التصميم الأمثل لحجم النوافذ وتوجيهها وعامل نفوذيتها وعوامل انعكاس الجدران حسب المقاييس الخاصة بضوء النهار ولتوفير الاستهلاك الكهربائي للإنارة "حالة دراسية: مكتب في سوريا"

م. عمران شقير*

الملخص

يحدد أداء المباني بأقل استهلاك كهربائي و بالاستفادة من العوامل الطبيعية، وللاستفادة من ضوء النهار أثر في تقليل الاستهلاك الكهربائي المصروف على الإنارة وهناك عدة عوامل تساهم في زيادة الاستفادة من ضوء النهار. تضمن هذا البحث دراسة تأثير توجيه المكاتب ونسبة النوافذ إلى الجدران و نفوذية الزجاج و عوامل انعكاس الجدران على ضوء النهار وتقليل الاستهلاك الكهربائي للإنارة وذلك وفقا للموقع الجغرافي لسوريا بالنسبة للشمس وبالاعتماد على المراجع العالمية المحددة للاستفادة من ضوء النهار وبالاعتماد على برامج نمذجة ضوء النهار DIVA الملحق ببرنامج التصميم ثلاثي الأبعاد Rhino. وأعطت الدراسة قيم توجيهية لتساعد في تصميم جيد للمكاتب من حيث جودة ضوء النهار وتخفيض استهلاك الإنارة الكهربائي.

الكلمات المفتاحية: ضوء النهار، تصميم، الاستهلاك الكهربائي للإنارة، نسبة النوافذ للجدران، نسبة نفوذية الزجاج للضوء المرئي، سوية الإنارة.

*مهندس كهرباء حاصل على درجة ماجستير– قسم هندسة الطاقة الكهربائية– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

Optimized design of windows' size, directing, visible light transmittance of windows 'glass and wall reflecting ratio according to the parameters of daylight and to decrease the electrical lighting consumption. "Case study: office in Syria"

Eng. Omran Shkair*

ABSTRACT

The performance of the buildings is defined by the least electrical consumption and by utilizing the natural resources. Utilizing the daylight affects the electrical lighting consumption. There are some factors that contribute in increasing the utilizing the daylight.

In this article, directing the office, the Window to Wall Ratio WWR%, Visible Light Transmittance ratio VLT%, and wall reflecting ratio are studied to define their effects on utilizing the daylight and on decreasing the electrical lighting consumption. This is done according to the geographic location of Syria and based on international standards which define the utilizing conditions of daylight. The study is carried out via DIVA which is a plug-in to Rhino which is a 3D simulation software. This study provided guideline values that aid to design offices in order to utilize daylight and to decrease the electrical lighting consumption.

Keywords: Daylight, Design, Electrical lighting consumption, WWR%, VLT%, Eav, sDA, ASE, LEED.

* Electrical engineer with a master degree, Department of Electrical Power System, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University

المقدمة:

تعد النوافذ أحد أهم مكونات المبنى ولها تأثير إيجابي على صحة وراحة شاغلي البناء وتلعب النوافذ دوراً أساسياً في تزويد المبنى بضوء النهار وتوفير مساحة رؤية إلى الخارج وتؤثر في شكل الاستهلاك الكهربائي للمبنى [1-4].

في مرحلة التصميم تظهر بعض التناقضات حيث عندما نسعى لدخول أكبر كمية من ضوء النهار وزيادة مساحة الرؤية من النوافذ نقوم بزيادة مساحة النوافذ بينما عندما نسعى لتخفيف الحمل الحراري نقوم في تصغير حجم النوافذ هذه التناقضات تقودنا لاستخدام منهج الحل الأمثل متعدد الأهداف [5-6].

أجريت دراسة للاستفادة من ضوء النهار في اليونان من خلال حساب عامل ضوء النهار Daylight (DA) availability وذلك على مكتب نموذجي و لـ 21 حالة تضمنت توجيهين للمكتب للشمال والجنوب وثلاث قيم لنسبة النوافذ للجدران WWR وهي 10و 20 و 100 % مع ثلاث حالات تظليل على النوافذ وبينت تلك الدراسة أثر هذه العوامل على الوفر في الاستهلاك الكهربائي [11]. وفي دراسة أخرى تم دراسة أمثلة تصميم البناء من حيث الأبعاد والتوجيه مع الأخذ بعين الاعتبار الاستفادة من ضوء النهار ومن الحمل الحراري للمبنى وذلك لأربع مناطق جغرافية مختلفة وهي مدن هلسنكي ولوس أنجلوس ومكسيكو ونيويورك [12].

وفي هذه المقالة تم التركيز على الحصول على أفضل مجال قيم لتوجيه النوافذ وحجمها ونفوذية زجاجها وعوامل انعكاس الجدران للوصول إلى الحد الأدنى من الإنارة الطبيعية ومحاولة الوصول إلى متطلبات معيار ضوء النهار Daylight EQ8.1 في ستاندر LEED [7] الخاص بالأبنية الخضراء ودراسة الوفر في الاستهلاك الكهربائي للإنارة.

1- المعايير المتبعة للاعتماد على ضوء النهار.

حسب المرجع الأمريكي العالمي للاستدامة LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) يمكن تحقيق معيار ضوء نهار جيد في المكاتب من خلال أحد الخيارات التالية:

1- من خلال تحقيق $sDA_{300/50\%}$ استقلال ضوء نهار مكاني بسوية إنارة 300 لوكس وأكثر خلال 50% من فترة الإشغال السنوية لما لا يقل عن 55% من مساحة الأماكن المشغولة بشكل منتظم.

ويجب تحقيق شرط آخر وهو ألا تزيد نسبة مساحة التعرض للإشعاع الشمسي السنوي $ASE_{1000,250}$ عن 10 % من المساحة المشغولة بشكل منتظم، أي هذه النسبة للمساحة التي تزيد فيها سوية الانارة عن 1000 لوكس لأكثر من 250 ساعة في السنة وذلك من خلال برامج

نمذجة على الحاسب على ألا تزيد شبكة القياس عن 60×60 سم واعتبار مسقط العمل على ارتفاع 76 سم عن الأرض [7] .

2- من خلال تحقيق سويات إنارة بين 300 و3000 لوكس في الساعة التاسعة صباحا والثالثة ظهراً لمساحة لا تقل عن 75% من مساحة الأماكن المشغولة بانتظام وذلك في يوم 21 آذار ويوم 21 أيلول ومن ثم أخذ متوسط هاتين القيمتين [7] .

3- من خلال تحقيق سويات إنارة بين 300 و3000 لوكس في أي ساعة بين التاسعة صباحاً والثالثة ظهراً لمساحة لا تقل عن 75% من مساحة الأماكن المشغولة بانتظام وذلك في أي يوم من شهرين مختلفين ضمن نظام محدد في المعيار فإذا أخذت القراءة الأولى في شهر كانون الثاني مثلاً فالقراءة الثانية تؤخذ بين شهر أيار وشهر أيلول [7] .

وحسب المرجع البريطاني في إنارة المباني BSI British standard Institute بالنسبة للمكاتب فيجب ألا يقل معامل ضوء النهار DF عن 2% [8].

تم التركيز في هذه المقال على اختبار الخيار الثاني من متطلبات LEED لتحقيق ضوء نهار جيد في المكاتب.

2- العوامل المؤثرة في الاستفادة من ضوء النهار تلعب عدة عوامل في تحقيق ضوء نهار جيد في حيز المكاتب وهي:

1- توجيه المبنى أو النوافذ حسب الاتجاه الجغرافي [11].

2- Window to Walls Ratio WWR إي نسبة مساحة النوافذ إلى مساحة الجدران [11].

3- Visible Light Transmittance%VLT و تمثل النسبة المئوية لنفوذية الزجاج للضوء المرئي [13].

4- عوامل انعكاس الأرضية والجدران والأسقف إي نسبة انعكاس أشعة الضوء التي تسقط على هذه الأسطح [13].

3- المنهج:

لدراسة أثر كل عامل من العوامل المؤثرة على الاستفادة من ضوء النهار على حدا، تم تصميم مكتب له نافذة واحدة من جهة واحدة وباقي الجدران كلها مصمتة واختير المكتب وفق الأبعاد الخارجية التالية: طول × عرض × ارتفاع 6×4×3 متر. بُني المكتب على برنامج Revit ومنه يصدّر نموذج بلاحقة DWG أي ملف أتوكاد ثلاثي الأبعاد ويستورد هذا النموذج إلى برنامج التصميم ثلاثي الأبعاد Rhino ومن خلال ملحق بهذا البرنامج وهو DIVA يمكن إجراء نمذجة لحساب مقاييس ضوء النهار في المكتب بعد وضع الإعدادات الخاصة في المكتب وحسب موقعه الجغرافي في سوريا. حيث أخذت إحداثيات مدينة دمشق وهي 33.42 درجة خط عرض و 36.52 درجة خط طول، مع العلم أن سوريا تقع بين خطي عرض 32 و 38 درجة وبين

خطي طول 35 و 43 درجة. حيث تم استيراد ملف بلاحقة epw. وهو الملف المتضمن للمعلومات الجغرافية ومعلومات الطقس والإشعاع الشمسي الخاص بمدينة دمشق من عام 2004 حتى 2018 من موقع " كلايمت ون بيلدينغ" [9].

ولدراسة الأثر على الاستهلاك الكهربائي للإنارة الكهربائية نحدد استطاعة أجهزة الإنارة اللازمة لإنارة الفراغ وحُددت الأجهزة بالاعتماد نظام ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) [10] والذي يحدد الحد الأعلى لكثافة الاستطاعة الكهربائية للإنارة إلى المساحة LPD Lighting Power Density بمقدار 8 وات/م2 وباعتبار تخفيض عن الحد الأعلى 25 % تكون الكثافة 6 وات/م2

وتحسب هذه الكثافة من العلاقة التالية:

$$LPD = \frac{P}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

P: الاستطاعة الكلية لأجهزة الإنارة المركبة في الفراغ

A: مساحة الفراغ

وبما أن المساحة الداخلية للمكتب 5.8×3.8 وتساوي 22 متر مربع تحسب استطاعة الأجهزة من العلاقة التالية:

P = LPD x A

P= 6* 22 = 132 W

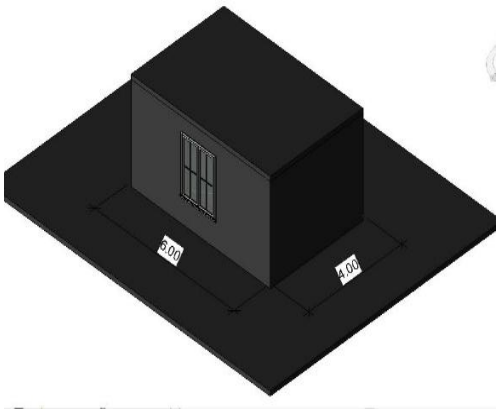
استطاعة الأجهزة الكهربائية لهذا الفراغ يجب ألا تتجاوز 132 وات وباعتبار وضع أربع أجهزة إنارة باستطاعة 30 وات لكل جهاز تكون الاستطاعة الكلية 120 وات. ويحسب الاستهلاك السنوي E في حال تشغيل أجهزة الإنارة كاملة خلال فترات العمل من خلال العلاقة التالية:

$$E = T * P \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

E=3650*120 = 438 kWh

حيث: T عدد ساعات الإشغال السنوية وتحسب على اعتبار ان فترة الإشغال للمكتب عشرة ساعات يوميا. وبعدها يتم تثبيت العوامل المؤثرة وتغيير أحدها فقط والقيام بالنمذجة لدراسة تأثير كل عنصر على حدى.

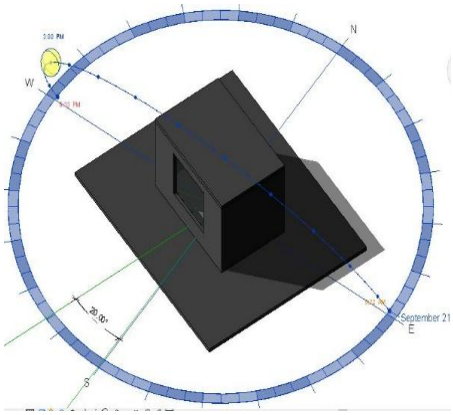
والشكل 1 يبين صورة ثلاثية الأبعاد للمكتب قيد الدراسة



الشكل 1 صورة ثلاثية الأبعاد للمكتب قيد الدراسة

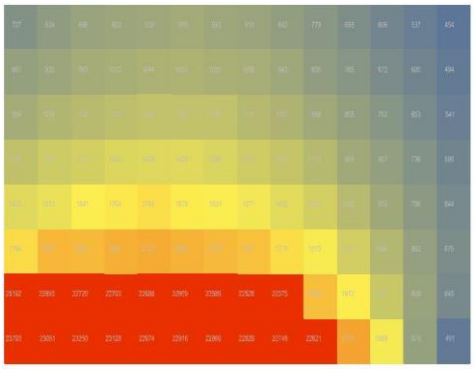
تأثير التوجيه:

في البداية تم اختيار قيم ثابتة للمؤثرات على الشكل التالي:WWR 50% وعوامل الانعكاس على الشكل التالي 80% للأسقف 20% للأرضيات و50 % للجدران ومعامل النفوذ للزجاج تم اختياره 80 %. تم البدء بتوجيه النوافذ باتجاه الجنوب واعتبار زاوية الدوران هذه صفر وتمت النمذجة وأخذ النتائج عند هذه المعطيات ومن ثم تم تدوير المبنى 10 درجة عن الجنوب باتجاه الغرب، وأخذ النتائج عند هذه الزاوية من ثم تدويره 10 درجة أيضاً وأخذ نتائج وهكذا حتى زاوية دوران 350 درجة أي تم أخذ 36 حالة توجيه للمكتب وعلى اعتبار اتجاه التدوير هذا هو الاتجاه الموجب تم توضيح القيم عند زوايا دوران مختلفة بالنسبة للاتجاهات على اعتبار زاوية التوجيه إلى أحد الاتجاهات الأربعة الزاوية صفر ثم تدوير المبنى بالاتجاه الموجب او السالب ووضعت النتائج في الجدول 1. والشكل 2 يبين النموذج المختبر عند زاوية دوران +20 درجة عن الجنوب ويبين توضع الشمس بالنسبة للمكتب في تاريخ 21 آذار الساعة 3 ظهراً.

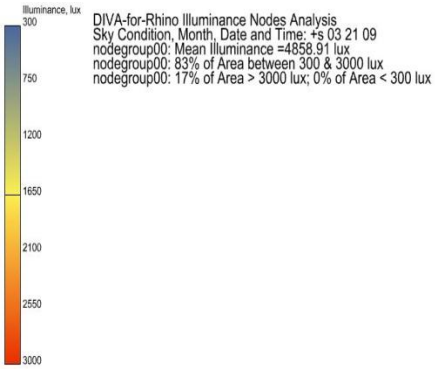


الشكل 2 أثر توجيه المبنى– توجيه النوافذ باتجاه الجنوب مع دوران20 درجة

وحسب معيار LEED الخيار الثاني، تم اخذ نتائج المحاكاة الساعة 9 صباحا في 21 آذار والساعة 15 في 21 أيلول وأخذ وسطي النتائج. ويعطي DIVA نتائج النمذجة على شكل مسقط المكتب وعليه تدرجات سوية الإنارة بالإضافة لإعطاء قيم رقمية للنسبة المئوية من مساحة المكتب التي تحقق سوية إنارة معينة والشكل 3 و4 لأحد هذه النتائج.



الشكل 3 مسقط لتوزع سويات الإنارة في المكتب عند توجيهه للجنوب الساعة 9 صباحا في 21 آذار



الشكل 4 مخطط توضيحي لدلالات سويات الإنارة حسب الألوان ولتوضيح النسبة المئوية للمساحة حسب سويات الإنارة

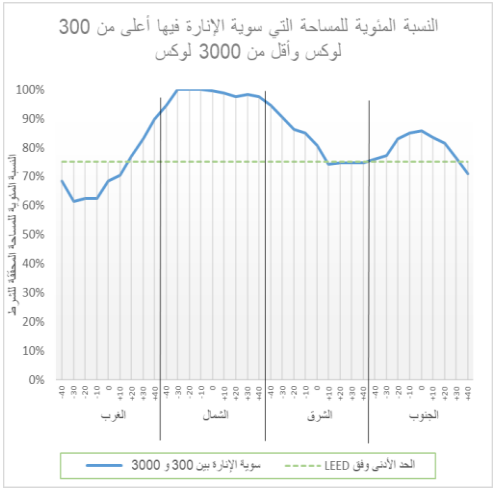
وبعدها يتم أخذ كل نتيجة ويتم وضعها بجدول النتائج

الجدول 1

الجدول 1 نتائج النمذجة عند قيم مختلفة لزوايا توجيه المبنى بالنسبة للجنوب

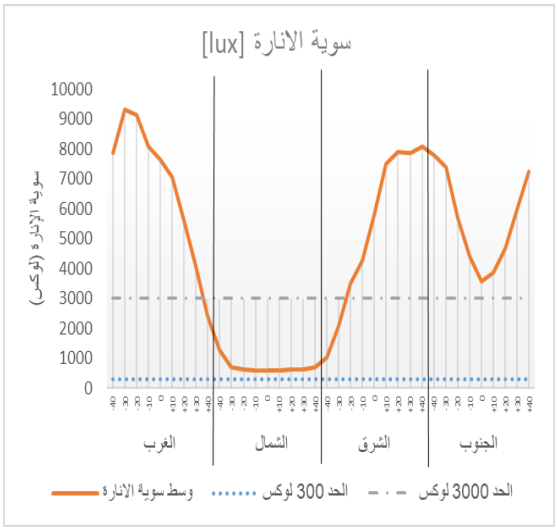
الاتجاهات	الانحراف بالنسبة للاتجاهات	الانحراف بالنسبة إلى الجنوب	WWR	آذار 21 الساعة 9 صباحا — النسبة المئوية للمساحة حسب سوية الإنارة				أيلول 21 الساعة 3 بعد الظهر — النسبة المئوية للمساحة حسب سوية الإنارة				المتوسط الحسابي	
				سوية الإنارة بين 300 و 3000	سوية الإنارة أكثر من 3000 لوكس	سوية الإنارة أقل من 300 لوكس	سوية الإنارة الوسطية لوكس	سوية الإنارة بين 300 و 3000	سوية الإنارة أكثر من 3000 لوكس	سوية الإنارة أقل من 300 لوكس	سوية الإنارة الوسطية لوكس	سوية الإنارة بين 300 و 3000	وسط سوية الانارة
الغرب	-40	+50	50	100%	0%	0%	704	37%	63%	0%	15015	68%	7860
	-30	+60	50	100%	0%	0%	643	23%	77%	0%	17975	62%	9309
	-20	+70	50	100%	0%	0%	596	25%	75%	0%	17680	62%	9138
	-10	+80	50	100%	0%	0%	562	25%	75%	0%	15582	62%	8072
	0	+90	50	99%	0%	1%	542	38%	62%	0%	14785	68%	7664
	+10	+100	50	99%	0%	1%	534	42%	58%	0%	13591	71%	7063
	+20	+110	50	100%	0%	0%	530	54%	46%	0%	10672	77%	5601
	+30	+120	50	100%	0%	0%	530	66%	34%	0%	7596	83%	4063
	+40	+130	50	100%	0%	0%	528	80%	21%	0%	4285	90%	2407
الشمال	-40	+140	50	100%	0%	0%	530	89%	11%	0%	2047	94%	1289
	-30	+150	50	100%	0%	0%	535	100%	0%	0%	834	100%	685
	-20	+160	50	100%	0%	0%	546	100%	0%	0%	694	100%	620
	-10	+170	50	100%	0%	0%	570	100%	0%	0%	630	100%	600
	0	+180	50	100%	0%	0%	608	99%	0%	1%	573	100%	591
	+10	+190	50	100%	0%	0%	660	97%	0%	3%	530	99%	595
	+20	+200	50	100%	0%	0%	725	95%	0%	5%	505	97%	615
	+30	+210	50	100%	0%	0%	790	97%	0%	3%	494	98%	642
	+40	+220	50	100%	0%	0%	927	95%	0%	5%	485	97%	706
الشرق	-40	+230	50	94%	6%	0%	1600	95%	0%	5%	483	94%	1042
	-30	+240	50	86%	15%	0%	3672	96%	0%	4%	483	91%	2078
	-20	+250	50	77%	23%	0%	6486	96%	0%	4%	483	86%	3485
	-10	+260	50	74%	26%	0%	8020	96%	0%	4%	482	85%	4251
	0	+270	50	65%	35%	0%	11067	97%	0%	3%	486	81%	5777
	+10	+280	50	53%	46%	0%	14503	95%	0%	5%	488	74%	7496
	+20	+290	50	52%	48%	0%	15283	97%	0%	3%	495	75%	7889
	+30	+300	50	53%	47%	0%	15206	97%	0%	3%	512	75%	7859
	+40	+310	50	51%	49%	0%	15645	98%	0%	2%	542	75%	8094
الجنوب	-40	+320	50	53%	47%	0%	14980	99%	0%	1%	590	76%	7785
	-30	+330	50	55%	45%	0%	14152	100%	0%	0%	650	77%	7401
	-20	+340	50	66%	34%	0%	10667	100%	0%	0%	730	83%	5699
	-10	+350	50	74%	26%	0%	7780	96%	4%	0%	1066	85%	4423
	0	0	50	84%	16%	0%	4667	87%	13%	0%	2504	86%	3586
	+10	+10	50	92%	8%	0%	2311	75%	26%	0%	5397	84%	3854
	+20	+20	50	100%	0%	0%	1014	63%	37%	0%	8335	82%	4675
	+30	+30	50	100%	0%	0%	876	53%	47%	0%	11034	77%	5955
	+40	+40	50	100%	0%	0%	770	42%	58%	0%	13715	71%	7243

والمخطط رقم 1 يبين علاقة الوسط الحسابي للنسبة المئوية للمساحة المحققة لسوية إنارة أكثر من 300 لوكس وأقل من 3000 لوكس مع توجيه المبنى



المخطط 1 علاقة نسبة المساحة المحققة لسوية إنارة أعلى من 300 لوكس وأقل من 3000 لوكس بتوجيه المبنى

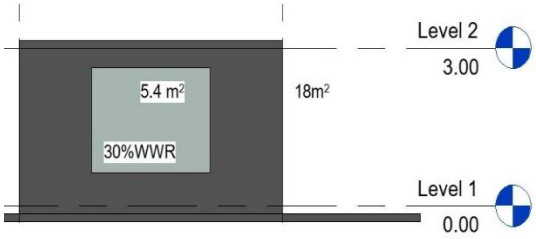
نلاحظ أنه عند توجيه المبنى بين الزاويتين −45 و +20 عن الغرب أنّ القيمة الوسطية لنسبة المساحة التي تحقق سوية إنارة بين 300 و3000 لوكس أقل من القيمة الدنيا التي يحددها المعيار الثاني في نظام LEED والتي هي 75% للمكاتب ومع توجيه المكتب نحو الشمال تزيد هذه النسبة لتصل إلى أعلى قيمها عند التوجيه إلى الشمال ثم تقل عند البدء بتوجيهه نحو الشرق لكن تبقى قريبة من قيمة 75% لتعود لترتفع عن هذه القيمة عد التوجيه نحو الجنوب وتنخفض عن الحد بعد الزاوية +30 عن الجنوب ونلاحظ أنه أعلى قيم عند التوجيه للشمال لأنه في هذه الحالة يتم الاستفادة من تحقيق سوية إنارة جيدة بين 300 و3000 لوكس ولا يوجد قيم وميض مرتفعة ولا تكون سوية الإنارة أعلى من 3000 لوكس كما في حال توجيهه للغرب ولبعض الزوايا في الجنوب و المخطط 2 يبين العلاقة بين سوية الإنارة الوسطية مقدرة باللوكس وزاوية توجيه المبنى ويظهر بها عندما تكون نسبة المساحة منخفضة يكون سوية الانارة مرتفعة جداً وهذا غير مرغوب به بسبب الوميض



المخطط 2 علاقة سوية الإنارة بتوجيه المبنى

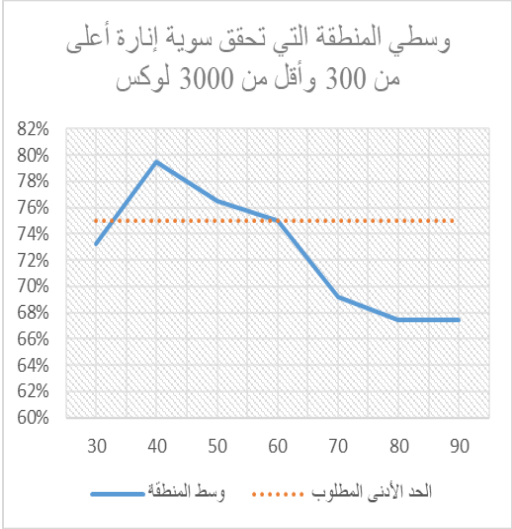
تأثير نسبة النوافذ إلى الجدران أعيدت التجربة لدراسة أثر حجم النوافذ بتثبيت القيم السابقة وتثبيت توجيه المبنى على الزاوية 30+ درجة عن الجنوب وبتغيير مساحة النافذة بحيث تحقق نسب محددة لقيمة

WWR حيث تمت النمذجة وأخذ النتائج عند القيم التالية لمعامل النسبة المئوية لمساحة النوافذ إلى الجدران WWR 30 و 40 و 50 و 60 و 70 و 80 و 90. والشكل 5 يبين النافذة عند قيمة WWR 30%



الشكل 5 شكل توضيحي لحساب WWR نسبة مساحة النوافذ إلى الجدران

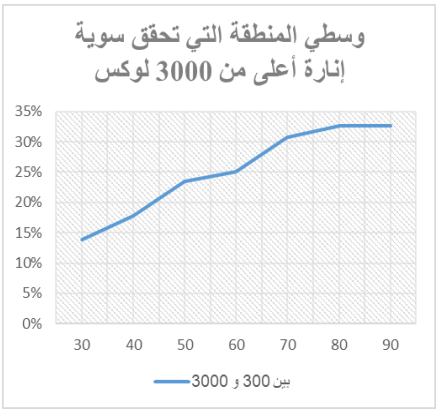
كانت النتائج على النحو التالي:



المخطط 3 علاقة وسطي المنطقة التي فيها سوية الإنارة من 300 إلى 3000 لوكس بـ WWR

نلاحظ أنه في حال كان توجيه المبنى 30 درجة عن الجنوب ونفوذية الزجاج 80% تكون القيم المناسبة لنسبة WWR تتراوح بين 33% و 60% والتي تحقق معيار LEED الخيار الثاني و نلاحظ انخفاض النسبة على الرغم من زيادة مساحة النافذة وذلك بسبب دخول كمية كبيرة من الضوء لتصبح سوية الإنارة أعلى من 3000 لوكس وهذا غير مرغوب به لأنه يسبب وهج ووميض.

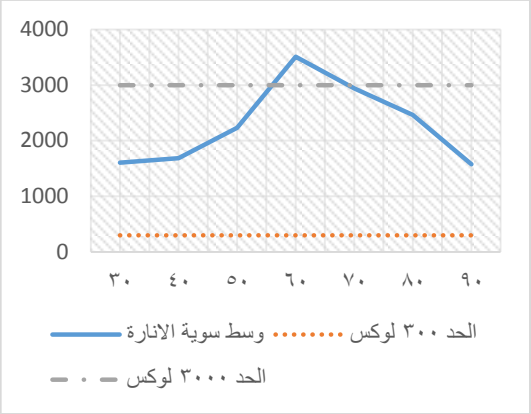
وفي المخطط 4 يبين تزايد المنطقة التي سوية إنارتها أعلى من 3000 لوكس



المخطط 4 علاقة وسطي المنطقة التي فيها سوية الإنارة أعلى من 3000 لوكس بـ WWR

والمخطط يبين أنه عند زيادة نسبة الزجاج سنصل إلى حد الإشباع.

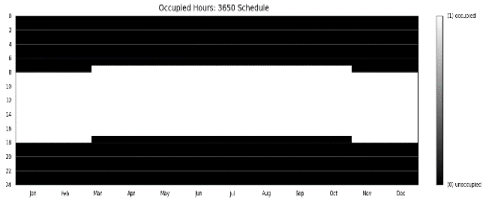
والشكل 5 يبين تغير وسط سوية الإنارة مع WWR



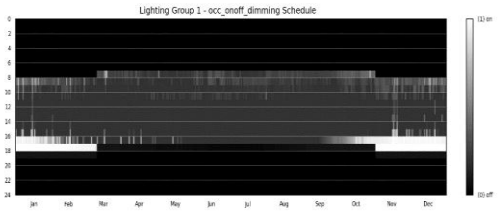
المخطط 5 علاقة وسطي سوية الإنارة بـ WWR

وزيادة حجم النوافذ يزيد من الوفر في الاستهلاك الكهربائي المخصص للإنارة.

ولحساب نسبة الوفر في الاستهلاك الكهربائي، يفترض البرنامج ساعات العمل في المكتب من الساعة السابعة صباحاً حتى الساعة الخامسة مساءً من شهر آذار إلى شهر تشرين الأول ومن الساعة الثامنة صباحاً حتى الساعة السادسة مساءً باقي الأشهر أي عشرة ساعات يومياً كما مبين في الشكل 6 ويكون الاستهلاك الكهربائي السنوي 438 كيلو وات ساعي كما تم حسابه سابقاً في الفقرة 4 ويبين الشكل 7 نتيجة النمذجة على برنامج راينو لحالة توجيه المبنى بزاوية +30 درجة عن الجنوب ومع افتراض وجود حساسات حركة ونظام توهين للإنارة Dimming يتم ضبطها حسب وجود ضوء نهار كاف حيث نلاحظ أنه معظم الأوقات يتم الاعتماد على ضوء النهار حيث يدل اللون الرمادي على تشغيل قليل لأجهزة الإنارة واللون الأسود يدل على إطفاء كامل للأجهزة واللون الأبيض يدل على تشغيل كافة الأجهزة بكامل استطاعتها وأظهرت النمذجة أن الاستهلاك السنوي في هذه الحالة 23.8 كيلو وات ساعي.

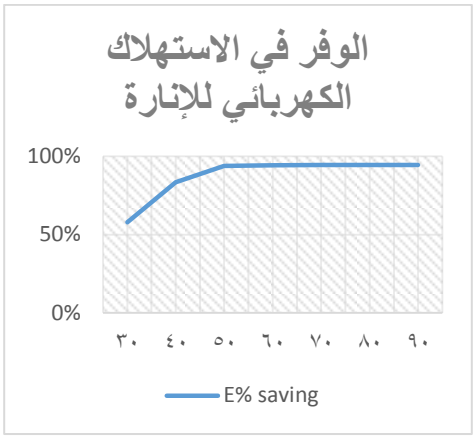


الشكل6 شكل توضيحي مخرجات برنامج راينو لساعات العمل في المكتب



الشكل 7 نتائج النمذجة توضح حالة تشغيل أجهزة الإنارة حسب أوقات الاشغال وحسب ضوء النهار عند توجيه المكتب بزاوية +30 درجة عن الجنوب

ويبن المخطط 6 نتائج النمذجة للوفر في الاستهلاك الكهربائي تبعاً لنسبة WWR ونلاحظ أنه عند WWR 50% بدأ المكتب بالوصول إلى حالة الإشباع أي أنّه لم تعد زيادة WWR تحقق وفر بالاستهلاك الكهربائي

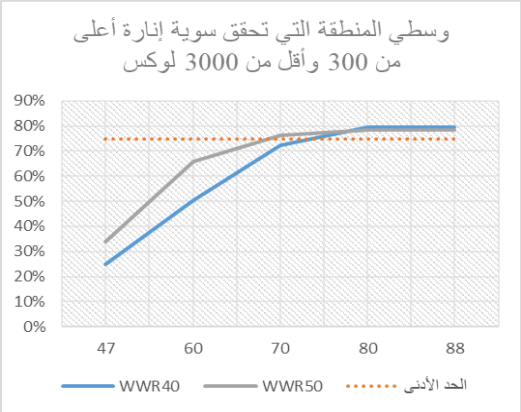


المخطط 5 علاقة الاستهلاك الكهربائي بنسبة WWR

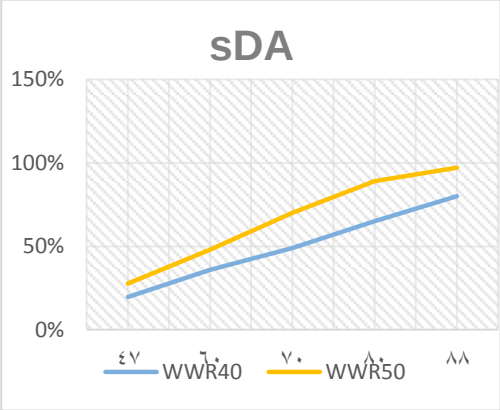
تأثير نفوذية الزجاج

أعيدت التجربة لدراسة أثر معامل نفاذية الزجاج وذلك بتثبيت القيم السابقة عند زاوية توجيه 60 درجة وعند قيمتين لنسبة WWR وهي 40% و 50% وتمت النمذجة وأخذ النتائج عند القيم التالية لمعامل النفاذية وذلك حسب القيم الأكثر توفرا في السوق وهي 47 و 60 و 70 و 80 و 88 %.

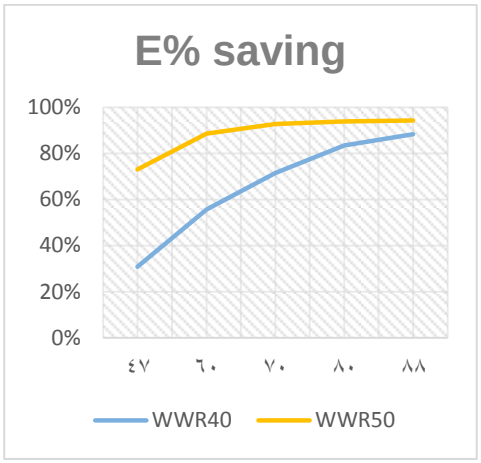
النسب المنخفضة للنفوذية تحد من دخول الضوء وبالتالي استفادة أقل من ضوء النهار بينما القيم الأعلى تعطي ضوء نهار جيد لكن تزيد من التعرض لأشعة الشمس المباشرة ومن النتائج نجد أن قيمة النفوذية 70% تعطي ضوء نهار مقبول تحقق الخيار الثاني لمعيار LEED بنسبة مساحة تزيد عن 75% مع أقل نسبة تعرض للأشعة الشمسية



المخطط 6 علاقة نسبة المنطقة التي سوية إنارتها بين 300 و3000 لوكس بـ نفوذية زجاج النوافذ



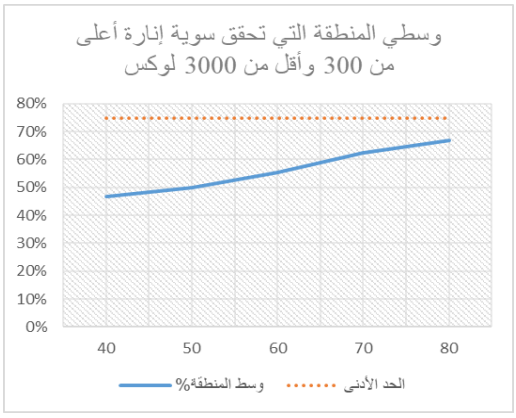
المخطط 7 علاقة sDA بـ نفوذية زجاج النوافذ



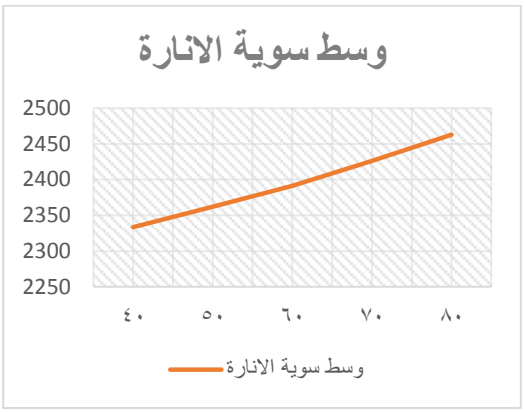
المخطط 8 علاقة الوفر في الاستهلاك الكهربائي بنسبة نفوذية زجاج النوافذ

تأثير عوامل الانعكاس

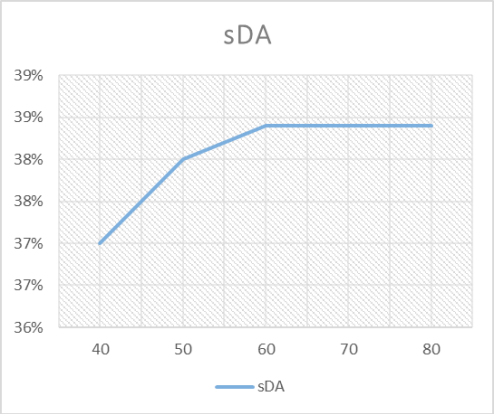
لدراسة أثر عوامل الانعكاس للجدران والتي تتحدد بنوع الطلاء والإكساء الداخلي تم تثبيت القيم السابقة بأخذ زاوية التوجيه 30 وعامل نفوذية 60% و WWR 40 % وتم تغيير عامل الانعكاس من 40 % إلى 80 % بخطوة 10% وكانت النتائج على النحو التالي:



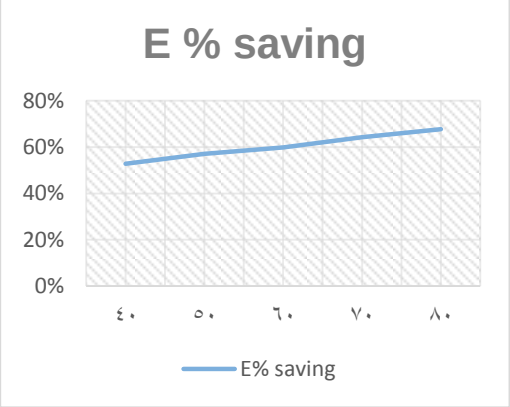
المخطط 9 علاقة نسبة المنطقة التي سوية إنارتها بين 300 و3000 لوكس بعوامل انعكاس الجدران



المخطط 10 علاقة سوية الإنارة بعوامل انعكاس الجدران



المخطط 11 علاقة sDA بعوامل انعكاس الجدران



المخطط 12 علاقة الوفر في الاستهلاك الكهربائي بعوامل انعكاس الجدران

نلاحظ تأثير عوامل الانعكاس منخفض نسبياً ولكن زيادة نسبته تحقق نتائج أفضل.

4- النتائج والتوصيات:

بناءً على هذه الدراسة نجد أنّه لتحقيق أكبر استفادة من ضوء النهار ولتخفيض الاستهلاك الكهربائي الخاص بالإنارة وذلك لتصميم المباني في سوريا، يجب العناية خلال مرحلة التصميم الهندسي بتوجيه و نسبة النوافذ إلى الجدران ومعامل نفوذية الزجاج وعوامل الانعكاس للجدران لتحقيق أكبر استفادة من ضوء النهار وتحقيق أكبر وفر في الاستهلاك الكهربائي المخصص للإنارة ولكن يجب الأخذ بالحسبان أن زيادة نسبة النوافذ يزيد من الحمل الحراري ومن احتمالية دخول وهج الشمس إلى الداخل ويمكن معالجة هذا بوضع ستائر داخلية أو خارجية وقد قدمت المقالة القيم الحدية التي يمكن الاستفادة عندها من ضوء النهار وذلك لأنه الزيادة في الاستفادة من ضوء النهار ستكون على حساب أحمال التكييف ويمكن تلخيص النتائج على الشكل التالي:

1- للحصول على إنارة جيدة بالاعتماد على توجيه المبنى، بينت النتائج أن توجيه المكتب بزاوية أكثر من 20 درجة عن الغرب باتجاه الشمال وجهة الشمال والجنوب حتى زاوية +30 عن الجنوب يعطي قيم مقبولة لسوية الإنارة وذلك عند نسبة WWR 50% و VLT 80%

2- لتحسين ضوء النهار في المكتب بتغيير نسبة WWR عند زاوية توجيه 30 درجة عن الجنوب وعند تغيير نسبة WWR من 30% الى 90% كانت النتائج مقبولة لكن للقيم الأكبر من 60% تصبح النتائج غير جيدة وذلك بسبب الوميض الذي يحصل بسبب دخول كمية كبيرة من أشعة الشمس المباشرة إلى الغرفة.

كما نلاحظ أن الوفر في استهلاك الكهربائي للإنارة يزداد بشكل كبير بين قيمتي WWR 30% و50% وبعدها يصبح ثابتاً تقريباً بأعلى نسبة حيث يتم الاعتماد بشكل كامل على ضوء النهار في هذه الحالة لكن من الأفضل عدم تجاوز نسبة50% وذلك لأثر وميض الشمس وبسبب ارتفاع احمال التكييف.

3- بازدياد نفوذية الزجاج تتحسن سوية الإنارة في المكتب ويزداد الوفر في الاستهلاك الكهربائي للإنارة وكانت النتائج عند قيمتين 50 , 40 WWR% وتعتبر قيم VLT% بين 75 و65 جيدة لأن القيم الأقل تحقق سوية إنارة أقل والقيم الأعلى يزداد فيها الوهج والوميض من أشعة الشمس المباشرة.

4- لعوامل انعكاس الجدران أثر طفيف في تحسين سوية الإنارة حيث بزيادتها تتسحن الإضاءة الطبيعية في المكتب.

5- قدمت المقالة مجال القيم التي يمكن العمل ضمنها لتصميم المباني لتحقيق اعتماد على ضوء النهار، وقدمت القيم التي تحقق الخيار الثاني من معيار ضوء النهار في نورم LEED

6- بينت المقالة أنّه عند تصميم المباني يفضل استخدام برامج النمذجة التي من خلالها يمكن الوصول إلى أفضل محددات للتصميم وحسب ما يفرضه واقع التصميم.

7- نوصي بدراسة أثر وسائل التضليل الداخلية من ستائر وخارجية من مظلات وغيرها على الاستفادة من ضوء النهار وتخفيف الوميض.

8- نوصي بإجراء نمذجة للأحمال الحرارية بناءً على متغيرات الدراسة وذلك للوصول إلى أفضل مجال قيم تصميمية تحقق توازن بين الاستفادة من ضوء النهار وبين تقليل الحمل الحراري للمباني.

9- نوصي بدراسة أثر وجود أكثر من نافذة على نفس الواجهة وأثر وجود نوافذ في أكثر من واجهة واحدة للمكتب.

ملحق تعاريف مقاييس ضوء النهار:

تتحدد الاستفادة من ضوء النهار في الأبنية من خلال المقاييس التالية: E_{av} : سوية الإنارة الوسطية والتي يتم حسابها على أساس ضوء النهار وتقدر بواحدة اللوكس. $sDA_{300/50\%}$: Spatial Daylight Autonomy

استقلال ضوء نهار مكاني وتعبر عن النسبة المئوية من المساحة التي تحقق سوية إنارة أعلى من 300 لوكس على مدار العام وخلال أكثر من 50 % من أوقات الإشغال. Daylight availability: DA

عامل توفر ضوء النهار ويعبر عن نسبة الزمن على مدار العام والتي تكون فيها نقطة معينة تحقق سوية إنارة معينة أو تزيد عنها.

Useful day light illuminance: UDI

عامل سوية ضوء النهار المفيدة ويعبر عن نسبة الزمن على فترة دراسة ضوء النهار حيث تكون سوية الإنارة بين قيمتين دنيا وعظمى (عادة بين 100 و2000 لوكس) Annual Sunlight Exposure: ASE

عامل التعرض السنوي لضوء الشمس ويعبر عن نسبة مساحة سطح العمل الأفقي الذي يتجاوز فيه سوية الإنارة الناتجة عن الإشعاع الشمسي قيمة محددة خلال السنة مع مراعاة استجابة وسائل التظليل من ستائر وغيرها. daylight Factor: DF

النسبة بين سوية الإنارة في نقطة أفقية داخلية إلى سوية الإنارة في نقطة خارجية غير مغطاة

Electrical lighting saving: ELS%

النسبة المئوية للوفر في الاستهلاك الكهربائي السنوي للإنارة ويعبر عن النسية المئوية لاستهلاك الأجهزة الكهربائية في حال وجود ضوء نهار إلى الاستهلاك الكهربائي للحيز في حال الاعتماد بشكل كامل على إنارة المصابيح الكهربائية.

دلالات الرموز المستخدمة

$EQ8.1$: رمز المعيار الخاص بضوء النهار في كود LEED

LEED : المعيار الأمريكي للأبنية الخضراء

Eav : سوية الإنارة الوسطية. (lux)

sDA : استقلال ضوء نهار مكاني. (%)

DA : عامل توفر ضوء النهار. (%)

UDI : عامل سوية ضوء النهار المفيدة. (%)

ASE: نسبة التعرض للإشعاع الشمسي. (%)

DF: النسبة بين سوية الإنارة في نقطة أفقية داخلية إلى سوية الإنارة في نقطة خارجية غير مغطاة. (%)

ELS : النسبة المئوية للوفر في الاستهلاك الكهربائي السنوي للإنارة. (%)

WWR: نسبة مساحة النوافذ إلى مساحة الجدران. (%)

VLT: النسبة المئوية لنفوذية الزجاج للضوء المرئي. (%)

$ASHRAE$: المجتمع الأمريكي لمهندسي التدفئة و التبريد والتكييف.

المراجع:

1. Aries MBC, Veitch JA, Newsham G. "Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort." J Environ Psychol (2010;30): 533-541.
2. Chow SKH, Li DHW, Lee EWM, Lam JC. "Analysis and prediction of daylighting and energy performance in atrium spaces using daylight-linked lighting controls." Appl Energy (2013;112): 1016–24.
3. R, Kaplan. "The role of nature in the context of the workplace." Landscape Urban (1993;26): 193-201.
4. Tennessen CM, Cimprich B. "Views to nature: effects on attention." J Environ Psychol (1995;15): 77-85.
5. De Antonellis S, Joppolo CS, Molinaroli L. "Simulation, performance analysis and optimization of desiccant wheels." Energy Build (2010;42): 1386–93.
6. Alwaer H, Clements-Croome DJ. "Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings." Build Environ (2010;45): 799–807.
7. The U.S. Green Building Council, Inc. (USGBC). LEED Reference Guide for Building Design and Construction. USGBC, 2013
8. (BSI), British Standard Institution. BS 8206-2:2008: Lighting for buildings –Part 2: code of practice for daylighting. London: British Standard Institution, 2008.
9. http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/SYR_Syrian_Arab_Republic/index.html. n.d.
10. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE standard 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings SI Edition. ASHRAE, (2019): 177-183.
11. A. Tsangrassoulisa, A. Kontadakis, L. Doulos. "Assessing Lighting Energy Saving Potential from Daylight Harvesting in Office Buildings Based on Code Compliance &Simulation Techniques: A Comparison." Procedia Environmental Sciences (2017).
12. Konis, K., Gamas, A., Kensek, K. "Passive performance and building form: An optimization framework for early-stage design support." Solar Energy 125 (2016): 161-179.
13. Khaled A, Alaa M, Rana E, "Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving." Alexandria Engineering Journal,Volume 58, Issue 1, (2019): 283-290.