# التحكم في الإضاءة الطبيعية وطرق استقطابها داخل الفراغات السكنية

**Controlling natural lighting and methods of attracting it within residential spaces**

**منى سيد عثمان بدر عثمان**

مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث، جامعة الأهرام الكندية، القاهرة، mona83art@gmail.com

## ملخص البحث: Abstract

تخضع أجسامنا لإيقاعات الساعة البيولوجية التي تلعب دورًا هامًا في العديد من العمليات الفسيولوجية، والتي تعتمد على إشارات من البيئة الطبيعية، خاصة أثناء التعرض لضوء الشمس، حيث يعد الضوء الطبيعي أمرًا حيويًا في تنظيم تلك الإيقاعات التي تتحكم في عمليات الجسم المختلفة للحفاظ على التوازن النفسي والجسدي الجيد. ولكن يمكن لأنماط الحياة الحديثة أن تعطل هذه الإشارات الهامة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب على النوم والصحة البدنية والعقلية للإنسان، من هنا جاء دور المصمم الداخلي في تعزيز الصحة والرفاهية من خلال التصميم الجيد للإضاءة الطبيعية داخل الفراغات السكنية. في حين أن الإضاءة الصناعية هامة بلا شك وضرورية في كثير من الأحيان، إلا أن التأثيرات السلبية المحتملة التي يمكن أن تحدثها، خاصة فيما يتعلق بأنماط النوم والصحة العقلية والمخاطر الصحية المحتملة من التعرض للإضاءة الصناعية بشكل مستمر، هذا بالإضافة لزيادة المخاوف البيئية مثل زيادة استهلاك الطاقة والتلوث البيئي، جعل المصمم يسعى جاهدًا لتحقيق التوازن بين الإضاءة الطبيعية والصناعية، من خلال تحديد ومعرفة موقع الشمس والتنبؤ بواجهات الفراغ عند بداية التصميم المعماري، مع استغلال الطرق والوسائل التكنولوجية المختلفة لاستقطاب الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ، والتوزيع المنتظم للإضاءة الطبيعية، الذي من شأنه زيادة كمية الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ والاستغناء عن الإضاءة الصناعية أغلب فترات اليوم، وذلك لتحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة.

**أهداف البحث:** تطبيق المعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة في استقطاب الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات السكنية لتحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة.

**منهج البحث**: يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي من خلال الاضطلاع على المشكلة، وتحديد معالمها، وصياغة الفرضيات واستنباط ما يترتب عليها.

**فرض البحث**: تطبيق المعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة في استقطاب الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات السكنية من شأنه زيادة معدلات الإضاءة الطبيعية داخل تلك الفراغات وبالتالي تحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة.

**حدود البحث:** تقتصر حدود البحث على تصميم الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات السكنية.

## كلمات دالة: Keywords

الإضاءة الطبيعية Natural lighting، الفراغات السكنية residential spaces، الاستدامة sustainability

**Paper received May 20, 2024, Accepted July 24, 2024, Published on line September 1, 2024**

## المقدمة: Introduction

تتطلب الحياة العصرية قضاء معظم اليوم في المساحات الداخلية - وفقًا لتقرير صادر عن وكالة حماية البيئة، يقضي الشخص العادي حوالي 90٪ من حياته في الداخل، ونتيجة لذلك، فإن هذا يعني فقدان الفوائد الصحية المرتبطة بالتعرض لأشعة الشمس، مثل امتصاص فيتامين د، وتنظيم إيقاعات الساعة البيولوجية، وارتفاع مستويات الطاقة، وحتى تحسين الحالة المزاجية، وبالتالي، أحد الخيارات هو زيادة مقدار الوقت الذي نقضيه في الهواء الطلق، ولكن نظرًا لأن معظم الوظائف اليومية يتم تنفيذها داخل المباني، فمن الضروري الاستفادة من الإضاءة الطبيعية وإعطاء الأولوية لها في التصميمات الداخلية، ولكن تبقى مشكلة المصمم أن الإضاءة الطبيعية تختلف باختلاف التوقيت والمكان الذي نتواجد فيه، الأمر الذي حاول فيه المصمم البحث عن الوسائل المختلفة للتغلب على تلك المشكلات.

أصبحت الإضاءة الصناعية جزءًا لا يتجزأ من مجتمعنا الحديث، حيث توفر الإضاءة عندما لا يكون الضوء الطبيعي متاحًا أو غير كافٍ. ومع ذلك، من المهم أن نعترف بالجوانب السلبية المرتبطة بها، حيث تميل إلى إنتاج الضوء في نطاق أصغر من الأطوال الموجية مقارنة بأشعة الشمس، التي تحتوي على ضوء عبر الطيف المرئي وغير المرئي، كما لها أيضًا عواقب بيئية واقتصادية كبيرة لا يمكن تجاهلها، مثل استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون، حيث تمثل الإضاءة الصناعية حوالي 15% من استهلاك الكهرباء العالمي، كما تساهم متطلبات الطاقة اللازمة لصيانة الأضواء الصناعية في إحداث بصمة كربونية كبيرة، وتمتد هذه التأثيرات البيئية إلى ما هو أبعد من مجرد انبعاثات الكربون، حيث تشكل مخاطر على صحة الإنسان والنظام البيئي، علاوة على ذلك، لا ينبغي إغفال التأثير الاقتصادي للإضاءة الصناعية، حيث يترجم الاستهلاك العالي للطاقة بشكل مباشر إلى زيادة فواتير الكهرباء (James Gara,2024) .

لذا فقد حرص المصمم في هذا البحث على محاولة الاستفادة القصوى من الإضاءة الطبيعية بالمعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة وذلك لزيادة جلب الضوء الطبيعي داخل الفراغات السكنية بكفاءة، وبالتالي تقليل متطلبات الإضاءة الصناعية وتوفير الطاقة، وتعزيز الرفاهية والمساهمة في خلق مزاج إيجابي.

## أهداف البحث: Research Objectives

تطبيق المعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة في استقطاب الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات السكنية لتحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة.

## أهمية البحث: Research Significance

توفير الإضاءة الطبيعية بالمستوى المناسب داخل الفراغات السكنية من شأنه:

1- تنظيم الإيقاعات التي تتحكم في عمليات الجسم المختلفة للحفاظ على التوازن النفسي والجسدي الجيد، وتعزيز الرفاهية والمساهمة في خلق مزاج إيجابي.
2- الحد من الأضرار التي يتسبب فيها الاعتماد الكلي على الإضاءة الصناعية.
3- تقليل متطلبات الإضاءة الصناعية يؤدي بالتبعية إلى توفير الطاقة وتحقيق مبدأ الاستدامة.

## حدود البحث: Research Limits

تقتصر حدود البحث على تصميم الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات السكنية.

## منهج البحث: Research Methodology

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي من خلال الاضطلاع على المشكلة، وتحديد معالمها، وصياغة الفرضيات واستنباط ما يترتب عليها.

## فروض البحث: Research Hypothesis

تطبيق المعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة في استقطاب الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات السكنية من شأنه زيادة معدلات الإضاءة الطبيعية داخل تلك الفراغات وبالتالي تحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة.

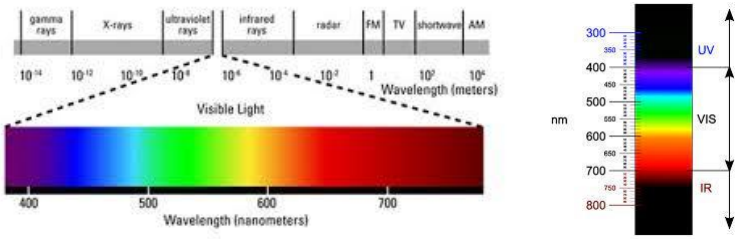
## الإطار النظري: Theoretical Framework

### أولًا: خصائص الإضاءة:

للضوء أهمية كبيرة في تشكيل الحيز الداخلي ، سواء كان طبيعيًا أو صناعيًا حيث أنه بلمعانه وشدته أو تلونه و انعكاسه على العناصر المختلفة المكونة للحيز الداخلي، يملك تأثيرات متعددة تغير من ملامح الحيز عند تغيرها، فتشيع فيه جوًا من البهجة أو إحساسًا بالكآبة، كما تشيع فيه إحساسًا عاماً بالاتساع أو الضيق، بالهدوء والسكينة أو الحيوية الشديدة، كما أن درجة شدته وانتشاره في الحيز بشكل عام متساوي أو تركزه على نقاط معينة، وكذا تلونه بألوان ساخنة أو باردة كلها عوامل تعبيرية مختلفة، لذا يستطيع المصمم الواعي استخدامه في تحقيق الأغراض والاحتياجات المختلفة.

### ما هو الضوء؟

يعرف الضوء بأنه موجة كهرومغناطيسية يبلغ طولها الموجي في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي (380 إلى 700 نانومتر)، أي أن الضوء هو أي موجة كهرومغناطيسية يمكننا رؤيتها بأعيننا Light physics(2024) .



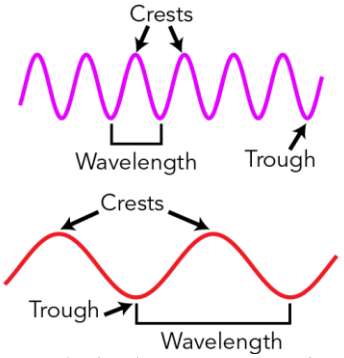

شكل رقم 1 يوضح الطول الموجي للضوء المرئي
https://www.quora.com/How-much-of-the-electromagnetic-spectrum-is-visible

### موجات الضوء:

الضوء له خصائص الموجات، فالأمواج الضوئية لها قمم وقيعان، المسافة بين قمة وأخرى، تسمى الطول الموجي، تردد الموجة هو عدد القمم Crests، أو القيعان Trough التي تمر بنقطة ما في ثانية واحدة، يمكن أن يكون لموجات الضوء أطوال موجية مختلفة، والتي تحدد لون الضوء المرئي الذي يتم ملاحظته.

### سرعة الضوء:

ينتقل الضوء المرئي في الفراغ بسرعة تبلغ حوالي 299792458 مترًا في الثانية (م/ث)، وتعد أسرع حركة يستطيع أي شئ في الكون أن يتحركها، حيث تبلغ سرعة الصوت حوالي 300 م/ث فقط.




شكل رقم 2 يوضح الطول الموجي
https://letstalkscience.ca/educational-resources/backgrounders/light-and-its-properties

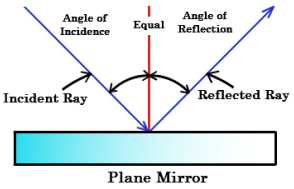
### خصائص الضوء:

ينتقل الضوء في خط مستقيم عندما يقابله أي عائق، أما عندما يقابل الضوء حاجزا شفاف، نصف شفاف، معتم، لامع أو خشن تحدث له تغييرات في الخصائص، وتلك التغييرات هي:

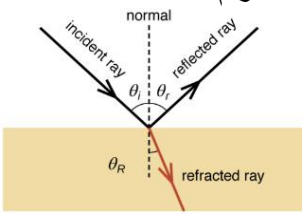
- **الانعكاس:** هو خاصية للحركة الموجية التي يظهرها الضوء المرئي، يحدث الانعكاس عندما ينعكس الضوء الذي ينتقل عبر وسط معين على الحدود بين وسطين، ويرتد الضوء عن الحدود أو يغير اتجاهه عند اصطدامه بهذا الحد ويتحرك في الوسط الأصلي شكل رقم 3.


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

- **الانكسار:** هو انحناء أشعة الضوء أثناء مرورها من وسط إلى آخر، وبالتالي تغيير مسار الأشعة، يحدث الانكسار بسبب التغير في سرعة شعاع الضوء أو الموجة شكل رقم 4.

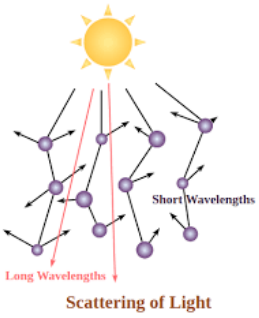


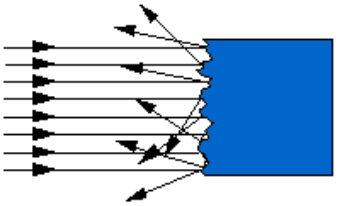

شكل رقم 3 يوضح ظاهرة انعكاس الضوء
https://www.studysmarter.co.uk




شكل رقم 4 يوضح ظاهرة انكسار الضوء
https://www.studysmarter.co.uk

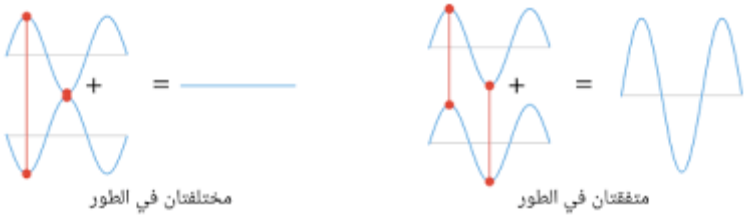
- **التشتت:** تشتت الضوء هو الطريقة التي يتصرف بها الضوء عندما يسقط على وسط يحتوي على جسيمات بها عيوب أو تعرجات أو حدود بين الوسائط المختلفة.



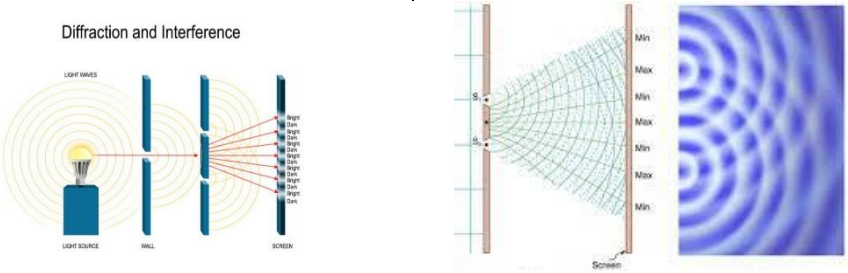
شكل رقم 5،6 يوضحان ظاهرة تشتت الضوء
https://www.geeksforgeeks.org/dispersion-of-light/

- **التداخل:** أو ما يسمى بالتراكب، تحدث هذه الظاهرة عندما ينبثق عدد من الموجات من مصدر واحد أو إثر التقارب بينهما بقيمة التردد، فيسمى بالتداخل، ويصنف هذا التداخل إلى نوعين وهما:
  - **تداخل هدام:** وسمي بذلك نتيجة قيام الإشارة الضوئية الأولى بهدم وتدمير الإشارة الأخرى وإضعافها، ويحدث ذلك عندما تكون الموجتين مختلفتان في الطور.
  - **تداخل بناء:** وفي هذه الحالة تساند الإشارتان بعضهما البعض وتعززان عملهما، حتى يتم إنتاج موجة ثالثة تمتاز بمطالها المضاعف، ويحدث هذا التداخل في حال كان الطور ذاته للموجتين شكل 6.




شكل رقم 7 يوضح ظاهرة تداخل الضوء البناء والهدام
https://www.gwa.com/ar/explainers/160146507161/

- **الحيود والانتشار:** تعد هذه الظاهرة غير مرئية بالعين المجردة نظراً للصغر المتناهي الذي تكون عليه أطوال موجات الإشعاع الضوئي، إلا أنه يمكن رؤية هذا الحيود عند وقوعه على بعد كبير من الحاجز، وتنشأ هذه الظاهرة الطبيعيّة عندما تتعرّض إحدى الموجات للتصادم مع عائق، فيحدث عند ذلك انحناء له درجة عالية من الوضوح للموجات المتمحورة حول العائق.




شكل رقم 8،9 يوضحان ظاهرة حيود وانتشار الضوء
https://www.quora.com/Would-the-double-slit-experiment-still-produce-an-interference-pattern-if-you-took-a-1-year-break-in-between-firing-each-electron

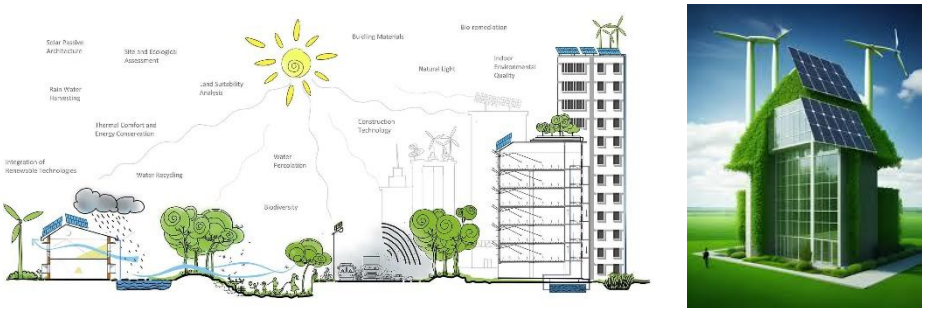
**ثانيًا: أثر الإضاءة الطبيعية على الإنسان:**
يمكن لأنماط الحياة الحديثة والإضاءة الاصطناعية أن تعطل إيقاعات الجسم الطبيعية، وخاصة دورات النوم، مع ما يترتب على ذلك من عواقب سلبية على الصحة والرفاهية.
الضوء الطبيعي هو أكثر بكثير من مجرد مصدر للإضاءة؛ إنه عنصر تصميم يتغير في كثافته ولونه على مدار اليوم، يوفر هذا الجانب المتغير باستمرار إحساسًا بالإيقاع والحيوية والاتصال بالعالم الخارجي بينما يغير أيضًا الحالة المزاجية والشعور بالمساحة مع تقدم اليوم (Fiona Byrne -10 2023) ، كما له العديد من المميزات الأخرى: -

- **خلق اهتمام بصري:** التفاعل بين ضوء الشمس والعناصر المعمارية والأنسجة والألوان يجعل المساحة أكثر ديناميكية، مما يخلق ضوءًا موجهًا طبيعيًا يسلط على مميزات التصميم الأساسية ويضفي الحيوية على المساحة "صورة رقم "1،2"، يعتبر ضوء النهار بمثابة استراتيجية تصميم حيوية تربط شاغلي المبنى بجوانب العالم الطبيعي، بما في ذلك الهواء النقي وضوء الشمس والمناظر الخارجية، كما يعزز التفاعلات الاجتماعية ويساعد في خلق مشاعر الرفاهية لدى شاغلي الفراغ.

صورة رقم 1، 2 توضحان التفاعل بين ضوء الشمس والعناصر المعمارية
https://www.archdaily.com/975929/light-as-a-design-statement-inspiring-ways-to-manage-natural-lighting/61f43cf73e4b317c9500000e-light-as-a-design-statement-inspiring-ways-to-manage-natural-lighting-photo

- **تعزيز المزاج والصحة:** للإضاءة الطبيعية تأثيرات إيجابية كبيرة على الصحة البدنية والعقلية للإنسان، حيث ينظم التعرض المنتظم لأشعة الشمس إيقاعات الساعة البيولوجية، التي يتم انتاجها داخليًا، ولكنها تعتمد على إشارات من البيئة الخارجية لمزامنتها، الضوء هو الإشارة الأساسية التي تحكم دورات النوم والاستيقاظ ، يساعد الميلاتونين على مزامنة إيقاعات الساعة البيولوجية مع البيئة والجسم، كما يساعد التعرض لأشعة الشمس بشكل منتظم على الحد من القلق والتوتر ويعزز انتاج السيروتونين وفيتامين د ويقلل من إجهاد العين( Marvin (July 12, 2022، كما يؤثر على وظائف مهمة في الجسم مثل تنظيم عملية التمثيل الغذائي ومعدل ضربات القلب وضغط الدم ودرجة حرارة الجسم ومستويات الهرمونات ويقلل فرص الإصابة بالاكتئاب الموسمي، والعمل على تحسين المزاج وزيادة الإنتاجية، إن جلب ضوء النهار إلى الداخل يخلق بيئة صحية أكثر متعة للعيش أو العمل أو الدراسة Leba Constructora (2023).
- **تحسين كفاءة استخدام الطاقة:** يقلل ضوء النهار من الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية ويجعل المباني أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، من خلال توزيع الفتحات المعمارية بطريقة مدروسة، حيث أن الاعتماد بشكل أقل على الإضاءة الاصطناعية يسمح باستخدام طاقة أقل والحفاظ بكفاءة على درجات حرارة داخلية مريحة مع جعل الفراغ صديقًا للبيئة.

على الرغم من التقدم في تكنولوجيا الإضاءة، فإنه من الصعب على الأضواء الاصطناعية أن تحاكي الصفات الدقيقة للضوء الطبيعي، في حين أن مصابيح LED الحديثة يمكن أن تحاكي درجة حرارة لون ضوء الشمس (حوالي 5000 كلفن)، فإنها غالبًا ما تفتقر إلى نفس التركيبة من حيث الكثافة والتردد، حيث ينتج ضوء الشمس نطاقًا واسعًا من ترددات الضوء، بينما ينتج الضوء الاصطناعي عمومًا نطاقًا أضيق.




شكل رقم 10، 11 يوضحان تحسين كفاءة استخدام الطاقة عن طريق الاعتماد على الإضاءة الطبيعية
https://www.novatr.com/blog/sustainable-architecture-guide


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**ثالثًا: - مصادر الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ:**

إحدى طرق قياس كمية الإضاءة الطبيعية في الفراغ هي حساب عامل ضوء النهار (DF)، عامل ضوء النهار هو مقارنة مستوى الإضاءة عند نقطة في الفراغ إلى مستوى الإضاءة خارج الفراغ في نفس الوقت (2020) LKH. Projects

يتم حساب عامل ضوء النهار من خلال مجموع ضوء النهار الذي يصل إلى نقطة داخل الفراغ من المصادر التالية:

**1- السماء المباشرة، معبرًا عنها بمكون السماء (SC)**

يشير مكون السماء إلى مساهمة ضوء السماء في إجمالي كمية الضوء الطبيعي التي تدخل الفراغ، ويتأثر بعدة عوامل مثل موقع الشمس، والوقت من اليوم، والظروف الجوية - حجم وشكل النافذة - موضع النافذة بالنسبة للنقطة-جودة الزجاج.

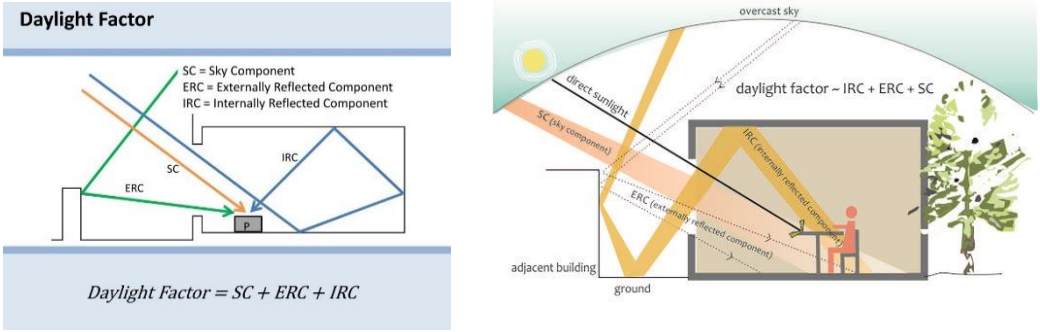
**2- الأسطح الخارجية التي تعكس الضوء مباشرة إلى النقطة، معبرًا عنها بالمكون المنعكس خارجيًا (ERC)**

يشير المكون المنعكس خارجيًا لعامل ضوء النهار إلى مساهمة الضوء المنعكس عن الأسطح الخارجية، مثل المباني المجاورة أو الأرض، في إجمالي كمية الضوء الطبيعي التي تدخل الفراغ، ويتأثر بعدة عوامل، بما في ذلك انعكاس الأسطح المحيطة وهندسة البيئة المحيطة.

**3- الأسطح الداخلية التي تعكس الضوء إلى النقطة، معبراً عنها بالعنصر المنعكس داخلياً (IRC).**

يشير المكون المنعكس داخليًا (IRC) إلى مساهمة الضوء المنعكس عن الأسطح الداخلية، مثل الجدران والأرضيات والأسقف، في إجمالي كمية الضوء الطبيعي التي تدخل الفراغ، ويتأثر بعدة عوامل، بما في ذلك انعكاس الأسطح الداخلية، وهندسة الفراغ، وموضع الفتحات المعمارية.

يمكن حساب كل من CS,ERC,IRC, باستخدام برامج هندسية حسابية تأخذ في الاعتبار الخصائص البصرية للبيئة المحيطة وهندسة الفراغ والأسطح الداخلية، وموضع وحجم الفتحات المعمارية، تستخدم هذه البرامج عادةً مبادئ النقل الإشعاعي لحساب كمية الإضاءة الطبيعية وإعادة توزيعها داخل الفراغ، الأمر الذي يحقق هدف المصمم من البحث وهو تحسين استخدام الضوء الطبيعي وإنشاء مباني مستدامة وموفرة للطاقة تعزز صحة ورفاهية شاغليها(2023-4) Front desk Architects.

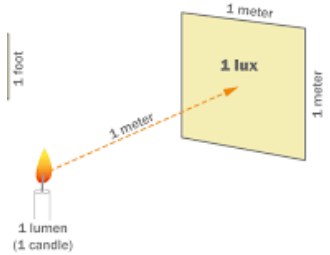



شكل رقم 12 ،13 يوضحان طريقة حساب معامل ضوء النهار
https://www.slideserve.com/shiro/natural-lighting

**رابعًا: الاستفادة من الإضاءة الطبيعية والتحكم فيها داخل الفراغ:**

**إضاءة الفراغات السكنية:**

إن الاهتمام المتزايد بكيفية تعزيز الفراغات السكنية التي يقضي فيها الإنسان أغلب أوقات اليوم، هو الدافع وراء محاولة إيجاد المصمم لأهم الوسائل والتقنيات التي تمكنه من الاستفادة القصوى من الإضاءة الطبيعية والتحكم فيها داخل الفراغ، تختلف احتياجات الإضاءة الطبيعية لكل غرفة من الفراغ السكني باختلاف النشاط المؤدى داخلها وموقعها بالنسبة للشمس، وتقاس الشدة الضوئية لكل فراغ باللكس، وهو وحدة قياس وهو وحدة قياس الإضاءة بالنظام الدولي (SI)، ويساوي لومن واحد لكل متر مربع، ويرمز له بالرمز Lx International Bureau (5-2019)




شكل 14 يوضح وحدة قياس شدة الإضاءة بالنظام الدولي lx
https://www.claralight.co.uk/lighting-resources

| | |
|---|---|
| ممرات | 100 لكس |
| مستودع | 100 لكس |
| دورات المياه | 200 لكس |
| غرفة المعيشة | 200 لكس |
| غرفة النوم | 200 لكس |
| غرفة الضيوف | 300-200 لكس |
| المطبخ | 500-300 لكس |
| مكتب او غرفة دراسة | 500-300 لكس |

جدول رقم 1 يوضح الشدة الضوئية باللكس المطلوبة للفراغات السكنية
https://www.quora.com/How-much-of-the-electromagnetic-spectrum-is-visible

حاول المصمم إنشاء مساحات تضمن تعرض شاغليها للضوء الطبيعي طوال اليوم، سواء من خلال التحكم في شكل وحجم ووضع النوافذ أو من خلال التحكم في الأسطح الخارجية والداخلية للفراغ، وبنفس القدر من الأهمية، حاول استغلال المعالجات الداخلية والخارجية في تحقيق التوازن بين الحاجة إلى الضوء الطبيعي والتحكم في اكتساب الطاقة الشمسية والوهج، قام المصمم في تحليل كل مصدر من مصادر الإضاءة الطبيعية ودراسته وتطبيقه على إحدى الفراغات السكنية باستخدام برامج الحاسب الآلي Sun Path Diagram - DIALux Evo وذلك للتأكد من تحقيق هدف

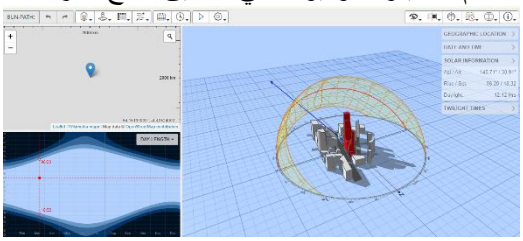
البحث، وتم تمثيل ذلك فيما يلي:

**1-السماء المباشرة:**

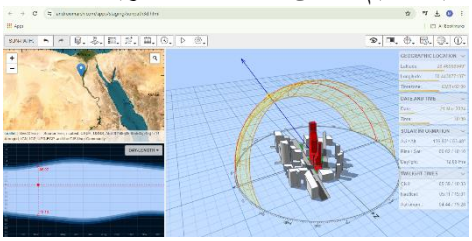
**أ-موقع الشمس، والوقت من اليوم، والظروف الجوية**

على المصمم الداخلي في بداية التصميم المعماري تحديد ومعرفة موقع الشمس والتنبؤ بواجهات الفراغ، حيث يعد فهم مسار الشمس واتجاه المبنى أمرًا ضروريًا لتعزيز الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ.

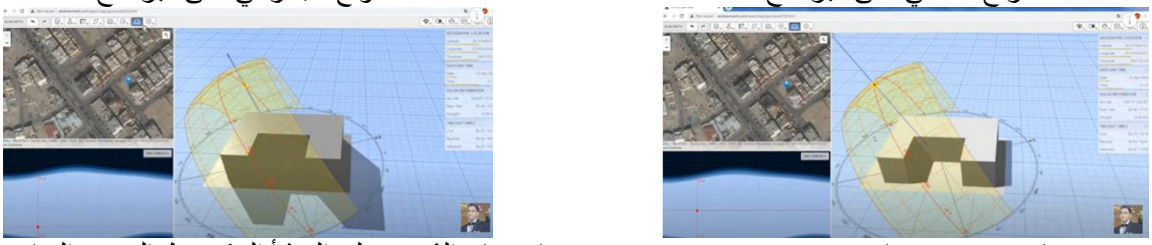
قام المصمم باختيار ستوديو سكني لتطبيق نتائج الدراسة عليه، ثم قام برسمه ملحقا بالمبنى بالكامل، ثم استخدم برنامج Sun Path diagram، وهو أحد برامج الحاسب الذي يقوم بتحديد موقع الشمس على واجهات المبني، وقام بإدخال الفراغ السكني عليه لتحديد ومعرفة موقع الشمس والتنبؤ بواجهات الفراغ صورة رقم 3، وذلك بعد إدخال الموقع الجغرافي للمنشأ السكني صورة رقم 4، فيقوم البرنامج بتحديد موقع الشمس خلال فترات النهار المختلفة صورة 5،6، مما يمكن المصمم من التحديد السليم لأماكن الفتحات المعمارية.



صورة رقم 3 من برنامج Sun Path diagram توضح ادخال الفراغ السكني على البرنامج



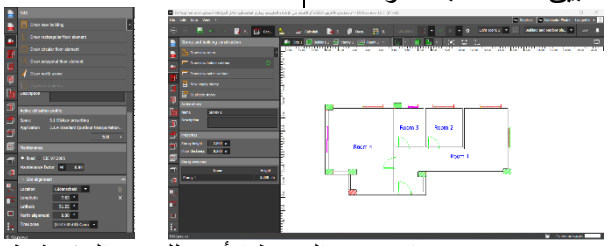
صورة 4 من برنامج Sun Path diagram توضح ادخال الموقع الجغرافي على البرنامج



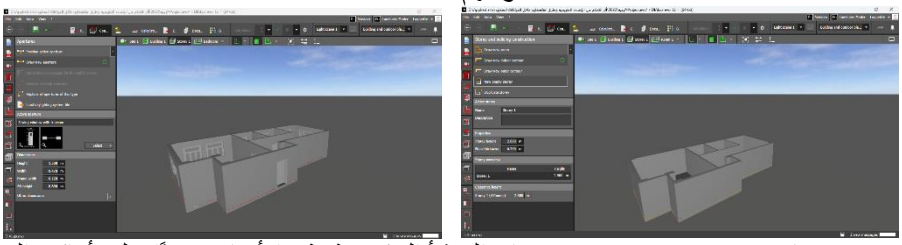
صورة رقم 5 ،6 من برنامج Sun Path diagram توضحان موقع الشمس على المنشأ السكني طوال فترة النهار

قام المصمم برسم المسقط الأفقي للوحدة السكنية، بتحديد أماكن الفتحات المعمارية على الفراغ السكني وفقًا لما توصل اليه من تحديد ومعرفة موقع الشمس خلال فترات النهار المختلفة، ثم استعان ببرنامج DIALux evoلتطبيق أهداف البحث والتأكد من النتائج.

قام المصمم بتحديد وظيفة كل فراغ داخل المنشأ السكني ومتطلبات الإضاءة وفقًا لاحتياجات الفراغ.



صورة رقم 7،8 من برنامج DIALux evo توضحان توقيع المسقط الأفقي للوحدة السكنية طبقا لخطوط الطول ودوائر العرض وسهم الشمال



صورة رقم 9،10 من برنامج DIALux evo توضحان المنشأ السكني ثلاثي الأبعاد محددًا عليه أماكن الفتحات المعمارية

**ب-الوسائل المساعدة لاستقطاب الإضاءة الطبيعية:**

تعد الحلول الأكثر تطوراً للاستفادة من الإضاءة الطبيعية والتحكم فيها داخل الفراغ، هي مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تحتوي على مجمعات طاقة شمسية متحركة، وهي تتبع مسار الشمس وتجمع ضوء الشمس المباشر، الذي ينتقل إلى وحدات الإنارة بواسطة الألياف الضوئية، يمكن تقسيمها إلى حلول إيجابية وسلبيةActive and passive solution ، قام المصمم بدراسة كل تلك الحلول لتطبيقها والاستفادة من نتائجها.

**أولًا: الأنظمة السلبية Passive systems :**

غالبًا ما تكون هذه الأنظمة معمارية أكثر من الأنظمة النشطة، وهذا يجعلها جزءًا من المبنى نفسه وليس شيئًا مثبتًا في المبنى، لذلك غالبًا ما يتعين التخطيط لها منذ بداية التصميم.

**1-النوافذ** هي المصدر الأساسي للضوء الطبيعي في التصميم داخلي، لذا على المصمم اختيار أنواع النوافذ بعناية للاستفادة من الضوء الطبيعي بكفاءة.

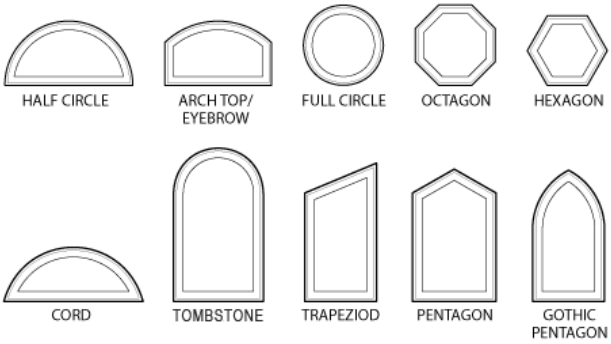
**1-1 أنواع النوافذ:**

يمكن تقسيم النوافذ إلى مجموعتين رئيسيتين:

أ- النوافذ الثابتة ب- نوافذ التهوية.


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

على الرغم من أن المجموعتين يوفران للفراغات الضوء والنظر إلى المشاهد الخارجية، إلا أن النوافذ الثابتة لا تسمح بمرور الهواء، على هذا الأساس فإنه يجب ان يتم دراسة القرار الخاص بإنشاء النوافذ الثابتة بعناية




شكل 15 يوضح بعض أشكال النوافذ الثابتة

تختلف النوافذ تبعًا لأماكن تواجدها داخل الفراغ السكني، والحاجة إليها من إضاءة وتهوية وخصوصية :

**1-غرفة المعيشة:**

نوافذ مشربية أو ذات مفصلات رأسية أوpicture window، لاحتياج تلك الفراغات المزيد من الإضاءة والمناظر المبهجة.

صورة 11،12،13 توضح شباك مشربية -شباك ذو مفصلات رأسية -picture window

**2- المطبخ:**

النوافذ المنزلقة أو المفصلية أوgarden window، لسهولة الفتح والغلق وتوفير إضاءة قوية وتهوية للنباتات.

صورة 14،15 توضح استخدام الشباك جرار -garden window في المطابخ

**3-غرف النوم:**

النوافذ ذات تعليق مزدوج أو علوي أو مفصلية، للسماح بالتهوية الموجهة، والسماح للإضاءة الطبيعية.

صورة 16،17 توضح استخدام النوافذ ذات التعليق المزدوج والعلوي في غرف النوم

**4- الحمامات:**

النوافذ ذات التعليق العلوي والسفلي والطوب الزجاجي، توفر الخصوصية وتسمح بدخول الإضاءة الطبيعية.

صورة 18،19 توضح استخدام النوافذ ذات التعليق السفلي والطوب الزجاجي في الحمامات

**5- غرف الطعام:**
النوافذ المشربية أو المفصلية أوpicture windows، تعمل على زيادة الإضاءة الطبيعية مع الحفاظ على تدفق الهواء.

**6- غرف المكتب**
النوافذ المشربية وذات التعليق المزدوج picture windows، تعمل على زيادة كمية الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ.

صوره رقم (20): النوافذ المحورية الرأسية

هناك العديد من الأنواع المختلفة من النوافذ التي تصلح لأماكن مختلفة داخل الفراغات السكنية لما لها من مميزات متعددة:

**1- النوافذ المحورية Pivot:** تتكون من فتحة كبيرة ويرتكز الإطار من المنتصف على حلق الفتحة، بحيث يدار على محور 180˚ أو 360˚، منها النوافذ المحورية الرأسية صوره رقم (16) أو الأفقية صوره رقم (17).

صوره رقم (21): النوافذ المحورية الأفقية

**2-1 النوافذ السقفية:**
قد تكون النوافذ السقفية ثابتة او تتكون من وحدات تهوية، توفر النوافذ السقفية الإضاءة دون أن تتداخل مع ترتيبات الأثاث وفي نفس الوقت تحافظ على الخصوصية المطلوبة وحجب الرؤية غير المرغوبة.

صورة 22،23 توضحان النوافذ السقفية

**2-1 حجم النوافذ** إن تحديد المساحات الكافية والملائمة للفتحات المعمارية تعمل على نشر الضوء المطلوب بشكل منتظم على كامل مساحة الفراغ، وتحدد المساحة الكافية طبقاً للمواصفات الألمانية بأن لا تقل نسبة مساحة الفتحات إلى نسبة مساحة الوحدة عن 1: 3.5، أما المواصفات المصرية فهي تطالب ألا تقل مساحة الفتحات عن 25% -30%، ويفضل عند تصميم الفتحات أن تراعى الاعتبارات الآتية:

- ألا ترتفع جلسة النافذة عن 15 سم فوق مستوى سطح العمل.
- يؤثر ارتفاع جلسة النافذة على ما يمكن ان يوضع أسفلها، وقاعدة النافذة المنخفضة قد توصي بترك مساحة الارضية أسفلها ومن ثم فإن ذلك يقلل من مساحة الأرضية المستخدمة في الغرفة.

**3-1 موضع النوافذ** يلاحظ أن جانبًا كبيرًا من إضاءة النهار يعتمد على الأماكن الصحيحة للنوافذ على أساس علاقتها بالأجزاء الداخلية لذا يجب معرفة صفات الإضاءة للأشكال والترتيبات التقليدية للنوافذ.

- يترتب على وجود النوافذ على الجدران المتجاورة Windows On Adjacent Walls في الغرف المربعة وجود قدر أكبر من انتشار ضوء النهار.

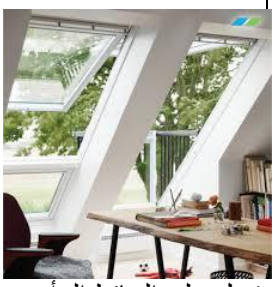
صورة 24،25 توضحان وضع النوافذ على الجدران المتجاورة

- تلقي النوافذ على الجدران المتقابلة Windows On Opposite Walls للغرفة الضيقة نسبياً الأضواء على الجدران المقابلة.

صورة 26،27 توضحان وضع النوافذ على الجدران المتقابلة


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

- إذا كان مسطح الجدار هامًا، فإنه يجب التفكير في استخدام نوافذ أعلى الجدار والنوافذ السقفية كبديل للنوافذ العادية.
- يجب استعمال ألوان فاتحة في دهانات الحوائط أسفل النوافذ، وأن تصمم هذه النوافذ بحيث تميل على الحائط الرأسي بزاوية من 45- 30°، حتى تزيد من كمية الضوء الساقطة على الحائط أسفل النافذة وذلك لمعالجة التباين الذي قد ينشأ بين النافذة وبين الحائط أسفلها.

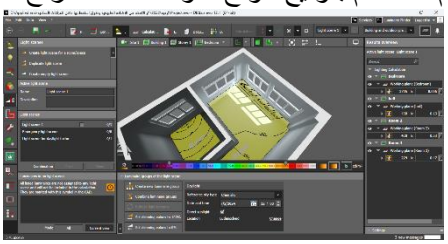
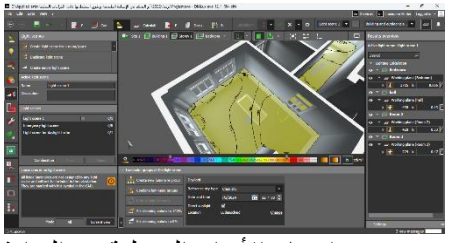


صورة 29،28 توضحان تصميم النوافذ بحيث تميل على الحائط الرأسي بزاوية من 45- 30

- الابتعاد بقدر الإمكان عن الأعتاب وبروزها، حتى لا تحدث الأعتاب ظلا يجعلها تتباين مع مساحة الزجاج فينتج عنه حدوث الوهج، ويفضل أن يصل ارتفاع الشباك حتى منسوب باطنية الكمرة أو باطنية السقف .
- تصمم النافذة بحيث يقل بها عدد العوارض، حتى لا تحجب الضوء.
- يفضل استخدام الشبابيك المتراصة على شكل شريط عن الشبابيك المنفصلة والمتتالية التي يفصل بينها كتف حائط أو عمود، وذلك لأن نسبة كمية الضوء الناتجة عن الشبابيك المنفصلة تعادل 46% من كمية الضوء للشبابيك المتراصة.

صورة 31،30 توضحان النوافذ المتراصة على شكل شريط

بعد التعرف على أنواع النوافذ ووظيفة كل نافذة والأماكن المناسبة لوضعها قام المصمم بتوقيع أنواع النوافذ داخل الفراغ السكني باستخدام برنامج DIALux evo

صورة رقم 32، 33 من برنامج DIALux evo توضح اختيار الأنواع المختلفة من النوافذ

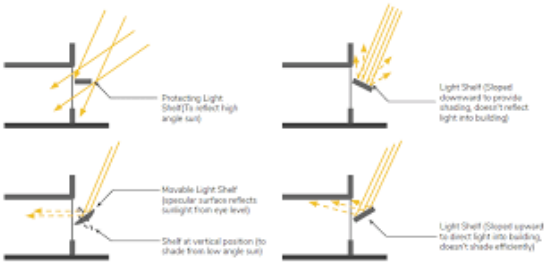
وتوصل من خلال المحاكاة التي قام بها البرنامج بناء على المعلومات والبيانات الخاصة بموقع المبنى واتجاه الشمس إلى الأماكن التي تحتاج إلى وسائل استقطاب للإضاءة الطبيعية، والأماكن التي تحتاج إلى معالجات داخلية أو خارجية للتحكم في الوهج الزائد، فقام بالتعرف على تلك الوسائل لاختيار المناسب منها: -

أ- Tubular Lights تعرف أيضًا باسم أنابيب الطاقة الشمسية، وهي عبارة عن قنوات ضوئية تسمح للضوء بالدخول من السقف وينعكس باستخدام المرايا إلى المنزل، يتم وضعها في السقف ليدخل منها الضوء إلى منطقة محددة مركزة من الداخل، تستخدم أنابيب الإضاءة هذه تقنية حديثة لنقل الضوء المرئي، الأنبوب نفسه يتكون إما من طبقة داخلية عاكسة بسيطة أو حزمة من الألياف الضوئية الموصلة للضوء، غالبًا ما يتم تغطيتها بقبة شفافة مثبتة على السطح "قبة تجميع الضوء" وتنتهي بمجموعة ناشرة تسمح بدخول ضوء النهار إلى المساحات الداخلية وتوزع الطاقة الضوئية المتاحة بالتساوي حول المساحة.

صورة 36،35،34 توضح TUBULAR LIGHTS

ب- **Redirection Device** تعمل على إعادة توجيه الضوء، عن طريق استخدام عناصر البناء لعكس ضوء الشمس إلى مواقع مرغوبة أكثر في المبنى، الرفوف الخفيفة والحواجز هما إستراتيجيتان يمكنهما توزيع الضوء بشكل أكثر توازنا: -

- **الرفوف الخفيفة Light Shelves** تعمل على تظليل النوافذ من الوهج ليرتد الضوء إلى الأعلى لتحسين اختراق الضوء وتوزيعه، الرف الخفيف هو بشكل عام عنصر أفقي يتم وضعه فوق مستوى العين ويقسم النافذة إلى منطقة عرض في الأسفل ومنطقة ضوء النهار في الأعلى، يمكن أن تكون خارجية أو داخلية أو مدمجة ويمكن أن تكون جزءًا لا يتجزأ من المبنى أو مثبتة على المبنى.



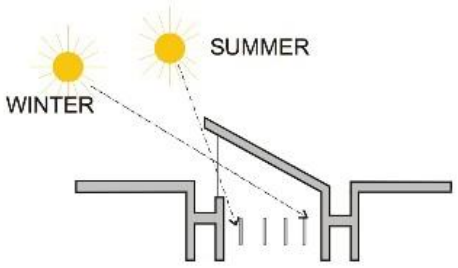
شكل رقم 16 يوضح الرفوف الخفيفة

صورة 37،38 توضحان الرفوف الخفيفة من REDIRECTION DEVICES

يعد الاتجاه والارتفاع والموضع (الداخلي أو الخارجي أو كليهما) وعمق رف الضوء أمرًا بالغ الأهمية، القاعدة الأساسية هي أن عمق رف الإضاءة الداخلي يكون مساويًا تقريبًا لارتفاع رأس النافذة فوق الرف، يعتمد العرض الأمثل ووضع الرفوف الخفيفة على الموقع والمناخ.

يمكن تصنيع الرفوف الخفيفة من العديد من المواد، مثل الخشب أو الألواح المعدنية أو الزجاج أو البلاستيك أو القماش أو مواد السقف الصوتية، تشمل الاعتبارات التي تؤثر على اختيار المواد القوة الهيكلية وسهولة الصيانة والتكلفة والجماليات. Venturewell (2024)

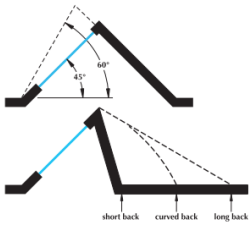
- **الحواجز Baffles:** عندما يتم توجيه الرفوف الخفيفة عموديًا، فإنها تُعرف باسم الحواجز، يتم استخدامها مع النوافذ السقفية لتوزيع ضوء النهار بشكل أفضل وتجنب الوهج بينما تجلب سطوع الشمس الكامل، يتم تصميم الارتفاع الأمثل ووضع الحواجز بنفس طريقة تصميم الرفوف الخفيفة.




شكل رقم 17 يوضح الحواجز من Redirection Devices

صورة 39،40 توضحان الحواجز من Redirection Devices

ج- **المجارف الضوئية Light Scoops :** هي ألواح مائلة من الزجاج الشفاف لجلب ضوء النهار بشكل استراتيجي إلى المساحة الداخلية، تسمح المجارف الضوئية باختراق ضوء الشمس المباشر إلى الفضاء؛ وهذا هو الأكثر ملاءمة في أماكن مثل الردهات، توفر المجارف الضوئية مزايا مقارنة بالمناور الأفقية التقليدية لأنها توفر ضوءًا أقل في الصيف، عندما يكون ضوء الشمس المباشر أقل رغبة، ومزيدًا من الضوء في الشتاء، عندما يكون ضوء الشمس المباشر مرغوبًا، يوفر الزجاج المائل والشفاف توازنًا مثاليًا لضوء النهار في ظل الظروف المشمسة والملبدة بالغيوم.




شكل رقم 18 يوضح المجارف الضوئية

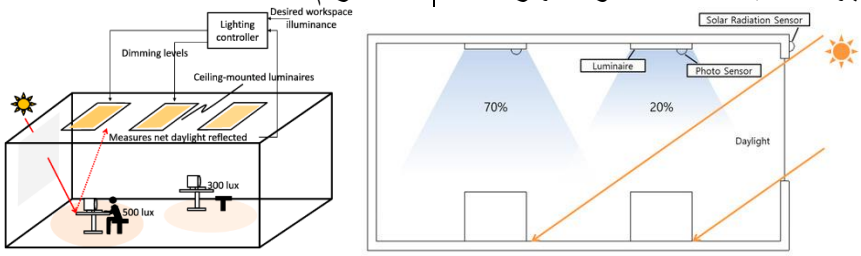
صورة 41، 42 توضحان إضاءة المجارف الضوئية Light Scoops

د- **Daylight Responsive Electric Lighting Controls**


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

هو جهاز صغير يشتمل على خلية كهروضوئية حساسة للضوء، وبصريات إدخال ودائرة إلكترونية تستخدم لتحويل إشارة الخلية الكهروضوئية إلى إشارة تحكم في الإخراج، يمكنه قياس مستويات الضوء وإرسال إشارة إلى وحدة التحكم لتعتيم الأضواء أو تبديلها استجابةً لمساهمة ضوء النهار، هذا الجهاز يسمى جهاز الاستشعار الضوئي شكل رقم 22.

مع زيادة مستويات ضوء النهار في المساحة، يمكن تقليل مستويات الضوء الكهربائي تلقائيًا للحفاظ على مستوى ضوء المهمة المطلوبة وتوفير الطاقة AUTHORITY (2024) شكل رقم 19،20.




صورة 19، 20 توضحان Daylight Responsive Electric Lighting Controls

**هـ- الزجاج الذكي:**

يتحول الزجاج الذكي من شفاف إلى معتم عند تشغيله وإيقاف تشغيله، لضبط الإضاءة الداخلية وتعويض التغيرات في سطوع الضوء الخارجي والسطوع المطلوب، يعمل الزجاج الذكي على تحسين كفاءة الطاقة عن طريق حجب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

يحتوي الزجاج والأفلام الذكية على بلورات سائلة صغيرة تتوافق مع تطبيق الكهرباء، مما يجعل الزجاج يبدو شفافًا. في حالة عدم وجود تيار كهربائي، تقوم هذه البلورات بتوجيه الضوء وتشتته بشكل عشوائي smart glass country (2023).

صورة 43 ،44 توضحان استخدام الزجاج الذكي في الفراغات السكنية

**و- المعالجات الداخلية والخارجية:**

يمكن الحفاظ على مستويات السطوع نسبيًا عبر مجال الرؤية داخل الفراغ، الذي قد يسبب زيادته الانزعاج البصري وزيادة الحرارة غير المرغوب فيها، ولهذا السبب فإنه من الضروري التحكم في دخول ضوء الشمس للفراغ بشكل صحيح، يمكن أن يساعد موقع الفتحات واستخدام معالجات النوافذ والظلال الداخلية والخارجية، والنوافذ ذات الزجاج المزدوج، مثل نوافذ UPVC، إلى تصفية الضوء الطبيعي من خلالها، مع تقليل وهج الشمس ومنع دخول الكثير من الحرارة إلى داخل المبنى، وحجب الأشعة فوق البنفسجية بينما تسمح بدخول بعض الضوء إلى الفراغ بشكل استراتيجي، مما يمنح السكان التحكم في المساحة الخاصة بهم Gregg D. Ander (2016) .

صورة 45 ،46 توضحان النوافذ UPVC

تعد الحلول الأكثر تطوراً للاستفادة من الإضاءة الطبيعية والتحكم فيها داخل الفراغ، هي مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تحتوي على مجمعات طاقة شمسية متحركة، وهي تتبع مسار الشمس وتجمع ضوء الشمس المباشر، الذي ينتقل إلى وحدات الإنارة بواسطة الألياف الضوئية، يمكن تقسيمها إلى حلول إيجابية وسلبية Active and passive solution، قام المصمم بدراسة كل تلك الحلول لتطبيقها والاستفادة من نتائجها.

**الأنظمة الإيجابية Active systems**

**1- Active systems with optical fibers الأنظمة النشطة بالألياف الضوئية**

**أ- هيماواري*1**

Himawari هو نظام لتتبع الشمس مزود بمجمع شمسي يجمع ضوء الشمس الخارجي ليمر عبر الألياف الضوئية المصنوعة من زجاج الكوارتز والتي تنقل ضوء الشمس الحقيقي إلى المكان المطلوب، يتكون من عدة عدسات فريسنل سداسية الشكل، متصلة على شكل قرص العسل، يقوم مستشعر الشمس والساعة الداخلية والمعالج الدقيق بتتبع الشمس.

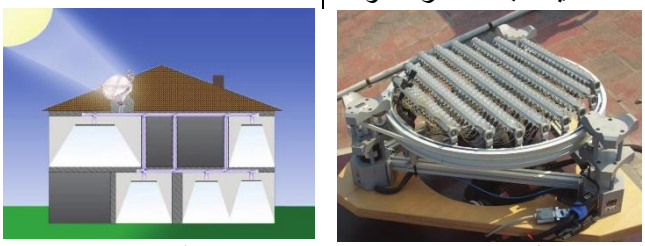
في الطقس الجيد، يتم تحديد الموقع الدقيق للشمس بواسطة

* تم تطويره في اليابان في أواخر السبعينيات من قبل البروفيسور كي موري وتم تسميته على اسم الكلمة اليابانية التي تعني عباد الشمس.

مستشعر الشمس المثبت في وسط مجمع الشمس، عندما تكون الشمس خلف السحب يعتمد المجمع على الساعة والمعالج الدقيق لحساب كيفية توجيهها، وهذا يجعل من الممكن للمجمع أن يكون دائمًا في الاتجاه الصحيح عندما تخرج الشمس من خلف السحب، عند غروب الشمس، يقوم النظام بوضع نفسه استعدادًا لشروق الشمس ويغلق حتى صباح اليوم التالي.
تقوم كل عدسة فريسنل بتركيز ضوء الشمس على نهاية الألياف الزجاجية التي يبلغ قطرها 1 ملم، يتم توصيل ستة ألياف في كابل ألياف ضوئية واحد، وبالتالي فإن أصغر نسخة متاحة من نظام هيماواري تحتوي على ستة عدسات في مجمع الشمس.
إذا كان مجمّع الشمس يستقبل 98000 لوكس من ضوء الشمس، فيمكن لكل ألياف أن تنقل تدفقًا ضوئيًا قدره 1630 لومنًا على مسافة 15 مترًا. يتشتت الضوء بزاوية انبعاث قدرها 58 درجة من نهاية الألياف. إذا تم وضعه على ارتفاع 2 متر فإنه سوف يضيء الأرضية بالأسفل بمتوسط 420 لوكس داخل دائرة قطرها 2.2 متر

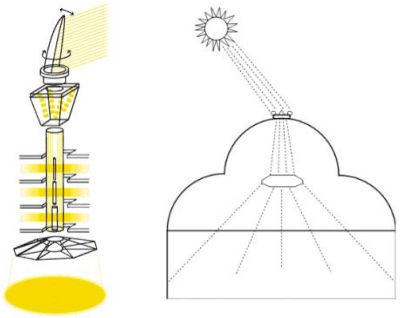
صورة رقم 47 توضح نظام هيماواري لتتبع واستقطاب الشمس

**ب- الإضاءة الهجينة Hybrid Lighting:**
على غرار نظام Himawari، فإن جهاز تجميع أشعة الشمس Hybrid Lighting عبارة عن جهاز تجميع لتتبع الشمس ذو محورين، فهو يعكس الجزء المرئي من ضوء الشمس على عدد من الألياف الضوئية كبيرة النواة الموضوعة في وسط الطبق، تنتقل الأشعة تحت الحمراء عبر المرآة الباردة وتستخدمها خلية كهروضوئية لتوليد الكهرباء.
يسمى النظام "الإضاءة الهجينة" لأنه يتطلب مصدر ضوء بديل في الطقس الغائم أو عندما تكون الشمس تحت الأفق، عبارة عن نوع من المصابيح الكهربائية المركبة مع مشتتات لأشعة الشمس في وحدات الإنارة الهجينة، يستخدم نظام التحكم مخفتات تقوم بضبط الضوء الكهربائي وفقًا لكمية الضوء الطبيعي المتوفرة، من أجل توفير مزيج جيد من الضوء من المصدرين، من المهم أن يتمتع كلاهما بنفس الخصائص مثل لون الضوء وتوزيع الكثافة المكانية(2012) Zeimann .



صورة رقم 48، شكل رقم 21 يوضحان نظام الإضاءة الهجينة Hybrid Lighting

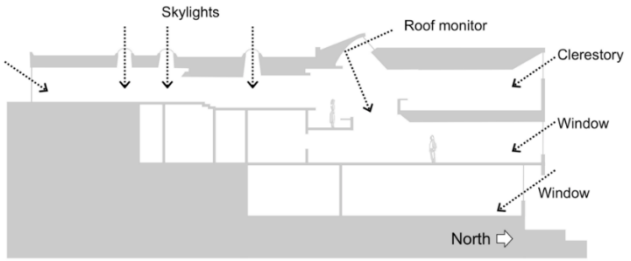
**2- الأنظمة النشطة مع طائرات الهليوستات Heliostat:**
الهيليوستات هو جهاز يتكون من مرآة تعكس ضوء الشمس بشكل مستمر إلى نقطة واحدة محددة، يمكن استخدام هذا لتحويل ضوء الشمس إلى النوافذ أو أنابيب الشمس أو أنواع أخرى من الضوء أو مجمعات الشمس، كانت هناك العديد من المشاريع التي تحتوي على مصفوفات كبيرة من طائرات الهليوستات تعكس الضوء على جهاز الاستقبال من أجل تسخير الطاقة الشمسية، من أمثلتها مسجد، كوالالمبور، محطة قطار الأنفاق في برلين، جامعة برلين للتكنولوجيا Filip Siman (2024)



شكل رقم 22،23 يوضحان الأنظمة النشطة مع طائرات الهليوستات Heliostat

**البناء المتداخل:** يجمع البناء المتداخل بين طرق الإضاءة الجانبية والإضاءة العلوية، تستخدم العديد من المباني المعروفة المضاءة بضوء النهار أقسامًا متداخلة لالتقاط ضوء النهار وتوزيعه بشكل فعال في المساحات الداخلية.

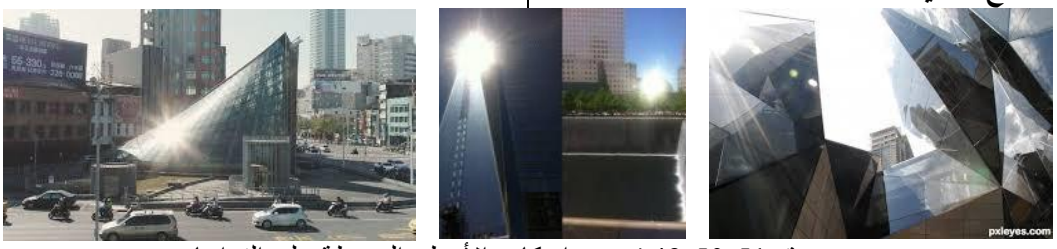

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License




شكل رقم 24 يوضح البناء المتداخل من مكتبة مونت كارلو

**2-الأسطح الخارجية التي تعكس الضوء:**

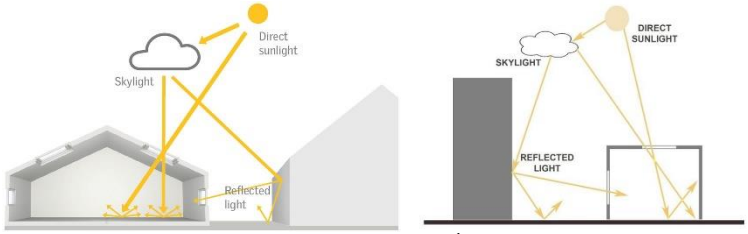
**أ- انعكاس الأسطح المحيطة**



صورة رقم 49،50،51 توضح انعكاس الأسطح المحيطة على الفراغات

**ب- هندسة البيئة المحيطة:**

تؤثر هندسة المباني المحيطة بالفراغ على الضوء المنعكس عليها ليرتد إلى الفراغ الداخلي، مما يؤثر على الكمية الإجمالية للضوء داخل الفراغ.

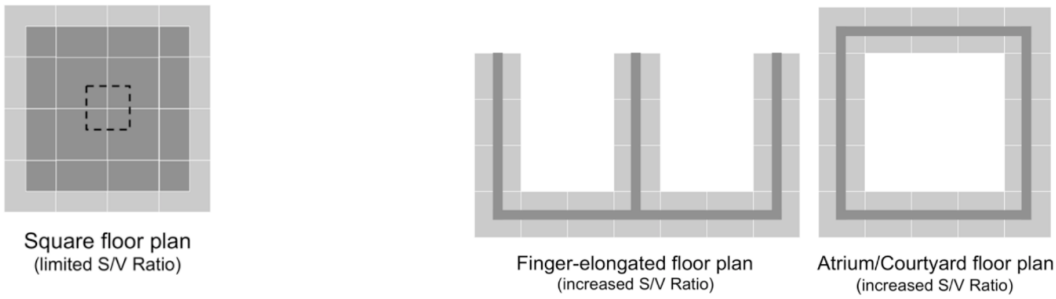



صورة رقم 25،26 توضحان أثر هندسة البيئة المحيطة على الضوء المنعكس

**2- الأسطح الداخلية التي تعكس الضوء:**

**أ- هندسة الفراغ:**

يمكن أن يؤثر شكل المبنى وكتلته بشكل كبير على كمية ونوعية ضوء النهار المسموح بدخوله إلى المبنى، يزداد الوصول إلى ضوء النهار مع زيادة نسبة السطح إلى الحجم (S/V Ratio)، بعض تكوينات مخطط المبنى مثل مخطط الفناء/الأتريوم Atrium اللذان يحتويان على نسبة S/V متزايدة شكل رقم 27،28، تعتبر حلولاً فعالة للحصول على كمية أكبر من الإضاءة مقارنة بمخطط آخر ذي نسبة S/V محدودة شكل رقم 29 . Khaled A. Al-Sallal (2020) .




شكل رقم 27،28 يوضحان تكوينات مخطط المبنى اللذان يحتويان على نسبة S/V متزايدة

شكل رقم 29 يوضح تكوين مخطط المبنى الذي يحتوي على نسبة S/V محدودة

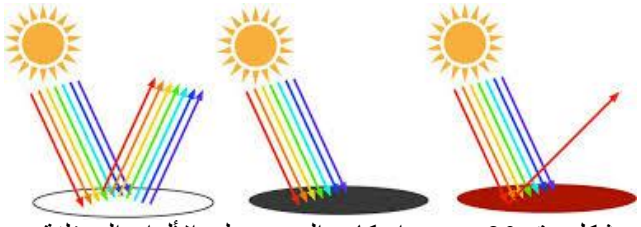
مقارنة بين ثلاثة تكوينات تصميمية ذات مساحة أرضية متساوية توضح كيف يمكن لمخطط الأرضية مع زيادة نسبة السطح إلى الحجم أن يوفر وصولاً أفضل إلى ضوء النهار

**ب- ألوان الفراغ:**

تعكس الألوان الفاتحة الضوء بشكل أفضل، مثل الأبيض، الباستيل، البيج أو الأصفر حيث تعمل على ارتداد الضوء في جميع أنحاء الفراغ، مما يجعل المساحة تبدو مفتوحة ومتجددة الهواء.

تتمتع الألوان الفاتحة بقيمة LRV أو قيمة انعكاس للضوء أكبر، حيث يكون اللون الأبيض هو الأعلى بنسبة 100 بالمائة، وهذا يعني أن اللون الأبيض هو اللون الأكثر انعكاسًا والأسود هو الأقل، مع نسبة LRV تبلغ صفر بالمائة، لذلك يفضل اختيار الألوان الفاتحة التي تعكس الضوء في الفراغ بشكل جيد.

يتكون ضوء النهار في المباني من مزيج من ضوء الشمس المباشر، والضوء المنعكس من الأرض والعناصر المحيطة، يؤثر انعكاس السطح للمناطق المحيطة على الكمية الإجمالية للضوء المنعكس الذي يصل إلى واجهة المبنى، يمكن أن يكون الضوء المنعكس من الأرض والمناطق المحيطة جزءًا رئيسيًا مساهمًا في توفير ضوء النهار في الداخل، كلما ارتفع مستوى لمعان خامات البناء المجاورة، زاد ارتداد الضوء إلى الفراغ، مثل المعادن والزجاج الشفاف والأكريليك الشفاف Velux(2014)



شكل رقم 30 يوضح انعكاس الضوء على الألوان المختلفة

**ج- استخدام المرايا والزجاج:**

إحدى الطرق الذكية للتلاعب بالضوء هي تحريكه حول الفراغ، مما يخلق وهمًا بإضاءة أكبر، يمكن للمرايا والأسطح شديدة اللمعان أن تعكس وتضيء الزوايا أو الجدران التي لا يصل اليها الضوء الطبيعي بشكل كاف-10) Fiona Byrne 2023).

تعد المرايا أداة ممتازة لتعزيز الضوء الطبيعي، حيث يساعد وضعها بالقرب من المداخل أو الحوائط المقابلة للنوافذ التي تستقبل الضوء الطبيعي في عكس الضوء حول الفراغ، مما يضاعف تأثيره، حيث يرتد من المرآة إلى باقي الفراغ صورة52،53

صورة 52،53 توضحان استخدام المرايا والزجاج لتعزيز الضوء الطبيعي

تعتبر العناصر الزجاجية من أكثر الطرق فعالية لزيادة الضوء الطبيعي في المنزل، حيث ينثر الزجاج انعكاسات جميلة في جميع أنحاء الفراغ، فعندما يتدفق ضوء الشمس إلى طاولة زجاجية أو أبواب أو فواصل، فإنه يرتد ليجعل الفراغ يبدو أكبر حينما يكسر الحواجز البصرية.

بدلاً من تثبيت جدار معتم، يمكن استبداله بالزجاج، حيث تعد الكتل الزجاجية أسطح عاكسة مثالية تعطي الفراغ وهمًا بمساحة أكبر، وتحفز دخول المزيد من الضوء صورة54.

صورة 54 توضح استخدام الطوب الزجاجي

**د- الخامات المستخدمة:**

كلما ارتفع مستوى لمعان الخامة زاد ارتداد الضوء، لذا يفضل استخدام الخامات اللامعة التي تسمح بانعكاس الضوء الطبيعي عليها مثل الطلاء اللامع للحوائط ووحدات الأثاث والمعادن والرخام والجرانيت والسيراميك، والبعد عن الخامات غير اللامعة التي تمتص الضوء وتقل جودتها العاكسة.

صورة 55،56،57 توضح استخدام الأسطح الامعة التي تعكس الضوء الطبيعي

**هـ- وحدات الأثاث والعناصر المكملة:**

تلعب وحدات الأثاث والعناصر المكملة دورًا رئيسيا في المساعدة في تدفق الضوء بسلاسة في جميع أنحاء الفراغ، ويعد اختيار وحدات الأثاث ذات التشطيبات اللامعة والمعدنية والزجاج والأكريليك الشفاف، والأثاث الخشبي الفاتح، والأثاث منخفض الارتفاع حتى حافة النافذة، خيارًا مثاليًا لزيادة كمية الضوء الطبيعي المنعكسة والمتدفقة.

يساعد اختيار وحدات الأثاث الأخف الذي لا يعيق الحركة والضوء الطبيعي، مثل الكراسي والأرائك ذات الأرجل المكشوفة والأرفف المفتوحة على إبقاء المساحة مفتوحة وجيدة التهوية، حيث إنه كلما زاد عدد الأشياء في الغرفة، قل عدد المناطق التي ينعكس فيها الضوء، خاصة إذا كانت تلك الأشياء قاتمة.

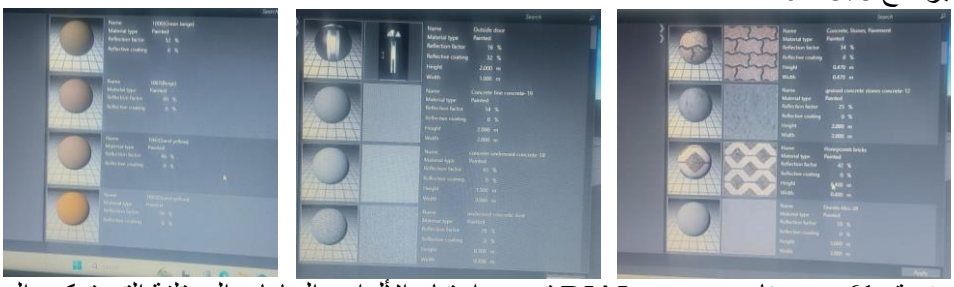
استخدام المرايا والشمعدانات ومقابض الخزائن اللامعة والإطارات البيضاء والمفروشات الأخف وزنًا كملحقات للمساعدة في زيادة إضاءة الفراغ إلى الحد الأقصى. لا تملأ المساحة بأشياء لا معنى لها والتي سوف تحبس الضوء.

صورة رقم 58 ،59 ،60 توضح وحدات الأثاث ذات التشطيبات اللامعة والمعدنية

بعد التعرف على الألوان والخامات التي تسمح بانعكاس الضوء الطبيعي عليها، قام المصمم بتوقيعها داخل الفراغ


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

السكني باستخدام برنامج DIALux-evo



صورة رقم 61 من برنامج DIALux evo توضح اختيار الألوان والخامات المختلفة التي تعكس الضوء

مما سبق توصلت الباحثة لأنه يمكن للترتيب الاستراتيجي للنوافذ والفتحات أن يزيد من دخول الضوء الطبيعي إلى الحد الأقصى دون المساس بالخصوصية أو كفاءة الطاقة، كما يلعب اختيار المواد والألوان أيضًا دورًا حاسمًا؛ حيث يمكن للأسطح العاكسة توزيع الضوء بشكل أكثر توازناً.

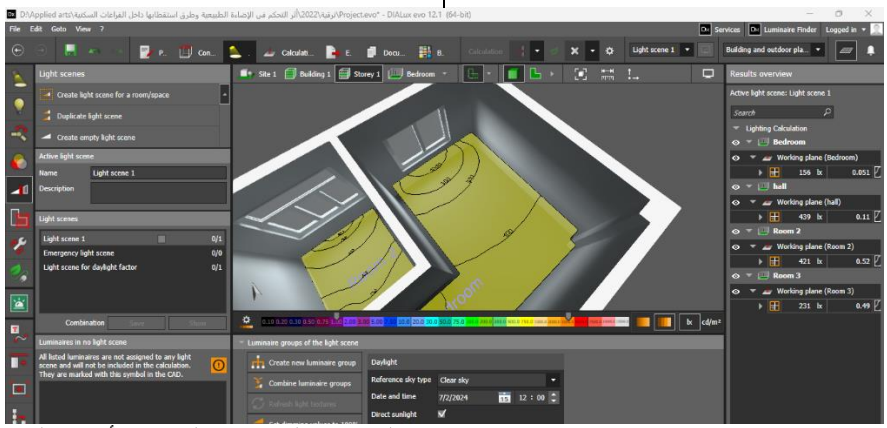
يؤدي تحقيق أقصى استفادة من ضوء النهار الطبيعي إلى تقليل استهلاك الطاقة مع المساعدة في تقليل البصمة الكربونية، يمكن أن يكون للتصميم الذكي الذي يعمل على زيادة الضوء الطبيعي إلى الحد الأقصى تأثيرات إيجابية على الكفاءة الحرارية من خلال السماح بإدارة أفضل لدرجة الحرارة الداخلية.

## النتائج: Results

- حاول المصمم إنشاء مساحات تضمن تعرض شاغليها للضوء الطبيعي طوال اليوم، سواء من خلال التحكم في شكل وحجم ووضع النوافذ أو من خلال التحكم في الأسطح الخارجية والداخلية للفراغ، وبنفس القدر من الأهمية، حاول استغلال المعالجات الداخلية والخارجية في تحقيق التوازن بين الحاجة إلى الضوء الطبيعي والتحكم في اكتساب الطاقة الشمسية والوهج.
- قام المصمم بتحليل كل مصدر من مصادر الإضاءة الطبيعية ودراسته وتطبيقه على إحدى الفراغات السكنية باستخدام برامج الحاسب الألي Sun Path Diagram -DIALux Evo وذلك للتأكد من تحقيق هدف البحث.
- تطلبت عملية التحكم في الإضاءة الطبيعية في الفراغ من المصمم العديد من الإجراءات والاعتماد على العديد من أساليب تقييم التصميم والأداء بما في ذلك تقنيات التصميم التقليدية، والمحاكاة الحاسوبية، واختبار النماذج المعمارية في بيئات والقياس وتحسين الأداء.
- قام المصمم بتمثيل النتائج التي توصل لها من خلال التحكم في عناصر التصميم الداخلي الداخلية والخارجية على أحد الفراغات السكنية باستخدام برنامج DIALux Evo، والمقارنة بين تلك النتائج قبل تطبيق نتائج البحث وبعد التطبيق، وذلك للتأكد من أن تطبيق المعالجات والوسائل التكنولوجية المختلفة في استقطاب الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات السكنية من شأنه زيادة معدلات الإضاءة الطبيعية داخل تلك الفراغات وبالتالي تحقيق ممارسات مستدامة وتقليل استهلاك الطاقة، وقد ظهرت نتائج الشدة الضوئية لكل فراغ قبل وبعد تطبيق نتائج البحث، لتؤكد فرضية البحث كالتالي:

**1- الشدة الضوئية قبل التصميم:**

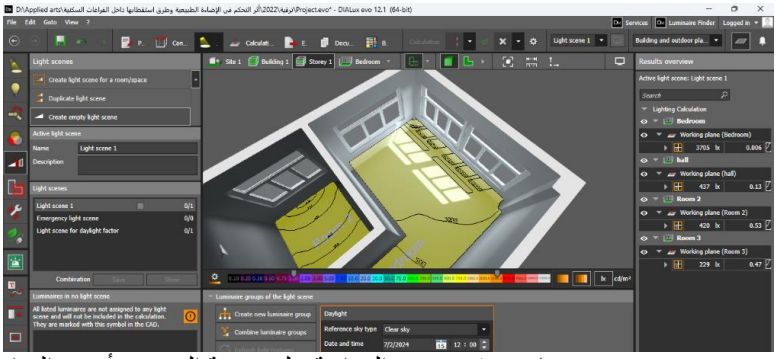
طبقًا لجداول الشدة الضوئية شكل رقم 33، جاءت الشدة الضوئية لفراغات المسكن محل الدراسة قبل التصميم، أقل من المعدلات الطبيعية بصورة كبيرة، وذلك بالاستعانة ببرنامج DIALux Evo، مما يؤدي للاعتماد بصورة كبيرة على الإضاءة الصناعية الأمر الذي يؤدي إلى عواقب بيئية واقتصادية كبيرة لا يمكن تجاهلها.



صورة 62 من برنامج DIALux Evo توضح نتائج تحقيق هدف الدراسة على غرفة النوم من أحدى الفراغات السكنية محل الدراسة

**2- الشدة الضوئية بعد التصميم:**

طبقًا لجداول الشدة الضوئية جدول رقم 1، جاءت الشدة الضوئية لفراغات المسكن محل الدراسة بعد التصميم، أعلى من المعدلات الطبيعية، مما يوفر للمصمم حرية التحكم في تلك الشدة والاستفادة من المطلوب والتحكم في الوهج الزائد عن طريق المعالجات الداخلية والخارجية التي تمت دراستها لاختيار المناسب منها.



صورة 63 من برنامج DIALux Evo توضح نتائج تحقيق هدف الدراسة على غرفة النوم من أحدى الفراغات السكنية محل الدراسة

## التوصيات: Recommendation

1- هناك العديد من العوامل المهمة التي يجب مراعاتها في تصميم المباني المستدامة لتحقيق أقصى قدر من كفاءة استخدام الطاقة داخل الفراغ، أحد هذه الاعتبارات هو كيفية تحسين كمية الضوء الطبيعي التي يتم ترشيحها عبر الفراغ.

2- التنسيق بين أنظمة إضاءة المباني (ضوء النهار والإضاءة الصناعية) وأنظمة المباني الأخرى المصممة للتبريد والتدفئة والتهوية وتوليد الطاقة (بما في ذلك تلك التي تعتمد على الطاقة المتجددة).

3- تحليل أي احتمال للوهج وعدم الراحة البصرية واتخاذ التدابير اللازمة للقضاء على تلك المشكلات.

## المراجع: References


1- Filip Siman (2024)- Master of science program -Lulea University of technology - Department of Environmental Engineering Division of Water Resources Engineering

2- Fiona Byrne (10-2023)- British academy of interior design-How Do Interior Designers Use Natural Lighting? https://www.baid.co.uk/blog/how-do-interior-designers-use-natural-lighting-

3- Front desk Architects (4-2023) - Components of Daylight Factor https://frontdesk.co.in/building-services/components-of-daylight

4- Gregg D. Ander, FAIA (2016)-WBDG Whole building design guide-Daylighting https://www.wbdg.org/resources/daylighting

5- International Bureau of Weights and Measures (2019-05-20), The International System of Units (SI) (PDF) (9th ed.), ISBN 978-92-822-2272-0, archived from the original on 2021-10-18.

6- James Gara (9-2023)-Source lighting-The Pros and Cons of Artificial Lighting: Understanding the Advantages and Disadvantages https://1stsourcelighting.com/advantages-and-disadvantages-of-artificial-lighting/

7- Khaled A. Al-Sallal,(June 2020) Daylighting in the Architectural Design Process (Part 2) https://www.linkedin.com/pulse/daylighting-architectural-design-process-part-2-khaled-a-al-sallal

8- Leba Constructora in Malaga (2023) -5 Advantages of natural lighting in interior spaces https://www.lebaconstructora.es/en/news/natural-lighting-in-interior-spaces/"

9- Light Physics-Study smarter (2024) https://www.studysmarter.co.uk/explanations/physics/wavesphysics/light/#:~:text=What%20are%20the%20properties%20of,dispersion%2C%20polarisation%2C%20and%20scattering.

10- LKH Projects (2020) Natural Lighting in Architecture and its benefits https://www.lkhpd.com.sg/natural-lighting-in-architecture/ "
"Marvin- Natural light in interior design trends (July 12, 2022) https://www.marvin.com/blog/trends-in-daylighting-and-tunable-lighting-

11- smart glass country (2023) https://www.smartglasscountry.com/news/what-is-smart-

12- The lighting controls authority (2024)- Photosensors: Technology and Major Trends https://lightingcontrolsassociation.org/2009/12/23/photosensors-technology-and-major-trends/

13- Velux (2014)- daylighting https://www.velux.com/what-we-do/research-and-knowledge/deic-basic book/daylight/daylighting/

14- Venturewell (2024)- Redirecting Light https://sustainabilityworkshop.venturewell.org/buildings/redirecting-light.html

15- Zeimann et al., “Sollektor” (2012), The 21st International Conference on Plastic Optical Fiber,Sollektor Goes Hybrid”, Atlanta, GA, 2012



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License