الفصل الرابع

التقسيمات الهيدروليجية لسقوط الأمطار

Hydrological Divisions of Rainfall

١- عملية الإنسياب السطحى لسقوط الأمطار: (Rainfall – Runoff Process)

عند بداية سقوط المطر، فإنه يعترض بالمباني والأشجار والأغراض الأخرى، التي تمنع وصوله إلى الأرض. هذه الكمية تعرف باعتراض سقوط المطر.

(Rain fall Interception). حيث أن هذه الكمية تكون صغيرة جدًا فإنها لا تكون ذات أهمية في حالة المطر الشديد، ولكن في كثير من الحالات يتم التخلص من حجم كبير من المطر الخفيف بهذه الطريقة. الفرق بين إجمالي المطر الساقط وذلك الذي يتم اعتراضه يسمى سقوط المطر الأرضي (Ground Rain fall).

ثانيا، عندما يزيد معدل سقوط المطر عن معدل الاعتراض، فإن الماء يبدأ في الوصول إلى الأرض والتسرب (Infilteration)، نحو الطبقات تحت التربة (Subsoil Strate). أقصى معدل الذي عنده التربة في حالة معينة يمكنها امتصاص الماء تعرف بطاقة التسرب أو طاقة الرشح (f) (Infilteration Capacity).

ثالثًا، مياه المطر الزائدة تتجمع في العديد من المنخفضات الصغيرة والكبيرة الموجودة في الحوض، وتملأها إلى مستوى التدفق العلوي – هذه الكمية تعرف بتخزين الانخفاض(Depression storage). كل هذا التخزين يتم إستهلاكه إما بتبخيره أو استخدامه بواسطة النباتات، أو أخيرًا التسرب في التربة. ولا يوجد منه ما يظهر في شكل التدفق السطحي.

إذا استمرت شدة المطر (P) في الزيادة بعد امتلاء تخزين الانخفاض عن طاقة الرشح للتربة (f) ، فإن الفرق يظهر في شكل سقوط مطر زائد، والذي يتراكم أولاً على الأرض في شكل احتجاز سطحي (Surface Detention) (D)، ثم عندئذ يتدفق فى شكل التدفق فوق الأرض (Overland Flow). على سطح الحوض قبل دخول مجرى القناة. المياه التي تصل مجرى القناة للحوض بهذه الطريقة تسمى الانسياب السطحي أي تلك المناسبه وغير المتسربة إلى جوف الأرض (Surface-run off) (SRO). لذلك فإن الانسياب السطحي يمكن أن يحدث فقط من تلك العواصف التي يمكن أن تساهم في زيادة السقوط للمطر، والتي ببساطة لا يتم تبديدها في الاعتراض وتخزين المنخفضات والتسرب والرشح في الأحواض.

سقوط المطر الزائد Excess Rainfall

سقوط المطر الزائد يمكن أن يسمى كذلك سقوط المطر المؤثر، يتم تمثيله بالآتي:

سقوط المطر الزائد = سقوط المطر – الاعتراض – تخزين المنخفض – التسرب أو الرشح.

مجموع كلاً من الاعتراض وتخزين المنخفض للحوض يسمى عادة الفقد الأول، أو فقد الحوض، أو إعادة السخن الأولي للحوض. لذلك فإن زيادة المطر الساقط يمكن تمثيله كالآتي:

زيادة المطر الساقط = المطر الساقط – الفقد الأولي للحوض – التسرب

مجموع إجمالي الفقد الأولى للحوض والتسرب يسمى التسرب المحتمل أو الكامن (Potential Infilteration). نظرًا لأنه في حالة المطر الشديد يكون الفقد الأولي صغيرًا جدًا مقارنة بالمطر الزائد، فإنه عادة يتم إهماله في دراسات المياه لمثل هذه الحالات، أو يتم تقديره ليكون ضمن التسرب نفسه. لذلك فإن معدل التسرب يمثل كالآتي:

سقوط المطر الزائد = (سقوط المطر – التسرب) حيث يشمل التسرب الفقد الأولي

الماء الزائد الذي يتدفق فوق الأرض أو تدفق القناة في مستجمع مياه النهر (Water-shed)، تظهر حيزًا كتدفق سطحي عند مخرج الحوض، ولكن فقط بعد امتلاء طاقة مجرى قناته. هذا التخزين عند أي لحظة يعرف بتخزين القناة (Channel Storage)، ويحتمل أن يقلل من معدل الذروة للانسياب السطحي عند مخرج الحوض.

المطر الأولي والمتبقي: Initial and Residual Rain

المطر الذي يسقط في بداية عاصفة وقبل امتلاء المنخفض يسمى المطر الأولي (Initial Rain)، والمطر الذي يسقط قرب نهاية العاصفة بمعدل أقل من طاقة التسرب يسمى المطر المتبقى (Residual Rain). الفترة المتداخلة (Intervening period) هي فترة صافي الإمداد (Netsupply Interval). التسرب الذي يحدث بعد فترة صافي الإمداد يسمى التسرب المتبقى (Residual Infiltration)، وهو يتكون من سقوط المطر المتبقي زائد ذلك الجزء من المتبقي السطحي الذي على الأرض عند نهاية صافي فترة الإمداد ولكن بعد التسربات. لذلك فإن إجمالي المطر الساقط يساوي التدفق السطحي زائد الفرق بين التسرب المتبقي وسقوط المطر المتبقي. ولكن حيث الكمية الأخيرة تكون صغيرة عادة، فإن سقوط المطر الزائد يعتبر مساويًا للتدفق السطحي.

التدفق والتدفق السطحى (Runoff and Surface Runoff)

التدفق والتدفق السطحي هما مصطلحان مختلفان. التدفق يشمل كل المياه المتدفقة في مجرى القناة عند أي مقطع. بينما التدفق السطحي يشمل فقط المياه التي تصل مجرى القناة بدون التسرب السفلي نحو خط المياه. التدفق السطحي يسمى كذلك التدفق المباشر (Direct Run off). والتدفق يسمى كذلك التصرف (Discharge) أو تدفق المجرى (Stream flow).

إنتاجية حوض الصرف: (Yield of Drainage Basic):

إنتاجية حوض الصرف هي نفسها مثل التدفق، الفرق الوحيد هو أنه يقدر لفترات زمنية طويلة، بينما التدفق السطحي يقدر لفترات قصيرة. لذلك، فإن الإنتاجية تقدر عمومًا بالحجم الكلي للماء المتدفق في العام، مثل مليون متر مكتب في العام، بينما التدفق هو المعدل اللحظي ويقدر بحجم الماء المتدفق عند مقطع معين من النهر في الثانية أو في الساعة، مثل متر مكعب في الثانية أو متر مكعب في الساعة.

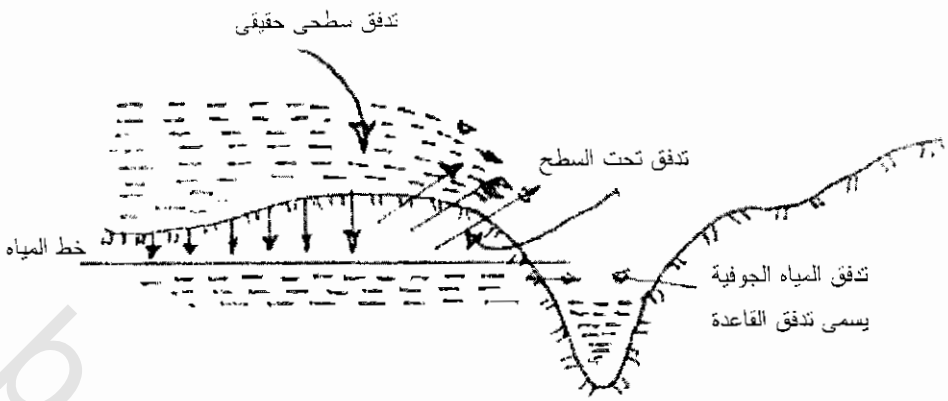
مكونات التدفق السطحي (constituents of surface Runoff)

التدفق السطحي كما تم تعريفه هو الماء الذي يصل مجرى القناة بدون التسرب إلى أسفل أولاً إلى خط المياه الجوفية. هذا التدفق السطحي قد يكون لمساحات معينة، وينقسم إلى قسمين.

١- الماء الذي يتدفق مباشرة فوق سطح الأرض ويسمى التدفق السطحي الحقيقي (Surface Run off).

٢- جزء من الماء الذي يتسرب خلال التربة، ويتحرك جانبيًا، وقبل الاتصال بخط المياه، يتصل بقيام النهر كما في الشكل (٤/١). هذا التدفق الداخلي الفوري يعرف بالتدفق تحت السطحي.(Subsurface Run off). وهو يسلك تقريبًا مثل التدفق السطحي وليس مثل تدفق المياه الجوفية، حيث أنه يصل المجرى بسرعة بحيث تصعب التفرقة بينه وبين التدفق السطحي الحقيقي. على الجانب الآخر، تدفق المياه الجوفية عادة يستغرق وقتًا طويلاً قبل الوصول إلى المجرى.

لهذا السبب فالتدفق تحت السطح يعامل دائمًا كجزء من التدفق السطحي.



شكل (٤/١) مكونات التدفق السطحى والتدفق الجوفى

مكونات التدفق:(constituents of Run off)

تدفق مجرى النهر يتكون من المكونات الثلاثة الآتية:

١- الترسيب المباشر فوق سطح المجرى.

٢- التدفق السطحي المكون من التدفق السطحي الحقيقي والتدفق تحت السطح.

٣- التدفق الداخلي للمياه الجوفية، والذي يسمى تدفق القاعدة (Base Flow) الجزء الأول يوفر جزء صغير جدًا من التدفق الكلي.

لذلك فإن تدفق النهر يمكن أن يتكون من التدفق السطحي والتدفق الداخلي للمياه الجوفية فقط. لذلك يمكن كتابة

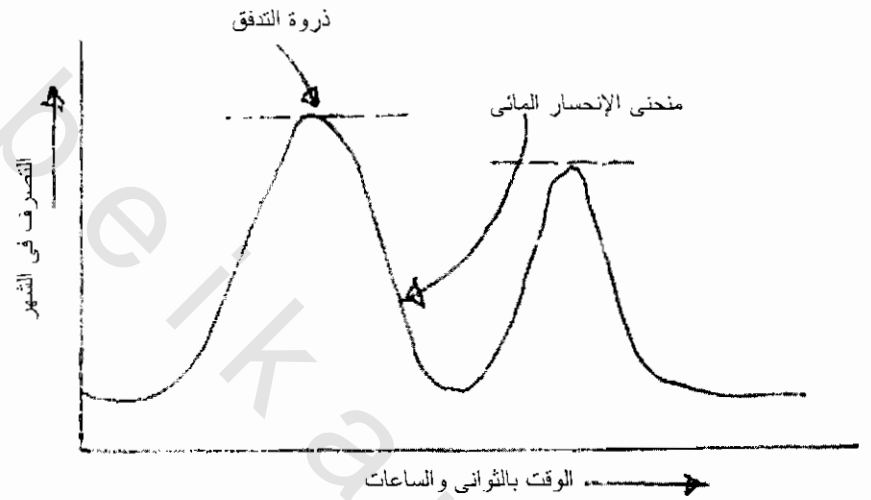
التدفق = التدفق السطحي + التدفق الداخل للمياه الجوفية (أي تدفق القاعدة).

الخريطة المائية لتدفق المجرى:: Hydrograph of stream Flow

الخريطة المائية هي تمثيل بالرسم البياني للتصرف المتدفق في النهر عند مكان معين، مع مرور الوقت. لذلك فإن العلاقة بين الوقت (على المحور X)، التصرف (على المحور Y) كما هو مبين في الشكل (٤/٢).

مثل هذا البيان يكون ممثلاً لتغيرات التصرف في النهر عند موقع معين، وكذلك يمكن أن يبين ذروة التدفق، التي تحكم تصميم منشأ هيدروليكي عند ذلك الموقع.

أقصى تدفق في النهر بسبب أي عاصفة يعرف بتدفق الذروة. (Peak Flow). تدفق الذروة هذا يختلف مع اختلاف أنواع العواصف.



شكل (٤/٢) مخطط البيان المائى

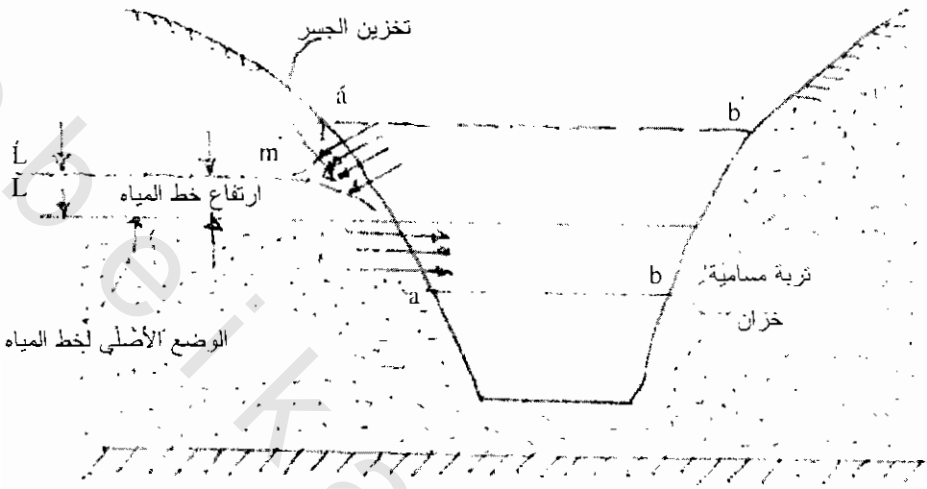
تدفق القاعدة (Base Flow)

المخطط البياني لتدفق النهر، هو التمثيل البياني لتصرف النهر، والذي يشمل التدفق السطحي والتدفق الداخل للمياه الجوفية (الذي يسمى تدفق القاعدة).

لعمل المخطط البياني المائي للتدفق السطحي فإنه يجب أن يتم طرح تدفق القاعدة من مخطط التدفق – لذلك فإنه يكون من الضروري تفهم تحركات تدفق المياه الجوفية، في النهر.

في الواقع، فإن المياه الجوفية قد تدخل أحيانًا النهر، وأحيانًا تكون بعيدة عنه طبقًا لما إذا كان الماء يخرج من القناة أو يدخل فيها، فإن القناة يمكن أن تسمى المجرى المتفرع من نهر أو بحيرة (Effluent stream) أو الرافد (Influent stream) على التوالي. نفس القناة يمكن أن تعمل كقناة دخول أو قناة خروج مع التغيرات الموسمية والأسباب المتعلقة بتلك التحركات هي كالآتي:

في حالة النهر الموضح في الشكل (٤/٣). لنفترض أن (Lm) هو وضع خط المياه الجوفية، وأن (ab) هو منسوب الماء في النهر، منسوب الماء (ab) أسفل خط المياه (Lm). مثل هذه الحالة قد تحدث في موسم الصيف بعد نهاية موسم الأمطار.



شكل (٤/٣) تدفق القاعدة

في هذه الحالات، حيث منسوب المياه في النهر يكون منخفضًا عن خط المياه فإنه يبدأ التدفق من أسفل خط المياه نحو المجرى بسبب الفرق في الضغط الهيدروستاتيكي بين الجسور والمجرى. دخول المياه الجوفية سوف يستمر حتى يتساوى منسوب المياه. معظم الأنهار تحصل على إمداداتها خلال موسم الصيف من عملية دخول المياه الجوفية.

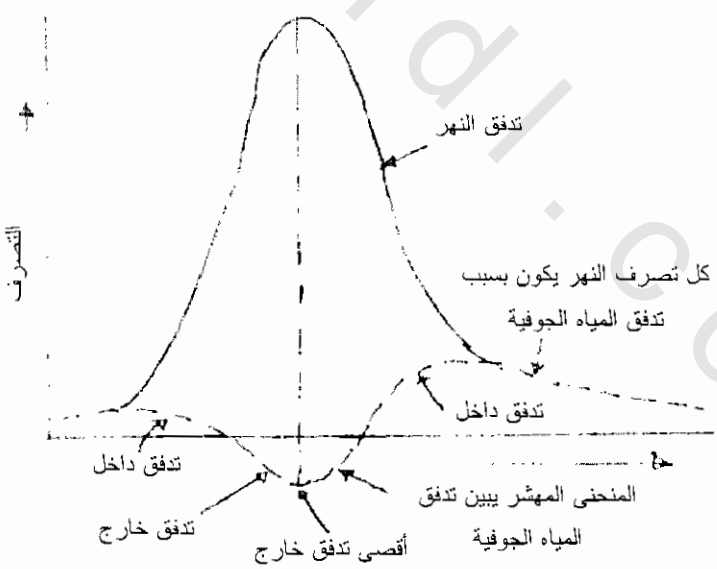
أثناء موسم المطر، عندما تزيد الأمطار الثقيلة كفاءة رطوبة التربة وتسقط على السطح، سببه كمية كبيرة من التدفق السطحي فإن تلك الحالة يمكن تصورها كالآتي:-

كلاً من خط المياه وكذلك سطح المياه في النهر سوف يرتفع. ولكن الارتفاع في مياه النهر سيزيد عن الارتفاع في خط المياه.

بفرض (L'm') هو الموقع الجديد لخط المياه، وأن (a' b') سطح المياه الجديد في النهر. بمجرد حدوث هذه الحالة، فإنه سوف يوجد ضغط هيدروستاتيكي أعلى في المجرى على الجسور، ولذا فإنه سوف يبدأ التدفق الخارج من المجرى. بمعنى آخر،

سوف يتوقف التدفق الداخل من المياه الجوفية وأن اتجاه التدفق سوف ينعكس، مكونًا مخزون الجسر (Bank storage) الموضح بواسطة (am' m') شكل (٤/٣). هذا التدفق الخارج سوف يستمر حتى وصول منسوب المياه في النهر ليكون أعلى من منسوب خط المياه الجوفية بمجرد هبوط منسوب المياه فى النهر أسفل منسوب خط المياه، فإذا التدفق ينعكس ثانيًا ويبدأ التدفق الداخل من المياه الجوفية إلى النهر. وبعد وقت، بسبب مخزون الجسر فإن تدفق المياه الداخل يزداد كثيرًا. وبمجرد صرف مخزون الجسر فإن الماء سوف يتدفق بالطريقة الطبيعية.

لذلك، فإنه يمكن استنتاج أنه خلال مرحلة ذروة النهر فإنه يوجد تدافع خارج من النهر نحو الخزان الجوفى، ولكن بمجرد سقوط الذروة، فإن التدفق ينعكس ويبدأ دخول التدفق الداخل من المياه الجوفية إلى النهر – ويمثله المخطط المائي الموضح بالخط المهشر في الشكل (٤/٤). جزء المنحنى أسفل المحور الأفقي يمثل التدفق الخارج والجزء فوقه يمثل التدفق الداخل. نظرًا لأن التدفق الخارج من النهر يحدث لفترة زمنية قصيرة جدًا ويقوم بعملية الرشح (Infilteration) فإنه عادة يهمل في جميع الحسابات المائية، بينما التدفق الداخل نحو النهر يحدث لفترات طويلة ومسئول عن زيادة التدفق في الأنهار كما ينبغي حسابه. هذا التدفق الداخل يشار إليه عمومًا بتدفق القاعدة (Base Flow).



شكل (٤/٤) تأثير تدفق المياه الجوفية على تصرف النهر

منحنى نضوب المياه الجوفية أو منحنى تدفق القاعدة:

Ground Water Depletion Curve or Base Flow Curve

عندما لا يكون هناك تدفق سطحي إما من الأمطار أو من انصهار الجليد، فإن ماء النهر يكون مشتقاً من المياه الجوفية. هذا ينتج عنه انخفاض مستمر لخط المياه مع استمرار خفض تدفق المجرى (التصرف) حتى حدوث المطر لإنتاج تراكم للمياه الجوفية أو تدفقات سطحية. إذا حدث بعد المطر الشديد (عندما يكون خط المياه عند أقصى ارتفاع)، عدم حدوث مطر بعد ذلك، فإن تدفق المجرى يمكن إمداده كلية بواسطة تدفق القاعدة، حتى هبوط خط المياه إلى أسفل أدنى مستوى لطبقة قناة المجرى، عندئذ وفي هذه الحالة، فإنه لا يوجد تدفق في النهر. المخطط البياني المائي للنهر خلال تلك الفترة (أي من الوقت عندما يكون خط المياه عند أقصى ارتفاع حتى الوقت حيث لا يوجد تدفق) ليس إلا مخطط بياني للتدفقات الداخلة من المياه الجوفية إلى النهر، والتي تعرف بمنحنى نضوب المياه الجوفية أو منحنى تدفق القاعدة. نموذج لمنحنى نضوب المياه الجوفية موضح في الشكل (٤/٥)

شكل (٤/٥) منحنى إنحسار المياه الجوفية

كما سبق شرحه، فإن المخطط البياني للنهر هو تمثيل لتدفق النهر، التدفق هو مجموع التدفق السطحي وتدفق المياه الجوفية. عندما يكون التدفق السطحي صفر فإن التدفق يساوي تدفق المياه الجوفية، لذلك خلال فترات التدفق السطحي صفر، فإن المخطط البياني للنهر سوف يمثل المخطط البياني لتدفق المياه الجوفية في النهر أي منحنى نضوب المياه الجوفية.

لذلك، فإن منحنى نضوب المياه الجوفية يجب أن يتم تمثيله بواسطة جزء من المخطط البياني السنوي للنهر، في الواقع، فإن منحنى انحسار ألبيان المائي السنوى يمثل جزء من منحنى نضوب المياه الجوفية.

فقط الفترة الزمنية الطويلة بدون مطر تضمن احتمال تمام تنمية منحنى نضوب المياه الجوفية. ولكن من الناحية العملية، في المناطق حيث الترسيب العالي فإنه لا تحدث فترة زمنية طويلة لعدم سقوط أمطار، والتي تسبب تمام تنمية منحنى نضوب المياه الجوفية. المثال الواضح لمنحنى نضوب المياه الجوفية هو المخطط البياني لنهر الكونغو البلجيكي (لالابا). وهو نهر مداري وله سقوط أمطار موسمية ملحوظ، ولا يوجد سقوط مطر خلال الأشهر من مايو إلى سبتمبر. خلال تلك الفترة من مايو إلى سبتمبر يكون إجمالي التدفق مبني على التدفق الداخل من المياه الجوفية. مخطط بياني لمياه هذا النهر موضح في الشكل (٤/٦).

شكل (٤/٦) المخطط المائى السنوى لنهر لالابا (Laulaba)

الجزء (CD) من هذا المخطط البياني المائي يمثل منحنى نضوب المياه الجوفية أو منحنى تدفق القاعدة.

عزل تدفق القاعدة من الخريطة المائية البيانية للنهر للحصول على البيان المباشر للتدفق

Separation of Base Flow From Hydrograph of River To obtain Direct Run off Hydrograph.

إذا كان الماء المتدفق في النهر من المياه الجوفية يكون التصرف الحقيقي للنهر، فإنه يمكن الحصول على الخريطة المائية للتدفق السطحي للنهر، على أساس إهمال الترسيب المباشر فوق النهر.

لذلك، عند الرغبة في فصل التدفق السطحي، فإن منحنى المياه الجوفية الداخلة يكون فوق مخطط التدفق. الرقم ما بين هذين المنحنيين سوف يمثل المخطط البياني للتدفق السطحي أو مخطط التدفق المباشر شكل (٤/٧).

ولكن تقييم منحنى التدفق الداخل للمياه الجوفية ليس سهلاً، ولذا فلعزل تدفق القاعدة الداخل فإنه عمومًا يتم رسم خط مستقيم مثل (ab) على المخطط البياني لتدفق النهر.

النقطة (b)، رغم هذا، لا يمكن تحديدها بدقة، ولكن هذا ليس ذو أهمية بالغة، طالما يتم تبنى نفس الطريقة. هذه النقطة قد تؤخذ كنقطة أكبر انحناء قرب الطرف المنخفض لجانب الانحسار للمخطط البياني المائي. في الواقع، فإن النقطة (b) تمثل النقطة حيث يتوقف التدفق السطحي، ولذلك، بعد النقطة (b) هذه فإن الرسم البياني للتدفق سيكون هو منحنى استنزاف المياه الجوفية فقط. ولذا، فإن الجزء (bc) يمثل منحنى استنزاف المياه الجوفية.

شكل (٤/٧) فصل التدفق القاعدى للحصول على المخطط المائى للتدفق المباشر

لذلك، فإنه في حالة توفر التسجيلات الكافية فإنه من هذه التسجيلات يتم توقيع منحنى استنزاف المياه الجوفية على ورق شفاف، يتحرك على المخطط البياني للتدفق حتى يتطابق هذا المنحنى مع الجزء (bc) من المخطط البياني، فإنه يمكن بسهولة تثبيت النقطة (Q). في هذه الطريقة لتثبيت النقطة (b)، يجب الحرص على رؤية أنه تم توقيع منحنى انحسار المياه الجوفية على نفس الدوران مثل ذلك للمخطط البياني للنهر.

المخططات المائية السنوية للمجاري المدنية المستمرة طوال العام والمتقطعة سريعة الزوال:

Annual Hydrogoraphs of perennial Intermittent And Ephemeral streams:

دراسة الخريطة المائية السنوية للمجارى المائية يمكن أن تساعد في تصنيف المجارى المائية إلى الأنواع الثلاث التالية:

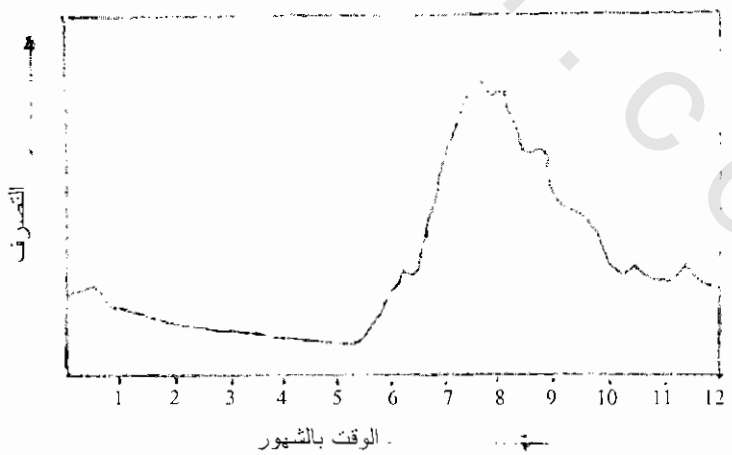
١- المجارى المائية المستديمة طوال العام

٢- المجارى المائية المتقطعة.

٣- المجارى المائية سريعة الزوال.

المجاري المائية المستديمة طوال العام:

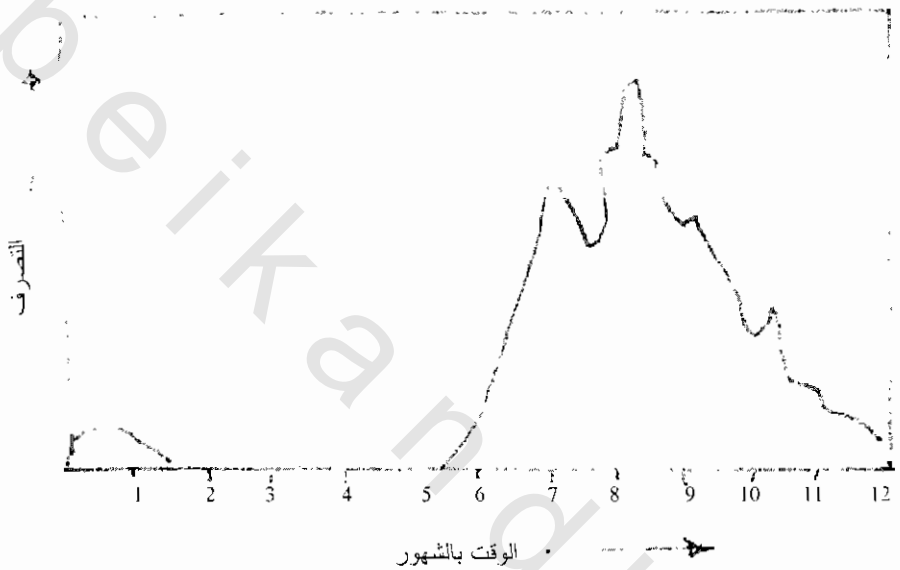
و هذه تحمل بعض التدفق خلال العام شكل (٤/٨)، ولذا تكون عادة حاملة لكمية كبيرة من تدفق القاعدة. خط المياه يكون عادة فوق طبقة النهر.



شكل (٤/٨) المخطط المائى السنوى للمجرى

المجاري المتقطعة:

وهذه تتدفق فقط خلال موسم الخماسين شكل (٤/٩)، ولذا فإنها تحمل تدفق القاعدة الذي يساهم فقط خلال الموسم الممطر. خط المياه في المنطقة يكون فوق طبقة النهر فقط خلال الموسم الممطر.

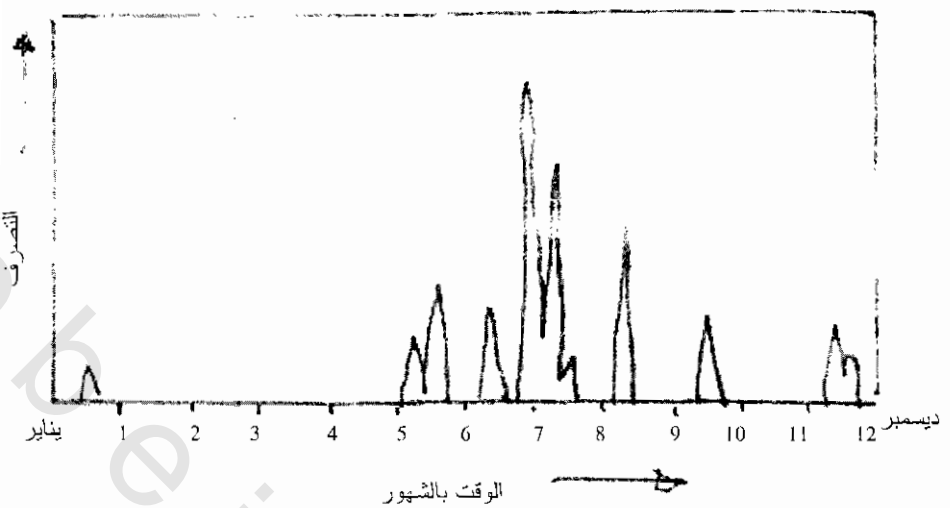


شكل (٤/٩) المخطط السنوى للمجرى المتقطع

المجاري المائية سريعة الزوال:

وهذه لا تستقبل أي تدفق قاعدة يساهم، حيث خط المياه في المنطقة يكون دائما دون مستوى طبقة المجرى. المخطط البياني المائي لهذا المجرى شكل (٤/١٠) يمثل تدفقات وميضية (Flash Flows) نتيجة للعواصف الممطرة.

obeikandi.com



شكل (٤/١٠) المخطط السنوى للمجرى المائى سريع الزوال

obeikandl.com