الفصل السادس : البخر والرطوبة والهطول

- البخر
- الرطوبة :
  * الرطوبة النسبية
  * الرطوبة فى مصر
- ترطيب الهواء :
  * طرق داخل المبنى
  * طرق خارج المبنى
- الهطول :
  * مقياس كمية الأمطار
  * المنطقة الحارة الممطرة
  * المنطقة الحارة الجافة
  * الأمطار فى مصر

الفصل السادس

البخر والرطوبة والهطول

البخر Evaporation :

يطلق على تحول الماء من حالة السيولة إلى بخار اسم البخر ، وهو يحدث من شتى الأسطح المبتلة ومن التربة والنبات وجسم الإنسان وعلى الأكثر من الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات . وكلما اتسعت رقعة السطح الذى يحدث منه البخر زادت كميات المياه المتبخرة . ومما ينشط عمليات البخر زيادة سرعة الرياح ، فهى تعمل دائبة على إزاحة الأبخرة ليحل محلها هواء جاف بصورة مستمرة ، لذلك لا تبقى كميات بخار الماء العالقة فى الهواء ثابتة النسبة بل تتغير دائماً وباستمرار .

الرطوبة Humidity :

هى بخار الماء غير المرئى الموجود فى الهواء . وليست السحب والأمطار والضباب والندى سوى هذا البخار بعد أن يتكثف . وتقاس كمية بخار الماء فى الهواء وهو ما يطلق عليه الرطوبة المطلقة (رم) Absolute Humidity ، بوزن البخار الموجود فى وحدة وزن أو وحدة حجم من الهواء ويعبر عنها بجم / كجم أو جم / م^{3} .

ويصل الهواء إلى درجة التشبع ببخار الماء Saturation Point عندما لا يكون فى مقدوره استيعاب أية كمية إضافية من الرطوبة . وتتوقف درجة التشبع على درجة حرارة الهواء ، فكلما ارتفعت زادت قدرة الهواء على استيعاب المزيد من الرطوبة . وعند تبريد الهواء غير المشبع فإنه يصل إلى درجة حرارة يصبح عندها مشبعاً ، وإذا

استمرت عملية التبريد يتكثف بخار الماء الفائض . وتسمى درجة الحرارة التى تبدأ عندها عملية تكثيف البخار الفائض بنقطة الندى Due Point .

وأوضح مثال على ذلك عندما يتعرض كوب من الماء المثلج للهواء فى غرفة ساخنة ، فيغطى سطحه الخارجى بطبقة رقيقة من الماء ، ومصدر هذا الماء هو الهواء الجوى الذى عندما يلامس سطح الكوب البارد تنخفض درجة حرارته تحت درجة التشبع فتتكثف بعض أبخرته فى صورة نقط الماء الصغيرة التى تكسو السطح الخارجى للكوب ، والعكس صحيح حيث يفقد الهواء تشبعه إذا تم تسخينه .

الرطوبة النسبية (رن) Relative Humidity :

هى النسبة المئوية لكمية الرطوبة الموجودة فى الهواء إلى كمية الرطوبة التى يمكن أن يستوعبها عند التشبع :

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة}}{\text{رطوبة التشبع}} \times ١٠٠$$

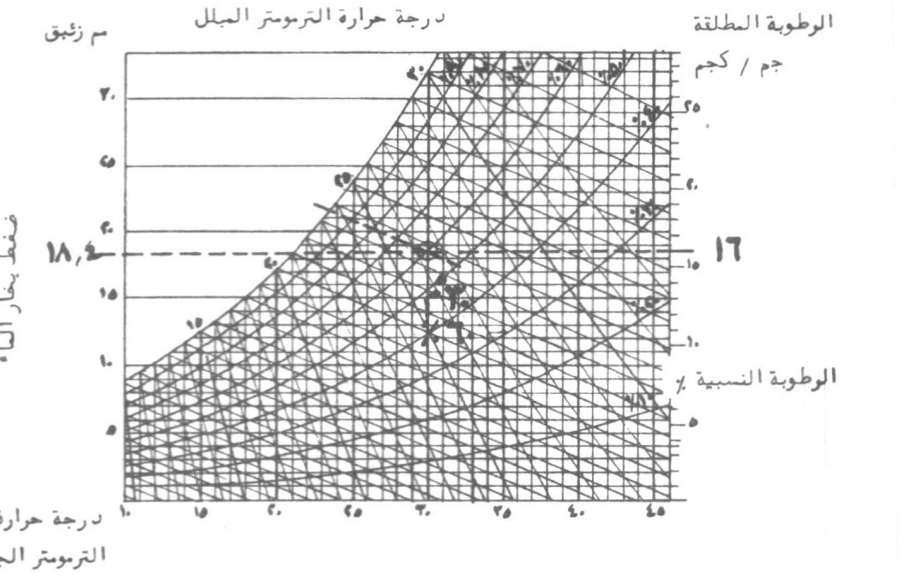
فمثلا : إذا كان الهواء يحتوى على ٩,٤ جم / كجم رطوبة وتبلغ رطوبته النسبية ١٠٠٪ فإنه إذا احتوى على ٤,٧ جم / كجم رطوبة تكون رطوبته النسبية ٥٠٪ .

والرطوبة النسبية تعطى صورة مباشرة عن إمكانية البخر . ويوصف الهواء بأنه جاف ومنعش عندما تكون الرطوبة النسبية منخفضة ، لأن فرصة التبريد بالبخر تكون أكبر . أما إذا ارتفعت فإن الشعور يكون بثقل التنفس وعدم الراحة .

وفى المناطق الصحراوية يؤدى انخفاض الرطوبة النسبية مع ارتفاع درجات الحرارة إلى جفاف شديد فى الإقليم يكون له تأثيره الضار على النباتات ما لم يؤخذ أمره فى الحسبان .

قياس الرطوبة النسبية :

تقاس الرطوبة بجهاز " السيكروميتر " Psychrometer ، ويتكون من ترمومترين زئبقيين متجاورين . الأول يطلق عليه الترمومتر الجاف Dry Bulb Thermometer حيث يقيس درجة الحرارة الجافة ، أما الثانى فيطلق عليه الترمومتر المبلل Wet Bulb Thermometer ، حيث يغطى مستودعه بقطعة من الشاش تتدلى منها فتيلة من مادة ماصة تنغمس فى وعاء به ماء ، فتؤدى الخاصة الشعرية إلى الحفاظ على المستودع مبللاً دائماً وهو يعطى درجة الحرارة الرطبة Wet Bulb Temperature ، وهى بالطبع أقل من درجة الحرارة الجافة حيث يؤدى تبخر الماء الموجود بقطعة الشاش حول الخزان إلى خفض درجة الحرارة ، وحيث إن البخر يزداد جفاف الهواء والتبريد يزداد بازدياد البخر فإن الفرق بين درجتى الحرارة الجافة والرطبة يتناسب تناسباً طردياً مع جفاف الهواء . وفى حالة تساوى درجتى الحرارة تكون الرطوبة النسبية ١٠٠٪ ، أى يكون الهواء مشبعاً فلا يحدث أى بخر على الخزان المبلل ولا تنخفض حرارته وتبقى مساوية لدرجة الحرارة الجافة ، وبوساطة القراءتين يمكن الحصول من الخريطة السيكرومترية Psychrometric Chart على الرطوبة النسبية (شكل ٨٣) .



شكل ٨٣ : استخدام الخريطة السيكرومترية فى إيجاد الرطوبة النسبية

مثال : عند درجة حرارة جافة ٣٠° مئوية

ودرجة حرارة رطبة ٢٣,٧° مئوية

تكون الرطوبة النسبية = ٦٠٪ ، وتكون الرطوبة المطلقة ١٦ جم/كجم

ويكون ضغط بخار الماء = ١٨,٤ مم زئبق

وضغط البخار صورة أخرى لقياس الرطوبة ، لكنها غير مستعملة فى الممارسة العملية .

والجهاز السابق لا يعطى تسجيلاً مستمراً للرطوبة . ويقوم جهاز الهيجروجراف Hygrograph بهذه المهمة . وفكرته مبنية على أن الشعر الآدمى يتمدد بازدياد رطوبة الهواء وينكمش بالجفاف . ويتركب الجهاز من خصلة من شعر آدمى تُشد إلى ريشة تسجيل بحيث إذا ما تغير طول الشعر رسمت الريشة هذا التغيير على ورقة متحركة .

وتكفى البيانات التالية لإعطاء صورة واضحة عن الرطوبة :

- المتوسط الشهرى (٣٠ يوم) لأعلى رطوبة نسبية
- المتوسط الشهرى لأقل درجة رطوبة نسبية

وذلك لكل شهر من أشهر السنة .

وفى حالة عدم توفر هيجرومتر ، تؤخذ القراءات على الترمومتر فى الساعة ٦ صباحاً ، وهى تقريباً أعلى درجة رطوبة فى اليوم ، وبين الساعة ٢ إلى الساعة ٤ بعد الظهر وهى تقريباً أقل درجة رطوبة .

وتمثل قراءة الساعة ٦ صباحاً رطوبة عالية لجميع أنواع المناخ ، أما الرطوبة أثناء النهار فيختلف مقدارها تبعاً للموقع وأحياناً يكتفى بها للتعبير عن درجة رطوبة المكان .

الرطوبة فى مصر :

تبلغ الرطوبة النسبية أقصاها صيفاً على الساحل الشمالى ، وشتاء فى الداخل ، وترجع أسباب هذه الظاهرة إلى انخفاض الحرارة فى الداخل أثناء فصل الشتاء مما يجعل الهواء أقرب إلى التشبع على حين أن ارتفاع الحرارة فى الصيف يساعد على نشاط البخر على الساحل وبالتالى زيادة الرطوبة النسبية .

وينخفض متوسط درجة الرطوبة النسبية من الشمال للجنوب ، ماعدا منطقة وسط الدلتا التى ترتفع فيها أحياناً نسبة الرطوبة حتى عن مدينة الإسكندرية ذاتها ، ويرجع السبب فى ذلك إلى تعرض الإسكندرية إلى رياح جنوبية جافة تصاحب مرور الانخفاضات الجوية التى تكثر على الساحل ، هذا فضلاً عن وقوع منطقة الدلتا وسط الأراضى الزراعية بعيداً عن رياح الصحراء الجافة .

وتمتاز الرطوبة النسبية فى منطقة الساحل بوجه عام بأنها قليلة التغير بين شهر وآخر ، إذ لا يتجاوز مقدار التغير ٩٪ بينما يصل إلى ٢٠٪ فى المناطق الداخلية ، ويرجع السبب فى ذلك إلى تأثير البحر المتوسط .

ويبلغ التغير اليومى فى درجة الرطوبة أدناه فى فصل الصيف فى كافة أنحاء البلاد نظراً لانتظام هبوب الرياح الشمالية ، ولا يتجاوز متوسط الاختلاف فى يومين متوالين ٦٪ ، ويبلغ هذا الاختلاف أقصاه فى فصل الربيع أثناء فترة الخماسين حيث تصل إلى ١١٪ .

ترطيب الهواء Air Humidification :

من المعروف أنه إذا قلت نسبة الرطوبة فى الجو عن الحد المناسب ولمدة طويلة فإن ذلك يؤثر على البشرة الخارجية لجسم الإنسان فتتعرض لجفاف شديد يؤدى إلى تشققات خاصة بالشفاه والأنف ، كذلك تقل نسبة تنقية الهواء من الأتربة العالقة مما يؤثر على الجهاز التنفسى . ولهذا فمن الضرورى بالنسبة للمناطق الحارة الجافة المحافظة على توفير نسبة رطوبة فى الجو بمستوى معقول يحقق الراحة ويتلافى نتائج الجفاف

السلبية . وتستطيع الأجهزة الحديثة لتكييف الهواء سواء المركزية أو بالوحدات أن تحقق النتائج المطلوبة فى هذا الصدد إلا أنه تجدر الإشارة إلى طرق التحكم البيئى التى تستخدم طبيعياً وتنقسم إلى مجموعتين :

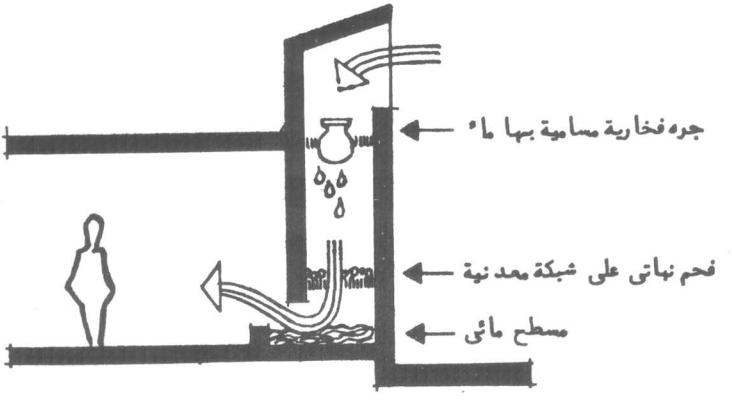
١ - طرق تستخدم داخل المبنى .

٢ - طرق تستخدم خارج المبنى .

الطرق المستخدمة داخل المبنى :

فى عهد الفراعنة كان العبيد يقومون بالتهوية بمراوح الريش على أوان فخارية مسامية كبيرة تحتوى على الماء الذى يتسرب من المسام وينتقل إلى الهواء عن طريق البخر . وهذه هى الفكرة الأساسية لجميع طرق ترطيب الجو التى تعتمد على تبخير طبقة رقيقة جداً من الماء من على سطح ما .

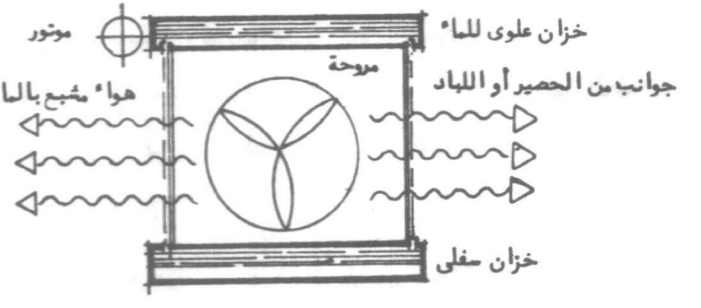
وفى صعيد مصر تستخدم طريقة لترطيب الهواء عن طريق الملقف حيث يعلق إناء من الفخار (جرة أو زير) مملوء بالمياه فى أعلى الملقف وأسفل فتحة دخول الهواء من الخارج ، ويتسرب الماء من مسام الإناء على حصيرة معلقة بفراغ الملقف أو على كمية من الفحم الموضوعة على شبكة حديدية قرب فتحة الملقف السفلية المتصلة بالغرفة ، وبمرور الهواء على الإناء الفخار ثم على الحصيرة أو الفحم المبلل تزداد نسبة رطوبته وتقل درجة حرارته قبل وصوله فى النهاية إلى الغرفة (شكل ٨٤) .



شكل ٨٤ : استخدام الملقف فى ترطيب الهواء

أما فى البيوت الإسلامية فقد وضعت الفسقية فى مجرى الهواء الخارج من الملقف لنفس الغرض استخدمت هذة النكوة لترطيب الجو لا يستلزم بالضرورة وجود ملقف ، إذ يكتفى لتغطت السطح المبلل فى مسار الهواء الطبيعى . وقد يكون هذا السطح حصيرة مشدودة على إطار خشبى تسبل عليها المياه باستمرار بواسطة رشاش ، ويمكن الاستعانة بمروحة صغيرة لتحريك الهواء .

ويعتبر المرطب الصحراوى Desert Cooler من الأجهزة المبسطة المستخدمة فى ترطيب الهواء . وهو يتكون من صندوق أبعاده ٦٠ × ٦٠ سم أو ٨٠ × ٨٠ سم وبسمك حوالى ٤٠ سم ، ويمثل سقفه وقاعدته خزانَىْ مياه ، أما الجوانب فهى من الحصير المشدود على إطار خشبى وداخل الصندوق مروحة (شكل ٨٥) . ويسيل الماء من الخزان العلوى ليبلل الحصير ، وتحرك المروحة الهواء ليخرج رطباً إلى الغرفة بعد مروره على الحصير المبلل . وتجمع بقية الماء السائل فى الخزان السفلى حيث يعاد رفعه إلى الخزان الأعلى بواسطة موتور صغير فيقلل بذلك من استهلاك الماء . ويمكن استبدال الحصير بالخيش أو الكارينا وغيرها من المواد المسامية .



شكل ٨٥ : فكرة المرطب الصحراوى

الطرق المستخدمة خارج المبنى :

وفيها يتم تزويد الهواء بالرطوبة قبل دخوله إلى المبنى ، ولا تخرج هذه الطرق فى أساسيتها عن الطرق المستخدمة داخلياً للترطيب .

وبما أنه قد يكون من الصعب توفير مسطحات كبيرة مرشوشة بالماء ، يمكن أن يقوم الغلاف الخارجى للمبنى من أسطح وحوائط بهذه الوظيفة وأيضاً الأرض المحيطة به حيث يتم رشها وذلك بشرطين أولهما توفر الماء بصورة غير مكلفة ، وثانيهما معالجة الحوائط والأسطح ضد الرطوبة خلف الطبقة الخارجية المرشوشة .

ويمكن الحصول على درجة معقولة من الرطوبة بوساطة رش النباتات المحيطة بالمبنى واستخدام أحواض المياه ووضعها فى مسار الرياح السائدة حيث تحمل بالرطوبة قبل دخولها إلى المبنى .

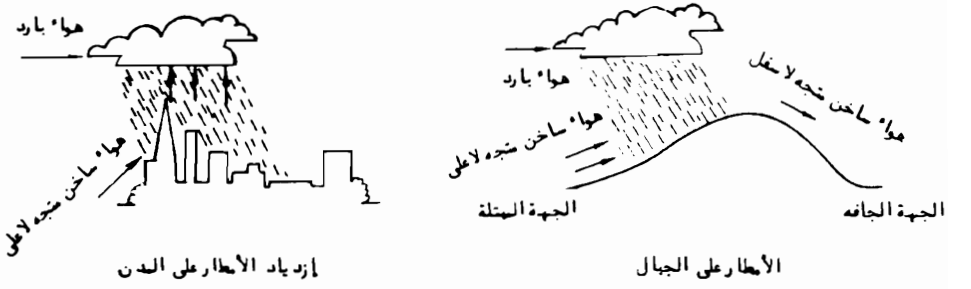
الهطول Precipitation :

يستخدم لفظ الهطول للدلالة على المطر والثلج والبرَد . وينشأ من تجمع حبيبات الماء المتناهية فى الصغر الموجودة فى أعالى السحب على بلورات من الثلج أو الملح فوق سطح البحر أو أية حبيبات أخرى توجد فى الجو أعلى المناطق الصناعية . وتهبط هذه المكونات الكبيرة نسبياً ويتجمع عليها عدد أكبر من حبيبات الماء . وتتوقف طبيعة الهطول بعد ذلك فيما إذا كان ثلجاً أو مطراً على درجات الحرارة السائدة فى الأجزاء العليا من السحابة ، وكذلك على درجات الحرارة السائدة بينها وبين سطح الأرض ، فإذا كانت أغلب هذه الدرجات تحت نقطة التجمد تساقط الثلج وإلا ذابت بلُورات الثلج وهى فى طريقها إلى سطح الأرض وتساقط المطر .

ويتراوح قطر قطرة المطر بين $\frac{1}{2}$ مم و $\frac{1}{2}$ ٥ مم . ويعتبر الرقم الأخير الحد الأقصى للحجم بحيث تتعرض أية قطرة مطر تفوق هذا الحجم إلى التفتت إلى أجزاء صغيرة . وتعمل مقاومة الهواء على تحديد السرعة القصوى لهبوط قطرات المطر حسب حجمها ، فالقطرات الصغيرة تهبط ببطء شديد بينما تبلغ سرعة هبوط القطرات الكبيرة حوالى ٨ متر/ثانية .

وتُعلل الرياح سبب هطول الأمطار باتجاه مائل حيث لا تسقط رأسياً إلا عند وجود الرياح الساكنة .

وتتأثر الأمطار مثل أى عنصر آخر من عناصر المناخ بالظروف المحلية ، فهى تزداد فى الأماكن التى تتجه فيها الرياح لأعلى . فعند وجود جبل تزداد كمية الأمطار عن المعدل على الجهة المواجهة للرياح بينما تقل على الجهة الخلفية . كما تؤدى الحرارة المنبعثة من المبانى إلى إتجاه دائم لأعلى لحركة الهواء . ومما يزيد كمية الأمطار على المدن وجود جزيئات عالقة فى الهواء تساعد على تكوين حبيبات الماء (شكل ٨٦) .



شكل ٨٦ : تأثير الظروف المحلية للموقع على الأمطار

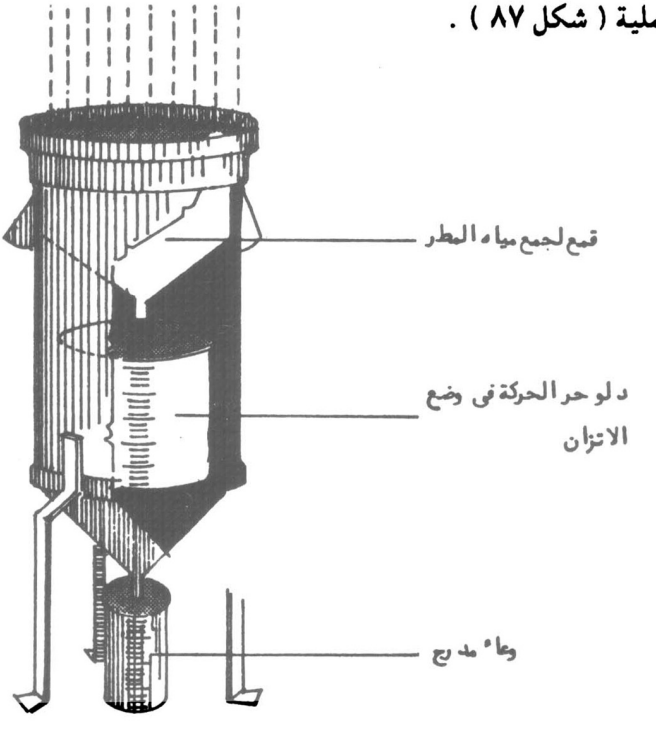
قياس كمية الأمطار :

تستعمل وحدة الـ مم/يوم والـ مم/شهر كوحدة لقياس كمية الأمطار الساقطة ، وهى توضح القيمة الكلية التى تسقط كل يوم أو كل شهر من أشهر السنة . وبأخذ المتوسط على مدى سنين عديدة يمكن استنتاج الهيكل العام لسقوط الأمطار فى المنطقة حيث توضح النهاية العظمى والنهاية الصغرى مدى زيادة أو نقصان الأمطار عن معدلها .

وبالنسبة للجهاز المستخدم فى القياس فإن أى إناء معتدل الجوانب يوضع بعيداً عن الشجر وغيره من الأجسام التى تعوق وصول المطر يمكن أن يؤدى الغرض بنجاح

تام . وإذا كان مسطح الوعاء كبيراً يفرغ فى وعاء آخر مسطح قاعدته $\frac{1}{10}$ الوعاء الأول لكى يمكن الحصول على ارتفاع مناسب لكمية المطر المتساقط تسهل من عملية قراءته لأن المطر الساقط على سطح كبير لا يظهر أثره بوضوح .

والجهاز المستعمل فى محطات الأرصاد يطلق عليه " الدلو الساكب " ، ويتكون من دلو صغير عريض عليه تدريج فى الوسط يوضع تحت القمع الذى يجمع المطر بطريقة تشبه كفة الميزان الحساس فيميل بمجرد أن تتساقط فيه كمية من الماء قدرها $\frac{1}{4}$ مم لتسيل كمية الماء إلى مقياس المطر المثبت فى أسفل الجهاز ، وينجم عن هذا الميل أن يتعرض الجانب الآخر من الدلو تعرضاً مباشراً للقمع الذى يجمع ماء المطر ، فلا يكاد ينزل فيه $\frac{1}{4}$ مم من الماء حتى يميل بدوره . وهكذا يقوم المطر نفسه بعملية السكب داخل الوعاء الأصغر . ويتصل الجهاز كهربائياً بجهاز تسجيل ، حيث ترسم ريشة علامة على لوحة التسجيل كلما مال الدلو وبذلك تتحدد تماماً اللحظة التى تحدث فيها العملية (شكل ٨٧) .



شكل ٨٧ : جهاز قياس كمية الأمطار (الدلو الساكب)

المنطقة الحارة الممطرة :

يسقط المطر فى المناطق الاستوائية بغزارة خلال موسمين محددين على مدار السنة . وبالاقتراب من المدارين (الجدى والسرطان) تقل مدة موسمى الأمطار وتقترب المسافة الزمنية بينهما بحيث تنتهى بأن يصبحا موسماً واحداً .

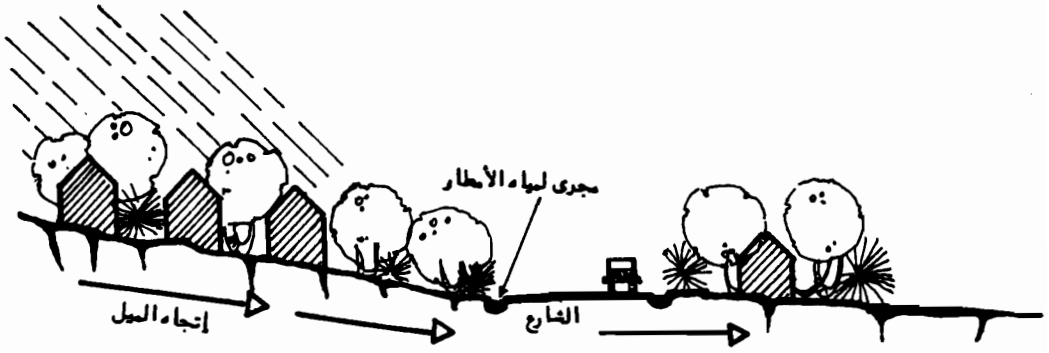
وتسقط الأمطار الاستوائية فجأة وبغزارة شديدة وعادة ما تكون مصاحبة برياح شديدة . ومن الكوارث الطبيعية الناجمة عن الأمطار الفيضانات ، التى قد تعجز أجهزة ونظم الصرف عن مجابهتها . وأكثر أنواع الفيضانات خطورة هى التى تنتج من هطول كميات غزيرة من الأمطار على منابع الأنهار ، وتكون أكثر المناطق تأثراً تلك التى تقع قرب المصب . ومن ضمن الأضرار البالغة لتلك الفيضانات نحر التربة وإغراق الشوارع والميادين وتدمير الحدائق والمناطق الخضراء وقد يصل الأمر إلى إنهيارات المبانى بسبب تداعى الأساسات وتتسبب الأمطار مع نسبة الرطوبة العالية فى تآكل المعادن ، ويزيد من هذا التأثير وجود الملح عالقاً فى الهواء وذلك فى المناطق الساحلية .

وتجدر الإشارة فى هذا الصدد إلى الاهتمام بدراسة وضع المبانى عندما تكون أرض الموقع ذات انحدارات . إذ يجب أولاً العناية بإيجاد جسور وقنوات كافية لتصريف الأمطار والتحكم فى مجراها ، كما يستحسن وضع المبانى فى صفوف موازية لاتجاه سريان الماء وليس عمودياً عليه (شكل ٨٨) . أما بالنسبة للطرق فيجب ألاَ تكون في اتجاه سريان الماء ، لأن ذلك يؤدى إلى تسهيل عملية اندفاع الماء وزيادة سرعة سريانه مما يؤدى إلى الزيادة فى أخطاره التدميرية .

وتعتبر الأسقف المائلة التى تأخذ بروزاً كبيراً على واجهات المبنى وخاصة المواجهة للرياح من أبرز خصائص مبانى المناطق الممطرة بل قد تصبح عناصر تصريف مياه الأمطار والميازيب من ملامح التصميم .

وفى المناطق التى تعتمد أساساً على الأمطار يتم تجميعها فى خزانات كبيرة وتستعمل فى الرى أو الأغراض الأخرى ، ومثال على ذلك الخزانات الرومانية الموجودة على امتداد الساحل الشمالى الغربى لمصر ويطلق عليها تجاوزاً الآبار الرومانية .

أما إذا قلت كمية الأمطار الساقطة كثيراً عن المعدل المعقول فيمكن أن تصاب المنطقة بكارثة الجفاف ما لم يكن هناك مصادر أخرى غير مياه المطر . فيحدث ما يسمى بالجفاف الجزئى إذا لم يتجاوز العدل اليومى $\frac{1}{4}$ مم لمدة تصل إلى ٣٠ يوماً متتالية . أما الجفاف التام فيكون عندما يقل المعدل عن $\frac{1}{4}$ مم لمدة ١٥ يوماً متتالية . وفى بعض البلدان الاستوائية أو المدارية مثل شرق أفريقيا والهند وشمال استراليا ، تؤدى قلة الأمطار التى تتساقط فى مواسم معينة إلى نقص فى الإنتاج الحيوانى والزراعى فتصاب هذه البلاد بالقحط وتنتشر المجاعة .



شكل ٨٨ : وضع المساكن والشوراع بالنسبة لاتجاه انحدار الأرض فى المناطق الممطرة

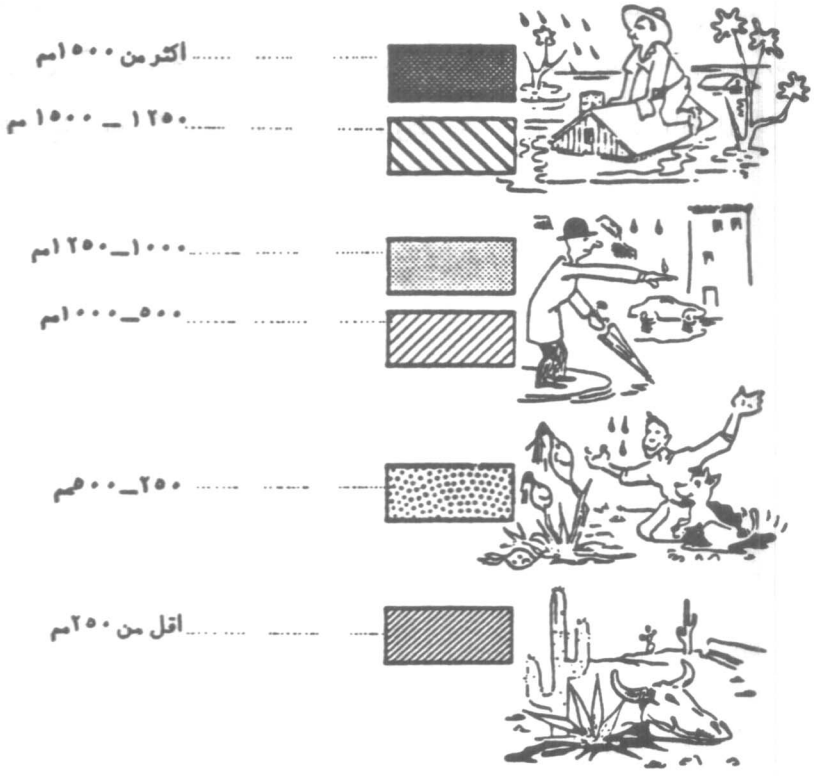
المنطقة الحارة الجافة :

تتميز المناطق الحارة الجافة بندرة الأمطار مما يحول دون خصب أراضيها وتربتها وبالتالى عجزها عن إنتاج النباتات والأشجار وصعوبة زراعتها باستثناء النمو المبعثر لبعض النباتات الخفيفة .

ولا يكاد يتجاوز معدل هطول الأمطار ٢٥٠ مم فى العام وقد تمر بضع سنوات دون سقوط مطر على الإطلاق . وقد تحدث رخات مطر شديدة وقصيرة الأجل مما يؤدى إلى امتلاء الوديان بالسيول المائية المتدفقة فى صورة فيضان خفيف . ويتبخر جزء

كبير من تلك المياه نظراً لجفاف الجو وشدة البخر ، إلا أن ما تمتصه الأرض يبقى فى باطنها فى صورة مياه جوفية تزود المناطق المنخفضة والواحات بالمياه .

ويبين (شكل ٨٩) تأثير كمية الأمطار على شكل النشاط البشرى .



شكل ٨٩ : تأثير كمية الأمطار على النشاط البشرى

الأمطار فى مصر :

تعد منطقة الساحل الشمالى أغزر جهات البلاد مطراً ذلك لأنها أكثر جهات مصر تعرضاً للأعاصير الشتوية الممطرة فضلا عن موقعها المتطرف نحو الشمال . وتأخذ الأمطار فى التناقص سواء نحو الشرق أو الجنوب ، ويرجع هذا إلى فقد الأعاصير التى تصل تلك المناطق لجزء من رطوبتها أثناء مرورها على اليابس .

وتتأثر الأمطار فى المنطقة الشرقية لظروف الضغط المحلى الذى يمتد انخفاضه من شمال البحر الأحمر للركن الجنوبى الشرقى للبحر المتوسط عبر سيناء . وهذا يؤدى إلى حدوث عواصف رعدية فى شرق مصر تسبب سقوط المطر فى فصلى الربيع والخريف بينما يعد الشتاء موسم سقوط المطر على بقية مناطق مصر .

ويتدرج معدل سقوط الأمطار على المناطق المختلفة ، فيبلغ متوسطه ١٦ مم/شهر فى الإسكندرية و ٣,٨ مم/شهر بوسط الدلتا وتمثله طنطا و١,٩٨ مم/شهر فى القاهرة بينما يبلغ ٠,٠٣ مم/شهر فى أسيوط و ٠,٠٦ فى الواحات الداخلة .

* * *