الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic OF Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي – تبسة
CHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI UNIVESITY-TEBESSA
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculty of sciences and technology
Department of Architecture
قسم الهندسة المعمارية

مذكرة تخرج نهاية الدراسة

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

في ميدان : الهندسة المعمارية ، عمران وممن المدينة

شعبة: الهندسة المعمارية

تخصص: هندسة معمارية

إعداد الطالبة: فتال ليندة

تحت عنوان:

تحسين كفاءة الطاقة في المباني المدرسية من خلال التصميم المعماري

نوقشت في يوم : 2025/06/11 ، أمام أعضاء اللجنة المكونة من طرف :

الأستاذ المؤطر	أستاذ محاضر - أ	د. فزاعي سفيان
الأستاذ رئيس اللجنة	أستاذ محاضر - أ	د. غرزولي لزهر
الأستاذ الممتحن 1	أستاذ مساعد - أ	زغيشي سارة
الأستاذ الممتحن 2	أستاذ مساعد - ب	زروال داود

السنة الجامعية: 2024/2025

الاهداء

إلى من غرسا في قلبي حب العلم، وأضاءا دربي بحنانهما وصبرهما،

إلى من كان دعاؤهما سرّ نجاحي، وتحفيزهما سندي في كل لحظة ضعف،

إلى والديّ العزيزين،

كل كلمات الشكر لا تفيكما حقكما،

فهذا العمل ثمرة تعبكما، وتاج فوق رأسي بفضل دعمكما الدائم.

وإلى أستاذي المشرف الفاضل فزاعي سفيان

الذي كان لي قدوة وموجّهًا،

لكل توجيه، لكل تصحيح، ولكل كلمة تشجيع،

أهديك أستاذي هذا العمل عربون امتنانٍ وتقدير،

فقد كنتَ خيرَ داعمٍ في رحلة البحث والمعرفة

شكر وعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبتوفيقه أنجز هذا العمل المتواضع.

أتقدّم بجزيل الشكر والتقدير إلى أستاذي المشرف الفاضل الدكتور فزاعي سفيان، الذي لم يبخل عليّ بعلمه وتوجيهاته، فكان نِعْم المُرشد والداعم، وساهم بشكل كبير في إثراء هذا البحث علميًا ومنهجيًا.

كما أتوجه بخالص الشكر والامتنان إلى جميع أساتذتي الكرام في قسم الهندسة المعمارية، الذين كانوا منارات علم ألهمتني طوال مسيرتي الدراسية.

ولا يفوتني أن أعبّر عن عظيم امتناني لوالديّ العزيزين، على صبرهما ودعمهما المتواصل، معنوياً ومادياً، وعلى ثقتهما التي كانت دافعًا قويًا لمواصلة الطريق رغم الصعوبات.

وأتقدّم أيضًا بالشكر إلى كل من ساعدني أو قدّم لي يد العون، من زملاء وأصدقاء، فلكم مني كل التقدير والوفاء

الفهرس

الاهداء

شكر وعرفان

المقدمة

الإشكالية

الفصل الاول: الإطار النظري لكفاءة الطاقة في المباني

1.مفاهيم أساسية:.....17

1.1الطاقة:.....17

2.1طاقة المبنى:.....17

2.مصادر الطاقة في المباني:.....17

3.تعريفات مصطلحات الطاقة:.....18

- استهلاك الطاقة(Energy consumption):.....18
- استخدام الطاقة(Energy use):.....18
- الأداء الطاقوي(Energy performance):.....18
- إدارة الطاقة(Energy management):.....18
- كثافة الطاقة(Energy intensity):.....18
- إنتاجية الطاقة(Energy productivity):.....18
- كفاءة الطاقة(Energy efficiency).....18

4.العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة في المباني:.....19

5.أنظمة الشهادات في كفاءة الطاقة في المباني:.....20

6.استراتيجيات تحسين كفاءة الطاقة في المباني:.....20

1.6الاستراتيجيات السلبية (Passive Strategies):.....21

2.6الاستراتيجيات النشطة (Active Strategies):.....21

3.6الحلول التكنولوجية المتقدمة:.....21

4.6استراتيجيات إدارية وسلوكية:.....22

7.مؤشرات كفاءة استخدام الطاقة:(اسيا 2018).....22

8.سياسات كفاءة استخدام الطاقة في المباني:..... 23
9.تصنيف المباني حسب كفاءتها الطاقوية:..... 25
1.9المباني الذكية:..... 25
2.9المباني ذات الطاقة الصفريةNZEBs: 25
3.9المباني منخفضة الكربون:(ZCB)..... 26
10.مبادئ التصميم السلبي:..... 26
الخاتمة:..... 28

الفصل الثاني: كفاءة الطاقة في المباني المدرسية

مقدمة: 30
1.تعريف التعليم :..... 31
2.الهيكلة الحالية للمنظومة التربوية في الجزائر: 31
1.2التعليم الثانوي في الجزائر:.. 31
- 1.1.2نمطية الثانوية: حسب ما هو مذكور في الجريدة الرسمية..... 31
- 2.1.2نمطية البناءات المدرسية الخاصة بالثانوية:..... 31
3.البناء المدرسي:..... 32
4.العوامل المؤثرة في تخطيط المدارس*(Elitsa 2019)*:..... 33
5.تصنيف أنواع مخططات المباني المدرسية:... 33
6.تصميم مخططات المباني :..... 33
1.6تصاميم الفناء:(Courtyard Plans) 34
2.6تصاميم الكتل:(Block Plans) 34
3.6مخططات المجموعات:(Cluster Plans) 34
4.6مخططات المدن المصغرة:(Town-like &Complex Structures) 35
7.أنواع أنظمة التخطيط المدرسي:..... 35
1.7النظام الممرّي:(Corridor System) 35
- 1.1.7النوع الخطي:(Linear Type) 35
- 2.1.7النوع الباڤيلوني:(Pavilion Type) 35
- 3.1.7النوع الكتلي:(Block Type) 36
2.7النظام غير الممرّي:(Non-Corridor System) 36
- 1.2.7تصميم "شارع المدرسة:(School Street Type) "..... 36
- 2.2.7. التخطيط الكتلي-المضغوط:(Block-Compact Type) 37
- 3.2.7التصميم المضغوط تمامًا:(Completely Compact Type) 37
8.الأنماط التصميمية في ثانويات ولاية تبسة: 38
9.كفاءة الطاقة في المباني المدرسية :..... 38

10.الدراسات السابقة :..... 40
1.10ملخص الدراسات:... 48
2.10التحليل النقدي للدراسات السابقة: 48
3.10الفجوة البحثية :. 48
الخاتمة:..... 50

الفصل الثالث: المحاكاة الرقمية وتفسير النتائج

مقدمة: 52
1.منهجيات البحث في دراسة كفاءة الطاقة: 53
2.المفاهيم الأساسية في المحاكاة الرقمية:..... 53
3.أدوات وبرمجيات المحاكاة الرقمية:..... 54
1.3مقارنة لبرامج المحاكاة الطاقوية :..... 54
2.3أسباب اختيار Rhino + Grasshopper لمحاكاة الطاقة:..... 56
3.3تعريف للبرنامج المستخدم وملحقاته:..... 58
4.بروتوكول المحاكاة:..... 59
1.4الطريقة المتبعة:..... 59
2.4تحديد هدف المحاكاة:..... 59
3.4البرامج والأدوات المستخدمة:.... 59
4.4مراحل العمل:.... 59
- 1.4.4إعداد النموذج الهندسي فيRhino 60
- 2.4.4ضبط معايير المحاكاة فيGrasshopper 60
5.4خطوات تطبيق OVAT في الدراسة: 62
- 1.5.4تحديد المتغير الأساسي (التركيب أو توزيع الفصول):..... 62
- 2.5.4تثبيت أفضل تركيب وتغيير التوجيه:..... 62
- 3.5.4تثبيت أفضل توجيه وتغيير خصائص العزل:..... 62
- 4.5.4استخراج النتائج والتوصيات: 63
5.تشفير السيناريوهات:..... 65
6.مخطط سير العمل لمحاكاة الأداء الطاقوي :..... 66
7.دراسة تأثير نمط توزيع الأقسام على الأداء الطاقوي:..... 69
1.7منهجية الدراسة:..... 69
2.7تقسيم الدراسة:..... 69
- 1.2.7المحاكاة الاولى : 69
- 2.2.7المحاكاة الثانية :..... 69
3.7الهدف من التحليل: 69

4.7دراسة محددة: 70
- 1.4.7سيناريو أولي :..... 70
8.تحليل استهلاك القسم الأصفر في ثلاث حالات تصميمية مختلفة:..... 71
9.نتائج المحاكاة الاولى :..... 77
1.9مقارنة استهلاك الطاقة بين النماذج المختلفة :..... 77
2.9التأثير المعماري على الأداء الطاقوي:..... 77
3.9استنتاجات وتوصيات:..... 78
10.المحاكاة الثانية : 81
1.10تحليل استهلاك الطاقة وفقًا للمخطط البياني:..... 81
- 1.1.10تحليل استهلاك الطاقة للتدفئة (اللون الأحمر)..... 81
- 2.1.10تحليل التبريد – Cooling اللون الأزرق 81
- 3.1.10التحليل الكلي لاستهلاك الطاقة – Total اللون الأخضر 82
11.معامل الشكل:..... 83
1.11تحليل العلاقة بين معامل الشكل والاستهلاك الطاقوي :..... 83
2.11التحليل والاستنتاجات:..... 84
12.دراسة افضل توجيه:..... 85
1.12تفصيل المعطيات لكل توجيه:..... 85
- 1.1.12التدفئة:(Heating) 85
- 2.1.12التبريد:(Cooling) 85
- 3.1.12الإضاءة الداخلية والمعدات الكهربائية:..... 86
- 4.1.12كثافة استهلاك الطاقة:(EUI) 86
2.12أفضل توجيه بناءً على المعطيات:..... 86
13.دراسة تاثير مواد العزل :..... 86
14.الخصائص الفيزيائية للبوليستيران:..... 87
15.نتائج المحاكاة:..... 88
1.15تحليل وتفسير الجدول:..... 88
- 1.1.15التدفئة:(Heating) 88
- 2.1.15التبريد:(Cooling) 88
- 3.1.15مؤشر استهلاك الطاقة:..... 88
- 4.1.15التفسير العام:..... 89
الخاتمة:..... 90

الفصل الرابع: نموذج التصميم المعماري

مقدمة: 92

1.التعريف بمنطقة الدراسة:..... 93

1.1بلدية بولحاف الدير:..... 93

2.مناخ المنطقة:..... 93

1.2تحليل مخطط الرطوبة النسبية لمحطة تبسة الجوية:..... 93

- 1.1.2وصف المخطط...: 93
- 2.1.2الملاحظات الرئيسية: 94

2.2تحليل مخطط درجة حرارة الهواء الجاف لمحطة تبسة الجوية..... 94

- 1.2.2وصف المخطط:..... 94
- 2.2.2الملاحظات الرئيسية...:..... 95

3.وردة الرياح:..... 96

1.3تفسير الوردة الرياحية.....:..... 96

2.3الاتجاهات السائدة للرياح:..... 96

3.3الاستخدامات المعمارية والتخطيطية:..... 96

4.المعايير الأساسية لاختيار موقع لبناء مدرسة:... 97

5.اهداف المشروع..... 100

6.النوايا التصميمية:..... 100

الخاتمة:..... 103

الخلاصة : 108

قائمة الصور:

صورة 1 :تدفق الطاقة في المباني المصدر: https://www.energyvanguard.com 17
صورة 2:مصادر استهلاك الطاقة المختلفة داخل المبنى المصدر(Hassan, Zin et al. 2014) : 19
صورة 3: أنظمة الشهادات في كفاءة الطاقة في المباني 20
صورة:4 طرق ترشيد استهلاك الطاقة في المباني 22
صورة 5 :المباني الذكية المستدامة(Jaysawal, Chakraborty et al. 2022) 25
صورة 6: فكرة المباني الصفرية المصدر(Jaysawal, Chakraborty et al. 2022):..... 26
صورة 7: مصادر استهلاك الطاقة في المباني 27
صورة8 :هيكلة النظام التربوي في الجزائر المصدر/https://www.education.gov.dz 31
صورة 9: التعليم في الجزائر 31
صورة 10: انواع مخططات المباني المدرسية المصدر : (haj hussein, Barlet et al. 2016)..... 33
صورة 11: انواع مخططات مباني المدارس المصدر Kdanginfo2025 34
صورة 12: النظام الخطي المصدرelista 2019 : 35
صورة 13:النظام البافيلوني المصدرelista 2019 35
صورة 14:النظام الكتلي المصدرelista 2019 36
صورة 15:تصميم شارع المدرسة المصدرelista 2019 36
صورة 16: التخطيط الكتلي المصدرelista 2019 37
صورة 17: التصميم المضغوط المصدرelista 2019 37
صورة 18:استهلاك الطاقة في المدارس بالولايات المتحدة الامريكية 39
صورة 19:الية عمل المحاكاة 53
صورة 20:ادوات LADYBUG المصدر https://www.ladybug.tools/1 58
صورة21 :بروتوكول المحاكاة 64
صورة22 : تشفير السيناريوهات 65
صورة 23 :مخطط سير المحاكاة الرقمية 68
صورة 24:نتائج محاكاة السيناريو الاولي A2 70
صورة 25:مقارنة بين السيناريوهات الاولية 71
صورة 26:مقارنة بين التركيبات من ناحية الاستهلاك 77
صورة:27 مقارنة استهلاك الطاقة حسب نمط توزيع الأقسام المدرسية 81
صورة 28:العلاقة بين معامل الشكل و الاستهلاك الطاقوي 83
صورة:29 نتائج المحاكاة في توجيهN-S 85
صورة 30 ::نتائج المحاكاة في توجيهO-E 85
صورة 31:مادة العزل (البوليستيران) 86
صورة 32 ::تركيبة الجدار الخارجي 87
صورة 33:طوب مزوّد بطبقة عزل إضافية, المصدرhttps://mamaisondeaaz.gedimat.fr : 89
صورة 34:موقع بلدية بولحاف المصدرWikimedia Commons, "Boulhaf : 93
صورة 35:حدود بلدية بولحاف المصدرping map: 93
صورة:36 الرطوبة النسبية (٪) لكل ساعة خلال السنة بمدينة تبسة – تمثيل زمني باستخدامLadybug 94
صورة:37 الحرارة (٪) لكل ساعة خلال السنة بمدينة تبسة – تمثيل زمني باستخدامLadybug 95
صورة 38:وردة الرياح باستخدام برنامج grasshopper 96
صورة 39:معايير اختيار الموقع 97
صورة 40: تحليل الموقع 98
صورة 41:خلاصة تحليل الموقع 99
صورة 42:نتائج محاكاة المشروع 101
صورة43 : الفكرة التصميمية 102

قائمة الجداول

جدول 1:تطور كثافة استخدام الطاقة في قطاع المباني عبر مناطق مختارة خلال الفترة 2000–2012" 23
جدول2 : الانماط التصميمية لولاية تبسة..... 38
جدول 3:الاستهلاك السنوي لعدة مدارس في مناطق مختلفة 40
جدول4:الفرق بين المحاكاة الرقمية و التحليل الباراميتري 54
جدول5: مقارنة بين برامج المحاكاة 56
جدول6:معايير اختيار برنامج RHINO 7 للمحاكاة..... 57
جدول 7: مقارنة بين التركيبة الاساسية A2 و التركيبات الأخرى 74
جدول8:المقارنة بين التركيبة الاساسية 1A2 والتركيبات الأخرى..... 74
جدول 9: المقارنة بين التركيبة الاساسية 2A2 والتركيبات الاخرى..... 74
جدول 10:مقارنة التركيبات مع التركيبة A2 80
جدول 11:مقارنة التركيبات مع التركيبة 1A2 80
جدول 12:مقارنة التركيبات مع التركيبة2A2..... 80
جدول 13: ترتيب التركيبات من حيث الاستهلاك الطاقوي..... 82
جدول14:معامل الشكل لكل تركيبة 84
جدول 15:الخصائص الفيزيائية للبوليستيران 87
جدول 16: نتائج العزل باستخدام البوليستيران بسماكة مختلفة في كل حالة..... 88

المقدمة:

في ظل **التحديات البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية** المتسارعة التي يعرفها العالم اليوم، أصبح موضوع **كفاءة الطاقة في المباني** يحتل مكانة مركزية في النقاشات **المعمارية، التخطيطية، والبيئية**، كونه يُسهم في **الحد من استهلاك الموارد وتقليل الانبعاثات الكربونية**.

يمثل **قطاع البناء والتشييد** حوالي **36٪من الاستهلاك العالمي للطاقة**(Sb 2015) ما يجعل من **تحسين أدائه الطاقوي** ضرورة حتمية لتحقيق **أهداف التنمية المستدامة**.

من بين أنواع المباني التي تستهلك الطاقة بكثافة نجد **المؤسسات التعليمية**، التي تشهد نشاطًا يوميًا مكثفًا وتستقبل عددًا كبيرًا من **التلاميذ والعاملين**، ما يجعلها من أكثر **المرافق العمومية** حساسية للطاقة.

في **الجزائر**، تكتسي هذه الإشكالية أبعادًا خاصة، إذ تستفيد المؤسسات التربوية من **مجانية التعليم**، وهو ما يشمل أيضًا **مجانية استهلاك الكهرباء والغاز**، مما يؤدي إلى تحميل الدولة **أعباء طاقوية واقتصادية معتبرة**.

وبالرغم من أهمية هذه **السياسة الاجتماعية**، إلا أنها أسهمت في **ضعف ثقافة الترشيد الطاقوي** داخل هذه المؤسسات، سواء على مستوى **المستخدمين** أو حتى **المصممين**، ما أدى إلى انتشار **نماذج مدرسية تفتقر إلى قواعد التصميم الطاقوي المستدام**.

وانطلاقًا من هذا الواقع، يتمحور موضوع هذا البحث حول دراسة كيفية **تحسين كفاءة الطاقة في المدارس الجزائرية** من خلال تبنّي **حلول تصميمية معمارية فعالة**، تأخذ بعين الاعتبار **الظروف المناخية المحلية والاحتياجات الوظيفية والطاقوية** للمبنى التربوي.

الإشكالية:

تُعد المباني المدرسية من أحد المنشآت استهلاكًا للطاقة نظراً لاستخدامها اليومي المكثف واحتياجها المستمر للإضاءة، التكييف، والتهوية. وفي ظل تزايد الاهتمام العالمي بتحقيق مبادئ الاستدامة وتقليل البصمة الكربونية، برزت الحاجة إلى البحث عن حلول تصميمية معمارية تساهم في **رفع كفاءة الطاقة في المدارس**، مع الحفاظ على جودة البيئة التعليمية وراحة المستخدمين من تلاميذ ومعلمين.

ويبرز هنا **دور التصميم المعماري** في تحسين الأداء الطاقوي، من خلال عناصر مثل التوجيه الصحيح للمبنى، اختيار مواد البناء المناسبة، تعزيز التهوية الطبيعية، الاعتماد على الإضاءة الطبيعية، وتقليل الحاجة إلى أنظمة التدفئة والتبريد الاصطناعية. كما أن **تكييف هذه الحلول التصميمية مع الخصوصيات المناخية المحلية، مثل مناخ منطقة تبسة شبه الجاف(BSK)، يمثل عاملًا حاسماً في تحقيق أداء طاقوي فعّال**، مما يستدعي دراسة دقيقة للعوامل المناخية (الحرارة، الرياح، الإشعاع الشمسي، والرطوبة) وتوظيفها لصالح التصميم.

ورغم التطور الحاصل في هذا المجال وتوفر الأدوات الرقمية المتقدمة، إلا أن الكثير من المدارس الجزائرية لا تزال تعتمد على نماذج معمارية تقليدية **لا تراعي الاعتبارات الطاقوية أو المناخية**، ما يؤدي إلى استهلاك مفرط للطاقة، وزيادة الأعباء الاقتصادية والبيئية.

من هنا، يتبلور التساؤل الرئيسي للبحث:

كيف يمكن تحسين كفاءة الطاقة في المدارس الجزائرية من خلال التصميم المعماري؟

ويتفرع من هذا التساؤل أسئلة فرعية:

- ما هي التحديات التي قد تواجه تطبيق هذه الحلول التصميمية؟ وماهي المعايير الأكثر تأثيرا في استهلاك الطاقة ؟

الفرضيات:

تستند فرضيات البحث إلى الفرضيات التالي

يمكن تحسين كفاءة الطاقة في المدارس الجزائرية من خلال اعتماد تصميم معماري متكيف مع المناخ المحلي ، يعتمد على مبادئ مثل التوجيه المناسب للمبنى، العزل الحراري، مما يؤدي إلى تقليل استهلاك

الطاقة دون التأثير على راحة المستخدمين أو جودة الفضاءات التعليمية.

- التوجيه المدروس يمكن أن يقلل من الحاجة للإضاءة الاصطناعية والتدفئة .
- تطبيق حلول تصميمية تهدف إلى تقليل استهلاك الطاقة من خلال تحسين التبريد والتسخين، مثل تقليل حجم النوافذ أو تغيير التوجيه، قد يؤدي إلى تقليل الراحة الضوئية مثلا داخل الفصول الدراسية .قد يواجه المشروع تحدياً في تحقيق توازن بين تقليل استهلاك الطاقة وضمان توفير إضاءة طبيعية كافية، مما قد يترتب عليه زيادة الحاجة للإضاءة الاصطناعية وبالتالي التأثير سلباً على استدامة الطاقة.

اهداف البحث:

الهدف الرئيسي للبحث هو استكشاف كيف يمكن تحسين كفاءة الطاقة في المدارس الثانوية من خلال تصميم معماري. وتتلخص الأهداف الفرعية للبحث في الآتي:

- تحليل العوامل المؤثرة في استهلاك الطاقة داخل المباني المدرسية وكيف يمكن للتصميم المعماري أن يؤثر عليها.
- دراسة تأثير التوجيه الأمثل للمباني واستخدام المواد العازلة ونمط الاقسام في تحسين الأداء الطاقي للمدرسة.
- تقديم نموذج تصميم معماري لمدرسة ثانوية يستند إلى المبادئ التصميمية لتقليل استهلاك الطاقة.

منهجية البحث:

الدراسة النظرية:

تتضمن هذه المرحلة جمع وتحليل المعلومات الأساسية التي تمثل الإطار العلمي والمرجعي للبحث. تهدف إلى توفير قاعدة معرفية لفهم كفاءة الطاقة في المباني المدرسية وكيفية تأثير التصميم المعماري على استهلاك الطاقة.

- **مراجعة الأدبيات:**
  - دراسة الأبحاث السابقة في مجال **كفاءة الطاقة في المباني** و**التصميم المعماري المستدام.**

- تحليل **التقنيات والمعايير العالمية** المتبعة في تحسين الأداء الطاقوي للمباني، خاصة في المجال التعليمي.

- **التحليل النظري:**

  - **دراسة مبادئ التصميم المعماري المستدام** :التوجيه الأمثل للمباني، استخدام المواد العازلة.

  - **تحليل الخصوصيات المناخية** لولاية تبسة وتأثيرها على التصميم المعماري.

الدراسة التطبيقية:

في هذه المرحلة، يتم تطبيق المعايير والنظريات التي تم دراستها على **نموذج تطبيقي** للمباني المدرسية في ولاية تبسة.

- **تحليل الأداء الطاقوي للمباني المدرسية:**

  - استخدام **أدوات المحاكاة** لتحليل استهلاك الطاقة في مختلف السيناريوهات التصميمية للمباني المدرسية.

  - دراسة تأثير العوامل المعمارية مثل **نمط الأقسام,التوجيه، العزل الحراري،**على**استهلاك الطاقة** في المباني المدرسية.

- **محاكاة التبريد والتسخين**

- **اختيار النموذج الأمثل:**

  - إجراء مقارنة بين **عدة تصاميم** باستخدام أدوات التحليل لتحديد النموذج التصميمي الذي يحقق أفضل أداء طاقوي ويوازن بين توفير الطاقة وضمان الراحة للطلاب والمعلمين.

التحليل والتفسير:

- **تحليل النتائج المحاكاة:**

  - فحص البيانات الناتجة عن المحاكاة الرقمية الخاصة بالأداء الطاقوي في المباني المدرسية، وتفسير العلاقة بين العوامل التصميمية واستهلاك الطاقة.

التوصيات والنتائج المتوقعة:

- تقديم **توصيات** عملية للمصممين والمهندسين حول كيفية تطبيق الحلول التصميمية لتحقيق كفاءة طاقوية أفضل في المباني المدرسية الجزائرية.
- التأكيد على **أهمية التصميم المعماري** في تقليل استهلاك الطاقة.

مخطط المنهجية المتبعة في الدراسة

01. الدراسة النظرية



في هذا الجزء، تم التركيز على جمع المعلومات الضرورية حول المفاهيم الأساسية المرتبطة بكفاءة الطاقة في
شملت هذه المرحلة أيضًا تحليل العوامل التصميمية التي تؤثر على استهلاك الطاقةالمباني، وخاصة المباني التعليمية

02. الدراسة الميدانية



شملت هذه المرحلة زيارة ميدانية لعينة من المدارس الواقعة في ولاية تبسة،
وذلك بهدف تحليل خصائصها المعمارية بالتحديد توزيع الاقسام.ووضع قاعدة بيانات واقعية تُستخدم في مرحلة المحاكاة لاحقًا.

03. المحاكاة الرقمية



تم اعتماد أدوات رقمية في هذه المرحلة، بهدف إنشاء نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد لعدة سيناريوهات تصميمية. تم تنفيذ محاكاة استهلاك الطاقة (للتبريد، التدفئة، الإضاءة) لكل نموذج، مع تغيير عدة متغيرات تصميمية (سمحت هذه المرحلة بتقييم الأثر الفعلي لكل متغير على الأداء الطاقوي.

04. التحليل والمقارنة



بعد الحصول على نتائج المحاكاة، تم تحليلها ومقارنتها بهدف فهم العلاقة بين المتغيرات التصميمية وكمية الطاقة المستهلكة.

05. استخلاص النتائج والتوصيات



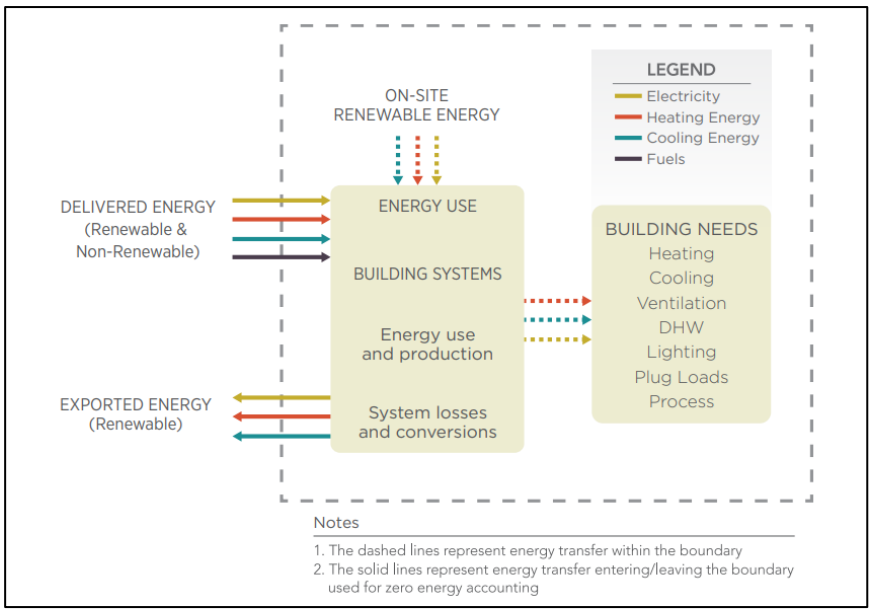
في نهاية الدراسة، تم تقديم مجموعة من النتائج التي توضح أهم الاستراتيجيات التصميمية الفعالة. كما تم اقتراح نموذج تصميمي أمثل قابل للتطبيق في ولاية تبسة، يأخذ بعين الاعتبار خصوصيات المناخ المحلي. وخلصت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات التي يمكن أن تشكل مرجعًا مستقبليًا

الفصل الأول: الإطار النظري لكفاءة الطاقة في المباني

1. مفاهيم أساسية:

1.1 الطاقة:

هي القدرة على أداء العمل, تأخذ الطاقة عدة أشكال(صورة1) يمكن تحويلها من شكل إلى آخر، مثل الطاقة الحرارية (الحرارة)، والطاقة الميكانيكية (العمل)، والطاقة الكهربائية أو الكيميائية. وحدات القياس المعتادة هي الوحدات الحرارية البريطانية(Btu) ، الجول (J)أو الكيلوواط-ساعة(kWh)



صورة 1 :تدفق الطاقة في المباني المصدر: https://www.energyvanguard.com

(Kent Peterson P2S Engineering, Laboratory et al. September 2015)

2.1 طاقة المبنى:

الطاقة المستهلكة في موقع المبنى كما يتم قياسها عند حدود الموقع. وتشمل على الأقل التدفئة، التبريد، التهوية، الماء الساخن للاستخدام المنزلي، الإضاءة الداخلية والخارجية، الأحمال الكهربائية (مثل الأجهزة)، طاقة العمليات، المصاعد وأنظمة النقل الرأسية، وأنظمة النقل الداخلية داخل المبنى (Kent Peterson P2S Engineering, Laboratory et al. September 2015).

2. مصادر الطاقة في المباني:

تستخدم المباني نوعين رئيسيين من مصادر الطاقة: الكهرباء والوقود الأحفوري (مثل الغاز الطبيعي أو النفط لأغراض التدفئة أو التبريد أو الطهي)(Palmer 2020).

حيث تعد الكهرباء والغاز المصدرين الرئيسيين للطاقة في المباني الجزائرية(Jaouaf, Bensaad et al. 2024)

حيث تصنف مصادر الطاقة الى صنفين:

مصادر الطاقة المتجددة تتجدد طبيعيًا ولن تنفد أبدًا. وتشمل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الحرارية الجوفية، وطاقة الهيدروجين، والكتلة الحيوية. وتنتج مصادر الطاقة المتجددة القليل من انبعاثات الكربون أو لا تنتجها على الإطلاق، وهي أساسية لتقليل تأثيرنا على البيئة.

مصادر الطاقة غير المتجددة محدودة وستنفد في نهاية المطاف. وتشمل الوقود الأحفوري مثل الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي.

3. تعريفات مصطلحات الطاقة:

حسب *(Fawkes, Oung et al. February 2016)*

- استهلاك الطاقة(Energy consumption):كمية الطاقة المستخدمة.
- استخدام الطاقة(Energy use):الطريقة أو نوع التطبيق الذي يتم فيه استخدام الطاقة
- الأداء الطاقوي(Energy performance):النسبة بين كمية الإنتاج (مثل الإنتاج الصناعي) ومدخلات الطاقة.
- ترشيد الطاقة:(Energy conservation)تقليل استخدام الطاقة من خلال تقليل أو إيقاف نشاط يستهلك الطاقة، مثل إطفاء الضوء أو إيقاف تشغيل آلة.
- إدارة الطاقة(Energy management):مجموعة العمليات والأدوات التي تُستخدم لإدارة الطلب على الطاقة داخل المؤسسات، أي إدارة عملية تحسين كفاءة الطاقة، والتحكم في تكاليف الطاقة، وإدارة المخاطر المرتبطة بها.
- كثافة الطاقة(Energy intensity)**:**مقدار استهلاك الطاقة لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي، مثل طن مكافئ نفط (toe) لكل 1000 دولار من الناتج المحلي الإجمالي.
- إنتاجية الطاقة(Energy productivity):الناتج المحلي الإجمالي لكل وحدة من مدخلات الطاقة، وهو العكس تماماً لكثافة الطاقة.
- تدقيق الطاقة (Energy Audit)**:**فحص يُجرى على مبنى أو منشأة لمراجعة الأجهزة والسلوكيات المستهلكة للطاقة.
- نسبة كفاءة الطاقة (EER):نسبة قدرة التبريد الصافية (Btu/ساعة) إلى إجمالي استهلاك الكهرباء (بالواط) في ظروف تشغيل محددة.
- **كفاءة الطاقة(Energy efficiency)حسب***(Palmer 2020)***:**هي النسبة الرسمية بين مدخلات الطاقة ومخرجاتها، ولكنها تُستخدم عادةً للإشارة إلى الأداء الطاقوي.

↵ تشير كفاءة الطاقة إلى استخدام طاقة أقل لتقديم خدمة طاقوية

تشير الكفاءة الطاقوية إلى استخدام كمية أقل من الطاقة لإنتاج نفس القدر من الخدمات أو الناتج المفيد*(Patterson 1996)*

كما تعرف كفاءة الطاقة في المبنى على انها مدى توافق استهلاك الطاقة لكل متر مربع من مساحة الأرضية مع معايير استهلاك الطاقة المحددة لنوع المبنى المعني في ظل ظروف مناخية محددة يتم تقييم كفاءة الطاقة من خلال مقارنة الاستهلاك السنوي للطاقة لكل متر مربع، مما يساعد في تحديد الأولويات لتحسين الأداء الطاقوي.

4. العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة في المباني:

حسب *(Zaharia, Diaconeasa et al. 2019)*

يمكن إرجاع استهلاك الطاقة في المباني إلى أربعة متغيرات رئيسية :

المبنى (الشكل، المواد، وطرق الإنشاء).

النظام (الأجهزة الكهربائية).

المستخدم (الإحصائيات السكانية والسلوك المتعلق باستخدام الطاقة).

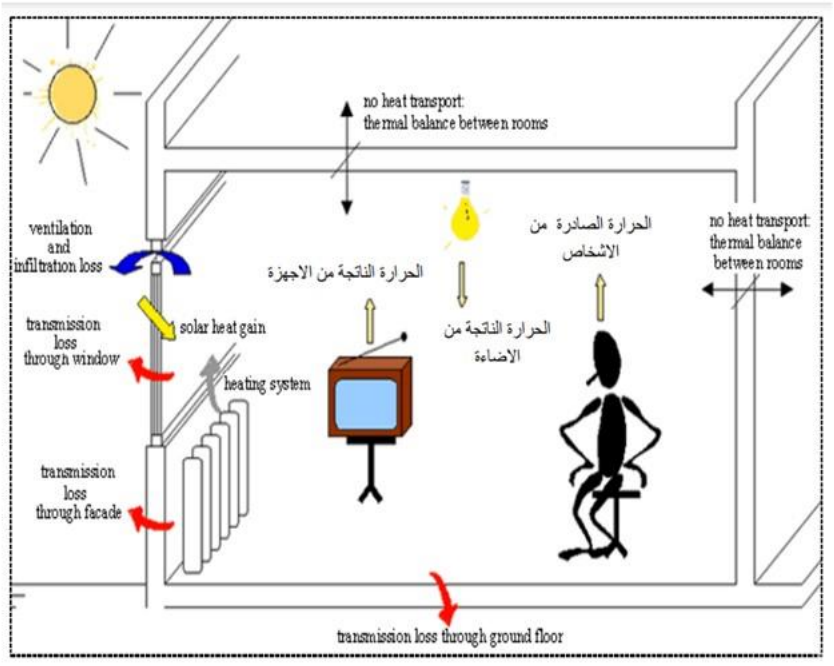
السياق (هندسة المدن والمناخ المحلي).

وهناك من يصنف العوامل الى ثلاثة متغيرات: الهيكل المعماري ,المتغيرات البيئية والأنظمة المختلفة

الهيكل المعماري: شكل المبنى ونسبة الفتحات في الواجهات،والألوان،وعناصر التظليل،بالإضافةإلى**الإشغال**

وحسب *(Hassan, Zin et al. 2014)* تم التصنيف كالتالي*(انظر الصورة2)*

- المناخ
- خصائص المبنى: مثل نوع العزل الحراري ومواد البناء.
- الأجهزة الكهربائية: المكيفات، الثلاجات، الحواسيب تستهلك كثيراً من الطاقة.
- سلوك السكان: عادات السكان في استخدام الطاقة تؤثر كثيراً على الاستهلاك.

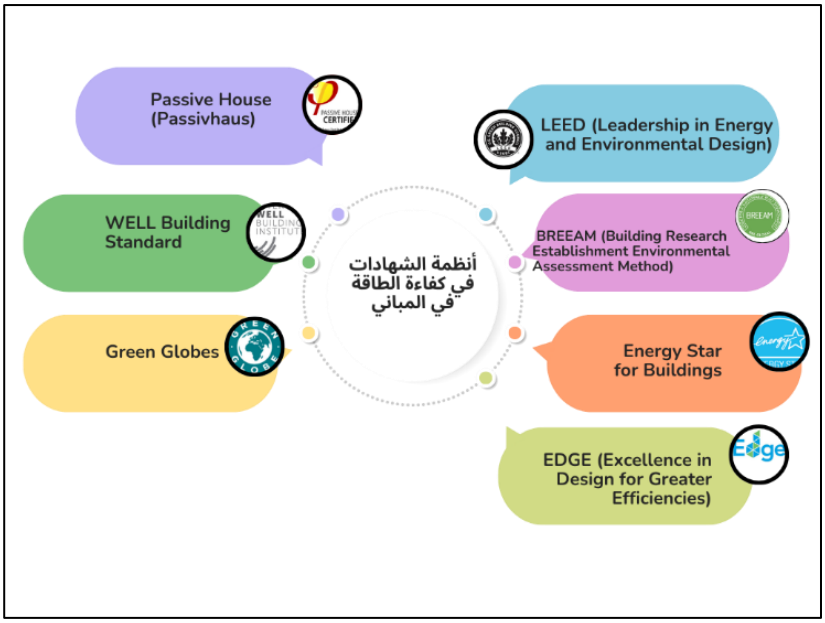


صورة 2:مصادر استهلاك الطاقة المختلفة داخل المبنى المصدر(Hassan, Zin et al. 2014) :

5. أنظمة الشهادات في كفاءة الطاقة في المباني:

تُعد أنظمة الشهادات شكلاً آخر من أشكال وضع العلامات المعلوماتية، حيث تُعطي للمستهلكين إشارات حول المنتجات أو التقنيات الأكثر كفاءة في استهلاك الطاقة.*(انظر الصورة3)*

فعلى سبيل المثال، يُعد برنامج "Energy Star"نظام تصنيف طوعي تُشرف عليه الحكومة الأمريكية، ويُصادق على الأجهزة التي تستوفي معياراً معيناً من الكفاءة الطاقوية.



صورة 3: أنظمة الشهادات في كفاءة الطاقة في المباني المصدر:(الطالبة)

يقوم المصنعون بالتقدّم بطلب للحصول على شهادةEnergy Star ، وتقوم الحكومة باختبار المنتجات للتأكد من أنها تفي بمعايير الأداء المطلوبة للحصول على الشهادة.

تتوفر الأجهزة المعتمدة من Energy Star لمعظم معدات المنزل، مثل أجهزة التلفاز، وسخانات المياه، وغسالات الصحون، وغيرها.

كما يمنح برنامج Energy Star شهادات للمنازل والمباني التجارية التي تتميز بالكفاءة الطاقوية.

ولكي يحصل المنزل السكني على تصنيفEnergy Star ، يجب أن يكون أكثر كفاءة بنسبة 10٪ مقارنة بالمتطلبات القياسية.(Code)

وهناك أيضاً نظام آخر لشهادات المباني يُعرف باسم LEED (الريادة في تصميم الطاقة والبيئة)، ويُديره مجلس المباني الخضراء الأمريكي، وهو منظمة غير ربحية.

يعتمد تصنيف LEED على نظام النقاط، فكلما حصل المبنى على نقاط أكثر، ارتفع تصنيفه، ويُعد تصنيف **LEED Platinum (البلاتيني) أعلى مستوى ممكن.***(Palmer 2020)*

6. استراتيجيات تحسين كفاءة الطاقة في المباني:

هناك العديد من الاستراتيجيات التي يمكن استخدامها لتحسين كفاءة الطاقة في المباني، ويمكن تصنيفها إلى استراتيجيات سلبية وأخرى نشطة، بالإضافة إلى حلول تكنولوجية وإدارية

1.6 الاستراتيجيات السلبية (Passive Strategies):

هذه الاستراتيجيات تعتمد على تصميم المبنى ومواد البناء لتقليل استهلاك الطاقة دون الحاجة إلى أنظمة ميكانيكية معقدة:

تحسين العزل الحراري: استخدام مواد عازلة في الجدران، الأسقف، والنوافذ لتقليل فقدان الحرارة في الشتاء واكتسابها في الصيف.

تصميم المباني وفق المناخ: توجيه المبنى بطريقة تستغل الإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية، مما يقلل الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية والتكييف.

استخدام التهوية الطبيعية: تصميم فتحات النوافذ والمداخل لتسهيل تدفق الهواء وتقليل الحاجة إلى التكييف.

استغلال الطاقة الشمسية السلبية: تصميم النوافذ والواجهات الزجاجية لامتصاص الحرارة في الشتاء وتقليل الإشعاع الشمسي في الصيف باستخدام التظليل المناسب.

استخدام مواد بناء ذات كتلة حرارية عالية: مثل الطوب أو الخرسانة التي تمتص الحرارة نهاراً وتطلقها ليلًا، مما يقلل الحاجة إلى التدفئة أو التبريد.

2.6 الاستراتيجيات النشطة (Active Strategies):

تعتمد هذه الاستراتيجيات على تقنيات وأنظمة متقدمة لتحسين كفاءة الطاقة:

استخدام أنظمة الإضاءة الموفرة للطاقة: مثل مصابيح LED والمستشعرات الذكية التي تتحكم في تشغيل الإضاءة حسب الحاجة.

تركيب أنظمة التدفئة والتبريد عالية الكفاءة: مثل مضخات الحرارة، ومكيفات الهواء ذات الكفاءة العالية، وأفران التكثيف التي تستهلك طاقة أقل.

أنظمة إدارة الطاقة الذكية (BEMS – Building Energy Management Systems): أنظمة تحكم ذكية تراقب استهلاك الطاقة وتعمل على تحسينه من خلال تحليل البيانات وضبط الأنظمة تلقائياً.

الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة: مثل تركيب الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء، واستخدام أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية.

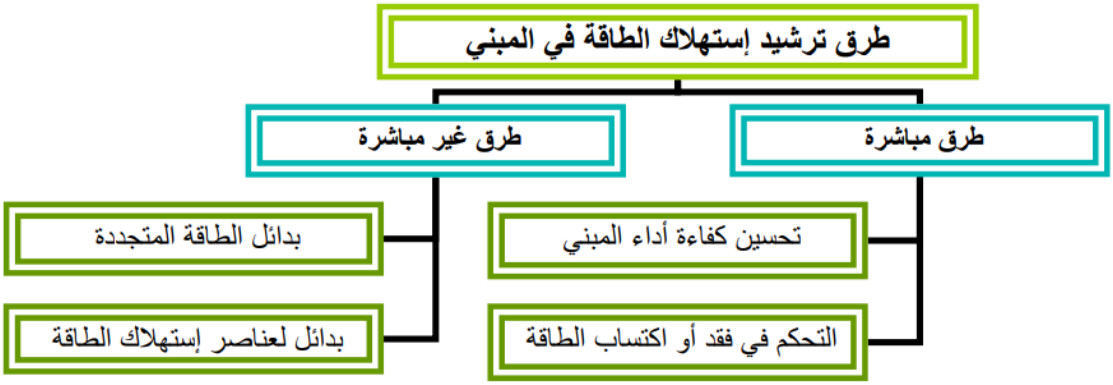
أنظمة التهوية الميكانيكية ذات الاسترجاع الحراري: التي تستعيد الحرارة من الهواء المطرود وتستخدمها لتدفئة الهواء الداخل، مما يقلل من فقدان الطاقة.

3.6 الحلول التكنولوجية المتقدمة:

استخدام الزجاج الذكي: زجاج يتغير لونه أو شفافيته تلقائياً حسب درجة الحرارة أو التعرض لأشعة الشمس، مما يساعد في التحكم بدرجة الحرارة الداخلية.

التحكم الذكي في أنظمة الطاقة: استخدام الذكاء الاصطناعي والإنترنت للتحكم في استهلاك الطاقة عبر تطبيقات الهواتف أو أنظمة التشغيل الآلي.

4.6 استراتيجيات إدارية وسلوكية:



صورة:4 طرق ترشيد استهلاك الطاقة في المباني(الطالبة)

تشجيع ثقافة الترشيد: توعية المستخدمين حول أهمية تقليل استهلاك الطاقة واتباع سلوكيات موفرة للطاقة.

الصيانة الدورية للأجهزة: التأكد من أن أنظمة التدفئة والتبريد تعمل بكفاءة عبر الصيانة الدورية وتنظيف الفلاتر والمبادلات الحرارية.

استخدام الأجهزة الكهربائية الموفرة للطاقة: مثل الأجهزة المصنفة ضمن الفئة A+ أو A++ التي تستهلك طاقة أقل.

تشجيع إعادة تدوير الطاقة: مثل استخدام الحرارة الناتجة عن العمليات الصناعية أو الخوادم الإلكترونية في التدفئة.

7. مؤشرات كفاءة استخدام الطاقة:(اسيا 2018)

يُستخدم مؤشران أساسيان لتقييم كفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني ومقارنتها عبر الدول:

- ❖ نصيب الفرد من استهلاك الطاقة.
- ❖ استهلاك الطاقة في المباني حسب وحدة المساحة.

الجدول 9- كثافة استخدام الطاقة (كيلوواط ساعة/م²) في قطاع المباني في مناطق وبلدان مختارة، 2000 و2006 و2012

البلد/المنطقة	2000	2006	2012
العالم[أ]	200	175	165
الاتحاد الأوروبي[أ]	223	215	187
الولايات المتحدة[أ]	212	207	197
الصين[أ]	131	108	102
الهند[أ]	195	180	165
المنطقة العربية[ب]	72	89	96

أ- كما ورد في (IEA, 2015).

ب- جرى تقديرها على أساس بيانات الطاقة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة (IEA, 2017)، وتقديرات متوسط المساحة الأرضية للمباني المذكورة أعلاه.

جدول 1:تطور كثافة استخدام الطاقة في قطاع المباني عبر مناطق مختارة خلال الفترة 2000–2012

8. سياسات كفاءة استخدام الطاقة في المباني:

حسب (اسيا 2018)

«تُعرف **قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني** (BEECs – Building Energy Efficiency Codes)بمعايير الطاقة الخاصة بالمباني، أو بتنظيمات البناء الحرارية، أو بقوانين البناء المحافظة على الطاقة، أو بقوانين البناء ذات الصلة بالطاقة.

وتستخدم الحكومات وصانعو السياسات المعنيون بالطاقة وقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني كآليات تنظيمية للحد من استهلاك الطاقة وتخفيف آثار المباني على البيئة، مع الحفاظ على جودة البيئة الداخلية إلى حد مقبول.

وعادة ما تشمل **قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني** شروط التصميم الإلزامية التي تسمح بتحسين أداء الطاقة في المباني. وقد وُضعت هذه القوانين في العديد من البلدان منذ سبعينيات القرن الماضي، حيث أثبتت فعاليتها في الحد من استهلاك الطاقة في المباني في بعض البلدان.

وفي العادة، يتّم النظر في نهجين اثنين عند وضع قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة:

- **النهج القائم على الأسس التوجيهية** :تضمّ قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني مجموعة من الشروط الدنيا الخاصة بأداء الطاقة عن كل عنصر من العناصر الإنشائية: النوافذ، والجدران، وأجهزة التدفئة والتبريد. وقد يجري الامتثال على مسارين:

1. (أ) يجب أن يستجيب كل عنصر إنشائي للحد الأدنى من الشروط الصارمة الخاصة بأداء الطاقة، مثل المستويات الدنيا للأداء الحراري للجدران والنوافذ) الانتقالية الحرارية للعنصر الإنشائي U–values ومعامل الانتقال الحراري للمباني.(SHGC
2. (ب) المقايضة بين شروط أداء الطاقة ضمن عناصر إنشائية مختلفة.

صحيح أن النهج القائمة على الأسس التوجيهية بسيطة التطبيق والتنفيذ، إلا أنها تفتقر إلى المرونة ولا تشجّع على التصميم المتكامل للمباني. كما أنها كثيراً ما تخفق في تحقيق الإنجازات على صعيد الأداء المناسب للطاقة في المباني المعقدة.

النهج القائم على الأداء:

تُحدد **قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء** شروطًا خاصة باستهلاك المبنى للطاقة بشكل كامل. وبالتالي، فإن قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء تُشجع على اعتماد نهج التصميم المتكامل، وذلك للاستفادة من التفاعلات الحاصلة بين مختلف عناصر المبنى، بغية ترشيد الطاقة في المبنى بكامله.

ويمكن وضع عدة خيارات **لقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء** وتنفيذها، بما في ذلك:

- **الأداء الجزئي للأنظمة الفرعية** :مثل التصدي لأداء الطاقة في الغلاف الخارجي للمبنى، عبر استخدام النهج التحليلي لإجمالي قيمة نقل الطاقة الحرارية.(OTTV)
- **أداء الأنظمة الفرعية المتعددة** :التصدي لأداء الطاقة في أكثر من نظام فرعي واحد للمبنى، لكن ليس أداء الطاقة في المبنى بكامله، مثل وضع القيمة القصوى لاستخدام الطاقة و/أو الطلب على نظم الإضاءة والتبريد.
- **أداء المبنى بكامله** :استهلاك الطاقة أو تكلفة الطاقة، باستخدام الخيارات الثلاثة التالية:
  - **نهج الميزانية الثابتة** باستخدام مستوى ثابت لاستهلاك الطاقة مثل الكيلوواط ساعة/متر مربع (لا بد من وجود افتراضات أساسية بما في ذلك أوقات التشغيل والأحمال الداخلية).

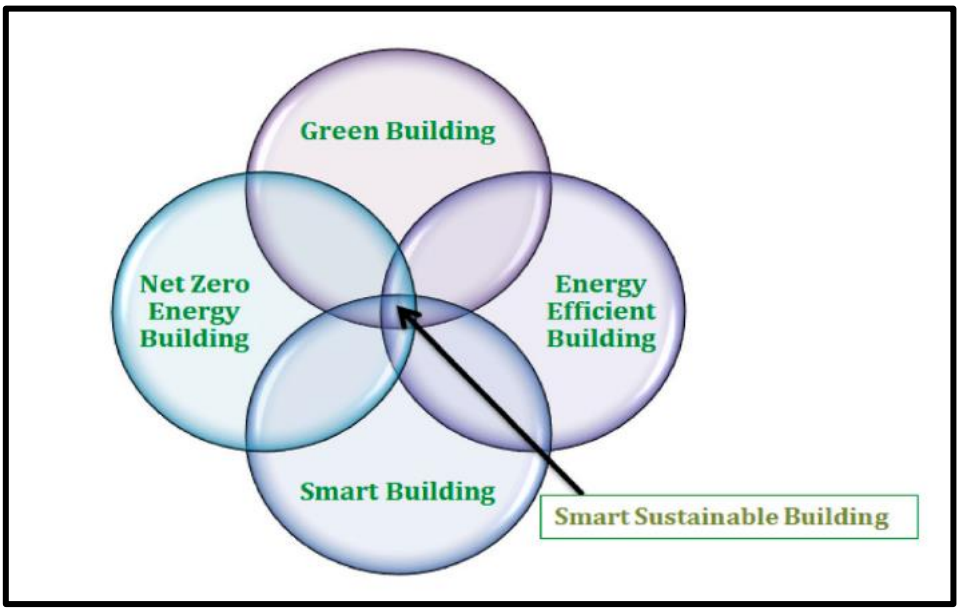
- **نهج الميزانية المصمم خصيصاً**، باستخدام التحليل المقارن مع مبنى مرجعي (في العادة، المبنى المرجعي هو المبنى المقترح نفسه، على أن يمتثل لمجموعة من الشروط التوجيهية).
- **نظام العلامات** باستخدام نظام تقييم لمختلف التدابير الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة » .

9. تصنيف المباني حسب كفاءتها الطاقوية:

1.9 المباني الذكية:

(Abdou 2019)

تعرف المباني الذكية على أنها المباني التي تتكامل فيها أنظمة البيئة من استخدام الطاقة، والتحكم في درجة الحرارة، والإضاءة، والصوت، ومكان العمل، والاتصالات ، وهو المبنى الذي يحقق مجموعة أهداف ضرورية: "البعد الاجتماعي" ويتمثل في تحسين البيئة الداخلية لشاغلي المبنى وجودة البيئة الداخلية، و"البعد التكنولوجي" ويتمثل في استخدام التقنيات الحديثة والنظم التكنولوجية المتطورة لخدمة المبنى. *(انظر الصورة5)*

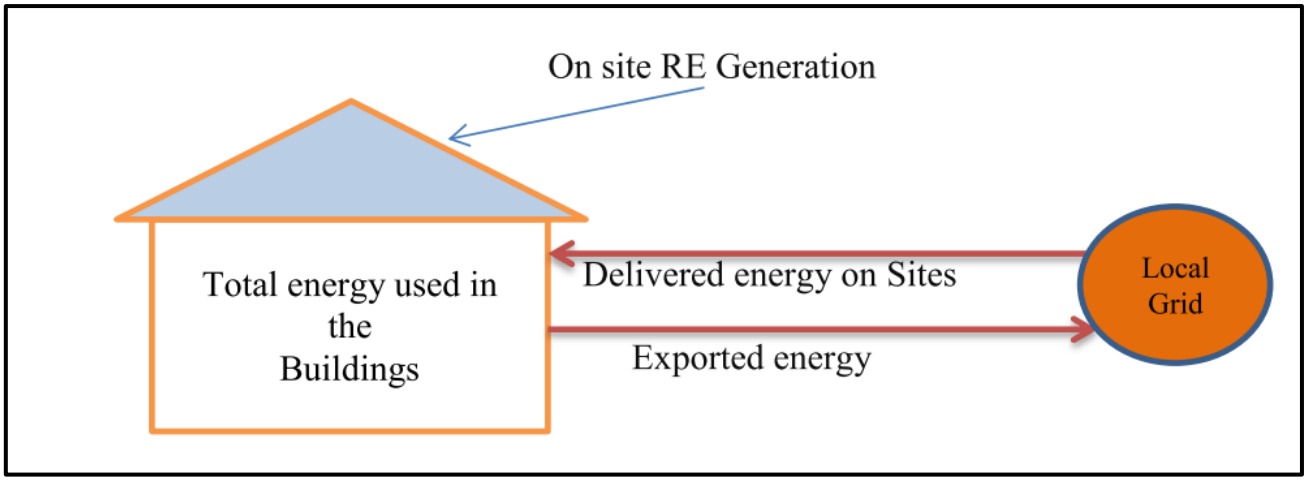


صورة 5 :المباني الذكية المستدامة (Jaysawal, Chakraborty et al. 2022)

2.9 المباني ذات الطاقة الصفرية*NZEBs*:

(Jaysawal, Chakraborty et al. 2022)

وفقًا لـــ ASHRAE كيلكيس، 2007 "ZEB :(هو مبنى لا يستخدم أكثر من الطاقة التي يوفرها مصادر الطاقة المتجددة على الموقع على أساس سنوي)" *(انظر الصورة6)*



صورة 6: فكرة المباني الصفرية المصدر (Jaysawal, Chakraborty et al. 2022):

3.9 المباني منخفضة الكربون:(ZCB)

حسب(AboHassan, Mahmoud et al. 2025):

"يعبر المصطلح عن المباني منخفضة الكربون/الطاقة، كما يُستخدم المصطلح ZCB في بعض الأحيان بالتبادل مع العديد من المصطلحات ذات الصلة مثل البناء المستدام والبناء الأخضر".

•استهلاك منخفض للطاقة (منشأ منخفض الطاقة، موفر للطاقة، طاقة منخفضة للغاية، طاقة بدون تدفئة، بدون طاقة ومكتفي ذاتيًا للطاقة).

•انبعاثات منخفضة (منشأ خالٍ من الانبعاثات، خالٍ من الكربون).

•الجوانب المستدامة أو الخضراء (المباني البيئية، المباني الخضراء، المباني المستدامة، المباني والمناخ الحيوي: المبنى النشط أو الفعال).

10. مبادئ التصميم السلبي:

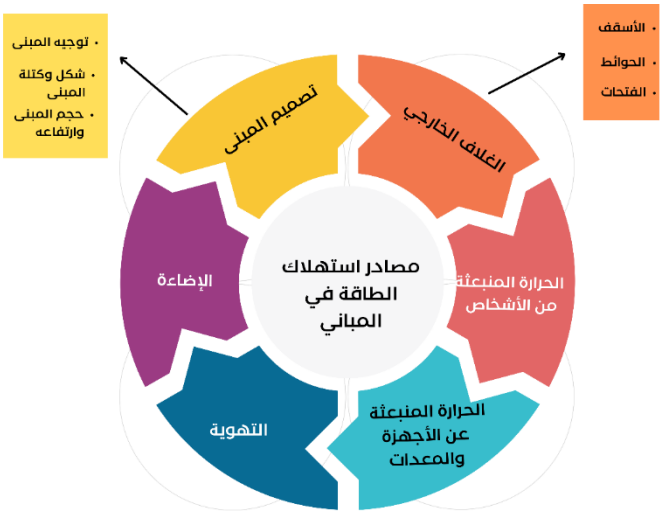
(AboHassan, Mahmoud et al. 2025)

يعد التصميم السلبي من أسس العمارة منخفضة الكربون، حيث يعتمد على العناصر والمبادئ الطبيعية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة داخل المباني. على عكس الأنظمة النشطة التي تتطلب تدخلاً ميكانيكيًا أو إلكترونيًا، يستفيد التصميم السلبي من الصفات المتأصلة للموقع والمناخ والمواد لإنشاء فراغات مريحة وموفرة للطاقة.

ويعد التصميم الشمسي السلبي استراتيجية أساسية تتضمن توجيه المباني لتحقيق أقصى قدر من اكتساب الطاقة الشمسية خلال أشهر الشتاء وتقليلها خلال فصل الصيف. ويتم تحقيق ذلك من خلال وضع النوافذ والأجزاء البارزة وعناصر التصميم الأخرى بشكل استراتيجي لالتقاط أو حجب أشعة الشمس. كما أن

توظيف التهوية الطبيعية ينطوي على تصميم المباني لتسهيل حركة الهواء دون الحاجة إلى أنظمة ميكانيكية، يتضمن ذلك غالبًا النوافذ وفتحات التهوية الموضوعة بشكل استراتيجي واستخدام الرياح السائدة لتعزيز تدفق الهواء والحفاظ على بيئة داخلية مريحة. يؤدي تعظيم الضوء الطبيعي من خلال وضع النوافذ وتصميمها المدروس إلى تقليل الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية. لا يقلل ضوء النهار من استهلاك الطاقة فحسب، بل يعزز أيضًا رفاهية الشاغل وإنتاجيته.

يتضمن التصميم السلبي مواد ذات كتلة حرارية عالية، مثل الخرسانة أو الحجر لامتصاص الحرارة وتخزينها وإطلاقها ببطء. ويساعد ذلك على تنظيم درجات الحرارة الداخلية عن طريق تقليل تقلبات درجات الحرارة، خاصة في المناطق ذات الظروف المناخية المختلفة. يساهم التصميم السلبي في تقليل آثار الكربون وتخفيف التأثير البيئي للمباني. يعمل التصميم السلبي الذي تم تنفيذه جيدًا على تعزيز الراحة الداخلية من خلال الحفاظ على درجات حرارة ثابتة، وتحسين الإضاءة الطبيعية، وتعزيز دوران الهواء النقي.



صورة 7: مصادر استهلاك الطاقة في المباني المصدر:(الطالبة)

تتأثر فعالية التصميم السلبي بالظروف الخاصة بالموقع، مثل الجغرافيا والمناخ والمباني المحيطة، مما يشكل تحديات في مواقع معينة. قد يتطلب تنفيذ الاستراتيجيات السلبية تحولًا في الممارسات المعمارية التقليدية. في حين أن التصميم السلبي يؤدي غالبًا إلى توفير التكاليف على المدى الطويل، فإن تكاليف التنفيذ الأولية قد تكون أعلى، مما يشكل تحديًا لبعض المشاريع ذات الميزانيات المحدودة. بالتالي تقف مبادئ التصميم السلبي في طليعة العمارة منخفضة الكربون، وتجسد التآزر والعلاقة بين السكن البشري والبيئة الطبيعية. ومن خلال تسخير العناصر الطبيعية بذكاء، فإن التصميم السلبي لا يعزز كفاءة استخدام الطاقة فحسب، بل يعزز أيضًا التعايش المتناغم بين البيئات المبنية والنظم البيئية التي تعيش فيها. على الرغم من وجود تحديات، إلا أن الفوائد العديدة تؤكد أهمية دمج استراتيجيات التصميم السلبي في مستقبل العمارة منخفضة الكربون وبيئة مبنية أكثر استدامة.

الخاتمة:

من خلال هذا الفصل، تم التطرق إلى المفاهيم الأساسية المتعلقة بالطاقة وكفاءة استخدامها، حيث تم توضيح أنواع الطاقة، ومصادرها، وكيفية استهلاكها داخل المباني، إلى جانب تقديم أهم المصطلحات والمفاهيم المرتبطة بمجال إدارة الطاقة والأداء الطاقوي. كما تم التعرف على العوامل المؤثرة في استهلاك الطاقة في المباني، والتي تشمل عناصر التصميم المعماري، نوعية الأنظمة المستخدمة، سلوك المستخدمين، والسياق المناخي والعمراني.

وقد أظهرت هذه المفاهيم مدى تعقيد وترابط الجوانب التي تتحكم في كفاءة الطاقة، وأبرزت أهمية التقييم الدقيق للأداء الطاقوي كخطوة أساسية نحو ترشيد الاستهلاك وتحقيق الاستدامة، خاصة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي يشهدها العالم اليوم.

وفي هذا السياق، يشكّل فهم هذه الأسس النظرية قاعدة ضرورية لفهم تطبيقات كفاءة الطاقة في القطاعات المختلفة، وعلى رأسها قطاع التعليم. لذلك، سيتم في الفصل الموالي التركيز على دراسة كفاءة الطاقة في المباني المدرسية، باعتبارها من أهم المرافق العامة التي تستوجب بيئة مريحة وفعالة طاقوياً لضمان جودة التعليم وتحسين ظروف التعلم.

الفصل الثاني: كفاءة الطاقة في المباني المدرسية

مقدمة:

تُعد المباني المدرسية من بين أهم الفضاءات العمومية التي تستقطب عدداً كبيراً من المستخدمين يومياً، من تلاميذ، وأساتذة، وإداريين، مما يجعل من تهيئة بيئتها الداخلية بشكل مريح وفعّال ضرورة قصوى لضمان جودة التعليم وسلامة شاغليها. ونظراً للوقت الطويل الذي يُقضى داخل هذه الفضاءات، فإن استهلاك الطاقة فيها يكون مرتفعاً نسبياً، خاصة فيما يتعلق بالتدفئة، التهوية، الإضاءة والتجهيزات الكهربائية، مما يجعلها من بين المرافق ذات الأثر الطاقوي الهام.

في هذا السياق، تكتسي كفاءة الطاقة في المباني المدرسية أهمية متزايدة، ليس فقط من منظور اقتصادي من حيث تقليص فواتير الطاقة، بل كذلك من منظور بيئي من خلال تقليل الانبعاثات، واجتماعي من حيث تحسين ظروف الراحة الحرارية والبصرية والصوتية للمتعلمين، وبالتالي تحسين التحصيل الدراسي.

يهدف هذا الفصل إلى دراسة خصوصيات استهلاك الطاقة في المدارس، وتحليل التحديات المرتبطة بها، مع تقديم أهم المعايير والاشتراطات التصميمية التي تساهم في رفع الأداء الطاقوي لهذا النوع من المباني، بالإضافة إلى عرض أبرز الإستراتيجيات والتقنيات المستعملة محلياً وعالمياً لتحقيق هذا الهدف

1. تعريف التعليم :

(Dr.R.K.Doharey, Verma et al. 2023)

التعليم هو عملية اكتساب المعرفة والمهارات والقيم والمواقف من خلال أشكال مختلفة من التعلم. وهو عملية منهجية ومقصودة تهدف إلى تسهيل التعلم والتطور، ويتم ذلك عادةً من خلال المؤسسات الرسمية مثل المدارس والكليات والجامعات

2. الهيكلة الحالية للمنظومة التربوية في الجزائر *(انظر الصورة8)*

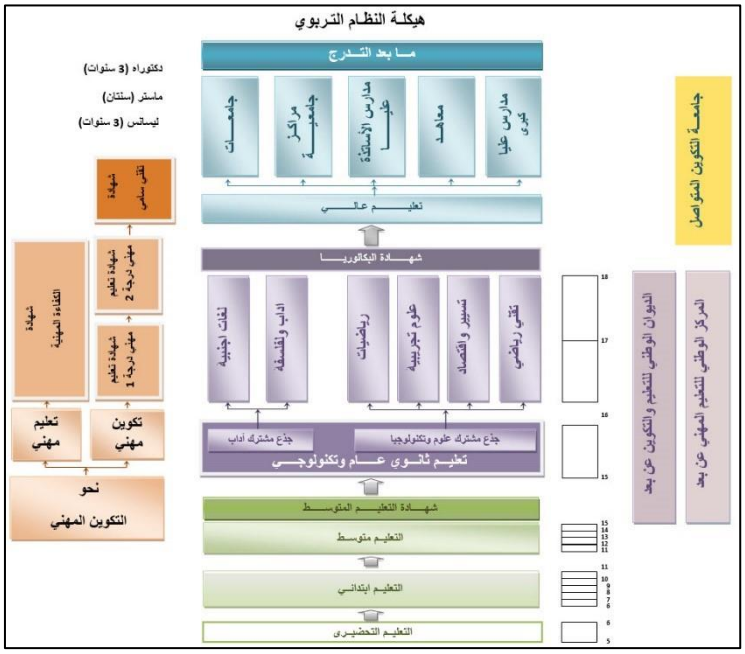
(الجزائرية 2024)

1.2 التعليم الثانوي في الجزائر:

1.1.2 نمطية الثانوية: حسب ما هو مذكور في الجريدة الرسمية

المادة 18: تشتمل نمطية البناءات المدرسية الخاصة بالثانوية على ثلاثة (3) أنماط:

- **النمط 600:** يحتوي على عشرين (20) قسماً بطاقة استيعاب ستمائة (600) تلميذ.
- **النمط 800:** يحتوي على سبعة وعشرين (27) قسماً بطاقة استيعاب ثمانمائة (800) تلميذ
- **النمط 1000:** يحتوي على أربعة وثلاثين (34) قسماً بطاقة استيعاب ألف (1000) تلميذ.

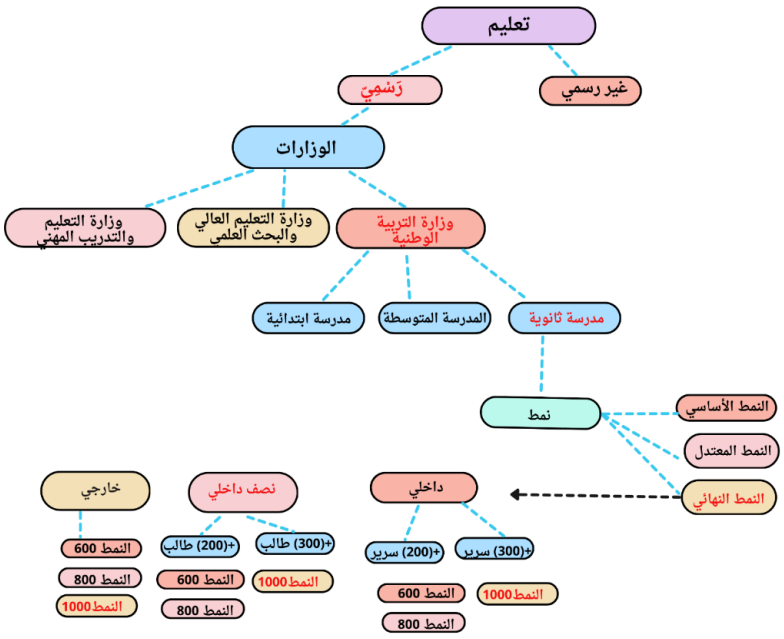


صورة8 :هيكلة النظام التربوي في الجزائر المصدر/https://www.education.gov.dz

2.1.2 نمطية البناءات المدرسية الخاصة بالثانوية:

المادة 19:

علاوة على نمطية البناءات المدرسية



صورة 9: التعليم في الجزائر المصدر:(الطالبة)

الخاصة بالثانوية، المذكورة في المادة 18 أعلاه، يمكن أن يضم كل نمط من الثانوية نمطًا مخصصاً لنصف الداخلية.

المادة 20 :نصف داخلي

تشتمل نمطية البناءات المدرسية الخاصة بنصف الداخلية في الثانوية على نمطين:

- **النمط "200"**بطاقة استيعاب مائتي (200) مستفيد، وينجز هذا النمط في الثانوية من نمطي **"600"**و"800."
- **النمط "300"**بطاقة استيعاب ثلاثمائة (300) مستفيد، وينجز هذا النمط في الثانوية من نمط **"1000"**.

المادة 21:

علاوة على نمطية البناءات المدرسية الخاصة بالثانوية، المذكورة في المادة 18 أعلاه، يمكن أن يضم كل نمط من الثانوية نمطًا مخصصاً للداخلية.

المادة 22:داخلي

تشتمل نمطية البناءات المدرسية الخاصة بالداخلية في الثانوية على نمطين:

- **النمط "200"**بطاقة استيعاب مائتي (200) سرير، وينجز هذا النمط في الثانوية من نمطي **"600"**و"800."
- **النمط "300"**بطاقة استيعاب ثلاثمائة (300) سرير، وينجز هذا النمط في الثانوية من نمط **"1000"**

3. **البناء المدرسي:**

حسب تعريف 23رمضان عام 1442 هـ / العدد 33 الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية

- البناء المدرسي هو عملية تشييد مخصصة أساساً للتربية والتعليم.

يشمل البناء المدرسي جميع المحلات البيداغوجية والمحلات غير البيداغوجية والفضاءات التربوية المحددة في البرنامج المساحي لإنجاز المؤسسات المدرسية

وهناك تعريفات أخرى :

- المبنى المدرسي هو الحاضن لأنشطة الطلاب، حيث يتكون من مجموعة من الفضاءات المختلفة التي تتيح حدوث عملية التعلم، مثل الفصول الدراسية، قاعات المحاضرات، المكتبات، الفضاءات الاجتماعية والتجمعية، القاعات، وفضاءات التعلم غير الرسمية الأخرى.*(Oblinger, 2006)*

4. **العوامل المؤثرة في تخطيط المدارس***(Elitsa 2019)*:

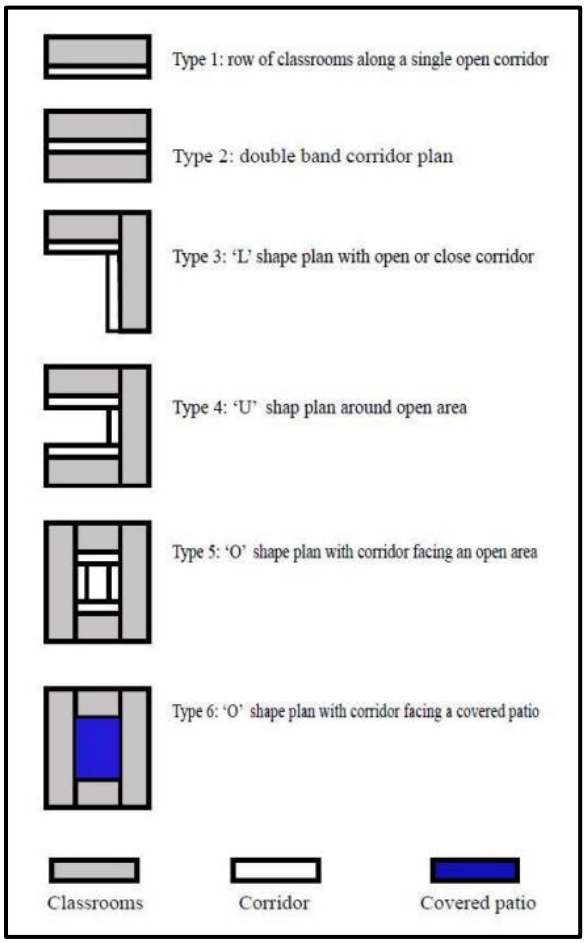
❖ عدد الطلاب: كلما زاد عدد الطلاب، زادت الحاجة إلى مساحات أوسع ومرافق متعددة.
❖ الأعمار والمراحل الدراسية: يؤثر توزيع الأعمار على تصميم المباني، حيث تحتاج المدارس الابتدائية إلى بيئات مختلفة عن المدارس الثانوية.
❖ المناخ والبيئة المحلية: يؤثر المناخ على مواد البناء المستخدمة والتصاميم المناسبة للتهوية والإضاءة الطبيعية.
❖ النظم التعليمية: تختلف التصاميم حسب المناهج الدراسية، حيث تتطلب بعض النظم مساحات مرنة للمختبرات والأنشطة العملية

5. **تصنيف أنواع مخططات المباني المدرسية:**

حسب الدراسة *(haj hussein, Barlet et al. 2016)* فقد تم التصنيف كالتالي :

نوع المخطط يعتمد على عدة عوامل :

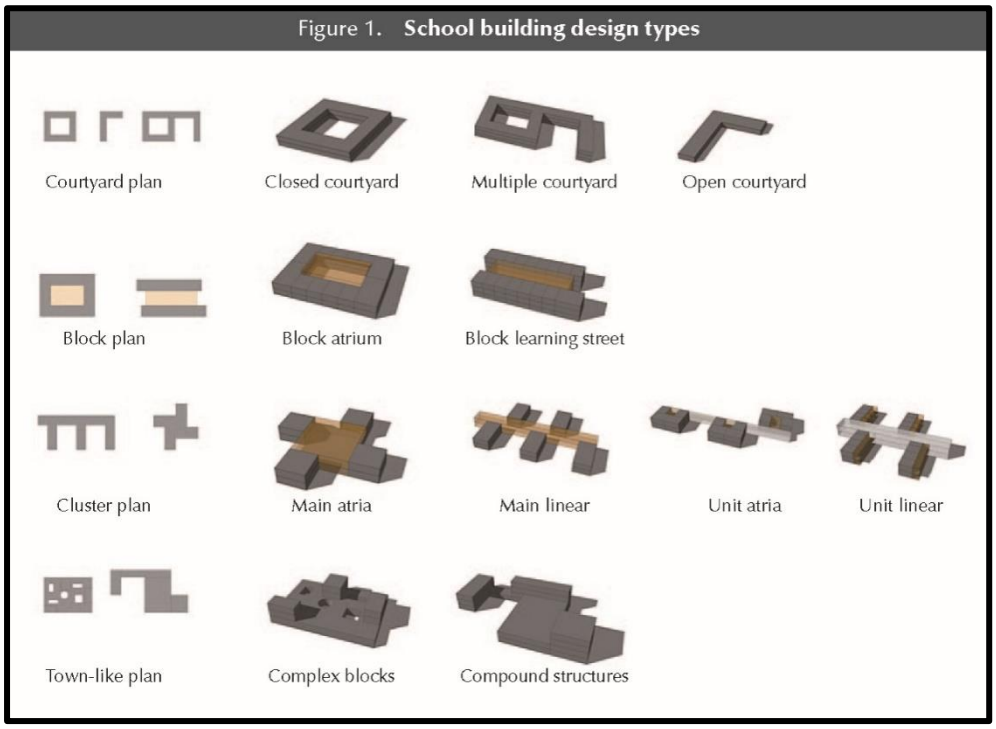
❖ المناخ
❖ عدد الطلاب
❖ الوظائف المطلوبة
❖ المساحة المتوفرة
❖ أهداف التصميم التربوي



صورة 10: انواع مخططات المباني المدرسية المصدر : (haj hussein, Barlet et al. 2016)

6. **تصميم مخططات المباني :**

حسب*(Kdanginfo 2025)*



صورة 11: انواع مخططات مباني المدارس المصدر Kdanginfo2025

1.6 تصاميم الفناء:(Courtyard Plans)

- ❖ Courtyard planمخطط يحتوي على ساحة داخليةمركزية محاطة بالصفوف أو الممرات.
- ❖ Closedcourtyardفناء مغلق من جميع الجهات، يشبه الساحة الداخلية المحاطة تماماً بالبناء.
- ❖ Multiple courtyardيحتوي على أكثر من فناء داخلي، يوفر تنوعاً في المساحات المفتوحة.
- ❖ Open courtyardفناء مفتوح من جهة أو أكثر، يسمح بتدفق الهواء والضوء.

2.6 تصاميم الكتل:(Block Plans)

- ❖ Block planمبنى مكون من كتل بسيطة منظمة.
- ❖ Block atriumكتلة مركزية تحيط بفراغ مفتوح داخلي.(atrium)
- ❖ Block learningstreetتخطيط الكتل على جانبي ممر تعليمي رئيسي يشبه "الشارع."

3.6 مخططات المجموعات:(Cluster Plans)

- ❖ Cluster planتصميم يعتمد على تجميع وحدات صفية أو أنشطة في مجموعات متجاورة.
- ❖ Main atriaفراغ مركزي كبير (atria) يمثل قلب التصميم.
- ❖ Main linearتصميم خطي رئيسي، تُوزع فيه العناصر على محور مستقيم.
- ❖ Unit atriaوحدات منفصلة كل منها تحتوي على ساحة داخلية صغيرة.
- ❖ Unit linearوحدات صفية موزعة بشكل خطي.(Linear)

4.6 مخططات المدن المصغرة:(Town-like &Complex Structures)

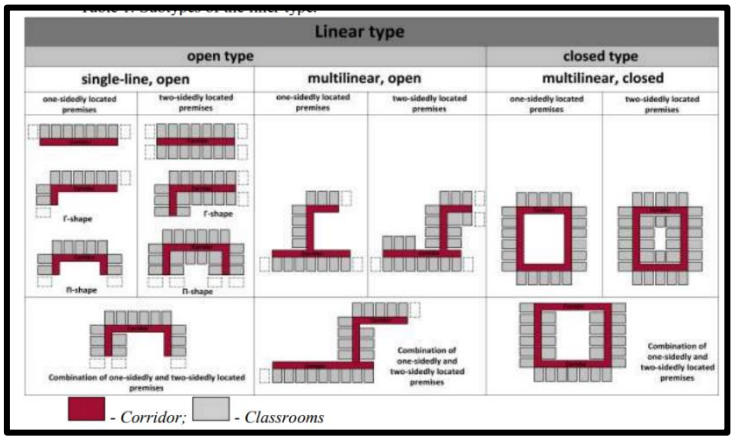
- ❖ Town–like planيشبه تخطيط مدينة صغيرة، بممرات وأفنية ومساحات متنوعة.
- ❖ Complex blocksتصميم معقد يحتوي على كتل متشابكة بأشكال غير منتظمة.
- ❖ Compound structuresمباني مركبة مكونة من وحدات مختلفة متصلة فيما بينها.

7. أنواع أنظمة التخطيط المدرسي، ويصنفها(Elitsa 2019) إلى قسمين رئيسيين:

النظام الممرّي والنظام غير الممرّي، مع تحديد الأنواع الفرعية لكل نظام.

1.7 النظام الممرّي:(Corridor System)

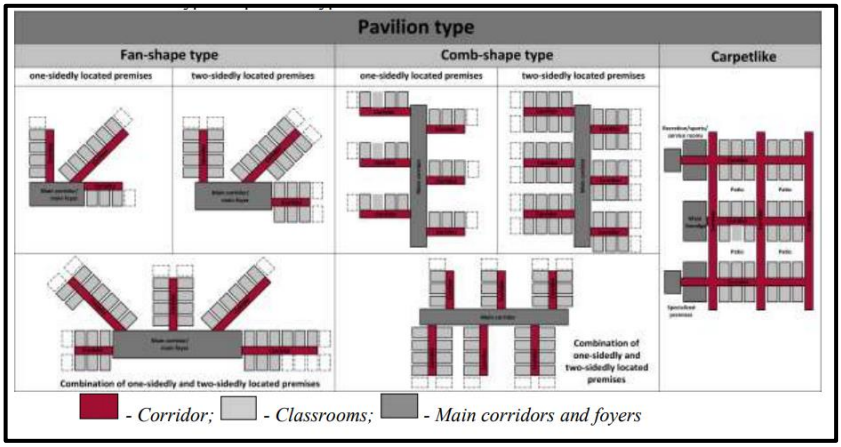
هو تصميم يعتمد على وجود ممرات تربط بين الغرف والمرافق المختلفة في المدرسة. يتطلب عادة مساحة أكبر، وله عدة أنواع فرعية:



صورة 12: النظام الخطي المصدر elista 2019 :

1.1.7 النوع الخطي:(Linear Type)

- **التصميم المفتوح:(Open Type)**
  - الممرات والغرف متجاورة.
  - يمكن أن تكون الغرف على جانب واحد من الممر أو على الجانبين.
  - أشكال فرعية: تصميم خطي، على شكل "L" أو"U" ، أو مزيج من الجوانب الواحدة والمزدوجة.
- **التصميم المغلق:(Closed Type)**
  - يتضمن ممرات وغرف أكثر عزلة.
  - يعتمد على نفس التصاميم الفرعية (الجوانب الواحدة أو المزدوجة).



صورة 13:النظام الباڤيلوني المصدر elista 2019

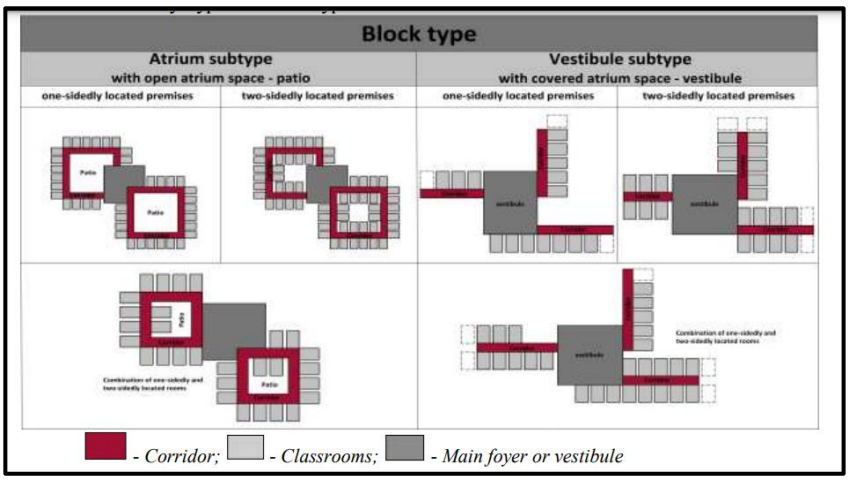
2.1.7 النوع الباڤيلوني (Pavilion Type):

- يتميز بتصميم يشبه الشرائح أو الأجنحة المتصلة بممر رئيسي.

- أنواع فرعية:

- التصميم الشعاعي :(Fan–Shaped) الغرف تتفرع من ممر مركزي.
- تصميم الأصابع :(Comb–Shaped) الممر الرئيسي يمتد منه ممرات فرعية تحتوي على الغرف.
- تصميم الحديقة :(Carpetlike) يحتوي على أفنية بين الغرف.

3.1.7 النوع الكتلي:(Block Type)



صورة 14:النظام الكتلي المصدر elista 2019

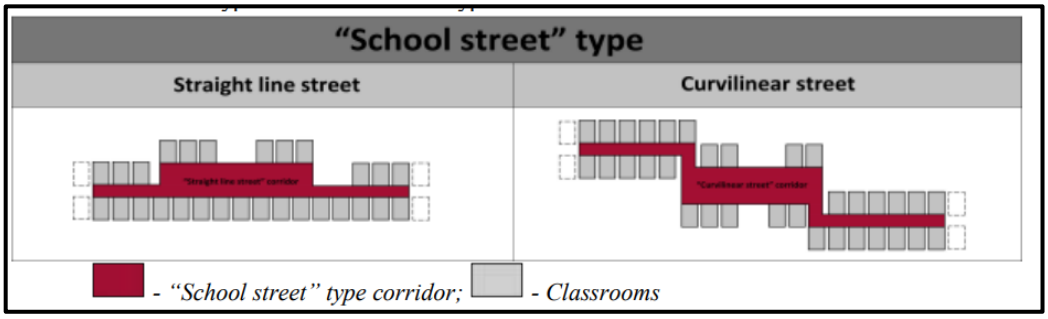
- يتمحور حول مساحة مركزية مثل فناء أو ردهة.
- أنواع فرعية:
- الفناء المفتوح (Open Atrium):الغرف تواجه الفناء، والممرات قد تكون على شكل شرفات مفتوحة.

- الردهة المغلقة :(Closed Atrium) الغرف تحيط بمنطقة مركزية مغلقة متعددة الاستخدامات.

2.7 النظام غير الممرّي:(Non-Corridor System)

يتخلى عن الممرات التقليدية لصالح مساحات مفتوحة أكثر ديناميكية وتفاعلًا. الأنواع الفرعية تشمل:

1.2.7 تصميم "شارع المدرسة:(School Street Type) "



صورة 15:تصميم شارع المدرسة المصدر elista 2019

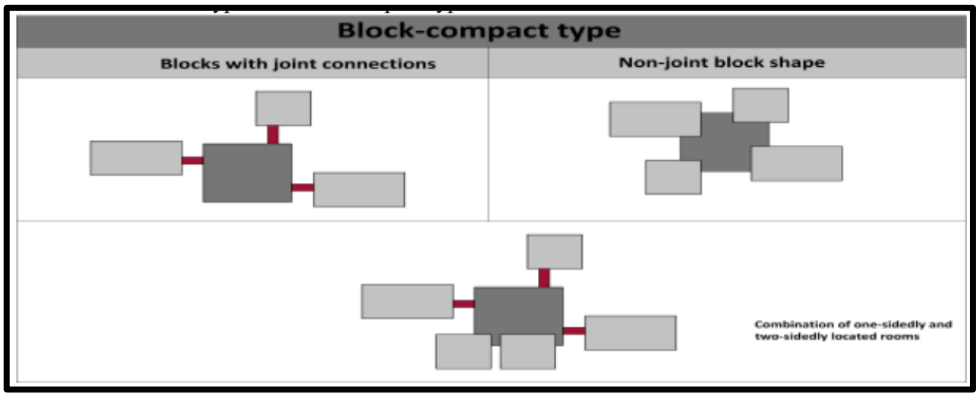
- يعتمد على ممر عريض يشبه الشارع، مجهز بمقاعد وإضاءة وواجهات تشبه واجهات المباني.
- أنواع فرعية:

الشارع المستقيم :(Straight Line Street) تصميم بسيط بخط مستقيم.

الشارع المنحني :(Curvilinear Street) تصميم أكثر ديناميكية مع انحناءات.

2.2.7 . التخطيط الكتلي-المضغوط:(Block-Compact Type)

- يركز على تقليل الممرات والمساحات الضائعة.
- `أنواع فرعية:

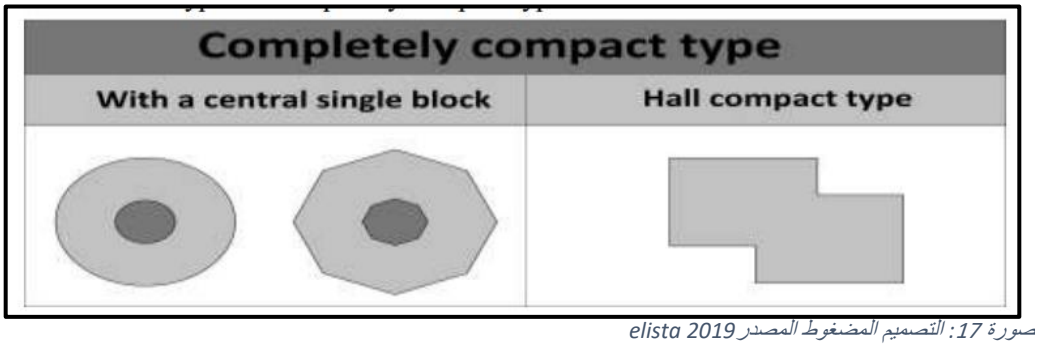


صورة 16: التخطيط الكتلي المصدر elista 2019

- تصميم الوحدات المتصلة بممرات :(Joint Connection Blocks) الكتل متصلة بممرات أو قاعات.
- تصميم الوحدات المدمجة :(Non–Joint Connection Blocks) الكتل مدمجة دون ممرات إضافية.
- تصميم يجمع بين الممرات والدمج (Combination Type) مزيج من النوعين السابقين.

3.2.7 التصميم المضغوط تمامًا:(Completely Compact Type)

يركز على إنشاء بيئة داخلية مغلقة بالكامل، تعتمد على التحكم المناخي والتقنيات الحديثة.



صورة 17: التصميم المضغوط المصدر elista 2019

- أنواع فرعية:

كتلة مركزية واحدة :(Central Single Block) مثالية للمدارس الصغيرة.

تصميم القاعة المغلقة :(Hall Compact Type) قاعات داخلية كبيرة ذات تصميم مغلق تماماً.

8. الأنماط التصميمية في ثانويات ولاية تبسة:

تكشف المعاينة الأولية للأنماط التصميمية المعتمدة في المؤسسات الثانوية بولاية تبسة عن **محدودية واضحة في التنوع والابتكار المعماري**، حيث يطغى النمط المغلق والتوزيع الخطي للأقسام على معظم هذه المنشآت. يُظهر هذا التكرار ميلاً نحو الحلول النمطية المكررة.

❖ غلبة النمط المغلق:

تمثل الثانويات التي تعتمد الشكل المغلق نسبة معتبرة من العينة المدروسة.

❖ تكرار التوزيع الخطي للأقسام:

نمط الأقسام المتجاورة مع رواق أمامي هو الأكثر اعتماداً

الثانوية	الشكل العام	نمط الاقسام
ثانوية مالك بن النبي	مفكك	
ثانوية سعدي الصديق	U على شكل	
ثانوية حي الوجد	O على شكل	
ثانوية الهادي خذيري	مفكك	
ثانوية فاطمة الزهراء	/	
ثانوية حردي محمد	O على شكل	
ثانوية الشيخ مطروح العيد	مفكك	
ثانوية حردي محمد	مفكك	
ثانوية هواري بومدين	O على شكل	
ثانوية أبي عبيدة عانر بن الجراح	O على شكل	
ثانوية مساني عجال	O على شكل	
ثانوية بوكوبة محمد	U على شكل	
ثانوية بسكري محمد	O على شكل	
ثانوية العربي التبسي	O على شكل	

جدول 2 : الانماط التصميمية لولاية تبسة المصدر:(الطالبة)

9. كفاءة الطاقة في المباني المدرسية :

بلغ متوسط استهلاك الطاقة في كل مدرسة حوالي **529,925كيلوواط ساعي**، في حين بلغت كثافة استخدام الطاقة 105.61 (Energy Use Intensity) **كيلوواط ساعي/متر مربع/سنة**.وذلك حسب دراسة أجريت في مباني المدارس الثانوية في هونغ كونغ(Chung and Yeung 2020)

حسب (Dube, Roopa Kamesh et al. 2009)

أثناء دراسة العوامل التي تؤثر على تكاليف الطاقة في المنشآت المدرسية، تُعدّ خطوة أساسية معرفة الأماكن التي يتم فيها استخدام الطاقة داخل المدرسة. إن تحديد المناطق ذات الاستهلاك العالي والمنخفض للطاقة سيساعدك على استهداف المجالات الرئيسية للتحسين، وكذلك تلك التي ستوفر أعلى عائد.

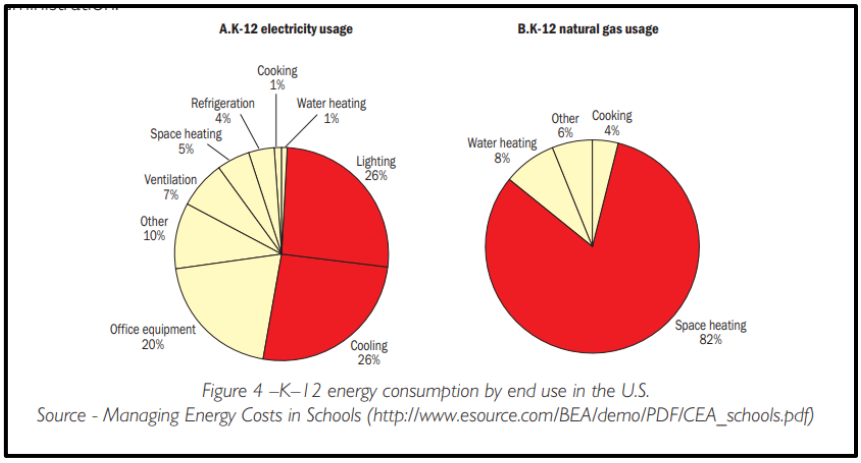


Figure 4 –K–12 energy consumption by end use in the U.S.
Source - Managing Energy Costs in Schools (http://www.esource.com/BEA/demo/PDF/CEA_schools.pdf)

صورة 18:استهلاك الطاقة في المدارس بالولايات المتحدة الامريكية المصدر:موضح في الصورة

يوضح الشكل أدناه استهلاك الطاقة في مدارس التعليم الأساسي والثانوي (K–12) حسب نوع الاستخدام في الولايات المتحدة، وذلك استناداً إلى بيانات من إدارة معلومات الطاقة الأمريكية."

عند التخطيط لاستراتيجية تحسين الأداء الطاقوي (التهيئة الطاقوية) للمدارس، من المهم أخذ أكبر مصادر استهلاك الطاقة بعين الاعتبار. فعادةً ما تمثل التدفئة والتبريد والإضاءة مجتمعةً حوالي 70% من إجمالي استهلاك الطاقة في المدارس. كما تُعدّ الأحمال الكهربائية الناتجة عن الأجهزة مثل الحواسيب وآلات النسخ من بين أكبر ثلاث مصادر لاستهلاك الكهرباء، بعد الإضاءة والتبريد.

وتختلف شدة استهلاك الطاقة في المدارس بشكل كبير، حيث تتأثر بالظروف المناخية وكذلك بخصائص التشغيل الخاصة بكل مؤسسة، مثل حجم المبنى، وعدد المقاعد في الأقسام، ووجود مطعم مدرسي ضمن الموقع. ويمكن أن تتراوح شدة استهلاك الطاقة في المدارس ما بين أقل من 10,000 وحدة حرارية بريطانية لكل قدم مربع (Btu/ft²) إلى أكثر من 500,000 Btu/ft² (انظري الشكل 10.2). وبسبب هذا التفاوت الكبير والتوزيع غير المتجانس، قد يكون من المضلل تقييم أداء مبنى مدرسي فقط من خلال مقارنة معدل استهلاك الطاقة(star November 2006)

تناولت العديد من الدراسات الاستهلاك السنوي للتدفئة في المباني المدرسية من بينها القيم التالية (Katafygiotou and Serghides 2014):

الدولة/المنطقة	استهلاك الكهرباء (ك.و.س/م²)	استهلاك التدفئة (ك.و.س/م²)	إجمالي الاستهلاك (ك.و.س/م²)
قبرص	غير محدد	غير محدد	62.75
سلوفينيا	غير محدد	100	192
أيرلندا	5 - 35	50-200	96 (متوسط التدفئة)
ألمانيا	غير محدد	غير محدد	31 - 205 (متوسط 93)
اليونان	غير محدد	غير محدد	92
اليونان (سانتاموريس وآخرون، 2006)	27	68	غير محدد
اليونان (فاغيوديماودي، 10 مدارس ابتدائية)	8.64	71.18	79.82
اليونان (داسكالاكيوسيرمتزوجلو، 2010 - المنطقة(A	غير محدد	غير محدد	49.5
اليونان (داسكالاكيوسيرمتزوجلو، 2010 - المنطقة(B	غير محدد	غير محدد	57.1
اليونان (داسكالاكيوسيرمتزوجلو، 2010 - المنطقة(C	غير محدد	غير محدد	90.8

جدول 3:الاستهلاك السنوي لعدة مدارس في مناطق مختلفة

تمثل المدارس 13% من إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة، و4% في إسبانيا، و10% في المملكة المتحدة.(Katafygiotou and Serghides 2014)

10. الدراسات السابقة :

العنوان	تاريخ النشر	الهدف	نطاق الدراسة+المشروع المدروس	المنهجية	المتغيرات المدروسة	أدوات التحليل	الملاحظات المهمة	
دراسة استهلاك الطاقة في مباني المدارس الثانوية في هونغ كونغ (Chung and Yeung (2020	أغسطس 2020	تحليل استهلاك الطاقة مباني المدارس الثانوية في هونغ كونغ، مع التركيز على العوامل التي يمكن للإدارة المدرسية التحكم بها لتحسين كفاءة الطاقة.	تحليل بيانات استهلاك الطاقة لـــ 121 مدرسة ثانوية في هونغ كونغ، واستكشاف تأثير عوامل التصميم والسلوك الإداري على الكفاءة الطاقوية.	استبيانات، تحليل الانحدار الإحصائي (CNLS وBS) لتحديد العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة، ودراسة تأثير القرارات الإدارية على الكفاءة الطاقوية.	–عدد الفصول الدراسية والمرافق الخاصة –عدد الطوابق والمساحة الداخلية –عدد مكيفات الهواء من النوع المنفصل والنوافذ –نسبة استخدام إضاءة LED وأنظمة التحكم في الإضاءة –تأثير العزل الحراري للأبنية على تقليل استهلاك الطاقة	استبيانات، تحليل إحصائي للبيانات، برامج محاكاة الطاقة، تحليل بيانات الاستهلاك الفعلي للكهرباء في المدارس الثانوية.	–معظم المدارس تعتمد على مكيفات الهواء المنفصلة والمراوح السقفية بدلًا من أنظمة التبريد المركزية . –أنظمة الإضاءة تعتمد بشكل رئيسي على المصابيح الفلورية T5) و (T8مع استخدام محدود جداً لإضاءة LED. –المدارس لا تحتوي على مساكن داخلية أو مطاعم، مما يجعل الكهرباء المصدر الرئيسي لاستهلاك الطاقة.	متوسط استهلاك الطاقة السنوي للمدارس الثانوية هو 529,925 kWh، بينما يبلغ متوسط كثافة استهلاك الطاقة 105.61 kWh/m²/سنة . –تحسين كفاءة استخدام الطاقة يمكن تحقيقه من خلال استراتيجيات إدارية مثل استخدام المزيد من أنظمة الإضاءة LED وتحسين العزل الحراري . –المدارس التي تطبق سياسات إدارية صارمة في التحكم بالطاقة تحقق كفاءة أفضل في استهلاك الكهرباء.
استهلاك الطاقة في		تحليل استهلاك الطاقة في مباني المدارس عبر	مراجعة شاملة للأبحاث المنشورة حول استهلاك الطاقة في المدارس، مع	جمع وتحليل البيانات المنشورة حول استهلاك الطاقة في	–استهلاك الطاقة الإجمالي	مراجعة أدبيات، تحليل مقارن، استخدام بيانات	توجد اختلافات كبيرة بين القيم التصميمية والقيم الفعلية لاستهلاك الطاقة في المدارس	–تتطلب مقارنة استهلاك الطاقة بين المدارس تعديل البيانات وفقاً

المدارس – ورقة مراجعة		مراجعة الأدبيات العلمية، وتحديد معايير الأداء الطاقوي بناءً على البيانات المتاحة عالميًا.	التركيز على استهلاك الطاقة الحرارية والكهربائية والتكاليف السنوية.	المدارس عالميًا، مقارنة القيم وفقًا للمعايير المختلفة، دراسة الفروقات بين القيم المصممة والمستهلكة فعليًا.	–استهلاك التدفئة والتبريد –استهلاك الطاقة الكهربائية –تكاليف الطاقة لكل متر مربع أو لكل طالب	فواتير الطاقة المدرسية، تحليل مؤشرات الأداء الطاقوي.	بسبب سلوك المستخدمين والظروف البيئية. –المدارس تستهلك طاقة كبيرة للتدفئة والتبريد، ما يجعل تحسين كفاءة الطاقة أمرًا ضروريًا. –يمكن تحسين الأداء الطاقوي عبر تطبيق معايير الشهادات الطاقوية وتحليل معدلات استهلاك الطاقة بدقة.	للظروف المناخية ودرجة استخدام الطاقة. –المدارس في أوروبا تعتمد بشكل أكبر على معايير الشهادات الطاقوية، بينما تعتمد المدارس في أمريكا وكندا على استهلاك الطاقة لكل متر مربع أو لكل طالب. –يجب فصل استهلاك الكهرباء عن استهلاك التدفئة للحصول على بيانات أدق حول كفاءة الطاقة في المدارس.
تحسين أداء الطاقة في المدارس بمناخات مختلفة في تركيا *Aksin and) Arslan Selçuk (2021*	2021	تقليل استهلاك الطاقة في المدارس عبر تحسين التصميم السلبي	مقارنة مدرسة ابتدائية نموذجية في إسطنبول (معتدل) وأنقرة (بارد)	محاكاة أداء الطاقة وتحسين الاستهلاك عبر النمذجة البارامترية	نسبة النوافذ للجدران(WWR) ، مواد العزل، نوع الزجاج، سماكة العزل	Rhino + Grasshopper + Honeybee + EnergyPlus+ Galapagos نمذجة رقمية، محاكاة طاقوية، تحليل بارامتري	تحسين العزل والتوجيه ساعد في تقليل الاستهلاك ولكن بفارق محدود	تحسين الأداء الطاقوي بنسبة 5.05% في إسطنبول و4.09% في أنقرة، ويوصى باستخدام تحسين متعدد الأهداف

كفاءة الطاقة في المدارس الذكية باستخدام استراتيجية الطاقة المتجددة *Zamani) and Amiri (2024*	3أغسطس 2024	تحليل استراتيجيات كفاءة الطاقة في المدارس الذكية مع التركيز على دمج تقنيات الطاقة المتجددة.	مدرسة ذكية في مناخ صحراوي بالرياض، السعودية	استخدام المحاكاة البرمجية لدراسة الجدوى والأداء لنظام هجين للطاقة الشمسية.	استهلاك الطاقة السنوي، إنتاج الطاقة الشمسية، تأثير درجات الحرارة على كفاءة النظام.	Design Builder software, System Advisor Model (SAM)	تم تصميم النظام ليستهلك 75,385.63 كيلوواط/ساعة سنوياً، وتوليد 86,635 كيلوواط/ساعة باستخدام الطاقة الشمسية.	إمكانية الوصول إلى استهلاك طاقة صافي صفر باستخدام الألواح الشمسية ومجمعات المياه الساخنة.
دراسة استهلاك الطاقة في مرافق المدارس المتوسطة في دايغو، كوريا *Kim, Kang) (et al. 2019*	يوليو 2019	تقديم بيانات أساسية لتطوير استراتيجيات توفير الطاقة في المدارس المتوسطة.	مدينة دايجو، كوريا، مع التركيز على المدارس المتوسطة.	جمع وتحليل بيانات الاستهلاك الطاقي المرتبطة بالمساحة والمرافق والطلاب.	مساحة المرافق، عدد الفصول والطلاب، وأنواع أنظمة التدفئة والتبريد المستخدمة.	مقارنة استهلاك الطاقة لكل متر مربع وسنوات تحليلية متعددة.	يستهلك كل طالب ما بين 700 إلى 1800 كيلوواط/ساعة سنوياً، مع تباين في الاستهلاك بين المدارس.	استهلاك الطاقة يرتبط بحجم المدرسة وعدد الفصول الدراسية والطلاب. المدارس التي تستخدم مراوح بدلاً من مضخات الحرارة الكهربائية تستهلك طاقة أقل.
دراسة حالة: مدرسة Georgina Blach Intermediate School – تحسين الأداء الطاقوي	2016)كجزء من برنامج Proposition 39 Zero Net Energy	تحسين الأداء الطاقوي للمدرسة من خلال تجديد وتحديث المباني مع التركيز على توفير الطاقة، تحسين الراحة الحرارية،	إعادة تأهيل وتحديث مباني المدرسة التي بُنيت في 1958، 1962–63، و1978، وإضافة مبانٍ جديدة. تضمنت التحديثات تحسينات في التصميم البيئي، الإضاءة الطبيعية،	–اعتماد مبادئ التصميم عالي الأداء (CHPS). –استخدام الإضاءة الطبيعية والتهوية الطبيعية لتقليل استهلاك الطاقة.	–استهلاك الطاقة قبل وبعد التحديث –تأثير الإضاءة الطبيعية والتهوية على الأداء الحراري –كفاءة أنظمة التدفئة والتبريد	مراجعة تصاميم المبنى ومعايير الأداء الطاقوي –تحليل بيانات استهلاك الكهرباء والغاز –مقارنة الأداء مع المعايير الوطنية	–المشروع قلل استهلاك الطاقة بنسبة 45% مقارنة بالمبنى السابق. –استخدمت المدرسة تصميماً بسيطاً وفعالًا يقلل الاعتماد على أنظمة التكييف المعقدة. –الإضاءة الطبيعية عبر النوافذ العلوية حسّنت	–تحسين كفاءة الطاقة بنسبة 38% فوق معايير Title 24. –تنفيذ تصميم يعتمد على الإضاءة الطبيعية والتهوية ساهم في خفض استهلاك الطاقة وتحسين الراحة الحرارية.

والتصميم المستدام (Aksin and Arslan Selçuk (2021 | School Pilot)	وتقليل التأثير البيئي.	التهوية الطبيعية، وأنظمة HVACالفعالة.	-تركيب أنظمة تحكم بسيطة لتقليل التعقيد في التشغيل والصيانة. -تحليل أداء الطاقة مقارنةً بالمعايير (Title 24).	-تكاليف البناء والتشغيل والصيانة	لكفاءة الطاقة (Title 24)	الإضاءة داخل الصفوف الدراسية، مما أدى إلى خفض استهلاك الكهرباء. -المدرسة استغنت عن أنظمة التحكم الأوتوماتيكية للتهوية بسبب تكلفتها العالية وتعقيدها.	-نجاح المشروع دفع المنطقة التعليمية إلى اعتماد استراتيجيات مماثلة في مشاريع أخرى. -المشروع حصل على جوائز مثل Savings by Design Energy Efficiency Integration Award 2003.
تحليل استهلاك الطاقة للتدفئة في المدارس (Sinakovics , Zajacs et al. 2024)	2024)العدد 2 من المجلة اللاتفية للفيزياء والعلوم التقنية(	تحليل استهلاك الطاقة للتدفئة في مجموعة من المباني المدرسية، مع مقارنة القيم المتوقعة وفقًا لشهادات الأداء الطاقوي (EPC) مع القيم المقاسة الفعلية بعد تصحيحها بناءً على الظروف المناخية.	دراسة استهلاك الطاقة في 25 مدرسة في مدينة ريغا، مع التركيز على 20 مدرسة توفرت بياناتها الكاملة، من بينها 11 مدرسة لديها شهادات الأداء الطاقوي.	تم تحليل ثلاثة مجموعات بيانات: التوقعات من شهادات الأداء الطاقوي (EPC)، البيانات المقاسة من عدادات الحرارة، والبيانات المصححة مناخياً باستخدام طريقة Heating Degree Days (HDD).كما تم التحقق من صحة	-استهلاك الطاقة الفعلي والمُتوقع -تأثير العوامل المناخية على استهلاك التدفئة -الفجوة بين الأداء الطاقوي النظري والمُسجّل في الواقع -جودة الهواء الداخلي وتأثيرها على كفاءة استهلاك الطاقة	شهادات الأداء الطاقوي(EPC) ، بيانات عدادات الحرارة، تحليل تصحيحي بدرجات التدفئةHDD ، تحليل إحصائي وتمثيل بياني للنتائج.	-جميع المدارس استهلكت طاقة فعلية للتدفئة أعلى من القيم المدرجة في شهادات الأداء الطاقوي، مع فرق يبلغ 15% في المتوسط. -الفرق الأكبر سُجّل في المدرسة 23، حيث كان الاستهلاك الفعلي أعلى بنسبة 16% من المتوقع. -تحسين العزل الحراري وجودة الهواء الداخلي يمكن أن يساعد في تقليل استهلاك	-تعديل استهلاك الطاقة استناداً إلى الظروف المناخية يساعد في تقديم صورة أكثر دقة لكفاءة الطاقة في المدارس . -هناك حاجة إلى مزيد من التحسينات في تصميم المدارس وإدارتها لتحقيق استهلاك طاقوي أقرب إلى التوقعات النظرية . -يمكن تطبيق هذه المنهجية على المدارس في مختلف المناطق

				البيانات إحصائيًا وتمثيلها بصريًا.			الطاقة دون التأثير على راحة المستخدمين.	للمساعدة في وضع استراتيجيات لتحسين كفاءة الطاقة على المستويات الوطنية والإقليمية.
تحديد مدى فعالية نسب الكتلة وتوجيه المباني على الأداء الحراري في تبسة، الجزائر (Fezzai, Ahriz et al. 2019)	ديسمبر 2019	تقييم تأثير نسب الكتلة وتوجيه المباني على الأداء الحراري في مدينة تبسة، الجزائر.	دراسة الأشكال الهندسية المختلفة وتوجيهات المباني السكنية في تبسة.	تحليل عن طريق المحاكاة الرقمية باستخدام برنامج Autodesk ECOTECT، بالاعتماد على سيناريوهات قائمة على بيانات المناخ في تبسة.	-نسب أبعاد المبنى (نسبة العرض إلى الطول.(W/L -توجيه المبنى. -نسبة الكتلة إلى الحجم.(S/V) -ارتفاع المبنى.	Autodesk ECOTECT(برنامج محاكاة)، بيانات المناخ من تبسة، الجزائر	-التوجيه شمال-جنوب أكثر كفاءة في التبريد مقارنةً بالتوجيه شرق-غرب. -زيادة نسبة العرض إلى الطول تؤدي إلى تقليل الأحمال الحرارية الإجمالية. -ارتفاع المبنى يزيد بشكل كبير من استهلاك الطاقة (حتى 82.5%).	زيادة نسبة العرض إلى الطول (W/L) من 0.25 إلى 1 يقلل من الأحمال الحرارية بنسبة 39.6.% -التوجيه شمال-جنوب هو الأفضل من حيث تقليل استهلاك الطاقة. -زيادة ارتفاع المبنى ترفع بشكل ملحوظ الطلب على الطاقة.
تطوير تصميم مسجد لمناخ حار وجاف بناءً على رؤية بيومناخية شاملة (Ahriz, Mesloub et al. 2021)	يونيو 2021	تحسين الأداء الطاقوي للمساجد في المناخات الحارة والجافة باستخدام مبادئ التصميم البيومناخي	تحليل عناصر التصميم المعماري للمساجد وتأثيرها على الأداء الحراري والراحة الحرارية للمصلين.	تم تطبيق نهج محاكاة مستند إلى العمليات مع تحليل الحساسية لاختبار 86 سيناريو مختلف يعتمد على 10 عناصر معمارية.	-الشكل الهندسي للمسجد -الارتفاع والغطاء السقفي -وجود الفناء والممرات المغطاة -نسب الفتحات والمواد الإنشائية والألوان الخارجية	برنامج المحاكاة Autodesk Ecotect Analysis، بيانات المناخ لمنطقة الدراسة.	-المساجد تُعتبر من أكثر المباني استهلاكًا للطاقة بسبب متطلبات التبريد العالية . -يمكن تحسين الراحة الحرارية من خلال تطبيق مبادئ التصميم البيومناخي بدلاً من الاعتماد على الحلول التقنية فقط . -استخدام الألوان الفاتحة	-إدخال تغييرات في الشكل الهندسي والارتفاع والفتحات يمكن أن يحسن الأداء الحراري للمسجد بشكل ملحوظ . -إضافة فناء داخلي والممرات المغطاة يقلل من الأحمال الحرارية ويوفر تبريدًا طبيعيًا .

						والمواد العازلة يسهم في تقليل الحمل الحراري		–التصميم البيومناخي يمكن أن يقلل من استهلاك الطاقة ويوفر بيئة أكثر راحة للمصلين.
استهلاك الطاقة في المباني السكنية: مقارنة بين ثلاثة أنماط بناء مختلفة (Umbark, Alghoul et al. 2020)	مارس 2020	نمذجة، محاكاة، وتقدير استهلاك الطاقة الكهربائية في ثلاثة أنماط بناء سكنية مختلفة في ليبيا، مع مقارنة تأثير العوامل الاجتماعية والمعمارية على الاستهلاك الطاقوي.	تحليل ثلاثة أنواع من المباني السكنية في طرابلس (منزل طابق واحد، منزل دوبلكس، شقة)، من خلال تقييم استهلاك الطاقة السنوي باستخدام نمذجة مفصلة في برنامج EnergyPlus.	–اختيار أنماط المباني الأكثر شيوعاً في طرابلس. –جمع البيانات المتعلقة بالموقع، التوجيه، المواد، أنظمة الإضاءة والتكييف، وعدد السكان. –نمذجة المباني باستخدام SketchUp + OpenStudio ثم محاكاتها في EnergyPlus. – تحليل استهلاك الطاقة لكل نمط بناء وتحديد متوسط	–استهلاك الطاقة في التدفئة والتبريد –استهلاك الإضاءة والمعدات الكهربائية –استهلاك أنظمة تسخين المياه – تأثير نمط البناء وعدد الطوابق على استهلاك الطاقة	برنامج EnergyPlus لمحاكاة الأداء الطاقوي للمباني –تحليل إحصائي لمقارنة استهلاك الطاقة بين أنماط البناء المختلفة – بيانات استهلاك الطاقة الشهرية والسنوية	استهلاك الطاقة للتدفئة أقل بكثير من استهلاك التبريد، حيث أن الحمل التبريدي يزيد بخمس مرات عن الحمل التدفئي. –أنظمة تسخين المياه تستهلك ما يقارب 20% من إجمالي استهلاك الطاقة السنوي. –أعلى استهلاك للطاقة سُجّل في شهر يوليو، وأدنى استهلاك في أبريل ونوفمبر. – الشقق لديها أقل استهلاك طاقوي (10 kWh/m² لكل شخص)، تليها المنازل الدوبلكس (13 kWh/m² لكل شخص)، بينما تستهلك المنازل الطابقية المفردة أعلى طاقة (18 kWh/m² لكل شخص).	–استهلاك الطاقة في المباني السكنية يعتمد بشكل رئيسي على أنظمة التبريد، الإضاءة، وتسخين المياه، والتي تشكل 60% من إجمالي الاستهلاك. –الأجهزة الكهربائية تمثل 35% من إجمالي الاستهلاك السنوي، تاركةً 5% فقط لاستهلاك المراوح والمضخات. – يمكن استخدام نتائج الدراسة كمرجع مستقبلي لتقييم استراتيجيات توفير الطاقة في المناطق ذات الظروف المناخية المشابهة.

				الاستهلاك السنوي لكل متر مربع ولكل فرد.			
دراسة حالة حول الطاقة المتجددة وقضايا السياسات في مدرسة ريتشاردزفيل الابتدائية، كنتاكي (lyiegbuniw e 2014)	يناير 2014	تحليل كيفية تحقيق مدرسة ريتشاردزفيل الابتدائية في كنتاكي لمستوى "طاقة صفرية صافية" باستخدام استراتيجيات الطاقة المتجددة والتصميم المستدام.	دراسة المدرسة الابتدائية ريتشاردزفيل باعتبارها أول مدرسة عامة في الولايات المتحدة تحقق صفرية صافية في استهلاك الطاقة، وتحليل الميزات البيئية والبنائية المطبقة.	تحليل تقنيات الطاقة المتجددة المطبقة في المدرسة، مراجعة معاييرLEED ، دراسة استراتيجيات التصميم، والاعتماد على بيانات استهلاك وإنتاج الطاقة.	استراتيجيات التصميم البيئي -أنظمة الطاقة المتجددة المستخدمة -استهلاك وإنتاج الطاقة الكهربائية -تقنيات كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية	مراجعة بيانات الطاقة، تحليل استراتيجيات التصميم، تقييم نظام الطاقة الشمسية والجيولوجي، دراسة أثر التصميم على كفاءة الطاقة.	-تم تصميم المبنى ليكون موفراً للطاقة ومحققًا لمعايير LEEDالذهبية . -يعتمد على أنظمة الطاقة الشمسية والتدفئة الجيولوجية . -يستخدم استراتيجيات الإضاءة الطبيعية، إعادة التدوير، وتحسين جودة الهواء الداخلي . -يعتمد على المناهج الدراسية التفاعلية لتعزيز الوعي البيئي بين الطلاب	-تحقق المدرسة صفرية صافية في استهلاك الطاقة، حيث تنتج الطاقة الشمسية أكثر مما تستهلكه . -المدرسة تستخدم تقنيات متقدمة مثل الأنظمة الجيولوجية وأنظمة إدارة الطاقة الذكية . -المشروع يعتبر نموذجًا ناجحًا للمدارس البيئية، مع توفير سنوي في فواتير الكهرباء يصل إلى 182,500 دولار .

1.10 ملخص الدراسات:

تركزت الدراسات على تحسين كفاءة الطاقة والراحة الحرارية في المباني التعليمية والسكنية من خلال استراتيجيات تصميمية مثل العزل الحراري، التوجيه الأمثل، واستخدام مواد بناء عالية الكفاءة الطاقوية .وأظهرت النتائج أن تحقيق كفاءة الطاقة يتطلب نهجًا شاملاً، حيث يساهم التوجيه المناسب للمبنى في تعظيم الاستفادة من أشعة الشمس شتاءً وتقليل التعرض لها صيفًا، بينما يقلل العزل الحراري من فقدان الحرارة ويحسن جودة البيئة الداخلية .كما أن دمج مصادر الطاقة النظيفة، مثل الطاقة الشمسية، في أنظمة التدفئة والتبريد يعزز الاستدامة، يقلل الانبعاثات البيئية، ويؤدي إلى انخفاض كبير في استهلاك الطاقة، مما يحقق فوائد اقتصادية وبيئية طويلة الأمد.

2.10 التحليل النقدي للدراسات السابقة:

تكشف الدراسات السابقة عن جهود واسعة لتحسين كفاءة الطاقة والراحة الحرارية في المباني التعليمية والسكنية، حيث ركزت على **التصميم السلبي، العزل الحراري، التوجيه الأمثل، واستخدام المواد العازلة** .ومع ذلك، فإن العديد من هذه الدراسات تفتقر إلى **التطبيقات العملية في السياقات المحلية**، مثل **المناخ الجزائري**، مما يجعل تعميم نتائجها أمراً غير دقيق.

بالإضافة إلى ذلك، ركزت معظم الدراسات على **تحليل الأداء الطاقوي للمباني القائمة** دون تقديم حلول **تكيفية أو تكنولوجية متقدمة** مثل **دمج أنظمة الطاقة المتجددة** .كما أن **تأثير سلوك المستخدمين والإدارة المدرسية** على كفاءة الطاقة لم يتم تحليله بعمق، رغم أن الأبحاث تشير إلى أن **السياسات الإدارية الصارمة** يمكن أن تلعب دوراً مهماً في تقليل الاستهلاك الطاقوي.

وعلى الرغم من أن بعض الدراسات تناولت **الفرق بين القيم التصميمية والاستهلاك الفعلي**، إلا أنها لم تعالج **أسباب هذه الفجوة بدقة**، مثل **عوامل التشغيل، جودة العزل، وتغيرات المناخ** .كذلك، لم تتناول الأبحاث بشكل كافٍ **التحليل الاقتصادي لتقنيات كفاءة الطاقة**، مما يجعل من الصعب تقييم جدوى تنفيذ هذه الاستراتيجيات على نطاق واسع.

بناءً على هذه الملاحظات، فإن هناك حاجة إلى **دراسات أكثر تكاملًا تأخذ في الاعتبار الظروف المناخية المحلية، تأثير السياسات الإدارية، وجدوى دمج أنظمة الطاقة المتجددة في المدارس الجزائرية**، مما سيساهم في تطوير حلول أكثر استدامة وكفاءة.

3.10 الفجوة البحثية :

1. قلة الدراسات حول تأثير التصميم السلبي في المدارس الواقعة في تبسة
   - معظم الدراسات تركز على المناخات المعتدلة أو الباردة (مثل أوروبا، هونغ كونغ، أمريكا، تركيا)، بينما لم يتم تحليل كيفية تطبيق التصميم السلبي في المدارس الجزائرية لمواجهة التحديات المناخية.
2. عدم كفاية التحليل لمساهمة العزل، توجيه المبنى، ونسبة الفتحات في تقليل استهلاك الطاقة في المدارس
   - التصميم السلبي يشمل عدة استراتيجيات مثل التوجيه المثالي للمبنى، تحسين العزل الحراري، تقليل نسبة النوافذ المواجهة للشمس المباشرة، واستخدام التهوية الطبيعية .لم يتم دراسة مدى تأثير كل من هذه العوامل بشكل متكامل في المدارس الثانوية في تبسة.
3. الفرق بين الأداء التصميمي النظري والبيانات الفعلية لاستهلاك الطاقة في المدارس الثانوية
   - أغلب الدراسات تعتمد على نماذج محاكاة فقط، دون التحقق من النتائج ميدانياً. هناك حاجة لمقارنة استهلاك الطاقة المتوقع باستخدام برامج المحاكاة (مثل EnergyPlus, Rhino + Grasshopper + Honeybee) مع البيانات الفعلية للمدارس في تبسة، إن أمكن.
4. عدم وجود دراسات تربط بين التصميم السلبي والراحة الحرارية للطلاب في المدارس الثانوية
   - تحسين كفاءة الطاقة لا يجب أن يكون على حساب راحة المستخدمين. من الضروري تحليل كيف يمكن للتصميم السلبي أن يقلل من استهلاك الطاقة مع الحفاظ على راحة الطلاب، خاصة في الفصول الدراسية أثناء الصيف حيث تكون درجات الحرارة مرتفعة جداً.
5. غياب دراسات مقارنة بين المدارس ذات التصميم التقليدي والمدارس المطورة باستخدام استراتيجيات التصميم السلبي في ولاية تبسة
   - يمكن أن تكون هناك مدارس قديمة ذات تصميم غير فعال طاقوياً، ومدارس حديثة تستفيد من بعض المبادئ السلبية. دراسة مقارنة بين أداء المدارس التقليدية والمدارس المصممة وفق معايير التصميم السلبي ستساهم في تقديم حلول واقعية وفعالة.

الخاتمة:

يُمثل التصميم المعماري للمدارس عاملاً حاسماً في تحقيق جودة التعليم، حيث يؤثر بشكل مباشر على كفاءة استهلاك الطاقة، الراحة الحرارية للطلاب والمعلمين، والفعالية الوظيفية للفراغات التعليمية. ومن خلال هذا الفصل، تبيَّن أن المدارس الثانوية في ولاية تبسة تعتمد في غالبيتها على تصاميم تقليدية، تهيمن عليها الأنماط الخطية والمغلقة، مع محدودية في تطبيق استراتيجيات التصميم المستدام التي تراعي الظروف المناخية للمنطقة .

كما أظهرت الدراسات السابقة أن تحسين الأداء الطاقوي في المباني المدرسية ممكن من خلال تطبيق مبادئ التصميم السلبي، مثل التوجيه الأمثل للمباني، تحسين العزل الحراري، الاستفادة من الإضاءة والتهوية الطبيعية، واختيار مواد بناء مناسبة. ومع ذلك، تبقى هناك فجوة بحثية واضحة في دراسة تأثير هذه الاستراتيجيات في السياق الجزائري، وخاصة في المناطق ذات المناخ الحار والجاف مثل تبسة، حيث لا تزال العديد من المدارس تعاني من ارتفاع استهلاك الطاقة وضعف الراحة الحرارية .

لذا، فإن هذه الدراسة تسعى إلى سد هذه الفجوة من خلال تحليل واقع التصميم الحالي للمدارس الثانوية في تبسة، وتقييم إمكانية تطبيق حلول تصميمية مستدامة تعتمد على الظروف المناخية المحلية. كما تهدف إلى تقديم توصيات عملية يمكن أن تساهم في تحسين كفاءة الطاقة وجودة البيئة التعليمية، مما ينعكس إيجاباً على أداء الطلاب واستدامة المنشآت التعليمية على المدى البعيد .

وفي الختام، يمكن القول إن تطوير البنية التحتية للمدارس وفقاً لمعايير التصميم المستدام ليس خياراً فحسب، بل ضرورة ملحة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية الراهنة. ومن شأن تبني مثل هذه النهج أن يُسهم في خلق بيئات تعليمية أكثر ملاءمة، تحقق التوازن بين الكفاءة الطاقوية، الراحة الحرارية، والجودة الوظيفية، مما يخدم العملية التعليمية برمتها.

الفصل الثالث: المحاكاة الرقمية وتفسير النتائج

مقدمة:

مع التطور المستمر في تقنيات البناء والاستدامة، أصبحت **المحاكاة الرقمية** أداة أساسية في **تحليل وتحسين الأداء الطاقوي** للمباني. تتيح هذه التقنية للمهندسين المعماريين والباحثين **تقييم تأثير العوامل التصميمية** على استهلاك الطاقة قبل التنفيذ الفعلي، مما يسهم في تحسين كفاءة المباني وتقليل استهلاك الطاقة والتكاليف التشغيلية.

في هذا الفصل، سيتم التطرق إلى **برمجيات المحاكاة** المستخدمة في تحليل أداء المباني، مع توضيح **المعايير المعتمدة لاختيار البرنامج المناسب** وفقًا لاحتياجات الدراسة. سيتم أيضًا شرح **بروتوكول المحاكاة** الذي يشمل خطوات جمع البيانات، إعداد النموذج، تشغيل المحاكاة، ثم تحليل النتائج. وأخيراً، سيتم استعراض **طرق تحليل البيانات المستخرجة** لتقييم الأداء الطاقوي واقتراح **استراتيجيات تحسين التصميم** بناءً على النتائج.

يهدف هذا الفصل إلى تقديم **منهجية واضحة ومفصلة** حول كيفية استخدام المحاكاة الرقمية في دراسة كفاءة الطاقة، مما يساعد في تطوير حلول تصميمية أكثر استدامة وفعالية في المباني التعليمية.

1. منهجيات البحث في دراسة كفاءة الطاقة:

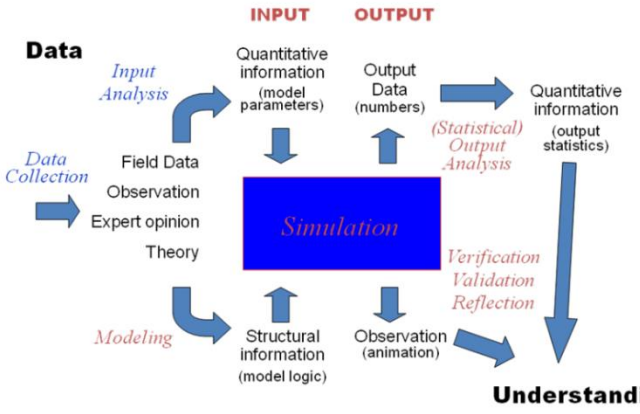
بعدما تم التطرق الى الدراسات السابقات و تحليلها وجدنا العديد من المنهجيات المستخدمة في تحليل الأداء الطاقوي في المباني نذكر منها :

- الاستبيانات(Questionnaires)
- تحليل الانحدار الإحصائي (StatisticalRegressionAnalysis – BS وCNLS
- تحليل البيانات المنشورة(Data Review and Analysis)
- مقارنة بين بيانات التصميم والاستهلاك الفعلي
- المحاكاة الرقمية(Simulation numérique)
- النمذجة البارامترية(Parametric Modeling)
- تحليل الحساسية(SensitivityAnalysis)
- تحليل بيانات استهلاك فعلية(Measured Data Analysis)

من خلال مراجعة الدراســـات الســـابقة، لاحظنا أن أغلب الباحثين في مجال كفاءة الطاقة في المباني التعليمية اتجهوا إلى اســـتخدام المحاكاة الرقمية. الســـبب في ذلك يعود إلى الإيجابيات الكبيرة التي تقدمها هذه الطريقة، مثل دقة النتائج، وإمكانية تجربة عدة سيناريوهات تصميمية دون الحاجة للتجربة الواقعية، مما يوفر الوقت والجهد والتكاليف. وهذا ما يجعلها أداة فعالة وموثوقة في هذا النوع من الدراسات.

2. المفاهيم الأساسية في المحاكاة الرقمية:

"المحاكاة هي عملية إجراء تجارب باستخدام نموذج. يتقمص سلوك النموذج بعض الجوانب البارزة من سلوك النظام قيد الدراسة، ويقوم المستخدم بالتجربة على النموذج لاستنتاج هذا السلوك. لقد أثبت هذا الإطار العام فعاليته كأداة مساعدة قوية في التعلم، وحل المشكلات" *Crawley, Hand et al. 2008)*



صورة 19:آلية عمل المحاكاة المصدر:(Crawley, Hand et al. 2008)

العنصر	التحليل البارامتري (Analyseparamétrique)	المحاكاة الرقمية (Simula-tion numérique)
الغرض	دراسة تأثير تغيّر العناصر التصميمية على الأداء الطاقوي	تقييم أداء تصميم معين في ظروف محددة
عدد النماذج	عدة نماذج يتم فيها تغيير متغيرات معينة	نموذج واحد أو تصميم ثابت
المتغيرات	متغيرات يتم تعديلها (نوع الزجاج، التوجيه، العزل...)	ثوابت أثناء المحاكاة (نوافذ، مواد، توجيه...)
النتائج	مقارنة بين النتائج لاستخلاص السيناريو الأفضل	نتائج مفصلة لأداء المبنى (استهلاك، حرارة، إضاءة...)
الهدف النهائي	تحسين التصميم باتخاذ قرارات مستنيرة	فهم الأداء الطاقوي لتصميم معين
الأدوات المستخدمة	نفس أدوات المحاكاة + أدوات للتحكم في المتغيرات مثل Grasshopper + Honey-bee	EnergyPlus ،Design-Builder ،Ecotect...

جدول4:الفرق بين المحاكاة الرقمية و التحليل البارامتري المصدر:(الطالبة)

3. أدوات وبرمجيات المحاكاة الرقمية:

تم التطرق أيضا الى الدراسة البحثية (Crawley, Hand et al. 2008)التي أدرجت فيها اغلب برامج المحاكاة الرقمية

1.3 مقارنة لبرامج المحاكاة الطاقوية :

تهدف هذه الدراسة إلى إجراء تقييم مقارن بين عدد من برامج المحاكاة الطاقوية، وذلك اعتماداً على نتائج دراسات سابقة تناولت استخدام هذه الأدوات

البرنامج	البرامج المتوافقة	التكلفة	دعم النماذج ثلاثية الأبعاد	الدقة في محاكاة الطاقة	الميزات التفصيلية
EnergyPlus	OpenStudio, DesignBuilder, Rhino + Hon–eybee	مجاني	ولكن يمكن دمجه Dلا يحتوي على واجهة نمذجة 3 مع SketchUp/OpenStudio	دقيق جداً	تحليل ديناميكي للطاقة، تدفق الهواء، حمل التدفئة والتبريد
DesignBuilder	EnergyPlus, AutoCAD, SketchUp	مدفوع (نسخة تجريبية متاحة)	نعم، يدعم النماذج ثلاثية الأبعاد مباشرة	دقيق، يعتمد علىEnergyPlus	واجهة رسومية، تحليل شامل للطاقة والراحة الحرارية
Autodesk Ecotect	Revit, Auto–CAD, 3ds Max	لم يعد مدعوماً رسمياً	Autodesk نعم، يدعم نمذجة ثلاثية الأبعاد مع Revit	دقيق جداً مع دعم لمعايير المباني الخضراء	تحليل بيئي شامل، تقييم تأثير الإضاءة والتظليل

Rhino + Grass–hopper + Honey–bee	EnergyPlus, OpenStudio, Ladybug	– (Rhino) مدفوع الإضافات مجانية	في النمذجة ثلاثية الأبعاد Rhino نعم، يعتمد على	دقيق في تحليل الطاقة والإضاءة	نمذجة متقدمة، تحليل الطاقة
IES–VE	Revit, SketchUp, AutoCAD	مدفوع	يوفر نماذج ثلاثية الأبعاد متقدمة		، تقييم أداء CFD تحليل الطاقة، تحليل الراحة الحرارية
OpenStudio	SketchUp, Revit, Ener–gyPlus	مجاني	نعم، يدعم SketchUp وRevit		محاكاة الطاقة، تهوية طبيعية، تحليل النوافذ والتظليل

جدول5: مقارنة بين برامج المحاكاة المصدر:(الطالبة)

2.3 أسباب اختيار Rhino + Grasshopper لمحاكاة الطاقة:

بناءً على البحث في الدراسات السابقة ومقارنة البرامج المستخدمة في المحاكاة، اخترنا العمل على منصة **Grasshopper**للأسباب التالية:

- بناءً على احتياجات الدراسة (المدخلات ,المخرجات)
- توفر إصدارات تعليمية لهذا البرنامج.
- التوجيه والنصائح المقدمة من المشرفين وأيضا تم توضيح المعايير في الجدول التالي :

المعيار	سبب الاختيار
التكامل مع النمذجة ثلاثية الأبعاد	Rhinoيوفر بيئة مرنة لتصميم النماذج ثلاثية الأبعاد، مما يسهل دراسة الشكل الهندسي للمباني وتحليل تأثيره على الأداء الطاقوي.
إمكانية التخصيص والبرمجة البارامترية	Grasshopperيسمح بإنشاء تصاميم ديناميكية وتحليلات متغيرة بسهولة، مما يساعد في اختبار سيناريوهات مختلفة دون الحاجة إلى إعادة النمذجة يدوياً.
تحليل متقدم للطاقة والإضاءة الطبيعية	Honeybeeو Ladybugيتيحان تحليلًا دقيقًا لتأثير الإضاءة الطبيعية والتهوية والطاقة الشمسية على استهلاك المبنى للطاقة.
الدقة والارتباط بـــEnergyPlusوRadiance	يدعم Honeybee التكامل معEnergyPlusوRadiance، مما يسمح بإجراء محاكاة دقيقة للراحة الحرارية واستهلاك الطاقة والإضاءة.
محاكاة تأثير التوجيه وأبعاد النوافذ	يمكنك بسهولة اختبار تأثير توجيه الفصول الدراسية وأحجام النوافذ على أداء الطاقة باستخدام أدوات تحليل متقدمة.
دراسة تأثير المواد والبناء	Grasshopperيسمحان بإجراء تجارب على أنواع مختلفة من مواد البناء وتحليل تأثيرها على العزل الحراري واستهلاك الطاقة.
مجاني ومفتوح المصدر) مع Rhinoالمدفوع(	Ladybugو Honeybeeأدوات مجانية، ولكن Rhino يتطلب ترخيصاً، ومع ذلك، فهو استثمار مهم لطلاب الهندسة المعمارية

جدول6:معايير اختيار برنامج RHINO 7 للمحاكاة المصدر:(الطالبة)

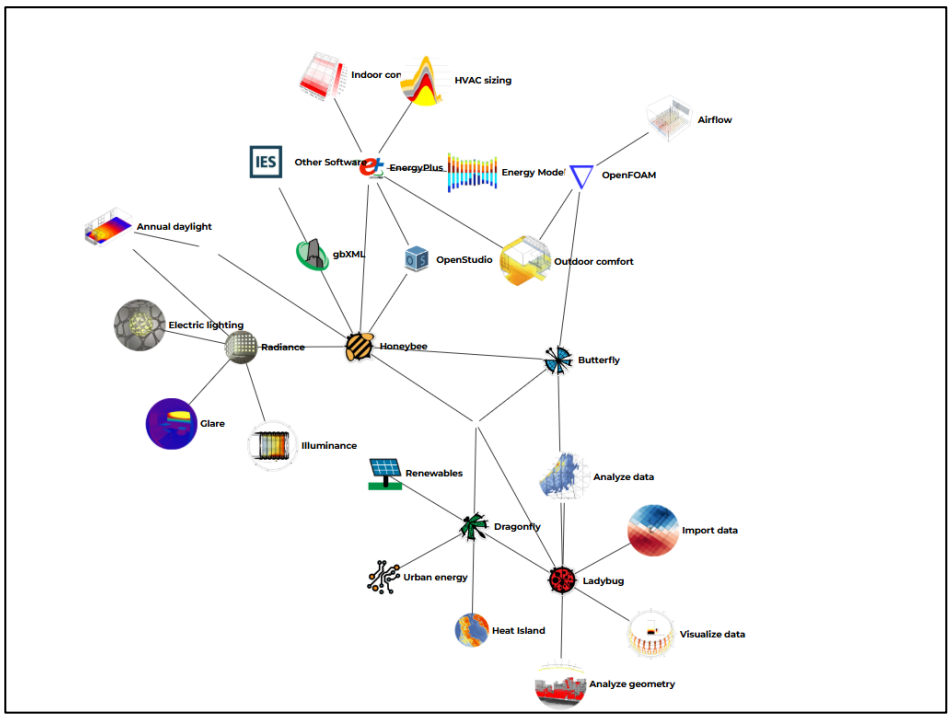
3.3 تعريف للبرنامج المستخدم وملحقاته:

- **برنامجRhinoceros** :

"برنامجRhinoceros ، أو كما يُعرف اختصاراً بـــRhino ، هو برنامج تصميم ثلاثي الأبعاد قوي ومرن يُستخدم على نطاق واسع في مختلف الصناعات. يتميز Rhino بمجموعة واسعة من الأدوات والوظائف التي تلبي احتياجات المصممين والمهندسين والفنانين على حد سواء"المصدر (Associates 2024)

- ***Grasshopper***هو واجهة برمجة مرئية تُستخدم مع برنامج النمذجة ثلاثية الأبعاد **Rhinoceros**يعتمد Rhino على منحنيات **NURBS**(السبلاين العقلاني غير المنتظم) لنمذجة الأشكال الهندسية بدقة رياضية.

من خلال البرمجة المرئية، يمكن توليد الأشكال الهندسية بطريقة **خوارزمية** عن طريق إنشاء مخططات تربط البيانات بالوظائف. تسمح هذه المقاربة الخوارزمية للمصممين بإنشاء **أشكال معقدة** وتوليد **تصاميم بديلة بسرعة.**



صورة 20:ادوات LADYBUG المصدر https://www.ladybug.tools/1

- **Ladybug Tools**هي مجموعة من التطبيقات المجانية التي تدعم **التصميم البيئي** والتعليم في هذا المجال.

من بين جميع برامج التصميم البيئي المتوفرة، تُعد Ladybug Tools من **أشمل الأدوات**، حيث تربط بين **واجهات التصميم الثلاثي الأبعاد بمساعدة الحاسوب(CAD)** ومجموعة من **محركات المحاكاة المعتمدة** والمُوثَّقة.

Ladybugتقوم بتحليل مفصل لبيانات المناخ لإنتاج **تصورات تفاعلية ومخصصة** تساعد في اتخاذ قرارات تصميمية مستنيرة بيئياً(Tools).

- **Honeybee** تقوم بإنشاء وتشغيل وعرض **محاكاة الإضاءة الطبيعية** باستخدام برنامج **Radiance**، كما تُنشئ نماذج **للطاقة** باستخدام **OpenStudio** و **EnergyPlus**

4. بروتوكول المحاكاة

1.4 الطريقة المتبعة:

تم اعتماد منهجية **OVAT (One Variable At a Time)**، أي تغيير متغير واحد فقط في كل تجربة بينما تبقى باقي المتغيرات ثابتة.

وهذا بهدف دراسة التأثير الدقيق لكل عامل على استهلاك الطاقة بشكل مستقل، مما يسمح بفهم أعمق لتأثيرات التوجيه، العزل، وتوزيع الفصول.

2.4 تحديد هدف المحاكاة:

تحليل استهلاك الطاقة في الفصول الدراسية وفقًا لـــ:

- **تركيبها :**
  - فصل منفصل.....
  - فصلان متجاوران.....
  - فصول متراكبة (طابقين أو أكثر).....
- **تأثير التوجيه** (الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) على استهلاك التدفئة والتبريد.
- **تقييم تأثير المواد** (مثل العزل الحراري) على الأداء الطاقوي.

3.4 البرامج والأدوات المستخدمة:

- **Rhinoceros 3D** إعداد النماذج ثلاثية الأبعاد للفصول الدراسية.
- **Grasshopper** واجهة برمجة مرئية لتحليل البيانات والمعلمات.
- **Ladybug** لتحليل المناخ وتوفير بيانات الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة.
- **Honeybee** لربط النماذج بمحركات المحاكاة وتنفيذ حسابات الطاقة.
- **EnergyPlus + OpenStudio** لمحاكاة استهلاك الطاقة وتحليل الأداء الحراري بدقة.

4.4 مراحل العمل:

1.4.4 إعداد النموذج الهندسي فيRhino

- تصميم نماذج ثلاثية الأبعاد لكل سيناريو (منفصل، متجاور، متراكب).
- إدراج الفتحات (نوافذ، أبواب) وفقًا للمعايير المعمارية.
- تصدير النماذج إلىGrasshopper

2.4.4 ضبط معايير المحاكاة فيGrasshopper

الثوابت:(Constants)

❖ **بيانات المناخ:**

استخدام ملف EPW ثابت لولاية تبسة يُضمن أن الظروف المناخية (درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، الرطوبة) تبقى كما هي في جميع التجارب.

❖ **أبعاد النموذج الأساسي:**

حجم المبنى أو الفصول الدراسية والتصميم الهندسي الأساسي الذي يتم إنشاؤه في برنامج **Rhino**، بحيث تبقى أبعاد الفصل ، الفتحات (النوافذ والأبواب).

❖ **خصائص المواد الأساسية (غير المتغيرة):**

خصائص المواد التي لا يتم اختبارها في التجربة الحالية، مثل المواد المستخدمة في الجدران أو الأرضيات

❖ **معايير وأدوات المحاكاة:**

استخدام نفس الأدوات والبرامج (Grasshopper, Honeybee, Ladybug, EnergyPlus, OpenStudio)والإعدادات الافتراضية للمحاكاة

❖ **عدد المستخدمين وأوقات التشغيل:**

عدد مستخدمي القسم ثابت خلال التجارب(30تلميذ)

أوقات التشغيل محددة من الساعة 8:00 صباحًا إلى 17:30 مساءً خلال أيام الدراسة (من الأحد إلى الخميس).

❖ **فترة الدراسة الثابتة:**

فترة الدراسة من شهر سبتمبر إلى شهر جوان تبقى ثابتة عند تقييم استهلاك الطاقة وفق الجدول الزمني للمبنى.

المتغيرات:(Variables)

❖ **توزيع الفصول الدراسية:**

تصميم النموذج وفق توزيع مختلف للفصول:

- فصل منفصل.
- فصلان متجاوران.
- فصول متراكبة (طابقين أو أكثر).

❖ **التوجيه:(Orientation)**

تغيير اتجاه النماذج (الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) لدراسة تأثير التوجيه على استهلاك الطاقة (من حيث التدفئة والتبريد).

❖ **خصائص المواد (العزل):**

تغيير خصائص مواد العزل لتقييم تأثيرها على الكفاءة الطاقوية. مثلاً:

استخدام مواد عزل مختلفة أو تغيير سماكة العزل.

❖ **تشغيل المحاكاة وتحليل النتائج**

- تنفيذ المحاكاة باستخدام **EnergyPlus** عبر Honeybee
- تحليل استهلاك الطاقة لكل سيناريو (OVAT) .

5.4 خطوات تطبيق OVAT في الدراسة:

1.5.4 تحديد المتغير الأساسي (التركيب أو توزيع الفصول):

الهدف: دراسة توزيع الفصول الدراسية من حيث التركيب (فصل منفصل، فصول متجاورة، فصول متراكبة) وتحديد التركيبة المثلى لأفضل كفاءة طاقية.

الإجراء:

- إعداد نموذج مبدئي في Rhino يحتوي على تصميم ثابت لجميع المتغيرات الأخرى (التوجيه، العزل، بيانات المناخ، عدد المستخدمين، أوقات التشغيل، وفترة الدراسة).
- تغيير توزيع الفصول بمختلف السيناريوهات المذكورة (مع بقاء التوجيه والعزل ثابتين).
- تشغيل المحاكاة باستخدامEnergyPlusوOpenStudioلتحليل استهلاك الطاقة في كل سيناريو.
- اختيار أفضل تركيبة من حيث تقليل استهلاك الطاقة.

2.5.4 تثبيت أفضل تركيب وتغيير التوجيه:

الهدف:بعد تحديد أفضل توزيع (تركيب) للفصول، يتم اختبار تأثير التوجيه (الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) على الأداء الطاقوي.

الإجراء:

- تثبيت التركيبة التي تبين أنها الأمثل.
- تغيير توجيه النموذج فقط (مع بقاء قيم التركيب والعزل ثابتة والإبقاء على باقي الثوابت مثل بيانات المناخ وعدد المستخدمين وأوقات التشغيل).
- تشغيل المحاكاة لكل توجيه مختلف ومقارنة النتائج.
- اختيار التوجيه الذي يساهم في تحسين الأداء الطاقوي (أي تقليل استهلاك الطاقة).

3.5.4 تثبيت أفضل توجيه وتغيير خصائص العزل:

الهدف:بعد تحديد تركيبة الفصل والتوجيه الأمثلين، تتم دراسة تأثير خصائص العزل المختلفة لتحسين الكفاءة الحرارية.

الإجراء:

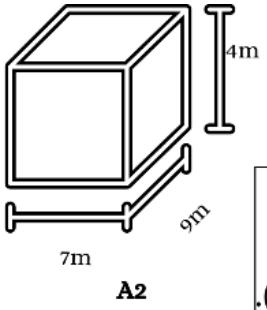
تثبيت أفضل تركيب وتوجيه تم الحصول عليهما من الخطوتين السابقتين.

تغيير متغير العزل (مثلاً: نوع المادة العازلة أو سماكتها) فقط، مع بقاء باقي المعايير ثابتة.

- إجراء سلسلة من المحاكاة لكل حالة عزل.
- تحليل النتائج لتحديد نظام العزل الذي يقلل بشكل فعال فقدان الطاقة.

4.5.4 .استخراج النتائج والتوصيات:

- تحديد التوزيع الأمثل للفصول من حيث الكفاءة الطاقوية.
- اختيار أفضل توجيه بناءً على استهلاك الطاقة.
- اقتراح المواد الأكثر فعالية في تقليل الفاقد الحراري.



المدخلات:

الثوابت:

- **البيانات الهندسية**
- **البيانات المناخية**
  - أبعاد الفصل الدراسي (الطول × العرض × الارتفاع). (7/9/4)
  - موقع الأبواب والنوافذ واتجاهها.

📌 موقع الدراسة:
البلدية: بولحاف – تبسة – الجزائر
المنطقة المناخية: BSK

- **البيانات التشغيلية**
  - عدد الطلاب والمعلمين داخل الفصل (30)
  - أوقات تشغيل الأجهزة (إضاءة، تكييف، حواسيب،
  - عدد ساعات الإشغال اليومية(8_17:30)
- **غلاف المبنى**
  - مواد البناء (الجدران، السقف، الأرضية، النوافذ)



المخرجات:

الاستهلاك الكلي للطاقة (kWh/m² per year). في الفترة من شهر سبتمبر الى جوان
خلال ساعات العمل من 8 -17:30
خلال ايام الاسبوع (الاحد - الخميس)

- تحليل التدفئة
- التبريد

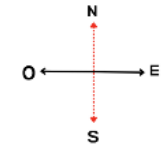
السيناريوهات

نمط القسم

- 21 سيناريو — القسم الاصفر هو المدروس في كل سيناريو
- 21 سيناريو — كل الاقسام مدروسة في كل سيناريو

اختيار افضل نمط

الاتجاه



اختيار افضل اتجاه

مواد البناء

- بدون عازل
- باستخدام عازل

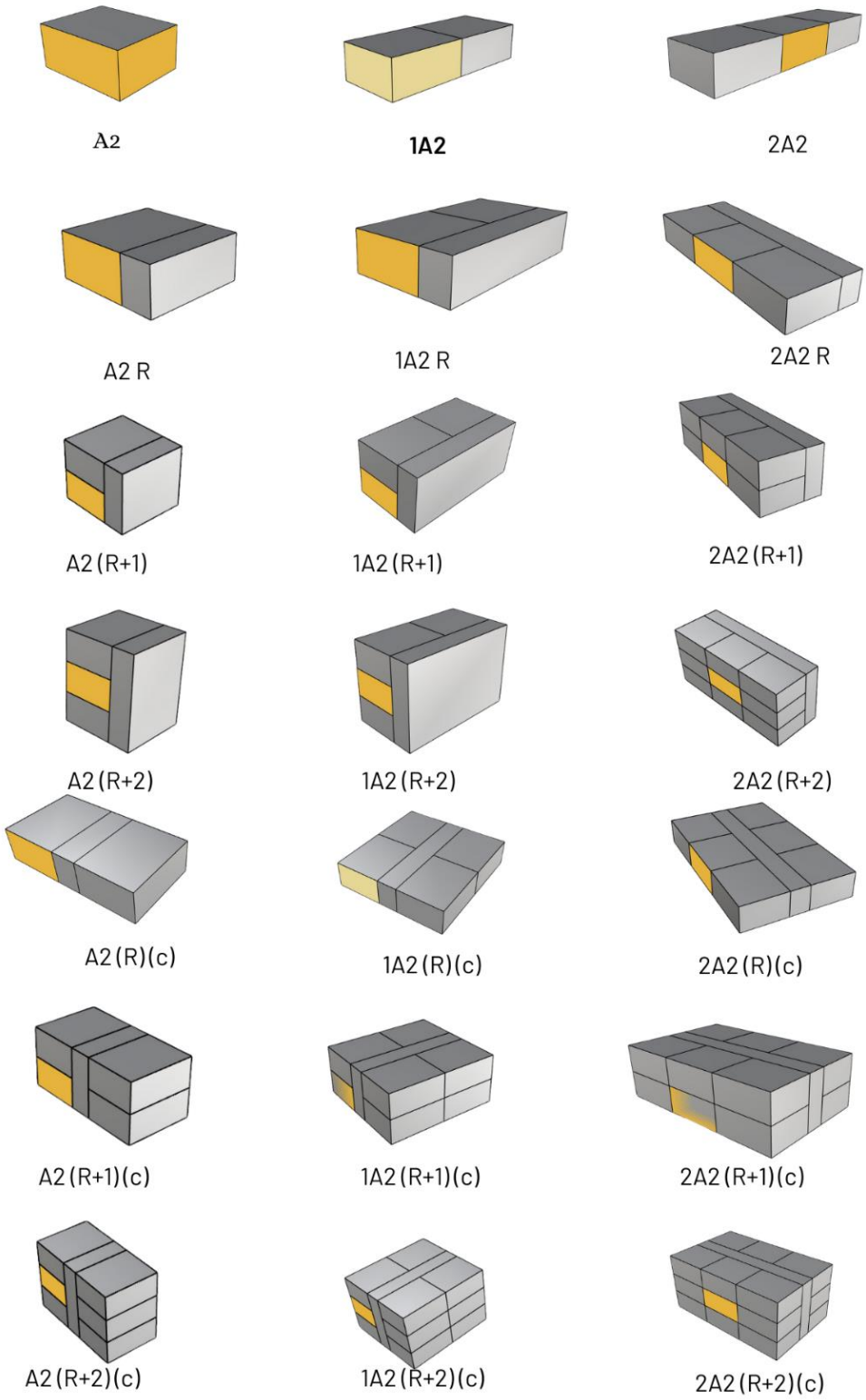
المتغيرات:

- توزيع الفصول الدراسية (معامل الشكل)
- التوجيه (Orientation)
- مواد العزل

صورة 21: بروتوكول المحاكاة المصدر: (الطالبة)

5. تشفير السيناريوهات:

كل وحدة صفراء تمثل القسم المدروس، بينما الوحدات الرمادية تمثل باقي الأقسام



صورة 22 : تشفير السيناريوهات المصدر: (الطالبة)

6. مخطط سير العمل لمحاكاة الأداء الطاقوي :

تم استخدام بيئة Grasshopperمرفقة بإضافات Ladybug Tools، خاصة Honeybee، من أجل محاكاة الأداء الطاقوي للأقسام الدراسية. الشكل التالي يوضح مخطط سير العمل المعتمد، والذي يشمل مجموعة من المكونات المترابطة التي تمثل جميع مراحل الإعداد، من إدخال المعطيات إلى تحليل النتائج.

❖ إدخال نموذج الفصل الدراسي(Class Geometry)

تم أولاً إدخال المجسمات الهندسية الممثلة للأقسام الدراسية على شكل كتل مغلقة(ClosedBreps) ، وتم تجميعها باستخدام مكون "HB Room from Solid" لتعريفها كفراغات حرارية قابلة للمحاكاة ..

❖ تعريف البرنامج الوظيفي(Programme)

تم تحديد نوع الاستخدام الخاص بالمبنى (مدرسة) من خلال ربط النموذج بمكون "HB Apply Program"، وهو ما يسمح بإسناد جداول التشغيل الخاصة بالاستخدامات اليومية للفصول الدراسية (مثل الإنارة، التهوية، المعدات...).

❖ تحميل البيانات المناخية(EPW File)

تم تحميل ملف الطقس (epw.) الخاص بمدينة تبسة من منصةclimate.onebuilding.org ، وهو يحتوي على بيانات مناخية سنوية (درجة الحرارة، الرطوبة، الإشعاع الشمسي...) تُستخدم في إعداد المحاكاة وفقًا للظروف الحقيقية للموقع.

❖ إعداد المواد والإنشاءات(Construction Materials)

تم إنشاء تركيبات المواد (الطبقات) المكونة لعناصر البناء (الجدران، الأسقف، الأرضيات، النوافذ...)، حيث تم تعريف الخصائص الفيزيائية (الموصلية الحرارية، السماكة، الكثافة...) باستخدام مكونات.Honeybee

❖ إعداد التركيبات(Create Constructions)

بعد تعريف المواد، تم تجميعها ضمن عناصر إنشائية محددة، مثل الجدار الخارجي أو الزجاج، باستخدام مكونات"HB Create Construction Set" ، ليتم لاحقًا ربطها بالفصول الدراسية.

❖ **إعداد معايير المحاكاة(Simulation Parameters)**

تم تحديد معلمات المحاكاة من خلال مكونات"HB Simulation Parameters" ، حيث تم اختيار نوع الدراسة (سنوية/شهرية) وتحديد عدد الخطوات الزمنية اليومية(Timesteps) ، بالإضافة إلى تحديد نوع النتائج المطلوبة.

❖ **تشغيل المحاكاة(Run Simulation)**

تم جمع جميع المعطيات السابقة (المجسمات، البرنامج الوظيفي، الإنشاءات، ملف الطقس، الإعدادات) داخل مكون"HB Model to OSM" ، ثم إرسال النموذج إلى محرك المحاكاة (EnergyPlus) عبر مكون."HB Run Energy Simulation"

❖ **استيراد النتائج(Import Results)**

بعد الانتهاء من المحاكاة، تم استخدام مكون "HB Read Result" لتحليل نتائج استهلاك الطاقة لكل فراغ.

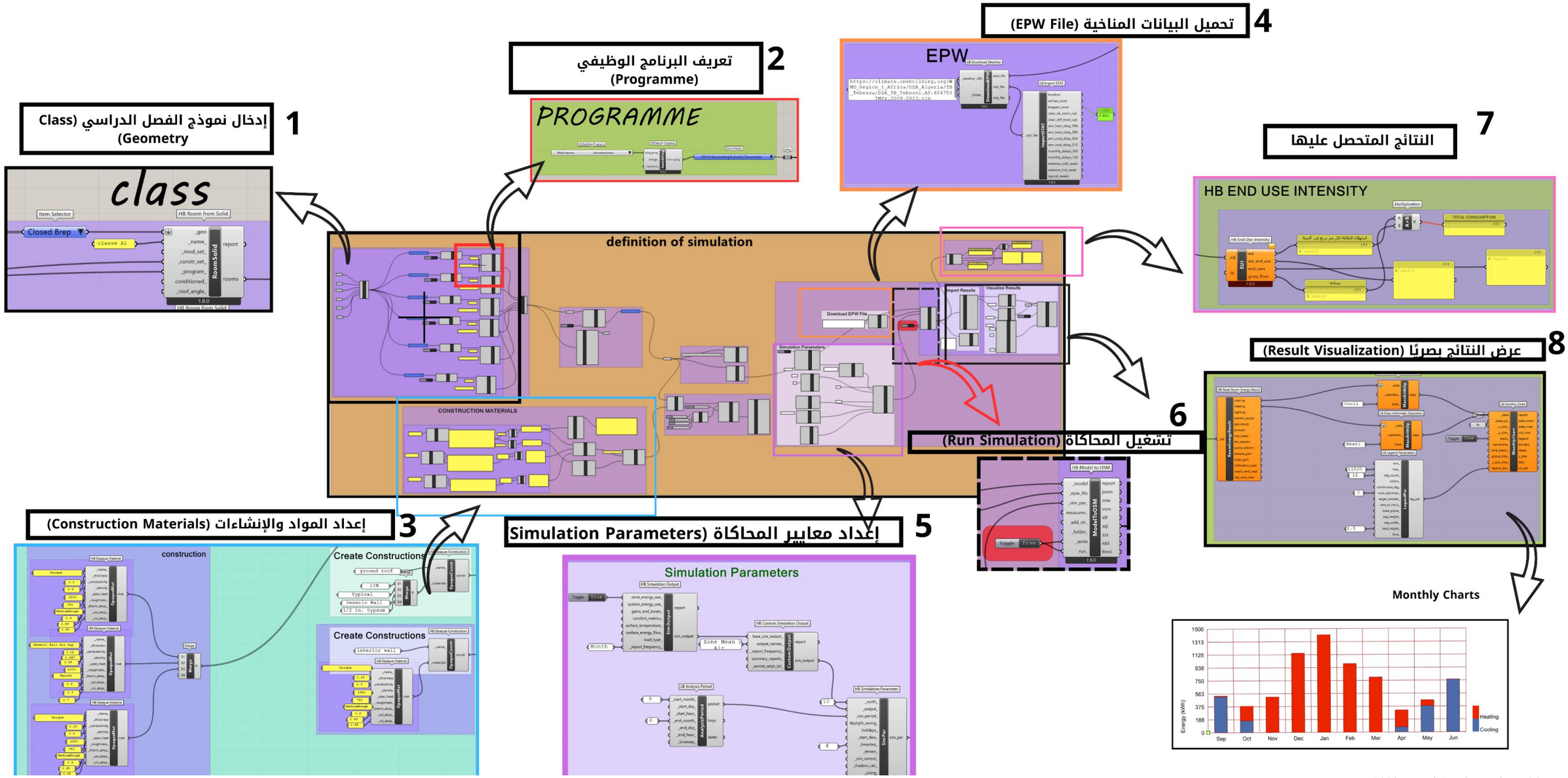
❖ **تحليل شدة استهلاك الطاقة(End Use Intensity)**

تم استخدام مكون "HB End Use Intensity" لعرض استهلاك الطاقة لكل استعمال (تدفئة، تبريد، إنارة، أجهزة...) بشكل مفصل، وهو ما يسمح بتقييم أداء القسم الدراسي من الناحية الطاقوية.

❖ **عرض النتائج بصرياً(ResultVisualization)**

أخيراً، تم تحويل النتائج إلى رسوم بيانية عبر مكونات "HB Monthly Charts" و "HB AnnualLoads"، مما يسهل تحليل وتفسير سلوك استهلاك الطاقة.

مخطط سير المحاكاة:



صورة 23 :مخطط سير المحاكاة الرقمية المصدر:(الطالبة)

7. دراسة تأثير نمط توزيع الأقسام على الأداء الطاقوي:

1.7 منهجية الدراسة:

في هذا الجزء تم تحليل تأثير توزيع الأقسام الدراسية ضمن المبنى على استهلاك الطاقة مع التركيز على التلامس الحراري بين الفراغات(Thermal adjacency)

2.7 تقسيم الدراسة:

انقسمت الدراسة إلى قسمين:

1.2.7 المحاكاة الاولى :

في هذه المرحلة، تم التركيز على دراسة أداء القسم الأصفر فقط في كل سيناريو، وذلك بغرض فهم تأثير وضعية القسم (اتجاهه، عدد الواجهات الخارجية، ملامسته للأرض أو للأقسام الأخرى...) على استهلاك الطاقة.

- تم استعمال نفس المواد وخصائص العزل الحراري في جميع الحالات.
- تم توحيد المعطيات المناخية (تبسة).
- المتغير الوحيد كان مكان القسم داخل التجميع.

2.2.7 المحاكاة الثانية :

في هذه المرحلة، تم تحليل استهلاك الطاقة الكلي لجميع الأقسام ضمن كل سيناريو، من أجل فهم تأثير توزيع الكتل على الأداء العام.

3.7 الهدف من التحليل:

يسمح هذا التحليل بفهم كيف يؤثر **توزيع الأقسام** على الاستهلاك الطاقوي، مما يساعد في اتخاذ قرارات تصميمية ذكية لتحقيق كفاءة طاقوية أفضل في المدارس.

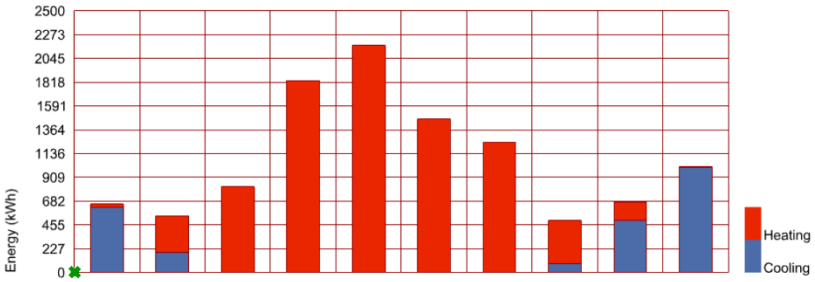
4.7 دراسة محددة:

1.4.7 سيناريو أولي :



A2

Heating	135.053
Cooling	38.228
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	226.984



صورة 24 بتائج محاكاة السيناريو الاولي A2 المصدر:(الطالبة)

القيم الرئيسية في المحاكاة:

- التدفئة (Heating): 135.053 kWh/m²
- التبريد (Cooling):38.228 kWh/m²
- الإضاءة الداخلية (InteriorLighting): 20.062 kWh/m²
- المعدات الكهربائية (Electric Equipment): 33.642 kWh/m²
- كثافة استهلاك الطاقة (EUI – Energy Use Intensity): 226.984 kWh/m²

تفسير النتائج:

- التدفئة تمثل الحِمل الأكبر باستهلاك قدره 135.053 kWh/m² ، مما يشير إلى أن المبنى يعاني من فقدان كبير للحرارة خلال فصل الشتاء، ويتطلب طاقة مرتفعة للحفاظ على درجة حرارة مريحة.
- التبريد أقل بكثير من التدفئة، باستهلاك 38.228 kWh/m² ، ما يدل على أن تأثير الحرارة في الصيف أقل حدة.
- الإضاءة الداخلية والمعدات الكهربائية تستهلك طاقة إضافية (20.062 و33.642 kWh/m² على التوالي)، لكنها ليست السبب الرئيسي في ارتفاع استهلاك الطاقة الكلي.
- كثافة استهلاك الطاقة الكلية (EUI = 226.984 kWh/m²) تُعد مرتفعة نسبيًا، ما يعني أن هناك فرصة لتحسين الأداء الطاقوي.

تحليل استهلاك الطاقة على مدار السنة

❖ **نظرة عامة على البيانات:**

الرسم البياني يوضح استهلاك التدفئة (Heating) باللون الأحمر والتبريد (Cooling) باللون الأزرق خلال الأشهر من سبتمبر إلى جوان.

هناك فرق واضح بين فصلي الشتاء والصيف في استهلاك الطاقة.

❖ **تحليل استهلاك الطاقة شهرياً:**

- ذروة استهلاك التدفئة:

جانفي هو الشهر الأكثر استهلاكًا للطاقة للتدفئة، يليه ديسمبر وفيفري.

هذا يشير إلى أن الظروف المناخية في هذه الفترة شديدة البرودة، مما يؤدي إلى ارتفاع استهلاك التدفئة.

- استهلاك التدفئة في الخريف والربيع:

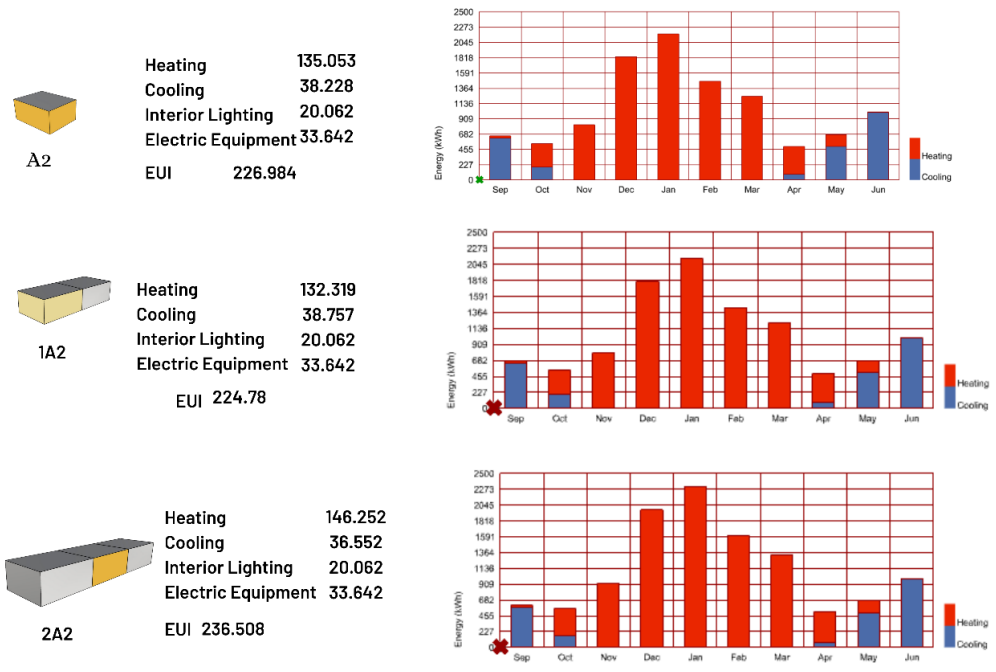
هناك انخفاض تدريجي في التدفئة من مارس إلى ماي، مما يعكس تحسنًا في درجات الحرارة الخارجية.

- استهلاك التبريد:

سبتمبر وماي وجوان يظهر فيها استهلاك للتبريد، مما يدل على أن هذه الأشهر تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة نسبياً.

الاستهلاك ليس مرتفعًا مقارنة بالتدفئة، مما يعني أن التدفئة تظل التحدي الرئيسي للطاقة في هذا التصميم.

8. **تحليل استهلاك القسم الأصفر في ثلاث حالات تصميمية مختلفة:**



صورة 25:مقارنة بين السيناريوهات الاولية المصدر:(الطالبة)

الحالة الأولى: القسم الأصفر منفصل(A2)

الوصف:

القسم الأصفر محاط بأربعة جدران خارجية، ما يجعله معرضاً بشكل كامل للعوامل المناخية الخارجية (الرياح، الإشعاع الشمسي، الفقد الحراري...).

استهلاك الطاقة:

- **التدفئة**(Heating): 135.053 kWh
- **التبريد**(Cooling): 38.228 kWh
- **EUI:** 226.984 kWh/m²

التعليل:

الانكشاف الكامل على البيئة الخارجية يؤدي إلى **أعلى نسبة فقد حراري**، خصوصاً في الشتاء، مما يفسر ارتفاع استهلاك التدفئة.

أما في الصيف، فالتعرض الكبير لأشعة الشمس يزيد من الحمل الحراري، لكن وجود نوافذ قد يساهم نسبياً في التهوية الطبيعية، وهو ما يجعل استهلاك التبريد متوسطًا.

تمثل هذه الحالة **السيناريو الأقل كفاءة طاقوياً** بالنسبة للقسم المدروس.

الحالة الثانية: القسم الأصفر بجوار قسم واحد(1A2)

الوصف:

القسم الأصفر يتشارك جداراً واحداً داخلياً مع قسم مجاور، وباقي الجدران خارجية (3 جهات معرضة للعوامل المناخية).

استهلاك الطاقة:

- **التدفئة** 132.319 kWh :انخفاض بنسبة 2.02%
- **التبريد** 38.757 kWh :ارتفاع بنسبة 1.38%
- **EUI**: 224.78 kWh/m²تحسن طفيف

التعليل:

الجدار المشترك يعمل كـــ **عازل حراري داخلي**، مما يقلل من فقد الحرارة خلال فصل الشتاء، وبالتالي يقل استهلاك التدفئة.

لكن التبادل الحراري مع القسم المجاور يؤدي إلى **تراكم حراري داخلي**، قد يساهم في رفع الحاجة للتبريد نسبياً.

تحسّن الأداء الطاقوي العام قليلاً، مما يشير إلى بداية تأثير المجاورة بشكل إيجابي.

الحالة الثالثة: القسم الأصفر بين قسمين(2A2)

الوصف:

القسم الأصفر محاط بجدارين داخليين (يمين ويسار)، مع وجود جدارين خارجيين فقط.

استهلاك الطاقة:

- **التدفئة**146.252 kWh :ارتفاع بنسبة 8.85%
- **التبريد** 36.552 kWh :انخفاض بنسبة 4.38%
- **EUI** 236.508 kWh/m²: ارتفاع بنسبة 4.25%

التعليل:

رغم أن عدد الجدران الخارجية قل، إلا أن القسم **محاط بأقسام داخلية قد لا توفّر دعمًا حراريًا كافيًا**، أو أنها باردة نسبيًا، مما يزيد من الحاجة إلى التدفئة.

في المقابل، **انخفض التبريد** بسبب التظليل الناتج عن الأقسام المجاورة، وتقليل المساحة المعرضة لأشعة الشمس.

ومع ذلك، **ارتفاع استهلاك التدفئة كان أكبر تأثيرًا**، مما رفع EUI العام، وبيّن ضعف هذا الترتيب من الناحية الطاقوية.

الاستنتاج النهائي:

الترتيب الأمثل للأقسام الدراسية لا يعتمد فقط على تقليل عدد الجدران الخارجية، بل يجب أن يأخذ بعين الاعتبار التوزيع الداخلي للحرارة.

الدمج بين الأقسام يقلل الفقد الحراري، لكن قد يؤدي إلى ارتفاع استهلاك التدفئة في الأقسام الوسطى إن لم تتم معالجة توزيع الطاقة داخليًا.

القسم المتجاور من جهة واحدة (1A2) قدّم الحلّ الأكثر توازنًا بين التدفئة والتبريد، وحقق أفضل أداء طاقوي بالنسبة للقسم الأصفر.

المقارنة مع التركيبة الأساسية A2 (Heating: 135.053, Cooling: 38.228, EUI: 226.984)

التركيبة	ΔEUI %	ΔCooling %	ΔHeating %
A2 R	+0.74%	−12.00%	+4.63%
A2 (R+1)	+0.47%	−15.00%	+5.02%
A2 (R+2)	+1.75%	−17.00%	+7.72%
A2 (R)(c)	+0.74%	−12.00%	+4.63%
A2 (R+1)(c)	+0.49%	−15.12%	+5.08%
A2 (R+2)(c)	+1.81%	−16.91%	+7.79%

جدول 7: مقارنة بين التركيبة الاساسية A2 و التركيبات الأخرى المصدر:(الطالبة)

المقارنة مع التركيبة الأساسية :1A2 (Heating: 132.319, Cooling: 38.757, EUI: 224.78)

التركيبة	ΔEUI %	ΔCooling %	ΔHeating %
1A2 R	+0.71%	−11.83%	+4.67%
1A2 (R+1)	+0.41%	−14.92%	+0.53%
1A2 (R+2)	+1.79%	−16.84%	+0.41%
1A2 (R)(c)	+0.71%	−11.83%	+4.67%
1A2 (R+1)(c)	+0.41%	−14.92%	+0.53%
1A2 (R+2)(c)	+0.41%	−14.92%	+0.53%

جدول8:المقارنة بين التركيبة الاساسية 1A2 والتركيبات الأخرى *المصدر:(الطالبة)*

المقارنة مع التركيبة الأساسية 2A2 (Heating: 146.252, Cooling: 36.552, EUI: 236.508)

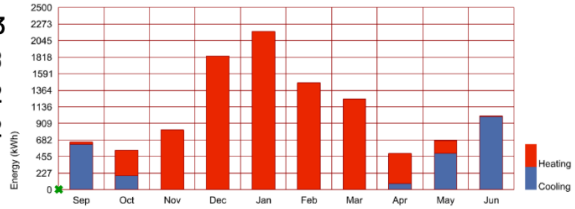
التركيبة	ΔEUI %	ΔCooling %	ΔHeating %
2A2 R	+0.97%	−12.07%	+4.58%
2A2 (R+1)	+0.75%	−15.07%	+5.02%
2A2 (R+2)	+1.70%	−16.53%	+6.87%
2A2 (R)(c)	−3.63%	−6.88%	−4.16%
2A2 (R+1)(c)	+0.91%	−15.31%	+5.29%
2A2 (R+2)(c)	+1.70%	−16.53%	+6.87%

جدول 9: المقارنة بين التركيبة الاساسية 2A2والتركيبات الاخرى



A2

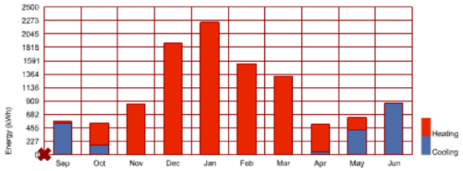
Heating	135.053
Cooling	38.228
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	226.984

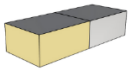




A2 (R+1)

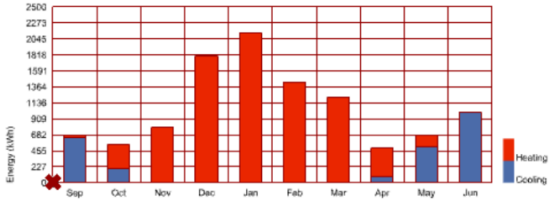
Heating	141.843
Cooling	32.496
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	228.042

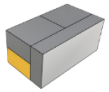




1A2

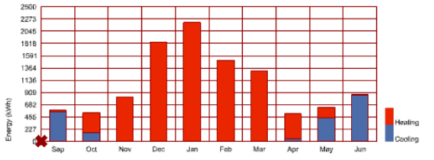
Heating	132.319
Cooling	38.757
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	224.78

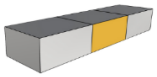




1A2 (R+1)

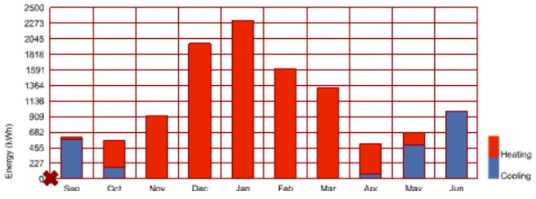
Heating	139.021
Cooling	32.981
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	225.705





2A2

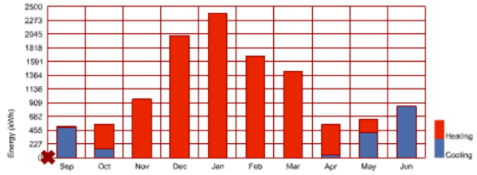
Heating	146.252
Cooling	36.552
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	236.508

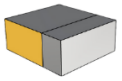




2A2 (R+1)

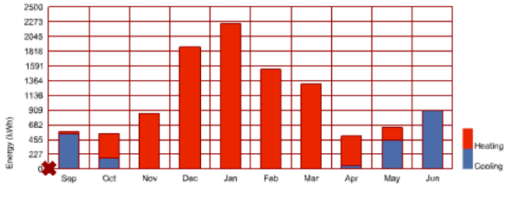
Heating	153.527
Cooling	31.041
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	238.272





A2 R

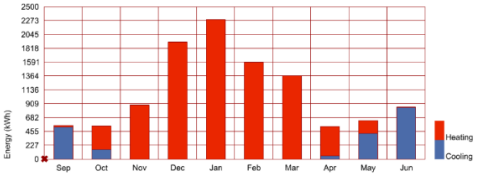
Heating	141.314
Cooling	33.642
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	228.66

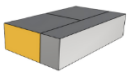




A2 (R+2)

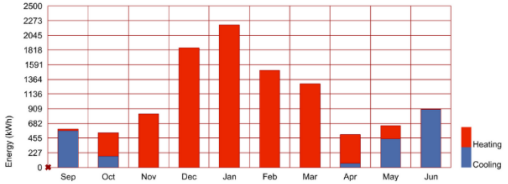
Heating	145.503
Cooling	31.746
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	230.952

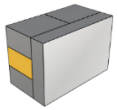




1A2 R

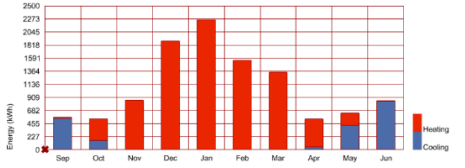
Heating	138.492
Cooling	34.171
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	226.367

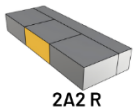




1A2 (R+2)

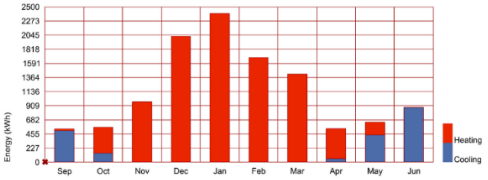
Heating	142.857
Cooling	32.231
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	228.792

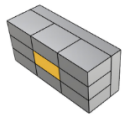




2A2 R

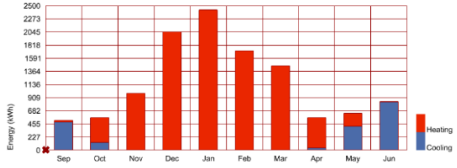
Heating	152.954
Cooling	32.143
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	238.801

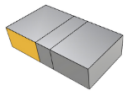




2A2 (R+2)

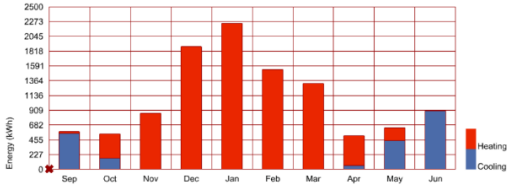
Heating	156.305
Cooling	30.511
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	240.52





A2 (R)(c)

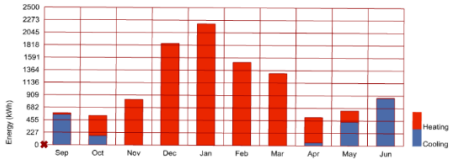
Heating	141.314
Cooling	33.642
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	228.66

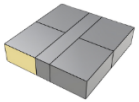




1A2 (R+2)(c)

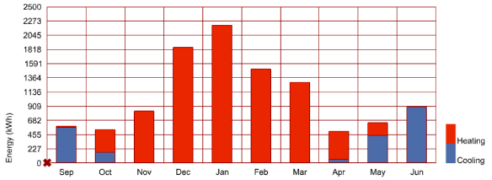
Heating	139.021
Cooling	32.981
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	225.705

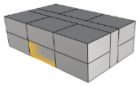




1A2 (R)(c)

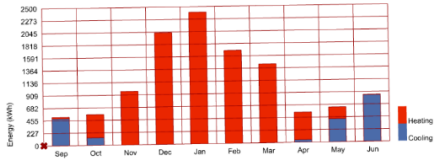
Heating	138.492
Cooling	34.171
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	226.367

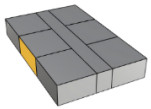




2A2 (R+1)(c)

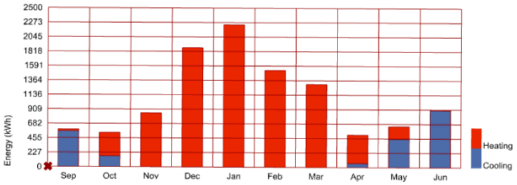
Heating	154.012
Cooling	30.952
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	238.668

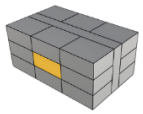




2A2 (R)
(c)

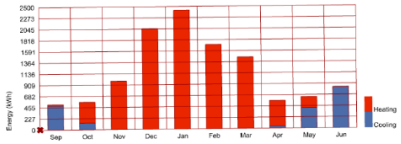
Heating	140.168
Cooling	34.039
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	227.91

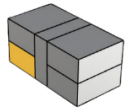




2A2 (R+2)
(c)

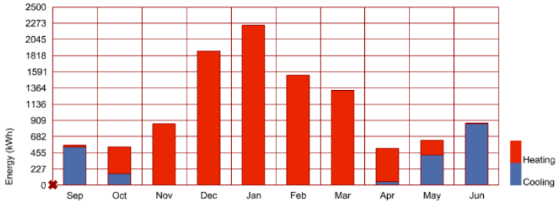
Heating	156.305
Cooling	30.511
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	240.52





A2 (R+1)(c)

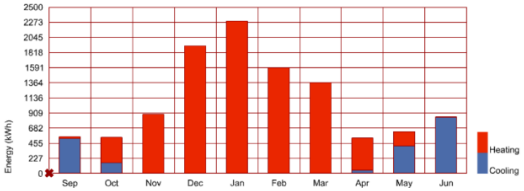
Heating	141.931
Cooling	32.451
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	228.086





A2 (R+2)(c)

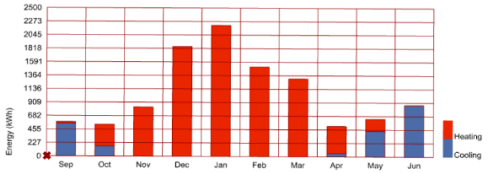
Heating	145.591
Cooling	31.79
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	231.085



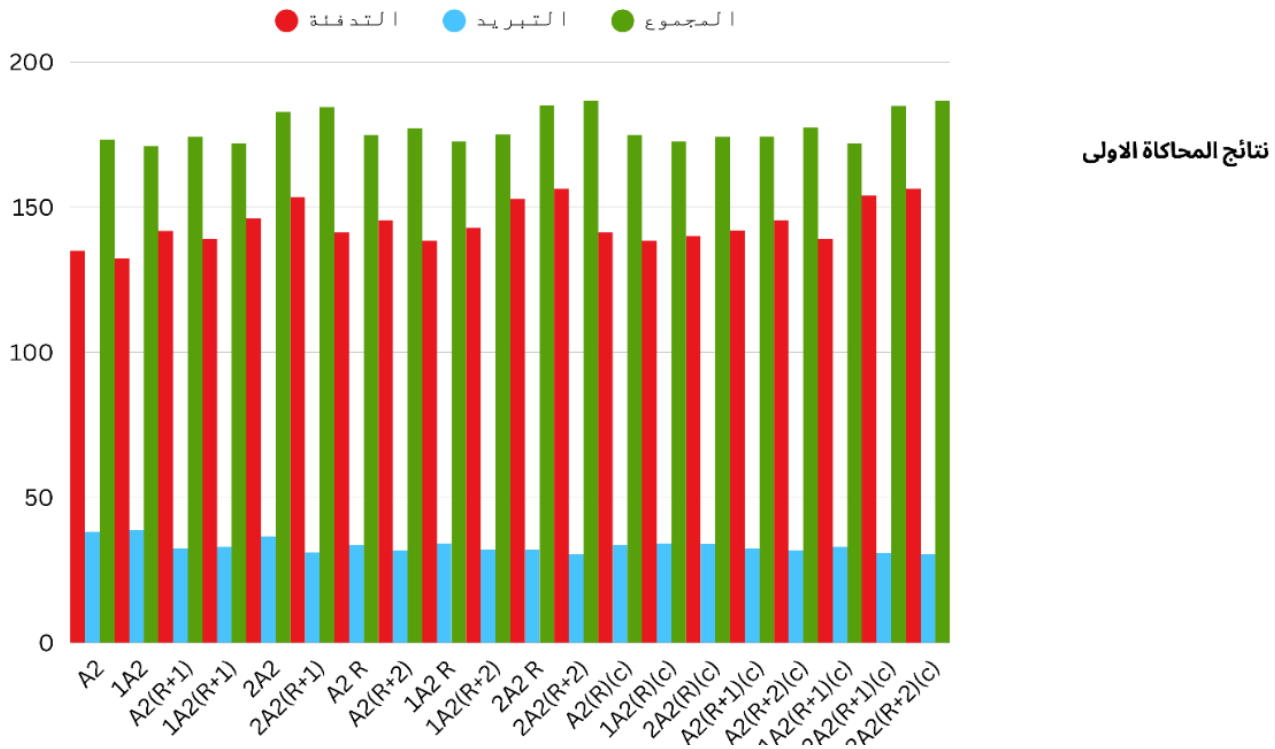


1A2 (R+1)(c)

Heating	139.021
Cooling	32.981
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	225.705



9. نتائج المحاكاة الاولى :



صورة 26:مقارنة بين التركيبات من ناحية الاستهلاك المصدر:(الطالبة)

1.9 مقارنة استهلاك الطاقة بين النماذج المختلفة :

يتضح من المخطط الشريطي أن استهلاك التدفئة (heating) هو الأكثر تأثيراً مقارنةً بالتبريد، حيث يشكل الجزء الأكبر من إجمالي استهلاك الطاقة.

التبريد (cooling) يمثل نسبة صغيرة مقارنةً بالتدفئة، مما يشير إلى أن المناخ المحلي يتطلب طاقة تدفئة أكبر للحفاظ على راحة المستخدمين داخل الفصول.

التكوينات ذات الأحجام الأكبر والمزيد من التداخل بين الكتل تميل إلى تقليل الحاجة إلى التدفئة مقارنة بالفصول المستقلة، بسبب تأثير العزل الحراري الناتج عن تقليل الأسطح الخارجية المعرضة للبيئة الخارجية(معامل الشكل)

النماذج التي تحتوي على ممرات أو اتصال بين الفصول (R, C) قد يكون لديها استهلاك طاقوي مختلف بسبب تأثير التبادل الحراري بين الفصول.

2.9 التأثير المعماري على الأداء الطاقوي:

الفصول المنفصلة مثل A2 و 1A2 تمتلك أكبر استهلاك طاقوي بسبب تعرضها المباشر للبيئة الخارجية.

الفصول المكدسة مثلC(2+R)2A و C1(2+R)2Aتحقق أداءً أفضل من حيث الكفاءة الطاقوية، حيث يستفيد التصميم من الكتلة الحرارية وتقليل الفقد الحراري.

3.9 استنتاجات وتوصيات:

تقليل عدد الأسطح الخارجية المعرضة للبيئة الخارجية يقلل استهلاك التدفئة بشكل كبير، لذا فإن اختيار تصميم يعتمد على التكتل يمكن أن يكون خياراً مثالياً.

إضافة ممرات ومساحات مشتركة يمكن أن تساهم في توزيع الحرارة بشكل أفضل وتقليل الحاجة إلى أنظمة التدفئة المنفصلة لكل فصل دراسي.

من المهم تحسين اختيار مواد البناء لتعزيز العزل الحراري وتقليل الحاجة إلى التدفئة المفرطة، خاصةً في النماذج ذات الأسطح المكشوفة.



A2

Heating	135.053
Cooling	38.228
Interior Lighting	20.062
Electric Equipment	33.642
EUI	226.984



A2 (R+1)

Heating	108.41
Cooling	29.228
Interior Lighting	17.361
Electric Equipment	27.562
EUI	182.562



A2 (R)(c)

Heating	103.776
Cooling	28.359
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	180.683



A2 (R+2)(c)

Heating	99.988
Cooling	29.999
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	178.534



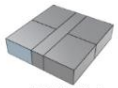
1A2

Heating	120.855
Cooling	36.772
Interior Lighting	20.084
Electric Equipment	33.642
EUI	211.354



1A2 (R+1)

Heating	92.037
Cooling	27.731
Interior Lighting	17.361
Electric Equipment	27.569
EUI	164.699



1A2 (R)(c)

Heating	88.344
Cooling	26.652
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	163.544



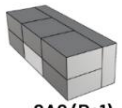
1A2 (R+2)(c)

Heating	82.771
Cooling	28.625
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.068
EUI	159.946



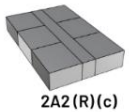
2A2

Heating	115.858
Cooling	36.243
Interior Lighting	20.076
Electric Equipment	33.642
EUI	205.82



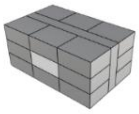
2A2 (R+1)

Heating	86.307
Cooling	27.253
Interior Lighting	17.361
Electric Equipment	27.567
EUI	158.488



2A2 (R)(c)

Heating	82.928
Cooling	26.095
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	157.571



2A2 (R+2)(c)

Heating	83.251
Cooling	27.662
Interior Lighting	18.404
Electric Equipment	29.896
EUI	159.213



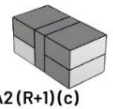
A2 R

Heating	110.864
Cooling	27.932
Interior Lighting	17.377
Electric Equipment	27.562
EUI	183.735



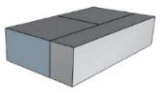
A2 (R+2)

Heating	108.21
Cooling	29.537
Interior Lighting	17.366
Electric Equipment	27.572
EUI	182.685



A2 (R+1)(c)

Heating	100.635
Cooling	29.63
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	178.813



1A2 R

Heating	95.386
Cooling	26.235
Interior Lighting	17.361
Electric Equipment	27.562
EUI	166.543



1A2 (R+2)

Heating	91.327
Cooling	28.143
Interior Lighting	17.361
Electric Equipment	27.567
EUI	164.398



1A2 (R+1)(c)

Heating	83.955
Cooling	28.15
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.065
EUI	160.653



2A2 R

Heating	90.031
Cooling	25.679
Interior Lighting	17.366
Electric Equipment	27.572
EUI	160.648



2A2 (R+2)

Heating	85.422
Cooling	27.709
Interior Lighting	17.363
Electric Equipment	27.569
EUI	158.062



2A2 (R+1)(c)

Heating	78.068
Cooling	27.672
Interior Lighting	18.482
Electric Equipment	30.068
EUI	154.291

صورة 27: نتائج المحاكاة *المصدر: (الطالبة)*

مقارنة معA2 :

التركيبة	EUI (%)	Cooling (%)	Heating (%)
A2 (R+1)	−19.6%	−23.5%	−19.7%
A2 (R)(c)	−20.4%	−25.8%	−23.2%
A2 (R+2)(c)	−21.4%	−21.6%	−25.9%
A2 R	−19.1%	−26.9%	−17.9%
A2 (R+2)	−19.6%	−22.7%	−19.9%
A2 (R+1)(c)	−21.2%	−22.5%	−25.5%

جدول 10:مقارنة التركيبات مع التركيبة A2 المصدر:(الطالبة)

مقارنة مع :1A2

التركيبة	EUI (%)	Cooling (%)	Heating (%)
1A2 (R+1)	−22.1%	−24.6%	−23.8%
1A2 (R)(c)	−22.6%	−27.0%	−26.9%
1A2 (R+2)(c)	−24.3%	−22.2%	−31.5%
1A2 R	−21.2%	−28.7%	−21.1%
1A2 (R+2)	−22.2%	−23.5%	−24.4%
1A2 (R+1)(c)	−24.0%	−23.4%	−30.5%

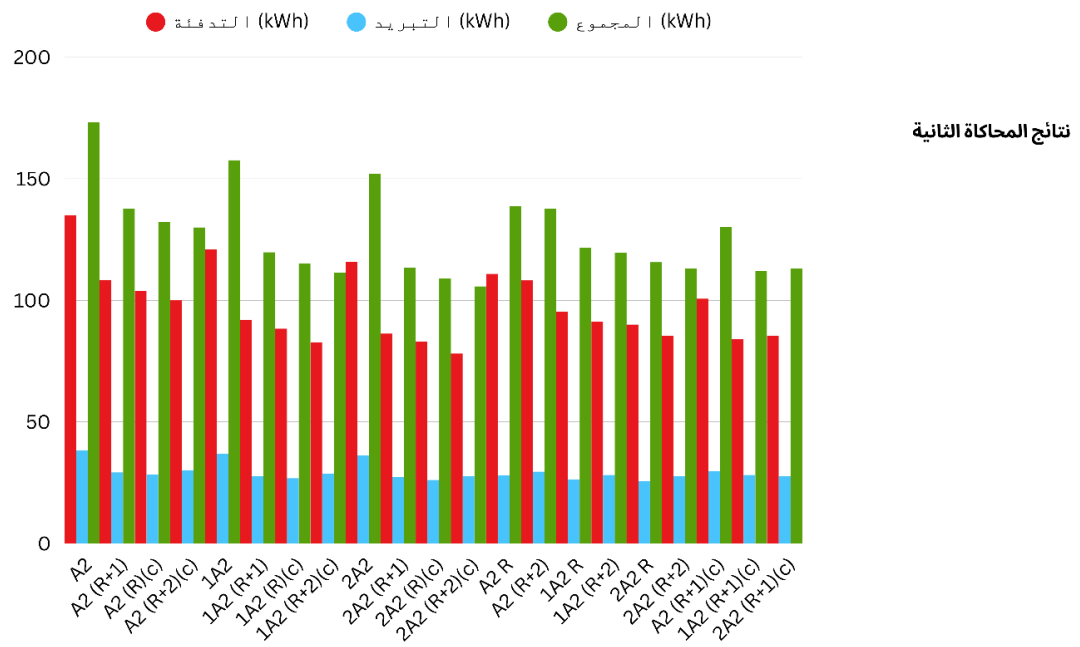
جدول 11:مقارنة التركيبات مع التركيبة 1A2 المصدر:(الطالبة)

مقارنة مع :2A2

التركيبة	EUI (%)	Cooling (%)	Heating (%)
2A2 (R+1)	−23.0%	−24.8%	−25.5%
2A2 (R)(c)	−23.4%	−27.9%	−28.4%
2A2 (R+2)(c)	−22.6%	−23.7%	−28.1%
2A2 R	−21.9%	−29.2%	−22.3%
2A2 (R+2)	−23.2%	−23.5%	−26.3%
2A2 (R+1)(c)	−25.0%	−23.7%	−32.7%

جدول 12:مقارنة التركيبات مع التركيبة 2A2 المصدر:(الطالبة)

10. المحاكاة الثانية :



صورة:27 مقارنة استهلاك الطاقة حسب نمط توزيع الأقسام المدرسية المصدر:(الطالبة)

1.10 تحليل استهلاك الطاقة وفقًا للمخطط البياني

1.1.10تحليل استهلاك الطاقة للتدفئة (اللون الأحمر)

- **أعلى استهلاك للتدفئة** :يظهر في التكوين A2بقيمة تقارب **135 kWh**، مما يشير إلى أن هذا التصميم يعاني من **فقدان حراري كبير**
- **أدنى استهلاك للتدفئة** :سجلته التركيبة **(C)(2+R) 2A2**بقيمة تقارب **75 kWh**، مما يدل على أداء حراري جيد جداً في الشتاء.

❖ **التفسير:**

التصاميم المنفصلة والمكشوفة A2 و A21و 2A2 تفقد الحرارة بسهولة، مما يزيد من احتياجها إلى التدفئة.

التصاميم المتراكبة والمكدسةتكون أكثر عزلاً حرارياً، مما يقلل من فقدان الحرارة وبالتالي يقلل من استهلاك التدفئة.

2.1.10تحليل التبريد – Cooling اللون الأزرق

جميع التصاميم تقريباً لديها استهلاك متقارب للطاقة في التبريد، لكنه يظهر أقل من استهلاك التدفئة.

أعلى استهلاك للتبريد :يلاحظ في التكوين 1A2أو A2 R، حيث يبلغ حوالي **40 kWh.**

أدنى استهلاك للتبريد :يظهر في التركيبة **(C)(2+R) 2A2**و**(C)(2+R) 1A2**حيث يقل الاستهلاك إلى حوالي **30 kWh**أو أقل.

❖ **السبب:**

المباني في المناخات الباردة تحتاج إلى تدفئة أكثر من حاجتها إلى التبريد.

3.1.10 التحليل الكلي لاستهلاك الطاقة – Total اللون الأخضر

أعلى استهلاك كلي :يظهر بوضوح في التكوين A2، بقيمة تزيد عن .170 kWh

أدنى استهلاك كلي :سُجِّل في التركيبة 2A2 (R+2)(C)بقيمة تقارب .105 kWh

❖ **التفسير:**

التصميمات المنفصلة تستهلك طاقة أكبر لأنها معرضة أكثر للبيئة الخارجية.

التصميمات المتراكبة توفر في استهلاك الطاقة من خلال العزل الحراري الفعّال والتبادل الحراري بين الفصول المتجاورة.

❖ **الخلاصة:**

أظهرت نتائج المحاكاة الطاقوية لتراكيب الأقسام المدروسة في مناخ ولاية تبسة أن استهلاك الطاقة للتدفئة أعلى بشكل ملحوظ من استهلاك الطاقة للتبريد في جميع التركيبات. ويُعزى هذا الفارق إلى خصائص المناخ المحلي، حيث تتميز تبسة بشتاء بارد وطويل نسبيًا مقارنة بصيفها، مما يزيد من فترة تشغيل أنظمة التدفئة ويضاعف الحاجة إلى الطاقة الحرارية للحفاظ على درجات حرارة مريحة داخل الفضاءات التعليمية. كما يُلاحظ أن التركيبات مثل A2 وسجلت أعلى استهلاك كلي للطاقة، في حين أن التركيبات مثل 2A2 (R+2)(C) أظهرت أداءً طاقويًا ممتازًا.

❖ **أفضل التركيبات من حيث الكفاءة الطاقوية (أقل استهلاك تدفئة + تبريد):**

التركيبة	المجموع	التدفئة	التبريد
2A2 (R+2)(c)	✅ 105.740الأفضل	78.068	27.672
1A2 (R+2)(c)	111.396	82.771	28.625
2A2 (R)(c)	109.023	82.928	26.095
1A2 (R+1)(c)	112.105	83.955	28.150
2A2 (R+1)	113.560	86.307	27.253
2A2 (R+2)	113.131	85.422	27.709
2A2 R	115.710	90.031	25.679

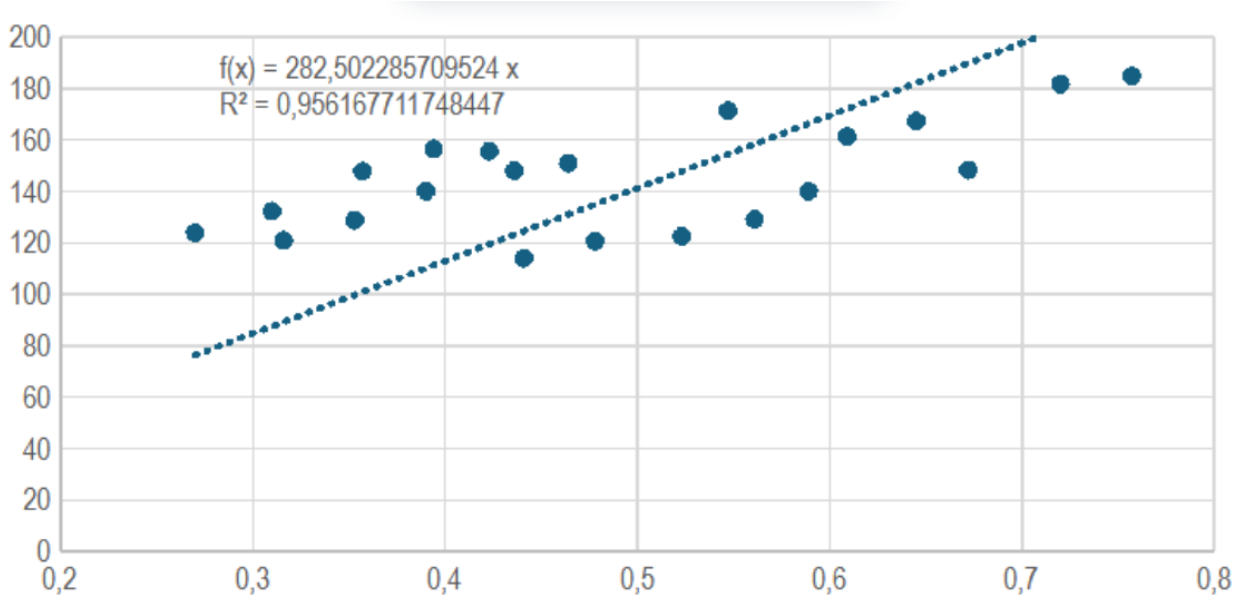
جدول 13: ترتيب التركيبات من حيث الاستهلاك الطاقوي المصدر:(الطالبة)

ملاحظات:

- التركيبة (c)(R+2) 2A2هي الأكثر كفاءة طاقوية، حيث سجلت أقل استهلاك في التدفئة والتبريد مجتمعين.
- معظم التركيبات ذات الأداء الأفضل تتبع نمط R+2أو (c)(R+2) أي أنها تعتمد على التراكم الرأسي (أكثر من طابق) + الدمج(compact)

التركيبات ذات الأداء العالي تميل لأن تكون مركبة وليست كتلة مفردةمثل A2

11. معامل الشكل:



صورة 28:العلاقة بين معامل الشكل و الاستهلاك الطاقوي المصدر:(الطالبة)

1.11 تحليل العلاقة بين معامل الشكل والاستهلاك الطاقوي :

❖ **وصف البيانات في المخطط:**

المحور الأفقي :(X) معامل الشكل للأقسام.(Shape Factor)

المحور العمودي :(Y) الاستهلاك الطاقوي.(Energy Consumption)

❖ **المعادلة الخطية:**

f(x)=282.50x

تشير إلى وجود علاقة خطية بين معامل الشكل والاستهلاك الطاقوي.

كلما زاد معامل الشكل، زاد استهلاك الطاقة.

مُعامل التحديد:(R^2 = 0.956)

قيمة R^2 مرتفعة جداً (95.6%)، مما يشير إلى أن المعادلة الخطية تفسر معظم التباين في البيانات.

- العلاقة بين معامل الشكل والاستهلاك الطاقوي قوية جداً.

2.11 التحليل والاستنتاجات:

معامل الشكل له تأثير مباشر على الاستهلاك الطاقوي – الأقسام ذات معامل الشكل الأعلى تستهلك طاقة أكثر، مما يعني أن التصميم المدمج يقلل من الاستهلاك.

- يمكن تحسين الأداء الطاقوي عبر تقليل معامل الشكل، مثل تقليل نسبة المساحة السطحية إلى الحجم، مما يقلل فقدان الحرارة في الشتاء واكتسابها في الصيف.
- البحث في مواد البناء والعزل الحراري قد يساعد في تقليل التأثير السلبي لمعامل الشكل المرتفع.

الخلاصة: التصميم المعماري يجب أن يأخذ بعين الاعتبار معامل الشكل كعامل مهم في تقليل استهلاك الطاقة، حيث أن زيادة المساحات المعرضة للبيئة الخارجية تؤدي إلى زيادة فقدان أو اكتساب الحرارة، مما يزيد من الحاجة إلى التدفئة والتبريد .

القسم	المساحة السطحية (م²)	الحجم (م³)	معامل الشكل
A2	191	252	0.757
1A2	163	252	0.645
2A2	135	252	0.609
A2R	155	252	0.672
1A2R	127	252	0.561
2A2R	99	252	0.523
A2(R+1)	100	252	0.547
1A2(R+1)	64	252	0.436
2A2(R+1)	36	252	0.39
A2(R+2)	92	252	0.72
1A2(R+2)	64	252	0.394
2A2(R+2)	36	252	0.357
A2 (R) (c)	155	252	0.589
1A2 (R) (c)	127	252	0.478
2A2 (R) (c)	99	252	0.441
A2 (R+1) (c)	92	252	0.464
1A2 (R+1) (c)	64	252	0.353
2A2 (R+1) (c)	36	252	0.316
A2 (R+2) (c)	92	252	0.423
1A2 (R+2) (c)	64	252	0.31
2A2 (R+2) (c)	36	252	0.27

جدول14:معامل الشكل لكل تركيبة *المصدر: (الطالبة)*

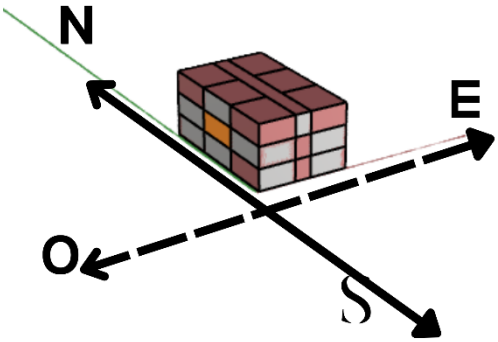
12. دراسة افضل توجيه:

بعد الانتهاء من دراسة وتحليل الأداء الطاقوي لمختلف التراكيب المعمارية المقترحة، تم اختيار التركيبة (C)(R+2)2A2كأفضل تصميم من حيث الكفاءة الطاقوية. وبناءً على هذا التصميم الأمثل، سيتم في هذا الجزء من الدراسة تحليل أثر توجيه الكتلة المعمارية على استهلاك الطاقة، بهدف تحديد الاتجاه الأنسب لضمان أقصى قدر من الراحة الحرارية بأقل استهلاك ممكن للطاقة في مناخ ولاية تبسة.

1.12 تفصيل المعطيات لكل توجيه:

1.1.12التدفئة:(Heating)

توجيه شمال–جنوب (الصورة الأولى) :استهلاك التدفئة هو 83.251.



Heating	83.251
Cooling	27.662
Interior Lighting	18.404
Electric Equipment	29.896
EUI	159.213

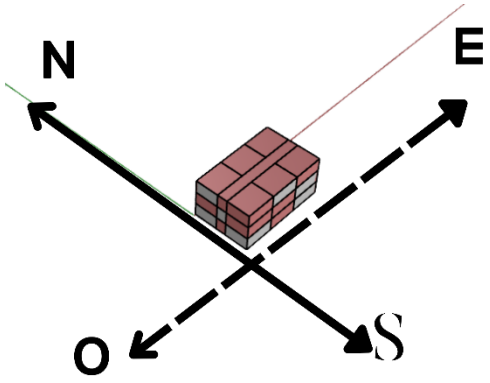
صورة:29 نتائج المحاكاة في توجيهN-S المصدر:(الطالبة)

توجيه شرق–غرب (الصورة الثانية) :استهلاك التدفئة هو 83.433.

الاستنتاج :التدفئة في توجيه شمال–جنوب أقل قليلاً، مما يشير إلى تقليل فقد الحرارة.

2.1.12التبريد:(Cooling)

توجيه شمال–جنوب :استهلاك التبريد 27.662



Heating	83.433
Cooling	26.86
Interior Lighting	18.404
Electric Equipment	29.896
EUI	158.593

صورة 30 :نتائج المحاكاة في توجيهO-E المصدر:(الطالبة)

توجيه شرق–غرب :استهلاك التبريد 26.86

الاستنتاج: التبريد في توجيه شرق–غرب أكثر كفاءة، حيث يقلل التعرض المباشر للإشعاع الشمسي في أوقات الذروة.

3.1.12الإضاءة الداخلية والمعدات الكهربائية:

نفس القيم في كلا التوجيهين (18.404 للإضاءة و29.896 للمعدات الكهربائية).

الاستنتاج :هذه العناصر لا تتأثر بالتوجيه.

4.1.12كثافة استهلاك الطاقة:(EUI)

توجيه شمال–جنوب.159.213

توجيه شرق–غرب.158.593

الاستنتاج: توجيه شرق–غرب أكثر كفاءة، حيث يقلل من استهلاك الطاقة الإجمالي.

❖ **قيمة التحسين بالنسب المئوية:**

تم تحسين كفاءة استهلاك الطاقة بنسبة 0.39%عند اختيار توجيه شرق–غرب مقارنةً بتوجيه شمال–جنوب.

2.12 أفضل توجيه بناءً على المعطيات:

التوجيه على خط شرق–غرب هو الأكثر كفاءة من الناحية الطاقوية، حيث يقلل استهلاك التبريد ويحقق أدنى قيمة لكثافة استهلاك الطاقة.(EUI)

هذا التوجيه يناسب المناخ شبه الجاف لولاية تبسة الذي يتطلب تقليل تأثير الإشعاع الشمسي المباشر في فصل الصيف.

التوصيات:

اختيار التوجيه:

التوجيه على خط شرق–غرب هو الأفضل لتقليل استهلاك الطاقة الإجمالي



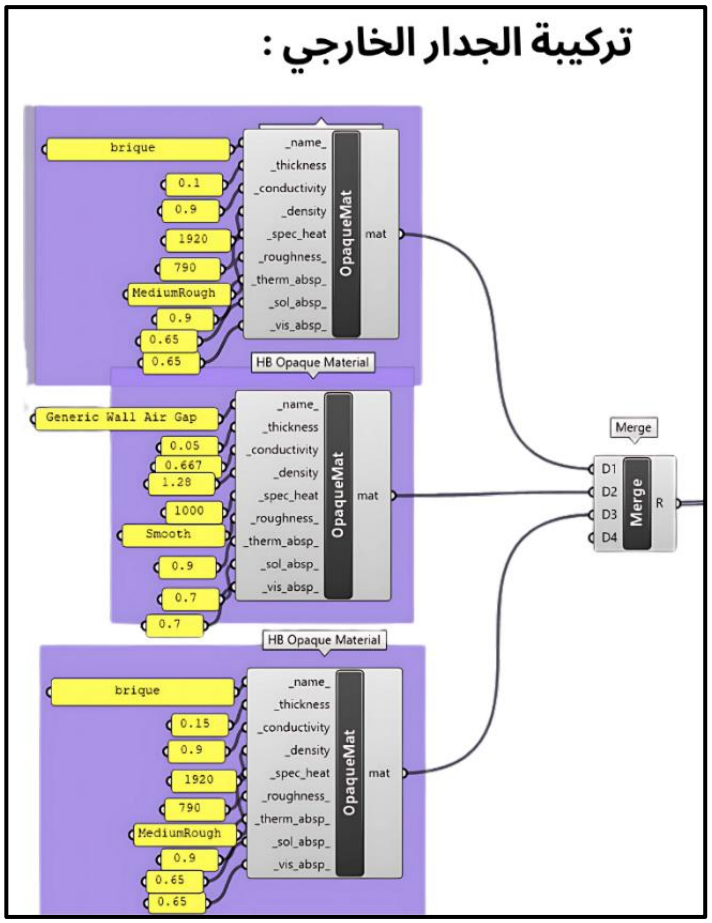
صورة 31:مادة العزل (البوليستيران)المصدر: (الطالبة)

13. دراسة تاثير مواد العزل :

بعد تحديد أفضل تصميم معماري من حيث الأداء الطاقوي، واختيار التوجيه الأمثل ,انتقل التحليل في هذه المرحلة إلى دراسة

تأثير مادة العزل الحراري وسُمكها على استهلاك الطاقة، وذلك بهدف تعميق فهم العلاقة بين خصائص الغلاف الحراري للمبنى ومستوى الراحة الطاقوية.

وقد تم التركيز في هذا الجزء على مادة البوليستيرين الموسع(EPS) *(انظر الصورة 31)* كعازل حراري يُدمج في الجدران الخارجية، نظراً لخصائصه الفيزيائية المناسبة من حيث الموصلية الحرارية، الكلفة، وسهولة التركيب. كما تم تحليل تأثير تغيّر سُمك هذه المادة على استهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد داخل الأقسام الدراسية، من أجل تحديد السُمك الأمثل الذي يحقق أفضل توازن بين الأداء والكلفة في مناخ ولاية تبسة.



صورة 32 :تركيبة الجدار الخارجي المصدر:(الطالبة)

14. الخصائص الفيزيائية للبوليستيران:

الخاصية	القيمة
الاسم(*name*)	Polystyrène
السماكة(*thickness*)	0.040 m–0.05–0.03m
معامل التوصيل الحراري (*conductivity*)	0.04 W/m·K
الكثافة(*density*)	10 kg/m³
الحرارة النوعية(*spec_heat*)	1300 J/kg·K
الخشونة(*roughness*)	Smooth
الامتصاصية الحرارية(*therm_absp*)	0.90
الامتصاصية الشمسية(*sol_absp*)	0.30
الامتصاصية الضوئية(*vis_absp*)	0.30

جدول 15:الخصائص الفيزيائية للبوليستيران

15. نتائج المحاكاة:

السماكة/الحالة	EUI	Cooling		Heating	
بدون عازل	158.593	26.86		83.433	
العزل بسماكة 0.03م	138.732	24.626	8,31%	65.806	21.12%
العزل بسماكة 0.04م	135.34	24.311	9,48%	62.728	24.81%
العزل بسماكة 0.05م	132.954	24.095	10,29%	60.538	27.44%

جدول 16: نتائج العزل باستخدام البوليستيران بسماكة مختلفة في كل حالة

1.15 تحليل وتفسير الجدول:

1.1.15التدفئة:(Heating)

- بدون عازل :أعلى قيمة (83.433)، مما يشير إلى فقدان كبير للحرارة في غياب العزل.
- مع العزل :تنخفض القيم تدريجياً مع زيادة السماكة، لتصل إلى 60.538عند سماكة 0.05م .هذا يوضح أن العزل يقلل من فقدان الحرارة بشكل ملحوظ أي بنسبة 27.44%

2.1.15التبريد:(Cooling)

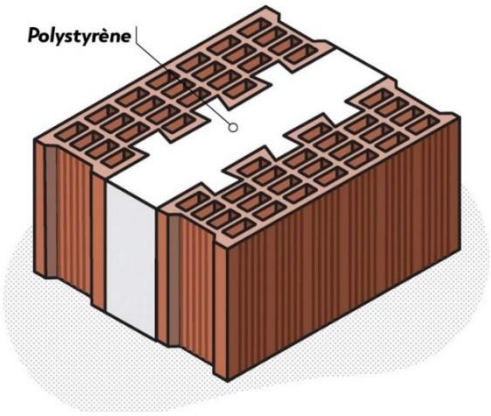
- بدون عازل :قيمة أعلى (26.86)، مما يشير إلى اختراق الحرارة الخارجية بسهولة.
- مع العزل :تنخفض القيم إلى 24.095عند سماكة 0.05م .يظهر أن العزل يقلل من انتقال الحرارة الخارجية إلى الداخلأي بنسبة 10.29%

3.1.15 EUIمؤشر استهلاك الطاقة:

- بدون عازل :أعلى قيمة (158.593) تدل على استهلاك طاقة أكبر للتدفئة والتبريد.
- مع العزل :تقل القيم تدريجياً، لتصل إلى 132.954عند سماكة 0.05م، مما يوضح كفاءة العزل في تحسين استهلاك الطاقة.

4.1.15 التفسير العام:

- كلما زادت سماكة العزل، قل استهلاك الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد.
- السماكة المثالية في هذا التحليل هي **0.05م**، حيث تحقق أكبر تخفيض في استهلاك الطاقة مع استخدام البوليستيران



صورة 33:طوب مزوّد بطبقة عزل إضافية, المصدر : https://mamaisondeaaz.gedimat.fr

الخاتمة:

من خلال هذا الفصل، تم استعراض وتحليل مجموعة من السيناريوهات الطاقوية المتعلقة بالأقسام الدراسية، وذلك باعتماد منهجية محاكاة رقمية دقيقة تأخذ بعين الاعتبار مختلف المتغيرات التصميمية والتشغيلية والمناخية. الهدف من هذه الدراسة كان تحديد تأثير عوامل مثل توجيه القسم، مواد الغلاف الخارجي(العزل)، ونمط توزيع الفصول على استهلاك الطاقة الكلي، لا سيما خلال الفترة الزمنية الفعلية للاستخدام (من الساعة 8:00 إلى 17:30) بين شهري سبتمبر وجوان.

أظهرت النتائج تفاوتاً ملحوظاً في الأداء الطاقوي بين السيناريوهات المدروسة، حيث أثبتت بعض التوليفات التصميمية فعالية أكبر في تقليل الطلب على التدفئة والتبريد، خصوصاً عند دمج العزل الحراري المناسب مع التوجيه الأمثل. كما كشفت الدراسة أن نمط توزيع الفصول يؤثر مباشرة على معامل الشكل وبالتالي على الفواقد الحرارية.

تُعد هذه النتائج خطوة أساسية نحو تحديد السيناريو الأمثل من حيث التوازن بين الأداء الطاقوي والجدوى التقنية والمعمارية، والذي سيتم اعتماده لاحقاً كأساس لتطوير التوصيات التصميمية وتحسين كفاءة الطاقة في المؤسسات التعليمية، خاصة في المناطق ذات المناخ شبه الجاف مثل بلدية بولحاف بولاية تبسة

الفصل الرابع: نموذج التصميم المعماري

مقدمة:

في ضوء التحاليل النظرية والمحاكاة الرقمية التي تم التوصل إليها في الفصول السابقة، يهدف هذا الفصل إلى تجسيد النتائج في شكل تصميم معماري متكامل لمؤسسة تعليمية ثانوية ذات أداء طاقوي محسن.

يستعرض هذا الفصل مراحل الانتقال من التحليل إلى التطبيق، عبر تحديد المعايير التصميمية المعتمدة، وتحليل معطيات الموقع، واختيار التوجيه المناسب، واعتماد حلول معمارية مدروسة تراعي الراحة الحرارية والإضاءة الطبيعية وتقليل استهلاك الطاقة.

كما يتضمن الفصل عرضًا للمخططات المعمارية، وتوضيحًا للنوايا التصميمية، بالإضافة إلى توصيف تقني لحلول العزل والتظليل، واعتماد الكتلة المبنية الأنسب وفق السيناريوهات السابقة. ويهدف هذا التصميم إلى خلق بيئة تعليمية صحية، مستدامة، وفعالة من حيث استهلاك الطاقة، تتكيف مع الظروف المناخية المحلية لولاية تبسة.

يعتمد النموذج المقترح على مبادئ التصميم السلبي، ويأخذ بعين الاعتبار التوصيات المستخلصة من نتائج المحاكاة الخاصة بالتوجيه، معامل الشكل، توزيع الفضاءات، ونوع العزل، في سبيل تحقيق مشروع نموذجي يمكن تعميمه مستقبلاً على مؤسسات تعليمية مماثلة

1. التعريف بمنطقة الدراسة:

1.1 بلدية بولحاف الدير:

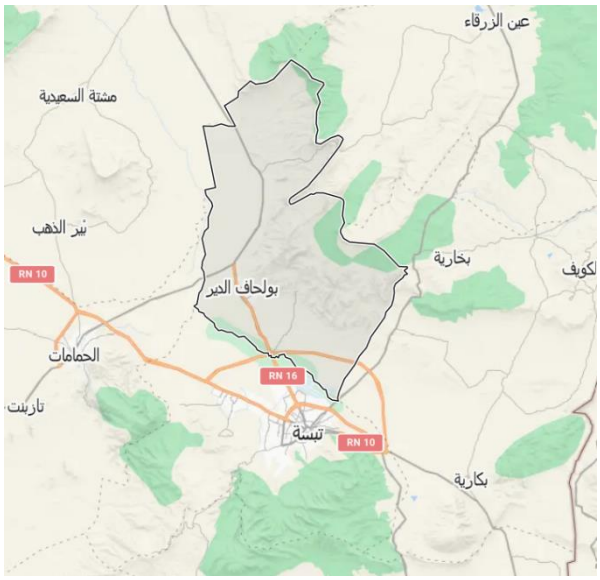
تعتبر بلدية بولحاف دير من البلديات الحضرية التابعة لدائرة الكويف، حيث تمتد على مساحة 168 كم² ويبلغ عدد سكانها 6074 نسمة حتى نهاية سنة 2023. تتميز بطابعها الزراعي–الرعوي(Tebessa)



صورة 34:موقع بلدية بولحاف المصدر Wikimedia : Commons, "Boulhaf

وتحدها:

- **من الشمال** :بلديتا **مرسط** و**عين زرقاء**
- **من الجنوب** :بلدية **تبسة**، عاصمة الولاية
- **من الشرق** :بلديتا **عين زرقاء** و**الكويف**
- **من الغرب** :بلديتا **بير الذّيب** و**الحمامات**



صورة 35:حدود بلدية بولحاف المصدر ping map:

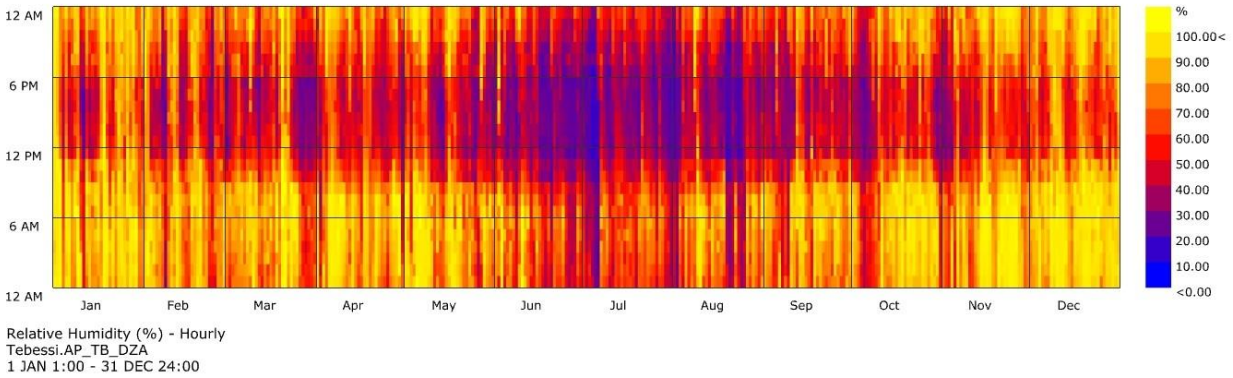
تتوفر البلدية على شبكة طرق هامة، حيث تمر عبرها الطريق الوطني رقم 16 الذي يربط تبسة بعنابة، والطريق الوطني رقم 82 الذي يربط تبسة بخنشلة، إضافة إلى خط السكك الحديدية المتجه شرقًا نحو عنابة. كما تبعد عن أقرب مطار بحوالي 10 كم. بالنسبة لموقعها الجغرافي، تقع على بعد 07 كم من تبسة(Tébessa 2025)

2. مناخ المنطقة:

اعتمادا على المعطيات المناخية الموجودة في المواقع العالمية مثل المعطيات المناخية المؤخوذة من مطار ولاية تبسة....one building, energy plus وباستخدام برنامج rhinoceros و grasshopper تم استخلاص النتائج التالية:

1.2 تحليل مخطط الرطوبة النسبية لمحطة تبسة الجوية

1.1.2 وصف المخطط:



صورة:36 الرطوبة النسبية (٪) لكل ساعة خلال السنة بمدينة تبسة – تمثيل زمني باستخدام Ladybug المصدر: (الطالبة)

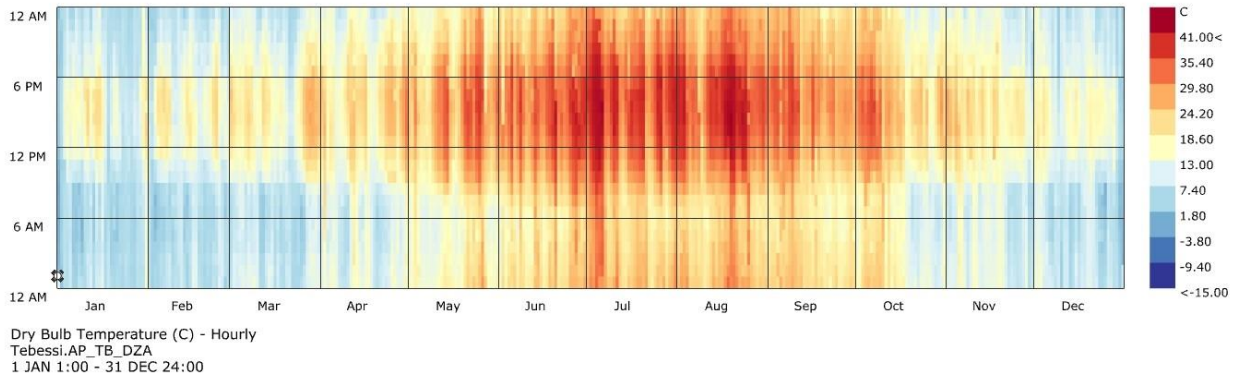
- يمثل المخطط توزيع **الرطوبة النسبية(%)** في تبسة على مدار العام، بتفاصيل **ساعية**.(Hourly)
- الألوان تشير إلى نسب الرطوبة المختلفة:
  - **الأصفر :(90%–100%)** رطوبة عالية جداً.
  - **البرتقالي–الأحمر :(50%–80%)** مستويات متوسطة إلى مرتفعة من الرطوبة.
  - **الأزرق (أقل من 30%)** :مستويات منخفضة جداً من الرطوبة.

2.1.2 الملاحظات الرئيسية:

- **الرطوبة تكون منخفضة خلال فصل الصيف (جوان –أوت)**، حيث يظهر اللون الأزرق والبنفسجي بكثرة، مما يدل على فترات من **الجفاف الشديد**.
- **في الشتاء (ديسمبر – فيفري)، الرطوبة تكون أعلى**، مع وجود ألوان أكثر دفئًا (الأصفر والبرتقالي)، مما يدل على **ارتفاع نسبة الرطوبة**.
- **التفاوت اليومي واضح**، حيث تنخفض الرطوبة خلال النهار وترتفع ليلًا، وهو نمط متوقع بسبب التبخر وزيادة درجة الحرارة نهاراً.

2.2 تحليل مخطط درجة حرارة الهواء الجاف لمحطة تبسة الجوية

1.2.2 وصف المخطط:



صورة:37 الحرارة (℃) لكل ساعة خلال السنة بمدينة تبسة – تمثيل زمني باستخدام Ladybug المصدر: (الطالبة)

- المخطط يعرض **درجة حرارة الهواء الجاف(°C)** بشكل**ساعي** على مدار العام في محطة تبسة.
- **المحور الأفقي** يمثل الأشهر من **جانفي إلى ديسمبر**.
- **المحور العمودي** يمثل الوقت خلال اليوم (من منتصف الليل إلى منتصف الليل في اليوم التالي).
- **مفتاح الألوان:**
  - **الأحمر :(>41°C)** حرارة مرتفعة جداً.
  - **البرتقالي :(24–35°C~)** حرارة دافئة إلى حارة.
  - **الأزرق :(<0°C)** برودة شديدة.
  - **الأزرق الداكن :(<–9°C)** صقيع شديد جداً.

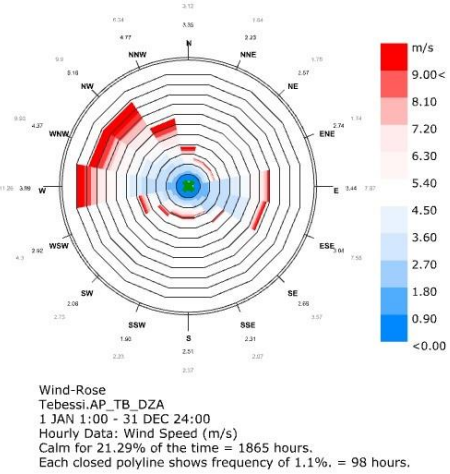
2.2.2 الملاحظات الرئيسية:

- **الصيف (جوان – أوت):**
  - درجات الحرارة **مرتفعة جداً** خلال النهار، تصل إلى أكثر من) **41°C**خاصة في شهر يوليو وأغسطس.(
  - حتى خلال الليل، تبقى درجات الحرارة مرتفعة، مما يشير إلى تأثير **الحرارة الحضرية واحتباس الحرارة في المواد الإنشائية.**
- **الشتاء (ديسمبر – فيفري):**
  - درجات الحرارة **منخفضة جداً**، وقد تصل إلى **أقل من** –**9°C**خلال الليل.
  - خلال النهار، ترتفع قليلًا ولكنها تبقى ضمن نطاق البرد القارس.
- **التغير اليومي في درجات الحرارة واضح جداً**، حيث:
  - في الصيف، يكون الفرق بين النهار والليل **أقل وضوحًا** بسبب الحرارة العالية المستمرة.

- في الشتاء، الفرق يكون أكثر وضوحًا، حيث تصل درجات الحرارة إلى أدنى مستوياتها قبل شروق الشمس.

3. وردة الرياح:

هذه الصورة تمثل وردة **الرياح(Wind Rose)** لمحطة الأرصاد الجوية في **تبسة، الجزائر** .إليك تحليلها:



صورة 38:وردة الرياح باستخدام برنامج grasshopper المصدر:(الطالبة)

1.3 تفسير الوردة الرياحية:

- تُظهر وردة الرياح اتجاهات الرياح وسرعاتها على مدار السنة.
- كل قطاع يمثل اتجاه الرياح، وكل لون يشير إلى نطاق سرعة الرياح بالأمتار في الثانية.(m/s)
- الألوان:
  - **الأحمر الداكن** :سرعات رياح عالية (أكثر من 9.0 م/ث).
  - **الأحمر الفاتح إلى الوردي** :سرعات متوسطة (بين 5.4 و9.0 م/ث).
  - **الأزرق الفاتح إلى الداكن** :سرعات رياح منخفضة (أقل من 4.5 م/ث).
- المركز الأزرق يشير إلى الفترات التي تكون فيها الرياح هادئة (سرعة قريبة من الصفر).

2.3 الاتجاهات السائدة للرياح:

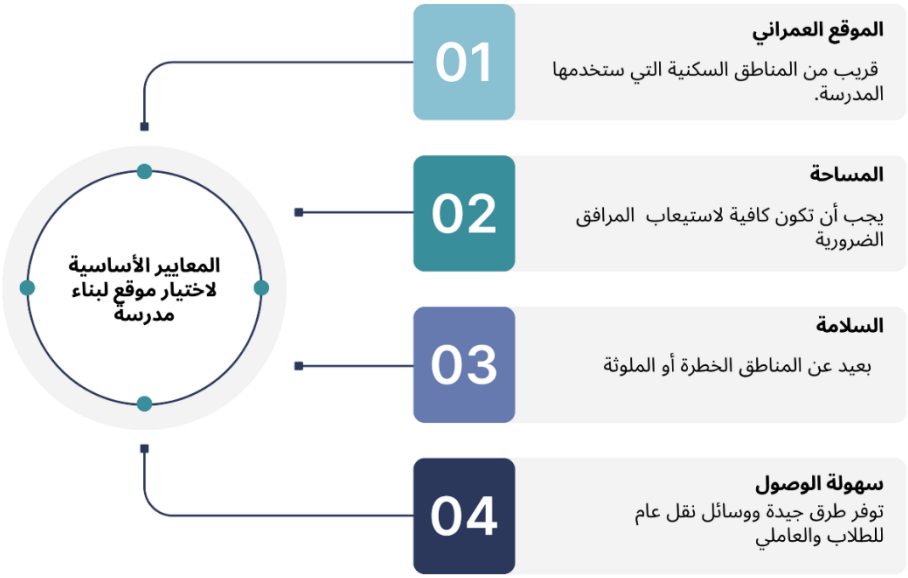
- الرياح الأكثر شيوعًا تأتي من **الاتجاه الغربي (W) والغرب الشمالي الغربي.(WNW)**
- بعض الرياح تأتي من **الشرق (E) والشرق الجنوبي الشرقي(ESE)** ولكن بتكرار أقل.
- الفترات الهادئة تشكل **21.29%**من الوقت، أي حوالي **1865ساعة** خلال العام.

3.3 الاستخدامات المعمارية والتخطيطية:

- تصميم المباني يجب أن يأخذ في الاعتبار الرياح السائدة لتوجيه فتحات التهوية والنوافذ لتحقيق **التهوية الطبيعية وتقليل استهلاك الطاقة.**
- يمكن استخدام أنظمة التظليل أو الحواجز الهوائية لحماية المباني من الرياح القوية القادمة من **الغرب والشمال الغربي.**
- في **التصميم السلبي للمباني**، يفضل وضع الفتحات الرئيسية في الاتجاهات الأقل تعرضاً للرياح القوية، مع تعزيز التهوية المتقاطعة في الاتجاهات السائدة.

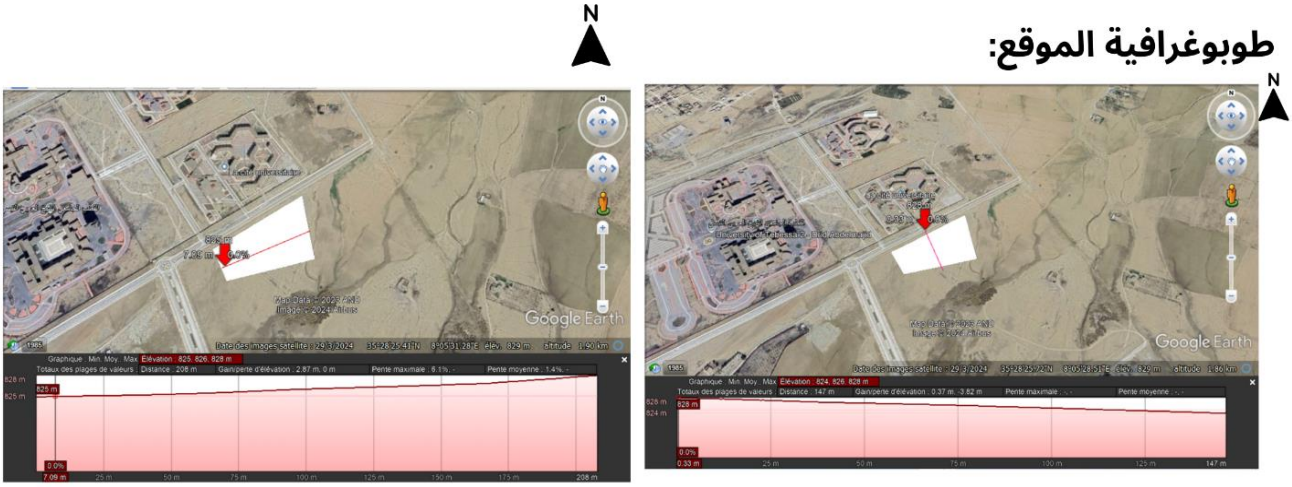
4. المعايير الأساسية لاختيار موقع لبناء مدرسة:

يجب أن تأخذ إقامة المدارس في الاعتبار سكان الحي، كثافتهم السكانية، عدد المدارس الموجودة، ونطاق التغطية لكل مدرسة

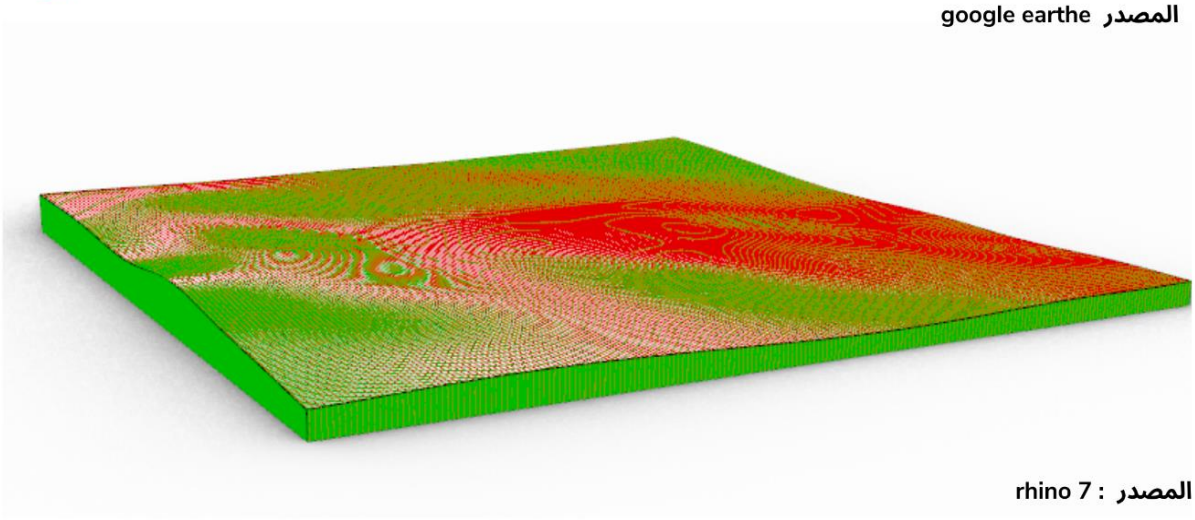


صورة 39:معايير اختيار الموقع المصدر:(الطالبة)

- **طوبوغرافية الموقع:**



المصدر google earthe



المصدر : rhino 7

وصف طوبوغرافية الموقع:

- طبيعة الأرض:

الموقع يتميّز بانحدار طفيف بمعدل لا يتجاوز 1.41% في الاتجاه الغربي-الشرقي (حسب المقاطع الطولية).

- فرق الارتفاع:

يتراوح الارتفاع بين حوالي 823.61 م و 825.38 م، أي بفارق طفيف لا يتجاوز 1.77 متر عبر مسافة تتجاوز 200 م، مما يدل على أن الموقع مستوٍ نسبيًا، مع ميل خفيف جدًا يسمح بالتصريف الطبيعي لمياه الأمطار.

- اتجاه الانحدار:

الانحدار العام يتجه نحو الشرق، حسب السهم في المقاطع والميل الموضح في الرسم البياني.

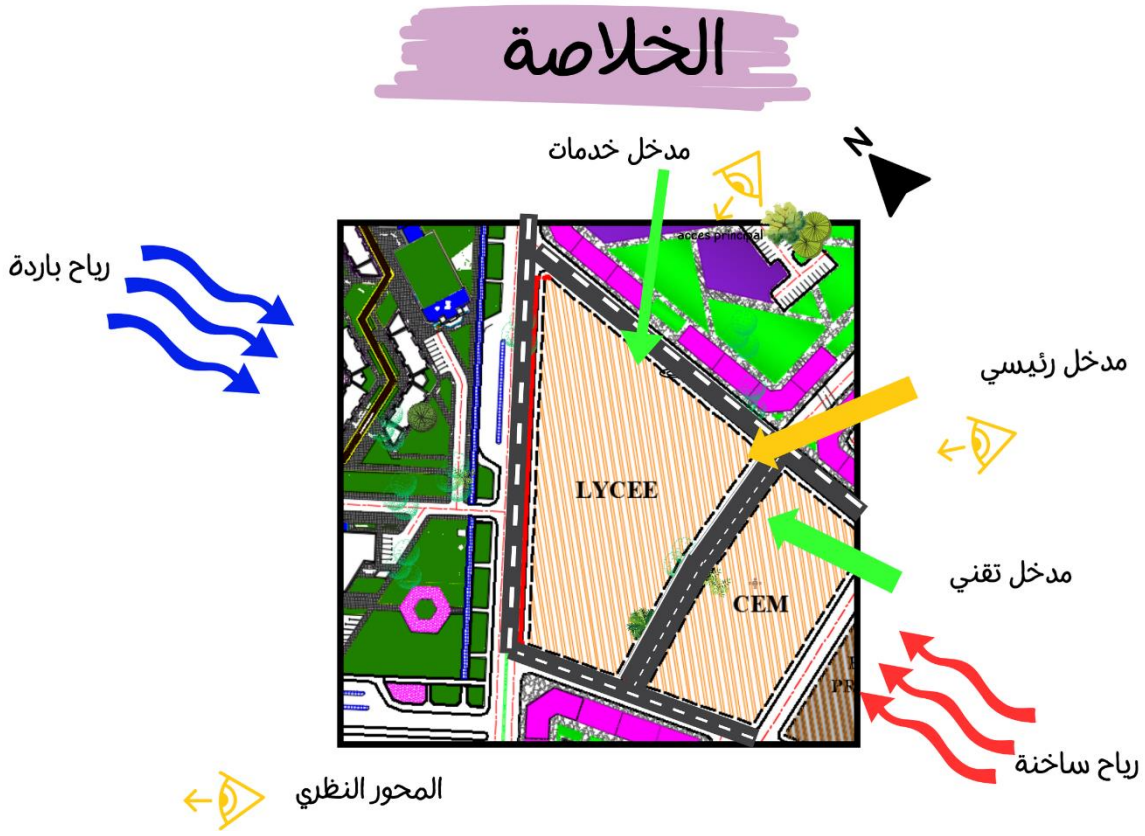
- تأثير الطوبوغرافيا على التصميم المعماري:

يُمكن استغلال هذا الانحدار البسيط في تصميم شبكة صرف فعالة.

يسمح بتنفيذ تصميم مبسط دون الحاجة إلى تسويات كبيرة في التربة.

يُمكن استغلال الفرق البسيط في المنسوب لخلق تدرّجات خفيفة في الأرضيات الخارجية (ramps، مساحات خضراء...).

صورة 42:تحليل الموقع *المصدر: (الطالبة)*



صورة 41:خلاصة تحليل الموقع المصدر:(الطالبة)

الخلاصة النهائية

الموقع مناسب لإنشاء الثانوية بشرط التعامل مع شكل الارضية من خلال توظيف حلول تصميمية فعّالة .

أرضية المشروع تتميز: –موقع جيد نظرا لوجود عدة مرافق بالجوار –يمكن الوصول اليها بسهولة من جميع النواحي –معرضة للشمس

موقع المدخل الرئيسي: يتم تحديده بحيث يكون مواجهاً للسكنات ، مما يضمن سلامة الطلاب من مخاطر المرور والتدافع.

سهولة الوصول الميكانيكي: يتم تنظيم حركة المركبات من خلال الطرق الفرعية لتجنب الازدحام الناتج عن الطريق الرئيسي، مع تخصيص مسارات منفصلة للوصول.

5. **اهداف المشروع:**

- تصميم بيئة تعليمية ملائمة تلبي احتياجات التلاميذ
- التركيز على تقليل استهلاك الطاقة
- ضمان راحة المستخدمين خاصة الراحة الحرارية
- انشاء فضاءات مهيئة ومناسبة للجميع بما في ذلك ذوي الاحتياجات الخاصة
- توجيه المدرسة لتكون نموذجاً توعوياً لطلابها في قضايا الاستدامة من خلال تصميم يشجع على السلوك البيئي السليم.

6. **النوايا التصميمية:**

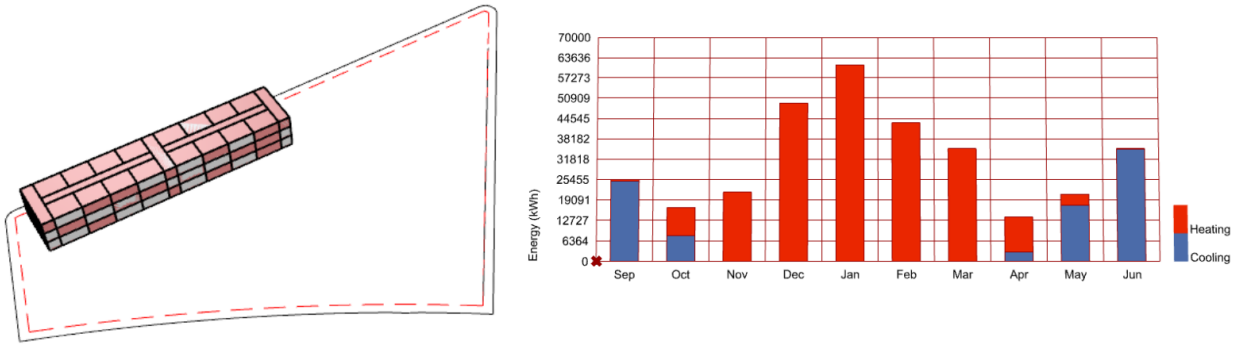
- محور مركزي :خلق محور او ساحة مركزية تعمل كنقطة تواصل بين مختلف الوظائف (ادارية , تعليمية ...)
- تبني عمارة تعتمد على الكفاءة الطاقوية
- التركيز على السلامة والأمان
- توفير ممرات خروج واضحة وفقًا للمعايير.
- توفير بيئة تحفز الإبداع
- احترام النسيج العمراني المحيط والتجانس مع المباني المجاورة.
- الاهتمام بالارتفاعات والنسب لتتناسب مع طبيعة المنطقة.

نتائج المحاكاة للمشروع:

التصميم المعتمد هو نتيجة دراسة تحليلية فعلية وليس مجرد قرار شكلي.

طبقت التوصيات المستخلصة من البحث:

- التوجيه المناسب للأقسام
- استخدام مادة البوليستيرين كعازل حراري
- تبني الشكل الأنسب من خلال المحاكاة السابقة



صورة 42:نتائج محاكاة المشروع المصدر:(الطالبة)

استهلاك الطاقة:

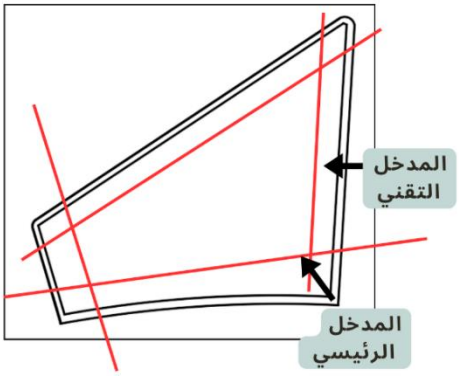
- **التدفئة(Heating):** 135.053 kWh
- **التبريد(Cooling):** 38.228 kWh
- **EUI:** 226.984 kWh/m²

الفكرة التصميمية :



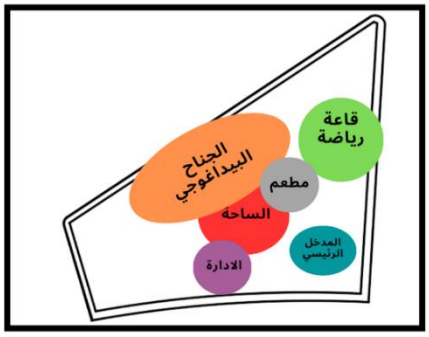
تُظهر هذه الصورة موقع الأرض المدروسة ضمن نسيج عمراني

توزيع المداخل

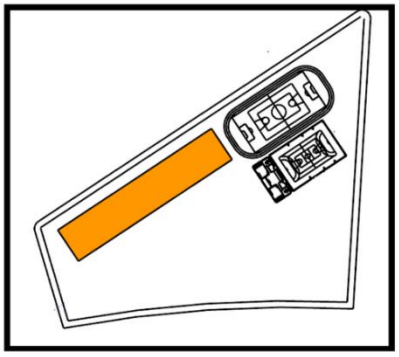


تم اعتماد محور مركزي يُشكل ساحة مفتوحة تشكل صلة وصل وانسيابية بين مختلف الكتل الوظيفية (التعليمية، الإدارية، الترفيهية...). هذا المحور يسهل الحركة ويوفر نقطة التقاء اجتماعية داخل الفضاء المدرسي.

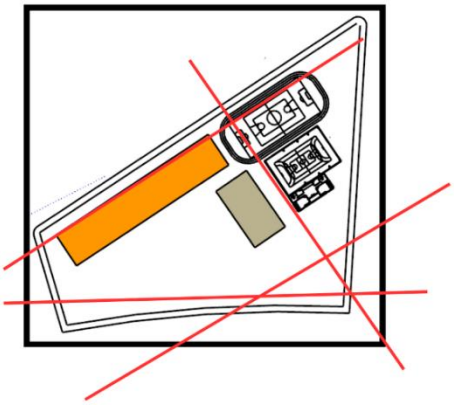
توزيع الوظائف



تم توزيع الكتل وفقًا لوظائفهاوحسب النتائج المستخرجة من الدراسة :
الفضاءات التعليمية في الجهة الشمالية الشرقية لتحقيق أقل تعرض لأشعة الشمس.
الكتلة الإدارية والإستقبال في الواجهة لسهولة الوصول.
الفضاءات الرياضية والترفيهية في المنطقة الخلفية لضمان الخصوصية والأمان.



تمت مراعاة التوجيه المناسب للأقسام نحو الشمال لتقليل اكتساب الحرارة وتحقيق راحة حرارية مثالية داخل الفصول، مع تكوين مساحات خضراء محيطة تعزز من جودة الفضاء.





تصميم نهائي يعكس الفكرة ويحقق انسجامًا بين الشكل، الوظيفة.

صورة43 : الفكرة التصميمية المصدر:(الطالبة)

الخاتمة:

يمثّل النموذج التصميمي المقترح خلاصة متكاملة للتحليلات المناخية، والمعطيات المعمارية، ونتائج المحاكاة الرقمية التي تم تناولها في الفصول السابقة. وقد تم اختيار الحلول المعمارية وفق معايير دقيقة تهدف إلى تحسين الأداء الطاقوي للمؤسسة التعليمية.

أظهر التصميم اعتمادًا واضحًا على مبادئ التصميم السلبي، خاصة في ما يتعلق بالتوجيه، والعزل الحراري، وتوزيع الفضاءات الداخلية، بما يحقق توازنًا بين الجمالية المعمارية والكفاءة الطاقوية. كما يُعد هذا النموذج مثالًا قابلًا للتطوير والتكييف مع ظروف مناخية مماثلة، ومرجعًا يمكن الاستناد إليه في إعداد مشاريع تعليمية مستدامة مستقبلًا.

وبالتالي، فإن هذا الفصل يُترجم التوصيات النظرية والتقنية إلى حلول تصميمية ملموسة، تمكّن من تحسين جودة البيئة التعليمية، والمساهمة في خفض استهلاك الطاقة، بما يتماشى مع مبادئ السياق الجزائري

الخلاصة:

في ظل التغيرات المناخية والتحديات البيئية التي يشهدها العالم، أصبحت قضايا الطاقة في صميم انشغالات الباحثين والمخططين، خاصة في قطاع المباني، الذي يُعد من بين أكثر القطاعات استهلاكًا للطاقة. وضمن هذا الإطار، جاءت هذه الدراسة لتسليط الضوء على أهمية التصميم المعماري كأداة فعالة لتحسين كفاءة الطاقة في المباني المدرسية، باعتبار أن هذه المؤسسات تشكل جزءًا حيويًا من البنية التحتية التعليمية، وتؤثر مباشرة على جودة التعليم وراحة التلاميذ.

يتمثل الهدف الأساسي من هذا البحث في تحليل ودراسة مدى تأثير القرارات المعمارية (التوجيه، الشكل، المواد...) على أداء المباني المدرسية من حيث استهلاك الطاقة، والسعي إلى اقتراح حلول تصميمية تستند إلى مبادئ العمارة المناخية لتحقيق بيئة تعليمية أكثر كفاءة وراحة.

انطلقت الدراسة من الإشكالية التالية:

كيف يمكن تحسين كفاءة الطاقة في المدارس الجزائرية من خلال التصميم المعماري ؟

وقد تم بناء الفرضيات التالية:

- **الفرضية الرئيسية** :القرارات المعمارية تؤثر مباشرة على الطلب الطاقوي للمبنى.
- **الفرضيات الفرعية:**

التوجيه المدروس يمكن أن يقلل من الحاجة للإضاءة الاصطناعية والتدفئة .

شكل الكتلة وتوزيع الفضاءات يساهم في تحسين العزل الطاقوي.

لاختبار هذه الفرضيات، تم اعتماد **منهج تحليلي تجريبي** يقوم على مراحل متكاملة:

1. **دراسة نظرية** شملت مفاهيم الطاقة في المباني والتعليم المستدام.
2. **الدراسات السابقة**
3. **محاكاة رقمية باستخدام**Rhino + Grasshopper + Honeybee لنماذج مختلفة من الأقسام الدراسية (منفصلة، متجاورة، متراكبة)، وفق سيناريوهات متنوعة من التوجيه، ، المواد... إلخ.

تحليل النتائج ومقارنتها لاستخلاص أفضل الحلول التصميمية من الناحية الطاقوية.

أظهرت الدراسة أن:

- **التحكم في التوجيه** يمكن أن يقلل بشكل ملحوظ من استهلاك الطاقة للتدفئة والإضاءة.
- **تصميم الكتلة المعمارية (التراكم، التجاور، الفصل)** يؤثر على فقدان أو اكتساب الحرارة.
- **اختيار المواد المناسبة للعزل** يساهم بشكل مباشر في تحسين الأداء الطاقوي.
- يمكن تحقيق فرق يتجاوز **30%في استهلاك الطاقة** فقط من خلال حلول تصميمية بسيطة ومدروسة.

انطلاقًا من نتائج الدراسة، تم تطوير **نموذج تصميمي نموذجي لقسم مدرسي** يتميز بتوجيه مناسب، وكتلة فعالة من حيث الشكل، وعزل حراري جيد. هذا النموذج يمكن اعتماده كمرجع أولي لتوجيه التصميم المستقبلي للمدارس الجديدة، خاصة في المناطق ذات المناخ المشابه لولاية تبسة .

أثبت البحث أن التكامل بين **البعد المعماري الجمالي** و**الاعتبارات الطاقوية** هو أمر ممكن وضروري. فالعمارة المستدامة لا تتعارض مع الإبداع، بل توجهه نحو حلول ذكية ومتوازنة تخدم المستخدم والبيئة معًا.**التوصيات:**

- إدراج مبادئ **التصميم** في دفاتر الشروط الخاصة ببناء المدارس.
- **تشجيع استخدام المحاكاة الرقمية** خلال المراحل الأولى من التصميم.
- مراجعة السياسات المعمارية المعتمدة في قطاع التربية لتتكيف مع المعايير البيئية.

صعوبات وحدود البحث:

واجهنا خلال هذا البحث عدة تحديات:

- **نقص البيانات الدقيقة** حول استهلاك الطاقة في المدارس الجزائرية.
- **ضعف المراجع المحلية** المتخصصة في الموضوع.
- **صعوبة إعداد المحاكاة** نظراً لتعقيد البرمجيات .
- **القيود الزمنية** حالت دون توسيع عينة الدراسة أو إدماج جوانب إضافية مثل السلوك البشري أو الطاقات المتجددة.

يمكن تطوير هذا البحث في اتجاهات متعددة، نذكر منها:

- توسيع الدراسة لتشمل **مدارس في مناطق مناخية مختلفة.**

- دمج **أنظمة الطاقة المتجددة** ضمن التصميم (كالألواح الشمسية).
- دراسة **العلاقة بين السلوك الطاقوي للمستخدمين وتصميم الفضاء.**
- تطوير أدوات بسيطة لمساعدة المعماريين على تقييم الأداء الطاقوي خلال التصميم الأولي.

قائمة المصادر والمراجع

Abdou, H دور التكنولوجيا الذكية في رفع كفاءة الأداء للفراغات الداخلية بالمباني التعليمية دراسة حالة : فراغ استوديو التصميم المعماري. (2019) .

AboHassan, A., et al. (2025). "Neural Network-Based Simulation of the Influence of Waste Tire Rubber on Polyester-Fiberglass Composites." Journal of Al-Azhar University Engineering Sector**0**(0): 182-192.

Ahriz, A., et al. (2021). "Development of a Mosque Design for a Hot, Dry Climate Based on a Holistic Bioclimatic Vision." Sustainability**13**.(11)

Aksin, F. N. and S. Arslan Selçuk (2021). "Energy Performance Optimization of School Buildings in Different Climates of Turkey." Future Cities and Environment**7**.(1)

Associates, M. (2024). "Rhino 3D: Modeling Tools for Designers." from https://www.rhino3d.com./

Chung, W. and I. Yeung (2020). "A study of energy consumption of secondary school buildings in Hong Kong." Energy and Buildings**226**: 110388.

Chung, W. and I. M. H. Yeung (2020). "A study of energy consumption of secondary school buildings in Hong Kong." Energy and Buildings**226**.

Crawley, D., et al. (2008). "Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs." Building and Environment**43**: 661-673.

Dr.R.K.Doharey, et al. (2023). Education : Meaning, definition & Types**:** 1-6.

Dube, S., et al. (2009). Energy Management In your SCHOOL.

Elitsa, I. (2019). "School Building Planning. Main Types of Systems (Plans) of School Buildings." World Science**1**(7(47)): 18-31.

Fawkes, S., et al. (February 2016). Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement.

Fezzai, S., et al. (2019). "Quantifying the effectiveness of mass proportions and the orientation for buildings on thermal performance in Tebessa, Algeria." IOP Conference Series Earth and EnvironmentalScience**397**: 012008.

haj hussein, M., et al. (2016). Evaluation for Environmental Comfort Performance in the Palestinian Schools.

Iyiegbuniwe, E. (2014). "Net-zero energy: A case study on renewable energy and policy issues at Richardsville ElementarySchool, Kentucky." International Journal of Energy Technology and Policy**10**: 61-79.

Jaouaf, S., et al. (2024). "Passive strategies for energy-efficient educational facilities: Insights from a mediterranean primary school." Energy Reports**11**: 3653-3683.

Jaysawal, R. K., et al. (2022). "Concept of net zero energy buildings (NZEB) - A literature review." Cleaner Engineering and Technology**11**.

Katafygiotou, M. C. and D. K. Serghides (2014). "Analysis of structural elements and energy consumption of school building stock in Cyprus: Energy simulations and upgrade scenarios of a typical school." Energy and Buildings**72**: 8-16.

Kdanginfo, K. D. A. (2025). "School building design types." Retrieved April 29, 2025, from https://kdanginfo.wordpress.com/school-building-design-types.

Kent Peterson P2S Engineering, C. f. t. N. I. o. B. S., et al. (September 2015). "A Common Definition for

Zero Energy Buildings." The Project Team consisted of representatives from both the U.S. Department of Energy and the National Instituteof Building Science: 22.

Kim, T., et al. (2019). "The study on the Energy Consumption of middle school facilities in Daegu, Korea." Energy Reports**5**: 993-1000.

Palmer, E. b. K. C. a. K. (2020). "Energy_Efficiency_101." resourse for the futures.

Patterson, M. G. (1996). "What is energy efficiency?" Energy Policy**24**(5): 377-390.

Sb, M. (2015). "Building Energy Consumption and Carbon dioxide Emissions: Threat to Climate Change." Journal of Earth Science & Climatic Change**s3**.

Sinakovics, M., et al. (2024). "Analysis of the Energy Consumption for Heating in Schools." Latvian Journal of Physics and Technical Sciences**61**: 80-88.

star, e. (November 2006). "10. Facility Type :K–12 Schools energy star." energy star

Tebessa, W. "OPPORTUNITÉS OFFERTES À L'INVESTISSEMENT ÉCONOMIQUE AU NIVEAU DE LA COMMUNE DEBOULHEF-DYR."

Tébessa, W. d. (2025). "CTOIC de la Wilaya de Tébessa." Retrieved April 20, 2025, from http://wilaya-tebessa.dz/CTOIC_DE_LA_WILAYA_DE_TEBESSA/Fr/Data/Dossier_html/1225/index.html.

Tools, L. "Honeybee: Environmental Building Simulation." Retrieved April 19, 2025, from https://www.ladybug.tools/honeybee.html.

Umbark, M., et al. (2020). "Energy Consumption in Residential Buildings: Comparison between Three Different Building Styles." Sustainable Development Research (ISSN 2690-9898 e-ISSN 2690-9901)**2**: p1.

Zaharia, A., et al. (2019). "Factors Influencing Energy Consumption in the Context of Sustainable Development." Sustainability**11**.(15)

Zamani, M. and A. A .Amiri (2024). "Energy efficiency in smart schools using renewable energy strategy." Journal of Daylighting**11**: 203-215.

اسيا, م. ا. ا. و. ا. ل. (2018). "استدامة الطاقة في قطاع المبانيفي المنطقة العربية."

الجزائرية, و. ا. ا. (2024). "الموقع الرسمي لوزارة التربية الوطنية". Retrieved 11.04.2025, 2025, from https://www.education.gov.dz

الجلفة, ج. ز. ع. (2020). التعليم في الجزائر الواقع واآلفاق

Education in Algeria, nowadays and future. مجلـة البحوث التربوية والتعليمية, 2020/12/30.

الملخص

تتناول هذه الدراسة موضوع **تحسين كفاءة الطاقة في المباني المدرسية من خلال التصميم المعماري،** وذلك في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي يواجهها قطاع البناء. تُعد المدارس من بين أكثر المباني استهلاكًا للطاقة، حيث تعتمد بشكل كبير على الإضاءة الاصطناعية والتدفئة والتبريد والتهوية، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة ورفع التكاليف التشغيلية. لذلك، أصبح من الضروري البحث عن حلول تصميمية مستدامة تحقق بيئة تعليمية مريحة وموفرة للطاقة في آنٍ واحد.

تهدف الدراسة إلى **تحليل تأثير العوامل التصميمية على استهلاك الطاقة في المدارس، مع التركيز على استراتيجيات التصميم السلبي مثل التوجيه الأمثل للمبنى، اختيار مواد البناء ذات العزل الحراري الجيد.** كما تبحث الدراسة في **إمكانية استخدام الأدوات الرقمية لمحاكاة وتحليل الأداء الطاقوي للمباني المدرسية،** وذلك من أجل اقتراح حلول فعالة وقابلة للتطبيق في مختلف الظروف المناخية.

تم اعتماد **منهج تحليلي وتطبيقي** لدراسة تأثير التصميم المعماري على كفاءة الطاقة، حيث شملت الدراسة تحليل نماذج مدرسية، ومقارنة استهلاك الطاقة لأنماط تصميمية مختلفة، بالإضافة إلى تقييم تأثير المعايير التصميمية على الأداء الطاقوي للمبنى.

الكلمات الدلالية:

كفاءة الطاقة، التصميم المعماري، المباني المدرسية، التصميم السلبي، الاستدامة، العزل الحراري، المحاكاة الرقمية، الأداء الطاقوي، مواد البناء المستدامة، استهلاك الطاقة، الطاقة المتجددة، المباني منخفضة الاستهلاك الطاقوي، التحليل البيئي

Abstract:

This study addresses the topic of **improving energy performance in school buildings through architectural design**, in light of the environmental and economic challenges faced by the construction sector. Schools are among the most energy-consuming buildings, relying heavily on artificial lighting, heating, cooling, and ventilation, which leads to increased energy consumption and higher operational costs. Therefore, it has become essential to explore **sustainable design solutions** that ensure a comfortable and energy-efficient learning environment.

The study aims to **analyze the impact of design factors on energy consumption in schools**, focusing on **passive design strategies such as optimal building orientation and the selection of thermally insulated construction materials**. Additionally, the study explores the potential of using **digital tools for simulating and analyzing the energy performance of school buildings**, in order to propose effective and applicable solutions across different climatic conditions.

A **combined analytical and applied methodology** was adopted to examine the influence of architectural design on energy efficiency. The study included **analyzing existing school models, comparing energy consumption across different design patterns, and assessing the impact of design standards on building energy performance.**

Résumé :

Cette étude porte sur l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments scolaires à travers le design architectural, dans le contexte des défis environnementaux et économiques auxquels est confronté le secteur de la construction. Les écoles figurent parmi les bâtiments les plus énergivores, dépendant largement de l'éclairage artificiel, du chauffage, du refroidissement et de la ventilation, ce qui entraîne une consommation énergétique accrue et des coûts d'exploitation élevés. Il devient donc essentiel d'explorer des solutions de conception durable permettant d'assurer un environnement d'apprentissage confortable et économe en énergie.

L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact des facteurs de conception sur la consommation énergétique dans les écoles, en mettant l'accent sur les stratégies passives telles que l'orientation optimale des bâtiments et le choix de matériaux de construction à isolation thermique efficace. De plus, l'étude examine le potentiel d'utilisation des outils numériques pour la simulation et l'analyse de la performance énergétique des bâtiments scolaires, afin de proposer des solutions efficaces et applicables dans différents contextes climatiques.

Une méthodologie à la fois analytique et appliquée a été adoptée pour évaluer l'influence du design architectural sur l'efficacité énergétique. L'étude comprend l'analyse de modèles scolaires existants, la comparaison de la consommation énergétique selon différents schémas de conception, ainsi que l'évaluation de l'impact des normes de conception sur la performance énergétique des bâtiment

عرض المشروع بشكل ثلاثي الابعاد

https://autode.sk/4j3MQ0o



عرض تفاصيل اكثر عن المشروع :

https://www.notion.so/1fa4691b46818024b3efcb8b99f6f1e1?source=copy_link