مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٤م

الميزانية المائية لحوض وادي الأديرع بمنطقة حائل في المملكة العربية السعودية (دراسة هيدرومورفولوجية)

د/ محمد محمود علي الشرقاوي(*)

الملخص

تتناول هذه الدراسة حساب الميزانية المائية لحوض وادي الأديرع بمنطقة حائل في المملكة العربية السعودية من خلال التوظيف التكاملي لنموذج NRCS-CN التابع للهيئة الأمريكية لحماية التربة ونموذجي تورنثوايت Thornthwaite و تورك Turc لتقدير كمية التبخر الكامن لاستخدامه في استخلاص كميات التسرب من جهة وبيانات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٦-٢٠١١ بأربع محطات مطرية هي عقلة بن جبرين والغزالة وحائل والنقرة، والتي تقع بمنطقة حائل من جهة أخرى. ولقد أعطى تطبيق هذا النموذج نتائج هامة في تقدير أقصى طاقة لإحتفاظ التربة بالماء الذي بلغ ٧٤.٢ ملم والمناسب لتنوع تربة حوض وادي الأديرع بين التربة الفيضية والصخور الصلبة التي تتسم برقم منحنى موزون CN = 77.4. ولقد أعطى هذا التقدير كمية من الفاقد المائي بلغت 14.8 ملم تم استخدامها في تقدير الفائض المائي الذي بلغ أقصاه بما يعادل ٤١.٢ ملم خلال يوم ١٩٨٤/٤/٢١م بمحطة الغزالة وبما يعادل ٨٧.٠ ملم خلال يوم ١٩٨٤/١١/٢٧م بمحطة حائل وبما يعادل ٤٦.٨ ملم خلال يوم ١٩٨٤/١١/٢٧م بمحطة عقلة بن جبرين وبما يعادل ٢٦.٨ ملم خلال يوم ١٩٨٢/٥/٩م بمحطة النقرة.

كما ساعد أيضاً تطبيق نموذجي تورنثوايت Thornthwaite و تورك Turc لتقدير كمية التبخر الكامن في استخدامه لاستخلاص كميات التسرب التي بلغت أدناها بما يعادل ٧.٨ ملم/يوم بمحطة عقلة بن جبرين وأقصاها بما يعادل ١٢.٣ ملم/يوم بجميع المحطات المدروسة. ويمكن تطبيق الخطوات المنهجية لهذا البحث في الميزانية المائية على مستوى باقي أحواض التصريف لأودية منطقة حائل للوصول إلى تحديد كميات الأمطار التي لها القدرة على توليد السيول الغزيرة بما تحدثه من خطورة على المناطق السكنية والعمرانية.

الكلمات الدالة

الميزانية المائية، الأمطار اليومية القصوى، التبخر، الفائض المائي، الفاقد المائي، التسرب، منطقة حائل، المملكة العربية السعودية.

(*) مدرس بقسم الجغرافيا – كلية الآداب – جامعة دمنهور mohamedelsharqawy@art.dmu.edu.eg

Abstract

The Water Balance of Wadi Al - Adira Basin in Hail Province, Saudi Arabia

The study in hand intends to estimate the water balance through the integrated employment of the NRCS-CN model of the US Soil Protection Agency and the Thornthwaite and Turc models. The three models are applied in an integrated manner to estimate the amount of potential evaporation to be used in extracting leakages rates with the daily maximum rainfall data for the period 1976-2011 at four rain stations in Hail province: Aqla bin Jibrin, Ghazala, Hail, and Nekra. The application of these models has yielded significant results in estimating the maximum soil retention capacity, which was estimated to be 74.2 mm. Such value of retention capacity is suitable for the variation of Wadi Al Adira basin soil between the sedimentary soil and solid rock with a weighted slope number CN = 77.4. This estimate means a quantity of water loss of about 14.8 mm/day. The estimated water loss rate was employed further in calculating the water surplus which reached a maximum of 41.2 mm on 21/4/1984 at the Ghazala station, 87.0 mm on 27/11/1984 in Hail station, 46.8 mm on 27/11/1984 at the station Aqla bin Jibrin and 26.8 mm on of 9/5/1982 at Nekra station.

The application of Thornthwaite and Turc models assisted in estimating the amount of potential evaporation that was used in deriving the minimum leakage. The estimated leakage rate ranged between 7.8 mm/day at the Aqla bin Jibrin station and 12.3 mm/day at all stations studied. The methodology adopted in this paper can be applied to estimate the water balance at other drainage basins in Hail region. This consequently can assist in determining the amounts of rainfall that have the ability to generate heavy floods, which poses a risk to the residential and urban areas.

Keywords: Water balance, Maximum daily rainfall, Evapotranspiration, Water surplus, Infiltration, Hail area, Saudi Arabia

المقدمة

تتطلب دراسة الموارد المائية السطحية بالمناطق الجافة وشبه الجافة كما هو الحال بالنسبة لمنطقة حائل وسط المملكة العربية السعودية ذات المناخ الصحراوي المداري تحديد المحددات الطبيعية التي تؤثر بشكل مباشر في امكانية تحويل الأمطار إلى فائض مائي. ولذا تعتبر دراسة الميزانية المائية من أهم الطرق العلمية التي تساعد على تقييم الموارد المائية السطحية التي ترتبط في تبايناتها وتغيراتها بنظام تساقط الأمطار المتذبذب بمختلف مناطق المملكة العربية السعودية. كما تتأثر هذه الميزانية المائية بالظروف المناخية في المناطق الصحراوية والجافة خاصة ارتفاع درجة الحرارة وكميات التبخر مع قلة الأمطار وندرتها. ولذا يتطلب تقدير عناصر الميزانية المائية معرفة وتحديد الفترات السانحة بحدوث فائض مطري بإمكانه أن يؤدي إلى ظهور جريان سيلي

أو جريان سطحي عادي أو تسرب باطني لمياه الأمطار خلال مراحل الدورة الهيدرولوجية (المائية). وفي هذا الإطار جاءت هذه الدراسة التي تسعى إلى تقدير عناصر الميزانية المائية لحوض وادي الأديرع اعتماداً على بيانات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٦-٢٠١١ بأربع محطات مطرية بتطبيق نموذج رقم منحنى التربة للهيئة الأمريكية لحماية التربة NRCS-CN. وتتمثل عناصر الميزانية المائية المستهدفة في تقدير أقصى طاقة للاحتفاظ بالمياه داخل التربة (ملم) S وكمية الفاقد (ملم) (Ia) بواسطة التبخر (ملم) Etp والتسرب (ملم) Infiltration وكمية الفائض المائي للأمطار (ملم) Excess Rainfall.

تكمن أهمية هذه الدراسة في جانبين، الجانب الأول هيدرولوجي كونها تستهدف تحديد المتغيرات الهيدرولوجية التي تتحكم في حدوث ظاهرة السيول وما لها من تأثيرات بيئية من جهة، والجانب الثاني مناخي كونها تساعد على التعرف على الفترات التي تستطيع الأمطار خلالها إنتاج فائض مائي يمكن الاستفادة منه في المجال الزراعي أو تخزينه للاستفادة منه في تغذية المياه الباطنية وإعادة استخراجه خلال فترات الجفاف.

وقد اهتمت العديد من الدراسات السابقة بتقدير الميزانية المائية اعتماداً على عدد من العوامل المتحكمة ومن أمثلة تلك الدراسات دراسة البارودي (١٩٨٦) التي جاءت تحت عنوان : "الميزانية المائية لحوض وادي فاطمة" وقد حاولت الدراسة تقدير كمية الجريان السطحي اعتماداً على كمية الأمطار، وجيولوجية الحوض، وخصائصه التضاريسية وكمية التبخر. وقد تبين أن كمية الجريان السطحي لوادي فاطمة لا تمثل سوى ٢ % من مجموع الأمطار السنوية بالمنطقة الشرقية في حين تتراوح بين ٥ و ٦ % في المنطقة الغربية من الحوض.

في حين ركزت بعض الدراسات في تقديرها للميزانية المائية على البيانات المناخية فقط ومن أمثلة تلك الدراسات الدراسة التي قدمها كل من حسين، وأحمد (٢٠٠٨) بعنوان : "حساب الموازنة المائية في الصحراء الغربية بالعراق" حيث اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية لسبع محطات خلال الفترة من ١٩٨٠-٢٠٠٠، لحساب معامل التبخر-نتح الكامن لمنطقة الدراسة باستخدام نموذج ثورنثويت وخلصت نتائج الدراسة الى أن هناك زيادة مائية لشهر واحد وهو شهر فبراير بمقدار ٣.٦٦ملم وتوازن مائي في شهري ديسمبر ويناير، أما باقي أشهر السنة فتتصف بالنقصان المائي، وقد بلغ مقدار الزيادة المائية3.66 ملم، من مجموع الأمطار الشهرية والبالغة 103.9ملم وبلغ حجم المياه المغذية لوادي الغدف ٢٩.٨٨مليون م^{٣}، وبلغ حجم المياه المغذية لوادي الأبيض ٢٢.٤٨ مليون م^{٣} . كذلك دراسة (الخفاجي، ٢٠١٥) المعنونة بـــــ: الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية – بادية النجف ، حيث تعرض الباحث لحساب الموازنة المائية لحوض وادي قرين الثماد من خلال استخدام البيانات المناخية الخاصة بمحطة النجف المناخية للفترة الممتدة من (٢٠١٤-١٩٨٢)،حيث تبين

أن هناك فائضاً مائياً (٨٣١,٩ ملم) في ستة أشهر فقط وهي (أكتوبر، ونوفمبر، ديسمبر، يناير، فبراير، مارس)، في حين سجلت سائر أشهر السنة عجزاً مائياً في الحوض بلغ (٦٢٨٥,٩ ملم) بسبب ارتفاع معدلات درجات الحرارة وانعدام التساقط وبالتالي ارتفاع معدلات التبخر، وتشكل هذه الزيادة المائية ما نسبته (٢٢,٥٥٪) من مجموع الأمطار الساقطة في محطة النجف. ويمثل ذلك حجم التغذية للمياه الجوفية مضافاً إليه حجم الجريان السطحي (Surface runoff).

وناقش السوالمة (٢٠٠٨) دراسة بعنوان: " كفاءة الناتج المائي في أحواض وادي العرب، وادي كفرنجة، وادي شعيب " حيث هدفت الدراسة إلى تقدير كفاءة الناتج المائي لتلك الأحواض الثلاثة الواقعة في شمال ووسط الأردن وأشارت نتائج تحليل شدة المطر أن الناتج المائي في وادي كفرنجة أكبر مقارنة مع الناتج المائي في كل من وادي العرب ووادي شعيب، حيث يبلغ نسبة شدة المطر في هذا الحوض مستويات أعلى من تلك المسجلة في كل من وادي شعيب ووادي العرب.

كما تناولت العديد من الدراسات الأخرى الميزانية المائية كوسيلة لتقييم مخاطر السيول ومن أمثلة تلك الدراسات الدراسة التي أعدها بوروبة (٢٠٠٧) بعنوان : "دراسة هيدرومورفومترية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية" وتم من خلالها تقدير حجم السيول وتدفق الذروة الأقصى والمتوسط والأدنى لأحواض أودية عتود الأعلى ومربا وضلع بتطبيق نموذج سنايدر Snyder. وقد تراوحت قيم تدفق الذروة الأقصى بين ١٣٥٤.٩ و ١٨٨٦.٥ م٣/ثانية وقيم تدفق الذروة المتوسط بين ١٣٦.٤ و ١٨٥.١ م٣/ثانية وقيم تدفق الذروة الأدنى بين ٣٦.١ و٤٩.٨ م٣/ثانية في حوضي عتود الأعلى ووادي ضلع على التوالي .

ومن الجدير بالذكر أن العديد من الدراسات السابقة التي تتعلق بالميزانية المائية قد اعتمدت على التقنيات الحديثة في تقييمها لإمكانيات الموارد المائية، ومن أمثلة تلك الدراسات الدراسة التي قامت بها مشاعل آل سعود (٢٠١١) بعنوان : " دور التقنيات الفضائية والجيومعلوماتية في الإستراتيجيات المائية :تطبيقات من المملكة العربية السعودية " حيث اهتم البحث بإظهار دور التقنيات الفضائية المتطورة وكذلك نظم المعلومات الجيومكانية اللتان تلعبان دوراً رائداً في الحصول على المعطيات المطلوبة لفهم آليات ومكونات عناصر الدورة المائية بشكل دقيق، وبالتالي اعتبار هذه التقنيات وسيلة هامة في وضع الإستراتيجيات المائية.

وقد اهتم جانب من الدراسات السابقة بدراسة دور الميزانية المائية في تغذية خزانات المياه الجوفية ومن أمثلة تلك الدراسات الدراسةالتي قدمها كل من إبراهيم، وصالح، وعلي (٢٠١٢) : بعنوان استخدام الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض ببجي تكريت / شمال غرب العراق، حيث أمكن تمييز ثلاث قطاعات داخل حدود الحوض A-B-C واستنادا إلى الأسس المميزة لكل قطاع وضعت صيغ لمعادلة الموازنة المائية لكل قطاع، وبعد حساب قيم التبخر/ نتح الكامن PE حسب طريقة ثورنثويت تم استنباط قيم الزيادة المائية WS وذلك لتحديد كمية المياه

المتغلغلة إلى مستويات المياه الجوفية لكل قطاع في الحوض بعد تحديد العناصر الرئيسة لمعادلة الموازنة المائية لكل قطاع وآخر على ضوء المعادلات التي وضعت لكل منها كما يلي :.أن ٢٦٪ من مياه التساقط المطري تتغلغل لتغذية المياه الجوفية في الحوض عند القطاع A وعدم توفر فرصة تسمح بتغلغل مياه التساقط المطري إلى مستويات المياه الجوفية للقطاعين B و C .

كذلك حاولت بعض الدراسات السابقة استخدام الميزانية المائية لوضع سيناريوهات حول مستقبل الموارد المائية ومن أمثلة تلك الدراسات الدراسة التي أعدها عيسى (٢٠١٣) بعنوان "الموازنة المائية في سورية وآفاقها المستقبلية من عام ١٩٩٢ وحتى ٢٠٢٥م من خلال دراسة سبعة أحواض هيدرولوجية وهي حوض بردى والأعوج، وحوض اليرموك، وحوض العاصي، وحوض الساحل، وحوض دجلة والخابور، وحوض الفرات وحلب وحوض البادية تغطي معظم مساحة دولة سوريا، حيث تبين الموازنة المائية أن الأحواض المائية جميعها باستثناء حوض الفرات وحلب والساحل، تعاني من عجز مائي ،وقد بلغ 1.103 مليار.م^3 بسبب محدودية الموارد المائية المتاحة، والزيادة السكانية والخلل الحاصل في شبكات مياه الشرب والري، وعدم ترشيد استخدام المياه وسوء إدارة الموارد المائية، وقد أظهرت الموازنة المائية المستقبلية مقدار العجز المائي المستقبلي والذي سوف يبلغ ٢.٧١٢ مليار م^3 للعام الهيدرولوجي ٢٠٢٤ -٢٠٢٥م.

ويتضح من العرض السابق للدراسات السابقة التي تناولت الميزانية المائية أنه لم يسبق دراسة الميزانية المائية لحوض وادي الاديرع، ولذا تأتي الدراسة الحالية والتي تهدف إلى تقدير عناصر الميزانية المائية لحوض وادي الاديرع في ضوء عدد من المحددات التي تتمثل في الخصائص المناخية والجيولوجية والطبوغرافية للحوض. ولتحقيق الهدف من هذه الدراسة سوف ترتكز الدراسة على المحاور التالية:

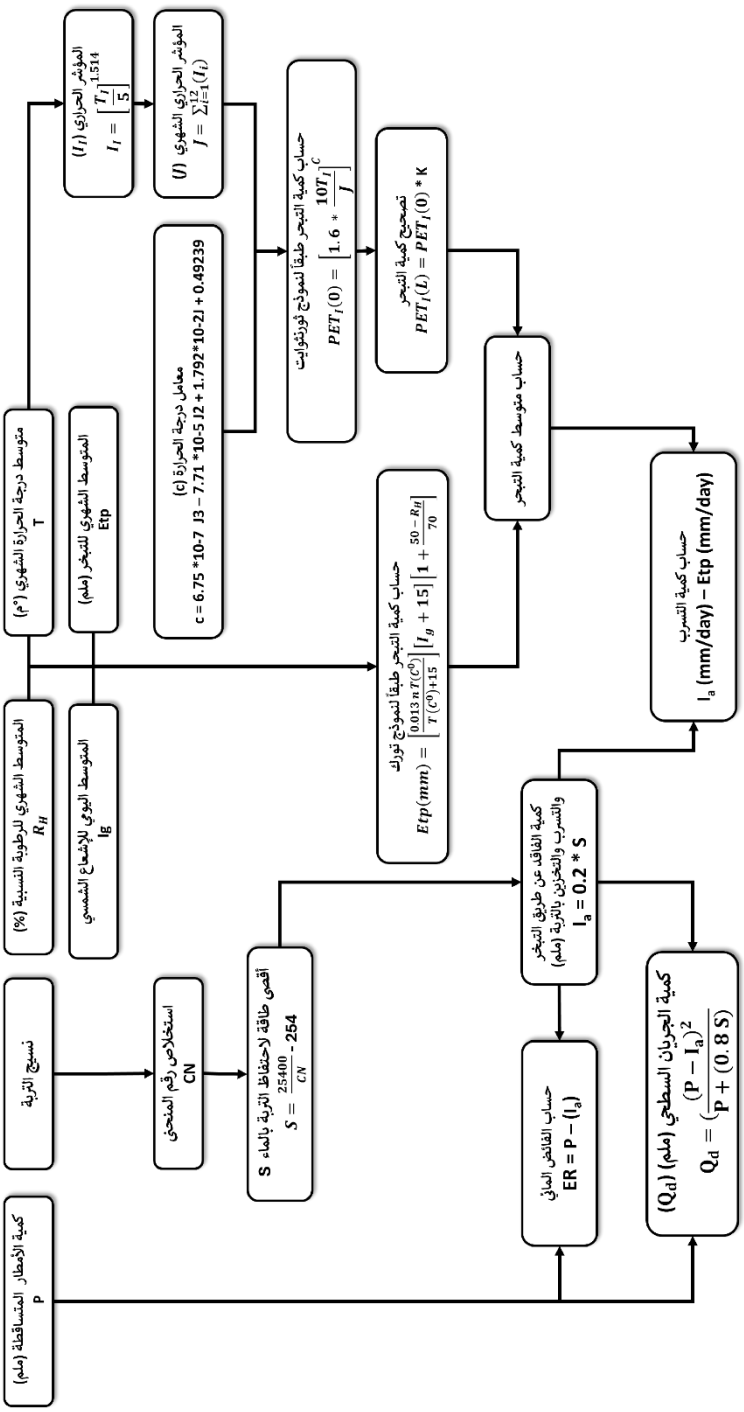
أولاً- منهاج الدراسة واساليبها

ثانياً- الخصائص الطبيعية لمنطقة حائل

ثالثاً- حساب عناصر الميزانية المائية لحوض وادي الاديرع

ولاً: منهاج الدراسة وأساليبها

لتحقيق الهدف من البحث تم تطبيق منهجية تتكون من عدد من الخطوات المنطقية تبدأ بتجميع البيانات المتوفرة عن المحددات المختلفة للميزانية المائية، ثم معالجة تلك البيانات لحساب عناصر الميزانية المائية (الشكل رقم ١).



الشكل رقم (١): منهجية حساب عناصر الميزانية المائية لوادي الأديرع

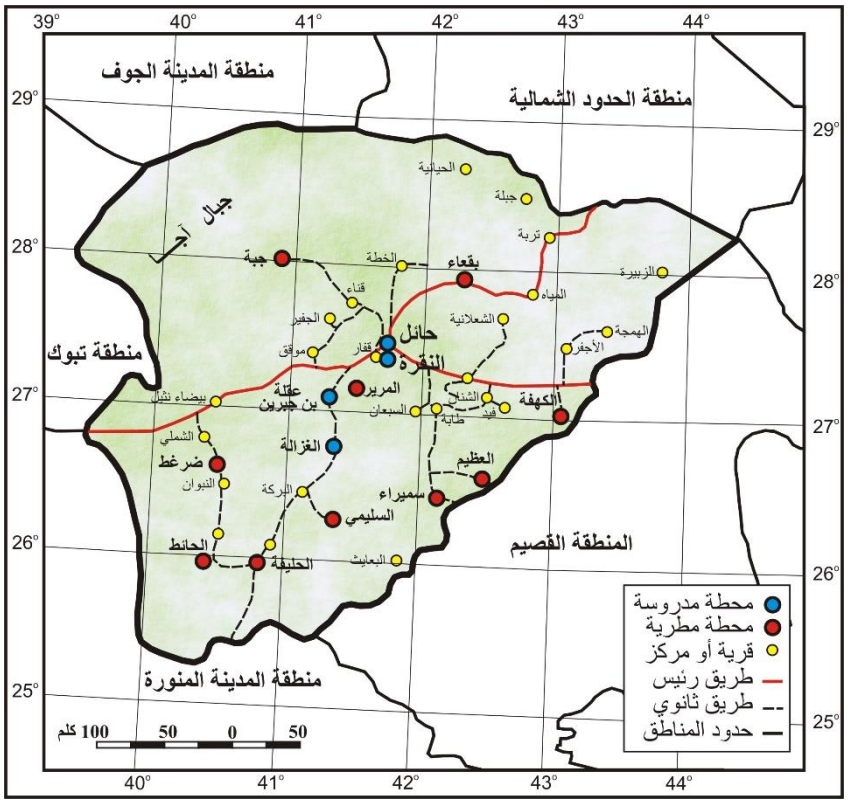
ويمكن تلخيص تلك المنهجية في الخطوات التالية:

١- اختيار المحطات المطرية وجمع البيانات المناخية

اعتمدت الدراسة في حسابها للميزانية المائية لوادي الأديرع على بيانات الأمطار في أربع محطات مطرية تابعة لوزارة الكهرباء والمياه هي عقلة بن جبرين (H208) و حائل (H001) و الغزالة (H215) و النقرة (U212) ومحطة مناخية تابعة للرئاسة العامة للارصاد وحماية البيئة (الجدول ١) و (الشكل ٢).

الجدول رقم (١): إحداثيات مواقع المحطات المدروسة

اسم المحطة	نوع المحطة	رقم الحاسب	الرقم الوطني للمحطة	خط الطول (شرقاً)	دارة العرض (شمالاً)	الارتفاع (متر)
عقلة بن جبرين (العقلة)	مطرية	٨٨٥	H 208	41°17'	27°06'	1215
النقرة	مطرية	٨٠٩	U 212	41°40'	27°27'	1008
الغزالة	مطرية	٨١٢	H 215	41°21'	26°47'	٩٨٠
حائل	مطرية	191	H 001	41°42'	27°32'	990
حائل	مناخية	---	٤٠٣٩٤	41°41'28"	27°26'04"	١٠٠١.٥



الشكل رقم (٢): مواقع المحطات المطرية

وتحتوي هذه المحطات على سلسلة زمنية لكميات الأمطار اليومية القصوى لفترة ٣٦ سنة منتظمة تمتد من ١ يناير ١٩٧٦ إلى ٣١ ديسمبر ٢٠١١ (الجدول ٢).

الجدول رقم (٢): كميات الأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

السنة	النقرة		عقلة بن جبرين		حائل		الغزالة	
	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)
1976	١١-١٤	30.0	٣-٢٧	63.0	١-٢٣	33.2	١-٢٣	19.0
1977	١٠-٢٤	24.6	١١-٩	18.5	٣-٢٦	8.6	٣-٢٦	26.0
1978	١٢-١١	8.4	٢-١٦	14.5	١٢-١١	15.8	١٢-١١	25.2
1979	٤-١٦	24.2	١٠-٢٤	25.6	١-١٧	16.6	١-١٧	13.8
1980	١١-٢٦	17.0	١١-٢٧	16.0	١١-٢٧	22.0	١١-٢٧	6.4
1981	٢-١٠	38.4	٢-١٠	26.4	٢-١٠	36.4	٢-١٠	7.2
1982	٤-٢٢	29.4	٤-١٦	19.2	٥-٩	15.8	٥-٩	41.6
1983	٤-١٥	32.4	٤-٢٩	20.2	٤-٢٠	35.0	٤-٢٠	4.2
1984	١١-٢٦	45.6	١١-٢٧	101.8	١١-٢٧	61.6	١١-٢٧	31.4
1985	١١-١٧	19.0	١١-١٠	37.5	١١-١٣	48.8	١١-١٣	37.4
1986	٤-٢١	56.0	٤-٦	28.6	٤-٦	52.4	٤-٦	16.0
1987	١٠-٢٣	21.6	١٠-١٨	12.6	١٠-١٦	12.8	١٠-١٦	23.6
1988	٤-١٠	8.4	١٢-١٦	2.0	٤-١٠	41.0	٤-١٠	11.8
1989	٢-٢١	35.4	٢-٢٠	55.8	٢-٢١	49.8	٢-٢١	9.6
1990	١-٢٧	17.4	١-٢٧	15.2	٤-١٥	25.2	٤-١٥	18.6
1991	٤-٥	32.2	٣-٢٣	28.4	٣-٢٣	21.9	٣-٢٣	15.7
1992	١-١٠	10.8	١-١٠	10.2	٣-٣٠	7.8	٣-٣٠	28.2
1993	٣-٢٠	38.0	١-٣٠	10.3	٢-٢٢	12.2	٢-٢٢	13.8
1994	٤-١٤	18.0	١١-١٦	19.4	١٢-٨	18.2	١٢-٨	9.2
١٩٩٥	٤-٢٠	12.0	٣-١٣	8.5	١٢-٣	14.8	١٢-٣	32.4
١٩٩٦	١١-٢٠	8.0	١١-٢٥	12.3	١١-٢٧	11.4	١١-٢٧	16.5
9719	١-١٥	12.0	١١-٨	16.2	١-٢٤	5.2	١-٢٤	12.8
9819	٣-١٥	15.4	٣-٢٩	48.0	١-٥	23.0	١-٥	19.5
9919	٤-٢٩	8.5	١٢-١٠	19.0	١٢-٣	19.0	١٢-٣	2.0
٢٠٠٠	١١-١٦	47.0	١٠-١٤	6.0	٣-١٣	17.4	٣-١٣	3.3
٢٠٠١	٣-٢٢	22.0	١-٨	5.0	٣-٣	24.8	٣-٣	2.8
٢٠٠٢	٣-٥	15.0	٣-١٦	18.0	٣-٥	30.0	٣-٥	10.0
٢٠٠٣	١١-١٠	8.5	١٢-٣٠	11.0	١١-١٠	9.6	١١-١٠	6.1
٢٠٠٤	١١-٣	12.0	١١-٣٠	7.0	٧-٧	25.0	٧-٧	3.9
٢٠٠٥	٢-٢٦	15.0	١-٢٢	15.0	٢-٢٦	25.0	٢-٢٦	0.0
٢٠٠٦	١٠-٣١	6.5	١٠-٢٩	15.0	٢-٣	30.0	٢-٣	8.3
٢٠٠٧	٤-٢٦	8.0	٣-٢٦	6.0	٤-٢٦	10.0	٤-٢٦	8.3
٢٠٠٨	١-٢٢	14.0	١١-٦	34.0	١١-٦	30.0	١١-٦	3.3
٢٠٠٩	١١-٢٧	12.5	١١-٢٧	15.0	١٢-٢٢	31.0	١٢-٢٢	18.8
٢٠١٠	٤-٦	13.0	٣-٢٣	9.0	٣-٢٣	28.0	٣-٢٣	8.3
٢٠١١	١-١٨	7.0	١-١٨	7.4	١-١٨	4.0	١-١٨	5.0

٢- حساب عناصر الميزانية المائية

تتمثل عناصر الميزانية المائية لأي حوض تصريف في ثلاثة عناصر رئيسية هي: كمية الأمطار الساقطة على الحوض، وكمية الفاقد من المياه عن طريق البخر والتسرب والتخزين بالتربة، وكمية الجريان السطحي، ويتم التعبير عن العلاقة بين هذه العناصر الثلاثة من خلال المعادلة التالية:

$$P - (Ia + Q_d) = 0$$

حيث:

Q_d : كمية الجريان السطحي (ملم)، والذي يتم تقديره بتطبيق المعادلة التالية :

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

حيث

P : كمية الأمطار المتساقطة (ملم).

I_a : كمية الفاقد عن طريق التبخر Etp والتسرب والتخزين داخل التربة (ملم)، ويتم تقديرها بتطبيق المعادلة التالية :

$$I_a = 0.2 * S$$

حيث:

Etp : كمية التبخر (ملم) ويتم حسابها من البيانات المناخية وذلك بتطبيق نموذجي تورنثوايت Thornthwaite وتورك Turc التاليين :

حساب التبخر بنموذج ثورنثوايت (Thornthwaite, 1948)

يتم حساب التبخر بنموذج تورنثوايت بتطبيق المعادلة التالية :

$$PET_I(0) = \left[1.6 * \frac{10T_I}{J}\right]^C$$

حيث:

J : مؤشر حراري يحسب بواسطة المعادلة التالية :

$$J = \sum_{i=1}^{12}(I_i)$$

c : معامل يرتبط بدرجة الحرارة ويحسب بواسطة المعادلة التالية :

$$c = 6.75 * 10^{-7} J^3 - 7.71 * 10^{-5} J^2 + 1.792 * 10^{-2} J + 0.49239$$

I_i : مؤشر حراري شهري يحسب بواسطة المعادلة التالية :

$$I_I = \left[\frac{T_I}{5}\right]^{1.514}$$

بعد حساب كمية التبخر يتم تصحيحها بواسطة معامل التصحيح k الذي يرتبط بدائرة العرض لموقع المحطة المناخية بتطبيق المعادلة التالية : $PET_i(L) = PET_i(0) * k$

- حساب التبخر بنموذج تورك (Turc, 1961)

يتم حساب التبخر بنموذج تورك بتطبيق المعادلة التالية : (Lecarpentier, 1975 : 397)

$$Etp\ (mm) = \left[\frac{0.013n\ T(C^0)}{T(C^0) + 15}\right]\left[I_g + 15\right]\left[1 + \frac{50 - R_H}{70}\right]$$

حيث:

Etp (mm) : المتوسط الشهري للتبخر (ملم)

$T(C^o)$:متوسط الحرارة الشهري ($م^o$)

Ig : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي (سعرة/$سم^2$/يوم)

R_H : المتوسط الشهري للرطوبة النسبية (%).

٣ – حساب كمية التسرب

يشتمل إجمالي الفاقد من مياه الأمطار (Ia) على كمية الأمطار التي تتحول إلى تبخر وتسرب أو تخزين داخل التربة. ويمكننا حساب كمية التسرب من حاصل الفرق بين إجمالي الفاقد ومتوسط التبخر اليومي المحسوب بنموذجي تورنثوايت (Thornthwaite, 1948) وتورك (Turc, 1961). وعليه فإن كمية التسرب هى :

$$Infiltration\ (mm/day) = I_a\ (mm/day) - Etp\ (mm/day)$$

٤- استخلاص رقم المنحنى Curve Number (CN)

يمثل رقم منحنى التربة Curve Number (CN) قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه ويتم استخراجه من جداول خاصة حسب نوعية تربة المنطقة؛ حيث طورتها الهيئة الأمريكية لحماية التربة بعد اختبار ٨٥٠٠ نوع من التربة بمختلف مناطق العالم تم تصنيفها في أربع مجموعات هيدرولوجية هي : (USDA-SCS, 1985) و (USDA-TR55, 1986).

- المجموعة الأولى A :

وتضم هذه المجموعة التربة الرملية Sand والتربة اللومية الرملية Loamy sand والتربة الرملية اللومية Sandy loam. وتتشكل هذه المجموعة من تربة عميقة تتسم بمعدلات تسرب عالية حتى عندما تكون مشبعة بالماء وينشأ عنها جريان سطحي منخفض. وتتراوح بها سرعة التسرب بين ٢.٥ و ٢١ سم/ساعة.

- المجموعة الثانية B :

وتتشكل هذه المجموعة من التربة السلتية اللومية Silty loam والتربة اللومية Loam. وتتشكل هذه المجموعة من تربة عميقة إلى متوسطة العمق ذات قوام ناعم إلى خشن وتتسم

بمعدلات تسرب متوسطة خاصة عندما تكون رطبة تماماً وينشأ عنها جريان سطحي متوسط. وتتراوح بها سرعة التسرب بين ١.٣ و ٢.٥ سم/ساعة.

- المجموعة الثالثة C :

وتضم هذه المجموعة التربة الرملية الصلصالية اللومية Sandy clay loam تحتوي على طبقة تعيق حركة تسرب المياه. ولذا فهي تتسم بمعدلات تسرب منخفضة عندما تكون رطبة تماماً وهي ذات قوام ناعم إلى متوسط ينشأ عنها جريان سطحي غزيز. وتتراوح بها سرعة التسرب بين ٠.٥ و ٠.٧ سم/ساعة.

- المجموعة الرابعة D :

وتضم هذه المجموعة بالأساس التربة الصلصالية Clay بالإضافة إلى التربة الصلصالية اللومية Clay loam والتربة السلتية الصلصالية اللومية Silt clay loam والتربة الرملية الصلصالية Sandy clay والتربة السلتية الصلصالية Silty clay. ويرتفع بها منسوب الماء الجوفي بشكل دائم وتكون ضحلة وتتوضع فوق طبقة كتيمة أو غير منفذة. وينتج عنها جريان سطحي عالي نظراً لأن معدلات التسرب فيها منخفضة جداً عندما تكون رطبة وهي تتراوح بين ٠.٠٥ و ٠.٢٥ سم/ساعة.

وتتحكم الحالة المسبقة لرطوبة التربة Antecedent Moisture of Soil (AMS) في رقم منحنى التربة ، بحيث يتم تحديد رقم هذا المنحنى من الجدول الخاص الذي اقترحته أيضاً الهيئة الأمريكية لحماية التربة وهو جدول يتضمن ٣ مجموعات من التربة هي :

- المجموعة الأولى (AMS I) : وهي تخص التربة الجافة.
- المجموعة الثانية (AMS II) : وهي تخص التربة العادية.
- المجموعة الثالثة (AMS III) : وهي تخص التربة المشبعة بالماء أو الرطوبة إثر تساقط الأمطار الخفيفة إلى الغزيرة مع تدني درجة الحرارة خلال الخمسة أيام التي تسبق حساب كمية الجريان السطحي (McCuen, 1982, p.13).

٥- حساب أقصي طاقة لاحتفاظ الترب بالمياه (S)

ولحساب أقصى طاقة لاحتفاظ التربة بالماء (S) يتم بتطبيق المعادلة التالية :

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

٦- حساب الفائض المائي (Excess Rainfall)

يعبر الفائض عن الفرق بين كمية الأمطار وكمية الفاقد المائي ، أي أن :

$$\text{Excess Rainfall} = P - (I_a)$$

بحيث يمثل P(mm) كمية الأمطار و I_a(mm) كمية الفاقد المائي.

ثانياً: الخصائص الطبيعية لمنطقة حائل

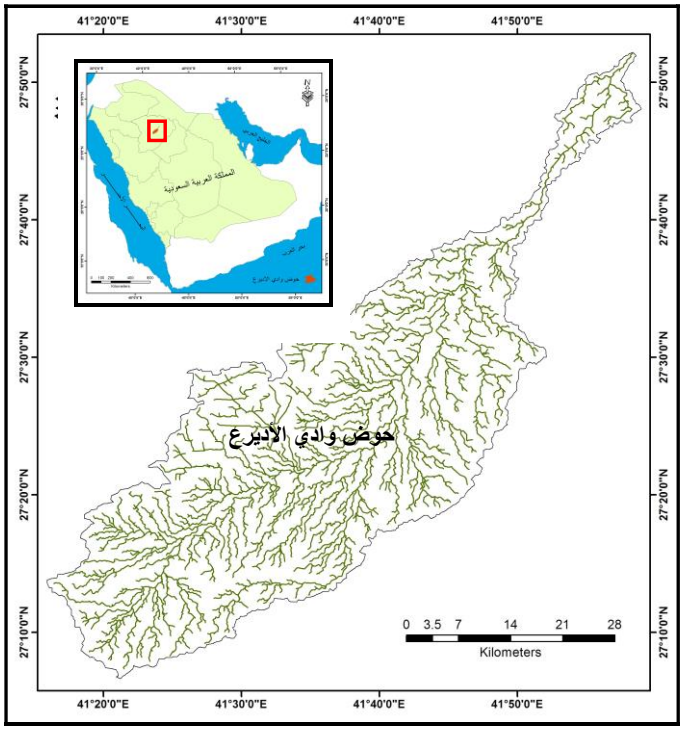
تحتل منطقة حائل أقصى شمال هضبة نجد وسط الجزء الشمالي من المملكة العربية السعودية بين دائرتي العرض ′50°24 و ′45°27 شمالاً وبين خطي الطول ′30°37 و ′30°43 شرقاً. ويحدها من الشمال منطقتا الحدود الشمالية والجوف ومن الشرق المنطقة الشرقية ومن الغرب منطقتا تبوك والمدينة المنورة ومن الجنوب منطقتا القصيم والمدينة المنورة. وتبعد حدودها الغربيةُ والشرقية بمسافاتٍ متساوية تقريباً عن سواحل البحرِ الأحمر و الخليجُ العربي ، وتبلغ مساحة الإمارة حوالي ١٥٣٢١٦ كم^{٢} (الشريف ، ١٤١٤هـ ، ص ١٦٤). وتبعد مدينة حائل حاضرة الإقليم والعاصمة الإدارية للإمارة عن مدينة الرياض عاصمة البلاد بحوالي ٦٠٠ كم ، وعن المدينة المنورة بحوالي ٤٥٠ كم (الشكل ٣).

وقد نشأت وتطورت مدينة حائل على سهل شبه مستوى، يمتد من بلدة قصر العشروات حتى بلدة الجثامية شمالاً ومن جبل السمراء الشرقية وسلسلة التلال المكملة لها من الجهة الشرقية شرقاً ، حتى سلسلة جبال أجا غرباً، والتي تمثل بدورها حاجزاً طبيعياً يقف أمام تطور وتوسع ونمو المدينة غرباً. و تنحدر مجموعة كبيرة من الأودية من سلسلة أجا الجبلية، تخترق المدينة من غربها، وتصب بوادي الأديرع في شرق المدينة. وتمتد مدينة حائل على عدد من مجاري الأودية أهمها وادي الأديرع ووادي عقده ووادي أبو جرف ووادي الرصف ووادي السلف ووادي مشار ووادي الكيشرية إضافة إلى عدد كبير من الروافد التي تجري من السفوح الشرقية لجبال أجا وتخترق أحياء المدينة من الجهة الغربية متجهة نحو وادي الإديرع شرقاً. ويخترق وادي الإديرع مدينة حائل من أطرافها الجنوبية، ويجري محاذياً لطريق المدينة المنورة من الجهة الشرقية وإلى الغرب من مطار حائل الإقليمي، مقسماً حي البحيرة إلى قسمين ، ويستمر مجراه في اتجاه الشمال الشرقي، حتى ينتهي عند أطراف صحراء النفود الكبير.

ويمتاز موضع مدينة حائل بامتداده على سهل رسوبي يتسم بالانبساط وقلة الانحدار ، حيث يبلغ ارتفاعه حوالي ٩٦٠م في شرق المدينة، بالقرب من الموقع الذي نشأت عليه مدينة حائل. وتظهر داخل هذا السهل بعض النتوءات الجبلية مثل جبل أم الرقب ، وقلعة أعيرف ، إضافة إلى بعض السلاسل التلالية التي توجد بينها وبين جبل أم الرقب الواقع شمالها بعض الخبوب أهمها خب الطريفي.

الشكل رقم (٣): موقع منطقة حائل

ويعد حوض وادي الأديرع أحد هذه الأحواض الجافة؛ إذ انه يقع في وسط منطقة حائل بشمالي المملكة العربية السعودية؛ حيث ينبع من المرتفعات الجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية (جبال أجا وسلمى) ويمتد باتجاه عام من الجنوب الغربي حتى الشمال الشرقي موازياً لسلسلة جبال أجا حيث يعبر مدينة حائل ويقسمها لقسمين شرقي وغربي ممتداً على مسافة تصل إلى حوالي ١٠٤ كم. ويمتد حوض وادي الأديرع فلكياً بين دائرتي عرض ٠٦ ′ ٢٧ °و ٥٢ ′ ٢٧ °شمالا, وبين خطي طول ١٦ ′ ٤١ ° و٥٩ ′ ٤١ °شرقاً (الشكل ٤)

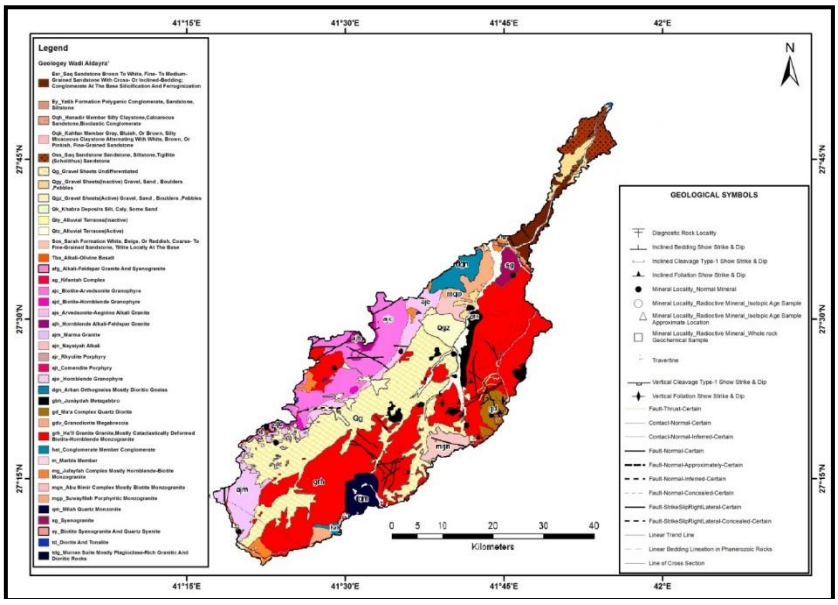


الشكل رقم (٤): وادي الإديرع

ويتكون حوض وادي الأديرع من صـــــخور للقاعدة المعقدة المنتمية للدرع العربية المتركزة في الاتجاه الجنوبي. ويغطي هذه التكوينات للقديمة تتابع غير طباقي من الرســـوبيات الرباعية التي تزداد سمكا كلما اتجهنا إلى الجزء الشرقي ونحو مصب حوض تصريف وادي الأديرع. وتترتب التكوينات الجيولوجية لهذا الحوض من الأقدم إلى الأحدث على النحو التالي: (Sheet 27E, 1/250000, Ha'il quadrangle).

١- صخور القاعدة المعقدة:

يشق وادي الاديرع مجراه في صخور القاعدة المعقدة بنوياً وتركيباً (الشكل ٥).



الشكل رقم (٥): الخريطة الجيولوجية لحوض وادي الأديرع

المصدر : بتصرف من الباحث عن , Sheet 27E, 1/250000, Ha'il quadrangle (1987)

وتظهر الصخور على هيئة صخور قاعدية وفوق قاعدية منتشرة في القسم الأعلى والأوسط من حوض وادي الأديرع، وتشتمل على الديورايت وجينس الجابرو؛ وتقابل في وصفها مجموعة العرض في مناطق اخرى من الدرع العربية (Brown, 1963)

وتشغل صخور التتابعات البركانية والرسوبية القديمة المتحولة وغير المتحولة نحو ٧٠٪ من مساحة الحوض المائي، ويقطعها العديد من التداخلات النارية على فترات متتابعة حولت أجزاءاً منها وحصرتها في عدد من الأحزمة الضيقة المتضاغطة كما هو الحال في الجزء الأعلى والأوسط من حوض وادي الأديرع ويغلب عليها التركيب الجرانيتي (Ekren, 1987).

٢- المتدخلات النارية:

تخترق التتابعات الصخرية الرسوبية والبركانية القديمة، العديد من القواطع الرأسية المتباينة في تركيبها الكيميائي والمعدني؛ وهذه المتدخلات النارية القاعدية لها علاقة بالطفوح

المصاحبة لمجموعة حليفة، وتشمل جنيس أركان وهو عبارة عن صخور جبسية نارية متوسطة متحولة من أصول رايوليتية وتظهر في الضفة الشمالية لوادي الاديرع وأعالي الحوض (Kellogg,1985). أما جنيس المسره فهو من أصل جرانوديوريايتي غني بمعدني البوتايت والهوربلند، ويظهر في أعالي الحوض (Ekren, 1987).

وهناك الكثير من المتداخلات القاعدية والحامضية الكتلية الشكل قليلة التورق ومحلية التحول؛ توجد في مناطق متفرقة من حوض وادي الأديرع كمعقد الماء The Ma'a complex وجرانيت حائل The Hail granite. وهذه الأخيرة عبارة عن متداخلات نارية تكون سفحاً جبلياً متآكلاً صخوره مشوهة تشوهاً كبيراً ومتحولة في أجزاء منها (Elliot,1985). كما تظهر في الجزء الجنوبي من حوض وادي الأديرع كتل زاوية كبيرة تصل أقطارها إلى نحو عدة عشرات من الأمتار؛ تتكون من طفوح بركانية حامضية رايولتية. كما توجد متداخلات جرانيتية دقيقة الحبيبات في القسم الأوسط من حوض وادي الأديرع، قليلة التشوه وغنية بمعادن الفلسبار البوتاسي، وأخرى ذات فلسبار قلوي تنتمي لمعقد أجا (الهيئة العليا لتطوير منطقة حائل، ١٤٢٣هـ). كما تتوزع بعض فوهات البراكين مستديرة الشكل تتراوح أقطارها ما بين بضع أمتار إلى عشرات الأمتار قد تصل ٩٠٠ م، في القسم الأعلى والأوسط من حوض وادي الأديرع؛ وتأخذ ترتيباً ذا اتجاه شمالي- شمالي شرقي، جنوبي- جنوبي غربي مما يوحي بتاثرها بخسوف أرضية عميقة.

٣- الصخور الرسوبية:

تتشكل الصخور الرسوبية من مجموعة من الرواسب الريحية ورواسب الأودية والمدرجات الحصوية الرباعية، حيث تغطي معظم الأجزاء السفلى من حوض وادي الأديرع فرشات ريحية مغطاة بوشائح حصوية. كما توجد قنوات صرف نشطة ترفد القسم الأوسط من الحوض بالرواسب مختلفة الأحجام؛ تبعد بنحو ٢٠ كم عن مصادرها وهي جيدة الاستدارة (Ekren,1987).

٤- البنية الجيولوجية:

تظهر الخريطة الجيولوجية لمربع حائل (Sheet 27E, 1/250000, Ha'il quadrangle) تركز معظم الصدوع بأنواعها في القسم الأوسط والضفة الجنوبية من حوض وادي الاديرع. وتتراوح أطوال الصدوع العادية بين ٥ و ١٢.٥ كم ، وتاخذ في مجملها اتجاهاً شمالياً غربياً - جنوبياً شرقياً. أما الصدوع العكسية فتأخذ الاتجاه الشمالي الشرقي- الجنوبي الغربي وتتراوح أطوالها بين ٢.٥ و١٥٠ كم. كما تكثر التخطيطات البنائية في جمع الاتجاهات.

الخصائص المناخية:

وفي ضوء دراسة العناصر المناخية لمحطات الرصد المذكورة فان منطقة حائل تقع ضمن نطاق المناخ الصحراوي الجاف وفقًا لتقسيم كوبن Köppen. ولذا يعتبر مناخ منطقة حائل قارياً

جافاً وحاراً خلال فصل الصيف بسبب تعامد أشعة الشمس على مدار السرطان الذي يمر في وسط المملكة جنوب منطقة حائل ومعتدلاً خلال فصل الشتاء مع هبوب رياح باردة بسبب تعرض المنطقة لتأثيرات الضغط الجوي الأسيوي المرتفع. ولقد أثر الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة حائل على عناصر المناخ بها كما يتضح من البيانات المناخية للفترة ١٩٨٥-٢٠١٠م بمحطة مطار حائل الإقليمي التابعة للرئاسة العامة للارصاد وحماية البيئة، بحيث نجد أن متوسط الضغط الجوي الشهري يبلغ ٩٠٢.٣ ميلليبار وبمتوسطات شهرية تبلغ أقصاها بما يعادل ٩١٨.٠ ميلليبار خلال شهر نوفمبر وأدناها بما يعادل ٨٩٦.١ ميلليبار خلال شهر يوليو.

وتتعرض أراضي منطقة حائل كغيرها من مناطق وسط المملكة إلى هبوب الرياح الشمالية والجنوبية معظم أيام السنة وبمتوسط سرعة سنوي يبلغ ١٢.٦ كم/ساعة وبمتوسط سرعة قصوى يصل إلى ٩٠.٦ كم/ساعة. ولهبوب هذه الرياح تأثيرات بيئية كبيرة على منطقة حائل، بحيث تعمل هذه الرياح على تبخير المياه السطحية وتجفيف التربة ونقلها. وتبعاً لذلك يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي ٢٢.٧ م° ومتوسط درجة الحرارة الدنيا ١٤.٧ م° ومتوسط درجة الحرارة القصوى ٢٩.٧ م°. ويصل متوسط المدى الحراري إلى ١٥.٠ م°.

وتتباين تغيرات الأمطار عكسياً مع تغيرات درجات الحرارة، بحيث تتساقط تدريجياً مع بداية شهر أكتوبر حتى نهاية شهر مايو بمتوسط سنوي يبلغ ٩٦.٢ ملم وبمتوسطات شهرية تتراوح بين ٦.٥ ملم خلال شهر أكتوبر و ١٨.٢ ملم خلال شهر مارس.

وتتأثر الرطوبة النسبية مثلها مثل الأمطار بتغيرات درجات الحرارة من شهر لآخر، بحيث يبلغ متوسطها السنوي ٣٠.٠٪ وبمتوسط شهري يتراوح بين ١٦.٠ % خلال شهري يونيو ويوليو و ٥٣.٠ % خلال شهر يناير. وقد تنخفض الرطوبة النسبية كثيراً بمتوسطات شهرية دنيا لا تتعدى ١.٠ % خلال فصل الصيف (مايو ، يونيو ، يوليو) و ٨.٠ % خلال شهر يناير. كما ترتفع الرطوبة النسبية الشهرية إلى أقصاها بمتوسطات شهرية تتراوح بين ٤٩.٠ % خلال شهر يوليو و ١٠٠٪ خلال الفترة الممتدة من نوفمبر إلى أبريل.

ثالثاً: حساب عناصر الميزانية المائية لحوض وادي الأديرع

١- حساب التبخر

تراوحت متوسط كمية التبخر المحسوبة لحوض وادي الأديرع طبقاً لنموذج ثورنوثوايت ونموذج تورك ما بين ٧٧.٤ و ٢١٧.٩ ملم في شهري ديسمبر ويوليو على التوالي (الجدول ٣).

الجدول رقم (٣) : المتوسطات الشهرية واليومية لكمية التبخر للفترة ١٩٨٥-٢٠١٠ بمحطة مطار حائل الإقليمي

الشهر	كمية التبخر (ملم)			
	نموذج Turc	نموذج Thornthwaite	المتوسط الشهري	المتوسط اليومي
يناير	58.6	٩٧.٤	78	2.5
فبراير	86.4	٩٨.٣	92.4	3.3
مارس	128	١٠٢.٢	115.1	3.7
أبريل	180.6	١١٢.١	146.4	4.9
مايو	232	١٢٥.٢	178.6	5.8
يونيو	290.4	١٣٦.٩	213.7	7.1
يوليو	295.2	١٤٠.٦	217.9	7
أغسطس	250.8	١٤٢.٨	196.8	6.3
سبتمبر	233.1	١٣٣	183.1	6.1
أكتوبر	166.6	١١٧.٣	142	4.6
نوفمبر	83	١٠٢.٩	93	3.1
ديسمبر	56.9	٩٧.٩	77.4	2.5

٢- استخلاص رقم المنحنى (CN)

تم استخلاص رقم المنحنى للتربة بالاستعانة بأنواع التكوينات الصخرية من الخريطة الجيولوجية (الشكل رقم ٥). وقد تم تصنيف أنواع الرسوبات والتكوينات الصخرية بالاعتماد على رقم المنحنى بالجداول المعيارية التي قدمتها الهيئة الأمريكية. واعتماداً على تصنيف التربة حسب الحالة المسبقة للرطوبة فإن تربة منطقة حائل تصنف ضمن المجموعة الأولى (AMS I) التي تضم التربة الجافة. وعليه تم حساب رقم المنحنى الموزون باستخدام مساحات أنواع التربة التي تغطي سطح حوض وادي الأديرع (الجدول ٤).

الجدول رقم (٤) : قيم منحنى التربة CN لتربة حوض وادي الأديرع

نوع التربة	المساحة (كم٢)	المساحة (%)	حالة الرطوبة للتربة AMS	رقم المنحنى CN	رقم المنحنى الموزون WCN
تربة فيضية	٤٧.٥	٢.٩	I	٤٥	١.٣
تربة حصوية	٤٤٩.٤٣	٢٧.٢	I	٦٦	١٨
صخور صلبة	١١٥٧.١	٧٠	I	٨٣	٥٨.١
المجموع	١٦٥٤.٠٣	١٠٠	---	---	٧٧.٤

3- حساب أقصى طاقة لاحتفاظ التربة بالماء (S) وإجمالي الفاقد من المياه (I_a)

بلغت أقصى طاقة لاحتفاظ التربة بالماء ٧٤.٢ ملم وبذلك يكون إجمالي الفاقد من المياه المناسبة لها هو ١٤.٨ ملم/يوم.

الجدول رقم(٥): كميات الأمطار التي تفوق الفاقد المائي بالمحطات المدروسة

السنة	الغزالة		حائل		عقلة بن جبرين		النقرة	
	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)	التاريخ	الأمطار (ملم)
١٩٧	Nov-١٤	٣٠	27-	٦٣	23-Jan	٣٣.٢	23-Jan	١٩
١٩٧	Oct-٢٤	٢٤.٦	9-Nov	١٨.٥	12-Nov	١٥.٨	26-	٢٦
١٩٧	Apr-١٦	٢٤.٢	24-Oct	٢٥.٦	17-Jan	١٦.٦	12-Nov	٢٥.٢
١٩٨	Nov-٢٦	١٧	27-Nov	١٦	27-Nov	٢٢	5-Sep	٤١.٦
١٩٨	Oct-٢	٣٨.٤	2-Oct	٢٦.٤	2-Oct	٣٦.٤	27-Nov	٣١.٤
١٩٨	Apr-٢٢	٢٩.٤	16-Apr	١٩.٢	5-Sep	١٥.٨	13-Nov	٣٧.٤
١٩٨	Apr-١٥	٣٢.٤	29-Apr	٢٠.٢	20-Apr	٣٥	4-Jun	١٦
١٩٨	Nov-٢٦	٤٥.٦	27-Nov	١٠١.٨	27-Nov	٦١.٦	16-Oct	٢٣.٦
١٩٨	Nov-١٧	١٩	10-Nov	٣٧.٥	13-Nov	٤٨.٨	15-Apr	١٨.٦
١٩٨	Apr-٢١	٥٦	6-Apr	٢٨.٦	4-Jun	٥٢.٤	23-	١٥.٧
١٩٨	Oct-٢٣	٢١.٦	20-Feb	٥٥.٨	4-Oct	٤١	30-	٢٨.٢
١٩٨	Feb-٢١	٣٥.٤	27-Jan	١٥.٢	21-Feb	٤٩.٨	12-	٣٢.٤
١٩٩	Jan-٢٧	١٧.٤	23-	٢٨.٤	15-Apr	٢٥.٢	27-Nov	١٦.٥
١٩٩	May-٤	٣٢.٢	16-Nov	١٩.٤	23-Mar	٢١.٩	1-May	١٩.٥
١٩٩	-٢٠	٣٨	8-Nov	١٦.٢	12-Aug	١٨.٢	22-Dec	١٨.٨
١٩٩	Apr-١٤	١٨	29-	٤٨	1-May	٢٣	–	–
١٩٩	-١٥	١٥.٤	10-Dec	١٩	12-Mar	١٩	–	–
٢٠٠	Nov-١٦	٤٧	16-	١٨	13-Mar	١٧.٤	–	–
٢٠٠	-٢٢	٢٢	6-Nov	٣٤	3-Mar	٢٤.٨	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	May-٣	٣٠	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	Jul-٧	٢٥	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	Feb-٢٦	٢٥	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	Mar-٢	٣٠	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	Jun-١١	30	–	–
٢٠٠	–	–	–	–	Dec-٢٢	31	–	–
٢٠١	–	–	–	–	-٢٣	28	–	–

4 – حساب الفاقد المائي بواسطة التسرب

يشتمل إجمالي الفاقد من مياه الأمطار (I_a) على كمية الأمطار التي تتحول إلى تبخر وتسرب أو تخزين داخل التربة. وقد تم حساب كمية التسرب عن طريق الفرق بين إجمالي الفاقد ومتوسط التبخر اليومي المحسوب بنموذجي تورنثوايت (Thornthwaite, 1948) وتورك (Turc, 1961). وتوضح بيانات الجدول (٦) كميات التسرب المصاحبة لكميات الأمطار اليومية القصوى التي تتساقط على المحطات المطرية بحوض وادي الأديرع.

الجدول رقم (٦) : كميات الفاقد المائي بواسطة التسرب بالمحطات المدروسة

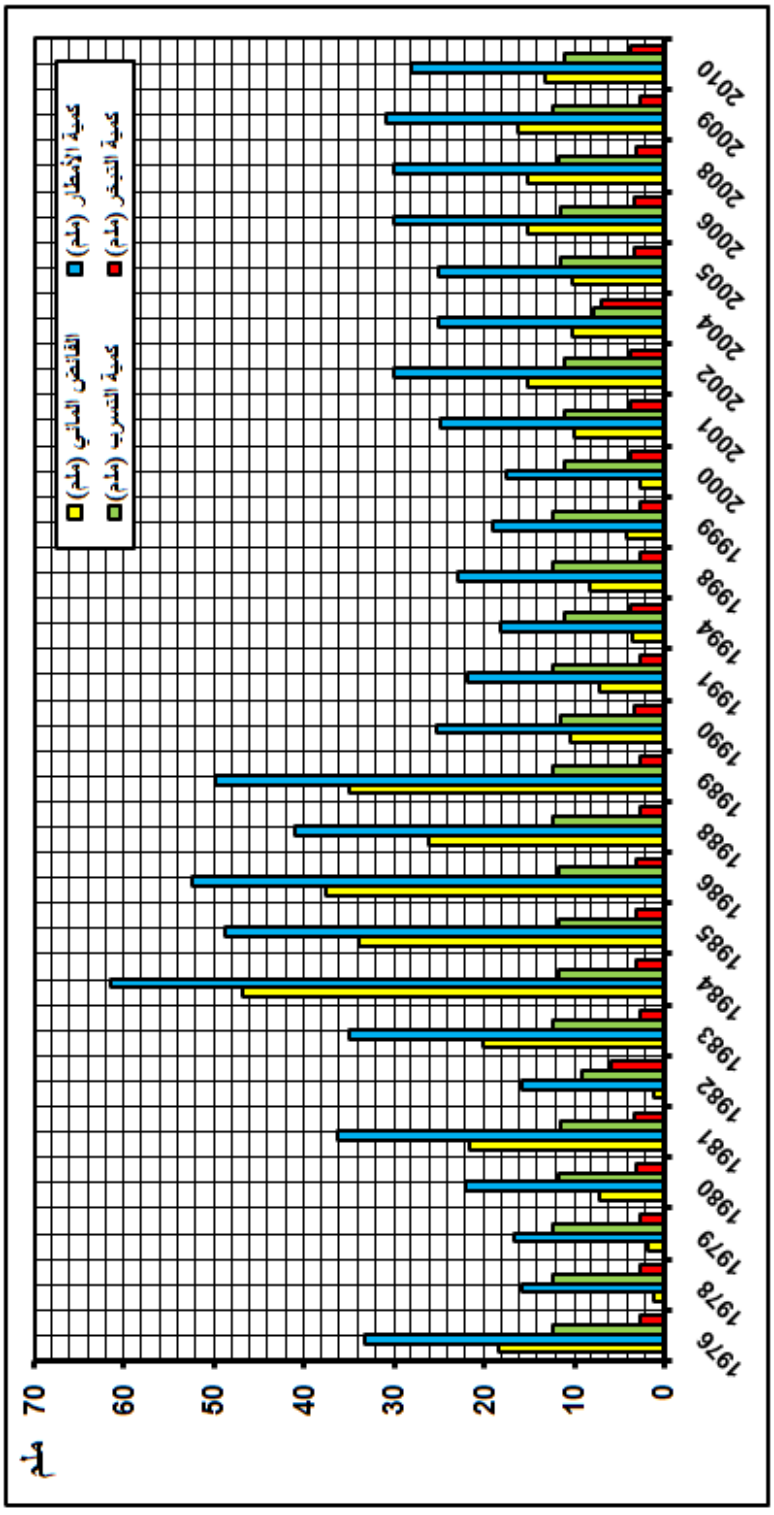
السنة	الغزالة		حائل		عقلة بن جبرين		النقرة	
	التاريخ	كمية التسرب (ملم)	التاريخ	كمية التسرب (ملم)	التاريخ	كمية التسرب (ملم)	التاريخ	كمية التسرب (ملم)
١٩٧٦	Nov-١٤	11.7	27-Mar	11.1	23-Jan	12.3	23-Jan	12.3
١٩٧٧	Oct-٢٤	10.2	9-Nov	11.7	12-Nov	12.3	26-Mar	11.1
١٩٧٩	Apr-١٦	11.1	24-Oct	10.2	17-Jan	12.3	12-Nov	12.3
١٩٨٠	Nov-٢٦	11.7	27-Nov	11.7	27-Nov	11.7	5-Sep	9.0
١٩٨١	Oct-٢	11.5	2-Oct	11.5	2-Oct	11.5	27-Nov	11.7
١٩٨٢	Apr-٢٢	11.1	16-Apr	11.1	5-Sep	9.0	13-Nov	11.7
١٩٨٣	Apr-١٥	11.1	29-Apr	11.1	20-Apr	12.3	4-Jun	12.3
١٩٨٤	Nov-٢٦	11.7	27-Nov	11.7	27-Nov	11.7	16-Oct	10.2
١٩٨٥	Nov-١٧	11.7	10-Nov	11.7	13-Nov	11.7	15-Apr	12.3
١٩٨٦	Apr-٢١	11.1	6-Apr	11.1	4-Jun	11.7	23-Mar	11.1
١٩٨٧	Oct-٢٣	10.2	20-Feb	11.5	4-Oct	12.3	30-Mar	11.1
١٩٨٩	Feb-٢١	11.5	27-Jan	12.3	21-Feb	12.3	12-Mar	12.3
١٩٩٠	Jan-٢٧	12.3	23-Mar	11.1	15-Apr	11.5	27-Nov	11.7
١٩٩١	May-٤	11.1	16-Nov	11.7	23-Mar	12.3	1-May	12.3
١٩٩٣	Mar-٢٠	11.1	8-Nov	11.7	12-Aug	11.1	22-Dec	12.3
١٩٩٤	Apr-١٤	11.1	29-Mar	11.1	1-May	12.3	-	-
١٩٩٨	Mar-١٥	11.1	10-Dec	12.3	12-Mar	12.3	-	-
٢٠٠٠	Nov-١٦	11.7	16-Mar	11.1	13-Mar	11.1	-	-
٢٠٠١	Mar-٢٢	11.1	6-Nov	11.7	3-Mar	11.1	-	-
٢٠٠٢	-	-	-	-	May-٣	11.1	-	-
٢٠٠٤	-	-	-	-	Jul-٧	7.8	-	-
٢٠٠٥	-	-	-	-	Feb-٢٦	11.5	-	-
٢٠٠٦	-	-	-	-	Mar-٢	11.5	-	-
٢٠٠٨	-	-	-	-	Jun-١١	11.7	-	-
٢٠٠٩	-	-	-	-	Dec-٢٢	12.3	-	-
٢٠١٠	-	-	-	-	Mar-٢٣	28	-	-

٥- حساب الفائض المائي

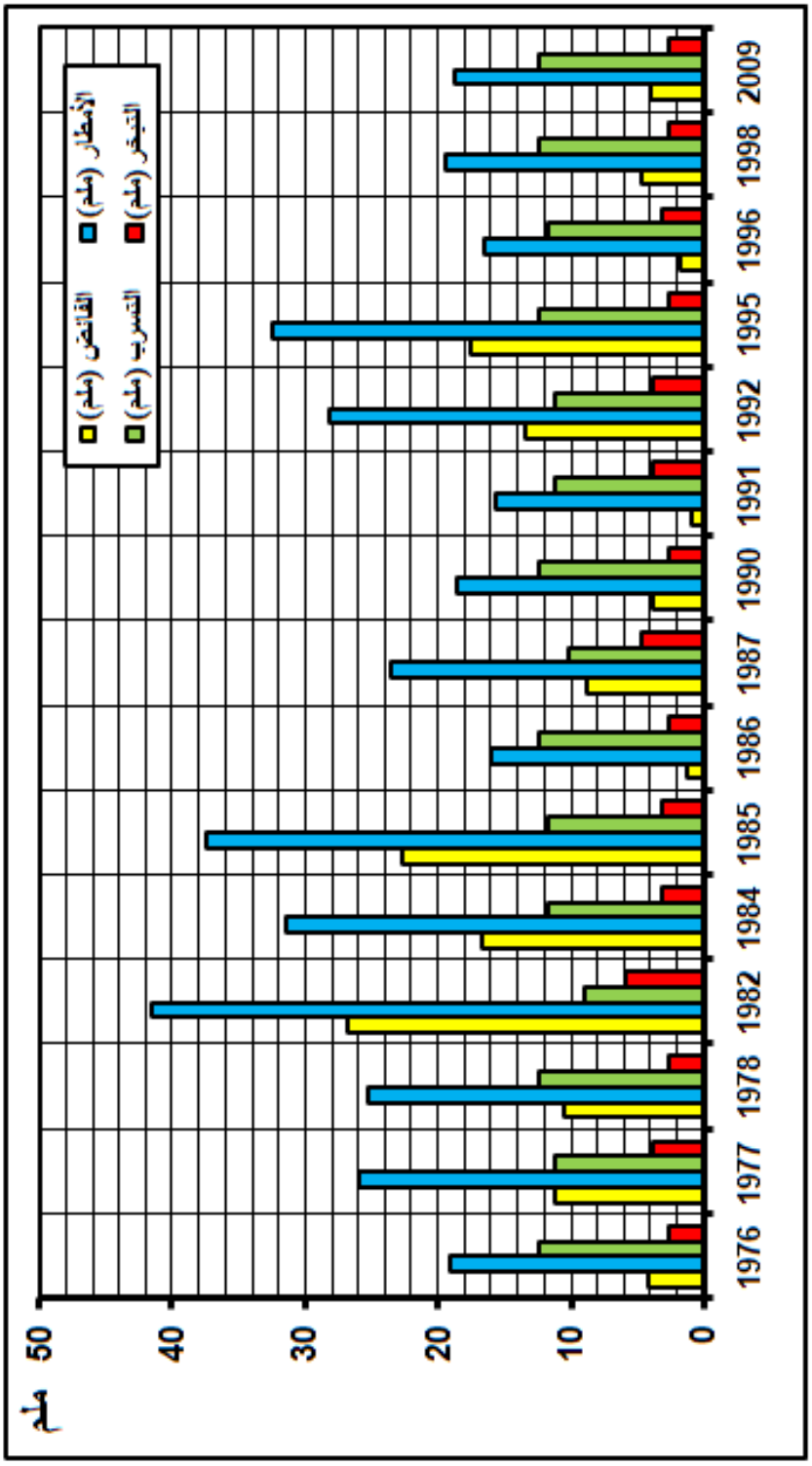
بعد استخلاص إجمالي الفاقد من المياه، تم حساب الفائض المائي من الأمطار التي تفوق كمياتها ١٤.٨ ملم/يوم بالمحطات المدروسة والتي يمثلها الجدول (٧). وبالاعتماد على هذه الكميات المطرية تم حساب الفائض المائي بكل محطة كما توضحه بيانات الجدول

الجدول رقم (٧) : كميات الفائض المائي بالمحطات المدروسة

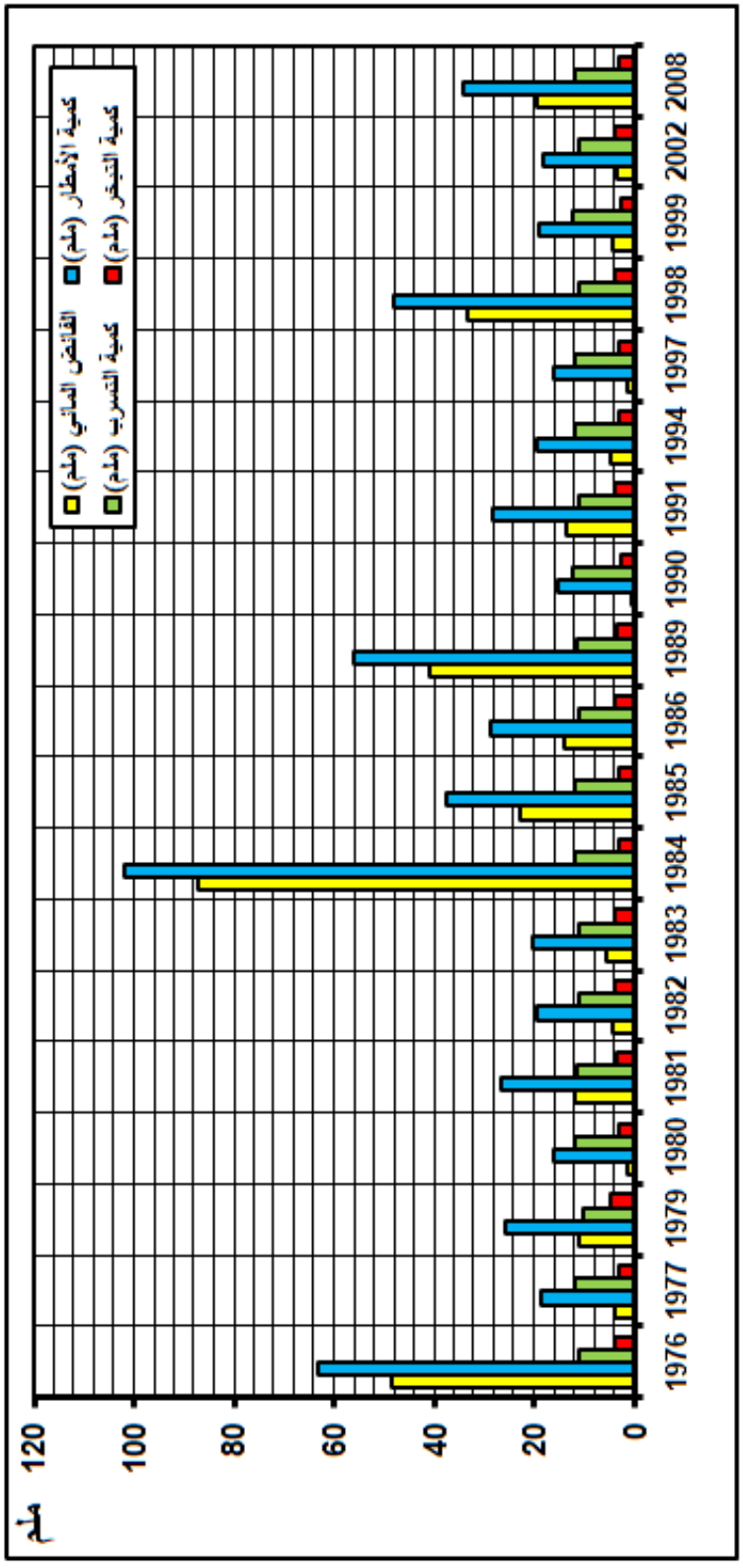
السنة	الغزالة		حائل		عقلة بن جبرين		النقرة	
	التاريخ	الفائض المائي (ملم)	التاريخ	الفائض المائي (ملم)	التاريخ	الفائض المائي (ملم)	التاريخ	الفائض المائي (ملم)
١٩٧٦	Nov-١٤	15.2	27-Mar	48.2	23-Jan	18.4	23-Jan	4.2
١٩٧٧	Oct-٢٤	9.8	9-Nov	3.7	12-Nov	1.0	26-Mar	11.2
١٩٧٩	Apr-١٦	9.4	24-Oct	10.8	17-Jan	1.8	12-Nov	10.4
١٩٨٠	Nov-٢٦	2.2	27-Nov	1.2	27-Nov	7.2	5-Sep	26.8
١٩٨١	Oct-٢	23.6	2-Oct	11.6	2-Oct	21.6	27-Nov	16.6
١٩٨٢	Apr-٢٢	14.6	16-Apr	4.4	5-Sep	1.0	13-Nov	22.6
١٩٨٣	Apr-١٥	17.6	29-Apr	5.4	20-Apr	20.2	4-Jun	1.2
١٩٨٤	Nov-٢٦	30.8	27-Nov	87.0	27-Nov	46.8	16-Oct	8.8
١٩٨٥	Nov-١٧	4.2	10-Nov	22.7	13-Nov	34.0	15-Apr	3.8
١٩٨٦	Apr-٢١	41.2	6-Apr	13.8	4-Jun	37.6	23-Mar	0.9
١٩٨٧	Oct-٢٣	6.8	20-Feb	41.0	4-Oct	26.2	30-Mar	13.4
١٩٨٩	Feb-٢١	20.6	27-Jan	0.4	21-Feb	35.0	12-Mar	17.6
١٩٩٠	Jan-٢٧	2.6	23-Mar	13.6	15-Apr	10.4	27-Nov	1.7
١٩٩١	May-٤	17.4	16-Nov	4.6	23-Mar	7.1	1-May	4.7
١٩٩٣	Mar-٢٠	23.2	8-Nov	1.4	12-Aug	3.4	22-Dec	4.0
١٩٩٤	Apr-١٤	3.2	29-Mar	33.2	1-May	8.2	–	–
١٩٩٨	Mar-١٥	0.6	10-Dec	4.2	12-Mar	4.2	–	–
٢٠٠٠	Nov-١٦	32.2	16-Mar	3.2	13-Mar	2.6	–	–
٢٠٠١	Mar-٢٢	7.2	6-Nov	19.2	3-Mar	10.0	–	–
٢٠٠٢	–	–	–	–	May-٣	15.2	–	–
٢٠٠٤	–	–	–	–	Jul-٧	10.2	–	–
٢٠٠٥	–	–	–	–	Feb-٢٦	10.2	–	–
٢٠٠٦	–	–	–	–	Mar-٢	15.2	–	–
٢٠٠٨	–	–	–	–	Jun-١١	15.2	–	–
٢٠٠٩	–	–	–	–	Dec-٢٢	16.2	–	–
٢٠١٠	–	–	–	–	Mar-٢٣	13.2	–	–



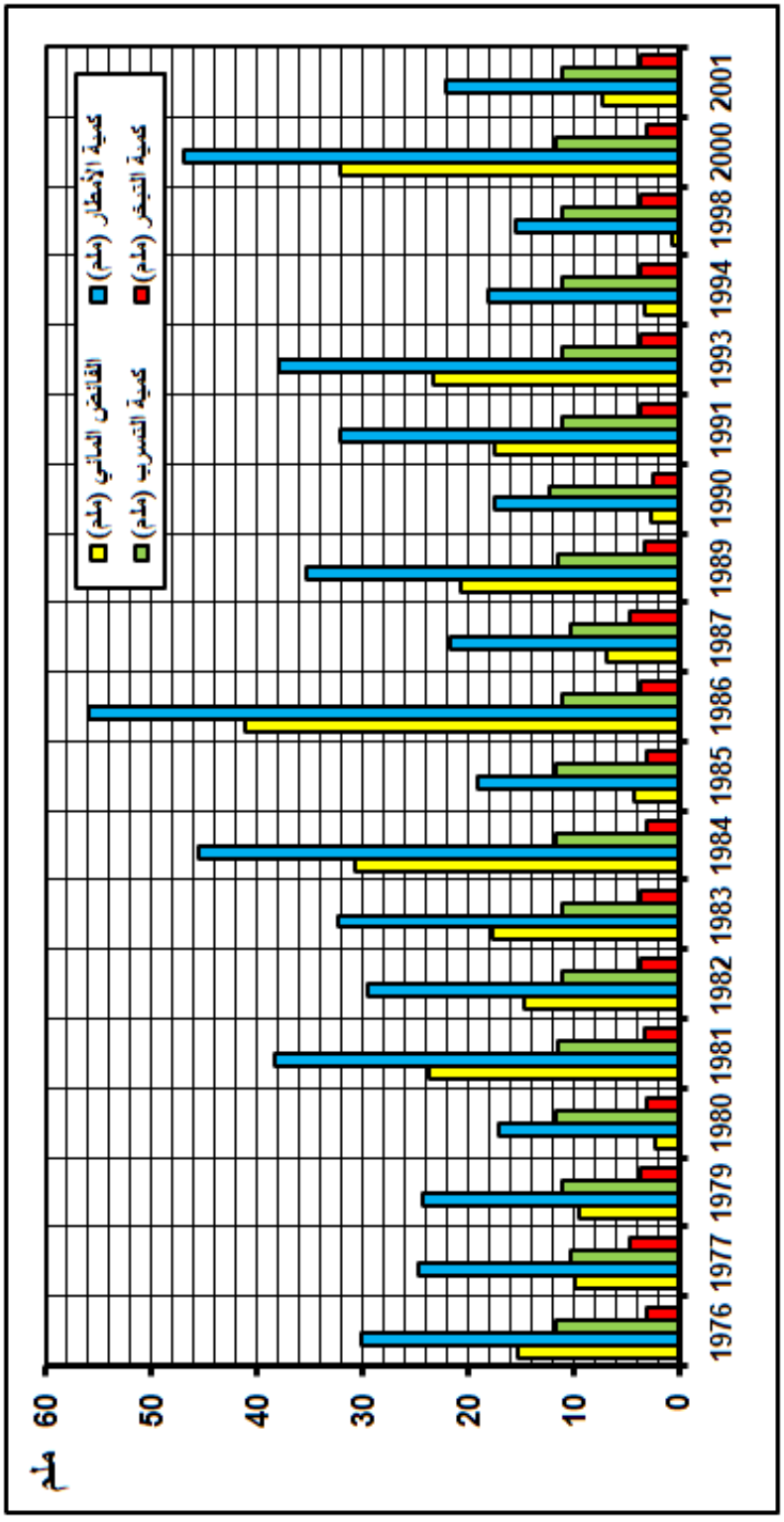
الشكل رقم (٦): عناصر الميزانية المائية بمحطة عقلة بن جبرين



الشكل رقم (٧): عناصر الميزانية المائية بمحطة النقرة



الشكل رقم (٨): عناصر الميزانية المائية بمحطة حائل



الشكل رقم (٩): عناصر الميزانية المائية بمحطة الغزالة

النتائج والتوصيات

أظهرت دراسة الميزانية المائية لحوض وادي الاديرع عدد من النتائج والتوصيات التي يمكن اجمالها على النحو التالي:

- إمكانية الاعتماد على الميزانية المائية كإحدى الطرق التي تتعامل مع مساحات كبيرة حسب المقياس المكاني، وفترات زمنية طويلة حسب المقياس الزماني، كما أنها تعد احد المعايير المهمة في تحديد الاحتياجات المائية خاصة في المناطق التي تعاني من قلة الأمطار الساقطة وتذبذبها.
- حساب الميزانية المائية من خلال التوظيف التكاملي لنموذج NRCS-CN التابع للهيئة الأمريكية لحماية التربة ونموذجي ثورنثوايت Thornthwaite و تورك Turc لتقدير كمية التبخر الكامن لاستخدامه في استخلاص كميات التسرب من جهة وبيانات الأمطار اليومية القصوى للفترة من ١٩٧٦-٢٠١١م بأربع محطات مطرية هي عقلة بن جبرين والغزالة وحائل والنقرة.
- مساهمة تطبيق نموذج NRCS-CN في الحصول على نتائج مهمة في تقدير أقصى طاقة لاحتفاظ التربة بالماء (S) الذي بلغ ٧٤.٢ ملم والمناسب لتنوع تربة حوض وادي الأديرع بين التربة الفيضية والصخور الصلبة التي تتسم برقم منحنى موزون CN = 77.4.
- بلغت كمية الفاقد المائي (Ia) 14.8 ملم، وتم استخدامها في تقدير الفائض المائي الذي بلغ أقصاه بما يعادل ٤١.٢ ملم خلال يوم ١٩٨٤/٤/٢١م بمحطة الغزالة وبما يعادل ٨٧.٠ ملم خلال يوم ١٩٨٤/١١/٢٧م بمحطة حائل وبما يعادل ٤٦.٨ ملم خلال يوم ١٩٨٤/١١/٢٧م بمحطة عقلة بن جبرين وبما يعادل ٢٦.٨ ملم خلال يوم ١٩٨٢/٥/٩م بمحطة النقرة.
- ساعد أيضاً تطبيق نموذجي ثورنثوايت Thornthwaite و تورك Turc لتقدير كمية التبخر الكامن في استخلاص كميات التسرب التي بلغت أدناها بما يعادل ٧.٨ ملم/يوم بمحطة عقلة بن جبرين وأقصاها بما يعادل ١٢.٣ ملم/يوم بجميع المحطات المدروسة.

التوصيات:

- للحد من درجة عدم اليقين في حساب كمية الفاقد عن طريق البخر يجب الاستعانة بمتوسط ونموذجي ثورنثوايت Thornthwaite و تورك Turc لتقدير كمية التبخر الكامن، وتوخي الحذر في النتائج المستخلصة.

- زيادة عدد محطات قياس الأمطار بما يسهل من دراسة النواحي الهيدرولوجية لأحواض التصريف المائي في البيئات الجافة، تمهيداً للاستفادة من هذه الأمطار في مجالات التنمية المختلفة.
- يمكن زيادة معدلات تغذية الخزان الجوفي بالمنطقة من خلال إنشاء مجموعة من السدود عند نهايات المجاري العليا للروافد الرئيسة لحوض وادي الاديرع من شأنها حجز مياه الجريان كي تتسرب إلى الخزان الجوفي، خاصة وان الوادي تسقط عليه كميات كبيرة من الأمطار خلال فصل الشتاء، والتي يمكن استغلالها لاحقاً في الزراعة.
- الاستفادة من التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في إنشاء قواعد بيانات متعلقة بالموارد المائية المختلفة (سطحية وجوفية) يمكن الاستفادة منها عند تقدير الميزانية المائية لأى حوض.
- امكانية تطبيق خطوات وأساليب النموذج الذي اتبعته الدراسة الحالية في أحواض التصريف التي تتشابه مع الخصائص الطبيعية لحوض وادي الاديرع في صحارينا العربية، بهدف للوصول إلى تحديد كميات الأمطار التي لها القدرة على توليد السيول الغزيرة بما تحدثه من خطورة على المناطق السكنية والعمرانية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- إبراهيم، عمر صباح، صالح، صبار عبدالله، علي، نوفل حسن (٢٠١٢) : استخدام الموازنة المائية المناخية لتقييم واقع تغذية المياه الجوفية في حوض ببجي تكريت /شمال غرب العراق، مجلة جامعة كركوك، الدراسات العلمية، المجلد (٧)، العدد (١).

- البارودي ، محمد السعيد (١٩٨٦ م). **الميزانية المائية لحوض وادي فاطمة** ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد (٨٨) ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، جامعة الكويت.

- الخافجي، سرحان نعيم (٢٠١٥) : الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية – بادية النجف، مجلة كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة المثنى، العراق.

- آل سعود، مشاعل بنت محمد (٢٠١١) : دور التقنيات الفضائية والجيومعلوماتية في الإستراتيجيات المائية :تطبيقات من المملكة العربية السعودية، الملتقى العلمي حول استراتيجية الأمن المائي العربي ١٩-٢٠١١/١٢/٢١م ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

- السوالمة، محمد أحمد عيسى (٢٠٠٨) : كفاءة الناتج المائي في أحواض وادي العرب، وادي كفرنجة، وادي شعيب، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة مؤتة، الأردن.

- العنانزه، علي (1996) ،الموازنة المائية بناءاً على معدلات الأمطار وكميات التبخر، والنتح المحتملة في حوض وادي الكرك، مؤتة للبحوث والدراسات، مجلد15 ، العدد ٥ ، ص ١٤-١٦٥.

- الفيتوري، علي محمد (٢٠١٢) : تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة مورفومترية وهيدرولوجية بعض وديان الهضبة الأولى بالجبل الأخضر – شمال شرق ليبيا، مجلة كلية الآداب والعلوم ، جامعة بنغازي، ليبيا.

- بوروبه ، محمد فضيل (٢٠٠٧). **دراسة هيدرومورفومترية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية** ، سلسلة الإصدارات الخاصة ، العدد (٢١)، السنة ٣٣ ، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية ، مجلس النشر العلمي ، جامعة الكويت ، محرم ١٤٢٧ هـ (فبراير ٢٠٠٧م).

- حسين، موسى حسين، أحمد، حسين جواد (٢٠٠٨) : حساب الموازنة المائية في الصحراء الغربية بالعراق، مجلة البحوث الجغرافية، العدد العاشر، العراق.

- عيسى، مريم جمعة (٢٠١٣) : الموازنة المائية في سورية وآفاقها المستقبلية من عام ١٩٩٢ وحتى ٢٠٢٥م ، مجلة جامعة دمشق، المجلد ٢٩، العدد ٣.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Abu Saleem A. Hane (2009). **Estimation of water balance Components in the Hasa Basin With Gis Based – Wetspss model**, Degree of Master of science in water recourses management and Environmental, Al- Balqa applied University, Amman, Jordan.

- Annanzeh, Ali (1996). **Water balance based on rainfall amounts and potential evapotranspiration in the basin of the Wadi Karak**, Mutah University Journal for Research and Studies, Jordan, Vol 11, No 5.

- Brown. G.F., Layne, N., Goudarzi, G.H., McLean, W.H., (1963): **Geologic map of the Northeastern Hijaz quadrangle, Kingdom of Saudi Arabia**: Miscellaneous Investigations Map I-205 A Powers, R.W., Ramirez, L.F., Redmont, C.D., Elberg,

- Ekren, E.B., (1984): **Reconnaissance geologic map of the Jibal Hibran quadrangle, 27/40 B, Kingdom of Saudi Arabia**: USGS-OF-04-23.

- Ekren, E.B., (198٧): **Geologic Map of the Ha'il Quadrangle**, Sheet 27 E, Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Deputy Ministry for Mineral Resources.

- Jasrotia, A.S and Majhi, A. (2009). **Water Balance Approach for Rainwater Harvesting Using Remote sensing and GIS Techniques**, Journal of Jammu Himalaya , India, water Resources Manage, 23, 3035-3055.

- Kellogg, K.S., Stoeser, D.B., (1985): **Reconnaissance geology of the Ha'il quadrangle**, 27/41 B, Kingdom of Saudi Arabia: USGS-OF-05-1.

- Lecarpentier, C. (1975) : **L'évapotranspiration et ses implications géographiques,** Annales de Géographie, Vol. (84), No. 463, pp. 257-274.

- McCuen, (1982) : **A guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods,** Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

- Thornthwaite, C.W. (1948) : **An approach towards rational classification of Climate,** *Geographical Review*, **38** : 55-94.

- Thornthwaite, C.W and Mather , J.R. (1955). **The Water Balance, Publication in Climatology**, Cenetron, Newjersy , USA, Laboratory of Climatology.

- Turc, L. (1961) : **Estimation of irrigation water requirements potential evapotranspiration : A simple climatic formula revolved up to date,** *Annals of Agronomy* **12** : 13-49.

- USDA-SCS, (1985) : **National Engineering Handbook,** section 4, Hydrology, Washington D.C.

- USDA-TR55, (1986) : **Urban Hydrology for small watersheds,** Department of Agriculture, NRCS, Conservation Engineering Division, USA.