

نحو مدخل تكاملي لخفض استهلاك الطاقة بناطحات السحاب Toward an integrated Approach for reducing the consumption of energy in Skyscrapers energy in Skyscrapers

م. حازم عز الدين العطيفي د. عزت عبد المنعم مرغني د. خالد صلاح سعيد
معيد بقسم الهندسة المعمارية أستاذ مساعد بقسم الهندسة مدرس بقسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة - جامعة أسيوط كلية الهندسة - كلية الهندسة - جامعة أسيوط
جامعة أسيوط

ملخص البحث:

يتعرض العالم لأزمة كبيرة في الطاقة تتزايد حداثتها يوماً بعد يوم، فمع قرب نضوب مصادر الطاقة الاحفورية أصبح خفض استهلاك الطاقة من أهم القضايا على كافة المستويات وفي جميع المجالات ومنها العمارة. وإذا كانت المباني العالية بصفه عامة والمباني شاهقة الارتفاع التي تعرف بناطحات السحاب بصفة خاصة من أكثر أنماط المباني استهلاكاً للطاقة مقارنة بغيرها من أنماط البناء السائدة فهي من الأهمية بمكان أن يحرص المعماري على خفض استهلاك الطاقة في هذا النمط من البناء، والذي يتزايد في الإنتشار يوماً بعد يوم.

وقد ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من الإتجاهات المعمارية التي تتبنى قضية خفض استهلاك الطاقة في المباني بشكل عام، وبعض الإتجاهات والتجارب التي تبنت القضية على مستوى مباني ناطحات السحاب. وقد قدمت هذه الإتجاهات والتجارب بعض المعالجات المعمارية التي من شأنها خفض استهلاك الطاقة في مباني ناطحات السحاب، وبالتالي فإن البحث يهدف إلى الوصول إلى مدخل تكاملي للطرق والأساليب المعمارية التي يمكن من خلال إستخدامها خفض استهلاك الطاقة في مباني ناطحات السحاب إلى أدنى درجة ممكنة.

ولتحقيق هدف البحث، فإن البحث يتناول بالدراسة المدخل النظري لإستهلاك الطاقة بالمباني بشكل عام وكيفية العمل على ترشيدها، ثم يدرس محاور إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب، بالإضافة إلى دراسة لمعدلات إستهلاك الطاقة بناطحات السحاب بالمقارنة بالمباني المنخفضة، ثم يتناول بالوصف والتحليل التطور التاريخي لإستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب منذ ظهورها وحتى الآن، وبناء عليه يقوم البحث بإقتراح مدخل متكامل لخفض إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب، وذلك عن طريق دراسة النظام التصميمي المتكامل لناطحات السحاب، ثم إقتراح إستراتيجية لخفض إستهلاك الطاقة بها والأساليب والمعالجات المعمارية المختلفة التي تسهم في خفض إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب.

وفي الخاتمة تختتم الدراسة بمناقشة لأهم النتائج والتوصيات للأطراف ذات الصلة .

1 - مقدمة:

يعيش العالم منذ بضع سنوات أزمة طاقة بفعل الطلب المتزايد على مصادر الطاقة التقليدية المحدودة، وهذه الأزمة ناتجة عن الإدراك بأن تلك المصادر سوف تنفذ في المستقبل القريب على الرغم من عدم وجود مصادر بديلة كافية حتى هذه اللحظة تسد حاجات الأجيال القادمة. وقد جاء ترشيد إستهلاك الطاقة كرد فعل للطلب المتزايد على الطاقة التقليدية والتكاليف الباهظة التي تدفع لقاء الطاقة المستهلكة، بالإضافة إلى كونها من أهم الوسائل التي تساهم في مكافحة التلوث البيئي في العالم. وأصبح موضوع ترشيد إستهلاك الطاقة والمحافظة على سلامة البيئة من سمات المجتمع المتحضر الخالي من مسببات التلوث والمشاكل الناجمة عنه في الماء والهواء والأرض. وقد حظى هذا الموضوع باهتمام واسع في كافة دول العالم سواء كانت مستوردة أو مصدرة للطاقة أو مكتفية ذاتياً، ويشكل إستهلاك الطاقة في المباني نسبة لا بأس بها من مجموع الإستهلاك الكلي للطاقة في العالم، حيث تصل النسبة في بعض البلدان إلى 65% من إستهلاك الطاقة الكلي، وهذا يحتم على الباحثين والمعماريين البحث عن وسائل وأساليب فعالة لمحاولة ترشيد تلك الطاقة المستخدمة (23).

ويتناول البحث بالدراسة أحد أكثر أنواع المباني إستهلاكاً للطاقة وهي مباني ناطحات السحاب، وهي تلك المباني التي زاد الإتجاه إلى بناؤها نتيجة لتجمع مجموعة من العوامل جعلت الانطلاق بالمباني إلى إرتفاعات عالية ضرورة ملحة (24)، كما جعلت من الإتجاه نحو المباني العالية التي تحوي أعداداً كثيرة من المستخدمين تكاد تكون هي النمط المعماري الغالب متى سمحت ذلك ظروف الأرض المخصصة للمشروع وقوانين البناء، ومن أهم هذه العوامل: التقدم التكنولوجي في صناعة البناء، والتطور الكبير للمساعد الرأسية، إلى جانب تناقص المعروض من الأرض الصالحة للبناء وإرتفاع ثمنها، إضافة إلى التضخم السكاني الهائل وما يتطلبه من الحاجة الملحة إلى أعداد كبيرة من المساكن التي يلزم توفيرها لهؤلاء السكان (24). ومع التطور التكنولوجي لهذا النمط ظهر تأثيره السلبي على البيئة وظل يتزايد بصورة كبيرة. حيث كان الهدف أولاً من بناء ناطحات السحاب هو خلق مدن ذات كثافة سكانية عالية على مساحات صغيرة، وبالتالي خفض التأثير الكلي السلبي للمباني على البيئة وعلى المناخ. ولكن هذا التصور لم يكن صحيحاً إلى حد كبير. حيث أصبحت تلك النوعية من المباني من أكثر النواعيات إستهلاكاً للطاقة. إذ تستهلك تلك المباني الطاقة بصورة ضخمة يومياً بسبب اعتمادها بصورة شبة كاملة على الإضاءة والتهوية الصناعية بالإضافة إلى الإستهلاك الكبير للطاقة في أعمال التبريد والتدفئة، هذا بجانب إستهلاك طاقة هائلة في نقل الأفراد والمواد إلى الإرتفاعات العليا للمبنى والعمل ضد الجاذبية الأرضية بالإضافة إلى مجموعة من العوامل الأخرى الناتجة عن الإتجاه الرأسى للمبنى. كل هذه الأسباب دعت المعماريين والباحثين إلى التوجه إلى التفكير في كيفية خفض الإستهلاك الكبير للطاقة لتلك المباني وجعلها مباني صديقة للبيئة. لذا فإن البحث يهدف في إطاره العام إلى محاولة الوصول إلى رؤية متكاملة للطرق والأساليب المعمارية المعاصرة المستخدمة لخفض إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب.

2- مدخل نظري عن إستهلاك الطاقة في المباني

1- أشكال الطاقة المستخدمة في المباني :

تتعدد طرق استهلاك الطاقة في المباني وتأخذ أشكال كثيرة منها (22):

- الطاقة الضمنية وهي الطاقة التي تستخدم في تصنيع مواد البناء.
- الطاقة الرمادية وهي الطاقة التي تستخدم في نقل وتوزيع المواد الى موقع البناء.
- الطاقة المحفزة أو المولدة وهي تلك الطاقة المستهلكة في مرحلة التشييد.
- طاقة التشغيل وهي الطاقة المستخدمة طوال عمر المبنى في تشغيل المبنى بالإضافة إلى عمليات الصيانة والتعديل والإحلال.

وسوف يقوم البحث بدراسة خفض إستهلاك طاقة التشغيل للمبنى دون النظر لباقي الأشكال من الطاقات المستهلكة.

2-2 طاقة التشغيل:

حظيت طاقة التشغيل بأكبر قدر من الاهتمام من جهة الباحثين والمصممين وواضعي اللوائح والقوانين. فهذه الطاقة يتم استخدامها على مدى عمر المبنى الذي قد يصل الى مئات السنين. كما يرجع الاهتمام بطاقة التشغيل بصفة خاصة الى سهولة تغيير اللوائح المنظمة لعمليات البناء لتشتمل على قواعد لترشيد الطاقة في مرحلة التشييد بعكس الأشكال الأخرى من الطاقات. ونظرا لأن كمية الطاقة المستهلكة في المباني ترتبط ارتباطا وثيقا بالظروف المناخية فان معايير الحد من إستهلاك الطاقة تختلف من منطقة إلى أخرى، ولكن المتطلبات الأساسية قد تكون متشابهة. فالغالبية العظمى من المباني تحتاج إلى تبريد أو تدفئة بشكل موسمي، بالإضافة إلى توفير مستوى الإضاءة الملائم لنوعية الأنشطة التي تتم داخل المبنى (23). ويتعين على المعمارى أن يضمن توفير سبل التهوية الطبيعية وكذلك منع تسرب الهواء من داخل المبنى في حالة التدفئة الصناعية. كما يجب أن يعمل النسيج الخارجى للمبنى على إمتصاص وإخراج الحرارة على مدار اليوم، وذلك في حالة وجود فرق كبير في درجات الحرارة بين فترتي الليل والنهار. وفي نفس الوقت يجب أن يتمتع بدرجة عالية من العزل لتحقيق الاتزان الحرارى.

2-3 ترشيد الطاقة المستخدمة في المباني :

إذا كان إستهلاك الطاقة في نظر الكثيرين هو الهم الأكبر فإن الترشيح في إستهلاكها يعد الحل الأفضل والأسلم حيث تشتمل عملية ترشيح الطاقة في المباني على اختيار الشكل الأمثل للطاقة، واستخدامها في الوقت المناسب، هذا بالإضافة الى الترشيح في استخدام الطاقة المتاحة. يوجد عاملين يجب أخذهما في الاعتبار عند مناقشة موضوع ترشيح الطاقة في المباني(23):

- أى شكل من أشكال الطاقة سيستخدم.
- الطرق الأكثر فاعلية لاستخدام هذه الطاقة.

وتعتبر الطريقة المثلى لترشيح إستهلاك الطاقة في المبنى هي تصميم المبنى بحيث يحقق أكبر إستفادة من قوى الطبيعة المتمثلة في الإشعاع الشمسى وحركة الرياح والإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية. وهذا الاتجاه لاستغلال الظروف المناخية المتاحة دون اللجوء الى إستخدام الأساليب الميكانيكية يطلق عليه " التصميم السالب".

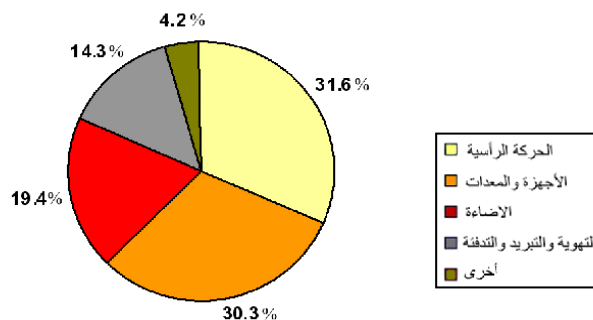
3- إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب:

1-3 ناطحات السحاب من منظور بيئي:

تعتبر ناطحات السحاب ليست من المباني الصديقة للبيئة ، بل هي في الواقع من أكثر نوعيات المباني ضررا للبيئة ، حيث تستخدم تلك المباني ثلاث أضعاف - إن لم يكن أكثر في بعض الحالات - الطاقة لكي يتم بنائها وفي أثناء تشغيلها وحتى حين يتم هدمها(12)، وترجع عدم كفاءه هذه المباني بيئيا نتيجة لإرتفاعها الشاهق والذي يجعلها تقف شامخة في النسيج العمراني للمدينة منعزلة عن البيئة المحيطة بها(1)، كما تحتاج تلك المباني طاقة هائلة في نقل المواد الى الارتفاعات العليا والعمل ضد الجاذبيه الارضيه ، بالإضافة الى إستهلاك طاقة عاليه في نقل الأفراد الى الارتفاعات العليا للبرج عن طريق المصاعد المجهزه خصيصا لذلك ، بالإضافة الى إستهلاك طاقة كبيرة في أعمال التهوية والإضاءة والتبريد والتدفئة بسبب اعتماد تلك المباني على الإضاءة والتهوية الصناعية بصورة شبه كلية، إلى جانب العوامل الأخرى الناتجة عن الإتجاه الرأسى للمبنى. ومن ثم تم التوجه إلى التفكير في كيفية خفض الإستهلاك الكبير للطاقة لتلك المباني وجعلها مباني صديقة للبيئة.

2-3 محاور إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب:

يتمثل استهلاك الطاقة في المباني العالية في مجموعة من المحاور الأساسية والفرعية، تشمل الحركة الرأسية لنقل الأفراد والبضائع والتي تستهلك كمية كبيرة من الطاقة يوميا، ثم يليها الطاقة المستهلكة من الأجهزة والمعدات المستخدمة في المباني، ثم يأتي بعد ذلك الطاقة المستهلكة نتيجة أعمال الإضاءة والتهوية الصناعية بالإضافة إلى أعمال التبريد والتدفئة والتي تعتمد عليها المباني العالية بشكل شبه كامل، ويوضح شكل (1) النسب المئوية لإستهلاك الطاقة المختلفة للعناصر المختلفة بالمبنى.

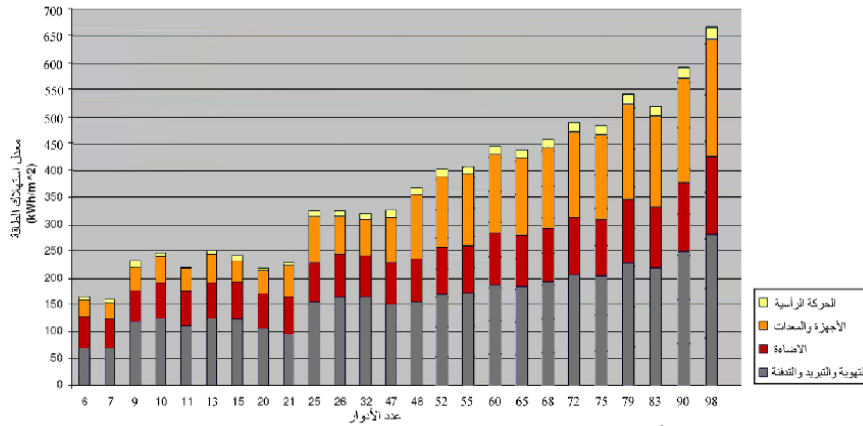


شكل 1: تمثيل بياني للنسب المئوية لإستهلاك الطاقة لعناصر ناطحات السحاب المختلفة - من (13) بصرف

3-3 تأثير الإرتفاع على معدلات إستهلاك الطاقة

يتأثر معدل إستهلاك الطاقة في المباني بتغير إرتفاع المبنى، حيث يزداد معدل إستهلاك الطاقة بصورة كبيرة بزيادة إرتفاع المبنى، وذلك بسبب عدة أسباب من أهمها زيادة أعداد المصاعد وأنواعها إلى جانب زيادة أحمال الإضاءة الصناعية والتهوية الصناعية بالإضافة إلى زيادة معدلات أعمال التبريد والتدفئة الميكانيكية للمبنى، إلى جانب مجموعة أخرى من العناصر التي تزداد بزيادة الإرتفاع.

الشكل رقم (2) يوضح تأثير الزيادة في الإرتفاع على معدل إستهلاك الطاقة لكل متر مربع.



شكل 2 : تأثير الزيادة في الارتفاع على معدل استهلاك الطاقة على المتر المربع (13).

4- نظرة تاريخية لإستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب

في هذه الجزئية من الورقة البحثية يتم دراسة وتحليل التطور التاريخي لإستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب على مدى الـ 120 عاما الماضية، مع توضيح مجموعة التحولات والتغيرات التي طرأت على الفكر المعماري والتي كان لها تأثير كبير على كمية وإستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب، وذلك من أجل الوصول إلى سمات إستهلاك الطاقة بتلك المباني على مر التاريخ بهدف معرفة كيف ولماذا تغيرت تلك السمات حتى يمكن تعلم بعض الدروس من أجل المستقبل.

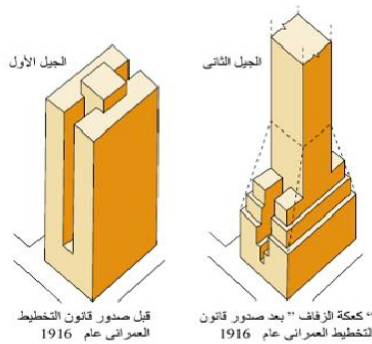
ولتحقيق ذلك تم تصنيف ناطحات السحاب منذ نشأتها وحتى الان إلى خمسة أجيال زمنية حسب خصائص إستهلاك كل منها للطاقة (21).

4-1 الجيل الأول: منذ نشأة ناطحات السحاب عام 1885 وحتى صدور قانون التخطيط

العمراني بنيويورك عام 1916: (21)

- يعتبر مبنى هيئة التأمين على المنازل والذي شيد في شيكاغو عام 1885 أول ناطحة سحاب حقيقية (24).
- تأثر بناؤها بالتكنولوجيا التقليدية ذات الحمل العالي والحوائط الخارجية السميكة على الرغم من عدم وجود أي دور إنشائي لها، وتميزت بالأشكال المعقدة لمبانيها وضخامة الحجم وصلابة الكتلة الحرارية لها شكل(3)، وظلت النوافذ وكأنها ثقب صغير داخل الجدران تحتل فقط مساحة 20-30 % من مساحة الواجهة.

- على الرغم من أن مباني هذا الجيل تعاني من نقص العزل الحراري بسبب استخدام زجاج احادي وقلة الهواء , إلا أنه يتوفر لها الحماية وبدرجه كبيره



شكل 3 : تطور شكل ناطحات السحاب نتيجة لقانون التخطيط العمراني (8).

للمناطق المعرضة للحرارة، الشيء الذي من شأنه توفير بيئة داخلية مريحة من خلال المحافظة على الدفء في الشتاء من ناحية وامتصاص الحرارة الزائدة في شهور الصيف من ناحية أخرى.

- كانت مباني هذا الجيل تعاني من الاعتماد على الإضاءة الصناعية بسبب انخفاض نسبة الزجاج في الواجهات، ولكن أداء الطاقة ظل يستفيد إلى حد كبير بالأشكال المعقدة للمباني ذات الحجم الضخم وصلابة الكتلة الحرارية.

2-4 الجيل الثاني: منذ صدور قانون التخطيط العمراني عام 1916 حتى تطور الواجهات الزجاجية عام 1951 (21):

- يعد مبنى وزارة العدل بنيويورك نقطة فاصلة ومميزة في تصميم ناطحات السحاب، فقد سرق هذا المبنى الضخم الذي يضاهي حجمة حجم مدينة بأكملها الضوء والأنظار من جميع المباني المحيطة به. يلقى بظلة مساحة سبعة أفدنة على المناطق المحيطة به، ويعيق وصول أشعة الشمس إلى الشوارع والمباني الأخرى المحيطة به.

- أدى عدم وجود تشريع تخطيطي لهذا النوع الجديد من المباني الضخمة التي ظهرت في بداية هذه الفترة إلى الزيادة المطردة في أعدادها في كثير من المناطق، وردا على ذلك فقد طورت سلطات مدينة نيويورك قانون التخطيط العمراني عام 1916 لتقسيم المناطق والحد من ضخامة تلك المباني الشاهقة وذلك لضمان وصول التهوية والإضاءة إلى المباني المحيطة والشوارع أدناها.

- وقد أدت نصوص القانون الجديد إلى ظهور شكل مختلف من ناطحات السحاب وهو ما يسمى "بكعكة الزفاف" "Wedding Cake" (شكل 3) والذي سيطر على الأفاق المستقبلية للتصميمات في جميع أرجاء العالم.

- كانت مباني هذا الجيل رفيعة بشكل واضح، والذي كان من شأنه أن يزيد من فقدان الحرارة في فصل الشتاء، ولكن أدى ذلك إلى خفض أحمال الإضاءة الصناعية بالرغم من تماثل نسبة الزجاج في الجيل الأول والثاني.

- وينضم بقوة لسمات هذا الجيل ظهور مكيف الهواء، والذي بدأ يصبح أكثر شيوعا في ناطحات السحاب وهو ما كان له أثر كبير على استهلاك الطاقة في هذه الفترة.

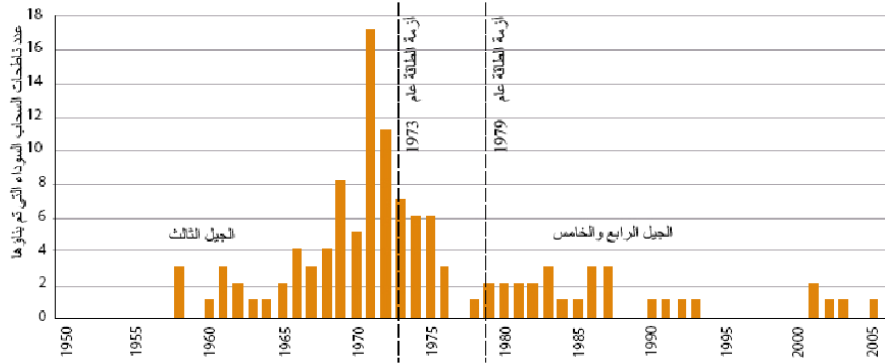
3-4 الجيل الثالث: منذ تطور الواجهات الزجاجية عام 1951 وحتى أزمة الطاقة العالمية عام 1973 (8):

- زادت نسبة الزجاج في واجهات مباني الجيل الثالث بصورة كبيرة، حيث تراوحت من 50% إلى 75% من مسطح الواجهة، حيث استخدم الزجاج الأحادي في الواجهات وأصبحت ناطحات السحاب صناديق زجاجية متشابهة مستقيمة الخطوط بغض النظر عن الموقع أو المناخ أو الزاوية.

- وتتلخص مشكلات مباني هذا الجيل في معاناتها من فقدان المساحات الداخلية للحرارة بسرعة في فصل الشتاء، وامتصاص الطاقة الشمسية في فصل الصيف، وقد كان الحل الوحيد هو استخدام أجهزة تكييف الهواء الذي أدى إلى إرتفاع مفرط في استهلاك الطاقة بتلك المباني الشاهقة.

- هناك سمة أخرى مثيرة للاهتمام في هذه الفترة وهي بناء عدد كبير من ناطحات السحاب السوداء المتأثرة بالطراز العالمي، استخدم فيها الزجاج داكن اللون في واجهاتها بالإضافة إلى استخدام اللون الأسود في المسطحات المصمتة من واجهاتها (شكل 4).

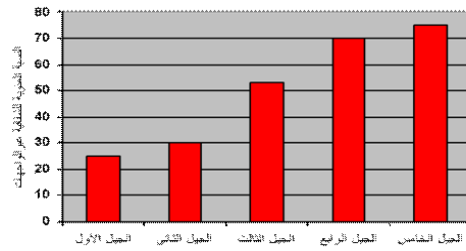
- تتصف تلك المباني السوداء بقدرتها العالية على إمتصاص حرارة الشمس المفيدة شتاءً، إلا أنها تعاني من إرتفاع كميات الحرارة غير المرغوب فيها في أشهر الصيف مقارنة بغيرها من المباني ذات الألوان الفاتحة، ونتيجة لذلك فقد اعتمدت ناطحات السحاب السوداء على أجهزة تكييف الهواء بشكل كبير جداً مما أدى إلى زيادة إستهلاك الطاقة في تلك الفترة.



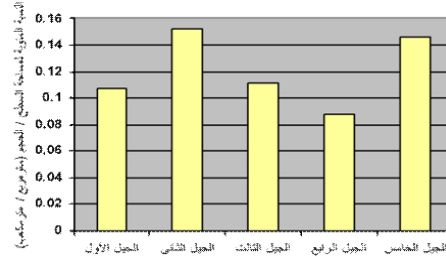
شكل 4: تأثير أزمات الطاقة على أعداد ناطحات السحاب السوداء (21).

4-4 الجيل الرابع: منذ أزمات الطاقة عام 1973 الى يومنا هذا 2009 (8):

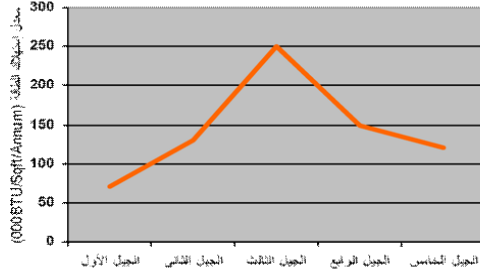
- تغير فكر تصميم ناطحات السحاب في هذه الفترة وتأثرت شعبية الزجاج الاحادي بسبب حدوث أزمات الطاقة العالميتين عام 1973، 1979 وأصبحت كمية الطاقة التي تستهلكها هذه المباني تمثل القضية الكبرى للمعماريين واتجهت أغلب التصميمات إلى الزجاج المزدوج.
- أدى هذا إلى تحسن ملحوظ في أداء واجهات ناطحات السحاب، كما أدى الابتعاد عن الزجاج الداكن في الواجهات إلى تخفيض أحمال الإضاءة الصناعية مما قلل من استهلاك الطاقة، ولكن ظلت مباني ذلك الجيل تعتمد كلياً على أجهزة تكييف الهواء (شكل 4).
- 5-4 الجيل الخامس: منذ زيادة الوعي البيئي عام 1997 الى يومنا هذا 2009 (8):
- مع التغيرات المناخية التي تحدث في العالم ظهر شكل جديد من أشكال ناطحات السحاب التي تعكس وعياً بيئياً جديداً.
- يتمثل تصميم مباني هذا الجيل في إستغلال طاقة المكان "on-site energy" والذي يعتمد على توليد الطاقة من مصادر الطاقة الطبيعية منخفضة أو منعدمة الكربون المتوفرة بالموقع بالإضافة إلى إستخدام التقنيات البيئية السالبة كما يعتمد إستراتيجيات التهوية الطبيعية أو المختلطة مما له اثار واضحة على تخفيض مجمل الطاقة المستهلكة.
- مازالت مباني ذلك الجيل نادرة نسبياً، حيث تمثل جميعها محاولات فردية لم ترتقى إلى وجود طابع أو سمات خاصة بها.
- وتلخص الأشكال 5 و6 و7 و8 التطورات المختلفة الحادثة في ناطحات السحاب في جميع الأجيال والتي كانت لها أثراً على طريقة إستهلاكها للطاقة.



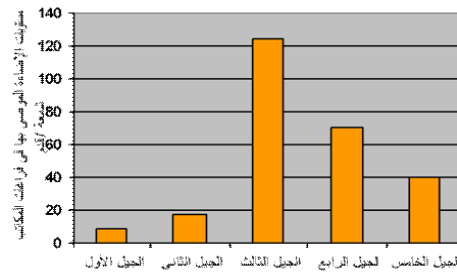
شكل 6 : النسبة المئوية للشفاافية عبر الواجهات - من (21) بتصرف.



شكل 5 : النسبة المئوية لمساحة السطح / الحجم - من (21) بتصرف.



شكل 8 : معدلات إستهلاك الطاقة - من (21) بتصرف.



شكل 7 : تعبير بياني عن مستويات الإضاءة الموصى بها في فراغات المكاتب - من (21) بتصرف.

5- مدخل متكامل لخفض إستهلاك الطاقة بناطحات السحاب:

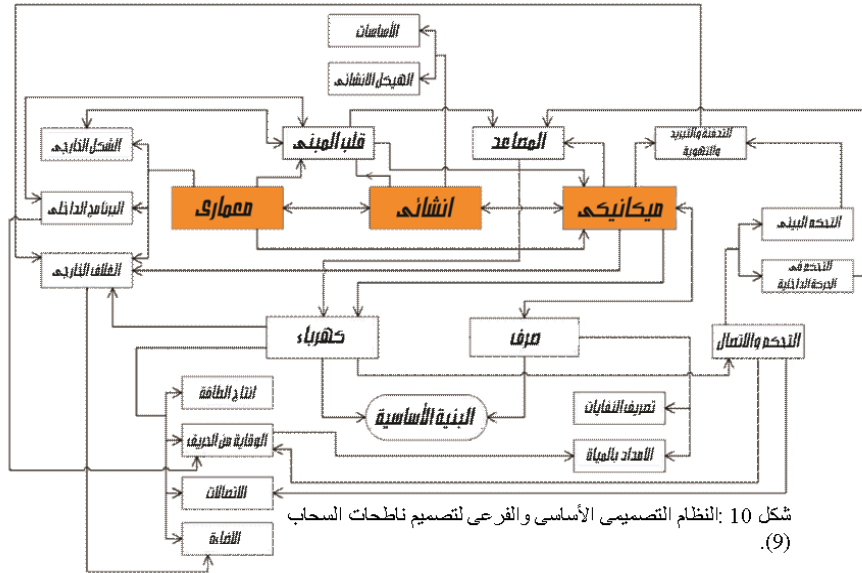
يعتمد المدخل المقترح على دراسة كل من النظام التصميمي لناطحات السحاب واستراتيجية خفض استهلاك الطاقة وكذلك أساليب وطرق خفض استهلاك الطاقة بناطحات السحاب (شكل 9).



شكل 9: المدخل المتكامل المقترح لخفض إستهلاك الطاقة بناطحات السحاب (الباحث)

5-1 النظام التصميمي المتكامل لناطحات السحاب

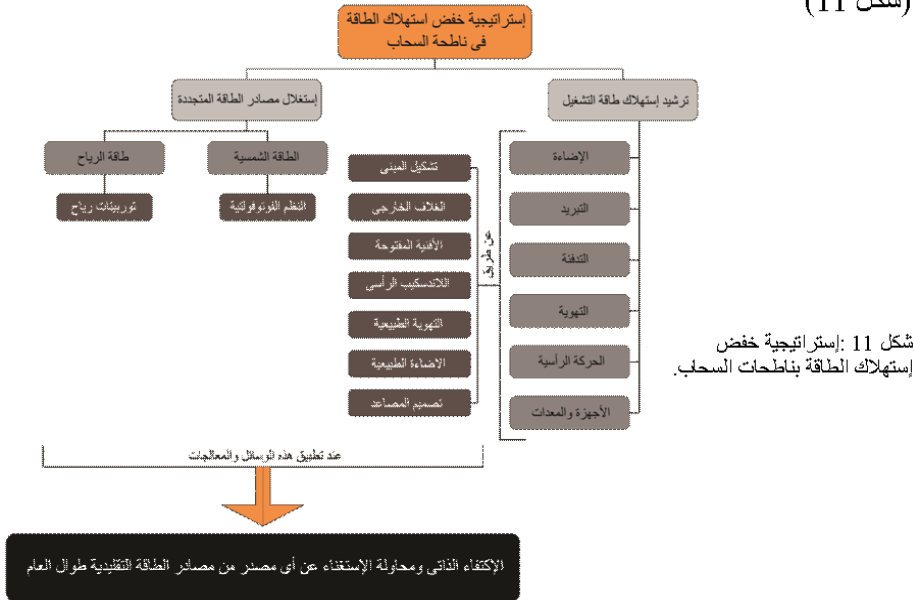
من خلال شكل 10 يمكن الوقوف على الهيكل الأساسي لتصميم تلك المباني والنظم الرئيسية والفرعية المعمارية والإنشائية والميكانيكية للتصميم ، وهو ما يظهر جوانب إستهلاك الطاقة في نظم التصميم المختلفة تمهيدا لمحاولة تخفيض إستهلاك الطاقة بها.



2-5 إستراتيجية خفض إستهلاك الطاقة في ناطحات السحاب :

يمكن الخلوص إلى أن استراتيجيات خفض استهلاك الطاقة في ناطحات السحاب تكون من خلال عنصرين رئيسيين وهما العمل على ترشيد استهلاك طاقة التشغيل في ناطحة السحاب عن طريق بعض الأساليب والمعالجات المعمارية، إلى جانب إستغلال مصادر الطاقة المتجددة الموجودة بالموقع من شمس ورياح وغيرها من المصادر المتجددة التي تتوافر في الموقع،

(شكل 11)



3-5 أساليب وطرق خفض استهلاك الطاقة بناطحات السحاب:
وهي تشتمل على ترشيد طاقة التشغيل و إستغلال مصادر الطاقة المتجددة.

1-3-5 ترشيد طاقة التشغيل:

يمكن ترشيد طاقة التشغيل لناطحات السحاب على عدة مستويات تشتمل على التصميم الخارجى للمبنى والغلاف الخارجى والأفنية المفتوحة واللانديسكيب الرأسى والتهوية والإضاءة والتهوية الطبيعية.

1-1-3-5 التصميم الخارجى للمبنى:

وهو يمثل نسب المبنى وتشكيل الكتلة الخارجية له وما قد يكون بها من معالجات معمارية مختلفة سواء كانت فراغات أو عناصر معمارية أخرى لها غرض وظيفى أو تشكلى أو بيئى تعتبر النسبة بين مساحة الأسطح إلى حجم المبنى من العوامل الهامة فى التأثير على معدلات استهلاك الطاقة فزيادة النسبة بين مساحة أسطح المبنى وحجمه تزداد قيمة التبادل الحرارى بين المبنى والبيئة المحيطة مما يؤدى إلى إكتساب قدر أكبر من الحرارة خلال النهار ويفقد قدر أكبر من الحرارة خلال الليل، مما يسبب زيادة فى معدلات استهلاك طاقة التبريد والتدفئة الصناعية، أما بانخفاض النسبة بينهم فإن ذلك يؤدى إلى انخفاض قيمة التبادل الحرارى بين المبنى والبيئة المحيطة، ولكن فى المقابل تقل معدلات التهوية والإضاءة الطبيعية، مما يؤدى إلى زيادة معدل استهلاك الطاقة فى التهوية والإضاءة الصناعية (23).

♣ يحقق التباين فى الشكل ونسيج السطح لناطحة السحاب كفاءة أكبر فى استهلاك الطاقة من تلك المنبثقة رأسياً من مسقط أفقى ثابت، حيث تحقق كفاءة أعلى فى توجيه الرياح وتقليل تأثير أشعة الشمس على الواجهات (17).

♣ يمكن إستغلال الشكل الخارجى للمبنى فى تظليل الحوائط الخارجية عن طريق بروزات الأدوار العليا على الأدوار السفلى فى المبنى أو عن طريق تدرج الكتلة نحو الأعلى، والذى يقلل تعرض الأسطح الخارجية لأشعة الشمس المباشرة مما يساعد فى خفض معدلات استهلاك طاقة التبريد (7).

♣ يمكن أن يعمل تصميم الشكل الخارجى لناطحات السحاب على تحسين معدلات التهوية الطبيعية للمبنى عن طريق عمل فراغات متقابلة يتم إختيار مواقعها فى المسقط الأفقى أو فى القطاع الرأسى تعمل على تحريك الهواء ووصوله للأدوار المختلفة للمبنى مما يخفض من معدلات استهلاك طاقة التهوية الصناعية للفراغات (7).



شكل 12 : التصميم الخارجى لناطحات السحاب

2-1-3-5 الغلاف الخارجي:

يعتبر الغلاف الخارجي لناطحة السحاب بمثابة الجدار الفاصل بين البيئة الخارجية ذات الظروف المناخية القاسية وبين البيئة الداخلية التي يجب الوصول فيها لحماية المستخدم من الظروف الجوية الخارجية

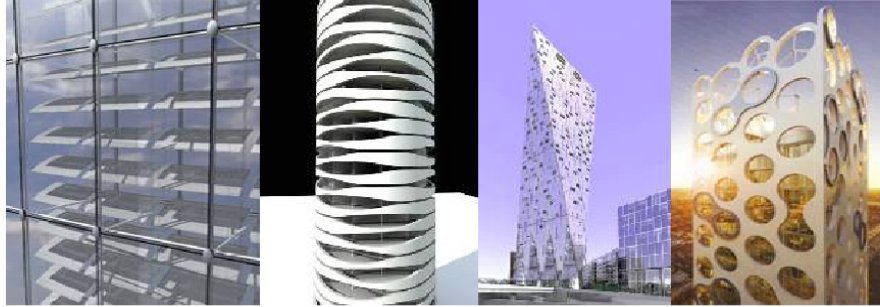
♣ تحتاج ناطحات السحاب لنسبة أكبر من الكتلة والاعتماد في غلافها الخارجي مدعومة بقدر ضخم من العزل، حيث تبين أن ناطحات السحاب ذات الواجهات الزجاجية بالكامل مباتى مسرفة في الطاقة، حيث تتسبب في سخونة الفراغات أكثر من اللازم من الكسب الشمسي الزائد في الصيف، وتعاني من فقد كبير في الحرارة في الشتاء، لو عوض بالطرق الميكانيكية وحدها لأدى إلى زيادة كبيرة في استهلاك المبنى للطاقة (6).

♣ يمكن استخدام نظم التظليل في واجهات ناطحات السحاب عن طريق تغطية الفتحات كلياً أو جزئياً بوسائل تظليل مختلفة بحسب الإحتياجات المناخية للمنطقة، من أجل تقليل تأثير الإشعاع الشمسي على الواجهات، مما يؤدي إلى خفض معدل استهلاك طاقة التبريد في المبنى (3).

♣ يفضل اختيار مواد ذات سعة حرارية كبيرة وذات كفاءة بالنسبة للعزل الحراري (26)، حيث تساهم هذه المواد في ترشيد استهلاك طاقة التشغيل داخل المبنى. كما يمكن استخدام الحوائط المزدوجة والزجاج المزدوج أو الثلاثي في العزل الحراري لغلاف المبنى الخارجي (23) كما يمكن استخدام بعض المواد العازلة الحديثة كالنانوجيل الذي يتمتع بنسبة شفافية عالية والذي يعمل في العزل الحراري للزجاج المزدوج للواجهات (18).

♣ يمكن استخدام بعض المواد العازلة الحديثة كالنانوجيل الذي يتمتع بنسبة شفافية عالية والذي يعمل في العزل الحراري للزجاج المزدوج للواجهات (18).

♣ يمكن استخدام نظام حساسات الطقس على الغلاف الخارجي للمبنى والتي تعمل على مراقبة درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس، ثم تقوم بالتحكم بفتح النوافذ ووضع نظم التظليل.



شكل 13 : الغلاف الخارجي لناطحات السحاب

3-1-3-5 الأفنية المفتوحة:

الأفنية هي فراغات مفتوحة يتم تفرغها بالمبنى، بحيث تكون لها إتصال مباشر بالسماء، بهدف تحسين معدلات الإضاءة والتهوية الطبيعية للفراغات وضمان وصول أشعة الشمس بصورة

أفضل إلى معظم فراغات المبنى. ولكن في حالة ناظحات السحاب، تكون تلك الأفنية أقل فاعلية بسبب الإرتفاع الكبير للمبنى والذي قد يصل إلى مئات الأمتار، لذا تم التوجه إلى رفع تلك الأفنية في مستويات مختلفة في مختلف الأدوار وعمل فراغات إنتقالية وحدائق سطح في أدوار متنوعة لتحقيق التفاعل بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية (2).

♣ يفضل وضع تلك الفراغات المفتوحة على الواجهات الجنوبية والغربية وذلك للحماية من الإشعاع الشمسي على هذه الجهات.

♣ يمكن عن طريق إستخدام الفناء ذو الشكل الحلزوني المتصاعد السماح للهواء الطبيعي للوصول إلى أغلب الفراغات في المبنى (1).

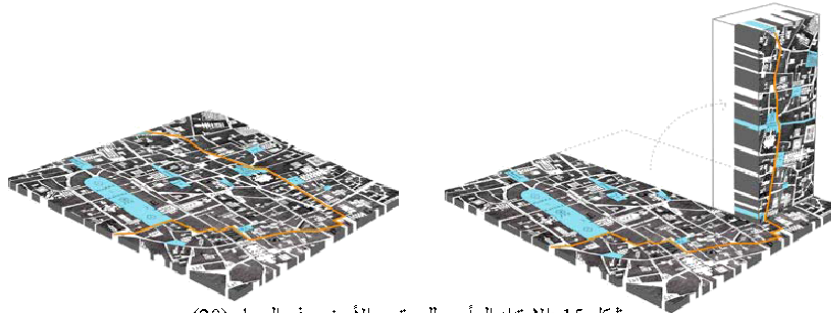
♣ يمكن عن طريق عمل فراغات إنتقالية غير متقابلة في الأدوار المختلفة زيادة معدلات التهوية الطبيعية إلى أغلب الفراغات في المبنى.



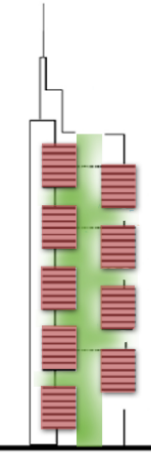
شكل رقم 14 : الأفنية المفتوحة في ناظحات السحاب

5-3-1-4 اللاندسكيب الرأسى:

ناظحة السحاب هي تركيز كثيف لكتلة غير عضوية في مكان صغير، هذا التركيز يخل تماما بالنظام البيئي للمكان. لموازنة هذا الخلل، يجب على المصمم أن يدخل أكبر قدر من المادة العضوية في شكل زراعات ونباتات بكثرة في ناظحة السحاب داخليا وخارجيا (1). يعرف اللاندسكيب الرأسى على أنه تخضير ناظحة السحاب، وذلك عن طريق إدخال زراعات ونباتات ومكونات بيئية أخرى إليها، حيث تعتبر ببساطة ناظحة السحاب امتداد رأسى للمستوى الأرضى في السماء بجميع مكوناتها الحياتية المختلفة (20) (شكل 15).



شكل 15: الإمتداد الرأسى للمستوى الأرضى في السماء (20)



- ♣ يعمل اللاندسكيب الرأسى على تحسين النظام البيئى للموقع عن طريق موازنة المادة غير العضوية المركزة بالموقع بمواد عضوية نباتية (2).
- ♣ تعمل النباتات على تظليل الفراغات الداخلية والحوائط الخارجية إلى جانب تقليل الانعكاس والزيغ (1).
- ♣ يمكن أن تعمل عمليات البخر النباتية كجهاز تبريد فعال لأوجة المبنى مما يخفض إستهلاك طاقة التبريد الصناعية (1).
- ♣ تحسن النباتات من جودة البيئة الداخلية عن طريق إمتصاص أول وثانى أكسيد الكربون وإطلاق الأكسجين (1).
- ♣ يمكن أن تعمل النباتات كستائر بصرية ومشتتات للصوت خاصة فى الساحات السماوية، وذلك لتقليل ضوضاء المدينة بالأسفل (5).
- ♣ يمكن أن تعمل النباتات كمصدات للرياح فى الأفنية السماوية لناطحة السحاب (5).



شكل 16: اللاندسكيب الرأسى فى ناطحات السحاب

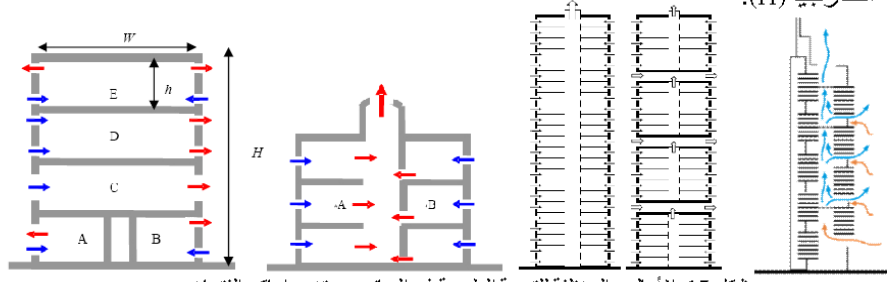
5-1-3-5 التهوية الطبيعية:

التهوية الطبيعية هى استخدام هواء نقى بنسبة هواء متجددة بصورة كافية للفراغات المغلقة دون الحاجة لاستخدام وسائل ميكانيكية أو التقليل منها، حيث أنه من الصعب الوصول إلى تصميم ناطحة سحاب تعتمد بصورة كلية على التهوية الطبيعية، لكن من الممكن الوصول إلى نظام تهوية مختلط يستخدم كلا من التهوية الطبيعية والصناعية للوصول إلى أكبر قدر من التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى (11). وتنشأ التهوية الطبيعية نتيجة دخول الهواء وتحركه داخل الفراغات المختلفة للمبنى، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق خلق مناطق ضغط مرتفع يتحرك منها الهواء إلى مناطق أخرى ذات ضغط منخفض.

ويمكن التحكم فى التهوية الطبيعية فى ناطحات السحاب عن طريق عدة إجراءات منها :

- ♣ التوجيه الأمثل لفتحات المبنى بحيث تكون مواجهة لإتجاه الرياح السائدة فى المنطقة (11).

- ♣ مراعاة استخدام الفتحات المتقابلة (cross ventilation) لتحريك الهواء خلال الفراغات الداخلية من خلال الاختيار الملائم لمواقعها سواء في المسقط الأفقي أو في القطاع الرأسي، كما إن عمل فراغات رأسية تقسم المبنى على أقسام تساعد على زيادة تأثير التهوية على الفراغات الداخلية للمبنى (11).
- ♣ مراعاة التصميم الداخلي الجيد للقواطع الداخلية واختيار مواقعها بعناية بحيث لا تعترض حركة الهواء، وتعد الفراغات ذات المساقط الحرة المفتوحة (Open spaces) أحد الحلول المعمارية التي تساهم في تحفيز إنسياب الهواء داخل الفراغات وتقلل من استخدام وسائل التهوية الميكانيكية (23).
- ♣ استخدام منشآت التهوية الطبيعية كملاقف الهواء (Wind Catchers) وأبراج الرياح (Wind Towers) وغيرها من الحلول التقليدية الذكية للحصول على تأثير التهوية المفضلة وتقليل الحاجة للتهوية الصناعية (11).
- ♣ يمكن استخدام بعض النظم الحديثة في التهوية الطبيعية كنظام السقف المشع ونظام التهوية تحت الأرضية (14).
- ♣ يمكن تحقيق التبريد الإنشائي عن طريق الفتحات المتقابلة في الأدوار، وهي وسيلة تعمل على تبريد المنشأ عندما تكون درجة الحرارة الداخلية أعلى من درجة الحرارة الخارجية (11).



شكل 17: الأساليب المختلفة للتهوية الطبيعية في المباني مع تغيير أماكن الفتحات

5-3-1-6 الإضاءة الطبيعية:

الإضاءة الطبيعية هي وصول ضوء النهار الطبيعي إلى أجزاء المبنى بمستوى إضاءة مناسب للأنشطة التي تؤدي داخل الفراغات المختلفة، وبالتالي عدم الحاجة إلى استخدام وسائل صناعية في الإضاءة أثناء فترات النهار (14)، حيث تعتبر الإضاءة الصناعية أحد العوامل الرئيسية لارتفاع معدل استهلاك الطاقة (4)، ويمكن أن تحقق أنظمة الإضاءة الطبيعية معدل توفير في نفقات استهلاك الطاقة يتراوح ما بين 30% و 70% شرط الاستفادة من أجهزة الإضاءة الصناعية بشكل جيد (18). وينتج عن نظم الإضاءة الصناعية حرارة متولدة تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الفراغات الداخلية، مما يسبب زيادة ملحوظة في معدلات استهلاك الطاقة في عمليات التبريد (23).

ويمكن التحكم في الإضاءة الطبيعية في ناطحات السحاب عن طريق عدة إجراءات منها :

- ♣ تقليل عمق الفراغات المعمارية نسبة إلى طولها المواجهة للإضاءة مما يؤدي إلى معدلات أعلى للإضاءة الطبيعية في الفراغات (18).
- ♣ يمكن تبني نظم الإضاءة الطبيعية الجديدة التي تؤدي إلى توفير أمثل للطاقة عن طريق السماح بدخول ضوء النهار الطبيعي دون دخول الحرارة والأشعة فوق البنفسجية من الشمس، حيث يؤثر نوع الزجاج المستخدم في الواجهات ومسطح الفتحات على مستويات الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات (18).
- ♣ يؤدي استخدام نظام المعتمات الإلكترونية في الواجهات إلى الوصول إلى مستويات ثابتة للإضاءة في الفراغات الداخلية ويقلل من الزيج والإبهار (18).
- ♣ يؤدي استخدام نظام حساسات الحركة، والذي يقوم بالتحكم في مستوى الإضاءة في المناطق قليلة الإشغال، إلى خفض كبير في معدلات إستهلاك الطاقة في الإضاءة الصناعية (23).
- ♣ يمكن استخدام نظم الإضاءة الطبيعية الحديثة التي تعيد توجيه ضوء الشمس إلى الأماكن المطلوبة، وذلك عن طريق آليات بصرية متقدمة تعمل على انعكاس وانكسار داخلي لضوء الشمس، بما يحقق أقصى إستفادة من ضوء الشمس (18).



شكل 18: الإضاءة الطبيعية في ناطحات السحاب

5-3-1-7 تصميم المصاعد:

تمثل المصاعد المستهلك الأكبر للطاقة في ناطحات السحاب، حيث تستهلك المصاعد نسبة قد تصل إلى 40% من الإستهلاك الإجمالي للطاقة في ناطحات السحاب (13). ويمكن التحكم في استهلاك المصاعد للطاقة في ناطحات السحاب عن طريق عدة إجراءات منها:

- ♣ يمكن عن طريق تكامل حركة المصاعد مع نظام إدارة المبنى الذكي وضع إستراتيجيات لإبقاء حركة عربة المصعد فعالة بقدر الإمكان مما تقلل من 20-25% من أعداد المصاعد المطلوبة (19).
- ♣ يمكن استخدام برامج حديثة للتحكم في حركة المصعد تعمل على توحيد اتجاه الحركة فعندما تتجه العربة للنزول لن تقوم بالإرتفاع من أجل أي شخص يريد الإرتفاع مما يحقق توفير وفعالية كبيرة في الطاقة (19).
- ♣ تقوم برامج أكثر تطوراً بأخذ أنماط حركة الركاب ومعرفة أي طوابق لديها طلب أكثر وفي أي وقت من اليوم وتقوم بتوجيه عربات المصعد وفقاً لذلك (19).

- ♣ في نظام العربات المتعددة للمصاعد يقوم المصعد بتوجيه عربات فردية اعتماداً على موقع العربات الأخرى من أجل تحقيق أفضل توزيع لعربات المصاعد (19).
- ♣ أن تحتوى أنظمة المصاعد على أداة إحساس بالحمولة موضوعة في أرضية عربة المصعد التي تقوم بإخبار النظام عن مدى إمتلاء عربة المصعد وإذا كانت الحمولة قريبة من قدرة المصعد على الإستيعاب فلن يقوم النظام حينها بالتوقف لصعود أي راكب إضافي حتى ينزل بعض الركاب من المصعد (19).
- ♣ إستخدام نظام لا يعتمد على الضغط على الأزرار للركوب في المصعد ولكن يتم القيام بإدخال طلب لطابق معين فيقوم الحاسوب إستناداً إلى موقع وطريق عربات المصعد بإخبار الركاب عن المصعد الذي سيقلهم إلى وجهاتهم (19).

2-3-8 إستغلال مصادر الطاقة المتجددة:

وهي تشتمل على النظم الفوتوفولتية وتوربينات الرياح:

3-8- 1-2 النظم الفوتوفولتية:

هي أحد تقنيات الطاقة الشمسية النشطة التي تنتج الطاقة الكهربائية بشكل مباشر من الخلايا الفوتوفولتية (16) التي تطلق على الخلايا التي تستطيع تحويل الإشعاع الشمسي الساقط على سطحها إلى طاقة كهربائية (14). ويمكن إستغلال الخلايا الفوتوفولتية في ناطحات السحاب لتوليد الطاقة عن طريق عدة إجراءات منها:

- ♣ يمكن إستخدام الخلايا الفوتوفولتية (PVs) على الغلاف الخارجي لناطحة السحاب على الجهات التي تتعرض بصورة أكبر لأشعة الشمس، كالواجهات الغربية والجنوبية، لإستغلال النسب المرتفعة للإشعاع الشمسي تلك الجهات (10).
- ♣ يمكن إستخدام النظم الفوتوفولتية المدمجة (BIPV) وهي أن تكون الخلايا الفوتوفولتية جزءاً متكاملًا من غلاف المبنى، حيث تؤدي هذه الواجهات الوظيفة الثنائية كغلاف للمبنى ومولدات للطاقة (10).
- ♣ يمكن الإستفادة من بعض أنواع الخلايا الفوتوفولتية الحديثة مثل الخلايا الشفافة والنصف شفافة وإستخدامها بدلاً من الزجاج في واجهات ناطحات السحاب (10).



شكل 19: النظم الفوتوفولتية في ناطحات السحاب

8-3-2 توربينات الرياح:

توفر طاقة الرياح العديد من المزايا البيئية والاقتصادية، حيث تعتبر من الطاقات النظيفة التي لا تسبب تلوثاً للبيئة ولا ينتج عنها انبعاثات جوية أو غازات على عكس محطات الوقود الأحفوري والتي ينتج عنها انبعاثات ضارة بالبيئة (16)، كما تعتبر من أقل تقنيات الطاقات المتجددة سعراً اليوم، حيث سمحت التكنولوجيا في هذا المجال باستخدام توربينات الرياح وإدماجها في المبنى بشكل متكامل مع التصميم المعماري للمبنى. ويمكن استغلال توربينات الرياح في ناطحات السحاب لتوليد الطاقة عن طريق عدة إجراءات منها:

- ♣ تسبب الرياح تراكماً كبيراً للضغط الموجب على الجانب المواجه للرياح من المبنى، مما يؤدي إلى حدوث الدوامات حول جوانب وفوق قمة المبنى مما يخلق فرقاً كبيراً في الضغط السالب على الجانب المواجه لهبوب الريح على المبنى (10)، وهو ما يمكن استغلاله في وضع توربينات في هذه المناطق.
- ♣ يمكن خلال عمل فتحات في المبنى السماح للهواء بالمرور خلال المبنى، ويسبب ذلك تناقص فارق الضغط بين مقدمة ومؤخرة الواجهة، وتزداد سرعة الرياح في هذه الفتحات بصورة كبيرة مقارنة بسرعة الرياح في المنطقة، حيث يمكن بوضع توربينات الرياح في هذه الفراغات توليد طاقة أكبر بكثير من وضعها في أي مكان آخر في المبنى (15).



شكل رقم 20 : توربينات الرياح في ناطحات السحاب

9- النتائج والتوصيات :

♣ النتائج:

- من خلال الدراسة تتضح أهمية اللجوء إلى الأساليب والطرق التي تساعد في خفض إستهلاك الطاقة في المباني بشكل عام وفي ناطحات السحاب بشكل خاص، وذلك بسبب الإستهلاك اليومي الضخم لتلك المباني للطاقة.

- تم التوصل إلى مدخل متكامل لخفض استهلاك الطاقة في ناطحات السحاب يشمل دراسة النظام التصميمي المتكامل لناطحات السحاب بالإضافة إلى اقتراح استراتيجية لخفض استهلاك الطاقة بناطحات السحاب تشمل ترشيد طاقة التشغيل إلى جانب إستغلال مصادر الطاقة المتجددة، ومنها تم دراسة الأساليب والطرق المستخدمة لخفض استهلاك الطاقة بناطحات السحاب.

♣ التوصيات:

مما سبق توصى الدراسة بما يلي :

- ضرورة العمل على ترشيد إستهلاك طاقة التشغيل في ناطحات السحاب عن طريق استغلال المصادر الطبيعية كالتهووية الطبيعية والإضاءة الطبيعية.
- ضرورة استخدام التقنيات المعمارية السالبة كالأفنية المفتوحة وغيرها من الأساليب التي تساعد على خفض استهلاك طاقة التشغيل في المباني.
- ضرورة الإهتمام بالتصميم الداخلى والخارجى وضرورة الإهتمام بكافة التفاصيل المعمارية التي تساعد على خفض استهلاك الطاقة لناطحة السحاب بما يحقق أقصى ترشيد لإستهلاك الطاقة.
- ضرورة العمل على استغلال مصادر الطاقة المتجددة في توليد الطاقة في ناطحات السحاب لأنها تعتبر مصادر نظيفة لإنتاج الطاقة ليس لها أى تأثير سلبي على البيئة المحيطة.

المراجع

- 1- Ken Yeang, "The Skyscraper Bioclimatically Considered", John Wiley & Sons (1998).
- 2- Ken Yeang, "Reinventing the Skyscraper - A Vertical Theory of Urban Design", John Wiley & Sons (2002).
- 3- Adrian Smith, "Toward A Sustainable Future", Images Publishing (2007)
- 4-Will Pank, Maunsell Ltd, "Tall Building and Sustainability report", corporation of London march (2002).
- 5- Ken Yeang, "The Green Skyscraper - The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings", Prestel Verlag; (2000).
- 6- Ken Shuttleworth, " Form and Skin: Antidotes to Transparency in High Rise Buildings", CTBUH 8th World Congress (2008).
- 7- Peter Land, "Innovations in Sustainability at Height", CTBUH 8th World Congress (2008).
- 8- Philip Oldfield, Dario Trabucco, "Five Energy Generations of Tall Buildings", CTBUH 8th World Congress (2008).
- 9- Mir M. Ali and Paul J. Armstrong, "Overview of Sustainable Design Factors in High-Rise Buildings", CTBUH 8th World Congress (2008).
- Roger E. Frechette, PE, LEED-AP1 and Russell Gilchrist 10
"Towards Zero Energy" CTBUH 8th World Congress (2008).
- 11- D W Etheridge and B Ford, "Natural ventilation of tall buildings – options and limitations", CTBUH 8th World Congress (2008).

- 12- Ken Yeang, **"Ecoskyscrapers and Ecomimesis: New tall building typologies"**, CTBUH 8th World Congress (2008).
- 13- Alistair Guthrie **"Tall Buildings Sustainability from the bottom up "** CTBUH 8th World Congress 2008.
- 14- Gordon Gill, **" A Tall, Green Future"**, The Structural Design of Tall and Special Buildings Journal. 17, 857–868 (2008).
- 15- Peter Irwin, John Kilpatrick, Jamieson Robinson and Andrea Frisque, **"Wind and Tall Buildings: Negatives and Positives"**, The Structural Design of Tall and Special Buildings Journal. 17, 915–928 (2008).
- 16- Luke Leung and Peter Weismantle, **"Sky-Sourced Sustainability -The Potential Environmental Advantages Of Building Tall"**, The Structural Design of Tall and Special Buildings Journal. 17, 929–940 (2008).
- 17- Antony Wood, **"Sustainability: A New High-Rise Vernacular?"**, The Structural Design of Tall and Special Buildings Journal. 16, 401–410 (2007).
- 18- Dong-Hwan Ko, Mahjoub Elnemeiri and Raymond J. Clark, **"Assessment and Prediction of Daylight Performance in High-Rise Office Buildings"**, The Structural Design of Tall and Special Buildings Journal. 17, 953–976 (2008).
- 19- Harri Hakala, **"Energy-Efficient Elevators for Tall Buildings"**, CTBUH 6th World Congress 2001.
- 20- Janson Pomeroy, **"The Skycourts"**, CTBUH journal tall building design, construction and operation, 2009 issue 1 page 35.
- 21- Philip Oldfield and Dario Trabucco, **"An Overview of Historical Factors Affecting Tall Building Energy Consumption"**, CTBUH journal tall building design, construction and operation, 2008 issue 3 page 42-43.
- 22- David Jones, **"Architecture and The Environment"**, Lawrence King Publishing London.
- 23- رشا محمود جابر مرسى، **"مفاهيم الحفاظ على الطاقة وانعكاساتها على التصميم المعماري"** رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط (2007).
- 24- نوبى محمد حسن، **"التصميم الإجتماعى للمجمعات السكنية العالية"**، بحث منشور، مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، المجلد 30، العدد 3، يوليو، (2002).
- 25- خالد سليم فجال، **"العمارة البيئية المعاصرة"** مؤتمر الأزهر الهندسى الدولى الثامن، ديسمبر (2004).