Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences
EJUA-BA Vol. 2 No. 2 (2021)
https://doi.org/10.47372/ejua-ba.2021.2.93
ISSN: 2708-0684

مقالة بحثية

المباني العالية الفعَّالة للطاقة، مثال: مبنى " برج ماين " (Main Tower)، مدينة ماين – فرانكفورت، ألمانيا

ربيع علي بن علي محمد [1]*، و هشام هادي البيتي [1]

[1] قسم الهندسة المعمارية والتخطيط البيئي، كلية الهندسة والبترول، جامعة حضرموت، المكلا، اليمن

* الباحث الممثل: ربيع علي بن علي محمد؛ البريد الالكتروني: ruba.myka@yandex.ru

استلم في: 19 مارس 2021/ قبل في: 07 يونيو 2021 / نشر في: 28 يونيو 2021

المُلخّص

يعتبر مبنى " Main Tower " المُنتصب في مدينة ماين - فرانكفورت الألمانية هو أحد المباني العصرية الشاهدة على تقدَم المعرفة البشرية في مجالي التكنولوجيا والعمران.
ويركّز البحث على هذا النوع من المباني – بالذات - دون النظر إلى المباني والمُنشآت الأخرى، لسبب تميُّزها عن غيرها في موضوع أساسي وجوهري، وهو مجال الاقتصاد الفعَّال في استهلاك الطاقة.
وفي الأساس يدور الحديث في ثنايا هذا البحث حول الكيفية التي يتعامل بها مبنى بحجم " Main Tower " ذو المئتي طابق، والبالغ وزنه (T 200000) مع مصادر الطاقة المُتعددة، لتأمين كل وسائل العمل والراحة لموظفيه وزائريه في كل طوابقه وفضاءاته البالغ مساحتها (M2 101705) (مئة وواحد ألف وسبعمائة وخمسة متر مربع).
ولعل الشيء المُمَّيز في هذا المبنى هو عصريته وحداثته. فقد حاولت شركة ("Helaba") المالكة للمبنى أن تستخدم آخر ما توصَلت إليه العلوم التكنولوجية والخبرات المعرفية من أجل تشييد المبنى، بشكل يجعله أحد مباني عصره القليلة التي تقتصد كثيرًا في استهلاكها للطاقة، محققًا بذلك عدة أرقام قياسية ليس على المستوى الأوروبي فحسب، بل وعلى المستوى العالمي أيضًا.
وأُختتم البحث بعرض أهم النتائج والتوصيات.

الكلمات المفتاحية: المبنى الفعَّال للطاقة، مصادر الطاقة المُتعدِّدة، تأمين وسائل الراحة.

المقدمة:

إن البحث عن الجديد والمفيد والنادر هو الدافع والمُحفِّز الرئيس الذي يدفع بعجلة التطور والتقدم إلى الأمام، وهو الذي يبث بروح التقدم والرُقي في كل مجالات الحياة المختلفة. وإذا كان هذا الجديد المفيد يصب في مصلحة المحافظة على الحياة الطبيعية والبيئية على سطح الأرض من خلال خفض الإفرازات والمخلفات الضارة الناتجة عن حرق كميَّات هائلة من أنواع المحروقات المختلفة، بسبب الطلب المتزايد والمستمر على الطاقة، فإن الحديث عنه واستعراض مكوناته وتفاصيله سيكون مطلبًا ضروريًا، لكي يكون مثالًا يُحتدا به وتعُم فائدته الجميع.

ومن هذا المُنطلق، ومن وجهة نظر تخصُص العمارة والتخطيط البيئي، يُركِّز الباحثان في هذه الدراسة البحثية، وما سبقها من دراسات وما سيتبعها بإذن الله، على نوعية محدَّدة من المباني والمنشآت، تتميَّز بكونها فعَّالة في استهلاكها للطاقة، محافظة بذلك على كل وسائل الراحة في مختلف فضاءاتها. إضافة إلى تفرُّدها وتميزُها بصفات وخصائص معمارية كانت أو إنشائية أو هندسية، تؤهلها لتدخل عصر التكنولوجيا والتقدم العلمي والمعرفي إلى القرن الحادي والعشرين.

ويقوم هذا البحث بإلقاء الضوء على مبنى " Main Tower "، ذلك البرج المتميّز الذي يقع في مدينة ماين – فرانكفورت، بألمانيا. وتبدأ الدراسة بإيضاح الأسباب التي دعت إلى ضرورة تشييد مثل هذا المبنى العملاق، مُعرّجة على خصائص الموقع الجغرافية والمناخية، ثم تقوم باستعراض المواصفات الفنية والهندسية للمبنى، بعد ذلك تُفصِّل بدراسة تحليلية مصادر إمداد المبنى الأساسية بالطاقة، وكذا كل عناصره ومكوّناته التي لها علاقة بخفض عملية استهلاك الطاقة.

فالملاحظ في التوقيت الذي شُيِّد فيه المبنى هي فترة انتهاء قرن وبداية قرن آخر، فقد أرادت بلدية مدينة فرانكفورت أن تدخل إلى القرن الجديد الذي يحمل صفات الحداثة والعصرية والتقدم العلمي، متأنِّقة بزي ومظهر يليق بسمعة المدينة وتاريخها العريق، إضافة إلى ذلك أرادت أن تنسى أثار ومخلفات الحرب العالمية الثانية، التي تجسَّدت في مظهر بعض أبنيتها العتيقة القائمة منذ ذلك الحين. فكان قرارها المُتَّخذ هو تشييد عددًا من المباني الحديثة العملاقة المواكبة للعصر في حي البنوك الزاخر بالأعمال والوظائف المتعددة.

فشكَّل ظهور مبنى " Main Tower " في المدينة علامة فارقة، حيث كان له السبق في حصد بعض الأرقام القياسية الألمانية والأوربية. فكانت إذاعة " Hessische Rundfunk-HR " هي الأعلى في أوروبا، ومصاعده المتعددة هي الأسرع في ألمانيا. وهذا بالطبع ليس هو أهم ما في هذا المبنى.

ولعل معرفة كيفية ونوعية المصادر التي يستمد منها مبنى " Main Tower " طاقته، إضافة إلى عرض واستيعاب الأساليب المُتَّبعة في تفعيل الطاقة المستخدمة لتشغيل البرج هي لب هذه الدراسة البحثية. إذ أن المبنى يعتمد في طاقته التشغيلية على مصادر مختلفة، أهمها مصادر ثانوية خاصة بالمبنى موضوعة في غرف المحركات في الطوابق الواقعة تحت الأرض لتجنُّب الضجيج. وهي عبارة عن مولدات حرارية تعمل بالغاز الطبيعي، وتؤمّن (80 %) من احتياجات المبنى من الطاقة. إضافة إلى ذلك يستمد المبنى بعضاً من طاقته - بصورة نادرة وفريدة - من الحرارة أو البرودة الموجودة في تربة الأرض، ليخزّنها في أساساته، عبر أنابيب مرتبطة به يبلغ إجمالي طولها (80 km) يجري بداخلها الماء، ثم ليستخدمها لاحقًا في عمليتي التكييف أو التدفئة.

ولتفعيل خفض الطاقة المستهلكة أُستخدمت تقنية متقدمة في تكوين الحوائط الزجاجية الشفَّافة للضوء، والتي تمتلك خصائص مُميَزة في السماح لنسبة كبيرة من ضوء الشمس بالمرور من خلالها، كما تمنع حرارة الشمس وأشعتها الحارقة من العبور. وبهذه التقنية المستخدمة يصبح تخفيض الطاقة على الإضاءة الصناعية في النهار واردًا، إضافة إلى خفض طاقة التكييف أيضًا. كما أُستخدمت ستائر الجالوزي التي تغطّي نوافذ المبنى يدويًا أو أوتوماتيكيًا، عندما يكون ضوء الشمس الساطع على الفضاءات قد بلغ النسبة المطلوبة.

وفي الأجواء الدافئة وُضعت في الحسبان إمكانية فتح بعض النوافذ محليًا (من داخل الفضاءات)، أو مركزيًا (عبر نظام التحكّم الرئيسي)، وذلك للسماح بمرور نسيم الهواء الذي لا تزيد سرعته عن (0,35 m/s) من أجل تهوية فضاءات المبنى عبر قنوات تهوية خاصة وُضعت في النوافذ، بحيث لا يعيق بأي حال من الأحوال عملية التهوية المركزية في المبنى. وهذه الإمكانية تُقلِّل أيضاً من صرف الطاقة المُخصَصة على عملية التهوية.

ومن الأساليب المُتَبعة لخفض استهلاك الطاقة، هناك أيضاً أسلوب استخدام السقوف الباردة في عملية تكييف الفضاءات. وهذا الأسلوب يعمل بطريقة التبريد المتعارف بها وهي (Silent Cooling). حيث يتدفق الماء البارد داخل شبكة من الأنابيب الملتوية، والتي ترتبط بالسقف الثانوي لفضاءات المبنى، فيبرد هواء السقف المحيط بها ويصبح ثقيلًا فيهبط، ويحل محله الهواء الدافئ الصاعد من الأسفل، ثم يبرد فيعود إلى الهبوط، وهكذا تستمر عملية دوران الهواء ببطء حتى يصبح جو الفضاء مُكيَّفًا بالكامل.

إضافة إلى ما سبق ذكره من استخدام وسائل وطرق في خفض صرفيات الطاقة، أُستخدمت في هذا المبنى مصابيح حديثة ومتطورة تؤمن الإضاءة كمثيلاتها من المصابيح العادية، ولكن ميزتها تكمن في قِلّة استهلاكها للطاقة بنسبة تصل إلى (25%) مقارنة بالمصابيح الأخرى. إضافة إلى أنه تم إدخال أسلوب التحكم الآلي بمستوى الإضاءة الصناعية، والذي يقوم بإطفاء المصابيح آليًا، عندما تكون كمية الإضاءة الطبيعية كافية في الفضاء، ثم يشغلها عندما تكون الإضاءة ضعيفة، بسبب غروب الشمس أو في وجود الجو الغائم. وهذا كله أدَّى إلى الاقتصاد الفعلي في استخدام الطاقة في المبنى ككل.

وهكذا وبعد استعراض فحوى هذه الدراسة البحثية، يمكن القول بعدها أن اختيار مبنى " Main Tower " هو هدفاً جيدًا ومناسبًا حسُن اختياره، ليكون مثالًا واقعيًا وفعَّالًا في ترشيد استخدام الطاقة، مُقلِّلًا بذلك من أضرار مخلفاتها ومُستفيداً من خفض صرفياتها.

مشكلة البحث:

إن مشكلة البحث الأساسية هي الحد من النتائج الكارثية المُضِرَّة بالبيئة التي تسبّبها مخلفات مصادر الطاقة المتعدِّدة المُستخدمة في المباني والمنشآت. وهذه الإشكالية تتفاقم يومًا بعد يوم، وقد دعت ومازالت تدعو العلماء وأهل الاختصاص، بل وكل سكّان المعمورة على السعي دومًا في التفكير لإيجاد وسائل وبدائل واقعية وعملية تحد من اتساع رقعة الأضرار البيئية، كلٌ في مجال تخصّصه.

وفيما يخص مجال التصميم والعمران، فقد ظهرت إلى الملا العديد من المباني والمنشآت، ذات التصاميم المُميَّزة بحلولها الهندسية العبقرية ومواد بنائها الحديثة، لتُعلن عن نفسها بقوة وتدخل القرن الحادي والعشرين، كمباني ومنشآت فعَّالة في استهلاكها للطاقة بجدارة وامتياز.

ويحاول هذا البحث الإجابة عن التساؤل الرئيس في كيفية تفعيل عملية الاقتصاد في استهلاك الطاقة في المباني، وذلك من خلال التعرُّض لمبنى " Main Tower " في مدينة ماين – فرانكفورت بألمانيا، ليقوم بشرحه وتحليله من وجهة نظر الفعَّالية في استهلاك الطاقة.

الهدف من البحث:

يكمُن الهدف الرئيس في هذه الدراسة البحثية في عرض وتحليل الحلول المعمارية والإنشائية والهندسية المستخدمة في تصميم وتشييد وتجهيز مبنى " Main Tower "، ليصبح جاهزًا لخدمة زائريه بأقل استهلاك مُمكن للطاقة.

ولهذا يتطرَّق البحث إلى استعراض وتحليل الإجراءات والأساليب المستخدمة لخفض كمية الطاقة المستخدمة في المبنى، من حيث استخدام طرق ووسائل متطوَرة، منها على سبيل المثال: استخراج الحرارة من التربة المحيطة بالأساسات، لاستخدامها فيما بعد لغرض التدفئة في المبنى، أو استخدام الحوائط الزجاجية الشفَّافة للضوء والتي لا تسمح للحرارة الخارجية بالدخول إلى الفضاءات صيفًا أو تسلُّل الدفء منها شتاءًا، إضافة إلى استخدام السقوف الباردة لخفض طاقة تبريد المبنى في الصيف، وكذا استعمال نوعًا جديدًا من المصابيح المُقتصدة للطاقة، وغيرها من الوسائل الفعَّالة للطاقة التي يهدف هذا البحث إلى عرض مضامينها وشرح تفاصيلها.

محتويات البحث الرئيسية:

قام الباحثان بدراسة وتحليل مبنى " برج ماين " (Main Tower)، من خلال الخطوات الآتية:

أولًا: مقدمة عامة لمبنى " برج ماين " (Main Tower)، مدينة ماين – فرانكفورت، ألمانيا.

ثانيًا: المميزات المناخية لموقع البناء.

ثالثًا: المواصفات الهندسية والفنية لمبنى " برج ماين " (Main Tower):

1.3. الإجراءات العملية المستخدمة لتفعيل الاقتصاد في استهلاك الطاقة عند تصميم وتشييد المبنى.

2.3. إمداد المبنى بالطاقة.

3.3. حوائط المبنى الخارجية ووسائل الحماية من الأشعة الشمسية.

4.3. النظام المناخي الداخلي للمبنى.

5.3. الإضاءة في المبنى.

رابعًا: نتائج الدراسة والتوصيات.

أولًا: مقدمة عامة لمبنى " برج ماين "(Main Tower)"، مدينة ماين – فرانكفورت، ألمانيا:

في بداية التسعينات من القرن الماضي (القرن العشرين) ظهرت الحاجة الماسة لضرورة إعادة النظر في تصميم مركز مدينة ماين، فرانكفورت الألمانية. لأن الدمار الهائل الذي لحق بالمدينة بسبب الحرب العالمية الثانية، دعا بالضرورة أن تقوم الحكومة الألمانية، ممثلة في بلدية ماين، فرانكفورت في الإسراع بتشييد المباني، الذي كان نتيجته ظهور المباني ذات الشكل والحجم المتشابه والخالي من أي مظهر جمالي أو شكل معماري يليق بمركز المدينة.

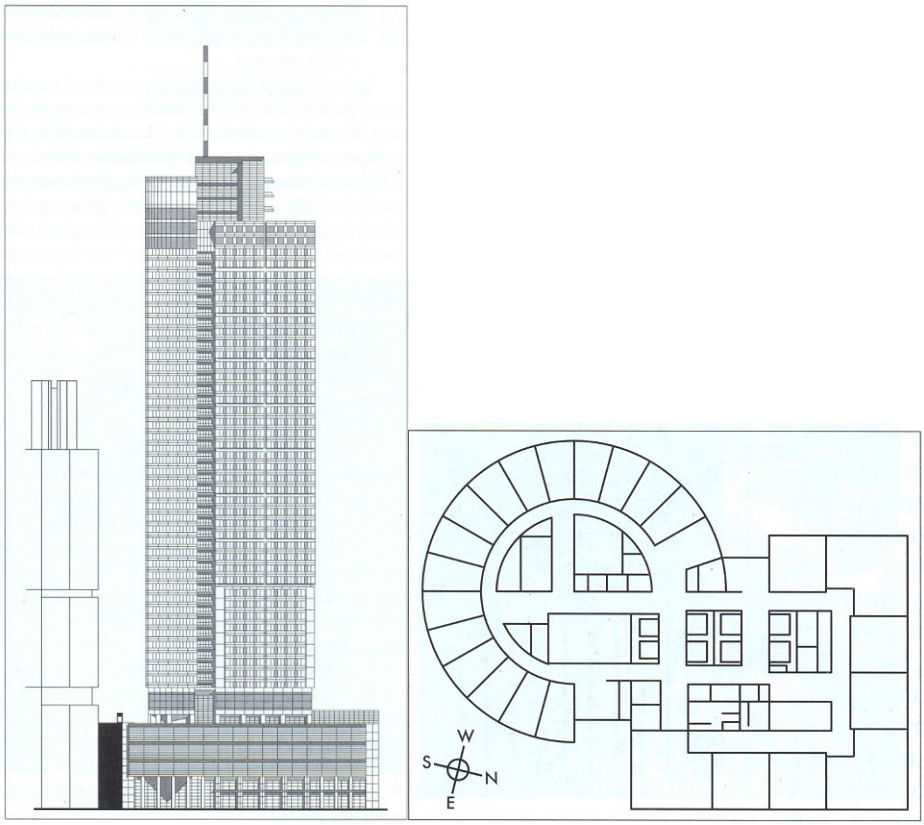
وكان القرار المُتَّخذ هو تكثيف البناء في الحي البنكي، الواقع وسط المدينة بعدداً من المباني والأبراج العالية. وبدأ النشاط الفعلي للتطبيق العملي لهذا القرار في مستهل العقد الأخير من القرن العشرين (1990م)، ممثلًا في ظهور أعلى المباني في مدينة ماين، فرانكفورت وهي: مبنى " Commerzbank "، بارتفاع (259 M) وبعد إضافة الهوائي المُثبَت على سقفه، بلغ الارتفاع الكامل للمبنى (300 M)، ثم مبنى " Messeturm "، بارتفاع (256 M)، ومبنى " DG Bank "، بارتفاع (208 M)، إضافة إلى المبنى الذي يدور عنه الحديث في هذا البحث، والذي يحتل المركز الرابع من حيث الارتفاع، وهو مبنى " Main Tower "، بارتفاع (200 M)، ومع حساب ارتفاع الهوائي المُثبَّت على سطحه يصبح الارتفاع الكُلِّي له (240 M). وقد دخل هذا المبنى الخدمة الفعلية في يناير 2000م.

وخضع اسم المبنى " Main Tower " لعملية تصويت في مسابقة جرت في سبتمبر 1996م، وضمَّت (361) اسمًا، ثم أُختير هذا الاسم وتمت كتابته بالحروف الكبيرة، (الشكل 1).[1]

يقع مبنى المئتي متر " Main Tower " وسط منطقة مزدحمة بالأعمال والوظائف المتعدّدة، ويرتفع بناؤه على شارع (Neuen Mainzer Strasse)، مجاورًا لمجمَّع " Landesbank Hessen-Thuringen "، الذي يصل ارتفاعه إلى (127 M)، والذي كان قد تم إنشاؤه عام 1976م.

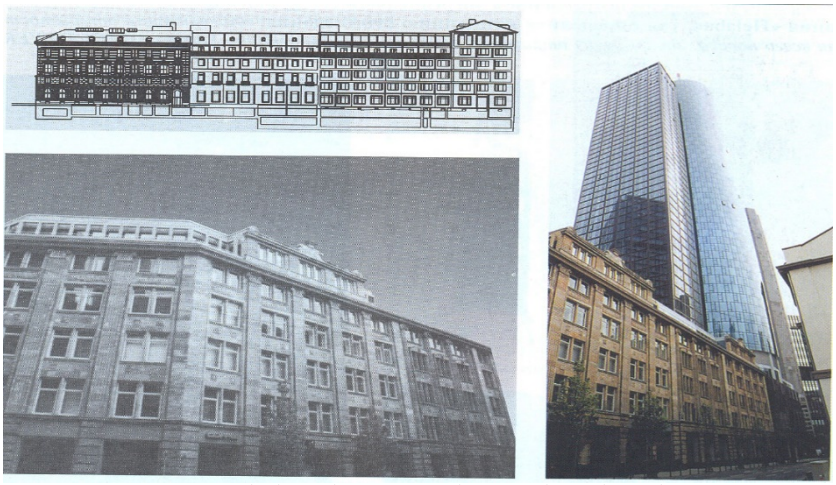
إن مبنى" Main Tower " هو عبارة عن برجين ملتصقين، أحدهما وهو الأطول، بارتفاع (200 M) وهو بشكل دائري في المسقط الأفقي، والآخر وهو الأقل ارتفاعًا عن جاره بستة طوابق وبارتفاع يبلغ (170 M), وله شكل المربع في مسقطه الأفقي. وقد نجح هذا التصميم المعماري لشكل المبنى المُكوَّن من برجين، والذي أعدَّه المكتب المعماري الهامبورجي " Schweger und Partner "، بالفوز في المسابقة المعمارية العالمية المُعلنة عام 1991م، من قبل شركة " Helaba Landesbank) Hessen-Thuringen)، (الشكل 2). .[3].

الشكل (1): يوضِّح منظر عام لمبنى " Main Tower " في مدينة ماين، فرانكفورت.[1,9]



الشكل (2): يوضِّح المسقط الأفقي المُتكرر، وواجهة مبنى " Main Tower ".[1]

وفي موقع البناء المُخصَّص كان ينتصب هناك مبنىً قديمًا بُني عام 1903م، وقد قُرر هدمه والتخلص منه. ولكن واجهته الأمامية كانت مغطاة بقطع من الحجر الرملي الأثري، الذي يعتبر أحد أشكال التراث المعماري. ولهذا السبب فقد تم تقطيع وإخراج كل قطع الحجر الرملي، والبالغ عددها (1500) قطعة بعناية بالغة، وتم ترقيمها وترتيبها، ثم بعد ذلك أستخدمت في تغطية واجهة الجزء السفلي من مبنى" Main Tower "، (الشكل 3).



الشكل (3): يوضِّح واجهة المبنى القديم، المستخدمة لتغطية واجهة الجزء السفلي من مبنى" Main Tower "[9].

إن تفاصيل البرج ذو المسقط المربع قد تم تجهيزها من مادة البرونز، والتي مع مرور السنين تغطَّت بطبقة برَّاقة، وأصبحت حاليًا تعطي توهُّج ولمعان لسطح الواجهة. أما جزء البرج ذو المسقط الدائري فقد تم تجهيزه دون استخدام عناصر معدنية في واجهته الخارجية.

ويبلغ الوزن الكُلِّي للمبنى (200000 T)، ويتكون من خمسة مستويات تقع تحت مستوى سطح الأرض، وخمسة طوابق أخرى أرضية فوق مستوى سطح الأرض، وخمسين طابقًا علويًا. وفي الجزء الموجود تحت مستوى سطح الأرض توجد هناك مواقف لـ(250) سيارة، ومستودعات للخزن والحفظ وفضاءات الخدمة والصيانة. ويقع المبنى على مساحة كُلِّية تُقدَّر (3355 M^2)، أما المساحة الكُلِّية لفضاءات المبنى، مع حساب الفضاءات الواقعة تحت مستوى الأرض فتصل إلى (101705 M^2) (مئة وواحد ألف وسبعمائة وخمسة متر مربع). وتبلغ مساحة فضاءات المكاتب (62957 M^2)، وهذا يعني أن مساحة المكاتب على كل طابق تقريبًا تبلغ (1 200 M^2). وارتفاع الطابق يصل إلى (3,3 M)، أما ارتفاع فضاءات المكاتب فيبلغ (2,75 M). وسهولة تركيب ونوعية المواد المكوِّنة للجدران الداخلية (القواطع)، تعطي إمكانية إعادة تصميم وتغيير شكل ومساحة الفضاءات الداخلية بسهولة عند الضرورة. وفي هذا المبنى يعمل (2500) موظَّف وعامل.

على الطوابق العُليا للبرج الدائري وُضعت منطقة المشاهدة لرؤية المدينة، كما خُصِّصت مساحات لمطعم يتَّسع لـ (52) زائر، ومشرب للمشروبات الكحولية فيه (30) مقعد. ولزوَّار المطعم أو المشرب الغير عاملين في البرج، فُتحت لهم مداخل خاصة في المبنى، لكي يتم دخولهم وخروجهم بحرية تامة، (الشكل 4).

الشكل (4): يوضِّح جزء من المطعم الموجود في الطوابق العُليا للبرج الدائري.[1]

وخُصِّصت الطوابق (53 و 54) لأستوديو " Hessische Rundfunk-HR " وهي المحطة الإذاعية لمؤسسة جيسين، ويمكن أن يتواجد في هذه المحطة في وقت واحد (100) شخص. وتعتبر أعلى أستوديو في أوروبا.

إن مصاعد " Main Tower " هي من إنتاج شركة " Otis " الشهيرة، وتعتبر هذه المصاعد هي الأسرع في ألمانيا. إذ تبلغ سرعتها (4–7 M/Sec.). ولتخفيف الضجيج الإيروديناميكي الناتج عن السرعة الكبيرة لكابينة الركَّاب، قام المتخصصون في وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) بتركيب معالجات حاسوبية معدَّلة في الأماكن الطويلة والضيقة لبئر المصعد. وبنتيجة الأبحاث التي جرت على مصاعد المبنى، توصَّل الباحثون إلى تخصيص قائمة مُحددة من كبائن الرُكَّاب الهادئة والآمنة.[4]

ويخدم قمة البرج الذي يحتوي على المطعم وأستوديو " Hessische Rundfunk-HR " والمنطقة المُخصَّصة لمشاهدة المدينة، مصعدان يمكنهما قطع مسافة (200 M) والوصول إلى قمة البرج خلال (45 Sec.). ويمكن أيضًا استخدام السلالم، التي تتكوَّن من (1090) درجة.

إن الطول الكُلِّي لبئر المصاعد تُقدَّر بـ(2 500 M). والمبنى يضم (23) مصعد للركَّاب وثلاثة مصاعد للبضائع والأحمال الثقيلة، اثنان منهما مُخصَّصان للسيارات في محطة الوقوف الموجودة تحت مستوى سطح الأرض، إضافة إلى وجود مصاعد خاصة لخدمة المطابخ وإخراج القُمامة، (الشكل 5).[1,9]

الشكل (5): يوضِّح بئر المصعد في مبنى "Main Tower"، وتركيب هوائي أستوديو المحطة الإذاعية (HR).[1,9]

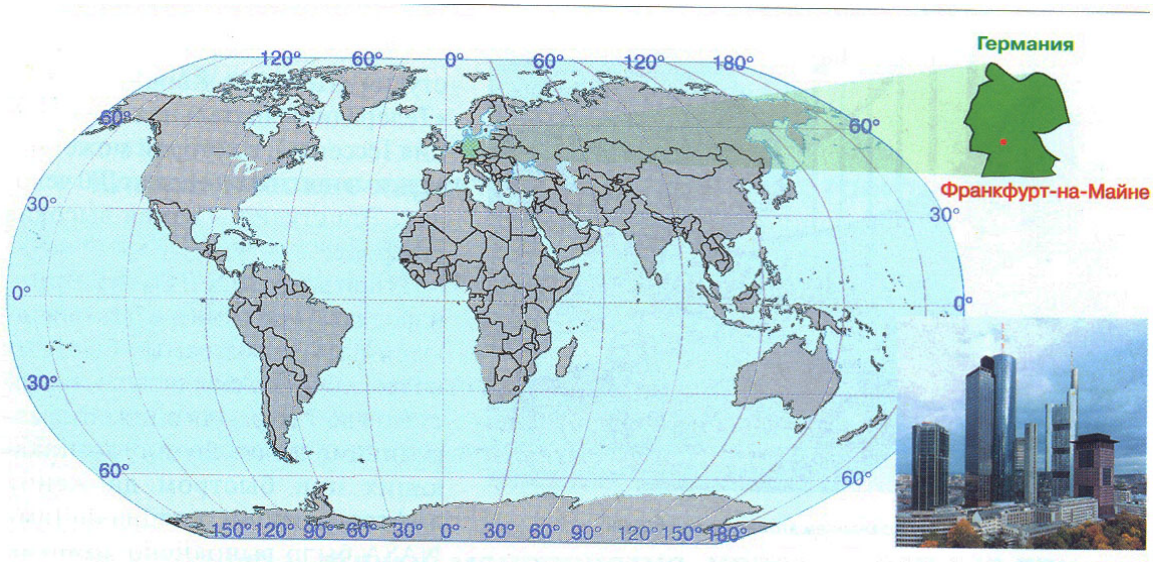
إن مُصمِّمي مبنى " Main Tower " في المكتب المعماري في مدينة هامبورج" Schweger und Partner " يطلقون على هذا التصميم "مبنى بأقل استهلاك للطاقة" ("Low energy building"). وتملك هذا المبنى شركة " Helaba "، وقد حُدِّد مفهوم عمل هذا المبنى كالتالي: " الانفتاح المُطلق لكل جديد ". وهذا الشعار يعكس مفهوم مواكبة التقنية المُعاصرة. ومبنى " Main Tower " يُعتبر مبنىً عصريًا متحضِّرًا، لأنه يدخل بقوة ومن أوسع الأبواب القرن الحادي والعشرين، بسبب ما يملكه من تقنيات وأفكار عصرية مُميَّزة.

ثانياً: المميزات المناخية لموقع البناء:

المكان: مدينة ماين – فرانكفورت، ألمانيا.

الموقع الجغرافي: (50°) دائرة عرض شمال خط الاستواء، (8°) خط طول شرق جرينتش، (الشكل 6). [10]

الارتفاع عن سطح البحر:	H = 111 M
متوسط درجة الحرارة السنوي:	T = + 9.7 °C
متوسط درجة الحرارة في أكثر الأشهر برودة:	T = + 0.5 °C
متوسط درجة الحرارة في أكثر الأشهر حرارة:	T =+ 18.7 °C
متوسط كمية الأمطار السنوي:	691.9 mm



الشكل (6): يوضِّح الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة (مدينة ماين – فرانكفورت) على خارطة العالم.[10]

ثالثًا: المواصفات الهندسية والفنية لمبنى " برج ماين " (Main Tower):

1.3. الإجراءات العملية المستخدمة لتفعيل الاقتصاد في استهلاك الطاقة عند تصميم وتشييد المبنى.

عند تصميم وتشييد مبنى " Main Tower " أستخدمت الإجراءات التالية لتفعيل عملية الاقتصاد في طاقته المستهلكة:

- استعمال مصادر توليد الطاقة الثانوية؛
- استخدام الدفء الصادر من تربة الأرض لتقليل الإنفاق على عملية التدفئة؛
- استخدام أساسات المبنى لجمع وتخزين الحرارة أو البرودة؛
- استخدام حوائط خارجية شفَّافة للضوء، تمتلك خصائص عالية للحفاظ على الدفء والحماية من ضوء الشمس، وكذا استخدام وسائل الحماية من أشعة الشمس من أجل تخفيض فقدان الدفء في الشتاء وتخفيف الأحمال على نظام التكييف في الصيف؛
- في الأجواء الدافئة تُستخدم عملية التهوية الطبيعية عبر النوافذ التي يمكن فتحها في المبنى، وذلك للتقليل من صرف الطاقة المُخصَّصة للتهوية وتلطيف المناخ الداخلي للفضاءات؛
- استعمال السقوف الباردة بين الطوابق، وتلك الحافظة للدفء من أجل إنقاص أحمال الطاقة المُخصصة للتدفئة والتكييف، وأيضًا من أجل الشعور بالراحة في فضاءات المبنى؛
- استخدام نظام تحكّم أوتوماتيكي ذكي وفعَّال للوسائل والأجهزة في المبنى، وذلك لضمان توفير مرافق الراحة المناسب في الفضاءات، وفي نفس الوقت تخفيض الاستهلاك في الطاقة؛
- التحكّم الأوتوماتيكي بمستويات الإضاءة الصناعية واستخدام نوعية خاصة وحديثة من مصابيح الإضاءة، تلك التي تؤمن تخفيض الاستهلاك في الطاقة بنسبة (20– 25 %).

وللعلم، فإن كمية الطاقة السنوية المصروفة التي تؤمِّن تلطيف المناخ الداخلي والإضاءة في المبنى تُقدَّر ب ($75\ kWT\ .\ hour/\ M^2$) [1,2].

2.3. إمداد المبنى بالطاقة.

لإمداد مبنى " Main Tower " بالطاقة تستخدم المصادر التالية:

- المصادر الثانوية للطاقة الحرارية والكهربائية، والتي تعمل على الغاز الطبيعي؛
- دفء تربة الأرض المستخدم لتدفئة وتكييف المبنى؛
- مصادر الطاقة الحرارية والكهربائية الخارجية (نظام الإمداد الرئيس في المدينة للإمداد بالطاقة والدفء).[7,8]

إن مصادر الطاقة الثانوية هي عبارة عن محطتين حراريَّتين موضوعتين في طوابق المبنى الموجودة تحت مستوى سطح الأرض. ومن إيجابيات مصادر الطاقة الثانوية هي أنه أثناء توليد الطاقة ينتج دفء يُستخدم في تدفئة وتكييف المبنى. ومعامل التأثير المستخدم (كمية الطاقة الحقيقية المستخدمة) للمولِّدات يصل إلى (85 %). وإضافة إلى إيجابيات تلك المولِّدات هو نظافتها البيئية، حيث أنه أثناء حرق الغاز الطبيعي تنتج أقل كمية ممكنة من المواد الضارة، التي يمكن أن تسبِّب أي ضرر بالوسط البيئي المحيط.

والمحطَّات الحرارية المُولِّدة للطاقة الكهربائية تستطيع أن تغطي (80%) من احتياجات المبنى للطاقة. وفي العادة فإن قدرة المولِّدات ليست كافية لعملية تكييف المبنى في فصل الصيف. ولهذا من أجل الاقتصاد في صرف طاقة المولِّدات المُخصَّصة لأنظمة التدفئة والتكييف، أُستخدمت الطاقة الناتجة من دفء تربة الأرض، وأيضًا تلك الطاقة المُستخلصة من عملية حفظ وتخزين الحرارة أو البرودة في أساسات المبنى.

من الحقائق المعروفة أن درجة حرارة التربة على عمق حوالي (1,5) متر أو أكثر تكون ثابتة طوال العام. وتتراوح قيمتها في نطاق (5-7 °C)، وتزداد درجة الحرارة تدريجيًا مع زيادة العمق. ولكن لا جدوى على الإطلاق من نقل حرارة ضعيفة مثل (7+ °C) إلى المبنى، لأن المهمة ليست كذلك! إنها الطاقة التي نحتاجها وليس درجة الحرارة. ولكن بفضل هذه الظاهرة يمكن لمكيِّف الهواء العادي أن يساعد في ذلك عن طريق تشغيله في الاتجاه المعاكس بفضل عمليات التبادل الحراري داخل آلة التبريد، أو ما يسمَّى (بدورة كارنو).

باختصار وبكلمات بسيطة، يدور السائل داخل مكيِّف الهواء بين مبادلين حراريين والمبرِّد: في الحالة الأولى (شتاءً) يتبخر السائل بأخذه الحرارة من هواء الغرفة، وفي الحالة الثانية (صيفًا) يتكثَّف، ثم يطلق الحرارة في البيئة. ويتم تسهيل انتقال مادة التبريد من حالة التجميع إلى أخرى بواسطة وحدتين رئيسيتين: ضاغط وصمَّام تمدُّد.[8]

ومن أجل استعمال حرارة أو برودة تربة الأرض في مبنى " Main Tower "، تم ربط شبكة من الأنابيب التي يجري فيها الوسيط الحامل (الماء الدافئ أو البارد) بخوازيق الأساسات العميقة. وعدد الخوازيق التي يقف عليها المبنى هي (112) خازوقًا، بأقطار تتراوح (1,5–1,8 M) وتصل إلى عمق (50 M). ويبلغ طول الأنابيب التي يجري بداخلها الماء إلى أكثر من (80 kM). ويتم نقل الدفء أو البرودة من الماء الجاري في الأنابيب عبر وسائط خاصة إلى أنظمة المناخ الداخلي. وتبلغ قدرة المولِّدات التي تسمح باستخدام دفء التربة (500 kWT)، (الشكل 7).[7]

الشكل (7): يوضِّح استخدام الدفء الصادر من تربة الأرض لإمداد مبنى " Main Tower " بالطاقة.[7,8]

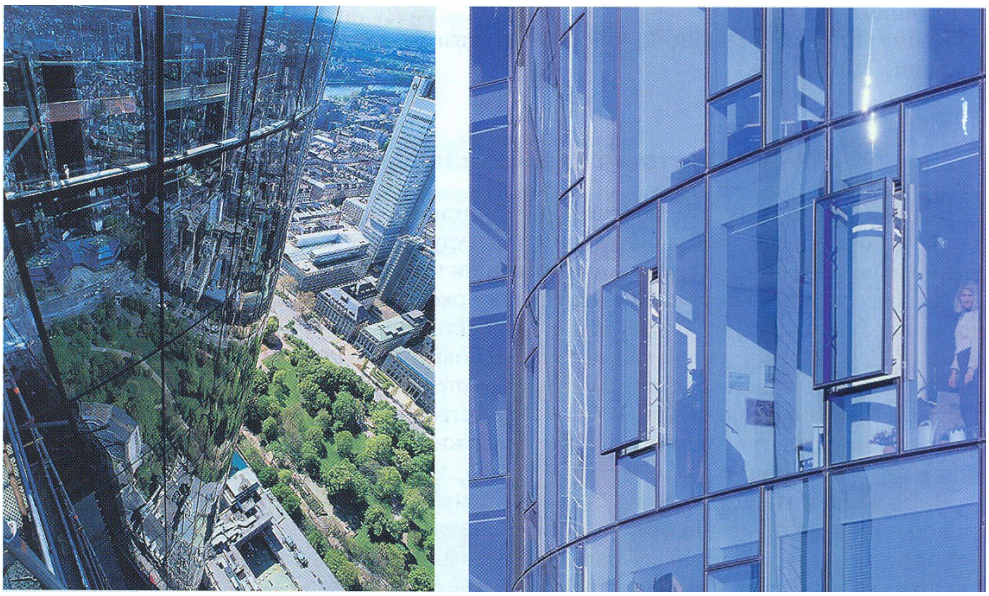
وفي بلاطة أساسات المبنى التي تُقدَّر سماكتها ب (3,8 M) تم عمل تجويفات يمر خلالها الوسيط الحامل، وشتاءًا يبرد هذا الحامل عبر الهواء الخارجي في الوحدة المُثبَّتة على سقف المبنى. ثم تُستخدم تلك البرودة التي تتجمع في بلاطة الأساسات في تبريد فضاءات المكاتب في فصل الصيف.

3.3. حوائط المبنى الخارجية ووسائل الحماية من الأشعة الشمسية.

إن حوائط مبنى " Main Tower " الخارجية تتكون من مواد شفَّافة للضوء. والمساحة الهائلة من التزجيج أرغمت المُصمِّمين على التفكير في تصميم حوائط خارجية إنشائية ذي مميزات خاصة، تكون شفَّافة تسمح للضوء بالمرور خلالها وتمتلك صفات عالية في الحماية ضد حرارة وأشعة الشمس.

إن فتحات النوافذ المُحكمة الربط في البرج ذي المسقط المربع تمت صناعتها من مادة البرونز الإنشائية، التي تتغطّى مع مرور الوقت بطبقة لامعة. والبروز الموجود في عناصر حواف النوافذ بحوالي (10 cm) يعطي إيحاء وانطباع جمالي خاص في الشكل المتناسق لتركيب البلوكات المتجاورة بانتظام على واجهة المبنى.[4,5]

أما فيما يخص البرج ذو المسقط الدائري، فإن حوائطه الإنشائية الخارجية الشفَّافة هي أكثر تعقيدًا من الناحية الإنشائية، مقارنة بجارتها في البرج مربع المسقط. ولهذا تم تصميم وتجهيز واجهتها الزجاجية المُعلَّقة كقطعة واحدة لامعة بدون أيَّة شقوق أو بروزات في الألواح المتجاورة المكوِّنة لهذا السطح الزجاجي البرَّاق. والمسافة بين الألواح في واجهة السطح تساوي (30 mm). وتطلَّب الأمر تقوُّس ذلك السطح الزجاجي بحيث يكون مُحدَّبًا إلى الخارج ليتطابق مع محيط تقوُّس المبنى، (الشكل 8).



الشكل (8): يوضِّح الحوائط الخارجية الشفَّافة لمبنى " Main Tower ".[1,9]

إن نوافذ مبنى " Main Tower " تتكون من طبقتين من الزجاج: داخلية وخارجية بشكل صندوق زجاجي معبأ بينهما غاز الكريبتون. وسماكة هذا الزجاج المُخصَّص تبلغ (10 mm). ومن كلا الجهتين، فإن الزجاج مُغطًّى بطبقة هي عبارة عن شريط من مكوّنات الحديد المؤكسد موجود في الفراغ الداخلي، يقوم بدور الحماية من أشعة الشمس. وفي واجهة البرج الدائري المسقط، فإن طبقة الزجاج الخارجية للصندوق الزجاجي مُقوَّسة بحسب تقوّس وانحناء المبنى، أما الطبقة الداخلية فهي مستوية. والمقاومة الحرارية (النقل الحراري) للصندوق الزجاجي تبلغ ($0,88\ M^2.\ C\ /\ WT$).

إن طبقة شريط الحديد المؤكسد تستطيع تخفيض دخول الحرارة والأشعة الشمسية بنسبة (68 %)، وفي نفس الوقت تسمح بدخول ضوء النهار بنسبة (50 %)، والذي يعني توفير في مصروفات الطاقة على الإضاءة الصناعية. وفي داخل فضاءات مبنى " Main Tower " تم تركيب وسائل ضد الحماية من أشعة الشمس في شكل ستائر "جالوزي" هي عبارة عن صفائح من الألمونيوم والبلاستيك المُقوَّى. وعملية تفعيل الحماية الداخلية من أشعة الشمس تتم بطريقة آلية. حيث تُنزَّل ستائر الجالوزي أوتوماتيكيًا عندما تسطع أشعة الشمس بقوة وتصل درجة الإضاءة الطبيعية في الفضاءات مستوىً أعلى من المستوى المطلوب والمُبرمج في حاسوب التحكُّم. إضافة إلى ذلك فإن وضعية ستائر الجالوزي يمكن التحكُّم بها يدوياً حسب رغبة موظفي المكاتب العاملين في المبنى.[4]

إن وسائل الحماية من أشعة الشمس داخل الفضاءات بإمكانها أن تُقلِّل من دخول الحرارة والأشعة الشمسية بنحو (12 %). هذا يعني أن كمية الحرارة التي يُسمح بدخولها إلى فضاءات المبنى لا تتجاوز (20 %)، والذي بدوره يعني ضمان حدوث تخفيض هائل على أحمال نظام التكييف صيفًا.

كما يجب الإشارة إلى أن نوافذ مبنى " Main Tower " تعتبر جزءًا لا يتجزأ من نظام التهوية الطبيعية المعمول بها في المبنى. (الشكل 9) [5]

الشكل (9): يوضِّح هيكل مبنى " Main Tower" وأسلوب تشييد حوائط المبنى الزجاجية الشفَّافة للضوء.[9]

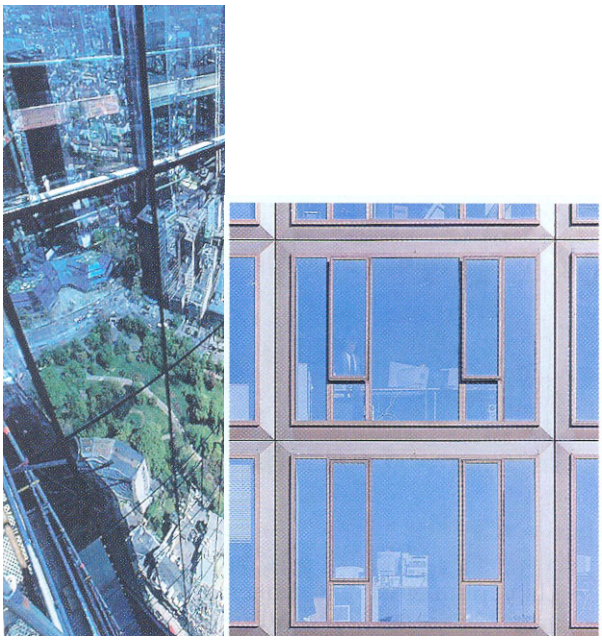
4.3. النظام المناخي الداخلي للمبنى.

إن مبنى " Main Tower" مُجهَّز بنظام تهوية ميكانيكي يعمل آليًا، ومع ذلك ولغرض الاقتصاد في استهلاك الطاقة وتلطيف المناخ داخل فضاءات المبنى، فإنه توجد هناك إمكانية استخدام النوافذ التي يكمن فتحها لهذا الغرض.

ومن أجل ضمان توفير التهوية الطبيعية، فإن ضلفات النوافذ تتحرك باتجاه موازي لواجهة المبنى. والمسافة التي تتحرك فيها ضلفات النوافذ خلال الفتح يُتحكَّم بها بواسطة مُنظِّم مُسنَّن في حدود (200- 1 mm)، بحسب الظروف المناخية داخل الفضاءات.

وعندما يتم فتح ضلفات النوافذ تظهر قنوات التهوية الطبيعية التي تحد من سرعة تيارات الهواء وتجعلها لا تتجاوز (0,35 M/C). وهذا التحكُّم في سرعة الهواء المُتدفِّق إلى داخل فضاءات المبنى يلغي الشعور بتأثير تيارات الرياح داخل الفضاءات، ولا يؤثر على تدفُّق النسيم الخفيف القادم من فتحات التهوية، وهذه الجُزئية تعتبر عنصرًا هامًا في تأمين التهوية الطبيعية في المباني العالية.

ومجموع ضلفات النوافذ التي يمكن تحريكها في المبنى يبلغ (2250) ضلفة. وكل فضاء مُخصَّص للعمل المكتبي في المبنى يوجد به ما لا يقل عن ضلفة واحدة. وحركة ضلفات النوافذ تتم بطريقة آليَّة حسب الظروف الجوية، وذلك عبر إشارة تصل إلى مُنظِّم الحركة عبر نظام التحكُّم الآلي المركزي للأجهزة والمعدَّات في المبنى. وإضافة إلى ذلك فإن حركة ضلفات النوافذ يمكن التحكُّم بها بحرية من داخل فضاءات المبنى عبر زر خاص للتشغيل أو الإطفاء، (الشكل 10).[4,5]

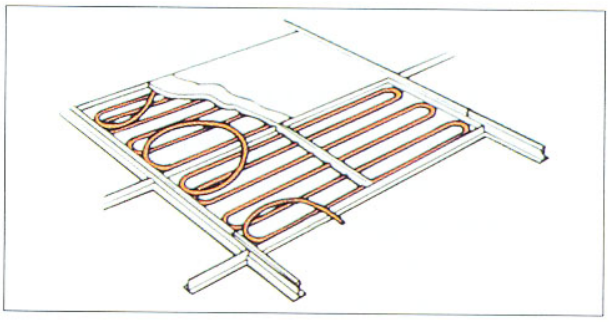


الشكل (10): يوضِّح نوافذ مبنى " Main Tower" التي تُفتح باتجاه يوازي واجهة المبنى.[4,5]

وإذا كانت سرعة الرياح أعلى من (70 KM/Hour)، أو درجة حرارة الهواء الخارجي أقل من (5 °C)، أو كانت الأجواء الخارجية ممطرة، فإن ضلفات النوافذ تُغلق آليًا وبإحكام، مانعة بذلك أي تسرُّب من وإلى فضاءات المبنى. وفي ظل وجود تلك الظروف الجوية، فإن نظام التهوية الآلي هو الذي يؤمِّن التهوية المطلوبة في فضاءات المبنى. وهذا النظام يقوم بعملية تبادل للهواء بانتظام كل (2,5 Hour).

ودرجة الحرارة المناسبة والمؤمَّنة في فضاءات مبنى " Main Tower" هي (21°C)، والتي يمكن تخفيضها أو زيادتها يدويًا من داخل الفضاءات إلى (2 °C) حسب الرغبة والطلب. وتستخدم الألواح الحرارية المُثبَّتة في السقف كأجهزة للتدفئة.

ومن أجل إمداد المبنى بالبرودة، فتستخدم آلة التبريد الماصَّة الموضوعة على سقف المبنى. وأما عملية تبريد الفضاءات فتتم بطريقة السقوف المُبرَّدة. وإيجابيات هذه الطريقة هو الاقتصاد في استهلاك الطاقة وكذا المستوى العالي في خلق الأجواء المريحة. وتعمل هذه الطريقة كالتالي: عندما يتدفق الماء بدرجة حرارة (15 °C - 14) في أنابيب النظام ذي الشكل الحلزوني (أنابيب الثعبان) الموضوعة في الجزء العلوي من السقف المُعلَّق، فإن الأجزاء المعدنية من مكوِّنات السقف تبرد تدريجيًا، وبالتالي يبدأ يبرد الهواء المحيط بها، ثم ينتقل إلى الأسفل ببطء تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، ليحل محله الهواء الساخن الخفيف الناتج عن وجود البشر وأجهزة الحاسوب والطابعات وغيرها من الآلات، فيرتفع إلى الأعلى ليبرد ويصبح ثقيلًا، فيعود مرة أخرى إلى الأسفل، وهكذا تستمر عملية دوران الهواء في الفضاء بهدوء وبطء دون إحداث أيَّة تيارات هوائية. وهذا المبدأ في تبريد الهواء معروف باسم " التبريد الهادئ "، (" Silent Cooling ") وذلك بسبب الهدوء الشديد في حركته، (الشكل 11).[6]



الشكل (11): يوضِّح نظام أنابيب الثعبان، المُثبَّت في السقوف المُعلَّقة لفضاءات المبنى.[6]

5.3. الإضاءة في المبنى.

يعود الفضل في وجود المستوى العالي من الإضاءة الطبيعية خلال أوقات النهار في فضاءات مبنى " Main Tower" إلى وجود التزجيج الكامل للحوائط الخارجية (من أرضية الفضاء إلى السقف). وفي حالة ما إذا كان ضوء النهار الطبيعي كافيًا في الفضاء، عندها تنطفئ المصابيح المُثبَّتة في السقف والقريبة من النوافذ تلقائيًا (أوتوماتيكيًا). وهذا الحل يعتبر أحد الحلول الجيِّدة التي تساعد في خفض الاستهلاك للطاقة المُخصَّصة للإضاءة. كما أنه في مبنى " Main Tower" يُستخدم جيل جديد من مصابيح الإضاءة، وهو نوع حديث يستهلك من الطاقة ما مقداره (15 WT/M^2)، والذي يعني أنه أقل بنسبة (25 % – 20) مقارنة بمثيلاتها من المصابيح المستخدمة في العالم، والتي تمتلك نفس قوة الإضاءة، (الشكل 12).[6]

الشكل (12): يوضّح الإضاءة الطبيعية في فضاءات العمل.[9]

رابعاً: نتائج الدراسة والتوصيات:

نتائج الدراسة:

- إن الاقتصاد في استهلاك الطاقة التي تُستخدم في المباني العالية والضخمة، تلك الطاقة التي تُسبّب مخلفاتها أضرارًا بيئية كارثية، يعتبر عملًا خلّاقًا وإنسانيًا وصحيًا من ناحية، ومن ناحية أخرى فإنه يقوم بتوفير مردود مادي لا يستهان به من النفقات الهائلة المُخصَّصة للطاقة.
- لقد تم تفعيل عملية الاقتصاد في طاقة مبنى "Main Tower" كالتالي:

1) باستخدام شبكة من الأنابيب التي يجري فيها الماء الدافئ أو البارد، والمرتبطة بخوازيق الأساسات العميقة، وتقوم بعمل المُكيّف، فهي تُستهلك الطاقة (الحرارة) من داخل المبنى صيفًا وتطردها للبيئة الخارجية، وشتاءًا يحدث العكس؛
2) باستخدام الحوائط الزجاجية المُغلقة الشفّافة للضوء، وقدرتها الفائقة على الاحتفاظ بالحرارة داخل الفضاءات. فهي لا تسمح للحرارة الخارجية بالدخول إلى الفضاءات صيفًا، أو تسلُّل الدفء منها شتاءًا، كما أنها تُقلِّل الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية وتكييف الهواء؛
3) باستخدام السقوف المُبرَّدة، التي تقوم بتلطيف الهواء المحيط بها من خلال الماء البارد الذي يتدفَّق في أنابيب حلزونية مُثبَّتة بالسقف المُعلَّق، بمبدأ التبريد الهادئ للهواء؛
4) باستخدام نوعًا جديدًا من مصابيح الإضاءة الذكية المُقتصدة للطاقة.

التوصيات:

- إن كل خطوة فعّالة في استخدام أي وسائل أو أساليب محمودة النتيجة فيما يخص تفعيل استهلاك الطاقة في المباني العالية سواء كان ذلك في طُرق إمدادها، أو بتطوير أي عنصر من عناصرها، فإن ذلك يعتبر عملًا مهمًا وفعّالًا يستحق أن يُعرض وتُدرَّس وتُحلَّل تفاصيله برؤية واضحة لاستخلاص فوائده، وليكون قدوة لغيره من الأعمال الهندسية.
- إن مجموعة الأساليب والطرق الفعّالة للطاقة يجب أن تكون أحد المكوِّنات الأساسية في برنامج تصميم تلك المباني، ويجب أن توضع في الاعتبار قبل الشروع في الإنشاء، وذلك لكي تتوافق وتتناغم مع أسلوب عمل المبنى في مختلف الظروف المناخية، وتحقِّق الغرض المرجو منها.

المراجع العلمية:

[1] Tabunshchikow Yu. A., Brodash M., shilkin N. V. Energy-Efficient Buildings. – Moscow: ABOK-PRESS, 2003, p.№: 94;101.
[2] Air-handling system retrofit saves energy at medical centre. CADDET, 1993, p.№: 14.
[3] Architectural planning and design saves energy in research facility. CADDET, 1998, p.№: 38.
[4] Barista D. Living machine. University environmental studies building hopes to create more energy than it consumes. Building Design and Construction, 2001, p.№: 73.
[5] Basso P. Reliable, Efficient Systems For Biomedical Research Facility // ASHRAE Journal. May 1997, p.№: 109.
[6] Blom. P., Brunsell J. Natural ventilation system with heat recovery. CADDET, 1999, p.№: 34-36.
[7] Hude N., Sauerwein M., Show Author Affiliations Energy piles as an interface between special deep mining and facility management. 2007, Journal Issue: 12, p.№: 56.
[8] https://vse-otoplenie.ru/teplo-zemli-ispolzovanie-geotermalnoj-energii-dla-otoplenia-doma-ustanovka-sistemy-obogreva-svoimi-rukami.
[9] Bryce Black, Town of Frankfort, WI Zoning Ordinance, July 31, 2013.
[10] Albert S., Partner G., Perspectives for the international city of Frankfurt at the Main, 2015.

RESEARCH ARTICLE

EFFECTIVE FOR ENERGY IN HIGH SCRAPER BUILDINGS (EXAMPLE: MAIN TOWER IN MAIN CITY – FRANKFORT , GERMANY)

Rubaia Ali Bin Ali [1,*] and Hesham Hadi Al-Baiti [1]

[1] *Dept. of Architecture & Environmental Planning, Faculty of Engineering & Petroleum, Hadhramout University, Mukalla, Yemen*

***Corresponding author: Rubaia Ali Bin Ali; E-mail: ruba.myka@yandex.ru**

Received: 19 March 2021 / Accepted: 07 June 2021 / Published online: 28 June 2021

Abstract

This research reviews detailed study of an effective realistic energy buildings and examines as an example building "Main Tower " located in the Germany city of Maine-Frankfurt. The main objective of the research is to know how and which the kind of sources which a building "Main tower " derives its energy, as well as to display and absorb the methods used to activate the energy utilized to operate the tower.

Perhaps the most distinctive thing in this building is its trendy and modernity. The company which owners the building attempted to use the latest technological science and knowledge expertise to construct the building, making it one of its few energy-saving buildings.

The research was concluded by introducing the most important findings and recommendation.

Keywords: Effective realistic energy building, Multiple energy sources, Insurance amenities.

كيفية الاقتباس من هذا البحث:

ر. ع. ب. ع. محمد و ه. ه. البيتي، "المباني العالية الفعّالة للطاقة، مثال: مبنى "برج ماين(Main Tower) " ، مدينة ماين – فرانكفورت، ألمانيا"، *مجلّة جامعة عدن الإلكترونيّة للعلوم الأساسيّة والتّطبيقيّة*، م 2، عدد 2، ص 77-86، 2021. DOI: 10.47372/ejua-ba.2021.2.93

حقوق النشر © 2021 من قبل المؤلفين. المرخص لها EJUA، عدن، اليمن. هذه المقالة عبارة عن مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط وأحكام ترخيص Creative Commons Attribution (CC BY-NC 4.0)