Journal of Nature, Life and Applied Sciences
Volume (6), Issue (1): 30 Mar 2022
P: 55 - 74

ISSN: 2522-3356

مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية
المجلد (6)، العدد (1): 30 مارس 2022م
ص: 55 - 74

Suggested models of water harvesting systems: An applied study on the governorates of Al- Mandaq and Bani Hassan

Halima Ibrahim Alzubaidi

College of Social Sciences || Umm Al- Qura University || KSA

Abstract: The aim of this study is to enhance the water budget in the study area through suggested models of water harvesting systems during precipitation, surface runoff or fog areas, to contribute to the restoration of the strategy of conservation and rationalization of exploitation efficiency through the adoption of small development projects based on the involvement of community members in Development. These proposed methods contribute approximately 58% of the total annual household water requirement, harvesting using rooftops can save about 24%, collecting ponds can save about 9%, and about 20% can be obtained using reservoirs. Ponds behind dams, and fog harvesting method estimated the study could save about 5%. In addition to what can be stored by groundwater wells, and through the leakage of water to the subsoil, which works to achieve sustainable development and recharge of surface aquifers in the study area

Keywords: Water harvesting, precipitation, runoff, haze harvesting, dew harvesting.

نماذج مقترحة لأنظمة الحصاد المائي
دراسة تطبيقية على محافظتي المندق وبني حسن

حليمة ابراهيم الزبيدي

كلية العلوم الاجتماعية || جامعة أم القرى || المملكة العربية السعودية

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى محاولة تعزيز الموازنة المائية في منطقة الدراسة عن طريق نماذج مقترحة من أنظمة الحصاد المائي اثناء الهطول او اثناء جريانه السطحي أو من خلال مناطق الضباب، للمساهمة في إعادة استراتيجية حفظ وترشيد كفاءة الاستغلال عن طريق تبني مشاريع تنموية صغيرة تعتمد على اشراك افراد المجتمع في التنمية. وتسهم تلك الطرق المقترحة بتوفير ما يقارب 58% من إجمالي الاحتياج السنوي المنزلي للمياه النقية، فطريقة الحصاد باستخدام أسطح المنازل يمكن أن يوفر نحو 24%، بينما يمكن أن يوفر أسلوب الأحواض التجميعية ما يقارب 9%، ونحو 20% يمكن الحصول عليها باستخدام أسلوب الخزانات والبرك خلف السدود، أما أسلوب حصاد الضباب فقد قدرت الدراسة ما يمكن توفيره بنحو 5%. بالإضافة إلى ما يمكن تخزينه عن طريق آبار التغذية الجوفية، وعن طريق تسرب المياه لباطن التربة، والذي يعمل على تحقيق التنمية المستديمة وتغذية الخزانات الجوفية السطحية في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الحصاد المائي – الهطول – الجريان السطحي – حصاد الضباب – حصاد الندى.

1- مقدمة.

يقصد بالحصاد المائي حفظ مياه الأمطار باستخدام طرق لتجميع مياه الجريان السطحي الناتجة عن هطول الأمطار وتخزينها، وذلك للاستفادة منها في ري المحاصيل الزراعية، وتغذية الأحواض الجوفية الباطنية، أو الاستفادة منها في توفير مياه الشرب للإنسان أو سقاية الحيوانات. وتعد عملية الحصاد المائي عملية مورفولوجية تتم على سطح

الأرض للاستفادة من مياه الأمطار، بطرق مباشرة تسمح للتربة من تخزين مياه الأمطار الهاطلة وكذلك تحد من سرعة الجريان عليها، أو بطرق غير مباشرة تسمح بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف (أحمد، 2013م؛ عامر، 2013).

ويسهم الحصاد المائي في تحقيق الاكتفاء الذاتي المستدام إذ تؤدي طرق الحصاد المائي دوراً بارزاً في التنمية المستدامة للموارد المائية وحماية المناطق الحضرية والزراعية من اخطار الجريان السطحي، والتقليل من انجرافات التربة والغطاء النباتي، وكذلك تعمل على تنمية الثروات في المراعي والغابات. كما يؤدي الحصاد المائي دوراً اجتماعياً هاماً وبارزاً في تطوير مناطق الأرياف والقرى وتوفير الاستقرار للسكان وتقليص الهجرة من الأرياف وتحقيق الأمن الغذائي لهم، بل قد يحقق الحصاد المائي في بعض المناطق وفراً في المخزون المائي يسمح بالتصدير إلى المناطق المجاورة مما يعطي طرق الحصاد المائي أهمية بالغة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

وتنقسم نظم الحصاد المائي من ثلاث أقسام، يمثل القسم الأول منطقة حجز المياه المؤقت ويقصد به حجز الماء بشكل مؤقت تمهيدا لنقلها إلى منطقة تخزين، وهو جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة. اما القسم الثاني فيسمى بوسيلة التخزين أو مرفق التخزين وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها وقد يكون التخزين لتلك المياه في خزانات أرضية أو باطنية، في حين يشكل القسم الثالث المنطقة المستهدفة وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها (آل الشيخ، 2006م؛ أحمد، 2013م؛ نعمان، 2013).

وحتى يكون الحصاد المائي أكثر فعالية يبدأ الحصاد دائماً من الأماكن والقمم المرتفعة، ومن ثم الأماكن الأكثر انخفاضاً حيث يتوقف جريان الماء. فتوضع الخزانات الصغيرة على سفوح الانحدارات لخزن مياه الهطول المطري وحفظ التربة من الجرف، اما المنخفضات التي تجتمع فيها المياه الفائضة من تلك الخزانات وينمو فيها العشب تستغل كمراعي للماشية. وخلاصة القول أن أنظمة الحصاد المائي تقوم على مبدأ التكامل لحفظ وتحقيق التوزان البيئي خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لذا فإن التنويع في بناء مصائد المياه، لا سيما الصغيرة الحجم أفضل وأكثر فاعلية من الاعتماد على نوع واحد من أنواع الحصاد. كما أن تلك الأنظمة للحصاد المائي تتميز بجودة نوعية المياه التي توفرها وقلة التكاليف (Ariyani et al., 2021).

وتمثل تقنية الحصاد المائي موروثاً مهارياً مارسه سكان الأرض منذ القدم في مناطق متعددة كمصر والسودان وفلسطين وتونس والأردن واليمن وسوريا والصين، ويمثل سد مأرب إحدى أنظمة الحصاد المائي المعروفة عبر التاريخ، ويعد العرب الأنباط أول من برع في هذا المجال (آل الشيخ، 2006). ومن أهم وسائل الحصاد المائي المتعارف عليها في البلدان العربية تشيد السدود في الاودية لتغذية الخزانات الجوفية، وإنشاء سدود لتخزين مياه الجريان السطحي اذ يتم تشييدها في المناطق الجبلية، واستخدامها في أغراض الشرب والري وسقي الحيوانات. كذلك إنشاء سدود إعاقة للحماية من خطر الجريان السطحي والحد من سرعته، وجرف التربة والغطاء النباتي والمزروع وكذلك حماية المناطق الحضرية. وتسمح تلك السدود بمنح المياه فرصه بتغذية الخران الجوفي في نفس الوقت، كذلك حيثما تحتجز المياه ترسب التربة مما يزيد من خصوبتها (الزكواني، 2013م؛ الحمدي، 2013م؛ قطب، 2013). ويعد حصاد المياه من الغلاف الجوي الذي يعمل بالطاقة الشمسية مع الانسجة المعدنية العضوية أحد أكثر الطرق استدامة وكفاءة في استخدام الطاقة ومنخفضة التكلفة للتخفيف من إجهاد نقص المياه في المناطق القاحلة (et. al. 2021 Qiannan)

مشكلة الدراسة:

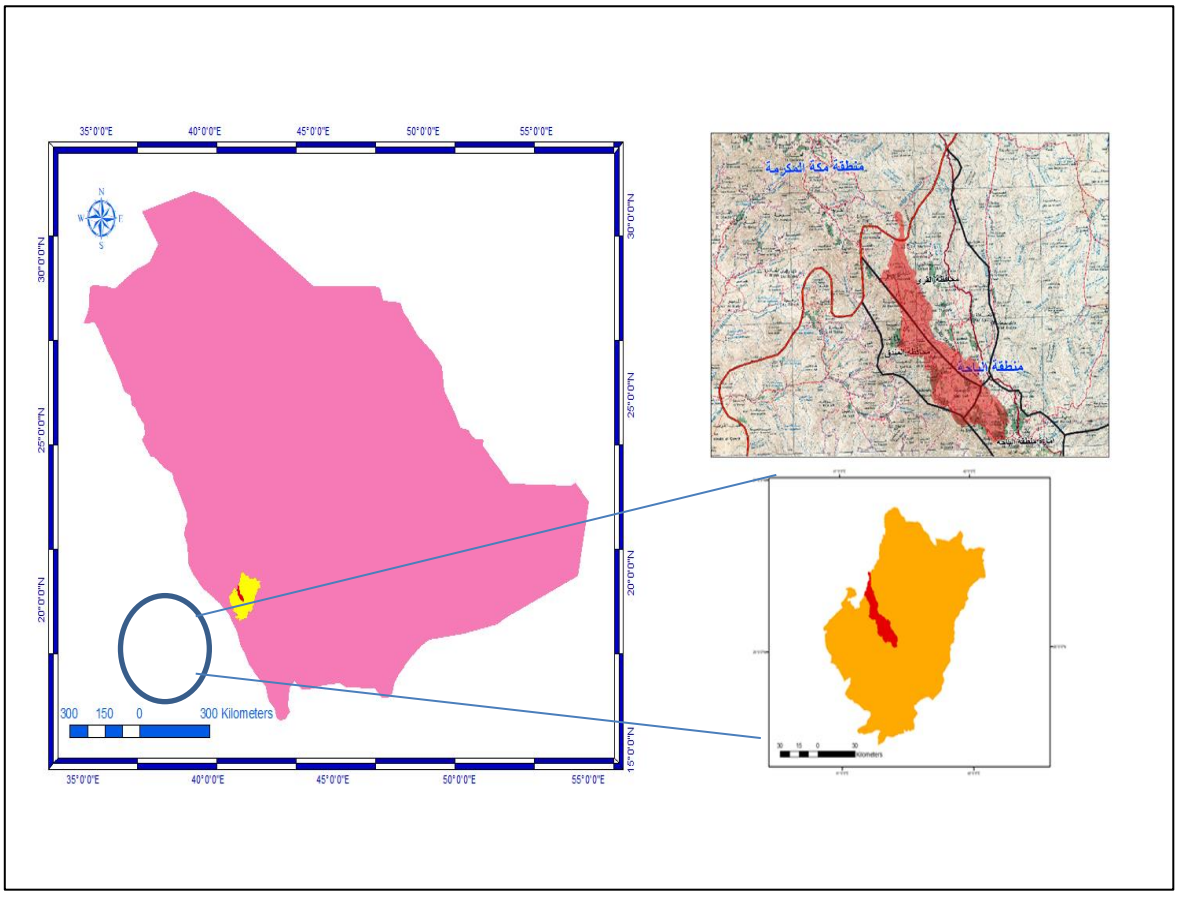
تعاني المملكة العربية السعودية كغيرها من المناطق التي تقع في المناطق الجافة وشبه الجافة، من ندرة المياه خاصة أن المملكة تخلو من الأنهار الجارية، كما لا يمكن الاعتماد على المصادر السطحية أو الجوفية للمياه بها، لا سيما بأن المملكة تعاني أيضاً من قلة الهطولات المطرية واتصافها بالندرة واتسامها بالفجائية، حيث لوحظ لثلاث عقود أن الاجمالي السنوي والحد الاقصى لهطول الأمطار قد انخفض (Amin. et al. 2011). وقد اعتمدت المملكة العربية السعودية لسنوات طويلة في الزراعة على المياه الجوفية الاحفورية والتي كان لها أثر بالغ الخطورة في استنزاف المياه الجوفية وهبوط مناسيب المخزون المائي الجوفي يمس الأمن المائي والغذائي للمملكة، وكذلك يتعارض مع سياسات التنمية المستديمة للموارد المائية باعتبارها احتياطياً استراتيجياً للمستقبل. ويعد الفرد في المملكة العربية السعودية ثالث أكبر مستهلك للمياه على مستوى العالم، حيث وصل معدل استهلاك الفرد في المملكة إلى 280 لتراً في اليوم عام 2019 بينما يبلغ المتوسط العالمي ما بين . 160 إلى 180 لتراً (وزارة المياه والكهرباء 2019). ومن هنا برزت الحاجة الماسة إلى اعتماد استراتيجيات، وتطوير، وإدارة مختلفة لمياه الأمطار لتعزز الموازنة المائية والبيئية في المملكة العربية السعودية، لذلك فان اللجوء إلى أنظمة حصاد المياه وتقنياتها لتعظيم الفائدة من الهطول المطري ضرورة ماسه لتحقيق الأمن الغذائي بوقف الهدر المائي.

وبالنظر إلى محافظتي المندق وبني حسن بسراة بلاد زهران نلاحظ فقدان منطقة الدراسة ما يقارب 40% من إجمالي مياه الهطول المطري بواسطة التبخر، ونحو 49% عن طريق الجريان السطحي (الزبيدي، 2016)، مما يستدعي الحاجة إلى طرق تؤدي إلى حفظ الموارد المائية وصيانتها، وتنميتها لتلبية الاحتياجات الحالية من الطلب على المياه إلى جانب تلبية الاحتياجات المستقبلية للأجيال القادمة. وتهدف هذه الدراسة إلى تعزيز الموازنة المائية في المنطقة الدراسة عن طريق نماذج مقترحة من أنظمة الحصاد المائي اثناء الهطول او اثناء جريانه السطحي أو من خلال مناطق الضباب، للمساهمة في إعادة استراتيجية حفظ وترشيد استغلال المياه عن طريق تبني مشاريع تنموية صغيرة تعتمد على اشراك افراد المجتمع في التنمية.

منطقة الدراسة:

تركز الدراسة على محافظتي المندق وبني حسن التابعة لمنطقة الباحة الإدارية (شكل 1)، والتي تمتد ما بين دائرتي عرض 00 ´ 20 º و35 ´ 20 º شمالاً، وخطي طول 00 ´ 41 º و30 ´ 41 º شرقاً. وتتميز منطقة الدراسة بوجود المنابع العليا لحوض وادي تربة الاعلى بها، وتتكون منطقة الدراسة جيولوجياً من صخور القاعدة النارية والمتحولة والتي تعرف بالدرع العربي وتتبع زمن ما قبل الكامبري، وتتراوح أعمار صخورها ما بين 450- 1000مليون سنة. ويتكون الدرع العربي من الصخور البركانية والرسوبية الفتاتية المشتقة من التتابعات البركانية والتي تراكمت على شكل طبقات. أو من الصخور الجوفية المحقونة التي توجد على أشكال أجسام قاطعة للصخور المتطبقة (الشنطي، 2003). ويبلغ متوسط منسوب الارتفاع في منطقة الدراسة 1924 متر فوق مستوى سطح البحر. بينما بلغ معدل درجة الحرارة السنوية في منطقة الدراسة 19. 35 درجة مئوية (وزارة المياه والكهرباء، 2014) بالإضافة إلى تميزها بمعدلات هطول مطري جيدة إذ بلغ المعدل السنوي لكميات الهطول نحو 200 ملم، وتركز الأمطار في فصل الربيع وفصل الشتاء بينما تقل في فصل الخريف والصيف وذلك لتعرض المنطقة للرياح الشمالية الغربية في فصل الشتاء،

والرياح الجنوبية الغربية في فصل الربيع. ويبلغ عدد سكان منطقة الدراسة نحو 69. 169 نسمة يتوزعون في 307 قرية* بجميع أنحاء المنطقة.



شكل (1). منطقة الدراسة. وتظهر منطقة الدراسة باللون الاصفر ضمن منطقة الباحة الادراية (باللون البرتقالي)

منهج الدراسة:

تتناول هذه الدراسة التطبيقية نماذج مقترحة لأنظمة الحصاد المائي في محافظتي المندق وبني حسن وتعتمد على المنهج الجغرافي التحليلي الوصفي، حيث استفادت الدراسة من التقدم التكنولوجي والتقني للدراسات الجغرافية في المجالات التطبيقية فاستعانت بعلم الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وبعض العمليات الرياضية عن طريق المعالجة الآلية للبيانات الرقمية المختلفة كالمرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية باستخدام البرامج المختصة والتي تسهم في بناء قواعد البيانات المكانية لدراسة مدى الاستفادة من مصادر المياه عن طريق نماذج لأنظمة الحصاد المائي.

وقد تنوعت مصادر البيانات في هذه الدراسة تبعاً لأهداف الدراسة إذ تعتمد على نوعين من المصادر تتمثل في الآتي:

*. تقدير عدد السكان والقرى من حسابات الباحثة بالاعتماد على (مصلحة الاحصاءات العامة والمعلومات، 2010).

أ- البيانات الوصفية:

تتمثل البيانات الوصفية لهذه الدراسة في البيانات والتقارير التي حصلت عليها الدراسة من عدد من الجهات الرسمية فتقارير الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة ووزارة المياه والكهرباء المختصة ببيانات السجلات المناخية لمحطة المندق الواقعة في منطقة الدراسة لفترة ثمانية وثلاثين عاما (1976- 2014) أو المحطات المساندة خارج منطقة الدراسة اعتمدت عليها لمعرفة سمات المناخ وتقدير درجات الحرارة وكميات الهطول المطري لمنطقة الدراسة. وتعد الإحصاءات الحكومية لأعداد السكان أيضاً من البيانات الوصفية التي اعتمدت عليها في الجوانب في تقدير أعداد السكان بالمنطقة، بالإضافة إلى تقارير إمارة وأمانة منطقة الباحة للانتفاع بها بما يتعلق بالتقسيمات الإدارية، وكذلك وزارة الزراعة، وتقارير فرع وزارة المياه والكهرباء بمنطقة الباحة وغيرها من الجهات الحكومية الأخرى والتي تختص بالمواد المائية السطحية للمنطقة كمعرفة مواقع الابار والسدود.

ب- البيانات المكانية:

تعد البيانات المكانية بمثابة الاساس الذي تقوم عليه الأبحاث العلمية، وتبنى عليه قواعد البيانات الجغرافية وتتمثل البيانات المكانية في المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاعات الرقمية والخرائط الرقمية. وفيما يلي تفصيل لأنوع البيانات المكانية ومصادرها المستخدمة في هذه الدراسة:

1- الخرائط:

- خريطة طبوغرافية بمقياس رسم 200. 000: 1 لمنطقة الدراسة صادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية السعودية عام 2013م، عُدت كخريطة اساس اعتمدت عليها في تعيين الحدود الإدارية لمحافظتي المندق وبني حسن وتحديد مواقع التجمعات السكانية ومسمياتها.
- خرائط رقمية (لوحة رقم 31- 4120، ولوحة رقم 32- 4120، ولوحة رقم 33- 4120، ولوحة رقم 34- 4120، ولوحة رقم 42- 4120، ولوحة رقم 43- 4120) بمقياس رسم 50000: 1 صادرة عن إدارة المساحة الجوية بوزارة البترول والثروة المعدنية بهدف معرفة مسميات المجاري وبعض الظاهرات الطبيعية بمنطقة الدراسة.
- خريطة طبوغرافية تفصيلية رقم NF37- 12C صادرة عن الهيئة العامة للمساحة لاستكمال البيانات غير المتوفرة في الخريطة السابقة كالاستدلال على أسماء بعض الأماكن والمظاهر الطبيعية وشبكات الطرق.
- خريطة للتقسيم الإداري للمحافظات لمنطقة الباحة الإدارية، صادرة من أمانة منطقة الباحة، ووحدة إدارة التخطيط العمراني بإمارة منطقة الباحة.
- المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي:

استخدمت في الدراسة مرئيات فضائية للقمر الصناعي الفرنسي سبوت (Spot) المسجلة من المستشعر ذي الوضوح المرئي العالي (HRV) متعدد الأطياف xs بدقة تمييز مكانية بلغت 2. 50متر لعام 2015م، للنطاقات الاشعة الخضراء الحمراء وتحت الحمراء القريبة، لتصنيف استخدامات الأراضي وكذلك تقدير مساحة الاراضي الزراعية. واستخدمت نماذج الارتفاع الرقمية ASTR GDEM بدقة تمييز مكانية 30متر، صادرة من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، حيث استخدمت تلك البيانات في استخراج شبكات التصريف لحوض منطقة الدراسة لتقدير حجم الجريان السطحي.

وكما هو معلوم فأن العمل الميداني مصدراً لا غنى عنه في أي دراسة لجمع البيانات اللازمة عن الظاهرة، أو التحقق من معطيات الاقمار الصناعية فهي عملية مكملة لبقية البيانات.

معالجة البيانات:

يعد اقتطاع حدود منطقة الدراسة من خريطة منطقة الباحة الادارية هي طبقة الأساس المدخلة في قاعدة البيانات والتي تلاها عمل التصحيح الاشعاعي للمرئيات الفضائية، ثم إرجاع المرئيات والخرائط الطبوغرافية إرجاعاً جغرافيا إلى نموذج الارتفاع الرقمي، بالإضافة إلى اقتطاع منطقة الدراسة منها بناءً على طبقة الأساس. ويمثل بناء قاعدة البيانات أهم مراحل الدراسة، حيث يتم جمع البيانات المكانية والوصفية للدراسة سواء كانت كمية أو نوعية، وحفظها بنماذج بيانات مكانية رقمية، لإخضاعها لأدوات التحليل المكاني لاحقاً، لتقدير كمية المخزون من كل نظام حصاد مائي مقترح وقد استخدمت الاساليب الآتية:

1- تقدير الميزانية المائية

طور ثورنثويت أسلوباً رياضياً لحساب معدلات البخر- والنتح الكامن Potential Evapotranspiration (PET)، (الزبيدي، 2016) ويمكن عن طريقها تقدير الميزانية المائية لمنطقة الدراسة، بناءً على معدلات درجة الحرارة الشهرية، ومؤشر الحرارة السنوي في برنامج ArcGIS. باستخدام الحاسبة الخلوية والاحصاءات في جدول البيانات الوصفية لطبقة خطوط التساوي لعنصر درجة الحرارة.

خطوات بناء نموذج تقدير الميزانية المائية:

يمر بناء النموذج بثلاث خطوات كالآتي:

الخطوة الأولى: حساب قيمة النتح والبخر الأقصى عن طريق المعادلة الآتية:

$$PET = 1.6(10\left(\frac{T}{I}\right))^{a}$$

حيث إن:

- PET هي قيمة النتح- بخر الأقصى (ملم/ شهر)، وT هي درجة الحرارة المئوية الشهرية، اهي مؤشر الحرارة السنوي ويحسب عن طريق المعادلة الآتية:

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

- A ثابت ويحسب وفق المعادلة الآتية:

$$A = (0.000000675 * (i\text{^}3)) - (0.0000771 * (i\text{^}2)) + (0.01792 * i) + 0.49239$$

الخطوة الثانية: هي حساب قيمة التبخر عن طريق المعادلة الاتية:

$$PE = 1.6(\frac{10 * T}{I})^{a}$$

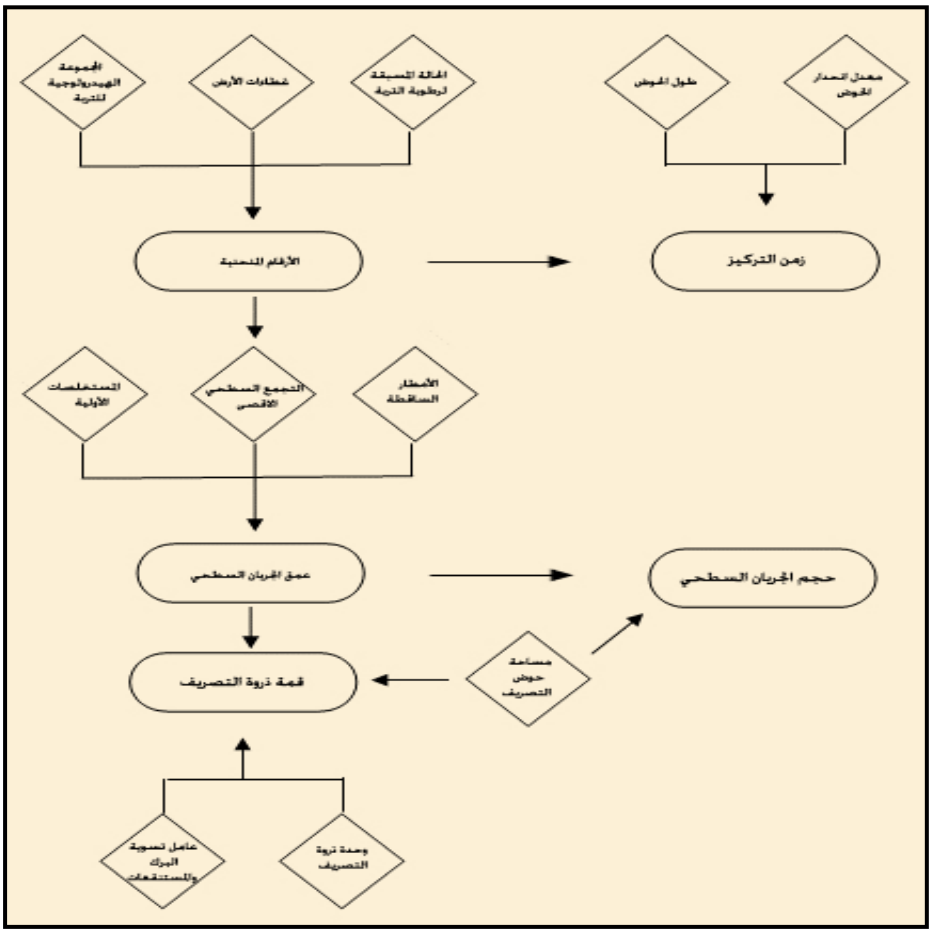
الخطوة الثالثة: حساب قيمة الميزان المائي عن طريق المعادلة الآتية:

$$IM = ((PI - 1)/PE) * 100$$

2- تقدير حجم الجريان السطحي:

قدر حجم الجريان السطحي من خلال استخدام أسلوب الارقام المنحنية SCS- CN في برنامج ArcGIS. وهو أسلوب طور من قبل إدارة صيانة التربة Soil Conservation Serviceالتابعة لإدارة الزراعة الأمريكية. ويعد من أشهر الأساليب الرياضية التجريبية المستخدمة في حساب الجريان السطحي (Gajbhiye et al., 2013)، وهو عبارة عن سلسلة من المعادلات الرياضية (شكل 3)، حيث تتطلب تلك المعادلات توفر معلومات عن غطاءات الأرض وأنماط

استخداماتها، وهيدرولوجية التربة، ونوع الغطاء النباتي، وكميات الأمطار الساقطة، كما يتطلب تحديد قيمة إصمات السطح والتي تعتمد على الحالة المسبقة لرطوبة التربة، وغطاءات الأرض، والمجموعات الهيدرولوجية للتربة



شكل (3). نموذج SCS- CN. (Elhakeem et al., 2009).

خطوات بناء نموذج الأرقام المنحنية:

يقدر حجم الجريان السطحي QV وفقاً للمعادلة الآتية:

$$QV = (Q * A/1000)$$

حيث إن:

- A تمثل مساحة حوض التصريف، وQ تمثل عمق الجريان السطحي وتحسب بالمعادلة الآتية:

$$Q = (P - Ia)2/\ (P - Ia) + S$$

حيث إن:

- P تمثل مجموع الأمطار الساقطة (مل)،- Ia تمثل المستخلصات الأولية كالتسرب والتبخر والنتح (مل)، وتحسب وفقاً للمعادلة الآتية:

$$Ia = 0.2 * S$$

S تمثل التجمع السطحي الأقصى بعد بداية الجريان (مل)، وتستخرج من المعادلة الأتية:

$$\mathrm{S} = \frac{1000}{\mathrm{CN}} - 10$$

تقدير الحالة المسبقة لرطوبة التربة:

صنفت مصلحة التربة الامريكية الحالة المسبقة لرطوبة التربة إلى ثلاث حالات بناء على المجموع التراكمي لكميات الأمطار لمدة خمسة أيام قبل العاصفة (Singh. 1982). وتختص الحالة الاولى (AMS I) بالترب الجافة، بينما تختص الحالة الثانية (AMS II) بالتربة المتوسطة أو الاعتيادية، في حين تختص الحالة الثالثة (AMS III) بالتربة المشبعة بالماء (Hjelmfelt. 1991؛ Silveira et al. 2000). وتقع منطقة الدراسة ضمن الحالة الثانية AMS II وهي الحالة المتوسطة أو الاعتيادية.

تقدير عمق الجريان السطحي وحجمه:

أن المعادلة الاساسية لتقدير عمق الجريان السطحي كما ذكرها ((Nagarajan et al. 2012 هي كالآتي:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

حيث إن:

- Qعمق الجريان السطحي، وP كميات التساقط المطري (مل)، وIa المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان السطحي وهي تعادل خمس قيمة S، وتحسب بالمعادلة الآتية:

$$I_a = 0.2 * s$$

- S التجمع السطحي الاقصى بعد بداية الجريان السطحي، وتحسب بالمعادلة الآتية:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

حيث إن:

- CN قيم الارقام المنحنية والتي تنتج بتقاطع فئات الغطاءات الأرضية مع المجموعات الهيدرولوجية ثم استخلاص القيمة المقابلة لذلك التقاطع من جداول CN.

وعند ازالة Ia كونها وسيطا مستقل مما يسمح باستخدام مزيج من P وS لإنتاج كمية جريان سطحي فريد من نوعه تصبح معادلة Q كالآتي:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + (0.8 * S)}$$

واستخدمت الدراسة الحاسبة الخلوية Raster Calculator ضمن وظائف المحلل المكاني Spatial Analyst لتقدير عمق الجريان السطحي على هيئة طبقات خلوية Raster، حيث حسبت اولاً معادلة S بعد تعديل صياغتها، إذ ضربت الأرقام الثابتة في المعادلة في 25. 4 لتحويلها من بوصة إلى ملميتر لتصبح الصيغة الرياضية لمعامل S كالآتي:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

تلاه تطبيق معادلة Ia باستخدام الصيغة الرياضية الواردة في المعادلة (11)، ثم انشئت طبقة Q بتطبيق المعادلة (13)، ثم قدر حجم الجريان السطحي باستخدام المعادلة الآتية:

$$QV = \frac{(Q * A)}{1000}$$

حيث إن:

- QV: حجم الجريان السطحي، وQ: عمق الجريان السطحي والذي تم حسابه في المعادلة (13)، وA: مساحة الخلية وهي 6. 25 متر مربع، و1000: معامل ثابت.

كما تصنف غطاءات الأرض باستخدام مرئية سبوت لمنطقة الراسة، وكذلك تصنيف الحالة الهيدرولوجية للتربة وفقاً لمعدل تسرب الماء في التربة. ولغطاء الأرض من نبات وغيره تأثيره. ويعبر نموذج الارقام المنحنية على حالة التفاعل بين مورد التربة وغطاءات الأرض مع عاصفة مطرية معينة، وتتدرج قيم النموذج ما بين صفراً و100.

3- تقديرات الحصاد المائي:

وقد قدرت الدراسة ما يمكن جمعه من المياه بواسطة طرق الحصاد المائي المختلفة وسيتم ذكرها لاحقا اثناء التطرق لكل طريقة.

المناقشة.

تقديرات الموارد المائية لمنطقة الدراسة:

لمعرفة فعالية أنظمة وتقنيات الحصاد المائي عمدت الدراسة إلى تقدير الموارد المائية بالمنطقة، حيث قامت الدراسة أولاً بحساب متوسط حجم الهطول السنوي الذي بلغ نحو 382. 000. 000 متراً مكعباً وهو يعد معدل جيد إلا أنه قد يتعرض جزء منه للفقد عن طريق التبخر والنتح لذا لجأت الدراسة إلى حساب الميزانية المائية والتي قدرت عن طريق معادلة التبخر- نتح المحتمل (PET)، واوضحت انه يتبخر نحو 39. 5% من متوسط حجم الهطول السنوي، الا أن الاعتماد على الأمطار وكمية الفاقد من البخر نتح لا يكفي لتقدير الموارد المائية بل يجب ايضا تقدير الجريان السطحي والتي تم التوصل اليهما عن طريق استخدام أسلوب الأرقام المنحنية حيث يعد عاملا هاما لتحديد مواقع المصائد المائية عن طريق معرفة اي المناطق أكثر غمراً بالمياه. وتوصلت الدراسة إلى أن ما يجري على السطح قد بلغ نحو 48. 9% اما ما تبقى من متوسط حجم الهطول المطري وهو نحو 12% فيدخل إلى التربة والشقوق الصخرية ليغذي الخزان الجوفي للمياه. وخلاصة ذلك نجد أن ما هو متاح للاستغلال من الموارد المائية للمنطقة هو 60 % تقريبا وهو مجموع الجريان السطحي والجريان الداخلي، أي ما يقدر بنحو 231. 000. 000 م3 من الماء سنوياً. وهو متاح للاستغلال متى ما توفرت المصائد المائية السطحية التي توفر تغذية للخزان الجوفي وتحفظ المياه من التبخر.

تقديرات استهلاك المياه في منطقة الدراسة

وبحسب التقدير المقدم في هذا الدراسة، فإن عدد سكان منطقة الدراسة بلغ 69. 169 نسمة، واذا اعتبرنا أن مقدار الاستعمال المنزلي للفرد من المياه يبلغ 200 لتر فإن مجموع الاستهلاك اليومي لسكان المنطقة يبلغ ما معدله 13. 834 متراً مكعباً يومياً. اي نحو 5. 052. 795 مترا مكعباً سنوياً، وقدرت الدراسة بالاعتماد على المرئيات الفضائية مساحة الأراضي المزروعة فعلاً فوجدت أنها بلغت نحو 20. 140. 000 م2، وباعتبار أن كل متراً مربعاً من محصول القمح يستهلك نحو 0. 7 متراً مكعباً من الماء سنوياً، فإن متوسط استهلاك الزراعة سنوياً يقدر نحو 14. 098. 000م3. وبناء على ما تقدم فإن مجمل احتياجات منطقة الدراسة من المياه قدرت في الدراسة الحالية بنحو 19. 151. 000م3. وقدرت الدراسة ما يدخل إلى التربة من المياه سنوياً بنحو 44. 302. 00 م3، وبذلك فإن ما يغذي المياه الجوفية السطحية هو ضعف الاحتياجات السنوية لمنطقة الدراسة من المياه، حيث تشكل تلك الاحتياجات نحو 4% فقط من المخزون الجوفي السطحي السنوي.

ويبلغ كمية الاستهلاك السنوي من الماء للفرد نحو 73. 000 لتراً سنوياً حيث قدر معدل الاستهلاك اليومي للفرد ب200 لتر ومعدل الاستهلاك المنزلي اليومي للأسرة بنحو 1000 لترا يومياً حيث بلغ متوسط عدد أفراد الاسرة خمسة أفراد، بينما بلغ معدل الاستهلاك المنزلي السنوي للأسرة نحو 365. 000 لتراً سنوياً. وتقدر نسبة ملكية المنازل بنحو 85 %، وأن 30 % من الأسر تسكن الشقق بحسب تقرير المسح الديموجرافي لهيئة الاحصاءات لعام 2007م.

وإذا علمنا أن حجم السعة التخزينية للخزانات السطحية وتحت السطحية يجب لا تقل عن 365 متر مكعباً سنوياً لتوافق استهلاكات أفراد الأسرة في المنزل الواحد. فان هذه الدراسة تقدر مجموع الاستهلاك اليومي للماء لإجمالي سكان منطقة الدراسة والبالغ عددهم 69. 169 نسمة ما يقارب 13. 834. 000 لتراً، وخلاصة القول أن مجمل الاحتياجات السنوية للسكان من المياه لاستخدامات المنزلية يبلغ نحو 5. 049. 337. 000 لتراً سنوياً.

أنظمة وتقنيات حصاد المياه

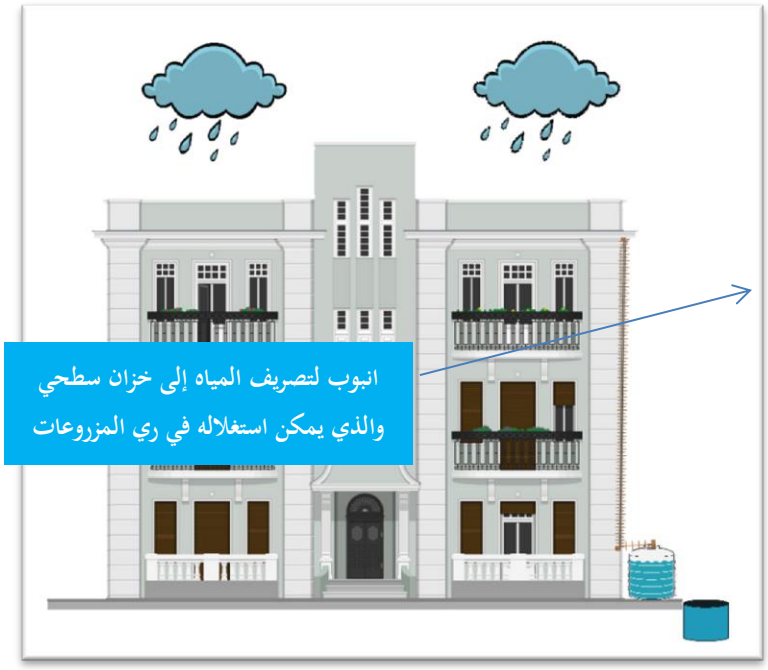
تختلف أنظمة الحصاد المائي باختلاف الهدف فمنها ما يسعى لحصاد مياه المطر اثناء الهطول وقبل بدء الجريان السطحي، ومنها ما يحصد المياه اثناء الجريان السطحي، ومنها ما يسعى لحصاد قطرات الندى والضباب. ومن اهم نماذج أنظمة الحصاد المائي التي تقترحها الدراسة الراهنة الآتي:

1- حصاد الهطول المطري:

يعتبر فصل الربيع أكثر فصول السنة غزارة في كميات الأمطار وذلك بتأثير عامل الرياح الموسمية التي تهب من الناحية الجنوبية الغربية، وتتمثل القمة المطرية في شهر ابريل. ومن أبرز طرق حصاد الأمطار اثناء سقوطها هي حصاد أسطح المنازل، أو الحصاد عن طريق الخزانات الصغيرة.

أ. حصاد أسطح المنازل (حصاد الأهالي):

يقصد بحصاد أسطح المنازل جمع مياه الأمطار اثناء سقوطها على أسطح المنازل وتحويلها إلى خزانات سطحية أو شبه سطحية لتأمين الاحتياجات المنزلية من المياه. وهي طريقة بسيطة تمثل موروث شعبي كان معمول به قديماً في منطقة الدراسة وتتميز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج جهد ولا تكلفة حيث تقوم فكرة هذه الطريقة على عمل ميول في أسطح المنازل لتسريب مياه الأمطار نحو انبوب موصول بخزان المياه للمنزل، كما يمكن توصيل الانبوب بخزان سطحي وربط الخزان السطحي بالخزان الرئيسي للمنزل (لوحة 1). ولتحقيق الاستفادة القصوى من المياه المحصودة من الممكن عمل فلتر لتعقيم المياه من الشوائب، كما يجب أن تكون تلك الاسقف الخرسانية نظيفة، وأن تكون درجة ميل الأسطح نحو 1 % تقريباً، كذلك أن تكون تلك الأسطح محاطة بسور لا يقل عن نصف متر، كما يجب أن يكون قطر الانبوب مناسب ويسمح بانسياب حركة المياه فيه (كرزم، ب. ت).



لوحة (1). حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل. ويمكن تغذية الخزان الأرضي بالمياه الفائضة عن الخزان السطحي أو ربط الاسطح بالخزان الأرضي مباشر

وبتطبيق الحصاد من أسطح المنازل في منطقة الدراسة قدرت هذه الدراسة كمية ما يتم حصاده بنحو 100. 000 لتراً من منزل واحد سنوياً حيث أن متوسط مساحة أسطح المنازل في منطقة الدراسة تقدر بنحو 500 متر مربع ومعدل الأمطار في المنطقة نحو 200 ملم سنوياً. واذا افترضنا أن 90 % هو ما يمكن الاستفادة منه من خلال هذه الطريقة باعتبار أن ما تبقى من النسبه (10%) يفقد خلال عمليات النقل والتخزين فأن هذه الدراسة قدرت الكمية الفعلية التي يمكن أن يتم جمعها سنوياً من سطح منزل واحد تقدر بنحو 90. 000 لتراً، وبناء عليه فأن ما يمكن جمعه من جميع أسطح المنازل في المنطقة تقدر بنحو 1228 مليون لتراً سنوياً. وخلاصة ذلك أن أسطح المنازل توفر ما نحوه 24% من اجمالي الاحتياج السنوي من المياه للاستخدام المنزلي لسكان منطقة الدراسة.

2- حصاد مياه الجريان السطحي:

تعتبر طريقة حصاد المياه من الجريان السطحي طريقة لتجميع مياه الأمطار بعد أن تسقط على الأرض وتبدأ في الجريان على السطح. وتعتمد تلك الطريقة على وضع مصيدة في طريق الجريان السطحي للمياه للاستفادة من تلك المياه.

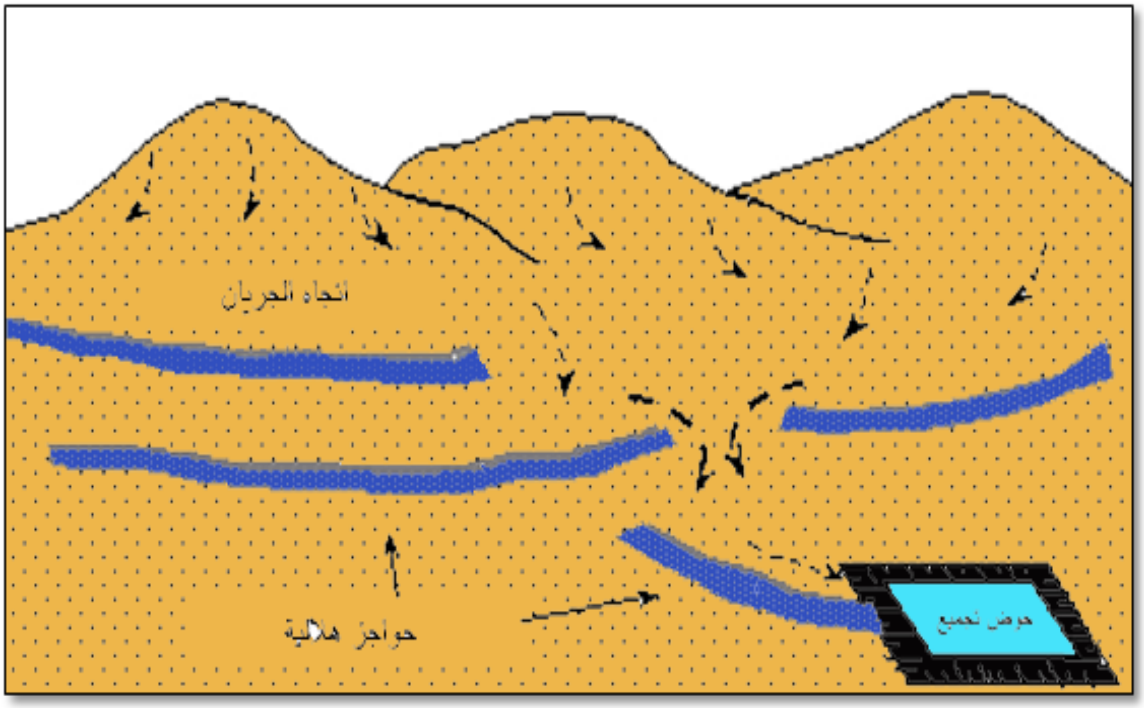
وقد قدرت هذه الدراسة حجم الجريان السطحي من عاصفة المطر الاعتيادية خلال 24 ساعة بنحو 6. 377. 049 متر مكعب، بينما بلغت نحو 119. 330. 256 متر مكعب من عاصفة مطر متطرفة يصعب التنبؤ بحدوثها، وكان حجم الجريان السطحي السنوي المقدر نحو 179. 055. 700 متر مكعب، وذلك باستخدام نموذج SCS- CN والذي يتطلب توفر معلومات عن غطاء الأرض، وهيدرولوجية التربة، ونوع الغطاء النباتي الطبيعي، وكميات الأمطار وقد صنفت غطاءات الأرض بمنطقة الدراسة عن طريق المعالجة الآلية لبيانات القمر الفرنسي سبوت- 5 ذو دقة التميز المكانية 2. 5م، ونتج عن ذلك احدى عشر وحدة للغطاءات الأرضية، وتوصلت الدراسة إلى ثلاث مجموعات هيدرولوجية في منطقة الدراسة للتربة.

وقد اقترحت هذه الدراسة ثلاث طرق للاستفادة من مياه الجريان الجوفي كالتالي:

الطريقة الأولى: حصاد المياه بالأحواض التجميعية:

تتلخص هذه الطريقة في بناء احواض تجميعية في اسفل المنحدرات بعد بناء قنوات تصريف للمياه التي تجري على السطح لتصل إلى تلك الأحواض ومن ثم يتم سحب تلك المياه من الأحواض وسحبها إلى خزان علوي تجميعي. وتتألف الخزانات عادة من أحواض ترابية أو مبطنة بالأحجار في اراضي المنحدرات تستقبل مياه الجريان السطحي، وتعرف هذه الخزانات بالبرك والتي يتم بناءها باعتماد الجدران الحجرية، وتتراوح سعتها التخزينية بضع مئات من الأمتار المكعبة (أحمد، 2012). وتقترح الدراسة الحالية بأن لا يقل طول الخزان عن 18 متراً وعرضها عن 10 أمتار، اما عمقها فيجب أن يتراوح ما بين 1. 5 إلى 4 أمتار بحسب طبيعة المنطقة، أي يتراوح السعة التخزينية للخزانات التجميعية نحو 200 إلى 400 متر مكعب.

وتأخذ قنوات التصريف شكل حواجز نص دائرية متتابعة بنمط متدرج يكون عمقها متراوح ما بين 1 إلى 1. 5 متر، وذلك للحد من سرعة الجريان ومن تجمع الإرسابات خلف تلك الجدران (لوحة 2) وتسير المياه من الحاجز العلوي إلى السفلي بشكل متدرج إلى أن تصل إلى الاحواض أسفل المنحدر والتي تتجمع بها المياه. وتوضع على تلك الأحواض مكائن سحب للمياه لنقل المياه من تلك الأحواض إلى خزان علوي لحفظ المياه وايصالها إلى المنازل او المزارع لاستخدامها. ويتم وضع الخزان العلوي بالقرب من كل قرية وتكون الطاقة الاستيعابية لكل خزان في القرية الواحدة مناسب للطاقة الاستيعابية للأحواض التجميعية التي تغذية بالمياه.



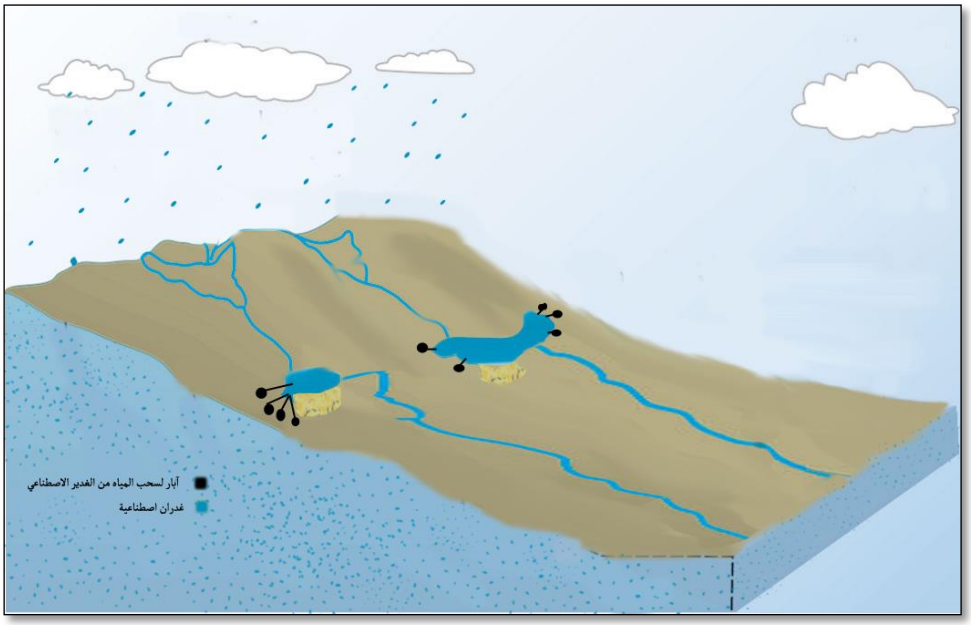
لوحة (2). قنوات لتصريف المياه. بشكل حواجز متتابعة لنقل المياه إلى الأحواض التصريفية.

وتقدر الدراسة أن هذه الطريقة توفر لسكان المنطقة من المياه للاستخدام المنزلي نحو 442080 متراً مكعباً. حيث افترضت الدراسة بناء 4 أحواض تجميعية بالقرب من القرية بمتوسط تخزين 360 متر مكعب للأحواض أي أن الخزان العلوي للقرية تقدر سعته التخزينية بنحو 1440 متر مكعب. وخلاصة ذلك أن هذه الطريقة قد توفر لسكان منطقة الدراسة من المياه ما يعادل 9% من الاحتياجات السكانية السنوية للمياه للاستخدام المنزلي في منطقة الدراسة.

الطريقة الثانية: خزن مياه الفيضانات بالغدران الاصطناعية:

تقترح هذه الدراسة إنشاء مصدات لخزن مياه الجريان السطحي للاستفادة منها على المدى الطويل بطريقة سهلة واقتصادية وغير مكلفة. حيث تقوم فكرة هذه الطريقة على إنشاء غدران اصطناعية وتحويل جزء من مياه السيول المتدفقة نحو تلك الغدران لتملأها. ويجب أن يكون موقع تلك الغدران مناسب حيث يكون في مجرى وادي يسيل في السنة مرة واحد على أقل تقدير حيث يتم عمل سد ترابي ووضع مكائن لسحب المياها إلى خزانات اصطناعية تنشأ بالقرب من السد الترابي وبسعة تخزينية تقدر ما بين 100- 250 متر مكعب ويمكن عمل أكثر من خزان مائي لكل سد ترابي ويمكن عمل أكثر من سد ترابي في منطقة الدراسة (لوحة 3).

وتعتبر هذه الغدران الاصطناعية ذات تكلفة زهيدة وان كانت تختلف تكلفة الإنشاء حسب طبيعة المنطقة وطبوغرافيها. وتكون أبعاد تلك الغدران غالباً 300 متر طولاً و100 متر عرضاً، ويكون عمقها نحو 9 أمتار، وتقدر تكلفة الحفر للمتر المكعب الواحد ما بين 5 إلى 7 ريال سعودي فقط، وعلى ذلك فأن تكلفة إنشاء غدير اصطناعي تقدر بما يقارب مليونين ريال سعودي كحد أقصى لبحيرة بسعة تخزينية 270. 000 متر مكعب (الشيخ، 2006). وبناء على ما سبق فإن هذه الدراسة قدرت ما يمكن توفيره للمنطقة من المياه باستخدام هذه الطريقة نحو 100 مليون لتراً سنوياً لو تم بناء عشرة غدران بسعة تخزين 100 ألف متر مكعب لكل غدير في منطقة الدراسة وبتكلفة إنشائية تقدر بنحو 7. 000. 000 ريال سعودي كحد أقصى وهو ما يعادل 5% فقط من تكلفة إنشاء سد وادي عردة. وخلاصة ذلك يمكن توفير ما نحو 20% من الاحتياجات السنوية للمياه لسكان منطقة الدراسة للاستخدام المنزلي من هذه الطريقة.



لوحة (3). الغدران الاصطناعية.

الطريقة الثالثة: حفر آبار تغذية سطحية:

تقترح هذه الدراسة الاستفادة من تجربة مشروع الملك فهد لحصد وتخزين مياه الأمطار والسيول والذي تبناه معهد الأمير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء في جامعة الملك سعود، عن طريق حفظ مياه السيول بخزنها في الطبقات السطحية من خلال حفر آبار تغذية اصطناعية في بحيرة السد للمحافظة عليها من التبخر ولرفع مستويات منسوب المياه في الآبار المجاورة للسدود. وتتلخص هذه الطريقة في تركيب أنابيب للتغذية في الآبار الصناعية ووضع محابس في أحواض السدود لتغذية الطبقات الجوفية، ويتراوح ما يتم إنشاءه في كل سد ما بين 5 إلى 8 آبار

تغذية في كل سد بأعماق تتفاوت ما بين 33 إلى 40 مترا بتكلفة انشائية قدرت بنحو 18000 ريال سعودي فقط (آل الشيخ، 2006). لو افترضنا إنشاء خمسة آبار تغذية في إحدى سدود منطقة الدراسة فسوف تقدر الكلفة بنحو 90. 000 ريال سعودي فقط وهي تكلفه منخفضة مقارنة بما يمكن أن توفره من المياه، قياساً على ما ذكره البسام (2013) أن آبار التغذية بسد الحريق وفرت خزن قدر بنحو 7. 000. 000 متر مكعب من مياه الفيضانات، والذي صاحبة ارتفاع في منسوب المياه بالآبار المجاورة للسد لمدة قدرها بعشرة أشهر بعد آخر هطول مطري مع تحسن في نوعية المياه.

3- الحصاد من الغلاف الجوي:

يحتوي الغلاف الجوي على ما يقارب 12. 900 كيلو متر مربع من المياه العذبة، 98% منها عبارة عن بخار ماء و2% عبارة عن ماء مكثف (الغيوم)، (Beysens and Milimouk. 2000). ويعد تحويل تلك المياه إلى مياه سائلة بطرق اقتصادية مطلب للتنمية الموارد المائية والحفاظ عليها ومن أهم طرق الحصاد لتلك المياه الآتي:

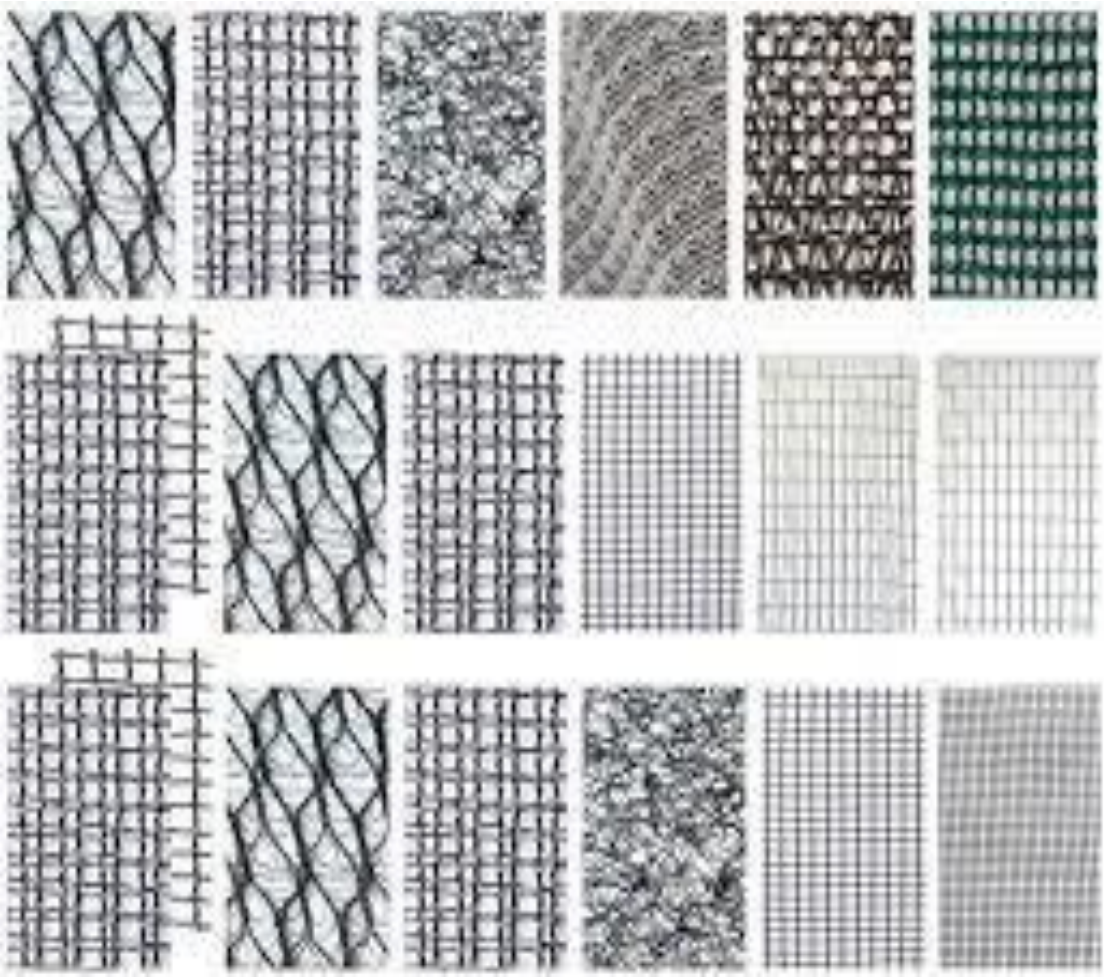
أولا: حصاد الضباب

ويحتوي الضباب على مئات اللترات من المياه التي هي تكون نقية جداً وصالحة للشرب (Olivier. 2002) حيث تتبخر مياه المسطحات أثناء الليل عندما ترتفع درجات الحرارة بمعدلات مختلفة ويتراكم البخار من مقربة من سطح المياه ويتصاعد البخار إلى طبقات الجو العليا بواسطة الحمل الحراري إلى أن يصل إلى طبقة يتم بها تكثيف بخار الماء بتأثير الهواء البارد، إذ يكون التوازن بين كثافة الهواء المحمل ببخار الماء وبين الهواء الجاف في تلك الطبقة وتصبح طبقة الضباب عالقة إلى تدفعها الرياح لترتطم بأسطح باردة كسفوح الجبال وتتخلص مما تحمله من المياه، وتمثل هذه الأسطح المواقع المثلى لمصائد المياه من الضباب والتي تصغر حجم ذراتها حجم حبات المطر وقطرات الندى (الحسيني، 1999)

وهذه الطريقة تتم عن طريق وضع لوحات شبكية رأسية كبيرة بارتفاعات لا تقل عن 1. 5 متر عن سطح الأرض، وتلك الشبكة تعمل على تجميع قطرات الماء حين التصاق الضباب بها حيث تتكون قطرات ماء صغيرة وتتجمع وتكبر ومن ثم تجري في ممر أنبوبي إلى أسفل تلك اللوحة الشبكية ثم تنتقل إلى مستودع تخزين (لوحة 4). وهذه الطريقة هي من أبسط الطرق لحصاد الضباب حيث يمكن للأهالي انشائها وصيانتها حيث لا يتطلب رأس مال كبير لإنشائها، وصيانتها وتشغيلها، كما يمكن توسيعها وزيادة إنتاجيتها، كما تتميز بأنها طريقة آمنه على البيئة. ولا تشترط سواء أن تكون في منطقة سكانية يغطيها الضباب بشكل متكرر، ولا يقل وجود الضباب فيها عن 3 أشهر، ولتحقيق أعلى استفادة من هذه الطريقة يمكن الاستعانة بالسجلات الصادرة من المحطات الجوية لظاهرة الضباب واتجاهات الرياح وسرعتها حيث إنهما أهم المحددات الرئيسية في حجم المياه التي يمكن جمعها، إلى جانب معرفة طبوغرافية السطح لإنشاء لوحة شبكية لحصاد مياه الضباب بكميات وفيرة، ويعد اختيار الموقع للإنشاء اللوحات من أهم أسباب نجاح أنظمة حصاد المياه من الضباب. حيث لا يقل إنتاج المياه من قطرات الضباب عن3- 5 لتر في اليوم لكل متر مربع من اللوحة الشبكية (صالح ونعمان، 2013م؛ Olivier. 2002)، أي يمكن جمع ما بين 1095 – 1825 لتراً لكل متر مربع سنوياً من تلك الألواح الشبكية.

وتتكون المحطة الواحدة لحصاد الضباب من لوحة شبكية وخزان لحفظ المياه مع ايدي عامله تشرف على صيانتها بتكلفة اجمالية تبلغ 338 ريال سعودي للمتر فقط (الحسيني، 1999). فلو افترضنا إنشاء عشر محطات في مناطق الضباب في منطقة الدراسة فسوف لا تزيد التكلفة عن سبعة الاف ريال سعودي وهي تكلفة بسيطة اذا ما علمنا أن تلك الشبكات من الممكن أن توفر كميات مناسبة مقارنة بمثيلاتها في مناطق اخرى ففي احدى قرى

جواتيمالا والتي انشئت بها 35 لوحة شبكية لحصاد الضباب وفرت تلك الألواح الشبكية نحو 6300 لتر من المياه الصالحة للشرب يوميا أي 6. 3 متر مكعب يوميا حيث أن المتر المكعب من الضباب يحتوي على ما نحو نصف جرام من الماء في حالة سائلة، وهذه الطريقة وفرت للقرية احتياجات ثلاثين اسرة اثناء موسم الجفاف ويزيد المعدل ضعف ذلك اثناء موسم الأمطار (شيرماير، 2014).



لوحة (4). انماط من الالواح الشبكية متنوعة لحصاد الضباب.

لوحة (5). الضباب في المندق.

ومنطقة الدراسة تتميز بحدوث ظاهرة الضباب وتكرارها خاصة مع دخول فصل الشتاء (لوحة 5). فلو افترضنا إنشاء 20 لوحة شبكية ابعاد كل لوحة 6 أمتار وعرضها 20 متر وسعتها 120 متر مربع في مناطق الضباب بمنطقة الدراسة فيتوقع توفير ما بين بين 131. 400- 219. 000 لتراً سنوياً بمتوسط 175200 لتراً سنوياً من لوحة شبكية واحدة، أي أن العشرون لوحة توفر ما متوسطه 3. 504. 000 لترا سنوياً من المياه النقية الصالحة للشرب. ويمكن أن توفر اللوحة الواحدة احتياجات ما يقارب 300 أسرة يومياً من المياه النقية من مياه الشرب حسب تقديرات الدراسة الحالية أن افترضنا أن معدل استهلاك الفرد الواحد من مياه الشرب 3 لتر يومياً. وبقدر ما يمكن توفيره من جميع اللوحات المقترحة لمنطقة الدراسة احتياج ستمائة أسرة من مياه الشرب سنوياً. بمعنى أن هذه الطريقة من الممكن أن توفر نحو 5% من الاحتياج السنوي[1] للإفراد في منطقة الدراسة.

ثانياً- حصاد الندى:

أن أول محاولة لحصد قطرات الندى كانت عام 2001م في قرية كوثارا اثناء البحث عن أسباب الاحتباس الحراري (Sharan. 2007). وبالرغم أن الندى لا يتكون الا في هواء رطباً ومنطقة شبه خالية من الغيوم ورياح منخفضة الا أنه يتميز بنوعية مياه نقية كما أنه أقل عرضة لقيود الظروف المناخية والتضاريسية. وتعتبر طرق حصاد الندى من الأنظمة ذات التكاليف المنخفضة ويمكن للأهالي القيام بها، فهي تتلخص في تكثيف الرطوبة الموجودة في الهواء وتحويله إلى ماء سائل. وهذا النوع من الحصاد من الممكن أن يوفر عشرة جرامات من الماء لكل متر مكعب في الهواء (Beysens and Milimouk. 2000). وهناك ثلاث طرق لحصاد الندى كالآتي:

أولاً- الكتلة العالية:

وتتلخص في مرور الهواء من خلال بناء من الحجر البارد ذو تصميم خاص، وأثناء ملامسة الهواء للأحجار الباردة يتكثف بخار الماء المحمول في الهواء ويتحول إلى قطرات مائية سائلة تعبر ممرات ضيقة في البناء. واعتبرت كثير من الدراسات أن هذا الاسلوب لم يحقق نجاحاً كبيراً مما أدى إلى البحث عن أساليب أكثر جدوى.

ثانياً- الطريقة الاشعاعية:

هذه الطريقة تقوم بفرش أرضية أسطح المنازل بمادة صناعية كالبوليسترين بزاوية ميل محددة، وعندما تبرد هذه المادة فتقوم بتكثيف بخار الماء الملامس لها اذ تعمل هذه المادة كجهاز تكثيف فتتكون قطرات الندى التي تتبع ميل السطح وتمر عبر أنبوب يوصل تلك القطرات إلى خزان أرضي تجميعي. وقد تطبق هذه الطريقة على ألواح مختلفة المساحات تنشأ في المواقع الملائمة لحصاد الندى (لوحة 6).

وهذه الطريقة تشبه طريقة حصاد ميادة الأمطار من أسطح المنازل، ويمكن دمج الطريقين معاً حيث أن كلا الطريقتين غير مكلف حيث يمكن تطبيق طريقة حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل في مواسم سقوط الأمطار، وفي مواسم الجفاف ويلجأ إلى الطريقة الإشعاعية.

(1). يبلغ الاحتياج السنوي للسكان من مياه الشرب النقية نحو 7,5740,055 لترا سنوياً، وهي حصيلة ضرب عدد السكان في الاحتياج اليومي للشخص في عدد أيام السنة (69169نسمة ×3 لترات×365يو).

لوحة (6). أسلوب حصاد الندى

ثالثاً- الطريقة الفعالة:

تعد هذه الطريقة طريقة مباشرة جدا إذ تتطلب صنع جهاز مكثف عن طريق التبريد، ويستخدم هذه الجهاز المكثف لخفض درجة حرارة إلى ما دون نقطة الندى مما يؤدي إلى انتاج الماء السائل.

كما يمكن استغلال قطرات الندى التي تسقط على اوراق الاشجار والاستفادة منها في ري المزروعات عن طريق صواني مصنوعة من البلاستيك تستخدم في الزراعة (لوحة رقم 7) ولا يتجاوز سعره 4ريال سعودي.

ويمكن جمع 9. 000 لتر من الماء سنوياً من سطح مساحته 600 متر مربع، بمعنى أن كل متر مربع يجمع 15 لترا من الماء سنوياً وذلك باستخدام الطريقة الاشعاعية (Sharan. 2007). ويمكن أن توفر هذه الطريقة لمنطقة الدراسة نحو 92 مليون لتراً سنوياً من اجمالي حصاد قطرات الندى لأسطح المنازل، حيث يمكن حصاد نحو 7. 500 لترا سنوياً من سطح منزل واحد. وخلاصة ذلك أن هذا الأسلوب يوفر لمنطقة الدراسة نحو 1. 82% من إجمالي الاحتياج السنوي المائي للاستخدام المنزلي لسكان منطقة الدراسة. وتعد الطريقة الإشعاعية أو الطريقة الفعالة من الطرق التي يمكن أن تطبق في منطقة الدراسة.

لوحة (7). صواني بلاستيكية صممت لاستغلال قطرات الندى في ري المزروعات.

خلاصة النتائج

خلصت هذه الدراسة إلى أن الموارد المائية موازية وكافية لتغطية احتياجات سكان المنطقة فيما لو استغلت استغلالاً أمثل. حيث أن منطقة الدراسة في حاجة ماسة إلى مشاريع تنموية فاعلة لتنمية الموارد المائية، وكذلك يحتاج سكان المنطقة إلى تثقيف ووعي بيئي للقيام بأعمال الحصاد المائي والمحافظة على الموارد المهدرة بطرق بسيطة وصيانتها لتحقيق الاكتفاء الذاتي. حيث أن الدراسة اقترحت اساليب بسيطة باستطاعة الاهالي تنفيذها ولا تكلف الا مبالغ زهيدة مقارنة بمردودها للمنطقة. وتوصلت الدراسة إلى أن الطرق المقترحة توفر ما نحو 58% من إجمالي الاحتياج السنوي المنزلي للمياه النقية. فطريقة الحصاد باستخدام أسطح المنازل توفر نحو 24%، بينما يوفر أسلوب الأحواض التجميعية ما قدر بنحو 9%، ونحو 20% يمكن الحصول عليها باستخدام أسلوب الخزانات والبرك خلف السدود، أما أسلوب حصاد الضباب فيوفر نحو 5%. إلى جانب ما يمكن تخزينه عن طريق آبار التغذية الجوفية، وعن طريق تسرب المياه لباطن التربة، والذي يعمل على تحقيق التنمية المستديمة وتغذية الخزانات الجوفية السطحية في منطقة الدراسة.

قائمة المراجع.

أولاً- المراجع بالعربية:

- أحمد، أحمد ادم خليل (2012) مشكلة ادارة موارد المياه في الاراضي الجافة في السودان دراسة حالة لولاية شمال دارفور، جامعة ام درمان الاسلامية، السودان.
- أحمد، صلاح عبد الله (2013). حصاد المياه والتغذية الجوفية في جمهورية السودان، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- آل الشيخ، عبد الملك بن عبد الرحمن (2006)، حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض.
- البسام، عبد العزيز محمد (2013)، حصد وخزن مياه الأمطار والسيول في المملكة العربية السعودية وجهود معهد الامير سلطان لأبحاث البيئة والمياه والصحراء، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- الحسيني، عبد الفتاح أحمد (1999). استخدام الضباب كمصدر للمياه، مركز فقيه للأبحاث والتطوير، مكة.
- الحمدي، عبد الواحد محمد (2013). حصاد المياه والتغذية الجوفية في الجمهورية اليمنية، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- الزبيدي، حليمة ابراهيم (2016). نمذجة التنمية المستدامة للموارد الطبيعية في الحوض الاعلى لوادي تربة بسراة بلاد زهران باستخدام علوم الجيوماتكس، رسالة دكتوراه منشورة، جامعة ام القرى، مكة المكرمة.
- الزكواني، أحمد بن أحمد (2013). الحصاد المائي في المناطق الجبلية في سلطنة عمان، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- الشنطي، أحمد محمود (1993). جيولوجية الدرع العربي. مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة.

- شيرماير، كيرين (2014) مياه حسب الطلب، مجلة طبيعة، الطبعة العربية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض.
- صالح، شرف الدين عبد الله وعبد الله عبد القادر نعمان (2013). دراسة جدوى لإمكانية حصاد مياه الأمطار في اليمن وتوفير مياه الشرب في المناطق الريفية، جمعية العون المباشر، مكتب اليمن للمياه، الكويت.
- قطب، جمال ابراهيم (2013). الجدوى الاقتصادية لمنشآت حصاد مياه السيول دراسة حالة سيناء، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- كرزم، جورج (ب. ت): الحصاد المائي: تقنيات وتطبيقات، http: //www. maan- ctr. org/old/pdfs/Pamphlet/ watertech. pdf
- مصلحة الاحصاءات العامة والمعلومات (2010). تقديرات السكان في منتصف العام للمناطق الإدارية والمحافظات (1431- 1432 هـ – 1446- 1447 هـ) الموافق (2010- 2025)، وزارة الاقتصاد والتخطيط، الرياض.
- نعمان، عبدالله عبد القادر (2013). تقنيات وطرق مناسبة لحصاد مياه الأمطار كاستراتيجية للتأقلم مع قلبات هطول الأمطار في المناطق الجافة، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان.
- وزارة المياه والكهرباء (2014)، شعبة الهيدرولوجيا، النشرة الهيدرولوجية للفترة 19- 2008م. الرياض.
- وزارة المياه والكهرباء (2019)، تقارير عن حالة المياه والسدود في المنطقة. فرع وزارة المياه والكهرباء بمنطقة الباحة، الباحة.

ثانياً: المراجع باللغات الاجنبية

- Amin, M. T., Alazba, A. A. & ElNesr, M. N. (2011), Climate Variability and Extremes in Saudi region and Rainwater Management as Adaptation Strategies: Learning from Past, In the proceedings of the 4th IWA- ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan.
- Ariyani. D, A. Wulandari, A. Juniati, R. Nur Arini. (2021). Rainwater Harvesting for Water Security in Campus (case study Engineering Faculty in University of Pancasila). Journal of Physics: Conference Series 1858.
- Beysens. D and I. Milimouk,(2000), THE CASE FOR ALTERNATIVE FRESH WATER SOURCES, "Pour les ressources alternatives en eau", Sécheresse, Vol. 11
- Elhakeem, M., Athanasios N. Papanicolaou (2009) Estimation of the Runoff Curve Number via Direct Rainfall Simulator Measurements in the State of Iowa, USA Springer Science Business Media B. V.
- Gajbhiye,S., S. K. Mishr and Ashish Pandey (2013), Effects of Seasonal/Monthly Variation on Runoff Curve Number for Selected Watersheds of Narmada Basin, International Journal of Environmental Sciences Volume 3 No. 6
- Ghandhari A. and A. Moghaddam (2011). Water Balance Principles: A Review of Studies of Five Watersheds in Iran. Journal of Environmental Science and Technology, 4 (5): 465- 479.

- Hjelmfelt, A. T. (1991). Investigation of the Curve Number Procedure. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 117(6): 725- 737
- Nagarajan, N., Poongothai, s. and. Arutchelvanl,A. (2012) "Impact of land use/land cover changes on surface runoff from a rural watershed, Tamilnadu, India", Int. J. Water, Vol. 7 Nos. 1/2, pp. 122–14
- Olivier., J (2002). Fog- water harvesting along the West Coast of South Africa: A feasibility study, ISSN 0378- 4738, Water SA, Water Research Commission, Vol. 28.
- Qiannan Wu, Wen Su, Qiangqiang Li, Yingle Tao, and Haiqing Li (2021): Enabling Continuous and Improved Solar- Driven Atmospheric Water Harvesting with Ti3C2- Incorporated Metal–Organic Framework Monoliths, American Chemical Society.
- Sharan, G. (2007), Harvesting Dew to Supplement Drinking Water Supply In Arid Coastal Villages of Gujarat, Indian Institute of Management.
- Silveira, L., Charbonnier, F., and Genta, J. L. (2000): The antecedent soil moisture condition of the curve number procedure, Hydrol. Sci. J., 45, 3–12.
- Singh VP (1982) 'Hydrologic systems: Rainfall–runoff modeling', Vol. I, Prentice- Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 480. 148.