قياس التبخر السطحي: *Measurement of Evaporation*

إن القياس أو التقدير الدقيق لحجم التبخر السطحي يعد من العمليات الصعبة جداً ويرجع السبب في ذلك إلى تشعب عمليات التبخر من أسطح المياه والترب والنباتات وكذلك لتعدد العوامل المؤثرة وتداخلها في سرعة التبخر. وبصورة عامة يمكن تقدير التبخر السطحي بطرق مباشرة وطرق غير مباشرة، وفيما يأتي توضيح لتلك الطرق:

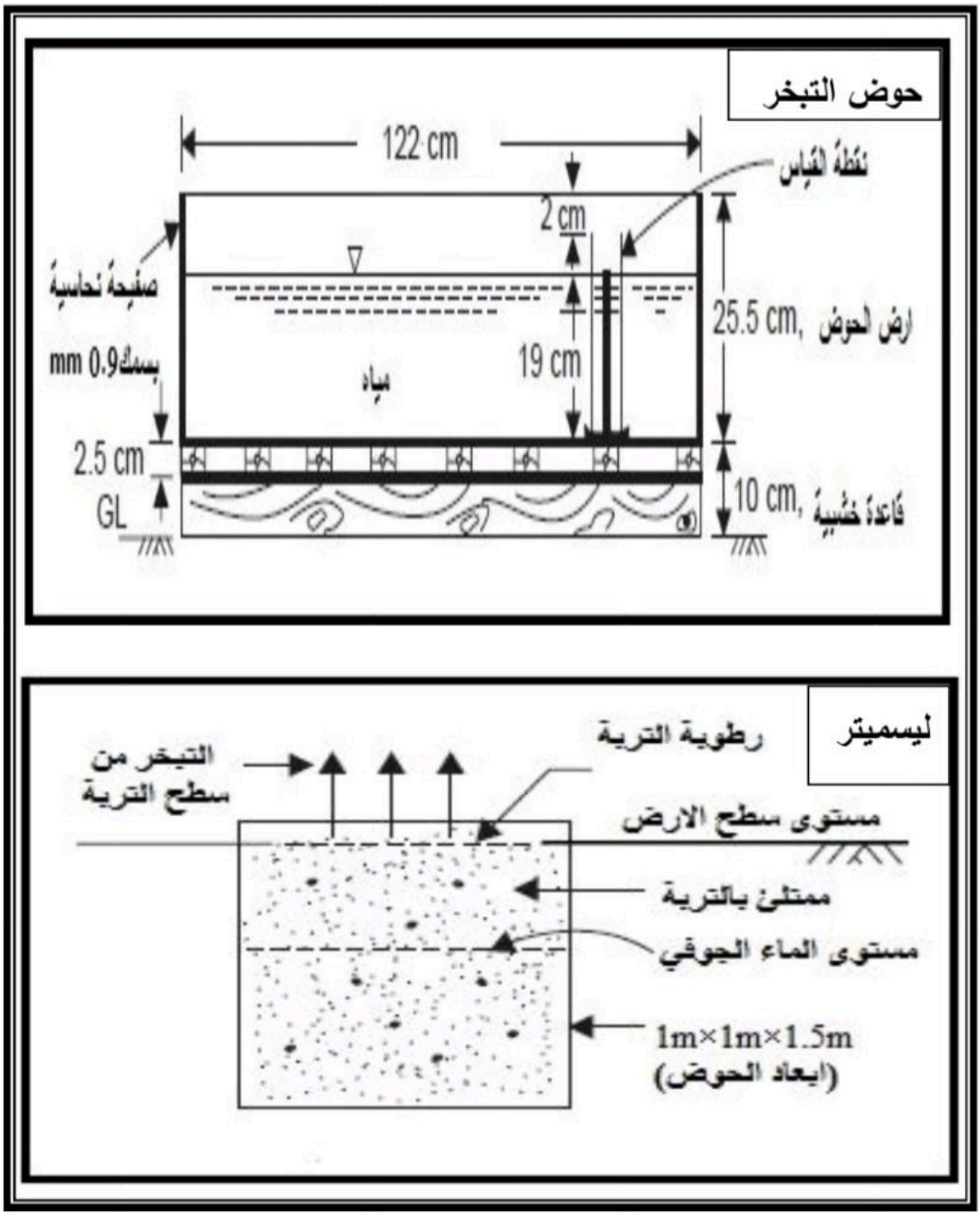
1- الطرق المباشرة لقياس التبخر:

Direct Methods of Measurement of Evaporation

تتمثل هذه الطرق جميعها بأجهزة خاصة تسمى بمقاييس التبخر (*Evaporimeter*)، ومن أشهر الأجهزة المعتمدة في محطات الأنواء الجوية لقياس حجم التبخر من المسطحات المائية هي أحواض التبخر (*Evaporation Pans*)، أما حجم التبخر من رطوبة التربة فيمكن قياسه بجهاز خاص يسمى ليسميتر (*Lysimeter*) (شكل 7).

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

شكل 7 ابرز أحواض التبخر في العالم.



Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

2- الطرق غير المباشرة لتقدير التبخر- النتح:

Not Direct Methods of Estimation of Evapotranspirtion

تتمثل هذه الطرق بالمعادلات التجريبية (*Equation*) أو الصيغ الرياضية (*Formulae*) والتي تتخذ من البيانات المناخية أساساً لتخمين أو تقدير حجم التبخر أو النتح.

إن الصيغة التي وضعها العالم جون دالتون (*John Dalton*) في عام 1802 والتي تعرف بقانون دالتون للتبخر (*Dalton's Law of Evaporation*) تعد القاعدة الأساس لصياغة العديد من المعادلات التي عالجت موضوع التبخر. وهناك العديد من المعادلات المعتمدة في تقدير حجم التبخر- النتح غير أن أهم معادلات التبخر وأشهرها اثنتان هما:

أ- **معادلة ماير (*Meyer's Equation*)** في عام 1915 لتقدير حجم التبخر من المسطحات المائية، وتتمثل معادلة ماير بالصيغة الآتية[11]:

$$E = C\,(1+ V/16)\,(e_s - e_a)$$

إذ أن:

E = حجم التبخر (ملم/يوم).

C = معامل يتباين بين 0.36 في المسطحات المائية الكبيرة والعميقة، وبين 0.50 في المسطحات المائية الصغيرة والضحلة.

V = معدل سرعة الرياح (كم/ساعة).

e_s = الضغط البخاري المشبع لسطح المياه (ملم/زئبق).

e_a = الضغط البخاري الحقيقي للهواء (ملم/زئبق).

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

مثال:

احسب التبخر اليومي من بحيرة كبيرة الحجم؟ إذا علمت أن معدل سرعة الرياح بلغ 20 كم/ساعة، والضغط البخاري لسطح المياه بلغ 12 ملم/زئبق، في حين بلغ الضغط البخاري للهواء 6 ملم/زئبق.

الحل:

$$E = C\,(1+ V/16)\,(e_s - e_a)$$

$$E = 0.36\,(1+ 20/16)\,(12-6) = 0.36(2.25)(6)$$

$$E = 0.36 \times 13.5 = 4.86\ mm/day$$

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

ثالثاً: التسرب: *Infiltration*

يقصد بالتسرب أو الارتشاح عملية توغل (*Penetration*) المياه من سطح الأرض إلى داخل التربة، إذ تتحرك المياه عمودياً في داخل القشرة الأرضية من خلال المسامات الموجودة بين ذرات الترب والصخور استجابة للجاذبية الأرضية التي تعمل على سحب المياه إلى الأسفل. يحدث التسرب بعدما يبتل سطح التربة بالمياه بصورة كاملة فتتحرك المياه الفائضة إلى طبقات التربة السفلى، إذ تتكون التربة الناضجة من طبقات عدة أسفنجية ذات قابلية عالية على استيعاب كميات كبيرة من المياه عبر المسامات التي تشكل ممرات مائية داخل التربة. إن معدلات تسرب المياه داخل التربة ليست ثابتة مع الزمن، إذ تبدأ عملية التسرب بشكل سريع وتنخفض السرعة مع الزمن ثم تتوقف عمليات التسرب عندما تتشبع طبقات التربة بالمياه وتتصل بالمياه الجوفية، ويطلق على أقصى معدل لنفاذ المياه وتوغلها في داخل التربة بمصطلح سعة التسرب (*Infiltration Capacity*). يقاس عمق تسرب المياه عادة بالسنتمتر خلال فترة زمنية محددة، وغالباً ما تكون عملية التسرب ذات سرعة بطيئة جداً غير أنها تعد المصدر الأساس لتغذية المياه الجوفية.

تدخل عملية التسرب ضمن مكونات الدورة الهيدرولوجية لكونها تعمل على رفع مستوى المياه الجوفية مما يؤثر في درجة الانحدار الهيدروليكي وحركة المياه الجوفية وعندما يكون مستوى المياه الجوفية أعلى من مستوى قاع المسطحات المائية في الأنهار والبحيرات والبحار فإنها تعمل على تغذيتها بالمياه جراء تدفق المياه الجوفية إليها. كما تعمل عمليات التسرب على رفع مستوى المياه الجوفية إلى مستوى سطح الأرض أو قريب منه مما يعرض المياه الجوفية إلى عمليات لتبخر السطحي. وكذلك قد يعمل التسرب على ارتفاع مستوى المياه

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

الجوفية فوق مستوى سطح الأرض مما يؤدي إلى تدفق المياه الجوفية فوق سطح الأرض عن طريق الينابيع والعيون.

العوامل المؤثرة في التسرب: *Factors Effecting Infiltration*

هناك مجموعة من العوامل المتداخلة فيما بينها التي تؤثر على عملية التسرب من حيث حجم المياه المتسربة والفترة الزمنية التي تستغرقها عمليات التسرب المتواصلة ومدى المسافة التي تصلها المياه المتسربة في داخل أعماق التربة، ومن أبرز هذه العوامل ما يأتي:

1- خصائص التربة: *Soil Characteristics*

تتأثر عملية التسرب ويتحدد حجم المياه المتسربة بخصائص التربة، إذ يتحدد عدد المسامات وحجم الفراغات بشكل كبير بنسيج التربة (*Texture*) مما يؤثر على حجم المياه المتسربة في وحدة المساحة، إذ يزداد حجم المسامات والنفاذية والقدرة على تسرب المياه مع ازدياد خشونة حبيبات التربة (*Coarse Particles*). ولذلك تزداد عمليات التسرب في الترب الرملية بسبب نسيجها الخشن في حين تنخفض عمليات التسرب في الترب الطينية بسبب النسيج الناعم الذي يعمل على تفوق قوة التلاصق بين الجزيئات المائية (*Molecules*) وجزيئات التربة (*Particles*) على قوة الجاذبية الأرضية لسحب المياه إلى الأسفل. كما تتحدد عمليات التسرب بعمق التربة من خلال دوره في تحديد القدرة الإجمالية للتربة على استيعاب المياه وحدود درجة الإشباع، إذ تزداد قابلية التربة العميقة على استيعاب كميات كبيرة من المياه مقارنة بالترب الضحلة. إن زيادة المواد العضوية في التربة تعمل على انسداد المسامات مما يحد من نفاذية التربة

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

وتسرب المياه في داخلها، كما أن زيادة تركيز عنصر الصوديوم (Na) في تركيب التربة يعمل على تنافر جزيئات التربة وتفتتها مما يزيد ويرفع من نسبة الذرات الناعمة ويقلل من حجم المسامات فتنخفض عمليات التسرب، في حين تعمل زيادة تركيز الكالسيوم (Ca) على زيادة عمليات تلبد (*Flocculation*) وتلاصق جزيئات التربة على شكل مجموعات مما يزيد من خشونة النسيج فتزداد عمليات التسرب.

2- رطوبة التربة: *Soil Moisture*

إن عملية تسرب المياه في داخل التربة تحدث عندما تفوق المياه حدود ترطيب الطبقة السطحية للتربة، إذ تتحرك المياه نحو الأسفل لترطيب الطبقات السفلى للتربة. وتتحدد الحركة العمودية لعمليات تسرب المياه في طبقات التربة بحدود مستوى المياه الجوفية، وعندما يتجاوز مستوى ترطيب التربة حدود الإشباع التام في جميع طبقات قطاع التربة (*Soil Profile*) تتوقف عمليات التسرب بسبب امتلاء مسامات التربة جميعها بالمياه.

3- انحدار السطح: *Land Slope*

يتناسب حجم المياه المتسربة عكسياً مع درجة انحدار سطح الأرض، وذلك لدور الانحدار في خلق حالة من التوازن بين الجاذبية العمودي للمياه والجاذبية الأفقية، كما يؤثر الانحدار في سرعة التيار المائي إذ تزداد سرعة المياه الجارية مع ازدياد درجة الانحدار، مما يقلل من فرص تسرب المياه السطحية إلى داخل التربة. ولذلك تنخفض عمليات التسرب في المنحدرات وتزداد في المناطق المستوية.

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/

4- نوعية المياه: *Water Quality*

تؤثر نوعية المياه في عمليات التسرب من خلال تأثيرها على نسيج التربة وتركيبها مما يؤثر على مسامات التربة ونفاذيتها. إذ تعمل زيادة عكورة المياه (*Turbidity*) على انخفاض عمليات التسرب بسبب الدور الذي تقوم به الحمولة الذائبة (*Dissolved Load*) والرواسب العالقة (*Suspend Sediments*) في انسداد مسامات التربة. كما أن ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة في المياه ولاسيما عنصر الصوديوم يعمل على تفتيت جزيئات التربة مما يسهم في انخفاض حجم المسامات ومن ثم ينخفض حجم المياه المتسربة إلى داخل التربة.

5- كثافة الغطاء النباتي: *Vegetation*

تعمل النباتات على اعتراض المياه الجارية على سطح الأرض مما يؤدي إلى انخفاض سرعة التيار المائي وازدياد عمليات التسرب. إذ يمكن أن يعمل الغطاء النباتي الكثيف على زيادة حجم المياه المتسربة في داخل التربة بمقدار عشرة أضعاف مقارنة بحجم المياه المتسربة في مناطق مكشوفة على الرغم من تشابه خصائص الترب وطبيعة السطح ونوعية المياه.

Created in Photo-to-PDF One Click Converter. Download here: https://firehawk.ai/phototopdf/