مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (5) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (5) 2012

أسس تصميم الإضاءة النهارية للمكاتب

الدكتورغسان بدوان *
رؤى شحود **

(تاريخ الإيداع 14 / 12 / 2011. قُبِل للنشر في 8/ 5 / 2012)

□ ملخّص □

يعدّ بعض المعماريين تصميم الإضاءة النهارية في المكاتب على أنه قضية فهمٍ وخبرةٍ بشكلٍ عامٍ ويأتي كنتيجة لتصميم الواجهات والفتحات إذ يتم تعويض نقص الإضاءة النهارية باستخدام الإضاءة الاصطناعية كحل آمن ومكمل، ومع الاهتمام والوعي بتوفير الطاقة وحماية البيئة وإدراك أهمية الراحة البصرية وانعكاسها على مردود العاملين، أصبح تصميم الإضاءة النهارية أكثر أهمية وعلمية ومهنية .لأنها تؤثر العديد من الاعتبارات التصميمية للضوء على المبنى من ناحية الشكل والمظهر. وربما المحدد التصميمي الأكثر أهميةً عند تطبيق استراتيجيات الإضاءة النهارية يعتبر هندسة جدران المبنى والسقف والأرضيات والنوافذ والعلاقة فيما بينها، وهي مهمة لفهم العلاقات الهندسية وفقاً لوظائف الإضاءة، بالإضافة إلى فهم العلاقات الكمّية التي ترافق الأشكال الهندسية المتنوعة.

يتوجب على المصممين التعامل مع الإعدادات وقياس النتائج قبل أن يفهموا بشكلٍ ملائم العلاقات الكمية. يمكن تحقيق هذا عبر اختبارات النموذج، محاكاة الحاسب، أو كليهما. وسيتناول هذا البحث أهمية الإضاءة النهارية وتأثيرها في إنتاجية العاملين في أبنية المكاتب والأسس المعتمدة في تصميم الإضاءة النهارية لأبنية المكاتب.

الكلمات المفتاحية : الإضاءة النهارية– عناصر التصميم، الطاقة .

* أستاذ – قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية– جامعة دمشق– سورية .
** طالبة ماجستير – قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية– جامعة دمشق– سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (5) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (5) 2012

Day Lighting Design Principles For Offices

Dr. Ghassan Bedwan*
Roaa Shahoud**

(Received 14 / 12 / 2011. Accepted 9 / 5 / 2012)

□ ABSTRACT □

Some Architects consider the day lighting design in Offices is a matter of understanding and skill in general and is a consequence of designing the facades and openings, and the lack of natural lighting is supplemented by using artificial lighting as a safe and additional solution, putting in mind the issues of energy saving, environment protection, the importance of visual comfort and its effect on the workers' productivity, day lighting design became more important, scientific and professional. Many lighting design aspects affect the shape and appearance of the building. The most important designing determiner in applying day lighting strategies is the geometry of walls, ceiling, floors, windows and the relation between them, and they are important to understand the geometric relations according to lighting functions, in addition to understanding the quantitative relations that accompany the various geometric shapes.

The designers should deal with the arrangements and measure the results before they understand the quantitative relations. This can be achieved by model testing, computer simulation, or both of them.

This research is going to study the importance of day lighting and its effect on workers' productivity in offices' buildings and the adopted principles in designing the day lighting of offices' buildings.

Key words : Day lighting, Design elements, Power .

*Professor, Architectural Design, Faculty of Architecture, Damascus University, Damascus, Syria.
**postgraduate Student, Faculty of Architecture, Damascus University, Damascus, Syria.

مقدمة :

تعدّ الإضاءة النهارية ميزة تصميمية تخلق مناخاً مبهجاً ومحفزاً ايجابياً للعاملين في أبنية المكاتب. إذ تحقق الإضاءة النهارية ربطاً مباشراً مع البيئة الخارجية ويسبب انتشارها تفاعلا حيويا لبيئة المكان، ولأن تغيرات مستويات الضوء الطبيعي ملحوظة يتحقق لدينا تنوع بصري فريد وغني ومكان محفز وأكثر راحة وطمأنينة .

يمكن أن نصف التصميم الأمثل للإضاءة النهارية بالسهل الممتنع فهو ليس مجرد نوافذ أو مناور كبيرة بل هو تصميم دقيق يشكل توافقية حكيمة في استراتيجيات التصميم التي تراعي الكسب الحراري أو فقده، والوهج أو السطوع ، وتنويع تدفق الحزم الضوئية واختراقها المباشر لقلب المبنى ويجب ان يراعي التصميم تفاصيلاً عديدة كطرق تشكيل الظل، والمواد الزجاجية، والسطوح الداخلية، والانعكاس على مقياس كبير، وبالتالي فان التصميم الناجح هو التصميم الذي يحصل على ما يكفي من الإضاءة النهارية ويتجنب تأثيراتها المحتملة غير المرغوبة بآن واحد .

المشكلة البحثية :

إن تصميم الإضاءة النهارية لأبنية المكاتب دون الاعتماد على أسس ومعايير مدروسة سيؤدي إلى فقدان الكثير في سلامة نظام الإضاءة، ومن ثم راحة المستخدم وانتاجيته. ولاحقا تكون توفيرات الطاقة والتقدم البيئي محدودة ان لم تكن معدومة .

وتكمن أهمية حل المشكلة البحثية لما يخلقه استخدام الاضاءة النهارية المدروس جيدا من مناخ مبهج ضمن المبنى ومنتجا للناس . كما يؤمن ضوء النهار رابطاً مباشراً إلى البيئة الخارجية وينقل التوزيع الديناميكي بحيث يخلق اعتدال رقيق وغير ملحوظ في مستويات الاضاءة، وبالتالي غنى بصري يخلق بيئة محفزة وأكثر راحة بالإضافة إلى تقليل استهلاك الطاقة الإجمالي .

أهمية البحث وأهدافه:

تتلخص أهمية البحث في التأكيد على:

1. أهمية استخدام الإضاءة النهارية في أبنية المكاتب،
2. دراسة الأساليب التي تتيح الحصول على اكبر قدر ممكن من الضوء الطبيعي داخل المبنى، وذلك لدوره الأساس والفعال في تحفيز العاملين وبالتالي زيادة مردود الإنتاج،
3. إمكانية الحصول على إستراتيجية محددة بعدة نقاط تلخص أسس تصميم الإضاءة النهارية داخل أبنية المكاتب واعتمادها كحل تصميمي يساعد في الاستفادة من الإضاءة النهارية وبالتالي التوفير في استهلاك الطاقة .

منهجية البحث:

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي في دراسة نظرية لأهمية الإضاءة النهارية وتأثيرها في إنتاج العاملين في أبنية المكاتب واستعراض أنظمة الإضاءة النهارية وعناصر التصميم ، ومن ثم على المنهج التحليلي لنموذج من أبنية المكاتب للوصول إلى أهم النقاط المعتمدة في تصميم الإضاءة النهارية .

الدراسة النظرية للإضاءة النهارية :

الإضاءة النهارية :

تعدّ الإضاءة النهارية الشرط الأساسي لتحقيق عمارة حقيقية متكاملة الأبعاد وبدونها لا يمكن تحديد الأبعاد المعمارية ولا يمكن خلق الفراغ المعماري السليم لحياة الإنسان وعمله، وبشكل عام يجب أن يحقق تصميم المبنى شروط الإضاءة النهارية التي تؤدي إلى الاستقرار النفسي والإحساس الطبيعي دون الحاجة إلى استخدام الإضاءة الاصطناعية نهاراً أو استخدامها كعامل مساعد على أضيق نطاق ممكن، ويعتبر(لويس كان):الضوء ليس فقط الذي يجعل الأشياء تظهر من حولنا لكنه الجوهر نفسه الذي يحتوي القوانين النهارية المعروفة أو المجهولة".[1]

إن الحاجة لإدخال ضوء الشمس أمر بغاية الأهمية ، ويجب على المعماري أن يعتبرها كأول مطلب في تخطيط الموقع و المبنى مراعياً الضوابط المطلوبة لهذه الغاية .

أهمية الإضاءة النهارية :

تكمن أهمية الإضاءة النهارية بما تمتلكه من تنوع يضفي حيوية ونشاط ويساعد على التحفيز في العمل .

الشكل (1) يوضح الحيوية التي يضفيها ضوء النهار للداخل المصدر[2]

1. **التغير/ التنوع للإضاءة النهارية :**

إن المظهر الأكثر وضوحاً والأكثر أهميةً للإضاءة النهارية هو المقدرة على التغير، المؤدي إلى تنوع لا متناهٍ في مظهر الداخل المضاء نهاراً. الشكل (1) هناك عملية طبيعية في التجديد في العمليات الضوئية الكيميائية للعين مع تكيفها لتتناسب مع التغيرات في ضوء النهار. [2] أولاً هناك تغير طبيعي من النهار إلى الليل، والحاجة لاستخدام المصادر الاصطناعية عندما يذوي ضوء النهار. ومن ثم هناك تغيرات مترافقة مع تغيرات الطقس، من الأيام المشمسة الساطعة إلى الأيام المعتمة والغائمة أو الماطرة. يترافق بشكلٍ وثيق مع التغيرات في الطقس تلك التغيرات في الموسم، من ثلج الشتاء إلى سطوع شمس الصيف، وستكون لكل فصل خاصيته، التي نتكيف معها كبشر بطريقتنا الخاصة، ولكن ما هو مهم هو أن العالم في الخارج كما نختبره عبر النافذة، يؤمّن المعلومات الضرورية عن التنوع في الخارج، وسيقود إلى تغيرات جيدة في المظهر الداخلي للمبنى. [3] في مباني المكاتب إذ يميل الناس للبقاء في المناخ نفسه طيلة اليوم، إن كان العمال بعيدين جداً عن النافذة، مع تراجع تأثير الضوء الطبيعي، لذا فقد ينشأشعور بعدم الرض، وعندما أدركت الإدارة هذا، وضمنت أن كل أجزاء يوم العمل، مثلاً خلال استراحات القهوة أو فترة الغداء في المكتب، لابد أن يكون هناك توفير الإضاءة النهارية، وتغيراً في البيئة.[4]

2. **توجيه المبنى :**

يجب الأخذ بأهمية توضع المبنى في الموقع وتوجيهه منذ بداية التصميم ، ويكون الهدف ضمان التوافر الأقصى للضوء الطبيعي المفيد للفراغ الداخلي. وقد يكون هذا بالطبع تقييداً قاسياً حيث يتم وضع المبنى في نمط شارع محدد، أو حيث يكون هناك معيقات خارجية صعبة، ولكن حتى في هذه الظروف، يجب التفكير بالاستخدام الأفضل للإضاءة النهارية المتوافرة التي تناسب الحاجات الوظيفة الداخلية.

سيكون لكل مخطط معماري احتياجاته الخاصة في التوجيه، ويكون لهذا أهمية كبيرة إذ تكون الوظيفة الداخلية هي التي تفرض على العاملين والمستخدمين الجلوس في وضعية ثابتة، كما هو الحال في أبنية المكاتب.

3. **أهمية الإطلالة :**

الشكل (2) يوضح إطلالة جميلة يتخللها ضوء النهار
المصدر[2]

إن الإطلالة من النافذة هي التماس مع العالم الخارجي، والتي تؤمّن لنا المعلومات، وتسمح لنا باختبار فترة اليوم، والتغيرات في الطقس، وضوء الشمس والفصول.

تؤمن الإطلالة الحاجة الفيزيولوجية لتكيف العين والتلاؤم مع المسافة، وتؤمّن مركز راحة بصري. ولهذا السبب تكون أية إطلالة أفضل من عدم وجود إطلالة على الإطلاق الشكل (2) ، ولكن ما لم تكن هناك إطلالات إلى مناطق الإضاءة النهارية، سنفتقر لخصوصيات التغيير، التنويع والنمذجة التي ستخبرنا بالمنظر الطبيعي في الخارج.

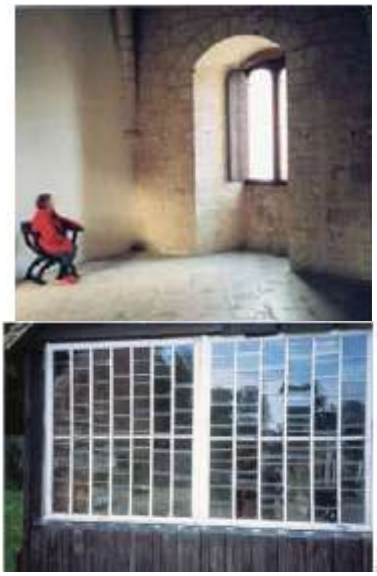
4. **الصحة :**

لقد ترافقت الإضاءة النهارية لفترة طويلة مع الصحة، وفي كتاب الدكتور Hobday، الشمس الشافية، يذكّرنا بعمل Vitruvius في القرن الأول قبل الميلاد مع كتبه العشرة عن العمارة. فقد أكد Vitruvius أنه يتوجب على المعماريين اختيار المواقع الصحية لمبانيهم، وأن التصميم الصحي للمباني يمنع المرض و كان من الواضح أن الموقع الصحي ذلك الموقع الذي يسمح بإدخال الإضاءة النهارية .

إن الإضاءة الضعيفة ونقص أشعة الشمس ستكون مسؤولة عن ما تم وصفه على أنه"الاضطراب المتأثر بالطقس" والذي يؤثر في عدد كبير من الناس في فترات معينة من السنة نتيجة نقص أشعة الشمس. وهي ليست مصادفة أنه في حال تقديم الخيار، يفضل الناس العمل خلال النهار، ويختارون التوضع قريباً من النافذة. إن تأثر الطاقم بصرياً نتيجة ظروف العمل السيئة والإضاءة الضعيفة، ستؤدي إلى خفض إنتاجيتهم وقد يقل الناتج إلى حد أكبر بكثير من الكسب الذي قد يحصل من تركيب طاقة إضاءة أكثر كفاءة .[5]

يمكن للإضاءة أن تؤثر في صحة العاملين، وفي حال تصميمها بشكلٍ سيء أو ضعيف قد تسبب الإنارة التوتر وتؤدي إلى أشكال متنوعة من تعب العيون، والشقيقة، والصداع، والأعراض الأخرى المعروفة بأنها متلازمة مرض المباني. المبدأ الفعال لإنارة مكان العمل، الذي يهتم قليلاً براحة المستخدم، يمكن أن يصبح غير فعال.

عناصر التصميم :



الشكل (3) يوضح أشكال بعض النوافذ
المصدر [6]

1. **النوافذ:** النافذة هي فتحة في الجدار أو في جانب المبنى تسمح بإدخال الضوء وغالباً الهواء إلى الداخل. وتقسم النوافذ بشكلٍ عام إلى نوعين رئيسيين، الأول يتم وضع النافذة في جدران المبنى الشكل (3) ، والثاني يتم وضع فتحة الإضاءة في السقف، وتعرف عادةً بالفتحة السماوية.

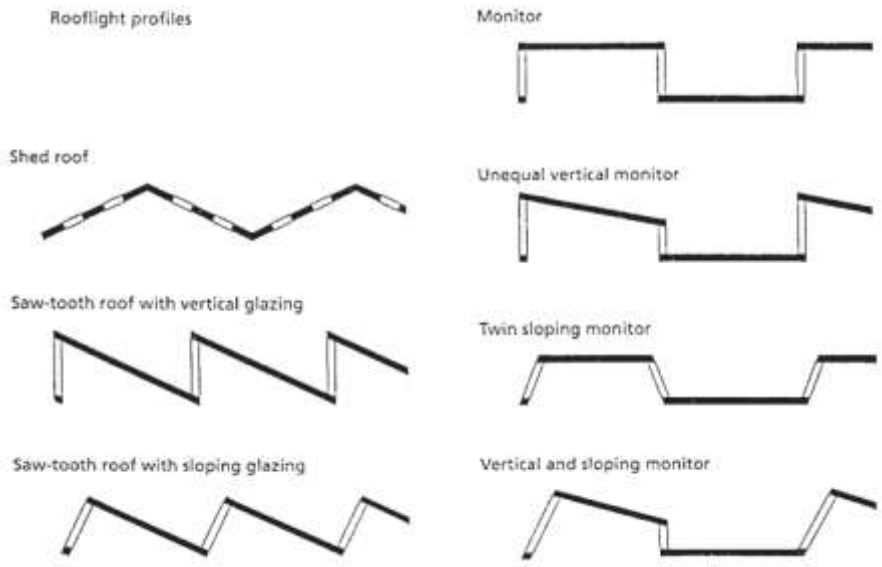
يعتمد اختراق الإضاءة النهارية من النوافذ الجانبية على ارتفاع السقف، وفي مباني العصور المبكرة حيث كانت ارتفاعات السقوف منخفضة، كان اختراق ضوء النهار إلى المباني محدوداً بشكلٍ كبير...

ومع تصميم المنازل المهمة للقرنين السابع عشر والثامن عشر تمت زيادة ارتفاعات السقوف وأصبح بمقدور الإضاءة النهارية الوصول أبعد إلى الداخل. وعموماً، مع زيادة حجم البناء، لم يكن هذا كافياً، وتم تطوير مفهوم الفتحات السماوية لإدخال الإضاءة النهارية إلى الداخل بشكلٍ بعيد عن النوافذ الجانبية.

التطور المنطقي للنافذة الأفقية الممتدة، هو النافذة من الأرض إلى السقف، مع اكتمال التقنية الإنشائية، صار هذا النمط من النوافذ عالمياً في المباني الحديثة مثل المكاتب. [6]

2. الفتحة السماوية (الفتحات السقفية) :

تسمح الفتحة السماوية بدخول الإضاءة النهارية من الأعلى عبر فتحة زجاجية في السقف تحمي الداخل من الريح والطقس. فقد تم إدراك الفتحات السماوية إما كقباب كتلك التي في Chiswick House مع نوافذ عادية في الجوانب تسمح بدخول الإضاءة النهارية، ولكن في القرن التاسع عشر تطورت التقنيات الإنشائية بما يكفي لتسمح بوضع الأقبية الأسطوانية أو القباب الزجاجية بالكامل فوق مناطق من المبنى بعيدة عن الجدران الجانبية وبجوار النوافذ. الشكل (4)



الشكل (4) يوضح أشكال الإنارة السقفية .المصدر [2]

3. الرواق :

"وهو فراغ الإضاءة الداخلي المحاط من جهتين أو أكثر بجدران مبنى، وتضاء نهاراً من سقف من مادة شفافة أو نفاذة للضوء، وأحياناً، من الأطراف المزججة على الجوانب. تسمح بدخول الضوء إلى الأماكن الداخلية الأخرى المرتبطة معها عبر الفتحات المزججة أو غير المزججة.

يعدّ الرواق تطوراً لاحقا للقبة يسمح للإضاءة النهارية بالدخول إلى المناطق المركزية لمنازل كبيرة. تتم تغطية الرواق الحديث بفتحة سماوية مزججة، التي، تقلل قليلاً من كمية الإضاءة النهارية، وتسمح بمراقبة المناخ الخارجي وتمنع المطر، وتسهم في التهوية، وتقليل الحاجة لتكييف الهواء في الوقت نفسه. تعدّ نسب الرواق والمقدرة العاكسة

لسطوح الجدران المحيطة مهمة، وتلك الأروقة التي تكون واسعة في علاقتها مع ارتفاعها، ستعمل بشكلٍ أفضل من الأماكن الأطول والأضيق في ضمان وصول الإضاءة النهارية إلى المستويات الأدنى.

مزايا تصميم الرواق :

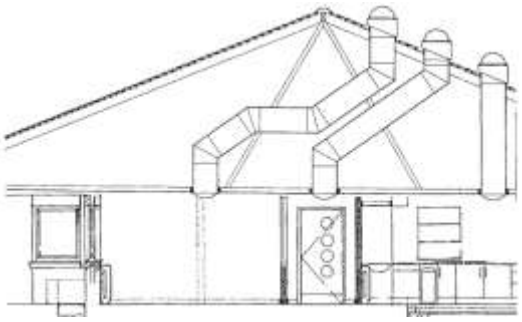
أولاً– المزايا البشرية: بالحصول على الإضاءة النهارية إلى مركز مبانٍ عميقة المخطط، يؤمّن هذا للشاغلين إحساساً بالتوجه، المعلومات بالوقت المحدد، الطقس والعالم الخارجي مع الإحساس بالفراغ والإطلالات الممتدة التي قد تعوّض لنقص الإطلالات الخارجية من المبنى.

ثانياً– المزايا البيئية: توفير الطاقة والمساعدة في مشاكل التهوية، وتقليل الحاجة لتكييف الهواء. وبالاعتماد على الاتجاه وتفاصيل الفتحة السماوية، قد تكون هناك حاجة لبعض التظليل الشمسي.

أنظمة الإضاءة النهارية الإبداعية :

للإضاءة النهارية عدد من التطبيقات التي سنقوم بدراستها :

أ– **المرايا:** هناك العديد من الطرق التي يمكن فيها استخدام تفاعل الضوء أو أشعة الشمس مع السطح العاكس من أجل الانعكاس. حيث توضع المرآة إلى الفتحات الزجاجية في سطح، لتوجيه الضوء باتجاه الداخل. تميل هذه لتكون حلولاً متخصصة حيث يحتاج التحكم بالمرآة إلى نظام تعقب أفقي ... وليس للتطبيق العام.



الشكل (5) مقطع يبين مرور أنابيب الإضاءة خلال السطح لتزود الإضاءة النهارية للغرف في المستوي الأدنى
المصدر[6]

الشكل (6) يوضح توضع فتحات أنابيب الإضاءة في السقف داخل المبنى
المصدر[6]

ب– **التزجيج الموشوري:** المبدأ هو استخدام أساليب تحسين الضوء، بدلاً من عكسه. يمكن تطبيق هذا الأسلوب إلى النوافذ الرأسية، لكنه سيكون أكثر نجاحاً عندما يترافق مع أنظمة الفتحات السماوية، ويكون المثال الجيد هو تطوير المعماري البريطاني ريتشارد روجرز Richard Rogers لسوق السمك Billingsgate إلى مركز حاسب آلي حديث إذ تم عكس الإضاءة الشمسية بعيداً عن الشاغلين ولإزالة التوهج، مع السماح بدخول ضوء النهار إلى المكان في الأسفل.

ج– **رفوف الإضاءة:** تؤمن رفوف الإضاءة الحماية من الظلال الشمسية، و تؤمن إطلالة تحت رف الإضاءة، مع انعكاس الضوء فوقها إلى السقف ليعاد توزيع ضوء النهار عميقاً في الغرفة. ويجب أن ندرك أن رفوف الإضاءة لا تزيد عوامل ضوء النهار في الغرفة، بل تبدل توزعه، مما يساعد في وصول الضوء عميقاً تجاه مؤخرة الغرفة وتحسن الانتظام. يعدّ تركيب رفوف الإضاءة رخيصاً نسبياً، وهي أقل عرضةً للضرر من تلك المستخدمة بشكلٍ خارجي، ولكنها تحتاج تنظيفاً دائما.

د- أنابيب الإضاءة: من بين أساليب الإضاءة النهارية الإبداعية كلها، كان لأنابيب الإضاءة أكثر التطبيقات عالميةً. إنه بالأساس أسلوب فتحات سماوية، التي بواسطة ترابطها مع الأنابيب العاكسة، توجه الضوء إلى مستوى أدنى. وبينما يمكن استخدامها لتوجيه الضوء عبر عدة طوابق، تكون لهذا سيئة توضع الأنابيب عبر السطوح العليا، مما يحجز مساحة مفيدة من الأرضية.[6] الشكلين (5-6) .

الطاقة :

إن الطريقة الأهم لتوفير الطاقة في المباني هي استثمار المصدر الأكثر وفرة المتاح لنا (ضوء النهار). بدأت تقييمات الوعي البيئي لتصميم المباني تدرك أن الإضاءة النهارية (والهواء النقي الطبيعي) هما سلعة مهمة يجب استثمارها بالكامل. وبشكلٍ عام، عندما يسأل الناس، يفضلون أولاً العمل في بيئة منارة بضوء طبيعي. إذ أصبح إدراك متزايد بأن الإضاءة النهارية تنتج تأثيرات إيجابية، من الناحية الفيزيولوجية والنفسية، وبالتالي تساعد على زيادة إنتاجية العمل .

إن أشكال التحكم ضرورية للحد من المستويات الزائدة من الإضاءة النهارية، عندما تصبح متعبة، وخصوصاً في الأيام المشمسة الساطعة. يتوافر مجال كبير من الأجهزة، من الستائر الداخلية البسيطة وغير المكلفة حتى تلك عالية التقنية التي تدار بواسطة الحاسب، والتي تتعقب الشمس. [7]

1. **أجهزة التحكم** :يمكن للإدخال الدقيق لأجهزة التحكم بالإضاءة أن يضمن أنه تم الاستخدام الأقصى للإضاءة النهارية المتوافرة، لذا يتم تقليل كمية الإضاءة النهارية أوتوماتيكياً، عندما لم تعد مطلوبة لتحقيق مستوى التصميم.

يستخدم مصطلح "ربط الإضاءة النهارية"،عند تخطيط وضبط الإضاءة الاصطناعية لدعم الضوء الطبيعي المتاح خلال النهار، لضمان أن مستوى الإضاءة الناتج يحقق مستوى التصميم المرغوب. من التطورات الأكبر في تقنية الإضاءة هي تطور أنظمة التحكم الحديثة، والتي تترافق مع تجهيزات الإنارة التي يمكن أن تتفاعل بخلية ضوئية إلى مستوى الإنارة النهارية المتاح في الخارج، حيث يسمح بالمحافظة على مستوى الإضاءة طيلة النهار، ولكن يقدم توفيراً كبيراً في الطاقة.

يجب أن يكون نظام التحكم ملائماً لإشغال الفراغ، وتم تحديد ما يلي في النشرة التي أصدرتها مؤسسة البحث البريطانية:

- إشغال متنوع. يمضي الشاغلون جزءاً من وقتهم في المكان وجزءاً في مكان آخر، مثلاً، المكتب.
- إشغال مجدول متقطع، مثل غرفة الاجتماعات.
- إشغال كامل، ردهة الاستقبال
- إشغال متقطع، أماكن التخزين.

قبل اتخاذ قرار بخصوص النمط الملائم من التحكم من المفيد تحليل نوع "الإشغال" كما سبق، طالما أن هذا سيساعد في تحديد طبيعة نظام التحكم.[8]

2. **الطاقة الشمسية:**

هناك مظهران مميزان لمسألة علاقة الطاقة إلى طاقة الشمس. أولاً هناك الكسب الحراري من الشمس إلى تلك السطوح من المبنى التي تكون معزولة، في الغالب من جهة الجنوب ولكن مع بعض الإضافات في الشرق والغرب. قد يكون هذا إضافة مفيدة لتسخين المبنى في الشتاء، ولكنها يمكن أن تؤدي إلى فرط تسخين في الصيف، وهو ما يجب التعامل معه.[9]

المظهر الآخر، وهو متعلق بالإضاءة النهارية، عن طريق استخدام الشمس لتوليد طاقة بواسطة الألواح الشمسية أو الخلايا الكهرضوئية.

يوجد أمام صناعة البناء طريق طويلة لتقطعها قبل أن تخلق التقنية المتوافرة للتو تأثيراً مهماً، ولكن مع اقتراب أزمة الطاقة، سيتم إيجاد حلول للطاقة. حيث أن 30% من الطاقة المطلوبة لمباني المكاتب يمكن تأمينها بواسطة الألواح الكهرضوئية، بشرط أن يتم التخطيط لتوجيه المبنى وطريقة تشييده.

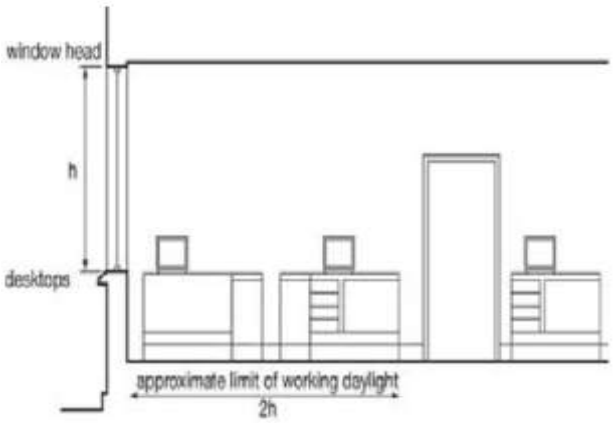
النتائج والمناقشة :

أولا – الدراسة االتحليلية :

إن الأهمية الكبيرة لإستراتيجية الإضاءة النهارية في التصميم المعماري الحديث للمباني جعلها عاملا مفصليا وفعالا فيه، فقد كانت الدراسات المتعلقة بالإضاءة النهارية سابقا محدودة جدا لا تتجاوز أكثر من تقييم اختراق أشعة الضوء الأطراف المنارة من الغرف، وذلك وفق القاعدة القديمة التي تحدد بارتفاع أعلى النافذة الذي بدوره يؤثر على العمق الذي سينفذ إليه الضوء .

وبشكل مبدئي يمكن أن نحدد من خلالها كمية الضوء النهاري النافذ إلى الغرفة وهو ضمن ارتفاع أعلى النافذة. من قبيل ذلك المبنى بارتفاع النوافذ حتى7م يخترق الضوء 14م ومبنى سكني أو تجاري عادي ارتفاع 2.5 متر سينفذ الضوء حتى 5م وعندما يكون له نافذتان متقابلتان سينفذ حتى 10 م .

هذا لا يعني إن كمية الإضاءة النهارية المتاحة عند المسافة 5 متر من نافذة جدارية



الشكل(7)متوسط حدود الإضاءة النهارية الفعالة المصدر [10]

وحيدة ستؤمّن عامل إضاءة نهارية يعدّ ملائماً لعمل المكاتب بالإجمال، بل قد يكون كافياً تأمين 5% من عامل الإضاءة النهارية قريباً من النافذة مع 2% من عامل الإضاءة النهارية في المكان الخلفي، مما يؤمّن إحساساً إجمالياً بالفراغ الذي تتم إنارته نهاراً، وقد يسمح هذا بتوفير كبير في الطاقة إن استطعنا دمج نظام الإضاءة النهارية" مع الإضاءة الاصطناعية. يجب ضبط هذه القاعدة البسيطة لعدد كبير من الأسئلة والضوابط، كالنسبة المئوية للمساحة المغطاة بالزجاج، ما المعيقات الخارجية التي تضعف منظر السماء خارج النافذة، وغير ذلك من عوامل أخرى.

تم تقديم البداية المفيدة للمعماري بنشر دليل الممارسات الجيدة رقم 245، وهو دليل مكتبي للإضاءة النهارية أنتجته DETR من قبل البروفيسور Peter Tregenza في برنامج Best Practice عن كفاءة الطاقة. ويضبط هذا بعدد من "القواعد الأساس"

ويتم تصميم الإضاءة النهارية وفق مراحل مختلفة من مخطط RIBA في العمل. يمكن للمعماريين أن يتعلموا الكثير من المبدأ العام المعتمد في هذا الدليل، في تأسيس اقتراحات تصاميمهم الأولية قبل التحقق من توافق تصاميمهم مع معايير توفير الطاقة في الحاسب .

كما توجد بعض الاعتبارات بحاجة أن تؤخذ بالاعتبار في حال توجب القيام بحساب صحيح لتصورات الإضاءة النهارية الإجمالية وهي :

1. نوع النافذة وإعداداتها.
2. طبيعة الزجاج.
3. محيط النافذة .
4. فيما إن كانت النافذة محجوبة بالمباني المحيطة.
5. كم من المساحة الطابقية لها إطلاله سماوية.

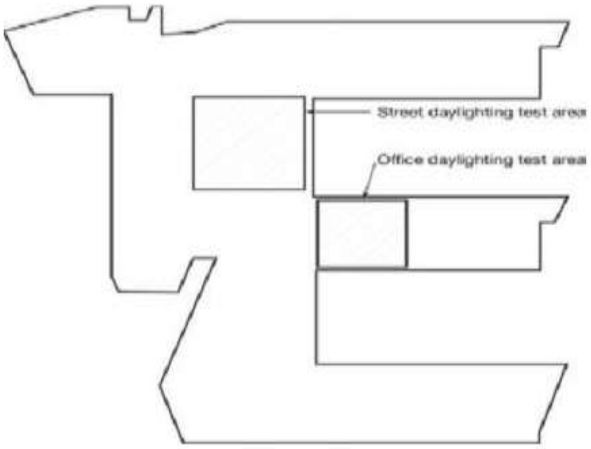
وبناء عليه تصبح النمذجة الفيزيائية من مزايا التصميم. وبما أن عناصر التصميم البسيطة هي جزء من أدوات التصميم، ولها ميزة أنه يمكن تعديلها بسهولة لقبول التغيرات في المقطع والمخطط. فان التبديل في معاملات الانعكاس الداخلية يمكن من تصوير التأثير الداخلي لإظهاره للعميل. مما يضع النموذج تحت سماء صنعية وباستخدام شبكة من الخلايا الضوئية، يمكن استخدام نماذج كهذه على مقياس 20/1 إلى 50/1 لحساب عامل الإضاءة النهاري المتوسط لعمل التغيرات المهمة لتتوافق مع إستراتيجية الإضاءة النهارية، وكبديل بسيط يستخدم كتحقق أولي وضع النموذج تحت منطقة من السماء من دون عوائق تحجب الضوء.

يكون حساب الإضاءة النهارية في مباني المكاتب مرتبطا ب:

1. متطلبات الإضاءة الاصطناعية .
2. المنظومة التي تم تبنيها من أجل مفهوم "ربط الإضاءة النهارية".

فعند حساب مستوى الإضاءة الاصطناعية (DF) الذي نحتاجه خلال النهار، يتأثر هذا الحساب بنسبة ضوء النهار الداخل إلى المبنى ويتم تحقيق هذا التوافق باستخدام أنظمة تحكم متوافرة في الأسواق .

وبدلاً من تعقيد المعلومات في أساليب الحساب المتوافرة في مكان آخر، نضع هنا تقرير تصميمي يعتبر كلاً من الإضاءة النهارية والإضاءة الاصطناعية لمبنى المكاتب الحديث، ليدل على أسلوبي الحساب الحاسوبي والنمذجة الفيزيائية. الشكل (8) .



الشكل (8) مخطط البناء مشيرا لمنطقتي التحليل

1–منطقة الاختبار لضوء النهار في الشارع 2– منطقة الاختبار لضوء النهار في المكتب المصدر [10]

مثال : التقرير الذي يلي هو تقرير عن الإضاءة النهارية لمكاتب مركز عمليات مياه ويسيكس في باث الذي كان المكتب المعماري المسؤول عنه هو Bennetts Associates.

الهدف الأولي لتحليل الإضاءة النهارية التالية هو تقييم إمكانية التصميم لتأمين مستويات ملائمة من الإضاءة الطبيعية.

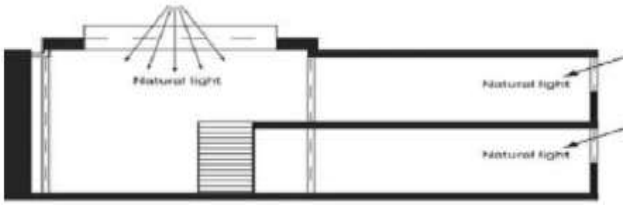
تم تطبيق أسلوبين في الحساب:

الأسلوب 1: السماء الاصطناعية .

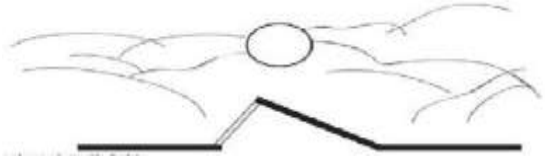
الأسلوب 2: النمذجة الحاسوبية .

الأسلوب 1: السماء الاصطناعية :

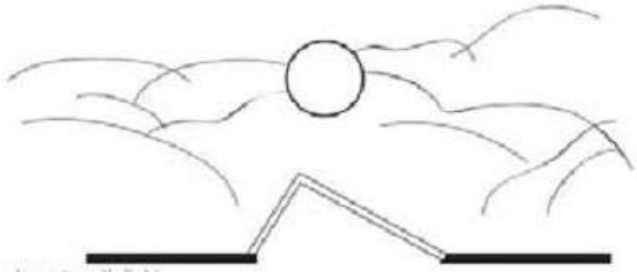
تم استخدام السماء الاصطناعية في مدرسة جامعة باث للعمارة لتنفيذ عدد من اختبارات الإضاءة النهارية على مقاطع المبنى. تتوافق السماء الاصطناعية في الجامعة مع السماء (**CIE**) Commision International dl Eclairageالقياسية المعتبرة لإنتاج سماء متغيرة من 10000 لوكس عند مستوى سطح النموذج. تم تنفيذ الاختبارات لمحاكاة تأثيرات الإضاءة النهارية على عدد من أشكال المباني وإعدادات السطوح.



الشكل (9) مقطع يوضح طريقة دخول الضوء الطبيعي الى المبنى للخيارات الثلاث . المصدر [10]



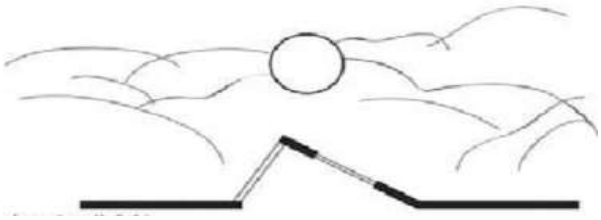
الشكل (10) نموذج a شفافة للضوء الشمالي ومغلقة من الجنوب المصدر[10]



الشكل (11) نموذج b شفافة من الجهتين الشمالية والجنوبية
المصدر[10]

قيم معامل الإضاءة

النهارية وفق Chartered Institution of Building Services Engineers **(CIBSE)** تنصح إرشادات CIBSE بعامل إضاءة نهارية متوسط من 5% وحد أدنى من 2.5% ضمن مناطق المكتبة العامة باستخدام



الشكل (12) نموذج c شفافة للضوء الشمالي وشفافة 50% للجنوب

الحاسب الآلي بشكلٍ يدوي. وقد كانت توصيات CIBSE لمناطق المدخل والاستقبال بشكل وسطي أقل من 2% و0.6 بالحد الأدنى. وتم توقع مستوى متطوراً نتيجة استخدام قاعة المدخل كمصدر إضاءة طبيعية للمنطقة الخلفية من المكاتب المجاورة لقاعة المدخل.

في هذا الاختبار تم اعتماد ثلاثة نماذج من العديد من الأشكال وطبقت عليها دراسة كاملة للإضاءة النهارية وبعد تدقيق وملاحظة النتائج اعتمد النموذج رقم (a) حلا ملائما للأسباب التالية :

1. انتظام أكبر لتوزع مستويات الإضاءة في المكاتب.
2. انخفاض الوهج (السطوع) في المكاتب المجاورة للشارع
3. الحالتين (b) و(c) سببتا زيادة في السطوع خلال بعض الأوقات من النهار .
4. كما تسببت الحالتين (b) و(c) في تجميع شمسي زائد أدى إلى فرط إضاءة في المكان .

النتائج من النموذج أدناه لسماء صنعية:

خيار الشارع 1: المستوى الأدنى :

1. تم قياس عامل إضاءة نهارية بالحد الأدنى من 3% مع حد أقصى 14% لمنطقة المكاتب الأدنى، وكان المتوسط 6%.
2. دلت التحليلات أن عامل الإضاءة النهارية 7% للشارع في مستوى الأرضية، مما ضمن أنه يمكن تحقيق نوعية الإضاءة النهارية الجيدة .

خيار الشارع 1 : المستوى الأعلى : تم قياس عامل الإضاءة النهارية من 4% لمنطقة المكاتب العليا مع حد أقصى 14% عند المحيط، مع متوسط 7.4%.

نتيجة : تكون النتائج مشجعة جداً، وتحقق متطلبات إرشادات GIBS.وكما هو متوقع كانت النتائج من أجل المستوى العلوي أعلى قليلاً. بينما لم تؤخذ القياسات مباشرةً حتى خط الزجاج، كان من المتوقع أن الشكل قد يكون أعلى بقليل عند هذه النقطة.

تظهر مقارنة النموذج عند مستوى الشارع المنخفض مع نتائج الحاسب الآلي اللاحقة توافقاً مقبولاً، متوسط 7% تحت الأضواء الشمالية و4– 12% فوق مكان المكتب.

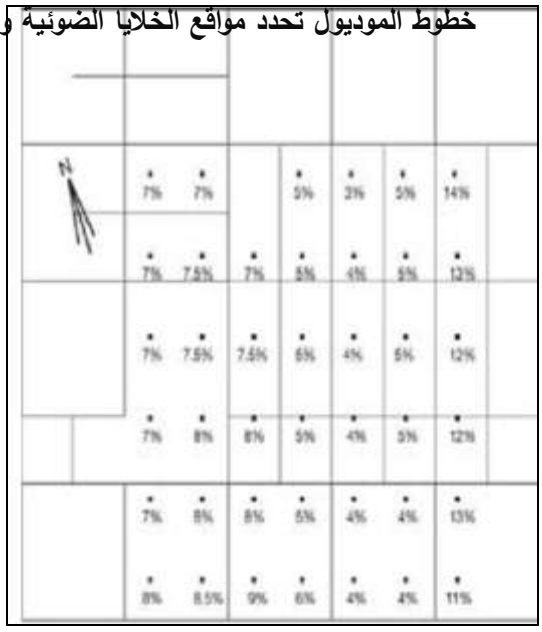
جناح المكتب، المستوى السفلي:

تم قياس عامل إضاءة نهارية بالحد الأدنى من 2.3% لمساحة المكتب السفلي مع حد أقصى من متوسط 4%.

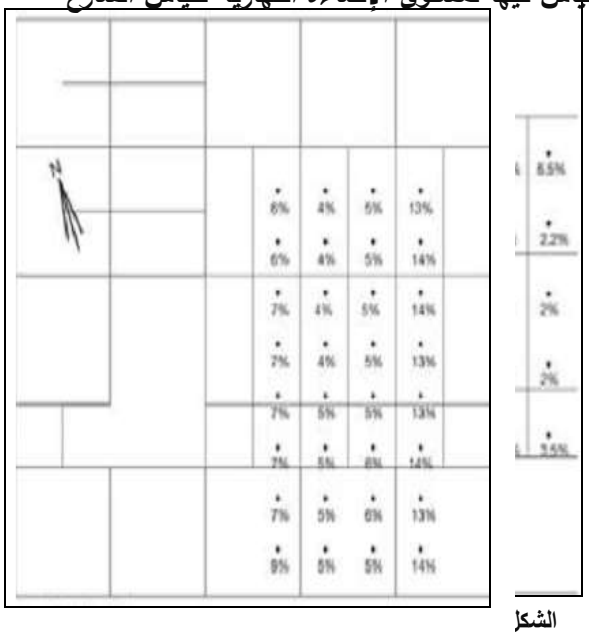
جناح المكتب، المستوى العلوي : تم قياس عامل إضاءة نهارية بالحد الأدنى من 1.9% لمساحة المكتب العليا مع حد أقصى من متوسط 6.8% و متوسط 3.2%.

نتيجة : الأرقام الدنيا والمتوسطة كانت أدنى بقليل من توصيات CIBS، كان السبب الرئيسي هو عناصر التظليل. حيث كان للنموذج عناصر تظليل جنوبية عند مستوى السطح.

خطوط الموديول تحدد مواقع الخلايا الضوئية وقراءات القياس فيها لمستوى الإضاءة النهارية لقياس الشارع



الشكل (14 :مستويات الاضاءة النهارية المقاسة بالخلايا الضوئية لجهة الشارع الشمالية (المستوي السفلي) .



الشكل (15) : مستويات الاضاءة النهاريةالمقاسة بالخلايا الضوئية لجهة الشارع الشمالية (المستوي العلوي)

بالحد الشمالي للمستويين العلوي والسفلي لطابق المكاتب .

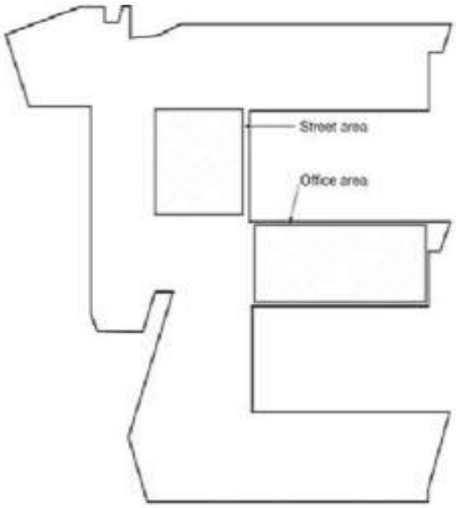
يمكن رؤية تأثير نظام التظليل بزيادة النتائج بين المستويين السفلي والعلوي. يظهر المستوي السفلي تحسناً صغيراً في الأشكال.

بمقارنة دراسات النموذج من نتائج الحاسب الآلي، كانت نتائج الحاسب أعلى بالمحيط. ويجب توقع هذا طالما أن قراءات الحاسب تغطي المستوي الأرضي، بينما دراسات النموذج هي قياسات بقعية فقط. مستوي الحاسب الأكبر من 28% يكون مباشرةً قرب النافذة. وأيضاً، كان لنتائج قياسات النموذج اختزالاً لنسبة 50% للسماح بالتصميم الداخلي، مع فراغ المكتب، الأثاث، المخططات اللونية، التغيرات في الارتفاع، الصيانة وتوصيلات الإضاءة.

الأسلوب 2 النمذجة الحاسوبية: تم القيام بدراسة حاسوبية لتوقع مستويات الإضاءة النهارية ضمن الشارع وجناح المكاتب الرئيس.

افترضت دراسة الإضاءة النهارية معيار سماء صافية CIE

تم القيام بدراسة الإضاءة النهارية مع مساحة الشارع المحددة في الشكل **(16)**.



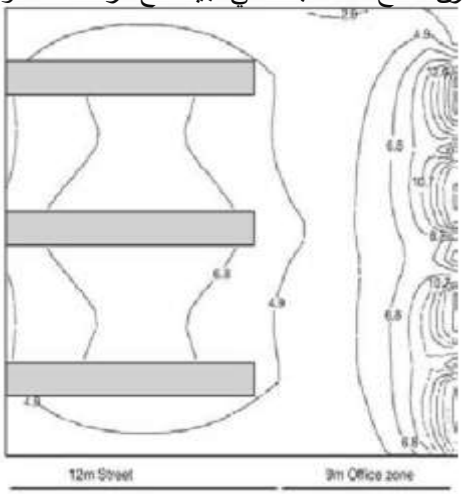
الشكل (16) : مخطط البناء . المصدر [10]

مستوي الشارع السفلي : تم حساب مستوي الإضاءة النهارية الأدنى ليكون 2.5%.

تم حساب عامل الإضاءة النهارية المتوسط ليكون 6.3%. وكما مع منطقة المكاتب المركزية، تكون هذه قيمة جيدة لتحقيق مكان مضاء بشكلٍ رئيس بضوء طبيعي.

تبين أن عامل الإضاءة النهارية الأقصى 22% قريباً من النوافذ.

نتيجة: تقارن نتائج الحاسب الآلي جيداً مع دراسات النموذج.



الشكل (17) خطوط التسوية توضح النسبة المئوية لضوء النهار والمنطقة المظللة فوق الشارع تعيد تقديم الضوء من الشمال عبر السطح المسنن . المصدر [10]

تكون هذه منطقة مهمة من المبنى، إذ يكسب الزوار الانطباع الأول من المبنى. يجب أن يكون المبنى مضاء جيداً، مرحباً، ويبدو طبيعياً من ناحية الإضاءة.

جناح المكتب

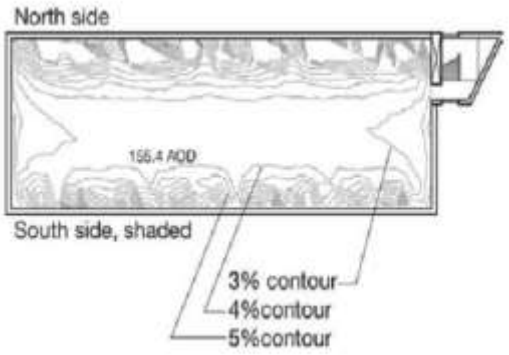
تم حساب عامل الإضاءة النهارية الأدنى ليكون 1.78%. وهذا يقع أدنى من المستويات الموصى بها، ولكنه ينطبق على 2% من مساحة الأرضية.تبيّن أن عامل الإضاءة النهارية المتوسط هو 5.53%. كان المستوى الموصى به للإضاءة النهارية في المكتب هو بين

2.5%و5%. مع التذكير بأن الإضاءة النهارية سترتبط مع الإضاءة الاصطناعية، يكون المستوى المتوسط ملائماً.الشكل (17).

سيسبب المستوى الأكبر من 28% مشاكل انزعاج من التوهج، ولكن هذا يحصل في جوار النوافذ فقط.

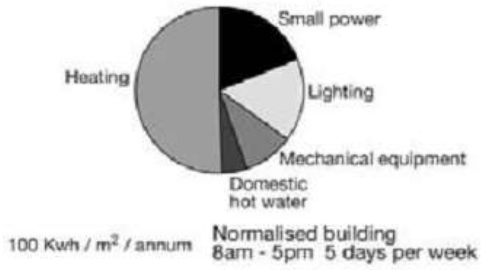
أما الإضاءة الاصطناعية فقد تم حسابها وفق المعايير الآتية :

1. مستوي انارة (300 – 400) لوكس .
2. ارتفاع الغرفة 3.2 م .
3. المسافة بين النوافذ 15 م .
4. استخدام اجهزة انارة بعاكسات شديدة الانعكاس .
5. جسم اجهزة انارة بأقل حجم ممكن لتخفيض كلفة التصنيع .

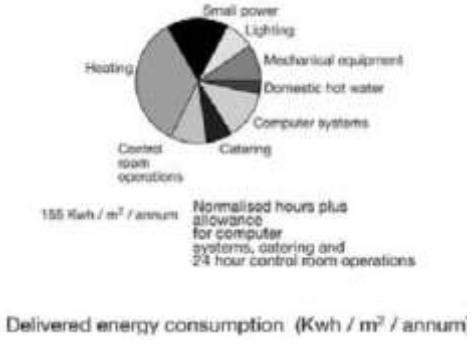


الشكل (18) خطوط التسوية للإضاءة النهارية قيست بالحاسب لطابق المكاتب المتكرر . المصدر[10]

وكانت نتائج الاستهلاك الآتي :



الشكل (19) مخطط الطاقة للمتر المربع لثمان ساعات عمل مع غرفة تحكم 8 ساعات



الشكل (20) مخطط العمل مع أنظمة الحاسب وغرفة تحكم 24 ساعة

الاستنتاجات والتوصيات :

الاستنتاجات:

من المؤكد أن تصميم الإضاءة الاصطناعية هذا سيقدم مستوى الإضاءة الصحيح والمطلوب ضمن مساحات المكتب وربطه مع استخدام الإضاءة النهارية سيحقق وفراً حقيقياً بالطاقة مع إضفاء جمالية وبيئة أكثر فعالية للعمل ومع زيادة دقة التحكم بالشبكة الاصطناعية للإضاءة سيزداد مردود الإضاءة النهارية وبالتالي يمكن أن نضيف مفهوم (الإضاءة النهارية) كعامل مهم وفعال ضمن عوامل التصميم البيئي المتوازن الذي لابد للمعماري أن يفهمه ويعمل على جعله أكثر فعالية وكفاءة .

وعليه يمكن أن نلخص أسس تصميم الإضاءة النهارية بإستراتيجية من أربعة نقاط مع مراعاة العوامل الأخرى لإتمام شمولية تصميم المبنى كما يأتي :

1. يشكل موقع المبنى القرار الأول إن كان في الطبيعة أو في المدينة مراعيا الاتجاه ومسار الشمس والمباني المحيطة القائمة وكذلك الإطلالة .
2. تحدد وظيفة المبنى أبعاد الفراغات الداخلية، وارتفاعها، وتقسيماتها، بما يناسب الاحتياجات الحالية والمستقبلية للشاغلين. من ارتفاع الغرفة الأساس، إلى ضرورة اختراق الإضاءة النهارية للغرفة وعمق الغرفة الإجمالي المرغوب مع مراعاة التكاليف الإجمالية للمبنى .
3. تعد النافذة وتوضعها من الشروط المعقدة في التصميم ، حيث يجب الآخذ بالاعتبار كل الشروط الآتية، مثل شرط الإطلالة، التحكم بالكسب والفاقد الحراري وإزالة التوهج بالإضافة إلى الحاجات الأكثر وضوحاً للرؤية الوظيفية.
4. إن أنظمة التحكم مهمة جدا كتلك الضوابط التي تنسب إلى ظرف خارجي، مثل التحكم بأشعة الشمس وتجنب الوهج، والأخرى المرتبطة بالظروف الداخلية، مثل العلاقة مع الإضاءة النهارية ونظام الإضاءة الاصطناعية، وذلك لتسهيل "ربط الإضاءة النهارية"، وسيكون هذا مهماً للتأثير في توفير الطاقة.

التوصيات :

<u>توصيات عامة :</u>

1. الاهتمام بالإضاءة النهارية كعنصر هام ومؤثر في التصميم المعماري .
2. التوسع بالتعرف على خصائص الإضاءة النهارية وتأثيراتها الايجابية على سلوك ومردود العاملين .
3. مواكبة التطورات الناتجة في مجال الإضاءة النهارية والاستفادة قدر المستطاع من تأثيراتها الايجابية وبالتالي التوفير في الطاقة المستهلكة قدر الإمكان .

توصيات خاصة :

1. تقليل استخدام الطاقة من أجل الإضاءة الاصطناعية في أبنية المكاتب بالاستخدام الذكي لتصميم الإضاءة النهارية .
2. أهمية إتباع الأسس والمعايير المدروسة لتسهيل تصميم الإضاءة النهارية وفق منهجية محددة وفي مراحل متقدمة من عملية التصميم .
3. يجب أن تؤمن النافذة وسطيا 5% من عامل الإضاءة النهارية لجزء مهم من فراغ الأرضية.

المراجع

1. http://www.netlexfrance.info/2007/12/17/louis-kahn-silence-et-lumiere/
2. PHILLIPS, D. Lighting Modern Buildings . Architectural Press ,London , 2000, 233.
3. GANSLANDT, R.؛ HOFMANN, H. Hand book of lighting design .Pertelsmann international group company, Germany , 1992, 289.
4. CIBSE, Society of Light and Lighting. Chartered Institution of Building Services Engineers ، Code of Lighting . Elsevier، Amsterdam، 2002, 118.
5. KARLEN, M.؛ BENYA, J. Lighting Design Basics . John Wiley and Sons, New York , 2004, 171.

6. TREGENZA, P. ; LOE, D. The Design of Lighting . Taylor & Francis, United Kingdom، 2004, 163.
7 .GORDON, G.؛ GREGORY, F. Interior Lighting for Designers .4th ، John Wiley and Sons, New York , 2002 , 285.
8 .BAKER, N.; STEEMERS, K. Daylight Design of Buildings, James (science publishers) LTD, London,2002 , 245.
9. SCHILER, M. Simplified Design of Building Lighting . John Wiley and Sons, New York , 1991، 151.
10 PHILLIPS, D. Daylighting Natural Light in Architecture .Architectural Press, London, 2004, 227.