الجيولوجية والهيدرولوجية لمديرية مدينة حجة محافظة حجة / الجمهورية اليمنية.

د. همدان أحمد علي عايض الهمداني
الأستاذ المساعد بقسم الجغرافية بكلية التربية – جامعة حجة

د. محمد محمد جح جح
الأستاذ المساعد بقسم الجغرافية
رئيس قسم الجغرافية بكلية التربية – جامعة حجة

الملخص

نظراً للتغير المناخي الذي تشهده الكرة الأرضية في الآونة الأخيرة، والذي صاحبه تدهور بيئي وتغير في دورات الجفاف المتعاقبة على الكرة الأرضية، رافق ذلك تزايد الطلب على الاحتياجات المائية الناتجة عن تزايد عدد السكان والضغط الشديد على الموارد المائية المتاحة. نتيجة لذلك كله فقد أخذت تقنيات حصد مياه الأمطار نصيباً وافراً من الاهتمام خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة من أجل الحفاظ على منسوب المياه في الخزانات الجوفية. وتهدف هذة الدراسة الى المساهمة في حماية المصادر المائية الشحيحة التي تواجهها مديرية مدينة حجة، وذلك من خلال تقييم الوضع الجيولوجي والهيدرولوجي للمنطقة ومساهمتها في إمكانية استغلال مياه الأمطار بتنفيذ طرق حصاد مياه الأمطار.

قد تناولت هذه الدراسة كل الجوانب المتعلقة بالوضع الجيولوجي و الجيومورفولوجي والهيدرولوجي، وذلك بتحديد خصائصها الطبيعية والتي يمكن توظيفها من أجل استغلال مياه الأمطار وإمكانية الاستفادة منها في تغذية المياه الجوفية وفي حوضي وادي شرس ووادي خائفة. وقد بينت الدراسة وجود مناطق ذات خصائص مناسبة يمكن تنفيذ بعض التدخلات المناسبة التي ستسهم في الحفاظ على مياه الأمطار والتقليل من هدرها. حيث قسمت الدراسة المنطقة إلى خمسة أحواض داخلية، حوضان ضمن مستجمع وادي شرس هما وادي عين علي ووادي الحشر، وثلاثة أحواض فرعية ضمن مستجمع وادي خائفة هي وادي غربان، وادي شرقي عبس (وادي النجار) ووادي غربي عبس. كما بينت الدراسة ضرورة إجراء بعض التدخلات الهامة على امتداد هذه الأودية.

Abstract:

Climate change that the earth face in recent time make degradation in environment and unstable in desertification, meanwhile, there is increasing in the population. All of those increase the pressure on the available water resources. Therefore, water harvesting techniques be more notice recently spatially in the desert regions to save underground water. The aims of this study is to contribution to protect the water resources in the Hajjah city district. Analysis the geology, morphology and hydrology characteristics of basins within the study area using GIS techniques and field visit notes for rainfall harvesting to recharge ground water in Sharis basin and Kaifa basin. This study indicated that there are some locations could implemented for that purpose. In addition, the study area have been classified to five sub basins (valleys), tow within Sharis basin (Ain Ali valise and Wadi Alhoshar valley) and three within Kaifa basin (Wadi Qorban valley, East Abs valley and West Abs valley).

1. المقدمة :

تتعرض مناطق كثيرة لنقص حاد في كمية المياه الجوفية على وجه التحديد. الأمر الذي أدى إلى تزايد الاهتمام بتطبيق تقنيات حصاد مياه الأمطار خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني نقص كبير في كمية المياه المتطلبة لاحتياجات السكان . ولا يخفى على أحد التذبذب المناخي خاصة في هطول الأمطار، الأمر الذي يزيد أهمية التركيز والتوسع في مجال الحصاد المائي خلال موسم الأمطار والتي تستمر لفترة قصيرة تسيل خلالها الوديان ويهدر الجزء الأكبر منها خارج المناطق المحتاجة لتغذية مياهها الجوفية. رافق ذلك تزايد الطلب على الاحتياجات المائية الناتجة عن تزايد عدد السكان والضغط الشديد على الموارد المائية المتاحة.

تعرف عملية حصاد مياه الأمطار والسيول بأنها تلك التقنية التي تستخدم في حجز وتخزين مياه الأمطار والسيول في فترات سقوطها بطرق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها سواء للشرب أو للري التكميلي أو لتغذية المياه الجوفية (ال الشيخ 2006). تعتبر تقنيات حصاد مياه الأمطار والسيول أحد الوسائل القديمة جداً التي قام بها الإنسان في مناطق شتى من العالم لزيادة الاستفادة منها، فقد كان للإنسان اليمني نصيب وافر ومساهمة رائدة في ذلك المجال ولعل أكبر شاهداً على ذلك سد مأرب العظيم الذي شيد لهذا الغرض (حصاد مياه الأمطار). تم استنباط معظم تقنيات حصاد المياه لأغراض متنوعة وذلك لاستخدامها حسب الغرض، منها زيادة نمو المحاصيل أو لتأهيل وتطوير الأراضي الرعوية في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، تغذية المياه الجوفية، كل ذلك في ظل ظروف عدم كفاية الأمطار للزراعة المطرية أو شح المياه لاستخدامها لأغراض الري.

هنالك العديد من الدراسات التي تمت في هذا المجال منها:

دراسة الأنظمة الهيدرولوجية وحصاد مياه الامطار ضمن المراوح الفيضية في الطرف الشمالي من جبل سنجار في العراق قام بها الداغستاني وأخرون 2004. أبو حصـــــيرة 2013، قاما نتحليل الخصـائص المورفومترية لحوع نهر العوجاء في فلسطين واالسـتدلاعلى مدلولها الجيومورفولوجي باســـــتخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية. كما قام Palanisamy, et al., 2015 بدراســة خصائص حوض نهر فاســشــتانادي في جنوب الهند وأظهرت أن التكوين الجيولوجي ذو تاثير فعال في معدل التصريف التحت سطحي للمنطقة، وأن نفاذية التربة وكثافة الغطاء النباتي تلعب دور هام في خفض الكثافة التصريفية للحوض. منظمة الصحة العالمية 2008، اقامت دورة تدريبية لتحليل واختبار جودة المياه في محافظة حجة. عايض 2009، اجرى دراسة للظروف المناخية المحلية وأثرها في توطن الأمراض الوبائية وانتشارها في محافظة حجة (رسالة ماجستير غير منشورة)، وقد بينت الدراسة تاثير المياه السطحية والجوفية في ذلك. كما قدم الباحث نفسه عام 2012، دراسة للخصائص الميائية لوادي شرس وتحديد مصادر التلوث التي تتسبب في تلوث مياه وادي شرس وذلك بدراسة العوامل الطبيعية لمنطقة الدراسة (أطروحة دكتوراة غير منشورة). **الزيادي 2010، بين دور السلطة المحلية في إدارة الموارد المائية في محافظة حجة.**

تعتمد مدينة حجة في الحصول على المياه اللازمة للاستخدامات المختلفة بصورة أساسية على المياه المسحوبة من آبار وأدي شرس، والتي تقع ضمن المستجمع المائي لوادي شرس). إن السحب الجائر التي تتعرض له المياه الجوفية من تلك المناطق يجعل مناسيب المياه فيها تنخفض بصورة مستمرة (خاصة في موسم الجفاف – الشتاء على وجه التحديد)، ويعود ذلك لعدة أسباب منها استخدام مياه وأدي شرس في سقي القات وكذلك عدم وجود تغذية مستمرة لها خلال موسم الأمطار من خلال حصاد مياه الأمطار وذهاب كميات كبيرة منها خارج منطقة تغذية الآبار (الهيئة العامة للموارد المائية، 2009). وذلك يشير إلى أنه قد يتحتم في قادم الأيام إلى الحاجة لاستخدام مياه وادي خائفة، الأمر الذي يقود إلى حتمية الاهتمام بالحفاظ وتطوير حوض وادي خائفة من الآن فصاعداً. إن أول من برع في استخدام تقانات حصاد الأمطار هم اليمنيون القدامى، فقد استخدموا بناء الحواجز المائية لتخزين المياه ببناء السدود والبرك والسقايات والسدود الكبيرة لفترات الجفاف، كما تفيد في عملية تغذية المياه الجوفية. وتعد المدرجات الجبلية التي تشتهر بها اليمن من أهم وأكثر الطرق نجاحا في الحفاظ على مياه الأمطار.

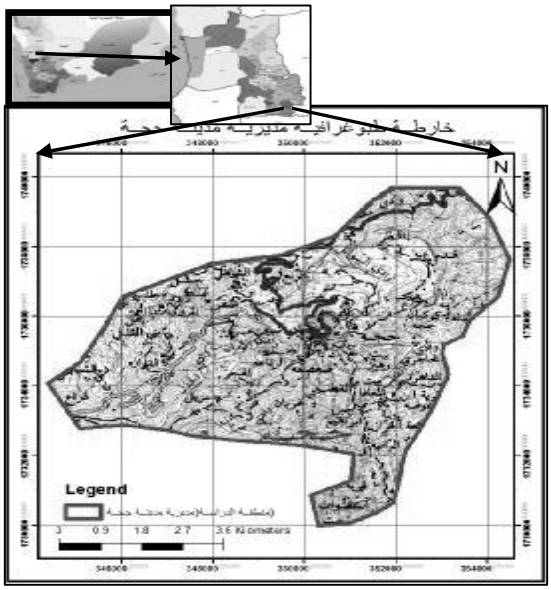
بناءً على ما تقدم يتضح أهمية إجراء دراسة للاستفادة من مياه الأمطار. لذا فإن الدراسة الحالية تهدف إلى أجراء الدراسات الولية الأزمة للتوسع في حصاد مياه الأمطار والسيول في مديرية مدينة حجة، وذلك من خلال الدراسات للواقع الجيولوجي و الجيومورفولوجي للمنطقة وتحديد الأماكن المناسبة لتطبيق أين من طرق حصاد المياه التي تتناسب مع خصائص كل موقع. كما إن الزيادة في العدد السكاني في مديرية مدينة حجة والذي بلغ (526،54 نسمة) (تقرير وزارة التخطيط والتنمية، 2004)، صاحبه زيادة الطلب لكميات أكبر من المياه، الأمر الذي قاد السلطة المحلية للمديرية إلى البحث عن أمكانية الحفاظ على المصادر المائية المتاحة والعمل على تطويرها. وتتمثل أهمية هذة الدراسة في النقاط التالية:

- عدم وجود دراسات منهجية سابقة لتحديد امكانية استثمار مياه الامطار الهاطلة على المنطقة بالاعتماد على دراسة الظروف والعوامل الطبيعية للمنطقة.
- تعرض الكثير من الينابيع في المديرية للجفاف، الأمر الذي يحتم العمل على تغذية تلك الينابيع من خلال حصاد مياه الأمطار.
- تقليل التلوث الذي تتعرض له مياه وادي شرس وآبارها، التابعة للمؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي، وذلك من خلال زيادة منسوب المياه في تلك الآبار.

2. موقع منطقة الدراسة :

تقع مديرية حجة في الركن الجنوبي الشرقي لمحافظة حجة بين دائرتي عرض (36 38 15° شمالاً، ودائرة 12 43 15°شمالاً) وذلك بامتداد طولي (8،51 كيلومتر)، وبين خطي طول (43° 59 32 شرقاً، وخط طول 53 37 43°شرقاً) أي بامتداد عرضي (77,8 كيلو متر) شكل (1).

يحد مديرة مدينة حجة من الشرق مديرية شرس ومن الغرب مديريتي مبين ونجرة ومن الشمال مديرية مبين ومديرية شرس ومن الجنوب مديرية حجة. تمتد مديرية حجة على مساحة تقدر ب (45،3 كم^2). إدارياً تضم المديرية أربع عزل هي (المدينة – قدم – حملان– عبس)، ويبلغ عدد السكان فيها حسب تعداد عام 2004 (53897 نسمة)، وبذلك تمثل أعلى نسبة كثافة سكانية بين مديريات المحافظة بنسبة كثافة بلغت (1189,8 نسمة/كم).



شكل (1). موقع منطقة الدراسة (مديرية مدينة حجة).

3. أهداف الدراسة:

تهدف هذا الدراسة إلى :

1. دراسة الخصائص البيئية (الطبيعية) للمديرية.
2. دراسة الأحواض المائية (المستجمعات المائية) التي توجد ضمن حدود المديرية.
3. تحديد مصادر المياه المتاحة بالمديرية، والعمل على تحسينها وتوسيع نطاقاتها.

4. اقتراح أماكن مناسبة لتطبيق أحد طرق حصاد مياه الأمطار، تساهم في تغذية المياه الجوفية في حوضي وادي شرس ووادي خائفة.

4. مشكلة الدراسة:

تتلخص مشكلة الدراسة في النقاط التالية:
- محدودية مصادر المياه المزودة لمدينة حجة (عين علي ووأدي شرس).
- زيادة الإجهاد الذي تتعرض له تلك المصادر يوماً بعد يوم (الاستنزاف الجائر).
- زيادة الطلب للمياة نظراً للزيادة الطردة في عدد السكان.
- ضياع كمية كبيرة من مياة الأمطار من خلال التصريف السطحي.

كل تلك الأشكاليات تطلبت منا القيام بدراسة للنواحي الطبيعية (التضاريسية والجيولوجية والتربة والشبكات الهيدرولوجية والظروف المناخية) التي تعد عوامل هامة ورئيسية في عمليات حصاد المياه و استثمار مياه الأمطار.

5. منهجية الدراسة:

في الدراسة الحالية تم الأعتماد على تحليل الخصائص الهيدرولوجية والطبوغرافية والجيولوجية للمنطقة، وذلك من أجل استخدام تلك الخصائص في حصاد مياه الأمطار. فقد تم التركيز على تحديد المواقع ذات الخصائص الملائمة من خلال:
- جمع البيانات الأولية للمنطقة (دراسات وتقارير سابقة)
- الزيارات الحقلية والاستطلاع الميداني، وذلك للتعرف على خصائص المنطقة (الطبوغرافية، الجيولوجية والبيئية) وتسجيل إحداثيات المواقع المقترحة وأخذ الصور الفوتوغرافية.
- التحليل للبيانات التي تم جمعها.

تم استخدام بيانات الأستشعار عن بعد لمرئية فضائية نوع TM بالحزمة الرابعة Band 4، لتحديد التراكيب الجيولوجية بالمنطقة. الأعتماد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لانتاج الخرائط اللازمة.

اعتمدت هذه الدراسة على عدد من المناهج منها: المنهج الوصفي الجغرافي، المنهج الاستطلاع الحقلي، والمنهج الكارتوجرافي. ونظراً لقلة البيانات المتاحة في جانب البيانات المائية عن المنطقة، فقد استدعى العمل بمقتضيات المنهج الوصفي المبني على أساس تحليلي - تركيبي يتيح الفرصة بتفكيك المركب الجيومورفولوجي إلى عناصره المكانية الأولية، ثم إعادة تركيبه من خلال دراسة العلاقات المكانية المتداخلة وفق نظرة تكاملية،

سبيلها لذلك تفسير مجمل العوامل والعمليات المسئولة عن إكسابه خصائصه الشكلية الحالية وتحليلها، كما يستعان بالمنهج الإقليمي لتحديد شخصية الحوض ودراسته بوصفته وحدة جيومورفولوجية محددة وواضحة المعالم تماثل في ذلك مفهوم الإقليم.

6. جيولوجية منطقة الدراسة :

يرتبط الوضع الجيولوجي العام لمنطقة الدراسة بشكل أساسي بجيولوجية الدرع العربي النوبي. تقع المنطقة ضمن الجزء الشرقي منه، ومتأثرة بالأحداث التكتونية المتلاحقة التي تعرضت لها صخور الدرع العربي النوبي جراء انفتاح البحر الأحمر وخليج عدن مما جعل الصخور المتواجدة ضمن ذلك النطاق مشوهة إلى حد كبير.
تنقسم تلك الصخور بصورة أساسية إلى التتابع الصخري التالي (من الأقدم إلى الأحدث) شكل (3):

1- صخور الأساس Basement Rocks

صخور الأساس المتواجدة في المنطقة تمثل أقدم الصخور، والتي تعود إلى الحزام المكون للجانب الشمالي ذات الأصل البريكمبري والمتشكل قبل الدرع العربي النوبي (Arabian-Nubian shield). التكوين الأساسي لهذه الصخور هي صخور رسوبية متحولة Metavolcano-sedimentary و صخور بركانية متحولة metavolcanic rocks ، وهي متعرضة لتدخلات الجرانيتية البعد تكتونية. التتابع الصخري في المنطقة تعرض لعدد من التدخلات القبل والبعد البريكمبري والمختلفة العمر.

2- تكوين عكبرة Akbara Shale:

يتكشف هذا التكوين في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من اليمن، وهي تعلوا صخور القاعدة ويعود عمرها التكويني إلى العصر البرمي (دهر الحياة القديمة) وحتى العصر الكريتاسي (El-Nakhal 1984) وهي ذات أصل قاري جليدي. ويتكون بصورة أساسية من طفل وطين.

3. صخور مجموعة عمران

وتشمل التكوينات الصخرية التالية:

أ. الحجر الرملي:

تعود الصخور الرسوبية الرملية بشقيها الحمراء و الرمادية التي تتواجد في المنطقة إلى تكوين كحلان التي ترسبت في بيئة بحرية في العصر الطباشيري، وتتبع تكوين كحلان.

ب. الحجر الجيري:

هي صخور جيرية تتواجد في أماكن متفرقة من المنطقة وتتركز بصورة أساسية في منطقة قدم و الصيح. وهي تحتوي على مواد جيرية وطينية متماسكة، بيئة الترسيب لها هي بيئة بحرية. (الخرباش و الأنبعاوي 1996). تعتبر هذه الصخور ذات مواصفات متوسطة لخزن المياه وهي ذات نفاذية عالية، تزيد من إمكانية الاستفادة من التكسرات العالية التي توجد في هذه الصخور لأغراض حصاد المياه.

4. الجرانيت Granite

يتبع الجرانيت المتواجد في المنطقة المتدخلات الجرانيتية للعصر الثلاثي، (Heikl, 1985). وتوجد بصورة متدخلات قاطعة للصخور الأقدم. وتمتد بصورة لا توافقية تحت الرسوبيات التي تعلوها. تظهر مكشف صخور الجرانيت في المنطقة بشكل كتل اندفاعية على سطح الأرض شكل (2). نظرا للتدخل الأحق لصخور الجرانيت والذي حدث بعد تشكل تكوين صخور عمران فقد أدى هذا التدخل إلى حدوث تقبب (رفع والتواء)، العامل الذي يزيد امكانية استغلال تلك التراكيب لحصاد مياه الأمطار كما سيتضح لاحقاً.

5. بركانيات اليمن (الحين الثلاثي والحين الرباعي):

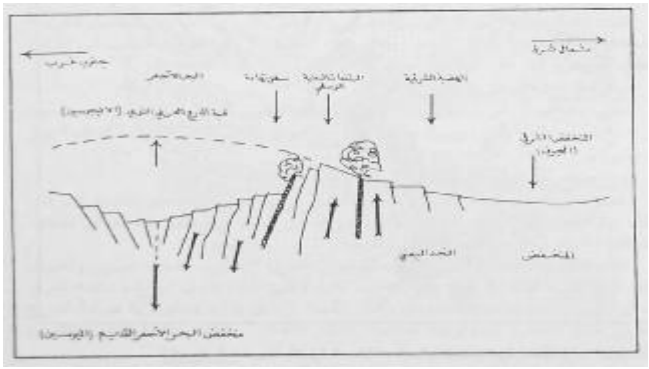
تحتوي بركانيات الحين الثلاثي على صخور بازلتية (الدولاريت و انديزيت وتراكيت والأجنمبرايت) تشكلت ضمن النشاط البركاني خلال الحين الثلاثي، وتغطي مساحات شاسعة من الجزء الشمالي من اليمن. الصخور المافية مثل البازلت، تتواجد بشكل مخاريط وقواطع ذات أحجام مختلفة تتراوح بين 1 متر إلى 3 أمتار عرضا. هذا النوع من الصخور والقواطع يظهر في المنطقة بصورة قواطع للتكوينات الصخرية الأقدم.

6. الرسوبيات الحديثة Alluvial Sediments**:**

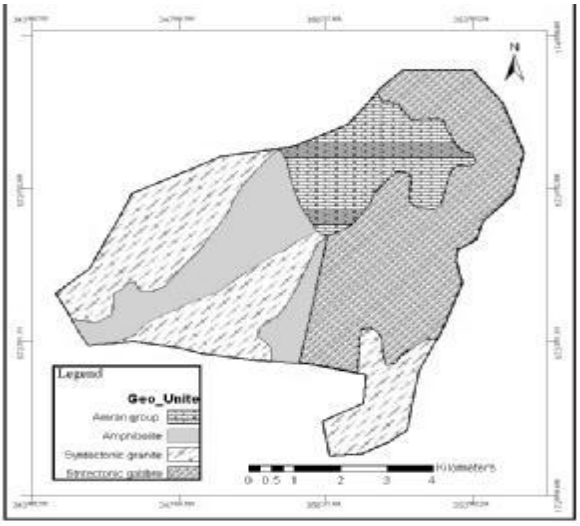
وهي رسوبيات فتاتيه منقولة غير متماسكة في أغلب أماكنها. تتواجد بصورة لا توافقية مع الصخور الأقدم التي تتوضع عليها تلك الرسوبيات. الرسوبيات الحديثة Alluvial Sediments يمكن تقسيمها إلى فتاتيات العصر الرباعي العلوية والوحدات الأقدم وهي تعود إلى العصر الثلاثي. الفتاتيات الحديثة العلوية نتجت من تجمع الفتات المنقول من تعرية الصخور في المناطق الجبلية لعوامل التجوية والتعرية. الرسوبيات الفتاتية السالفة الذكر تظهر عدم تجانس كبير في الوديان الكبيرة مثل وادي شرس ووادي خائفة، وذلك يعود إلى تباين صخور المصدر ومسافات النقل إلى مكان الترسيب. العامل الذي يساعد في إمكانية استغلالها لزيادة التغذية الجوفية من مياه الأمطار.

من الناحية التركيبية فإن المنطقة متأثرة بمجموعه من الصدوع و التكسرات التي تعرضت لها صخور القاعدة والصخور الرسوبية على مر العصور الجيولوجية المتلاحقة. العمليات التكتونية العنيفة أدت إلى نشوء صدوع كبيرة باتجاه عام شمال شرق- جنوب غرب متعامدة مع مجموعة أخرى من الصد وع ذات امتدادات محدودة موازية لامتداد البحر الأحمر وباتجاه عام شمال غرب- جنوب شرق، شكل (2 و3 و4).

وفي هذه الدراسة تم الاعتماد على رسم كل التراكيب الخطية التي في المنطقة باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد Remote Sensing data، حيث تم استخدام المرئية الفضائية للقمر الصناعي TM بالحزمة الرابعة Band 4 . كون هذه التراكيب توضح كل المعالم ذات الطبيعة التركيبية التي لها علاقة جيولوجية بالوضع الحالي وكذلك لها تأثير في الوضع الهيدرولوجي بالمنطقة (شكل 4).



شكل (2). يوضح الحالة التكتونية للجمهورية اليمنية والمراحل التركيبية العامة.
(المصدر: الخرباش والانبعاوي 1996)



شكل (3). خارطة جيولوجية مديرية مدينة حجة. شكل (4). خارطة التراكيب الخطية لمديرية مدينة حجة.

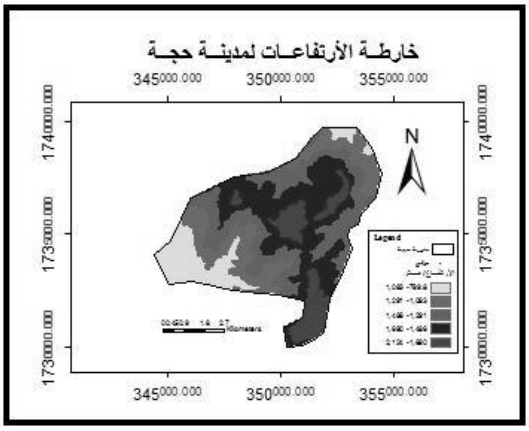
7. طبوغرافية المنطقة Topography Of The Area:

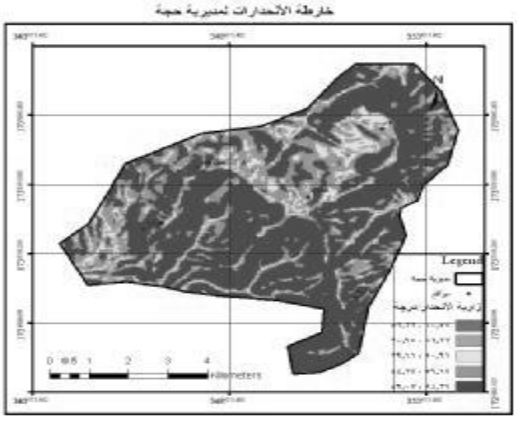
تلعب المرتفعات الجبلية وطبيعتها دور هام في الوضع الهيدرولوجي في اليمن عموماً و منها الجزء الشمالي الغربي لليمن، والتي تتدرج في الارتفاع من مستوى سطح البحر علواً حتى أكثر من 1374 متر فوق مستوى سطح البحر. كما يلعب الوضع الطبوغرافي لسطح الأرض الدور الهام والبارز في تشكيل الشبكة النهرية لأي منطقة، حيث يودي الانحدار العالي لسطح الأرض إلى زيادة

الجريان السطحي للمياه خلال موسم الأمطار ومن ثمّ زيادة طاقة التدفق وبالتالي التباين في عمليتي الحت والإرساب. كما أن التباين في التكوين الصخري للمنطقة دور هام في تحديد أشكال سطح الأرض حيث أن الصخور الرسوبية تتعرض لعمليات التعرية بدرجة أسرع من التكوينات النارية. مما يؤثر في تضرس الأرض وزيادة انحدارها في المناطق الجبلية، ويكون ذلك التأثير أكبر في حالة التعرية الكيميائية. كما أن التفاوت في تضاريس المنطقة يؤثر في الصرف المائي، حيث يكون عالي التدفق وبزيد عملية التعرية في المناطق العالية الانحدار بعكس ما هو عليه في المناطق المنخفضة.

تقع مدينة حجة على جبال ذات سفوح شديدة الانحدار التي تتخللها مجموعة من الأودية الإنهدامية الضيقة. حيث توجد فيها العديد من القمم الجبلية مثل جبل حملان الذي مثل أعلى قمة بالمنطقة بارتفاع بلغ (2124 متر) فوق مستوى سطح البحر، وجبل القاهرة حجة البالغ ارتفاعه (1750 م)، وجبل ظفر البالغ ارتفاعه (1755 متر فوق سطح البحر) شكل (5). كما تتميز طبوغرافية المنطقة بالوعورة الشديدة، وزيادة درجة الانحدار إذ لا تقل عن (40 درجة)، ووديانها المنحدرة ذات الميل الشديد، شكل (6).

هذا الوضع الطبوغرافي المتغاير يؤثر في المناخ من ناحيتين هما درجة الحرارة و الأمطار، وبالتالي التأثير الغير مباشر في تحديد نوعية استخدامات الأراضي Land Uses و كذا التصريف السطحي Runoff .





شكل (5). خارطة توضح معدل الارتفاعات لمديرية مدينة حجة. شكل (6). خارطة معدل الانحدارات في مديرية مدينة حجة.

تعكس هذه التعقيدات في معدل الارتفاع والانحدار والتباين الصخري، تباين واضح في عمليات الحت المائي في المنطقة. حيث تؤثر التضاريس في التصريف المائي، من حيث زيادة سرعة جريان المياه على طول المجرى.
كما أن زيادة انحدار السطح في المناطق الجبلية المتموجة يؤدي إلى زيادة سرعة جريان الماء وقلة التسرب إلى باطن الأرض ما لم توجد شقوق وفواصل تزيد التدفق التحت سطحي، (عبدالله، 2001).
كما يسهم الجريان المائي الناتج عن هطول الأمطار والتي تكون غزيرة على اغلب سفوح حوض وادي شرس في تشكل بعض المظاهر التضاريسية للمنطقة بفعل الحت المائي. كما توجد بالمنطقة العديد من الخوانق الضيقة مثل خانق وادي القفل وخانق وادي دهم وخانق وادي الحاشية. كل تلك المظاهر الطبوغرافية بالمنطقة يجب أن توظف بشكل صحيح بحيث تسهم في زيادة كمية المياه المحصودة مطرياً.

8 . مناخ المنطقة Climate of the area

إن موقع مدينة حجة الواقع في النطاق المداري الحار أكسبها ارتفاع في درجات الحرارة بصفة عامة، وبالرغم من وقوعها في الإقليم المداري الحار إلا أن درجات حرارتها منخفضة في السفوح الجبلية، وهذا يعلله عامل الارتفاع حيث أن درجة الحرارة تنخفض بالارتفاع راسياً بعيداً عن سطح البحر، كما تسهم طبيعة سطح الأرض بالتأثير على قيم الحرارة لاسيما في الوديان الكثيفة بغطائها النباتي، والمرتفعات الغربية من خلال التأثير على قيم الالبيدو.

هناك تفاوت ملحوظ في درجة الحرارة خلال أشهر السنة وبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في مديرية مدينة حجة (19.5º م). سجلت أدنى المعدلات الشهرية في شهر يناير الذي يعد ابرد أشهر السنة فبلغ (15.7º م). كما سجل أعلى معدلاته الشهرية في شهر يوليو(فصل الصيف) فبلغ (22.8º م). بحسب التباين في درجات الحرارة فإن هنالك تبايناً أيضا في معدل الرطوبة النسبية في المنطقة، حيث سجل المعدل السنوي للرطوبة النسبية في محطة حجة (63.5%) في شهر يناير، ، جدول (1).

يبلغ المعدل السنوي للأمطار بالمحافظة حوالي 167ملم، بحجم كلي نحو 88.329 كلم3/السنة. حجم الاستهلاك للأغراض المختلفة لعام 2000 بلغ حوالي 6.63 كلم^3، تستحوذ الزراعة على 95% ولا يتجاوز الاستهلاك البشري 4% والباقي للأغراض الصناعية، (قادري 2010). تقع مديرية مدينة حجة ضمن النطاق المناخي الثالث وجزء قليل في الجهة الشمالية الغربية منها ضمن النطاق الخامس، (الخرساني 2005). تتلقى محطة حجة كميات كبيرة من الأمطار مقارنة ببقية المناطق، فقد بلغ المعدل السنوي للتساقط المطري (497.7 ملم). أعلى معدل لكمية الأمطار

الشهرية سجلت في شهر مايو بنسبة بلغت 90 ملم. وتنخفض كميات الأمطار في بقية الفصول وخاصة في فصل الشتاء الذي يعد الفصل الجاف حيث مثل شهر فبراير أقل الأشهر سقطت فيه الأمطار بنسبة 2.7 ملم، جدول (1).

جدول (1): المعدلات الشهرية - السنوية لدرجة الحرارة، الرطوبة النسبية و التساقطات المطرية لمحطات حجة للفترة من 1975 - 2007م.

المحطة	المعدل السنوي ل		
	درجة الحرارة (درجة مئوية)	الرطوبة النسبية %	التساقطات المطرية (ملم)
حجة	**19.5**	63.5	**497.7**

المصدر: الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد الجوية، صنعاء، إدارة المناخ، بيانات غير منشورة.

الهيئة العامة لتطوير تهامة، إدارة المناخ، الحديدة، بيانات غير منشورة.

9. الخصائص التصريفية Drainage Characteristics

تنقسم المنطقة من الناحية الهيدرولوجية إلى جزئين رئيسيين، يمكن أن نطلق عليهما مبدئياً أحواض تابعة لوادي شرس (الجزء الشرقي) وحوض وادي خائفة (الجزء الغربي). وقد أعتمد تقسيم المنطقة إلى خمسة أحواض فرعية، هي: حوض عين علي، وحوض وادي الحشر، حوض وادي غربان، حوض شرقي عبس وحوض غربي عبس، شكل (7). وحيث أن معرفة مساحة الحوض نقطة البداية لأي دراسة هيدرولوجية، فقد تم تحديد الحوض باستخدام الخارطة الطبوغرافية ذات مقياس رسم (1:50000). وسوف يتم مناقشة خصائصها كلا على حده لاحقا . تلعب طبوغرافية المنطقة أهمية كبيرة في حركة وسرعة تدفق السيول عبر مجاريها، حيث تأتي الروافد من اتجاهات مختلفة، وكلها تصب في واديين مختلفين هما وادي شرس ووادي خائفة، وهي تجري في سفوح شديدة الانحدار ما يجعل الجريان السطحي عالي. في الجهة الجنوبية والجنوبية الشرقية لمدينة حجة تنحدر من جبالها اودية رافدة تمثل ايضا حوض تجميعي صغير يمكن ان نسميه بحوض وادي الحشر الذي يصب في وادي شرس، فهذا الحوض ترفده عدة أودية هي وادي بيت الشبعاني ووادي بيت حميد. اما بالنسبة للأودية او الاحواض المائية التي تصب وديانها في وادي خائفة فتتمثل بوادي بيت النجار، وادي شرقي عبس، وادي غربان والحاشية الاتية من اتجاهات مختلفة كما سوف نستعرض كل حوض على حده بشكل تفصيلي في دراسة الشبكة المائية لمدينة حجة.

شكل (7). خارطة الأحواض الرئيسية ضمن مديرية مدينة حجة.

10. تحليل الوضع الهيدرولوجي بمنطقة الدراسة (الأحواض المائية):

يتضح من خلال الشكل (7) بأن مديرية مدينة حجة تضم أحواض مائية صغيرة، تعد مستجمعات مائية رافده لواديين أساسيين هما (وادي شرس و وادي خائفة). كما سيتم هنا مناقشة اختيار المعالجات في كل حوض. وذلك بالاعتماد على الخصائص التي نوقشت سابقاً وهي الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والهيدرولوجية. ويمكن تقسيمهما كما يلي. :

10 . 1 الأحواض الرافدة لوادي شرس:

1- حوض وادي عين علي:

يلعب العامل الطبوغرافي دوراً هاما في تحديد خصائص هذا الحوض، حيث تتدفق المياه من الجهة الشمالية والشمالية الشرقية للمدينة عبر مجاري وديان هي وادي السوائل ولان وشبل ووادي المعصرة الذي تمثل احواض تجميعية صغيرة تلتقي في وادي عين علي ثم إلى وادي شرس. ويعد هذا الحوض احد أهم الروافد لوادي شرس فهو يمتد باتجاه غرب – شرق، شكل (7). تبلغ مساحة حوض وادي عين علي (A =23.271 كم^2)، ويبلغ محيط الحوض حوالي (20 كم^2)، وبهذا يعد مستجمع مائي مهم لا بد من الاهتمام به ووضع الاعتبارات اللازمة لحصاد المياه المتجمعة. شكل الحوض شبة منتظم وأطول مسافة لمحوره تساوي 7.87 كم، و أطول محور متعامد مع المحور الأول يساوي 6.9 كم ، وهو موازي لمجرى وادي عين علي.

أن وادي السوائل (ووادي القفل الممتد منه)، يلتقيان مع وادي داهم النازل من سفوح المنظر والخلف والرهايب وقدم يشكلون وادي لان الذي يمثل خانق طبيعياً انظر صورة (1). ويمثل مخرج وادي لان المجرى الرئيس لها والذي يلتقي مع وادي شبل الذي يقع ما بين جبل الرنع وجبل بيت النخيف وجبل المعاين.

.

صورة (3): توضح الوضع
الطبوغرافي والجيولوجي لوادي لان

وبناءً علي الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة التي يوجد بها حوض وادي عين علي فهو يغطى بصوره عامة بصخور الحجر الجيري العالي التشقق و الى الأسفل منه يوجد الحجر الرملي ذو المسامية العالية والتي تتيح أمكانية أعلى للتصريف التحت سطحي وعليه فقد اقترحت التدخلات التالية.

التدخل المقترح (ضمن حوض وادي عين علي):

يوجد موقعان مناسبان لأجراء تدخلات من شانها الحفاظ على مياه الأمطار وتسهم في تغذية المياه الجوفية في الأجزاء السفلية للحوض وهذان الموقعان هما، الشكل (8):

1-1 خانق وادي داهم:

يقع عند الإحداثيات التالية X: 56548 E و Y: 157012 N ، ويقع هذا الخانق في أجزاءه العليا ضمن الصخور الجيرية لتكوين عمران وتميل باتجاه جنوب شرق، ويمتاز بكثرة التكسرات في تلك الصخور مما يجعله مناسباً للتغذية التحت سطحية. كما يمتاز بسهولة وصول المعدات إلى الموقع نظراً لوجود طريق قريب وكذا لتوفر المواد الأولية للبناء في نفس الموقع، صورة (3).

أقامة التدخل المقترح في هذا الموقع سيسهم أيضا في تغذية العين المائية الموجودة في وادي شبل (الجزء الجنوبي)، شكل (8-A).

2-1- خانق وادي شبل:

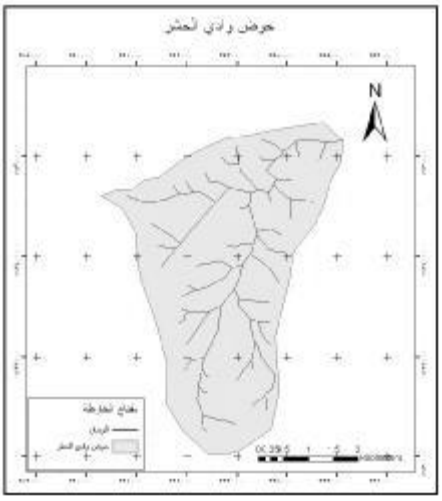
يقع عند الإحداثيات التالية : X: 56565.8 E و Y: 156976.9 N. في الحد الفاصل بين الصخور الجيرية لتكوين عمران والصخور الرملية لتكوين كحلان وكلاهما يميلان باتجاه الشرق (باتجاه أبار عين علي)، وهي منطقة شديدة التكسر نظرا لوقوعها عند ملتقى صدعين (الصدع المكون لوادي عين علي باتجاه شرق غرب والصدع المكون لوادي المعصرة – والصدع المكون لوادي لان، باتجاه شمال غرب جنوب شرق). إن إقامة خزان تحويلي بالموقع سيسهم في تقليل كمية التدفق السطحي لمياه الأمطار وبالتالي التغذية التحت سطحية لمياه أبار عين علي. من الناحية الطبوغرافية فإن الموقع يمتاز بجوانب شديدة الانحدار وميلان قعر الوادي المنخفض مما يساعد في زيادة كمية المياه المحتجزة خلف الحاجز وقلة التكاليف المتطلبة للبناء.

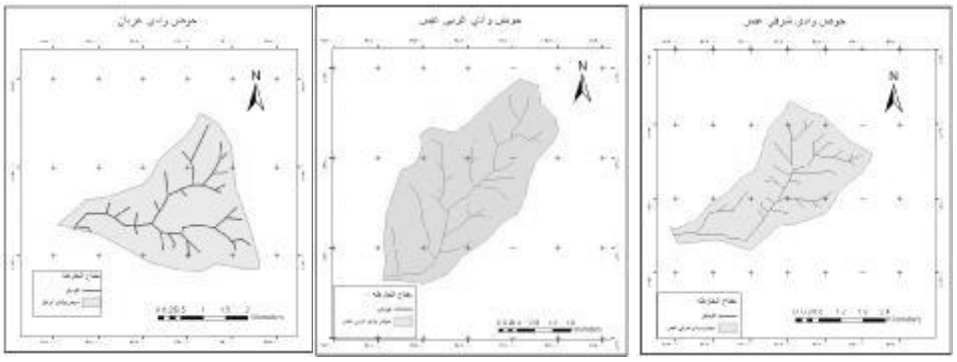
3-1- خانق وادي المعصرة:

يقع عند الإحداثيات التالية، X: 56576 E و Y: 156964 N. على الرغم من أن هذا الموقع يقع أسفل محطة معالجة مياه الصرف الصحي الرئيسة لمدينة حجة، إلا أن الوضع الحالي للمحطة ومخرجاتها لا يمثل تهدياً واضحا للموقع، كون مخرجاها السائلة تضخ خارج هذا الموقع والمخرجات الصلبة لا تصل إلية. بالإضافة إلى أن وضعه الجيولوجي و الطبوغرافي يمكنه من المساهمة في تغذية المياه الجوفية لأبار عين علي، كونه يحتوي على الكثير من التكسرات التي ستساهم في تحويل التصريف السطحي إلى تحت سطحي

(A) .

(B)





(E) (D) (C)

الشكل (8) مواقع التدخلات المقترحة في، حوض عين علي (A) حوض وادي الحشر (B)، حوض وادي غربان (C) ، حوض وادي شرقي عبس (D) ، وحوض وادي غربي عبس (E) .

2- حوض وادي الحشر :

يعد وادي الحشر احد أهم الأودية الرافدة لوادي شرس الذي يقع جزء كبير من مساحته ضمن نطاق مديرية مدينة حجة، فيتضح من الخارطة (7) بأن امتداده طولي من الشمال إلى الجنوب بامتداد طولي (6.33 كم)، وامتداد عرضي (4.14 كم) ، ويبلغ محيطه (17.6 كم)، ومساحته (12.822 كم^2)، شكل (B-8).

حيث تمثل سفوح جبال هداد وعنية وعقبة شفل والمغربة أقصى امتداد له جنوباً والتي تمثل السفوح العليا للحوض، كما يتوسط الحوض سلسلة جبلية متصلة بجبل هداد مارة بجبال القيسي وعجازة والعباني منتهية إلى وادي بيت الشبعاني، وتنحدر منها مسيلات مائية إلى واديين هما وادي المعازيب ووادي عجازة من الجهة الشرقية وادي بيت الشبعاني الذي يلتقي بهما في قرية بيت الشبعاني، كما تستقبل سفوح الجبال لبيت المعافى وقلعة الخراز وبيت السريحي وبيت القاسي وبيت الحاجري من الجهة الجنوبية والشرقية وتصب في وادي الحشر في نقطة بيت السودي، الذي يلتقي بوادي المعاين النازل من سفوح جبل نعمان الجنوبية وبيت زهير من الغرب والقطب من الشرق وسفوح بيت الحاجري الشمالية الذي ينحدر منه وادي بيت الحاجري الذي يلتقي بوادي المعاين مع وادي بيت الشبعاني عند نقطة مخرج وادي بني حميد ووادي جبل دندل الذي يقع فيه مقلب القمامة (النفايات الخارجة من المدينة)، ومن ثم تصب جميعها في وادي الحشر وأخيراً إلى وادي شرس، فهو يستقبل كميات مياه أمطار تقدر بحوالي (6.08 مليون متر مكعب سنوياً)، أي أنها كمية كبيرة. على الرغم من أهمية هذا الحوض المائية وما يلعبه من تغذية للمياه الجوفية في وادي شرس إلا انه يمثل خطراً بيئياً على مياهه، وذلك لوقوع مقلب القمامة الخاص بمديرية المدينة وبما تحمله من ملوثات خطيرة تهدد المصدر الرئيس للمدينة لمياه الشرب، ومن هنا لعب العامل البيئي الدور البارز في ضرورة اتخاذ قرار لتدخلات ضمن هذا الحوض.

التدخلات المقترحة :

الخصائص الجيولوجية والهيدرولوجية التي يتميز بها هذا الحوض تأهله لإقامة العديد من التدخلات. ونظراً للإمكانيات المتاحة فإن التدخلات المقترحة تتمثل في الأتي:

1. إقامة حواجز سطحية ومهدئات على طول المجاري المائية بصفة عامة، وخاصة في الخوانق الضيقة والتي تخدم عدة أهداف منها:

- تقليل التدفق السطحي
- زيادة التغذية التحت سطحية
- تقليل عملية انجراف التربة.

2. إقامة حواجز ومعالجة للأجزاء التي أسفل مقلب القمامة، والتي من شانها تقليل كمية المواد المتسربة من المواد والعناصر الضارة والخارجة من المقلب. ويمكن ذلك من خلال إقامة حواجز سطحية تقلل كمية المياه المتدفقة والتي تصب إلى وادي الحشر ومن ثم إلى وادي شرس، إذ تعد السيول أحد مصادر التلوث، (محمد 2009). على أن تتم في المناطق ذات المسامية المنخفضة وبعيدا عن الصدوع والفواصل وذلك تجنباً لتسربها إلى المياه الجوفية.

3. يجب اختيار موقع مغلق للتخلص من النفايات بحيث لا تعرض مصادر المياه إلى التلوث، ومنع إلقاء المخلفات في الموقع الحالي والتعامل وفقاً المادة (69-3) من قانون المياه.

10. 2 الأحواض الرافدة لوادي خايفة وهي :

1- حوض وادي غربان :

يعد وادي غربان احد الأودية الداخلة في نطاق مديرة مدينة حجة من الجهة الجنوبية، في الوقت الذي تعد سفح جبل محرث وبيت الخدري مصبات هامه للوادي من الجهة الشرقية للحوض، والذي يلتقي مع الأمطار النازلة من سفوح نعمان الجنوبية الغربية وسفوح القطب وبيت صبر، ومن الملاحظ اعتراض لسان جبلي يدخل في وسط الحوض وتنحدر سفوحه الشمالية الغربية ناحية وادي غربان ومن السفوح الجنوبية الشرقية تنحدر على وادي المزف الذي يصب بوادي غربان أسفل قرية بيت السودي، فوادي المزف يستقبل مياه الأمطار الهاطلة على جبل إبراهيم والرابية المتمثلة بسفوحها الغربية، كما يستمر خط تقسيم المياه بانحرافة إلى الجهة الغربية. ومن الملاحظ بان هذا الحوض يستقبل كمية من مياه الأمطار تقدر سنوياً بحوالي (2.9 مليون متر مكعب سنوياً)، شكل (8- C). فحوض وادي غربان يقع بين الإحداثيات التالية: (173000 شمالا - 173550 شمالاً)، و بامتداد عرضي (4.1 كم)، كما يقع بين خط طول (34700 شرقا - 351500 شرقاً) بامتداد طولي (4.13 كم)، كما تبلغ مساحة الحوض (5.8545 كم^2).

من خلال الزيارات الميدانية تبين أن الخواص الطبيعية والجيولوجية مناسبة لإقامة حواجز مائية في ملتقى وادي المزف مع الوادي الرئيس (وادي غربان) لتغذية المياه الجوفية لآبار وادي خايفة. يلتقي وادي غربان (الحاشية) مع وادي شرقي عبس (النجار) في نقطة مهمة تشكل موقع ذو أهمية كبيرة لإقامة مشروع لتخزين المياه أو لتغذية المياه في آبار وادي خايفة. تجدر الإشارة هنا إلى ضرورة أجراء بعض المعالجات للمياه العادمة النازلة من تجمع مياه الصرف الصحي في منطقة صعصعة، والواقعة أعالي هذا الحوض، حيث لوحظ وجود امتداد لتلك المخرجات وصلت إلى مناطق قريبة من أبار وادي خائفة.

2- حوض وادي شرقي عبس (وادي النجار):

يعد وادي شرقي عبس احد الأودية الرافدة لوادي خائفة الواقع شمال، شمال شرق المجرى الرئيس لوادي خايفة. فهو يقع بين دائرتي عرض (1733000 شمالا - 1736700 شمالاً)، وبين خطى طول (345000 شرقا - 352500 شرقاً) شكل(8- D). الاتجاه العام لامتداد الحوض هو شمال شرق - جنوب غرب، فهو يبدءا من سفوح مدينة حجة الجنوبية الغربية المتمثلة بحارات غربي حورة وحارة الجهدع الأعلى، كما تعد سفوح جبل ظفر أعلى قمة في الحوض، كما تناظر هذه السفوح من الجهة الجنوبية الشرقية ابتداءً من

سفوح قرية صعصعة وجبل محراث والرتعة وجبال بني هجر والخدري الشمالية الغربية، وتعد هذه السفوح الصبابة الجنوبية الشرقية للوادي.

يمتاز حوض شرقي عبس بامتداد طولي يقدر بحوالي (4.10 كم)، وبامتداد عرضي (2.63 كم)، كما تبلغ مساحة الحوض (6.885 كم^2). يستقبل الحوض كميات من مياه الأمطار النازلة على هذه السفوح، و التي تقدر بحوالي (3.43 مليون متر مكعب سنوياً)، وهي كميات لا باس بها إذا استثمرت استثماراً امثل.

- ***التدخلات المقترحة (لحوضي غربان وشرقي عبس):***

نظراً للخواص الطبوغرافية الوعرة وشدة الانحدار في كثير من مناطق الحوضين (غربان وشرقي عبس)، وكذا لتحقيق أكبر فائدة من كمية المياه المتجمعة من الحوضين فإن التدخلات المقترحة تضم التالي:

1- مهدئات وحواجز سطحية.
2- تحسين الطريق المؤدي إلى أحواض تجفيف الحمأة من أجل إزالة الحمأة من الموقع.
3- إن الخيار ذو الجدوى لإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة هو إنشاء خزان مياه عند نقطة تصريف المحطة حيث يتم ضخ المياه إلى خزان تجميعي يتم إنشاءه في منطقة ملائمة وبمستوى يوفر الانسياب الطبيعي لري منطقة المساطب مع التأكيد بأن يكون في موقع ملائم لإعادة استخدام كافة المياه الخارجة من المحطة.
4- حاجز تجميعي سطحي (وادي النجار).
5- إقامة خزان تجميعي فوق سطحي بهدف الاستفادة من مياه الأمطار لتغذية المياه الجوفية في أبار وادي خائفة، فقد حددت منطقة تمتاز بخواص ملائمة لإقامة الحاجز السطحي، حيث تمتاز هذه الموقع بتجميع المياه المتدفقة من جميع الوديان السابقة.

موقع الحاجز: 345830 E، 1733033 N. يمتاز الموقع بوجود حاجز تحت سطحي (سد قاعدي، متدخل ناري) بامتداد شمال غرب – جنوب شرق وميلان 35° شرقاً. معدل الميلان في الوادي منخفض (أقل من 10°)، ولا توجد تجمعات سكنية أو مزارع خلف الحاجز المقترح، مما يقلل الأضرار البيئية التي قد تنجم عنه.

3- حوض وادي غربي عبس (المروي):

يقع وادي غربي عبس (المروي) في ضمن أحد الروافد الهامة لوادي خايفة، حيث يقع بين دائرتي عرض (344000 - 348000 شرقا)، أي بامتداد عرضي (2.44 كم)، وبين خطى طول (1733000 - 1737250 شمالا)، بامتداد طولي بلغ (5.08 كم). ويعد وادي غربي شرقي عبس (المروي) الوادي المنحدر من سفوح شرقي عبس الغربية إي بالجهة المعاكسة لوادي شرقي عبس السابق. الاتجاه العام للحوض هو شمال شرق - جنوب

غرب، شكل (E-8). ينحدر بداية من أقصى الشمال الشرقي من سفوح جبل شمسان الجنوبية التي تعد المنابع العليا للوادي وكذا سفوح جبل ظفر الغربية والتي تطل على الوادي من الجهة الشمالية الشرقية.

يمتاز الوادي بضيق مجراه وقلة كثافة التصريف المائي وذلك لوجوده بصورة عامة ضمن الجرانيت التي تمتاز بمقاومتها وقلة التصاريف بها. تبلغ مساحة الحوض حوالي (5.86 كم^2)، ويستقبل كمية من مياه الأمطار تقدر بحوالي (2.91 مليون متر مكعب سنوياً)، وهي كمية قليلة مقارنة بكميات المياه الواردة لبقية الأحواض السابقة الذكر.

أن الشكل الطبوغرافي والعوامل الطبوغرافية والجيولوجية لعبت دوراً بارزاً في تحديد شكل الحوض فهو متداخل التضاريس وشديد التعقيد والانحدار وخصوصاً مجراه الرئيس الذي يكثر فيه تواجد ظاهرة الشلالات التي تتمثل بتدخل صخور القاعدة والتي عجزت فعل عوامل التعرية المائية من تسويتها وصقلها، إضافة إلى انحداره الشديد الذي يؤدي إلى زيادة سرعة جريان المياه فيه مما يشكل خطراً على أي مشروع يقام فيه من مشاريع حصاد المياه ما عدى بعض الطرق البسيطة كبناء البرك والحواجز الصغيرة وتحويل قنوات تصريفية إلى المدرجات الزراعية الموجودة على ضفاف امتداد الوادي وأوديته الرافدة.

11. الخلاصة

لقد تبين من خلال الدراسة الحالية أن مديرية مدينة حجة تضم خمسة أحواض مائية هي حوض عين على، حوض وادي الحشر، حوض وادي غربان ، حوض شرقي عبس وحوض غربي عبس. وتمتاز بخصائي جيولوجية وتبوغرافية جيدة يمكن الأستفادة منها في تعزيز القدرات المائية التي تستخدمها مدينة حجة وذلك من خلال إقامة العديد من المعالجات في سبيل الاستفادة من كمية الأمطار التي تهطل على المنطقة وذلك من خلال تطبيق نظام حصاد مياه الأمطار بتنفيذ بعض المشاريع والتدخلات التي من شأنها تقليل الفاقد من مياه المطار.

إيلاء الجانب البيئي قدر من الاهتمام وذلك بإجراء دراسة بيئية للأضرار الناجمة عن مخرجات مياه الصرف الصحي والمخلفات الصلبة المرماة في مقلب قدم. ونوصي بأجراء المزيد من الدراسات التفصيلية في هذا الجانب.

المراجع (العربية):

1- أبو حصـــــيرة، يحيى محمود (2013) تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراســـــة الخصـــــائص المورفومترية لحوع نهر العوجاء - فلسطين، رسالة ماجستير، الجامعة الاسلامية، غزة، فلسطين

2- الخرباش، صلاح عبد الواسع والأنبعاوي، محمد إبراهيم (1996): جيولوجية اليمن الطبعة الأولى، دار عبادي للنشر والتوزيع، ص 209.

3- الداغســتاني، حكمــت. الســالم، طــه و الشــكرجي، بشــار (2004). دراســة الأنظمــة الهيدرولوجية وحصاد مياه الامطار ضمن المراوح الفيضية في الطرف الشمالي من جبل سنجار باستخدام معطيات التحسس النائي. لمجلة العراقية لعلوم الارض، المجلد ٤ ،العدد ١ ،ص ١٥-٢٨.

4- الهيئة العامة للطيران والأرصاد الجوية، إدارة المناخ، صنعاء، بيانات غير منشورة، 2007م.

5- الهيئة العامة لتطوير تهامة، إدارة المناخ، الحديدة، بيانات غير منشورة، 2007م.

6- الهيئة العامة للموارد المائية ، وزارة المياه والبيئة، تحديد نطاقات حماية المياه الجوفية حول أبار المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في محافظة حجة، 2009م، ص31.

7- رياض بلدية، دراسة تلوث المياه الجوفية في بساتين أبي جراش ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 2010م، المجلد 26، العدد1 ص77.

8- صادق محمد الزيادي، هيدرولوجية واستغلال المياه في حوض وادي مور –شمال غرب اليمن- ،رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة صنعاء، كلية الآداب، 2001م، ص10.

9- شاهر جمال آغا، جغرافية اليمن الطبيعية (الشطر الشمالي)، مكتبة الأنوار دمشق 1983م، ص20.

10-الزيادي. صادق محمد، دور السلطة المحلية في إدارة الموارد المائية في محافظة حجة، وزارة الإدارة المحلية، مكتب الإدارة المحلية بمحافظة حجة، الجمهورية اليمنية، 2010م، ص7.

11- عبد الله محمد احمد، جغرافية اليمن الطبيعية، المنتدى الجامعي للنشر والتوزيع، الطبعة ا لأولى، صنعاء 2001م، ص88.

12- محمد محمود سليمان، الجغرافية البيئية، وزارة الثقافة السورية، منشورات الهيئة العامة للكتاب، دمشق، 2009، ص264.

13- عايض. همدان احمد، الظروف المناخية المحلية وأثرها في توطن الأمراض الوبائية وانتشارها في محافظة حجة /الجمهورية اليمنية، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، كلية الآداب

والعلوم الإنسانية، قسم الجغرافيا، 2009م، ص36.

14- عايض. همدان احمد. تلوث المياه والمشكلات البيئية الناتجة عنها في محافظة حجة، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة دمشق، كلية الاداب والعلوم الانسانية، 2013م، ص.60-
---

15-مشروع المواصفات والمقاييس اليمنية لمياه الشرب، 2011م، ص2.

16-منظمة الصحة العالمية، تقرير الدورة التدريبية بتحليل واختبار جودة المياه في محافظة حجة، للفترة م 22- 2008/3/25م.

17-عبد الملك بن عبد الرحمن آل الشيخ 2006. حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية. المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة.

18- وزارة التخطيط والتنمية، الجهاز المركزي للإحصاء، التعداد العام للسكان والمساكن 2004م.

المراجع (الأجنبية) References

1. El- Anbaawy, M., 1984. Contribution to lithostrati-graphic subdivisions of the Amran sequence in the Yemen Arab Republic: Bull. Fac. Sc Sana'a Univ., V,4, Pp, 65-84.
2. El-Nakhal, H.A., 1984. Possible Late Paleozoic glaciations in the central parts of the Yemen Arab Republic: J. Glaciology, V,30.
3. Heikal, M., 1985. Basement geology of Hajjah district, Yemen Arab Republic: Ph. D. thesis. Tanta University, 380p.
4. Palanisamy, S. A. Anbarasu, K. and Vijay Prabhu, M. (2015) Drainage Morphometry and its Influence on Landform Characteristics in Vsishta Nadi, Vellar River basin, Tamil Nadu, India – a Remote Sensing and GIS Approach, International Journal of Recent Scientific Research, 6 (2): 2821- 2826.