مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (6) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (6) 2016

# نظم الأسطح الخضراء
# واقع التجارب في المدن الغربية وآفاق تطبيقها في المدن السورية

**مها بنشي***

**(تاريخ الإيداع 22 / 8 / 2016. قُبِل للنشر في 20/ 11 / 2016)**

## □ملخّص □

إن تفاقم مشكلات التلوث البيئي والبصري والسمعي الذي تعاني منه مدننا بسبب التوسع العمراني المستمر لهذه المدن يتطلب وجود نسب كبيرة من المساحات الخضراء الأمر الذي أصبح من ضرورات المدن الحديثة ، حيث تصبح المشكلة أكبر عندما تتحول المدن بعد عشرات السنين من التوسع دون وجود سياسات تخطيطية تراعي وجود المناطق الخضراء بنسب مقبولة إلى غابة اسمنتية بنسب كربون مرتفعة جداً ودرجات حرارة عالية تفوق المعدلات المسموحة. وبالنظر إلى التكلفة العالية جداً لإعادة توزيع المناطق الخضراء داخل المدن وزيادة مساحاتها تصبح الأسطح الخضراء الحل الأمثل والأقل كلفة والأسهل تقنياً للاقتراب من نسب المساحات الخضراء المقبولة.

يستعرض البحث مفهوم الأسطح الخضراء وتطبيقاتها وفوائدها المتعددة: البيئية، الاقتصادية، الاجتماعية والجمالية؛ ومن جهة أخرى يتناول بالتحليل عدداً من تطبيقات الأسطح الخضراء في مدن غربية شملت أسطح المباني السكنية والعامة على السواء، ويستخلص مجموعة من الأفكار التي يمكن تطبيقها في المدن السورية بما يتناسب مع واقع وظروف هذه المدن.

**الكلمات المفتاحية:** السطح الأخضر، حديقة السطح، المساحات الخضراء، العمارة الخضراء.

* قائمة بالأعمال –قسم تخطيط المدن والبيئة–كلية الهندسة المعمارية –جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (6) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (6) 2016

# Green Roof's Systems: The Experiences in Western Cities and the Possible Implernentation in the Syrian Cities

**Maha Banshee***

**(Received 22 / 8 / 2016. Accepted 20 / 11 / 2016)**

## □ ABSTRACT □

The availability of appropriately sized green spaces within cities has become a necessity. Persistent urban expansion together with the aggravating problems of environmental, visual and noise pollution are behind this. If planning policies ignore allocating adequate green regions, modern cities will even turn into a concrete jungle after decades of expansion. The thing, which results in a very high rate of carbon and very high temperature exceeding the limits. Green roofs emerge as the most suitable, the least expensive and technically the easiest solution to adapt green spaces because of the extremely expensive cost of redistributing or enlarging green spaces inside cities.

This research inspects the concept of green roofs tackling its applications and various benefits, the environmental, economic, social and aesthetic ones. The research case studies some green roofs' implementations in western cities on both public and private buildings. At the end, the research derives some propositions possible to apply to the Syrian cities under the surrounding conditions.

**Key words:** Green Roof, Roof Garden, Green Spaces, Green Architecture.

* **Academic Assistant, University of Tishreen, Lattakia, Syria**

## مقدمة:

إن ضرورة تبنى مفهوم العمارة الخضراء كأحد الاتجاهات الحديثة في مجال الفكر المعماري أصبح من الأوليات الواجب العمل عليها في مدننا، وذلك لإنشاء مدن ومباني صديقة للبيئة للتخفيف من مظاهر التلوث المنتشرة في المدن حيث زادت المباني الإسمنتية التي تستنزف موارد الطاقة وتساهم في تلويث البيئة.

ويعرّف مفهوم العمارة الخضراء بأنه مصطلح عام يصف تقنيات التصميم الواعي بيئياً في مج ال الهندسة المعمارية، وهي "عملية تصميم المباني بأسلوب يحترم البيئة مع الأخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد مع تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة مع تنظيم الانسجام مع الطبيعة" [1].

تعتبر زراعة الأسطح من أهم وأجدر الحلول المتبعة في تحقيق مبادئ العمارة الخضراء بالإضافة إلى تعويض النقص الحاصل في المساحات الخضراء داخل المدن نتيجة زيادة الكثافات البنائية ، حيث تقدم الأسطح الخضراء عدة فوائد بيئية أهمها توفير العزل الحراري للمبنى فتقوم بتدفئته خلال الشتاء وتبريده خلال الصيف وبالتالي الحد من متطلبات واستهلاك الطاقة، كما تساهم في امتصاص مياه الأمطار وتأمين بيئة ملائمة للحياة البرية.

ومن جهة أخرى تساهم هذه الأسطح في إضفاء طابع خاص للمدينة يرفع من القيمة الجمالية لها ويحسن من مظهرها العام، لذلك أدركت بعض الدول ضرورة أن تحظى زراعة الأسطح الخضراء بأولويَّة قصوى وذلك ضمن إطار الخطط التي تحقِّق أكبر عدد من الأسطح المزروعة مما يزيد من نسبة المسطحات الخضراء في المدينة.

## أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من خلال:

- تزايد الاهتمام العالمي والعربي بالعمارة الخضراء والعمل على تحقيق مبادئها عموماً وتطبيق مفهوم الأسطح الخضراء خصوصاً.
- ضرورات اتباع سياسة تخطيطية تساهم بتحقيق نسب مقبولة ومتوازنة للمساحات الخضراء لتعويض النقص المتزايد في هذه المساحات ضمن المدينة.
- الدَّور الهام لنظام السطح الأخضر في تحقيق العديد من الفوائد البيئية، الاقتصادية والاجتماعية للمدينة.

من الملاحظ ظهور إشكالية عدم انتشار تطبيقات نظم الأسطح الخضراء في المدن العربية والسورية. على الرغم من التوجيهات الصادرة عن وزارة الدولة لشؤون البيئة في سورية، فقد اقتصرت هذه التطبيقات على عدة مشاريع خجولة هنا وهناك ولم تثمر عن الفوائد المرجوة منها.

بناءً على ما تقدم، يهدف البحث إلى تحقيق ما يلي:

- التعرف على نظام الأسطح الخضراء وحدائق السطح.
- بيان الأفكار والمبادئ التصميمية للأسطح الخضراء ولحدائق السطح في بعض التجارب الناجحة وذلك للاستفادة منها في المدن السورية.

## طرائق البحث ومواده:

يتكون البحث من اطارين اثنين رئيسيين: الأول–**الإطار النظري** الذي يتناول المفاهيم المتعلقة بالأسطح الخضراء وتشكيل حدائق السطح ويعتمد في هذا الإطار المنهج الوصفي.

الثاني-**الإطار التحليلي** ويتم من خلال دراسة وتحليل عدد من تجارب الأسطح الخضراء واستنتاج أفكارها ومبادئها التصميمية وتقييم نتائجها العملية وذلك باعتماد المنهج التحليلي الذي يساعد في استقراء أهم الدروس المستفادة من التجارب المدروسة لتطبيقها في المدن السورية.

## الإطار النظري – مفاهيم مرتبطة بموضوع البحث:

### مفهوم السطح الأخضر:

" السطح الأخضر أو السطح الحي هو سطح للبناء مغطى كلياً أو جزئياً بوسط نباتي مزروع على طبقة عازلة للمياه كما يمكن أن يتضمن طبقات إضافية كطبقة مقاومة للجذور وطبقات خاصة بالصرف والري"[1].

**تاريخ نشوء الأسطح الخضراء:** على الرغم من أن أسطح المباني الخضراء تبدو كظاهرة حديثة إلا أنها تمتد لقرون طويلة، فالبابليون في العراق نفذوا ذلك قبل أكثر من 1400 عام، فحدائق بابل المعلقة والتي هي عبارة عن قصر ضخم مزروع سطحه بالنباتات والأشجار والأزهار من كل الأشكال والأنواع يمكن أن تعتبر كمثال للأسطح الخضراء[2].

من أقدم الحدائق على الأسطح في العالم حديقة سطح قصر الكرملين التي تشتهر بها مدينة موسكو، روسيا وأيضاً حديقة سطح متحف الأرميتاج في مدينة سان بطرس بورغ، روسيا وفي بداية القرن العشرين وبفضل المعماري لوكوربوزييه وغيره من المعماريين أصبحوا يبنون أبنية بسطوح مستوية فقاموا بتنسيق الحدائق على تلك الأسطح.

ففي عام 1912م بنى سوفاجيه مسكناً بتيراسات مخضرة في باريس، وفي عام 1913م صمم المعمار الإيطالي أنطونيو سانت إيليا مبنى تيراسي مع حدائق، وفي عام 1923م أنشأ المعمار الهنغاري أدولف ليس مبنى هرمي الشكل في باريس مع تيراسات مخضرة، وأيضاً المعماريان الإيطاليان مارسكوتي وديوتوليفي أعدا مشروع إنشاء حدائق معلقة على واجهة مبنى سكني متوضعة وفق نظام شطرنجي، وفي عام 1932م أنشأ لوكوربوزييه في الجزائر مبنى متدرج الشكل مع تيراسات عريضة مخضرة [3].

إن من أقدم الأسطح المزروعة في أميركا (منذ عام 1936م) سطح مركز روكفلر في منهاتن حيث وضع كزينة دائمة ضمن مشروع بهدف رفاهية عمال المركز [1].

وقد ظهرت الأسطح الخضراء في ألمانيا في عام 1960 م حيث تشير التقديرات إلى أن حوالي 10٪ من جميع أسطح المباني الألمانية تم "تخضيرها وزراعتها.

في الوقت الحاضر يعمل عدد من الجمعيات الناشطة في البلدان الأوروبية على تعزيز وجود مساحات خضراء على الأسطح، بما في ذلك مدن سويسرا، هولندا، النرويج، النمسا، هنغاريا، السويد، المملكة المتحدة، واليونان، إلا أن تلك العملية تجري بإيقاعٍ بطيء نسبياً رغم السياسات الموضوعة لتشجيع استخدام الأسطح الخضراء [1].

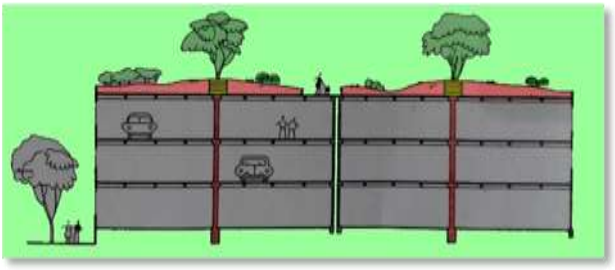
### أنواع الأسطح الخضراء:

يوجد أربعة أنواع من الأسطح الخضراء حيث يعتمد في تصنيفها على عمق التربة وأنواع المزروعات المستخدمة فيها.

**النوع الأول: الأسطح المكثّفة Intensive Roof :**

وهي مساحات مزروعة بمجموعة متنوعة من النباتات والشجيرات وأحياناً الأشجار مما يتطلب تركيباً معيناً للتربة ونوعاً محدداً للسقاية والتصريف، وهذا النوع ملائم جداً لمختلف المنازل والمستشفيات، دور المسنين، المرافق السياحية وأسطح مرائب السيارات تحت الأرض [4].

تعتبر مثل هذه الأسطح كحدائق سطح وتشكل أحد مظاهر المناظر الطبيعية الحضرية ( Urban Landscape) ويتم تصميمها وتنسيقها كحدائق حقيقية مرتفعة عن الأرض يمكن الوصول إليها واستخدامها كفراغات ترفيهية عامة أو شبه عامة.



**الشكل رقم (1) مقطع توضيحي لتوضع الأشجار على سطح المبنى [3]**

تحتاج زراعة النباتات هنا إلى تربة بسماكة 30–35سم وتؤثر الجملة الإنشائية للمبنى على أسلوب تنسيق تلك الحدائق، حيث يفضل توضع الأشجار الطويلة فوق أعمدة المبنى (الشكل رقم 1). تصوينة حديقة السطح هذه تكون على شكل حاجز مرتفع ولكن مع إمكانية الانفتاح أو الإطلالة على منظر أو بانوراما جميلة [3].

يستخدم في تنسيق هذه الحدائق أصنافاً متعددة من النباتات (أشجار، شجيرات، أزهار) الملائمة للمناخ المحلي، ويمكن وجود أشكال معمارية خفيفة، منحوتات، مظلات وألعاب أطفال بحسب مساحة الحديقة (الشكل رقم 2).

يحظى اكساء الممرات والساحات باهتمام خاص، ومن الشائع استخدام البلاطات البيتونية صغيرة الأبعاد وبأشكال هندسية منتظمة أو غير منتظمة مع إمكانية تمازج البلاطات البيتونية مع الحجر، الطوب والحصى في خطوط ورسومات. من المستحسن تجهيز حدائق السطح بعناصر مائية صغيرة وبأعماق ضحلة ( 20–30سم) وبأصص من الحجر الطبيعي أو الصناعي لزراعة الأزهار المتنوعة [3].

**الشكل رقم (2) توزيع النباتات والأرضيات في نماذج للأسطح الخضراء المكثفة [8]، [9]،**

**– النوع الثاني: الأسطح المنتشرة أو الممتدة Extensive Roof:**

وهي أسطح سهلة الزراعة على الأسطح المستوية والمائلة حتى 30°، ومن الممكن أن تكون هذه الأسطح غير مطروقة (الشكل رقم 3)، كما أنها تناسب أسطح المباني الصناعية والمراكز التجارية والمكاتب والأبنية الإدارية وأسطح

المرائب (الشكل رقم 4)، وينفذ هذا النوع على شكل طبقة خفيفة من الغطاء النباتي وذات سماكة من 5 – 13 سم وهي عبارة عن شجيرات وأعشاب لا تتطلب عمقاً كبيراً داخل التربة [4]، ويمكن زراعة بعض الخضروات مثل الجرجير والفجل والبقدونس والعديد من النباتات الطبية والعطرية، ويمتاز هذا النوع بكونه سهل الصيانة وذو كلفة قليلة [5]،.

**الشكل رقم (3) نموذج عن الأسطح الخضراء المنتشرة المائلة** [6]

**الشكل رقم (4) نموذج عن الأسطح الخضراء المنتشرة المستوية [7]**

**-<u>النوع الثالث</u>: الأسطح النصف ممتدة Semi Intensive Roof:**

وهي نموذج متوسط بين النموذجين السابقين (المكثفة والممتدة) ويمكن الوصول إليها من قبل العاملين ومن الممكن أن تتضمن أماكن وممرات مرصوفة، تتطلب عمقاً يتراوح بين 10–20 سم ويمكن زراعتها بمجموعة كبيرة من الشجيرات والنباتات الحرشية، أما بالنسبة لمتطلبات السقاية والصيانة فتعتمد على نوع النباتات المزروعة [10].

**-<u>النوع الرابع</u>: الأسطح ذات التنوع الحيوي Biodiverse Roof:**

وهي أسطح مشابهة في تركيبتها للأسطح الممتدة ولكنها مصممة خصيصاً لإنشاء موطن جذب للحياة البرية، حيث يمكن أن تنمو عليها نباتات المنطقة المحلية [10].

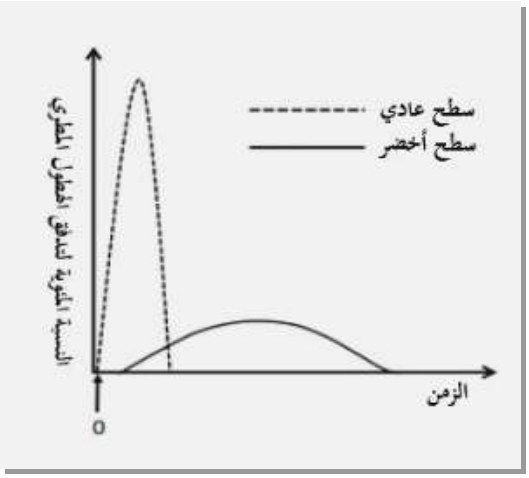
**فوائد الأسطح الخضراء:**

تحقق نظم الأسطح الخضراء العديد من الفوائد وعلى عدة مستويات من أهمها:

**على المستوى البيئي:**

يؤدي استخدام أسطح المباني الخضراء على نطاق واسع إلى تخفيف بعض مشاكل المدن فهي:

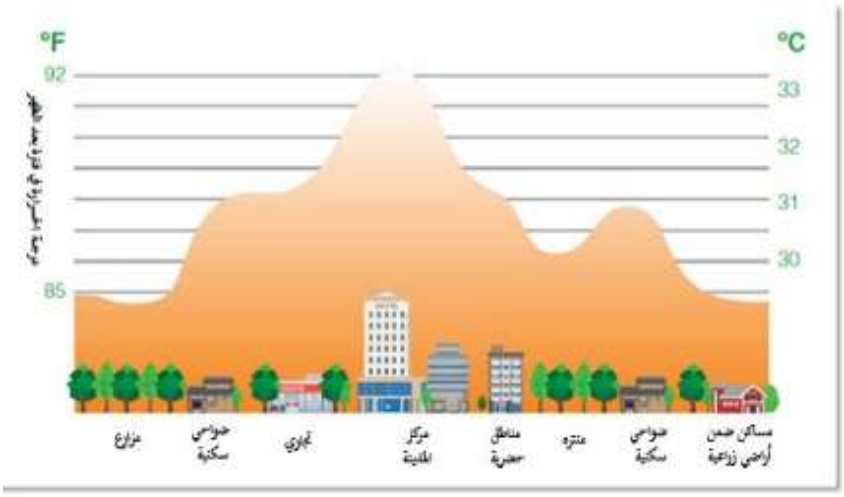
- تقلل من جريان مياه الأمطار في الشوارع وتصفّي مياه الأمطار من الملوثات العالقة فيها كما تقوم الأسطح الخضراء بامتصاص الأمطار التي يمكن أن تسبب الفيضانات وذلك لأنها تعمل كإسفنجة ماصة للمياه حيث يتم تخزين المياه ومن ثم إرجاعها إلى الغلاف الجوي من خلال التبخر[5]،




**الشكل رقم (5) رسم بياني لمقارنة جريان مياه الأمطار على سطح عادي وسطح أخضر** [13]

(الشكل رقم 5). يستطيع السطح الأخضر بطبقة متوسطة النمو (بسماكة 5–20 سم) الاحتفاظ ب 100–150 ملم من المياه [12].

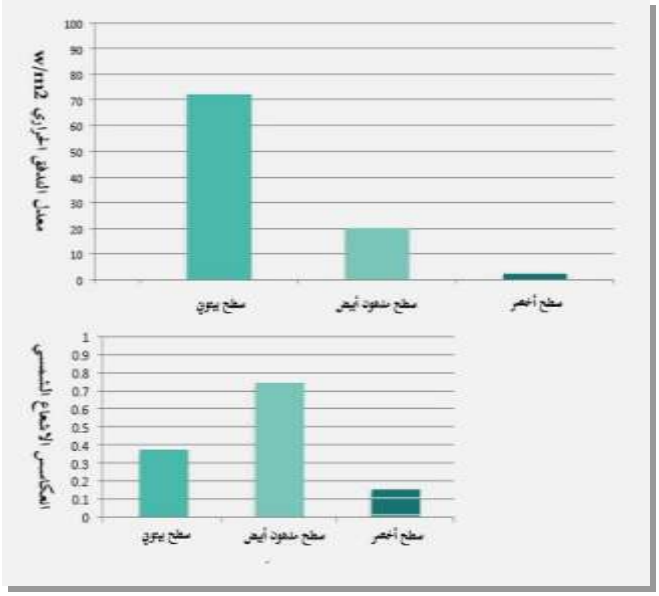
يلاحظ من المخطط السابق أن الفترة اللازمة لتصريف مياه الأمطار الهاطلة على سطح عادي هي أقل بكثير من الفترة اللازمة لتصريف المياه على سطح أخضر مما يعني تخفيف الضغط على شبكات التصريف بالإضافة إلى أن السطح الأخضر يختزن كميات من المياه يتم امتصاصها من قبل طبقتي التربة والنبات ومن ثم يتم تصريف الكمية المتبقية عبر شبكات التصريف.




**الشكل رقم (6) مخطط بياني يوضح درجات الحرارة في مختلف مناطق المدينة** [10]

▪ يمكن اعتبار الأسطح الخضراء عازلاً حرارياً للمبنى، فإضافة طبقة من التربة والنباتات الى السطح يزيد طبقة العزل الحراري على السطح، وإذا استخدمت على نطاق واسع قد تصبح قادرة على خفض ما يسمى "بتأثير سخونة الجزر المدينية" في مدن بأكملها والناتج عن المباني ومواد البناء المستخدمة والطرق والسيارات [14]، (الشكل رقم 6).

أظهرت عدة دراسات في كندا أن استخدام الأسطح الخضراء يستطيع أن يخفف من درجة حرارة الشمس للمبنى عن طريق انعكاس 27% من الإشعاع الشمسي وامتصاص 60% منه بوساطة طبقة الخضار الموجودة من خلال عملية التركيب الضوئي، ويمتص 13% المتبقية لداخل طبقة النبات، وإن مثل هذا التخفيف للإشعاع الشمسي وجد أنه يخفض درجة حرارة البناء تقريباً (4–3) درجة سيلسيوس عن درجة حرارة الخارج [12]، (الشكل رقم 7).




**الشكل رقم (7) يوضح التدفق الحراري وانعكاس الاشعاع الشمسي لمعالجات مختلفة من الأسطح** [13]

يلاحظ من المخطط السابق أن السطح الأخضر هو أقل ناقلية للحرارة إلى داخل المبنى مقارنة مع الأسطح الأخرى (البيتونية والمدهونة باللون الأبيض)، وهو أيضاً أقل سطح يعكس الاشعاع الشمسي مما يعني أن الحرارة المارة إلى السطح تخزن في طبقة النبات والتربة لتقوم بعملية تبخير المياه الموجودة.

- نظراً لخاصية العزل الحراري تقلص الأسطح الخضراء استهلاك الطاقة، فالمباني ذات الأسطح الخضراء تحتاج إلى تدفئة أقل في الشتاء وإلى تبريد أقل في الصيف مما تحتاج إليه المباني ذات الأسطح العادية، ووفق دراسة أجريت في كندا وجد أن استخدام الأسطح الخضراء يقلل بنسبة 26% من احتياجات الطاقة خلال فصل الصيف، ويقلل بنفس النسبة 26% من فقدان الحرارة خلال فصل الشتاء [12].

يلاحظ من المخطط التالي (الشكل رقم 8) أن الطاقة اللازمة للتبريد في غرفة تحت سطح أخضر أقل منها تحت سطح عادي بمعدل 500 MJ وبنفس القيمة للطاقة اللازمة للتدفئة وهذا ما يعادل 138 KW، وبفرض معدل استهلاك المنزل بمقدار 11000 KW نستنتج أنه باستخدام السطح الأخضر يمكن توفير حوالي 1388 KW أي ما يقارب توفير 12,6% من الطاقة المصروفة على التدفئة والتبريد.

**الشكل رقم(8) مقارنة للطاقة اللازمة للتبريد والتدفئة في غرفة تحت سطح أخضر وعادي [13]**

- تساعد الأسطح الخضراء في تحسين نوعية الهواء وذلك بتصفيته من المواد والجزيئات الملوثة والضارة بالصحة، حيث تقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والملوثات كثاني اكسيد الكربون في الجو من خلال امتصاص مثل هذه الملوثات وإطلاق الأكسجين، وقد ثبت علمياً أن 1 م² من سطح عشبي يستطيع أن يزيل 0.2 كغ من ذرات الغبار من الهواء سنوياً [12].

- تعمل الأسطح الخضراء كعازل صوتي طبيعي حيث تساعد على تخفيض الضجيج في الفراغات الواقعة تحت هذه الأسطح. وقد توصلت الأبحاث إلى أن سطحاً أخضراً بسماكة 12 سم يخفض الضجيج بحدود 40 ديسيبل وسطحاً آخر بسماكة 20 سم يخفض الضجيج بحدود 46–50 ديسيبل [12].

**-على المستوى الاجتماعي والجمالي:**

يمكن الاستفادة من الأسطح الخضراء كفراغات ترويحية مفتوحة قريبة من السكان، كما أنها ترفع من القيمة الجمالية للمبنى وتكثيف مثل تلك الأسطح يضفي على المدينة طابعاً مميزاً خاصاً بها، ولهذا السبب أدرجت حدائق السطح ). Urban Landscape Architectureتحت علم تصميم المناظر الطبيعية الحضرية أو تنسيق المواقع (

**-على المستوى الاقتصادي:**

إن للأسطح الخضراء فوائد اقتصادية عديدة أهمها:

- تزيد من عمر المبنى حيث تعمل كعازل حراري بحجب أشعة الشمس فوق البنفسجية عن أسطح المباني، وبالتالي يمكن أن يزداد عمر المبنى بنسبة أكبر من 200%. يتوقع مركز أبحاث الأسطح الخضراء في جامعة ولاية penn في كندا أن يزداد عمر المبنى بنسبة ثلاث مرات أكثر بعد تطبيق نظام تخضير الأسطح [12].
- تقلل من التكاليف العالية اللازمة للتدفئة والتكييف.
- تزيد من قيمة العقارات وذلك بزيادة متوسط العمر المتوقع للمبنى والمظهر الجميل الذي تضفيه من الأعلى، حيث من المقدر أن يزيد قيمة العقار بحوالي 7% [1].
- تعتبر زراعة الأسطح من المشاريع الاستثمارية الصغيرة التي يمكن أن يقوم بها العديد من فئات المجتمع حيث يمكن زراعة الخضراوات والنباتات الطبية والعطرية ونباتات الزينة .... وغيرها، مما يمكن أن يشكل دخلاً للأسرة.

**الفرص والتحديات التي تواجه تطبيق نظم الأسطح الخضراء:- 45-**

هناك عدة عوامل تخلق فرصاً مساعدة تشجع على استخدام نظم الأسطح الخضراء من أهمها:

-مرحلة إعادة الإعمار للعديد من المدن السورية تمكّن لنظم الأسطح الخضراء أن تحظى بفرصة كبيرة لتطبيقها في مشاريع البناء الجديدة.

- ارتفاع أسعار الخضروات والفواكه يمكن أن يشكل دافعاً لسعي المواطنين لزراعة الأسطح الأخيرة لتأمين متطلباتهم الغذائية اليومية من الخضروات والفواكه.

-مع انعدام امكانية توفير مساحات للخدمات الترفيهية اللازمة للسكان يبقى تحويل السطح الأخير إلى حديقة الخيار الوحيد الذي يمكن تطبيقه لتأمين متنفس للساكنين على مستوى المبنى الواحد.

أما بالنسبة للتحديات التي تواجه تطبيق نظم الأسطح الخضراء يمكن تلخيصها بما يلي:

- إن التكلفة الأولية لتركيب الأسطح الخضراء يعد من أحد أهم المعوقات التي تحول دون استخدامها حيث من الممكن أن تكون تكلفتها الأولية ضعف تكلفة السطح العادي ولكن تتفاوت كلفة الأسطح الخضراء وفق نوع النظام المستخدم وعمق العزل المطلوب [1].

-الضرر الذي يصيب السطح من تسريب مياه الأمطار حيث أن بعض أنواع الأسطح الخضراء تفرض متطلبات أعلى من نظام العزل بسبب المياه المخزنة على السطح وأيضاً بسبب امكانية اختراق جذور النباتات للغشاء العازل للمياه.

-الحياة البرية التي تؤمنها زراعة الأسطح الخضراء تجلب الكثير من الحشرات الصغيرة والقوارض والتي يمكن أن تدخل إلى المبنى السكني من خلال النوافذ المفتوحة.

-قلة الأبنية القائمة القادرة على تحمل تلك الكميات الكبيرة المضافة على وزن المبنى خاصة في الأسطح المكثفة (كتلة التربة الإضافية والمياه المخزنة تشكل حملاً كبيراً على هيكل المبنى)، بالإضافة إلى التكلفة الناجمة عن

تدعيم الأبنية لتصبح قادرة على تحمل تلك الأوزان، كما أن بعض أنواع الأسطح تتطلب معايير تصميمية خاصة وذلك في المناطق المعرضة للزلازل في العالم [1].

-عدم وجود معايير أو مقياس شائع يتم استخدامه لتقييم تقنيات الأسطح الخضراء.

- ضرورة وجود توجيهات واشتراطات واضحة تضمن مقاومة الحريق.

-تشكل صيانة الأسطح الخضراء عاملاً مهماً يعوق دون استخدامها حيث تعتمد الصيانة على نوع السطح المستخدم، فبالنسبة للأسطح الخضراء المكثفة وباعتبارها مماثلة لأشكال الحدائق تتطلب مستوى مشابه من الصيانة كإزالة الأعشاب الضارة وعمليات الجز التي تحافظ على أنواع الأزهار المزروعة بالإضافة إلى عمليات السقاية ووضع السماد.

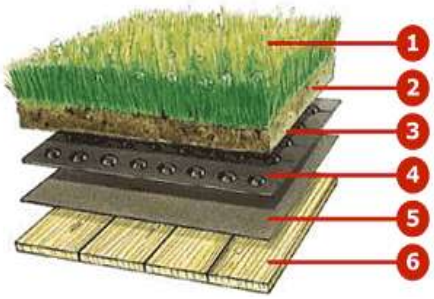
-النقص في الخبرة اللازمة حيث نفتقر إلى وجود فريق خاص بالتصميم والتنفيذ.

-عدم تضمين نظم الأسطح الخضراء ضمن سياسات التخطيط المحلية على الرغم من أن بعض الدول في العالم اتخذت بعض الإجراءات للترويج لهذه الأسطح.

## -الطبقات المكونة للسطح الأخضر:

تتطلب زراعة الأسطح الخضراء مجموعة من الطبقات المترابط فوق بضعها البعض [11] الموضحة في (الشكل رقم 9):

1-طبقة النبات: يختلف نوع النباتات باختلاف نوع السطح




**الشكل رقم (9) يوضح مكونات السطح [11]**

الأخضر والغرض من استخدامه وباختلاف المناخ أيضاً، فالأسطح الممتدة تستخدم نباتات منخفضة النمو مثل Sedums (نوع من الأزهار) أو غيرها من الأنواع المقاومة للصقيع والجفاف، أما الأسطح ذات التنوع البيولوجي تستخدم عادة الأنواع النباتية مثل الزهور البرية، النباتات المعمرة العشبية والشجيرات أما الأسطح المكثفة يمكن أن تشمل مجموعة واسعة من الزراعة مثل الشجيرات والمروج والأشجار.

2-طبقة التربة: وهي خلطة مصممة خصيصاً وفق معدلات مدروسة من المواد العضوية وغير العضوية لتزويد الأسطح الخضراء بمنطقة لنمو الجذر مع تأمين الهواء والمياه والغذاء بالمستويات المطلوبة، وبنفس الوقت لتسهيل تصريف المياه.

3-حصيرة فلترة: من الممكن أن تكون نسيجاً محاكاً أو غير محاك يمنع نزول الرواسب إلى طبقة التصريف.

4-شبكة تصريف المياه: وهي مجموعة متنوعة من المواد كالبلاستيك الصلب، البوليسترين والفوم و يمكن استخدام

الحصى الخشن والطوب اعتماداً على المتطلبات الوظيفية. لتعمل طبقة الصرف بشكل صحيح يجب أن تسمح للمياه الزائدة بالتصريف وعدم انجراف طبقة التربة مع المياه والاحتفاظ بالمياه الإضافية التي يمكن أن تنفذ إلى طبقة التربة خلال فترات الجفاف الطويلة.

5-حواجز لجذور النبات: وهو الغشاء الذي يحمي بشكل دائم الطبقة العازلة للمياه ويمنع جذور النباتات من النمو، يمكن أن يأخذ شكل غشاء مستقل أو أن يكون هو نفسه طبقة العزل وقد يكون إما مادة كيميائية أو حاجز مادي.

6-غشاء عازل للمياه waterproofing: وهو عبارة عن طبقة نسيج بعدة سماكات ( 2-12ملم)، يحمي سطح المبنى من تسرب المياه.

## النتائج والمناقشة:

**الإطار التحليلي:** يتناول هذا القسم استعراض وتحليل تطبيقات الأسطح الخضراء في عدد من المدن الغربية التي قامت بزراعة أسطح المباني السكنية والخدمية العامة.

### تطبيقات السطح الأخضر في المباني السكنية:

### -حديقة سطح مرآب تحت الأرض لمجمع سكني في سنغفورة Casa Clementi [18]:

الشكل رقم (10) الموقع العام للمشروع [18]

**لمحة عن المشروع**: إنه مجمع سكني شعبي بني عام 2012م، يتضمن 10 كتل سكنية شاهقة الارتفاع والتي تتكون من 2234 وحدة سكنية. تتمثل ميزة التصميم الرئيسية بوجود سطح بيئي كبير ذو مناظر طبيعية خضراء بين الكتل يخفي مواقف السيارات الموجودة تحته (الشكل رقم 10).

**الهدف من المشروع**: يعد هذا المشروع واحداً من أكبر مشاريع الإسكان العام التي وضعها مجلس الإسكان والتنمية (بنك التعمير والإسكان) ، لتوفير بيئة معيشية أفضل للسنغافوريين من خلال خلق تصميم جيد ومستدام مع مراعاة طبيعة المجتمع بالدرجة الأولى.

الشكل رقم (11) لقطة للفراغ الأخضر وسط الكتل السكنية [18]

**بنية السطح الأخضر**: استخدم نظام الأسطح الخضراء المكثفة والمكونة من طبقة عزل للمياه وطبقة مانعة للجذور بالإضافة إلى طبقة تصريف نموذجية حيث وضعت مباشرة على طبقة العزل لخلق فراغ ضروري بين طبقات الزراعة وأيضاً طبقة فلتر وطبقة تربة بسماكة 10سم، وقد تم اختيار النباتات التي تتحمل الجفاف والشجيرات والأشجار الصغيرة التي تتطلب الحد الأدنى من الصيانة والرعاية (الشكل رقم 11).

**تصميم حديقة سطح المرآب:** تشكل حديقة السطح 15460 م² أي 27.3٪ من مساحة الموقع، فيها 7460م² أي 48.6٪ للمساحات الخضراء وتشكيل المناظر الطبيعية (الشكل رقم 12). تتضمن حديقة السطح أماكن جلوس وساحات مفتوحة ومناطق تعليم للكبار ومراكز لياقة بدنية للمسنين، ومناطق للعب للأطفال، وكذلك ممرات محيطية للمشي والتنزه تربط جميع الكتل السكنية ومسار مخصص للركض بطول 660 متر.

**تقييم المشروع:** تعد سنغافورة جزيرة بمساحة أرض صغيرة وكثافة سكانية عالية، لذلك ساعدت زيادة المساحات الخضراء بين الأبنية على تحقيق ما يلي:

- توفير الراحة من وهج الحرارة الاستوائية.
- خلق بيئة نوعية للمعيشة في هذا المجمع السكني، وذلك بإتاحة الفرصة لدى السكان للتنزه والترويح في حديقة السطح وبتأمين اللعب الآمن للأطفال دون الحاجة إلى مغادرة مجمعهم السكني.

**الشكل رقم (12) لقطة لحديقة سطح المرآب** [18]

- القيمة الجمالية للمشروع من خلال تمتع سكان المجمع وشاغلي المباني المجاورة برؤية سطح أخضر جميل من النوافذ والشرفات الخاصة بدلاً من سطح الخرسانة العاري.

## -تطبيقات السطح الأخضر في المباني العامة:

**-السطح الأخضر لمبنى تجاري في سرقسطة -اسبانيا World Expo Zaragoza 2008/Zentro [15]:**

**لمحة عن المشروع:** يقع المشروع على مسافة قصيرة من مركز المدينة على طول نهر ايبرو إلى غرب مدينة سرقسطة، بني عام 2008م وتم تصميم المباني بأشكال عضوية لها سطح أخضر واسع يأخذ شكلاً شريطياً بصورة رئيسية مع بعض الأسطح الخضراء الصغيرة المنفصلة الشكل رقم 13).(

يعرض المشروع أنواعاً مختلفة من طرق توزيع المياه بالإضافة إلى مساحات مظللة ترفيهية.

**الشكل رقم (13) الموقع العام للمشروع [15]**

**الهدف من المشروع:** يهدف المشروع إلى نقطتين أساسيتين:

- عرض مزايا السطح الأخضر لما فيه من فوائد بيئية واقتصادية.

– المعالجة المستدامة لمياه الأمطار، حيث تتوزع كميات الأمطار الهاطلة في اسبانيا بشكل متفاوت مما يؤدي إلى مشاكل بيئية خطيرة أهمها مشكلة الفيضانات ومشكلة معالجة مياه الأمطار، لذلك توجب التعامل مع مشكلة المياه بطريقة مسؤولة ومستدامة وذلك باستخدام الأسطح الخضراء بهدف تجميع المياه مؤقتاً، حيث لعبت هذه الأسطح دوراً بارزاً في مجموعة من تقنيات إدارة العواصف المطرية [15].

**بنية السطح الأخضر**: استخدمت أنظمة الأسطح الخضراء المكثفة ضمن طبقة تربة بسماكة 25 سم بالإضافة إلى طبقة مانع جذور وطبقة تصريف للمياه وطبقة فلترة، حيث استخدمت أنواع النباتات متوسطة النمو من الشجيرات والأزهار والتي تتطلب الحد الأدنى من الصيانة والرعاية.

**الشكل رقم (14) لقطة لحديقة السطح في المشروع** [15]

**تصميم حديقة السطح**: تبلغ مساحة الحديقة 71000 م² منها 11000م² ممرات مغطاة بالخشب للتنزه على امتداد السطح، المسطحات الخضراء عبارة عن مروج وبعض الشجيرات وقد تم دمج الألواح (الخلايا) الشمسية في تصميم الحديقة بشكل منسجم لا يسبب أي تشويه بصري، (الشكلان رقم 14 و15).

**تقييم المشروع**: بعد تنفيذ المشروع، تم لحظ الفوائد التالية:

تخفيض نسبة تصريف الهطولات المطرية بنسبة من 50–90%، حيث يعود قسم كبير من هذه المياه إلى دورة المياه الطبيعية عن طريق امتصاص النباتات وتبخرها في التربة.

مساهمة تأثير التبريد المصاحب لزراعة الأسطح الخضراء في تخفيض درجات الحرارة على مستوى المنطقة المزروعة.

توفير مساحات خضراء لزوار المشروع على أسطح الـ كبيرة من المساحات المرصوفة في الموقع العام على حساب المساحات الخضراء.

**الشكل رقم (15) لقطة لحديقة السطح** في المشروع [15]

## السطح الأخضر لشركة مالية في ألمانيا Insurance/Financial Company [16].

**لمحة عن المشروع:** في عام 1984م أنشأت احدى أكبر مجموعات التأمين والخدمات المالية في العالم مقراً محلياً لها في قلب مدينة ألمانيا.Stuttgart شتوتغارت

يتألف المقر من شقق سكنية ومبنى مكاتب، وذلك بالموازاة مع استخدام تقنيات متقدمة صديقة للبيئة، ويعد من أول المباني التي حققت هدفاً مشتركاً يتمثل بالعمل في بيئة خضراء مع رفاهية الحياة في وسط مدينة كبيرة (الشكل رقم 16).

**الشكل رقم (16) الموقع العام للمشروع** [16]

**الهدف من المشروع:** يهدف المشروع إلى إدماج الغطاء النباتي في بنية المدينة فهي تعد مساهمة هامة في تحسين المناخ وتوازن المياه والمظهر الجمالي الذي تضفيه الأسطح الخضراء بالنسبة لمستخدمي المبنى وبالنسبة لقاطني المباني المحيطة.

**بنية السطح الأخضر:** استخدمت أنظمة أسطح خضراء متقدمة مع أنظمة سقاية علوية وسفلية في طبقة التصريف حيث اعتمد نظام ميكانيكي يمنع ضياع أي نقطة من المياه حتى عن طريق التبخر مع تجميع مياه الأمطار في خزانات تحت طبقة النبات.

تتألف مكونات السطح من:

- غشاء حماية.
- مانع جذر سماكة 0.8 ملم.
- طبقة تصريف 10سم.
- طبقة فلترة لمنع نزول التربة.
- 30-40سم طبقة تربة.
- طبقة النباتات والشجيرات.

تتراوح سماكة كامل الطبقات 45 سم، حيث سمحت بزراعة أشجار صغيرة لتنمو قرابة ثلاثين عاماً دون استبدالها أو تغييرها.

**الشكل رقم (17) صورة عامة للمشروع** [17]

**تصميم حديقة السطح:** تبلغ مساحة الحديقة 1950 م²، وهي تقع على مستويات مختلفة من البناء وتتوزع على سطح مرآب السيارات فوق الأرض وعلى أسطح المكاتب والشقق السكنية التي تتمتع بإطلالة مفتوحة على

المساحات الخضراء المتدرجة مع إمكانية الوصول إليها من العاملين في المكاتب لقضاء وقت الاستراحة. على السطح النهائي للمبنى هناك مساحة لحديقة يمكن استخدامها من قبل أصحاب الشقق السكنية وهي عبارة عن مرج أخضر وملاعب للأطفال (الشكل رقم 17و18).

**تقييم المشروع**: يعد المشروع خطوة أولى على مستوى التنمية الحضرية فهو يحقق العديد من الفوائد أهمها:

- يمثل السطح الأخضر مزيجاً ذكياً بين السطح الأزرق (السطح المخصص لتخزين المياه) والسطح الأخضر.
- تهيئة بيئات خضراء للعمل والسكن معاً.
- تحقيق إطلالة مميزة من كافة فراغات المبنى على الأسطح الخضراء.
- استخدام المساحات الخضراء من قبل شاغلي المبنى بالإضافة إلى وجود مساحات مخصصة للأطفال.

**الشكل رقم (18) صور عن المشروع** [16]

## 5-2-3-السطح الأخضر لمبنى صحي في كندا Humber River Hospital [17]:

**لمحة عن المشروع**: يقع مشروع مستشفى نهر هامبر في شمال غرب مدينة تورنتو وهو تابع لجامعة تورنتو وكليات الطب في جامعة Queen's University. بني عام 2015م حيث يخدم أكثر من 850،000 شخص، وهو عبارة عن برج مؤلف من 14 طابقاً يتضمن 656 سريراً و2000 موقفاً للسيارات تحت الأرض وبعض المواقف السطحية، كما يعد أول مستشفى رقمي بالكامل في أمريكا الشمالية (الشكلان رقم 19و20).

**الشكل رقم (19) الموقع العام للمشروع** [17]

إن من أهم الميزات في مستشفى نهر هامبر هو 13006.42 م² من السطح الأخضر، يمكن رؤيته من أغلبية غرف المرضى ومناطق العلاج في المستشفى والتي تغطي أكثر من 17 من المستويات المختلفة للمبنى.

**الهدف من المشروع**: تم تصميم المستشفى وبناؤه وفق معايير الطاقة والتصميم البيئي الأميركي (LEED)، كمراعاة الاستخدام الفعال للموارد مثل الطاقة والمياه وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

**الشكل رقم (20) لقطة لحديقة السطح في المشروع** [17]

**بنية السطح الأخضر**: استخدم نظام الأسطح الخضراء الممتدة غير المطروقة والتي تتألف من مانع جذر وطبقة تصريف بالإضافة إلى طبقة فلترة لمنع نزول التربة حيث استخدم طبقة خفيفة من التربة وطبقة من الأعشاب التي لا تتطلب عمقاً كبيراً داخل التربة.

**تقييم المشروع**: يوفر المشروع المزايا التالية [17]:

- كفاءة استخدام الطاقة، حيث يستخدم المبنى كميات أقل من 40% من الطاقة المنصوص عليها في قانون الطاقة الوطني في كندا.
- كفاءة استخدام المياه من خلال الحد من استهلاكها والاستفادة من مياه الأمطار.
- الحد من تأثير الجزر الحرارية بفضل المسطحات الخضراء المنتشرة على الأسطح وسط مساحة واسعة من الأبنية ومواقف السيارات.
- مساهمة الأسطح الخضراء في توفير الراحة النفسية لمستخدمي المبنى من المرضى والزوار والعاملين فيه.

## 6-تطبيقات الأسطح الخضراء في المدن السورية:

يعتبر نظام الأسطح الخضراء من إحدى التقنيات التي تحقق مبادئ العمارة الخضراء والتي تلقى اهتماماً عالمياً واضحاً، إلا أن هذه التقنية لم تنتشر في المدن السورية على الرغم من أن سوريا وقعت على اتفاقية برشلونة الدولية التي تلزم الدول المطلة على حوض المتوسط تطبيق برنامج "Go Green"والذي يعد من أهم البرامج التنموية التي أطلقتها هيئة المناخ التابعة للأمم المتحدة UNFCCC وهيئات العمارة الخضراء عبر العالم USGBC .

تهدف تلك الاتفاقية إلى التحول باتجاه الاقتصاد الأخضر والتنمية المستدامة واستثمار مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النظيفة المتاحة، وذلك بتطبيق مبدأ التطوير نحو البناء الأخضر Developing To Green Build من خلال ازالة التشوه البصري والعمراني في المدن، واستثمار الأسطح الاخيرة للمباني كأسطح خضراء Green Roof حيث يتحول هذا السطح لكل مبنى الى منطقة خضراء مظللة وإلى محطة صغيرة لإنتاج الطاقة الكهربائية الشمسية [19]. يمكن إرجاع عدم انتشار الأسطح الخضراء في المدن السورية إلى عدة أسباب أهمها:

- عدم وجود تشريعات ملزمة أو مشجعة على اعتماد تقنية الأسطح الخضراء سواء في المباني العامة أو الخاصة.
- عدم رغبة المالكين بتطبيقها سعياً إلى ترك الهامش مفتوحاً أمام إمكانية بناء طابق (أو أكثر) على السطح الأخير.
- عدم نشر الوعي بأهمية الأسطح الخضراء وفوائدها البيئية والاجتماعية والاقتصادية.
- الكلفة المرتفعة نسبياً لتجهيز الأسطح وزراعتها.

عدم وجود مؤسسات أو شركات مختصة بزراعة الأسطح تملك الخبرة اللازمة لتنفيذ هذا النوع من المشاريع.

إن التوزيع العشوائي لخزانات المياه ولواقط الإشارة وأجهزة الطاقة الشمسية على الأسطح الأخيرة لا يسمح بوجود مساحة كافية لزراعتها وتحويلها إلى حديقة سطح.

عدم وجود ثقافة إدارة وصيانة الملكية المشتركة في البناء السكني كالسطح الأخير مثلاً.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

يتبين من خلال الإطار النظري للبحث مجموعة النتائج التالية:

- عدم الدراية الكافية بالأهمية البيئية، الاقتصادية والجمالية للأسطح الخضراء من قبل المواطنين والمقاولين والجهات المعنية بتطبيقها كالبلديات ومجالس المدن.
- عدم وجود خطط وبرامج عملية لتطبيق نظام الأسطح الخضراء تقوم بها البلديات على المدى القريب أو البعيد.
- عدم اهتمام المعماريين بتطبيق هذا النظام في تصاميمهم للأبنية السكنية والعامة على السواء.
- عدم رغبة المالكين بتطبيقها لترك الهامش مفتوحاً أمام زيادة عدد الطوابق متى سنحت الفرصة بذلك.
- يمثل نظام الأسطح الخضراء أحد المبادئ التطبيقية للعمارة الخضراء المعاصرة لدوره في تخفيض استهلاك الطاقة بفعل خاصية العزل للأسطح الخضراء صيفاً وشتاءً.
- تقدم الأسطح الخضراء فوائد متعددة: بيئية–مناخية، اقتصادية، اجتماعية ترفيهية، وجمالية.
- تساهم الأسطح الخضراء في زيادة المساحات الخضراء في المدن التي تعاني من نقص وتراجع هذه المساحات بصورة ملموسة.
- يحتاج تطبيق الأسطح الخضراء إلى تضافر عدة عوامل:

. الوعي بأهمية هذه الأسطح.

. وجود تشريعات أو قوانين أو أنظمة بناء ملزمة بتنفيذ الأسطح الخضراء في المباني السكنية والعامة.

. وضع خطط عمل تتعلق بإنشاء وتنفيذ الأسطح الخضراء وحدائق السطح على مستوى كل مدينة.

### التوصيات:

انطلاقاً من أهمية الأسطح الخضراء وضرورات تطبيقها في المدن السورية بالاستفادة من أفكار ومبادئ التجارب المدروسة؛ يمكن اقتراح التوصيات التالية:

– تضمين أنظمة البناء في المدن السورية بنداً خاصاً بالأسطح الخضراء مع وضع معايير واشتراطات واضحة تغطي كافة الجوانب ابتداءً من العزل، التربة، زرع النبات، زراعة الأشجار، وانتهاءً بطرق التركيب وإجراءات الصيانة.

– قيام البلديات ومجالس المدن–خاصة مدن مراكز المحافظات بوضع خطة عمل لتعميم نظام الأسطح الخضراء وفق برنامج زمني معين مع تحديد وسائل الإشراف والتمويل وآليات تنفيذ تلك الخطة.

– قيام الجهات المعنية كالبلديات ومجالس المدن ومديريات البيئة وفروع نقابة المهندسين في المحافظات بحملات وبرامج توعية حول أهمية وفوائد الأسطح الخضراء، وحول ضرورات إدارة الملكيات المشتركة كالأسطح الأخيرة في المباني السكنية.

– تحفيز المواطنين والمقاولين على تنفيذ الأسطح الخضراء في المباني السكنية على وجه الخصوص، وذلك من خلال:

. محفزات مالية مباشرة وذلك كمنح مالية ودعم حكومي مقدم من قبل الدولة.

. محفزات مالية غير مباشرة كتخفيض الضرائب التي تفرضها البلديات للخدمات المتعلقة بصرف المياه، بالإضافة إلى تأمين المعلومات والشرح اللازم للمتعهدين.

– إلزام المكاتب الهندسية عند تقديم إضبارة ترخيص وتنفيذ بناء سكني ما بوضع دراسة لتوزيع الإشغالات على السطح الأخير (خزانات مياه، الألواح شمسية، لواقط إشارة،...) بما يضمن مساحة كافية لزراعته.

دراسة إمكانية دمج كلفة الأسطح الخضراء مع الكلفة الاجمالية للمبنى. –

تأسيس شركات خاصة بتنفيذ وصيانة الأسطح الخضراء. –

– مبادرة كليات الهندسة المعمارية في الجامعات السورية الحكومية والخاصة بتكريس مبدأ الأسطح الخضراء في المشاريع المختلفة (سكنية، عامة) لطلاب السنوات الأخيرة؛ وإكساب الطلاب مهارة وضع أفكار تصميمية واقعية لحدائق الأسطح.

## المراجـــع:

**[1]** *موقع الموسوعة العربية العلمي*. 30 Jan 2014، < http://ar.wikipedia.org >

**[2]** FIGUEROA, M.E. *Green Roof Performance in LOS ANGELES, CALIFORNIA*. ProQuestLLC, USA, 2008, 111.

**[3]** أ. فيرغونوف؛ س. أوجيكوف؛ م. دنيسوف، *تصميم المناظر الطبيعية باللغة الروسية* . موسكو، 1991،240.

**[4]** *أنظمة حدائق السطح*.2015 .15 sep. <http://www.daliform.com>

**[5]** مسلم، هبة، *مقدمة عن زراعة الأسطح الخضراء*.2015 .4 feb. <http://www.ecomena.org>

**[6]** DARDEN, T, *Guest Blogger Post: Benfits of Green Roofing*. 2011, 7 feb. 2016. <http://www.blogspot.com>

**[7]** *Green roof with his hands. 2009*, 10 feb. 2016. <http://www.build-home.biz>

**[8]** RAYNER, J, *Green roofs and walls-a growth area in urban design*, 2014, 4 feb. 2015.<http://www.theconversation.com>

**[9]** NELSON, B, *Green roofs popping up in big cities.* 2008,7 feb. 2016**.** <http://www.nbcnews.com>

**[10]** *The GRO Green Roof code*. Groundwork Sheffield and Environment Agency and Life, UK, 2011, 26.

**[11]** *Green roof system.*12 feb. 2016. <http://www.triton.chemicals.com>

**[12]** *Green Roof Developers Guide.* Life and Groundwork Sheffield and Green Roof Center, UK, 2011, 57.

**[13]** VICTORIA. Department of Environment and primary industries, *A Guide to Green Roofs, Walls and facades in Melboume and Victoria*. Australia, 2014,131.

**[14]** *The GRO Green Roof code*. Groundwork Sheffield and Environment Agency and Life, UK, 2014, 35.

**[15]** *World Expo Zaragoza 2008/ Zentro Expo Zaragoza*. The Greenroofs projects Database, Spain, 2008, 18 feb. 2016.<http://www.greenroofs.com>

**[16]** *Insurance/ Financial Company, Stuttgart (FBB Green Roof of The year 2014)*. The Greenroofs projects Database, Germany, 1984, 20 feb. 2016.<http://www.greenroofs.com>

**[17]** *Humber River Hospital*. The Greenroofs projects Database, Canada, 2015, 24 feb. 2016.<http://www.greenroofs.com>

**[18]** *Casa dementi*. The Greenroofs projects Database, Singafora, 2012, 22 feb. 2016. <http://www.greenroofs.com>

**[19]** *توطين المعرفة وبناء مجتمع مستدام*، برنامج الإدارة الخضراء في سوريا، مجلة بيئة أبو ظبي، 2016، <http://www.abudhabienv.ae. 14 feb. 2016>.