مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

إعادة استخدام حصاد المياه المطرية للأسطح في الأبنية السكنية

دينا الأسطة*

(تاريخ الإيداع 30 / 10 / 2012.□□ قبل للنشر□□□ □□16/ 12 /2012)

∇ □□□□□ملخص ∇

يتناول البحث حصاد المياه المطرية, تصنيفها, محتواها, مكوناتها, فوائدها، و بعض المؤشرات (الناقلية–pH– التلوث البكتيريF. C وT.C), وذلك في محاولة تجريبية لدراسة هذه المؤشرات للمياه المطرية المجمعة, و لدراسة كمية حصاد المياه المطرية من سطح المباني السكنية أيضاً, وكذلك دراسة إمكانية التوفير عند إعادة استخدام هذه المياه المجمعة والمخزنة لأغراض غير الشرب (شطف خزان المرحاض الإفرنجي, شطف الدرج، غسل السيارة، سقاية الحديقة ...).والتي أظهرت نتائج البحث أن نسبة التوفير هذه قد تصل إلى حوالي 40%. وقد بينت هذه الدراسة أن إعادة استخدام حصاد المياه المطرية يؤدي دوراً كبيراً في التقليل من هدر المياه, ويؤمن الاحتياجات المنزلية المطلوبة، وبالتالي فهو يوفر في مياه الشرب التي ستستخدم للغايات السابقة الذكر. الأمر الذي يعود بالفائدة الكبيرة على الفرد والمجتمع من الناحيتين الاقتصادية والبيئية.

الكلمات المفتاحية : تجميع المياه المطرية– حصاد المياه المطرية– حصاد المياه المطرية للاستخدام المنزلي.

* **مشرفة على الأعمال– المعهد العالي لبحوث البيئة – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (1) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (1) 2013

Reusing Rooftop Rainwater Harvesting In Households

Dina Alasta*

(Received 30 / 10 / 2012. Accepted 16 / 12 / 2012)

∇ ABSTRACT ∇

This article deals with the Rainwater Harvesting, its classifications, contents, components, benefits and some parameters(conductivity, pH, fecal coliform, total coliform). As an experimental trial to study these parameters on the site for rainwater collecting. It also trial to study the quantity of rainwater harvesting from roof buildings, and study the potential savings when reusing this storing and collecting water for non-potable purposes such as (flushing toilet, stairs washing, cars washing and watering the garden…). Witch the result of research showed that saved ratio may be reach to 40%. This study showed that reusing the Rainwater Harvesting has a great role in reducing the wasted water, and it also provides the required house needs of fresh water. Consequently this comes back with a great benefit on the individuals and on the society from the economical and environmental aspects.

Key words: Rainwater collection, Rainwater Harvesting, Harvesting Rainwater for domestic uses.

***Work Supervisor At Higher Institue Of Enviromental Researchs , Tishreen University, Latakia**

مقدمة:

تواجه سورية كغيرها من بلدان العالم مشاكل جدية في نقص المياه, نتيجة لتغيرات المناخ وانخفاض مستويات المياه الجوفية والمياه السطحية ونمو عدد السكان، و ازدياد الحاجة للمياه نتيجة للنمو الاقتصادي في عصرنا الحاضر, وأصبح من الضروري البحث عن وسائل ناجعة للتغلب على اتساع الفجوة بين العرض والطلب على المياه لتجنب الوصول إلى مستويات خطيرة تهدد الوجود البشري. لذلك كان التوجه للبحث عن مصادر بديلة, اقتصادية, تحقق استخداماً أقل وهدراً أقل.

ومن هذه الموارد البديلة كان الاهتمام بأنظمة حصاد المياه المطرية مما يخفض الاحتياج المائي, ويوفر المياه العذبة للاستخدامات الأساسية.

و يُعرّف حصاد مياه المطر (rainwater harvesting (RWH:

بأنه المياه المطرية المجمعة مباشرة من الأسطح التي يهطل عليها. إذ تجمع وتخزن لاستخدامها للشرب أو لأغراض غير الشرب مثل(خزانات الطرد للمرحاض الإفرنجي, أو في الري وسقاية الحدائق, وغسل السيارة أو لأغراض أخرى, والتي تمثل حوالي 40%–30 من مياه التغذية للأبنية السكنية).

قبل البدء بالدراسة لا بد بدايةً من خلاصة تاريخية لما توصل إليه الباحثون في مجال البحث :

– عرف حصاد مياه الأمطار منذ القرن الثالث قبل الميلاد لاسيما عند الإغريق والرومان. واستخدم بشكل عام للري وتلبية احتياجاتهم الأخرى. وحديثاً استخدم حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل في الصين والبرازيل للتزود بمياه الشرب, وللاستخدامات المنزلية, ولسقاية الماشية, وللري وغيرها. أما في المملكة المتحدة البريطانية فغالباً ما يطبق حصاد مياه الأمطار ويجمع في حدائق الأبنية ليستخدم بعدها لسقاية هذه الحدائق. ويشجع الكود البريطاني سكان الأبنية السكنية على تركيب هذا النظام, وجمع مياه الأمطار في خزانات أرضية للأبنية السكنية الجديدة لاستخدامها في خزانات الطرد للمرحاض الإفرنجي، وسقاية الحديقة وغسيل الثياب، وغسل السيارات. مما وفر 50% من كمية المياه الرئيسية المستخدمة في المنزل [1].

– في ألمانيا أظهرت الدراسة التي أنجزت من قبل Herrmann and Schmida إمكانية توفير مياه الشرب للمنزل بنسبة تتراوح من 60%–30، اعتماداً على الطلب ومساحة السطح [2].

– في استراليا استنتج Coombes et al بعد دراسته (27) منزلاً في Newcastle أنه باستخدام نظام حصاد مياه المطر سمح بتوفير 60% من مياه الشرب [3].

– كما بينت الدراسة التي أجراها Ghisi et al في(62) مدينة في البرازيل على أنه بالإمكان توفير مياه الشرب باستخدام نظام حصاد مياه المطر بنسبة تتراوح من 92%–34 أي وسطياً التوفير حوالي 69% [4].

_ في عام 2002 كانت ضاحية Sant Cugat في برشلونة (اسبانيا) البلدية الأولى التي توافق على كود للأبنية ينص على تركيب أنظمة حصاد المطر للأبنية التي تزيد مساحتها مع الحديقة عن 300 م^2. كما أنّ حصاد مياه المطر إلزامي في شمال أمريكا في الأبنية المشيدة حديثاً في (New Santa Fe County (Mexico في (Tucson(Arizona، وعدة جزر كاريبية [5].

– وثمة تجارب ناجحة حديثة لحصاد مياه الأمطار في عدد من الأقطار العربية : في الأردن مثلاً (عمان)، وفي مرتفعات الضفة الغربية (فلسطين) وفي لبنان واليمن كعدن. أما في سوريا فان حصاد مياه الأمطار موجود حديثاً كما في محافظتي ادلب والقنيطرة وقديماً في الرصافة [6].

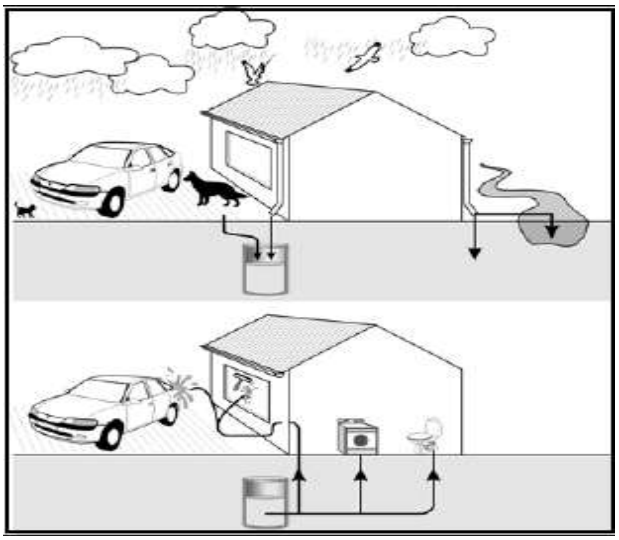
– كما ركز البحث الذي أنجز في البادية السورية خلال الفترة (2004–2007) على الجدوى المالية لتقنيات حصاد المياه المطري الآلي فيها، وتقويم ربحيته في موقعين تجريبيين من المراعي السورية (محسة في القريتين، والشيخ هلال في السلمية) [7].

تصنيف نظم حصاد المياه:

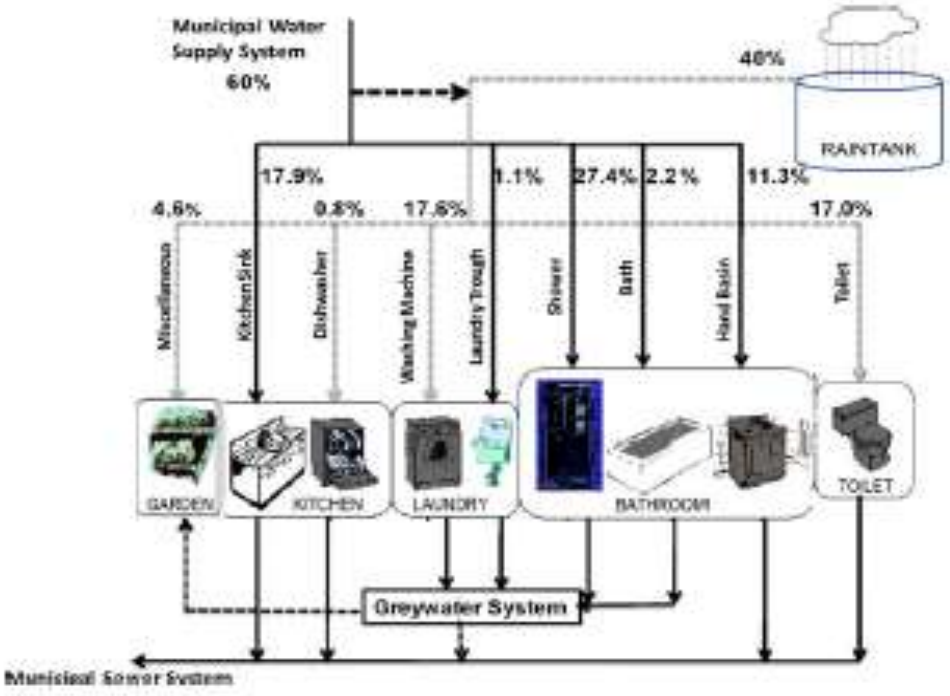
تُصنّف أساليب حصاد المياه بطرائق متعدّدة، معظمها يعتمد على نمط استخدام المياه أو تخزينها، غير أن أكثر التصنيفات شيوعاً في الاستخدام هو ذلك الذي يعتمد على حجم المستجمع[6]. كما في الشكل (1).

الشكل (1) : تصنيف نظم حصاد المياه

– إن استخدام حصاد مياه المطر(RWH) للشرب أو لأغراض أخرى يستند إلى خصائص هذه المياه المطرية ونوعيتها ومواصفاتها, ومستوى تقنيات المعالجة, وخيارات إعادة الاستخدام المناسب لها. ويبين الشكل 2 (a–b) بعض خيارات استخدام حصاد المياه المطرية(RWH).



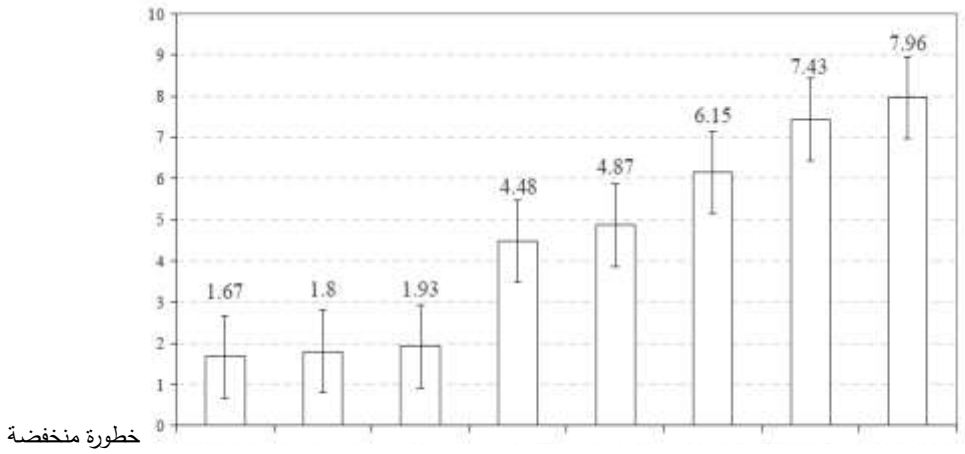
الشكل (2a)[8]



الشكل (2b))[9]

الشكل (2) (a–b) : بعض خيارات استخدام حصاد المياه المطرية

– يكثر الاستفسار عن درجة الخطورة الصحية لخيارات إعادة استخدام مياه المطر المجمعة ولاسيما في حال ضعف مستوى تقنيات المعالجة اللازمة لكل منها. ويبين الشكل (3) درجة الخطورة الممكنة لبعض خيارات استخدام حصاد المياه المطرية[10] .



الشكل (3) : درجة الخطورة لبعض خيارات استخدام حصاد المياه المطرية

محتوى المياه المطرية:

يمكن أن تحتوي المياه المطرية:

- ملوثات (جراثيم مجهرية ...الخ).
- بقايا فضلات الطير والحيوان، والإنسان،أشنيات,غبار,جزيئات من التلوث الحضري ومبيدات الحشرات.
- شوارد لاعضوية من البحر (Ca, Mg, Na, k, Cl, SO4)
- غازات منحلة (CO_2, NO_x, SO_x ...).

إن تراكيز محتوى المياه المطرية تنخفض بشكل ملحوظ وذلك بتحويل التدفق الأولي للهطول المطري إلى التصريف. [1]

تصميم مكونات نظام حصاد مياه المطر RWH [11] :

إن التصميم الملائم لنظام حصاد المياه المطرية ضروري لتحسين أداء النظام واستقرار التغذية بالماء و تتألف عادة البارمترات الرئيسية لتصميم نظام RWH لسطح المبنى من: منطقة الصبيب (السطح)، فلتر، خزان التجميع، أنابيب وإكسسوارات التجهيز, ووحدة المفيض. وبالتالي فان المبدأ الرئيس والذي يؤثر في فعالية عمل النظام وتشغيله يعتمد على كمية الهطول المطري، منطقة الصبيب، حجم خزان التجميع، فعالية كل من التجميع المطري والفلتر. ويبين الجدول (1) المكونات الأساسية لنظام RWH و الرئيسية للتصميم.

الجدول (1) : مكونات نظام حصاد مياه المطر RWH وبارمترات التصميم

العوامل المؤثرة في نوعية المياه المطرية [12] :

- مادة السطح : المواصفات الكيميائية، الخشونة، إكساء السطح، العمر.
- بارمترات المصب : الحجم، الميل، التعرض للمطر.
- الوقائع المطرية : الشدة، الرياح، المدة.
- الطقس المحلي : الفصل، فترات الجفاف السابقة.
- الخواص الكيميائية للتلوث.

فوائد نظام حصاد مياه المطر للأبنية السكنية:

إن التوجه إلى استخدام تقنيات أنظمة حصاد المياه المطرية وتطويرها لأغراض شتى بوصفها مصدراً بديلاً للمياه الرئيسية أظهر أنّ أسطح المنازل تمثل نسبة مهمة من المساحات التي تغطي المدن وبذلك تقدم إمكانية مميزة لجمع مياه المطر, وتركيب نظام حصاد مياه المطر لفوائده العديدة. نذكر منها:

- يخفض الاحتياج المائي ويوفر المياه العذبة للاستخدامات الأساسية .
- توفير في فاتورة المياه الرئيسية.
- يخفض الحمولة والضغط على منظومة محطة معالجة الصرف الصحي (نظام تصريف المياه المطرية غير منفصل عن تصريف مياه الصرف الصحي في سوريا بشكل عام).
- يسهم في التقليل من مخاطر تدفق الفيضانات المطرية.
- اعتبارات بيئية واقتصادية: حيث يخفض من حجم المياه التي تجر من المصادر المائية المتاحة (كالبحيرات أو الأنهار ...وغيرها) إلى محطات المعالجة لتأمين المياه العذبة.

إلا أن هناك معوقات تواجه تنفيذ نظام حصاد مياه المطر منها:

- عدم وجود التشريعات التي تسمح بإعادة استخدام المياه المطرية المجمعة, وعدم توفر المعايير التي تضبط جودتها وفق الظروف المحلية. وهذا يتطلب حذراً من المخاطر الصحية المحتملة التي يمكن أن تنشأ في ظل غياب القوانين التوجيهية الضرورية والملزمة.
- عدم تقبل الفرد لفكرة إعادة استخدامه المياه المطرية المجمعة، وعدم الوعي الذي يشجع على الإفراط في استخدام المياه الرئيسية.
- التخوف من التكلفة الإضافية للنظام المذكور أعلاه على المنازل الذي لا مبرر له.

أهمية البحث وأهدافه :

إن إعادة استخدام المياه المطرية في الأبنية السكنية لأغراض غير الشرب (شطف خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي, شطف الدرج، غسل السيارة، سقاية الحديقة ...), أو لأغراض أخرى, أصبح يطبق على نحو متزايد في العديد من بلدان العالم, وذلك بسبب تفاقم أزمة المياه, وقلة الموارد المائية, وجفاف بعضها, والنمو السكاني, والاستهلاك المفرط للمياه الخام. ويجري الترويج لها عالمياً لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه. لذلك فإن البحث هو محاولة لدراسة الوفورات الممكنة عند إعادة استخدام المياه المطرية المجمعة لأغراض منزلية, مما يقلل من الطلب الإجمالي على المياه، ويخفض من استهلاك المياه المنزلية و يحقق توفيراً على فاتورة المياه.

طرائق البحث ومواده :

إنّ محطة الرصد الجوي للهطولات المطرية لعام 2010 في هذه الدراسة هي محطة الأزهري– اللاذقية وهي تقع على خط طول "7 '46 ^{0}35، وعلى خط عرض "25.8 '32 ^{0}35، وقد تم اختيار عشرة منازل اختياراً عشوائياً (معظم المنازل تتألف من ثلاثة طوابق)، يغذى كل منزل من شبكة المياه الرئيسية بأنبوب قطر "1/2 مزود بعداد ومضخة رفع المياه إلى خزان السطح($1m^3$), ومنه تغذى الشبكة الداخلية للمنزل بأنبوب قطر"3/4. ولكل جهاز صحي تفريعة قطر"1/2، وتمت معرفة الاحتياج المائي(الاستهلاك) من خلال فاتورة المياه لعام 2010. إكساء السطح للمنازل من البيتون وهو الشائع غالباً.

•تم جمع المياه المطرية من سطح لمنزل (عينة شهرياً). جمعت العينات للمياه المطرية صباحاً(بعد تصريف التدفق الأولي للهطول المطري)، وأخذت للتحليل في اليوم نفسه (قبل الظهر). تم أخذ(9) * عينات للتحليل من كانون الثاني 2010 ولغاية كانون الأول 2010.

- وتم قياس البارمترات التالية للعينات المدروسة :

1. البارمترات :

أ- الرقم الهيدروجيني pH : لقياس درجة حمضية أو قاعدية المياه .

ب-الناقلية (Electrical Conductivity).

2. التلوث الجرثومي :

أ- الجراثيم القولونية البرازية F.C (Fecal Coliform).

ب-العدد الكلي للجراثيم T.C (Total Coliform).

- كما تم تقدير حجم RWH الممكن من السطح ,(in m^3/year) بالعلاقة (1) .Eq :

حجم RWH الممكن = P. A . RC Eq. (1)

- الهطول المطري المحلي (P, in mm/year)
- مساحة السطح (A, in m^2)
- عامل الجريان (بدون واحدة RC)

(مع الأخذ بالحسبان الفواقد بسبب الجريان -التسرب- رطوبة السطح والتبخر...). اعتمد في الدراسة (RC=0.8) ويبين الجدول (2) قيم عامل الجريان وفق المراجع المعتمدة [13].

الجدول (2) : قيم عامل الجريان

Roof	RC	Reference
Roofs (in general)	0.7–0.9	Pacey and Cullis (1989)
	0.75–0.95	ASCE (1969), McCuen (2004), Singh (1992), TxDOT (2009), Viessman and Lewis (2003)
	0.85	McCuen (2004), Rahman et al. (2010)
	0.8–0.9	Fewkes (2000)
	0.8	Ghisi et al. (2009)
	0.8–0.95	Lancaster (2006)
Sloping roofs		
Concrete/ asphalt	0.9	Lancaster (2006)
Metal	0.95	Lancaster (2006)
	0.81–0.84	Liaw and Tsai (2004))
Aluminium	0.7	Ward et al. (2010)
Flat roofs		
Bituminous	0.7	Ward et al. (2010)
Gravel	0.8–0.85	Lancaster (2006)
Level cement	0.81	Liaw and Tsai (2004))

* **تم إجراء التجارب في مخابر مديرية الموارد المائية – قسم مراقبة نوعية المياه, اللاذقية, سورية**

النتائج والمناقشة:

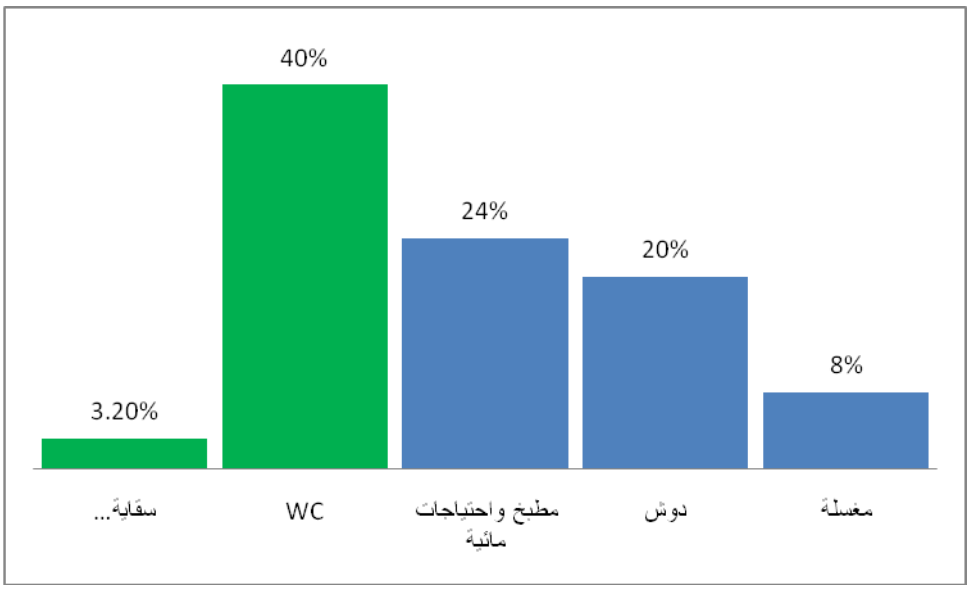
نظراً لكون نظام تصريف المياه المطرية غير منفصل عن تصريف مياه الصرف الصحي في سوريا (نظام تصريف موحد). ولصعوبة الفصل فقد تم جمع المياه المطرية من أحد المنازل المدروسة بشكل بسيط (من أنبوب مزراب السطح إلى وعاء PVC).

ولمعرفة الاحتياج المائي المنزلي لا بد من معرفة التدفقات المائية لكل من التجهيزات الصحية [14]. والجدول (3) يبين هذه التدفقات .

الجدول (3) : التدفقات المائية لبعض التجهيزات الصحية

مصدر مياه التغذية	دوش	مغسلة	مرحاض إفرنجي	بيديه	مطبخ واحتياجات مائية
كمية المياه المستخدمة	25 L/d/person	10 L/d/person	10-12 L/d/cap	6 L /d/person	30 L/d/person

كما أنه يوجد4 L/d/person مياه أخرى (سقاية – ...) . وبالتالي فان استهلاك الفرد في اليوم حوالي125 L/d (باستخدام المرحاض حوالي 5 مرات في اليوم و 10 L/d لكل عملية طرد).وفي سوريا يقدر استهلاك الفرد 100 L/d تقريباً, وبالتالي فإن النسبة المئوية للمياه المستخدمة مبينة في الشكل (4)



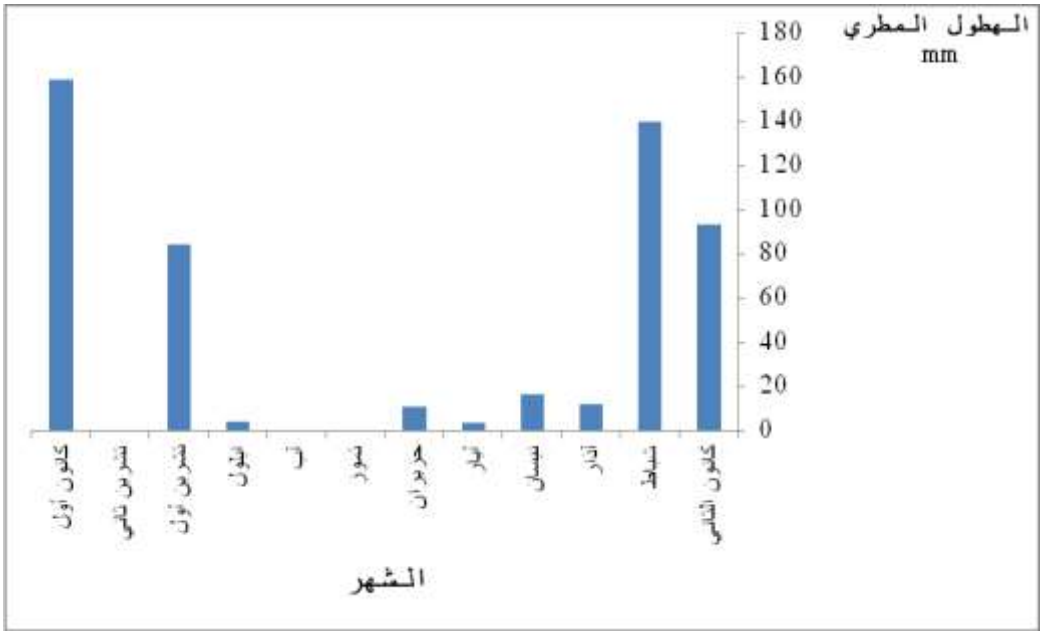
الشكل (4): النسبة المئوية لمياه الاستخدام المنزلية

في هذا البحث تعنينا مقادير المياه المطرية المجمعة من أسطح المنازل فقط, لانخفاض تلوثها، ولانخفاض نسبة المواد العالقة فيها، و أسهل لإعادة استخدامها.

ويبين الجدول (4) قيم البارمترات المقيسة للعينات المدروسة. أما الشكل (5) فيبين كمية الهطول المطري خلال أشهر عام 2010**.

الجدول (4): قيم البارمترات المقاسة للعينات المدروسة

رقم العينة	تاريخ قطف العينة	pH	الناقلية µs/cm	F.C CFU/100mL	T.C CFU/100mL
1	20/1/2010	7.40	303	0	22
2	8/2/2010	7.70	320	6	27
3	18/3/2010	7.86	316	13	34
4	20/4/2010	7.71	308	9	31
5	23/5/2010	8.10	304	11	42
6	26/6/2010	7.90	323	5	90
7	12/9/2010	7.35	307	8	56
8	24/10/2010	7.65	313	5	45
9	12/12/2010	7.60	293	0	16



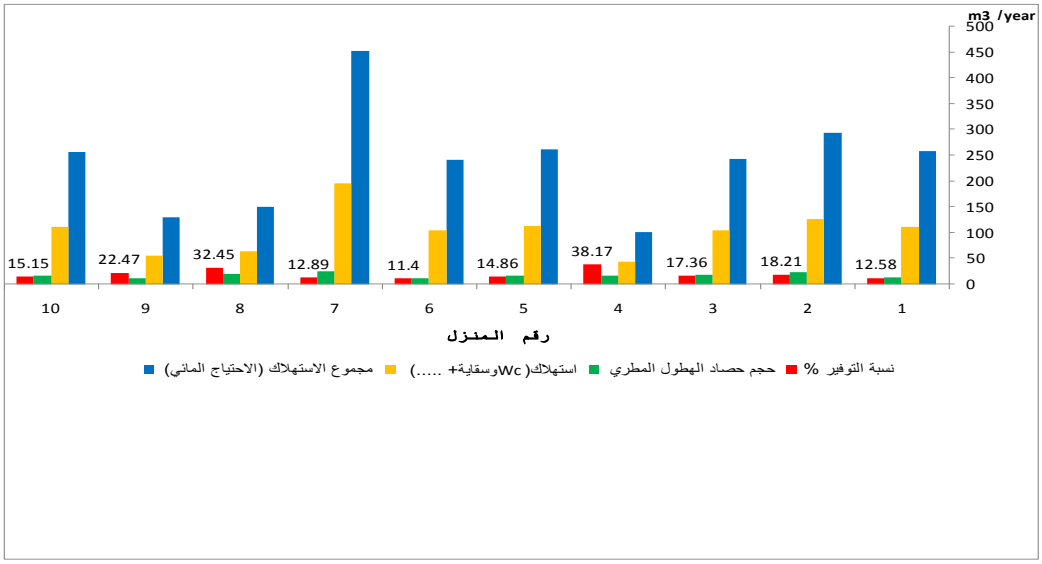
الشكل (5): كمية الهطول المطري خلال أشهر عام 2010

ويوضح الجدول (5) حجم استهلاك المياه وحجم المياه المطرية التقديرية المجمعة ونسبة التوفير. وتم تمثيل قيم حجم استهلاك المياه وحجم المياه المطرية التقديرية المجمعة ونسبة التوفير في الشكل (6).

** **مديرية الموارد المائية – قسم مركز معلومات الموارد المائية, اللاذقية, سورية.(لم تسجل أية هطولات قي شهر تشرين الثاني- آب- تموز وفقاً لمحطة الرصد الجوي الأزهري- اللاذقية)**

الجدول (5): حجم الاستهلاك للمياه وحجم المياه المطرية التقديرية المجمعة ونسبة التوفير

رقم المنزل	مجموع الاستهلاك (الاحتياج المائي) m^3/year (2010)	عدد أفراد الأسرة	معدل الاستهلاك اليومي للفرد(تقريباً) L/day/person	مساحة السطح m^3	استهلاك (Wc+سقاية+...) أي 43.2% من مجموع الاستهلاك m^3/year	حجم حصاد الهطول المطري m^3/year	نسبة التوفير %
1	258	5	141	100	111.46	14.02	12.58
2	294	8	101	165	127.01	23.13	18.21
3	243	4	166	130	104.98	18.22	17.36
4	102	4	69.5	120	44.06	16.82	38.17
5	262	6	120	120	113.18	16.82	14.86
6	242	5	133	85	104.54	11.92	11.40
7	453	8	155	180	195.69	25.23	12.89
8	150	4	103	150	64.80	21.03	32.45
9	130	5	71	90	56.16	12.62	22.47
10	257	5	141	120	111.02	16.82	15.15



الشكل(6) : حجم الاستهلاك للمياه وحجم المياه المطرية التقديرية المجمعة ونسبة التوفير

من الدراسة السابقة للمياه المطرية المجمعة من أسطح المنازل يمكن أن نلاحظ ما يلي :

- إن نسبة التوفير في الاحتياج المنزلي للمياه عند إعادة استخدام المياه المطرية المجمعة من سطح كل منزل لأغراض غير الشرب، (شطف خزان الطرد للمرحاض الإفرنجي, سقاية الحديقة ...). تراوحت بين 11.40% –38.17%. وهذا يعتمد على كل من الاحتياج المائي لأغراض غير الشرب، وعلى حجم الحصاد المطري الممكن الحصول عليه، والذي يعتمد بدوره على مساحة سطح المنزل وعلى كمية الهطول المطري المحلي.
- إن قيم الرقم الهيدروجيني PH تراوحت بين 7.4–8.1 ويعزى ذلك إلى شروط منطقة الصبيب ونوعها (أرضية سطح المنازل في الدراسة من البيتون)، والتي لها تأثير في ارتفاع في قيم pH وفي نوعية الماء.

- إن عدد الجراثيم القولونية البرازية F.C كان بين 0–13 CFU/100mL والعدد الكلي للجراثيم T.C كان بين 16–90 CFU/100mL إذ إن منطقة الصبيب معرضة لتغيرات الظروف والأحوال الجوية، ولاسيما كثافة المطر وشدته، والأيام الجافة السابقة للهطول، معرضة للشروط البيئية (ليس فقط المناخ المحلي ولكن أيضاً تلوث الجو). كما تتعرض للتلوث بمخلفات الطيور وغيرها, وكذلك تلوث أنابيب نقل المياه المطرية, وخزان التجميع (المزراب ووعاء التجميع في الدراسة). وأيضاً سلوك صاحب المنزل ونمطه وعاداته في حرصه على نظافة السطح. وبالتالي فإن المياه المطرية المجمعة بحاجة إلى فلترة ومعالجة سريعة للجراثيم للحصول على نوعية مناسبة لإعادة الاستخدام.

الإستنتاجات والتوصيات :

من الدراسة السابقة للمياه المطرية المجمعة من منزل نلاحظ ما يلي :

1. تشير نسبة التوفير في الاحتياج المنزلي للمياه عند إعادة استخدام المياه المطرية المجمعة من سطح كل منزل لأغراض غير الشرب إلى أنها تعتمد على كل من الاحتياج المائي لأغراض غير الشرب، وحجم الحصاد المطري الممكن الحصول عليه، والذي يعتمد بدوره على مساحة سطح المنزل وعلى كمية الهطول المطري المحلي. وقد تراوحت بين 38.17%– 11.40%.
2. إن معالجة المياه المطرية لإعادة استخدامها في خزان طرد المرحاض الإفرنجي بحاجة إلى معالجة سريعة للجراثيم للحصول على نوعية مناسبة لإعادة الاستخدام.
3. اقتراح نظام حصاد المياه المطرية بحيث يكون خياراً قابلاً للتطبيق في التطورات العمرانية الجديدة كما يمكن تطبيقه في الأبنية المنفذة أيضاً.
4. التقييم الدقيق للمخاطر البيئية والصحية العامة لإعادة استخدام المياه المطرية المجمعة لأغراض مختلفة يتطلب المزيد من البحوث العلمية الشاملة.

المراجع

1. http://en.Wikipedia.org/wiki/ Rainwater_ harvesting>
2. HERRMANN,T; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects . Urban Water, Volume 1, 1999, PP307–316.
3. - COOMBBES, P. J. ; ARGUE, J. R ; KUCZERA, G., Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development'. Urban Water, Volume 1, Elsevier Science Ltd, 1999, PP335-343.
4. GHISI, E. A ; MONTIBELLER; and SCHMIDT, R. Potential for potable water
savings. Building Environment , Volume 41, 2006, PP204–210.
5. DOMENECH, L; SAURI, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience,drinking water savings and economic

costs. Journal of Cleaner Production at ScienceDirect, Volume 19, Issues 17–18, 2011, PP598-608

6. العوض, حسين. حصاد مياه الأمطار بواسطة المنشآت المدنية ذات الأسطح. المهندس العربي, دمشق , 1.17-23, ص الربع الثالث, العدد 201170

7. منلا حسن, عبير, اسماعيل, اسكندر. شديد, كامل. الجدوى المائية لتقنيات حصاد المياه في البادية السورية مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية, 2009, المجلد25, العدد2, الصفحات 391-405.

8. ERIKSON, E. H. Potential And Problems Related To Reuse Of Water In Households. Enviroment And Resources: Technical University Of Denmark, 2002, PP1-38.

9. MUTHUKUMARAN,SH; BASKARAN, K ; SEXTON, N.Quantification of potable water savings by residential water conservation and reuse – A case study. Conservation and Recycling, Volume 55, 2011, PP 945– 952.

10. WARD, S; BUTLER, D; MEMON,F. A Pilot Study Into Attitudes Towards And Perceptions Of Rainwater Harvesting In UK. Centre For Water Systems, Universty Of Exeter,2008,PP366-372.

11. MUN, J. S; Han, M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system:Definition, sensitivity and verification. Journal of Environmental Management, Volume 93, 2012, PP147-153.

12. LYE, D. J. Rooftop Runoff As A Source Of Contamination: A Review. Science of the Total Environment, Volume 407, 2009, PP5429–5434.

13. FARRENY, R; PINZON, T. M; GUISASOLA,A ;TAYA, C; RIERADEVALL, J; GABARRELLA, X. Roof Selection Rainwater Harvesting: Quantity And Quality Assessments In Spain. Water Research, Volume 45, 2011, PP3245-3254.

14. مراد آغا, محمد أمجد. محاضرات في الهندسة الصحية. جامعة حلب- كلية الهندسة المدنية 1981-1982.(الحزء الثاني ص/16/