استخدام حدائق السطح كاحد تطبيقات شبكات البنية التحتية الخضراء لتحقيق استدامة المدن الجديدة

زينب فيصل عبد القادر
استاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة ببنها – جامعة بنها
zeinab_feisal@hotmail.com

احمد اسامة هارون
مدرس بقسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة – الجامعة الحديثة للتكنولوجيا والمعلومات
archharon@gmail.com

الملخص:

في ظل التغيرات المناخية الحالية تسعى العديد من الدول الى استخدام شبكات البنية التحتية الخضراء (Green Infrastructure) لتتكامل مع الشبكات الرمادية لما لها من ايجابيات على المستوى البيئي والاجتماعي والاقتصادي. وتتميز شبكات البنية التحتية الخضراء بتنوع تطبيقاتها سواء على مستوى المبنى او العمران او الاقليم ككل والتكامل بين مختلف هذه التطبيقات هو الذي يعظم من الاثر البيئي لها. وتمثل حدائق السطح احد التطبيقات لشبكات البنية التحتية الخضراء التي يركز عليها البحث ويقترح تطبيقها على نطاق اوسع في مصر، لما تعانيه معظم المدن المصرية من الاجهاد البيئي والاجتماعي والاقتصادي.

تعتبر مدن اقليم القاهرة الكبرى من اكثر المدن في مصر التي تعاني من العديد من المشكلات منها سوء نوعية الهواء والضوضاء المفرطة والكثافة العالية والاختناقات المرورية وتزايد عدد السكان وتناقص نسبة المسطحات الخضراء. وعلى الرغم من التأثير الايجابي للحدائق في المناطق الحضرية على استدامة المجتمعات العمرانية الا ان هناك قصور شديد في نسبة وتوزيع المسطحات الخضراء مما يؤثر على الانظمة البيئية والتنوع البيولوجي في مدننا المعاصرة . وتعتبر الاسطح الخضراء احد السبل لتعزيز استدامة المدن نظرا لما لها من فوائد بيئية واجتماعية واقتصادية.وبالرغم من التحديات الاقتصادية والتنفيذية التى تصاحب عملية زراعة الاسطح . الا ان الفوائد المباشرة والغير مباشرة اقتصاديا واجتماعيا وبيئيا اكبر واوسع من جميع الجوانب .

ويهدف البحث الى توضيح التحديات التشريعية والتنفيذية لحدائق الاسطح في المدن الجديدة بالأضافة الى الفوائد الناتجة عن تصميم حدائق الاسطح على الوحدات السكنية وعلى المدينة بصفة عامة .

ويتناول البحث بالدراسة استخدام تقنية زراعة حدائق الاسطح في المدن الجديدة كوسيلة لتحقيق الاستدامة ويعرض البحث الدراسات النظرية لحدائق الاسطح و دراسة تطبيقية في احد المدن الجديدة – مدينة الشيخ زايد – ويخلص البحث الى منهجية تطبيقية لتنفيذ هذا النموذج في العديد من المدن الجديدة.

الكلمات المفتاحية :

حدائق الاسطح، شبكات البنية التحتية الخضراء، استدامة، المدن الجديدة

١. شبكات البنية التحتية الخضراء:

الى جانب الدور الجمالي والسيكولوجي للطبيعة يمكن توظيف الطبيعة في العديد من الخدمات للمجتمعات مثل الحماية من مخاطر الفيضانات و تلطيف درجة الحرارة و تحسين جودة المياه والتربة والهواء. عندما تستخدم الطبيعة كنظام بنية تحتية ، يطلق عليها "البنية التحتية الخضراء" (Benedict، ٢٠٠٦).
البنية التحتية الخضراء هي عبارة عن شبكة من العنصر الاخضر توفر آليات لمواجهة التحديات المناخية والحضرية باستخدام الطبيعة (CNT، ٢٠١١). وهذا يثبت تعدد وظائف البنية التحتية الخضراء.
تختلف تطبيقات البنية التحتية الخضراء في المقياس بدءا من مقياس المبانى والمناطق اوالأحياء وصولا إلى مقياس المدن بأكملها ، وتتوافق النتائج التي يمكن تحقيقها من شبكات البنية التحتية الخضراء مع مقياس التطبيق (Foster et al ، ٢٠١١). البنية التحتية الخضراء تشمل الحدائق والمسارات الخضراء والساحات الخضراء والاراضي الرطبة ، وتطبيقات أقل مقياسا مثل الواجهات الخضراء والأسطح الخضراء. ويركز البحث على الاسطح الخضراء وحدائق السطح كأحد الحلول لاسطح المباني في مصر وما تعانيه من مشكلات.

٢. حدائق الاسطح :

تمثل حدائق السطح احدى تطبيقات البنية التحتية الخضراء على مستوى المباني ويعتقد البعض ان حدائق السطح فكرة حديثة ولكن على العكس بدأت تقنية حديقة السطح منذ القرن السابع قبل الميلاد في بابل. في ذلك الوقت كانت تُعرف باسم حدائق بابل المعلقة ، بناها الملك نبوخذ نصر الثاني لزوجته أميتيس (Abdel Salam, 2009)، حتى يعوضها عن تلال فارس الخضراء التي اعتادت ان تعيش فيها. وهكذا جاءت فكرة حدائق بابل المعلقة لاستعادة مظهر المسطحات الخضراء وهو ما نحن في امس الحاجة له الان خاصة مع نقص نصيب الفرد من المسطحات الخضراء في القاهرة الكبرى ليصل الى ٠,٣٣ م٢ (Attia, 2009).

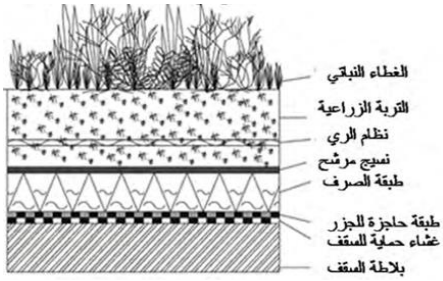
إن زراعة الحدائق على أسطح المبانى لا تقتصر على تحقيق فوائد جمالية بل تمتد لتشمل تحقيق فوائد سيكولوجية ووظيفية واقتصادية,وبيئية كحماية المبنى من التغيرات المناخية، بالاضافة الى توفير الطاقة المستهلكة في المبنى و تقليل نسبة تلوث الهواء، والفكرة من حديقة السطح هي توفير البيئة الطبيعية الجيدة للإنسان والمساعدة على اتزانه النفسى والارتباط بالأرض التى انفصل عنها بسبب السكن في المدينة بما فيها من كثافة سكانية يكون اولى سلبياتها إفتقاد المسطحات الخضراء.

وتعتبر حديقة السطح من **المنظور العمراني**: هي فراغ عمراني مفتوح متصل بالطبيعة صلة مباشرة ويتميز عن الفراغات الخارجية ان بخصوصيته. ومن **المنظور الاقتصادى** : هي للبديل عن الفراغات المفتو حة والمسطحات الخضراء التي يصعب حاليا توفيرها إما لأسباب اقتصادية – مثل سعر الأرض أو لعدم توافر مساحات يمكن استغلالها لتوفير المسطحات الخضراء. ومن **المنظور الاجتماعي** هي المتنفس الوحيد القريب من الأسرة – بعيدا عن الحوائط الخرسانية والفراغات المغلقة – بالإضافة إلى كونها مكان للتجمعات والعلاقات الاجتماعية.

ويمكن تصنيف حدائق السطح الى :

حديقة السطح المكثفة Intensive Roof Garden

يكون سمك التربه في هذا النوع من الأسطح أكثر من 20سم ،و هذا العمق يسمح لنموالنباتات الكبيره مثل الأشجار و الشجيرات (Oberndorfer et al., 2007) ، وهذا السمك الكبير من التربه بالاضافة الى هذا الحجم من النباتات يؤدي الي زياده الوزن علي هيكل السطح بالاضافه الي احتياجه لمزيد من الصيانه و جدوله الري والتغذيه ، و هذا ما يجعل هذه النوعية من حدائق السطح أكثر تكلفه (الشعار، ٢٠١٧).



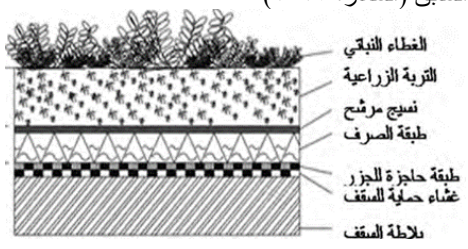
شكل ١ : مكونات/ طبقات حدائق السطح المكثفة

وتتلخص الفوائد البيئية لهذا النوع من حدائق السطح فيما يلى (خاطر، ٢٠١٤):

- حملية السطح من درجات الحرارة المنخفضة فى الأماكن الباردة وتوفير مناطق مظللة فى سطح المبنى فى المناطق شديدة الحرارة.
- التقليل من تلوث الهواء حيث تقوم النباتات بامتصاص جزيئات الهواء الملوثة.
- تجميع مياه الأمطار واستخدامها فى عمليات الرى.

حديقة السطح الغير المكثفة/ الممتدة Extensive Roof Garden

هي عبارة عن أسطح خضراء ممتدة النطاق ، لها أعماق أقل من ٢٠ سم ، تتطلب الحد الأدنى من الري (Dunnett and Kingsbury, 2004، وفي هذا النوع من الأسطح يمكننا زراعه نباتات صغيره الحجم بما في ذلك الشجيرات و الاعشاب والحشائش التي تزرع لتغطيه الأرضيات، و بالتالي فهذه الأسطح لا تحتاج الي صيانه اقل من النوع السابق (الشعار، ٢٠١٧)



شكل ٢ : طبقات حدائق السطح (الغير مكثفة/ الممتدة)

وتتلخص فوائدها البيئية فيما يلى (خاطر، ٢٠١٤):

- حماية سطح المبنى من العوامل الجوية المتغيرة.
- مد المبنى بالتدفئة عند انخفاض درجات الحرارة وتلطيف درجات الحرارة المرتفعة.
- المساهمة فى استغلال مياه الأمطار والتقليل من نسبة التلوث البيئى.

الدمج بين حديقة السطح المكثفة والممتدة النطاق :

يمتاز هذا النوع بتباين عمق التربة والحياة النباتية و الإستخدامات الوظيفية (Mclntosh, 2010)

حدائق السطح المثمرة Productive Green Roofs:

وهي عبارة عن زراعة حدائق أسطح المباني بالخضر والفاكهة . مما يساهم في حل مشكلة نقص المساحات الخضراء. ومع وجود إهتمام متزايد بالزراعة الحضرية فقد يكون ذلك حلا ايجابيا في حال تعميمه علي المباني بمختلف الإستعمالات (خاطر، ٢٠١٤).

٣. حدائق السطح والاستدامة:

زراعة الأسطح تحقق الكثير من الفوائد، مثل: تقليل كمية الملوثات الموجودة بالهواء، والحد من فرص الإصابة بالأمراض، وخصوصا أمراض الجهاز التنفسي نتيجة زيادة كمية الأكسجين النقي ونقص غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث ان زراعة المتر ونصف المربع من السطح يؤدي إلى إزالة ١٠٠ جم من الملوثات الموجودة في الهواء سنويا (خاطر، ٢٠١٤)، زراعة الأسطح تطيل من العمر الافتراضي للسطح عن طريق حماية الطبقة الخارجية للسطح من أشعة الشمس الضارة. كما أن وجود حديقة السطح يساعد في ضبط درجات الحرارة مما يوفر في تكاليف التبريد بنسبة تصل إلى ٥٠ % في الصيف، و٢٥ %من احتياجات التدفئة في الشتاء (خاطر، ٢٠١٤). ويوضح الشكل ٣ دور حدائق السطح في تحقيق الاستدامة.

شكل ٣ : دور حدائق السطح في تحقيق الاستدامة على الجانب البيئي والاجتماعي والاقتصادي
المصدر (الباحث)

٤. حدائق السطح عالميا:

عالميا لم تقتصر زراعة حدائق السطح على أسطح المبانى السكنية فقط و لكنها امتدت لتشمل المبانى العامة والبنوك والمدارس، والمجمعات التجارية، لتكون في صورة شبكة للمسطحات الخضراء على مستوى المدينة وذلك لتعظيم الاثر الناتج عن حدائق السطح من توفير الطاقه و التقليل من ظاهرة الجزر الحراريه الي جانب الاستفادة من الجوانب البيئيه.

٤-١ المانيا:

تتصدر المانيا مكانة متميزه في تكنولوجيا الأسقف الخضراء علي مستوي العالم ، هناك حوالي ٤٨مدينه ألمانيه تدعم انشاء الأسطح الخضراء ماليا و هو ما يوازي ٣٥٪ من المدن الألمانيه قامت بتفعيل سياسة تطبيق الأسطح الخضراء في مختلف المباني ، و بلغ مجموع الأسطح الخضراء في ألمانيا عام ٢٠١٤ حوالي ٨٦مليون متر مربع ، بما يوازي١٤٪ من مساحة ألمانيا الكلية (كوبنهاجن،٢٠١٢) .

شكل ٤: سطح مبني المكاتب المجمعه بدوسلدورف في المانيا
http://inhabitat.com

٤-٢ انجلترا:

قام عمدة لندن Boris Johnson بتفعيل خطة لنشر الاسطح الخضراء في لندن وتهدف الى إقامة اجمالي مسطح ١٠٠ الف متر مربع من الأسطح الخضراء كحد أدني بحلول عام ٢٠١٢. مما نتج عنه العديد من الفوائد البيئية والاقتصادية التي تعود إلى لندن من اقامة الأسطح والجدران الحية والتأثير على ميزانية الطاقة حيث يتم توفير الطاقة بما يعادل١٩٢٠٠ميجاواط في السنة، وتنقية الهواء بما يعادل

٨٢٥٦ طن من ثاني أكسيد الكربون، بالاضافة الى القدرة على تخزين ٨٠٠٠٠ متر مكعب من مياه الأمطار على مستوى السقف.

الشكل (٥) يوضح حديقة سطح فندق Grange، لندن

٤-٣ سويسرا:

٢٥ ٪من المجتمعات العمرانية الجديدة في سويسرا تلزم بدمج الأسطح الخضراء، وإ ذا تم تحقيق نسبة معينة من الأسقف الخضراء في المشاريع الجديدة، فيصبح من حق القائمين علي المشروع زيادة المساحة البنائية (خاطر، ٢٠١٤).

شكل (٦) يوضح محطة مترو في لوزان، سويسرا
المصدر: https://www.pinterest.co/

والى جانب التجارب الرائدة في الدول الاوربية تأتي تجارب الدول الاسيوية والولايات المتحدة الامريكية وكندا في تطبيق تقنية الاسطح الخضراء للمباني وما يمثله من خطوة فاعلة نحو تحقيق توازن بيئى وتوفير مناخ صحى لمستخدمى هذه المبانى.

٥. اسطح المباني في مصر:

تمثل اسطح المباني في مصر ,واحدة من اهم تحديات العمران المصري حيث تعتبر الاسطح فراغات مهملة ومصدرا لتشوه العمران فهي تستخدم غالبا كمخزن للمهملات واطباق الستالايت بالاضافة الى التأثير البيئي السلبي الناتج عن عدم العناية بنظافتها فتكون في معظم الاحيان مصدرا للتلوث والقمامة وللحشرات والقوارض، وعلى الجانب الأخر ربما تمثل ايضا هذه الاسطح امكانية في حد ذاتها حيث يمكن استغلالها لتعويض مسطح المبنى في توفير مسطح اخضر باستخدام "حدائق الاسطح" فيكون له العديد من الايجابيات من الجانب البيئي والاجتماعي والصحي والمناخي والاقتصادي.

شكل (٧) الوضع الحالي للغالبية العظمى من اسطح المباني في مصر ، المصدر: (Attia, 2009)

٦. حدائق السطح – الحالة الدراسية:

تعتبر القاهرة عاصمة مصر السياسية والثقافية والتجارية والتراثية عبر التاريخ (الزعفراني ، ٢٠١١). وتعد القاهرة الكبري أكبر تجمع سكاني حضري في منطقتي أفريقيا والشرق الأوسط حيث يبلغ عدد سكان القاهرة الكبري حسب بعض الإحصائيات حوالي ١٥,٧٥٠,٠٠نسمة. ويضم اقليم القاهرة الكبرى محافظة القاهرة والجيزة والقليوبية بالإضافة إلى مجموعة من الضواحي والمدن الجديدة مثل (الشروق، القاهرة الجديدة، ٦ أكتوبر، الشيخ زايد ، بدر).

تواجه القاهرة الكبرى القاهرة العديد من الضغوط البيئية والاقتصادية والحضرية (خالد، ٢٠١٤). ونتيجة لذلك ظهر ت العديد من المحاولات التي تهدف من تخفيف هذه الضغوط وحل المشكلات الناتجة عنها. وتعتبر حدائق السطح بما تقدمه من فوائد كما ذكرنا سابقا في مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية مدخلا من مداخل الحلول. وهناك العديد من الابحاث والدراسات التي تناولت زراعة الاسطح وخاصة في المناطق غير المخططة في القاهرة الكبرى كمدخل لتحسين جودة حياة الفرد ويتناول البحث بالدراسة نوعية اخرى من زراعة الاسطح الا وهي حدائق السطح، ونظرا لما يحتاجه من تجهيزات وصيانة واحتياطات انشائية لذا كان من الاوفق تطبيقها في المدن الجديدة والتي لازالت يقام بها مباني مما يسهل التجهيز لحديقة السطح من بداية انشاء المبنى.

يتناول البحث بالدراسة والتحليل نموذج تطبيقي لحديقة سطح فوق احد المباني السكنية في مدينة الشيخ زايد، وتعتبر مدينة الشيخ زايد احدى المدن الجديدة باقليم القاهرة الكبرى وتم انشاءها عام ١٩٩٥ بمنحة من صندوق أبوظبي للتنمية.

٦-١ حديقة سطح بمدينة الشيخ زايد:

تم عمل دراسة تطبيقية على احد المشروعات وتم رصد وتحليل جميع المراحل التصميمية والانشائية والتنفيذية

لحديقة السطح. وطبقا لأحتياجات السوق المصري والعوامل الاقتصادية والبيئية للمناطق الصحراوية في مصر.
بما يحقق فعالية للبحث ونموذج معماري وعمراني ممكن تطبيقه على مستوى اشمل . ورصد جميع العوائق التشريعية والتنفيذية ووضعها في صورة مقترحات مستقبلية للبحث العلمي والتنفيذ في مراحل قادمة .

وصف المبنى:
المبنى عبارة عن مبنى سكني بارتفاع ٤ ادوار مقام على قطعة ارض مسطحها ٧١٠متر مربع بالحي السابع بمدينة الشيخ زايد بنسبة مباني ٥٠٪

شكل (٨) المبنى المقام عليه حديقة السطح

٦-٢ تصميم حديقة السطح:
تم تصميم حديقة السطح على مسطح حوالي ٣٠٠م٢. تم الجمع فيها بين حديقة السطح المكثفة Intensive والممتدة النطاق Extensive وتم استخدام الاجزاء المكثفة في زراعة الاشجار المثمرة (المانجو، الخوخ، اليوسفى، باذنجان باباي، زيتون، الموز، التين، الرمان). وتم استغلال الاجزاء الممتدة النطاق لزراعة النجيلة والحشائش والنباتات صغيرة الحجم مثل النعناع. ولقد تم الاخذ في الاعتبار سمك التربه المطلوب لكل نوع من الاشجار والاحمال المناظره لسمك التربه وتم وضع المناطق المخصصه للاشجار فوق الكمرات وليس في منتصف البلاطه.

شكل (٩) بعض الاشجار المثمرة في حديقة السطح

وتم تصميم الحديقة بحيث تكون **متعددة الاستخدامات**، حيث جمعت بين:
- السطح المنتج للغذاء من خلال الاشجار المثمرة
- مكان للترفيه والجلوس حيث تم توفير عناصر للتظليل الى جانب الظل الناتج عن الاشجار
- مكان للشواء
- مغطس صغير للاطفال
- مجموعة من الخدمات

٦-٣ مراحل تنفيذ حديقة السطح :
تتضمن عملية تنفيذ حديقة السطح مجموعة من المراحل:
اولا: مرحلة العزل:
تعتبر مرحلة عزل السطح ضد الرطوبة من اهم المراحل المؤثرة في نجاح التجربة نظرا لكون السطح معرضا للامطار نتيجه لكونه مكشوفا بالاضافة الى مياه الري التي تحتاجها الحديقة بصفة مستمرة، مما جعل المياه والرطوبة أمر اساسي في تكوين حديقة السطح، لذا وجب مقاومة تأثيراتها على العناصر الإنشائية للسقف ومنع وصول المياة إليها، وذلك عن طريق استخدام العوازل ضد الرطوبة والتي في اغلب الاحيان ما تكون مصنوعة من مواد بيتومينية وذلك لتكون مرنة ومطاطة وغير قابلة للتشقق وسهلة التشكيل واللصق وغير منفذة للماء أو الأبخرة.
وينبغي أن تتوافر في طبقات العزل الخصائص التالية (Luckett,2013)
- القدرة على استيعاب الحركة الإنشائية العادية والإجهادات الناشئة عن مؤثرات الدورات الحرارية.
- القدرة على تحمل التأثير السريع والمطول لمختلف درجات الحرارة في الحدود المسموح بها.
- القدرة على مقاومة الأشعة فوق البنفسجية والعوامل الجوية المختلفة وأن يحافظ على استقراره عند تعرضه لدرجات الحرارة المرتفعة.
- أن يكون له مقاومة شد ممتازة واستطالة جيدة.
- أن يكون له مقاومة عالية للصدمات والخرق.

شكل (١٠) دراسة الحالة: مرحلة العزل Bitumen Membrane (عزل بالباشبوري) او polyethylene (المستخدم لعزل المسطحات المائيه)

ثانيا: خرسانه الميول:
ويراعي في خرسانة الميول ان تؤدي ميول السطح لنقط الصرف المقترحة في التصميم. وتم تنفيذخرسانة الميول في السطح محل الدراسة بسمك يتراوح بين ٣ - ١٣ سم

شكل (١١) مرحلة تنفيذ خرسانة الميول

ثالثا: اعمـــال المبـــــاني:
ويتم تحديد اعمال المباني المطلوب تنفيذها طبقا للتصميم المقترح لحديقة السطح، خاصة في حدائق السطح المتعددة الوظائف والتي يتم فيها الدمج بين اكثر من نوعية لحديقة السطح سواء المكثفة اوالممتدة النطاق او السطح المنتج.
وتم تنفيذ اعمال المباني في السطح محل الدراسة لنقاط الصرف وحواجز فرق منسوب التربه وقواعد البرجولات.

شكل (١٢) اعمال المباني

رابعا: طبقة تصريف المياه:
طبقة تصـــريف المياه الزائدة من الأحواض ومن المســـطح الاخضر لها أهمية خاصة حيث تعمل على غسل التربة من الأملاح الزائدة التي تســـاعد على امتصـــاص الجذور للمياه والعناصـــر النافعة للنباتات عن طريق الضـــغط الأســـموزي وذلك بوضـــع طبقة من الزلط الصـــغير الحجم والرمل وذلك ليعمل على تهوية جذور النباتات والمســـاعدة على صـــرف الميـــاه الزائـــدة. وفي بعض الاســـطح يتم تجميع الميـــاه المنصرفة بهدف اعادة استخدامها في الري مرة اخرى.

شكل (١٣) طبقه زلط فولى لتصريف المياه

خامسا: طبقة النسيج المرشح:
وهي الطبقة التي تكون اعلى طبقة التصريف و يعمل كفلتر لعدم تغلغل حبيبات التربه داخل طبقه الزلط فتغلق المسام وتقلل كفاءة الصرف مع مرور الوقت.

شكل (١٤) طبقة الثيرام (نسيج مرشح)

سادسا: طبقة عزل الحرارة:
تم وضع الطبقة العازلة للحرارة اعلى طبقة النسيج المرشح لتزيد من المحافظة عليها ويجب اختيار مادة عازلة للحرارة لا تتأثر بمياة الري.

شكل (١٥) عازل حرارة للتربه سمك اقل من ٢٠ سم

سابعا: التربة الزراعية:
ويفضل في حالة زراعة الاسطح ان يتم استخدام أنواع من التربة خفيفة الوزن وذات مسامية عالية مثل الكومبوست والبيتموس لتسهيل عمليات النقل بالاضافة الى تقليل الاحمال على الاسطح المزروعة. وفي الحالة الدراسية تم عمل تنفيذ طبقه التربه الزراعيه بالسمك المطلوب ٢٠ سم للنجيله ٤٠:٣٠ سم للشجيرات،٨٠:٦٠ سم للاشجار

شكل (١٦) طبقة التربة الزراعية

ثامنا: شبكة الري:
يفضل في هذه النوعية من الحدائق "حدائق السطح" استخدام شبكة للري مما يضمن ري الحديقة بانتظام وبشكل دوري والتحكم في نسبة مياه الري حتى لايضر بالسطح وبالزراعات ويقلل الاعتماد على العنصر البشري.

تاسعا: اعمال الزراعه:
يتم في هذه المرحلة زراعة النباتات المختلفة في السطح طبقا للتصميم سواء الاشجار في منطقة الاحواض او الشجيرات او مسطح النجيلة.

شكل (١٧) اعمال الزراعة لحديقة السطح

تم زراعة ودراسة اكثر من ٥٠ نوع من الاشجار والشجيرات والنباتات الورقية في الحالة الدراسية. ورصد التغيرات والكفاءة الزراعية طبقا للتربة والمناخ المحيط . بالاضافة الى حساب تكلف الصيانة والعائد الاقتصادي لكل نوع من انواع النباتات .

جدول (١) يوضح النباتات والاشجار المزروعة

التصنيف	الانواع	العدد	ملاحظات
الاشجار	مانجو – جوافة – برتقال- رمان – خوخ – يوسفي – باباي –عنب – موز –مشمش – ليمون – بشمله – برقوق – زيتون	٣٠	تم زراعتها على حدود المحيط الخارجي للسطح . وفي احواض طبقا للجدول و كفواصل بين الفراغات رقم (١)
الشجيرات والخضر	الباذنجان – الفلفل – الجزر – كرنب – قنبيط – بصل -طماطم	٣٥	بالاضافة الى هذه الاصناف يتم زراعة بعض الخضر الموسمية. يتم زرعها في الاحواض الخاصة بالشجيرات طبقا للجدول (١)
النباتات ذات الانتاج الورقي	بقدونس – شبت – كزبرة – ملوخية – زعتر – نعناع – ريحان	٤٠	يتم حصادها كل ١٥ يوم تقريبا
الورود ونباتات الزينة	الياسمين – الفل – مسك الليل	٥	

شكل (١٨) الشكل النهائي للسطح

٦-٤ دور حديقة السطح في تحقيق الاستدامة:

اولا: الجانب البيئي:

- تقلل حديقة السطح من الانبعاثات الحراريه وتحد من استخدام المواد العازله للحراره اضافه الحد من التلوث والاتربه وزياده نسبة الاوكسجين في الجو.
- لحديقة السطح تأثيرعلى المناخ وتقليل درجة الحرارة: حيث تم قياس درجة الحرارة على السطح الاخضر وسطح مبنى مجاور في اوقات مختلفة وكان متوسط فرق درجات الحرارة حوالي ٥ درجات، وبقياس درجات الحرارة في الدور الاخير من المبنى والدور الاخير في مبنى مجاور كان الفرق في درجات الحرارة حوالي ٧ درجات مئوية (الشعار، ٢٠١٧).

ثانيا: الجانب الاقتصادي:

- تعتبر الحديقة منتجة لانواع مختلفة من الفاكهة والخضروات نتيجة زراعة الاشجار المثمرة .
- توفر حديقة السطح العزل الجيد للدور الاخير مما يقلل من استهلاك الكهرباء في التكييف
- قد تبدو حديقة السطح مكلفة ولكن عند القيام بدراسة مقارنة اقتصادية تبين ان تكلفة تشطيب السطح بالطريقة المعتادة اعلى من عمل حديقة بالسطح كما يتضح من جدول ٢ حيث ان تكلفة المتر المربع في حالة الارضيات السيراميك تصل الى ٢٨٥ج وتكلفة المتر عند عمل الارضية مسطح اخضر ١٧٠ج بينما يتكلف المتر ٢٥٠ج في حالة الاشجار والشجيرات، غير ان حديقة السطح تحتاج لصيانة ورعاية فيما بعد ولكن ما ينتج عنها من استفادة لايقارن بجهد وتكلفة الصيانة.

ثالثا: الجانب الاجتماعي:

- وفرت حديقة السطح مكان للتجمعات آمن ويتمتع بالخصوصية وبعيد عن الضوضاء.
- بالاضافة ايضا الى توفير مساحة لممارسة الرياضة والترفيه.

جدول ٢ : مقارنة اقتصادية لتشطيب الاسطح المصدر: الباحث

ارضية سيراميك		ارضية مسطح اخضر		اشجار و شجيرات	
الطبقات	التكلفة جنيه / متر مربع	الطبقات	التكلفة جنيه / متر مربع	الطبقات	التكلفة جنيه / متر مربع
- بلاط سيراميك - مونة , جير 3:4 سم - رمل 4:6 سم	150	نجيلة رول	30	تربة من الرمل و البيتموس و الكمبوست 1:1:6 30:60سم	150
خرسانة ميول	-	تربة رملية 20 سم	10	ثيرام	10
عازل حرارة فوم ازرق 5 سم	90	ثيرام	10	زلط فولي	10
عازل رطوبة بولي اثيلين 1 مم	45	زلط فولي 5:7 سم	10	خرسانة ميول	-
		خرسانة ميول 3:13 سم	-	عازل رطوبة بولي اثيلين 1.5 مم	80
		عازل حرارة فوم ازرق 2 سم	40	1:1:6 تربة من الرمل و البيتموس و الكمبوست 30:40سم	
		عازل رطوبة بولي اثيلين 1.5 مم	80		
	285	تقريبا نفس الاحمال الميتة بالنسبة للارضية السيراميك	170	هناك تفاوت فى الاحمال الميتة تؤثر فى التكلفة الانشائية للهيكل الخرسانى اما تكلفة زراعة الاشجار و الشجيرات فتتناسب مع عائدها الاقتصادى	250

* النجيلة تحتاج تربة رملية فقط ** الأشجار و الشجيرات بنصف الارتفاع تقريبا, التربة خليط من الرمل و البيتموس و الكمبوست بنسبة ١:١:٢و باقى الارتفاع تربة رملية و بذلك يكون متوسط نسبة الخلطة ١:١:٦

٧. تقييم الحالة الدراسية بالتحليل البيئي SWAT:

٧-١ نقاط القوة:

- عن طريق حديقة السطح تم الاستفادة من مسطح غير مستغل فوق سطح المبنى لإنتاج الاحتياجات المنزلية من الخضر والفاكهة والنباتات العطرية للاستهلاك المنزلي ومن الممكن في حالات اخرى يتم استغلالها لزيادة دخل الأسرة. بالاضافة الى توفير مسطح اخضر يتمتع بالخصوصية والهدوء والامان.
- المسطح الاخضر المضاف عن طريق حديقة السطح قد يؤدي بتعميم الفكرة الى تحسين الظروف البيئية وتقليل معدلات التلوث.
- ادت حديقة السطح الى التخلص من الصورة العامة التي يمكن رصدها حيث اصبحت ظاهرة تخزين المهملات والأشياء القديمة فوق أسطح المنازل في معظم المناطق السكنية في مصر ليس في المناطق الشعبية فقط بل الراقية ايضا، وما يترتب على تلك الظاهرة من أبعاد خطيرة في ظل عملها كحضانة لتوالد الحشرات والقوارض والزواحف (العوائل الأساسية للعديدمن الأمراض علاوة على أثرها المباشر على صحة الإنسان)، هذا بالإضافة إلى الحوادث المؤسفة خاصة خلال الصيف من حرائق نتيجة تكدس المخلفات ذات القابلية الكبيرة للاشتعال.
- اضافت الحديقة قيمة جمالية لمظهر العمران.
- ملكية المبنى تؤول الى عائلة واحدة مما سهل تطبيق الفكرة وساعد على الحفاظ على السطح وصيانته.

٧-٢ نقاط الضعف:

- عدم وجود حوافذ للملاك لتنفيذ حدائق السطح . مثل تخفيض فاتورة الكهرباء او المياة للمبنى المقام به حديقة سطح .
- عدم وجود تشريع يحدد ملكية السطح لأحد الوحدات الموجودة في المبنى . واعتبار المسطح الموجود ٢٥٪ في السطح غرف غسيل في رخصة البناء .
- النقص الشديد في الإرشاد والكوادر الفنية المدربة للشرح ولتدريب الناس على تلك النظم وهي مسئولية معني بها العديد من المسئولين في مصر علاوة على قصر دور الإعلام في الإرشاد والتوجيه.
- ارتفاع أسعار البذور والشتلات وخاصة بذور الخضر الهجين ويمكن الاستعاضة عن ذلك تحت ظروف زراعة الأسطح ببذور أصناف الخضر في الحقل المكشوف التي قد تكون غير عالية الإنتاج أو ذات جودة أقل ولكنها تفي بالمطلوب منها.
- عدم توافر الأسمدة أو المحاليل المغذية للمحاصيل المنزرعة فوق الأسطح في المحلات واقتصار توافرها على مصدر أو اثنين مما ينتج عنه مشقة في الحصول عليها حيث إن جزء كبير من نجاح تلك الزراعة يعود إلى عملية التسميد.
- عدم وجود خطوط مياة ري في المدن المصرية الجديدة ووجود خط للمياة العكرة فقط في بعص المناطق .

٧-٣ فرص النجاح:

وهي توافر شروط في المكان المخصص لحديقةالسطح:

- أن يكون معرض لأشعة الشمس المباشرة لمدة ٤-٥ ساعات يوميًا على الأقل عند الرغبة في زراعة الخضر أو الفاكهة أو النباتات الطبية والعطرية لذا يجب تجنب الأماكن كثيفة الظلال سواء بسبب الأبنية أو الأشجار وإ ن لم يمنع ذلك من استخدامها في زراعة نباتات الزينة.
- تجنب الأماكن المعرضة للرياح الشديدة.
- توفير شبكة للري يضمن انتظام ري الحديقة والتوفير في كمية مياة الري خاصة في ظروف الفقر المائي وبالاضافة الى ان الري في هذه الحالة لا يشكل عبئًا على القائم بالزراعة.

٧-٤ المخاطروالتهديدات:

- عدم الصيانة والمراعاة البيئية يؤدي الى انتشار الحشرات الضارة والزواحف .
- عدم صيانة المبنى قد يؤدي الى اضرار انشائية في حالة عدم تنفيذ بنود العزل طبقا لأصول الصناعة والمعايير المصرية
- عدم حساب الاحمال الزائدة في حالة المباني قبل التنفيذ او عدم دراسة الاحمال الحالية للمباني القائمة قد يؤثر على الهيكل الانشائي للمبنى.

٨. النتائج والتوصيات:

- ان تطبيق حديقة السطح له العديد من الدوافع : القيمه البيئية حيث تقلل من الانبعاثات الحراريه وتحد من استخدام المواد العازله للحراره اضافه الى الحد من التلوث والاتربه وزياده نسبة الاوكسجين في الجو، وايضا القيمة الاجتماعية والجماليه، بالاضافة الى القيمه الاقتصاديه حيث تعتبر حديقة السطح مساحه مضافه الي المسطحات المستخدمه بالمبني، الى جانب ان تكلفة تشطيب السطح بالطريقة التقليدية(ارضيات سيراميك) تزيد حوالي ٥٠٪ عن تكلفه المسطح الاخضر (نجيله).

- تبرز مشكلة تطبيق فكره حديقة السطح في العمارات السكنيه لان السطح يكون علي المشاع خاصة في ظل قانون المباني الحالي الذي يحرم البناء او استخدام سطح المباني السكنيه الا للخدمات وبنسبة مباني ١٠ : ٢٥٪ من مسطح الدور الارضي كغرف للغسيل، ولتطبيق فكرة حديقة السطح في العمارت يجب تعديل القانون بحيث يسمح بان يكون

الســـطح وحدة مســـتقله اوامكانية ان يكون الســـطح ملحق باحدي وحدات الدور الاخير. وهذا التعديل في القانون من الممكن ان يحقق عائد مباشـرة للدوله ولكن الهدف الرئيسـي هو تحديد هويه المستفيد من السطح.

- حديقة الســـطح في اســـطح المباني العامه: تطبيق فكره حديقه السطح في المباني العامه لا سيما المدارس يعتبر قيمة او مسـاحة مضـافه الي فناء المدرسـه خاصـة في المدارس التي تم فيها بناء فصول اضافيه في فناء المدرسه.

- يمكن استخدام **حديقة السطح كمشروع اقتصادي:** سطح بمساحة ٣٥٠متر (٢قيراط تقريبا من الارض زراعيه) و هذه المساحه فى الريف تعتبر مصدر رزق لاسره على مدار العام، شجرة المانجو المقزمه تحتاج مسطح ٧,٥ مترمربع وقد يصل انتاجها الي ١٥٠ كجم في السنه كحد اقصي، فاذا كان السطح بمساحة ٣٥٠مترمربع يستوعب حوالي ٤٥شجرة مانجو مقزمه بانتاج يمكن ان يصل الي ٧طن سنويا.

- يجب دراسة اعادة استخدام المياة الناتجة عن الوحدات السكنية . وتصميم شبكات ري او وحدات معالجة للمياة على مستوى(المبنى , الحي , المدينة) لتحقيق الاستدامة في ظل معاناة مصر من الفقر المائي طبقا لتقارير الحكومة المصرية و الامم المتحدة .

- الاتجاة الى استخدام اساليب الري الحديثة واستخدام تكنولوجيا الري لتحقيق اعلى معدل من الكفاءة مع اقل معدل لاستخدام المياة .

- وضع عوامل تحفيزية لملاك الوحدات واصحاب المنشآت لتشجيعهم على انشاء حدائق اسطح لتحقيق الفوائد البيئية للمجتمع كله . ومثل هذه الحوافز التي رصدها البحث في التجارب العالمية (تخفيض فاتورة الكهرباء والمياة للمبنى – اعفاء الدور الاخير من فاتورة مياة الري – تخفيض رسوم التراخيص – تخفيض الضريبة العقارية للمبنى).

- زيادة الوعي البيئي والعمراني في المدارس و ادخال مناهج التعليم الاخضر (Green Education) لزيادة الوعي الجمعي لدى الاطفال(Fernandez, 2013) .

بالأضافة الى الاهتمام بالمشاريع التطبيقية الخضراء لطلاب كليات الهندسة.

ادخال دراسات الاثر البيئي للمباني طبقا لأجراءات الترخيص في المباني العامة ووضع نظام الهرم الأخضر(Hebaalla, 2016) جزء من تقييم المبنى قبل مرحلة الترخيص .

٩. قائمة المراجع :

٩-١ المراجع الاجنبية:

1. Abdel Salam, A., (2009), “The Future of Green-Roofs in Egypt -The Economical and Environmental benefits when installing green-roof on a residential building in Cairo” Unpublished Msc. Thesis, Architectural department, the Faculty of Engineering, Cairo University.
2. Attia, S. & Mahmoud A., (2009). "Green Roofs in Cairo: A Holistic Approach for Healthy Productive Cities”, In Conference Proceeding on Greening Rooftops for Sustainable Communities, June 3-5, 2009, Atlanta, USA
3. El Zafarany., (1995)., “Existing Green Areas in Cairo Comparison with Planning Criteria and International Norms.” 4th scientific conference, Azhar university.
4. Gawad, I., (2014), The Rise Of Rooftop Gardens In Informally Developed Areas In Egypt: Exploring The Abilities And Boundaries, 6th International Conference, Architecture department, Faculty of Engineering, Cairo university.
5. Jerry Yudelson, Green Building A to Z, New Society Publishers, 2007
6. Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass B., Coffman R., Doshi H., Dunnett N., Gaffin S., Kohler M., Liu K., Rowe B., (2007), "Green roofs a surban ecosystems: ecological structures, functions, and services", Journal of Bioscience, vol.57, 823–833.
7. Mclntosh, A., (2010), Green Roofs in Seattle, a survey of vegetated roofs and rooftop gardens, the University of Washington.
8. Hebaalla Mostafa, (2016). “Evaluation of Green Building Ratting Systems for Egypt“ Msc. Thesis., Center for Sustainable Development. The American University in Cairo .
9. Timothy Carter, Andrew Keelerb.2008.” Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated roof systems”. Journal of Environmental Management 87 (2008) 350–363
10. Rafael Fernandez-Cañero , Tobias Emilsson ,Carolina Fernandez-Barba ,Miguel Ángel Herrera Machuca. 2013 .” Green roof

systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain “. Journal of Environmental Management 128 (2013) 106e115

11. Khan, S., and Asif, M., (2017), Impact of Green Roof and Orientation on the Energy Performance of Buildings: A Case Study from Saudi Arabia,

٩-٢ المراجع العربية:

١. أحمد السيد سعد عبد السلام، مستقبل الأسطح الخضراء فى مصر. الفوائد البيئية والإقتصادية من زراعة سطح أخضر على مبنى سكنى فى القاهرة، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١

٢. مروة الشعار .٢٠١٧ , "التنمية المستدامة للمجتمعات العمرانية بأستخدام تقنيات الزراعة الحديثة", رساله ماجيستير , قسم العماره بكليه الفنون الجميله, جامعة حلوان

٣. دينا عيد سعيد خاطر، ٢٠١٤، الأسطح الخضراء في الإسكان- دراسة لزراعة أسطح المباني القائمة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، رسالة ماجستر غير منشورة