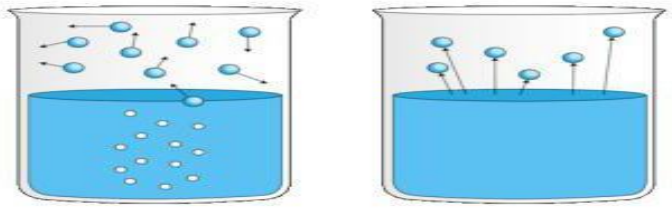
# التبخر – النتح
# Evapotranspiration

المحاضرة الرابعة

# Evapotranspiration

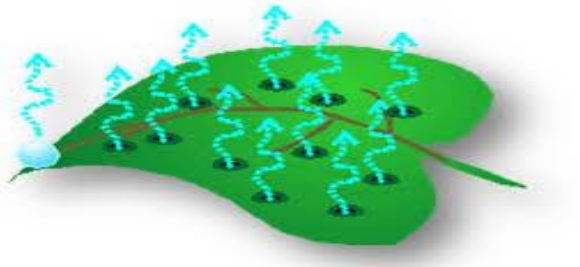
يشمل مفهوم التبخر- نتح مصطلحين مندمجين مع بعضهما البعض هما التبخر والنتح (Evaporation ) و(Transpiration)

**1-التبخر Evaporation:** هو عملية (ظاهرة) فيزيائية يتحول من خلالها الماء من الحالة السائلة الى الحالة الغازية وينتقل من السطوح المعرضة كالتربة والمجاري المائية والبحيرات والبحار والمحيطات وغيرها الى الجو المحيط.



أي أن **عملية التبخر** ( انتقال جزيئات الماء من سطوح التبخر إلى الجو ) و**عملية التكثيف** ( انتقال جزيئات الماء من الجو إلى سطوح التبخر ) تحدثان معا في نفس الوقت. أي أن هناك تبادل مستمر في جزيئات الماء بين سطوح التبخر والجو المحيط بها ولذلك فان المختصين في العلوم الهيدرولوجية يُعرفون التبخر بأنه **صافي معدل انتقال جزيئات بخار الماء من سطوح التبخير إلى الجو**. ويتأثر معدل التبخر تأثيرا مباشرا بالعوامل المناخية مثل: درجة الحرارة والإشعاع الشمسي والرياح والرطوبة الجوية, هذا بالإضافة إلى طبيعة السطوح التي يحدث منها التبخر.

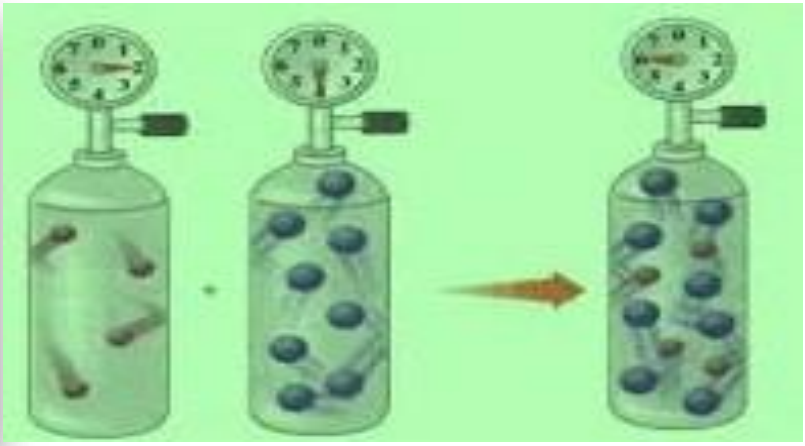
# Evapotranspiration



**2.النتح Transpiration:** تعرف عملية النتح من الناحية الفسيولوجية بأنها تسرب بخار الماء خلال ثغور النبات أو المسافات البينية لخلايا نسيج الأوراق – وتَستَخلص النباتات الماء من قطاع التربة بكميات متفاوتة بواسطة مجاميعها الجذرية ليتم استعمله في العمليات الحيوية اثناء مراحل النمو المختلفة أو تُخزن في أنسجتها أو يخرج إلى الجو في عمليات النتح. ويمثل النتح الجزء الأكبر من الماء الممتص بواسطة الجذور فبينما لا يتعدى ما يحتاجه النبات في نشاطاته الحيوية 5% من مجموع الماء الممتص نجد أن الماء الفاقد بالنتح يمثل 95% من هذا الماء.

وكما في عملية التبخر فان العوامل المناخية كدرجة الحرارة والرطوبة الجوية وسرعة الرياح كلها عوامل تؤثر تأثيرا مباشرا في معدل النتح من النباتات, هذا بالإضافة إلى العوامل الأخرى المتعلقة بطبيعة النبات نفسه من حيث انتشار مجموعه الجذري وكثافة مجموعه الخضري والمساحة الكلية للأوراق، كذلك يتأثر معدل النتح بالمحتوى الرطوبي في التربة .

# العوامل المؤثرة على التبخر ـ النتح



# العوامل المؤثرة على التبخر - النتح

## 1. ضغط بخار الماء Vapor Pressure

يتناسب معدل التبخر مع الفرق بين ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة الماء (ew) وضغط البخار الحقيقي في الهواء (ea) , وهذا يعبرعنه بمعادلة دالتون للتبخر :

$$E_L = C ( ew – ea )$$

حيث :

معدل التبخر $E_L$ (ملم / يوم)

ثابت $C$

$(ew , ea)$ (ملم زئبق)

حيث يستمر التبخر كلما كان $ea < ew$ لحين وصول قيمة $ew = ea$ (حالة الاستقرار) حيث يتوقف التبخر. اما عندما تكون قيمة $ew < ea$ يحدث التكاثف.

## 2. درجة الحرارة Temperature:

تزداد سرعة التبخر مع زيادة درجة الحرارة عند بقاء بقية العوامل ثابتة.

# العوامل المؤثرة على التبخر - النتح

### 3. الرياح Wind:

وهذا يعود الى قدرة الرياح على تبريد جزيئات بخار الماء المتراكمة في الهواء المحيط بالسطوح المتبخره , بمعنى انها تحرك الهواء الذي يحمل نسبة رطوبة عالية بعيداً ليحل محله هواء جاف مما يزيد من انحدار فرق الجهد في ضغط بخار الماء والبتالي لزيادة معدل فقدان الماء بالتبخر. كما تعمل الرياح اثناء مرورها فوق المسطحات المائية على تطاير قطرات الماء مع الهواء مما يسهل عملية التبخر.

### 4. الضغط الجوي Atmospheric Pressure

اذا كانت بقية العوامل المؤثرة ثابتة فأن الانخفاض في الضغط الجوي عند المرتفعات العالية يزيد يزيد من التبخر.

### 5. الاملاح الذائبة Soluble Salts

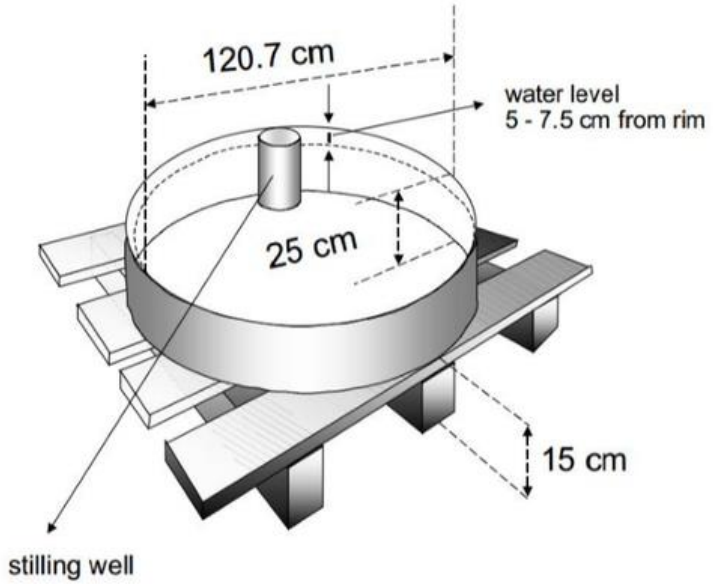
عند اذابة الملح في الماء فان الضغط البخاري للمحلول يكون اقل منه في حالة الماء النقي ولذلك يقلل من معدل تبخرالماء. وعليه فأن ضغط بخار الماء في المياه البحرية اقل بنسبة 2% من المياه العذبة, وبذلك يكون معدل التبخر في مياه البحار اقل من المياه العذبة عند نفس الظروف من الحرارة والضغط.

# قياسات التبخر

هنالك عدة طرق مباشرة وغير مباشرة لحساب وتقدير كمية التبخر نوجز منها :

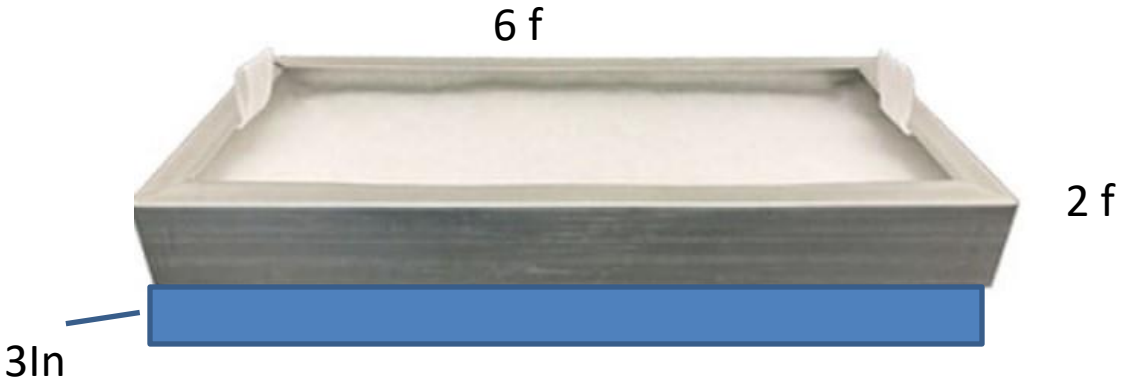
**1. قياسات التبخر المباشر من اوعية التبخر (Evaporation Pan) : ويكون على انواع منها**

a) **حوض التبخر القياسي** : يستخدم في امريكا الشمالية, قطرة 120سم وعمقه 25سم, يوضع بحيث ترتفع قاعدته 15سم فوق سطح الارض , ويكون سطح الماء في الحوض بحدود 5 - 7.5 سم من حافة الحوض.



# قياسات التبخر

**b) احواض التبخر البريطانية :** والتي تكون مربعة بطول 6قدم وبعمق 2قدم وتوضع بحيث يكون حافة الحوض أعلى من مستوى سطح الأرض المحيطة ب3 بوصة.




**معامل الحوض Pan Coefficient**

هو معامل اقل من 1 يتم ضربه في قيمة التبخر المقاس من الحوض للتصحيح لان كمية المياه في الحوض صغيرة تكون معرضة للطاقة الحرارية اكثر بكثير من الكتل الكبيرة ويكون التبخر المقاس من الحوض اكبر عادة من التبخر الفعلي من مياه البحيرة. بالاضافة الى نوع مادة الحوض.

# قياسات التبخر

## 2. الطرق التحليلية (معادلة الخزين The Storage Equation)

وهي تعتمد على معادلة الموازنة المائية , حيث يمكن حساب التبخر من سطح خزان عن طريق دراسة الميزانية المائية لذلك الخزان:

$$P = E + Q \pm D \pm \Delta S$$

حيث يمكن حساب التساقطات **P** والجريان السطحي **Q** بدقة, ولكن يوجد صعوبة في تحديد الجريان الجوفي **D** والفرق بالتخزين **ΔS** , ولحل هذه المشكلة نفترض قيمة **ΔS** تساوي صفر, وتحذف من المعادلة (تؤخذ القياسات عند بداية ونهاية موسم التخزين حيث يكون منسوب المياه في الخزان متساوي) , اما قياس الجريان الجوفي فهو اكثر تعقيداً ويقدرعن طريق قياس نفاذية التربة ومنسوب المياه الجوفية.
وتصل دقة قياس التبخر بهذه الطريقة الى 10%.

# قياسات التبخر

## 3. معادلات التبخر التجريبية Evaporation Formulas

يوجد العديد من المعادلات التجريبية التي تستخدم في حساب كمية التبخر بالأعتماد على بيانات الانواء الجوية المتوفرة , ومعظمها تعتمد على معادلة دالتون. ومن هذه المعادلات :

### 1- معادلة بينمان Penman

وهي من المعادلات المهمة والشائعة, وهي تعبر عن قياس التبخر من المسطحات المائية مستندة الى عدة عوامل مناخية كألاشعاع والحرارة والرطوبة والرياح وكما موضح

$$ET = \frac{AHn + Ea\,y}{A + y}$$

***ET*** التبخر الكلي الكامن اليومي (ملم / يوم)

***A*** ميل منحني ضغط البخار المشبع والمرسوم مقابل درجة الحرارة.

***y*** ثابت مقياس رطوبة الهواء = 0.49

***Hn*** صافي الاشعاع (ملم) من مقدار الماء المتبخر لكل يوم

***Ea*** التبخر فوق مساحة مائية مفتوحة ملم/ يوم

هذه المعادلة مستنتجة على اساس ان درجة حرارة كل من الهواء وسطح الماء متماثلة, وهذا يصح فقط عندما تكون البحيرة ضحلة جداً, للتطبيقات الاخرى يجب ضرب قيمة التبخر المحسوب من المعادلة بمعامل الحوض.

# قياسات التبخر

## 2- معادلة ثورنثويت Thornthwaite Equation

تعد من اكثر المعادلات دقة واكثرها سهولة من حيث حساب التبخر حيث يدخل فيها تفاعل الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في حساب عناصر هذه المعادلة , ولا يحتاج حساب التبخر بواسطة هذه المعادلة الى اكثر من معرفة درجة الحرارة المسجلة في المحطات المناخية.

$$PE = 16\left(\frac{10t}{J}\right)^{a}$$

$$J = \sum_{j=1}^{12} j$$

$$j = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

$$a = 0.16 * J + 0.5$$

$t$ معدل درجة الشهري (م°)

$j$ معامل درجة الحرارة الشهري

$J$ معامل درجة الحرارة السنوي

$a$ ثابت

$PE$ التبخر – النتح الكامن الشهري (ملم/شهر)

# قياسات التبخر

## التبخر – النتح الاقصى Potential Evapotranspiration

هو معدل التبخر – النتح المحدود اساساً بالظروف الجوية من ارض ممتده مغطاة تغطية كاملة بالعشب القصير النشط النمو وهذه الارض تحتوي على رطوبة بدرجة كافية , اي ان التبخر – النتح الاقصى يقترب من تبخر الماء الحر من سطح مائي مكشوف مع افتراض تشابه تأثير الظروف الجوية والعوامل المناخية.

## توزيع محطات قياس التبخر على الارض

توصي الدراسات ان يكون الحد الادنى من توزيع المحطات كما يلي:

1. المناطق الجافة, محطة واحدة لكل 30000 كم2
2. المناطق المعتدلة – الرطبة, محطة واحدة لكل 50000 كم2
3. المناطق الباردة, محطة واحدة لكل 100000 كم2