1. ما هي البيئة المبنية؟

البيئة المبنية (Built Environment) هي كل ما أنشأه الإنسان ليعيش فيه ويستخدمه: المباني، الطرق، الجسور، الحدائق، البنية التحتية.

وتُعد استدامة هذه البيئة من أهم أهداف التخطيط الحضري الحديث، خاصة في ظل:

- التغير المناخي
- النمو السكاني
- التوسع الحضري غير المنظم

2. مفهوم استدامة البيئة المبنية

التعريف: استدامة البيئة المبنية تعني تخطيط، بناء، وتشغيل البيئة الحضرية بطريقة تقلل من استهلاك الموارد، وتحافظ على الصحة البيئية والاجتماعية، وتدعم الاقتصاد المحلي.

المبادئ الثلاثة:

البعد	المفهوم	الأمثلة في البيئة المبنية
البيئي	تقليل الأثر البيئي	الأبنية الخضراء، تقليل الانبعاثات
الاقتصادي	فعالية التكلفة	العزل الحراري، مواد محلية
الاجتماعي	جودة الحياة وعدالة التوزيع	الوصول الشامل، تهوية طبيعية

3. خصائص البيئة المبنية المستدامة

الخصائص الأساسية:

الخاصية	الوصف
الكفاءة الطاقية	استهلاك أقل للطاقة للتبريد والإنارة
الإدارة الذكية للمياه	تجميع مياه الأمطار، استخدام المياه الرمادية
مواد البناء المستدامة	مواد معاد تدويرها، محلية، غير سامة
الراحة الحرارية والصوتية	عزل جيد، تصميم يتفاعل مع المناخ
التهوية والإضاءة الطبيعية	تقليل الاعتماد على الأنظمة الميكانيكية

4. أدوات تقييم استدامة البيئة المبنية

المعايير العالمية المعتمدة:

النظام	الدولة	الفكرة الأساسية
LEED	أمريكا	الطاقة والتصميم البيئي
BREEAM	بريطانيا	تحليل دورة الحياة الكاملة
CASBEE	اليابان	التفاعل الحضري والبيئي
Estidama	الإمارات	تأقلم مع المناخ المحلي الصحراوي

5. العلاقة بين استدامة البيئة المبنية والهندسة المدنية

- تخطيط المباني والشوارع يحد من الجريان السطحي.
- تصميم الأسطح الخضراء يخفف من حرارة الجزر الحضرية.
- اختيار مواد بناء محلية يخفف من البصمة الكربونية للنقل.

6. العلاقة مع تقانات البيئة

المجال البيئي	دوره في البيئة المبنية
الهواء والمناخ	عزل، تهوية، مرونة ضد تغير المناخ
المياه والصرف	ترشيح، تدوير، تقنيات حصاد مياه
النفايات	تصاميم تقلل الإنتاج، تسهّل الفصل
الطاقة	ألواح شمسية، إدارة استهلاك

مسألة تطبيقية

مدينة جديدة بمساحة 4 كم² يُخطط أن تحتوي على مباني مستدامة بنسبة 40% فقط حاليًا، والمطلوب رفع هذه النسبة إلى 70%.

ما مقدار المساحة التي يجب تحويلها إلى مباني مستدامة؟ وما الأثر في خفض استهلاك الطاقة إذا علمت أن كل كم² مستدام يوفر 30% من الاستهلاك التقليدي؟

الحل:

- المساحة الكلية = 4 كم²
- المستدام حاليًا = 40% × 4 = 1.6 كم²
- المطلوب = 70% × 4 = 2.8 كم²
- المساحة الإضافية المطلوبة 1.2 = 1.6 − 2.8 =كم²

الأثر البيئي:

- إذا كان الاستهلاك التقليدي للطاقة = 100 وحدة/كم²
- التوفير من 1.2 كم² مستدام = 30% × 100 × 1.2 = 36 وحدة طاقة

8. التحديات في المدن العربية

- الاعتماد على المواد المستوردة.
- ضعف قوانين البناء الأخضر.
- غياب التمويل والدعم السياسي.

9. التوصيات التخطيطية

- تضمين اشتراطات الاستدامة في رخص البناء.
- تحفيز الأبنية الخضراء عبر حوافز ضريبية.
- إدخال معايير LEED/BREEAM في تخطيط الأحياء.
- دمج دراسات الاستدامة في مناهج الهندسة والبيئة.

المستويات التطبيقية لاستدامة البيئة المبنية

يمكن تطبيق استدامة البيئة المبنية على **ثلاثة مستويات مترابطة**، كل منها يتطلب أدوات ومناهج تحليل وتصميم مختلفة:

أولاً :المستوى العمرانيUrban Scale

- **الهدف** :تحقيق التوازن بين الكثافة، النقل، توزيع الخدمات، والمناطق المفتوحة.
- **الأدوات:**
  - التخطيط الهيكلي المستدام.
  - محاكاة الظلال والتهوية بين الأبنية.
  - تصميم شبكات صرف تعتمد على الطبيعة.(Nature-based Solutions)

مثال تطبيقي:

في مشاريع "إعادة تطوير مراكز المدن القديمة" (مثل بغداد/باب المعظم)، يمكن استخدام نظم GIS لتحديد مواقع الأبنية ذات الأداء البيئي المنخفض، واستهدافها بالتحسين التدريجي عبر الأسطح الخضراء ومعايير العزل.

ثانيًا :مستوى البناء Building Scale

- **الهدف** :تقليل استهلاك الطاقة والمياه، تحسين جودة الهواء الداخلي.
- **الأدوات:**
  - استخدام مواد عالية الأداء الحراري.
  - أنظمة التهوية الطبيعية.(Cross Ventilation)
  - تقنيات المباني الذكية.(Smart Meters, Sensors)
- **المعايير المطبقة:**

LEED – Building Energy and Environmental Design

BREEAM – Energy Efficiency and Health Categories

تحليل تقني:

إن استخدام الزجاج مزدوج الطبقة في المباني يقلل استهلاك التبريد بنسبة تصل إلى 28% في المناخات الحارة مثل بغداد، الرياض، والقاهرة.

ثالثًا :المستوى المادي/الإنشائي Material & Envelope Scale

- **الهدف** :تحسين كفاءة الجدران، الأسطح، النوافذ، وتقليل انبعاثات الكربون.
- **الأدوات:**
  - التحليل الحراري للغلاف الخارجي.
  - استخدام الطوب الخفيف أو الطيني المعالج.
  - التصميم المناخي السلبي.(Passive Design)

معادلة هندسية تبسيطية لحساب فقد الحرارة:

$$Q=U\times A\times \Delta T$$

حيث:

- Q: كمية الطاقة الحرارية المفقودة(W)
- U: معامل الانتقال الحراري للجدار ($W/m^2 \cdot K$)
- A: المساحة السطحية(m^2)
- ΔT: فرق درجة الحرارة بين الداخل والخارج(°C)

كلما كان **U** أقل، كلما كان الجدار أكثر عزلاً، ما يعني مبنى أكثر كفاءة.

العلاقة بين البيئة المبنية المستدامة والتكيف المناخي

المدن التي تطبق مفاهيم الاستدامة في بيئتها المبنية تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغير المناخي من خلال:

التأثير المناخي	الاستراتيجية
تقليل الجزر الحرارية	زيادة المساحات الخضراء
خفض الضغط على المصادر	استخدام الماء الرمادي
تقليل استهلاك الطاقة	مبانٍ ذات عزل حراري قوي
تقليل الحاجة للتكييف	التهوية الطبيعية

دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين استدامة البيئة المبنية

بدأت المدن الحديثة في إدخال أنظمة استشعار وتحليل ذكي داخل الأبنية، مثل:

- مراقبة جودة الهواء الداخلي.(Indoor AQ Sensors)
- التحكم الذكي في الإضاءة والتكييف.
- استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحسين توزيع الموارد داخل المجمعات السكنية.

مثال اقليمي:

مدينة "سيليكون أويسز" في دبي تستخدم نظامًا رقميًا ذكيًا لقياس استهلاك الطاقة والماء في الوقت الحقيقي، مما خفض الفاقد بنسبة 22%.

ماذا يتحقق من كل هذا؟

استدامة البيئة المبنية هي طريق المدن نحو:

- التخفيف من آثار التغير المناخي.
- تقليل التكاليف التشغيلية على مدى الحياة.
- تحسين جودة الحياة الصحية والاجتماعية.
- دعم الاقتصاد المحلي بالاعتماد على الموارد الذكية.

حالة دراسية: واجب

ناقش مشروع حي "**ذا بوز** "في كوبنهاغن – نسبة الانبعاثات الكربونية منخفضة 60% من ناحية:

- استخدام طاقة الرياح.
- تصميم الأبنية لتوجيه الشمس.
- شبكة صرف ذكية لإعادة تدوير المياه.