Mansoura Engineering Journal

Volume 41 | Issue 2 Article 19

6-1-2021

Towards Daylight Transporting in to Spaces in public Building

Mona Mahmoud Fouda
Institute for Engineering and Technology, Mansoura

Ibrahim Rizk Hegazy
Faculty of Engineering, Mansoura University, i.hegazy@ymail.com

Lamis S. Elgizawi
Faculty of Engineering, Mansoura University, lamiselgizawi@yahoo.com

Follow this and additional works at: https://mej.researchcommons.org/home

Recommended Citation

Fouda, Mona Mahmoud; Hegazy, Ibrahim Rizk; and Elgizawi, Lamis S. (2021) "Towards Daylight Transporting in to Spaces in public Building," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 41 : Iss. 2 , Article 19.
Available at: https://doi.org/10.58491/2735-4202.3109

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact mej@mans.edu.eg.

Mansoura University
Faculty of Engineering
Mansoura Engineering Journal

منهجية نقل الإضاءة الطبيعية داخل فراغات المباني العامة

Towards Daylight Transporting in to Spaces in public Building

Mona Mahmoud Fouda, *Ibrahim Rizk Hegazy* and Lamis Elgizawi

KEYWORDS:
Daylighting and Daylight Guidance system (DGS)

***Abstract*—Energy problems are most serious cases currently , especially in areas that do not have reserve of fossil fuel so there is need to look for renewable energy source in order to reduce energy consumption of building and reducing dependence on fossil fuel .for that this paper deals different systems for transfer daylighting inside building specially, deep spaces of building which lack the presence of daylighting and rely wholly or partly on artificial lighting which increases energy consumption in addition to the lack of visual comfort with users of the building spaces ,The research also includes the components of both of these systems and methods of them as research deals with analysis of one of these system in one of the modern building and how to apply , installation and as well as integrate daylighting guidance system with building and with artificial light in building .**

الملخص العربي:- **مشاكل الطاقة هي أكثر القضايا خطورة حالياً وبخاصة في المناطق التى لا تملك إحتياطى الطاقة الحفرية لذا هنالك حاجة للبحث عن بدائل مختلفة من مصادر الطاقات المتجددة وذلك لتقليل إستهلاك الطاقة بالمباني وتقليل الإعتماد على مصادر الطاقة الحفرية , ومن ذلك يتناول البحث الأنظمة المختلفة لنقل الإضاءة الطبيعية داخل المباني وبخاصة الفراغات العميقة بالمباني والتى تفتقر وجود الإضاءة الطبيعية وتعتمد إعتماد كلياً أو جزئياً على الإضاءة الصناعية مما يزيد من إستهلاك الطاقة بالإضافة إلى عدم تحقيق الراحة البصرية لدى مستخدمى الفراغات بالمبنى , كما يضم البحث مكونات كلا من هذه الأنظمة وطرق نقل ضوء النهار من خلال كلاً منها , كما يتناول البحث تحليل إحدى هذه الأنظمة بأحدى المباني الحديثة وكيفية تطبيقها وتركيبها وكذلك تكامل أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية مع المبنى ومع أنظمة الإضاءة الصناعية بداخله .**

I. مقدمة

أخذ منحنى الإعتماد على الإضاءة الصناعية في الصعود بشكل كبير مما أدى إلى ضهور أزمة الطاقة في سبعينيات القرن العشرين لذا إتجه العالم إلى إستخدام مصادر طاقة متجددة ومنها تطوير منظومة الإعتماد على الإضاءة الطبيعية وإعادة تقييم الإعتماد عليها في تصميم المبانى , حيث حفزت المخاوف بشأن الحفاظ على الطاقة وحماية البيئة بتحقيق أقصى إستفادة لإستخدام ضوء النهار كبديل للإضاءة الصناعية.

أنظمة ضوء النهار التقليدية ليس لها سوى قدرة محدودة لتوزيع الإضاءة الطبيعية داخل المبني , بمعنى أن النوافذ والفتحات تعمل على توفير الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات القريبة منها فقط , وإستخدام النوافذ ذات مسطح كبير تؤدى إلى خلل في الراحة الحرارية داخل المبني مما يؤدي إلى زيادة أحمال التبريد ومنها زيادة إستهلاك الطاقة , أما بالنسبة للفراغات العميقة بالمبني غالباً ما تعتمد على الإضاءة الصناعية وذلك لعدم توافر الإضاءة الطبيعية بالجودة والكمية المطلوبة لتحقيق الراحة البصرية لدى مستخدمى الفراغات.

أدت التطورات الأخيرة في المواد البصرية إلى توجيه ضوء النهار إلى الفراغات العميقة بالمبني من خلال أنظمة نقل وتوجيه ضوء النهار (DAYLIGHT GUIDANCE SYSTEM) (DGS) حيث يتم تجميع ضوء النهار بتكنولوجيا إلتقاط ضوء النهار بإستخدام الجامع ونقلة عبر شكل من أشكال نظم توجيه الضوء الخطية سواء أفقياً أو الرأسياً ومنها إلى الناشر والذى يقوم بتوزيع ضوء النهار داخل فراغات المبني.

وقد أستخدمت العديد من التقنيات والأجهزة والمواد لتعزيز أنظمة نقل ضوء النهار وفي الجزء الأول من الورقة البحثية يتم دراسة مجموعة من الأنظمة لنقل ضوء النهار أما الجزء الثاني يتم تحليل تطبيق أحد هذه الأنظمة على أحد المباني المستهلكة للطاقة في الإضاءة , ثم الجزء الأخير يتم عرض النتائج والتوصيات للإستفادة من الإضاءة الطبيعية

II. أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية

أنظمة تجميع وتوجيه الإضاءة الطبيعية هى المسئولة عن إلتقاط ضوء النهار المباشر وتوجيهه إلى داخل ناقل الضوء ومنها إلى داخل المبني , وتتكون عادة من عدسات أو أجهزة كاسرة أو عاكسة لأشعة الشمس والهدف منها هو الإستيلاء على أكبر قدر من الأشعة الشمسية ويمكن تحقيق هذا من خلال نظامين وهما سلبى

Received: 7 July, 2015 - revised: 16 March, 2016 - accepted: 21 April, 2016.

Eng. Mona Mahmoud Fouda, Demonstrator, Architectural Dept., Institute for Engineering and Technology, Mansoura

Dr. Ibrahim Rizk Hegazy, Lecturer, Architectural Dept, Mansoura University. (e-mail: i.hegazy@ymail.com)

Prof. Lamis Elgizawi, Head of Architectural Dept., Faculty of Engineering, Mansoura University. (e-mail: lamiselgizawi@yahoo.com)

(Passive Collection System) أو إيجابى (Active Collection System) ويشملان تركيز الضوء أو إعادة توجيهه.

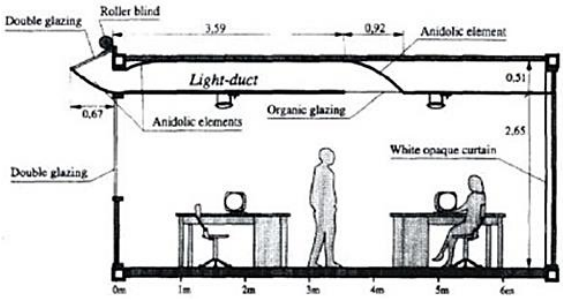
أ. نظام الجامع السلبى (Passive Collection System)[1]

نظام الجامع سلبى يعنى عدم وجود أجهزة متحركة وهى وأنظمة وحيدة التوجيه وثابتة وذلك لتحقيق أقصى قدر من إعادة توجيهه ضوء النهار , لذا يتطلب مساحة أكبر لجمع الضوء وذلك لتعويض عدم وجود أجهزة تتبع والتى يمكن من خلالها تحسين كفاءة جمع أشعة الشمس على مدار اليوم أو السنه ومن أساليب توجيه ضوء النهار من خلال تركيزه *على سبيل المثال مركزات أنيدوليك (Anidolic concentrators) ومركزات الإنارة الشمسية (Luminescent Solar Concentrators)* أو عن طريق إعادة التوجيه عن طريق لوحات الليزر المقطع (Laser Cut Panels) ومن مميزات نظام الجامع السلبى بساطة الأجهزة ومنها قلة تكلفة الصيانة ولكن يعيبه كبر حجمه وذلك لزيادة الأداء حيث أنه يرتبط بزيادة حجم المكونات ولكن يمكن التغلب على ذلك عند تكامله مع مراحل التصميم الأولى للمبني

1) مركزات أنيدوليك (Anidolic concentrators):

نظام (Anidolic Concentrators) يعتمد على أنظمة (Anidolic or Non Imaging Optical Component) حيث تلتقط أشعة الشمس المباشرة من الخارج وتوجيهها إلى داخل عمق الفراغ ويتم تركيزة في نقطة محورية واحدة وهذا النظام لا يشكل صورة من مصدر الضوء لهذا يسمى (Anidolic or Non Imaging) [2] ويتم نقل الضوء عن طريق مجموعة من الإنعكاسات الداخلية ومنها ينتج مسار الضوء إلى داخل الفراغ.

يمكن لهذا النظام أن يعمل مع ضوء النهار المنتشر في حالة غياب أشعة الشمس المباشرة وذلك يصلح في الأوقات الملبدة بالغيوم ومن سماتها انها لا تتدخل في شفافية النوافذ بل يلقي الجهاز الظلال على الواجهات .[3]



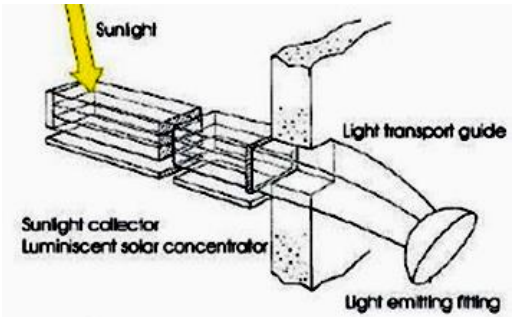
Anidolic ceiling
Source: Veronica Garcia Hansen, Innovative Day lighting System for Deep-Plan Commercial Building , School Of Design , Queensland University of Technology, PHD, 2006,p2-29

2) مركزات الشمسية لإنارة(Luminescent Solar Concentrator LSC):

التصاميم الأولية عادة ما تتكون من صفيحة رقيقة من مادة شفافة للغاية مثل (Polymethyl Merthiolate) مع الأصباغ الفلورية (Fluorescent Dyes) جزيئات الصبغة تمتص الإشعاع الشمسي على اللوحة وتعيد إنبعاثة على هيئة أشعة فلورية والتى يتم نقلها إلى حواف اللوحة عن طريق الإنعكاس الداخلى الكلي.

نظرياً يمكن الحصول على 75,80% من الإنارة حسب مجموع الإنعكاس الداخلى وهو مساوى تقريباً لزجاج نافذه نموذجية[4].

وحديثاً يمكن إستخدامه لتوليد الكهرباء من أشعة الشمس عندما يتصل بالخلايا الضوئية (Photovoltaic cells) ويمكن إستخدامة بنطاق واسع في المناطق التى يصعب فيها الإستخدام الفعال للألواح الشمسية العادية حيث أن (LSC) جهاز مرن جداً في تصميمه وله العديد من الأشكال والألوان [5]



Luminescent Solar Concentrator (LSC)
Source: Smith, G. B. and Franklin, J. Sunlight collecting and transmitting. United States Patent, 2000.

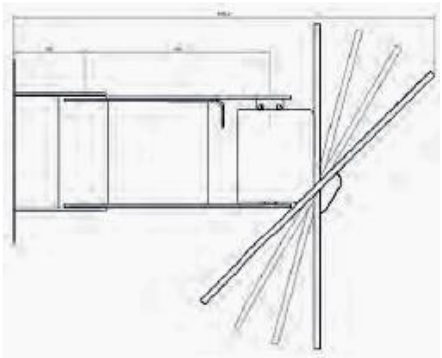
ب نظام الجامع الإيجابي (Active collection system) [6]

هذا النظام يعنى وجود أجهزة تتبع والتى تتبع مسار أشعة الشمس بإستمرار ومن مميزات هذا النظام القدرة على جمع أقصى قدر من الأشعة الشمسية في أى وقت وتوصيل أكبر كمية من ضوء النهار عبر مقطع صغير من شبكة نقل الضوء وأفضل أنظمة التتبع ما هو مدعم بالأجهزة والبرامج المزودة ببيانات مواقع الشمس ومن عيوب هذا النظام زيادة التكلفة بسبب الحاجة إلى تصاميم أكثر تعقيداً وأجهزة إستشعار وبرامج كما تلزم الصيانة الدورية لأجهزة النظام المتحركة.

1. أنظمة الإضاءة الطبيعية الذكية للجامع الإيجابي :

1.1. نظام الهليوستات (Heliostat)

هو عبارة عن مرأة تعكس أشعة الشمس عند نقطة معينة فهو نظام يعمل على ضبط المرايا للنقل الدقيق لأشعة الشمس وتجميعها لإنتاج الطاقة أو لإنارة فراغات بدون فتحات وذلك لإعتبارها مصدر للضوء الطبيعي [7]



Heliostat
Source: Espacio Solar, Deplosun Heliostat, Nov 2010.

نظام الهليوستات مكون من محورين ومرأه مجهزة بمحركات ذات التحكم الإلكتروني وفقاً لمسار أشعة الشمس من خلال السيطرة في حركت المرأة والتى تعكس أشعة الشمس عمودياً في أى ساعة على مدار اليوم أو السنة ويتكون الجهاز من داعم يثبت في الحائط (Support Wall) الجسم والمحتوي على المرأة والجزء الإلكتروميكانيكية بالإضافة إلى وحدة التحكم ويهدف نظام الهليوستات إلى توفير أداء أفضل للإضاءة الطبيعية سواء إنخفضت أو إرتفعت زوايا الشمس[8]

1.2. نظام الهليوباص (Heliobus)

يعتمد هذا النظام على إستخدام مرأة تقوم بتجميع ضوء النهار وإرسالة عبر فراغ إنتقالى يعمل هذا الفراغ على نقل الإضاءة الطبيعية إلى أنبوب ضوئى مبطن

تحتوي على عناصر عاكسة تعكس الضوء إلى داخل المبني.

ونظام الهليوباص (Heliobus) هو إنتاج يستخدم الهليوستات (Heliostat) التى تتعقب وتجمع وتركز أشعة الشمس وعادة ما تقع المرأة أو عدسة فريسنيل على سطح المبني ويستخدم أجهزة إستشعار للضوء (Light Sensors) ومحركات (Pulse motors) وإجهزة كمبيوتر لتتبع أشعة الشمس المرأة الثانية ثابتة تعمل على توجيه شعاع الشمس المُتركز إلى عمود دليل الضوء الرأسي (Vertical Light Guide) والذى ينقل ضوء النهار من خلال الإنعكاس الكلى الداخلى إلى داخل المبني ويتم توزيع الضوء لكل طابق من خلال دليل الضوء والذي يسمح بتلقى كميات مماثلة من الإضاءة الطبيعية [9]

قطاع تخطيطي للHeliobus

Source: Erik Andro, Jutta Schade ,Daylighting by Optical Fiber , Master of Science Programmer , Department of Environmental Engineering,p31

1.3. نظام سولاكس (Solux System)

هو نظام يعتمد أساساً على عدسة فريسنيل لإستغلال الإضاءة الطبيعية وقد وضعت هذا النظام الشركة الألمانية (Bomin Solar Research) ويتم نقل الضوء عبر دليل ضوء السائلة (liquid Light Guide) وهى عبارة عن أنابيب مرنة قطرها 2سم مملوءة بسائل ضوئي شفاف وهذا النظام يحتوي على عدسة فريسنيل قطرها 1م تركز الضوء 10,000 مرة تم يمر الضوء عبر مرشحات تمتص الحرارة قبل وصول الضوء إلى دليل الإضاءة السائل وفقد الإضاءة يتراوح بين 10:15% لكل 10 متر في الأنبوب السائل وقد تم تركيب هذا النظام في المتحف الألمانى للتكنولوجيا في برلين وقد ظهرت مشكلة تسريب السائل من دليل الضوء .

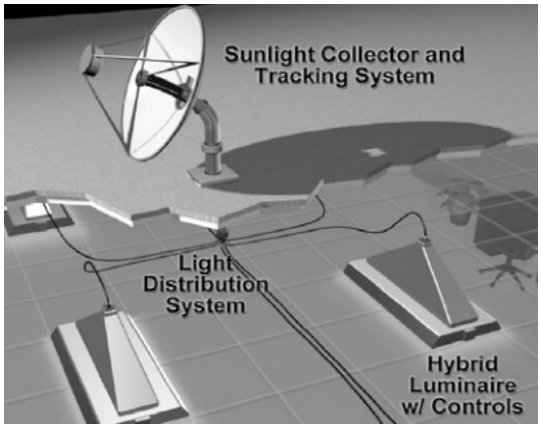
نظام السولاكس بعدسة فريسنيل لتجميع الإضاءة الطبيعية

Source: Erik Andro, Jutta Schade, Daylighting by Optical Fiber, Master of Science Programmer, Department of Environmental Engineering, p26.

1.4. نظام الإضاءة المهجن(Hybrid Solar Lighting Systems HSL:

يضم هذا النظام على مصابيح كهربية ونظام مراقبة التعتيم (Dimming Control System) وهو نظام يحدد مستوى الإضاءة الطبيعية (أشعة الشمس المباشرة) داخل الفراغ وتعديل نظم الإضاءة الكهربية على حسب توافرها أو عدمه[10] ويتكون نظام (HSL) من مصدر للضوء (أشعة الشمس – مصابيح كهربية) جامع لأشعة الشمس وأنظمة التتبع نظم توزيع الإضاءة (light distribution systems)أنظمة التحكم بالإضاءة المهجنة (hybrid lighting control systems) وأنظمة(hybrid luminaries) .[11]

النظام عبارة عن توليفة من أربعة أنظمة تكنولوجية تقوم بتجميع الإضاءة الطبيعية وتوليد الإضاءة الصناعية ونقل وتوزيع الإضاءة على حسب الحاجة ويهدف النظام بحلول عام 2020م إلى توفير 30 بليون كيلووات في الساعة وقد تم تطوير النظام عام 2004 حيث تم إعادة تصميم النظام البصري بإستبدال أنواع كلا من الحزم البصرية ومرأة التجميع من مرأة ثانوية إلى مرأة بيضاوية الشكل ثم تم تطويرة بواحدة من أهم التسحينات بالنظام البصري وهى الحد من كسر الحزم والألياف البصرية عند التعبئة وتم تطويرإنبعاث الإشعاع الشمسي لإنتاجة على هيئة حزم سداسية مع إضافة بعض التعديلات في الجامع البصري (Optical Collector) لإستقبال أكبر قدر من الإشعاع الشمسى المباشر وذلك عام 2006م والذى تم فيه تقديم أول نسخة تجارية لنظام HSL.[12]



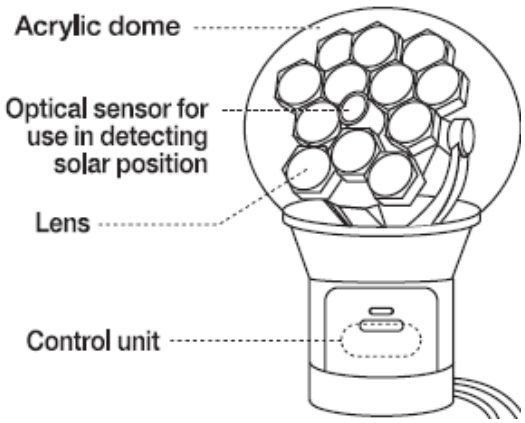
مكونات نظام الإضاءة المهجن HSL

Source: Christopher G. Werring, Design and Application of Fiber Optic Daylighting Systems, A report Master of Science, Department of Architectural Engineering and Construction Science, Kansas State University ,Manhattan, Kansas,2009,p9

1.5. نظام الهيماوارى (Himawari System)

هو نظام يرتكز على عدسة فريسنيل والألياف البصرية الزجاجية ويتكون هذا النظام من جامع للأشعة الشمسية (Sun collector) ويتكون من عدد من عدسات فريسنيل السداسية الشكل جهاز إستشعار للشمس(sun sensor) ساعة داخلية (internal clock) ومعالج تتبع أشعة الشمس (microprocessor) والذى يقوم بتحديد موقع الشمس عند إختفائها خلف الغيوم , كما تعمل كلاً من عدسات فريسنيل على تركيز أشعة الشمس على نهاية الألياف البصرية الزجاجية والتى يبلغ قطرها 1مم وترتبط 6 من الألياف البصرية في كابل واحد ,كما تعمل العدسات بتصفية ضوء أشعة الشمس من الأشعة تحت الحمراء وجزء من الأشعة فوق بنفسجية.[13]

ولتتبع أشعة الشمس من الشروق وحتى الغروب يحسب نظام هيماواري من خلال النظام الأوتوماتيكي للمستشعرات (Solar Sensors) و (Clock Mechanism Control)ويتحكم في حركة العدسة بحيث دائماً تتوجهه بدقة إلى أشعة الشمس على مدار اليوم وحتى عند الغيوم وحجب أشعة الشمس يمكن للمعالج (microprocessor)بتتبع حركة الشمس عن طريق حساب مسار الشمس والإستجابة لسرعة تغيرات الطقس[14]

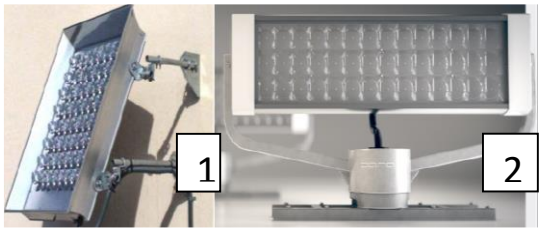


مكونات عدسة التركيز لنظام هيماواري
Source: Lens Focusing and Optical Fiber transmission devices, Solar Lighting System Himawari, http://www.kankyo-solutions.com/wp-content/images/products/catalogue/Himawari_EN.pdf 3-2015

1.6. (Sp3 Solar Light System)

(SP 1) هو نظام إضاءة شمسي تم إنتاجة عام 2004م ثم تم إنتاج الجيل الثاني وهو (SP2) ثم والجيل الثالث لإستقبال الأشعاع الشمسي وهو (SP 3) وذلك عام 2011م وهو يمثل قفزة تكنولوجية كبرى حيث تم التركيز على تبسيط الجهاز ويعتبر نظام SP3 سهل التركيب والصيانة أكثر قوة إستقبال أكبر كمية من الضوء مع إنخفاض سعره.

يتكون نظام SP3 من جهاز إستقبال وهو جسم انبوبي مجوف من الألومنيوم المسحوب (Extruded Aluminium) مغطي بلوح من الزجاج مغطي بالداخل بطبقة من السيليكون وعدد 36 عدسة من عدسات فريسنيل تعمل على تركيز الضوء إلى الألياف الضوئية المتلقى يتتبع أشعة الشمس على مدار اليوم وله القدرة على الدوران حول محورين ويتحكم في حركته مجموعة الدوائر الكاملة التى يتم برمجتها على مسار أشعة الشمس أما تصحيح المسار عن طريق أجهزة الأستشعار والنظامين يتعاونا معاً لمتابعة أشعة الشمس بشكل صحيح وجمع أكبر كمية من ضوء النهار.[15]



(شكل 1) , SP2 (شكل 2)SP3
Source: David Lingfors, Illumination properties and energy savings of a solar fiber optic lighting system balanced by artificial lights, uppasis university, December 2012, p17.

يتصل جهاز استقبال (Parans) بستة كابلات ألياف ضوئية. هناك أربعة أطوال القياسية في 5، 10، 15 أو 20 م - وهذا يعني أن الضوء يمكن أن يتوزع على اثنان، ثلاثة، حتى أربعة طوابق إلى أسفل. الكابلات لديها قدرة جيدة جدا لنقل الضوء مع الحفاظ على مجموعة كاملة من أشعة الشمس. الكابلات هي رقيقة ومرنة، ويمكن أن تنقل الضوء عموديا وأفقياً، وتحتل مساحة صغيرة جدا.[16]

1.7. (Solar Canopy Illumination System (SCIS) [17]

يعمل هذا النظام على تجميع الأشعة الشمسية بإستخدام شبكة من المرايا مربعة ورقيقة يصل سمكها 16سم تقع بداخل علبة واقية من الطقس ابعاد الوحدة منها 3م عرضاً 1.2م إرتفاعاً ترتبط بقناه تمتد داخل المبني بطول يصل إلى 10م.

يتغير توجيه المرايا على حسب إتجاه أشعة الشمس وذلك من خلال سلسلة من العدسات والمرايا والتى تعمل على تركيز الضوء وتوجيهه إلى دليل الضوء ذو مقطع عرضى مستطيل (Rectangular Cross Section Guide) بداخله مجموعة من الألياف الضوئية الرقيقة متعددة الطبقات (Multi-Layer Optical Film) والتى تتميز بإنعكاساتها العالية في جميع الزوايا ويسافر الضوء من خلالها ليصل لمخارج الدليل الضوئي إلى داخل الفراغ ويتم إستخدام نظام تحكم (DMLI) بالإضافة إلى أجهزة إستشعار ضوئي للحفاظ على مستوى الإضاءة المطلوب داخل الفراغات .

يعمل هذا النظام على تجميع الأشعة الشمسية بإستخدام شبكة من المرايا مربعة ورقيقة يصل سمكها 16سم تقع بداخل علبة واقية من الطقس ابعاد الوحدة منها 3م عرضاً 1.2م إرتفاعاً ترتبط بقناه تمتد داخل المبني بطول يصل إلى 10م.

يتغير توجيه المرايا على حسب إتجاه أشعة الشمس وذلك من خلال سلسلة من العدسات والمرايا والتى تعمل على تركيز الضوء وتوجيهه إلى دليل الضوء ذو مقطع عرضى مستطيل (Rectangular Cross Section Guide) بداخله مجموعة من الألياف الضوئية الرقيقة متعددة الطبقات (Multi-Layer Optical Film) والتى تتميز بإنعكاساتها العالية في جميع الزوايا ويسافر الضوء من خلالها ليصل لمخارج الدليل الضوئي إلى داخل الفراغ ويتم إستخدام نظام تحكم (DMLI) بالإضافة إلى أجهزة إستشعار ضوئي للحفاظ على مستوى الإضاءة المطلوب داخل الفراغات .

Solar Conopy Illumination System (SCIS)
Source: Mohammed S. Mayhoub, David Carter , op ,cit.

III. (ARTHELIO PROJECT)

مشروع (ArtHelio) هو دراسة تهدف إلى إيجاد طرق فعالة لدمج إستخدام الضوء الطبيعي جنباً إلى جنب مع الإضاءة الصناعية وذلك من خلال نقل ضوء النهار لمسافات أطول وأعمق داخل المباني وذلك لتحقيق الراحة البصرية داخل فراغات المباني ومنها لجلب منافع فسيولوجية ونفسية لمستخدمى الفراغات التى يتم تعريضها للإضاءة الصناعية أثناء ساعات العمل .

أ مكونات نظام.(ArtHelio)

- مصدر للضوء الإصطناعى: مصباح كبريت (a sulphur Lamp)
- نظام ضوء النهار القائم على الهليوستات (Heliostat) والذي يتكون من: جامع – (Collector) ، ناقل - (Transporter) موزع لضوء النهار (Distributor)
- نظام إقتران تمزج بين الضوء الطبيعي و الإضاءة الصناعية وفقاً لضوء النهار المتاح.
- المكونات الإلكترونية الذكية التى تتحكم بتشغيل الهليوستات ومصادر الضوء الإصطناعية كجزء من ضوء النهار.
- نظام ناقل الضوء (Hollow Light Guide system) يقوم بنقل الضوء لتحقيق الإضاءة الداخلية المطلوبة.

ب مصابيح الكبريت (a sulphur Lamp)

هى مصابيح تستخدم الطاقة الكهربية بكفاءة عالية جداً عادة 100 Lm/w تعطى مستويات مرتفعة للضوء مع أنخفاض تكاليف لصيانة وتعمل على تقليل تراكم الأتربة و الأوساخ عن المصابيح التقليدية كما يسهل إستبدالها ليتم تقديم مستوى عالى من الراحة البصرية وذلك للحصول على نوعية ممتازة من ضوء النهار وطيف مستمر للضوء من خلال مصابيح الكبريت .

ت الهلوستات (Heliostst) :

يقوم بتغذية الأنابيب الضوئية بضوء النهار من خلاله , كما أن الحد الأقصى للإضاءة الطبيعية يعتمد على حجم ومسطح الهليوستات كما يعتمد على الموقع الجغرافى وأحوال السماء , ويتم حساب إحتمالات أشعة الشمس من خلال نظام حوسبة بالهليوستات.

ث الأنابيب الضوئية (Light Pipes) :

تعمل الأنابيب الضوئية على توفير الإضاءة الطبيعية في الفراغات العميقة التى يصعب إضاءتها من خلال النوافذ والشبابيك ويتم تغذية الإنابيب الضوئية بضوء النهار من خلال الهليوستات (Heliostat) حيث يتم تركيز الضوء على مقطع صغير جدا وهى الأنابيب والتى يصل قطرها إلى 0.3متر أو أقل.

ويمكن إستخدام نظام (ArtHelio) بسهولة في مختلف أنواع المباني حيث تم تطبيق النظام بنموذجين أحدهما في (Carpiano - Italy , Semperlux – Berlin, University of Technology –Berlin)وفيما يلى تفصيلاً لهما.

IV. نظام (ARTHELIO) بمركز M3 الأوربي (CARPIANO , MILAN & ITALY)

أ مكونات نظام (ArtHelio) في مركز M3

وهى كما يلى (شكل 1) :

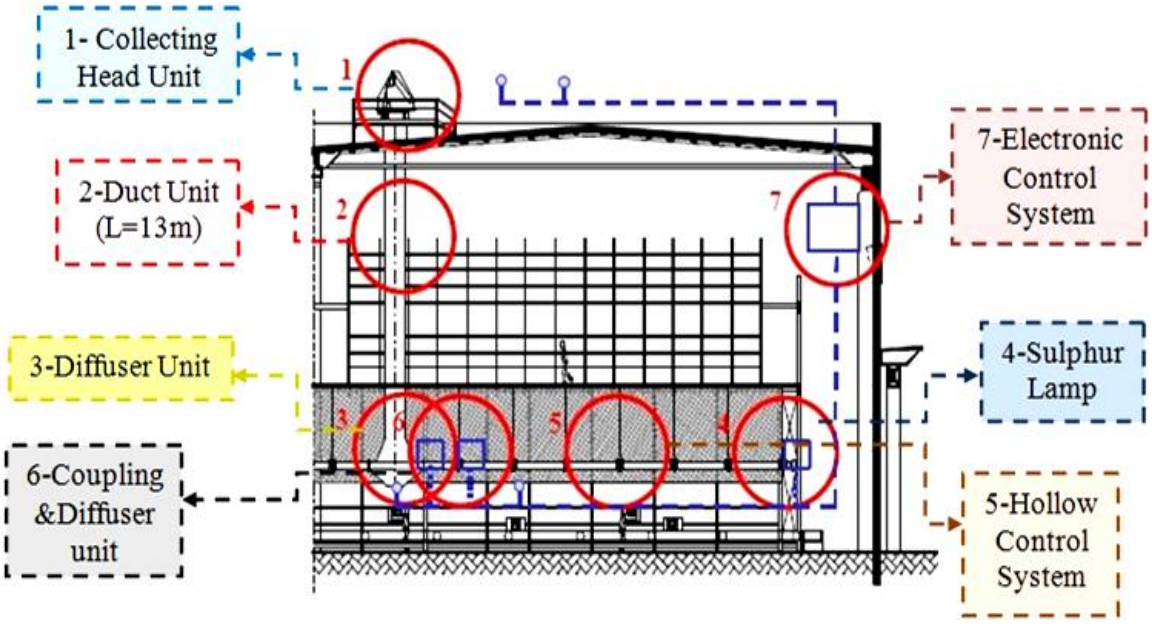
1. أجزاء الأضاءة الطبيعية :

- جامع رئيسي (الدوران حول محور واحد).
- ناقل ذو مقطع دائرى (Circular Cross Section Duct)
- دليلين للإضاءة (Tow Hollow Light Guide)
- موزع للإضاءة (Diffuser) (الناشر)

2. أجزاء التحكم والإضاءة الصناعية

- مصابيح كبريت. (Sulphur Lamps)
- نظام مراقبة (Artificial control system) وذلك لإدارة الإضاءة الطبيعية والصناعية وتحديد مستوى كلاً منهما.
- أجهزة إستشعار Sensors والتى تعمل على تحريك المرايا حسب زوايا الشمس.
- مجسات وإجهزة استشعار للإحساس بمستخدمي الفراغ ومنها يتم تنظيم تدفق إضاءة مصابيح الكبريت أو تعتيمها /Sulphur Lamp Flux (Dimming)

والشكل التالى يوضح مكونات نظام ال (ArtHelio) وذلك بمبنى (3M Caripiano)



System Function Uni
source: (الباحث)

يستخدم النظام مفهوم مبتكر للإستفادة من ضوء النهار وتكامله مع الإضاءة الصناعية داخل المبني وتم ذلك من خلال ما يلى :

1) وحدة جمع ضوء النهار

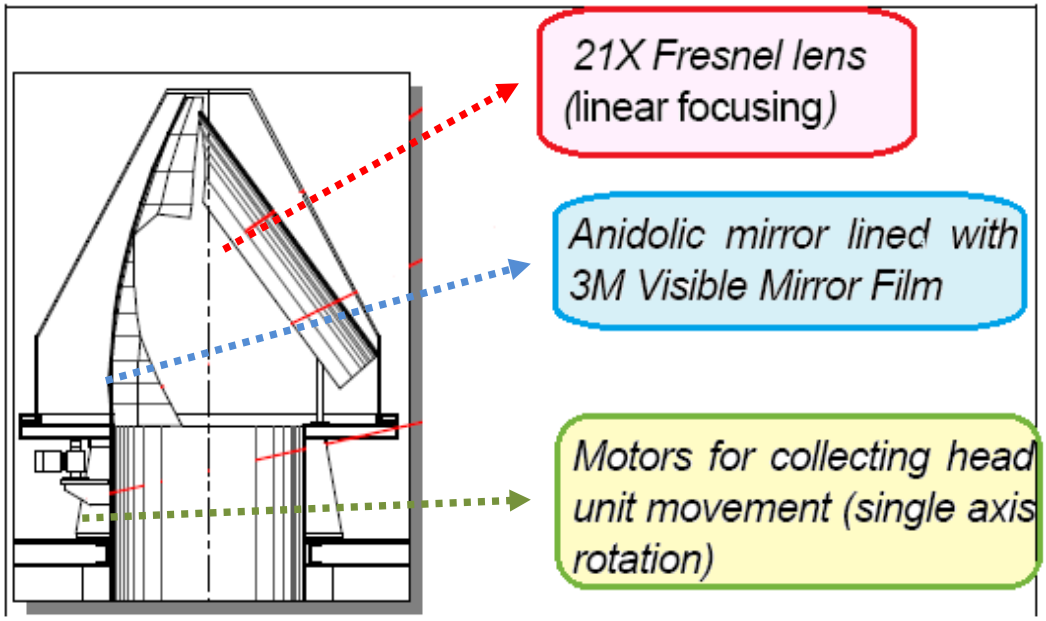
وهى وحدة وظيفية لها مهمة جمع أكبر كمية من ضوء النهار وهى عدسة فريسنيل (Fresnel Lens) والتى تشمل:

- (Collect Head Unit)

والتى تعمل على تتبع الأشعاع الشمسي المباشر بكفاءة وذلك بالدوران حول محور عمودر رأسى .

- عدسة 21 X Lens

والتى تعمل على تركيز الأشعاع الشمسي وذلك في حالات زوايا الشمس المرتفعة خلال المسار الشمسي على مدار اليوم



مكونات وحدة جمع ضوء النهار (عدسة فريسنيل Fresnel Lens)
المصدر : (الباحث)

- (Anidolic)

يقوم بعكس أشعة الشمس المركزة عليه إلى أنبوب ضوئى رأسى (Vertical Duct) حيث أن سطحها له شكل خاص وذلك للسماح بإستقبال أكبر كمية من ضوء النهار قدر الإمكان.

2) الأنبوب الضوئي (The Duct)

يبلغ طوله حوالى 13 متر رأسياً و90 متر أفقياً وهذه الأنابيب مصنعة من بوليمرات متعددة الطبقات(multilayer polymeric film) ذات معامل إنعكاس يصل ل 99% .

Duct Unit (D=90 cm, L=13m)
Source: Angelo Mingozzi, Sergio Bottiglioni, An Innovative System For Daylight Collecting And Transport for Long Distances and Mixing with Artificial Light coming from Hollow Light Guides, Ricerca & Progetto Galassi, Mingozzi e associate ,Ingegneria, architettura, ambiente, Bologna, Italia, p10-18.

3) وحدة الناشر (Diffuser Unit)

وحدة الناشر تقع في نهاية الأنبوب الضوئي وذلك بهدف الحفاظ على جودة الإضاءة داخل فراغات المبني ,فيتم إستخراج ضوء النهار من خلال وحدة الناشر Diffuser unit والتى تعطى إضاءة موزعة داخل الفراغ بنفس جودة توزيع الضوء خلال النوافذ حيث أن الناشر يضئ بشكل طبيعي مساحة 14متر مربع

Diffuser Unitوحدة الناشر
Source: A. De Vecchi, S. Colajanni, S. Sammataro, Daylight-transfer systems: physiological and energetic advantages, XXXII IAHS, World Congress on Housing, Sustainability of the Housing Projects, September 2004, Trento, Italy.

يتم توصيل وحدة الناشر بنظام الإضاءة الصناعية والتى تشمل [Horizontal Hollow Light Guide (3M Light Pipes)] بالإضافة إلى مصابيح الكبريت (Sulphur Lamps) كمصدر للضوء الإصطناعي ويعمل هذا النظام على توحيد شدة الإضاءة في جميع أنحاء منطقة العمل وذلك بدمج الإضاءة الطبيعية مع الإضاءة الصناعية.

كما تشمل على (Dimmers Fitted) المخفتات والتى تم تركيبها على مصابيح الكبريت حيث تعمل على التحكم في تكامل الإضاءة الصناعية مع الإضاءة الطبيعية تلقائياً , وذلك من خلال أجهزة الإستشعار حيث يتم تدفق الإضاءة الصناعية في حالة نقص الإضاءة الطبيعية نتيجة للظروف والإحوال الجوية الخارجية.

كما تعمل على تعتيم تدفق الضوء وفقاً لحضور المستخدمين داخل الفراغات ومن ذلك فإن ال (Dimmers Fitted) تعمل على توفير إستهلاك الطاقة المستهلكة في إضاءة فراغات المبنى.

. (Apple Computers, Regent Street, London) أ

تم إنشاء المبني عام 2001 م وقد تم إستخدام انبوب ضوئي Light Pipe بطول يصل إلى 120 قدم ويعمل على نقل ضوء النهار من سطح المبني إلى داخل الأتريوم وبسبب نسبه الأتريوم فيسمح بدخول ضوء النهار إلى الأدوار العليا فقط دون الأدوار السفلى.

لذلك تم تصميم أنبوب ضوئي مع نظام مزدوج (Light Tube with a double skin system) وذلك لنقل ضوء النهار إلى الأدوار السفلية للمبني والذى يتكون من هليوستات Heliostat على سطح المبني والذى يقوم بعكس اشعة الشمس على مرأة ثانوية والتى تتكون من 24 من المرايا فرعية وموجهات للضوء مخروطيه الشكل.

ينتقل ضوء النهار من خلال ال(Core) حيث يصطدم بزوايا من قطع الزجاج المسننه لينكسر للخارج وذلك من خلال نسيج شفاف (Lycra Fabric) Skin والذي يشكل السطح الخارجي للإسطوانه ويُدعم بنظام من الصلب والألومنيوم [18].

تعمل (Heliostat's Photo Cell) في حالة إنخفاض الإشعاع الشمسي عن المستوي المطلوب بفتح كشافات زينون (Tow Xenon Search Lights) والتى تضئ داخل الأتريوم لتعويض النقص في ضوء النهار .

Coupling Unit With (HLG)

V. نظام التحكم الإلكترونى (A SOPHISTICATED ELECTRONIC CONTROL)

ويضم أجهزة الإستشعار (SENSORS) ومحركات(MOTORS) والتى تعمل على إستخراج كمية الإضاءة الصناعية الخارجة من قبل Horizontal Hollow Light Guide (HLG)وتقوم أجهزة الإستشعار بتحديد كمية وإتجاه الإضاءة الصناعية والتى تدمج مع الإضاءة الطبيعية وذلك في حالة نقصان الإضاءة الطبيعية عن المستوى المطلوب داخل الفراغ نتيجة للظروف وتغيرات الأحوال الجوية بالخارج وذلك لتحقيق مستوى إضاءة ثابت داخل الفراغ ومنها تحقيق الراحة البصرية لدى مستخدمة فراغات المبني.

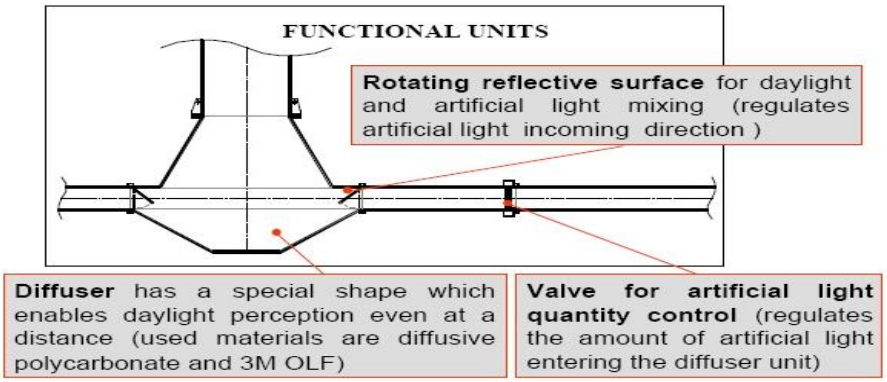
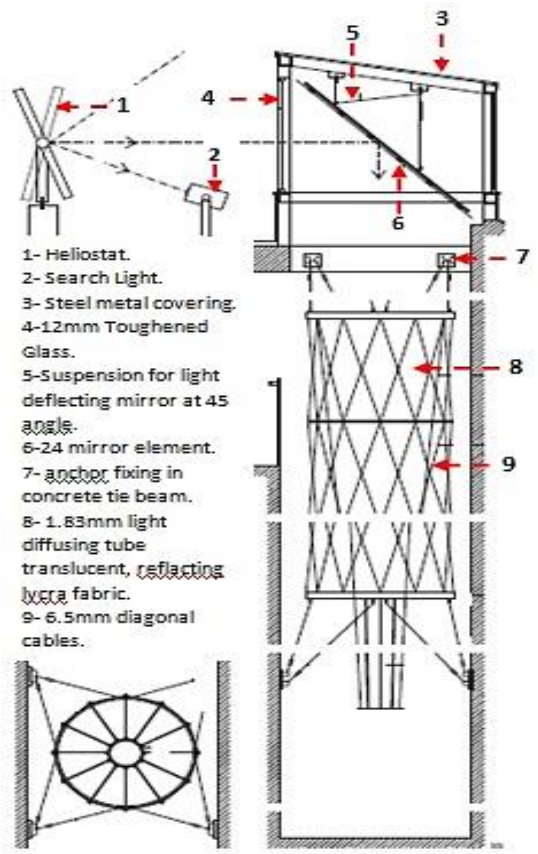


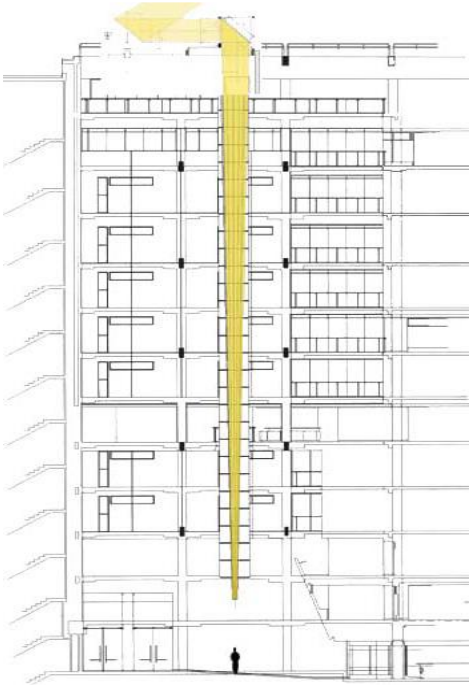
fig. 14: Diffuser functional units.

Diffuser and Coupling Operation at Night and During the Day
Source: Angelo Mingozzi, Sergio Bottiglioni, An Innovative System For Daylight Collecting And Transport for Long Distances and Mixing with Artificial Light coming from Hollow Light Guides, Ricerca & Progetto Galassi, Mingozzi e associate ,Ingegneria, architettura, ambiente, Bologna, Italia, p10-18.



plan, section in light Tube with a double skin

light Tube with a double skin



Section in building Apple Computers

Source: Michael Allen, Stephanie Wolfgang, others, Elements of Daylighting, Clark Nexsen Architecture and Engineering, Norfolk, 2008, p5

(تحليل الباحث)

ب *(Heliobus in Boppartshof school, ST. Gall Switzerland)*

تم إستخدام نظام ال (Heliobus) وذلك لإضاءة المبني من الداخل يتكون النظام [19] من:

- جامع مقعر مع تأثير الألومنيوم مزود بمرأة مغلفة ذات سطح عاكس تحميها شاشه بلاستيكية شفافة , يبلغ إرتفاع الجامع حوالى 2.25م وقاعدته يبلغ قطرها 1م , الجامع له إمكانية الدروان حول محورين وذلك لتتبع مسار الإشعاع الشمسي .

concave collector, Heliobus system in Switzerland

Light pipe, Heliobus system in Switzerland

- أنبوب ضوئي طوله يبلغ 10م وله مقطع مربع طول ضلعه يبلغ حوالى 62.5 سم وهو يتألف من مادة شفافة بسمك 10 مم والذي يقوم بنشر ضوء النهار إلى داخل الأدوار السفلية للمبني.

قد لا تتوفر الإضاءة الكافية لإضاءة المبني وبخاصة في حالة بعد المسافة عن الجامع لذا فإنه له إمكانية تكامله مع الإضاءة الصناعية لتوافر الإضاءة بالكمية والجودة المطلوبة دلخل فراغات المبني.

(Heliobus in Postdam Station, Underground Train Station, Berlin) ت.

يتكون النظام من جامع بيضاوى الشكل مثبت في الجزء العلوي من كل أنبوب ضوئي ويقوم بتتبع مسار الشمس وتحويل الإشعاع الشمسي إلى داخل الانبوب.

تقع الأنابيب الضوئية في مكان مفتوح وهى عبارة عن ثلاث أنابيب ضوئية صممت كلاً منهما بحيث يتكون كل أنبوب من أنبوب زجاجي داخل أنبوب معدنى ومغطاه بطبقة شديدة الإنعكاس وذلك لإنعكاس ضوء النهار ليصل إلى المبني تحت الأرض وقد تم توزيع تلك الأنابيب على مسافات معينة[20].

الجزء السفلى من الأنبوب مغطي بمادة من الزجاج تعمل على تشتيت ضوء النهار ولها إمكانية إضافة وحدات إضاءة صناعية في مقطع الأنبوب الضوئي مع سطح الأرض .

lighting inside underground station

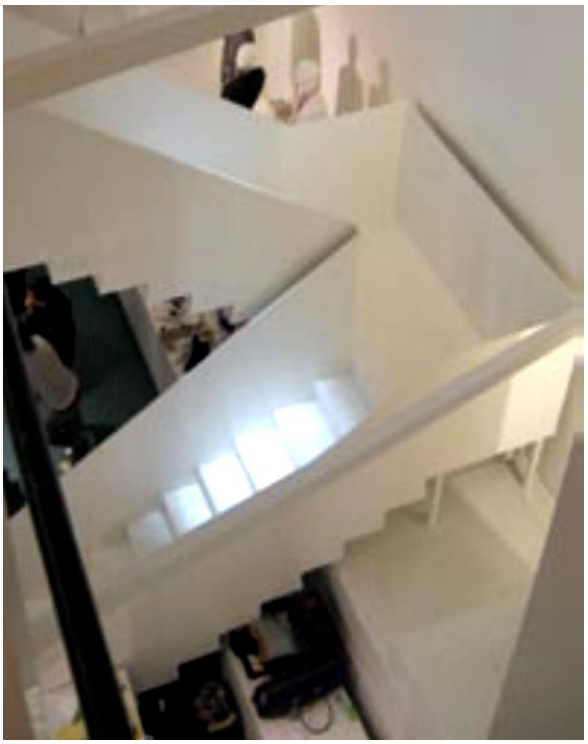
light pipe at night

One of the lightpipes at Potsdamer Platz during installation

أثناء الليل تضاء تلك الأنابيب بإضاءة صناعية بحيث تكون مرئية في ساحة (ostdamer)

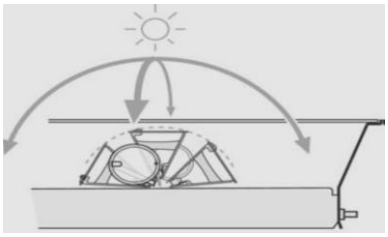
ث *(The Victoria Arena Fashion Store.)*

هو مبني قديم تم إنشاؤه في (Gothenburg) وذلك منذ عام 1910 م ذلك المبنى يفتقر وجود الإضاءة الطبيعية بداخله حيث كان مدخل المبني هو الإتصال المرئي الوحيد بالخارج , لهذا السبب تم تركيب وحدة إنارة بالألياف الضوئية (Fiber Optic Luminaries) فوق درج المبني وذلك لجلب ضوء النهار من خارج المبني إلى داخله[21]

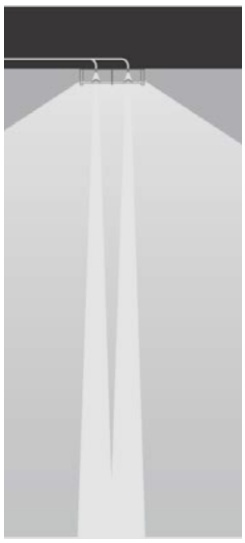


Luminaries parans : Victoria Arena
Source: Parans (2011) Product specification (Electronic source)
http://www.parans.com.

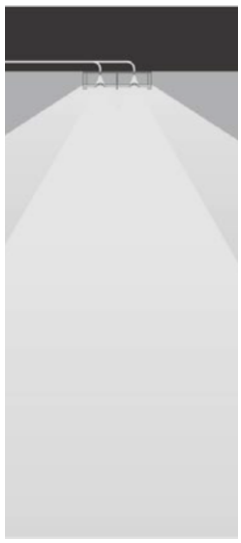
(Tow Sky Ports Parans)
Source: Parans (2011) Product specification (Electronic source)
http://www.parans.com



تتبع الإشعاع الشمسي في وحدت الParans



Parans L1 Focused



Parans L1

لإستقبال الإشعاع الشمسي من الخارج تم تركيب وحدتين من(Tow Sky Ports) ما يسمى ب (Parans) وذلك فوق سطح المبني والذي يبلغ إرتفاعة 33 قدم, يقوم بتتبع مسار الإشعاع الشمسي ونقله إلى الألياف الضوئية لينتقل الضوء إلى داخل المبني ويمكن من خلاله تقييم حالة الطقس بالخارج وذلك من خلال التغيرات في شدة الضوء ودرجات الحرارة(22)

VI. نتائج البحث:

أ- نجاح أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية Daylight Guidance system (DGS)حيث أنها لديها القدرة على توفير ضوء النهار بكفاءة إلى داخل المباني وذلك من خلال أنظمة تجميع ضوء النهار ونقلها إلى الأنابيب الضوئية وصولاً إلى الناشر الذى من خلالة يتم توزيع الإضاءة الطبيعية داخل فراغات المبني , مما يعمل على تقليل الإعتماد على الإضاءة الصناعية ومنها تقليل إستهلاك الطاقة بالمباني.

ب- تطبيق منظومة تكاملية بين أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية وتصميم المبني وكذلك الإضاءة الصناعية بداخلة حيث يتم توفير إستهلاك طاقة المبني وتحقيق الراحة البصرية لدى مستخدمى فراغات المبني , لذا فتكامل هذه الإنظمة معاً دون تأثير إحداهما على الأخر.

VII. التوصيات

أ- أمكانية تطبيق أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية في مباني قائمة بالفعل وذلك من خلال إمكانية إستغلال أسطح أو واجهات المباني في تثبيت جامع الإضاءة وأيضاً استغلال المناور الداخلية بالمبني ليمر من خلالها الأنابيب الضوئية لتوصيل ضوء النهار إلى داخل الفراغات الداخلية بالمبنى.

ب- إمكانية تكامل أنظمة نقل الإضاءة الطبيعية مع الأنظمة الذكية للتحكم في الإضاءة الصناعية بالمباني .

ت- إمكانية حماية الجامع من العوامل الجوية والأتربة مثل ما يُسمي بالهليوستات المغلفة وهى عبارة عن تغطية عدسة الهليوستات بغطاء يصل قطره 30 قدم مصنوع من مادة رقيقة مقاومة للرياح والتى تعمل كغطاء للمرايا لتحميها من العوامل الجوية والأتربة ولكنها مكلفة للغاية , وقد تم إختبار بعض المواد الأخري وقد تم ذلك عملياً للتصنيع تجارياً حيث أنها ذات خصائص بصرية جيدة بالإضافة إلى كفائتها في تحمل الأحوال الجوية .

المراجع

[1] Veronica Garcia Hansen, Innovative Day lighting System for Deep-Plan Commercial Building, School of Design, Queensland University of Technology, PHD, 2006, p2-5.

[2] Chaves, Julio, Introduction to Nonimaging Optics, 2008, p 26.

[3] http://www.dlite.org/page/anidolic_systems_p64.php

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/Luminescent_solar_concentrator#cite_note-RRSN-1

[5] Michael G Debije, Paul P. C. Verbunt, Thirty Years of Luminescent Solar Concentrator Research: Solar energy for the Built Environment, Advanced Energy Material, 2012

[6] Veronica Garcia Hansen, Innovative Day lighting System for Deep-Plan Commercial Building, School of Design, Queensland University of Technology, PHD, 2006, p2-13.

[7] http://www.lumena.ch/Tageslichtsysteme/heliostaten/default.htm?client_locale=en

[8] Espacio Solar, Deplosun Heliostat, Nov 2010. www.espaciosolar.com

[9] Mayhoub, M.S, Dual ducting: An innovation to increase the use of daylight in buildings, Lighting Research and Technology, Faculty of Engineering, Al-Azhar University,2014.

[10] Christopher G. Werring, Design and Application of Fiber Optic Daylighting Systems, A report Master of Science, Department of Architectural Engineering and Construction Science, Kansas State University, Manhattan, Kansas,2009, p9ترجمة الباحث.

[11] Yavuz SOYDAN, Ahmet DEMIRER, Akin Oguz KAPTI, Lighting of Commercial Buildings by Conveying Sunlight, Department of Mechanical Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey, Journal of Science and Technology ,2011, p26ترجمة الباحث.

[12] L. Curt Maxey,Melissa V. Lapsa, Philip Boudreaux, Hybrid Solar Lighting: Final Technical Report and Results of Field Trial Program, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY ,September 2008, p14:16 ترجمة الباحث

[13] Erik Andro, Jutta Schade, Daylighting by Optical Fiber, Master of Science Programmer, Department of Environmental Engineering, p21,22ترجمة الباحث

[14] Lens Focusing and Optical Fiber transmission devices, Solar Lighting System Himawari, http://www.kankyo-solutions.com/wp-content/images/products/catalogue/Himawari_EN.pdf 3-2015

[15] Rebecca Hallqvist, Magnus Renstrom, Development of a Hybrid Luminaire for Parans Solar Lighting, Department of Product and Production Development, Division of Design and Human Factors, Chalmers University of Technology, G?teborg, Sweden, 2011,p26 ترجمة الباحث .

[16] http://www.parans.com/eng/sp3/ 2-2015

[17] Mohammed S. Mayhoub, David Carter, Hybrid lighting systems: A feasibility study for Europe, http://www.cpasegypt.com/pdf/Mohammed_Mayhoub/Research/Research/001%20%20%20%202009%20HLS_A%20feasibility%20study%20for%20Europe.pdf

[18] Michael Allen, Stephanie Wolfgang, others, Elements of Daylighting, Clark Nexsen Architecture and Engineering, Norfolk, 2008, p54 ترجمة الباحث.

[19] De Vecchi, S. Colajanni, S. Sammataro, Daylight-transfer systems: physiological and energetic advantages, XXXII IAHS World Congress on Housing, Sustainability of the Housing Projects, Trento, Italy, 2004, ترجمة الباحث.

[20] Erik Andro, Jutta Schade, Daylighting by Optical Fiber, Master of Science Programmer, Department of Environmental Engineering, p30 ترجمة الباحث.

[21] Michael Allen, Stephanie Wolfgang, others, Elements of Daylighting, Clark Nexsen Architecture and Engineering, Norfolk, 2008, p60 ترجمة الباحث.

[22] W. F. CARROL, Polymers in Solar Energy: Applications and Opportunities, PAUL SCHISSEL, Solar Energy Research Institute, Washingtonترجمة الباحث.