20indicators%20MEDA%20countries.pdf](http://www.med-enec.com/sites/default/files/user_files/downloads/View%20Comparative%20key%20indicators%20MEDA%20countries.pdf)

Monbiot, G. (2007). *Heat: how we can stop the planet burning*. Penguin Books, London.

PGE (2006). "High performance Data Centers: a design guidelines sourcebook." Pacific Gas and Electric Company (PGE). Accessed at: [http://hightech.lbl.gov/documents/data\\_centers/06\\_datacenters-pge.pdf](http://hightech.lbl.gov/documents/data_centers/06_datacenters-pge.pdf)

PIER (2008). "Uninterruptible Power Supplies, a Data Center Efficiency Opportunity." Technical brief. California Energy Commission's Public Interest Energy Research (PIER) Program. Accessed at: [http://www.esource.com/esource/getpub/public/pdf/cec/CEC-TB-45\\_UPSDataCenter.pdf](http://www.esource.com/esource/getpub/public/pdf/cec/CEC-TB-45_UPSDataCenter.pdf)

Radhi, H. (2008). "A systematic methodology for optimizing the energy performance of buildings in Bahrain." *Energy and Buildings*, 40: 1297-1303.

RIBA (2009). *Climate Change Toolkit: 02 Carbon Literacy Briefing*. Royal Institute of British Architects (RIBA), London.

Steiner, B., Reynolds, J.S., Grondzik, W.T., and Kwok, A.G. (2006). *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 10th edition, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.

World Bank (2008). *Republic of Lebanon Electricity Sector Public Expenditure Review*. Middle East and North Africa Region, World Bank, Washington, DC.

## تم إعداد هذه الطبعة بدعم من

«مساندة» للإدارة المتكاملة للمرافق، التي تتخذ من السعودية مقراً، هي مقدمة خدمات مملوكة بالكامل من شركة خالد التركي وأولاده (التركي). تقدم الشركة راحة البال لزيائنها بتوفيرها منتجات وخدمات وحلول تعتمد على أحدث الأنظمة وأكثرها تطوراً.



اتصل بنا على:

[info@musanadahfm.com](mailto:info@musanadahfm.com)

أو 800 1160 100

التركي عضو إقليمي في «أفد» عن قطاع الأعمال

**MED-ENEC** برنامج ممول من الاتحاد الأوروبي لتشجيع اعتماد كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في قطاع البناء في بلدان حوض المتوسط الجنوبية والشرقية. نشاطات البرنامج تشمل تقديم المشورة حول السياسات، وتطوير الأعمال، وتخطيط التمويل، ورفع الوعي لتحسين كفاءة الطاقة في مشاريع البناء.



للمعلومات الإضافية:

[www.med-enec.eu](http://www.med-enec.eu)

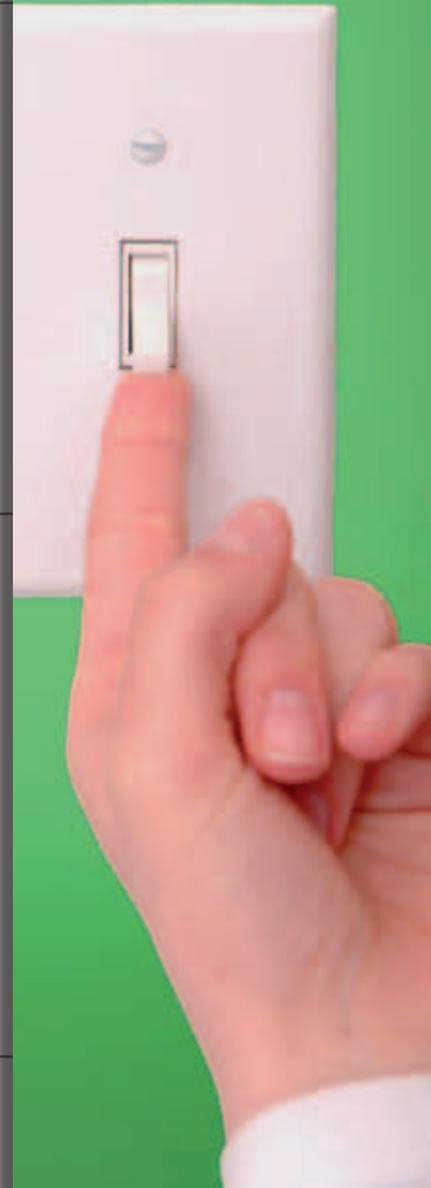
**فيليبس** شركة هولندية متنوعة الاهتمامات في مجالات الصحة وأنماط الحياة، يتمحور عملها على تحسين حياة الناس عبر الابتكارات المفيدة. وبصفتها رائداً عالمياً في الرعاية الصحية والمنتجات المنزلية والإضاءة، تدمج فيليبس التكنولوجيا والتصميم في حلول تتركز حول الناس المستخدمين، بما يلي حاجات الزبائن. والشركة تتمتع بمركز القيادة في مجال حلول كفاءة الإضاءة وتطبيقاتها.

# PHILIPS

للمعلومات الإضافية:

[www.philips.com](http://www.philips.com)

فيليبس عضو إقليمي في «أفد» عن قطاع الأعمال



المنتدى العربي للبيئة والتنمية  
ARAB FORUM FOR  
ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT



ص.ب. 113-5474

بيروت، لبنان

هاتف: 1 321 800 (+961)

فاكس: 1 321 900 (+961)

info@afedonline.org

www.afedonline.org

تم إعداد هذه الطبعة بدعم من



**PHILIPS**