Journal of Engineering
Fayoum University
Faculty of Engineering
Vol.1
No.1

المباني المستوحاة من الطبيعة مدخل لتحقيق التكيف مع التغير المناخي

آلاء صلاح محمد احمد	أ.د .ايهاب محمود بيومي عقبة	د .ايمان بدوي أحمد محمود
معيدة بقسم الهندسة المعمارية	أستاذ العمارة والتصميم البيئي بقسم الهندسة المعمارية	مدرس بقسم الهندسة المعمارية
Asm11@fayoum.edu.eg	emo00@fayoum.edu.eg	Eba00@fayoum.edu.eg
كلية الهندسة، جامعة الفيوم، مصر	كلية الهندسة، جامعة الفيوم، مصر	كلية الهندسة، جامعة الفيوم، مصر

ملخص البحث:

تشهد الأرض مؤخراً تغيراً مناخياً وظاهرة الاحتباس الحراري العالمي، والذي يؤدي الي ارتفاع درجة حرارة الأرض وزيادة الكوارث الطبيعية .وهذا ويؤدي إلى العديد من المشاكل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، ويؤثر علي البشر والموارد المجتمعية والأنشطة التنموية .ويمكن للنهج القائمة على الطبيعة أن توفر حلولاً مستدامة لمواجهة تحديات التخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه من أجل الحفاظ على النظم الإيكولوجية الضرورية للحياة.

وتعتبر الطبيعة هي مصدر الاستيحاء الأساسي لتوفير حلول بيولوجية لتحقيق التكيف، فلم يعد علم الأحياء مجرد اتجاه بحثي يخص علماء الأحياء، وإنما هو مصدر إلهام جديد للتفكير التكنولوجي .فالنظم الموجودة في الطبيعة توفر قاعدة بيانات كبيرة من الاستراتيجيات والآليات التي يمكن تنفيذها في تصميم المباني المستوحاة من الطبيعة .

وتهدف هذه الورقة البحثية الي مناقشه مفهوم الاستيحاء من الطبيعة / المحاكاة البيولوجية كمدخل لتحقيق التكيف مع التغير المناخي، وذلك عن طريق عرض مفاهيم، وأسباب، ومستويات، واستراتيجيات، وآليات، ومنهجيات كلاً من التكيف في الطبيعة والاستيحاء من الطبيعة / المحاكاة البيولوجية، واستعراض لبعض هذه المباني المستوحاة من الطبيعة، ومدي تكيفها مع التغير المناخي الواقع في بيئتها.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، التكيف المناخي، التصميم المستوحى من الطبيعة، المحاكاة البيولوجية.

١- المقدمة

أدي الاختلال المطرد في الظروف المناخية من درجة الحرارة، وأنماط الرياح، والأمطار، وسائر ظواهر المناخ سواء في فصل الشتاء، أو الصيف إلى تأثر الأنظمة الحيوية على المدي القصير والطويل. ولذا صارت التغيرات المناخية وخصوصاً موضوعات التخفيف من غازات الاحتباس الحراري، والتكيف مع ظاهرة تغير المناخ من القضايا الهامة المطروحة دولياً ومحلياً من أجل تحقيق بيئة أفضل.

وفي (٣-١٤ يونية ١٩٩٢) تم عقد مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، أو ما يسمي مؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو، البرازيل، للتوفيق بين التنمية الاقتصادية في جميع أنحاء العالم وحماية البيئة. ومن خلال المعاهدات والوثائق الأخرى الموقعة في المؤتمر، التزمت معظم دول العالم التزاما اسمياً بالسعي لتحقيق التنمية الاقتصادية بطرق من شأنها أن تحمي بيئة الأرض والموارد غير المتجددة. [1]

وفيما يلي شرح وعرض لمفهوم التغير المناخي، وأسبابه، وتأثيره على الطبيعة والمباني، وطرق التعامل مع التغير المناخي طبيعياً ومعمارياً.

٢- التغير المناخي

وعرفت هيئة IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) التغير المناخي بأنه تغير في حالة المناخ التي يمكن تحديدها باستخدام الاختبارات الإحصائية من خلال التغييرات في متوسط حالة المناخ، وتباين خصائصه، والذي عادةً ما يكون قائما لفترة طويلة، مثل عدة عقود، أو أكثر. وقد يكون هذا التغيير بسبب عمليات طبيعية داخلية مثل التغييرات في الدورة الشمسية، والانفجارات البركانية، أو بسبب تأثيرات خارجية مثل الانبعاثات الغازية المستمرة التي تؤثر في الغلاف الجوي، واستخدام الأراضي [2].

وتتناول الدراسة التأثيرات الناتجة عن تغير المناخ، وطرق التعامل مع التغير المناخي واشكال التكيف في الطبيعة.

٢-١- التأثيرات الناتجة عن تغير المناخ على البيئة وعلى المباني

أدي تغيير المناخ الي التأثير على الإنسان في عدة نواحي بصورة مباشرة وغير مباشرة سواء بيولوجياً، ومعمارياً، واجتماعياً، وغيرها.

وتتضمن التأثيرات على المباني الناجمة عن تغير المناخ [3] [4]:

١- زيادة أحمال التبريد والتدفئة
٢- تغييرات في أنواع الطاقة المتاحة وتكاليفها بما في ذلك الكهرباء، وزيادة الطلب على الطاقة.
٣- تغيير طرق الإنشاء، والتأثير على مدي توافر متطلبات مواد البناء، وبالتالي تغيير في متطلبات البناء وتكاليفها.
٤- حدوث أضرار للمباني وبنيتها التحتية.
٥- حدوث أضرار للواجهات والهيكل الداخلي للمبني.
٦- تغييرات في لوائح التخفيف من انبعاثات غازات الدفيئة والتكيف
٧- تؤثر علي جودة الهواء الداخلي للمبني
٨- حدوث تغيرات في وسائل التبريد والتظليل والاستفادة من التبخر.

٢-٢- طرق التعامل مع التغير المناخي

تنقسم طرق الاستجابة والتعامل مع التغير المناخي إلى [5]:

١- تخفيف أسباب التغير المناخي.
٢- تكيف البيئة الحالية، والمستقبلية للتأثيرات المعروفة، والمتوقعة لتغير المناخ.

وتعرف بإسم (النهج القائمة على الطبيعة)، أو (النهج القائمة على النظم الإيكولوجية). ويسعى النهجان إلى زيادة قدرة النظم الإيكولوجية على الصمود، وذلك عن طريق تحقيق الاستقرار، وتعزيز العلاقات الوظيفية داخل النظام الإيكولوجي، وبين الأنواع لزيادة قدرتها على الصمود امام هذه التغيرات [6].

٢-٢-١- تخفيف أسباب التغير المناخي

الإجراءات اللازمة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري [7].

مثال علي ذلك: المباني صفرية الانبعاثات الكربونية (zero carbon building)، فتعتمد على توازن انبعاثات الكربون الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري في الموقع أو خارج الموقع بمقدار إنتاج الطاقة المتجددة في الموقع. [8] .

٢-٢-٢- التكيف مع التغير المناخي

وعرفت Giz (وهي منظمة معنية بحماية المناخ) التكيف بأنه تعديل في النظم الطبيعية، أو البشرية استجابةً للمحفزات الفعلية، أو المتوقعة المناخية، أو تأثيراتها، الذي يخفف من الضرر، أو يستغل الفرص المفيدة في هذه التغيير [9].

عرفت هيئة IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) التكيف المناخي بأنها عملية التوافق مع المناخ الفعلي، أو المتوقع، وآثاره. ففي النظم البشرية، يسعى التكيف لتخفيف، أو تجنب ضرر، أو استغلال الفرص المفيدة. أما في بعض الأنظمة الطبيعية، التدخل البشري قد يسهل التكيف مع المناخ المتوقعة وآثاره [2].

٢-٣- أشكال التكيف المناخي
Adaptation to climate change

عرف دوبزانسكي (Dobzhansky) التكيف في الطبيعة بأنه العملية التطورية التي يصبح فيها الكائن الحي أكثر قدرة على العيش في بيئته [10]. وذلك عن طريق عدة طرق: في بنيتها، ووظائف الأعضاء، أو في حركتها، أو في وسائل الدفاع والهجوم، أو في تكاثرها وتنميتها، وفي نواحي أخرى [11].

وتختلف أشكال التكيف في الكائنات الحية في الطبيعة بين:

١- التكيف المورفولوجي أو الهيكلي Morphological or structural adaptation.
٢- التكيف الفسيولوجي أو الوظيفي Physiological or functional adaptation.
٣- التكيف السلوكي Behavioral adaptation.

٢-٣-١- التكيف المورفولوجي أو الهيكلي.

تتعلق بشكل، أو حجم، أو نمط، أو هيكل الكائن الحي اعتماداً على بيئتهم الخاصة، وتحسن الأداء الوظيفي بشكل أفضل للبقاء على قيد الحياة [12].

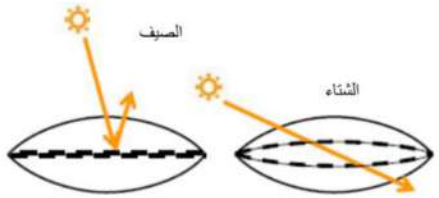
ومثال على ذلك: الملجأ الخشبي (M-Velope Shelter) للمعماري مايكل جانتزن (Michael Jantzen)، فهو مبني قابل للطي حسب احتياج ساكنيه ليلائم استخدامات مختلفة (شكل ١) [13].

شكل ١ الملجأ الخشبي للمعماري مايكل جانتزن، المصدر: http://inhabitat.com

٢-٣-٢- التكيف الفسيولوجي أو الوظيفي.

تتعلق بالعمليات الكيميائية للكائن الحي. مثل استجابة الكائنات لحافز خارجي معين من أجل الحفاظ على التوازن [12].

ومثال على ذلك: مادة ETFE والمستخدمة في تصميم تغطيات الاسقف لعزل الحرارة (شكل ٢شكل ٢) مثل في مكعب بكين المائي [14].



شكل ٢ اختلاف شكل وخصائص مادة ETFE بين الشتاء والصيف وحسب أشعة الشمس، والمصدر: Poirazis, 2009

٢-٣-٣- التكيف السلوكي.

تتعلق بكيفية عمل الكائن الحي، والإجراءات التي تتخذها من أجل البقاء. ويرتبط هذا النوع من التكيف بنظام التغذية المرتدة، حيث يمثل السلوك تفاعلاً بين الكائن الحي وبيئته [12].

ومثال على ذلك: المنزل المتكيف (the adaptive house) (شكل ٣)، حيث أن ذكاء المنزل ينشأ من القدرة على التنبؤ بسلوك واحتياجات السكان من خلال ملاحظتها على مدى فترة من الزمن. ويقوم ببرمجة نفسه من خلال رصد البيئة، وإجراءات

الاستشعار التي يقوم بها السكان، مثل تحويل الأضواء وإيقافها، وتعديل الحرارة، ومراقبة أنماط الإشغال، والسلوك لدى السكان [15].

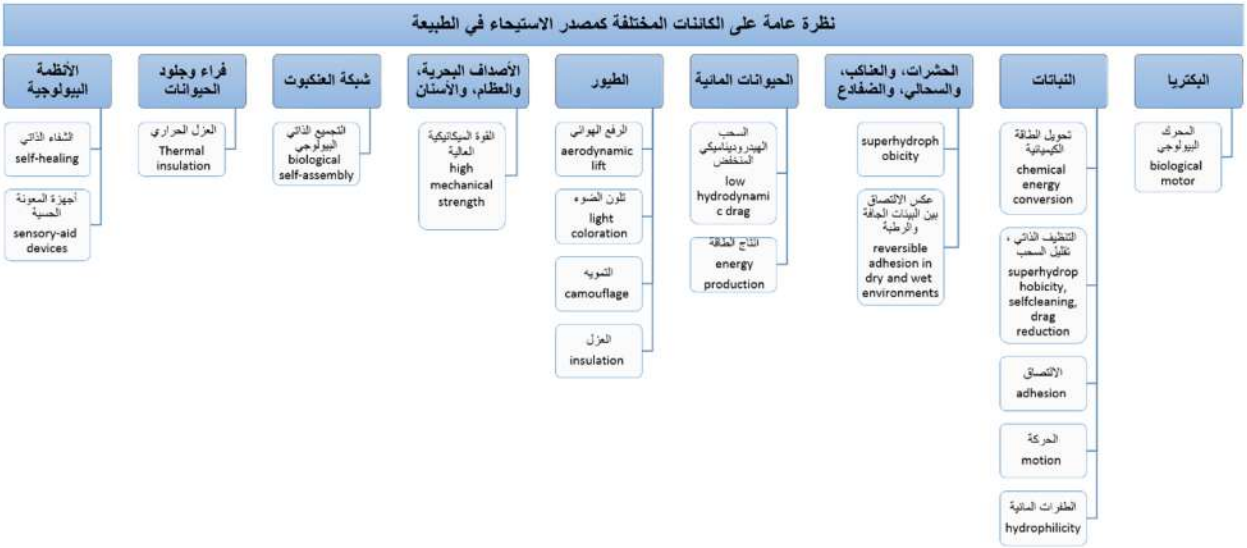
شكل ٣ المنزل المتكيف، والمصدر: http://www.cs.colorado.edu

٣- الطبيعة كمدخل للتكيف في المباني

وتعتبر الطبيعة هي مصدر الاستيحاء الأساسي لتوفير حلول بيولوجية لتحقيق التكيف. ولم يعد علم الأحياء مجرد اتجاه بحثي يخص علماء الأحياء، وإنما هو مصدر إلهام جديد للتفكير التكنولوجي. وقد نظرت بعض هذه الدراسات إلى الطبيعة كمصدر للإلهام لتطبيقها على الهندسة المعمارية. ويمكن مقارنة تكيف الكائن الحي في بيئته مع العلاقة المتناغمة للمبنى مع محيطه ومدى ملاءمته للأغراض المختلفة التي يستهدفها. فالنظم الموجودة في الطبيعة توفر قاعدة بيانات كبيرة من الاستراتيجيات والآليات التي يمكن تنفيذها في تصميم المباني المستوحاة من الطبيعة [12]. على الرغم من أن هذه العملية لا تؤدي دائما إلى حلول التصميم التي تتوافق مباشرة مع الكائنات الحية الملهمة بسبب الظروف المختلفة، فمن المهم أن ندرس بدقة كيفية تعامل الكائنات الحية مع مشاكل مماثلة، ومن ثم ضبط وإعادة صياغة مبادئها الوظيفية لتطبيقها في حل مشاكل التصميم [16].

هناك عدد كبير من الكائنات التي توفر مصادر للاستيحاء مثل البكتيريا والنباتات والحيوانات المائية والأصداف والطيور وغيرها، ويمكن تطبيقها بصور مختلفة عن طريق نقل خصائصها، أو شكلها، أو سلوكها (شكل ٤). [17]

وتتناول هذه الدراسة الاستيحاء من الطبيعة / المحاكاة البيولوجية وذلك عن طريق التعريف بالمحاكاة البيولوجية، ودراسة مبادئ التصميم في الطبيعة، وطرق المحاكاة، وإطار العمل لتطبيقات المحاكاة البيولوجية.



شكل ٤ نظرة عامة علي الكائنات المختلفة كمصدر استيحاء من الطبيعة، والمصدر: BHUSHAN, 2009

٣-١- الاستيحاء من الطبيعة / المحاكاة البيولوجية

يوجد العديد من المفاهيم ذات صلة بالاستيحاء من الطبيعة، ونستعرض منها على سبيل المثال:

وعرف فينسنت (Vincent) المحاكاة البيولوجية (biomimicry) بأنها التقنية الناتجة عن استعارة الأفكار من الطبيعة [18].

أما تعريف المحاكاة البيولوجية (biomimicry) في The Biomimicry Institute بأنها نهج الابتكار الذي يسعى إلى إيجاد حلول مستدامة لتحديات الإنسان عن طريق محاكاة أنماط واستراتيجيات اجتازت اختبار الزمن للطبيعة. لخلق منتجات وعمليات وطرق سياسات جديدة للمعيشة التي يتم تكييفها بشكل جيد للحياة على الأرض على المدى الطويل. والفكرة الأساسية هي أن الطبيعة قد حلت بالفعل العديد من المشاكل التي نتعامل معها. الحيوانات والنباتات والميكروبات هي المهندسين بعد مليارات السنين من البحث والتطوير، والفشل هي الحفريات، وما يحيط بنا هو سر البقاء على قيد الحياة [19].

٣-٢- مبادئ التصميم المستوحى من الطبيعة

تعتمد المحاكاة الناجحة على التقليد الواعي لاستراتيجية طبيعية واعية تم تنفيذها في بيئة مشابهة أن لم تكن نفسها لتحقيق نفس النتيجة بأقل مجهود. وتحليل المبادئ العامة للتصميمات الطبيعية يمكن أن يساعدنا على تصميم حلول معمارية أفضل للبيئة. وهناك مبادئ أساسية للتصميمات التي تعتمد على الطبيعية [20]، ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر في التصنيف التالي:

٣-٢-١- الشكل

أ- تصميمات الطبيعية تستخدم الشكل الوظيفي وتعتمد على التصميم الهندسي النمطي (fractal design) حيث يخفي الجمال، والتصميم قد يمتد دون تخطيط (شكل ٥) [21].

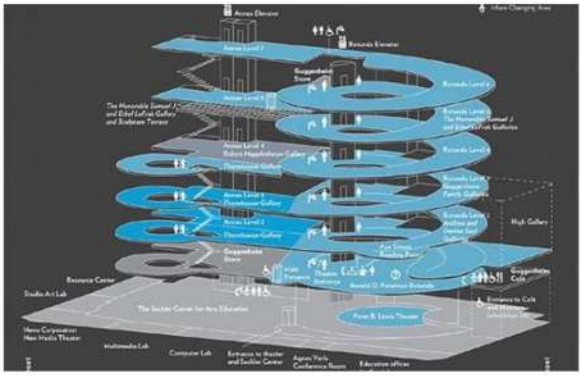
شكل ٥ استخدام النمط الثماني في تصميم قلعة ديل مونتي (The Castel Del Monte)، المصدر: https://www.wiztours.com

ب- تصميمات الطبيعية تعتمد على التنظيم الشبكي بدلاً من الخطي (شكل ٦) [22].

شكل ٦ استخدام التنظيم الشبكي في القبة الجيوديسية لبكمينستر فولر (Buckminster Fuller)، والمصدر: http://inhabitat.com

ت- تصميمات الطبيعة لا تستخدم الحدود والحواف الحادة (شكل ٨).

ث- تصميمات الطبيعة تلائم الشكل للوظيفة، وتستخدم مجموعة متنوعة من الأشكال الغير المتعامدة وأساليب التصميم في البناء لضمان أقصى قدر من حيث الكفاءة الهيكلية (شكل ٧) و(شكل ٨) [23].



شكل ٧ المسار المتحفي داخل متحف جوجنهايم، المصدر: https://www.guggenheim.org

شكل ٨ ملاءمة شكل متحف جوجنهايم للمسار المتحفي داخله، وانسيابية شكله وعدم اعتماده على الحواف الحادة، المصدر: https://www.guggenheim.org

٣-٢-٢- المواد

أ- تصميمات الطبيعية تعتمد على إعادة التدوير بالكامل، حيث نفايات بعض الأنواع هي الغذاء لأنواع أخري، مما يساعد على تحقيق مفهوم صفرية النفايات Zero Waste.

ب- تصميمات الطبيعية تستخدم الموارد اللازمة، وتتجنب الإفراط.

ت- تصميمات الطبيعة تعتمد على التقليل والتصغير بدا من التعظيم، وذلك عن طريق استخدام اقل مواد مع تحقيق أمثل وظيفة وإنشاء.

٣-٢-٣- الانشاء

أ- تصميمات الطبيعة تستخدم نظم إنشائية مرتبة وذات تدرج هرمي (شكل ٩).

ب- تصميمات الطبيعة تعتمد على التنوع، والتكيف في مرونة وديناميكية.

ت- تصميمات الطبيعة تنشئ تنظيمات هيكلية على جميع المستويات بداية من الذرة إلى المجرة (شكل ٩).

شكل ٩ استخدام المربع كوحدة متكررة، واستخدامها في الإنشاء الهيكلي في التصميم الداخلي والمعماري لمبني مكتبة بينيك في جامعة يال، المصدر: http://beinecke.library.yale.edu

٣-٢-٤- البيئة

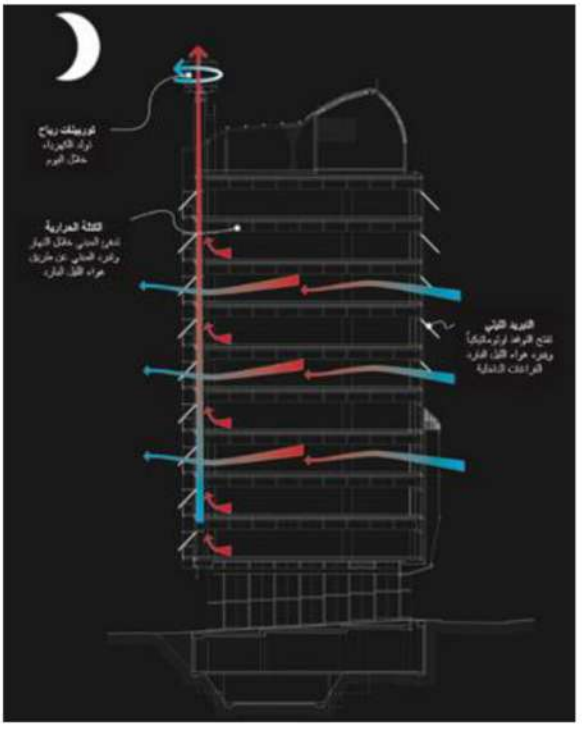
أ- التصميمات الطبيعية تحترم حدود البيئية، وتتأقلم مع الزمان والمكان.

ب- تصميمات الطبيعة تستجيب لمجموعة العوامل البيئية المتنوعة التي تؤثر عليها (شكل ١٠) [24].

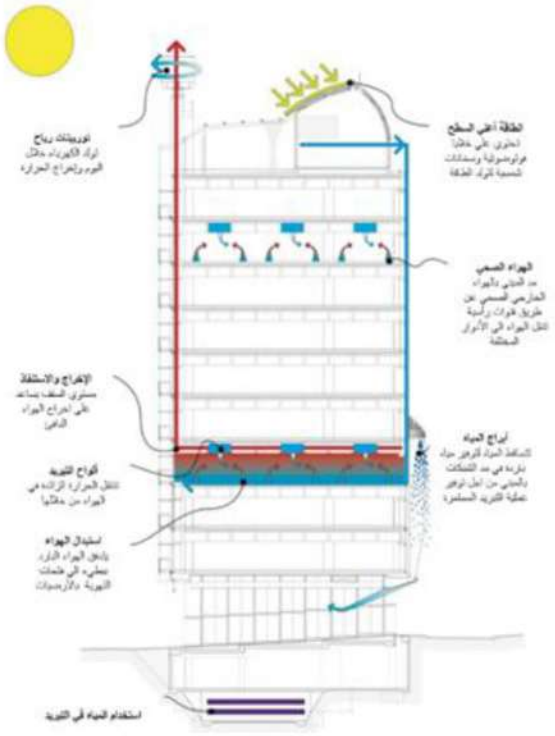
ت- تصميمات الطبيعية تعتمد على المصادر الطبيعية، وضوء الشمس خاصةً (شكل ١٢) [24].

ث- تصميمات الطبيعة تظل في حالة اتزان مع المناخ الحيوي المحيط (شكل ١١) و(شكل ١٢).

شكل ١٠ استجابة الألواح المتحركة على الواجهة للشمس لتوفير راحة المستخدمين في مبني CH2، المصدر:
http://www.architectureanddesign.com.au



شكل ١١ عملية توليد الطاقة في المبني وكيفيه اكتساب وفقد الحرارة أثناء الليل في مبني CH2، المصدر:
http://www.architectureanddesign.com.au

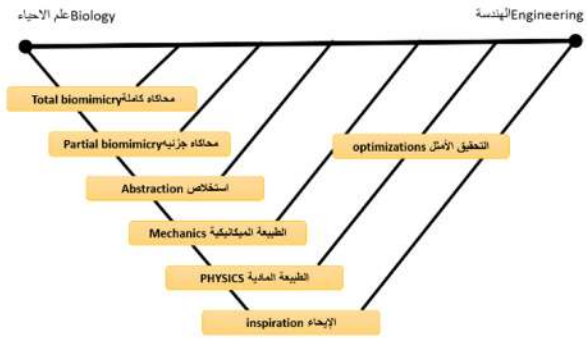


شكل ١٢عملية توليد الطاقة في المبني وكيفيه اكتساب وفقد الحرارة أثناء النهار في مبني CH2، المصدر:
http://www.architectureanddesign.com.au

٣-٣- خريطة المحاكاة البيولوجية

عرف فينسنت (Vincent) خرائط المحاكاة بأنها طرق للانتقال من الطبيعة إلى التطبيق، وهي تعبر عن مداخل التعامل مع هذه المشاكل [25].

في خريطة المحاكاة ل فينسنت (Vincent) كلما تحركنا لأسفل بعيداً عن الطبيعة الرئيسية (أقصى أعلي اليسار) كلما كانت الفكرة أقوى. فهي توضح أن الاستيحاء من الطبيعة في أعلي مستوي ويكون أكثر قدرة على التكيف بالرغم من أن المنتج النهائي ربما يكون بعيد جداً عن النمط الأساسي Prototype الموجود في الطبيعة [26].



شكل ١٣ خريطة محاكاة ل فينسنت (Vincent) توضح أنه كلما زاد تجريد الفكرة، كلما كانت أكثر فاعلية واكثر قدرة على التكيف، المصدر: Vincent, 2001

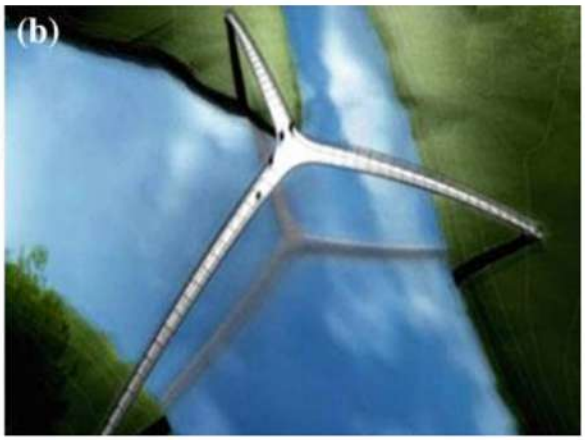
وفيما يلي طرق المحاكاة المختلفة وهي تنقسم إلي [27]:

٣-٣-١- طرق مباشرة

أ- المحاكاة الكاملة: تهدف إلى تكرار الكائن الحي تماماً، يمكن وضع أكثر نماذج المحاكاة البيولوجية في هذه الفئة.

مثال علي ذلك: محاكاة كوبري المشاة Hacking Ferry (شكل ١٥) لشكل نجمة البحر(شكل ١٤) [26].

شكل ١٤ نجمة البحر، المصدر: Hu, 2015



شكل ١٥ كوبري المشاة Hacking Ferry، المصدر: Hu, 2015

ب- المحاكاة الجزئية: تهدف إلى تقليد غير كامل للكائن الحي مثل تقليد جزء منه.

مثال علي ذلك: ملعب بكين الوطني يشبه عش الطائر (شكل ١٦)

شكل ١٦ ملعب بكين الوطني، المصدر: https://beijingbirdsnest.wordpress.com

ت- الطبيعة الميكانيكية/ الفيزيائية: محاكاة الخصائص الميكانيكية مثل النظام الإنشائي للشكل أو الفيزيائية مثل خصائص المواد الطبيعية.

مثال علي ذلك: مكعب بكين المائي (The Beijing Olympic Water cube) يحاكي النظام الميكانيكي لترابط الفقاعات الخماسية ببعضها (شكل ١٧) [28].

شكل ١٧ مكعب بكين المائي، المصدر: http://www.water-cube.com/en

٣-٣-٢- طرق غير مباشرة،

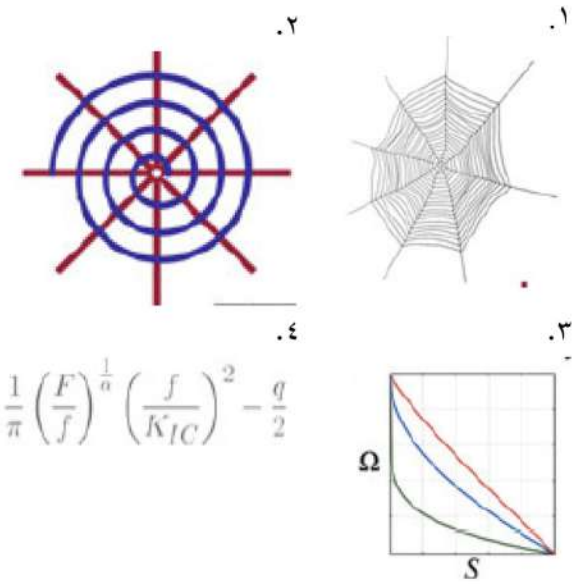
أ- الاستخلاص: استخلاص نظام عمل الكائن الحي، ولا يشترط أن يعتمد على شكله.

مثال علي ذلك: أجنحة الطائرات للحد من استهلاك الوقود في الطائرات، وزيادة السرعة عبر البلاد في الطائرات الشراعية من أجنحة الطيور (شكل ١٨) [27].

شكل ١٨ أجنحة الطيور، المصدر: Eggermont, 2011

ب- الاستيحاء: محاكاة الظواهر الكامنة خلف العضو.

مثال علي ذلك: مراحل دراسة الظاهرة الكامنة خلف خيوط العنكبوت. ففي البداية الشكل الصريح لشبكة العنكبوت، ثم يليه استخلاص الشكل الحلزوني المعبر عنه، ثم دراسة خصائصه الميكانيكية والفيزيائية، ثم استخراج المعادلة المعبرة عنه (شكل ١٩).



شكل ١٩ مراحل دراسة الظاهرة الكامنة خلف خيوط العنكبوت، المصدر: Eggermont, 2011

ويوجد العديد من المداخل البديلة غير خريطة المحاكاة السابقة، والتي تختلف طبقاً لنوع المشكلة أو طريقه المحاكاة. فقد تختص أكثر بعلم المواد. ولا توجد خريطة واحدة لكل المواد، ولكن تختلف طبقاً لنوع المادة [25].

٣-١- إطار العمل لتطبيقات المحاكاة البيولوجية A framework for application of biomimicry

طبقاً ل زاري (Zari) من خلال دراسة تقنيات المحاكاة البيولوجية الموجودة فيوجد ثلاثة مستويات من المحاكاة البيولوجية وهي الكائن الحي، والسلوك، والنظام البيئي. وينقسم كل مستوي من هذه المستويات إلى ٥ ابعاد مختلفة وهي كيف يبدو (الشكل)، وما هي (المادة)، وكيف يتم (البناء)، وكيف تسير (العملية)، وما هي (الوظيفة) (شكل ٢٠) [29].

٣-١-١- مستويات المحاكاة

تنقسم مستويات المحاكاة الي مستوي الكائن الحي، ومستوي السلوك، ومستوي النظام البيئي، وسيتم شرحهم فيما يلي:

أ- مستوي الكائن الحي Organism Level: محاكاة كائن معين مثل النبات أو الحيوان [30]، ويمكن أن تشمل محاكاة جزء من أو الكائن الحي كله [29].

ب- مستوي السلوك Behavior level: محاكاة أو ترجمه جانباً من جوانب سلوك الكائن الحي [29]. أو كيف يتصرف العضو ليعيش أو يتكاثر [30].

ت- مستوي النظام البيئي Ecosystem level: محاكاة نظام بيئي معين وكيف يؤدي وظيفته بنجاح [30]، بالإضافة إلى ما هي العناصر والمبادئ المطلوبة لنجاح وظيفته [29].

٣-١-٢- ابعاد المحاكاة

وينقسم كل مستوي إلى ٥ ابعاد مختلفة [29] وهي:

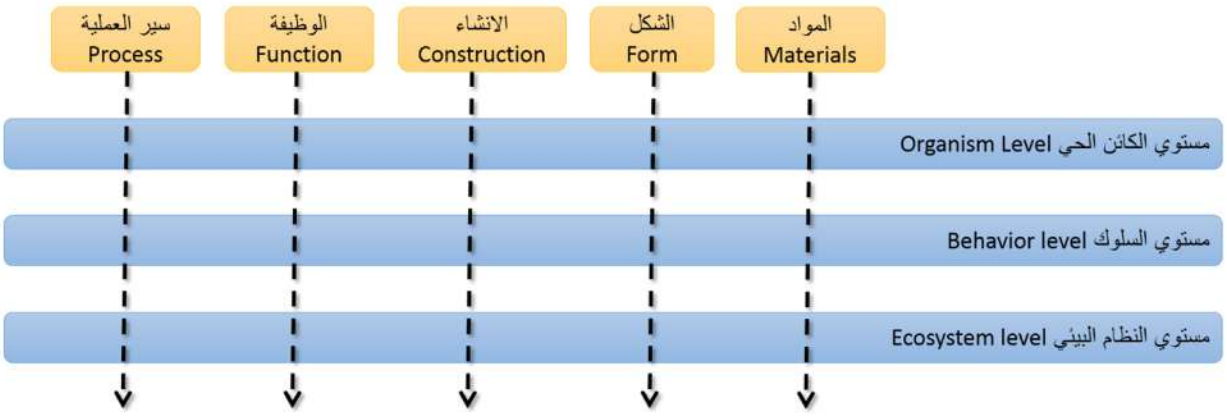
أ- الشكل: يعتمد على تقليد التشكيل للعضو أو النظام البيولوجي. حيث يكون هناك تشابه مرئي واضح بين غلاف المبني والكائن أو النظام البيولوجي الذي استوحي منه، ولكته لا يشترط بالضرورة أن يكون له تأثير أو ميزة وظيفية تنعكس إيجابياً على المبني [31].

ب- المواد: يعتمد في أسلوب المحاكاة أن يكون المبني من نفس المواد لنفس الشيء الذي يحاكيه في الطبيعة، أو التي صنع منها النظام البيئي الذي يقع فيه المبني، أو النظام الذي يحاكيه.

ت- الإنشاء: أن يكون المبني على نفس طريقة تكوين أو نمط الكائن أو العضو، أو يكون مبني بنفس الطريقة التي يبني بها الكائن في بيئته، أو كيف يجتمع مع باقي الكائنات في النظام البيئي.

ث- الوظيفة: تحاكي الآلية البيولوجية، أي أنه يكون أكثر تركيزاً على ما تقوم به الواجهة أكثر من كيف تبدو، بالرغم منه أنه قد تتشابه في الشكل أيضاً. ويكون ذلك عن طريق أما نسخ مبادئ الوظيفة في التكنولوجيا المستخدمة في المبني. أو عملية تجريد واستخلاص في نقل المبدأ البيولوجي إلى التكنولوجيا المستخدمة في المبني [31].

ج- سير العملية: يشكل جانباً مهما في العديد من السمات من محاكاة الطبيعة. ومع ذلك، فإنه لا توجد عادة على مستوى المباني الفردية، ولكن في بناء الروابط على المستوي الحضري [31].



شكل ٢٠ اطار العمل لتطبيقات المحاكاة البيولوجية، المصدر: الباحث

جدول ١ الاطار العام لتطبيقات المحاكاة طبقا ل زاري (Zari) [4]

مستوي المحاكاة		الشرح
مستوي الكائن الحي (محاكاة كائن معين مثل النبات أو الحيوان)	الشكل	أن يشبه المبني النمل الأبيض.
	المواد	أن يكون المبني مصنوع من نفس المواد مثل النمل، على سبيل المثال: مواد تحاكي الهيكل الخارجي.
	الإنشاء	أن المبني يكون على نفس طريقه تكوين النمل، على سبيل المثال: دوائر مختلفة الحجم.
	الوظيفة	أن تكون وظيفة المبني تشبه وظيفة النملة في قطيعها أو السياق الأكبر، على سبيل المثال: هي تعيد تدوير بقايا السلولوز لتكوين التربة.
	سير العملية	أن يعمل المبني بنفس طريقه عمل نملة منفردة، ينتج الهيدروجين بكفاءة عن طريق meta-genomics (التحليل الجيني المستقل لكل الكائنات الحية الدقيقة في بيئة محدده).
مستوي السلوك (محاكاة أو ترجمه جانباً من جوانب سلوك الكائن الحي)	الشكل	أن المبني يشبه ما ينتجه النمل، على سبيل المثال التل وعش النمل.
	المواد	أن يكون المبني من نفس المواد التي يبني بها النمل، على سبيل المثال: استخدام التربة الناعمة كمادة اساسية.
	الإنشاء	أن يكون المبني مبني بنفس الطريقة التي يبني بها النمل، على سبيل المثال: تدعيم الأرض في أماكن معينة في أوقات معينه.
	الوظيفة	أن يقوم المبني بوظيفته بنفس طريقة كما لو أنه تم بناؤه بواسطة النمل، على سبيل المثال: الظروف الداخلية للمبني يتم تنظيمها لتكون في الوضع الامثل ومستقرة حرارياً.
	سير العملية	أن يعمل المبني بنفس طريقه عمل تل أو عش النمل، على سبيل المثال: أن يكون ذلك عن طريق التوجيه، والشكل، واختيار المواد، والتهوية الطبيعية، أو يحاكي كيف يعمل النمل معا.
مستوي النظام البيئي (محاكاة نظام بيئي معين وكيف يؤدي وظيفه بنجاح)	الشكل	أن يشبه المبني النظام البيئي الذي يمكن أن يعيش فيه النمل.
	المواد	أن يكون المبني من نفس المواد التي صنع منها النظام البيئي الملائم للنمل. على سبيل المثال: أن النمل يستخدم مواد شائعة وطبيعية، ويستخدم المياه كمادة الوسط الكيميائي الأساسي.
	الإنشاء	أن المبني تم تجميعه بنفس الطريقة مثل النظام البيئي الذي يعيش فيه النمل. على سبيل المثال: استخدام مبادئ النجاح وزيادة تعقيد النظام على مدار الوقت.
	الوظيفة	أن يكون المبني قادر علي أن يؤدي وظيفته بنفس طريقه أداء النظام البيئي للنمل لوظيفته، أو يكون جزء من نظام معقد عن طريق استغلال العلاقات بين العمليات المختلفة. مثال علي ذلك: أن يشارك المبني في دوره الهيدروجين، والكربون، والنيتروجين في النظام البيئي الأساسي.
	سير العملية	أن يعمل المبني بنفس طريقه عمل النظام البيئي للنمل. مثال علي ذلك: أن يقوم بتجميع وتحويل الطاقة من الشمس، ويقوم بتخزين المياه.

٤- الدراسة التحليلية:

تتناول الدراسة التحليلية عدة امثلة:

أولاً: مبني المحيط الواحد (One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012) كمثال عن التكيف مع الرياح.

ثانياً: نموذج واجهات (HOMEOSTATIC FAÇADE SYSTEM) كمثال عن التكيف مع الإشعاع الشمسي.

ثالثاً: الجناح الحساس للرطوبة (HygroSkin Meteorosensitive Pavilion) كمثال عن التكيف مع الرطوبة.

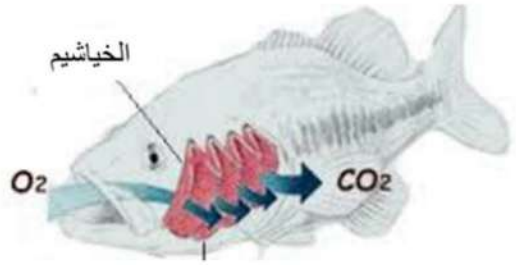
٤-١- مبني المحيط الواحد, One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012

التعريف بالمشروع: قام بتصميمه مكتب معماريين سوما (SOMA Architects) وقام بتصميم الواجهة المتحركة مكتب كنيبرز هيلبيج للهندسة المتقدمة (Knippers helbig advanced engineering) لصالح اللجنة المنظمة ل إكسبو ٢٠١٢ (EXPO 2012) في يوسو (Yeosu) بكوريا (KOREA) (شكل ٢١) [32] .

شكل ٢١الواجهة المائية لمبني المحيط الواحد, One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012، المصدر: http://www.mediaarchitecture.org

المشكلة التصميمة: أحمال الرياح المرتفعة نتيجة موقع المشروع الساحلي مع توفير التهوية الطبيعية للفراغات وتوجيه المبني لاتجاه الرياح السائدة حيث يتميز مناخ يوسو بثلاثة مواسم رئيسية: فصل الشتاء البارد، وصيف حار ورطب، وفترات متوسطة معتدلة للحد من أحمال الطاقة، ومعادلة الضغط داخل وخارج المبني [33] [34].

الحل من المحاكاة البيولوجية: التحكم في فتح واجهة من الشقوق مثل الخياشيم في الأسماك، مماثل لآلية تبادل الغازات الموجودة في الكائنات المائية. فهي تقوم بالتمدد أو التقلص استجابة لتركيزات CO2 (شكل ٢٢)، فهي تحقق توازن مثالي بين التحكم في فتحات الواجهة، وفرق الضغط، ومتطلبات التهوية، ومتطلبات الإضاءة (شكل ٢٦). كما ان المبني يعتمد على الشمس في توليد الطاقة عن طريق الخلايا الشمسية على السطح التي توفر ثلثي استهلاك المبني من الطاقة (شكل ٢٣) [34] [35] [36] .



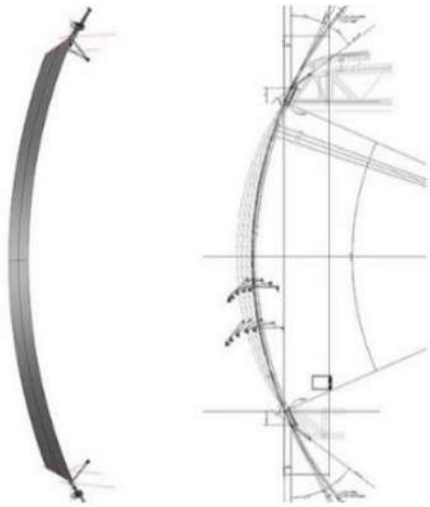
شكل ٢٢ تبادل الغازات في الكائنات المائية، المصدر: http://reptools.rutgers.edu/Functpage33.html

شكل ٢٣ في توليد الطاقة عن طريق الخلايا الشمسية على السطح، المصدر: http://www.formakers.eu

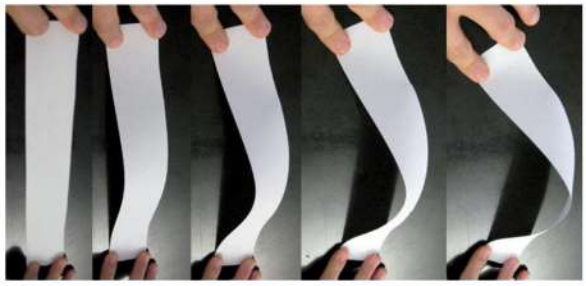
نموذج الاستيحاء من الطبيعة: خياشيم الأسماك (شكل ٢٢).

طريقة التكيف في المبني: يمكن ضبط ١٠٨ لوحة متحركة بطول ١٤٠ متر وارتفاع يتراوح بين ٣ الي ١٣ متر، وتجمع بين

قوه الشد العالية (high tensile strength) مع صلابة الانحناء المنخفضة (low bending stiffness)، وقابلة للاستجابة لتغير ظروف ضوء الشمس ومتطلبات التهوية. وهي مصنوعة من بوليمرات مدعمة بألياف زجاجية (glass fiber reinforced polymers) لديها حافة قاسية وحافة رقيقة واحدة، ومع وضع المحركات في أعلى وأسفل، والتي تقوم بالضغط علي الألواح (شكل ٢٤)، وبهذه الطريقة تحفز الانحناء الذي يؤدي إلى دوران الجانب من اللوحة بشكل غير متماثل (شكل ٢٥) للسماح للضوء أن ينتشر داخل المبنى مع توفير احتياجات المبني من التهوية الطبيعية حيث تعزز واجهة المبنى الحركية القابلة للتكيف التهوية الطبيعية من خلال التقاط الرياح وتوجيهها من خلال المبنى خلال المواسم المختلفة طبقاً لاتجاه الرياح في كل موسم (شكل ٢٦) [37] [38] [39].



شكل ٢٤ ميكانيكية انحناء الألواح لتشكل الواجهة، المصدر: http://www.mediaarchitecture.org



شكل ٢٥ طريقة انحناء الألواح لتشكل الواجهة، المصدر: Knippers, 2013

شكل ٢٦التحكم في فتحات الواجهة لتحقق التهوية والاضاءة الطبيعية حسب الظروف الخارجية، المصدر: http://www.formakers.eu

شكل التكيف في المبني: تكيف مورفولوجي، فهو يحدث عن طريق التغير في شكل انحناء الالواح المتحركة ليتحكم في طريقة حركة الهواء، ويوفر احتياجات المبني والمستعملين طبقا للمواسم المناخية المختلفة التي يتعرض لها المبني.

مبادئ الاستيحاء من الطبيعة التي تم مراعاتها:

١- من حيث الشكل

أ- تصميمات الطبيعة تلائم الشكل للوظيفة: فشكل تصميم الواجهة يلائم وظيفتها وهي تحقيق توازن مثالي بين التحكم في فتحات الواجهة، وفرق الضغط، ومتطلبات التهوية، ومتطلبات الإضاءة، وذلك عن طريق معادلة الضغط بين الداخل والخارج وذلك مماثل لآلية تبادل الغازات الموجودة في الكائنات المائية

ب- تصميمات الطبيعة لا تستخدم الحدود والحواف الحادة: ويبدو في تصميم المبني الذي يعتمد على الخطوط الانسيابية الحرة (شكل ٢٧).

شكل ٢٧ الخطوط الانسيابية الحرة لكتلة المبني المستوحاه من حركة المياة، المصدر: http://www.formakers.eu

٢- من حيث المواد

أ- تصميمات الطبيعية تستخدم الموارد اللازمة، وتتجنب الإفراط: وذلك عن طريق استغلال التهوية والاضاءة الطبيعية في الفراغات التفاعلية من اجل تقليل احمال الطاقة.

٣- من حيث الانشاء

أ- تصميمات الطبيعة تعتمد على التنوع، والتكيف في مرونة وديناميكية: ويبدو ذلك في المرونة في الحركة الناتجة عن انشاء الالواح المتحركة التي تتكيف لتلبي احتياجات المبني من التهوية الطبيعية وتخفيف احمال الرياح وتوفير الإضاءة الطبيعية داخله.

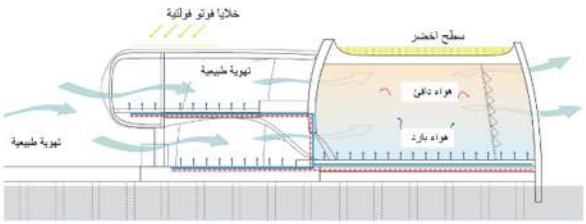
٤- من حيث البيئة

أ- تصميمات طبيعية تحترم حدود البيئية فأن التصميمات الطبيعية تتأقلم للزمان والمكان: فتصميم الواجهة يلائم الظروف التي يقع فيها المبني، فتصميمه يلائم البيئة الساحلية التي يقع بها ويلائم الظروف المناخية الواقعة عليه.

ب- تصميمات الطبيعية تعتمد كلياً على المصادر الطبيعية، وضوء الشمس له أهمية خاصة: ويظهر ذلك في الاعتماد على التهوية والاضاءة الطبيعية في الفراغات التفاعلية داخل المبني وكذلك اعتماد المبني على الشمس في توليد الطاقة.

ت- تصميمات الطبيعة تشعر وتستجيب لمجموعة العوامل البيئية المتنوعة التي تؤثر عليها: ويظهر ذلك في استجابة الالواح المتحركة لظروف الرياح المحيطة بها.

ث- تصميمات الطبيعة تظل في حالة اتزان مع المناخ الحيوي المحيط: تحقيق التوازن بين متطلبات التهوية والإضاءة اللازمة داخل المبني مع ظروف الموقع الخارجية واحمال الرياح العالية (شكل ٢٨).



شكل ٢٨ حركة الرياح لتوفير التهوية الطبيعية وعملية التبريد والتدفئة داخل المبني، المصدر: http://www.transsolar.com

طريقة المحاكاة: استخلاص، فواجهة المبني تحاكي خياشيم الأسماك، وتحاكي آلية تبادل الغازات الموجودة في الكائنات المائية.

مستويات وأبعاد المحاكاة: يحاكي المبني خياشيم الأسماك وذلك على مستويين:

- مستوي الكائن الحي-وذلك من خلال الشكل: فهو يشبه بنسبة كبيرة خياشيم الأسماك
- مستوي السلوك-وذلك من خلال الوظيفة: فهو يحاكي الآلية البيولوجية لخياشيم الأسماك في التهوية الطبيعية.

٤-٢- نموذج واجهات HOMEOSTATIC FAÇADE SYSTEM

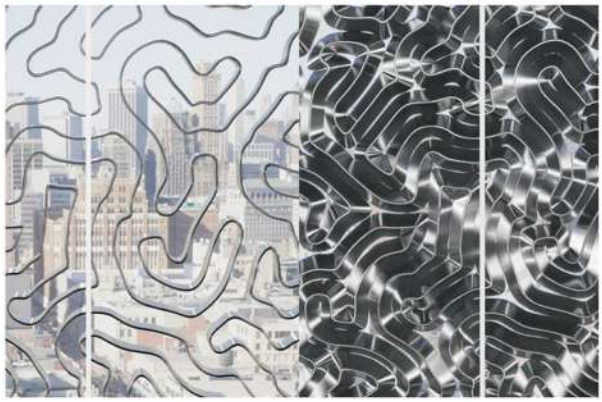
التعريف بالمشروع: من تصميم المهندسين المعماريين للمواد شركة ديكر يادون (Architectural material technologists firm Decker Yeadon) [40].

المشكلة التصميمة: التحكم في درجة الحرارة الداخلية للمبني عن طريق الكسب الحراري والإشعاع الشمسي [41].

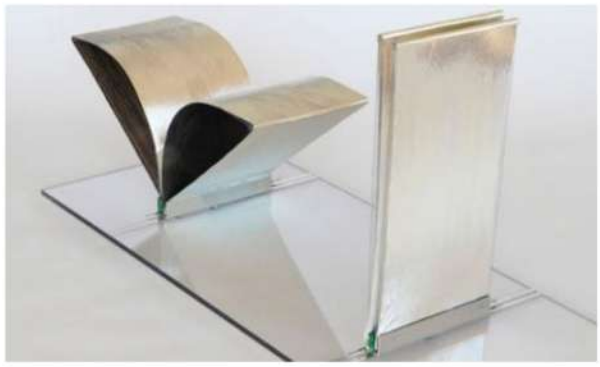
الحل من المحاكاة البيولوجية: العضلات ونظام التعرق من أنظمة توازن درجات الحرارة التي تمكن النظام تلقائياً من تنظيم فقدان واكتساب الحرارة، ودورها في تنظيم درجة حرارة [40].

نموذج الاستيحاء من الطبيعة: العضلات في الكائنات الحية.

طريقة التكيف في المبني: واجهة تبدو وكأنها نافذة مع خطوط دوامية. تلك هي أشرطة من المطاط الصناعي ملفوفة على نواة البوليمر المرن ومطلية بالفضة (شكل ٢٩)، وتتطلب أجهزة استشعار خارجية لتشعر بالظروف البيئية لتقوم بتوزيع شحنة كهربائية عبر سطحه الذي يؤدي إلى تشوهه . وعند ارتفاع درجة حرارة أشعة الشمس داخل مبنى خلال جزء من اليوم، يتمدد المطاط الصناعي، ويخلق الظل داخل المبنى. عندما يبرد درجة الحرارة الداخلية، ينكمش ليسمح لمزيد من الضوء بالاختراق داخل المبنى [40] [42] [43].



شكل ٢٩ شكل الشرائح المطاطية على الواجهة الزجاجية، المصدر: Nyilas, 2017



شكل 30 قطاع الشرائح المطاطية والنواع البوليمرية قبل وبعد تمدد المطاط الصناعي، المصدر: Martina Decker, 2013

شكل التكيف في المبني: تكيف مورفولوجي، فيتغير شكل وقطاع الأشرطة المطاطية نتيجة الاستجابة للإشعاع الشمسي من أجل الحفاظ على التوازن للحفاظ علي درجه الحرارة في الفراغات الداخلية.

مبادئ الاستيحاء من الطبيعة التي تم مراعاتها:

١- من حيث المواد

أ- تصميمات الطبيعية تستخدم الموارد اللازمة، وتتجنب الإفراط: وذلك عن طريق الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية للفراغات دون زيادة احمال التبريد والتدفئة من الطاقة.

٢- من حيث الانشاء

أ- تصميمات الطبيعة تعتمد على التنوع، والتكيف في مرونة وديناميكية: ويبدو ذلك في المرونة في الحركة الناتجة عن تغير شكل الأشرطة الدوامية والمطاط الصناعي التي يتغير شكلها لتلبي احتياجات المبني من الإضاءة الطبيعية داخله، والحفاظ على درجة حرارة داخلية مناسبة.

٣- من حيث البيئة

أ- تصميمات طبيعية تحترم حدود البيئية وتتأقلم للزمان والمكان: فهي تتغير ليختلف شكلها وقطاعها حسب تغير الاشعاع الشمسي على مدار اليوم.

ب- تصميمات الطبيعة تشعر وتستجيب لمجموعة العوامل البيئية المتنوعة التي تؤثر عليها: فهي تتأثر بمقدار الاشعاع الشمسي المؤثر على المبني.

ت- تصميمات الطبيعة تظل في حالة اتزان مع المناخ الحيوي المحيط: فهي تحافظ على الاتزان بين كمية الاشعاع الشمسي خارج المبني والكسب الحراري الناتج عنه ودرجة الحرارة ومقدار الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل المبني.

طريقة المحاكاة: الاستخلاص، فهي تحاكي العضلات ونظام التعرق في تنظيم فقدان واكتساب الحرارة.

مستويات وأبعاد المحاكاة: تحاكي الواجهة العضلات وتضام التعرق في الكائنات الحية علي مستوي السلوك-من خلال الوظيفة: في عملية تنظيم فقدان واكتساب الحرارة ومن أجل الحفاظ على درجة حرارة الفراغ الداخلية.

٤-٣- الجناح الحساس للرطوبة HygroSkin Meteorosensitive Pavilion

التعريف بالمشروع: عرض هذا الجناح المتحرك لأول مرة في معرض Archilab -Naturalizing Architecture في أورلينز بفرنسا في عام ٢٠١٣ (شكل ٣١).

شكل ٣١ الجناح الحساس للرطوبة HygroSkin Meteorosensitive Pavilion، المصدر: Menges, 2015

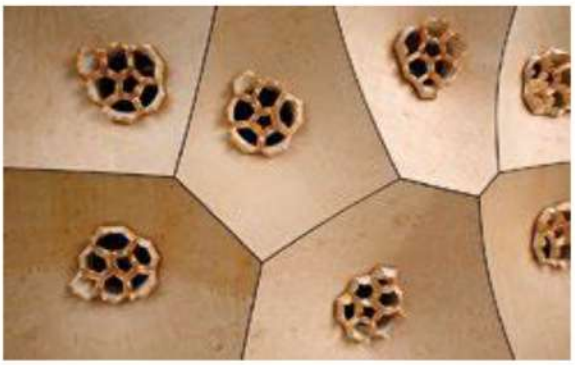
المشكلة التصميمة: الاستجابة لمستويات الرطوبة.

الحل من المحاكاة البيولوجية: المخاريط الصنوبرية (شكل ٣٢) هي أمثلة بيولوجية من النظم التي تعمل بالسلوك المسترطب (The hygroscopic behavior). فيتفاعل المخروط مع انخفاض محتوى الرطوبة عن طريق فتح موازينه، مما يؤدي إلى إطلاق البذور. حتى الأنسجة الميتة قادرة على الفتح والاغلاق المتكرر كاستجابة متأصلة للرطوبة في المواد نفسها [44].

شكل ٣٢ المخاريط الصنوبرية (Conifer cones) وكيف تتفتح وتغلق حسب الرطوبة، المصدر: Menges, 2015

نموذج الاستيحاء من الطبيعة: المخاريط الصنوبرية (Conifer cones).

طريقة التكيف في المبني: أشكال الوحدات المتفتحة تنشأ من قدرة ألواح الخشب المرنة على التشكيل الذاتي. وتتأثر هذه الاخشاب بنسب الرطوبة في الهواء لتكون مفتوحة في ظروف الرطوبة المنخفضة (شكل ٣٣)، وتغلق عند زيادة الرطوبة (شكل ٣٤). فتكون مفتوحة تماماً في يوم مشمس مشرق، ولكن تغلق فجأة عند حدوث تغيرات في الطقس والمطر، أي تغير تتغير الرطوبة النسبية ضمن نطاق من ٣٠% إلى ٩٠ % في المناخ المعتدل، ولكن لا يتطلب توفير الطاقة التشغيلية ولا أي نوع من التحكم الميكانيكي أو الإلكتروني [44] [45].



شكل ٣٣ الألواح الخشبية مفتوحة – الرطوبة النسبية ٤٥%، المصدر: Correa, 2013

شكل ٣٤ الألواح الخشبية مغلقة – الرطوبة النسبية ٧٥%، المصدر: Correa, 2013

شكل التكيف في المبني: تكيف فسيولوجي مورفولوجي، فيتغير شكل الوحدات الخماسية ومساحة الشكل المفتوح حسب معدلات الرطوبة نتيجة للطبيعة الفيزيائية للمادة المستخدمة.

مبادئ الاستيحاء من الطبيعة التي تم مراعاتها:

١- من حيث الشكل:

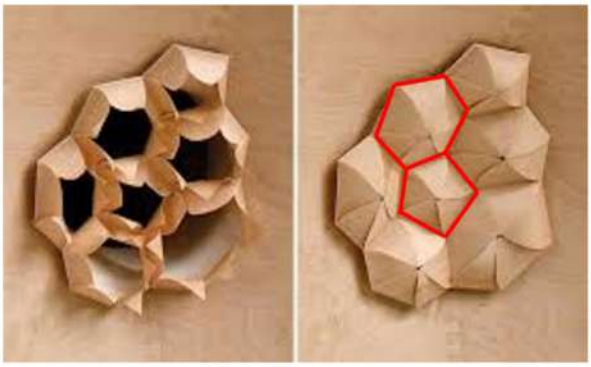
أ- تصميمات الطبيعة تلائم الشكل للوظيفة: فيلائم الشكل المخروطي المكون من شرائح طريقة عمل الوحدات المتحركة، وطريقة غلقها وفتحها.

ب- تصميمات الطبيعية تستخدم الشكل الوظيفي وتعتمد على التصميم الهندسي النمطي fractal (design): ويظهر ذلك في استخدام الشكل الخماسي الغير منتظم في تكوين المخاريط المكونة للوحدات المتحركة (شكل ٣٥).

ت- تصميمات الطبيعية تعتمد على التنظيم الشبكي بدلاً من الخطي وتعتمد على الذكاء الجماعي: وذلك عن طريق تجميع الوحدات الخماسية بشكل متجاور (شكل ٣٥).

٢- من حيث الإنشاء

أ- تصميمات الطبيعة تستخدم نظم إنشائية مرتبة وذات تدرج هرمي: حيث يتكون الشكل المخروطي للوحدة من خلال تجميع شرائح الخشب، وتتجمع هذه المخاريط بشكل نمطي هندسي لتكون الوحدة المتحركة (شكل ٣٥).



شكل ٣٥ طريقه تجميع العناصر الورقية لتشكل المخروط، واستخدام الشكل الخماسي الغير منتظم في تكوين المخاريط المكونة للوحدات، المصدر: http://www.achimmenges.net/?p=5612

٣- من حيث البيئة

أ- التصميمات الطبيعية تحترم حدود البيئية فأن التصميمات الطبيعية تتأقلم للزمان والمكان: فهي تختلف باختلاف الظروف المناخية والرطوبة النسبية لكل موقع، وباختلاف الوقت والظروف المناخية بين الشمسي المشرق والممطر الرطب.

ب- تصميمات الطبيعة تشعر وتستجيب لمجموعة العوامل البيئية المتنوعة التي تؤثر عليها: فتتأثر الرطوبة النسبية في كل موقع.

طريقة المحاكاة: الطبيعة الفيزيائية للمواد، فالخشب المرن الذي تم استخدامه في تصنيع الوحدات المتكررة يشبه في خصائصه المخاريط الصنوبرية.

مستويات وأبعاد المحاكاة: يحاكي الخشب المرن الذي صنعت منه الوحدات المتحركة خشب المخاريط الصنوبرية، وذلك على مستوي الكائن الحي-من خلال المواد: فهو يحاكيه في خصائصه وتفاعله مع مستوي الرطوبة.

وفيما يلي مقارنة تحليلية بين الثلاثة نماذج السابقة لأهم العناصر في الدراسة السابقة (جدول ٢):

جدول ٢ مقارنة بين مباني الدراسة التحليلية، المصدر : الباحث

مستويات وأبعاد المحاكاة			مستوي الكائن الحي من خلال الشكل + مستوي السلوك من خلال الوظيفة	مستوي السلوك من خلال الوظيفة	مستوي الكائن الحي من خلال المواد
طريقة المحاكاة		الاستيحاء			
		الاستخلاص	✓	✓	
		الطبيعة الفيزيائية /الميكانيكية			✓
		المحاكاة الجزئية			
		المحاكاة الكاملة			
مبادئ الاستيحاء من الطبيعة التي تم مراعاتها	البيئة	الاعتماد على المصادر الطبيعية	✓		
		الاتزان مع المناخ الحيوي المحيط	✓	✓	
		الاستجابة للعوامل البيئية	✓	✓	✓
		التأقلم مع زمان ومكان	✓	✓	✓
	الانشاء	التنظيمات الهيكلية			
		التنوع والتكيف في مرونة وديناميكية	✓	✓	
		التدرج الهرمي			✓
	المواد	الاعتماد على التقليل والتصغير بدلاً من التعظيم.			
		استخدام المواد اللازمة، وتتجنب الإفراط	✓	✓	
		إعادة التدوير			
	الشكل	لا لاستخدام الحدود والحواف الحادة	✓		
		التنظيم الشبكي بدلاً من الخطي			✓
		التصميم الهندسي النمطي			✓
		تلائم الشكل للوظيفة	✓		✓
شكل التكيف في المبني		سلوكي			
		فسيولوجي			✓
		مورفولجي	✓	✓	✓
نموذج الاستيحاء من الطبيعة			الخياشيم	العضلات	المخاريط الصنوبرية
العنصر المناخي المتكيف معه			الرياح	الإشعاع الشمسي	الرطوبة
			One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012	**Homeostatic Façade System**	**HygroSkin Meteorosensitive Pavilion**

٥- الخلاصة

يتغير المناخ في البيئة المحيطة بسبب تغيرات طبيعية، أو بسبب الانبعاثات الغازية المستمرة الناتجة عن النشاط الإنساني، مما يؤثر بالسلب على الطبيعة وعلى المباني. ويمكن التعامل مع هذه التغيرات أما عن طريق تخفيف أسباب النعير المناخي وتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مثل الاتجاه نحو المباني الصفرية لانبعاثات الكربون، أو التكيف مع التغير المناخي واتخاذ التدابير والإجراءات اللازمة لإدارة المخاطر الناتجة عنه وذلك عن طريق التصميم القادر على التكيف مع التغيرات المناخية.

والتكيف هو كيفية حدوث التطور ليصبح الكائن قادراً على العيش في بيئته الجديدة. وللتكيف مع التغير المناخي سواء طبيعياً أو معمارياً أشكال وصور مختلفة، وإن كانت تختلف في تطبيقها. وهي أولا التكيف المورفولجي أو الهيكلي وهو يتعلق بحجم او شكل او نمط الكائن الحي، وثانياً التكيف الفسيولوجي أو الوظيفي وهو يتعلق بالعمليات الكيميائية للكائن الحي، وثالثاً التكيف السلوكي وهو يتعلق تفاعل الكائن وبيئته معتمداً على التغذية المرتدة.

والتكيف لا يوجد فقط بين الطبيعة والكائنات الحية التي تعيش فيها، ولكن أيضاً بين الطبيعة والمنتج الإنساني والتطبيقات التكنلوجية التي تساعد الإنسان في إنجاز أعماله المختلفة. ومن هنا، تعتبر الطبيعة هي مصدر الاستيحاء الأساسي لتوفير جلول بيولوجية لتحقيق التكيف، ومصدر الهام للتفكير التكنولوجي وتطبيقاته وخصوصا في مجال الهندسة المعمارية. فالنظم الموجودة في الطبيعة توفر قاعدة بيانات كبيرة من الاستراتيجيات والاليات التي يمكن تنفيذها في تصميم المباني المستوحاة من الطبيعة. ومن هنا، فإن تحليل المبادئ العامة للتصميمات الطبيعية يمكن أن يساعدنا على تصميم حلول معمارية أفضل للبيئة ومتجانسه معها. وتنقسم هذه المبادئ إلى مبادي متعلقة بالشكل، والانشاء أو التكوين، والمواد المستخدمة، والبيئة المحيطة. ويمكن تطبيق هذه المحاكاة البيولوجية أما من خلال طرق مباشرة وهي المحاكاة الكاملة، أو المحاكاة الجزئية، أو محاكاة الطبيعة الميكانيكية أو الفيزيائية، أو من خلال طرق غير مباشرة وهي الاستخلاص، أو الاستيحاء.

طبقاً ل زاري (Zari) من خلال دراسة تقنيات المحاكاة البيولوجية الموجودة فيوجد ثلاثة مستويات من المحاكاة البيولوجية وهي الكائن الحي، والسلوك، والنظام البيئي. وينقسم كل مستوي من هذه المستويات إلى ٥ ابعاد مختلفة وهي كيف يبدو (الشكل)، وما هي (المادة)، وكيف يتم (البناء)، وكيف تسير (العملية)، وما هي (الوظيفة).

٦- النتائج

وفي الدراسة التحليلية السابقة (جدول ٢) تناولت نماذج معمارية تعرضت لعوامل مناخية مختلفة تؤثر على كل نموذج مثل الرياح والإشعاع الشمسي، والرطوبة، واستوحت حلولها البيولوجية من عناصر في الطبيعة من بيئات مختلفة، واختلف حجم ومقياس العنصر المتكيف وتدرج ما بين الواجهة ككل، وعنصر ملحق بالواجهة، وعنصر مكون للواجهة أما بالاعتماد على الحساسات والمحركات اللازمة، أو التصميم والتكوين، أو المواد المستخدمة. ونستنتج التالي (جدول ٣):

جدول ٣ تصنيف النتائج طبقا للدراسة التحليلة، المصدر: الباحث

شكل التكيف في المباني	التكيف المورفولجي هو الأكثر شيوعاً ويكون نتيجة التغير في الشكل أو الحجم، يليه التكيف الفسيولوجي وهو مرتبط بخصائص المواد المستخدمة. كما يمكن ان يتحقق شكلين من أشكال التكيف معاً مثل التكيف المورفولوجي والفسيولوجي، مثل ان يؤثر الاختلاف في خصائص المادة المستخدمة علي شكلها الخارجي.

مبادئ الاستيحاء من الطبيعة والتي تم مراعاتها	لا يشترط تطبيق جميع المبادئ وجميع تصنيفاتها جميعاً في كل مبني، ولكن تعتمد بشكل كبير على العنصر المستوحى منه وطريقة المحاكاة ومستوياتها وابعادها المستخدمة. ورغم ذلك تشترك الثلاثة نماذج في تحقيقها المبادئ الخاصة بالبيئة المحيطة ومراعاتها لظروف الموقع والمناخ بكل بيئة رغم اختلافهم.
طريقة المحاكاة	بالرغم من أن المحاكاة الكاملة والمحاكاة الجزئية هم الأسهل في التطبيق إلا ان محاكاة الطبيعة الفيزيائية او الميكانيكية، والاستخلاص هم الأكثر فاعلية في تحقيق التكيف والمحاكاة البيولوجية بشكل أفضل عن طريق الاستخلاص اليه عمل الكائن الحي، أو محاكاة طبيعة المواد المستخدمة.
مستويات وأبعاد المحاكاة	فأنه لا يشترط تحقيق مستوي وبعد واحد فقط في المحاكاة البيولوجية، إنما يمكن الجمع بين أكثر من مستوي وبعد في النموذج الواحد بهدف تحقيق أكثر كفاءة للمبني في تكيفه مع المناخ المحيط والبيئة. ولا يظهر مستوي النظام البيئي وذلك لأنه يعتمد على تأثير عدة مباني أو نماذج متجاورة في بيئة واحدة علي بعضهم البعض.

٧- المراجع

[1] "Earth Summit, UNCED," 20 Jul 1998. [Online]. Available: https://www.britannica.com/event/United-Nations-Conference-on-Environment-and-Development.

[2] IPCC, "Climate Change 2014–Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects," Cambridge University Press, 2014.

[3] M. M. Rojas-Downing, A. P. Nejadhashemi, T. Harrigan and S. A. Woznicki, "Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation," *Climate Risk Management,* vol. 16, pp. 145-163, 2017.

[4] M. P. Zari, "Chapter 4: Can Biomimicry Be a Useful Tool for Design for Climate Change Adaptation and Mitigation?," in *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, Switzerland, Springer International Publishing, 2015, pp. 81-113.

[5] E. M. Hamin and N. Gurran, "Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the US and Australia," *Habitat international,* pp. 238-245, 2009.

[6] N. Kabisch, N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann and D. Haase, "Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action," *Ecology and Society,* vol. 21, no. 2, 2016.

[7] *Climate change 101: Adaptation,* US: the Pew Center on Global Climate Change and the Pew Center on the States, 2011.

[8] "WHAT IS A ZERO CARBON BUILDING ? ," [Online]. Available: http://www.cic.hk/eng/main/zcb/ZCB_experience/what_is_zcb/. [Accessed 20 June 2017].

[16] J. J. Park and B. Dave, "Bio-inspired Parametric Design for Adaptive Stadium Façades," in *Australasian Journal of Construction Economics and Building-Conference Series*, 2014.

[17] B. BHUSHAN, "Biomimetics: lessons from nature – an overview," *Philosophical Transactions of The Royal Society ,* vol. 367, pp. 1445-1486, 2009.

[18] J. F. Vincent, O. A. Bogatyreva, N. R. Bogatyrev, A. Bowyer and A.-K. Pahl, "Biomimetics – its practice and theory,," *Journal of the Royal Society Interface,* vol. 3, no. 9, pp. 471-482, 2006.

[19] "what is biomimicry," The Biomimicry Insitute, [Online]. Available: https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/#.V_7CIvl96Uk. [Accessed 10 october 2016].

[20] H. Mansour, "BIOMIMICRY A 21ST CENTURY DESIGN STRATEGY INTEGRATING WITH NATURE IN A SUSTAINABLE WAY," in *conference: future intermediate sustainable cities – a message to future generations*, egypy, 2010.

[21] "Private Tour: Castel Del Monte 2-Hour Guided Tour," WIZ tours, [Online]. Available: https://www.wiztours.com/tour/private-tour-castel-del-monte-2-hour-guided-tour-28361.html. [Accessed 3 July 2017].

[22] . L. Zimmer, "Montreal's Biosphere Environmental Museum Resides Inside Massive Buckminster Fuller Geodesic Dome," inhabitat, 2 June 2012. [Online]. Available: http://inhabitat.com/photos-biosphere-environmental-museum-resides-inside-a-buckminster-fuller-masterpiece/. [Accessed 3 July 2017].

[9] c. p. p. Giz, "Adaptation to Climate Change: New findings, methods and solutions," Rhein-Main Geschäftsdrucke, Eschborn, Germany, 2011.

[10] T. Dobzhansky, *On some fundamental concepts of Darwinian biology, Evolutionary biology,* US: Springer, 1968.

[11] "adaptation," Britannica School, Encyclopædia Britannica, Inc, 25 Aug 2010. [Online]. Available: http://school.eb.co.uk/levels/advanced/article/adaptation/3688. [Accessed 8 april 2017].

[12] M. Lopez, S. Martin, R. Rubio and B. Croxford, "How plants inspire façades. From plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes," in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017.

[13] L. Grozdanic, "Michael Jantzen Launches Transformable M-Velope Shelters Made from Sustainably Grown Wood," inhabitat, 5 February 2014. [Online]. Available: http://inhabitat.com/michael-jantzen-launches-transformable-m-velope-shelters-made-from-sustainably-grown-wood/. [Accessed 20 June 2017].

[14] H. Poirazis, M. Kragh and C. Hogg, "Energy modelling of ETFE membranes in building applications," in *11th International IBPSA Conference*, Scotland, 2009.

[15] M. C. Mozer, "The Adaptive House," University of Colorado, [Online]. Available: http://www.cs.colorado.edu/~mozer/index.php?dir=/Research/Projects/Adaptive%20house/. [Accessed 16 June 2017].

[31] R. Loonen, "Chapter 5, Bio-inspired Adaptive Building Skins," in *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, Switzerland, Springer International Publishing, 2015, pp. 115-134.

[32] "Thematic Pavilion Expo 2012," knippers helbig advanced engineer, [Online]. Available: http://www.knippershelbig.com/en/projects/thematic-pavilion-expo-2012. [Accessed 30 7 2017].

[33] J. Knippers,, H. Jungjohann, F. Scheible and M. Oppe, "Bio-inspirierte kinetische Fassade für den Themenpavillon „One Ocean" EXPO 2012 in Yeosu, Korea," *BERICHT,* vol. 90, no. 6, pp. 341-347, 2013.

[34] "One Ocean – Pavilion EXPO 2012, Yeosu, South Korea," Transsolar Energietechnik GmbH, 2017. [Online]. Available: http://www.transsolar.com/projects/one-ocean-pavillon-expo-2012. [Accessed 20 august 2017].

[35] T. Levesque, "INTERACTIVE "LIVING GLASS" Regulates Air Quality," inhabitat, 21 June 2007. [Online]. Available: http://inhabitat.com/carbon-dioxide-sensing-living-glass/. [Accessed 30 July 2017].

[36] "Six Responsive Products That Have a Mind of Their Own—Almost," Architect Magazine, THE JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 1 October 2013. [Online]. Available: http://www.architectmagazine.com/technology/products/six-responsive-products-that-have-a-mind-of-their-ownalmost_o. [Accessed 2 February 2017].

[23] "Form Follows Function," guggenheim, [Online]. Available: https://www.guggenheim.org/arts-curriculum/topic/form-follows-function. [Accessed 21 August 2017].

[24] G. Chua, "Keeping it cool: how Melbourne's Council House 2 took advantage of the night," 16 October 2014. [Online]. Available: http://www.architectureanddesign.com.au/news/keeping-it-cool-how-melbourne-s-council-house-2-to. [Accessed 3 July 2017].

[25] J. F. Vincent, "CHAPTER3: STEALING IDEAS FROM NATURE," in *Deployable Structures*, Springer Vienna, 2001, pp. 51-58.

[26] N. Hu and P. Feng, "Chapter 10, Bio-inspired Bridge Design," in *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, Switzerland, Springer, 2015.

[27] M. Eggermont, "Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool," in *the Canadian Engineering Education Association*, Canada, 2011.

[28] "Water Cube," Water Cube, [Online]. Available: http://www.water-cube.com/en/. [Accessed 8 February 2017].

[29] M. Zari, "Biomimicry Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability," in *the sustainable building conference*, Auckland, 2007.

[30] M. J. Maglic, Biomimicry: Using Nature as a Model for Design, ScholarWorks@UMass Amherst, University of Massachusetts, 2014.

[42] A. Nyilas and Y. Kurazumi, "On the Aesthetics of Seasonally Adaptive Buildings – A Morphological Approach towards Climate Responsive Architecture," *Architecture Research,* vol. 7, no. 4, pp. 146-158, 2017.

[43] M. Decker, "Emergent Futures: Nanotechology and Emergent Materials in Architecture," in *Tectonics of Teaching - Building Technology Educators Society (BTES)*, Rhode Island, 2013.

[44] A. Menges and S. Reichert, "Performative Wood: Physically Programming the Responsive Architecture of the HygroScope and HygroSkin Projects," *Architectural Design,* vol. 85, no. 5, pp. 66-73, 2015.

[45] D. Correa, O. D. Krieg, A. Menges, S. Reichert and K. Rinderspacher, "HYGROSKIN: A CLIMATE-RESPONSIVE PROTOTYPE PROJECT BASED ON THE ELASTIC AND HYGROSCOPIC PROPERTIES OF WOOD," in *ACADIA 2013 ADAPTIVE ARCHITECTURE*, Canada, 2013.

[46] I. H. Ibrahim, "Biomimicry Innovative Approach in Interior Design for Increased Sustainability," *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences,* vol. 10, no. 1, pp. 18-27, 2015.

[37] W. Leeb, "One Ocean, Yeosu," Media Architecture Institute, 17 December 2013. [Online]. Available: http://www.mediaarchitecture.org/one-ocean-yeosu/. [Accessed 31 July 2017].

[38] G. F. SHAPIRO, "Taking a Cue from Nature, a Kinetic Façade that Breathes Daylight," Architect Magazine, THE JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 7 August 2012. [Online]. Available: http://www.architectmagazine.com/technology/detail/taking-a-cue-from-nature-a-kinetic-facade-that-breathes-daylight_o. [Accessed 30 July 2017].

[39] Soma, "IN PROGRESS: THEMATIC PAVILION EXPO 2012 / SOMA," formakers, 22 February 2012. [Online]. Available: http://www.formakers.eu/project-117-soma-in-progress-thematic-pavilion-expo-2012. [Accessed 20 august 2017].

[40] D. Yeadon, "Homeostatic facade system - Self-shading system for buildings," The Biomimicry Institute, 22 April 2016. [Online]. Available: https://asknature.org/idea/homeostatic-facade-system/#.WX-fz4SGOUl. [Accessed 10 February 2017].

[41] B. T. Álvarez, "Organic Adaptive Systems," in *Energy Design, Adaptive Facade Systems*, vol. 4, Austria, Institute of Buildings and Energy , Graz University of Technology, 2016, pp. 33-42.

BIO-INSPIRED BUILDINGS AS AN APPROACH TO ADAPT CLIMATE CHANGE

A'laa Salah Mohammed Ahmed	Prof. Dr. Ehab Mahmoud Bayoumi Okba	Dr. Eman Badawy Ahmed Mahmoud
Teaching Assistant at Architecture Department	Professor of Architecture and Environmental Design	Lecturer at Architecture Department

Faculty of Engineering, Fayoum University, El-Fayoum, Egypt

Asm11@fayoum.edu.eg	emo00@fayoum.edu.eg	Eba00@fayoum.edu.eg

Abstract:

The Earth has witnessed a climate change and the global warming phenomenon, which leads to high temperature and increased natural disasters. This leads to many economic, environmental and social problems, affecting people, community resources and development activities. Nature-based approaches can provide sustainable solutions to meet the challenges of climate change mitigation and adaptation in order to conserve the ecosystems neces-.sary for life

Nature is the source of inspiration for providing biological solutions for adaptation. Biology is no longer a research trend for biologists, but a new inspiration for technological thinking. Systems in nature provide a large database of strategies and mechanisms that can be achieved in the .design of buildings inspired by nature

This paper aims to discuss the concept of bio-inspiration / biomimicry as an approach to adaptation to climate change by presenting the concepts, causes, principles, mechanisms and levels of both nature adaptation and bio-inspiration / biomimicry. Besides analyzing buildings inspired by nature, and adapted to climate change in their environment

.

Key words: climate change, climate adaptation, bio-inspired design and biomimic-.ry