

حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. محمد توفيق محمد

جامعة سوهاج (مصر)

د. جلال عبده إبراهيم

جامعة تعز (اليمن)

مقدمة

في ظل ما تعانيه مدينة تعز كغيرها من المدن اليمنية من ندرة المياه وسوء جودتها وصعوبة الوصول إليها كان لابد من التفكير الجاد في حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بالمدينة؛ لتمييزها عن غيرها من أسطح المناطق الأخرى بنظافتها ومن ثم إمكانية الاعتماد عليها في بعض الاستخدامات المنزلية.

والى جانب مساهمة حصاد أمطار أسطح المباني في التصدي لجزء من مشكلة المياه، فهي ستسهم أيضا بدور ايجابي سواء في توفيرها لتكاليف شراء المياه ونقلها الى المنازل من ناحية وضمان عدم تجمعها في هيئة برك ومستنقعات من ناحية اخرى في بعض شوارع المدينة غير المهيأة لصرف الأمطار وما يترتب على ذلك من انتشار الأمراض.

وبالنسبة لموضوع الحصاد المائي فهو ينال اهتماما عالميا، يتزايد بمرور الوقت وتحديدا في المناطق التي تعاني من مشاكل مائية كما هو الحال في المناطق الجافة وشبه الجافة. ومن أبرز أشكال هذا الاهتمام عقد العديد من المؤتمرات والندوات الدولية المتعلقة بالموضوع إلى جانب تأسيس ما يعرف برابطة أنظمة الحصاد المائية International Rainwater Catchment Systems Association وذلك في عام 1989م.

وفي مدينة تعز -المجال الجغرافي للبحث- لم تكن مشكلة المياه بأبعادها المختلفة فيما مضى مشكلة ملحة ولكن مع زيادة السكان فيها بمعدلات كبيرة وتطورها العمراني والصناعي والاجتماعي بدأت الاحتياجات المائية تفوق المتاح منها بشكل ملحوظ مما ترتب عليه ظهور مشكلة المياه بالمدينة سواء من ناحية الانخفاض الواضح في نصيب الفرد من المياه من ناحية، وسوء جودة المتوفر منها من ناحية أخرى، ولاشك أن هذه المشكلة ستفاقم بمرور الوقت، وهذا ما يستدعي التفكير في حل لها، لتأمين احتياجات السكان المائية، ولعل هذا البحث الحالي يشارك في التصدي لهذه المشكلة من خلال الاستفادة من الأمطار الساقطة على أسطح المباني.

- أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تقديره لكمية مياه الأمطار التي يمكن حصادها - نظريا أو فعليا- من أسطح المباني ودورها في التغلب على مشكلة المياه التي تواجهها مدينة تعز، من خلال سد جزء من الاستعمالات المنزلية للمياه، كما يمكن بالاعتماد على عملية الحصاد المطري من تحقيق عدد من الفوائد¹ لقاطني هذه المباني ومنها :

- التقليل من اعتماد سكان هذه المباني سواء على مياه الشبكة العامة أو مياه الآبار قدر الإمكان لعدم انتظام مياه الأولى، وسوء جودة الثانية.

- المحافظة على الطاقة الكهربائية المستهلكة في مؤسسات المياه سواء في عملية نقل المياه أو معالجتها أو توزيعها.

- تقليل من عمليات جريان المياه في الشوارع والطرق وما يترتب على هذا الجريان من إتلافها وتدميرها.

- تقليص الإنفاق الموجه لفاتورة شراء المياه.

- أهداف البحث وتساؤلاته:

يهدف البحث إلى تقدير كمية المياه التي يمكن حصادها من أسطح المباني بمدينة تعز و التعرف على مدى التباين

1 للاستزادة من موضوع مزايا وفوائد حصاد الأمطار، راجع: (Krishna H. 2003)

المكاني والزمني لهذه الكميات؛ ومدى مساهمة مياهها في إشباع صور الاستهلاك المنزلي من المياه في إيقاظ الوعي لدى الأفراد والحكومة بأهمية الحصاد المطري ومن ثم إجراء المزيد من الأبحاث والاستثمار في هذا المجال. وفي ضوء ذلك يحاول البحث الإجابة على الأسئلة الآتية:

- ما كمية المياه التي يمكن حصادها من خلال أسطح المباني بالمدينة سواء بالنسبة للكمية (الكامنة) أو (الممكنة) وذلك عند مستوى كفاءات تجميعية مختلفة؟

- هل تتباين كمية هذه المياه المتجمعة من مكان إلى آخر داخل المدينة، ومن فترة زمنية لأخرى؟ ولماذا؟

- ما الفصل المناخي الذي يمكن الاعتماد عليه بصورة كبيرة في عملية الحصاد المطري وأي من شهور السنة يتميز بذلك؟

- هل ستسهم مياه الحصاد المطري التي سيتم تجميعها بدور لا بأس به في تخفيف احتياجات المنازل من المياه الحكومية؟ وما نسبة هذه المساهمة؟

- ما هو المردود الايجابي أو السلبي لعمليات الحصاد المطري على سكان المباني بمدينة تعز؟

-الدراسات والتجارب السابقة:

لأهمية موضوع الحصاد المائي، عقدت العديد من المؤتمرات الدولية والإقليمية والوطنية على مستوى العالم ومنها المؤتمرات التي أقيمت في هاواي 1982 وجزر فرجين 1984 وتايلاند 1987 والفلبين 1989 وكينيا 1993 واليابان 1994 والصين 1995 وإيران 1997 وقد أقيمت في هذه المؤتمرات العديد من الأبحاث التي اهتمت بكيفية تطوير تقنيات أنظمة الحصاد المائي والتخطيط لها وطرق تصميمها وتشغيلها وتقييم نوعية مياهها. وفيما يتعلق بأهم التجارب العالمية لحصاد المطر فمنها ما يطبق في جزيرة برمودا وفي جزيرة (Marshall) وجزيرة (Solemon).

وبجانب الجزر السابقة تمارس عمليات حصاد الأمطار في الولايات المتحدة الأمريكية وتحديدًا في ولايات تكساس وأريزونا وكاليفورنيا. وقد أشارت بعض الأبحاث إلى أنه من خلال الاعتماد على عملية حصاد مياه الأمطار تم توفير نحو (60 %) من المياه المطلوبة للحمامات في منطقة سيائل وتحديدًا في شارع الملك؛ وهذا ما يعنى توفير نحو (1.4) مليون جالون¹ من المياه العذبة كل سنة؛ وكذلك الحال في بارك Battery بمدينة نيويورك حيث تم توفير (50%) من احتياجات المباني اعتمادًا على الحصاد المطري (Chistopher,K.2008, P. 13)

ومن بين الدول الأفريقية التي قطعت شوطًا لا بأس به في عمليات حصاد الأمطار كل من دول كينيا وبتسوانا وتنزانيا وتوجو ومالي، وهذا ما أشار إليه تقرير اليونسيف (UNICEF) وقد ترتب عليها أبعاد اقتصادية واجتماعية في كل هذه الدول المذكورة.

وفي دول الوطن العربي ورغم ندرة المياه بمعظمها إلا أن موضوع حصاد الأمطار لم يلق اهتمامًا كبيرًا في الوقت الراهن² لاسيما في دوله التي تتأثر قدرًا لا بأس به من المطر. وإن كانت هناك بعض التجارب المحدودة في دول المغرب العربي ومصر والأردن واليمن وسلطنة عمان والعراق. (راجع : عبد الفتاح لطفي عبد الله، 1999). وقد يعزى عدم الاهتمام بالحصاد المطري في غالبية هذه الدول إلى ظروف اقتصادية وثقافية.

ويمكن الإشارة إلى أن أنظمة الحصاد المطري داخل الوطن العربي تهدف فقط إلى استغلال الماء سواء في النشاط الزراعي (اليمن) أو في مقاومة ظاهرتي الجفاف والتصحر كما حدث في دولتي المغرب والأردن (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 1994) بينما مازالت عمليات الحصاد المطري من أسطح المباني، لاستغلالها في أوجه الاستهلاك المنزلي، عمليات محدودة وغير منتشرة حتى الآن، رغم ما يمكن أن تساهم به في التخفيف عن عجز المصادر المائية بهذه المباني، وتغطيتها للاحتياجات المختلفة بها، لاسيما في ظل تدني نوعية مياه المصادر الأخرى.

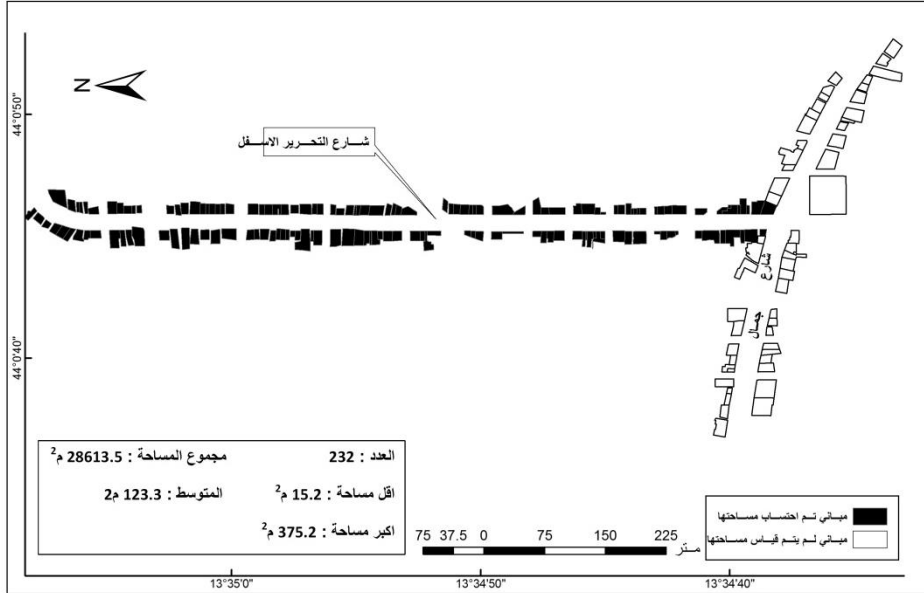
1 يحتوى الجالون الإمبريالي 4.5 لتر بينما يحتوى الجالون الامريكي 3.8 لتر .(الباحثان)

2 تشير المصادر التاريخية الى شيوع أنظمة الحصاد المطري في المنطقة العربية منذ ما يقرب من 4000 سنة.

منهجية البحث ومصادر بياناته:

لتحقيق أهداف البحث تم اتباع الخطوات التالية :

- حصر عدد المباني بالمدينة وتحديد مساحة أسطحها (م²) في كل مديرية على حدة، وقد تم الاستعانة في هذا الصدد بكل من كتب الإحصاء السنوي- لمعرفة عدد المباني - وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية، لتحديد مساحة أسطح هذه المباني خريطة (1)، إلى جانب تحديد بعض الملامح الأخرى الخاصة بها.



خريطة (1) نموذج لبعض المباني بشارع التحرير الأسفل، المتفرع من شارع جمال عبدالناصر بمدينة تعز

- تحديد سمات الأمطار بالمدينة باستخدام العديد من الأساليب الكمية والبيانية والكارتوجرافية، وذلك بالاستعانة بالبيانات المناخية لمحطة عصفرة.

- تقدير كمية مياه الحصاد المطري (الكامنة) من أسطح المباني اعتماد على المعادلة التالية:

$$Y = R * A \quad \dots\dots\dots(1)$$

- حساب مياه الحصاد المطري الممكنة من أسطح مباني المدينة بكفاءة تجميع (100%) وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$Y = F * R * A \quad \dots\dots\dots(2) \quad (www.wateraid.org)$$

- تقدير كمية مياه الحصاد المطري (الممكنة) من أسطح مباني المدينة عند كفاءة تجميع (75%) باستخدام الصيغة التالية:

$$Y = F * R * A * 0.75 \quad \dots\dots\dots(3)$$

حيث تشير (Y) إلى: كمية المياه التي يمكن تجميعها من أسطح المباني بالمتري المكعب، ويرمز (F) إلى: معامل الجريان والذي يختلف بدوره من سقف إلى آخر؛ في ضوء مادة البناء المشيد منها ودرجة انحداره. ويشير الرمز (R) إلى: كمية الأمطار (مم). بينما يعني (A): مساحة سقف المنزل (م²) (المعادلتين 1 و 3 من وضع الباحثين بتصرف).

- تحديد مدى مساهمة مياه الحصاد المطري في الاحتياجات اليومية لسكان المباني بالمدينة من المياه، وذلك من خلال التعرف على مقدار هذه الاحتياجات وذلك بتطبيق المعادلة التالية:

1 ونظراً لكون غالبية أسطح المباني بالمدينة مشيدة من الخرسانة ومغطاة أحياناً بالبلاط فقد تم الاعتماد على (0.85) كمعامل لكفاءة الجريان عند حساب الحصاد المطري الممكن. انظر الجدول (10).

الاحتياجات المائية داخل المباني (بالتر) $^1 = \text{عدد السكان} \times \text{ما يستهلكه الفرد (بالتر)} \times 365 (\text{يوم}) \dots\dots\dots (4)$ ويمكن تحويل عدد اللترات إلى أمتار مكعبة بقسمتها على ثابت مقداره (1000).

- مفهوم حصاد مياه الأمطار:

تشير الأبحاث (Sivanappan, R.K., 2006) إلى أن مصطلح الحصاد المطري Rainwater harvesting (RWH) استخدم لأول مرة من قبل الباحث Geddes بجامعة سيدني -أستراليا، وعرفه بأنه "عبارة عن تجميع وتخزين أي شكل من المياه الجارية لاستخدامها في الري"، بينما أشار Meyer إلى الحصاد المطري بكونه عبارة عن "تجميع المياه من منطقة عولجت لزيادة معدل الجريان"، وعرف Currier -حديثاً- هذا المصطلح بأنه "حصاد التساقط الطبيعي من مناطق معدة لذلك لاستخدام المياه استخداماً مفيداً" وتشير بعض الدراسات الأخرى (عبد الفتاح لطفي عبد الله، 1999، ص 469) إلى حصاد مياه الأمطار بأنه "تجميع الأمطار الساقط سواء على مسطحات أو مستجمعات بشرية التنفيذ (مثل أسطح المباني المنزلية أو العامة أو الساحات المكشوفة أو الشوارع أو المدرجات الزراعية) أو طبيعية (كالسفوح والمنحدرات أو الأودية) وتخزينها في خزانات أو حفر مبطنة أو أمام سدود أو توجيهها إلى خزانات المياه الجوفية.

ويرى آخرون (Boers, Th.M. 1994, P.1) أن عملية الحصاد أو التجميع تعنى تركيز مياه الأمطار وتوجيهها وتجميعها من مساحة أكبر هي منطقة المستجمع المائي catchment area إلى منطقة أصغر بغرض الاستفادة منها سواء في الزراعة أو غيرها من صور الأنشطة الأخرى.

وبالنسبة لمنظمة الفاو (FAO, 1991) فهي ترى أن الحصاد المطري ما هو إلا عملية تجميع الأمطار لأهداف إنتاجية "collection of rainfall for its productive use"، وهكذا يمكن إيجاز مفهوم الحصاد المطري على أنه عبارة عن تجميع وتوجيه وتخزين واستخدام للأمطار.

ومع أن الهدف الاسمي لعمليات الحصاد المطري هو الاستفادة القصوى من مياه الأمطار - سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، إلا إن عمليات الحصاد ذات أنواع متعددة؛ فمنها الحصاد من على سطح الأرض، ومنها الحصاد من على أسطح المباني.

وعن الحصاد المطري من أسطح المباني Roof top rainwater harvesting (RTRWH). وهو ما يهتم به البحث الحالي؛ فقد استخدم لأول مرة في أستراليا وذلك في العقد الثالث من القرن الماضي حيث استخدم لوح من الحديد المجلق لهذا الغرض، وفي أمريكا بدأ حصاد الأسطح في الخمسينات وبداية الستينات بهدف جمع المياه لسقي الحيوانات وري الأشجار.

-المجال الجغرافي للبحث:

تمثل مدينة تعز المجال الجغرافي للبحث، وهي تقع على السفح الشمالي لجبل صبر الذي يصل ارتفاع أعلى قمة فيه إلى (3016) متراً فوق مستوى سطح البحر بينما يتراوح ارتفاع سطح المدينة من 1250-1650 متراً. ويحد المدينة من الشمال مديرية التعزية، ومن الجنوب والشرق جبل صبر، ومن الغرب مديرية التعزية وجبل صبر. وعن موقعها الفلكي فهي تقع بين دائرتي عرض $33^{\circ} 13'$ و $37^{\circ} 13'$ شمالاً وخطي طول $57^{\circ} 43'$ و $44^{\circ} 45'$ شرقاً، وتتكون مدينة تعز من ثلاث مديريات هي (صالة - القاهرة - المظفر) خريطة (2) و تقدر مساحتها بنحو (39.2 كم²) تقريباً.

1 تتباين كمية ما يستهلكه الفرد داخل المبني من مكان إلى آخر في ضوء عدد من الضوابط منها الظروف المناخية السائدة والمستوي الحضاري ومدى توفر المياه او ندرتها . ويقدر ما يستهلكه الفرد بمدينة تعز بنحو (40 لتر / يوم) في المتوسط.

أولاً: مبررات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني في مدينة تعز ومقوماتها الجغرافية:

للقيام بحصاد مياه الأمطار في منطقة ما؛ لابد من دوافع تدعو إلى ذلك، ومثل هذه الدوافع غير كافية بمفردها لإجراء عملية الحصاد، إن لم تتوافر مقومات جغرافية تسهم بدورها في ذلك، ومن خلال هذا المبحث تسعى الدراسة إلى عرض أهم المبررات الداعية إلى حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز، ومدي توفر المعطيات الجغرافية التي تسهم في ذلك.

1- مبررات ودوافع الاهتمام بحصاد مياه الأمطار بمدينة تعز:

على الرغم من ضرورة الاعتناء بالمياه دون مبرر أو دافع - لكونها تعتبر مصدراً للحياة - وهذا وحده سبب كافٍ للاهتمام بها، إلا أن هناك العديد من الأسباب التي تزيد من اهتمام سكان مدينة تعز بموضوع حصاد المياه، منها:

أ- انخفاض نصيب الفرد من المياه بمدينة تعز:

تشير الإحصاءات الرسمية إلى أن نصيب الفرد من المياه بمدينة تعز لا يتعدى بشكل عام (130م³/عام) أي أن سكان المدينة يعيشون فقراً مائياً مطلقاً¹، ويعزى ذلك إلى ندرة مصادر المياه في اليمن بشكل عام، فضلاً عن انخفاض إنتاجية المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بمدينة تعز بشكل خاص - من المياه.

ومن بيانات الجدول (1) يتضح مدى تدني إنتاج المؤسسة العامة للمياه حيث لا يتعدى نصيب الفرد من المستفيدين (21م³/سنة) مع تذبذب هذه الإنتاجية من عام لآخر. ومما يزيد من تفاقم هذه المشكلة بشكل واضح هو زيادة عدد السكان بالمدينة ونموهم السكاني المتزايد بشكل كبير من سنة إلى أخرى حيث بلغ إجمالي عدد سكان المدينة نحو (686230 نسمة) طبقاً لتقدير 2009، ولا شك أن الوضع سيكون أكثر صعوبة مع زيادة مستوى معيشة هؤلاء السكان وتحضرهم، إلى جانب تنافس عدة مجالات أخرى للحصول على المياه.

ب- تدني عدد المشاركين والمستفيدين من خدمة المياه بمدينة تعز:

يوضح الجدول (1) أن إجمالي عدد المشاركين في تلقي خدمة المياه بالمدينة لا يتعدى عددهم نحو (50) ألف أسرة، وإن إجمالي المستفيدين من هذه الخدمة يبلغ عددهم نحو (370) ألف نسمة وهذه الأرقام لا تمثل سوى نسبة منخفضة (59%) (65%) من إجمالي عدد الأسر والسكان على الترتيب. وقد يعزى هذا إلى الظروف الاقتصادية المتردية للسكان أصحاب الدخل المنخفض (20000 ريال يمني/ شهرياً)، حيث مازالت تكلفة الفاتورة الشهرية للمياه للأسر ذات الدخل المحدود - في الـ 5 متر مكعب الأولى - أعلى من الحد العالي الذي وضعته منظمة الصحة العالمية وهو (5%) من دخل الأسرة، فضلاً عن تردّي أوضاع الخدمة التي تقدمها المؤسسة المحلية للمياه بالمدينة، حيث أنها تقوم بتزويد المياه للمستفيدين على فترات متباعدة تصل غالباً إلى أقل من مرة في الأسبوع وقد تصل إلى مرة في الشهر لاسيما في المناطق الهامشية من المدينة (وزارة المياه والبيئة، التقرير السنوي، 2010).

1 حيث تشير الأبحاث والدراسات المتعلقة بالمياه إلى أنه إذا زاد نصيب الفرد من الماء عن 1700م³/السنة ففي هذا إشارة إلى وجود تخمة مائية، بينما إذا قل نصيبه عن 1000م³/السنة فإن هذا يعني فقر مائي، وفي حالة انخفاضه عن 200م³/السنة ففي هذا إشارة واضحة إلى وجود فقر مائي مطلق (الأمم المتحدة، 2002، ص 2-3).

- العمل على توفير جزء من ميزانية الأسرة سواء الموجه منها للتعاقد مع المؤسسة المحلية للمياه أو لدفع فاتورة المياه لها أو للشركات الخاصة بالمياه في حالة عدم التعاقد أو عدم وصول شبكة المياه إلى المنزل. فالماء في عملية الحصاد مجانا والتكلفة فقط في تقنيات جمعه وحصاده وتخزينه التي لا تنفذ إلا مرة واحدة.
 - ضمان مياه ذات جودة جيدة لاستخدامها في بعض صور الاستهلاك المنزلي، كالغسيل وذلك لخلوها من الكالسيوم والمغنسيوم (عبدالله عبد الجبار، 2005، ص 106).
 - مواجهة الانقطاع المستمر لإمدادات الشبكة المحلية للمياه.
- ومن خلال عرض المبررات السابقة يتبين ضرورة الاهتمام بحصاد مياه الأمطار لمواجهة سلبيات شبكة المياه من ناحية والاستفادة من مزايا الحصاد من ناحية أخرى، لاسيما أن المعطيات الجغرافية- وتحديد المعطيات المطرية بالمدينة تساعد على ذلك وهذا ما سنعرض له في المبحث التالي.

2- المقومات الجغرافية لحصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز:

تتعدد المقومات الجغرافية اللازمة لقيام عملية الحصاد المطري من أسطح المباني، ويمكن إيجاز أهم هذه المقومات في كل من سقوط الأمطار، ووفرة المباني وتوفر الإمكانيات، وسنعرض لهذه المقومات بمدينة تعز للتعرف على مدى تواجدها وانتشارها للقيام بعملية الحصاد المطري.

2-1- سقوط الأمطار في مدينة تعز:

تعد الأمطار حجر الزاوية في عملية الحصاد المطري، إذ بدونها لا يمكن قيام هذه العملية - حتى لو توفرت كل المقومات الأخرى (أسطح المباني- الإمكانيات) ومن بين السمات المطرية التي ينبغي دراستها بخصوص موضوع الحصاد المطري كل من كمية الأمطار وتوزيعها وكثافتها. وهذا ما سيعرضه البحث فيما يلي.

2-1-1- المتوسط السنوي والفصلي للأمطار بمدينة تعز:

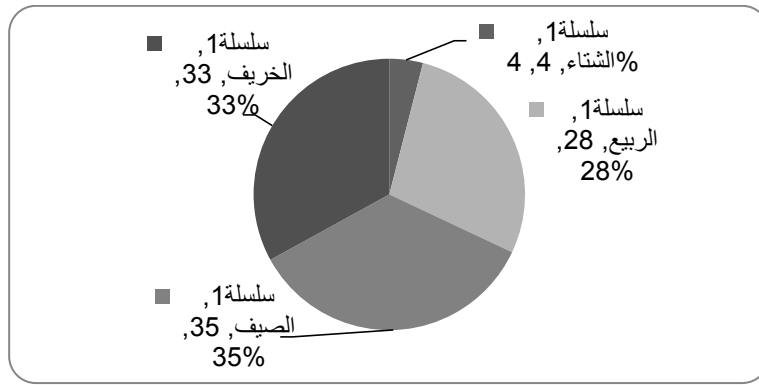
تشير بيانات الجدول (2) إلى أن مدينة تعز تستقبل تقريبا نحو (577 مم) من الأمطار كمعدل سنوي، وهذه القيمة تتباين بطبيعة الحال من عام إلى آخر إذ تصل أحيانا إلى أكثر من (800 مم) وفي البعض الآخر لا تتعدى نحو (400 مم)¹. وأي من هذه القيم المطرية لا تستقبلها مدينة تعز بالتساوي خلال فصول السنة المختلفة حيث تستأثر بعض الفصول بنسبة كبيرة على حساب الفصول الأخرى فعلى سبيل المثال يبلغ نصيب فصل الصيف نحو (203 مم) بنسبة مقدارها (35%) من إجمالي معدل الأمطار السنوية بينما لا تزيد أمطار الشتاء عن (4%)، أما بالنسبة لفصلي الربيع والخريف فإن نسبة أمطارهما تتراوح ما بين (28%) و (33%) من المتوسط السنوي على الترتيب. وهذا ما يوضحه الشكل (1).

جدول (2) المعدل السنوي والفصلي للأمطار (مم) بمدينة تعز

الفصل	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف	المتوسط السنوي
الأمطار (مم)	21	164	203	189	577
(%) من المعدل السنوي	4	28	35	33	100

الجدول من إعداد الباحثين اعتمادا على: الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من (1944-2010 م).

1 يفضل أن لا تقل كمية الأمطار السنوية عن (300 مم) أو (50 مم) شهريا 1. (Worm,J., Hattun, T., 2006, P., 18)



شكل (1) نسبة الفصول المختلفة من المعدل السنوي للأمطار

2-1-2- المعدل الشهري للأمطار بمدينة تعز:

يوضح الجدول (3) المعدل الشهري للأمطار بمدينة تعز، ومن خلاله يمكن القول، أن أكثر الشهور التي تشهد سقوطاً للأمطار، هو شهر سبتمبر الذي يستقبل نحو (93 مم) وهو بذلك يستأثر بحوالي (16%) من المعدل السنوي للأمطار، يليه شهر أكتوبر ويستقبل نحو (80 مم) ثم مايو ويونيه وأغسطس حيث لا يقل معدل الأمطار بأي منها عن (74 مم). وهذه الشهور مجتمعة تحظى بحوالي (70 %) تقريباً من مجموع الأمطار السنوية.

جدول (3) المعدل الشهري للأمطار ونسبة كل شهر من المعدل السنوي بمدينة تعز

الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الأمطار (مم)	4	9	25	61	78	77	52	74	93	80	16	8
(%)	0.6	1.6	4.3	10.6	13.5	13.4	9	12.8	16.1	13.9	2.8	1.4

الجدول من إعداد الباحثين اعتماداً على: الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من (1944-2010 م)

أما فيما يتعلق بأقل الشهور استقبالا للأمطار بتعز فهو شهر يناير (4 مم) ويليه شهر ديسمبر (8 مم) ثم فبراير (9 مم) وهم بذلك جميعاً لا يستأثرون سوى بـ (4%) من المعدل السنوي للأمطار بالمدينة.

2-1-3- أقصى كمية مطر شهرية:

نظراً لانتفاء منطقة البحث للمناطق الجافة وشبه الجافة وما يترتب على ذلك من تباين الأمطار تبايناً كبيراً سواء على المستوى السنوي كما سبقت الإشارة أو حتى خلال الشهر الواحد من عام إلى آخر لذا كان من الضروري معرفة أقصى كمية مطر سقطت خلال مختلف الشهور وما تعادله هذه القيم بالنسبة للمتوسط الشهري للأمطار بمنطقة البحث، لدورها في عملية تحديد كل من حجم الخزانات، و شبكة تجميع المياه، ومن ثم ضرورة الاستعداد لذلك. وهذا ما يوضحه الجدول (4).

جدول (4) أقصى متوسط شهري للأمطار بمدينة تعز خلال الفترة من 1944..-2010م

الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الأمطار(مم)	27	88	137	143	213	454	135	223	213	390	74	69
ما تعادله من متوسط الأمطار	7	10	5	2	3	6	3	3	2	5	5	9

الجدول من اعداد الباحثين اعتمادا على: الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من (1944-2010م).

ومن خلال بيانات الجدول (4) يتبين أن أقصى متوسط لكمية مطر شهرية بمدينة تعز كانت من نصيب شهر يونيه و بلغت (454 مم) يليه شهر أكتوبر (390 مم) ثم شهرا أغسطس وسبتمبر وبكل منهما (223) و (213 مم) على الترتيب. وينبغي وضع هذه القيم في الاعتبار عند عملية الحصاد.

كما يتضح من الجدول (4) أيضا أن الكميات المطرية القصوى لبعض الشهور تعادل في كمياتها ما بين (7-10 مرات) مما تستقبله هذه الشهور من معدل مطري. ويحدث ذلك غالبا في شهور الشتاء. ومثل هذه القيم مضللة لانخفاض ما تستقبله هذه الشهور من كمية الأمطار بشكل عام.

2-4-1- عدد الأيام الممطرة بمدينة تعز:

بعد أن تعرض البحث لكمية الأمطار وتوزيعها الفصلي والشهري وأقصى كمية مطر شهرية؛ كان من الضروري معرفة عدد الأيام التي تسقط فيها هذه الكمية من الأمطار لأهمية ذلك فيما يتعلق بالكثافة المطرية؛ وما يرتبط بها من إجراءات ضرورية ينبغي وضعها في الاعتبار عند تصميم شبكة تجميع المياه من الأسطح وهذا ما يوضحه الجدول (5).

جدول (5) المعدل السنوي والشهري لعدد الأيام الممطرة (باليوم) بمدينة تعز.

الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط السنوي
م.أ.م/ي ¹	0.5	0.9	3	5	6.6	6.1	5.5	8.1	9.4	5.6	1.1	0.6	52.4
(%)	1	1.7	5.7	9.5	12.6	11.6	10.5	15.5	18	10.7	2.1	1.1	100

الجدول من إعداد الباحثين اعتمادا على: الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من (1944-2010 م).

ومن خلال الجدول (5) الذي يوضح عدد الأيام الممطرة بمدينة تعز على المستوى الشهري ونسبة كل منها من المجموع السنوي للأيام الممطرة يتبين ما يلي:

- أن المعدل السنوي لعدد الأيام الممطرة يبلغ (52) يوماً، أي حوالي (14%) من أيام السنة. وهي نسبة ضئيلة نسبياً تستدعى الحرص والاهتمام بعملية الحصاد خلال هذه الأيام الممطرة.
- تتركز الأيام الممطرة في شهور سبتمبر (تسعة أيام) وأغسطس (ثمانية أيام) ومايو (سبعة أيام) وما لا يقل عن خمسة أيام في شهور يونيه وأكتوبر، ومن الواضح أن هناك علاقة طردية بين عدد الأيام الممطرة وكمية الأمطار وتكون

1 متوسط الأيام الممطرة (باليوم)

هذه العلاقة أكثر وضوحاً في شهر سبتمبر وأغسطس. وإن كانت هذه القاعدة ليست مطلقة. حيث أن بعض الشهور تشهد عدداً كبيراً من الأيام الممطرة غير أن كمية المطر بها تكون قليلة نسبياً ويعزى ذلك إلى انخفاض ما تسقطه هذه الأيام من أمطار نظراً لأنها تكون في بداية الموسم المطري ومن بين هذه الشهور شهراً مارس ويوليه.

- أقل الشهور التي تشهد أياماً ممطرة هي شهور ديسمبر ويناير وفبراير حيث لا تشهد سوى يوم ممطر واحد على الأكثر في كل شهر من هذه الشهور على حدة وهذه الشهور يمكن اعتبارها شهوراً جافة.

2-1-5- كثافة الأمطار بمدينة تعز:

بعد أن تعرض البحث بالدراسة لكل من كمية الأمطار وعدد الأيام الممطرة بمدينة تعز كان من الضرورة معرفة كثافة الأمطار بها، سواء بالنسبة لمتوسط الأمطار العادية أو لأقصى كمية مطر تستقبلها المنطقة؛ على اعتبار أن كثافة الأمطار لاسيما الفعلية تحدد إلى حد كبير أحجام (قطر) شبكة تجميع مياه الأمطار المحصورة فكلما كانت الكثافة المطرية كبيرة ومركزة كلما استدعى ذلك كبر قطر هذه الشبكة والعكس صحيح - أي أن العلاقة بينهما علاقة طردية. حتى تتمكن من استيعاب كمية المياه التي سيتم حصادها بيسر.

ويوضح الجدول (6) الكثافة المطرية بمدينة تعز، ومن خلاله يتضح أن أعلى كثافة للمعدل للأمطار يسجلها شهر نوفمبر (15مم/يوم) ثم أكتوبر (14مم/يوم) وديسمبر ويونيه وبكل منهما (13مم/يوم). بينما تبلغ الكثافة المطرية للقيم القصوى أقصاها في شهر ديسمبر (115مم/يوم) ثم فبراير (98مم/يوم) وأكتوبر (70مم/يوم).

جدول (6) كثافة الأمطار الشهرية (مم/يوم) سواء للمتوسطات أو أقصى قيمة مطرية سجلت بمدينة تعز.

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط السنوي
للمتوسطات	8	10	8	12	12	13	9	9	10	14	15	13	11
لأقصى قيمة	54	98	46	29	32	74	25	28	23	70	67	115	-

الجدول من إعداد الباحثين اعتماداً على: الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من (1944-2010 م).

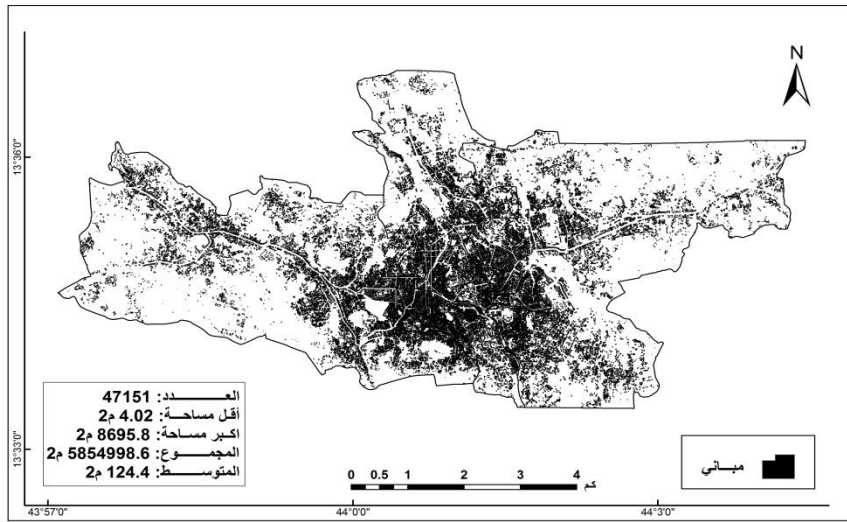
2-2- المباني في مدينة تعز وخصائصها:

تعتبر أسطح المباني من بين المقومات الضرورية لحصاد الأمطار، لكونها بمثابة المستجمع المائي الذي يستقبل الأمطار. وفي ضوء مساحة هذا المستجمع وخصائصه وانحداره تتحدد كمية المياه التي سيتم تجميعها؛ لذلك كان تحديد عدد المباني ومساحة أسطحها وطبيعة هذه الأسطح أمراً ضرورياً لهذا البحث (خريطة 3).

2-2-1- عدد المباني في مدينة تعز:

في البدء ينبغي التنويه إلى وجود فرق بين مفهومي المبنى والمسكن فالأول يقصد به في هذا البحث تلك الكتلة العمرانية الواحدة، والذي قد يحوي مسكناً أو أكثر من مسكن، بينما يعتبر المسكن جزءاً من المبنى؛ وهذا ما يكون غالباً،

حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز باستخدام نظم المعلومات الجغرافية د. محمد توفيق محمد د. جلال عبده ابراهيم
وربما لا يضم المبني إلا مسكنا واحدا وإن كان ذلك نادرا لاسيما في المناطق الحضرية، لهذا دائما ما تكون أعداد
المباني في منطقة ما أقل من عدد المساكن بها.



خريطة (3) المباني في مدينة تعز

جدول (7) عدد وكثافة المباني بمدينة تعز

اسم المديرية	المساحة (كم ²)	عدد المباني	نسبة المباني بكل مديريةية (%)	كثافة المباني (مبنى/كم ²)
المظفر	16.2	18196	38.6	1123
القاهرة	7.1	13243	28.1	1865
صالة	15.9	15712	33.3	988
مدينة تعز	39.2	47151	—	1203

الجدول من إعداد الباحثين اعتمادا على: الجمهورية اليمنية، وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء، كتاب الإحصاء السنوي، صنعاء، 2009 م. والمساحة بالاعتماد على برنامج ArcMap 9.3.

ويوضح الجدول (7) إجمالي عدد المباني في مدينة تعز ونصيب كل مديريةية من هذه المباني، ومن بيانات هذا الجدول يتبين ما يلي: إن مجموع عدد المباني بمدينة تعز - حتى نهاية 2004- بلغ تقريبا نحو (48 ألف مبني) تحظى منها مديريةية المظفر بنحو (18 ألف) مبني بما يعادل نحو (39%)، تليها مديريةية صالة بما يعادل نحو (33%)، بينما يبلغ عدد مباني مديريةية القاهرة نحو (13 ألف) مبني أي بما يعادل (28%) من إجمالي عدد المباني بالمدينة. ومما ينبغي ذكره أن عدد المباني بالمدينة في زيادة مستمرة من جراء ما تشهده من تنمية عمرانية كبيرة لاسيما في أطرافها الشمالية الشرقية.

تبلغ كثافة المباني (مبنى/كم²) نحو (1865 مبنى/كم²) بمديرية القاهرة تقريبا لصغر مساحتها واستواء سطحها، بينما لا تزيد هذه الكثافة في مديرتي صالة والمظفر عن (1200 مبنى /كم²) نظرا لكبر مساحتهما إذ تبلغ (16 كم²) لكل منهما على حدة، إلى جانب زيادة درجة الانحدار بهما مما يعيق إقامة المباني في بعض أجزائهما.

2-2-2- مساحة أسطح المباني بمدينة تعز:

ترتبط غالباً مساحة المباني في منطقة ما بعددها، ويبين الجدول (8) مساحة أسطح المباني بمديريات مدينة تعز، ونسبة مساحة هذه الأسطح من مجموع المساحة الكلية لمختلف المديريات.

جدول (8) مساحة أسطح المباني ونسبتها من إجمالي المساحة الكلية لمديريات مدينة تعز (2005م).

المديرية	المساحة (كم ²)	مساحة أسطح المباني (م ²)	(%) من المساحة	اصغر مساحة مبنى (م ²)	أكبر مساحة مبنى (م ²)
المظفر	16.2	2143267	13.2	4.02	8695.8
القاهرة	7.1	1622069	22.8	4.03	3284.7
صالة	15.9	2089663	13.1	4.02	3117.6
مدينة تعز	39.2	5854999	14.94	4.02	8695.8

الجدول من إعداد الباحثين اعتماداً على: برنامج ArcMap 9.3

ومن خلال بيانات الجدول (8) يتضح أن مجموع مساحة أسطح المباني بمدينة تعز تبلغ (6 كم²) تقريباً بما يعادل (15%) من مساحة المدينة¹ وهي تعد نسبة صغيرة بشكل عام، ومما يفسر ذلك هو انتشار بعض المناطق الجبلية ذات الانحدار الشديد داخل المدينة والتي يصعب البناء عليها لاسيما في مديرتي المظفر وصالة كما سبقت الإشارة، فضلاً عن وجود مناطق بيئية أو مختللات لم يبن عليها أية مباني حتى الآن لأسباب مختلفة. بالإضافة إلى كثرة الشوارع الثانوية والأزقة فيما بين المباني لصغر مساحتها.

وفيما يتعلق بنسبة مساحة أسطح المباني بالنسبة للمساحة الكلية في المديريات المختلفة بمدينة تعز، فمن الواضح أنها مرتفعة في مديرية القاهرة حيث تصل إلى (23%) ومنخفضة في مديرتي المظفر وصالة إذ لا تزيد فيهما عن (14%) للأسباب سالفة الذكر. وعن متوسط مساحة أسطح المباني بمدينة تعز فهو يتفاوت من مديرية إلى أخرى حيث يبلغ نحو (118 م²) في مديرية المظفر و(123 م²) في مديرية القاهرة و(133 م²) في مديرية صالة.

2-2-3- خصائص أسطح المباني بمدينة تعز:

تساهم سمات وخصائص أسطح المباني - لاسيما فيما يتعلق بطبيعة نمط هذه الأسقف أو مادة البناء التي تتكون منها- بدور كبير في تحديد ما يمكن حصاده من الأمطار التي تسقط عليها، إلى جانب تأثيرها في جودة هذه المياه، ففيما يتعلق بشكل هذه الأسقف فهي متعددة على مستوى العالم فمنها الأسقف الهرمية والقبابية والمستوية والمنحدرة، وأي من هذه الأنماط إما أن تتكون من الأخشاب أو المعادن أو الخرسانة أو البلاستيك أو غيرهم.

وتشير الأبحاث إلى أن سقوط كمية من الأمطار تقدر بنحو (11 مم) على أسطح معدنية تبلغ مساحتها (100م²) فهي تسهم في تجميع نحو (1000 لتر) من المياه، بينما تحتاج نفس المساحة من الأسطح الإسمنتية أو الخرسانية إلى نحو (16مم) من الأمطار لتجميع نفس الكمية، ويعزي ذلك لطبيعة الحال إلى تباين ما يعرف (معامل كفاءة الجريان)

1 وهذه المساحة تساوى نحو 1429 فدناً.

حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز باستخدام نظم المعلومات الجغرافية د. محمد توفيق محمد د. جلال عبده ابراهيم

بين هذه الأسطح حيث يكون ذا قيمة كبيرة على الأسطح المعدنية أو البلاستيكية بالمقارنة بغيرها من الأسطح المنزلية الأخرى. وهذا ما يوضحه الجدول (9). ولا شك أن الأسطح المنحدرة تساعد على تجميع المياه بشكل أكبر مما عليه الحال بالنسبة للأسطح المستوية تماما أو شبه المستوية.

وعن غالبية أسطح مباني مدينة تعز - لاسيما المباني الحديثة - فهي ذات خصائص متشابهة سواء في المادة المستخدمة في تشييدها وهي المواد الإسمنتية أو الخرسانية ؛ وأحيانا ما تغطي هذه الأسطح في بعض المباني بالبلاط، أما فيما يتعلق بشكل هذه الأسقف فهو الأسقف ذات الأسطح المستوية.

جدول (9) معامل كفاءة الجريان المائي على بعض أنواع الأسقف المختلفة.

نوع سقف المبنى	كفاءة الجريان (RC)
معدني (حديدي مجلفن - ألومنيوم)	$0.9 <$
خرساني مغطى (بلاط - سيراميك)	$0.9 - 0.8$
خرساني	$0.7 - 0.6$
عضوي أو خشبي	$0.5 - 0.2$

المصدر: بتصرف اعتمادا على: (Worm, J., Hottum, 2006, P., 31)

3- الإمكانيات المادية والبشرية اللازمة لحصاد مياه الأمطار:

أن وجود الإمكانيات بشقيها المادي والبشري وإتاحتها وتوفيرها يعد أمراً ضرورياً للقيام بتنفيذ أية مشروع بما في ذلك حصاد مياه الأمطار وإن كانت هذه الإمكانيات المطلوبة لإجراء عملية الحصاد غير مكلفة كثيراً.

ويمكن تحديد ما تحتاج إليه عملية الحصاد المطري بأنه عبارة عن شبكة تجميع للمياه الساقطة على الأسطح بكفاءة، وهذه الشبكة إما أن تكون مصنوعة من البلاستيك أو من مواد أخرى وهي بذلك لا تتعدى تكلفة إنشائها ما يعادل تكلفة إنشاء شبكة الصرف الصحي لأية مبنى بل أقل من ذلك بقليل حيث إن شبكة الصرف الصحي يتم توصيلها إلى كل شقة من شقق المبنى على حدة بعدد من الوصلات وهذا ما لم يحدث بالنسبة لشبكة تجميع مياه الأمطار والتي يقتصر توصيلها على سطح الدور الأخير للمبنى. أما بالنسبة لتكلفة إنشاء شبكة إعادة توزيع وتخزين المياه التي سيتم تجميعها فتكاد تكون قليلة على اعتبار أن غالبية المباني بالمدينة مزودة بهما.

وعموماً فإن إجمالي التكاليف المبدئية لتكوين شبكة تجميع المياه من أسطح المباني ترتبط طردياً مع ارتفاع المبنى وزيادة مساحة سطحه، حيث إن العامل الأول يتطلب عدداً أكبر من المواسير بينما يؤثر العامل الثاني في كبر قطر المواسير التي يحتاج إليها المبنى.

وإلى جانب حاجة عملية الحصاد المطري إلى شبكة تجميع وإعادة توزيع جديتين وبكفاءة عالية فضلاً عن حاجتها إلى خزانات لتجميع مياهها فهي أيضاً بحاجة إلى أحواض تلحق بنهاية شبكة التجميع أو بداية شبكة التوزيع لاستعمالها في تنقية المياه من الشوائب، وعن تكلفة إنشاء هذه الأحواض فهي تختلف من نوع إلى آخر في ضوء عدة عوامل منها حجم هذه الأحواض والمواد المستخدمة فيها.

ويمكن الإشارة إلى أن معظم المباني في مدينة تعز مزودة بشبكة ميازيب لصرف مياه الأمطار عند سقوطها وتجمعها على الأسطح ولكن هذه الشبكة تصرف تلك المياه إلى الشوارع !!! دون توجيهها إلى خزانات خاصة بذلك للاستفادة منها بصورة أو بأخرى.

وهكذا يمكن القول إن تكلفة عمليات الحصاد المطري تتوفر مبدئياً بمباني مدينة تعز لوجود معظم مكوناتها في العديد من المباني (شبكة التجميع - الخزانات - مضخات)، وفي حالة عدم توفرها في بعض المباني فيمكن توفيرها بسهولة لكونها غير مكلفة من ناحية، وجداها الاقتصادية من ناحية أخرى.

ومما سبق، يتبين توفر المعطيات المادية اللازمة لقيام عملية حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز، أما فيما يتعلق بالإمكانات البشرية المطلوبة فهي لا تتعدى عدد من المهندسين والفنيين والقوة العاملة واي من هؤلاء يتوفر بمستوى مرضٍ؛ لاسيما داخل المدن. ويعد أن أتضح من خلال المبحث الحالي توفر كل من مبررات الحصاد المطري ومعطياته بمدينة تعز سنتعرض في المبحث الآتي لكمية المياه الكامنة أو الممكنة التي يمكن حصادها من على أسطح المباني بالمدينة.

ثانياً: تقدير كمية المياه التي يمكن حصادها من أسطح المباني بمدينة تعز:

عند سقوط (1مم) من المطر على مساحة مقدارها واحد متر مربع يمكن تجميع لتر واحد من الماء، أو بمعنى آخر فإن سقوط (بوصة واحدة) من الأمطار على قدم مربع تنتج ما يقدر بنحو (1.7 جالون) أي (6.5 لتر تقريباً). وهذه القيم الكامنة يصعب الوصول إليها فعلياً، لتعدد العوامل التي تتحكم في تحديدها. فقد تتساوى الأمطار في منطقة ما مع غيرها في منطقة أخرى إلا أن ما يتم حصاده منهما غير متساوٍ لاختلافهما سواء في الفاعلية أو طبيعة وخصائص منطقة المستجمع المائي أوفى كفاءة عملية التجميع أو لعوامل أخرى.

ومما ينبغي الإشارة إليه هو وجود اختلاف واضح بين مفهومي الحصاد المطري الكامن والحصاد المطري الممكن إذ أن المفهوم الأول يقصد به القيام بحصاد كل ما يسقط من أمطار دون التفريط في قطرة واحدة، بينما يشير الحصاد المطري الممكن إلى ما يمكن حصاده فعلياً ؛ والذي يقصد به تجميع ما يسقط من أمطار بقدر المستطاع. فالمفهوم الأول يصعب تحقيقه على أرض الواقع، بينما يمكن تنفيذ المفهوم الثاني.

وفيما يلي حساب كل من الحصاد المطري الكامن والممكن من مياه الأمطار الساقطة على أسطح المباني بمدينة تعز سواء على المستوى السنوي أو الفصلي أو الشهري.

1- تقدير مياه حصاد الأمطار الكامنة من أسطح مباني مدينة تعز:

تم تقدير مياه الحصاد المطري الكامنة السنوية والفصلية والشهرية من مختلف أسطح المباني بمديريات مدينة تعز، وذلك على اعتبار أن كل ما يسقط من أمطار على أسطح المباني بمنطقة البحث يمكن حصاده وتجميعه، دون الأخذ في الاعتبار لكل من معامل الجريان، وكفاءة التجميع. أو بمعنى آخر هو أن قيمة معامل كفاءة الجريان تبلغ واحداً صحيحاً، وأن كفاءة التجميع تصل إلى (100%).

1-1- كمية مياه حصاد الأمطار السنوية الكامنة:

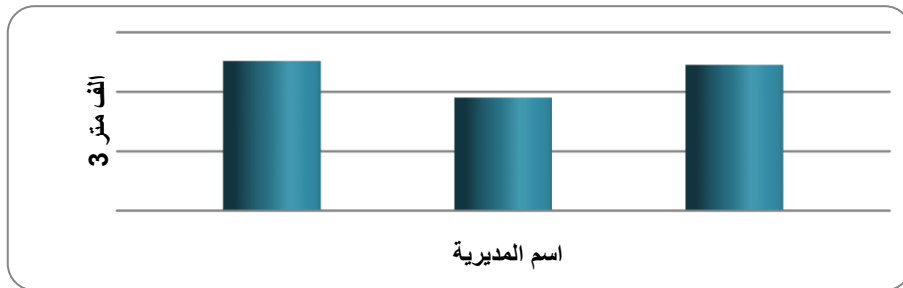
في ضوء بيانات كل من الجدول (2) المتعلقة بمتوسط الأمطار السنوي بمدينة تعز والجدول (8) الخاص بمساحة أسطح المباني بالمدينة وبتطبيق المعادلة رقم (1) تم حساب مياه الحصاد المطري الكامنة من مختلف أسطح المباني بمدينة تعز وهذا ما يوضحه الجدول (10).

جدول (10) مياه حصاد الأمطار السنوية الكامنة في مدينة تعز - بالآلف متر مكعب.¹

المجموع	صالة	القاهرة	المظفر	المديرية
3437	1227	952	1258	كمية المياه

الجدول من حساب الباحثين اعتماد على بيانات الجدولين (2) & (9) والمعادلة رقم (1).

ومن قراءة بيانات الجدول (10) يتضح أن كمية المياه الكامنة التي يمكن حصادها - نظريا من أسطح المباني بمدينة تعز تصل إلى نحو (3.4 مليون متر مكعب) تقريبا، يبلغ نصيب مديرية المظفر منها نحو (1.3 مليون متر مكعب) بنسبة تقدر بحوالي (37%)، وتقترب مديرية صالة من النسبة السابقة حيث يبلغ نصيبها نحو (36%) أما فيما يتعلق بنصيب مديرية القاهرة فهو يقترب بقليل من المليون متر مكعب شكل (2). ويعزى هذا التباين في نصيب كل مديرية من كمية المياه الممكن حصادها إلى تباين في مساحة أسطح المباني بهم.



شكل (2) كمية مياه الحصاد المطري السنوية الكامنة من أسطح المباني بمدينة تعز

2-1- كمية مياه حصاد الأمطار الفصلية الكامنة:

تتباين كمية مياه الحصاد المطري الكامنة بمدينة تعز تبانيا فصليا بشكل واضح لارتباطها الشديد بكمية الأمطار التي تتميز بدورها بفصلية واضحة في اليمن بشكل عام بما في ذلك مدينة تعز وهذا ما يوضحه الجدول (11) والشكل (3). فمن الجدول (11) والشكل (3) يمكن ملاحظة التالي :

- ارتفاع كمية الحصاد المطري الكامن بصورة ملحوظة خلال فصل الصيف حيث تقترب من (1.2 مليون متر مكعب) وهو بذلك يستأثر بنحو (35%) من إجمالي الحصاد الكامن بالمدينة يليه في الترتيب فصل الخريف بنسبة تقترب من (33%) ثم الربيع (28%).

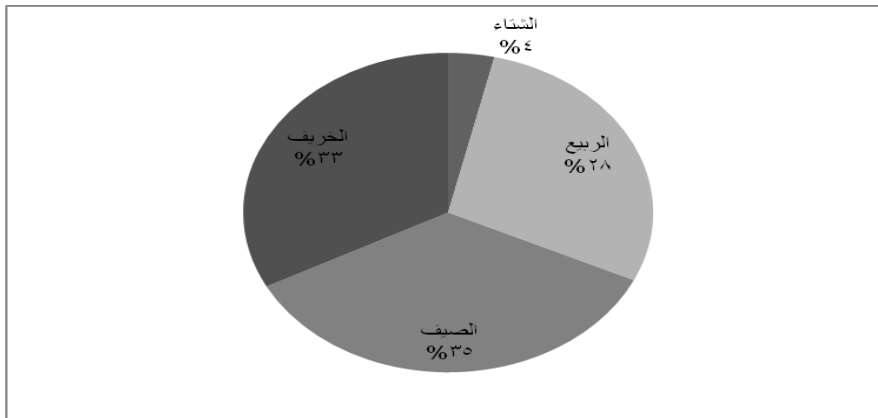
- تدنى كمية مياه الحصاد المطري الكامن بصورة واضحة في فصل الشتاء اذ لا تتعدى (126 ألف متر مكعب) أي حوالي (4%) فقط من المجموع الكلي لمياه الحصاد المطري الكامن بمدينة تعز .

جدول (11) مياه الحصاد المطري الفصلي الكامنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالآلف متر مكعب)

المديرية	الشتاء	الربيع	الصيف	الخريف
المظفر	46	358	443	412
القاهرة	35	271	335	312
صالة	45	349	432	401
المجموع	126	978	1210	1125

الجدول من حساب الباحثين اعتماد على بيانات الجدولين (2) & (8) والمعادلة رقم (1).

1 للتحويل من متر مكعب إلى جالون أمريكي يتم الضرب في (260)، وعند التحويل من جالون إلى لتر يتم الضرب في (3.8). وعند الرغبة في التحويل من لتر إلى جالون ومن جالون إلى متر مكعب ينبغي إتباع العكس.



شكل (3) التوزيع النسبي الفصلي لمياه الحصاد المطري الكامنة من أسطح المباني بمدينة تعز.

- ومن تفاصيل الجدول (11) يتضح أيضا أن هناك اختلافات بين مختلف مديريات مدينة تعز فيما يتعلق بالحصاد الكامن في مختلف الفصول، ويمكن عموما ذكر ما يلي:
- أن مختلف المديريات بالمدينة يمكنها حصاد كميات كبيرة من مياه الأمطار خلال فصل الصيف، ويقدر ما يمكن حصاده من مياه خلال ذلك الفصل بنحو (443 ألف متر مكعب) في مديرية المظفر و (432 ألف متر مكعب) في مديرية صالة، (335 ألف متر مكعب) في مديرية القاهرة. ويأتي فصل الخريف في الترتيب الثاني بعد الصيف فيما يمكن حصاده في هذه المديريات، ثم فصل الربيع، وأخيرا فصل الشتاء الذي لا يتعدى ما يمكن حصاده من مياه خلال هذا الفصل في مديرية المظفر (46 ألف متر مكعب) و (45 ألف متر مكعب) في مديرية صالة و (35 ألف متر مكعب) في مديرية القاهرة.
 - أقل المديريات حصادا للمياه خلال الفصول المختلفة هي مديرية القاهرة.

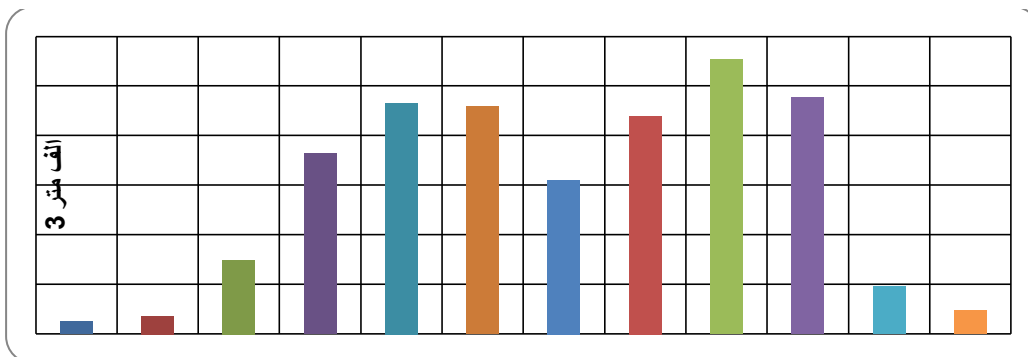
3-1- كمية مياه حصاد الأمطار الشهرية الكامنة:

تتباين كمية مياه الحصاد المطري الكامنة شهريا من مكان إلى آخر داخل المدينة، فبعض الشهور يمكنها أن تشهد كميات كبيرة، بينما يشهد البعض الآخر كميات قليلة جدا لا تكاد تذكر، وعن الشهور التي يمكنها أن تحظى بكميات كبيرة من مياه الحصاد المطري الكامن بالمدينة فهي غالبا ما تكون شهور الصيف وبعضاً من شهور الخريف والربيع، شكل (4) فعلي سبيل المثال يقدر ما يحصل عليه شهر سبتمبر من الحصاد المطري الكامن بنحو (554 ألف متر مكعب) يليه في الترتيب شهور أكتوبر ومايو ويونيه وأغسطس ولا يقل نصيب أي منها عن (400 ألف متر مكعب). وعن نصيب شهور فصل الشتاء وبعض من شهور فصلي الربيع والخريف فهي لا تتعدى في أقصى قيمها (150 ألف متر مكعب) كما هو الحال خلال شهر مارس، بل تتخف لتصل إلى اقل من (50 ألف متر مكعب) في شهور ديسمبر وفبراير ويناير. ويمكن تحليل هذا التباين الشهري في كميات مياه الحصاد المطري الكامن بمنطقة البحث إلى التباين المطري خلال مختلف هذه الشهور حيث إنه من المعروف أن شهور سبتمبر وأكتوبر ومايو ويونيه وأغسطس تتال قدرًا كبيراً من الأمطار - مقارنة بغيرها من بقية شهور السنة لاسيما مارس وديسمبر وفبراير ويناير جدول (12).

جدول (12) مياه الحصاد المطري الشهرية الكامنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

المديرية	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
المظفر	9	13	55	133	170	168	113	161	203	174	35	17
القاهرة	7	10	41	101	129	127	86	122	153	132	26	13
صالة	9	13	53	130	166	164	111	157	198	170	34	17
المجموع	25	36	149	364	465	459	310	440	554	476	95	47

الجدول من حساب الباحثين اعتماد على بيانات الجدولين (3) & (8) والمعادلة رقم (1).



شكل (4) كمية مياه الحصاد المطري الشهرية الكامنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

2- تقدير مياه حصاد الأمطار الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز:

تبين من خلال دراسة المبحث المتعلق بحصاد مياه الأمطار الكامنة أن كميات المياه التي يمكن تجميعها، ما هي إلا كميات نظرية، يصعب تحقيقها نسبياً على أرض الواقع - لاسيما أن هناك صعوبة شديدة في الوصول بمعامل كفاءة الجريان إلى واحد صحيح، لاستحالة التحكم التام في عملية التبخر من الأمطار، ناهيك عن التحكم في الضوابط الأخرى التي تؤثر بدورها في تحديد كفاءة هذا المعامل، لذلك كان من الضروري التركيز على حساب المياه التي يمكن تجميعها فعلياً وذلك من خلال دراسة الحصاد المطري الممكن من أسطح المباني بمدينة تعز ، لكون هذه الكميات من المياه يمكن تحقيقها والوصول إليها ومن ثم يمكن الاعتماد عليها بصورة أكثر واقعية.

2-1- كمية مياه حصاد الأمطار السنوية الممكنة :

مع الوضع في الاعتبار لكل من معامل كفاءة الجريان وكفاءة التجميع سواء (100%) أو (75%) تم حساب ما ينبغي تجميعه من مياه حصاد الأمطار السنوية الممكنة وهذا ما يوضحه الجدول (13).

جدول (13) كمية مياه الحصاد المطري السنوي الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

كفاءة الحصاد / المديرية	المظفر	القاهرة	صالة	المجموع
(100%)	1069	809	1043	2921
¹ (75%)	802	607	782	2191

الجدول من حساب الباحثين اعتماداً على بيانات الجدولين (2) & (8) والمعادلتين (2 و 3).

1 تم حساب كفاءة الحصاد المطري الممكنة عند كفاءة (75%) لاعتبارات عديدة من بينها أن بعض المباني التي أدرجت مساحتها في البحث غير مأهولة بالسكان، إلى جانب قيام البحث بإغفاله للمباني التي تقل مساحتها عن (2م4)، كما أن جزءاً من الأمطار يستغل في غسيل الأسطح عند بداية سقوطها ، علاوة على احتمال انخفاض كفاءتي التجميع والتخزين والتوزيع .(الباحثان)

ومن خلال قراءة بيانات الجدول (13) يتبين أن ما ينبغي حصاده من الأمطار الساقطة على أسطح المباني بمدينة تعز يقترب من (3 مليون متر مكعب) في حالة كون كفاءة التجميع تصل إلى (100%). إلا أن هذه الكمية تنخفض لتصل إلى (2.2 مليون متر مكعب) عندما تكون كفاءة التجميع (75%).

وعما يتعلق بالاختلافات بين مديريات مدينة تعز فيما ينبغي حصاده من كمية مياه الأمطار فيشير الجدول (14) إلى أن ما ينبغي حصاده بمديرية المظفر يبلغ (1.1 مليون متر مكعب) و(1 مليون متر مكعب) في مديرية صالة، و(0.8 مليون متر مكعب) في مديرية القاهرة، وهذه الكميات السابقة لا تتعدى المليون متر مكعب في أي من المديريات الثلاث عندما تكون كفاءة التجميع (75%).

ولما كانت كميات مياه الحصاد المطري السابقة تم حسابها اعتماداً على المعدل السنوي للأمطار الذي تبلغ احتمالية تكراره (50%) وفترة رجوعه (مرة كل ثلاث سنوات)¹، فقد تم حساب ما يمكن حصاده من مياه في حالة كميات الأمطار السنوية ذات الاحتمالية الأكبر، ونسبة الرجوع المرتفعة، وهذا ما يوضحه الجدول (14).

جدول (14) كمية مياه الحصاد الممكنة لبعض القيم المطرية السنوية من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

الأمطار (مم)	كفاءة التجميع	المظفر	القاهرة	صالة	المجموع
(400 مم)	(100%)	729	552	710	1991
	(75%)	547	414	533	1493
(500 مم)	(100%)	911	689	888	2488
	(75%)	663	517	666	1866

الجدول من حساب الباحثين اعتماداً على بيانات الجدول (8) والمعادلتين (2،3).

2-2- كمية مياه حصاد الأمطار الفصلية الممكنة:

يوضح الجدول (15) والشكل (5) ما يجب حصاده من مياه الأمطار في مختلف الفصول ونصيب كل فصل من هذه الفصول سواء عندما تكون كفاءة التجميع (100%) أو (75%).

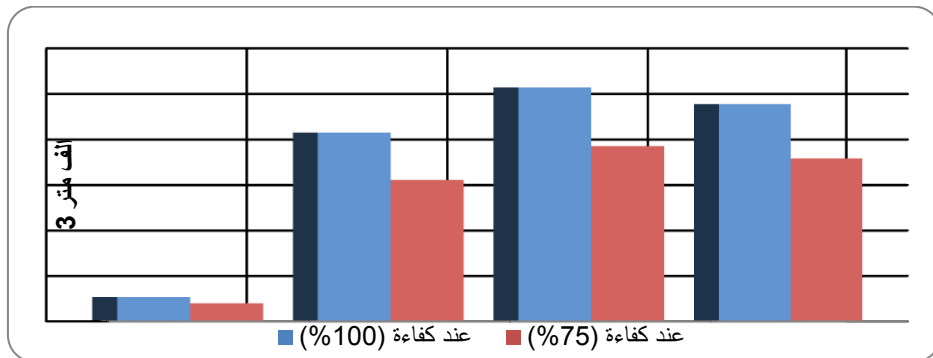
جدول (15) كمية مياه الحصاد المطري الفصلي الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

المديرية	الشتاء		الربيع		الصيف		الخريف	
	(100%)	(75%)	(100%)	(75%)	(100%)	(75%)	(100%)	(75%)
المظفر	39	29	304	228	377	282	350	263
القاهرة	30	22	230	173	285	214	265	199
صالة	38	29	297	222	367	275	341	256
المجموع	107	80	831	623	1029	771	956	717

الجدول من حساب الباحثين اعتماداً على بيانات الجدولين (2) & (9) والمعادلتين (2،3).

1 تم حساب احتمالية تكرار الأمطار وفترة رجوعها بالاعتماد على معادلة الـ FAO. راجع (FAO,1991)

ومن خلال الجدول (15) والشكل (5) يتضح تفوق فصل الصيف عن غيره من الفصول الأخرى فيما يمكن تجميعه من مياه الحصاد الممكنة بمدينة تعز حيث يصل مقدار ما ينبغي تجميعه من مياه خلال هذا الفصل إلى (مليون متر مكعب)، وهذا ما يصعب حدوثه في أي فصل آخر وإن كان فصل الخريف يقترب من ذلك بقليل (0.9 مليون متر مكعب) ثم يليه فصل الربيع (0.8 مليون متر مكعب). أما في فصل الشتاء فلا تتعدى كمية المياه التي يمكن حصادها من الأمطار (0.1 مليون متر مكعب) وهي كمية قليلة جدا يصعب الاعتماد عليها لاسيما وأن هذه الكمية يمكن الوصول إليها عندما تكون كفاءة التجميع (100%).



شكل (5) كمية مياه الحصاد المطري الفصلية الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالآلاف متر مكعب)

2-3- كمية مياه حصاد الأمطار الشهرية الممكنة:

تحتل غالبية شهور السنة بمدينة تعز بكميات من مياه الأمطار التي يمكن حصادها والاستفادة منها وإن كانت هذه الكميات تختلف بطبيعة الحال من شهر إلى آخر. وبصفة عامة تزداد هذه الكميات في شهور الصيف وتقل في شهور الشتاء وهذا ما يوضحه الجدول (16) والشكل (6) ومنهما يتضح الآتي:

يوجد تباين مكاني بين المديرية الثلاث فيما يمكن تجميعه من مياه الأمطار على المستوى الشهري، وعلى الرغم من هذا الاختلاف إلا أن مديرية المظفر تتأثر بأكبر كمية من المياه في أي من شهور السنة عند مقارنتها بمديرتي صالة والقاهرة لكبر مساحة أسطح المباني بها.

إن شهر سبتمبر يعد من بين أكثر شهور السنة التي يمكن أن تشهد حصادا مطريا بمنطقة البحث حيث تقدر كمية المياه التي يمكن تجميعها خلاله تقريبا بنحو (350 ألف متر مكعب) ويأتي شهر أكتوبر في الترتيب الثاني بكمية قدرها (300 ألف متر مكعب) ثم شهور مايو ويونيه وأغسطس وبوليو على الترتيب ولا يقل نصيب أي منهم تقريبا عن (200 ألف متر مكعب)، ويلاحظ أن غالبية هذه الشهور تنتمي إلى فصل الصيف ونهاية الربيع وبداية الخريف، أو بمعنى آخر أنها تنتمي إلى النصف الحار من السنة مما يعني ذلك ضرورة حصادها حيث تزداد عملية الاستهلاك المائي خلال تلك الفترة مقارنة مع غيرها من العام.

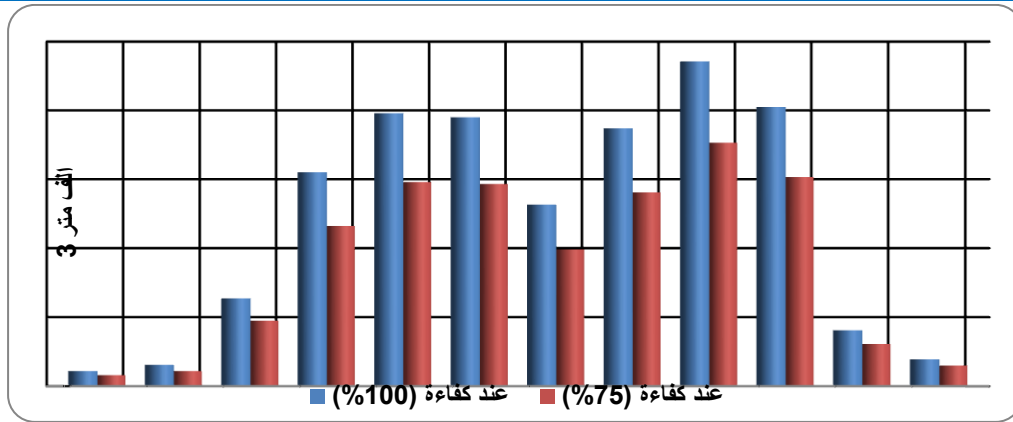
جدول (16) كمية مياه الحصاد المطري الشهرية الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالألف متر مكعب)

المديرية	كفاءة الحصاد (%)	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
المظفر	(%100)	8	11	47	113	145	143	96	137	173	148	30	14
	(%75)	6	8	35	85	108	107	72	103	129	111	22	11
القاهرة	(%100)	6	9	35	86	110	108	73	104	130	112	22	11
	(%75)	4	6	26	64	82	81	55	78	98	84	17	8
صالة	(%100)	8	11	45	111	141	139	94	133	168	145	29	14
	(%75)	6	8	34	83	106	105	71	100	126	108	22	11
المجموع	(%100)	22	31	127	310	396	390	263	374	471	405	81	39
	(%75)	16	22	95	232	296	293	198	281	353	303	61	30

الجدول من حساب الباحثين اعتماد على بيانات الجدولين (3) & (8) والمعادلتين رقم (2,3).

يعتبر شهر يناير من اقل الشهور التي يمكن أن تحدث بها عملية حصاد مطري حيث تبلغ كمية ما يمكن حصاده خلال ذلك الشهر على مستوى المدينة (22 ألف متر مكعب) يليه في الترتيب شهر فبراير (22 ألف متر مكعب) ثم شهر ديسمبر (39 ألف متر مكعب) وهذه الكميات تعتبر كميات ضئيلة جدا إذا ما حسبت على مستوى المبني الواحد ومن ثم لا يمكن الاعتماد عليها في الاستخدامات المنزلية.

نظرا لعموميات القيم السابقة وارتباطها بمساحة أسطح المباني في المدينة ككل من ناحية وتباين مساحات أسطح المباني داخل مدينة تعز من ناحية أخرى فقد قام الباحثان بإعداد الجدول (17) لتوضيح كمية المياه التي يمكن حصادها شهريا (بالتر) وذلك لعدد مختلف من مساحات أسطح المباني الافتراضية. ويمكن بالاعتماد على بيانات هذا الجدول تحديد حجم الخزانات المطلوب شراؤها أو إنشاؤها فضلا عن التعرف على ما يمكن أن تساهم به هذه الكمية من المياه في بعض صور الاستهلاك المائي داخل المبني.



شكل (6) كمية مياه الحصاد المطري الشهرية الممكنة من أسطح المباني بمدينة تعز (بالآلاف متر مكعب)

جدول (17) كمية المياه التي يمكن حصادها شهريا من بعض المباني لمساحات افتراضية بمدينة تعز (باللتر).

المساحة (م ²) الشهر	360	320	280	240	200	160	120	80
يناير	1224	1088	952	816	680	544	408	272
فبراير	1836	1632	1428	1224	1020	816	612	408
مارس	7650	6800	5950	5100	4250	3400	2550	1700
ابريل	18666	16592	14518	12444	10370	8296	6222	4148
مايو	23868	21216	18564	15912	13260	10608	7956	5304
يونيه	23562	20944	18326	15708	13090	10472	7854	5236
يوليه	15912	14144	12376	10608	8840	7072	5304	3536
أغسطس	22644	20128	17612	15096	12580	10064	7548	5032
سبتمبر	28458	25296	22134	18972	15810	12648	9486	6324
أكتوبر	24480	21760	19040	16320	13600	10880	8160	5440
نوفمبر	4896	4352	3808	3264	2720	2176	1632	1088
ديسمبر	2448	2176	1904	1632	1360	1088	816	544
المجموع	175644	156128	136612	117096	97580	78064	58548	39032

الجدول من حساب الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول (3) والمعادلة رقم (3). ومساحات أسطح المباني افتراضية

ومن خلال قراءة بيانات الجدول (17) يتضح وجود علاقة واضحة بين مساحة أسطح المباني وما يمكن تجميعه من مياه المطر لاسيما في الفترة المحصورة بين شهري مارس - نوفمبر .

إن أن متوسط أسطح المباني بمدينة تعز يتراوح ما بين 118 - 133م² فان كمية المياه التي يمكن حصادها شهريا على مستوى كل مبنى على حده تتراوح ما بين (400) لتر¹ كحد ادنى الى (10000) لتر كحد اقصى وبطبيعة الحال تختلف هذه الكمية شهريا من مبنى إلى آخر في ظل تباين الأمطار الشهرية من ناحية ومساحة أسطح المباني من ناحية أخرى.

ثالثا: مساهمة مياه حصاد الأمطار في الاحتياجات المائية لسكان مدينة تعز:

للتعرف على ما يمكن أن تساهم به مياه الحصاد المطري في الاستخدامات المنزلية للمياه بمدينة تعز، فقد تم الاعتماد على المعادلة (4) وبيانات الجدول (14)، وتم الوصول إلى النتائج الواردة بالجدول (19)

جدول (18) نسبة مساهمة مياه حصاد الأمطار من احتياجات سكان مدينة تعز المائية

المديرية	عدد السكان (أ)	احتياجات المباني من المياه (م3) (ب)	كمية مياه حصاد الأمطار الممكنة بكفاءة تجميع (75%) (م3) (ج)	نسبة ما تساهم به مياه الأمطار في الاحتياجات المنزلية من المياه(%) (د) = (ج/ب*100)
المظفر	171315	2501199	802000	32
القاهرة	146259	2135381	607000	28
صالة	149394	2181152	782000	36
مدينة تعز	466968	6817733	2191000	32

الجدول من حساب الباحثين اعتمادا على المعادلة (4) والجدول (13) وبيانات السكان مصدرها: الجمهورية اليمنية (2009) وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء، كتاب الإحصاء السنوي، صنعاء، 2009.

ومن خلال بيانات الجدول (18) يمكن القول إن مياه الحصاد يمكن أن تسهم بنحو أقل من الثلث بقليل من إجمالي الاستخدامات المنزلية للمياه بمدينة تعز . وهي نسبة قابلة للزيادة مع زيادة عدد المباني داخل المدينة. كما يلاحظ أن هذه النسبة تتفاوت من مديرية إلى أخرى حيث إنها تصل إلى (36%) في مديرية صالة و(32%) في مديرية المظفر إلا أنها تنخفض لتصل إلى (28%) بمديرية القاهرة. وهذا التفاوت مرجعه إلى تباين كمية المياه التي يمكن حصادها، وعدد السكان في كل مديرية على حدة. فعلى سبيل المثال تبلغ نسبة سكان مديرية صالة نحو (32%) من مجموع سكان مدينة تعز بينما تتال نحو (37%) من كمية الحصاد المائي بها مما كان ذلك سببا في ارتفاع نسبة ما تساهم به مياه الحصاد بتلك المديرية من إجمالي الاحتياجات المائية لسكان المباني.

وإذا كانت مساهمة مياه الحصاد المطري الممكنة تقترب من ثلث الاحتياجات المنزلية فان مساهمة الفصول تختلف من فصل لآخر حيث أن بعض الفصول تساهم بدور واضح بالمقارنة بغيرها.

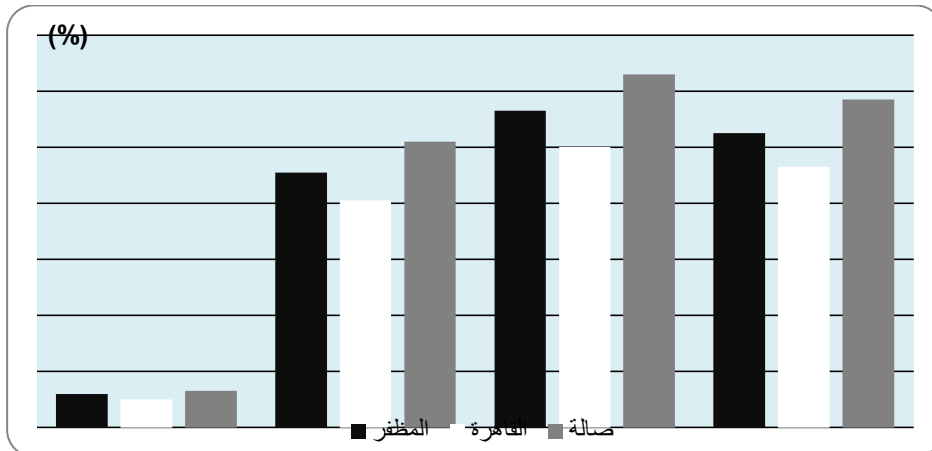
1 كل 1000 لتر يساوى متراً مكعباً واحداً.

جدول (19) نصيب الفصول المختلفة في الاحتياجات المنزلية من المياه بمدينة تعز (%).

المديرية	الشتاء %	الربيع %	الصيف %	الخريف %
المظفر	1.2	9.1	11.3	10.5
القاهرة	1	8.1	10.0	9.3
صالة	1.3	10.2	12.6	11.7
مدينة تعز	1.2	9.1	11.3	10.5

الجدول من حساب الباحثين اعتمادا على بيانات الجدول (15) و الجدول (18).

ويتبين من الجدول (19) والشكل (7) أن فصل الصيف يشارك بنحو (11.3%) من إجمالي الاحتياجات المنزلية للمياه بالمدينة، يليه فصل الخريف وتبلغ مساهمته بنحو (10.5%) ثم فصل الربيع، وتصل مساهمته إلى (9%) تقريبا، بينما لا تتعدى مشاركة مياه الحصاد المطرية الممكنة في فصل الشتاء (1.2%) من الاحتياجات المنزلية للمياه. ومما سبق يتضح صعوبة اعتماد سكان تعز على حصاد مياه الأمطار في فصل الشتاء.



شكل (10) نسبة ما تساهم به مياه الحصاد المطري الفصلية الممكنة في مياه الاستخدامات المنزلية بمديريات مدينة تعز

1- النتائج:

- من خلال دراسة موضوع حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز -باستعمال نظم المعلومات الجغرافية- دراسة متأنية، توصل البحث إلى العديد من النتائج التي يمكن إيجازها في عدد من النقاط كما يلي:
- تمر مدينة تعز بأزمة مائية تستدعي التفكير في البحث عن وسائل وتقنيات تساهم في توفير المياه لسكان المدينة وجودة مقبولة اقتصادية وصحية.
- يعتبر موضوع الحصاد المطري من أسطح المباني من بين الوسائل المناسبة التي ينبغي التفكير فيها كوسيلة فعالة في سد جزء من الاحتياجات المائية للسكان، لاسيما ان هناك العديد من المبررات الداعية للاهتمام به والتي من أهمها ؛ انخفاض نصيب الفرد من المياه أو تدني جودة المياه أو صعوبة وصولها لبعض المباني.
- وفرة المعطيات الجغرافية والاقتصادية الملائمة للقيام بحصاد الأمطار من أسطح المباني بمدينة تعز ومن أهمها وفرة الأمطار (577 مم) ومساحة لا بأس بها من أسطح المباني (6 كم²)، وتوفر الإمكانيات (الخرانات، وشبكة التجميع وإعادة التوزيع، والخبرات البشرية).
- تقدر كمية الحصاد المطري الكامنة السنوية من أسطح المباني بمدينة تعز بنحو (3.4 مليون متر مكعب) منها نحو (1.3 مليون متر مكعب) في مديرية المظفر و(0.9 مليون متر مكعب) بمديرية القاهرة و (1.2 مليون متر مكعب) بمديرية صالة.
- تبلغ كمية الحصاد المطري الممكنة السنوية نحو (2.9 مليون متر مكعب) عند كفاءة تجميع (100%) تصل إلى (2.2 مليون متر مكعب) عند كفاءة (75%). وهذه الكمية يمكنها أن تساهم بنحو الثلث تقريبا من الاحتياجات المنزلية للمياه وهي قابلة للزيادة مع الاهتمام بكفاءة التجميع وزيادة عدد المباني بالمدينة.
- تتباين كمية الحصاد المطري سواء الكامنة أو الممكنة من أسطح المباني تبانيا زمنيا، وعموما يحظى فصل الصيف بأكبر كمية يليه فصل الخريف ثم فصل الربيع بينما لا يحظى فصل الشتاء بكمية تذكر، أما بالنسبة للشهور فيحظى شهر سبتمبر بأكبر كمية وشهرا ديسمبر ويناير بأقلها.
- يوجد تباين مكاني في كمية مياه الحصاد المطري داخل مدينة تعز حيث تتال مديرية المظفر اكبر كمية، تليها مديرية صالة ثم مديرية القاهرة ويعزى هذا الاختلاف لتباين مساحة أسطح المباني فيما بينهم.

2- التوصيات:

- في ضوء ما سبق ذكره من نتائج، يوصي البحث بعدد من المقترحات التالية:
- توعية سكان مدينة تعز بمزايا مياه الحصاد المطري لاسيما من أسطح المباني ومردودها الايجابي على حياتهم خصوصا الجانب الصحي والاقتصادي.
- تدخل الدولة السريع ممثلة في الهيئات الحكومية أو الجمعيات الأهلية في تقديم الدعم المادي والتقني أو العلمي اللازم لتنفيذ عملية الحصاد المطري من أسطح المباني.
- الإغفاء الضريبي للمباني التي تستخدم نظام الحصاد المطري بكفاءة عالية.
- التقليل من ضخ مياه الشبكة العامة في الفترات التي يمكن الاعتماد فيها على مياه الحصاد المطري.
- عدم إعطاء أية تصاريح لمباني جديدة لا تأخذ بنظام الحصاد المطري في تصميمها.
- الاهتمام بالأبحاث ذات العلاقة بمياه الحصاد المطري ومنها الأبحاث الخاصة بكيفية تجميع هذه المياه وإعادة توزيعها بكفاءة عالية، واليات التخزين الملائمة سواء فيما يتعلق بموضع الخزان ومادته وبنائه وحجمه وكيفية حمايته من التلوث، وطرق تنقية مياه الحصاد المطري لاستخدامها في مياه الشرب أو الطهي.

أولاً: المصادر والمراجع العربية:

- التعاون الفني اليمني الالمانى، قطاع المياه،(2008) دراسة رضى المشتركين عن إمدادات المياه والصرف الصحي في سبع مدن يمنية، صنعاء
- الجمهورية اليمنية(2004)، وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء، صنعاء، جداول النتائج النهائية للتعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت، التقدير الأول، محافظة تعز.
- الجمهورية اليمنية (2009)، وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء، كتاب الإحصاء السنوي، صنعاء، 2009.
- الجمهورية اليمنية، وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للمرتفعات الجنوبية_ تعز، بيانات مناخية غير منشورة للفترة من 1944 2010 م.
- خليل المقطري (2006) النظم والتقنيات التقليدية لتدبير المياه وتهئية أراضي الأحواض الهيدروغرافية في المناطق الجافة وسبه الجافة، حالة: عالية حوض وادي اريري تازناخت/ ورزازات، دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس، المغرب.
- عبد الفتاح لطفي عبد الله (1999) إمكانيات الحصاد المائي في المراكز الحضرية الأردنية، مجلة دراسات للعلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 26، العدد 2.
- محمد باز (1997) مواصفات وكفاءة تقنيات حصاد المياه، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، ص ص 12-44.
- محمد عبد الماجد العريقي (2006) ط2، المياه: واقع ورؤية، صنعاء.
- منظمة الصحة العالمية (1980) العقد الدولي لتوفير مياه الشرب والإصحاح: استعراض البيانات الوطنية، رقم 85، جنيف.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Boers,Th.M.(1994),Rainwater harvesting in Arid and Semiarid ,ILRI ,Wageningen, Netherlands.
- Christopher, K. (2008) Rainwater harvesting policies, Philadelphia.
- FAO,(1991) water harvesting ,Roma.
- Gould J, Nissen-Petersen E.(1999).Rainwater catchment systems for domestic rain: design construction and implementation. London: Intermediate Technology Publications. 335.
- Kloss,C.(2008), Rainwater harvesting Policies ,Philadelphia.
- Krishna H. (2003). An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States. Proceedings of the First American Rainwater Harvesting Conference; 2003 Aug 21-23; Austin.
- Nissan-Petersen, E. (1982). Rain Catchment and Water Supply in Rural Africa: A Manual. Hodder and Stoughton, Ltd., London.
- Pacey, A. and A. Cullis 1989. Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas, WBC Print Ltd., London.
- Parghave, R.K. Kulkarni ,Dhawale (2006) Rainwater harvesting conservation and management strategies for urban and rural sectors, national seminar on rain water harvesting and water management, 4-12Nov.Nagpar
- Sivanappan, R.K. (2006) Rainwater harvesting conservation and management strategies for urban and rural sectors, national seminar on rain water harvesting water and water management, 4-12Nov.Nagpar.
- Texas water development board (2005) The Texas manual on rainwater harvesting, third edition, Austin, Texas.
- UNEP [United Nations Environment Programme] (1982). Rain and Storm water harvesting in Rural Areas, Tycooly International Publishing Ltd., Dublin.
- Worm, j. Hattum,T. (2006) Rainwater harvesting for domestic use, Wageninge, Netherlands.
- www.arcsa-usa.org(American Rainwater Catchment Systems Association (ARCSA)
- www.ircsa.org (International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSEA)
- www.wateraid.org

