# دوران بخار الماء فى الغلاف الجوى

# Water Vapour in the Atmosphere

إعداد

**جمال سعودى موسى**

مدير مركز

الاستشعار عن بعد


**يمر بخار الماء فى الغلاف الجوى بثلاث عمليات طبيعية هى البخر والتكثف والهطول كما بالشكل رقم (١)**

## أولا : البخر Evaporation

هى العملية التى بواسطتها يتم تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية « بخار الماء Water Vapour»

ومعدل البخر ليس ثابت بل يعتمد على العوامل التالية :

١- سرعة الرياح: كلما زادت سرعة الرياح زاد البخر والعكس.

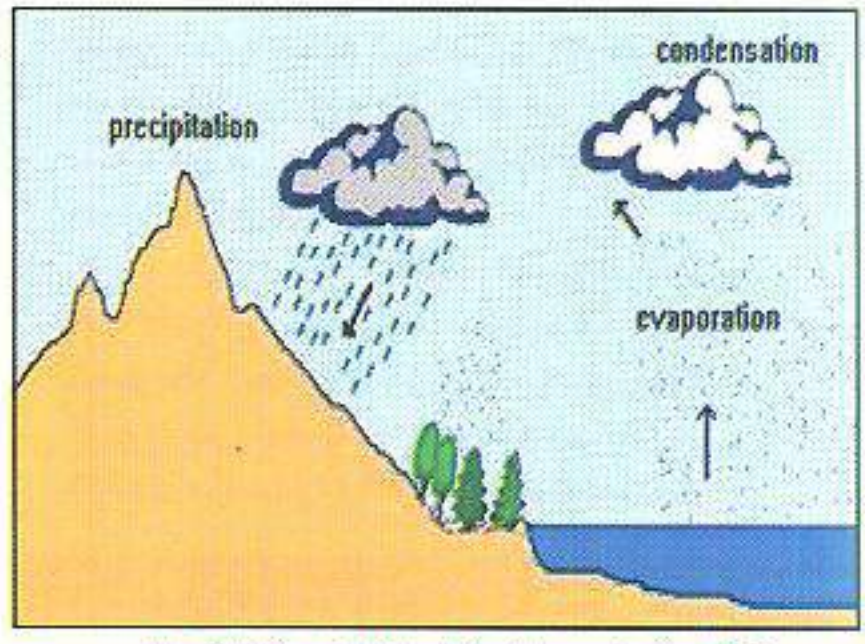
٢- درجة الحرارة: كلما زادت درجة الحرارة زاد البخر والعكس.

٣- مساحة السطح: كلما كان السطح كبير كان معدل البخر كبير والعكس.

٤- الرطوبة: يقل معدل البخر كلما زادت الرطوبة والعكس.

## الرطوبة Humidity

كلمة الرطوبة تستخدم للدلالة على كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء، والهواء قادر على احتواء كمية معينة لا يتخطاها من بخار الماء وهذه الكمية تختلف حسب درجة الحرارة والضغط الجوى. ويسمى الهواء فى هذه الحالة بالهواء المشبع ويمكن التعبير عن




شكل رقم ١ دوران بخار الماء فى الغلاف الجوى

الرطوبة بإحدى الطرق التالية:

«١» الرطوبة المطلقة

**Absolute Humidity**

هى كمية بخار الماء الموجودة فى متر مكعب من الهواء.

«٢» الرطوبة النوعية

**Specific Humidity**

هى كمية بخار الماء الموجودة فى كيلوجرام من الهواء.

«٣» نسبة الخلط للرطوبة **Humidity Mixing Ratio**

هى وزن بخار الماء بالجرام المختلط بكيلوجرام واحد من الهواء الجاف.

«٤» ضغط بخار الماء **Water Vapour Pressure**

هو الضغط الجزئى الناتج عن كمية بخار الماء الموجودة فعلا فى الهواء.

«٥» ضغط بخار الماء المشبع

**Saturated Water Vapour Pressure**

هو الضغط الجزئى الناتج عن تواجد كمية من بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء.

«٦» الرطوبة النسبية **Relative Humidity**

هى النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة فعلا فى حجم معين من الهواء وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع نفس الحجم من الهواء عند نفس درجة الحرارة. أى أن:

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{كمية بخار الماء الموجودة فعلا فى الهواء}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة للتشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلى}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع عند نفس درجة الحرارة}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع متر مكعب من الهواء}} \times ١٠٠$$

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع كيلوجرام من الهواء}} \times ١٠٠$$

## تأثير بخار الماء على كثافة الهواء

من المعروف أن كثافة بخار الماء فى درجات الحرارة العادية أقل من كثافة الهواء الجاف فى نفس هذه الدرجة لذلك فإن اختلاط بخار الماء بالهواء الجاف يتسبب فى تقليل كثافة الهواء وكلما زادت كمية بخار الماء فى الهواء كلما قلت كثافة الهواء.

## التغير اليومى للرطوبة النسبية
## Diurnal Variation of Relative Humidity

للرطوبة النسبية تغير يومى عكس التغير اليومى لدرجة حرارة الهواء لأنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء كلما زادت كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء وعلى ذلك تقل الرطوبة النسبية أثناء النهار حتى تصل إلى نهايتها الصغرى مع النهاية العظمى لدرجة حرارة الهواء وتزداد الرطوبة النسبية أثناء الليل حتى تصل إلى نهايتها العظمى مع النهاية الصغرى لدرجة حرارة الهواء كما هو واضح من شكل ٢

## درجة حرارة نقطة الندى
## Dew-Point Temperature

هى درجة الحرارة التى يصل عندها الهواء الغير مشبع إلى هواء مشبع مع ثبوت الضغط. ويمكن ملاحظة ما يأتى:

١- إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة نقطة الندى فالهواء غير مشبع.

٢- إذا كانت درجة حرارة الهواء تساوى درجة حرارة نقطة الندى يصبح الهواء مشبعا.

٣- إذا برد الهواء إلى أقل من نقطة الندى يحدث التكثف

## ثانيا : التكثف Condensation

التكثف هو العملية التى يتم فيها تحول بخار الماء من حالته الغازية إلى الحالة السائلة أو الصلبة والتكثف هو المرحلة التى تلى تشبع الهواء ببخار الماء فى دورة بخار الماء فى الجو أى أن التكثف لا يحدث فى الغلاف الجوى إلا بعد مرور الهواء بمرحلة التشبع.

### شروط تكثف بخار الماء فى الجو:

١- وجود كمية كافية من بخار الماء.

٢- تبريد الهواء الرطب إلى نقطة الندى أو أقل منها ومن المعروف أن الهواء الرطب يبرد إلى نقطة الندى أو دونها بإحدى الطرق التالية:

أ - مرور هواء ساخن رطب على سطح أرض أو بحر درجة حرارتهما أقل من نقطة الندى للهواء.

ب- عندما يختلط هواء ساخن رطب مع هواء بارد رطب.

ج - بالتبريد الذاتى للهواء عندما يجبر الهواء الرطب على الصعود إلى أعلى فيبرد حتى يصل إلى نقطة الندى أو ما دونها.

٣- وجود نويات التكثف Nucleus of Condensation مثل الأملاح والدخان وخلافه.

### كيف يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف:

يصل الهواء إلى حالة التشبع اللازمة للتكثف بإحدى الطرق التالية:

**أولا : بزيادة كمية بخار الماء فى الجو بواسطة:**

١- تبخر المسطحات المائية.

٢- تبخر الأمطار الساقطة من السحب.

**ثانيا : تبريد الهواء إلى نقطة الندى أو ما دونها وذلك بإحدى الطرق الآتية:**

× التوصيل: عندما يمر هواء ساخن رطب على سطح بارد درجة حرارته أقل من نقطة الندى للهواء.

× الاختلاط: عندما تختلط كتلتين مختلفتين من الهواء أحدهما ساخنة والأخرى باردة.

× التبريد الذاتى: عندما يجبر الهواء إلى الصعود إلى أعلى فتقل درجة حرارته.

### صور تكثف بخار الماء فى الغلاف الجوى
### Condensation Form

تختلف صور تكثف بخار الماء فى الغلاف الجوى حسب المستوى التى حدث عنده التكثف وبصفة عامة تشمل صور التكثف الحالات التالية:

**اولا: على سطح الأرض والأشياء القريبة من سطح الأرض ويشمل:**

أ الندى Dew

يتكون الندى عندما يتكثف بخار الماء على سطح الأرض والأسطح الباردة « الأسطح المعدنية وأوراق الشجر» وتكون درجة الحرارة أكبر من الصفر المئوى والشكل « ٣» يوضح قطرات الندى على أوراق الأشجار.

### ب- الصقيع Frost

يتكون الصقيع عندما يتكثف بخار الماء على شكل بلورات ثلج على سطح الأرض والأسطح الباردة شكل «٤» وتكون درجة الحرارة أقل من الصفر المئوى.

## ثانيا: بالقرب من سطح الأرض ويشمل:

### أ - الضباب Fog

هو إحدى صور تكثف بخار الماء فى الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء فى طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتقل بسببها الرؤية الأفقية إلى أقل من ١ كم وتكون الرطوبة النسبية ١٠٠٪.

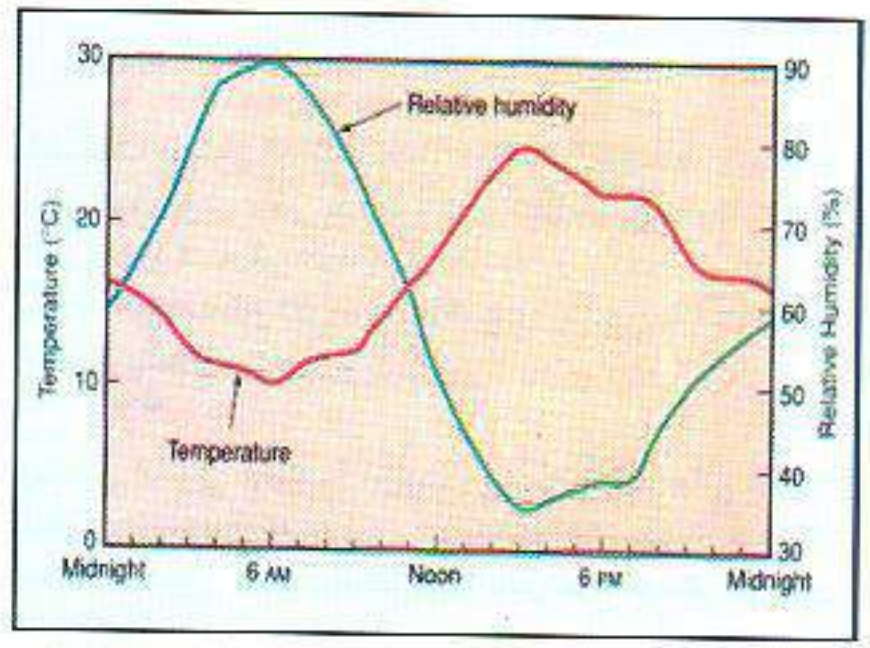
### ب - الشبورة Mist

هى إحدى صور تكثف بخار الماء فى الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء فى طبقة تلامس قاعدتها سطح الأرض وتكون الرؤية أكبر من ١ كم والرطوبة النسبية فى حدود ٨٥٪.

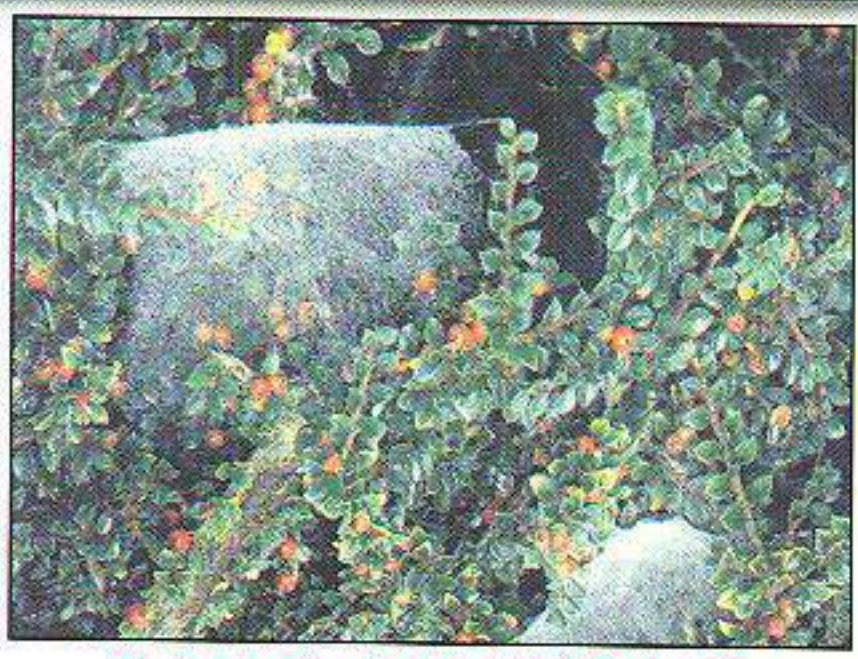
والجدول التالى يوضح الفرق بين الضباب والشابورة.

**الفرق بين الضباب والشابورة**

| العنصر | الضباب | الشابورة |
|---|---|---|
| التكوين | تجمع من بخار الماء | خليط من بخار الماء وذرات صغيرة من التراب والرمال |
| الرطوبة النسبية | تقريبا ١٠٠ ٪ | أكبر من ٨٥ ٪ ولكن أقل من ١٠٠ ٪ |
| الرؤية الأفقية | أقل من ١ كم | أكبر من ١ كم |
| اللون | رمادى أو أبيض باهت | أصفر |




شكل رقم ٢: التغير اليومى للرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء



شكل رقم ٣ قطرات الندى فى الصباح الباكر

شكل رقم ٤ الصقيع

## ثالثا: على إرتفاعات مختلفة من سطح الأرض وتشمل

### السحب Clouds

هو إحدى صور تكثف بخار الماء فى الجو عندما يتكثف بخار الماء على شكل قطرات ماء أو بلورات جليد فى طبقة لا تلامس قاعدتها سطح الأرض.

### ثالثا : الهطول Precipitation

الهطول هو مصطلح يطلق على جميع أنواع المكونات المائية الساقطة من السحب مثل المطر، الثلج، البرد، الثلج المتجمع ومشتقاتها. والهطول هو نهاية دورة حياة بخار الماء عندما لا يستطيع الهواء الصاعد أن يحمل مكونات السحابة فتسقط إلى الأرض.