

## التوسع الحضري وأثره على الجريان السطحي في مدينة عمان دراسة مقارنة بين حوضي التصريف الجببية وعبدون باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

زيد عياش سكارنه، زياد مفضي مخامرة، رضوان عبدالله الوشاح\*

### ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى بيان أثر التوسع الحضري على الجريان السطحي للأمطار في مدينة عمان، وذلك بالمقارنة بين حوضي التصريف عبودن والجببية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وقد تم استخدام طريقة رقم منحني الجريان السطحي لتقدير عمق وحجم الجريان السطحي في منطقة الدراسة، بالاعتماد على بيانات السجلات المطرية لـ 8 محطات مناخية ولفترة رجوع تمتد لـ 56 سنة. وأشارت النتائج إلى ارتفاع نسبة المساحات الحضرية في حوض التصريف عبودن بنسبة 70.4% من مساحة حوض التصريف البالغة 171.59 كم<sup>2</sup>، وأدى ذلك إلى ارتفاع قيمة رقم منحني الجريان السطحي إلى 90.2 نتج عنه ارتفاع في عمق الجريان السطحي وحجمه وذروة التصريف مقارنة بحوض التصريف الجببية، ونتج عن ذلك حدوث فيضانات في مدينة عمان في الفترة الأخيرة، وأظهرت النتائج أن متوسط حجم الجريان السطحي السنوي لحوض التصريف عبودن بلغ 20 م<sup>3</sup>، ولحوض التصريف الجببية بلغ 7 م<sup>3</sup>، وتوصي الدراسة بضرورة إجراء دراسة هيدرولوجية لتقييم إمكانية الاستفادة من هذه المياه للاستخدامات الحضرية.

**الكلمات الدالة:** الغطاء الأرضي، نظم المعلومات الجغرافية، الجريان السطحي، تصنيف مصلحة التربة الأمريكية، مدينة عمان.

### المقدمة

شهدت مدينة عمان خلال الربع الأخير من القرن العشرين وبداية القرن الحادي والعشرين تغيرات سكانية كبيرة، أدت إلى ارتفاع معدل النمو السكاني الطبيعي ومعدل الهجرة، بسبب عودة مئات الألوف من المغتربين الأردنيين بعد حرب الخليج 1991م (السعودي وخالدة، 2016)، رافق ذلك توسعاً عمرانياً لتلبية الاحتياجات السكنية المتزايدة. فالتغير السريع في استعمالات الأرض يعود للعوامل الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية وغيرها (زريقات، 2017)، لذلك تعدّ التغيرات في الغطاء الأرضي انعكاساً للنمو الاقتصادي والسكاني المتسارع خاصة في البيئة الحضرية (Jonathan et al., 2005; Ifatimehin, 2007)، وتمددت المدينة على مساحة وصلت إلى 802 كم<sup>2</sup>، فتزايدت المساحات المبنية في المدينة التي تصنف كغطاءات عديمة النفاذية Impervious Covers، أو عالية الصماتة، تنخفض فيها نسب التسرب والرشح ويرتفع فيها معامل الجريان السطحي. وقد عانت المدينة من مشكلة ارتفاع عمق الجريان السطحي خلال العواصف المطرية المؤثرة، فالعواصف المطرية الأكثر قدرة على تشكيل الجريانات السطحية هي العواصف التي تمتاز بغزارتها وشدتها، وتصنف على أنها مفاجئة. فعندما تتجاوز كميات المطر قدرة حوض التصريف على استيعابها، تتركز كميات كبيرة من المياه في حوض التصريف أو أجزاء منه ليصبح عمق الجريان السطحي مرتفع وتزداد سرعته، مما يسبب حدوث الفيضان (دراذكة، 2000)، وترتبط كمية التصريف بنوعية الهطول وتوزعه الزمني والمكاني، فحدوث الأمطار الغزيرة يؤدي إلى زيادة كمية التصريف المائي لتتناقص معدلات التسرب، إذ تتبع قيم التصريف قيم الأمطار الهاطلة (سلامة، 2004)، ففي السنوات القليلة الماضية تعرضت المدينة إلى عدد من الفيضانات لعل أبرزها الفيضان الذي حصل في كانون الأول سنة 2013 م، والفيضان الأبرز كان في تشرين الثاني 2015م الذي أودى بحياة (4) أشخاص، بالإضافة إلى الأضرار المادية الأخرى التي نتجت عن هذا الفيضان، لذلك جاءت هذه الدراسة لتحليل أثر التوسع الحضري على الجريان السطحي والعوامل المؤثرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) اعتماداً على بيانات السجلات المطرية للمحطات المطرية الممثلة لمنطقة الدراسة.

\* قسم الجغرافيا، كلية الآداب (1، 2)؛ وقسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة (3)، الجامعة الأردنية. تاريخ استلام البحث 2017/10/23، وتاريخ قبوله 2018/6/3.

**مشكلة الدراسة:**

يعدّ التحضر نتيجة للتفاعل بين العوامل الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية واستغلالها من قبل الإنسان في الزمان والمكان (AL-Ghamdi, et al, 2012)، بالإضافة إلى أن التوسع العمراني يعدّ متطلباً أساسياً لعملية التحضر، ينتج عن ذلك مجموعة من المشكلات الحضرية في بيئة المدن كالمشكلات المرتبطة بالمياه. حيث إن ارتفاع وتيرة التوسع الحضري تخلق مشاكل حادة في إدارة الموارد المائية وكيفية التعامل معها وخاصة مع ازدياد كثافة الأمطار (Wang, 2001) أدى النمو الحضري المتسارع الذي شهدته مدينة عمان خلال العقود الثلاث الماضية، إلى التغيير في استعمالات الأرض. إذ وصلت مساحة الأراضي الحضرية في المدينة إلى ما يزيد عن 250 كم<sup>2</sup> على حساب الأراضي الزراعية (Makhamreh and Almanasyeh, 2011) فالتوسع العمراني للمدن وما يرافقه من تغيير مستمر في استعمالات الأرض الحضرية وزيادة المساحات الكتيمة يؤدي إلى خفض القدرة التخزينية القسوى للتربة من مياه الأمطار وارتفاع مقدار معامل الجريان السطحي (Manasyeh, 2011).

تكمن مشكلة الدراسة في تعاظم قيم الجريان السطحي، نتيجة التوسع الحضري المتسارع وما يرتبط به من ازدياد المساحات المبنية ذات الأسطح المصمتة في مدينة عمان الكبرى، وتفاقمت المشكلة بسبب التغيير المستمر في شبكة التصريف الطبيعية واستبدالها بشبكة تصريف صناعية تنخفض قدرتها التصريفية عن كمية الهطول المطري الفعّال، بالإضافة إلى إعاقة اتجاهات الجريان السطحي الطبيعية لزيادة العوائق الحضرية الناتج عن الاستعمال غير الأمثل للأرض الحضرية، مما أدى إلى تنامي حدة الجريان السطحي، وحدث عدد من الفيضانات في المدينة، كفيضان عام 2013م وعام 2015.

جاءت هذه الدراسة لتحليل أثر التوسع الحضري على الجريان السطحي في مدينة عمان والعوامل المؤثرة فيه، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، بغية اقتراح حلول تساعد في درء المخاطر الناتجة عن للجريان السطحي من جهة والاستفادة من هذه المياه من جهة أخرى، وتحاول الدراسة الإجابة عن التساؤلات الآتية:

- ما نسبة الأراضي المعمورة من مساحة حوضي التصريف عبدون والجببيرة؟
- ما معدل حجم الجريان السطحي السنوي الناتج في حوضي التصريف عبدون والجببيرة؟
- ما تأثيرات التوسع الحضري على الجريان السطحي في حوضي التصريف عبدون والجببيرة؟

**أهداف الدراسة:**

هدفت الدراسة بشكل أساسي إلى بيان وتحليل أثر التوسع الحضري على الجريان السطحي من خلال المقارنة بين حوضي التصريف الجببيرة وعبدون ضمن مدينة عمان، وإبراز اثر التوسع الحضري في قيم رقم منحني الجريان السطحي CN التي تعبر عن مدى استجابة سطح حوض التصريف لتشكيل الجريان السطحي، لذلك سعت الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. تحديد اتجاهات التوسع الحضري في حوضي التصريف عبدون والجببيرة بتحليل طبقة الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.
2. بيان أثر التوسع الحضري على الجريان السطحي في حوضي التصريف عبدون والجببيرة، وذلك بتحليل السجلات المطرية للمحطات المطرية لمنطقة الدراسة، وبتطبيق طريقة مزلعات نيسين للتوصل إلى القيم المطرية الموزونة لكلا الحوضين.
3. حساب قيم عمق وحجم الجريان السطحي، وتصريف الذروة في منطقة الدراسة.

**أهمية الدراسة ومبرراتها**

تستمد هذه الدراسة أهميتها من كونها تسعى لحساب الجريان السطحي ضمن المنطقة الحضرية، بتطبيق العلاقات الرياضية المستخدمة في الهيدرولوجيا التجريبية، كطريقة الأرقام المنحنية التي تم تصميمها في مصلحة التربة الأمريكية SCS - CN، لتحليل العلاقة بين الأمطار والجريان السطحي وإبراز أثر التغيير في نمط استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي على استجابة حوض التصريف للجريان السطحي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، كون مدينة عمان أكبر مدن المملكة تعداداً سكانياً إذ تجاوز عدد السكان فيها 4 مليون نسمة وفق تعداد 2015م. بالإضافة إلى أنها أكثر مدن المملكة توسعاً حضرياً وعمراً مما يساعد في اتخاذها نموذجاً يمكن تعميمه على معظم المراكز العمرانية والحضرية ذات الظروف المناخية المشابهة في الأردن.

### الدراسات السابقة

نظراً للتطور الكبير في مجالات البحث العلمي فقد حظي الجريان السطحي بالعديد من الدراسات النظرية والتطبيقية، باعتباره المصدر المهم في تغذية المياه السطحية كالأنهار والبحيرات، ومصدراً مهماً في توفير المياه للمشاريع المائية كالسدود وغيرها، بالإضافة إلى ما ينتج عنه من مشكلات تتمثل بالمخاطر السيلية خاصة في بيئة المدن، لذلك استخدمت العديد من الدراسات الأساليب العلمية لدراسة الجريان السطحي، فتناولت دراسة Agung and Cordery عام 1995م، تقدير كميات الجريان السطحي والتغذية في حوض التصريفات الأمطار شرقي أستراليا وفي هذه الدراسة تم تطوير نموذج لتقدير كميات الجريان السطحي على غرار النموذج الواقعي أو ما يسمى بطريقة Manner، واعتمد هذا النموذج البيانات الشهرية للأمطار، وتم تطبيق الدراسة على مجموعة من أحواض التصريف مياه الأمطار لمعايرة النموذج بالإضافة إلى إخضاع النموذج لاختبارات مستقلة للتحقق من دقته وخلصت الدراسة إلى دقة هذا النموذج وإمكانية تطبيقه على نطاق واسع على الحوض التصريفات المشابهة.

دراسة Al- Nubani عام 2000، لخصائص حوض وادي نابلس، وتحليل العلاقة بين الهطول المطري والجريان السطحي، تبين أن تنفيذ وتصميم المنشآت المائية كمنشآت التحكم والسيطرة بالفيضانات لها الأثر البالغ على تخفيف حدة الجريان السطحي، وتبين أن السجلات المطرية مهمة في عمليات التنبؤ بالجريان السطحي والسيول وما لها من آثار سلبية.

دمج Weng عام 2001م، بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية للكشف عن التغير في الغطاء الأرضي في جنوب الصين وتقدير نسب الجريان السطحي وتأثره بنوعية التربة وقدرتها على الامتصاص والتخزين، وتم تحليل تأثير النمو الحضري على الجريان السطحي من خلال تحليل العلاقة بين الأمطار والسيول في المنطقة الحضرية والتغير في أنماط الاستخدام تبعاً للنمو الحضري، مبيناً أن المناطق التي يزداد فيها النمو الحضري تصبح مهياً أكثر للجريان السطحي.

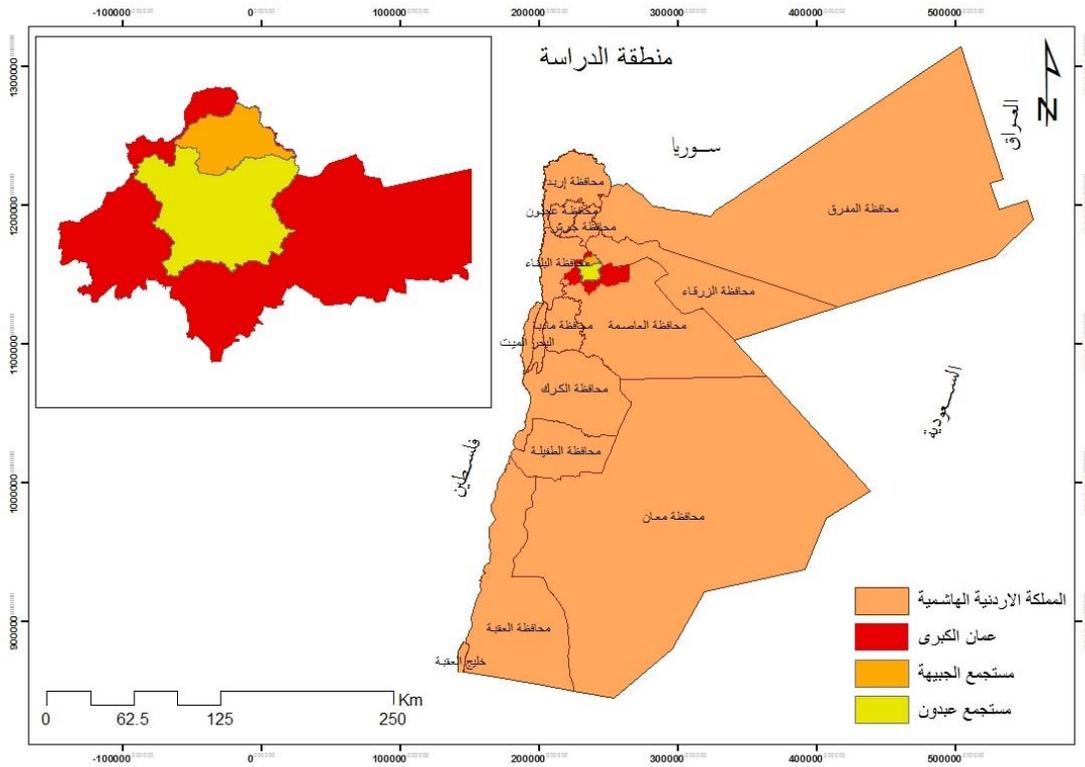
في حين أن نزيه المناسبة تناول منطقة لي كولن- سيدني في أستراليا بدراسته التي أجريت عام 2011م، وهدفت إلى توضيح دور نظم المعلومات الجغرافية في ربط النمو الحضري والنماذج الهيدرولوجية، وتقييم علاقة النمو الحضري بالجريان السطحي وخلصت الدراسة إلى أن ازدياد النمو الحضري في منطقة الدراسة أدى إلى زيادة مقدار معامل الجريان السطحي وما يقابله من انخفاض الإمكانية القصوى للتربة للاحتفاظ بالماء مما يهدد بحدوث الفيضانات.

قدم غانم دراسة بعنوان Climatology of the areal precipitation in Amman/Jordan عام 2010م، قام الباحث بتتبع الفترات المطرية من موسم 1957/1956م لغاية موسم 2006/2005م، معتمداً على بيانات 11 محطة مطرية، وقام الباحث بحساب الأمطار المساحية باستخدام طريقة مضلعات ثيسين، متناولاً خصائص الأمطار وفترات الجفاف وتطرق لكميات الفاقد بالتبخّر من هذه المياه وإلى كميات الاستهلاك والطلب على المياه، موصياً بضرورة البحث عن مصادر أخرى للمياه في مدينة عمّان واتخاذ خطوات لزيادة المتوفر منها.

### موقع منطقة الدراسة

تقع مدينة عمّان وسط الأردن على دائرة عرض 31 شمالاً وخط طول 35 شرقاً، وتبعد عن مدينة العقبة بمسافة 360كم باتجاه الشمال، وعلى بعد 80 كم جنوب مدينة اربد، وبما يقارب 45كم الى الشرق من نهر الأردن كما هو بالشكل (1)، مناخياً تقع مدينة عمّان على طول الحد الفاصل بين مناخ البحر المتوسط والمناخ الجاف (Ghanem, 2011)، ويبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي في مدينة عمّان 378 ملم (وزارة المياه والري 2016، Saidan, et al. 2015).

بعد تقسيم مدينة عمّان إلى عدد من الأحواض المائية تبين أن أكثرها ملاءمة لإجراء دراسة هيدرولوجية هما حوضي التصريف عبدون بمساحة 171.59 كم<sup>2</sup> إذ تتجاوز فيه مساحة الأراضي الحضرية 120 كم<sup>2</sup>، وحوض الجببية بمساحة 57.24 كم<sup>2</sup>، ويعدّ حوضي التصريف عبدون والجببية من الأحواض التي تقع أوديتها العليا ضمن المدينة ويصبان عند منطقة عين غزال، بالإضافة إلى انه يقع ضمن الحوضين أكثر المناطق الحضرية اكتظاظاً بالسكان وخاصة حوض التصريف عبدون الذي تنتوع فيه استعمالات الأرض الحضرية، ويحظى الحوضين بمعدلات هطول مطرية مرتفعة، فبلغ معدل الهطول المطري لحوض التصريف عبدون 390 ملم/سنة، وحوض التصريف الجببية 413 ملم/سنة.



الشكل (1) أحواض التصريف لمنطقة الدراسة

المصدر عمل الباحثان باستخدام ArcGIS

### منهجية الدراسة وخطوات الدراسة

تم استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لتحليل البيانات ومعالجتها وتمثيلها على شكل خرائط رقمية وجدول، ولعدم توافر قياسات حقيقة للجريان السطحي في منطقة الدراسة تم الاعتماد على طريقة الأرقام المنحنية SCS-CN لتقدير الجريان السطحي، وتم استخدام طريقة مضلعات ثيسين؛ لاستخلاص القيم المطرية الموزونة لحوضي التصريف عيدون والجببئة لفترة رجوع تمتد لـ 56 سنة.

وقد تضمنت منهجيه الدراسة عدد من المراحل التي كانت على النحو الآتي:

**المرحلة الأولى:** مرحلة جمع البيانات والمعلومات، واستقتها من مصادرها كالمؤسسات الرسمية كوزارة المياه والري، وأمانة عمان الكبرى ودائرة الإحصاءات العامة وسلطة المصادر الطبيعية ووزارة الزراعة وغيرها، ومن اهم البيانات التي تم الحصول عليها من هذه المؤسسات:

- الحصول على الخرائط الطبوغرافية لمدينة عمان من المركز الجغرافي الملكي وتشمل لوحتي عمان وصويلح مقياس 1:50000، وخارطة الغطاءات الأرضية من أمانة عمان الكبرى مقياس 1:50000، وخارطة التربة وتم الحصول عليها من وزارة الزراعة التي تم إنتاجها بناءً على مسح التربة لعام 1993م.
- البيانات المطرية لـ 8 محطات مطرية لمنطقة الدراسة مبينة بالجدول (1).

الجدول (1) المحطات المطرية المستخدمة في الدراسة.

الرقم	أسم المحطة	E Palestine grid	N Palestine grid	الارتفاع (م)	نوع المحطة
1	الرصيفة	248500	1158500	655	مطرية
2	صويلح	229500	1159000	1000	مطرية مناخية
3	الجبيهة	232000	1159200	995	مطرية
4	مطار ماركا	243500	1153800	790	مطرية مناخية
5	كلية الحسين	238200	1152000	834	مطرية
6	وادي السير	227500	1151000	900	مطرية
7	ناعور	228500	1142500	800	مطرية
8	سحاب	245000	1142500	855	مطرية

المصدر وزارة المياه والري.

تم في هذه المرحلة مطابقة بيانات الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة مع مرئيات فضائية من Google Earth، لعام 2016م، لتدقيق استعمالات ومساحات الأراضي الحضرية، إذ تم الاعتماد على تلك الغطاءات الأرضية وطبقة التربة لمنطقة الدراسة في إنتاج طبقة خاصة لمجموعات الهيدرولوجية للتربة واستخلاص قيم رقم منحنى الجريان السطحي لمنطقة الدراسة.

**المرحلة الثانية:** مرحلة معالجة البيانات، شملت هذه المرحلة على استخدام عدد من الأساليب والعلاقات الرياضية لاسيما في معالجة البيانات المطرية وفحص التجانس، فتم فحص تجانس البيانات المطرية باستخدام طريقة المنحنى التراكمي المزدوج Double Mass Curve، إذ يتم رسم قيم معدلات الهطول التراكمية للمحطات الأساسية على المحور الأفقي ويتم رسم قيم معدلات الهطول التراكمية للمحطة X على المحور الرأسي. فإذا كان هنالك عدم تجانس في القراءات لمحطة معينة ينكسر الخط المستقيم ابتداء من الزمن الذي حصل فيه انكسار يؤدي إلى تغيير ميل الخط، للحصول على قيم متجانسة لتصحيح القراءات للمحطة X يتم ضربها بمعامل التصحيح (دراذكة، 2000)، باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$P_{cx} = P_x * M_c / M_a$$

إذ إن:

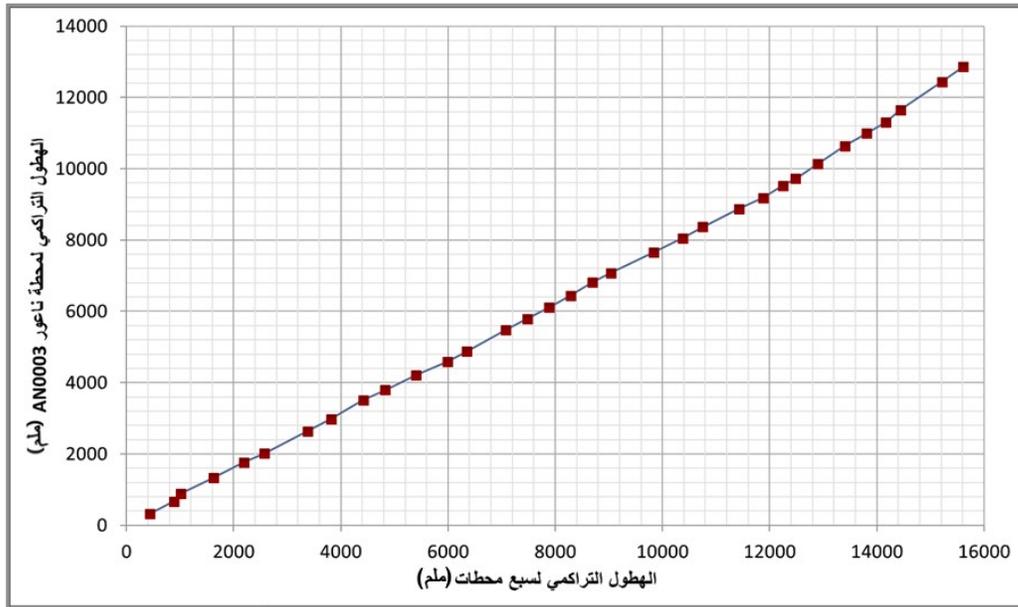
- $P_{cx}$  قيم الهطول المطري المصححة بفترة محددة للمحطة x.
- $P_x$  قيم الهطول المسجل الأصلي في نفس الفترة في المحطة x.
- $M_c$  ميل المنحنى التراكمي المزدوج المصحح.
- $M_a$  ميل المنحنى التراكمي المزدوج الأصلي.

تم اختبار قيم الأمطار في المحطات المختلفة وبينت النتائج أن القيم تظهر تجانساً جيداً وهذا يظهر من الشكل (2) إذ لا يوجد أي انكسار أو قيم شاذة لكميات الأمطار في فترة الدراسة.

شملت هذه المرحلة على تطبيق طريقة مضلعات ثيسين للتوصل إلى قيم المطر الموزون لحوضي التصريف عيرون والجبيهة، باعتبارها أبسط الأساليب المطبقة وأفضلها؛ لتعميم الهطول المقاس في نقطة على المساحة باعتبار الهطول على كامل مساحة المضلع هي ذاتها المقاسة في النقطة المعتبرة (بات، 2005)، ونضراً للتباين في معدلات الهطول المطري بين المحطات المطرية، واختلاف درجة تأثيرها المساحي، تم حساب معدلات الهطول المطري لحوضي التصريف المائية باستخدام هذه الطريقة، وتم إسقاط مواقع المحطات المطرية على خارطة تمثل منطقة الدراسة ومن ثم تقسيمها إلى مساحات مختلفة تمثل مساحة التغطية للمحطة كما هو بالشكل (3)، ولاستخلاص معدل الهطول المطري الموزون لحوضي التصريف تم التعويض في المعادلة الآتية:

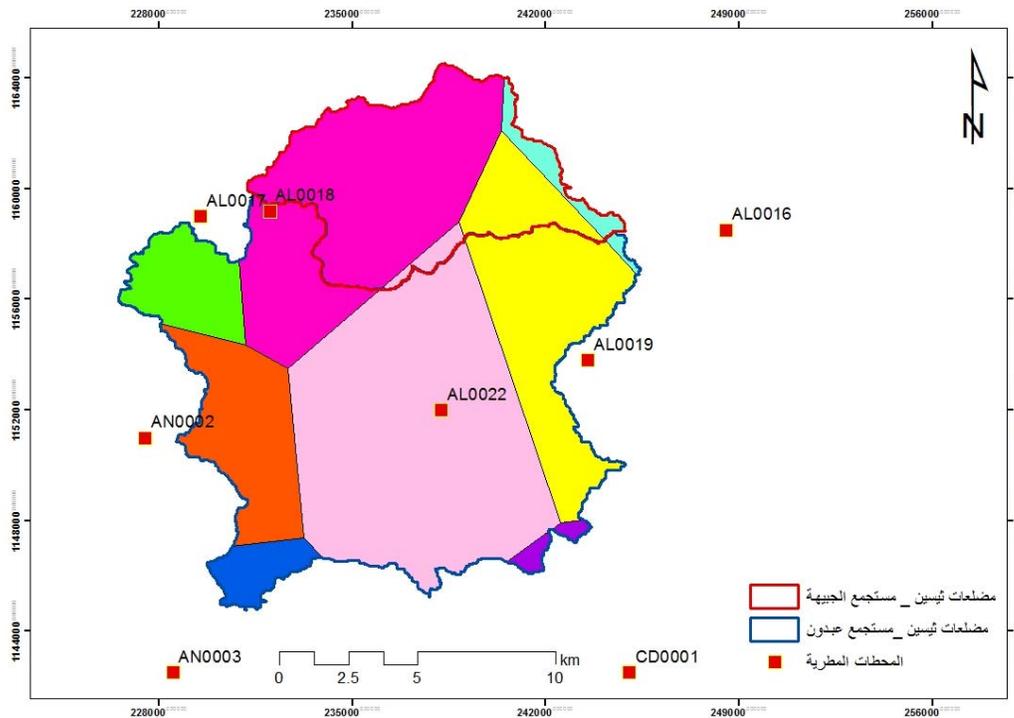
$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

- $P_1$  معدل الهطول في المحطة 1
- $A_1$  مساحة المحطة 1
- n عدد المحطات



شكل (2) منحنى تدقيق تجانس البيانات المطرية بطريقة المنحنى التراكمي المزدوج.

المصدر عمل الباحثان.



الشكل (3) التوزيع المطري باستخدام مضلعات تيسين.

المصدر عمل الباحثان باستخدام ArcGIS

**الجدول (2) الوزن المطري للمحطات المطرية ضمن حوض التصريف الجببية.**

المحطة	الرمز	المساحة كم <sup>2</sup>	المساحة %	معدل الهطول المطري ملم/سنة	الوزن المطري
كلية الحسين	AL0022	1.89	3.29	371	12.23
الرصيفة	AL0016	3.79	6.63	149	9.89
الجببية	AL0018	41.84	73.09	474	346.53
مطار ماركا	AL0019	9.72	16.99	262	44.49
<b>المجموع</b>	-	57.24	100	-	<b>413.14</b>

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

**الجدول رقم (3) الوزن المطري للمحطات المطرية ضمن حوض التصريف عبدون.**

المحطة	الرمز	المساحة كم <sup>2</sup>	المساحة %	معدل الهطول المطري ملم /سنة	الوزن المطري
الرصيفة	AL0016	0.51	0.3	149	0.45
صويلح	AL0017	12.66	7.38	498	36.74
الجببية	AL0018	17.35	10.11	474	47.95
مطار ماركا	AL0019	30.31	17.67	262	46.26
كلية الحسين	AL0022	80.69	47.02	371	174.61
وادي السير	AN0002	22.44	13.08	511	66.9
ناعور	AN0003	5.88	3.43	438	14.99
سحاب	CD0001	1.74	1.01	252	2.55
<b>المجموع</b>	-	171.59	100	-	<b>390.46</b>

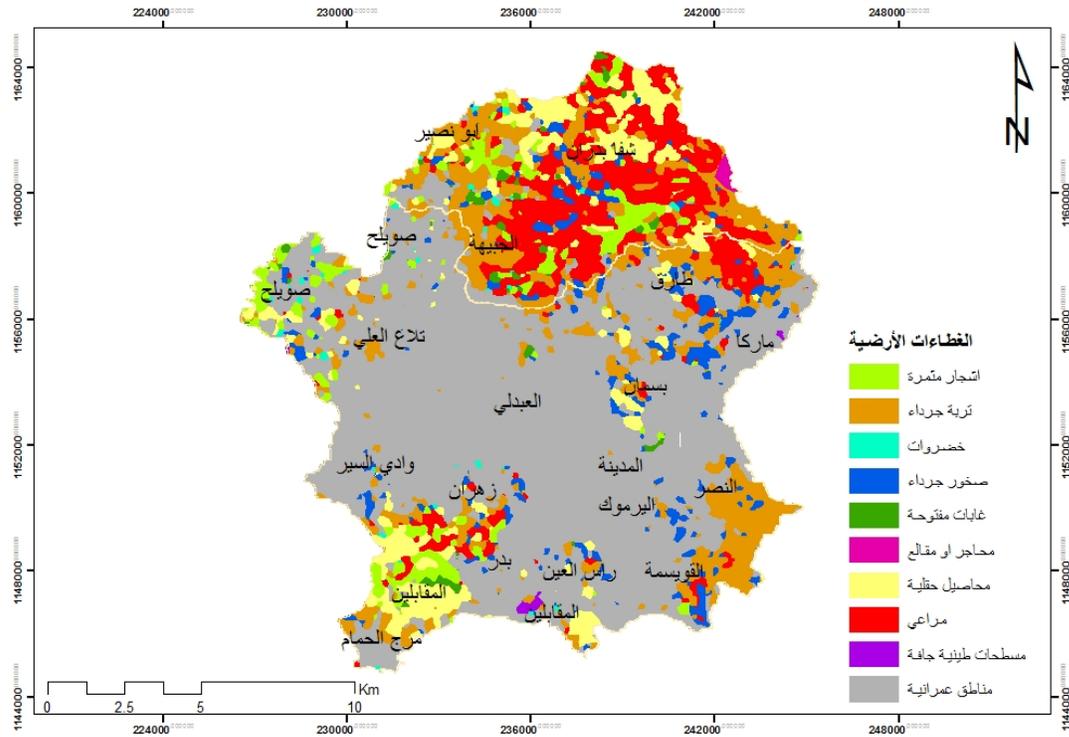
المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

في حوض التصريف عبدون تعدّ محطة كلية الحسين AL0022، ذات أكبر مساحة موزونة بنسبة 47.2% من إجمالي مساحة الحوض، بينما غطت محطة الجببية AL0018، المساحة الأكبر في حوض التصريف الجببية بنسبة 73.09% من مساحة الحوض الإجمالية، وبلغ معدل الهطول المطري لحوض التصريف عبدون 390 ملم / سنة، بينما ارتفع معدل الهطول المطري لحوض التصريف الجببية إلى 413 ملم / سنة.

وشملت هذه المرحلة أيضاً تصنيف غطاءات الأرض لحوضي التصريف عبدون والجببية وبمساحة إجمالية تبلغ 228.84 كم<sup>2</sup>، وأمكن تمييز 10 غطاءات أرضية، وتم إعادة تصنيفها بما يتلاءم مع تصنيف طريقة مصلحة التربة الأمريكية SCS-CN، الوارد في USDA,1986، كما هو موضح في الشكل (4)، والجدول (4).

النسبة الأكبر من المساحة تتمثل بالمناطق العمرانية وبنسبة تتجاوز 58% من مساحة منطقة الدراسة وهذا يؤدي الى ارتفاع قيم رقم منحنى الجريان السطحي CN، مما يؤدي لتشكيل الجريان السطحي في حالة العواصف المطرية المؤثرة، خاصة مع انخفاض القدرة التصريفية لشبكة تصريف مياه الأمطار عن كمية الجريان المتشكلة جراء العواصف الفعّالة.

وشملت هذه المرحلة أيضاً على تصنيف الترب السائدة في منطقة الدراسة وفق نسيجها وتركيبها، بالاعتماد على خارطة التربة المتوفرة من مشروع مسح التربة الذي أجرته وزارة الزراعة سنة 1993م، تم إنتاج خرائط التربة الخاصة بمنطقة الدراسة، تشكل التربة عاملاً قوياً في تحديد حجم وقوة الجريان السطحي، يظهر ذلك الدور من العلاقة بين نفاذية التربة من جهة وحجم الجريان السطحي من جهة أخرى (ابوسليم، 2009)، ولتحقيق أهداف الدراسة الهيدرولوجية تم دراسة نسيج التربة، لما له من تأثير كبير على تشكل الجريان السطحي، فبالإضافة إلى تأثيره بمستوى الارتشاح ورطوبة التربة وإمكانية الاحتفاظ بالمياه، كذلك يعدّ نسيج التربة أساساً في تصنيف الترب إلى مجموعات الترب الهيدرولوجية، التي يتم الاعتماد عليها في استخلاص قيم منحنى الجريان السطحي CN، كما هو مبين في الشكل (5).



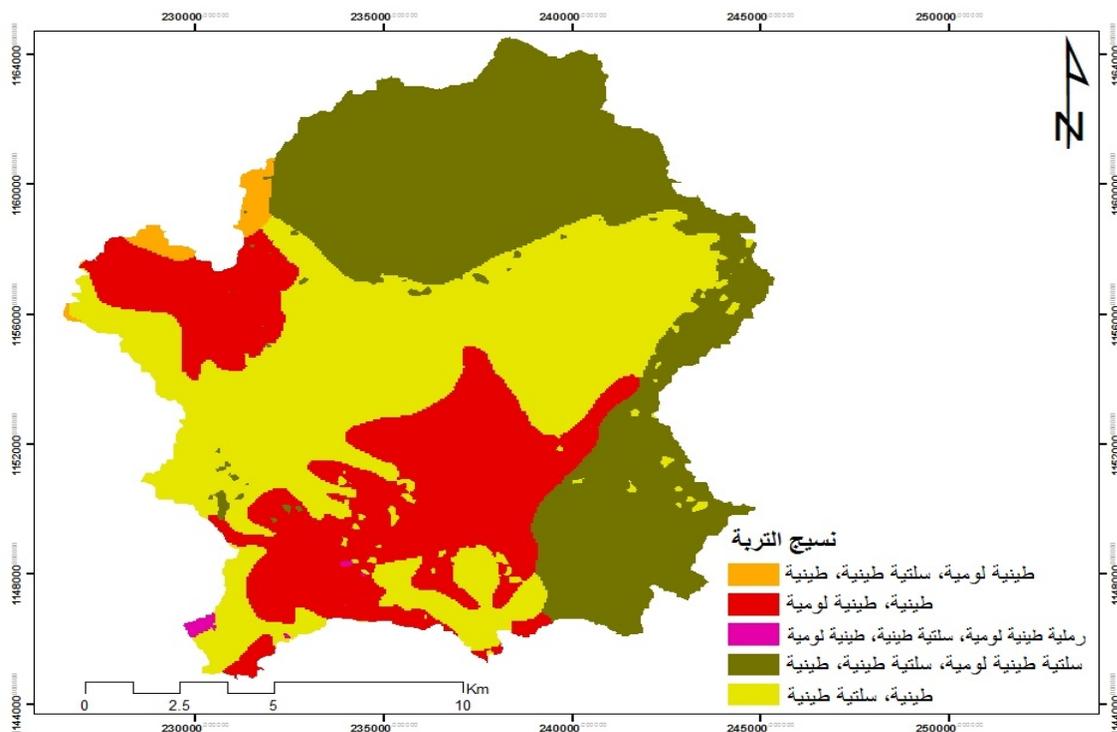
الشكل رقم (4) تصنيف الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة.

المصدر عمل الباحثان باستخدام ArcGIS

الجدول (4) غطاءات الأرض ومساحاتها.

المساحة %	الجبهة كم <sup>2</sup>	المساحة %	عبدون كم <sup>2</sup>	Land cover	غطاءات الأرض
26.22	15.01	3.1	5.38	Pastures	مراعي
0.77	0.44	0.4	0.61	Vegetables	خضروات
68.6	4.96	3.3	5.7	Tree Crops	أشجار مثمرة
4.39	2.51	4.4	7.5	Bare Rocks	صخور جرداء
21.10	12.08	12.1	20.72	Bare Soil	تربة جرداء
21.49	12.3	70.4	120.85	Urban Fabric	مناطق عمرانية
2.34	1.34	0.5	0.84	Open Forest	غابات مفتوحة
14.31	8.19	5.6	9.61	Field Crops	محاصيل حقلية
0.72	0.41	0	0	Quarries	مهاجر ومقالع
0	0	0.2	0.39	Dry Mudflat	مسطحات طينية جافة
100	57.24	100	171.59	TOTAL	المجموع

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على طبقة الغطاءات الأرضية.



الشكل رقم (5) تسيح التربة لمنطقة الدراسة.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على مسح التربة، وزارة الزراعة 1993م.

وبالاعتماد على الشكل (5) تم تصنيف تسيح التربة إلى تربة رملية Sandy Soil، وتربة طينية Clay Soil، وتربة غرينية Silty Soil، تغطي التربة الرملية مساحات صغيرة من منطقة الدراسة لا تتجاوز نصف كم<sup>2</sup>، وتنتشر في المناطق الجنوبية الغربية وأجزاء من منطقة مرج الحمام، إذ تظهر ضمن قوام التربة Sandy Clay، Sandy Clay Loam، تتكون من خليط الرمل والغرين والطين وبنسبة أكبر للرمل تتجاوز 50% من ذلك الخليط، تظهر هذه التربة في منطقة الدراسة ضمن تكوين الكرنب والحجر الرملي والحجر الجيري، في حين أن التربة الطينية في منطقة الدراسة تغطي ما مساحته 60.17 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 26% من مجمل مساحة منطقة الدراسة، وتقع ضمن القوام Clay Loam Clay، Silty Clay & Clay Loam، تنتشر في منطقة صويلح وتلاع العلي ذات معدلات الهطول المطري التي تزيد عن 450 ملم سنوياً، بالإضافة إلى انتشار واسع وسط منطقة الدراسة في مناطق زهران وبدر والمقابلين وأجزاء من العبدلي ووادي السير، تتميز هذه التربة بانخفاض معدلات نفاذية الماء فيها وذلك لارتفاع نسب الطين والغرين من مجمل قوامها، هذا يجعل محتواها الرطوبي مرتفع وخاصة في الطبقة العلوية منها، مما يحفز على تشكل الجريان السطحي بوقت أقل، في حين أن التربة الغرينية تغطي 168.22 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 74% من مجمل مساحة منطقة الدراسة البالغة 228.83 كم<sup>2</sup>، ترتفع نسبة الغرين في هذا النوع من التربة بنسبة تتجاوز 50%، ما يجعل هذه التربة خصبة وصالحة للزراعة إذا توفرت المياه بالمعدلات المطلوبة، تنتشر في مناطق أبو نصير وشفا بدران والجبيهة بالإضافة إلى انتشارها في مناطق النصر والقويسمة وأجزاء من وادي السير وتلاع العلي.

**المرحلة الثالثة:** تمثلت هذه المرحلة باشتقاق مجموعة من الخرائط اللازمة للدراسة كخرائط المجموعات الهيدرولوجية للتربة

وخرائط توزيع قيم رقم منحني الجريان السطحي، وهي كالآتي:

صنفت مصلحة التربة الأمريكية التربة إلى أربعة مجموعات هيدرولوجية اعتماداً على تسيح ومكونات التربة ودوره بمستوى تسرب الماء داخلها (USDA, SCS, 1986)، تتدرج هذه المجموعات من الأفق A عالي النفاذية وذا تأثير قليل على تشكل الجريان السطحي إلى الأفق D منخفض أو معدوم النفاذية، تسيح هذه الوحدة لا يسمح بتسرب الماء إلى داخلها مما يساهم بشكل مباشر بتكون الجريان السطحي، اقتصررت مجموعات التربة الهيدرولوجية في منطقة الدراسة على ثلاثة أنواع وهي B، C، D كما هو بالشكل (7)

ويظهر أن المجموعة الهيدرولوجية D تحتل أكبر مساحة في حوض التصريف عبدون لارتفاع نسبة المساحات المبنية المصمتة من مساحة الحوض التصريف، بينما المجموعات الأخرى تشغل مساحات أقل، وتغطي المجموعة الهيدرولوجية B المساحة الأكبر من حوض التصريف الجبئية.

الجدول (5) مساحة المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض التصريف عبدون.

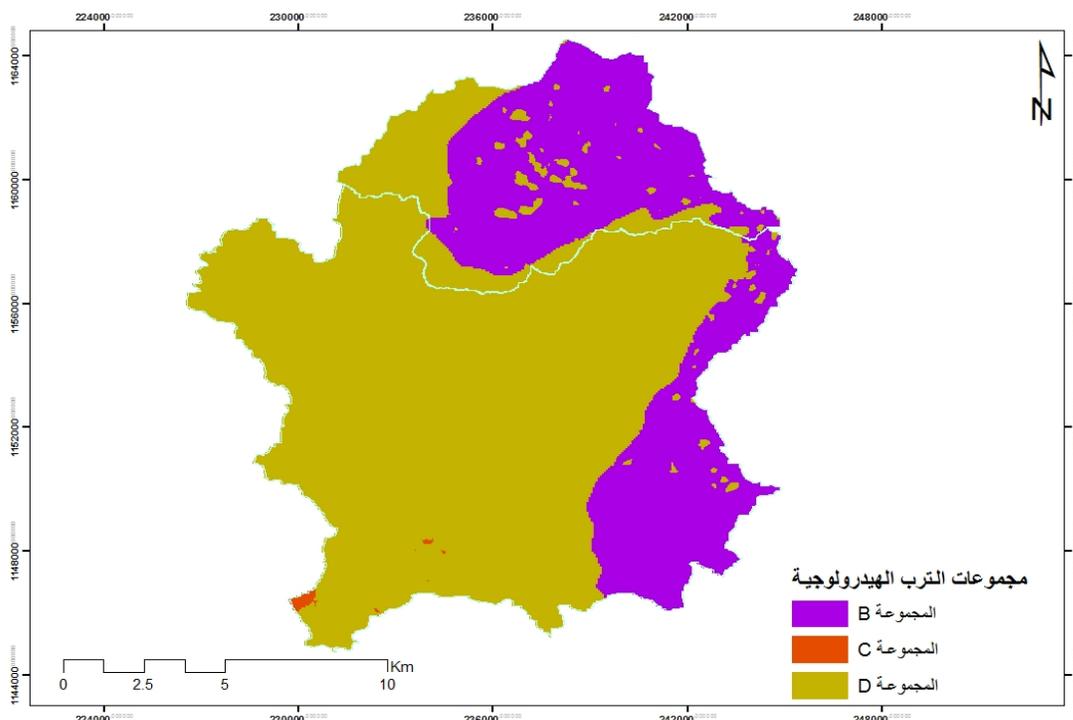
مساحة الترب الهيدرولوجية %			المساحة %	المساحة كم <sup>2</sup>	غطاءات الأرض - عبدون
D	C	B			
2.82	0	0.31	3.1	5.38	مراعي حقلية
0.36	0	0	0.4	0.61	خضروات حقلية
3.25	0	0.07	3.3	5.7	أشجار مثمرة
3.02	0.04	1.31	4.4	7.5	صخور جرداء
7.1	0.14	4.83	12.1	20.72	تربة جرداء
63.36	0.02	7.04	70.4	120.84	مناطق سكنية
0.49	0	0	0.5	0.84	غابات مفتوحة
5.44	0	0.17	5.6	9.62	محاصيل حقلية
0.16	0	0.07	0.2	0.39	مسطحات طينية جافة
<b>86</b>	<b>0.2</b>	<b>13.8</b>	<b>100</b>	<b>171.59</b>	<b>المجموع</b>

المصدر عمل الباحثان.

الجدول (6) مساحة المجموعات الهيدرولوجية للتربة في حوض التصريف الجبئية.

المساحة %		المساحة %	المساحة كم <sup>2</sup>	غطاءات الأرض - الجبئية
D	B			
0	26	26	15.01	مراعي
0	1	1	0.44	خضروات حقلية
6	3	9	4.96	أشجار مثمرة
1	3	4	2.51	صخور جرداء
13	9	21	12.08	تربة جرداء
18	3	21	12.3	مناطق سكنية
0	2	2	1.34	غابات مفتوحة
2	12	14	8.19	محاصيل حقلية
0	1	1	0.41	محاجر ومقالع
<b>40</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>57.24</b>	<b>المجموع</b>

المصدر عمل الباحثان.



الشكل (6) توزيع الترب الهيدرولوجية بالاعتماد على طريقة مصلحة التربة الأمريكية.

المصدر عمل الباحثان باستخدام ArcGIS

تقتصر مجموعات الترب الهيدرولوجية في حوضي التصريف عبدون والجبيهة على الفئتين B و D بشكل رئيس، إذ تغطي الفئة D ما نسبته 86% من مساحة حوض التصريف عبدون وما نسبته 40% من مساحة حوض التصريف الجبيهة، هذه الفئة مسؤولة بشكل مباشر عن تشكل الجريان السطحي في منطقة الدراسة وخاصة في حوض التصريف عبدون، أما فئة التربة B فهي تغطي ما نسبته 60% من مساحة حوض التصريف الجبيهة و13.8% من مساحة حوض التصريف عبدون، وتعدّ هذه الفئة جيدة الصرف وتتميز بارتفاع معدل تسرب المياه في التربة مما يقلل من تشكل الجريان السطحي، أما فئة التربة C فهي تتواجد بمساحة لا تزيد عن 0.5 كم<sup>2</sup> في حوض التصريف عبدون.

تم في هذه المرحلة استخلاص الأرقام المنحنية (CN) لحوضي التصريف الجبيهة وعبدون وتوزعها، يتأثر الجريان السطحي بالخصائص الفيزيائية للحوض كنوع التربة، واستعمالات الأرض - الغطاءات الأرضية، وميل أرضية الحوض بالإضافة إلى الخصائص الزمانية: الشدة والديمومة، والخصائص المكانية للعاصفة المطرية كمركز العاصفة، تستخدم طريقة فرضية مصلحة التربة الأمريكية رقم منحني الجريان السطحي CN للتعبير عن أثر الخصائص الفيزيائية للحوض على الجريان السطحي باستخدام قيمة واحدة موزونة تمثل رقم منحني الجريان للحوض كاملاً. ويعتمد رقم منحني الجريان على فرضيتين الأولى أن الرشح للتربة يتبع منحني متناقص مع استمرار زمن الموجة المطرية، والثانية أن مجمل الفقد الأولي يشكل ما نسبته 0.2 من إمكانية التربة على الخزن بعد بدء الجريان (Mingbin Huang et al.2007)، وتتراوح قيم CN بين (0 - 100) وتعبّر عن مدى استجابة الأسطح التي يتكون منها حوض التصريف لمستوى النفاذية للمياه فكلما اقتربنا من القيمة صفر فإن الأسطح تكون عالية النفاذية للمياه، مما يعني حجم جريان سطحي منخفض (USDA,1986)، أما إذا اقتربت القيم من 100 فإن ذلك يعني أن أسطح الحوض منخفضة النفاذية وسيشكل الجريان بعد فترة قصيرة من بدء العاصفة المطرية (USDA,1986)، إذ تفسر قيم رقم منحني الجريان CN مدى التباين في استجابة حوض التصريف للجريان السطحي بين الحوض التصريفات المائية مكانياً وزمانياً باعتبارها نتيجة التفاعل بين رطوبة التربة والغطاء الأرضي والهطول المطري (Soulis and Valiantzas, 2012).

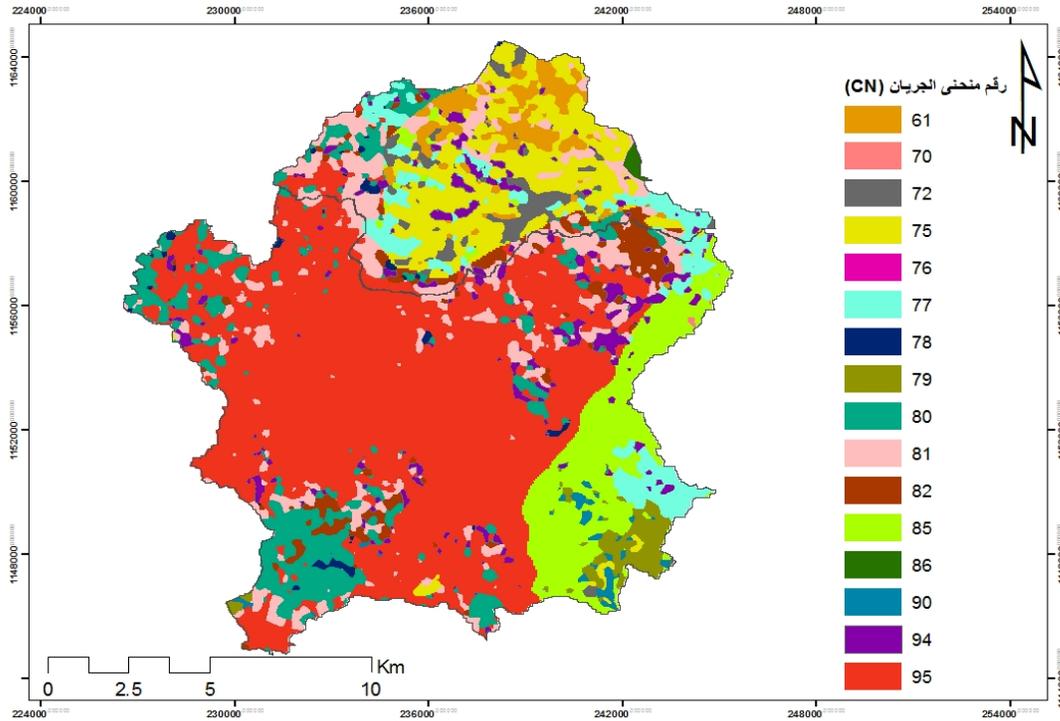
يعدّ رقم المنحني CN أساساً لحساب قيم معامل الفقد الأولي قبل بدء الجريان (Ia) Inital abstraction، وقيم معامل إمكانيته التربة القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي (S) Potential Maximum Retention After Runoff، وذلك بتطبيق العلاقة

الرياضية الآتية:

$$S=25.4((CN/100)-10)$$

$$Ia= 0.2*S$$

تم تصنيف استعمالات الأرض بما يتلاءم وتصنيفات مصلحة التربة الأمريكية، واستنتاج فئات الترب الهيدرولوجية، لاستخلاص قيم رقم منحنى الجريان السطحي CN لحوضي التصريف عبدون والجببئة كما هو في الشكل (7)، إذ تراوحت قيم CN في الحوضين بين 61-95، وبلغت أعلى قيمة في حوض التصريف عبدون 95 بمساحة 108.72 كم<sup>2</sup>، وهي مسؤولة عن استجابة 63.36 % من مجمل مساحة الحوض البالغة 171.59 كم<sup>2</sup> للجريان السطحي، لذلك إن إمكانية تشكل جريان سطحي في حوض التصريف عبدون مرتفعة.



الشكل (7) توزيع قيم CN على منطقة الدراسة.

المصدر عمل الباحثان باستخدام ArcGIS

في حين أن قيمة CN التي تتوزع على أكبر مساحة من حوض التصريف الجببئة هي القيمة 75 ومساحة 17.75 كم<sup>2</sup> أي أنها مسؤولة عن استجابة 31.01% من مجمل مساحة الحوض البالغة 57.24 كم<sup>2</sup> للجريان السطحي أما القيمة 95 فهي تتوزع على 7.74% من المساحة الكلية للحوض، لذلك إن إمكانية تشكل جريان سطحي في حوض الجببئة تعد أقل بكثير من حوض عبدون علماً أن الحوضين التصريفين يقعان تحت تأثير الظروف المناخية نفسها، وهما متقاربان في الارتفاعات، بالإضافة إلى أن معدل الهطول المطري في حوض الجببئة أعلى منه في حوض عبدون، يُعزى ذلك للتباين إلى اختلاف نوع ومساحات الغطاءات الأرضية في الحوضين.

الجدول (7) قيم CN لحوضي التصريف عبدون والجبيهة.

حوض التصريف الجبيهة		حوض التصريف عبدون		قيم رقم منحنى الجريان السطحي (CN)
المساحة %	المساحة كم <sup>2</sup>	المساحة %	المساحة كم <sup>2</sup>	
12	6.87	0.17	0.29	61
0	0	0.07	0.12	70
6.5	3.72	0.07	0.12	72
31.01	17.75	0.47	0.81	75
11.27	6.45	4.83	8.29	77
0	0	0.49	0.84	78
0	0	0.14	0.24	79
8	4.58	9.05	15.53	80
16.49	9.44	7.1	12.18	81
2.74	1.57	2.82	4.84	82
0	0	7.04	12.08	85
2.25	1.29	1.31	2.25	86
0	0	0.06	0.1	90
1.99	1.14	3.02	5.18	94
7.75	4.43	63.36	108.71	95
<b>100</b>	<b>57.24</b>	<b>100</b>	<b>171.59</b>	المجموع

المصدر عمل الباحثان.

قيم CN من 61 إلى 75 توزعت على 29.68 كم<sup>2</sup> من مجمل مساحة منطقة الدراسة وتصنف الأسطح ضمن هذه القيم على أنها منخفضة الصماتة وقليلة الاستجابة للجريان السطحي تبعاً لنوع المواد المكونة للغطاء الأرضي، بينما توزعت القيم 76 إلى 80 على مساحة 35.9 كم<sup>2</sup> من مجمل مساحة الحوضي التصريفي، وهي أسطح تتنوع فيها الاستعمالات والغطاءات الأرضية. قيم CN من 81 - 85 توزعت على مساحة 40.11 كم<sup>2</sup> من إجمالي مساحة الحوضين، بينما توزعت قيم CN من 86 - 95 على مساحة تبلغ 123.12 كم<sup>2</sup> من إجمالي مساحة الحوضين وهي مسؤولة عن استجابة 53.79 % من مساحة منطقة الدراسة للجريان السطحي، وهي ذات استجابة عالية للجريان السطحي لزيادة مساحات الأسطح المصمتة في هذه الفئة وخاصة في حوض التصريف عبدون.

#### المرحلة الرابعة: تقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة فرضية صيانة التربة الأمريكية SCS-CN.

لتقدير الجريان السطحي وحجمه استخدمت الدراسة طريقة صيانة التربة الأمريكية SCS-CN لحوضي التصريف عبدون والجبيهة، تتحدد مدخلات هذه الطريقة لتقدير عمق الجريان السطحي بعدد من المعطيات كاستعمالات الأراضي ونوع الغطاءات الأرضية ورطوبة التربة (الغزاي والجبوري، 2012)، تم دمج الغطاءات الأرضية المتشابهة مثل الطرق والمباني والمساحات المعبدة كفتة واحدة، ليتم بعد ذلك ترميز الغطاءات الأرضية وفق تصنيف SCS، ودمج طبقة الغطاءات الأرضية وطبقة المجموعات الهيدرولوجية للتربة في طبقة واحدة وترميز كل طبقة بقيمة مختلفة عن الطبقة الأخرى لكي لا يتم دمجها في طبقة واحدة غير مصنفة وتصيح الفئات من الطبقتين بنفس الترميز لاستخلاص المجموعات الهيدرولوجية المقابلة لكل نوع من أنواع الغطاء الأرضي وما تحمله من قيم لرقم منحنى الجريان السطحي بشكل يتلاءم مع تصنيفات مصلحة التربة الأمريكية الواردة في USDA, 1986. إذ نادراً ما تتوفر قياسات التدفق في الحوض التصريفي الصغيرة، لذلك تعدّ هذه الطريقة من الأساليب الملائمة لتقدير الجريان السطحي وقيم ذروة التصريف (Kent, 1973).

## تقدير الجريان السطحي

يعدّ الجريان السطحي دلالة على ما ينساب من المياه على سطح الأرض مصدره الأساسي الهطول ليمثل الجزء الزائد عن قدرة التربة على الامتصاص (أبو العنين، 1989)، يتأثر الجريان السطحي بالعوامل الهيدرولوجية، فضلاً عن التأثير بعوامل أخرى مرتبطة بسمات وخصائص حوض التصريف (عباس، 2002). ويختلف الزمن اللازم لتشكيل الجريان السطحي من حوض إلى آخر وفق خصائص ومكونات الحوض والعاصفة المطرية. باعتبار الجريان السطحي في مجمله حصيلة الأمطار التي تزيد عن قدرة امتصاص التربة ومعدلات التسرب والتبخر الفقد الأولي (عباس، 2002)، في أحواض التصريف التي لا تتوافر فيها المحطات الهيدرومترية لقياس الجريان السطحي، لا بد من استخدام طرق ونماذج رياضية لتقدير الجريان السطحي عمقه وحجمه وغيرها، كطريقة فرضية صيانة التربة الأمريكية SCS-CN.

## تقدير الجريان السطحي السنوي لحوضي التصريف عبدون والجبيهة.

يعتمد عمق الجريان السطحي على خصائص العاصفة المطرية من حيث الشدة والديمومة، إذ يزداد حجم الجريان السطحي للعواصف المطرية الغزيرة (عباس، 2002)، تم تقدير عمق الجريان السطحي لحوضي التصريف عبدون والجبيهة بالاعتماد على المعطيات الطبيعية واستعمالات الأرض للحوضين لاستخلاص قيم رقم المنحنى CN وقيم معامل الفقد الأولي قبل بدء الجريان (Ia)، وقيم معامل إمكانيته التربة القصوى للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي (S)، بالإضافة إلى بيانات الهطول المطري لـ 8 محطات، للسنوات المطرية من السنة المطرية 1960-1961 ولغاية السنة المطرية 2015-2016 م، يعود سبب اختيار سنة مطرية موحدة كنقطة بداية لفترة الرجوع كون السجلات المطرية للمحطات المستخدمة تتفاوت في بداية السجل المطري، وتم استخلاص المجاميع الشهرية والسنوية للأمطار لحوض الجبيهة بالاعتماد على طريقة مضلعات ثيسين وتبين أن السنة 1992/1991 سنة مطيرة بواقع 974 ملم وكانت السنة المطرية 1999/1998 سنة جافة بواقع 150 ملم، وبنفس الطريقة تم استخلاص المجاميع الشهرية والسنوية للأمطار لحوض عبدون لنفس الفترة، تم تحديد السنة المطرية 1992/1991 سنة مطيرة بواقع 911 ملم.

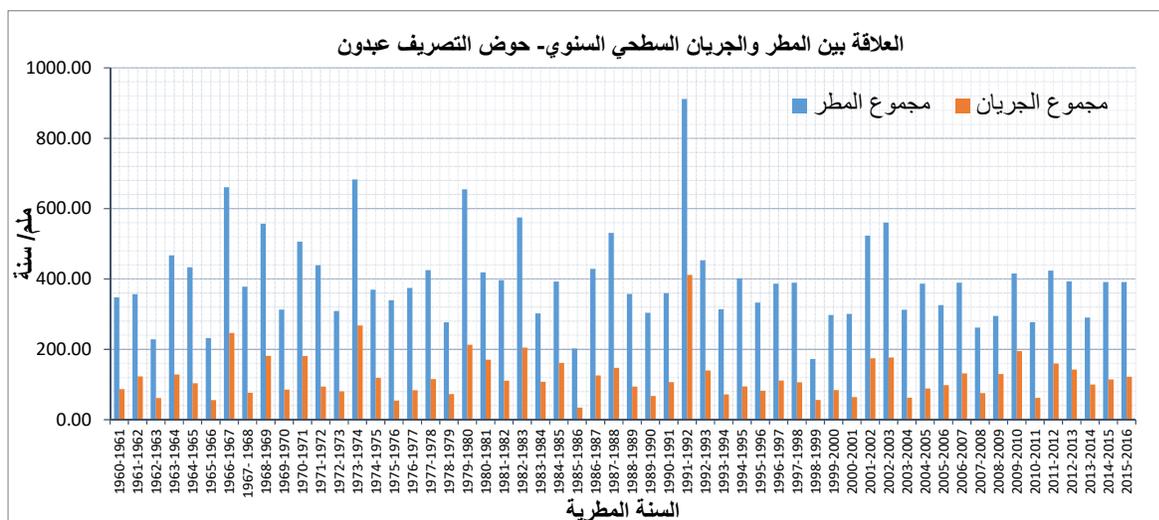
تم التوصل إلى المجموع السنوي للجريان السطحي بحساب الجريان السطحي اليومي للعواصف المطرية المؤثرة للمحطات المطرية الثمانية المستخدمة في الدراسة، وبتطبيق طريقة مضلعات ثيسين تم التوصل إلى المجموع السنوي للجريان السطحي لحوضي عبدون والجبيهة، ففي الحوضين كانت السنة المطرية 1992/1991 أعلى السنوات المطرية من حيث المجموع السنوي للأمطار وكذلك للمجموع السنوي للجريان السطحي، وقد بلغت أعلى قيمة للجريان السطحي السنوي في حوض التصريف عبدون للسنة المطرية 1992/1991م، 411 ملم /سنة، ناتجة عن هطول مطري بمعدل 911 ملم، بينما بلغت أدنى قيم الجريان السطحي السنوي للسنة المطرية 1986/1985م 34 ملم /سنة ناتجة عن مجموع هطول مطري موزون يقدر بـ 202 ملم/سنة، في حوض التصريف الجبيهة بلغت أعلى قيم الجريان السطحي السنوي للفترة المطرية 2016/1960 م، للسنة المطرية 1992/1991م بمقدار 432 ملم والناتجة عن مجموع الهطول المطري الموزون الذي يقدر بـ 974 ملم/سنة.

الجدول (9) متوسط المجاميع السنوية للمحطات المطرية الممثلة لحوضي التصريف عبدون والجبيهة وأوزانها للسنوات المطرية 1960 - 2016م.

المحطة	السنة المطرية	اعلى مجموع سنوي(ملم)	ادنى مجموع سنوي (ملم)	متوسط المجاميع السنوية(ملم)	الوزن المطري- عبدون(ملم)	الوزن المطري- الجبيهة(ملم)
AL0022	1960 - 2016	908.3	157.6	386.67	181.48	12.75
AL0019	1960 - 2016	539.9	107.2	247.73	43.73	42.14
AL0016	1960 - 2016	327.8	47.3	146.22	0.44	9.88
AN0003	1960 - 2016	805.9	126.4	425.41	14.58	-
AN0002	1960 - 2016	1176.8	246.5	521.27	68.11	-
CD0001	1960 - 2016	520	52.9	254.03	2.58	-
AL0018	1960 - 2016	1140.8	169.4	491.26	49.77	357.67
AL0017	1960 - 2016	1213.3	212.6	483.01	36.09	-
					396.78	422.45

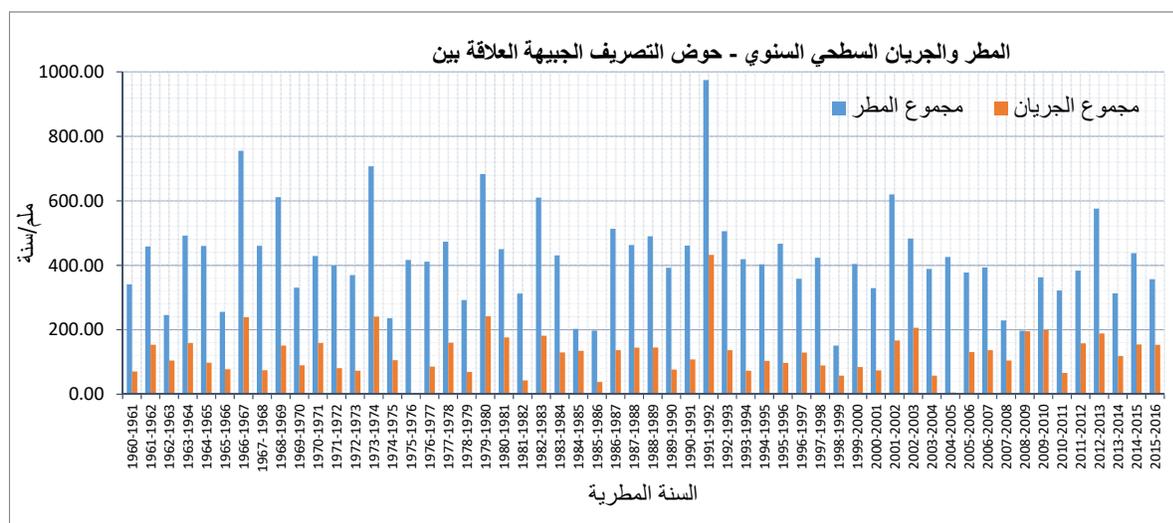
المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

ويمثل الشكلان (8) و(9)، العلاقة بين المجموع السنوي لهطول المطري والمجموع السنوي للجريان السطحي الناتج عن العواصف المطرية المؤثرة في حوض التصريف عبدون وحوض التصريف الجببية للفترة من 1960-1961م - 2015-2016م.



الشكل (8) مجموع المطر السنوي ومجموع الجريان السنوي لحوض التصريف عبدون.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري



الشكل (9) مجموع المطر السنوي ومجموع الجريان السنوي لحوض التصريف الجببية.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري

تقدير الجريان السطحي وذروته لعاصفتين مطريتين لحوضي التصريف عبدون والجببية.

يعبر عمق الجريان السطحي عن العلاقة بين حوض التصريف بمكوناته وخصائصه من جهة والعاصفة المطرية وخصائصها من جهة أخرى. ويعكس زمن الجريان السطحي مدى استجابة التصريف من الحوض الساكب، فمع تزايد مدة الهطول تشترك

مساحات أكبر من حوض التصريف بالجريان السطحي (بات، 2005).

تختلف أجزاء حوض التصريف عن بعضها البعض من حيث الخصائص الطبيعية والاستعمالات البشرية، ومدى استجابتها للجريان السطحي وبافتراض تجانس الموجة المطرية على كافة أجزاء الحوض فإن قيم رقم منحني الجريان CN ليعدّ العامل الرئيس المؤثر بتباين الجريان السطحي بين أجزاء الحوض، وبحساب الوزن المطري للمحطات المطرية المؤثرة على كل حوضي التصريف عبدون والجببيرة وجد أن محطة عمان - كلية الحسين AL0022 ذات معدل الهطول المطري السنوي الذي يبلغ 371 ملم/سنة، والوزن المطري الأكبر على حوض التصريف عبدون بمعدل 174 ملم/سنة، وتغطي مساحة 80.69 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 47.021% من مجمل مساحة الحوض التصريف البالغة 171.59 كم<sup>2</sup> لذلك تم اختيارها كمحطة ممثلة للهطول المطري على حوض التصريف عبدون، وتعدّ محطة الجببيرة AL0018 ذات معدل الهطول المطري السنوي الذي يبلغ 474 ملم/سنة تعدّ ذات الوزن المطري الأكبر على حوض التصريف الجببيرة بمعدل 346.5 ملم/سنة وتشغل مساحة 41.84 كم<sup>2</sup> أي ما نسبته 73.1% من مجمل مساحة الحوض التصريف البالغة 57.24 كم<sup>2</sup>، لذلك تم اختيارها كمحطة ممثلة لحوض التصريف الجببيرة.

الجدول (10) أعلى الموجات المطرية لكامل السجلات المطرية لمحطتي الجببيرة وعمان - كلية الحسين، وتاريخ كل موجة مطرية.

المحطة	الرمز	مدة السجل	معدل الهطول ملم/سنة	أعلى عاصفة مطري (ملم) وتاريخها
الرصيفة	AL0016	2016-1942	149.14	1953/1/16
صويلح	AL0017	2016-1942	497.9	2010/2/26
الجببيرة	AL0018	2016-1937	474.42	1974/1/16
مطار ماركا	AL0019	2016-1937	261.88	1963/1/3
كلية الحسين	AL0022	2016-1950	371.35	1980/12/12
وادي السير	AN0002	2016-1942	511.35	2010/2/26
ناعور	AN0003	2016-1942	437.74	1944/1/1
سحاب	CD0001	2016-1957	251.9	2010/2/26

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

ينتج عن العواصف المطرية الغزيرة جريان سطحي مرتفع، بكميات كبيرة من المياه على سطح حوض التصريف تجري باتجاه المنحدرات بفعل قوى الجاذبية الأرضية، مع التغير في استعمالات الأرض في المدن، وزيادة الامتداد العمراني تصل تلك الجريانات للذروة في فترة زمنية قصيرة من بداية العاصفة، فذروة التصريف qp تعبر عن أعلى تصريف مائي ينتج عن عاصفة مطرية مؤثرة منسوباً لوحدته الزمن.

دراسة قمة التصريف الأعظمي تعدّ من الأساليب المهمة للنتنبؤ بالسيول والفيضانات الناتجة عن حدث مطري غزير تقابله استجابة عالية لسطح حوض التصريف، إذ تعتمد العلاقات الرياضية لحساب ذروة التصريف على عدد من المتغيرات وهي قيم عمق الجريان السطحي، ومساحة حوض التصريف، ووحدة ذروة التصريف التي تم استخلاصها بدلالة زمن التركيز للجابية Tc، ويعبر زمن التركيز Tc عن المدة الزمنية التي يستغرقها الماء للوصول من أبعد نقطة على حوض التصريف إلى نقطة المخرج، تم الاعتماد على صيغ التحويل من مقاييس الإنش إلى المقاييس المترية وتعويضها في وحدة الذروة Uq، وتم حساب ذروة التصريف بالتعويض بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$qp = Uq * Am^2 * Q$$

إذ إن:

- qp قمة التصريف م<sup>3</sup>/ثانية.
- Uq وحدة ذروة التصريف.
- Am مساحة حوض التصريف كم<sup>2</sup>.
- Q الجريان السطحي ملم.

**الجدول (11) حجم الجريان السطحي وذروته لعاصفتين مطريتين.**

الحوض التصريف	المساحة كم <sup>2</sup>	العاصفة (ملم)	(CN) قيم	ملم (S) قيم	ملم (ia) قيم	الجريان (ملم)	حجم الجريان م <sup>3</sup>	التصريف الذروة م <sup>3</sup> /ث
عبدون	171.59	143.5	90.24	27.47	6095.49	115.09	19.6	11699.86
الجببيرة	57.24	155	77.58	73.40	14.68	92.12	5.18	4292.87

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

بلغ حجم الجريان السطحي لعاصفة مطرية بلغت 143.5ملم، 19.6 م<sup>3</sup> وبلغت ذروة التصريف لنفس العاصفة المطرية 11699 م<sup>3</sup>/ث في حوض التصريف عبدون، في حين ان حجم لجريان المتشكل من عاصفة مطرية بلغت 155ملم، في حوض التصريف الجببيرة 5.18 م<sup>3</sup>، وبذروة تصريف بلغت 4292م<sup>3</sup>/ث، يدل ذلك على أن حوض التصريف عبدون تشكل فيه جريان سطحي بعمق اعلى وخلال فترة زمنية اقل من حوض التصريف الجببيرة الأمر الذي انعكس على ذروة التصريف لتلك العاصفة المطرية، لذلك تعدّ استجابة حوض التصريف عبدون للجريان السطحي اكبر منه لحوض التصريف الجببيرة يُعزى ذلك لارتفاع نسبة الاراضي المبنية في حوض التصريف عبدون.

**تحليل التكرار واحتمالية الحدث**

تساعد حسابات حجم وذروة الجريان السطحي في تصميم منشآت الحماية ومنشآت الحجز والتجميع عن طريق تحليل التردد **Frequency Analysis**. ويعدّ تحليل تردد الفيضانات الأسلوب الذي ينطوي على تقدير عدد المرات التي من الممكن أن يتكرر فيها حدث معين بنفس القوة أو أكبر، كتكرار حدوث الذروة السنوية للجريان السطحي (Opu, et al, 2014)، وتحليل الترددات هو أحد التقنيات الرئيسية المستخدمة لتحديد العلاقة بين حجم الحدث ومتوسط عدد السنوات المتوقع ان يتكرر عندها الحدث، ليتم الاعتماد عليها للتعامل الإيجابي مع الحدث المطري (Selaman, et al, 2007). لتقدير التكرار واحتمالية الحدث تم الاعتماد على تقدير حجم الجريان السطحي السنوي لحوضي التصريف عبدون والجببيرة لفترة رجوع تمتد لـ 56 سنة. فدقة النتائج تعتمد أساساً على طول فترة التسجيل، فالبيانات المتاحة عن فترة 100 سنة يكون احتمال الخطأ فيها أقل من البيانات المتاحة لـ (10) سنوات (ولسون، 1982)، تم تطبيق العلاقات الرياضية الآتية لحساب فترة التكرار واحتماليته كطريقة Weibull التي أوردها (Viessman, 1997):

$$T = (n+1)/m$$

إذ إن

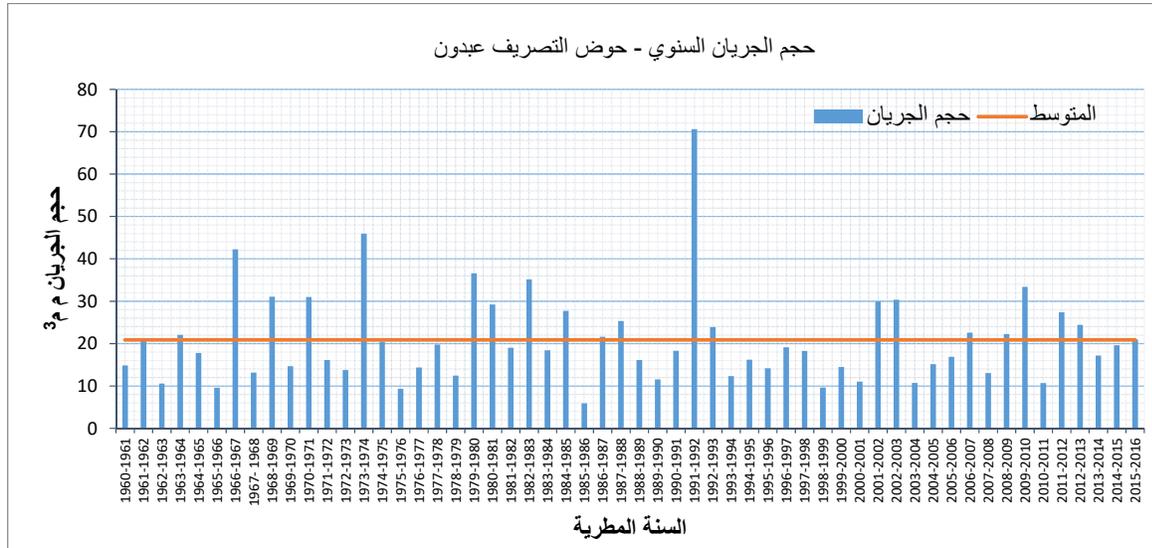
- T فترة الرجوع.
- N عدد السنوات لفترة الدراسة.
- M رتبة كمية الأمطار لفترة الدراسة.

$$P = (m - 0.44) / (n + 0.12)$$

إذ إن:

- T فترة التكرار بالسنة.
- P احتمالية التكرار.
- n مجموع عدد السنوات.
- m الرتبة.

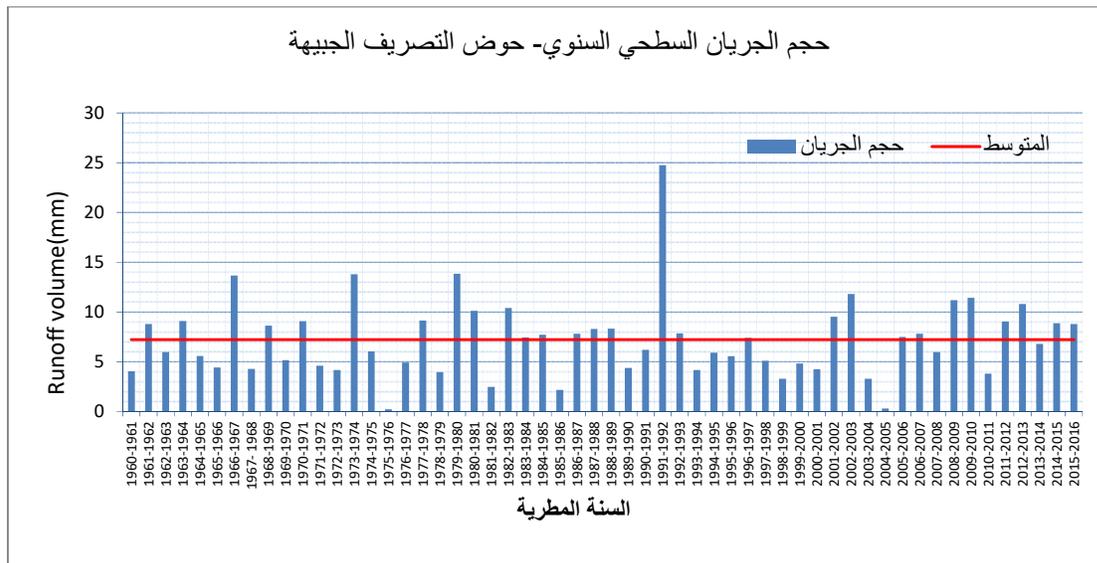
بلغ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي لحوض التصريف عبدون 20.9 م<sup>3</sup> لفترة رجوع تمتد لمدة 56 سنة، ويتضح أن 22 سنة من تلك الفترة زاد فيها حجم الجريان السطحي السنوي عن المعدل لتشكل ما نسبته 39 % من مجمل فترة الرجوع.



الشكل (10) حجم الجريان السنوي لحوض التصريف عبدون 1960 - 2016م.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

وفي حوض التصريف الجبيهة بلغ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي 7.23 م<sup>3</sup> لفترة رجوع تمتد لمدة 56 سنة، ويتضح بأن 28 سنة ازداد فيها حجم الجريان السطحي السنوي عن المعدل لتشكل ما نسبته 50 % من مجمل فترة الرجوع.



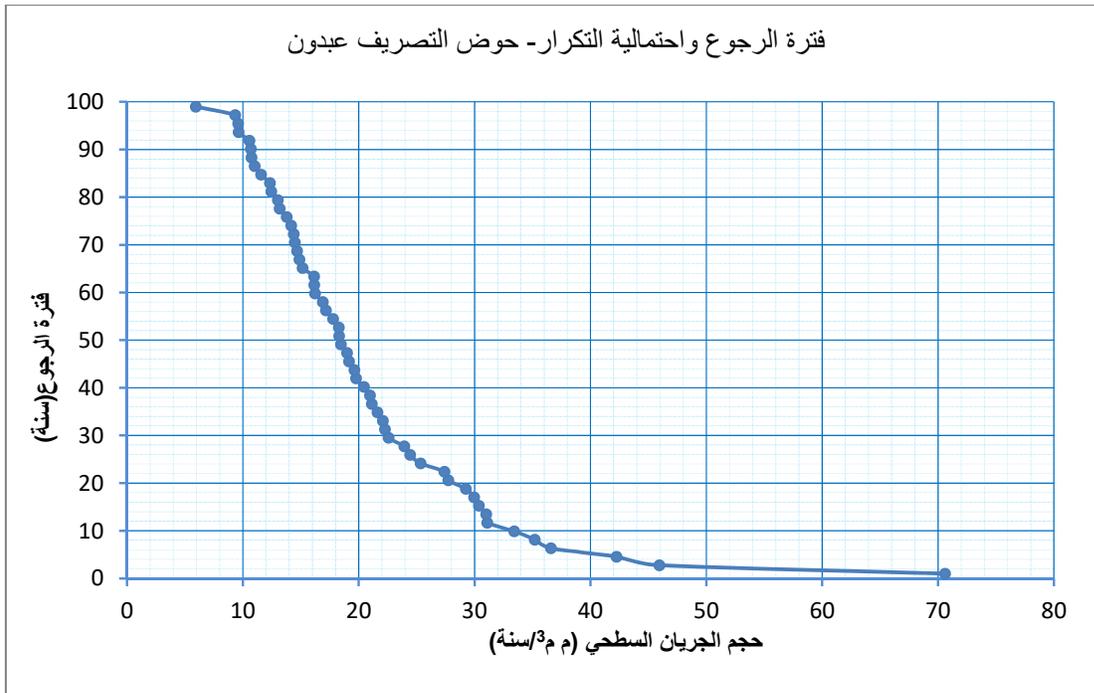
الشكل (11) حجم الجريان السطحي السنوي لحوض التصريف الجبيهة 1960 - 2016م.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

وتطبيق العلاقات الرياضية السابقة قد أمكن استخلاص الرتب لحجم الجريان السطحي السنوي لكلا الحوضين واستخلاص النسبة

المئوية لتكرار الحدث لفترة رجوع بلغت 56 سنة، يبين منحى التكرار لحوضي التصريف عبدون والجبيهة أن أقصى حجم للجريان السطحي السنوي لنفس فترة الرجوع لحوض التصريف عبدون بلغ 70 م<sup>3</sup> وفي حوض التصريف الجبيهة بلغ 24.75 م<sup>3</sup>، هذا يدل على أن حوض التصريف عبدون قادراً على توليد حجم جريان أكبر منه لحوض التصريف الجبيهة بالرغم من أن معدلات الهطول المطري لحوض التصريف الجبيهة أعلى منها لحوض التصريف عبدون، يُعزى ذلك لأن مساحة حوض التصريف عبدون أكبر من حوض التصريف الجبيهة فهي تستقبل كمية هطول مطري أكبر من حوض التصريف الجبيهة من ناحية، ومن ناحية أخرى ارتفاع قيم CN لحوض التصريف عبدون مقارنة بالجبيهة، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع نسبة الأراضي المبنية والأسطح المصمتة من مجمل مساحة الحوض، ومن الممكن أن يستفاد من حجم الجريان السطحي السنوي الذي يتشكل للحوضي التصريف بمعدل سنوي يصل إلى 28.1 م<sup>3</sup> سنوياً، كونهما يصبان في نفس المنطقة الواقعة عند عين غزال.

يتضح من منحى فترة التكرار واحتمالية الحدث لحوض التصريف عبدون، أن نسبة تكرار حجم جريان سطحي سنوي يقدر ب 70 م<sup>3</sup> بنسبة لا تتجاوز 1%، بينما تكرار حجم الجريان السطحي السنوي بما يتجاوز معدل حجم الجريان السطحي البالغ 20.9 م<sup>3</sup> يتكرر بنسبة 39% من سنوات فترة الرجوع، وأن 99% من سنوات فترة الرجوع تنتج حجم جريان يتجاوز 6 م<sup>3</sup> سنوياً كأدنى قيمة.



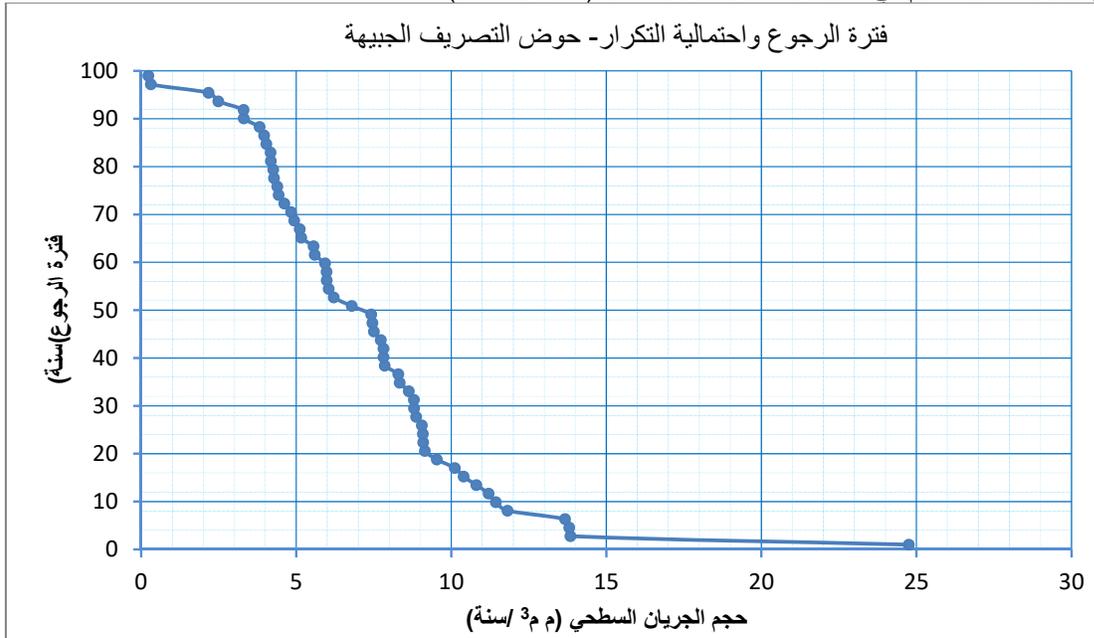
الشكل رقم (12) منحى التكرار واحتمالية الحدث لحوض التصريف عبدون.

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

وفي حوض التصريف الجبيهة يتبين أن تكرار حجم الجريان السطحي السنوي ب 24.75 م<sup>3</sup> كأعلى حجم جريان تشكل في الحوض بنسبة لا تتجاوز 1% لمجمل سنوات فترة الرجوع بينما تكرار حجم الجريان السطحي السنوي بما يتجاوز معدل حجم الجريان البالغ 7.23 م<sup>3</sup> فهو يتكرر بنسبة 50% من سنوات فترة الرجوع، في حين أن 99% من سنوات فترة الرجوع تنتج حجم جريان قدر ب 0.23 م<sup>3</sup> سنوياً كأدنى قيمة حجم جريان تشكل في فترة الرجوع.

يتضح من السابق أن متوسط حجم الجريان السطحي السنوي للحوضين يتجاوز 25 م<sup>3</sup>، ويعد هذا الحجم دافعاً قوياً لإنشاء سدود أو خزانات لجمع المياه والاستفادة منها، فتصميم المنشآت المائية وفق معايير معينة تساعد في الحماية من مخاطر السيول والفيضانات من ناحية. من ناحية أخرى الاستفادة من هذه المياه بإنشاء مشاريع الحصاد المائي وتطوير تقنيات جمع مياه الهطول

المطري بطرق علمية تسهم في تنمية واستثمار الموارد المائية (الشقور، 2017).



الشكل رقم (13) منحنى فترة التكرار واحتمالية الحدث لحوض التصريف الجببية.

المصدر عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري.

#### نتائج الدراسة

- يؤثر نوع الغطاء الأرضي على هيدرولوجية المنطقة، لتأثيره المباشر بقيم رقم منحنى الجريان السطحي، ففي حوض عبدون بلغت قيمة رقم منحنى الجريان 90.24، مما يحفز على تشكل الجريان السطحي بوقت أقل، في حين بلغت قيمة رقم منحنى الجريان السطحي لحوض الجببية 77.58، وهو أقل قدرة على تشكيل جريان سطحي من حوض عبدون لارتفاع قيم الفاقد من مجمل الهطول المطري.
- بلغت قيمة معامل S لحوض عبدون 26.5 ملم، وهذا يعني تدني الإمكانية القصوى للتربة على الاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي، بينما بلغت هذه القيمة لحوض التصريف الجببية 70.8 ملم، وهذا يعني أن الطاقة القصوى للتربة للاحتفاظ بالماء مرتفعة مما يقلل من إمكانية تشكل جريان سطحي، لذلك يعدّ هذا المعامل دالة مباشرة على سرعة استجابة حوض التصريف للجريان السطحي.
- تبين من تقدير حجم الجريان السطحي السنوي لحوضي التصريف عبدون والجببية، أن متوسط حجم الجريان الناتج لحوض عبدون يبلغ 20 م<sup>3</sup> سنوياً، بينما بلغ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي لحوض الجببية 7 م<sup>3</sup>، لذلك من الممكن الاستفادة من هذه المياه بإقامة المشاريع المائية الملائمة.
- بلغ حجم الجريان السطحي المتشكل عن عاصفة مطرية تبلغ 143.5 ملم، لحوض التصريف عبدون 19.9 م<sup>3</sup>، وبلغ حجم الجريان السطحي لحوض التصريف الجببية 5.2 م<sup>3</sup> عن عاصفة مطرية يومية بلغت 155 ملم، تعكس هذه القيم إمكانية تشكل جريان سطحي بحجم أكبر في حوض التصريف عبدون مقارنة بحوض التصريف الجببية.
- بلغت ذروة التصريف لحوض الجببية 4292.87 م<sup>3</sup>/ث ولعاصفة مطرية تبلغ 155 ملم، في حين أن ذروة التصريف لحوض عبدون تبلغ 11699.86 م<sup>3</sup>/ث لعاصفة مطرية 143.5 ملم، يعدّ ذلك مؤشراً قوياً على إمكانية تشكل جريان سطحي أكبر وبوقت أقل ويدرؤ تصريف أعلى في حوض التصريف عبدون مقارنة بحوض التصريف الجببية ويُعزى ذلك إلى ارتفاع قيم CN لحوض التصريف عبدون مقارنة بالجببية.

## التوصيات

- ضرورة اتخاذ تدابير تحد من مخاطر الجريان السطحي وتشكل السيول في حوض التصريف عبدون، كمنشآت التحكم والسيطرة.
- إجراء دراسات هيدرولوجية تهدف إلى تقييم إمكانيه الحصاد المائي لحوضي التصريف عبدون والجبيهة.
- تطوير شبكة تصريف مياه الأمطار لتواكب التوسع الحضري وما ينتج عنه من سرعة استجابة للجريان السطحي لمدينة عمان.

## المصادر والمراجع

- أبو سليم، ع. (2009)، التحليل الجيومورفولوجي للمعطيات الطبيعية المحددة لظاهرة الفيضانات النهرية في وادي الجردان، المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية، المجلد(2)، العدد(1)، 137-168.
- أبو العينين، ح. (1989)، أصول الجيومورفولوجيا: دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط10، الإسكندرية، مؤسسة الثقافة الجامعية، مصر.
- أمانة عمان الكبرى، (2015)، بيانات غير منشورة، عمان، الأردن.
- بات، هـ. (2005)، الوجيز في الفيضانات: التأثيرات والحماية، ط1، دمشق، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، ترجمة درويش عز الدين، دمشق.
- خضير، ك. (1988)، جيولوجيا عمان: صخور، معادن، تراكيب، مياه، جيولوجيا هندسية، جيولوجيا اقتصادية: دراسة تطبيقية، ط (1)، عمان: شقير وعكشة للطباعة والنشر والتوزيع.
- درادكة، خ. (2000)، هيدرولوجية المياه الجوفية ومبادئ في المياه السطحية، ط1، الأردن: جامعة البلقاء التطبيقية.
- زريقاات، د. (2017)، العوامل المؤثرة في تغير الغطاء الأرضي من وجهة نظر مالكي الأراضي في قضاء برما- جرش خلال الفترة (1953-2012)، مجلة دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 44، الملحق 1، 2017.
- سلامة، ح. (2004)، أصول الجيومورفولوجيا، ط1، عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- عباس، ي. (2002)، مقدمة في جغرافية الموارد المائية، ط1، طرابلس، لبنان: الجامعة المفتوحة.
- الشقور، س. (2017)، أثر الخصائص المورفومترية على الجريان المائي في هضبة الكرك جنوبي الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 44، العدد 4، الملحق 2، 2017.
- السعدي، م. وخوالدة، ح. (2016)، تحليل التغير السكاني في لواء الجامعة(عمان) للفترة (1979-2012)، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة دراسات، العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلد 43، العدد 1، 2016.
- الغزاوي، ع. والجبوري، ز. (2012)، النمذجة الهيدرولوجية لحصاد مياه السطح لوداي تارو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، المجلة الدولية العربية للمعلوماتية، المجلد(1)، العدد (2)، 69-75.
- ولسون، إ. (1982)، الهيدرولوجيا الهندسية، ترجمة سبتي، نزار وإسماعيل، لبيب، ط(1)، البصرة: جامعة البصرة.
- Al-ghamdi, K. Mirza, M. and Dawod, G (2012), Gis Evaluation of Urban Growth and Flood Hazards: A Case Study of Makkah City, Saudi arabia, Fig Working Week, Knowing To Manage The Territory, Protect The Environment, Evaluate The Cultural Heritage Rome, Italy, 6-10.
- Al Manasyeh, N.(2011), Impacts of Urbanization on Surface Runoff and Flooding Using Spatial Hydrological Models and GIS, Jordan Journal of Social Sciences, Vol.4 Issue 3, pp. 355 – 372.
- Al.Nubani, N. (2000), Rainfall Runoff Process and Rainfall Analysis For Nablus Basin, un published Master Dissertation, An-Najah National University, Palestine.
- Ghanem, A. (2011), Climatology of the areal precipitation in Amman/Jordan, International Journal of Climatology, 31: 1328-1333.
- Jonathan, F., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty, N, Snyder PK, 2005. Global Consequences of Land Use. - Sci. Rev. 309: 570-57.
- Kent, M. (1973), A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds, U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Services, SCS-TP-149.
- Makhamreh, Z. and Almanasyeh, N. (2011), Analyzing the State and Pattern of Urban Growth and City Planning in

- Amman Using Satellite Images and GIS. *European Journal of Social Sciences* – Volume 24, Number 2, 252-264.
- Mingbin H. Gallichand, J, Dong, C. Wang, Z. And Shao, M. (2007). Use of soil moisture data and curve number method for estimating runoff in the Loess Plateau of China. *Hydrological Processes*. 21, 1471–1481.
- Opu, K. Al Masum, A. Biswas, R. Islam, S. (2014), Flood frequency analysis by probability and stochastic method for Padma River, Bangladesh, *American Journal of Civil Engineering*, 2(1): 8-11
- Saidan, M. AL-Weshah, R. and O, I. (2015), Potential Rainwater Harvesting: An Adaptation Measure for Urban Areas in Jordan, *Journal Awwa 2015* © American Water Works Association, 594-602.
- Selaman, S. S, S. and Putuhena, F. (2007), Flood Frequency Analysis for Sarawak Using Weibull, Gringorten and L-Moments Formula, *Journal – The Institution of Engineers, Malaysia* (Vol. 68, No. 1, March 2007) 43-52.
- Soulis, K. and Valiantzas, J. (2012), SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds – the two-CN system approach, *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 1001–1015.
- USDA-TR55 (1986), *Urban Hydrology for Small Watersheds* Department of Agriculture, USA.
- Viessman, W. (1997), *Introduction to hydrology*, Published by Prentice Hall.
- Weng, Q. (2001), Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS, *Environmental Management*, Vol 28, No. 6, pp. 737–748.
- Camus, Albert: *the Myth of Sisyhus*. Trans. by Justin O Brien Vintage Book Newyork. 1955.

## **Impact of Urban Expansion on Surface Runoff in Amman City Using Geographic Information System: Case Study Abdoun and Jubiha Drainage Basins**

*Zaid Ayyash Skarnah, Zeyad Mufadi Makhamreh, Radwan A. Al-Weshah\**

### **ABSTRACT**

The objective of this study is to investigate the effect of urban sprawl on runoff in Amman city using GIS and SCS-CN method. Two drainage basins within Amman city was selected to conduct this study, those are Abdoun and Jubeiha Drainage basins. The weather data from 8 weather stations covered the study area was collected over a period of 56 years; the runoff curve number method was used to measure the depth and volume of runoff in the two Drainage basins. The study show that there is an increase with 70.4% in areas affected by urban sprawl in Abdoun Drainage basin which covers 171.59 km<sup>2</sup>, while the increase in areas affected by urban sprawl in Jubeiha sub-Drainage basin is about 21.49% which covers 57.24 km<sup>2</sup>. The results showed that the average runoff volume of Abdoun Drainage basin was 20m m<sup>3</sup>, while it was 7m m<sup>3</sup> for Jubeiha Drainage basin. This increase is due to a rise in runoff curve number to 90.2 in, as a result, the runoff depth, volume and peak discharge in Abdoun Drainage basin was increased compared with Jubeiha Drainage basin, which in turn caused more flash floods in Amman particularly in Abdoun Drainage basin. This study recommends conducting a high resolution hydrological study in Abdoun Drainage basin to evaluate the feasibility of using this water for urban uses.

**Keywords:** Land Cover, GIS, Surface Runoff, SCS-CN, Amman City.

---

\* Department of Geography, Faculty of Arts(1, 2), and Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering(3), The University of Jordan. Received on 23/10/2017 and Accepted for Publication on 3/6/2018.