الفصل الخامس

الرشح أو التسرب لمياه الأمطار

Rain fall in Filtration

الماء دائم التبخر من الأرض، ويتم ترسيبه ثانيًا على الأرض، أساسًا في شكل سقوط المطر. جزء من المطر الساقط هذا يغوص في الأرض مكونًا خزان المياه الجوفية، الجزء الرئيسي الثاني يتدفق في شكل الأنهار والباقي يفقد في البخر والنتح. الجزء من المطر الساقط الذي يتسرب إلى التربة سيتم دراسته.

١- الترشيح أو التسرب Infiltration

عند سقوط المطر على تكوينات ما، فإن جزءًا صغيرًا يتم امتصاصه أولاً بواسطة الطبقة الرقيقة للتربة وذلك لإثراء كفاءة رطوبة التربة. لذلك، فإن الماء الزائد يتحرك إلى أسفل حيث يحتجز في الفراغات ومسام التربة ويصبح مياه جوفية.

هذه العملية، حيث تدخل المياه سطح طبقة التربة وتتحرك إلى أسفل نحو خط المياه، تعرف بالرشح أو التسرب.

٢- طاقة الرشح: Infiltration Capacity

كمية المياه الجوفية المخزنة في التربة تحت الأرض تتوقف أساسًا على عدد الفراغات الموجودة في التربة والتي بالتالي لا تعتمد على حجم حبيبات التربة ولكن على التنظيم والشكل ودرجة الدمج. لذلك، فإن أنواع التربة المختلفة سيكون لها عدد مختلف من الفراغات وبالتالي، قدرات وطاقات مختلفة لامتصاص المياه.

أقصى معدل الذي عنده التربة في أي حالة تكون قادرة على امتصاص المياه يسمى طاقة الرشح والتسرب للتربة. ويشار إليها بالرمز (f).

٣- معدل الرشح: Infiltration Rate

من الواضح أن المطر سوف يدخل التربة بأقصى معدل للطاقة (f) فقط خلال حالات زيادة سقوط المطر عن طاقة الرشح. عندما تكون شدة المطر أقل من طاقة الرشح، فإن معدل الرشح السائد يكون تقريبًا مساويًا لمعدل سقوط المطر. لذلك، معدل الرشح الحقيقي السائد قد يكون مساويًا أو أقل من طاقة الرشح. هذا المعدل السائد الذى عنده تدخل المياه تربة معينة في وقت معين يعرف بمعدل الرشح.

في حالة زيادة شدة سقوط الأمطار (P) عن طاقة الرشح (f) فإن الفرق يسمى المعدل الزائد لسقوط المطر (Pe). هذا الماء الزائد يتراكم أولاً على الأرض في شكل احتجاز سطحي (Surface Detention) (D)، ثم يتدفق فوق الأرض نحو المجاري المائية.

٤- رطوبة التربة: Soil Moisture

المياه أسفل خط المياه تعرف بالمياه الجوفية والمياه فوق خط المياه تعرف برطوبة التربة. المنطقة فوق خط المياه تنقسم إلى ثلاث مناطق:

١- منطقة الخاصية الشعرية (Caplillary zone).

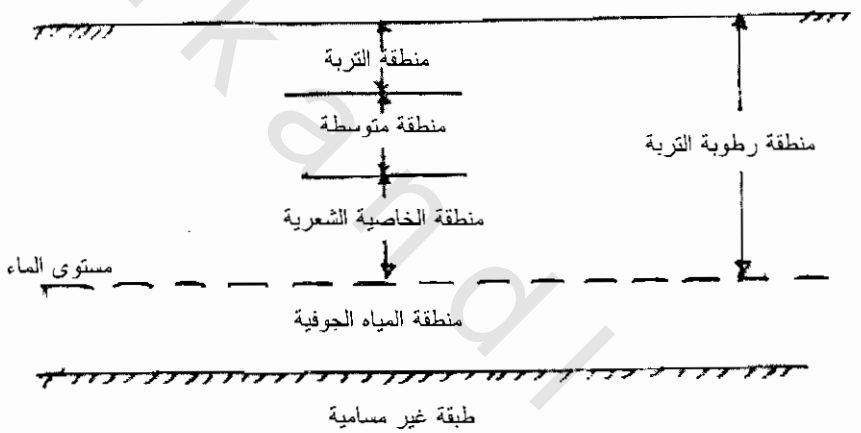
٢- المنطقة المتوسطة.

٣- منطقة التربة (Soil Zone)

فوق خط المياه بمسافة تتراوح ما بين ٠,٣ إلى ٣ متر طبقًا لشكل التربة، توجد منطقة الخاصية الشعرية أو تخوم الخاصية الشعرية. خلال منطقة الخاصية الشعرية هذه يظل محتوى الرطوبة ثابتًا بفعل الخاصية الشعرية.

أسفل سطح الأرض، توجد منطقة التربة، والتي تعرف بعمقها لحمل المخترق بجذور النبات. خلال منطقة الجذور هذه، يتغير المحتوى من الرطوبة بشدة، حيث يتراوح ما بين الحالة المشبعة جزئيًا مباشرة بعد فترات المطر الشديد، إلى أدنى محتوى بعد الجفاف الطويل المستمر.

المنطقة بين منطقة الخاصة الشعرية ومنطقة التربة تسمى المنطقة المتوسطة في هذه المنطقة باستثناء فترات تراكم المياه الجوفية من سقوط المطر فإن كمية المياه داخل أي فراغ تكون ثابتة تقريبًا خلال العام. في بعض الحالات، يكون ارتفاع منطقة الخاصية الشعرية زائدًا، وقد تمتد حتى منطقة التربة. في تلك الحالة، فإنه سوف لا تكون هناك منطقة متوسطة. مختلف المناطق موضحة في الشكل (٥/١)



شكل (٥/١) مختلف مناطق التربة

٥- الطاقة الحقلية: Field Capacity

بعد المطر مباشرة وعند صرف الجاذبية كل مياه نحو خط المياه، فإنه تظل كمية معينة من الماء على أسطح حبيبات التربة بالانجذاب الجزئي Melecular Attraction. وهذا ما يعرف بماء الغشاء السطحي (Pellicular Water). هذا الماء لا يمكن إزالته بسهولة. درجة مقاومته للتحرك يعبر عنها بالجذب السطحي (Surface Tension). عند التعبير عن هذا الماء والذي يمكن لأي تربة احتجازه ضد

الجاذبية بطريقة غير محددة فإن التقدير يكون بعمق الماء (كما لو كان منتشرًا على الحوض) عندئذ فإنه يعرف بالطاقة الحقلية (Field capacity).

جزء معين من ماء الغشاء السطحي هذا الذي يمكن استخلاصه بسهولة بفعل جذور النباتات يسمى الرطوبة المتاحة (Available Moisture). الباقي هو الرطوبة غير المتاحة ويعرف بالماء الاسترطابي أي الماص للرطوبة من الهواء (Hygrosocopic water) . النباتات يمكن أن تستخلص الماء من التربة حتى الوصول إلى نقطة الذبول (Welting point). لذلك، فإن الرطوبة المتاحة هي الرطوبة ما بين الطاقة الحقلية (الحد العلوي) ونقطة الذبول (الحد السفلي). نقطة الذبول هي المحتوى من الرطوبة الذي عنده يحدث الذبول الدائم للنباتات. مياه الاسترطاب (Hygros copic) يكون عندئذ المحتوى من الرطوبة في التربة بعد الذبول.

عمق الماء اللازم للوصول بالمحتوى من رطوبة التربة لدرجة معينة إلى طاقتها الحقلية يسمى النقص في الرطوبة الحقلية أو نقص رطوبة التربة (Soil Moisture Deficiency).

عند سقوط المطر، فإنه أولاً وقبل كل شيئ يقوم بإمداد وامتلئ النقص في رطوبة التربة، وعندئذ فقط فإنه يمكن أن يكون هناك تراكم للمياه الجوفية. ولكن النقص في رطوبة التربة يختلف عند مختلف النقط، والمطر الساقط سوف يمونه بمعدلات مختلفة عند مختلف النقط. لذلك فإن في نفس حوض الصرف، يكون من الممكن جدًا أن تراكم المياه الجوفية بعيدًا عن نقطة، بينما النقص في رطوبة التربة يظل موجودًا في نقطة أخرى.

٦- الرطوبة المكافئة: Equivalent Hoisture

حيث أن الطاقة الحقلية هي الماء المحتجز بالتربة المشبعة بعد تأثرها بالجاذبية، بالمثل الرطوبة المكافئة هي الماء المحتجز بالتربة المشبعة بعد حدوث الطرد المركزي بقوة طرد مركزي تعادل ١٠٠٠ ضعف للجاذبية. لذلك فإنه يكون أقل قليلاً أو غالبًا ما يساوي الطاقة الحقلية.

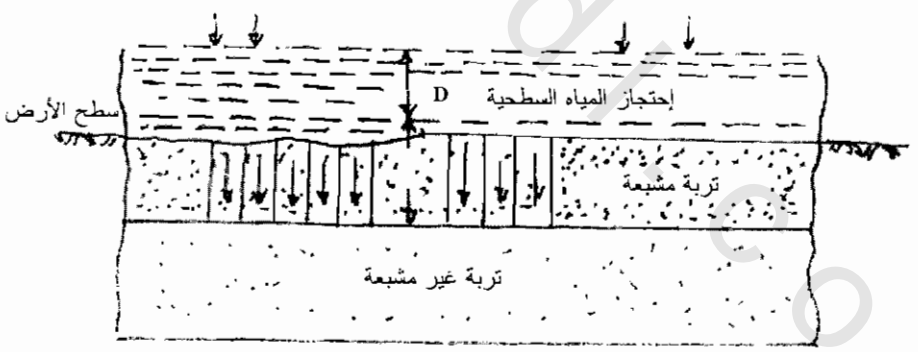
٧- العوامل المؤثرة على طاقة الرشح والتسرب:

طاقة تكوينات التربة لامتصاص الماء تعرف بطاقتها للرشح أو التسرب (f). وهي ليست عامل ثابت. وهي تتغير مع الوقت ومع المكان – قيمة (f) في أي وقت معين ومكان معين هي محصلة تأثير تفاعل مختلف العوامل. بعض من هذه العوامل يغير قيمة (f) مع تغير المكان، والبعض الآخر يغيرها من وقت إلى آخر عند مقطع معين. توجد عوامل أخرى معينة مثل الغطاء النباتي التي يمكن أن يغير قيمة (f) مع كل من المكان والوقت. العوامل المختلفة التي تؤثر على قيمة (f) يتم تناولها كالآتي:

أ- سمك التشبع وعمق الاحتجاز السطحي:

Thickness of the Saturated layer and The Depth of surface Detention:

المياه تتسرب نحو الأرض تحت تأثير قوى الجاذبية، حيث توجد طبقة من التربة قرب السطح ذات فراغات خلالية مشبعة. إذا كان سمك طبقة التربة المشبعة هذه عند أي وقت وعند مقطع معين (L)، عندئذ فإن الماء سوف يتدفق خلال سلسلة من أنابيب رقيقة ذات طول (L) كما هو موضح في الشكل (٥/٢).



شكل (٥/٢) سمك التشبع وعمق الاحتجاز السطحي

عند قمة كل أنبوب، يكون الضغط الرأسي مساويًا لـ (D) (أي مساويًا للحجز السطحي) وإجمالي الضغط الرأسي المسبب للتصرف هو (D+L). وعلى الجانب الآخر، مقاومة التدفق التي تسببها التربة تكون متناسبة مع (L).

لذلك:

القوة (F) المسببة للصرف α (D+L)

ومقاومة التدفق (R) α L

إذا أن (L) كبيرة مقارنة بـ (D)، فإن التغيرات في (L) سوف يكون لها تقريبًا تأثير مساوي فى القوة والمقاومة، وأن معدل الرشح يكون ثابتًا تقريبًا.

ولكن، مع بداية المطر يمكن أن تكون كلاً من (D)، (L) بنفس المقدار، في هذه الحالة، تكون القوة كبيرة مقارنة بالمقاومة، وأن الماء سوف يدخل التربة بسرعة. ولكن مع مرور الوقت، سوف تزيد (L) عن (D) ولذلك، فلا يكون هناك اختلاف كبير بين مقادير كلاً من (F)، (R) ولذا فإن معدل الرشح والتسرب يقل. هذه هي أحد الأسباب حيث لماذا (f) تكون كبيرة نسبيًا عند بداية المطر.

ب- رطوبة التربة Soil Moisture

كمية رطوبة التربة لها تأثير هام على طاقة الرشح. تأثيرات رطوبة التربة على قيمة (f) هي تأثيرات مضاعفة كالآتي:

أ – في بداية الشتاء أو الربيع يكون محتوى التربة من الرطوبة بصفة عامة عاليًا ومقدار (f) يكون منخفضًا، بينما في فصل الصيف، يكون محتوى التربة من الرطوبة منخفضًا، ولذا فإن مقدار (f) يكون عاليًا. عندما تكون التربة جافة، يزداد الرشح، وذلك للأسباب الآتية:

عند سقوط المطر على تربة جافة، فإن السطح العلوي يصبح مبللاً، بينما الأجزاء السفلى من هذه التربة تظل عالية الجفاف نسبيًا. لذلك، فإنه يوجد فرق كبير فى جهد الخاصية الشعرية (Capillary potential) ما بين الأسطح العليا للتربة وتلك أسفلها. بسبب هذا الفرق من جهة الخاصية الشعرية فإن قوة الاتجاه إلى أسفل (Downward force) سوف تعمل على الماء والتي ستكون بالإضافة إلى قوة الجاذبية. لذلك، فإن الماء سوف يتحرك إلى أسفل

بفعل قوتين، ولذا سيكون سريعًا. مع مرور الوقت، يصبح السطح السفلي للتربة مبللاً كذلك، وهذا الفرق في جهد الخاصية الشعرية سيستمر في الانخفاض، ومن ثم سوف يستمر الرشح والتسرب في النقص مع استمرار الزيادة في رطوبة التربة.

ب – التأثير الثاني لرطوبة التربة على (f) يكون عكس الأول – عندما تصبح التربة مبللة ورطبة، فإن الغرويات (Colloids) الموجودة في التربة سوف تنتفخ في الحال، وبذا تنخفض طاقة الرشح خلال الفترة الأولى لسقوط المطر. هذا هو أحد الأسباب لماذا أنه يوجد إنخفاض كبير فى قيمة (f) أثناء المطر. لذلك، فإن هذا العامل يكون مسئولاً عن الكثير من التغيرات الموسمية في قيمة (f) وكذلك كجزء من الخفض السريع في (f) أثناء المطر.

جـ – الدمك خلال المطر Compaction During Rain

عند سقوط المطر فوق التربة، فإنه يحدث دمك ميكانيكي للتربة. هذا الدمك يقلل الفراغات في التربة ذات الحبيبات الدقيقة مثل الطفلة وبالتالي يقلل طاقتها في الرشح والتسرب. يمكن إنتاج عدة تأثيرات بهذه الطريقة على تربة الطفلة المعرضة، والتي عند الدمك تصبح غير مسامية ولكن طاقة الرشح للتربة الرملية النظيفة يكون تأثيره قليلاً نتيجة دمك المطر.

هذا هو العامل الآخر المسبب لانخفاض طاقة الرشح سريعًا خلال الجزء الأول من العاصفة الممطرة.

د – غسيل الحبيبات الدقيقة Washing of Fines

عندما تصبح التربة شديدة الجفاف، فإن السطح عادة يحتوي على العديد من الجسيمات الدقيقة. عند سقوط المطر وبدأ الرشح فإن تلك الجسيمات الدقيقة يتم دفعها إلى أسفل في التربة، حيث ترسب في الفراغات، وبذا تقلل من طاقة الرشح. هذا العامل يقلل كذلك من (f) أثناء المطر.

هـ- الدمك بفعل الإنسان والحيوان وتحرك الأحمال الحية الأخرى:

عند تحرك تلك العناصر فإن التربة تصبح غير مسامية وبذا تنخفض قيمة (f).

هـ-الغطاء النباتى Vegetation Cover

هذا العامل مرتبط بالعديد من العوامل التي تم وصفها مسبقًا، ولكن هذا العامل هو الأكثر أهمية.

ضغط الغطاء النباتي الكثيف فوق التربة، يزيد من طاقة الرشح والتسرب لتلك التربة بدرجة كبيرة. في وجود الغطاء النباتي، يكون المطر غير قادر على دمك التربة، وكذلك يوفر طبقة من المواد العضوية القابلة للتحلل والتي تساعد على نشاط الحشرات المدفونة والحيوانات والتي بالتالي تنتج تربة ذات مسامية. كلا هذين العاملين يساعدان في زيادة طاقة الرشح وبالتالي فإن وجود الغطاء النباتي يسبب زيادة في طاقة الرشح لذلك فإن تلك التربة المحمية قد يكون لها أضعاف طاقة الرشح. مقارنة بحالة كونها قاحلة. كذلك، فإن النتح بواسطة النبات يزيل رطوبة التربة وبذا يعمل على زيادة (f) خلال المراحل الأولى للمطر.

الحاصلات العرضه توفر حماية قليلة من دمك المطر وتعمل فقط في إنتاج غطاء جزئي من المواد العضوية، حيث تكون النتيجة أن (f) قد تكون منخفضة نسبيًا في المساحات المغطاة بتلك المحاصيل.

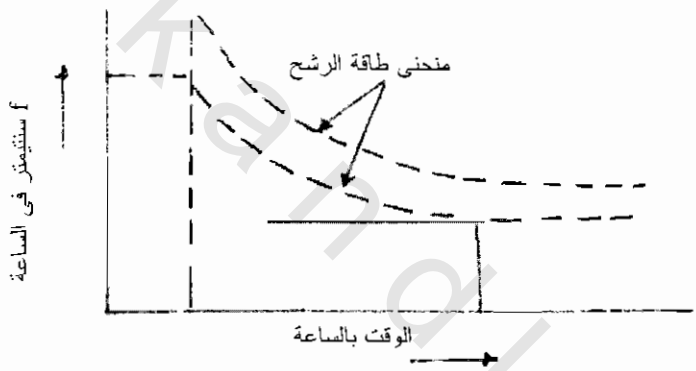
و – درجة الحرارة:

تتغير لزوجة الماء مع درجة الحرارة. لذلك فإن الفراغ في التربة يكون في الغالب تطابقي (Laminar)، ومعدل الرشح سوف يتغير كذلك مع اللزوجة. لذلك فإن (f) تتغير مع درجة الحرارة. هذا العامل يسبب انخفاض قيمة (f) إلى حد ما في الشتاء وأعلى قليلاً في الصيف.

٨- منحنى طاقة الرشح In filtration Capacity Curve

منحنى طاقة الرشح هو التمثيل البياني لكيفية تغير طاقة الرشح مع الوقت خلال وبعد المطر بقليل.

كما تم ذكره سابقًا، تكون طاقة الرشح عاليه جدًا عند بداية عاصفة المطر التي تحدث بعد فترة طويلة من الجفاف. أثناء العاصفة الممطرة تقل طاقة الرشح كثيرًا لعدة أسباب منها، الحجز السطحي، رطوبة التربة، الدمك بسبب المطر، غسيل الجسيمات الدقيقة.. إلخ كما تم شرحه سابقًا. بعد فترة زمنية معينة (من ١ إلى ٣ ساعات) فإن طاقة الرشح تميل إلى أن تصبح ثابتة مثال لمنحنى طاقة الرشح موضح في الشكل (٣/٥).



شكل (٣/٥) منحنى طاقة الرشح

٩- طرق حساب طاقة الرشح:

تستخدم طريقتين لتعيين طاقة الرشح:

أ- الطرق التجريبية، باستخدام محاكاة المطر أو مقاييس الرشح.

ب-بتحليل جهاز جمع وتحليل المطر الساقط والمخطط البياني للتدفق.

الطريقة الأولى تتكون من الاستخدام الصناعي للماء على التربة المطلوب تعيين طاقة الرشح لها، ثم ملاحظة وتحليل الرشح الحقيقى. هذه الطريقة ليست ذات

أهمية في تعيين قيمة طاقة الرشح والتي يلزم إعادة استخدامها لحساب التدفق من نفس الحوض أومن حوض مشابه. هذا لأن النتائج التي يتم الحصول عليها باستخدام أجهزة قياس الرشح (Infitometers) هي نوعية وليست كمية. بمعنى أن الطريقة مفيدة في تعيين التأثيرات النسبية لأي تغير في استخدام الأرض، الميل، الغطاء النباتي.. إلخ.. القيم العددية لمقدار (f) التي يتم الحصول عليها بهذه الطريقة قد تكون غير صحيحة إلى حد ما. لذلك، فإنه للحصول على قيمة مدققة لـ (f) والتي يمكن إعادة استخدامها لحساب التدفق، فإن الطريقة الثانية هي التي تستخدم عادة.

قبل وصف تلك الطريقة، فإننا سوف نفرق بين مصطلحين وهما مستجمع الماء الصغير (Small water shed) ومستجمع الماء الكبير (Large Water shed).

مستجمع الماء الصغير:

مستجمعات الماء الصغيرة هي أحواض الصرف صغيرة الحجم إلى درجة أن شدة المطر يمكن أن تعتبر متجانسة فوق كل الحوض. مساحة مثل هذا الحوض تتراوح ما بين القليل من الهكتارات إلى حوالي ٢٥٠٠ هكتار. مثل هذا الحوض سوف يستجيب سريعًا لسقوط المطر، وبذا، فإن كل فترة من شدة سقوط المطر يحتمل أن تنتج ذروة منفصلة في المخطط البياني للتدفق.. مثل هذه الأحواض يتم مصادفتها عمومًا في تصميم البرامج تحت الكباري أو السكة الحديد (Culverts) أو مواسير تجميع الأمطار، الكباري الصغيرة ... إلخ.

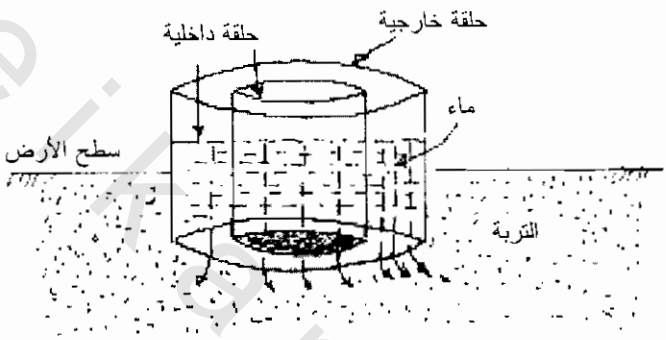
مستجمع الماء الكبير:

أحواض الصرف الكبيرة هي أحواض ذات أبعاد أطول، ولذلك، تكون أكبر عن تلك المستخدمة في دراسة شدة المطر ليكون متجانسًا فوق كل الحوض. وهذه تستخدم عمومًا في إنشاء أعمال الحماية من الفيضان (مثل السدود .. إلخ)، مشروعات الري، الإمداد بالماء.. الخ وهكذا.

أ – تعيين طاقم الرشح باستخدام أجهزة قياس الرشح ومحاكاة المطر:

Determination of I.C. By using Infiilometers and Rain Simulators:

يستخدم العديد من أنواع أجهزة القياس الرشح لقياس (f). النوع المستخدم عادة يتكون من حلقتين من المعدن ذات مركز واحد كما في الشكل (٥/٤). ويوضع على الأرض حيث الجزء العلوي يكون بارزا فوق الأرض، والجزء السفلي يقع تحت الأرض. يتم ملئ كلا الغرفتين بالماء عند نفس المستوى.



شكل (٥/٤) نموذج لمقياس التدفق

الحلقة الخارجية تمنع ماء الحلقة الداخلية من الانتشار فوق مساحة كبيرة بعد الاختراق أسفل قاع الحلقة. المعدل المطلوب لإضافة الماء إلى الحلقة الداخلية للمحافظة على ثبات المنسوب، سوف يعطي مباشرة فكرة نحو طاقة الرشح.

لإمكان الاقتراب من الحالات الحقيقية، يتم أحياناً عمل إختبار المطر الصناعي. الجهاز المستخدم للمطر الصناعي يسمى محاكى المطر (Rain Simulator) بمساعدة المحاكى يتم رش الماء بمعدل ثابت وزائد عن طاقة الرشح، فوق مساحة معينة تجريبية. الإطار العام للتدفق الناتج يتم ملاحظته، ومن ذلك يتم عمل المنحنى (f). المنحنى (f) هذا يمكن عندئذ إعادة استخدامه لتعيين التدفق من الحوض، الذي تم عمل الاختبار عليه.

ب – تعيين منحنى طاقة الرشح لأحواض الصرف الصغيرة (طريقة هورنارد، ليود).

هذه الطريقة تتكون من تحليل شدة المطر والمخطط البياني للتدفق. أحواض الصرف الصغيرة سريعة الاستجابة لشدة المطر، ولذلك فإن كل فترة من السقوط الشديد للمطر يحتمل أن تنتج ذروة منفصلة في المخطط البياني الناتج للتدفق. الفرق بين سقوط المطر خلال فترة زمنية معينة من الوقت والتدفق الناتج سوف يعطي كمية الرشح (F) خلال تلك الفترة. يتم عندئذ قسمة كمية (F) على الوقت الذي حدث خلاله هذا الرشح، للحصول على قيمة (f) خلال تلك الفترة رياضيًا يمكن كتابة:

$$F = P - Q$$

$$f = \frac{F}{t} = \frac{P-Q}{t}$$

حيث:

P = إجمالي المطر

D = إجمالي التدفق

t = الوقت الذي حدث خلاله الرشح.

نحن نعرف كذلك أن المطر الزائد يظهر في شكل التدفق السطحي، ولكن فقط بعد بعض التأخير. بمعنى آخر، فإنه يوجد تخلف بين وقت حدوث سقوط المطر ووقت ظهور هذا الماء في شكل تدفق سطحي عند مخرج الحوض. لذلك، فإن الرشح يبدأ عند بداية زيادة سقوط المطر ويستمر ليس فقط حتى نهاية المطر ولكن لوقت زائد حتى بعد المطر. بعد نهاية سقوط المطر الزائد، يحدث الرشح من كل المساحة، ولكن بعد ذلك، تقل المساحة. بمعنى آخر، مساحة الرشح تأخذ في النقصان باستمرار خلال هذا الوقت الزائد. بالنسبة لأحواض الصرف الصغيرة، فلقد اقترح أن الرشح الذي يحدث خلال هذا الوقت الزائد، يكون مكافئًا لكمية الرشح التي تحدث فوق كل المساحة لفترة مساوية لثلث هذا الوقت الزائد (أي الوقت الممتد من نهاية المطر الزائد حتى

نهاية التدفق فوق الأرض). كذلك فقد اقترح (Horton) أن هذا التدفق فوق الأرض يتوقف عند نقطة انعطاف أو ثني المخطط البياني المائي. من إطار شدة المطر، الوقت عند توقف المطر الزائد، يكون معروفًا. ومن نقطة الانعطاف لمخطط التدفق، الوقت عند توقف التدفق فوق الأرض، يكون معروفًا كذلك. الفرق بين هذين الوقتين سوف يعطي هذا الوقت الزائد، عند إضافة ثلثه إلى فترة سقوط المطر الزائد، سوف يعطي إجمالي الوقت للرشح (t) الذي يتم استخدامه في المعادلة السابقة.

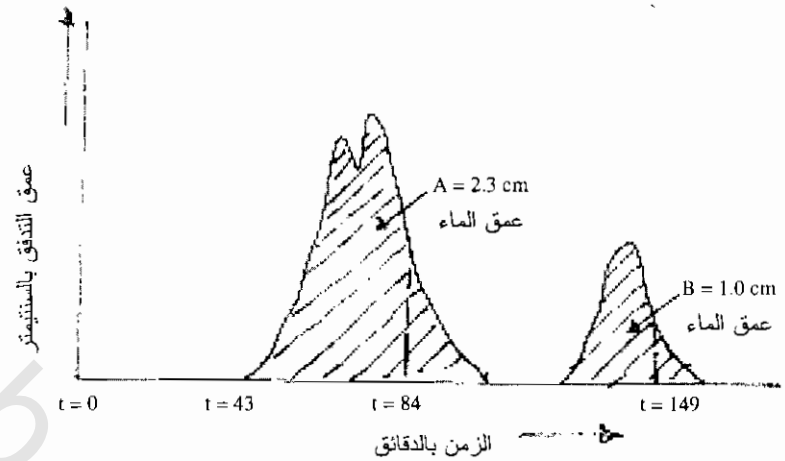
مقادير (f) يتم حسابها بهذه الطريقة لمختلف فترات شدة سقوط المطر وتوقيعها عند مسافة (t ÷ ٢) بعد بداية فترات سقوط المطر الزائد. يتم عندئذ رسم منحنى خلال تلك النقط، وذلك للحصول على منحنى طاقة الرشح. الطريقة تصبح أكثر وضوحًا عند حل المثال الآتي:

مثال:

معدلات سقوط الأمطار على حوض صرف صغير تم ملاحظتها خلال عاصفة لفترة زمنية مدتها ١٤٥ دقيقة. وتم جدولتها كالآتي:

الوقت منذ البداية بالدقيقة	٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٤٠	١٤٥
معدل سقوط المطر سم/ الساعة	٢,٠	١٠	٧,٥	١,٥	١,٥	٥	١,٠	صفر

التدفق الناتج عند مخرج الحوض تم ملاحظته وتوقيع المخطط البياني المائي. وجد أن المخطط البياني لهذا التدفق له ذروتين منفصلتين من النوع الموضح في الشكل (٥/٥). الجزئين (A) ,(B) من المخطط وجد أنهما يحتويا على مساحة ذات عمق ٢,٣سم، ١سم من الماء، على التوالي. نقطة الانعطاف للأجزاء وجوانبها هي عند (t) = ٤٨ دقيقة عند (t) = ١٤٩ دقيقة على التوالي.



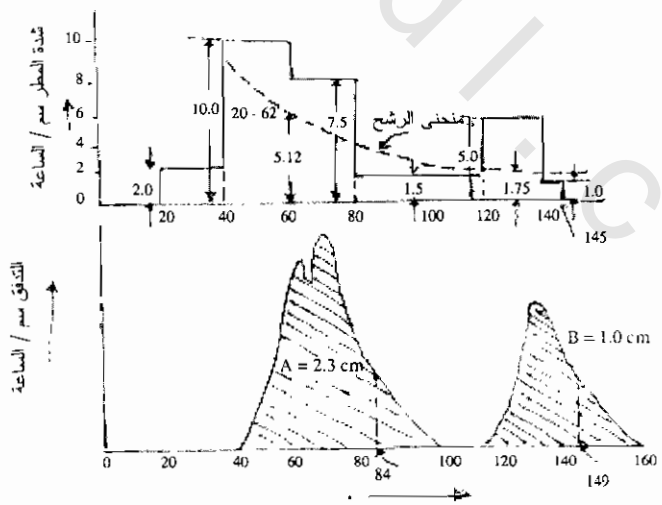
شكل (٥/٥) التدفق ذو الذروتين المنفصلتين

من تلك البيانات لتدفق سقوط الأمطار، احسب منحنى طاقة الرشح وتوقيعه على المخطط البياني للمطر.

الحل:

أولاً، يتم توقيع مخطط المطر من معدلات سقوط المطر التي تمت ملاحظتها كما في الشكل (٦ – أ/٥).

كذلك يتم توقيع المخطط الملاحظ للتدفق أسفل المخطط كما في الشكل (٦– ب/٥).



شكل (٥/٦) الزمن بالدقيقة

يتضح من مخطط سقوط المطر أنه يوجد فترتين لسقوط المطر الكثيف (أي من t = ٤٠ إلى t = ٨٠، و t = ١٢٠ إلى t = ١٤٠ دقيقة) والذي يمكن اعتبارهم كفترات السقوط الزائد للمطر. يتم الرمز لهم كفترة زمنية (a)، فترة زمنية (b).

كمية المطر خلال الفترة (a) =

$$Pa = \left(10.0 \times \frac{20}{60} + 7.5 \times \frac{20}{60}\right)$$

$$= \frac{17.5}{3} = 5.83$$

كمية المطر خلال الفترة (b) =

$$Pb = 5.0 \times \frac{20}{60} = 1.67 \text{ cm}$$

Q_a = التدفق خلال الفترة (a)

= المساحة تحت المخطط (A)

= ٢,٣ سم (معطى)

Q_b = التدفق خلال الفترة (b)

= المساحة تحت المخطط (B)

= ١٠ سم (معطى)

F_a = الرشح خلال الفترة a =

$= P_a - Q_a = 5.83 - 2.3 = 3.53\text{cm}$

F_b = الرشح خلال الفترة (b)

$= P_b - Q_b - 1.67 - 1.0 = 0.67\text{cm}$

الآن:

لتعيين زمن الرشح لتلك الفترتين:

t_a = فترة المطر الزائد + $\frac{\text{الوقت الزائد}}{٣}$

obeikandl.com

$$= ٤٠ \text{ دقيقة} + \frac{٨٤-٨٠}{٣} \text{ دقيقة}$$

∴ t = ٨٤ دقيقة يكون نقطة الانعطاف و

t = ٨٠ دقيقة. يكون الوقت عند نهاية فترة سقوط المطر الزائد

= ٤١,٣٣ دقيقة

$$= \frac{٤١,٣٣}{٦٠} \text{ ساعة}$$

بالمثل (t_b) =

$$= ٢٠ \text{ دقيقة} + \frac{١٤٠-١٤٩}{٣} \text{ دقيقة}$$

= ٢٣ دقيقة

$$= \frac{٢٣}{٦٠} \text{ ساعة}$$

الآن:

$$f_a = \frac{F_a}{t_a} = \frac{٣,٥٣}{\frac{٤١,٣٣}{٦٠}} = \frac{٦٠ \times ٣,٥٣}{٤١,٣٣} = ٥,١٢ \text{ سم / ساعة}$$

$$f_b = \frac{F_b}{t_b} = \frac{٠,٦٧}{\frac{٢٣}{٦٠}} = \frac{٦٠ \times ٠,٦٧}{٢٣} = ١,٧٥ \text{ سم / الساعة}$$

تلك النقطتين (f_a)، (f_b) يتم توقيعهم الآن على مسافات ($\frac{t_b}{2}$) أي ٢٠,٦٧ دقيقة، $\frac{t_b}{2}$ أي $\frac{٢٣}{٢}$ = ١١,٥ دقيقة على التوالي من الفترتين لسقوط المطر الزائد على المخطط البياني للمطر. يتم توقيع منحنى لطيف خلال تلك النقطتين، والذي يتم امتداده إلى الخلف وبعيدًا، حتى الحصول على منحنى الرشح المطلوب كما هو موضح بالخط المهشر في الشكل (٩ – أ).

obeikandl.com