Ministry of Higher Education
and Scientific Research
Syrian Virtual University
Program Master of BIMM

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة الافتراضية السورية
برنامج نمذجة معلومات البناء
وإدارتها BIMM

دور تطبيق نمذجة معلومات البناء في تقنيات الاستدامة على كفاءة النظم الانشائية وإدارة نفايات الأبنية حالة درسية -كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة.

The Role of Applying (BIM) in Sustainability Techniques on the Efficiency of Structural and Waste Management Systems Case Study - Faculty of Engineering at Yarmouk Private University.

بحث مقدم لنيل درجة ماجستير التأهيل والتخصص في إدارة ونمذجة معلومات البناء

إشراف: الدكتور المهندس مصطفى كمال بدرة
المشرف المساعد: المهندسة رغد سفور
إعداد الطالب حسان محمد بشار البغدادي
Hassan_199928

العام الدراسي: 2024-2025

S24

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

إهداء

إلى والدي وصديقي ومنارتي وقبلتي المدرس محمد بشار البغدادي

وإلى شمس العطاء وصاحبة القلب الكبير أمي حسنى جمعة

وإلى من أعتز به دوماً وأفتخر فيه أخي الدكتور هشام البغدادي

شكر وتقدير إلى

الدكتور مصطفى كمال بدرة

المشرف على إتمام هذا المشروع

المهندسة رغد سفور

المشرف المساعد

الدكتورة سونيا أحمد

مؤسسة ومديرة برنامج ماجستير نمذجة معلومات البناء في الجامعة الافتراضية السورية

الشكر إلى لجنة التحكيم المؤلفة من:

وإلى جميع الأساتذة في الجامعة الافتراضي السورية لمساهمتهم في رفع المستوى العلمي لطلاب وطني الحبيب سوريا

الفهرس

الإهداء..... ii

الفهرس ii

فهرس الأشكال..... v

مصطلحات البحث..... vii

الملخص..... xi

كلمات مفتاحية..... xi

Abstract..... xii

Key words..... xiii

الفصل الأول: الإطار العام للبحث 1

1.1 المقدمة..... 1

2.1 مشكلة البحث..... 2

3.1 فرضيات البحث..... 2

4.1 أهمية البحث 2

5.1 أهداف البحث..... 2

6.1 منهج البحث..... 3

7.1 أدوات البحث 3

8.1 حدود البحث..... 3

9.1 مجتمع البحث..... 4

10.1 عينة البحث 4

11.1 دراسات سابقة 4

12.1 أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة..... 12

الفصل الثاني: نمذجة معلومات البناء (BIM)

1.2 تعريف نمذجة معلومات البناء 13

2.2 أهمية واستخدامات (BIM) 13

3.2 فوائد تطبيق (BIM)..... 13

4.2 أبعاد ال(BIM) 14

5.2 التحديات التي تواجه تطبيق ال (BIM) في المشاريع 16

6.2 تطبيق البيم في إدارة المرافق التعليمية..... 17

الفصل الثالث العمارة المستدامة

1.3 تمهيد..... 18

2.3 مفهوم الاستدامة..... 18

3.3 أبعاد الاستدامة..... 19

4.3 ممارسات الاستدامة..... 19

5.3 الأبنية الخضراء..... 21

6.3 أنظمة وهيئات التقييم..... 22

7.3 النظام الإنشائي المستدام 27

8.3 نظام إدارة النفايات..... 30

9.3 التصميم المستدام وفق BIM..... 31

10.3 برمجيات BIM في التصميم المستدام..... 32

11.3 تطبيق ممارسات الاستدامة في المرافق التعليمية 33

الفصل الرابع الإطار العملي للدراسة

1.4 منهجية العمل..... 34

2.4 Interface Global Headquarter 35

4.3 أكاديمية العلوم الطبيعية كاليفورنيا 43

4.4 مطار شنغي الجوهرة سنغفورة..... 51

5.4 كرات أمازون 59

6.4 متحف المستقبل 67

7.4 جامعة اليرموك الخاصة..... 78

8.4 النتائج..... 95

4.9 التوصيات 97

المراجع 101

فهرس الأشكال

الشكل 1 أبعاد الاستدامة 19

الشكل 2 التقييم بناء على النقاط في نظام LEED 23

الشكل 3 تحليل أداء مبنى في بيئة BIM 32

Interface Global Headquarters

الشكل 4 المبنى من الخارج 36

الشكل 5 مسقط الطابق الأول للمبنى 37

الشكل 6 مسقط الطابق الرابع للمبنى 37

الشكل 7 Render للطابق الأرضي مدخل المبنى 38

الشكل 8 نظام إدارة المياه في المبنى 39

الشكل 9 نظام إدارة المياه في المبنى 39

الشكل 10 تجميع المياه الواردة من الأسطح في المبنى 40

الشكل 11السطح الأخضر للمبنى 40

الشكل 12 يوضح مواد البناء المستدامة المستعملة في المبنى 42

أكاديمية العلوم الطبيعية كاليفورنيا The California Academy of Sciences

الشكل 13 التصميم المعماري الخارجي للمبنى 43

الشكل 14 مدخل المبنى 44

الشكل 15 الواجهة الجنوبية للمبنى 44

الشكل 16 مسقط أفقي للمبنى 45

الشكل 17 إنشاء الأساسات الشريطية 47

الشكل 18 الجملة المختلطة 47

الشكل 19 الجوائز المعدنية في سقف المبنى 47

الشكل 20 البلاطة المركبة لسقف المبنى 47

الشكل 21 كيفية دخول التيارات الهوائية داخل المبنى 49

الشكل 22 يوضح الخلايا الكهروضوئية على أطراف المبنى 49

الشكل 23 يوضح استخدام الواجهة الزجاجية للمبنى 49

الشكل 24 السقف الأخضر للمبنى 49
الشكل 25 نموذج للمبنى وفق برمجية Sketch Up..... 50

مطار الجوهرة شنغي

الشكل 26 التصميم المعماري الخارجي للمبنى 51
الشكل 27 مقطع عرضي في المبنى 52
الشكل 28 توضيح الشلال في الحديقة بالإضافة لسكة القطار من داخل المبنى..... 53
الشكل 29 الطور الأول للهيكل الخارجي 54
الشكل 30 يوضح الأعمدة من الداخل 54
الشكل 31 الدعامة الخارجية 54
الشكل 32 طور المخروط 54
الشكل 33 الجوائز الشبكية الحلقية التي تسند طور المخروط 54
الشكل 34 طور المخروط من الداخل 55
الشكل 35 يوضح تغليف الجوائز الشبكية بالألواح الزجاجية 55
الشكل 36 تركيب الجوائز الشبكية 55
الشكل 37 مسقط أفقي في المبنى يوضح غابة الوادي 56
الشكل 38 مقطع عرضي في المبنى يوضح كيفية إعادة تدوير المياه في المبنى..... 57

كرات أمازون The Amazon Spheres

الشكل 39 التصميم المعماري الخارجي للمبنى..... 59
الشكل 40 مسقط أفقي للطابق الأرضي للمبنى 60
الشكل 41 مسقط أفقي للطابق الأول والثاني والثالث والرابع للمبنى 61
الشكل 42 مقطع عرضي لواجهة المبنى..... 61
الشكل 43 منظور ثلاثي الأبعاد يبرز العلاقة بين الهيكل الخارجي الزجاجي والمساحات الداخلية 62
الشكل 44 يظهر تمثيل افتراضي وواقعي للهيكل الإنشائي للمبنى..... 63
الشكل 45 تمثيل افتراضي وواقعي لوحدة الكتلان 63
الشكل 46 الهيكل الإنشائي لكرات الأمازون 63
الشكل 47 يظهر كيفية دخول كمية الزجاج إلى الأنواع النباتية..... 64

متحف المستقبل

الشكل 48 التصميم المعماري الخارجي للمبنى 67
الشكل 49 نموذج ثلاثي الأبعاد يوضح التصميم المعماري للمتحف 70
الشكل 50 مسقط جانبي في المبنى 71
الشكل 51 تفاصيل الهيكل الإنشائي 73
الشكل 52 تفاصيل الهيكل الإنشائي في المبنى 74
الشكل 53 نمذجة الهيكل المعدني وفق برنامج Tekla Structure 75
الشكل 54 نمذجة الهيكل المعدني وفق برنامج Tekla Structure 76
الشكل 55 نمذجة أنظمة MEP في المبنى 76
الشكل 56 نمذجة كافة تفاصيل المشروع وفق برمجيات BIM 77

جامعة اليرموك الخاصة

الشكل 57 شعار جامعة اليرموك الخاصة 78
الشكل 58 موقع جامعة اليرموك الخاصة 78
الشكل 59 مسقط أفقي لجامعة اليرموك الخاصة 80
الشكل 60 تموضع الكتل في جامعة اليرموك الخاصة 80
الشكل 61 مبنى كلية الهندسة المعمارية من الخارج 81
الشكل 62 مبنى كلية الهندسة المعمارية من الخارج 81
الشكل 63 مكتبة الكلية 81
الشكل 64 ممر الكلية من الداخل 81
الشكل 65 مشرح الكلية 82
الشكل 67 مسقط معماري لكلية الهندسة المعمارية 82
الشكل 68 نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى كلية الهندسة المعمارية 82
الشكل 69 نموذج ثلاثي الأبعاد لكلية الهندسة المعمارية من الداخل 83
الشكل 70 تحليل الشمس في المبنى 83
الشكل 71 دراسة الإضاءة في ممر الكلية 84
الشكل 72 دراسة الإضاءة في مسرح الكلية 84
الشكل 73 نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى الكلية بعد التعديل 87
الشكل 74 نمذجة الأساسات والأعمدة في المبنى 88

الشكل 75 مقطع عرضي في تسليح الأعمدة 88
الشكل 76 مسقط إنشائي لتصميم الأساسات والأعمدة في المبنى 89
الشكل 77 تفصيل نموذجي لتسليح الأساسات والرقبات في المبنى 89
الشكل 78 نموذج البلاطة المفرغة العاملة بالاتجاهين للمبنى 90
الشكل 79 مسقط إنشائي لبلاطة المفرغة العاملة بالاتجاهين للمبنى 90
الشكل 80 تفصيل تسليح العصب المتكرر ضمن البلاطة 91
الشكل 81 تفصيل تسليح الجائز 1 في المبنى 91
الشكل 82 نموذج للهيكل المعدني في سطح المبنى مع تفصيل الوصلات 91
الشكل 83 تفاصيل الزجاج من الخارج 92
الشكل 84 تفاصيل الزجاج من الداخل 92
الشكل 85 الإضاءة الطبيعية في الممر 93
الشكل 86 تجميع مياه الأمطار في سقف المبنى 94
الشكل 87 أنظمة تجميع مياه ومعالجة المياه في أرضية المبنى 94
الشكل 88 تموضع الخلايا الضوئية على أطراف سطح الكلية 94

جدول المصطلحات	
المصطلح	**التعريف**
Building Information Modeling نمذجة معلومات البناء (BIM)	تمثيل رقمي للخصائص المادية والوظيفية لمنشأة ما, يعد ال(BIM) مورداً معرفياً مشتركاً للمعلومات حول منشأة ما بحيث يشكل أساساً موثوقاً لاتخاذ القرارات خلال دورة حياتها ويعرف بأنه موجود منذ التصميم الأولي وحتى الهدم وتتمثل إحدى الفرضيات الأساسية لنموذج نمذجة معلومات البناء (BIM) في التعاون بين أصحاب المصلحة المختلفين في مراحل مختلفة من دورة حياة المنشأة لإدراج أو استخراج أو تحديث أو تعديل المعلومات في نموذج معلومات البناء (BIM) لدعم وعكس أدوار أصحاب المصلحة هذا.
البناء الأخضر "Green Building"	لا يعني البناء الذي تكثر حوله وفيه المزروعات والأشجار الخضراء، ولكنه مفهوم جديد يطلق على الأبنية التي توفر كل الظروف والإمكانات لحماية البيئة ودعمها أثناء تعميرها والعيش فيها وتحقيق التنمية المستدامة. (Kellert, 2008)
Biophilia	هو مفهوم يشير إلى دمج العناصر الطبيعية والتصميمات التي تعزز ارتباط الإنسان بالطبيعة داخل البيئات المبنية. يهدف إلى تحسين صحة الإنسان ورفاهيته من خلال استخدام الضوء الطبيعي، والنباتات، والمواد الطبيعية، وخلق تصاميم مستوحاة من الأشكال والأنماط الموجودة في الطبيعة.
United States Green Building	هو منظمة غير ربحية تُعنى بتشجيع وتطوير ممارسات البناء المستدامة. تهدف هذه المجالس إلى تعزيز تصميم المباني وتشغيلها بطريقة تقلل من استهلاك الموارد وتحافظ

Council "USGBC"	على البيئة وتوفر بيئات صحية للسكان والعاملين. يوجد في كل بلد تقريبًا مجلس مباني خضراء محلي مثل مجلس المباني الخضراء الأمريكي(USGBC) يعمل على تطوير معايير وأنظمة تقييم المباني الخضراء مثل نظام LEED وغيره كما يعمل على نشر التدريب والتوعية والبحث والابتكار في تقنيات البناء المستدام بحيث تلعب دوراً هاماً في خلق بيئة عمرانية أكثر استدامة وصحية، وتسعى لتحسين الأثر البيئي والاجتماعي للمباني والمجتمعات. (USGBC، 2009)
Computing Design	"يشير التصميم الحوسبي إلى استخدام البرمجيات والخوارزميات الرقمية لتوليد وتحليل النماذج الهندسية والتصميمية. يعتمد هذا النهج على دمج التقنيات المتقدمة مثل البرمجة الحاسبية والنمذجة البارمترية لتحسين الأداء التصميمي والكفاءة الإنشائية, مما يتيح للمصممين استكشاف حلول مبتكرة تتجاوز القيود التقليدية".(Kolarevic, 2003)
Parametric Design	يشير التصميم البارمتري إلى نهج تصميمي يعتمد على تحديد العلاقات بين المتغيرات التصميمية المختلفة, مما يسمح بتوليد أشكال هندسية متعددة بناء على تغيرات المعطيات المدخلة. يستخدم هذا النهج لتطوير تصاميم معقدة وديناميكية, حيث يصبح المصمم قادراً على تعديل العناصر بفاعلية لتحقيق أفضل أداء ووظيفة". (Woodbury, 2010)

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تطبيق تقنية نمذجة معلومات البناء (BIM) ودورها في تحقيق الاستدامة البيئية من خلال تحسين كفاءة النظام الإنشائي وإدارة النفايات في المباني التعليمية. يرتكز البحث على دراسة تحليلية للحالات الدراسية العالمية، مع التركيز على الحالة التطبيقية لمبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة، والذي يمثل نموذجًا عمليًا لتوضيح تأثير تقنيات (BIM) في تصميم وتشغيل المباني التعليمية المستدامة. تتناول الدراسة كيفية توظيف تقنية (BIM) لتحقيق مبانٍ مستدامة وفق المنهج الوصفي التحليلي أسلوب دراسة الحالة كما أنه يرتكز على المنهج الوصفي التجريبي باستخدام برنامج Autodesk Revit 2021 كأداة لتحليل الحالة الدرسية في إطار الدراسة، تم تحليل الوضع الراهن لمبنى كلية الهندسة المعمارية من منظور الاستدامة، مع التركيز على النظام الإنشائي المستدام للمبنى ومعالجة مشكلات استهلاك الموارد وإدارة النفايات. استُخدمت تقنيات (BIM)لتطوير حلول تصميمية تُعزز كفاءة استهلاك الطاقة وتحسن الأداء البيئي، مثل تحسين استخدام الإضاءة الطبيعية لتقليل الاعتماد على الطاقة الكهربائية، وتحليل الأنظمة الإنشائية للبناء لتعزيز كفاءتها، بجانب ابتكار استراتيجيات لإعادة تدوير النفايات وتقليل المخلفات الناتجة عن العمليات التشغيلية للمبنى.

الكلمات المفتاحية:

- نمذجة معلومات البناء (BIM).
- الأبنية الخضراء.
- النظام الإنشائي المستدام.
- نظام إدارة النفايات.

Abstract

This research aims to study the application of Building Information Modeling (BIM) technology and its role in achieving environmental sustainability by improving the efficiency of structural systems and managing waste in educational buildings. The study is based on an analytical examination of global case studies, with a focus on the practical case of the Faculty of Architecture building at Yarmouk Private University, which serves as a practical model to demonstrate the impact of BIM technologies on the design and operation of sustainable educational buildings.

The study explores how BIM technology can be employed to achieve sustainable buildings through a descriptive-analytical case study approach. It also incorporates an experimental descriptive methodology using Autodesk Revit 2021 as a tool for case study analysis. Within the framework of the study, the current state of the Faculty of Architecture building was analyzed from a sustainability perspective, focusing on the sustainable structural system of the building and addressing issues related to resource consumption and waste management.

BIM technologies were utilized to develop design solutions that enhance energy efficiency and improve environmental performance. These solutions included optimizing the use of natural lighting to reduce reliance on electrical energy, analyzing the

building’s structural systems to improve their efficiency, and devising strategies for waste recycling and minimizing waste generated from the building's operational processes.

Keywords:

- Building Information Modeling (BIM)
- Green Buildings
- Sustainable Structural system
- Waste Management System

الفصل الأول الإطار العام للدراسة

1.1 مقدمة

مع دخول الألفية الثانية شهدت صناعة البناء تطوراً ملحوظاً في كافة الجوانب على صعيد التصميم والتنفيذ إذ ظهر مصطلح:

"نمذجة معلومات البناء Building Information Modeling (BIM)"

والتي شكلت نقلة نوعية جديدة في عالم التصميم أشبه بمرحلة الانتقال من الورق إلى الحاسوب حيث أصبح بإمكان المصممين إضافة جميع المعلومات المتعلقة بكافة عناصر البناء وحصرها ضمن نموذج واحد ثلاثي الأبعاد يحاكي كافة تفاصيل المبنى كما سيتم بناءه على أرض الواقع مما يعزز سهولة إدارة المشروع والكشف المبكر عن التعارضات وزيادة التواصل بين جميع أطراف المشروع وليس هذا وحسب بل كان لل(BIM) أهمية كبيرة في إدارة موارد المشروع وأنظمة الطاقة بمختلف أنواعها وانعكاسها على العمارة للحصول على أبنية خضراء مستدامة.

فيقول فيبوس الذي قام ببناء قرية آرسيو في رومانيا أنه: "يمكن للمباني أن تجعل سكانها سعيدة أو تعيسة" وذلك القول ينطوي على إبراز دور التصميم المستدام الذي يمكنه أن يجعل المباني صحية أكثر لساكنيها مما يسهم في تصميم مساحات تعليمية تلبي احتياجات الطلاب والمجتمع مما يعزز جودة التعليم ويعكس الالتزام بالاستدامة البيئية, ويصل هذا البحث إلى استراتيجية ومنهجية للتطبيق داعمة لتحقيق أبنية خضراء مستدامة من خلال توثيق وابراز دور التطبيقات الحديثة في مجال الحاسب.

2.1 مشكلة البحث

وفي ظل التزايد المستمر للوعي البيئي تواجه مؤسسات التعليم تحدي كبير في أداء التصميم المعماري المستدام ويُلاحظ ذلك من خلال مبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة (حالة الدرسية) بحيث لا تزال الفجوة واضحة بين التصميم الحالي للمبنى و تقنيات العمارة المستدامة ويمكن سدها بتطبيق ال(BIM) بأبعاده

المختلفة سيما البعد السابع وهو "الاستدامة" للتوصل للأهداف المرجوة ولكن لا يزال هناك العديد من التساؤلات مبهمة حول ممارسة ال (BIM) في قطاع العمارة المستدامة وهي:

1.1 كيف يمكن تصميم أبنية مستدامة عن طريق نمذجة معلومات البناء ال (BIM)؟

2.1 ما هي العقبات التي تواجه تطبيق نمذجة معلومات البناء في تصميم الأبنية المستدامة؟

3.1 ما هو الدور الذي تلعبه التقنيات المضافة بما يخص النظام الإنشائي في التصميم المستدام؟

4.1 كيف يمكن استخدام تقنيات نمذجة معلومات البناء ال (BIM) بما يخص نظام إدارة النفايات في التصميم المستدام؟

3.1 فرضيات البحث

استخدام تقنية (BIM) يعطي نتائج عالية الجودة في التصميم المعماري المستدام للمؤسسات التعليمية.

4.1 أهمية البحث

سيساهم هذا البحث في تطوير إطار عمل لتطبيق ممارسات الاستدامة على الأبنية التعليمية من خلال دراسة التصميم المستدام لخمسة أبنية خضراء مشادة من مختلف بقاع الأرض بما يتعلق بالنظام الإنشائي المستدام ونظام إدارة النفايات من خلال ال(BIM). وتطبيق تلك الممارسات على مبنى تعليمي في سوريا.

5.1 أهداف البحث

1) تحسين الأداء الوظيفي للتصميم المستدام لمبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة.
2) رفع كفاءة جودة التصميم في الكليات والمؤسسات التعليمية بما يتوافق مع ممارسات التصميم المستدام.
3) تحليل التحديات والعقبات التي تعيق تطبيق منهج ال(BIM) في التصميم المعماري المستدام.

6.1 منهج البحث

سيتم اتباع منهج البحث الوصفي التحليلي – أسلوب دراسة الحالة (دراسة التصميم المستدام لخمسة أبنية مشيدة حول العالم) من خلال ال(BIM) وسيتم تطبيق المنهج التطبيقي التجريبي عن طريق استخدام برنامج Autodesk Revit 2021 في نمذجة مبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة بهدف إضافة بعض تقنيات الاستدامة لتحسين أداء المبنى بيئياً.

7.1 أدوات البحث

سيتم استخدام عدة أدوات في هذا البحث بشقيه النظري والعملي:

- **من الناحية النظرية:** سيستخدم الكتب والمقالات العلمية لتوصيف التقنيات المستعملة في التصميم المستدام للأبنية التي تم دراستها.
- **من الناحية العملية:** سيتم استخدام أدوات المقابلة والاستبيان والبرمجيات:

برنامج Autodesk Revit 2021 وهو أحد أهم البرامج التي تعمل في بيئة ال(BIM) بحيث يعمل على نمذجة مبنى ثلاثي الأبعاد بحيث سيتم ربط كافة المعلومات المتعلقة بجميع تفاصيل المبنى بالنموذج.

- برنامج Autodesk Insight 2021 هو أداة تحليل أداء المباني تساعد المهندسين والمعماريين على تحسين كفاءة الطاقة والاستدامة من خلال محاكاة استهلاك الطاقة والراحة الحرارية باستخدام بيانات تصميم دقيقة. يمكن أن يكون مدمج (Plugin) ضمن برنامج Revit.

8.1 حدود البحث

- **الحدود المكانية:** سورية/دمشق
- **الحدود الزمانية:** 2024
- **الحدود الموضوعية:** تأثير تقنيات ال(BIM) في دعم التصميم المستدام.

9.1 مجتمع البحث

جميع المؤسسات التربوية والتعليمية كالجامعات والكليات والمدارس الخاصة والعامة.

10.1عينة البحث

مبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة.

11.1 الأبحاث السابقة

1.11.1العنوان	دور مواد البناء في تحقيق استدامة الأبنية وفق أنظمة الاستدامة العالمية		
title	The role of building materials in achieving sustainable buildings according to global sustainability systems		
نوع المنشور	مجلة جامعة تشرين. العلوم الهندسية المجلد (14) العدد (3)/2019		
الباحث	د. هاني ودح	د. رولا نتيفة	خديجة طنجور
تاريخ النشر	16/06/2019	المكان	سورية
الجامعة	جامعة تشرين		
الكلمات المفتاحية	مواد البناء	الاستدامة	أنظمة التقييم البيئية
مشكلة البحث	مشكلة البحث في الدراسة هي الإهمال في تقييم كفاءة مواد البناء ومدى تحقيقها لاستراتيجيات التصميم المستدام، مع التركيز على الجانب البيئي خلال عملية التصميم. أدى هذا الإهمال إلى استخدام مواد بناء حديثة ذات أشكال معمارية مميزة دون أخذ معايير الاستدامة البيئية في الاعتبار، مما نتج عنه زيادة في تكاليف التشغيل والاستهلاك الطاقي بسبب ضعف الكفاءة البيئية لهذه المواد.		

أهم النتائج	• إن استعمال مواد البناء المتينة وذات الديمومة العالية يساهم في الحد من الطاقة المستهلكة في عملية الصيانة خلال عمر المبنى. • إن استخدام مواد البناء القابلة للتدوير وإعادة الاستخدام يقلل من التأثير السلبي لهذه المواد على البيئة. • إن استخدام المواد الطبيعية ذات الاستهلاك الأقل للطاقة في عمليات التصنيع والنقل له دور فعال في تخفيف الملوثات المنطلقة من تلك العمليات على البيئة والصحة . • إن استخدام مواد بناء متوفرة محلياً في الموقع من شأنه تخفيف الطاقة المستهلكة في عملية نقل المواد. **التوصيات:** • وضع استراتيجية واضحة للمشروع قبل البدء بالعملية التصميمية مثل تحديد عمر المبنى وما يترتب عليه من اعتبارات كالمواد والهياكل المستعملة وطرق البناء. • إن دراسة الموقع تعتبر دراسة جيدة من حيث مواد البناء المتوفرة محلياً في الموقع تساعد فريق العمل في تقييم استراتيجيات البناء الفعالة في ذلك الموقع وتحديدها, إن التركيز على مواد بناء محلية ومتوفرة طبيعياً من شأنه أن يخفف عبئ استهلاك كميات كبيرة من الطاقة الناتجة عن تصنيعها ونقلها من أماكن بعيدة. • إن الاختيار السليم لمواد البناء ولا سيما مواد البناء المحلية من خلال الفهم صحيح لمواصفاتها وخصائصها البيئية يحقق الاقتصاد في الطاقة كما يحقق السلام والراحة والجمال وبالتالي يساعد في التوصل للمبنى المستدام. • فرض شروط حازمة من قبل الجهات الحكومية على الشركات العاملة في مجال تصنيع مواد البناء في السوق المحلية لإنتاج مواد بناء تحترم البيئة وتحقق استدامة المبنى وإلزام مالك المبنى كأحد الشروط عند ترخيص المبنى. • إعداد برامج تدريبية خاصة للعاملين في قطاع البناء وتقديم معلومات عن طبيعة وإنتاج المواد البنائية والمخاطر المرتبطة ببعض أعمال انتاجها. • وضع أدوات تقييم لحساب التأثيرات البيئية لمواد البناء خلال دورة حياة المبنى ابتداء بمرحلة الانشاء مروراً بمرحلة التشغيل وحتى بعد الهدم • تأسيس مراكز بحثية متخصصة لدراسة مواد البناء وتأثيرها على البيئة وإقامة المحاضرات والندوات للهيئات الهندسية والمهنية ولاسيما في المعاهد والجامعات.

2.11.1العنوان	تحقيق الاحتياجات الإنسانية من خلال تصميم مقياس معياري للتصميم الداخلي المستدام		
title	ACHIEVING HUMAN NEEDSTHROUGH DESIGNING AN INTERIOR DESIGN RATING TOOL		
نوع المنشور	مجلة العلوم البيئية (JES) .المجلد 49/ العدد 3		
الباحث	هبة محمود سامي	ماجدة اكرام عبيد	عليا محمود عبد الهادي
تاريخ النشر	أيار 2020	المكان	مصر
الجامعة	جامعة عين شمس		
الكلمات المفتاحية	التصميم المستدام	الاحتياجات الإنسانية	أداة لتقييم التصميم الداخلي
مشكلة البحث	• على الرغم من أهمية الاستدامة في تصميم وإنشاء المباني والمجتمعات العمرانية، إلا أن هناك **قصورًا في اعتماد ممارسات مستدامة في التصميم الداخلي.** • عدم وجود أداة تقييم مخصصة لتصميم المساحات الداخلية المستدامة تجعل المصممين يفتقرون إلى إطار منهجي يمكنهم من تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية، الاقتصادية، الثقافية، والاجتماعية للاستدامة. • الحاجة إلى أداة تقييم تساعد المصممين على تلبية احتياجات المستخدمين ومتطلباتهم مع تقليل التأثير السلبي على البيئة.		
منهج البحث	منهج الوصفي التحليلي أسلوب دراسة الحالة والمنهج الإستقرائي.		
أهم النتائج	• يتم تطوير أنظمة الصرف الصحي بحيث تحد من التلوث وهدر المياه النجم عنها من خلال تقييم كفاءة تصميم عن طريق تحصيل نقاط يتم تقييمها من خلال أحرف كم هو موضح أدناه • تقييم التوزيع بين الإضاءة الطبيعية والكهربائية واستخدام الأجهزة الفعالة التي تقلل من استهلاك الطاقة. • استخدام مواد الإكساء الغير خضراء والتي تحد من انبعاثات الكربون والمعاد تدويرها والقابلة للتجديد السريع والتي تحافظ على موارد الأرض وصحة الإنسان. • استخدام استراتيجيات التصميم البيوفيلي لتشجيع العلاقة بين الإنسان والطبيعة. **التوصيات:** • زيادة الوعي بين المصممين الداخليين والمهندسين المعماريين حول أهمية الاستدامة. • دمج أنظمة التقييم المستدامة في المناهج الدراسية للتخصصات ذات الصلة.		

3.11.1العنوان	رؤية شمولية لتحقيق معايير الاستدامة باستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء		
title	A holistic vision to achieve sustainability standards using building information modeling technology		
نوع المنشور	بحث منشورمجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية .المجلد الثامن/ العدد 37		
الباحث	رضا بهي الدين مصطفى يوسف	د. ايمان إبراهيم بدر سركن	
تاريخ النشر	2023	المكان	السعودية
الجامعة	الملك عبد العزيز		
الكلمات المفتاحية	نمذجة معلومات البناء	الاستدامة	العمارة البعد الرابع
	النقص في الدراسات التي تبحث استخدام ال(BIM) في تحقيق التصميم المستدام , وبالتالي تزداد الحاجة إلى هذه الدراسة من أجل ربط اتجاهات الأساليب التقنية الحديثة لأنظمة التكنولوجيا الذكية باستخدام نمذجة		
منهج البحث	المنهج الوصفي		
أهم النتائج	• يساهم ال(BIM) في تقدير تكاليف والجدولة الزمنية لجميع مجالات التصميم الداخلي والهندسة المعمارية وغيرها من التخصصات وتنسيق المعلومات في في نموذج واحد متكامل • استخدام تكنولوجيا ال(BIM) يقلل من التكاليف المرتبطة بالطاقة التقليدية من خلال توفير المعلومات اللازمة للتصميم المستدام والتحليل وإصدار الشهادات بشكل روتيني كمنتج ثانوي لعملية التصميم القياسية. • تتيح تقنية نمذجة معلومات البناء الفرصة لتحقيق العديد من الفوائد في جميع مراحل تصميم المشروع والتصميم الداخلي والخارجي وعمليات البناء والتنفيذ ومرحلة ما بعد التشغيل. • ربط النموذج بأدوات تحليل الطاقة مما يسمح بتقييم استخدام الطاقة من خلال مراحل التصميم المبكرة وهذا غير ممكن باستخدام أدوات التصميم التقليدية ثنائية الأبعاد, والتي تتطلب تحليل منفصل للطاقة في نهاية التصميم وبالتالي تقليل فرص التعديلات المبكرة التي يمكن أن تحسن أداء الطاقة في المبنى. • تطورت أنظمة ومستويات نمذجة معلومات البناء بشكل كبير في كافة مكونات أنظمتها بالتوازي مع التطورات في مجال الإلكترونيات والاتصالات والمعلومات، مما جعلها تبدو مناسبة بدرجة كبيرة لتسهيل التعامل مشاريع التصميم الداخلي كذلك من خلال تطبيق معايير الاستدامة. • استخدام تطبيقات BIM يمكن أن يسهل بشكل كبير العمليات المعقدة في التصميم المستدام مثل تحليل الإضاءة الطبيعية، وحركة الشمس حول وداخل المبنى،وحساب كمية وشدة الإضاءة ،وكذلك الطاقة الشمسية وأتمتة العمليات التي تطلب جهدا. • تساهم BIM في تنفيذ وتصميم المشاريع العملاقة التي يمكن تنفيذها بأي الطرق التقليدية والتي تتميز بأساليب معقدة تستخدم تقنية التصميم البارامتري والأنظمة الجاهزة ومن خلال انتاج آلات بدعم التحكم العددي CNC.		

4.11.1 العنوان	نمذجة ممارسات تصميم المجمعات الخدمية المستدامة-مدينة باسيليا نموذجاً		
title	Modeling Sustainable Design Practices for Service Complexes – A Case Study of Baselia City		
الباحث	بتول محمد الفضل حسنين		
تاريخ النشر	2024	المكان	سوريا
الجامعة	الجامعة الافتراضية السورية		
الكلمات المفتاحية	التصميم العمراني المستدام	الطاقات المتجددة	نمذجة معلومات البناء
مشكلة البحث	في ظل التحديات البيئية المتزايدة والحاجة الملحة إلى تبني مبادئ الاستدامة في التخطيط العمراني تواجه مدينة باسيليا الجديدة فرصة فريدة لتكون المدينة المستدامة الأولى في سوريا يتمثل هذا التحدي في كيفية تطبيق ممارسات التصميم العمراني المستدام وتحقيق التوازن بين التنمية الحضرية والحفاظ على الموارد الطبيعية.		
منهج البحث	المنهج الوصفي التحليلي – المنهج التجريبي (التطبيقي) – على حالات الدراسة		
أهم النتائج	• الاستخدام المختلط: التنوع الوظيفي والمكاني + عامل الاستثمار الخاص بالأرض والبرنامج الوظيفي • تكوين الأبنية المستدامة: يعزز من كفاءة استخدام الطاقة ويقلل من الاثار البيئية • الاستفادة من الطاقات المتجددة: كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح مما يقلل الاعتماد على الوقود الاحفوري • استخدام مواد بناء صديقة للبيئة: مما يدعم الاقتصاد الدائري ويقلل التأثير البيئي • إدارة المياه بشكل فعال: مما يحافظ على الموارد المائية وتقليل نسبة استهلاك يشمل ذلك إعادة تدوير المياه • تصميم المساحات الخضراء والناطق الطبيعية • إدارة النفايات والتشجيع على إعادة التدوير مما يقلل من النفايات الصلبة ويعزز الاستدامة البيئية ويساهم في تحقيق الاقتصاد الدائري. **التوصيات:** ○ **توصية حول ممارسات الاستدامة:** يوصى ببناء استراتيجيات الاستدامة المتكاملة في تصميم وتنفيذ مشاريع المدينة بما في ذلك استخدام تقنيات الطاقة المتجددة ○ **توصية حول البناء المعلوماتي(BIM)** ينصح بتبني تقنيات نمذجة معلومات البناء لتحسين إدارة وتخطيط المشاريع العمرانية المستدامة مما يحسن من التعاون بين الفرق المختلفة. ○ **توصية حول التصميم العمراني في سوريا**		

5.11.1 العنوان	تصنيم أنظمة التقييم المستدامة والمباني التاريخية – حالة درسية إعادة تأهيل منشأة في موقع الجامعة		
title	Sustainability assessment, rating systems and historical buildings Case study: Rehabilitated construction in a university site		
الباحث	Somayeh Sadrykia	Leila Medghalchi	
تاريخ النشر	2016	المكان	طهران إيران
الجامعة	Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University		
الكلمات المفتاحية	LEED	Rating Systems	BREEAM
مشكلة البحث	س 1 ما هي فئات واعتمادات LEED و BREEAM التي يتم اعتمادها في عملية إضفاء الصفة الخضراء على المباني المعاد تأهيلها ؟ س 2 ما هي الفئات والقضايا المذكورة التي لها الدور الأكثر أهمية في حالة إعادة تأهيل هذه الدراسة؟		
منهج البحث	المنهج الوصفي التحليلي – أسلوب دراسة الحالة		
أهم النتائج	• تقدم هذه الدراسة مقارنة بين أنظمة التصنيف المستدامة وإمكانية المباني التاريخية لتعتبر مستدامة • تحتاج أنظمة التصنيف إلى معايير فرعية واضحة لتقييم المباني تم استخدام بعض هذه المعايير في مشاريع مختلفة كعناصر خضراء لذلك تم تجميع أن جميع هذه المعايير تم تجميعها وتحليلها في مبنى تاريخ معاد تأهيله كدراسة حالة • تحتوي الأبنية التاريخية في الأصل على العديد من جوانب الاستدامة وأن إعادة التأهيل قد يضيع بعض هذه الجوانب • تكشف هذه الورقة عن الأجزاء الرئيسية للعناصر الخضراء التي يمكن استخدامها في الحفاظ التاريخي التي يمكن للمصممين أخذها في عين الاعتبار في مشاريع إعادة التأهيل • بعض الفئات والمعايير المحددة لأنظمة التصنيف مثل: "جودة البيئة الداخلية"، و"المواد والموارد"، و"المواقع المستدامة" لها تأثير أكثر فعالية وأهمية على إعادة التأهيل المستدام.		

6.11.1 العنوان	الميزات الخضراء المستدامة لبرج بانك أوف أمريكا		
title	Sustainable Green Features Of Bank Of America Tower,NY		
الباحث	Ramakrishna Manchikatla - Bharath Devineni -Arvind Krishna Guduri		
تاريخ النشر	2009	المكان	نيويورك- أمريكا
الجامعة	جامعة بايلور		
الكلمات المفتاحية	Sustainable Green Features	Water Utilization	Environmental Design
مشكلة البحث	أدى ارتفاع الكثافة السكانية في المدن إلى زيادة الحاجة إلى استغلال المساحات بشكل فعّال. مما جعل الأبراج خيارًا اقتصاديًا أكثر شيوعًا مقارنة بالأبنية المنخفضة. خاصة في الاستخدام المكتبي ورغم مزاياها المتعددة، فإن لهذه الهياكل المرتفعة تأثيرات سلبية على البيئة ومع أنه من المستحيل القضاء تمامًا على هذه التأثيرات، فإنه يمكن تقليلها بشكل كبير لجعل المدن أكثر ملاءمة للعيش. يُعد برج "ون برايانت بارك" في مدينة نيويورك مثالاً بارزًا على المباني المستدامة، حيث يتميز بخصائص صديقة للبيئة تقلل من تكاليف التشغيل وتعزز استدامته كأفضل نموذج لهذا النوع من المباني.		
منهج البحث	المنهج الوصفي التحليلي – أسلوب دراسة الحالة		
أهم النتائج	يُعد برج بنك أوف أمريكا نموذجًا رائدًا للبناء الحديث بفضل اعتماده على ميزات مبتكرة صديقة للبيئة، مما يجعله مصدر إلهام لمستقبل إنشاء المباني الخضراء وتحسين جودة الحياة في المدن. صُمم البرج ليكون أكثر الأبنية المكتبية الشاهقة مسؤولية بيئية في العالم، حيث يركز على: • المواقع المستدامة، وكفاءة استخدام المياه، وجودة البيئة الداخلية، والطاقة والغلاف الجوي. • كونه أول برج شاهق يهدف للحصول على شهادة "البلاتينيوم" من مجلس المباني الخضراء الأمريكي. • خفض استهلاك الطاقة بنسبة 50.% • تقليل استهلاك المياه الصالحة للشرب بنسبة 50.% • تصريف صفر من مياه العواصف إلى نظام الصرف الصحي في المدينة. • استخدام ما لا يقل عن 50% من المواد المعاد تدويرها في البناء.		

7.10.1العنوان	"مقارنة تكوينات المنتجات الثانوية للتطهير بين المباني الحاصلة على شهادة LEED وغير الحاصلة عليها"		
title	"Comparison of disinfection by-product formations between LEED-certified and non-certified buildings"		
نوع المنشور	بحث منشورمجلة"Development in the Built Environment" العدد 12		
الباحث	Duygu Kalan Mehmet Egemen Ozbek	Pinar Omur-Ozbek Gregory Dooley	
تاريخ النشر	2022	المكان	كولورادو-أمريكا
الجامعة	كلية الهندسة المدنية والبيئية في جامعة كولورادو		
الكلمات المفتاحية	LEED-Certified building	Water Quality	Premise plubing
مشكلة البحث	مشكلة البحث في هذه الدراسة هي الفجوة في المعرفة المتعلقة بجودة المياه داخل أنظمة السباكة في المباني، وخاصة المقارنة بين المباني الحاصلة على شهادة LEED وغير الحاصلة عليها. مع أن هناك دراسات سابقة تناولت هذا الموضوع، إلا أنها غالباً ما قارنت بين مبانٍ ذات خصائص مختلفة مما أدى إلى اختلاف النتائج. ركزت هذه الدراسة على تحديد تأثير نوع المبنى المعتمد على معايير LEED أو غيره على جودة المياه من خلال دراسة عوامل مثل العمر الافتراضي للسباكة والمواد المستخدمة في الأنابيب ومستوى الكلور والعناصر العضوية الكربونية ومركبات ثلاثي الميثان المكلورة.(THMs)		
منهج البحث	المنهج الوصفي التحليلي- أسلوب دراسة الحالة		
أهم النتائج	**تأثير عمر الأنابيب على جودة المياه** :تم ملاحظة أن عمر نظام السباكة له تأثير كبير على جودة المياه، حيث أظهرت الدراسة تفاوتات في معايير جودة المياه و TTHM بين المباني المعتمدة بنظام LEED والمباني غير المعتمدة، رغم أن نفس المياه تم توزيعها على الجانبين. لذلك، يجب أخذ عمر الأنابيب في الاعتبار عند مقارنة جودة المياه بين المباني المعتمدة وغير المعتمدة. **ضرورة تضمين معايير إضافية في الأبحاث المستقبلية** :يجب أن تشمل الأبحاث المستقبلية المباني المتكافئة من حيث عمر السباكة، بجانب العوامل الأخرى المعروفة مثل أنماط استهلاك المياه ومواد الأنابيب. كما يمكن استخدام إعدادات تجريبية مثل "نظام السباكة المنزلية" لدراسة الاختلافات في جودة المياه بين أنظمة السباكة في المباني المعتمدة وغير المعتمدة بنظام LEED.		

12.1 أوجه الاختلاف والتشابه بين الابحاث السابقة والبحث الحالي

- هناك العديد من القواسم المشتركة بين البحث الحالي والأبحاث التي ذكرت في السابق ولعل أهم تلك القواسم هو تحليل أهمية تطبيق ممارسات الاستدامة في التصميم المعماري من خلال حالات درسية متنوعة, ومن أهم تلك الممارسات هو استخدام تكنولوجيا (BIM) لما تعود عليه من فوائد في التصميم المعماري المستدام.
- فجميع تلك الدراسات تسعى إلى تحسين الأثر البيئي والاقتصادي من خلال تصميم الأبنية المستدامة ولكن معظم الدراسات السابقة تفتقر لتحليل تطبيق ال(BIM) في التصميم المستدام, وهذا ما تم دراسته في هذا البحث حيث تم تطوير إطار عمل شامل لتطبيق ممارسات الاستدامة من خلال تحليل العديد من الأبنية المستدامة حول العالم وتفعيل دور ال (BIM) فيها ومن خلال تطوير تصميم مبنى كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة (الحالة الدرسية) مما يعزز ممارسات الاستدامة باستخدام أدوات ال(BIM).

- تم تطبيق التقنيات المضافة في النظام الإنشائي ونظام إدارة النفايات على الحالة الدرسية بحيث يشكل نموذجاً للممارسات في المستقبل.

الفصل الثاني: نمذجة معلومات البناء (BIM)

1.2 تعريف نمذجة معلومات البناء (BIM)

(Building Information Modeling – BIM) هي عملية رقمية تتضمن إنشاء وإدارة بيانات ومعلومات تفصيلية حول المباني والبُنى التحتية طوال دورة حياتها، بدءًا من مرحلة التصميم والتخطيط مرورًا بالتنفيذ والتشغيل وحتى الصيانة. تستخدم هذه العملية نموذجًا ثلاثي الأبعاد يحاكي الواقع ويوفر تصورًا شاملاً يشمل الأبعاد الهندسية والمعلومات الوظيفية والزمانية والتكلفة. يتيح BIM التعاون بين الفرق المتعددة التخصصات (مثل المهندسين المعماريين، والمدنيين والمقاولين، والمهندسين الكهربائيين، والميكانيكيين) من خلال تمكينهم من العمل على نموذج مشترك واحد يُحدث بشكل مستمر. يهدف BIM إلى تحسين كفاءة التصميم والتخطيط، تقليل الأخطاء، تحسين جودة المباني وتقليل التكلفة الزمنية والمالية للمشاريع(Liston, 2011) .

2.2 أهمية واستخدامات (BIM)

تُعد نمذجة معلومات البناء (BIM) أداة حيوية في صناعة البناء، حيث تُساهم في تعزيز الكفاءة وتخفيض التكاليف وتقليل الأخطاء من خلال تمكين العمل التعاوني بين مختلف التخصصات الهندسية بحيث توفر بيئة متكاملة تسمح للمهندسين المعماريين والمدنيين والكهربائيين والميكانيكيين وغيرهم من المتخصصين بالعمل على نموذج رقمي مشترك، مما يقلل من تضارب التصميمات ويُحسن التنسيق بينهم , أما من حيث الاستخدامات، فتُطبق BIM في عدة جوانب مهمة تشمل التصميم الافتراضي، حيث تُسهم في بناء نموذج ثلاثي الأبعاد يحاكي الواقع، وإدارة المخاطر من خلال توقع التحديات المحتملة قبل مرحلة التنفيذ. بالإضافة إلى ذلك، يُساعد BIM في تقدير التكاليف

بدقة عالية وفي إدارة مراحل البناء عبر المحاكاة الزمنية، مما يُتيح التخطيط الدقيق للموارد ويضمن تحقيق نتائج أفضل للمشاريع. (Liston, 2011).

3.2 فوائد تطبيق (BIM)

تعتبر نمذجة معلومات البناء (BIM) تقنية حديثة تُقدّم فوائد متعددة في مجال الهندسة المعمارية والبناء، تشمل:

1. **تحسين التعاون والتنسيق:**

تتيح للأطراف المعنية (مثل المهندسين المعماريين، والمهندسين المدنيين، والمقاولين) العمل على منصة رقمية موحدة، مما يُعزز من التواصل ويُقلل من الأخطاء الناتجة عن سوء الفهم أو نقص المعلومات.

2. **زيادة كفاءة التصميم:**

باستخدام نموذج ثلاثي الأبعاد، يُمكن للمعماريين والمهندسين تصور المشروع بشكل واقعي، مما يُساعد في التعرف على المشكلات التصميمية مبكرًا ويُساهم في تحسين القرارات التصميمية.

3. **تقدير التكاليف بدقة:**

يوفر BIM أدوات لتقدير التكاليف بشكل أكثر دقة من خلال نمذجة العناصر المختلفة في المشروع، مما يُساعد على تقليل النفقات غير المتوقعة وتحسين ميزانية المشروع.

4. **إدارة الوقت والموارد:**

يمكن من خلال BIM إجراء محاكاة زمنية لمراحل البناء، مما يساعد في تحديد الجداول الزمنية بدقة وتنظيم سير العمل، وبالتالي تحسين استخدام الموارد وتقليل فترات التأخير

5. **تحسين عمليات الصيانة والإدارة:** بعد الانتهاء من المشروع، تُستخدم نماذج BIM في إدارة المباني، مما يُسهل عمليات الصيانة ويساعد في الحفاظ على كفاءة الأداء على مدار حياة المرفق.

6. **دعم الاستدامة:**

يُمكن أن تساهم BIM في تعزيز الاستدامة من خلال تحليل استهلاك الطاقة واستخدام الموارد بشكل فعال، مما يُساعد في تحقيق مشاريع صديقة للبيئة.

تُظهر هذه الفوائد كيف تُعد BIM أداة استراتيجية تسهم في تحسين النتائج في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المشروع، مما يجعلها عنصرًا أساسيًا في تطور صناعة البناء. (Liston, 2011)

4.2 أبعاد تقنية (BIM)

1.4.2 البعد الأول والثاني (1D) و(2D)

يشملان المخططات ثنائية الأبعاد التي توضح الأشكال الأساسية والهياكل الأولية للمشروع، مثل الرسومات المعمارية والهندسية، التي تُستخدم كمرجع أساسي للتصميم.

2.4.2 البعد الثالث:(3D)

يُعرف بالبعد المكاني ويشمل التصميم ثلاثي الأبعاد للمشروع، مما يتيح تصور المشروع بشكل مجسم وواقعي. يُسهم في تحسين فهم المشروع وتقليل أخطاء التصميم من خلال تمثيل العناصر مثل الجدران، والنوافذ، والأسقف.

3.4.2 البعد الرابع:(4D)

يركز على إدارة الزمن ويُضيف بُعد الجدول الزمني لتنفيذ المشروع. يمكن من خلاله تتبع تقدم المشروع على مدار الزمن، وتخطيط مراحل البناء المختلفة بدقة، مما يساعد على تحسين إدارة المارد وتقليل التأخيرات.

4.4.2 البعد الخامس:(5D)

يتناول التكلفة المالية للمشروع، حيث يمكن من خلاله تقدير التكاليف المرتبطة بالعناصر المختلفة للمشروع. يُساهم هذا البعد في تحسين دقة الميزانية، وتقدير التكاليف المتغيرة، وتحليل التكلفة على مدى عمر المشروع.

5.4.2 البعد السادس:(6D)

يتعلق بالاستدامة البيئية ويشمل تحليل كفاءة استهلاك الطاقة واستخدام الموارد في المشروع. يتيح هذا البعد تقييم تأثيرات التصميم على البيئة، وتشجيع استخدام مواد مستدامة، وتحقيق المباني الخضراء.

6.4.2 البعد السابع:(7D)

يُركز على إدارة عمليات التشغيل والصيانة بعد انتهاء المشروع، ويشمل بيانات حول كيفية صيانة وتشغيل المبنى. يساعد هذا البعد في إدارة الأصول بشكل أكثر كفاءة، وتقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

7.4.2 البعد الثامن:(8D)

يُعرف ببُعد السلامة ويهتم بتحليل وإدارة المخاطر التي قد تواجه المشروع أو المبنى. يتضمن تحديد المخاطر في المراحل المبكرة وتوفير خطط للسلامة أثناء البناء، مما يعزز من سلامة العاملين ويساهم في نجاح المشروع. (Liston, 2011)

5.2 التحديات التي تواجه تطبيق (BIM) في المشاريع الهندسية المستدامة

- **قلة الوعي والفهم بتقنية:BIM**

لا يزال العديد من أصحاب المشاريع والجهات المشاركة في المشاريع يفتقرون إلى المعرفة الكافية بـ BIM وأهميته، مما يؤدي إلى تردد في تبنيه واستخدامه بكفاءة.

- **غياب المعايير الموحدة:**

عدم وجود معايير موحدة لتطبيق BIM يؤدي إلى تباين في أساليب العمل بين مختلف الشركات والدول، مما يعقد من عملية توحيد البيانات والتعاون المشترك بين الفرق الدولية.

- **صعوبة تطبيق BIM في المشاريع القائمة:**

يعتبر تطبيق BIM أكثر سهولة في المشاريع الجديدة، بينما قد يكون مكلفًا ومعقدًا في المشاريع القائمة التي تتطلب تحديث البيانات وتحويلها إلى نموذج رقمي شامل.

- **المقاومة الثقافية للتغيير:**

تواجه بعض الشركات مقاومة ثقافية من الموظفين الذين يفضلون العمل بالطرق التقليدية، وقد يحتاجون وقتًا للتكيف مع النظام الرقمي الجديد واستخدام الأدوات الحديثة.

- **التحديات الزمنية:**

يتطلب تطوير وتحديث نماذج BIM الكثير من الوقت، خاصة في المراحل الأولى من المشروع، مما قد يزيد من مدة التحضير ويسبب تأخيرات في بداية العمل.

- **محدودية دعم الجهات الحكومية:**

بعض الحكومات لم تقم بعد بتبني سياسات وتشريعات تشجع أو تلزم استخدامBIM ، مما يؤدي إلى نقص الحوافز اللازمة لتحفيز الجهات المختلفة على استخدامه في المشاريع.

- **تعقيد التنسيق بين التخصصات المختلفة:**

تنطوي المشاريع على فرق من تخصصات متعددة (معمارية، إنشائية، كهربائية، ميكانيكية، إلخ)، ويعتبر التنسيق بين هذه الفرق تحديًا كبيرًا لضمان دمج جميع البيانات بشكل فعال ومتناسق.

- **صعوبة التحول من أنظمة البيانات التقليدية:**

تعتمد العديد من الشركات على أنظمة تقليدية لتخزين وإدارة البيانات، مما يتطلب منها القيام بتحويل شامل لبنيتها التحتية التقنية وتطوير سياسات جديدة لضمان تكامل البيانات بشكل كامل معBIM

يمكن أن تؤثر هذه التحديات على فعالية تطبيق BIM وتستلزم سياسات واضحة وبرامج تدريبية وتنسيق أكبر للتغلب عليها. (Liston, 2011).

6.2 تطبيق ال(BIM) في إدارة المرافق التعليمية

تمثل تقنية النمذجة المعلوماتية للأبنية (BIM) أداة فعالة في تحسين إدارة المرافق التعليمية، حيث توفر منصة رقمية متكاملة تجمع البيانات المتعلقة بجميع مكونات المبنى. يتيح ذلك للمسؤولين تحليل أداء الأنظمة المختلفة، مثل الإضاءة والتهوية، وتحديد الاحتياجات بدقة لتحقيق كفاءة تشغيلية مستدامة. كما تسهم BIM في تحسين عمليات الصيانة من خلال توفير مخططات دقيقة وتحديثات آنية تسهل التنبؤ بالأعطال وإدارتها بشكل استباقي. بالإضافة إلى ذلك، يدعم استخدام BIM تخطيط التوسعات المستقبلية أو التعديلات بما يلبي احتياجات المؤسسات التعليمية المتغيرة بمرور الوقت(Chuck Eastman, 2011) .

الفصل الثالث: العمارة المستدامة

1.3 تمهيد

العمارة المستدامة هي أسلوب تصميم يركز على إنشاء المباني والمناطق الحضرية التي تقلل من تأثيرها البيئي وتعزز التنمية المستدامة. هذا الأسلوب يأخذ في الاعتبار استخدام الموارد الطبيعية، مثل الطاقة والماء، ويهدف إلى تقليل الانبعاثات الضارة وزيادة كفاءة استخدام الموارد. كما يركز على إنشاء مساحات صحية وآمنة لسكانها، مع مراعاة العوامل الاجتماعية والاقتصادية. يهدف إلى تحقيق توازن بين الاحتياجات الحالية والمستقبلية من أجل الحفاظ على البيئة وتعزيز الجودة الحياتية. (Steele، 1997)

2.3 مفهوم الاستدامة

الاستدامة تهدف إلى التطوير الذي يراعي الرفاهية وزيادة فسحة الإمكانيات للأجيال القادمة, والتي ستمكنها من التنعم بموارد البيئة, وقيم الطبيعة التي نستغلها الآن, أي يجب التعامل مع التطور والتنمية ببصيرة واسعة من ناحية البعد الزمني والفراغ والسكان المتأثرين.

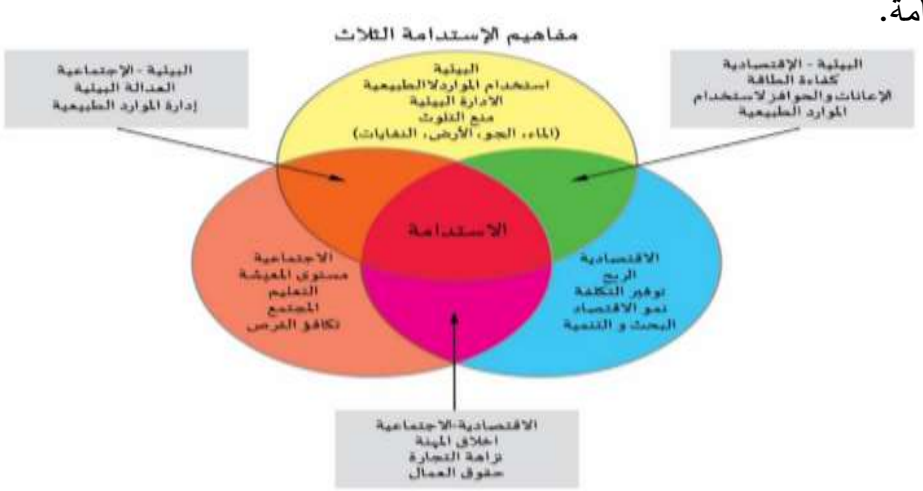
وقد تعرف الاستدامة بأنها: مفهوم يهدف إلى تحقيق توازن بين الاحتياجات البيئية والاقتصادية والاجتماعية لتأمين مستقبل مستدام للأجيال القادمة. يتضمن ذلك استخدام الموارد الطبيعية بشكل مسؤول، تعزيز التنمية الاقتصادية المستدامة، ودعم العدالة الاجتماعية والمساواة. (Steele، 1997).

3.3 أبعاد الاستدامة

1.3.3 الاستدامة البيئية: تركز على الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل التأثيرات السلبية على البيئة، مثل تلوث الهواء والماء وتغير المناخ.

2.3.3 الاستدامة الاقتصادية: تهتم بتعزيز التنمية الاقتصادية المستدامة من خلال استخدام الموارد بشكل فعال، وتحفيز الاستثمار، وتعزيز النمو الاقتصادي.

3.3.3 الاستدامة الاجتماعية: تركز على تعزيز العدالة الاجتماعية والمساواة، وتحسين جودة الحياة، وتعزيز حقوق الإنسان والصحة العامة.



الشكل (1) أبعاد الاستدامة

المؤسسة المصرية للتنمية المستدامة

3.4 ممارسات الاستدامة

1.4.3 التصميم السلبي الشمسي: استخدام أشكال وأحجام المباني لتحسين استخدام الطاقة الشمسية وتقليل الحاجة إلى التدفئة والتبريد البيئي يتم تحليل أشعة الشمس والظل بهدف اختيار الموقع الجغرافي الأمثل للمبنى إذ يتم دراسة حركة الشمس بحسب فصول السنة مما يؤدي لاختيار الاتجاه الأمثل للمبنى.

2.4.3 استخدام مواد البناء المستدامة: استخدام مواد بناء معاد تدويرها أو قابلة لإعادة التدوير، مثل الخشب المستدام والطوب المعاد تدويره، مما يقلل من التأثير البيئي.

3.4.3 تقليل استخدام المياه: استخدام أنظمة ري مبتكرة وتقنيات توفير المياه في المباني، مثل أنظمة تجميع مياه الأمطار وأنظمة الصرف الصحي الفعالة.

4.4.3 تحسين كفاءة الطاقة: استخدام أنظمة إضاءة وتهوية وتكييف هواء أكثر كفاءة، مثل الإضاءة الشمسية والتهوية الطبيعية، مما يقلل من استهلاك الطاقة.

5.4.3 تصميم الحدائق الخضراء: استخدام النباتات والحدائق الخضراء لتحسين جودة الهواء وتقليل التلوث، بما في ذلك تصميم الأسطح الخضراء والجدران الخضراء.

6.4.3 استخدام أنظمة تجميع مياه الأمطار: استخدام أنظمة لتجميع مياه الأمطار وتخزينها لاستخدامات مختلفة، مثل الري والغسيل، مما يقلل من استهلاك المياه العذبة.

7.4.3 تقليل التأثير البيئي للبناء: استخدام تقنيات بناء تقلل من النفايات وتقليل الانبعاثات الضارة، مثل استخدام مواد بناء محلية وتقليل النقل البعيد.

8.4.3 التصميم الموجه للمرونة: تصميم المباني بحيث يمكن تعديلها أو توسيعها في المستقبل دون الحاجة إلى هدم وإعادة بناء، مما يضمن استدامة المباني على المدى الطويل.

9.4.3 استخدام الطاقة المتجددة: دمج أنظمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في التصميم المعماري، مما يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويخفض الانبعاثات الكربونية.

10.4.3 تحسين جودة الهواء الداخلي: استخدام مواد بناء غير سامة وأنظمة تهوية فعالة مثل أنظمة التبريد بالرياح لتحسين جودة الهواء الداخلي، مما يعزز الصحة والرفاهية للمستخدمين.

11.4.3 التصميم المشارك: اشراك المجتمع المحلي والمستخدمين النهائيين في عملية التصميم لضمان استجابتها لاحتياجاتهم وتوقعاتهم، مما يعزز الاستدامة الاجتماعية.

12.4.3 استخدام تكنولوجيا الـ (BIM): استخدام برامج التصميم الرقمية لتحسين كفاءة التصميم وتقليل الخطأ وزيادة التكامل بين الفرق المختلفة، مما يسهم في تحقيق مشاريع مستدامة.

هذه التقنيات تساعد على تحقيق مباني أكثر استدامة وكفاءة وتقليل التأثير البيئي السلبي ويعد التصميم المستدام من حيث النظام الإنشائي ونظام الصرف الصحي حجر الزاوية في التصميم المعماري ومن أكثر هذه التقنيات أهمية بحيث تعد أنظمة الصرف الفعالة أحد الأهداف الرئيسية التي تهدف إلى تقليل استخدام المياه وتحسين جودة المياه الرمادية ومن ناحية أخرى يمكن اعتبار النظام الإنشائي أحد أهم الركائز التي يستند عليها التصميم المستدام بما يمكن تحقيقه من خلال تصاميم أكثر سلبية للشمس واستخدام مواد معاد تدويرها وتصاميم موجهة للمرونة وسيتم بهذا البحث تحليل ممارسات الاستدامة من حيث النظام الانشائي وأنظمة الصرف الصحي بما يمكّن من تحسين جودة الحياة للمستخدمين وتقليل التأثير البيئي للمباني. (الفارس، 2015)

5.3 الأبنية الخضراء

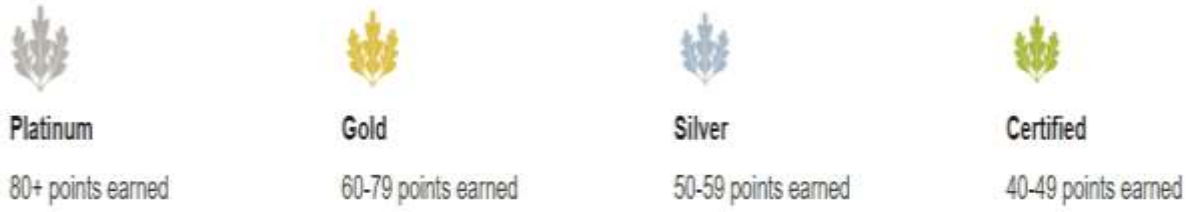
مفهوم الأبنية الخضراء (Green Buildings) هو أحد الركائز الأساسية الحديثة للتصميم المعماري المستدام. هذا المفهوم يركز على تصميم وبناء المباني بطريقة تقلل من التأثير البيئي السلبي وتعزز الاستدامة على مدى دورة حياة المبنى.

من المبادئ الأساسية للأبنية الخضراء هو استخدام مواد بناء صديقة للبيئة، مثل الخرسانة الخضراء والمواد المعاد تدويرها. كما يُركز هذا المفهوم على تحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه من خلال تقنيات مثل الإضاءة الطبيعية، أنظمة التهوية الفعالة، وأنظمة تجميع مياه الأمطار. إضافةً إلى ذلك، يتم تصميم هذه المباني لتحقيق جودة بيئية داخلية عالية من خلال استخدام مواد آمنة وتحسين جودة الهواء. (العتيبي، 2017)

6.3 أنظمة وهيئات تقييم التصميم المستدام الأكثر شيوعاً

1.6.3 نظام LEED

نظام (Leadership in Energy and Environmental Design) **LEED**، الذي يُعرف بمعيار الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة، هو أحد أنظمة التصنيف الأكثر شيوعًا عالميًا لقياس وتحفيز الاستدامة في المباني. طوّره المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء (USGBC) عام 1998 ليكون إطارًا شاملًا لتصميم وإنشاء وتشغيل المباني عالية الأداء بيئيًا. يهدف النظام إلى تقليل الأثر البيئي للمباني من خلال تبني ممارسات مستدامة تعزز كفاءة الطاقة، وتدعم إدارة الموارد، وتحسن بيئات العمل والمعيشة. يقوم (LEED) بتقييم المباني عبر مجموعة من المعايير والاستراتيجيات , تُخصص النقاط في كل فئة بناءً على أداء المبنى وفعاليته، ثم يُمنح المشروع شهادة وفق المستوى المحقق، بدءًا من المستوى الأساسي(معتمد)، ثم الفضي، فالذهبي، وأخيرًا البلاتيني، الذي يمثل أعلى درجات الاستدامة. تشجع هذه المعايير المعماريين والمهندسين على استخدام المواد المتجددة والطبيعية، وتحسين أنظمة الإضاءة والتهوية، واعتماد تقنيات جديدة لتقليل استهلاك الموارد، مما يؤدي إلى توفير في التكاليف التشغيلية على المدى الطويل. تختلف البيانات المثلى الواجب تحقيقها حسب نوع المباني مثلاً المباني تجارية Commercial, المباني السكنية Residential, المباني التعليمية Schools.(USGBC, 2009) .



الشكل:(2) التقييم بناء على النقاط في LEED
(www.usgbc.org, n.d.)

2.6.3 معايير الاستدامة وفق نظام LEED

1.2.6.3 الموقع المستدام (Sustainable Sites)

تهتم بدراسة البنية التحتية للبيئة المحيطة بالمشروع مثل السكان النقل الأبنية الحالية المتواجدة, مثال كلما كان الموقع أقرب إلى من وسائط النقل العامة كلما حصل على نقاط أعلى , إذا كان الموقع بالضاحية بعيد عن مركز المدينة قد يزيد من النقاط لأنه لن يؤدي إلى زيادة الازدحام ومشاكل مرورية كل هذه الظروف المحيطة بالمشروع تعطي نقاط تحدد إلى أي مدى يحدد الموقع المختار لدرجة الاستدامة المطلوبة. (USGBC، 2009), (خليل، 2021)

2.2.6.3 الكفاءة المائية (Water Efficiency)

- تهدف هذه الفئة إلى تقليل استهلاك المياه من خلال استخدام أنظمة وتقنيات موفرة للمياه مثل إعادة تدوير المياه الرمادية وتقليل الهدر، وكذلك تشجيع استخدام تقنيات الري الفعّالة لتقليل استهلاك المياه في المساحات الخضراء.

فعلى سبيل المثال إذا كان موقع المشروع يقع فوق أنابيب الماء قد يخسر نقاط لأن المبنى سيؤدي إلى تلوث المياه. (خليل، 2021)

- يمكن تقييم جودة الماء من خلال الخصائص الكيميائية للماء مثل PH(درجة الحموضة أو الرقم الهيدروجيني) وبقايا الكربون الحر والكربون العضوي الكلي و THMs الثلاثي الهالوميتان وهو مركب كيميائي يتكون عند تعقيم المياه بالكلور "يمكن اعتبار عمر الأنابيب عاملاً في مقارنة جودة المياه بين المباني المعتمدة من LEED والغير معتمدة (Duygu Kalan, 2022).

3.2.6.3الطاقة والغلاف الجوي (Energy and Atmosphere)

تركز هذه الفئة على تقليل استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية من خلال تصميم أنظمة أكثر كفاءة لاستهلاك الطاقة، واستخدام الطاقة المتجددة، والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري. تتضمن هذه المعايير استخدام تقنيات مثل العزل الحراري وتحسين كفاءة الإضاءة وأنظمة التهوية. (USGBC، 2009)

4.2.6.3 المواد والموارد (Materials and Resources)

تهدف هذه الفئة إلى تقليل التأثير البيئي للمواد المستخدمة في البناء، مع تشجيع استخدام المواد المحلية والمعاد تدويرها. فعلى سبيل المثال: إذا كانت المواد من نفس البلد يكسب التصميم نقاط أما إذا كانت المواد المستخدمة من خارج البلد فيخسر التصميم نقاط. تشمل المعايير تقليل المخلفات الناتجة عن البناء وإعادة تدويرها وإدارة المواد بطرق فعّالة لتحقيق أقصى استفادة من الموارد (خليل، 2021)

5.2.6.3 جودة البيئة الداخلية (Indoor Environmental Quality)

تهدف هذه الفئة إلى تحسين جودة البيئة الداخلية للمباني للحفاظ على صحة وراحة المستخدمين. تشمل معايير جودة الهواء الداخلي، والتحكم في الإضاءة، والتهوية الطبيعية، وتخفيف الضوضاء. فيقع على عاتق المصمم المعماري مراعاة الثقافة والعادات الاجتماعية لمكان المبنى فمثلاً يمكننا إضافة زخارف للجدران لمراعاة الثقافة ضمن المؤسسات التعليمية كالجامعات الخاصة وبالتالي إضافة مواد مناسبة لتنفيذ مثل هذه المعايير تؤدي لاكتساب نقط إضافية عند التقييم. (خليل، 2021)

6.2.6.3 الابتكار (Innovation)

تسمح هذه الفئة للمصممين بتطوير ممارسات وحلول مبتكرة في مجالات الاستدامة، وتقييم مدى إبداع المشروع في تحقيق الأهداف البيئية، من خلال استخدام تقنيات جديدة أو استراتيجيات فريدة تساهم في تحسين أداء المشروع يساهم التقييم المبني على الابتكار في كسب 6 نقاط محتملة (USGBC، 2009).

7.2.6.3 الأولوية الإقليمية (Regional Priority)

تتناول هذه الفئة متطلبات الاستدامة الخاصة بالموقع الجغرافي للمبنى، حيث تهدف إلى تشجيع تنفيذ استراتيجيات تتوافق مع التحديات البيئية الإقليمية، مثل المحافظة على الموارد المائية في المناطق القاحلة أو تقليل استهلاك الطاقة في المناطق ذات الطقس القاسي, يساهم التقييم المبني على الأولوية الإقليمية في كسب 4 نقاط محتملة (USGBC، 2009) (خليل، 2021)

3.6.3 نظام BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method):

يُعتبر BREEAM أحد أقدم أنظمة تقييم الاستدامة، وقد تم تطويره في المملكة المتحدة. يركز على تقييم تأثير المباني على البيئة ويشمل عدة جوانب مثل كفاءة الطاقة، واستخدام المياه، وتأثيرات الموقع, والبيئة الداخلية (الصحة والرفاهية) والتلوث والنقل والمواد والنفايات وعمليات الإدارة يوضح الجدول التالي درجات تقييم المباني وفق معايير هذا النظام:

BREEAM Rating	Score (%)
Out standing	85
Excellent	70
Very Good	55
Good	45
Pas	30
Unclassified	<30

الجدول (1) المعدل المئوي للتقييم في نظام BREEAM

(www.breeam.com)

4.6.3 نظام:Green Star

تم تطويره في أستراليا، ويهدف إلى تحسين أداء المباني من حيث الاستدامة. يتم تقييم المباني وفقًا لمعايير تشمل كفاءة الطاقة والمياه، واستخدام المواد المستدامة، وتحسين جودة البيئة الداخلية.

5.6.3 نظام CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)

هو نظام ياباني يُستخدم لتقييم الاستدامة في البناء والتصميم. يركز على الكفاءة البيئية والراحة في البيئات المبنية.

6.6.3 نظام التقييم العالمي للاستدامة(GSAS) ، المعروف سابقًا باسم Qatar Sustainability (QSAS) Assessment System،

هو معيار للاستدامة البيئية تأسس في قطر ويُستخدم بشكل أساسي في منطقة الخليج العربي. طُوّر هذا النظام لتلبية الاحتياجات البيئية والمناخية الخاصة بالمنطقة، ويهدف إلى تحسين الاستدامة وتقليل التأثيرات البيئية للمباني والبنى التحتية.

Rating Systems	Country	Year
BREEAM Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method	United Kingdom	1990
LEED Leadership in Energy and Environmental Design	United State	1998
Green Globes	Canada	2000
Green Star	Australia	2003
NABERS National Australian Building Environmental Rating Scheme	Australia	2000
HK-BEAM Hong Kong Building Environmental Assessment Method	China	1996
CASBEE Comprehensive Assessment System for Environmental Efficiency	Japan	2001
HQE Haute Qualite Environmentale	France	2005

الجدول (2) أكثر أنظمة تقييم الاستدامة شيوعاً في العالم

(London: Earthscan, 2011)

7.3 النظام الإنشائي المستدام

يُعد النظام الإنشائي المستدام أحد المكونات الأساسية للتصميم المعماري المستدام، حيث يهدف إلى تقليل التأثير البيئي للمباني وتحسين كفاءة استخدام الموارد من خلال ممارسات مختلفة والتي يمكن تلخيصها بالمبادئ الآتية:

1.7.3 استخدام مواد بناء مستدامة

وتسهم المواد المستدامة المعاد تدويرها في تعزيز النظم الإنشائية المستدامة ومن أهم هذه المواد:

- **الخرسانة الخضراء (Green Concrete)**

وهي نوع من الخرسانة المستدامة تُستخدم فيها مواد صديقة للبيئة، مثل الرماد المتطاير (Fly Ash) وغبار السيليكا والمواد المُعاد تدويرها من نفايات البناء والهدم والركام، بدلاً من المكونات التقليدية. تهدف إلى تقليل استهلاك الموارد الطبيعية وانبعاثات الكربون من خلال التقليل من انتاج الاسمنت. مما يجعلها خيارًا مبتكرًا في البناء المستدام. (حسام، 2015)

- **الخرسانة المعالجة بالألياف Fiber Reinforced Concrete (FRC)**

هي نوع من الخرسانة يتم تدعيمها بألياف صناعية لتعزيز خواصها الميكانيكية ومن أهم الألياف المستعملة فيها:

1- **ألياف البوليمر:(Polymer Fibers)** مثل ألياف البولي بروبلين والبولي ايثلين المقاومة للحرائق.

2- **الألياف الزجاجية:(Glass Fibers)** تستخدم لمقاومة الشد وتقليل العوامل البيئية مثل الصدأ.

3- **الألياف الفولاذية :(Steel Fibers)** تُستخدم لزيادة قوة الانحناء والصلابة، وتُعتبر مناسبة في الأرضيات الصناعية.

4- **الألياف الكربونية :(Carbon Fibers)** تُستخدم في التطبيقات المتقدمة لتعزيز القوة وتقليل الوزن.

5- **الألياف الطبيعية :(Natural Fibers)** مثل ألياف الجوت والكتان، تُستخدم في بعض التطبيقات لتقليل الأثر البيئي.

تستخدم الخرسانة المعالجة بالألياف لتقليل استخدام حديد التسليح ضمن الخرسانة وتمتاز بسهولة إضافتها أثناء الخلط ومع ذلك يتطلب استخدامها فهم دقيق لتصميم المزيج والخصائص الميكانيكية لضمان تحقيق النتائج المرجوة (محمود، 2015)

- **استخدام المواد المعاد تدويرها**

يمكن إعادة تدوير العديد من مواد البناء مثل الخرسانة والفولاذ والطوب والبلاط والخشب والزجاج والبلاستيك والأسفلت والجبس والمطاط والألمنيوم وذلك بهدف تقليل استنزاف الموارد الطبيعية وتقليل النفايات وتعزيز الاقتصاد الدائري.

2.7.3 التصميم السلبي للشمس

وهو استراتيجية معمارية تهدف إلى تحسين كفاءة الطاقة في المباني من خلال استغلال الإشعاع الشمس لتحقيق الراحة الحرارية بعيداً عن أجهزة التكييف والتدفئة ومن أهم مبادئ التصميم السلبي للشمس هو التوجيه الصحيح للمبنى بالنسبة لمسار الشمس للحصول على أقصى استفادة من الإضاءة الطبيعية ويمكن استخدام الظلال للتقليل من دخول الإشعاع الشمسي المباشر أثناء الصيف من خلال تصميم الاسقف أو الشرفات أو مصدات شمسية (Solar Shading) أو استخدام الأشجار والنباتات كحواجز طبيعية (عبدالله، 2.15)

3.7.3 العزل الحراري

من خلال تقليل انتقال الحرارة بين الداخل والخارج من خلال استخدام مواد بناء معزولة حراريًا في الجدران، الأسطح، والنوافذ ومن أهم المواد الإنشائية التي تستخدم في العزل الحراري:

1- **الصوف الصخري (Mineral Wool)** والذي يتميز بقدرة عالية على العزل الصوتي والعزل الحراري بحيث يمكن استخدامه في الجدران والأرضيات والأسطح المستوية والأسطح المائلة

2- **البوليسترين الموسع (EPS) أو البوليسترين المُنفخ** :يُستخدم في العزل الحراري للجدران والأرضيات والأسطح السطحية. يُعتبر أقل تكلفة من المواد الأخرى ويعد بديلاً عن استخدام بلوك الهوردي في البلاطات الخرسانية المفرغة.

3- **الخرسانة الخلوية :(Aerated Concrete)** تتميز بقدرتها العالية على العزل الحراري بفضل تركيبها المسامي. تستخدم في الجدران والأرضيات والأسطح.

4- **الزجاج المصفح :(Glass Wool)** مادة عازلة تُستخدم بكثرة في الجدران والأسطح المائلة وتُحسن العزل الصوتي أيضًا.

4.7.3 التهوية الطبيعية

يتم تصميم المبنى لتعزيز حركة الهواء الطبيعية من خلال فتحات نوافذ مدروسة وتوجيهها مع اتجاه الرياح. يساهم ذلك في تبريد المبنى خلال الفصول الحارة دون الحاجة إلى أنظمة تبريد ميكانيكية

5.7.3 تصميم المساحات الخضراء (Green Areas)

يساهم تصميم المساحات الخضراء في تحسين التنوع البيولوجي وتعزيز التفاعل بين الإنسان والبيئة ويمكن أن يتم ذلك من خلال إنشاء الحدائق والأسطح الخضراء وزراعة الأشجار والنباتات المحلية التي تتكيف مع المناخ المحلي وتتطلب كمية أقل من المياه كما أنه يساهم تصميم الممرات الخضراء في توفير بيئة مريحة وصحية للتنقل.

(Moughtin and Shirly 2005).

8.3 نظام إدارة النفايات Waste Management

إدارة النفايات الفعّالة وتشجيع إعادة التدوير والتحويل تُعتبر من العناصر الأساسية لتحقيق الاستدامة في تصميم المباني والمجمعات الخدمية. تسعى هذه الاستراتيجيات إلى تقليل كمية النفايات من خلال إعادة استخدامها، تدويرها، وتحويلها إلى موارد قابلة للاستفادة، مما يساهم في الحفاظ على البيئة وتقليل الأثر البيئي للمباني. (Zaman, 2011), يمكن تحقيق ذلك من خلال الممارسات الآتية:

1.8.3 توفير بيئة مناسبة متكاملة لإدارة النفايات

يتم ذلك من خلال تخصيص مناطق تجميع للنفايات تشمل حاويات منفصلة لأنواع النفايات المختلفة مثل المخلفات العضوية والبلاستيك والورق والزجاج, يمكن استخدام أنابيب هوائية تقوم بنقل النفايات بشكل أوتوماتيكي إلى نقاط التجميع المركزية

2.8.3 تشجيع إعادة التدوير

- **أنظمة المكافآت:** من خلال تقديم حوافز ومكافآت للسكان والشركات التي تلتزم بممارسات إعادة التدوير والتحويل.

3.8.3 نظام إدارة مياه الصرف الصحي

ويشمل نظام إدارة الصرف الصحي من خلال معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف في بعض الأنشطة مثل الري ويمكن الاستفادة من مياه الصرف الصحي في انتاج الطاقة والتقنيات المستخدمة في منع تسرب المياه الغير معالجة إذ تعتبر جزء لا يتجزأ عن نظام إدارة النفايات بما ينسجم مع أهداف الاستدامة البيئية الشاملة. (Krishnamurti, . 2012)

4.8.3 نظام تجميع مياه الأمطار

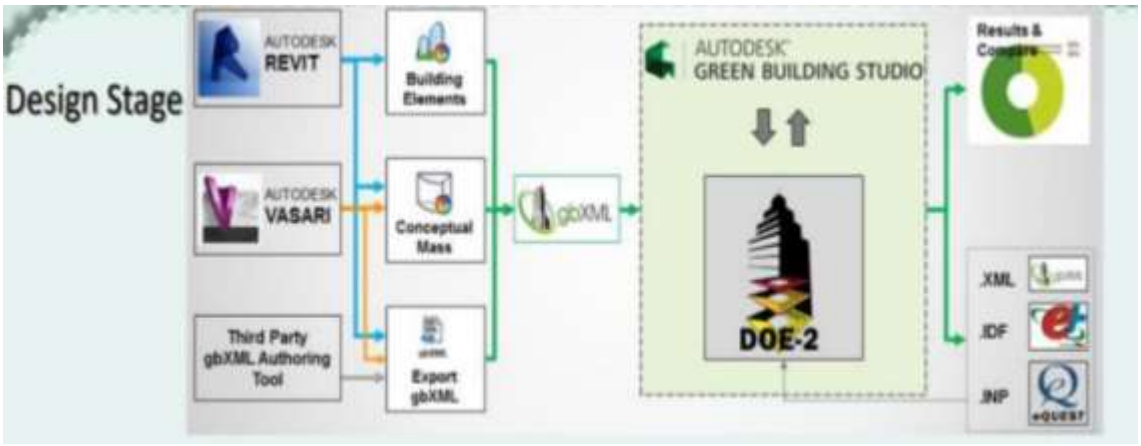
أنظمة تجميع مياه الأمطار تُعدّ من الحلول المستدامة لتقليل استنزاف الموارد المائية، حيث تعمل على جمع مياه الأمطار وتخزينها لاستخدامها في أغراض مختلفة مثل الري والشرب. تسهم هذه الأنظمة، في تقليل الجريان السطحي وتقليل خطر الفيضانات. استخدام تقنيات مثل الأسطح المائلة والمصافي والخزانات الأرضية يضمن كفاءة تجميع المياه مع الحفاظ على جودتها. وفقًا لدراسة أجرتها منظمة الأمم المتحدة للبيئة(UNEP) ، فإن تبني أنظمة تجميع مياه الأمطار يمكن أن يسهم في تحقيق الأمن المائي وزيادة الاعتماد على الموارد المحلية بدلًا من استنزاف الموارد الجوفية.

9.3 التصميم المستدام وفق (BIM)

لاشك أن العمل على قياس أداء المباني باستخدام برمجيات (BIM) لا يقتصر على برنامج واحد وإنما يتبع آلية عمل مكونة من عدة برمجيات يقوم كل منها بدور محدد خلال عملية التصميم بدءاً من مرحلة الأفكار الأولية ((Conceptual Design Stage

بحيث يمكن استخدام برنامج Autodesk Vasari والذي يعمل على دراسة حركة الهواء ضمن الفراغات في المبنى ودراسة شدة السطوع الشمسي Solar Radiation وتحليل حركة الشمس على مدار السنة ودراسة نسبة انبعاث الكربون والذي يستخدم للإظهار وسهولة العرض يتسم هذا البرنامج بسهولة الاستخدام وسهولة استخراج المعلومات, وفي مراحل متقدمة من التصميم يتم استخدام برامج أكثر تخصصاً مثل برنامج Autodesk Green Building Studio الذي يمكن بواسطته إجراء تحليل الطاقة EAM – Energy Analytical Model كمعرفة حركة الهواء داخل المبنى, معرفة في أي جهة تتعرض لحرارة أكثر من المبنى خلال فصول السنة وبحسب عدد ساعات النهار وكذلك الغرف الأكثر والأقل إضاءة. "توفر Autodesk هذه الخدمات عن طريق الانترنت", وتعطي هذه التحاليل

بصيغة نتائج يتم الاستفادة منها تصميمياً. في مراحل متقدمة أكثر من التصميم وهي مرحلة (التصميم التفصيلي) بحيث يمكن تقييم نتائج التحليل وفق نظام LEED وإعطاء نقاط للنتائج التي تطبق معايير الاستدامة LEED Credit. (خليل، 2021)



الشكل:(3) تحليل أداء مبنى في بيئة BIM
(خليل، 2021)

10.3 برمجيات (BIM) إضافية في مجال الاستدامة:

1) **Autodesk Revit**: يُعتبر من أكثر برامج BIM شيوعًا، ويستخدم لتصميم المباني وتحليل أدائها البيئي. يتكامل مع العديد من الإضافات التي تتيح حساب كفاءة الطاقة واستهلاك المياه وتحليل الإضاءة الطبيعية.

2) **Tally**: إضافة لبرنامج Revit تُستخدم لتحليل دورة الحياة البيئية للمواد المستخدمة في المباني. يتيح البرنامج تقييم تأثيرات المواد على البيئة، مثل انبعاثات الكربون والطاقة المستهلكة، مما يساعد في اتخاذ قرارات واعية نحو مواد بناء مستدامة.

3) **Solibri**: تعد أداة في فحص وتحليل نماذج BIM للتحقق من الامتثال لمعايير الاستدامة

4) **Autodesk Ecotect**:برنامج آخر من Autodesk يُستخدم لتحليل البيئة والطاقة، حيث يساعد المصممين في التنبؤ بتأثيرات المناخ والرياح والشمس، مما يسمح بتعديل التصميم لزيادة كفاءة المباني.

5) **OpenStudio**: برنامج مفتوح المصدر يُستخدم لتحليل كفاءة الطاقة في المباني. يتيح للمصممين تحسين استراتيجيات الطاقة في المباني من خلال محاكاة الاستهلاك والتهوية والتدفئة.

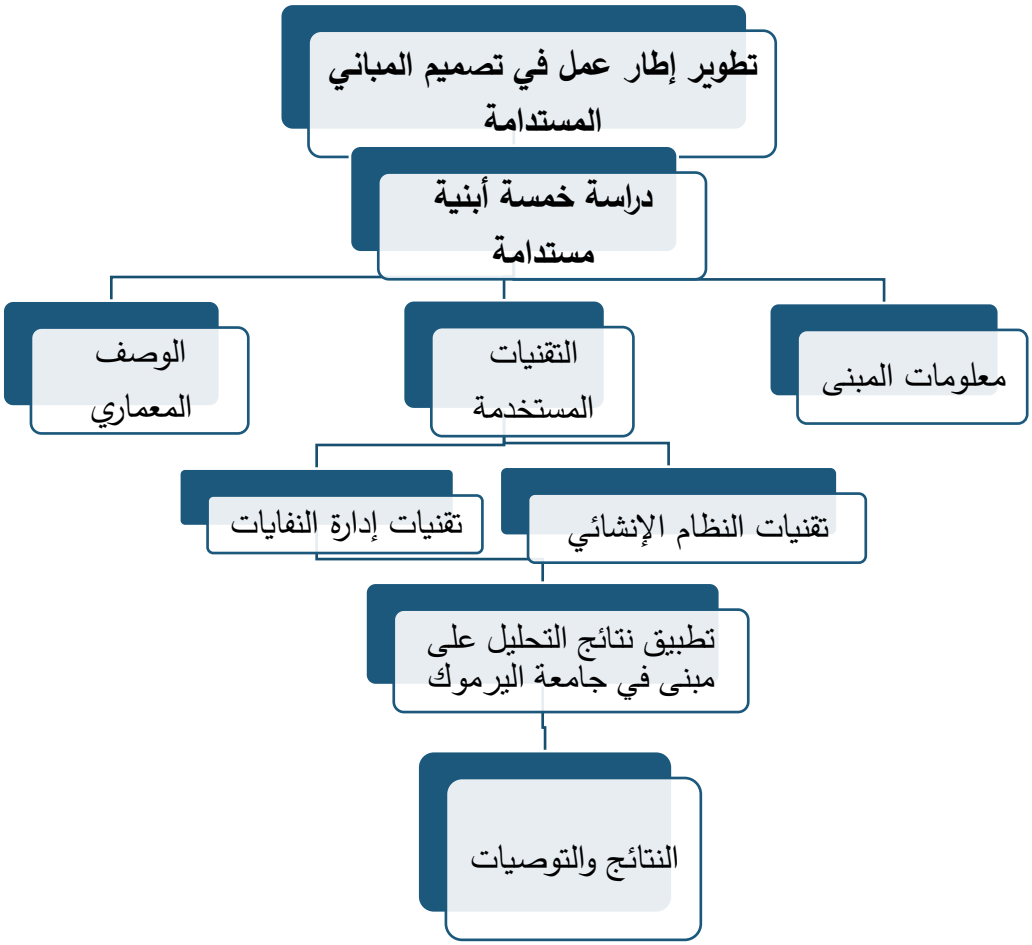
11.3 تطبيق ممارسات الاستدامة في المباني التعليمية

تطبيق ممارسات الاستدامة في المباني التعليمية يشمل أنظمة الإنشاء والصرف المستدامة التي تهدف إلى تحسين الكفاءة البيئية وتقليل الأثر السلبي على البيئة. في نظام الإنشاء المستدام، تُستخدم مواد بناء صديقة للبيئة وقابلة لإعادة التدوير مع التركيز على تقنيات البناء التي تقلل استهلاك الطاقة والموارد، مثل العزل الحراري واستخدام الطاقة الشمسية. أما نظام الصرف المستدام، فيعتمد على تقنيات مثل استعادة مياه الأمطار واستخدامها في الري أو التنظيف، بالإضافة إلى تصميم أنظمة تقلل الجريان السطحي والفيضانات، مما يحافظ على جودة المياه. ويعتبر استخدام تقنية (BIM) أمر في غاية الأهمية في تصميم المباني على وجه العموم والتعليمية منها على وجه خاص لما يعود عليه من فوائد في إدارة المشروع وخلق بيئات تعاونية بين المعنيين الذين عادة ما تكون من أطراف مختلفة في المشاريع التعليمية الحكومية والخاصة. وفقًا لتقرير المجلس العالمي للأبنية الخضراء (World Green Building Council)، فإن تطبيق هذه الممارسات في المباني التعليمية يُحسن جودة البيئة التعليمية ويُسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

تحليل الحالات الدرسية في الإنشاء المستدام

1.4 منهجية العمل

سيتم في هذا الفصل من البحث دراسة العديد من الابنية المستدامة المشادة حول العالم بمختلف أنواعها تجارية سكنية تعليمية مع تقديم النصوص وارفاق الصور والمخططات بحيث سيشمل الوصف لموقع كل مشروع وبياناته مع الوصف المعماري ودرجة تصنيفه وفق أنظمة الاستدامة مع شرح التقنيات المستخدمة التي من أجلها تم تصنيف المبنى مستداماً وذلك بما يتعلق فقط بالنظام الإنشائي Structural System أو نظام إدارة النفايات Wastewater Management System مع ذكر المراجع المستخدمة لكل بناء كما هو موضح في المخطط الآتي:



المخطط 1: مخطط منهجي لهيكلية الإطار العملي للبحث

المؤلف: الباحث

2.4 المبنى الأول: Interface Global Headquarters

1.2.4معلومات المبنى

نوع المبنى	مبنى إداري وتجاري
موقع المبنى	مدينة اتلانتا في ولاية جورجيا الأميركية
تاريخ التشغيل	2018
المصمم	Perkins&Will
المنفذ	Interface Farmery Buzzispace
مساحة المبنى	.3720 m^2 حوالي (40000ft^2)
درجة تقييم المشروع وفق نظام LEED	LEED Platinum

2.2.4 الوصف المعماري للمبنى

يتألف المبنى من سبعة طوابق الطابق الأرضي يتألف من فسحة لاستقبال الزوار وقاعة اجتماعات ومناطق استراحة ومقهى, يضم كل من الطابقين الأول والثاني على مكاتب مفتوحة تعزز التعاون بين الفرق, الطابق الثالث مخصص لقسم الإبداع والتسوق بحيث توجد مساحات للاجتماعات الإبداعية وورش العمل, الطابق الرابع مخصص للمرافق الداعمة, الطابق الخامس يحتوي على مركز مؤتمرات يشمل مساحات اجتماع كبيرة, الطابق السادس يضم مرافق للبحث والتطوير لشركة Coca-Cola, الطابق السابع يحتوي على منطقة خارجية وحديقة فوق السطح، مما يوفر مساحة استراحة للموظفين و يتيح إطلالات رائعة على المدينة ويوفر بيئة مريحة للعمل أو الاسترخاء.

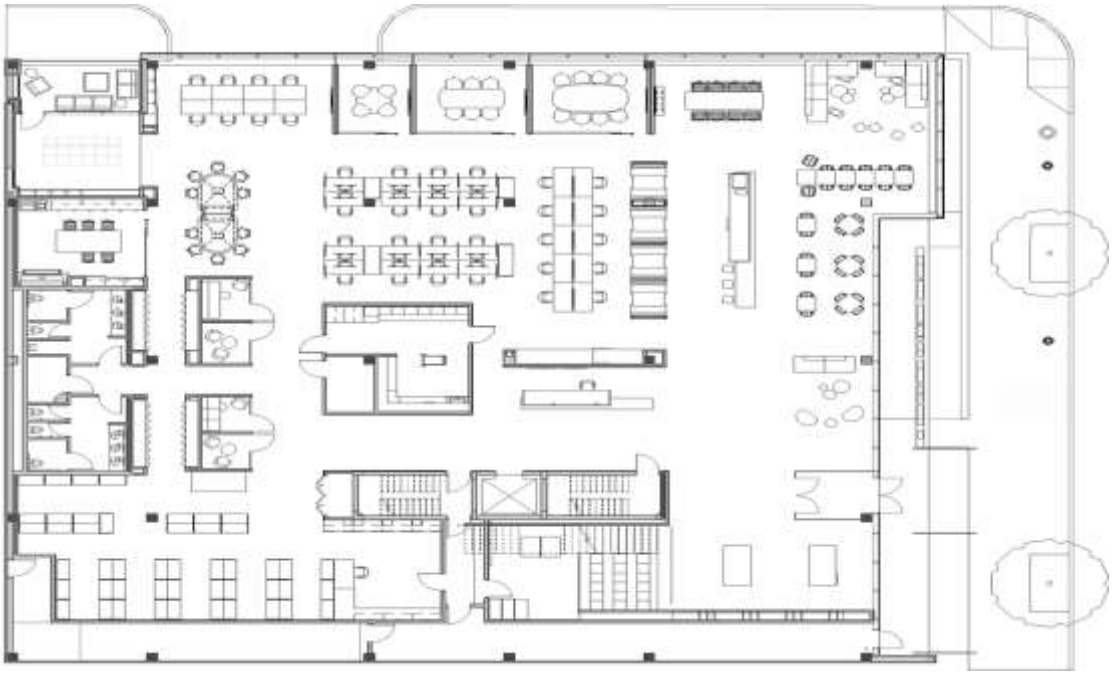
3.2.4 الخصائص المعمارية العامة

- **الواجهات:** يتميز المبنى بواجهات زجاجية حديثة تعزز من دخول الضوء الطبيعي وتوفر إطلالات بانورامية على المدينة.

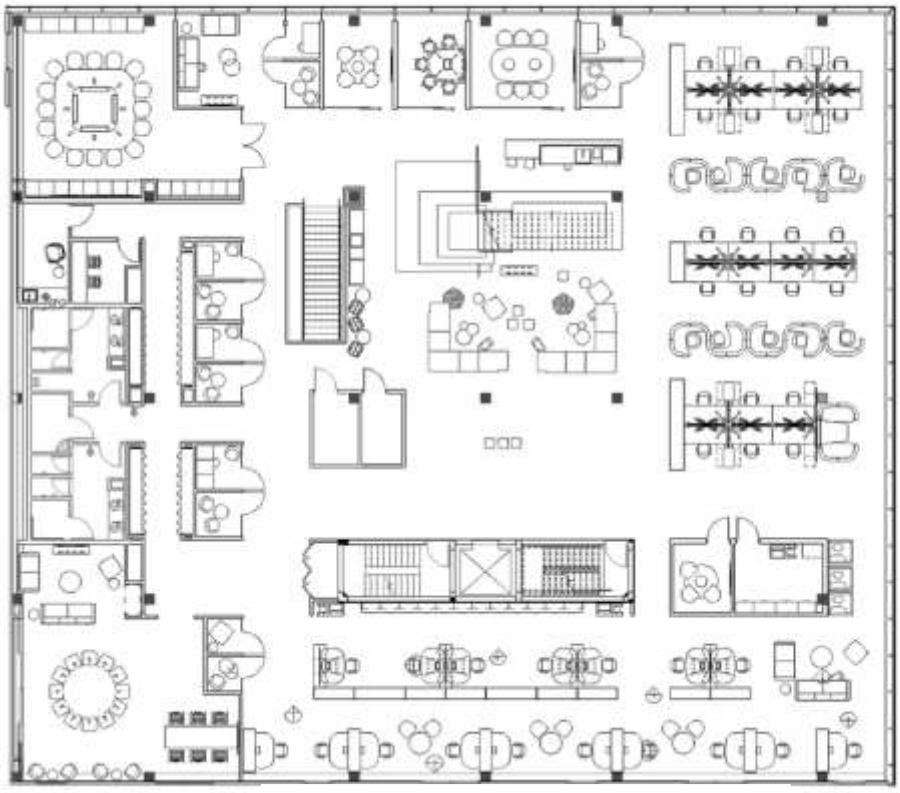
 التصميم الداخلي: يركز على المساحات المفتوحة والتوزيع الذكي للمكاتب، مما يشجع على التواصل والتعاون.

 الاستدامة: تم تصميم المبنى ليكون صديقًا للبيئة، مع استخدام تقنيات الطاقة المتجددة، وأنظمة إدارة المياه.

الشكل:(4) المبنى من الخارج



الشكل:(5) مسقط الطابق الأول للمبنى



الشكل:(6) مسقط الطابق الرابع للمبنى

الشكل:(7) Render للطابق الأرضي مدخل

4.2.4 تقنيات الاستدامة من حيث نظام إدارة النفايات

- **أنظمة تجميع مياه الأمطار:**

تم تجهيز المبنى بنظام لتجميع مياه الأمطار من الأسطح وتخزينها ضمن خزانات تحت الأرض بسعة 15000 جالون، حيث تُستخدم المياه التي تم جمعها لأغراض غير صالحة للشرب، مثل الري أو التنظيف، مما يقلل من الاعتماد على المياه الصالحة للشرب ويُخفف من استهلاكها.

- **أنظمة نقل مياه الأمطار:**

يتم نقل جميع المياه المجمعة بالأسطح عبر شبكة من الأنابيب الواقعة تحت الأدراج بحيث تهبط المياه نحو الأسفل ليتم معالجتها.

- **نظام تنقية المياه:**

يتم معالجة المياه الواردة إلى المبنى من الأسطح بالأشعة الفوق البنفسجية بدلاً من استعمال الكلور في التنقية.

- **أنظمة إعادة تدوير المياه الرمادية:**

تم تصميم أنظمة لمعالجة المياه الرمادية من المغاسل والمرافق الصحية، ليتم إعادة استخدامها في المراحيض وأبراج التبريد، مما يساهم في خفض كمية المياه المهدورة واستخدامها بفعالية.

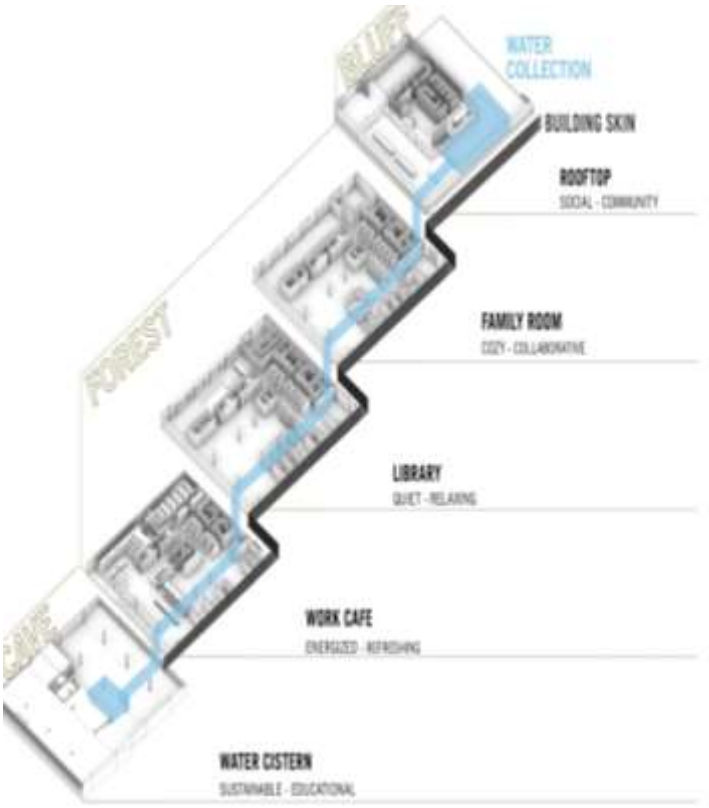
- **تركيبات صحية موفرة للمياه:**

تم تزويد المبنى بتركيبات صحية منخفضة التدفق، مثل صنابير المياه وأجهزة المرحاض الموفرة، التي تقلل من استهلاك المياه دون التأثير على الأداء، مما يقلل استهلاك المياه إلى النصف تقريبًا.

- **مناظر طبيعية قليلة استهلاك المياه:**

زُودت المناطق الخارجية المحيطة بالمبنى بنباتات محلية تتحمل الجفاف، مما يقلل من الحاجة للري المستمر. بالإضافة إلى استخدام نظام ري ذكي يعتمد على مستشعرات الرطوبة لتحديد حاجة النباتات للمياه بدقة، مما يقلل من الفاقد.

الشكل:(8) نظام إدارة المياه في المبنى



الشكل:(9) نظام إدارة المياه في المبنى

الشكل:(10) تجميع المياه الواردة من الأسطح

الشكل:(11) سطح المبنى حيث يتم الاستفادة
من كل قطرة مطر تسقط عليه

5.2.4 تقنيات النظام الإنشائي المستدام للمبنى

- **استخدام مواد البناء المستدامة:**

تم استخدام الفولاذ المعاد تدويره في أجزاء كبيرة من الهيكل، مما يقلل من الحاجة لاستخراج مواد جديدة ويقلل من استهلاك الطاقة.

تم استخدام الخرسانة الموفرة للطاقة التي تستخدم مكونات معاد تدويرها وتوفر كفاءة حرارية جيدة، مما يقلل استهلاك الطاقة في أنظمة التدفئة والتبريد.

- **التصميم الهيكلي المرن:**

اعتمد المبنى على نظام إنشائي مرن يسمح بإعادة توظيف المساحات الداخلية وتغيير التخطيط بسهولة حسب الحاجة، ما يقلل من الحاجة إلى عمليات بناء إضافية ويزيد من عمر المبنى.

هذا المرونة الهيكلية تدعم مفاهيم الاقتصاد الدائري في البناء، حيث يمكن تجديد المبنى دون عمليات هدم مكلفة بيئيًا.

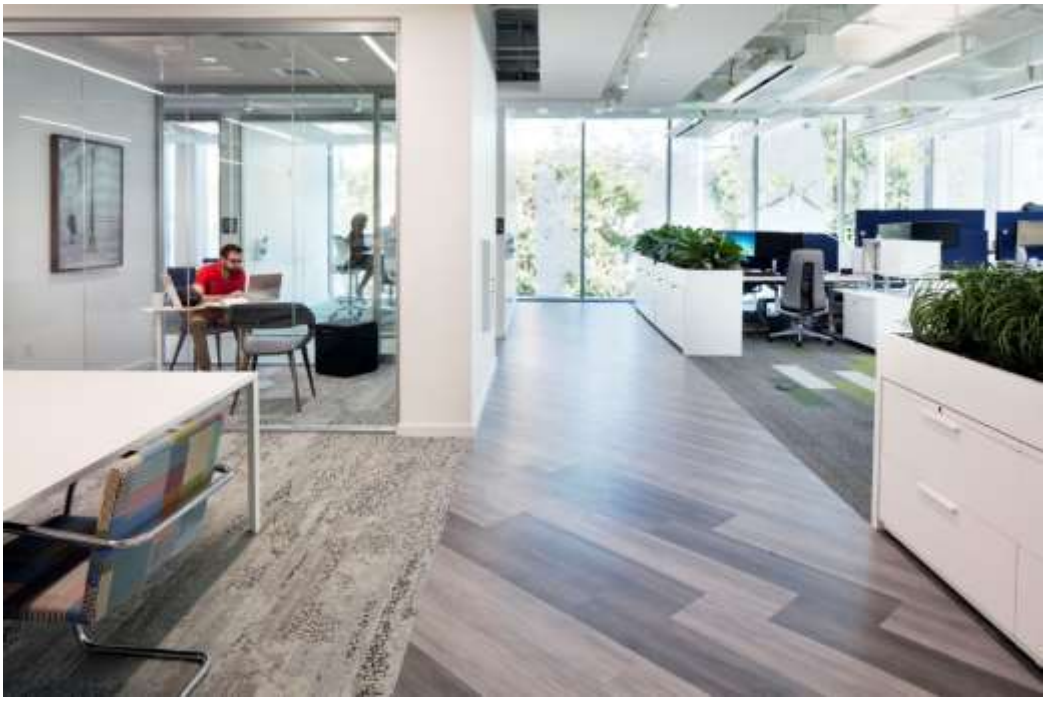
- **العزل الحراري المتقدم:**

تم استخدام طبقات عازلة متقدمة في الجدران والأسقف يقلل من فقدان الحرارة، مما يساهم في تحسين كفاءة الطاقة.

الواجهات الزجاجية المزدوجة والمصممة بتقنيات عزل حراري تساعد في تنظيم الحرارة الداخلية، مما يقلل الحاجة للتدفئة والتكييف.

- **دمج السقف الأخضر:**

يحتوي السقف على مساحات خضراء تساهم في العزل الحراري وتوفر مناخًا طبيعيًا، مما يحسن جودة الهواء ويقلل من آثار الحرارة.



الشكل:(12) يوضح مواد البناء المستدامة المستعملة في المبنى

3.4 المبنى الثاني أكاديمية العلوم الطبيعية The Academy of Sciences

1.3.4 معلومات المبنى:

أكاديمية العلوم الطبيعية في كاليفورنيا هي مرفق علمي وتثقيفي مميز يوفر للمجتمع منصة للتعلم والاكتشاف في مجالات متعددة.

تأسست الأكاديمية في عام 1853, تتألف من 11 مبنى متجمع حول الفناء المركزي ويستقبل العديد من الزوار إلى أن ضرب المدينة زلزال مدمر عام 1989 أدى لأضرار بالغة في هذا البناء, قررت الأكاديمية لإعادة تصميم هذا البناء بشكل بناء أخضر مستدام.

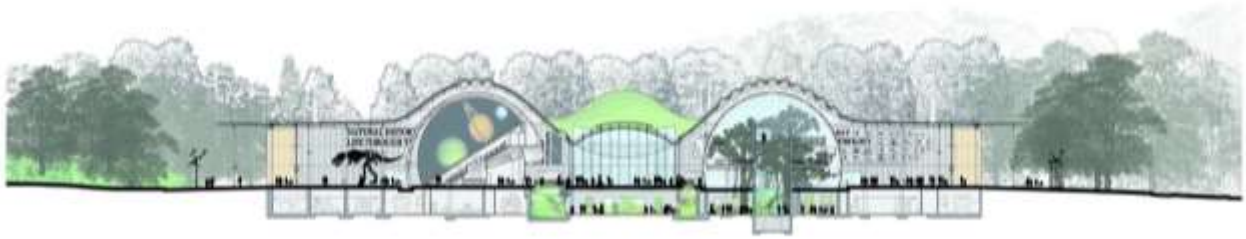
نوع المبنى	أكاديمي
موقع المبنى	مدينة سان فرانسيسكو ولاية كاليفورنيا الأمريكية
تاريخ التشغيل	2008
المصمم	Renzo Piano الحاصل على جائزة بريتزكر
المنفذ	Pyrok and Josef Gartner.
مساحة المبنى	2.5 فدان (1 هكتار)
درجة تقييم المشروع وفق نظام LEED	LEED Platinum

الشكل:(13) يوضح التصميم المعماري الخارجي للمبنى

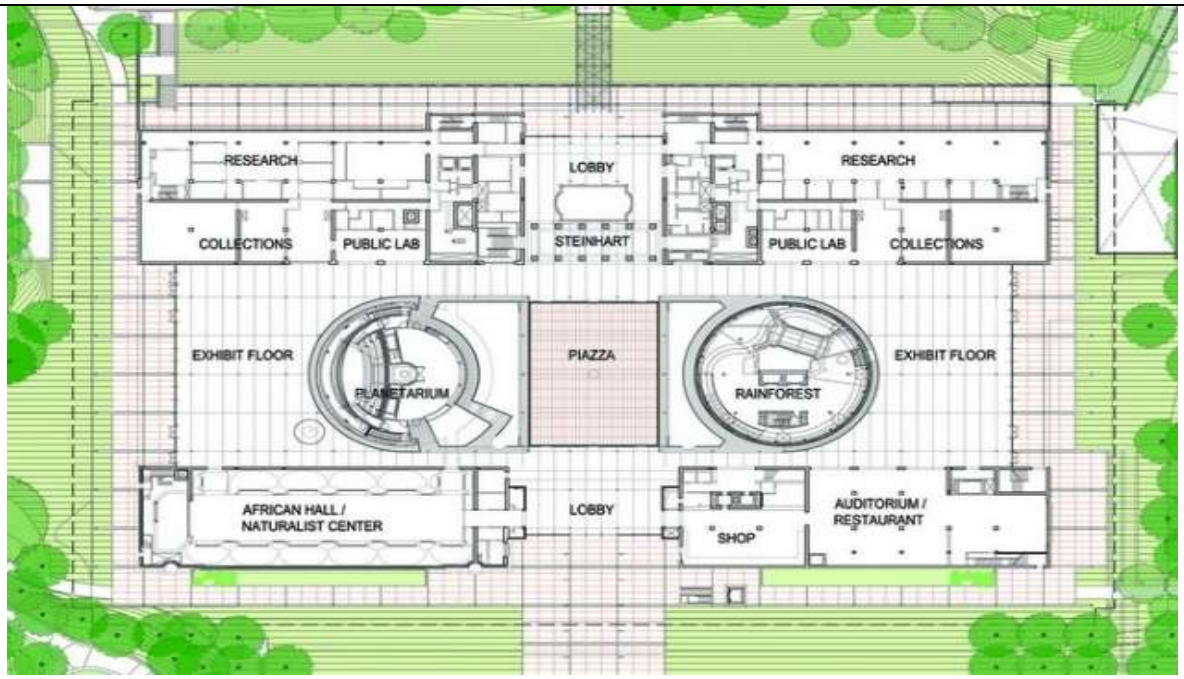
2.3.4 التوصيف المعماري للمبنى

تتميز أكاديمية العلوم الطبيعية بتصميم مبتكر يجمع بين الحداثة والاحترام للبيئة المحيطة, بحيث تم دمج الأبنية الإحدى عشر القديمة ضمن مبنى واحد يتألف من طابق أرضي حيث المدخل الضخم تليه ردهة كبيرة, يوجد في القسم الشرقي منه الغابة الماطرة, أما مراكز الأبحاث تتواجد في الناحية الشمالية في حين يوجد في القسم الجنوبي للمبنى الخدمات العامة من مطاعم وأسواق ومعارض, أما في الطابق الأول فتوجد القاعة الأفريقية التي تعرض الحياة البحرية والبرية لهذه القارة إذ تضم أنواع متعددة من الحيوانات والنباتات التي تعيش فيها, كما يوجد في الطابق الثاني قسم لرصد حركة النجوم والكواكب كم يضم مكتبات للبحث العلمي, كما يوجد في الطابق الثالث للمبنى السقف الأخضر الذي يغطي المبنى بالكامل بالعديد من النباتات المحلية.(ArchDaily, 2020)

الشكل:(14) يوضح مدخل المبنى



الشكل:(15) مقطع عرضي للواجهة الجنوبية



الشكل:(16) مسقط أفقي للمبنى

3.3.4 تقنيات النظام الإنشائي المستدام للمبنى

1.3.3.4 السقف الأخضر

السقف الأخضر لأكاديمية العلوم الطبيعية في كاليفورنيا هو إنجاز معمارّي وبيئي يحقق أهداف الاستدامة المعمارية بشكل كبير, حيث يعتبر من أكبر الأسطح الخضراء في الولايات المتحدة بمساحة 2.5 فدان ويحتوي على 1.7 مليون نبتة محلية, بحيث يعمل على تنقية الهواء من الانبعاثات الكربونية, ويعمل السطح الأخضر أيضاً كعازل طبيعي, مما يساعد في تنظيم درجة الحرارة داخل المبنى أثناء الصيف, بينما يساعد في الحفاظ على الدفء خلال الشتاء، وهذا يقلل من الحاجة لأنظمة التبريد والتدفئة، وبالتالي يُخفض استهلاك الطاقة. تم استخدام الزجاج المصنوع من نسبة منخفضة من الحديد لمزيد من الوضوح مما يسمح للزوار لرؤية الحديقة الداخلية من أي نقطة داخل المتحف

يتموج السطح باتجاه الوسط بحيث يشكل سلسلة من القبب بتصميم انسيابي متناغم مع التصميم الداخلي للمبنى حيث يوجد أسفله الغابة المطرية. يساعد الانحناء في تخفيف تأثير شدة العواصف الماطرة التي قد تصل لما يقارب 3.5 غالون سنوياً حيث يتم فتح السقف فوق الردهة أثناء فصل الصيف لإنشاء نظام تكييف طبيعي كما هو موضح في الشكل(21) أدناه:

يستوي السقف عند الأطراف ليحتوي على 60,000 خلية كهروضوئية عند المحيط بحيث توفر قرابة 5% من كهرباء الأكاديمية كما هو موضح في الشكل(22).

2.3.3.4 النظام الإنشائي في المبنى

- **التأسيس:** يتألف من جملة أساسات منفردة وأساسات شريطية بالإضافة إلى جدران استنادية تدور حور المبنى والتي تقاوم الحمولات الأفقية الناتجة عن ضغط التربة الأفقي الشكل
- **العناصر الشاقولية:** يمكن اعتبار الجملة الانشائية للمبنى جملة مختلطة من أعمدة وجدران القص.
- **العناصر المستوية:** تم استخدام البلاطات الفطرية (Flat Slab) وتم انشاء Drop Panel لمقاومة اجهادات الثقب الشكل 19.
- **سقف المبنى:** يمكن اعتبار سقف مبنى الكلية من حيث التصميم الإنشائي كعنصر مركب من الخرسانة المسلحة والفولاذ عالي القوة (High-Strength Steel) والمعاد تدويره بحيث تم تصميم جوائز معدنية منحنية الشكل عند تشكيل القبب من الخارج والتي تغطيها طبقة غشائية من الخرسانة المسلحة لا تتجاوز سماكتها بضع سنتيمترات, وتم تصميم جملة من الجوائز الحلقية من أجل نقل حمولات القبة إليها

الشكل:(17) إنشاء الأساسات الشريطية

الشكل:(18) الجملة المختلطة

الشكل:(19) جوائز المعدنية في سقف المبنى

الشكل:(20) البلاطة المركبة لسقف المبنى

الشكل:(21) يوضح كيفية دخول التيارات الهوائية داخل المبنى

الشكل:(22) يوضح الخلايا الكهروضوئية على أطراف المبنى

3.3.3.4 الهيكل المفتوح

تم استخدام زجاج ألماني بشكل واسع في السقف وفي الواجهات، مما يسمح بتوفير إضاءة طبيعية داخل المبنى.

بحيث يتم وصول أشعة الشمس إلى 90% من الأماكن داخل المبنى كما يعزز هذا من الشعور بالاتصال مع

الطبيعة في الخارج وذلك بالاعتماد على هيكل مفتوح يساهم في تهوية المساحات وتوفير الراحة الحرارية من خلال

تدفق الهواء الطبيعي من خلال فتحات التهوية على الجوانب الأربعة للأكاديمية ومن خلال المناور الدائرية الموجودة على السطح والتي تفتح وتغلق بشكل تلقائي حسب الحاجة (Piano)

الشكل:(23) يوضح استخدام الواجهة الزجاجية للمبنى

الشكل:(24) يوضح السقف الأخضر للمبنى

4.3.3 تقنيات إدارة النفايات المستدامة

تجمع النفايات القابلة للتدوير, مثل الورق والبلاستيك والزجاج في نقاط مخصصة لتعاد معالجتها واستخدامها.

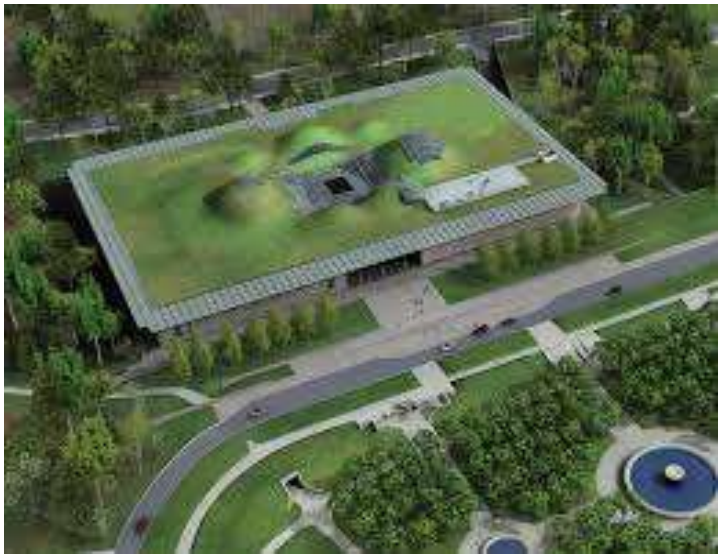
يتم تحويل النفايات العضوية إلى سماد يستخدم لدعم السقف الأخضر والنباتات المحلية المزروعة عليه.

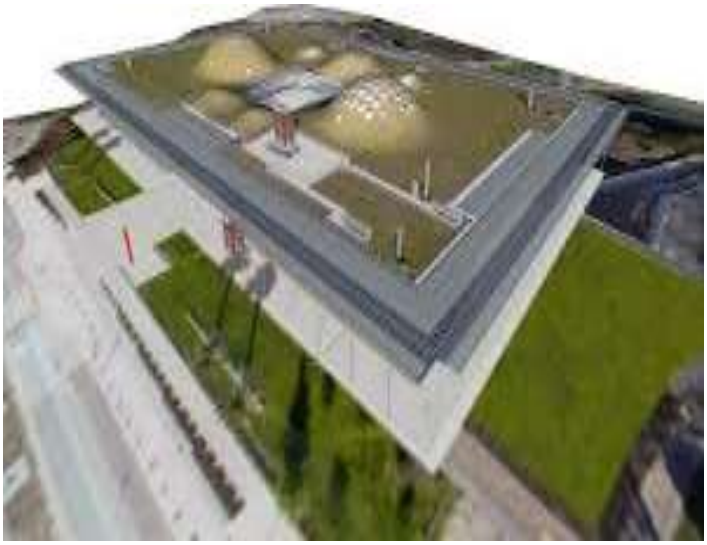
استخدام المواد الانشائية المعاد تدويرها كالزجاج المستعمل في واجهة المبنى والفولاذ المستخدم في الإنشاء والخرسانة المعاد تدويرها (Piano).

يتم تجميع مياه الصرف ومعالجتها باستخدام تقنية الترشيح البيولوجي ومن ثم تستخدم في ري المزروعات في السقف الأخضر وفي الغابة الماطرة (California Acafemy of Science, n.d.)

4.3.4 استخدام تقنيات BIM في المشروع:

ساعد BIM في تحقيق التكامل بين أطراف جميع التخصصات الهندسية والمعمارية حيث استخدمت لإدارة وتحليل كميات هائلة من البيانات المتعلقة بالتصميم الإنشائي والأداء البيئي بحيث تم تنفيذ تحليلات بيئية دقيقة مثل محاكاة استهلاك الطاقة والإضاءة الطبيعية حيث تم استخدام Revit كنظام أساسي في المشروع لإدارة المعلومات المتعلقة بالنمذجة الهندسية وقد ساعد في إنشاء نموذج شامل في يدمج بين التخصصات المعمارية والانشائية وMEP, وباستخدام العديد من برامج الاظهار المعماري كما تم نمذجة المشروع وفق برمجية Sketch Up, وقد استعمل Rhino وGrasshopper في تصميم القبب وتم الاستفادة من برنامج Ecotect Analysis في التحليل البيئي كتحليل الإضاءة والطاقة الحرارية وقد تم استخدام برنامج Tekla Structure في التصميم الإنشائي وتم التكامل بين البرمجيات المختلفة عبر عمليات تبادل البيانات باستخدام تنسيقات مثل DWG وIFC أتاح ذلك تدفقاً فعالاً للمعلومات بين الفرق المختلفة وساهم في تحقيق التصميم النهائي بأعلى معايير الجودة والكفاءة.





الشكل:(25) يوضح نموذج للمبنى وفق برمجية Sketch Up

4.4 المبنى الثالث مطار شنغي الجوهرة (Jewel Changi Airport)

1.4.4 معلومات المبنى

تم وضع حجر الأساس لهذا المشروع في عام 1975 الا أن لا يزال التطوير والتوسيع مستمر لغاية اليوم, ففي البداية قامت الدولة على استصلاح الأراضي التي كانت مكب للنفايات وأنشأت الوحدة الأولى والثانية للمطار, وفي عام 2006 اتخذت الحكومة قرار التوسعة لإنشاء الوحدة الثالثة وقامت بربط الوحدات الثلاث من خلال بناء الجوهرة الذي يحاكي التصميم الخارجي لشكل المبنى.

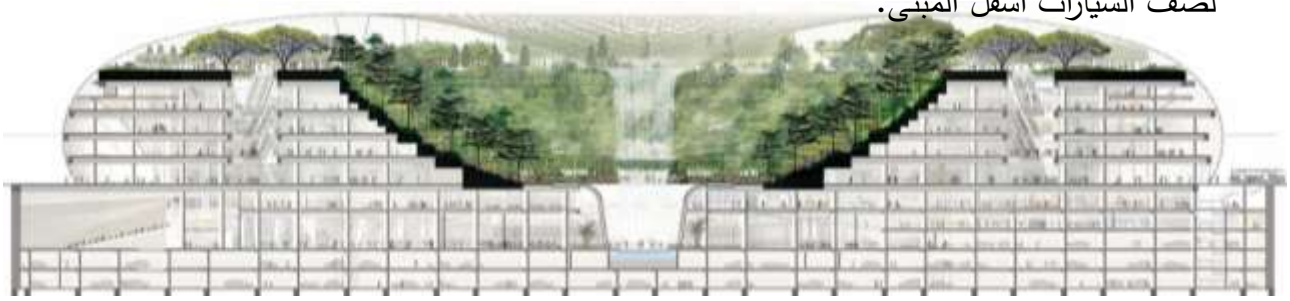
الشكل:(26) يوضح التصميم المعماري الخارجي

نوع المبنى	مطار
موقع المبنى	مدينة شنغي–سنغافورا
تاريخ التشغيل	1981
المصمم	Safdie Architects
المنفذ	Jonite – Kuraray – Vectorworks
مساحة المبنى	$135700m^2$
درجة تقييم المشروع وفق نظام SGBC	Green Mark Platinum

2.4.4 التوصيف المعماري للمشروع

وهو عبارة عن قبة مصنوعة من الحديد والزجاج مقعرة نحو الداخل ومفرغة من الوسط بحيث يتشكل من ذلك الفراغ أكبر شلال داخلي موجود في العالم مما يضفي عليه البريق والضياء مما يجعله أشبه بالجوهرة, تم تشبيه البناء لقطعة الدونات التي ترمز للسرعة والحداثة.

يتكون المبنى من خمس طوابق رئيسية تحتوي في وسطها على حديقة ضخمة يوجد في منتصفها شلال داخلي, يخترق البناء من الوسط قطار يسمح للمسافرين بأخذ جولة سريعة في وسط الحديقة كما يحتوي المبنى على أسواق تجارية ومطاعم وسينما بالإضافة إلى فندق كما يوجد في الأقبية أربع طوابق عبارة كراج لصف السيارات أسفل المبنى.



الشكل:(27) مقطع عرضي في المبنى

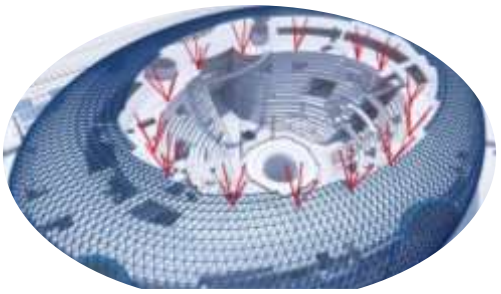
الشكل:(28) توضيح للشلال مع الحديقة بالإضافة لسكة القطار من داخل المبنى

3.4.4 تقنيات الإنشاء المستدام

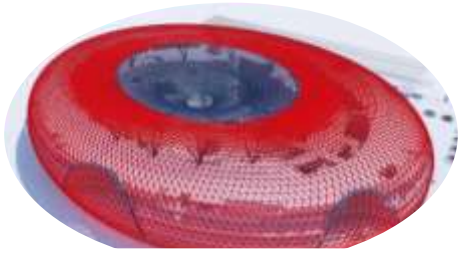
1.3.4.4 التصميم الإنشائي

تم تصميم الهيكل الخارجي للمبنى وفق طورين:

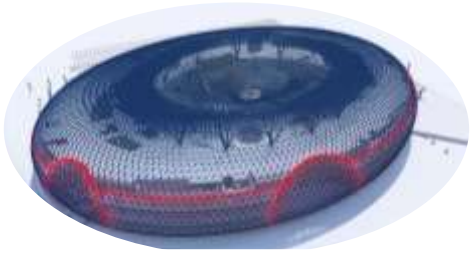
الطور الأول: يسمى بالصدفة وهو الجزء الذي يشكل القبة المقعرة نحو الخارج والتي تستند في محيطها الخارجي على جوائز حلقية معدنية ممتدة على كامل حافاتها العلوية في الطابق الخامس كما أنها تستند من الداخل على 14 مجموعة من الأعمدة والتي تتحمل إجهادات الضغط الناجمة عن الوزن الذاتي للقبة وعن حركة الطائرات (opening of Changi airport, n.d.)



الشكل:(30) يوضح الأعمدة في الداخل

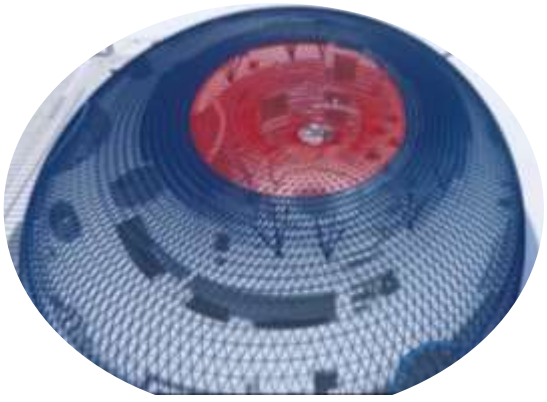


الشكل:(29) الطور الأول للهيكل الخارجي

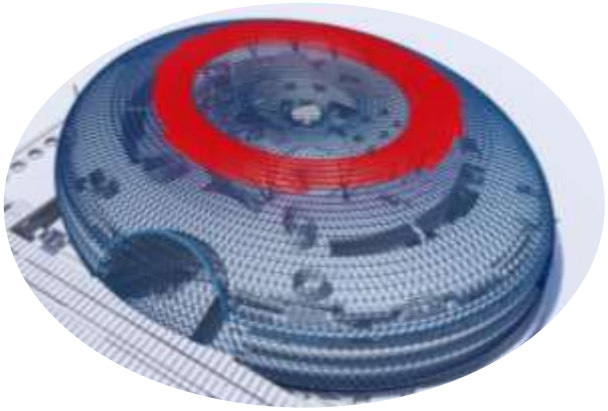


الشكل:(31) يوضح الدعامة الخارجية

الطور الثاني: وهو عبارة عن جذع مخروط مقعر نحو الداخل والذي يتعرض لإجهادات الشد الناجمة عن حمولة المياه المتدفق عبر الشلال, صمم المهندسون حزمة من الجوائز الشبكية الحلقية في القبة من أجل تحمل تلك الإجهادات والتي تستند على مجموعات الأعمدة الموجودة في الشكل (30) (opening of Changi airport, n.d.)



الشكل:(32) طور المخروط



الشكل:(33) يوضح الجوائز الشبكية الحلقية التي تسند طور المخروط

الشكل:(34) طور المخروط من الداخل

2.3.4.4 مواد الإنشاء

بعد التصميم الإنشائي للهيكل الخارجي للمطار قام المهندسون باختيار مواد مناسبة لكل من القبة والمخروط كالفولاذ المعاد تدويره عالي المقاومة في الجوائز الشبكية للهيكل الخارجي للمبنى والتي تغلفها من الخارج طبقة من الزجاج المقسى بالحرارة وذلك من أجل رفع مقاومته بحيث يتحمل الإجهادات الناجمة عن حمولات الرياح والماء في الأسطح والذي يتصف بالديمومة العالية.

الشكل:(35) يوضح تغليف الألواح الجوائز الشبكية بالألواح الزجاجية

الشكل:(36) تركيب الجوائز الشبكية

كل الخرسانة المستعملة في الهيكل الداخلي للبنى أو في مدارج الطيران عبارة عن خرسانة معاد تدويرها.

3.3.4.4 التصميم السلبي للشمس

يمكن للنوافذ الزجاجية باعتماد تقنية Gridshell في المبنى أن تفتح بشكل مؤتمت بحيث تبقى نسبة إضاءة المبنى ثابتة على مدار العام, ومما يسمح للفرد للخصول على اكبر قدر ممكن من الفيتامين د. (Safadie Architects, n.d.)

4.3.4.4 غابة الوادي

في مطار الجوهرة تم دمج الحديقة مع الأسواق التجارية بحيث يحوي على ساحة تجمع عامة للمسافرين تتيح لهم بالتنزه والتسوق والترفيه عن طريق حدائق محيطة بالمبنى من الداخل والتي يصل امتدادها إلى الطابق الخامس تُدعى بغابة الوادي والمليئة بمختلف أنواع الأشجار من أنحاء العالم مما يعمل على تحسين التهوية الطبيعية للمبنى ويعزز التنوع البيئي.

الشكل:(37) مسقط أفقي في المبنى يوضح تموضع غابة الوادي في المبنى

4.4.4 نظام إدارة النفايات في المبنى

1.4.4.4. نظام نقل النفايات الهوائي:(Automated Pneumatic Waste Conveyance System)

- يتم نقل النفايات من خلال أنابيب مضغوطة تمتد في جميع أنحاء المبنى، مما يلغي الحاجة لشاحنات نقل النفايات التقليدية.
- يعمل هذا النظام على فصل النفايات إلى أنواعها (جافة ورطبة)، مما يسهل عمليات إعادة التدوير والتسميد

2.4.4.4 إعادة التدوير والتقليل من النفايات:

- يتضمن المبنى برامج لإعادة تدوير الورق، الكرتون، البلاستيك، علب الألمنيوم، والنفايات الإلكترونية.
- يُستخدم نظام التسميد لتحويل النفايات العضوية، مثل مخلفات الطعام، إلى سماد يُستخدم في حدائق المبنى.
- التركيز على استخدام مواد منخفضة الانبعاثات خلال عمليات البناء والتشغيل (مثل الطلاءات والمواد اللاصقة ذات المركبات العضوية المتطايرة).

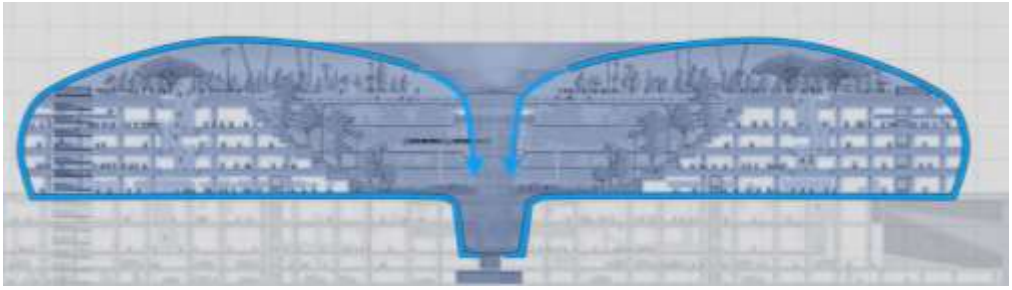
3.4.4.4 تشجيع الزوار والمجتمع المحلي:

- توفير محطات مجانية لإعادة تعبئة المياه لتقليل استهلاك العبوات البلاستيكية.
- تركيب آلات عكسية (Reverse Vending Machines) تقدم مكافآت للزوار عند إعادة العلب والزجاجات البلاستيكية الفارغة.

4.4.4.4 نظام إعادة تدوير المياه:

- نظام لجمع مياه الأمطار لإعادة استخدامها في الري وتنظيف المراحيض، حيث يتم جمع حوالي 50% من مياه الأمطار.
- نظام تبريد مركزي يستفيد من البرودة الناتجة عن الشلال الداخلي **Rain Vortex** والحدائق الخضراء المحيطة. (Safadie Architects, n.d.)

يتم تجميع مياه المتدفقة عبر فتحة السقف من خلال أجهزة استشعار تتحكم بكمية المياه المتدفقة, نظراً لطبيعة سنغفورا الاستوائية ذات الأمطار الغزيرة تقوم تلك الحساسات بالتحكم بكمية الأمطار المتدفقة عبر الشلال, ويمكن إعادة تدوير المياه عن طريق أقنية موجودة في قاع المبنى لتعيد تجميعها إلى السطح كما هو موضح في الشكل 33



الشكل:(38) مقطع عرضي في المبنى يوضح كيفية إعادة تدوير المياه في المبنى

5.4.4.4 استخدام الBIM في المبنى

لعب تطبيق ال(BIM) في مطار شنغي دوراً محورياً في تطويره وإدارته خاصة في توسعاته الضخمة حيث جعل تقنية (BIM) حلاً استراتيجياً لضمان نجاح المشروع من خلال الاستعمالات التالية:

- التخطيط والتصميم من خلال انشاء نموذج ثلاثي الأبعاد باستعمال برمجية Autodesk Revit أو Bentley System حيث تم الكشف عن التعارضات بين الأنظمة الهندسية المتشابكة.
- إدارة التكاليف والجدول الزمني من خلال برمجيات الإدارة حيث تم استعمال برنامج Synchro و Navisworks لربط النموذج بالجدول الزمني التفصيلي لضمان التسليم وفق المدة المحددة.
- أما بالنسبة للنظام الانشائي الوارد في الفقرة 1.3.4.4 تم استخدام برمجية Tekla Structure لتنسيق الهياكل المعدنية المعقدة في للقبة الزجاجية (جميع الصور الملتقطة في الفقرة 1.3.4.4 كانت في التصميم الإنشائي لبرنامج Tekla Structure) بعد تصدير النموذج من برنامج Revit أما بالنسبة للتحليل الإنشائي فكان وفق برنامج STAAD Pro بعد التكامل بينه وبين برنامج Tekla Structure.
- تم تصميم الهياكل المنحنية وفق إضافة Grasshopper التي تعمل داخل برنامج Rhino لإنشاء النماذج المعقدة ثلاثية الأبعاد كالهياكل المعدنية المنحنية في واجهة المبنى بحيث أتاح للمصممين أدوات معقدة للتعديل والنمذجة بالاستفادة من خصائص التصميم البارمتري (Parametric Design) الذي يعد جزء من التصميم الحاسوبي (Computing Design) التي تعمل بها هذه البرمجيات.
- تم استخدام منصة BIM 360 كقاعدة بيانات مركزية تربط جميع المعلومات الضرورية لإدارة المطار بشكل فعال.

5.4 المبنى الرابع كرات أمازون The Amazon Spheres

1.5.4 معلومات المبنى

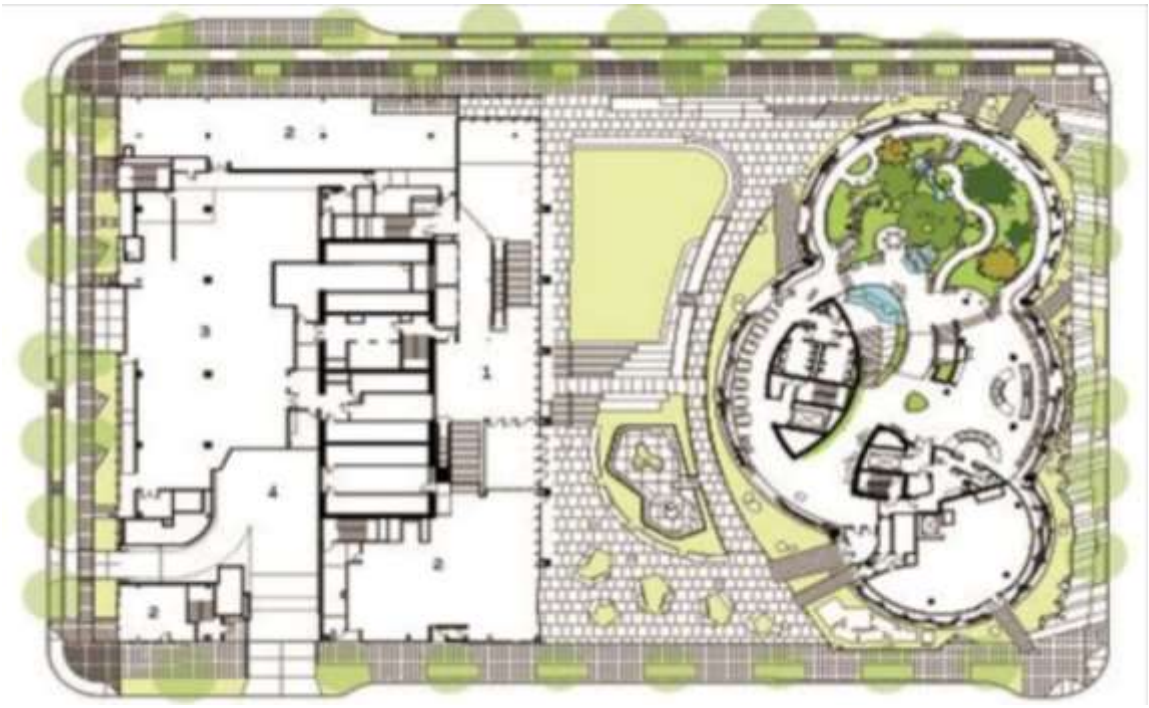
كما هو متعارف عليه أن اسم شركة أمازون مستوحى من نهر الأمازون الذي يعبر بين الغابات الماطرة وفي عام 2012 قررت الشركة إنشاء حرم جديد ينقل الشعور بالغابات الاستوائية إلى الموظفين مما يعكس على إنتاجية العمل.

الشكل:(39) يوضح التصميم المعماري الخارجي

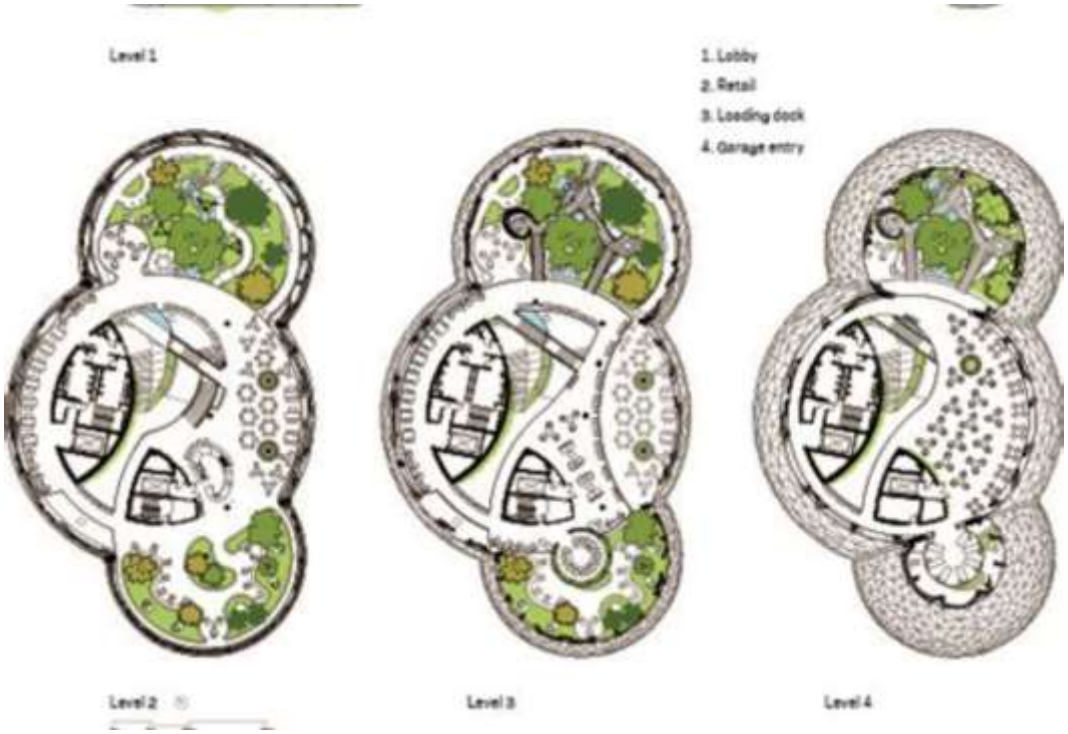
نوع المبنى	مكاتب
موقع المبنى	مدينة سياتل – واشنطن – أميريكا
تاريخ التشغيل	2018
المصمم	NBBJ
المنفذ	Holcim – Enclos – Vitro®
مساحة المبنى	67000 m^2
درجة تقييم المشروع وفق نظام LEED	Gold

2.5.4 الوصف المعماري للمشروع

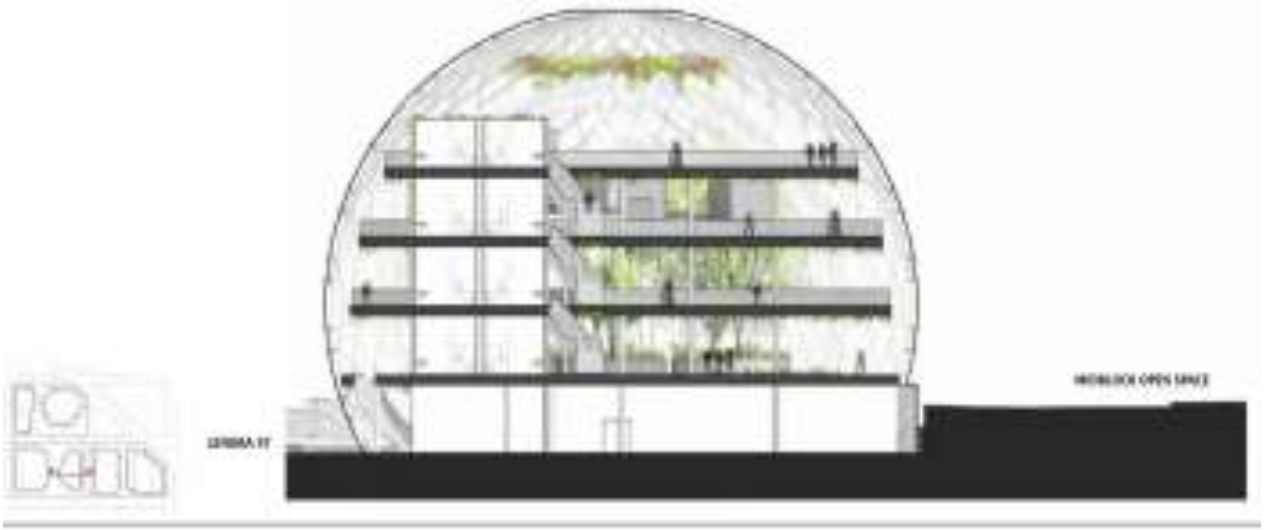
- تتكون الكرات من ثلاث قباب زجاجية مترابطة بأشكال هندسية خماسية وسداسية، وتتراوح ارتفاعاتها بين 24 إلى 29 متر وقطر يبلغ حوالي 39 متر بمساحة داخلية تبلغ حوالي 67225 متراً مربع.
- تتألف الكرات الثلاث من ثلاثة إلى أربعة طوابق حيث تحوي على مساحات عمل متعددة المستويات ومناطق للاجتماعات والاسترخاء. (NBBJ، 2020)
- تصم الكرات مساحات مفتوحة ومرنة تستخدم كمناطق عمل تفاعلية, بالإضافة إلى مساحات خضراء بالإضافة إلى المطاعم والاستراحات والكافتيريا موزعة في الطوابق المختلفة كما توجد مناطق مثل "عش الطيور" المصنوعة من الخشب التي توفر مكان للاسترخاء والاجتماعات الغير رسمية.
- فكرة التصميم تعتمد على دمج الطبيعة مع مناطق العمل بحيث أظهرت دراسات كثيرة بأن المشي في الحدائق يجعل الشخص أقل عرضة للضغط ويساعد في زيادة نسبة التركيز ويرفع من مستوى السعادة. (Rogers، 2020)



الشكل:(40) مسط أفقي للطابق الأرضي



الشكل:(41) مسقط أفقي للطابق الثاني والثالث والرابع



الشكل:(42) مقطع عرضي لواجهة المبنى

تُظهر المخططات السابقة توزيع المساحات الداخلية بما في ذلك مناطق العمل , الاستراحات , والممرات التي تربط بين الكرات الثلاث. (ArchDaily, 2020)

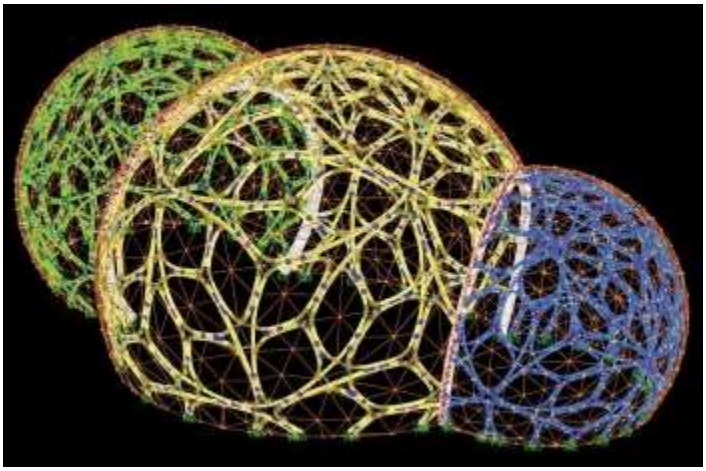
الشكل:(43) منظور يبرز العلاقة بين الهيكل الخارجي الزجاجي والمساحات

3.5.4 تقنيات الإنشاء المستدام

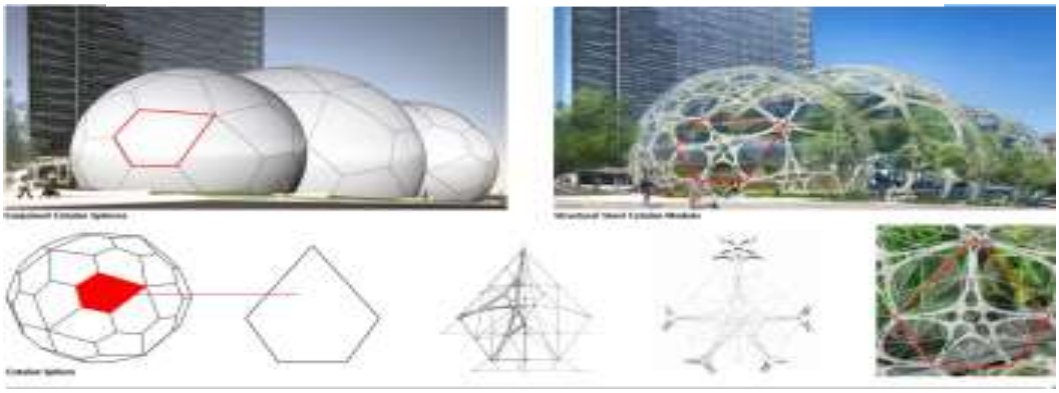
1.3.5.4 النظام الإنشائي العام

يتكون النظام الإنشائي في كرات أمازون من هيكل فولاذي متطور يعمل كإطار شبكي مزدوج يوزع الأحمال بشكل متساوٍ ويظهر جماليات التصميم الهندسي, ونواة خرسانية داخلية تستند على جائز حلقي يبلغ وزنه تقريباً 180طن لمقاومة الأحمال الجانبية.

يعتمد الهيكل لشكل رئيسي على واحدات هندسية خماسية وسداسية الشكل تُدعى: "Cataln" نسبة للعالم الرياضي البلجيكي يوجين شارل كاتلان, الذي كان أول من وصف الدالة الرياضية التي يُمثل شكل المنحني البياني التابع لها شكل الكاتلان عام 1865. يتميز هذا النظام بقدرته العالية على تحمل الحمولات باستخدام الحد الأدنى من المواد. (Rogers، 2020)



الشكل:(44) يظهر تمثيل افتراضي للهيكل الإنشائي لكرات الآمازون



الشكل:(45) يظهر تمثيل افتراضي وحقيقي لوحدة الكاتلان

الشكل:(46) الهيكل الإنشائي لكرات أمازون

2.3.5.4 توزيع الأحمال:

تنقل الأحمال الرأسية (وزن ذاتي وثلج) التي تم حسابها وفق معايير الكود الأمريكي والأحمال الأفقية من قوى الزلازل والرياح بحيث تعمل وحدات الكاتلان كعقد مشتركة بحيث توزع الاجهادات المتولدة عبر الإطار الشبكي الفولاذي إلى جميع العناصر المختلفة وصولاً إلى مستوى التأسيس.

3.3.5.4 التحديات الموجودة

لقد كان التحدي الأكبر للمهندسين في كرات الأمازون كيفية إقامة 40,000 نبتة من ضمن 400 نوع من مختلف بلدان العالم وبعضها مهدد بالانقراض في موطنها وبالتالي كانت الصعوبة تكمن في إقامة بيئة مناسبة لتلك الأنواع من حيث درجة الحرارة والضوء سيما الأشجار التي قد يصل ارتفاعها إلى 15 متر.

قامت شركة Enclos المتخصصة بهندسة الواجهات باستخدام نوع شفاف من الزجاج للغاية وموفر للطاقة من نوع "Solarban Solar Control 60 low-E" Vitro مع طبقة غشائية لمنع أطوال الموجات تحت الحمراء التي تنتج عنها كمية حرارة لا حاجة لها بحيث يغلف الوحدات الفولاذية مما يشكل إطارات ثلاثية الأبعاد على شكل صدفة.

الشكل:(47) يظهر كيفية دخول كمية الزجاج إلى الأنواع النباتية

4.5.4 استخدام (BIM) في المبنى

- يعتبر **Autodesk Revit** من الأدوات الأساسية المستخدمة في تصميم النماذج المعمارية والإنشائية في هذا المشروع من خلال إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة تمثل كافة التفاصيل حيث تم استخدامه تنسيق الأنظمة الكهربائية والميكانيكية، وتحليل التصاميم بناءً على المعايير البيئية والاستدامة.
- تم استخدام **Rhino** و **Grasshopper** لتصميم الأسطح المنحنية والمعقدة للكرات الزجاجية، مما سمح بإنشاء هندسة معمارية مبتكرة ودقيقة بحيث تم التصميم الحوسبي لوحدة الكاتلان وفق Grasshopper
- تم استخدام: **Revit Structure** لتصميم الهيكل الإنشائي، فيما استخدم Tekla Structures لمزيد من التفاصيل الدقيقة في مرحلة الإنتاج، خاصة في تحديد الهياكل الفولاذية المعقدة التي تستخدم في الكرات الزجاجية.
- تحليل الضوء الطبيعي: تم محاكاة دخول الضوء الطبيعي إلى المبنى خلال فصول السنة المختلفة، مما يساعد على تحديد أماكن النوافذ وتوجيهها بشكل يحقق أقصى استفادة من الإضاءة الطبيعية. من خلال تحليل الضياء في برنامج **EcoTect Analysis**
- وتم نقل تلك التحليلات إلى المعنيين بصورة مرئية وفق برنامج Lumion لإظهار التصورات البصرية والتفاعلية لمبنى Amazon Spheres
- تم استخدام منصة **BIM 360** كأداة لإدارة المشروع والمشاركة في العمل الجماعي بين الفرق المختلفة عبر السحابة الإلكترونية, استخدم الفريق هذا البرنامج لتسهيل التواصل بين الفرق المعمارية، الإنشائية، والميكانيكية، مما أدى إلى تحسين التنسيق والمتابعة.

5.5.4 نظام إدارة مياه الصرف المستدام

- **أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي:** يتم تصفية المياه عبر فلاتر متقدمة لفصل الملوثات والمواد الصلبة، مع استخدام أنظمة بيئية مثل النباتات المائية أو الأنظمة الميكروبية للمساعدة في تحسين جودة المياه.
- **المياه الرمادية:** باستخدام تقنيات مبتكرة. يتم جمع هذه المياه من المناطق المختلفة في المبنى ومعالجتها لإعادة استخدامها في أنظمة الري أو في المراحيض أو في ري المزروعات.
- **إعادة استخدام المياه** :تم تصميم أنظمة لإعادة استخدام مياه الأمطار واستخدامها في ري النباتات داخل كرات أمازون أو لتشغيل بعض الأنظمة في المبنى، مثل دورات المياه. يمكن للنموذج المرئي بتحديد الأماكن الأنسب لتركيب هذه الأنظمة وأفضل الطرق لتوزيع المياه داخل المبنى.
- **تقنيات المياه الموفرة للطاقة** :بفضل BIM، يمكن دمج تقنيات متقدمة لتوفير المياه في التصميمات الداخلية، مثل التركيبات الصحية الموفرة للمياه، مثل صنابير المياه والدش التي تستهلك كميات أقل من المياه مقارنة بالتقنيات التقليدية.

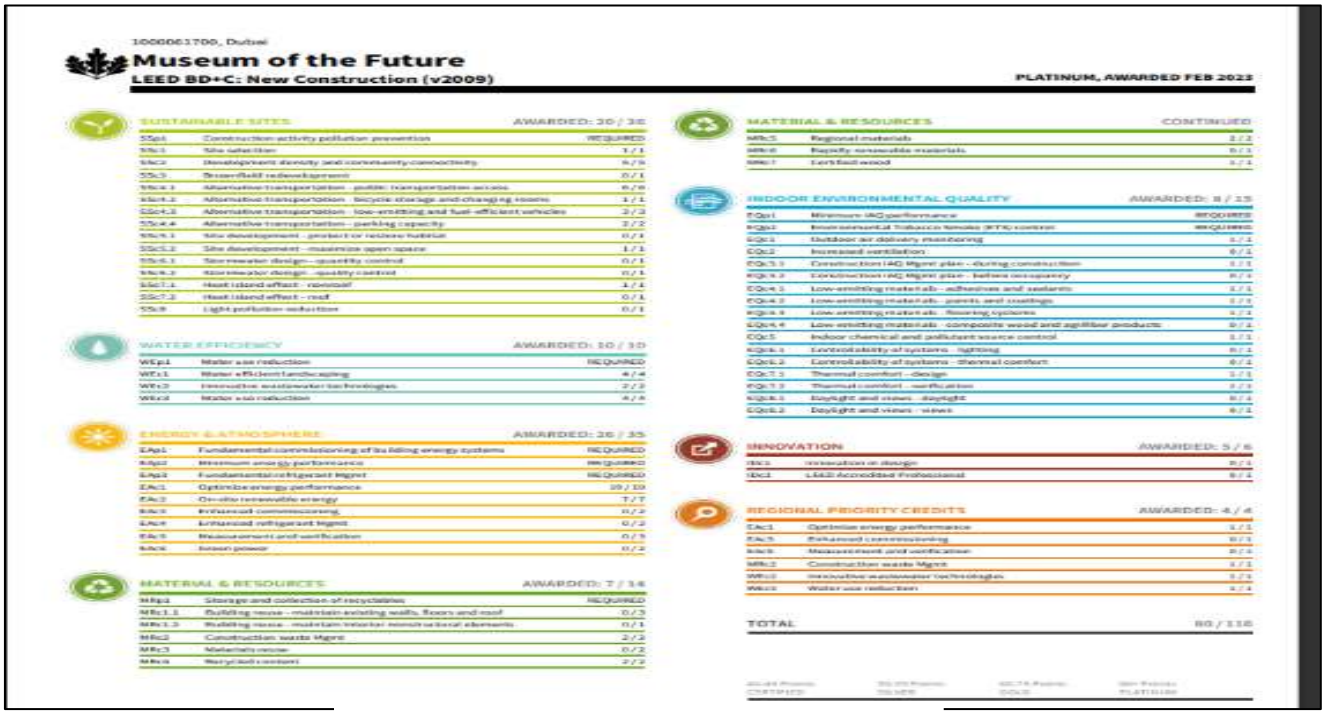
6.4 المبنى الخامس متحف المستقبل

1.6.4 معلومات المبنى

لاشك أن متحف المستقبل من أحد أهم المشاريع الهندسية التي غيرت جميع قواعد البناء الانشائية والمعمارية بداية من جملة "متحف المستقبل" المناقضة للمنطق, ففي عام 2015 كانت دولة الإمارات هي الحاضنة للقمة العالمية للحكومات التي كانت تتناول محاولة استشراف المستقبل بجميع القطاعات الاقتصادية والاجتماعية والتنموية واثناء انعقاد هذه القمة تم وضع حجر الأساس لتأسيس هذا المتحف بحيث يجتمع فيه جميع المخترعين والمبدعين في العالم العربي ليساعدهم على استشراف المستقبل.

الشكل:(48) يوضح التصميم المعماري الخارجي للمبنى

نوع المبنى	متحف
موقع المبنى	دبي–الإمارات العربية المتحدة
تاريخ التشغيل	2015
المصمم	Shaun Kila
المنفذ	Buro شركة إعمار للمقاولات بالتعاون مع Happold
مساحة المبنى	30000 m^2
درجة تقييم المشروع وفق نظام LEED	Platinum



تقييم مبنى متحف المستقبل وفق نظام LEED

USGBC

2.6.4 التوصيف المعماري

- يتألف المتحف من مبنى دائري يقع فوق تلة خضراء لتمثل العلاقة بين الطبيعة والبنية التحتية الحديثة بحيث تشكل مدخل للمتحف, وتحتوي على مرافق للسيارات تحت الأرض وخدمات البنية التحتية للمبنى مثل الأنظمة الكهربائية والتكييف المركزي
- صمم الهيكل الخارجي للمبنى بفتحة بيضوية في مركزه ويرمز التصميم إلى عين الإنسان التي تنظر إلى الحاضر مع الاطلاع للمستقبل
- تتألف الواجهة الخارجية للمبنى من هيكل فولاذي منقوش عليه اقتباسات من الشيخ محمد بن راشد بن مكتوم بخط الرقعة
- يبلغ ارتفاع المتحف 78 متراً ويحتوي على ستة طوابق:

الطابق الأرضي: المدخل الرئيسي ومنطقة الاستقبال

- **الوصف المعماري** :يتميز بفضاء مفتوح ومهيب مع استخدام واسع للزجاج والمعدن ليعكس الضوء الطبيعي ويوفر تجربة ترحيبية للزوار.
- **الوظائف** :يشمل منطقة الاستقبال، مكاتب التذاكر، ومتاجر الهدايا. التصميم يعزز الانسيابية والوضوح لتسهيل حركة الزوار.

الطابق الأول: منطقة العرض المستقبلية

- **الوصف المعماري** :فضاء مرن يتميز باستخدام الأشكال الهندسية العصرية والتكنولوجيا التفاعلية. يتم تصميم الأرضيات والجدران لتتناسب مع العروض الرقمية والإسقاطات الضوئية.
- **الوظائف** :يركز هذا الطابق على عرض الابتكارات المستقبلية في مختلف المجالات، مثل التكنولوجيا والطاقة.

الطابق الثاني: تجارب الذكاء الاصطناعي

- **الوصف المعماري** :تصميم يدمج العناصر التقنية والبيئية مع مساحات مخصصة للأنشطة التفاعلية. يعتمد على الإضاءة الذكية والأرضيات المصقولة التي تعكس صور الإسقاطات.
- **الوظائف** :يركز على تقديم تجارب غامرة في مجالات الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي.

الطابق الثالث: استكشاف الفضاء

- **الوصف المعماري** :فضاء مستوحى من العمارة الفضائية، مع أسقف عالية وخطوط منحنية تجسد شعور التحليق في الفضاء. يتم استخدام ألوان وأضواء تحاكي مشاهد الكون.
- **الوظائف** :يتضمن محاكاة تفاعلية للسفر إلى الفضاء، وعروضًا للأبحاث المستقبلية في استكشاف الكواكب.

الطابق الرابع: التكنولوجيا الحيوية والصحة المستقبلية

- **الوصف المعماري** :تصميم يركز على الطبيعة والتكنولوجيا مع دمج المواد العضوية مثل الأخشاب والنباتات في المساحات الداخلية.
- **الوظائف** :يركز على استكشاف مستقبل الطب والصحة والعلاقة بين الإنسان والبيئة.

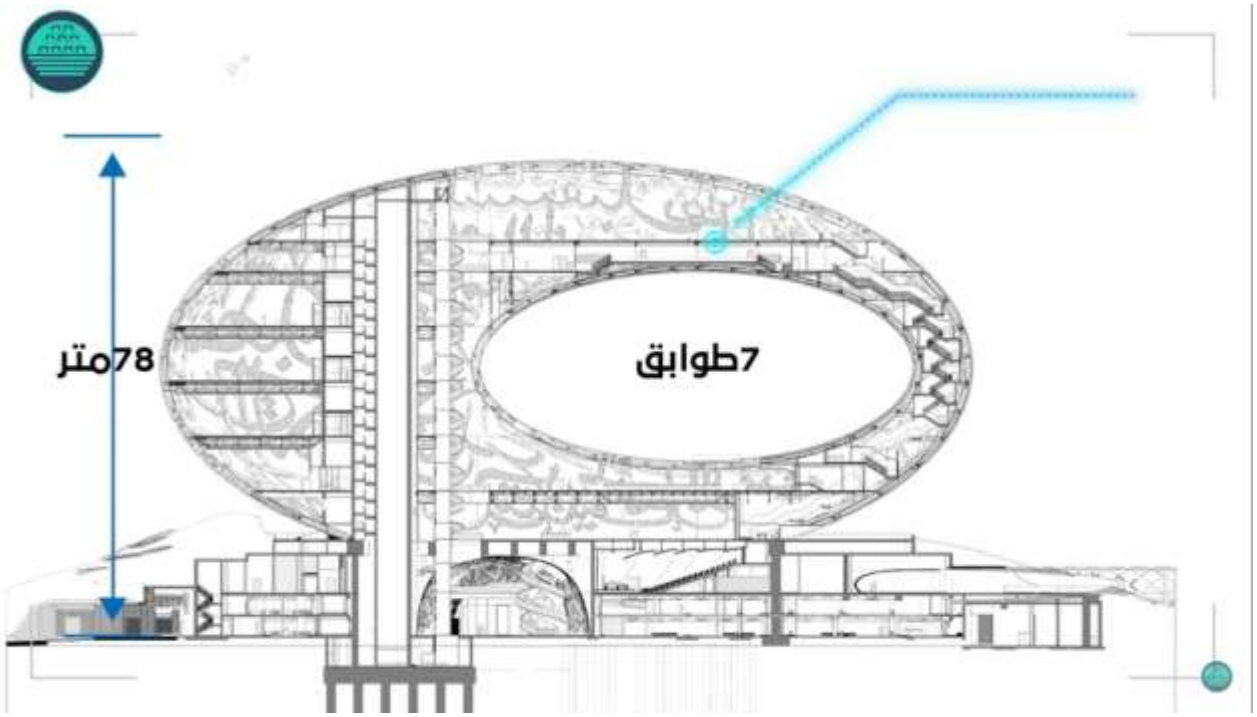
الطابق الخامس: التفكير المستقبلي

- **الوصف المعماري** :فضاء هادئ ومميز للتأمل والتعلم، مع استخدام الألوان المحايدة والإضاءة الطبيعية.
- **الوظائف** :يهدف إلى تعزيز التفكير الإبداعي والمستقبلي من خلال ورش عمل وعروض تعليمية.

الطابق السادس: منصة المراقبة

- **الوصف المعماري** :سطح مفتوح يتيح رؤية بانورامية لمدينة دبي، مع تصميم عصري ومتناسق يعكس جمال العمارة المحيطة
- **الوظائف** :يتيح للزوار فرصة الاستمتاع بمشاهدة مدينة دبي من الأعلى (Mueseum of the Future)

الشكل:(49) نموذج ثلاثي الأبعاد يوضح التصميم المعماري للمتحف



الشكل:(50) مسقط جانبي في المبنى
(ArchDaily، 2020)

3.6.4 تقنيات الانشاء المستدام

1.3.6.4الشكل الهندسي الخارجي

- **وصف الشكل** :يتميز المبنى بتصميم يشبه الحلقة البيضاوية مع فراغ مركزي كبير، مما يعطيه مظهرًا ديناميكيًا يوحي بالحركة.
- **التحديات الإنشائية:**
  - تحقيق الاستقرار الهيكلي لمبنى مفرغ في المركز. (Museum Of Future, 2022)
  - توزيع الأحمال بشكل متوازن على الهيكل الخارجي **دون الحاجة إلى أعمدة داخلية** تعيق المساحات المفتوحة.

2.3.6.4 الإطار الفولاذي الخارجي

استخدم فريق Buro Happold شبكة قطرية من الفولاذ كنظام عملي للهيكل الخارجي الصلب للمبنى, فقد سمحت النمذجة البارامترية للمصممين بتحسين شكل الشبكة القطرية والتأكد من الأقطار الفولاذية تغطي هذه الشبكة واجهة مكونة من أكثر من 1000 لوحة مركبة مكسوة بالفولاذ المقاوم للصدأ, وتحتوي هذه اللوحات على نوافذ المبنى التي تشكلت داخل غلافها من خلال فتحات الخط.

3.3.6.4 الواجهة الخارجية

- **المواد والتصميم:**
  - الواجهة مغطاة بـ 1024 لوحة مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ والزجاج.
  - كل لوحة تم تصميمها باستخدام تقنيات التصنيع باستخدام BIM لتتوافق مع التصميم المعقد.
- **التحديات:**
  - دمج النقوش العربية في التصميم الخارجي بطريقة لا تؤثر على الهيكلية أو التوزيع الإنشائي للأحمال.
  - تحقيق العزل الحراري والصوتي مع الحفاظ على الاستدامة. (Mueseum of the Future)

4.3.6.4النظام الإنشائي الداخلي

- **الأرضيات والأسقف:**
  - تم تصميم الأرضيات باستخدام ألواح خرسانية مسلحة مدعومة بعناصر فولاذية لتحمل الأوزان.
  - الأسقف مدعومة بواسطة الهيكل الخارجي، مما يتيح مساحات مفتوحة دون أعمدة تقليدية.
- **الدعائم الأفقية والرأسية:**
  - استخدام أنظمة دعم متقدمة تعتمد على تقنيات توزيع الأحمال إلى القاعدة بشكل متساوٍ.

(Museum Of Future, 2022)

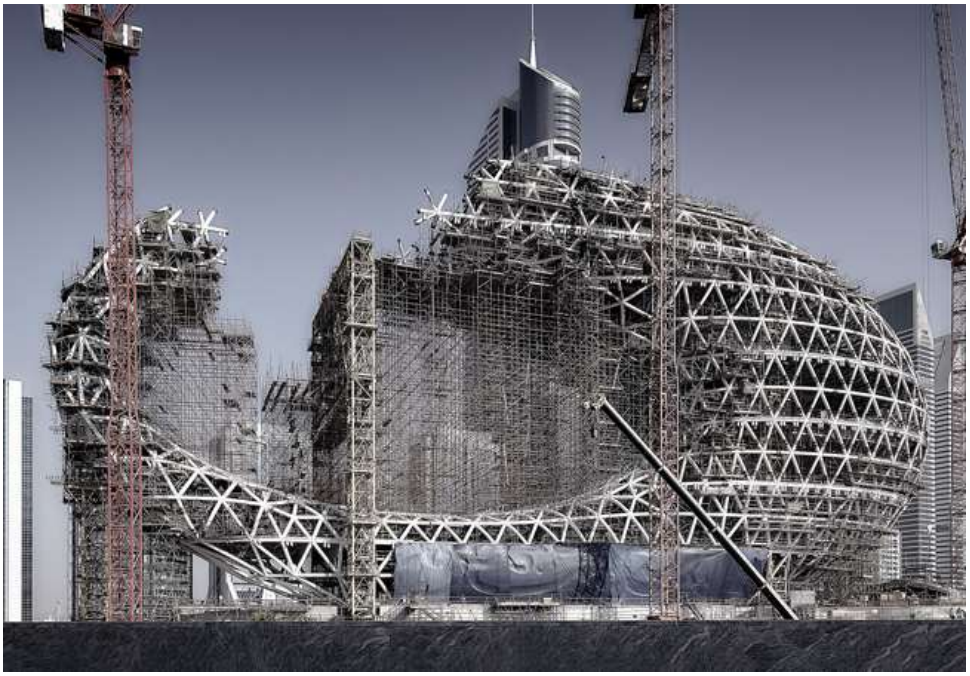
5.3.6.4 الأساسات

- **نوع الأساسات:**
  - أساسات عميقة من الخرسانة المسلحة لتحمل الوزن الضخم للإطار الفولاذي والواجهة.
  - تم تصميم الأساسات لتكون قادرة على تحمل أحمال الرياح الشديدة والأحمال الزلزالية، نظرًا لموقع المبنى في بيئة صحراوية. (Mueseum of the Future)
- **التقنيات المستخدمة:**
  - تحليل شامل للتربة واستخدام تقنيات تحسين استقرار التربة إذا لزم الأمر.

6.3.6.4 الاستدامة في التصميم الانشائي

1. **المواد المستدامة:**
   - **اختيار المواد** :استخدام مواد متجددة، معاد تدويرها، أو ذات انبعاثات كربونية منخفضة مثل:
     - الخرسانة منخفضة الكربون.
     - الفولاذ المعاد تدويره.
     - الخشب المصادق عليه من مصادر مستدامة.
   - **الاعتبارات البيئية:**
     - تقليل استهلاك الطاقة أثناء إنتاج المواد ونقلها.
     - الاعتماد على مواد محلية لتقليل انبعاثات النقل.
     - اعتماد الإضاءة الطبيعية لتقليل الاعتماد على الطاقة الكهربائية.
   - **تقنيات التحليل الديناميكي للإنشاءات**

- تحليل تأثيرات الأحمال البيئية مثل الرياح والزلازل على الهياكل باستخدام برمجيات متقدمة.
- تحسين تصميم الهياكل لتقليل الحاجة إلى مواد إضافية



الشكل:(51) تفاصيل الهيكل الإنشائي
(ArchDaily، 2020)

الشكل:(52) تفاصيل الهيكل الإنشائي
(ArchDaily، 2020)

4.6.4 تقنيات BIM المستخدمة في المشروع

كان تصميم الهيكل معقدًا للغاية، مما استدعى انتقال جميع الأطراف المعنية من التصميم ثنائي الأبعاد إلى التصميم ثلاثي الأبعاد والرباعي الأبعاد باستخدام نموذج معلومات البناء .(BIM) اعتمد الفريق على خوارزميات BIM لاستخدامها عبر دورة حياة المشروع بأكملها، بما في ذلك مرحلة الهندسة الميكانيكية والكهربائية والسباكة.(MEP)

1.4.6.4 تنفيذ BIM عبر دورة حياة المشروع

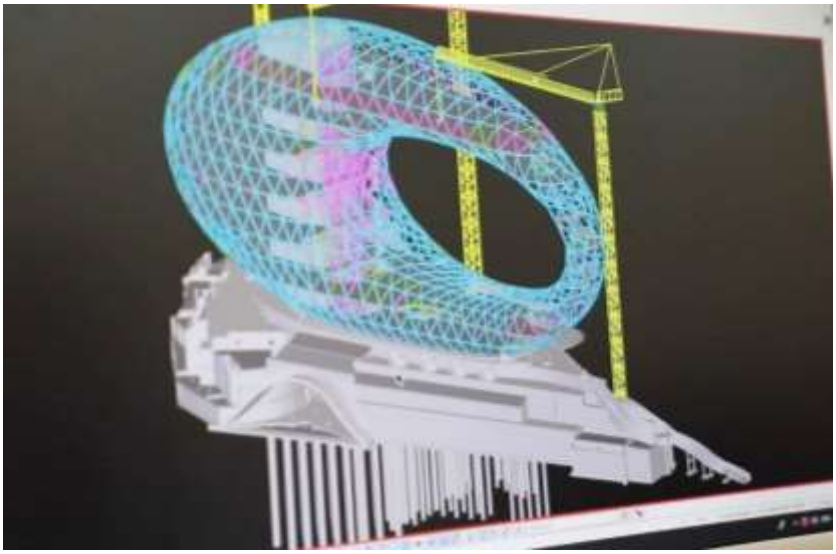
فاز متحف المستقبل بجائزة Tekla BIM للشرق الأوسط في 2018 وجائزة Autodesk AEC Excellence في 2017، وذلك لاستخدامه Tekla BIM Sightو Autodesk Revitو Dynamoعبر دورة البناء بأكملها. سمحت خوارزميات BIM للفريق بالعمل بشكل تعاوني ضمن بيئة بيانات مشتركة(CDE) ، ما ساعد في حل التعارضات المتعلقة بالهيكل والواجهة وأنظمة .MEP كما تم استخدام تقنيات الواقع المعزز/الواقع الافتراضي

(AR/VR)لإجراء جولات افتراضية للنموذج ثلاثي الأبعاد، مما مكن الفريق من تحديد المشكلات وحلها في مرحلة التصميم. كما تم استخدام أدوات المسح بالليزر لمقارنة الأوضاع المبنية مع التصاميم ثلاثية الأبعاد.

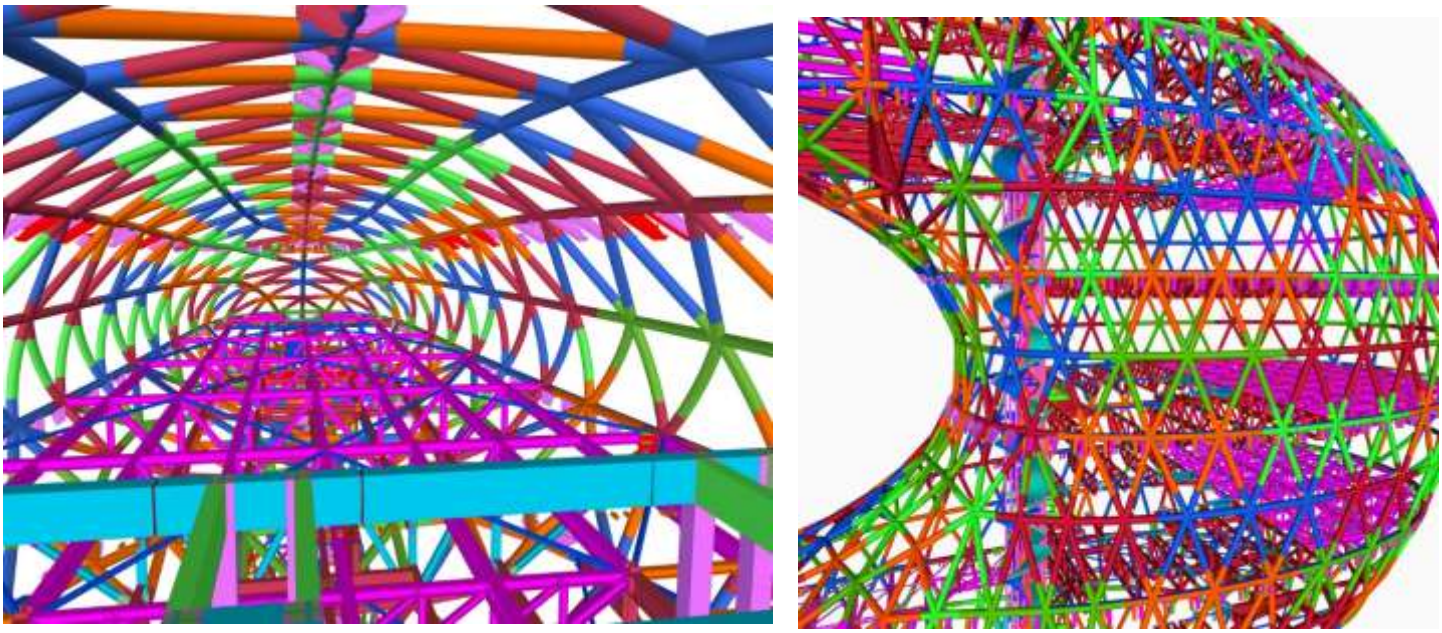
2.4.6.4 تبني ال(BIM) في المشروع

- اعتمد فريق المشروع على مجموعة أدوات *Autodesk AEC*، التي تشمل Autodesk Revit، Autodesk Dynamic Studio، Autodesk Navisworks، Autodesk Robot Structural Analysis Professional، وAutodesk 3ds Max، لدمج الفن والتصميم المفاهيمي عبر سير العمل الرقمي طوال دورة حياة المشروع. استخدم الفريق التسلسل الزمني الرباعي الأبعاد (4D sequencing) وأدوات التقاط الواقع لتصور تطور المشروع وضمان الكفاءة الهندسية وفعالية عمليات البناء.

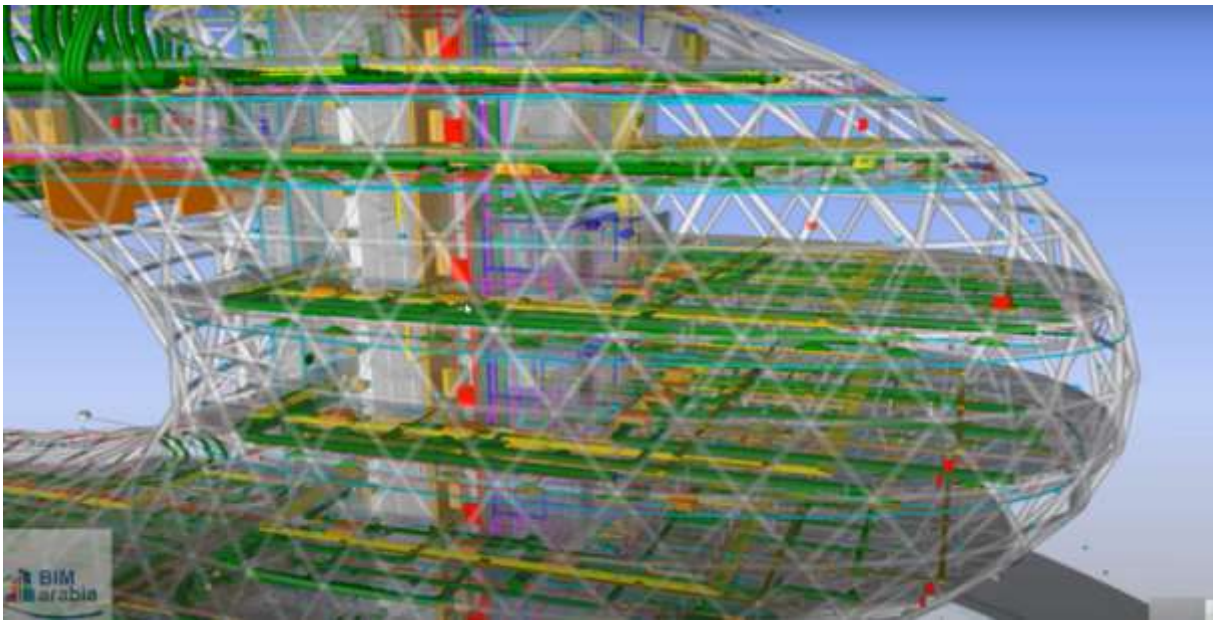
- في مرحلة التصميم المفهومي، استخدم الفريق Autodesk Revitو Tekla BIM Sightللتعاون في بيئة بيانات مشتركة(CDE) ، مما سهل التواصل بين الأطراف المعنية وحل الصراعات، وتسريع عملية اتخاذ القرارات، مما أدى إلى تقليل الوقت والتكلفة في جميع مراحل المشروع. كما استخدم الفريق الحلول الغامرة لتصور التصميم، مما مكنهم من "التجول" داخل المتحف الافتراضي واكتشاف التداخلات والعيوب في التصميم عبر الأنظمة المختلفة مثل الأسطح والواجهات وMEP.



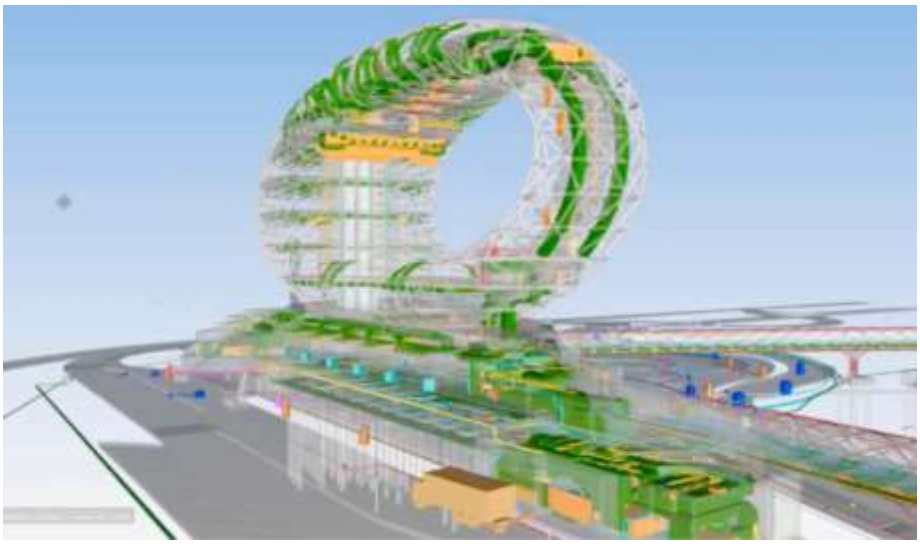
الشكل:(53) نمذجة الهيكل الإنشائي المعدني وفق برمجية Tekla Structure



الشكل:(54) نمذجة الهيكل الإنشائي المعدني وفق برمجية Tekla Structure



الشكل:(55) نمذجة أنظمة MEP في المبنى



الشكل:(56) نمذجة كافة التفاصيل المتعلقة بالمشروع وفق برمجيات BIM

3.4.6.4 القيمة المضافة من استخدام BIM

أدى استخدام BIMعبر دورة حياة البناء إلى إضافة قيمة كبيرة للمشروع. بجانب تحسين الاتصال واتخاذ القرارات ومراقبة الجودة وتتبع المواد، أدى استخدام ال BIM إلى تقليص أعمال إعادة العمل في الموقع بنسبة 65% وتحسين الإنتاجية بنسبة 50%. بالإضافة إلى ذلك، أسهم التصميم البارامتري في تقليل استهلاك المياه والطاقة، مما دعم أهداف الاستدامة.

كما قلل استخدام BIM والتصميم البارامتري من المخاطر المعمارية، وتعقيدات التصميم، وأسهم في تقليل استخدام المواد المهدورة، وضمان تسليم المشروع في الوقت المحدد. كان *متحف المستقبل* مثالًا على كيفية تحول الأفكار المبتكرة إلى واقع من خلال التكامل التكنولوجي والكفاءة في الإدارة.

7.4 التقنيات المستخلصة من دراسة الأبنية السابقة

نظام الإنشاء المستدام	نظام إدارة النفايات
استخدام الهياكل المعدنية – الجوائز الشبكية	نظام فصل النفايات عبر نقلها ضمن أنابيب مضغوطة
استخدام إطار معدني – الجوائز الحلقية	التشجيع على إعادة تدوير النفايات – نظام الحوافز والمكافئات
استخدام الأساسات العميقة – الأوتاد الخرسانية	إدارة مياه الأمطار – تجميع, معالجة , إعادة استخدام
استخدام مواد إنشائية مستدامة – الخرسانة الخضراء, الفولاذ المعاد تدويره	إعادة تدوير المياه الرمادية ليتم استخدامها في الري
استخدام الجمل الإطارية المقاومة للزلازل	التركيز على استخدام مواد منخفضة الانبعاثات في عمليات البناء والتشغيل
استخدام الجمل المختلطة المقاومة للزلازل – أعمدة وجدران مسلحة	استخدام نظام التسميد لتحويل النفايات العضوية إلى سماد
استخدام الخرسانة مسبقة الإجهاد	نظام معالجة مياه الصرف بالأشعة الفوق بنفسجية

8.4 تحليل الحالة الدرسية

كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة Yarmouk Private University YPU

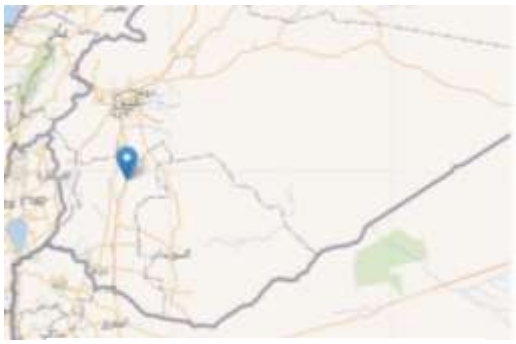
1.8.4 معلومات المبنى

أسست جامعة اليرموك الخاصة عام 2005 لتكون واحدة من الركائز الهامة للتعليم العالي في سورية, وقد صدر المرسوم الجمهوري 262 لعام 2007 ليأذن بولادة هذه الجامعة مؤلفة من تسعة كليات، (ypu.edu.sy, 2010)

الشكل:(57) شعار جامعة اليرموك الخاصة

2.8.4 موقع الجامعة

تقع على الطريق الدولي بين دمشق ودرعا وعلى مسافة 45 كم من مدينة دمشق وتتوسط بموقعها أربع محافظات هي درعا والسويداء ودمشق والقنيطرة. حيث الاحداثيات (ar.whikipedia.org, 2024)



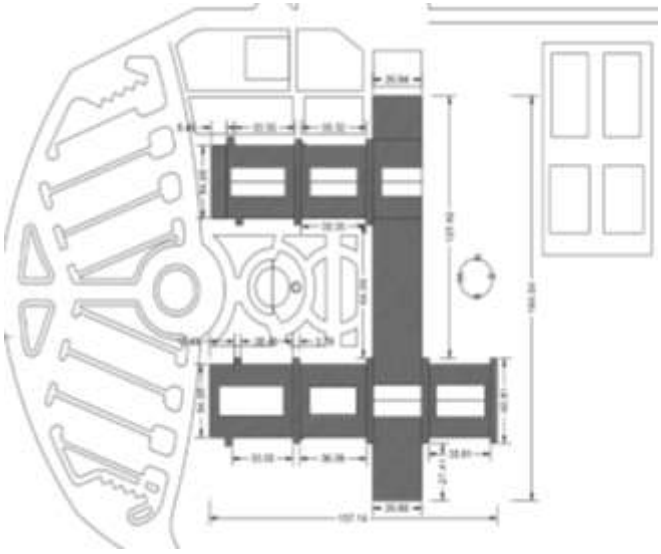
الشكل:(58) موقع جامعة اليرموك

3.8.4 صور الجامعة

جميع الصور السابقة من الصفحة الرئيسية للجامعة (ypu.edu.sy, 2010)

4.8.4 الوصف المعماري للجامعة

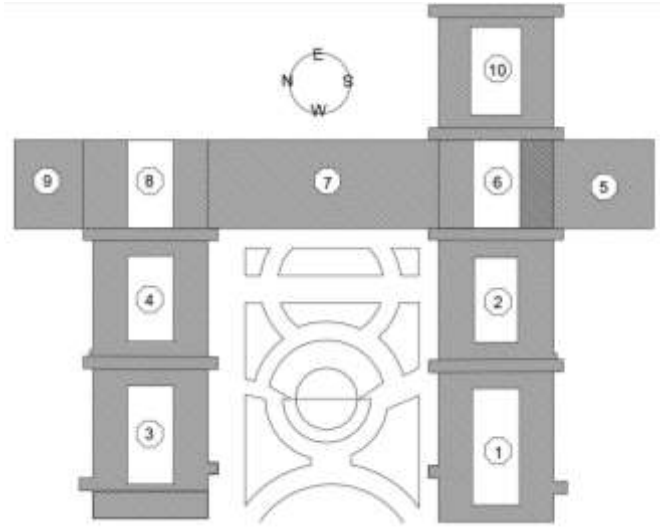
يتألف مبنى جامعة اليرموك الخاصة من عشر كتل, ثمانية كتل جانبية متناظرة وكتلة وسطية عبارة عن جسر رابط والكتلة العاشرة, يفصل بين الكتل فواصل عزل حراري بالإضافة إلى ملعب كرة قدم وملعب كرة سلة في الزاوية الشمالية الشرقية لموقع المبنى كما يحتوي على ساحة في وسط الجامعة للجلوس بين الطلبة ومرافق للسيارات في الجهة الغربية بمساحة اجمالية للمشروع 30000 متراً مربع. تتألف المتناظرة من ثلاثة طوابق (طابق أرضي وطابقين علويين) بحيث يبلغ الارتفاع الطابقي 4 أمتار تحتوي على مكاتب إدارية وقاعات تدريسية ومختبرات ومراسم ومسارح ومطاعم.



الشكل:(59) مسقط أفقي لجامعة اليرموك الخاصة

1.4.8.4 الوصف المعماري للكتل

- الكتلة 1: كلية الصيدلة.
- الكتلة 2: كلية العلوم الإدارية.
- الكتلة 3: إدارة الجامعة.
- الكتلة 4: كلية الهندسة المعلوماتية والاتصالات.
- الكتلة 5: مسرح الجامعة.
- الكتلة 6: كلية الهندسة المدنية.
- الكتلة 7: كلية الهندسة المعمارية.
- الكتلة 8: كلية الفنون التطبيقية.
- الكتلة 9: مطعم واستراحة.
- الكتلة10: مخابر علمية.



الشكل:(60) يوضح تموضع الكتل في جامعة اليرموك الخاصة

5.8.4 كلية الهندسة المعمارية في جامعة اليرموك الخاصة

تتموضع كلية الهندسة المعمارية في الشكل: (60) في الكتلة السابعة للمبنى بأبعاد 27X46 متر وهي عبارة عن الجسر الرابط بين الكتل المتناظرة, بحيث تتألف الكلية من طابق واحد وهو الطابق الثاني لمبنى الجامعة الذي يقع على ارتفاع 8 أمتار من منسوب الأرض الطبيعية ويحتوي على ممر وسطي يصل بين 10 قاعات تدريسية ومراسم بالإضافة إلى مسرح ومكتبة.

الشكل:(61) مبنى كلية الهندسة المعمارية من الخارج

الشكل:(62) مبنى كلية الهندسة المعمارية من الخارج

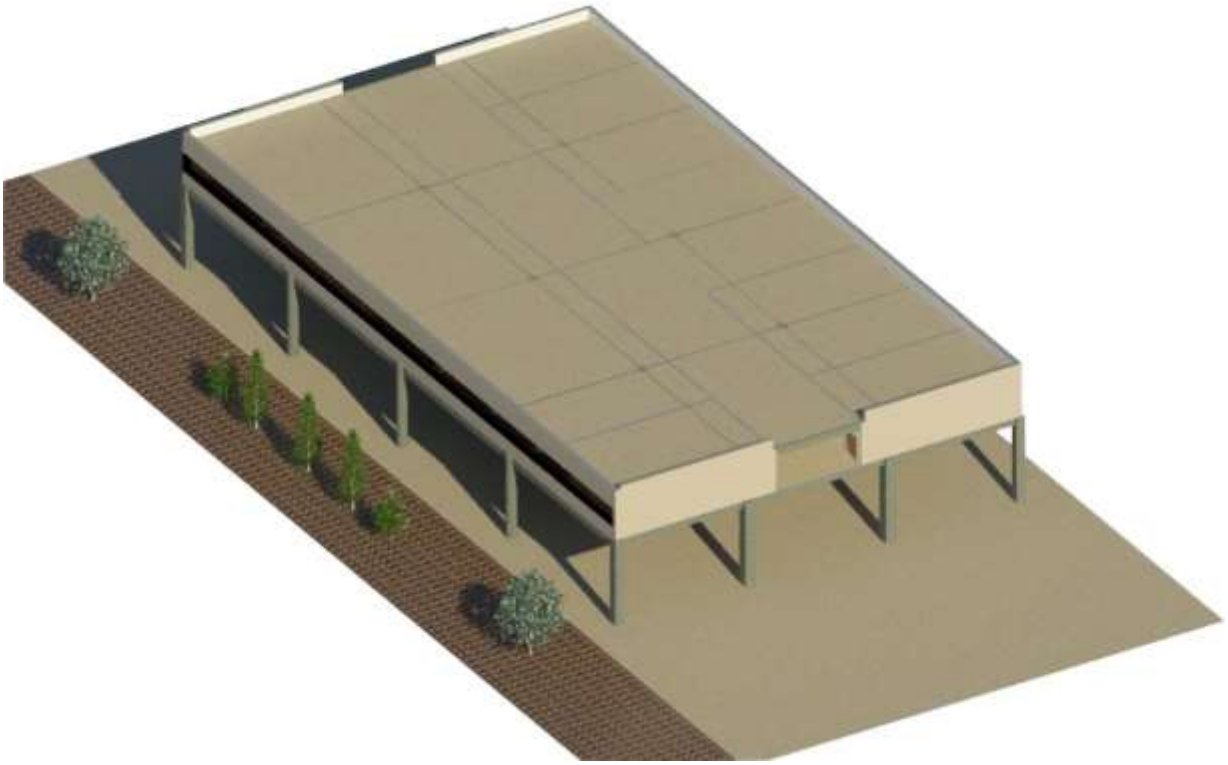
الشكل:(63) مكتبة الكلية

الشكل:(64) ممر الكلية من الداخل

الشكل:(65) مسرح الكلية

الشكل:(67) مسقط معماري لكلية الهندسة المعمارية

تم نمذجة التصميم المعماري لكلية الهندسة المعمارية لجامعة اليرموك الخاصة وفق برمجية Autodesk Revit 2021 مع إضافة معلومات كافة التفاصيل المعمارية والإنشائية من مواد وأبعاد وتصاميم واتجاهات متعلقة بالمشروع كما هو مبين وفق الشكل(69) والشكل (68).



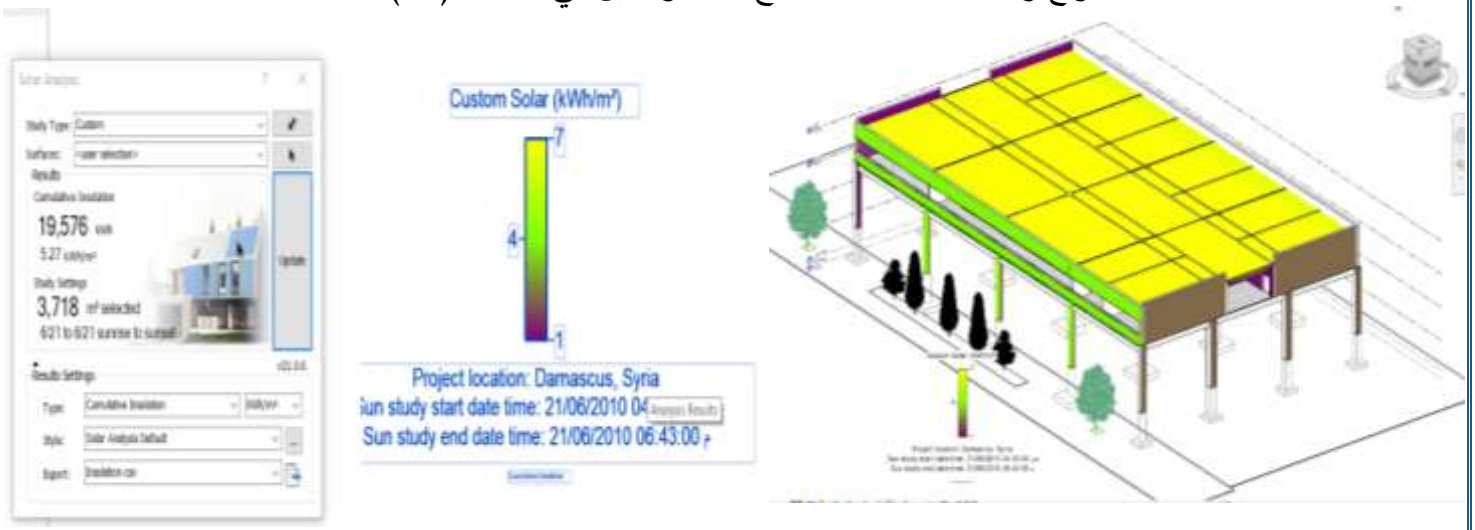
الشكل:(68) نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى كلية الهندسة المعمارية

الشكل:(69) نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى كلية الهندسة المعمارية من الداخل

6.8.4 تحليل تقنيات الاستدامة في المبنى

1.6.8.4 تحليل التشميس Solar Analysis

تم إجراء تحليل التشميس في المبنى بواسطة برمجية Insight المدخلة ضمن برنامج Revit 2021 وبعد إدخال كافة البيانات المتعلقة بالموقع والاتجاهات كانت النتائج كما هو مبين في الشكل: (70).



الشكل:(70) تحليل التشميس في المبنى

2.6.8.4 تحليل الإضاءة Lighting Analysis

تم أخذ عدة لقطات من المبنى (Render) ودراسة كمية الإضاءة الطبيعية داخل المبنى كما هو مبين في الأشكال الآتية:

الشكل (71) دراسة الإضاءة في ممر الكلية

الشكل (72) دراسة الإضاءة في مسرح الكلية

نلاحظ أن نسبة الإضاءة الطبيعية داخل الممر قليلة نسبياً مقارنة بكمية الإضاءة ضمن القاعات بسبب وجود النوافذ ولهذا السبب نلاحظ أن المبنى يعتمد بشكل ملحوظ على الإنارة الكهربائية خصوصاً ضمن الممر كما هو مبين في الشكل(64).

3.6.8.4 تحليل التدفئة والتكييف Heating and Cooling Loading

بعد نمذجة جميع القاعات التدريسية والمسرح والمكتبة والممر في الجامعة واخال كافة بيانتها المتعلقة بأحمال الحرارة والبرودة تم انشاء التحليل التي كانت نتائجه كما هو وارد في الجداول الآتية:

Project Summary

Location and Weather	
Project	Project Name
Address	
Calculation Time	03 كانون الثاني ٢٠٢٠ ١١:٠٠ ص
Report Type	Standard
Latitude	33.50°
Longitude	36.30°
Summer Dry Bulb	41 °C
Summer Wet Bulb	21 °C
Winter Dry Bulb	-4 °C
Mean Daily Range	19 °C

Building Summary

Inputs	
Building Type	School or University
Area (m²)	1,923
Volume (m³)	6,723.68
Calculated Results	
Peak Cooling Total Load (W)	334,526
Peak Cooling Month and Hour	July 03:00
Peak Cooling Sensible Load (W)	314,550
Peak Cooling Latent Load (W)	19,977
Maximum Cooling Capacity (W)	334,526
Peak Cooling Airflow (L/s)	20,271.7
Peak Heating Load (W)	199,616
Peak Heating Airflow (L/s)	6,670.7
Checksums	
Cooling Load Density (W/m²)	173.97
Cooling Flow Density (L/(s·m²))	10.54
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	60.60
Cooling Area / Load (m²/kW)	5.75
Heating Load Density (W/m²)	103.81
Heating Flow Density (L/(s·m²))	3.47

Zone Summary - Default

Inputs	
Area (m²)	1,790
Volume (m³)	6,258.10
Cooling Setpoint	23 °C
Heating Setpoint	21 °C
Supply Air Temperature	12 °C
Number of People	1017
Infiltration (L/s)	0.0
Air Volume Calculation Type	VAV - Single Duct
Relative Humidity	46.00% (Calculated)
Psychrometrics	
Psychrometric Message	None
Cooling Coil Entering Dry-Bulb Temperature	26 °C
Cooling Coil Entering Wet-Bulb Temperature	17 °C
Cooling Coil Leaving Dry-Bulb Temperature	10 °C
Cooling Coil Leaving Wet-Bulb Temperature	10 °C
Mixed Air Dry-Bulb Temperature	26 °C
Calculated Results	
Peak Cooling Load (W)	**317,551**
Peak Cooling Month and Hour	July 08:00 م
Peak Cooling Sensible Load (W)	297,772
Peak Cooling Latent Load (W)	19,780
Peak Cooling Airflow (L/s)	19,064.5
Peak Heating Load (W)	**189,082**
Peak Heating Airflow (L/s)	6,164.3
Peak Ventilation Airflow (L/s)	3,130.1
Checksums	
Cooling Load Density (W/m²)	177.43
Cooling Flow Density (L/(s·m²))	10.65
Cooling Flow / Load (L/(s·kW))	60.04
Cooling Area / Load (m²/kW)	5.64
Heating Load Density (W/m²)	105.65
Heating Flow Density (L/(s·m²))	3.44
Ventilation Density (L/(s·m²))	1.75
Ventilation / Person (L/s)	3.1

Components	Cooling		Heating	
	Loads (W)	Percentage of Total	Loads (W)	Percentage of Total
Wall	8,704	2.74%	17,358	9.18%
Window	16,012	5.04%	15,515	8.21%
Door	2,088	0.66%	4,004	2.12%
Roof	123,712	38.96%	59,829	31.64%
Skylight	0	0.00%	0	0.00%
Partition	0	0.00%	0	0.00%
Infiltration	0	0.00%	0	0.00%
Ventilation	48,594	15.30%	92,377	48.86%
Lighting	18,724	5.90%		
Power	10,916	3.44%		
People	81,784	25.75%		
Plenum	0	0.00%		
Fan Heat	7,016	2.21%		
Reheat	0	0.00%		
Total	**317,551**	**100%**	**189,082**	**100%**

Default Spaces

Space Name	Area (m²)	Volume (m³)	Peak Cooling Load (W)	Cooling Airflow (L/s)	Peak Heating Load (W)	Heating Airflow (L/s)
1 Space	116	406.86	12,729	926.4	7,129	454.4
2 Space	117	408.08	12,459	906.8	6,270	399.7
3 Space	122	425.59	12,971	944.1	6,514	415.2
4 Space	121	423.69	12,916	940.1	6,483	413.2
5 Space	131	456.58	13,880	1,010.2	6,941	442.4
6 Space	112	392.74	12,009	874.0	6,056	386.0
7 Space	113	395.29	12,082	879.4	6,092	388.3
8 Space	120	419.54	13,149	957.0	7,355	468.8
9 Space	239	837.33	29,214	2,126.2	13,535	862.7
10 Space	499	1,743.12	104,946	7,638.1	24,882	1,586.0
11 Space	100	349.27	25,588	1,862.4	5,450	347.4

4.6.8.4 تحليل النظام الإنشائي في المبنى

بعد اجراء المقابلة مع عدد من الدكاترة والمهندسين المدرسين في كلية الهندسة المدنية والبيئية والمعمارية يعتقد بأن يكون النظام الإنشائي في الكلية الهندسة المعمارية لجامعة اليرموك الخاصة عبارة عن جملة خرسانية مصبوبة في الموقع مؤلفة من العناصر الإنشائية الآتية:

- **التأسيس:** عبارة عن جملة من الأساسات المنفردة.
- **النظام الإطارات:** نظام إطارات مقاومة للزلازل مكونة من أعمدة وجوائز , الجوائز عبارة عن جوائز مسبقة الاجهاد بالإضافة إلى العقد المقاومة للزلازل.
- **البلاطات الخرسانية:** بلاطات مسبقة الصنع من أجل نظراً للتباعد الكبير نسبياً بين الأعمدة. (الخاصة، 2024)

1.4.6.8.4 تقييم تقنيات الاستدامة للنظام الإنشائي للمبنى

لاشك أن استعمال الخرسانة مسبقة الصنع مؤشر جيد للاستدامة سيما إذا تم الأخذ في الاعتبار استعمال مواد معاد تدويرها ولكن تبقى كمية الخرسانة المستعملة في البلاطات كبيرة $372.6m^3$ مما ينتج عنه كمية عالية من نسبة انبعاثات الكربون. كما أنه أخذ في الاعتبار اشتراطات التصميم الزلزالي (Antic Seismic/earthquake resistant) كالجوائز الساقطة وتسليح الرقبات في الأعمدة تعتبر من التقنيات المستدامة في النظام الإنشائي للمبنى (بدرة.، 2025)

5.6.8.4 تحليل نظام إدارة النفايات في المبنى

في حقيقة الأمر وبعد العودة لرأي المتخصصين من دكاترة ومهندسين في كلية الهندسة المدنية والبيئية في جامعة اليرموك الخاصة هناك قصور كبير في إدارة مياه الصرف في كلية الهندسة المعمارية للجامعة, بحيث تصرف المياه

عبر شبكة أنابيب صرف صحي ليتم تحويلها إلى النظام الخارجي للمدينة دون أي استفادة منها, ومن جهة أخرى يفتقر التصميم المعماري للمبنى من حيث إدارة النفايات بحيث لا يوجد أي من ممارسات للاستدامة في إدارة النفايات.

7.8.4 تطوير تقنيات الاستدامة في تصميم المبنى

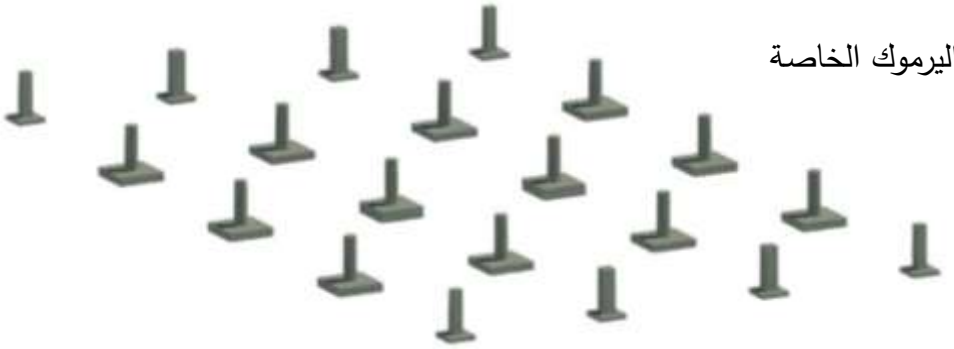
تم تعديل التصميم المعماري لكلية الهندسة المعمارية بما يطور ممارسات الاستدامة للمبنى وباستعمال برنامج Autodesk Revit 2021 تمت نمذجة التصميم الجديد كما هو موضح في الشكل (73) بحيث تم نمذجة فتحة سقف بأبعاد 13X37 m مزودة بزجاج مناسب وهيكل فولاذي داعم وتم نمذجة سقف أخضر في سطح المبنى وتزويد حواف السطح ب180 خلية كهروضوئية ترتكز على حواف بلاستيكية, وقد تم تعديل خصائص مواد الإنشاء المستخدمة في المشروع لتكون أكثر استدامة كالخرسانة المعاد وتدويرها وزجاج النوافذ الخارجية.

الشكل:(73) نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى كلية الهندسة المعمارية بعد التعديل

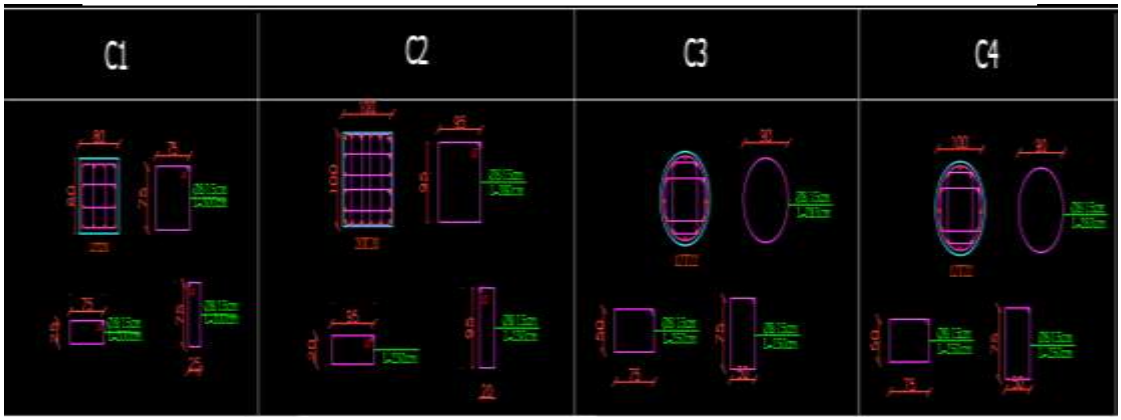
1.7.8.4 تحليل تقنيات الاستدامة بعد تعديل التصميم

2.7.8.4 النظام الإنشائي المستدام للمبنى

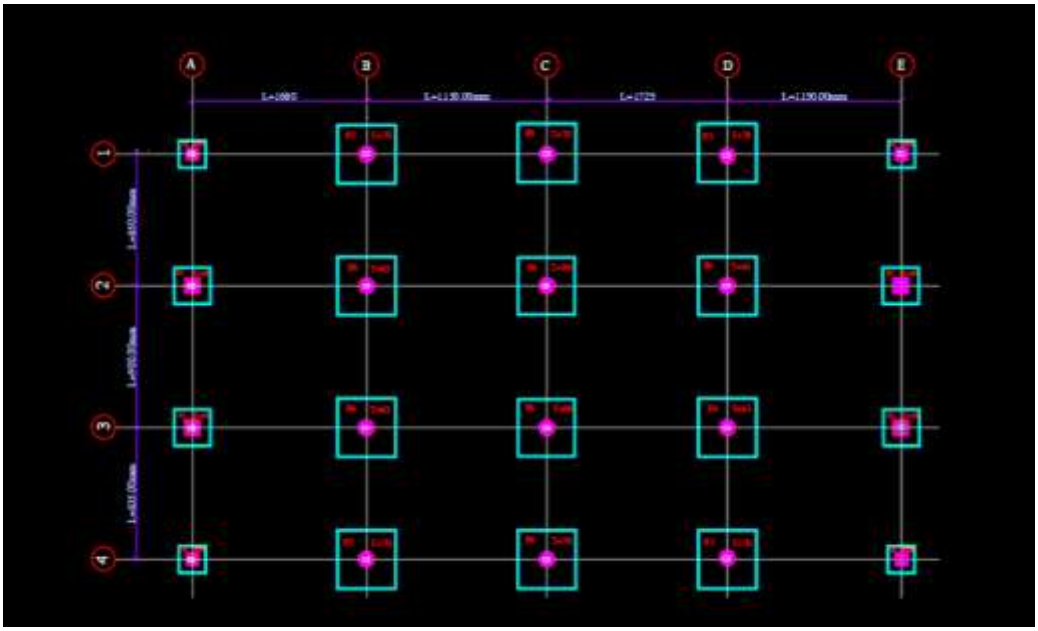
- **الأساسات:** تم نمذجة أساسات المشروع وفق برنامج Autodesk Revit 2021 كما هو مبين في الشكل (74). مع الأخذ
- **الأعمدة والرقبات:** تم تصميم الأعمدة على برنامج Autodesk AutoCAD 2018 وفق معايير واشتراطات الكود العربي السوري للخرسانة المسلحة مع الأخذ بعين الاعتبار اشتراطات التسليح المقاوم للزلازل في رقبات الأعمدة وذلك بإشراف الدكتور المهندس نزيه اليافي مدرس مادة الخرسانة المسلحة في جامعة اليرموك الخاصة



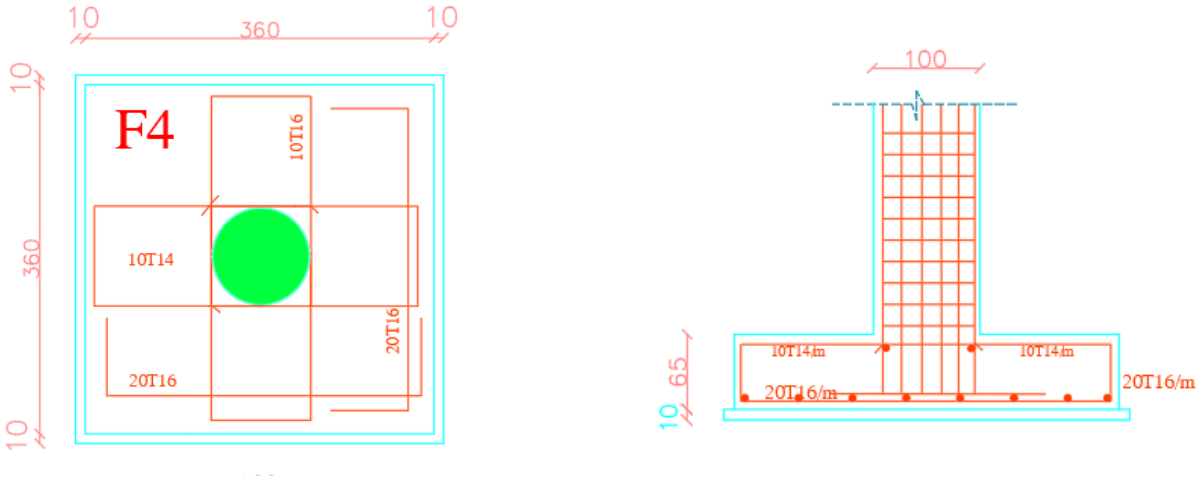
الشكل:(74) نمذجة الأساسات والأعمدة في كلية الهندسة المعمارية بعد التعديل



الشكل:(75) مقطع عرضي في تسليح الأعمدة

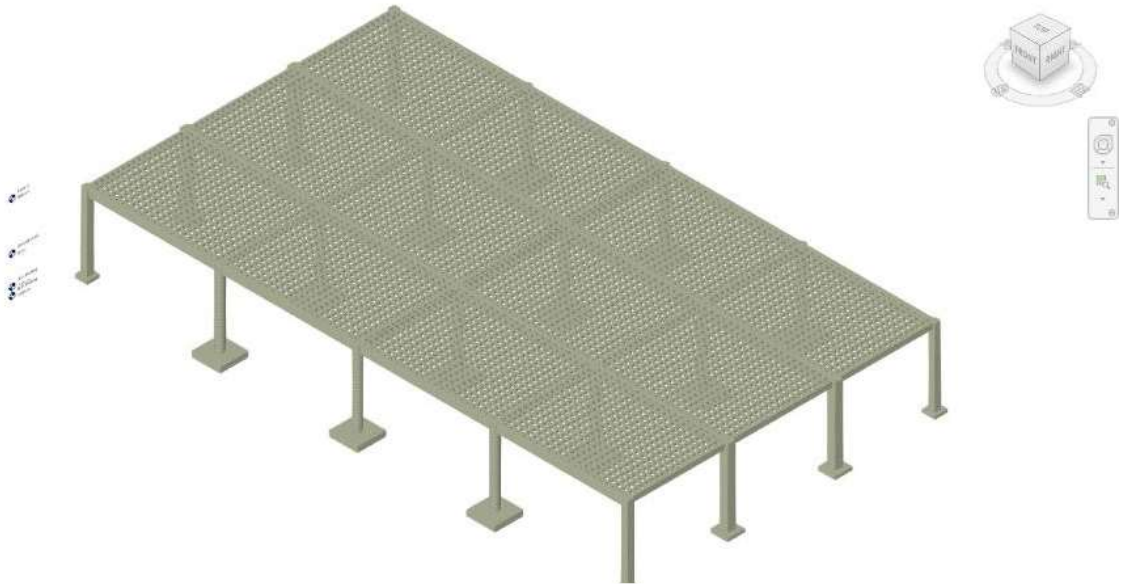


الشكل:(76) مسقط إنشائي لتصميم الأساسات والأعمدة في المبنى

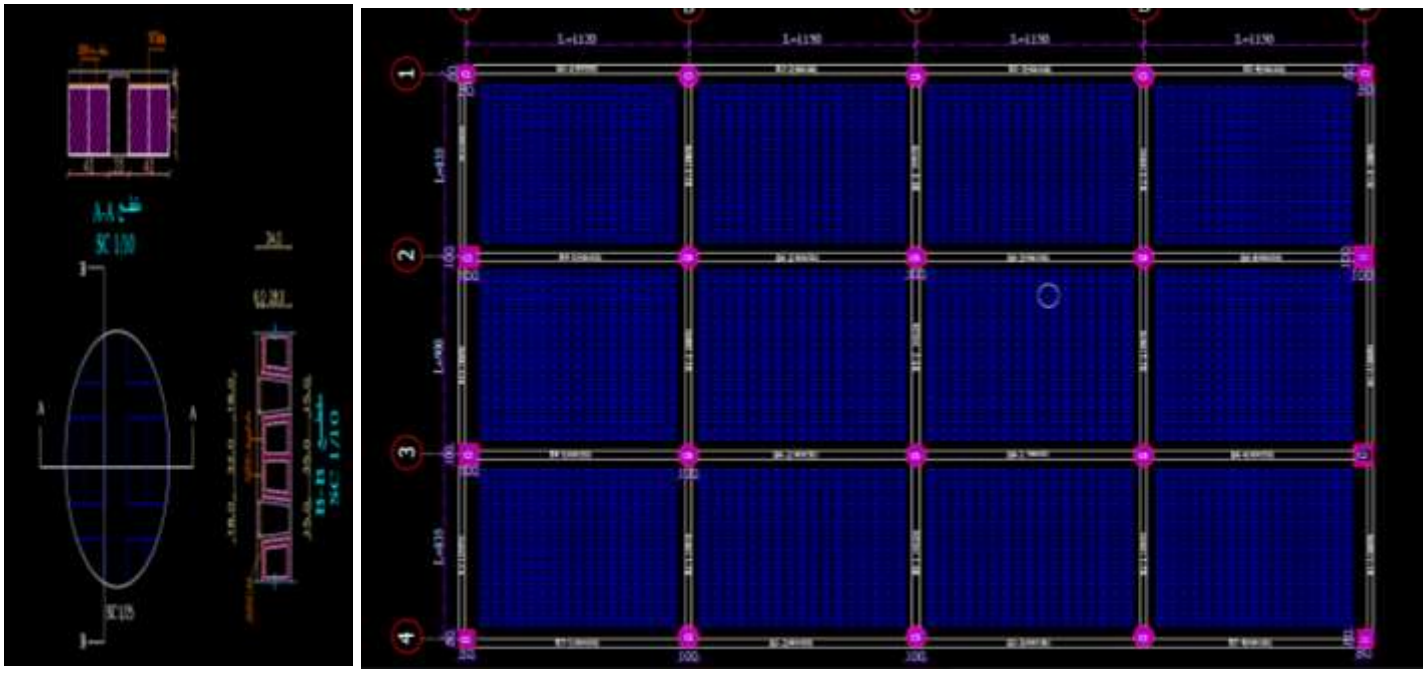


الشكل:(77) تفصيل نموذجي لتسليح الأساسات والرقبات في المبنى

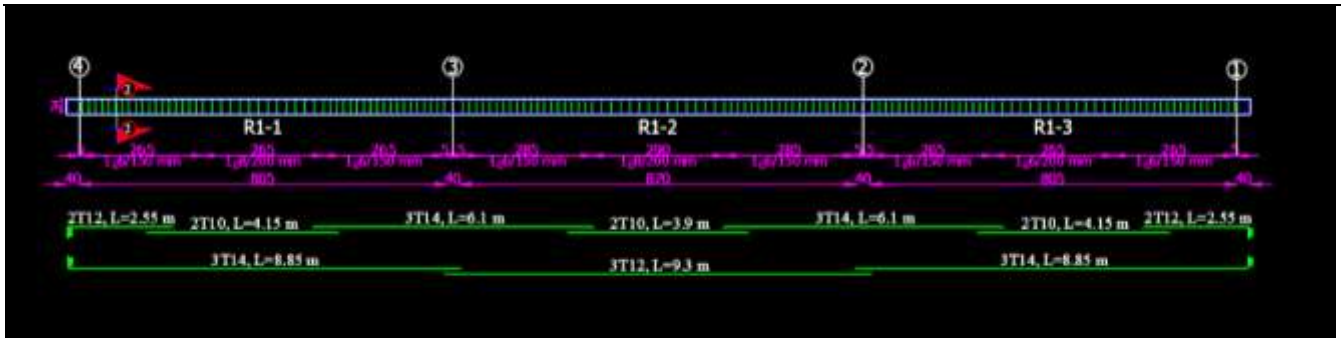
- **البلاطات:** تم استعمال البلاطة المفرغة بالاتجاهين في أرضية المبنى المناسبة في حالة المجازات الكبيرة بين الأعمدة Large span كما أنها توفر كمية كبيرة من الخرسانة من أجل الحد من نسبة انبعاثات الكربون بما يخدم التصميم المستدام للمبنى, وتم نمذجتها على برنامج Autodesk AutoCAD 2018. وبالتكامل مع برنامج Autodesk Revit 2019 كما هو موضح في الأسفل:



الشكل:(78) نموذج للبلاطة الفرغة العاملة بالاتجاهين للمبنى

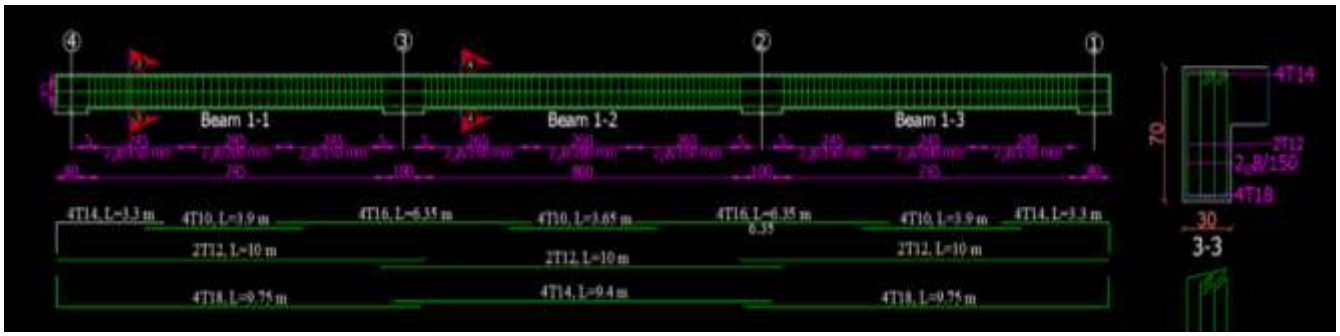


الشكل:(79) مسقط إنشائي للبلاطة المفرغة العاملة بالاتجاهين



الشكل:(80) تفصيل تسليح العصب المتكرر ضمن البلاطة

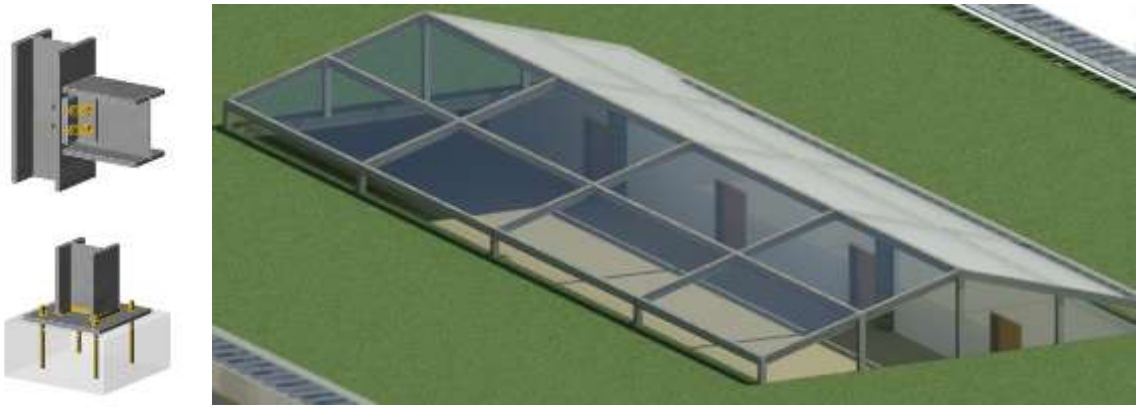
- **الجوائز الساقطة:** تم تصميم الجوائز الساقطة المحيطة بالمبنى من الخارج وهذا من شأنه بزيادة المقاومة ضد الزلازل بما يهدف في تعزيز التصميم المستدام للمبنى.



الشكل:(81) تفصيل تسليح الجائز 1 في المبنى

- **الهياكل المعدنية:** تم تصميم هيكل معدني في سطح المبنى من أجل تدعيم زجاج فتحة السقف بمجموعة من مقاطع الأعمدة والجوائز بشكل I–section والذي يعتبر استعماله من تقنيات الإنشاء المستدام (Steel Frame) (بدرة.، 2025)

وتم استعمال البراغي في إنشاء الوصلات والذي يعتبر أفضل من اللحام في تحمل الحمولات الأفقية

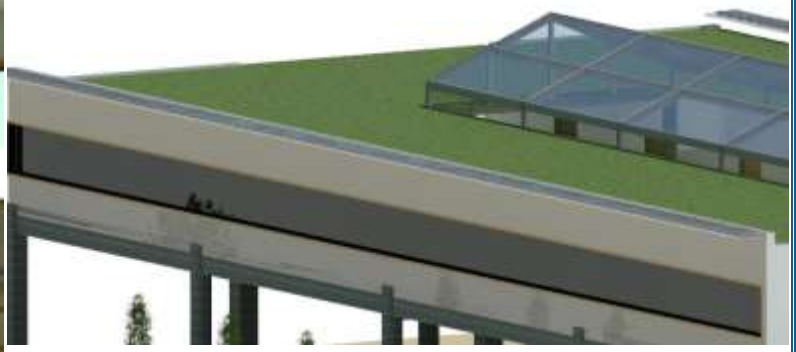


الشكل:(82) نموذج للهيكل المعدني في سقف المبنى مع تفصيل الوصلات

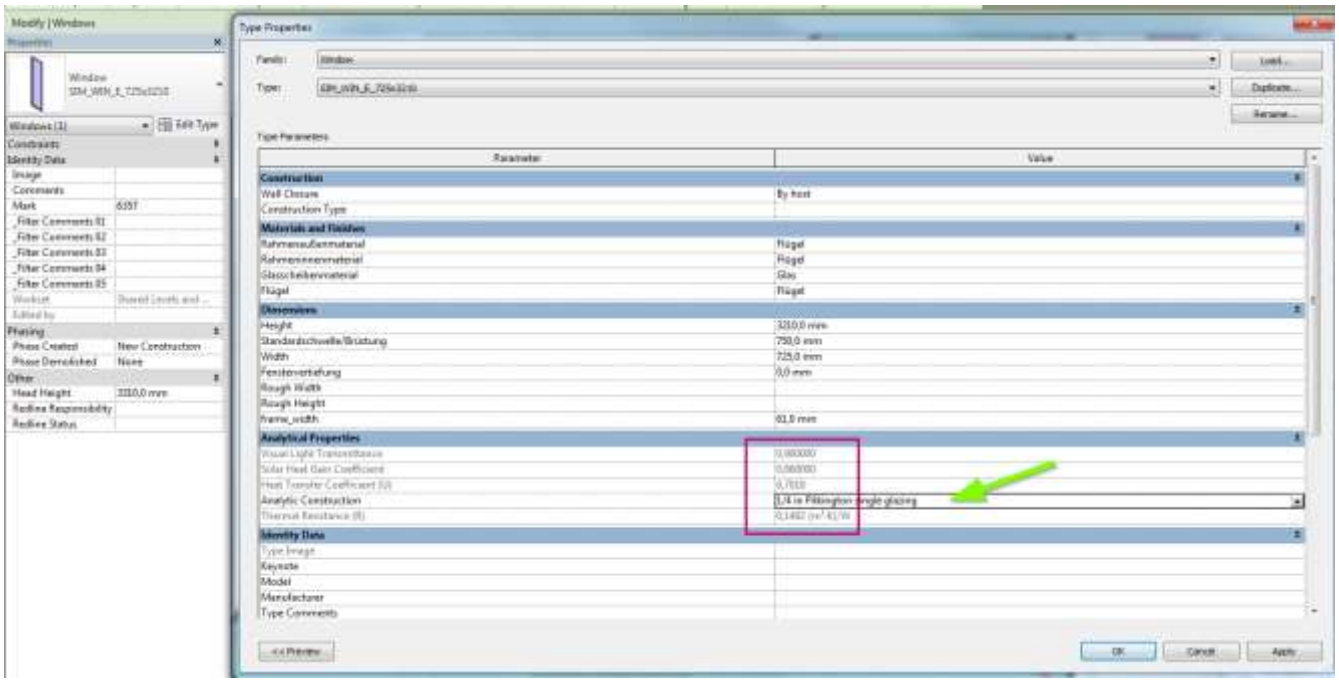
3.7.8.4 مواد الإنشاء المستدامة

- **الخرسانة الخضراء Green Concrete:** تم تعديل خصائص مادة كافة العناصر الخرسانية في المشروع في برنامج Autodesk Revit 2021 وتحويلها إلى خرسانة خضراء معاد تدويرها
- **استعمال الفولاذ المعاد تدويره:** في الجوائز المعدنية في سقف المبنى
- **زجاج النوافذ:** تم تعديل زجاج النوافذ بحيث يكون منخفض الانبعاثية low-E Glass بحيث يسمح بمرور الضوء الطبيعي وقابل للعزل الحراري

الشكل:(83) تفاصيل الزجاج من الخارج



الشكل:(84) تفاصيل الزجاج من الداخل



الشكل:(85) تعديل خصائص الزجاج في المشروع

4.7.8.4 السقف الأخضر

بعد تحليل الحالة الدرسية الواردة في الفقرة 3.4 أكاديمية العلوم الطبيعية في كاليفورنيا تم تعديل سطح المبنى بنمذجة العشب الأخضر مع الأخذ عين الاعتبار التصميم الإنشائي المناسب لتصميم بلاطة السطح يمكن تزويد الأعشاب من نباتات محلية في مدينة درعا القريبة نسبياً على المشروع.

5.7.8.4 فتحة السقف

بالاستفادة من تحليل الحالة الدرسية في مبنى أكاديمية العلوم الطبيعية كاليفورنيا الواردة في الفقرة 3.4 وبعد تحليل الضوء الوارد في الفقرة 1.6.7.4 تم انشاء فتحة في سقف المبنى بأبعاد 13X37 m مما تسمح بزيادة كمية الإضاءة الطبيعية للممر الداخلي للكلية مما يقلل من استخدام الإنارة الكهربائية وزيادة التهوية في فصل الصيف بحيث يمكن للنوافذ أن تفتح وتغلق بشكل أوتوماتيكي في سقف الكلية بناء على درجة الحرارة في المبنى كما هو وارد في مبنى أكاديمية العلوم الطبيعية كاليفورنيا.

الشكل:(86) الإضاءة الطبيعية في الممر

6.7.8.4 نظام إدارة النفايات المستدام

تم نمذجة مجموعة من مكبات النفايات المؤتمتة في أرضية المبنى والتي تختلف بحسب نوع مادة النفايات مما يساعد في إعادة التدوير. كما هو مبين في الشكل: (88)

تشير الدراسات إلى أن تكوين عادة جديدة يتطلب تكرار السلوك بانتظام على مدى فترة زمنية معينة. في دراسة نُشرت في المجلة الأوروبية لعلم النفس الاجتماعي، وُجد أن المدة اللازمة لتكوين عادة تتراوح بين 18 و254 يومًا، بمتوسط قدره 76 يومًا. وبناء عليه يمكن إضافة مقرر فصلي لطلاب الكلية بحيث كلما قام الطالب برمي النفاية في مكانها المخصص يكسب علامة مما يساعد على تعزيز إدارة النفايات الصلبة في الكلية.

7.7.8.4 إدارة مياه الصرف المستدام

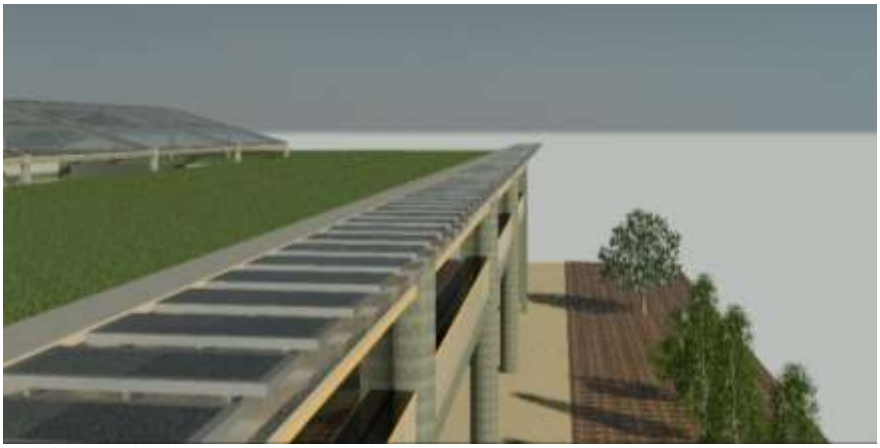
بعد تحليل الحالة الدرسية في الفقرة 4.2.4 في مبنى Interfaces Headquarter تم نمذجة أنظمة لتجميع مياه الأمطار في السقف ونقلها عبر شبكة من الأنابيب إلى مستوى الأرض بحيث يتم معالجتها بالأشعة الفوق البنفسجية ليتم استعمالها لأغراض غير الشرب مثل الري والتنظيف مما يقلل الاعتماد على المياه الصالحة للشرب ويخفف من استهلاكها.

الشكل:(87) تجميع مياه الأمطار في سقف المبنى

الشكل:(88) أنظمة تجميع ومعالجة المياه في أرضية المبنى

8.7.8.4 الخلايا الشمسية

بالاستفادة من تحليل الحالة الدرسية في مبنى أكاديمية العلوم الطبيعية كاليفورنيا الواردة في الفقرة 3.4 كما هو وارد في الشكل 22. تم نمذجة لوح من البلاستيك الأبيض الخافت ونمذجة 160 لوح من أنظمة الطاقة الشمسية على أطراف المبنى مما يسمح بتوفير قرابة 62% من اعتماد المبنى على الطاقة الكهربائية.



الشكل:(89) يوضح تموضع الخلايا الضوئية
على أطراف سطح الكلية

النتائج

- لاستخدام نمذجة معلومات البناء فوائد جلية في كافة أنواع المباني ولا سيما المباني التعليمية لما يعود عليه من فوائد في التصميم المستدام وإدارة المرافق التعليمية.
- يمكن من خلال ال (BIM) تحليل موقع المبنى ودراسة كافة العوامل البيئية المرتبطة بالموقع والاتجاه مما يساعد المصممين في اختيار التصميم الأنسب الذي يمكن من خلاله الاستفادة بأكبر قدر ممكن من الموارد الطبيعية والحد من الهالك.
- عند تطبيق ال (BIM) في المشاريع الهندسية يمكن نمذجة كافة خصائص المواد الإنشائية المتعلقة بالتصميم وإخراجها عبر نموذج ثلاثي الأبعاد, مما يتيح للمصممين أكبر الفرص لتحليل الطاقة واتجاه الشمس والرياح الإضاءة الطبيعية والكثير من العوامل البيئية التي تساعد في التصميم المستدام للمبنى
- يمكن من خلال نتائج التحليل تقييم ممارسات الاستدامة في المبنى وفق أنظمة تقييم الاستدامة العالمية كما يمكن تطوير النموذج بمرونة بهدف تحقيق التقييم الأمثل للبناء.
- يساعد تطبيق ال (BIM) في تصميم وتحليل كافة الأنظمة الإنشائية التي تلبي متطلبات التصميم المستدام للمبنى. واختيار مواد بناء أكثر استدامة كالخرسانة الخضراء والفولاذ المعاد تدويره.
- يعزز تطبيق ال (BIM) في المبنى نظام إدارة النفايات من خلال نمذجة كافة المعلومات المتعلقة بأنظمة تجميع وتدوير الفضلات مما يساعد في سهولة إدارة نفايات المبنى في مرحلة التشغيل.
- يمكن من خلال ال (BIM) نمذجة كافة أنظمة تجميع مياه الأمطار مما يساعد في إدارة أنظمة المياه في المباني وتوفيرها في أغراض الري والتنظيف والعديد من الاستعمالات الأخرى

التوصيات

1. تعزيز استخدام تقنية (BIM) في مشاريع التصميم المستدام

توصي الدراسة بتبني تقنية (BIM) على نطاق أوسع في المشاريع الإنشائية لتحليل الأداء البيئي وتحسين استهلاك الموارد. من خلال توفير منصة رقمية موحدة، يمكن تحسين التعاون بين الفرق المختلفة وتقليل الأخطاء أثناء التنفيذ.

2. التركيز على تدريب الكوادر الهندسية

يجب تنظيم ورش عمل ودورات تدريبية للمهندسين والمصممين لتعريفهم بإمكانات (BIM) في تحقيق الاستدامة. يُساهم ذلك في رفع كفاءة العمل وتعزيز تبني التكنولوجيا بشكل أسرع وأكثر فعالية.

3. دمج معايير التقييم العالمية مع المشاريع المحلية

من الضروري تطبيق أنظمة تقييم مثل (LEED) و (BREEAM)في تصميم المباني المحلية لضمان توافقها مع المعايير العالمية. سيسهم ذلك في تعزيز جودة المشاريع ورفع قدرتها على المنافسة الدولية.

4. تحسين إدارة النفايات وإعادة التدوير

ينبغي استخدام (BIM) في وضع استراتيجيات فعالة لإدارة النفايات الناتجة عن البناء وإعادة تدويرها. يساعد ذلك في تقليل الأثر البيئي وخفض تكاليف التخلص من النفايات.

5. تشجيع استخدام مواد بناء مستدامة

توصي الدراسة باستخدام مواد بناء محلية ومعاد تدويرها لتقليل الانبعاثات الكربونية وتكاليف النقل. اختيار المواد المستدامة يعزز استدامة المشروع ويحسن من كفاءة الأنظمة الإنشائية.

6. تطوير سياسات حكومية داعمة لتقنية(BIM)

ينبغي أن تتبنى الجهات الحكومية سياسات تشجع تطبيق (BIM) في المشاريع العامة والخاصة. يمكن تحقيق ذلك عبر توفير حوافز مالية وإلزام المشاريع الكبيرة باستخدام هذه التقنية.

7. تعزيز دمج الطاقة المتجددة في التصميم

توصي الدراسة بتوظيف (BIM) لتحليل جدوى دمج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في المباني. يساعد ذلك في خفض الاعتماد على الطاقة التقليدية وتقليل الانبعاثات الكربونية.

8. تحسين جودة البيئة الداخلية للمباني

يجب استخدام (BIM) لتحليل الإضاءة الطبيعية، التهوية، وجودة الهواء الداخلي لضمان بيئات صحية وآمنة. هذا يعزز راحة المستخدمين ويقلل من الأمراض المرتبطة بالبيئة الداخلية.

9. إنشاء مراكز بحثية متخصصة في تقنيات البناء المستدام

توصي الدراسة بإنشاء مراكز أبحاث لتطوير استخدامات (BIM) وتعزيز تطبيقات الاستدامة. يمكن لهذه المراكز دعم الابتكار في التصميم وتحليل أداء المشاريع.

10. نشر الوعي بأهمية العمارة المستدامة

يجب تعزيز الوعي بين المصممين والمجتمع حول أهمية العمارة المستدامة وتقنيات .(BIM) يسهم ذلك في تسريع تبني ممارسات مستدامة ويؤكد أهمية التفكير البيئي في المشاريع العمرانية.

اقتراحات للدراسات المستقبلية

.1تطوير أدوات (BIM) لتحليل الاستدامة الشاملة

البحث في كيفية تحسين أدوات (BIM) لتوفير تحليل متكامل يشمل الجوانب البيئية، الاقتصادية، والاجتماعية للمشاريع المستدامة. الهدف هو توفير نماذج تقيّم الأداء طوال دورة حياة المباني.

.2دمج (BIM) مع تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة

دراسة الإمكانات الناتجة عن دمج الذكاء الاصطناعي مع (BIM) لتحليل البيانات المعقدة وتقديم حلول مبتكرة في التصميم المستدام وإدارة المشاريع الكبيرة.

.3تطبيقات (BIM) في إدارة المدن الذكية

بحث دور (BIM) في تخطيط وإدارة البنية التحتية للمدن الذكية، بما يشمل تحسين إدارة الموارد، شبكات النقل، والطاقة المستدامة.

.4استراتيجيات تحسين الأداء البيئي للمباني القائمة باستخدام(BIM)

دراسة تطبيق (BIM) في تحليل وتحسين المباني القديمة عبر إعادة التأهيل لتتماشى مع معايير الاستدامة وتقليل الانبعاثات الكربونية.

.5تطوير نظام تقييم استدامة إقليمي باستخدام(BIM)

اقتراح إنشاء نظام تقييم استدامة يلائم الظروف المناخية والثقافية للدول العربية، بالاعتماد على قدرات (BIM) في محاكاة أداء المباني.

المراجع

1. *الباحثون السوريون*. (september, 2020 21). تم الاسترداد من www.syr-res.com.
2. الدكتور مصطفى كمال بدرة. (2025). *محاضرة الإدارة البيئية*. حلب، سوريا.
3. الدكتور نورس خليل. (2021). *التطبيق الناجح للبيم*. دمشق: الجامعة الافترضية السورية.
4. حسام, ا .(2015) .الخرسانة الخضراء .*الباحثون السوريون*.
5. حسن العتيبي. (2017). دور العمارة الخضراء في تحقيق الاستدامة. *مجلة جامعة الملك سعود للهندسة*.
6. عبد الله بن إبراهيم الفارس. (2015). *التصميم المستدام في العمارة والعمران*. المملكة العربية السعودية: مكتبة الملك فهد الوطنية.
7. عبدالله, د. ت .(2.15) .*العمارة والبيئة* .القاهرة: دار النشر العربي.
8. محمود, د. ك .(2015) .*تقنيات الخرسانة المسلحة بالألياف* .دار الكتب العلمية.
9. مقابلة مع مدرسين في كلية الهندسة المدنية في جامعة اليرموك الخاصة. (5 11, 2024). تحليل النظام الإنشائي لكلية الهندسة المعمارية لجامعة اليرموك الخاصة. (م.سمير العوا م.علاء سعادات، المحاور، و الطالب حسان البغدادي، المحرر) دمشق، سوريا.

References:

1. . Krishnamurti, R. e. (2012). *"Modeling water use for sustainable urban design.*
2. (2010). Retrieved from ypu.edu.sy.
3. (2024, 12 24). Retrieved from ar.whikipedia.org.
4. *ArchDaily*.(2020) .
5. Branko Kolarevic .(2003) .*Architecture in the Digital Age .*
6. *California Acafemy of Science*. (n.d.). Retrieved from https://www.calacademy.org/.
7. Chuck Eastman, P. T. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers Designers, Engineers, and Contractors.* Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
8. Duygu Kalan, M. E.-O. (2022, December). Retrieved from ScinceDirect .
9. James Steele .(1997) .*Sustainable Architecture: Principles, Paradigms, and Case Studies .* NewYork,United States.
10. Kellert, S. R. (2008). *Theory Science and Practice of Bringing Buildings to Life.* New York: Wiley.
11. Liston, C. E. (2011). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice.* Wily.
12. Mueseum of the Future. (n.d.). *Buildings Journal*.
13. Museum of the Future. (2023, April). *cibse Journal*.
14. NBBJ) .(2020) .NBBJ تم الاسترداد من (المنتج، ArchDaily.
15. Renzo Piano .(بلا تاريخ). *.The Architecture of Light .* Peter Buchana.
16. Roben Rogers تم الاسترداد من .(2020). .www.solaripedia.com.
17. Sadrykia, L. M. (2016). doi: 10.1051/matecconf/20166600069
18. *Tekla*. (2022).
19. U.S. Green Building Council - USGBC .(2009) .*LEED 2009 FOR SCHOOLS NEW CONSTRUCTIONS AND MAJOR RENOVATIONS .*Washington.
20. Woodbury, R. (2010). *Element of Parametric Design.*
21. Zaman, A. U. (2011). *Urban growth and Waste management optimization towards zero waste city.*