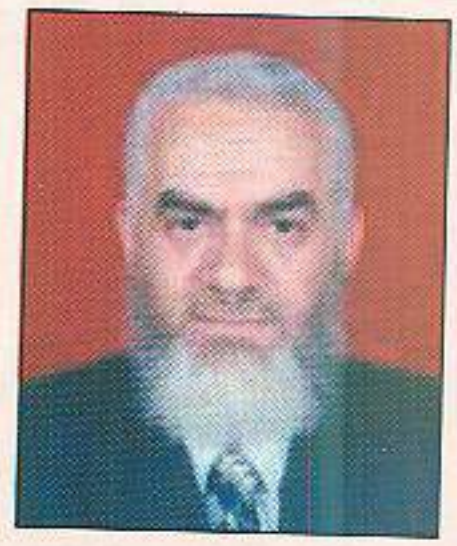
علم الأرصاد الجوية بين النظرية والتطبيق

«الجزء الخامس»



إعداد:

مصطفى إبراهيم القلشى

مدير إدارة تشغيل المحطات السطحية

تناولنا فى الأعداد السابقة تعريف علم الأرصاد الجوية، وتاريخ هذا العلم، وشرحنا أهميته فى كافة نواحى الحياة، ثم تناولنا بالشرح والتفصيل المنظومة التى يتكون منها هذا العلم، وهى الغلاف الجوى، رجل الأرصاد الجوية،عمليات الرصد الجوى، ثم شرحنا من عمليات الرصد الجوى درجة الحرارة والضغط الجوى وفى هذا العدد نستعرض بإذن الله تعالى عناصر الطقس ذات الصلة بالمياه وهى بخار الماء، الرطوبة، الضباب، السحب، وقد رأيت أن تكون هذه الدراسة عن طريق شرح الدورة العامة للمياه وذلك إتماما للفائدة العلمية، وسوف يكون المنهج فى هذا الشرح هو دراسة الدورة العامة للمياه بصفة عامة مع الشرح التفصيلى فيما يتعلق بالعناصر المتعلقة بعلم الأرصاد الجوية.

ما هى دورة الماء ؟

إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه على سطح الأرض وفى جوفها وفى طبقة التروبوسفير بالغلاف الجوى المحيط بها، وتتحرك المياه دائما، وتتغير أشكالها باستمرار، من سائل إلى بخار، ثم إلى جليد، ومرة أخرى إلى سائل وهذه الدورة ظلت تعمل لملايين السنين وتعتمد عليها كل الكائنات الحية وبدونها لا تصلح الأرض للحياة مطلقا، وتوزيع الماء بين اليابسة والمحيطات والبحار والغلاف الجوى يسمى بالتوازن المائى، كما تمثل دورة الماء وصف لدوران الرطوبة بين الأرض والمحيطات والغلاف الجوى، والماء هو العنصر الوحيد الذى يتميز بوجوده فى الحالات الثلاث للمادة وهى السائلة على هيئة مياه والغازية على هيئة بخار ماء والصلبة على هيئة ثلج أو جليد.

ملخص دورة الماء

الماء فوق الأرض فى حركة دائمة منذ ملايين السنين ما بين سائل أوبخار أو مادة صلبة، ودورة المياه ليس لها نقطة بداية، ولكن المحيطات تعد أفضل مكان لها لتنطلق منها، كما تعتبر الشمس هى المحرك الأساسى لدورة الماء فنجدها تسخن مياه المحيطات حيث يوجد معظم الماء فيتبخر بعضه فى الهواء كما نجد أن الجليد والثلج يمكن أن يتسامیا (sublimate) مباشرة ويتحولان من الحالة الصلبة لبخار ماء مباشرة فنجد التيارات الهوائية ترفع البخار بالجو مع ما يتبخر من النبات عن طريق النتح أو ما يتبخر من التربة من بخار ماء حيث يبرد بطبقات الجو العليا متكاثفا ومكونا سحبا تسيرها الرياح حول الأرض لتنزل على الأرض كمطر أو جليد مكونة القلنسوة الجليدية التى تحتفظ بالمياه المتجمدة لآلاف السنين.

قد ينصهر الجليد فى المناخ الدافئ متحولا لماء دافق فوق الأرض كمجارى وأنهار أو تبتلعه التربة كمياه جوفية أو يصب فى المحيطات

والبحيرات ليعود لسيرته الأولى فى عملية منتظمة ومنظمة بقدرة الله سبحانه وتعالى ثم بفعل حرارة الشمس. ويتميز بخار الماء بالتكثيف من الجو الدافئ لو لامس سطحا باردا. وهذا ما نلاحظه حول كوب ماء مثلج حيث يتكون عليه من الخارج قطرات الماء. ولو تصاعد الهواء لطبقات الجو العليا الباردة تكثف ما به من بخار ماء وتكونت قطرات تتجمع معا مكونة السحب. وهذا ما نلاحظه فى الجو البارد عندما نتنفس. فنرى هواء الزفير الدافئ يخرج ليصطدم بالهواء البارد فيتكثف ما به من بخار مكونا سحابة فمصادر المياه فى الطبيعة هى الأمطار ومياه البحار والبحيرات حيث المياه سطحية ومياه الآبار والينابيع حيث المياه جوفية. فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر (EVaporation)، حيث يكون السحاب، الذى تدفعه الرياح إلى مناطق مختلفة ، ويتكاثف ويهطل أمطاراً على الأرض ثم يرجع إلى المحيطات مرة أخرى.

هناك كمية قليلة من السحاب، الذى يتكون عن طريق علمية البخر من الرطوبة، الموجودة فى سطح التربة وعلمية النتح (Transpiratio) من أوراق النبات ثم يتكاثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض. وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى فى المحيطات والبحار، ويتبقى جزء قليل يسقط على اليابسة ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط وهذه الدورة الدائمة لمياه الأرض، تسمى دورة الماء (water cycle)،أو (Hydrological cycle) ونتيجة لهذه الدرورة، فإن كمية الماء العذب الموجودة على سطح الأرض، كمية ثابتة منذ قديم الأزل. وقد قامت دائرة المساحة الأمريكية «USGs» بتقسيم دورة المياه إلى خمسة عشر جزءا على النحو التالى وكما يوضح ذلك الشكل رقم «١»:

١. المياه المخزنة فى المحيطات.
٢. التبخر.
٣. المياه الموجود فى الغلاف الجوى.
٤. التكثيف.
٥. التساقط.
٦. المياه المخزنة على هيئة جليد وثلج.
٧. ماء الجليد الذائب فى مجارى الأنهار.
٨. ماء المطر الجارى فوق سطح الأرض.
٩. مجارى الأنهار.
١٠. المياه المعذبة المخزنة.
١١. التسرب.
١٢. المياه الجوفية المتدفقة.
١٣. الينابيع.
١٤. الارتشاح.
١٥. المياه الجوفية المخزنة.

والآن نسبح سويا مع نقطة الماء فى دورتها من مكان معين حتى نعود معها ثانية إلى نفس المكان، علما بأن الجزئ المائى الواحد يقضى حوالى عشرة أيام بعد تبخره فى الغلاف الجوى حتى يعود ثانية للأرض، وسوف نأخذ نقطة الانطلاق الأولى المحيطات.

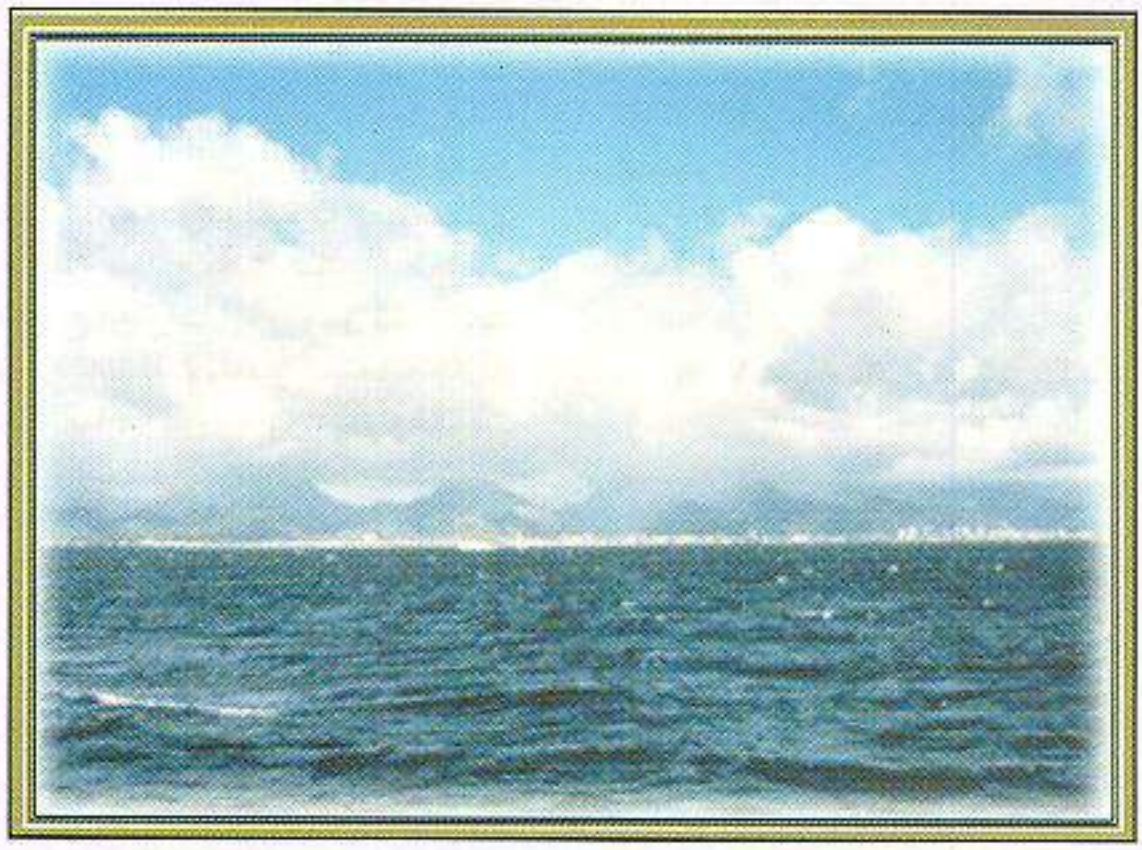
١. المياه المخزنة فى الحيطات

تعد كمية المياه المخزنة فى المحيطات لفترات طويلة أكثر بكثير من المياه التى تتحرك خلال دورة الماء ويصل إجمالى إمدادات المياه على مستوى العالم إلى ١,٣٨٦,٠٠٠,٠٠٠ كيلو متر مكعب «٣٢١,٠٠٠,٠٠٠ ميل مكعب»، منها ١,٣٣٨,٠٠٠,٠٠٠ كيلو متر مكعب «٣٣٢,٥٠٠,٠٠٠ ميل مكعب» مخزنة فى المحيطات بنسبة تصل إلى ٩٦,٥٪ إذ توفر المحيطات حوالى ٩٠٪ من المياه المبخرة التى تذهب

الشكل رقم (١) وهو صورة عن دائرة المساحة الجيولوجية الأمريكية ويوضح دورة الماء حيث تقوم الشمس بتسخين المياه من مخزون المياه فى المحيطات فيحدث عملية تبخر وتكاثف تعمل على وجود مخزون للمياه فى الغلاف الجوى على هيئة سحب ورطوبة وثلج وجليد ثم يحدث تساقط على هيئة هطول باشكاله المختلفة بلاضافة إلى ذوبان الجليد وجريانه فى الجداول وتدفق المياه فى الأنهار ثم تتم عملية الرشح فيتكون مخزون المياه الجوفية ثم يحدث تصريف للمياه الجوفية على هيئة آبار وينابيع فيتكون مخزون المياه العذبة.

شـكل (٢)

الشكل (أ) يوضح نسبة المياه الموجودة فى الأرض، ففى المحيطات تبلغ ٩٦,٥٪ وتبلغ فى المصادر الأخرى ٣,٥٪ وتشمل المياه الجوفية ومياه الأنهار والغلاف الجوى



الشكل (ب) يمثل منظر عام للمياه الموجودة فى المحيطات

إلى دورة الماء، الشكل رقم «٢».

تتعرض كمية الماء الموجودة فى المحيطات للتغيرات على مدى فترات طويلة من الزمن وتتشكل خلال الفترات المناخية الباردة مزيد من الأنهار والمجارى الجليدية، مما يؤدى إلى تدنى مستوى الماء فى المحيطات والعكس صحيح خلال الفترات المناخية الحارة. ونقلا عن دائرة المساحة الجيولوجية الأمريكية فقد كان مستوى الماء فى المحيطات خلال العصر الجليدى الماضى أقل بحوالى ١٢٢ متراً «٤٠٠ قدم» عن معدل اليوم وقبل حوالى ٣ مليون سنة، عندما ارتفعت درجة حرارة جوف الأرض، ارتفع مستوى الماء فى المحيطات إلى أعلى بمعدل بلغ ٥٠ متراً «١٦٥ قدم».

توجد تيارات فى المحيطات تقوم بتحريك كميات هائلة من الماء حول العالم، وتكون هذه التحركات على قدر كبير من التاثير على دورة الماء والأحوال الجوية، ويتميز التيار الدافئ الموجود بشمال الأطلس بالماء الدافئ وقيامه بتحريك الماء من خليج المكسيك عبر الأطلسى نحو بريطانيا بسرعة تصل إلى ٩٧ كيلو مترا فى اليوم، ناقلا كميات من الماء أكثر بحوالى ١٠٠ مرة من تلك التى تنقلها الأنهار الأرضية.

٢- التبخر EVAPORATION

يعرف التبخر كما يوضح الشكل رقم «٣» بأنه تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وعادة ما يكون غير مرئى، والماء فى حالته الغازية هو مانطلق عليه «بخارالماء»، ويعتبر بخار الماء من أهم مكونات الغلاف الجوى وهو المكون الأساسى ونقطة البداية للظواهر الجوية المائية مثل السحب والهطول والضباب والندى والعواصف الرعدية.

وتتم علمية التبخر مصادر عديدة مثل:

- المسطحات المائية كالمحيطات والبحار والأنهار والبحيرات والجليد، وتعتبر علمية التبخر التى تحدث عن طريق المسطحات المائية هى الطريقة الرئيسية لانتقال الماء إلى الغلاف الجوى ويمثل ذلك حوالى ٩٠٪ من الرطوبة الموجودة فى الغلاف الجوى.
- التربة وسطح الأرض بشكل عام ومن أجسام الكائنات الحية.
- النتح من النباتات والأشجار، وقد ذُكِر فى كتاب الميتورولوجية أن مقدار ما يتبخر من الماء من شجرة واحدة متوسطة الحجم ١٢ لترا فى اليوم.
- تبخر الأمطار أثناء سقوطها من السحب وقبل أن تصل الى الأرض

١.٢ النتح Transpiration

النتح هو عملية تبخر الماء السائل الموجود فى الخلايا النباتية ونقله إلى الهواء عن طريق المسام وهى عبارة عن فتحات صغيرة فى

أوراق النبات يعبر من خلالها بخار الماء والغازات الأخرى، ويفقد النبات الماء الذى يمتصه عن طريق الجذور والزائد عن حاجته عن طريق عملة النتح، وتعتمد علمية النتح على إمداد الطاقة اللازم لعملية التبخر، والاختلاف فى تركيز بخار الماء بين الهواء المجاور والمسام فى أوراق النبات، وسرعة الرياح كما هو الحال فى عملية التبخر المباشرة، ومدى توافر الرطوبة فى التربة، وقدرة التربة على توصيل الماء للجذور، كما يتأثر معدل النتح بدرجة ملوحة التربة، وخصائص المحصول نفسه حيث أن معدل النتح يختلف من محصول لآخر، وينتج النتح أيضا بمعدلات مختلفة فى أثناء أطوار نمو المحصول.

٢.٢ التبخر نتح
Actual Evapotranspiration

نظرا لأن علميتى التبخر والنتح يحدثان معا فى آن واحد ومن الصعوبة التمييز بينهما فإن مجمل هذه العلمية يسمى بالتبخرتتح.

العوامل التى تؤثر فى علمية التبخر نتح:

أ. الإشعاع الكلى للشمس:

بصفة عامة يتناسب التبخر تناسبا طرديا مع كمية الأشعة الشمسية الساقطة على السطح، وتعتمد كيمة الأشعة الشمسية الساقطة على وحدة مساحة من السطح على: بعد الأرض عن الشمس، وزاوية ميل أشعة الشمس، وعدد ساعات سطوع الشمس، ومدى تقليل الغلاف الجوى للإشعاع الشمسى.

ب. درجة الحرارة:

ليس بالضرورة أن نعمد إلى تسخين الماء فوق النار لدرجع الغليان «١٠٠أس» لتحوله إلى غاز فالماء دائب التحول إلى بخار حتى ولو لم يسخن، فإنه لو ترك إناء به بعض الماء معرضا للهواء يلاحظ أن

الشكل (٣) ويظهر فيه بخار الماء الناتج من المسطحات المائية والاشجار

كمية الماء الموجودة به تقل بمضى الوقت، ولكى يتحول الماء إلى الحالة الغازية فى أى درجة حرارة فإنه يحتاج إلى كمية من الحرارة تسمى الحرارة الكامنة للبخر «وهى كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية فى نفس درجة حرارته، وتزداد قيمة الحرارة الكامنة للبخر كلما زادت درجة حرارة الماء لتبلغ أقصى قيمة لها عند نقطة غليان الماء «١٠٠أس» وهى ٥٣٧ كالورى للجرام الواحد، ويطلق عليها عندئذ «الحرارة الكامنة للتصعيد»، وحيث أن التبخر يزيل الحرارة من البيئة، فإن الماء الذى يتبخر من جسمك هو الذى يجعلك تشعر بالبرودة.

ت. سرعة الرياح:

تؤثر سرعة الرياح فى معدلات التبخر و النتح، فهى تعمل دائبة على إزاحة الأبخرة ليحل محلها هواء جاف بصورة مستمرة. ولذلك تزداد معدلات التبخر بازدياد سرعة الرياح.

ث. الرطوبة النسبية قرب سطح التبخر:

من المعلوم أن جو الأرض لايستطيع أن يستوعب كميات غير محدودة من بخار الماء، لذا فإن معدلات التبخر تتناسب تناسبا عكسيا مع الرطوبة النسبية فى الهواء التى هى ضغط بخار الماء الفعلى نسبة إلى ضغط بخار الماء المشبع.

ج. طبيعة السطح وشكل أوراق النباتات والأشجار وعدد المسامات فيها:

مثال ذلك أن التبخر من النباتات يكون دون التبخر من الماء المكشوف المساوى له فى المساحة بنسبة ١ إلى ٣، كما أن التبخر من الأرض الرطبة الموجة يكون ٣ أضعاف الأرض المستوية، كم أن معدل النتح يزيد فى الأوراق كبيرة الحجم كثيرة المسام.

ح. وجود شوائب أو مواد فى الأسطح المائية:

يؤثر وجود شوائب على الأسطح المائية على التبخر بنسبة وجود هذه الشوائب، أما فى حالة وجود طبقة رقيقة من الزيت فوق سطح الماء فإن ذلك يؤدى إلى وقف التبخر ألبته.

خ. الخواص الطبيعية والتركيب الكيميائى للتربة وعمق منسوب المياه فيها:

حيث يتاثر معدل التبخر نتخ بدرجة ملوحة التربة، وعدم التحكم فى أمراض المحاصيل، والمبيدات الحشرية لأن هذه العوامل تؤثر فى نمو النبات وبالتالى فى عملية التبخر نتح.

د . الموقع الجغرافى:

بما أن لدرجة الحرارة الأثر الفاعل فى نسبة التبخر فإن كمية التبخر تزداد عند خط الاستواء وتقل كلما اتجهنا نحو القطبين كما تزداد نسبة التبخر فوق المحيطات والأنهار عنها فى فوق اليابسة.

خواص وتأثير بخار الماء فى الجو

١. الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

وهى عبارة عن كتلة بخار الماء الموجود فى حجم معين من الهواء، ويعبر عنها بعدد جرامات بخار الماء الموجودة فى واحد متر مكعب من الهواء، فلو أن متر مكعبا من الهواء يحتوى على جرام واحد من الماء على شكل بخار، فإن رطوبته المطلقة تكون ١ جرام / م٣.

٢. ضغط بخار الماء فى الجو vapour pressure

إذا علمنا أن الضغط الجوى الكلى هو وزن عمود من الهواء بجميع مكوناته الواقع على وحدة المساحة وذلك من سطح الأرض حتى نهاية الغلاف الجوى، وحيث أن الهواء يتركب من العديد من الغازات من بينها بخار الماء فإن الضغط الجوى عبارة عن مجموع تضاغط جزيئات كل غاز على حدة، وضغط بخار الماء هو القوة المبذولة على وحدة المساحات نتيجة لتصادم جزيئات بخار الماء بهذا السطح، وتتوقف قيمته على كمية الرطوبة المطلقة فكلما زادت قيمتها زاد ضغط بخار الماء، ولهذا يعتبر ضغط بخار الماء أحد مقاييس كمية بخار الماء فى الجو.

٣. تأثير بخار الماء على كثافة الهواء

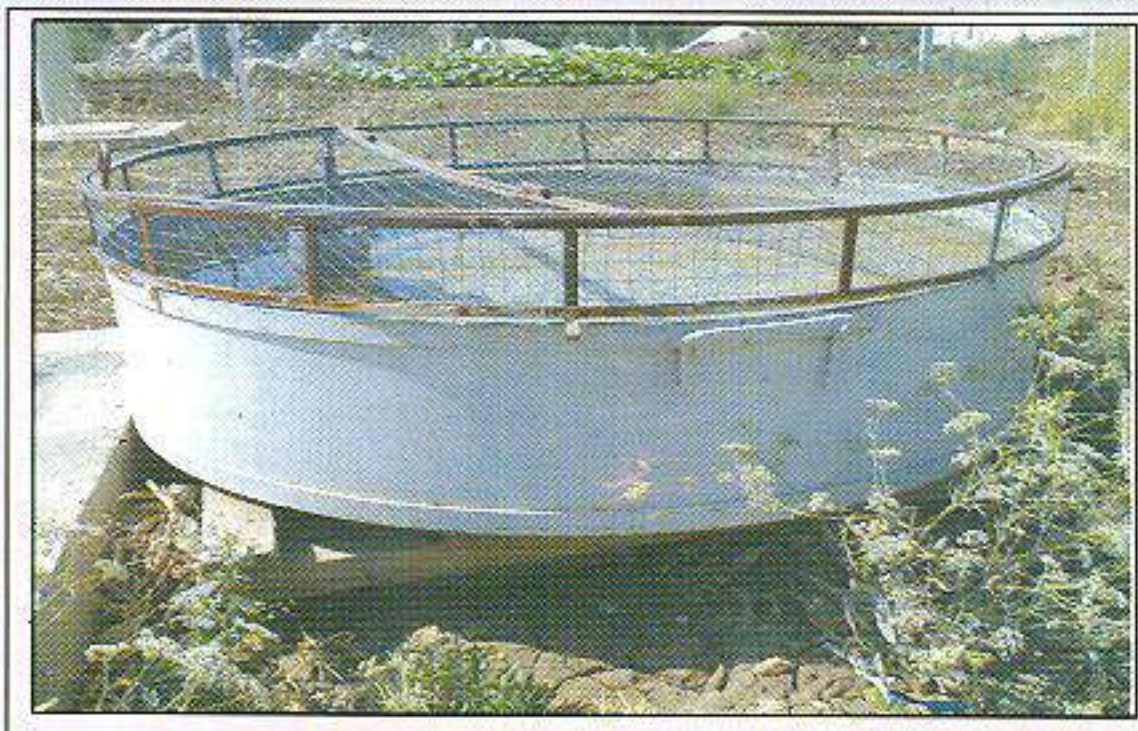
كثافة بخار الماء فى درجات الحرارة العادية أقل من كثافة الهواء الجاف فى نفس الدرجة والنسبة بينهما ٥/٨ ولذلك فإن اختلاط بخار الماء بالهواء الجاف يسبب تقليل كثافة الهواء بعد أن أصبح رطبا، وكلما زادات كمية بخار الماء فى الجو قلت كثافة الهواء.

٤. تشبع الهواء ببخار الماء

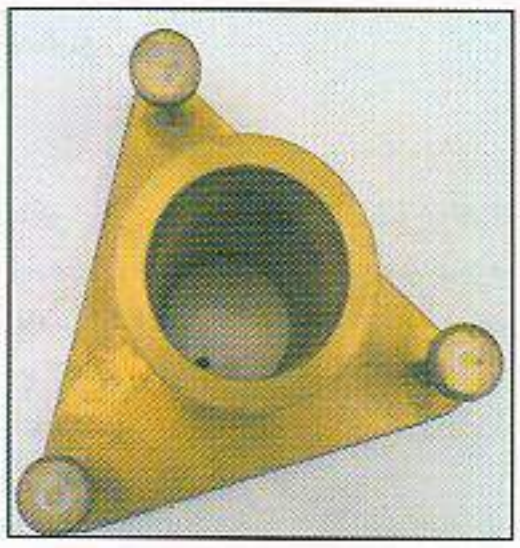
وهو ما يطلق عليه الهواء المشبع حيث أن الهواء فى درجة حرارة معينة يستطيع حمل كمية معينة من بخار الماء ولا يستطيع حمل أكبر منها، وتتوقف هذه الكمية على درجة حرارة الهواء فكلما زادت درجة حرارة الهواء زادت هذه الكمية، ويطلق على الهواء الذى اختلط بأقصى كمية من بخار الماء يمكن أن يحملها فى درجة حرارته بالهواء المشبع عند نفس درجة الحرارة، ولكل درجة حرارة معينة توجدكمية معينة من بخار الماء لازمة لتشبع الهواء عندها.

٥. رطوبة الهواء

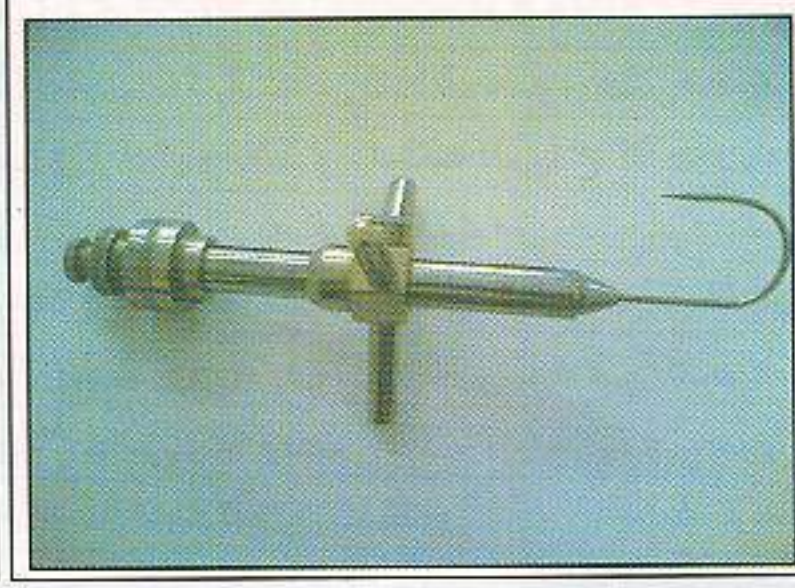
رطوبة الهواء أو الرطوبة الجوية هى كمية بخار الماء الموجود فى الغلاف الجوى وخاصة طبقة التروبوسفير، وهى كمية قليلة جدا مقارنة بالماء الموجود على سطح الأرض، وتعد الرطوبة الجوية أحد المحركات الرئيسية للمناخ climate Engine بسبب الطاقة الهائلة



الشكل رقم (٤) وهو عبارة عن الوعاء القياسى المستخدم فى قياس كمية التبخر ويلاحظ انه مغطى بغطاء شبكى لمنع الطيور والدواب من الشرب حتى تكون كمية التبخر المقاسة دقيقة



الشكل رقم (٥) يمثل البئر الساكن ويوضع داخل الوعاء القياسى ويتم ميزانه بواسطة المسامير الثلاثة حتى يكون مستو تماما، كما يلاحظ ان فى أسفله فتحة تسمح بمرور الماء الموجود بالحوض ويكون فى نفس مستوى الماء الموجود بالحوض طبقا لنظرية الأوانى المستطرقة، وتم تصميم البئر الساكن بحيث لا يحدث به أى تموجات عنيفة حتى ولو كانت موجودة بباقى الوعاء



الشكل «٦» يمثل الميكروميتر وهو مصنوع من النحاس الأصفر الغير قابل للصدأ.

الشكل «٧» يمثل طريقة وضع الميكروميتر داخل البئر الساكن ويتم وضع الاثنين مجتمعين داخل حوض الوعاء القياسى.

المكتسبة أو المفقودة عند تحول الماء من حالة إلى أخرى، ويعبر عن رطوبة الهواء بالعديد من التعبيرات وهى: الرطوبة المطلقة، الرطوبة النوعية، الرطوبة النسبية، وسيتم توضيح ذلك عن الحديث عن مخزون المياه فى الغلاف الجوى.

٦- نقطة الندى Dew point

وهى درجة الحرارة التى لو برد إليها كمية معينة من الهواء لأصبح مشبعا ببخار الماء، أى يتساوى فيه ضغط بخار الماء الفعلى مع ضغط بخار الماء الإشباعى، أو تصبح رطوبته النسبية ١٠٠٪، لذا كلما كانت درجة الحرارة لنقطة الندى مرتفعة كان محتوى الهواء من الرطوبة عاليا والعكس صحيح.

قياس كمية التبخر

تقاس كمية التبخر بواسطة الوعاء القياسى « Class A» كما فى الشكل رقم «٤» وهو عبارة عن حوض من الصلب المجلفن الغير قابل للصدأ قطره الداخلى ١٢٠,٧ سم وعمقه ٢٥,٤ سم، ويتم وضعه فى حظيرة الرصد على هيكل خشبى مفرغ (شبكى) بارتفاع ٢٥ سم على أرض صلبة بحيث يكون مستو أفقيا تماما، ويملأ الحوض بالماء إلى عمق من ٥-٧ سم أسفل الحافة العلوية، ويجب ترك فراغ أسفل الهيكل الخشبى من ٥.٣ سم وذلك لتسهيل مرور الهواء من أسفله ولسهولة مراقبة وجود أى تسرب من أسفل الحوض ومعالجته فى الوقت المناسب، ويوجد فى داخل الوعاء اسطوانة معدنية قطرها ١٠ سم وعمقها ٣٠ سم تسمى البئر الساكن كما فى الشكل رقم «٥» وعن طريقها يسمح بدخول الماء فيها عن طريق فتحات فى أسفلها، وبذلك يتم التأكد من عدم وجود ذبذبات أو تموجات عنيفة على سطح الماء أثناء قياس كمية التبخر، ويوضع داخل البئر الساكن مقياس التبخر ويسمى الميكروميتر كما فى الشكل رقم (٦) وهو عبارة عن قضيب من النحاس الأصفر مدرج بالمليمتر وأعشار المليمتر، ونهاية هذا هو العمود تكون على شكل خطاف تلامس نهايته المعقوفة سطح الماء فى الاسطوانة الذى هو بالتالى سطح الماء داخل الحوض، يتم وضع المقياس عموديا داخل الاسطوانة كما فى الشكل رقم «٧»، ونعرف مقدار التبخر لأى يوم عن طريق قراءة الميكروميتر فى اليوم التالى أول رصدة (س) ثم إرجاع الورنية للميكروميتر حتى يلامس السن سطح الماء ثم نقرأ الميكروميتر (ص) فتكون قيمة التبخر (س-ص)، وتكون وحدة القياس هى ملليمتر / يوم.

وإلى اللقاء فى العدد القادم إن شاء الله تعالى لنستكمل قصة حياة قطرة ماء.

المراجع

١- الأرصاد الجوية للطيران «الطبعة الثانية - القاهرة ١٩٧٢».
وضع: عبد القادر محمد العاملى خليل عبد الفتاح خليل
٢- الميتورولوجية بقلم: محمود حامد محمد «مطبعة الاعتماد بمصر ١٩٤٦.
٣- الجو وتقلباته تاليف: إيفان راى تانيهيل ترجمة: الدكتور/ محمد جمال الدين الفندى.
٤- الموقع الإلكترونى للأرصاد الجوية الأردنية.
٥- الموقع الإلكترونى ويكيبيديا الموسوعة الحرة « ar.wikipedia.org/w/Wiki ويكيبيديا».
٦- الموسوعة الجغرافية المصغرة.
«http://www.moqatel.com/openshare/Behoth/Goraphy»
7- The Water Cycle: Summary, from USGS Water Science for Schools
«http://ga. water,usgs.gov/edu/watercyclesummary.htmi»