الفصل الثاني

الدورة الهيدرولوجية ومكوناتها

محاضرة رقم (3)

جامعة البصرة – كلية التربية للبنات

قسم الجغرافية – المرحلة الثانية

إعداد مدرس المادة

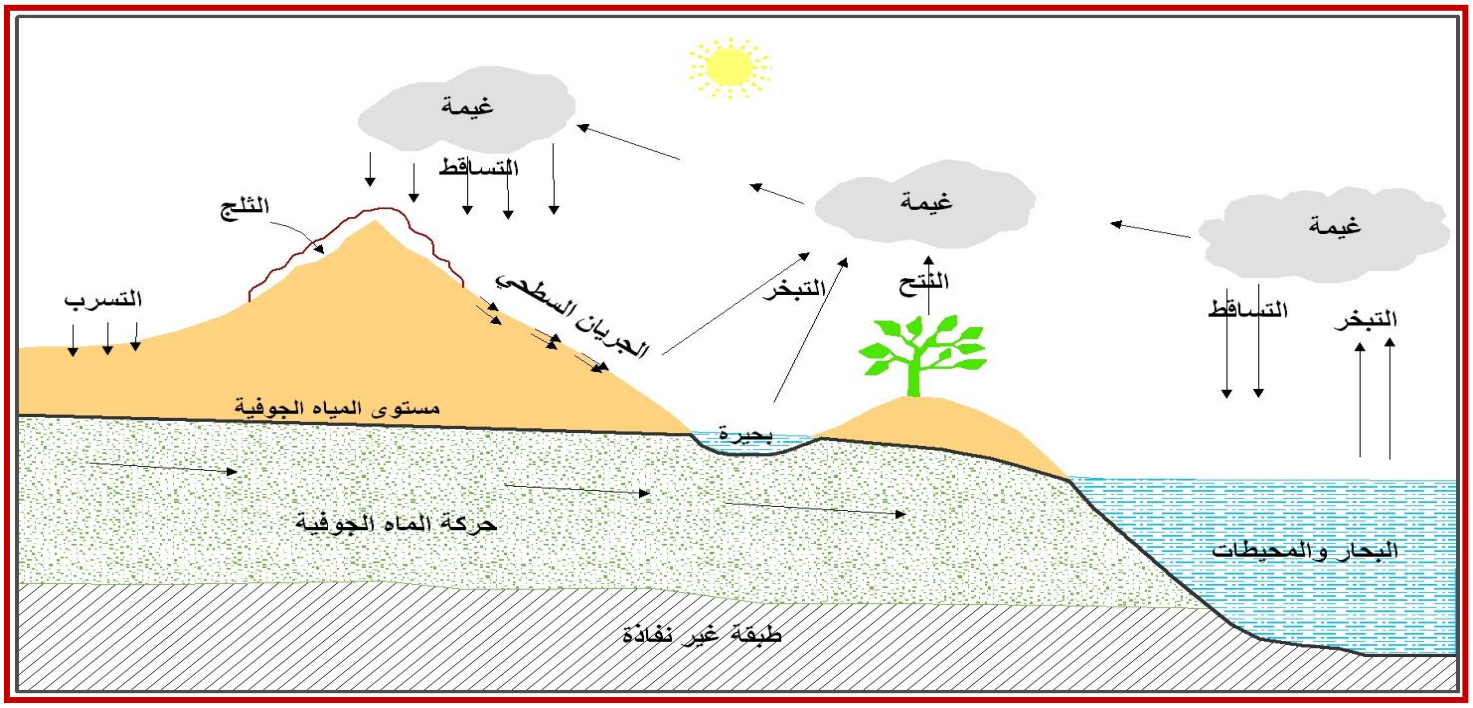
زينب صائب الجمالي

مفهوم الدورة الهيدرولوجية: Define of Hydrological Cycle

إن المياه المتواجدة في الكرة الأرضية تتبادل بين أشكال تواجدها إذ تتنقل بين البحار أو المحيطات وبين الرطوبة الجوية وبين البحيرات أو الأنهار وبين الكائنات الحية وبين رطوبة التربة والمياه الجوفية، كما تتبادل المياه بين حالاتها المختلفة إذ تتحول المياه بين حالات المادة الثلاثة (السائلة والصلبة والغازية). ولذلك فإن مياه الكرة الأرضية تمتزج فيما بينها بصورة مستمرة من دون أن يحدث تغير في الكمية الإجمالية للمياه. إن هذا التبادل المستمر لأشكال المياه وحالاتها يسمى بالدورة الهيدرولوجية أو دورة المياه في الطبيعة (شكل 3). إن الحركة الثابتة للمياه في الطبيعة تبدأ من المحيطات لترتفع إلى الغلاف الجوي ومن ثم تنزل إلى سطح الأرض بعد ذلك تجري المياه تجاه المناطق المنخفضة لترجع إلى المحيطات، ويقدر معدل الحدود العمودية لحركة تبادل المياه في الكرة الأرضية (طبقة الدورة الهيدرولوجية) بحدود 13 كم إذ يتباين معدل سمك الطبقة في الغلاف الجوي ما بين 8 كم في العروض العليا وبين 16 كم في العروض الاستوائية وبمعدل عام مقداره بحدود 12 كم[1]، في حين ينخفض معدل سمك طبقة الدورة الهيدرولوجية إلى حوالي 1 كم في الغلاف الصخري.

تستمد الدورة الهيدرولوجية طاقتها الحركية من الشمس والجاذبية الأرضية (*Gravitation*) ويأخذ الغلاف الجوي دوراً مهماً في عملية الربط بين المياه الموجودة في المحيطات والقارات، إذ يعمل الإشعاع الشمسي (*Solar Radiation*) على رفع درجات الحرارة مما يؤدي إلى تبخر المياه من المسطحات المائية ورطوبة التربة والنبات ويتجمع بخار الماء المتصاعد على شكل غيوم (*Clouds*) في طبقة التروبوسفير (*Troposphere*) من الغلاف الجوي من خلال عملية التكاثف، وتعمل الرياح على تحريك بخار الماء والغيوم من المحيطات إلى القارات، ويعمل التساقط الجوي على إيصالها إلى سطح الأرض. إن المياه المتساقطة على سطح الأرض يتبخر جزءاً منها ويرجع إلى الغلاف الجوي ليضاف إلى رطوبة الهواء، كما يتسرب جزء من المياه المتساقطة إلى القشرة الأرضية ليغذي رطوبة التربة والمياه الجوفية، في حين يجري الجزء الأكبر من المياه المتساقطة على سطح الأرض ليشكل البحيرات والأنهار والتي تصب المياه في نهاية المطاف في المحيطات. إن المياه الجوفية يمكن أن تظهر على سطح الأرض من خلال الينابيع والعيون أو عن طريق الخاصية الشعرية وامتصاص النباتات أو بعمليات الضخ البشري. كما يمكن أن تصب المياه الجوفية في البحيرات والأنهار عندما يكون مستواها أعلى من مستوى قاع البحيرات والأنهار.

شكل 1 الدورة الهيدرولوجية.



مكونات الدورة الهيدرولوجية: *Components of Hydrological Cycle*

إن مياه الكرة الأرضية تتبدل في الأشكال والحالات ضمن طبقة الدورة الهيدرولوجية بشكل مستمر لتخلق حالة من التوازن المائي على سطح الأرض. وهناك أربع عمليات رئيسة تعمل على التبدل المستمر لأشكال المياه وحالاتها وهي التساقط الجوي والتبخر السطحي والتسرب الداخلي والجريان السطحي. لذلك تشتمل الدورة الهيدرولوجية على أربعة مكونات رئيسة فضلاً على الموازنة المائية لعمليات الدورة الهيدرولوجية، وفيما يأتي بيان لتلك **المكونات الخمسة:**

أولاً: التساقط الجوي: *Precipitation*

يمكن تعريف التساقط الجوي بأنه قطرات مائية سائلة أو متجمدة أو بلورات ثلجية تسقط من الغيوم المتواجدة في الغلاف الجوي ضمن طبقة التروبوسفير وتصل إلى سطح الأرض. وأغلب عمليات التساقط الجوي تحدث على شكل مطر (*Rain*) وثلج (*Snow*)، غير أنها تشتمل على العديد من الأشكال أيضاً والتي من أبرزها الرذاذ (*Drizzle*) والبرد (*Hail*) وتقطير الضباب (*Fog Drip*).

يعد التساقط الجوي جزءاً من مياه الغلاف الجوي، وذلك لكونه يتكون في الأساس من تكاثف بخار الماء، إذ تتواجد أغلب مياه الغلاف الجوي على شكل بخار ماء (*Exists as Vapour*)، وفي بعض المواقع المحلية المحددة قد يتحول البخار إلى الحالة السائلة ويتمثل في الأمطار والغيوم المائية والرذاذ، كما يمكن أن يتحول بخار الماء إلى الحالة الصلبة ويتمثل في الثلوج والغيوم الثلجية والبرد.

على الرغم من كون التساقط الجوي يدخل ضمن تخصص علم الأرصاد الجوي (*Meteorology*) وعلم المناخ (*Climatology*) إلا أنه يعد أساساً في الدراسات الهيدرولوجية، بسبب كون التساقط الجوي يعد من المكونات الرئيسة للدورة الهيدرولوجية إذ تتوقف هيدرولوجية أي منطقة بصورة رئيسة على كمية التساقط الجوي، وهو المقدمة التي يمكن من خلالها توضيح العديد من العمليات الجوية، كما يعد المصدر الرئيس للمياه العذبة جميعها على سطح الأرض، وكذلك يسبب التساقط الجوي الجريان السطحي والمحدد الأساس لمواسم الفيضان والجفاف.

ومن الجدير ذكره في هذا الصدد إن التمييز بين التساقط الثلجي والتساقط المطري يعد من المبادئ الأساس في الهيدرولوجية، إذ يبقى الثلج في الغالب مدة طويلة من الزمن على سطح الأرض قبل أن يدخل ضمن مكونات الدورة الهيدرولوجية خلال ذوبانه في فصل الربيع (*Spring Melting*)، في حين يدخل المطر فور تساقطه على السطح ضمن مكونات الدورة الهيدرولوجية.

طرق تشكيل الغيوم: *Methods of Clouds Formation*

إن الغيمة هي مصدر التساقط الجوي وتتشكل الغيمة بفعل عملية تكاثف (*Condensation*) رطوبة الهواء بسبب التبريد الذاتي (*Adiabatic*) لبخار الماء (*Water Vapour*) الذي يحدث بعد ارتفاع الكتل الهوائية الدافئة، هناك العديد من الطرق التي تسبب ارتفاع الكتل الهوائية مما يؤدي إلى تشكيل الغيوم، ومن أبرزها ما يأتي:

1- التسخين الأرضي: Convection

إن التسخين الشديد لسطح الأرض بفعل الارتفاع الكبير لدرجات الحرارة يؤدي إلى تمدد الهواء الملامس وانخفاض وزنه فيرتفع إلى الأعلى على شكل تيارات صاعدة. إن ارتفاع الهواء الرطب يؤدي إلى تبريد بخار الماء وتكاثفه على شكل غيوم.

2- الارتفاع الإعصاري أو الجبهوي: Cyclonic or Fronts Ascent

إن الالتقاء أو التداخل بين كتلتين هوائيتين مختلفتين بالخصائص الحرارية لا يؤدي إلى تجانس خصائصهما وإنما ترتفع الكتلة الهوائية الدافئة فوق الكتلة الباردة وأن الخط أو نقطة التماس بينهما تسمى بالجبهة، فإذا كانت الكتلة الدافئة رطبة فإن ارتفاعها يؤدي إلى تبريد بخار الماء وتكاثفه مما يعمل على تشكيل غيوم.

3- الارتفاع التضاريسي أو الجبلي:

إن اعتراض سير الكتل الهوائية بحاجز مرتفع كالجبال يؤدي إلى ارتفاع الهواء وذلك في حالة استمرار عملية التصادم بين الكتل الهوائية والحواجز، وإن عملية ارتفاع الهواء الرطب يؤدي إلى تبريد بخار الماء وتكاثفه على شكل غيوم.

4- ارتفاع الهواء المضطرب: Turbulent Ascent

إن انتقال الكتل الهوائية من المسطحات المائية في البحار والمحيطات إلى سطح الأرض يؤدي إلى اضطراب الهواء بفعل زيادة ارتفاع سطح الأرض وخشونته وزيادة الاحتكاك مما يؤدي إلى ارتفاع الهواء وتبريد بخار الماء وتكاثفه مما يعمل على تشكيل غيوم.

محددات عملية التساقط: Conditions of Precipitation

إن عملية تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم لا يعني بالضرورة حدوث عمليات التساقط الجوي ففي الكثير من الحالات توجد في الغلاف الجوي العديد من الغيوم من دون حدوث تساقط للقطرات المائية، ولذلك فهناك العديد من المحددات أو الظروف التي يجب توافرها لحدوث عملية التساقط الجوي والتي من أبرزها ما يأتي:

1- من الشروط الأساس لعمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم هو توافر بخار الماء في الهواء لدرجة التشبع، ويمكن للهواء أن يصل إلى درجة التشبع عندما تتباين الرطوبة النسبية بين 71- 100%.

2- لا يمكن أن تحدث عملية تكاثف بخار الماء المتواجد في الهواء من دون انخفاض درجة حرارة الهواء المشبع بالبخار إلى ما دون نقطة الندى (*Dew Point*).

3- وجود نويات للتكاثف (*Hygroscopic*) عالقة في الهواء وهي عبارة عن جسيمات صغيرة تجذب حولها بخار الماء لتشكل قطرات مائية أو بلورات ثلجية وتشمل نويات التكاثف على جزيئات الغبار والدخان والأملاح البحرية.

4- تنامي القطرات المائية وتزايد أحجامها بفعل الاندماج والتلاصق فيما بينها مما يؤدي إلى ازدياد وزنها إلى الدرجة التي يصعب على الهواء حملها فتعمل الجاذبية الأرضية على إسقاطها إلى سطح الأرض.

التوزيع الجغرافي للتساقط الجوي: *Precipitation Distribution*

يقدر المعدل العام لحجم التساقط الجوي على الكرة الأرضية بحدود 982 ملم/سنة، ولذلك تقدر الكمية الإجمالية للتساقط الجوي على الكرة الأرضية بحدود 0.5 مليون كم^3/سنة (جدول 12). إن المتساقطات الجوية تتوزع بصورة غير متساوية بين اليابس والمياه، إذ تستحوذ المحيطات على الكمية الأكبر من التساقط الجوي وبمقدار حوالي 370.72 ألف كم^3 لتمثل 75.65% من الحجم الإجمالي للتساقط الجوي على الكرة الأرضية وذلك بسبب ارتفاع معدل حجم التساقط الجوي بحدود 1024 ملم/سنة، في حين ينخفض حجم التساقط الجوي على سطح القارات بمقدار 119.32 ألف كم^3 ليمثل حوالي 24.35% من الحجم الإجمالي للتساقط الجوي بسبب انخفاض معدل حجم التساقط الجوي إلى حوالي 879 ملم/سنة.

على الرغم من تقدير المعدل العام للتساقط الجوي بحدود 982 ملم/سنة، غير أن معدلات التساقط الجوي تتباين بشكل كبير بين المناطق المختلفة لسطح الأرض. إذ يرتفع المعدل في بعض المناطق ليصل إلى حوالي 10000 ملم/سنة، في حين ينخفض المعدل في مناطق أخرى حتى يصل إلى حوالي 2 ملم/سنة[2].

جدول 1

الحجم التخميني للمياه في عناصر الدورة الهيدرولوجية.

العناصر	الموقع	معدل المياه (ملم/سنة)*	حجم المياه (3ألف كم)	نسبة المياه من الحجم الإجمالي
التساقط	المحيطات	1024	370.72	75.65
	القارات	879	119.32	24.35
	المعدل	982	490.04	100
التبخر	المحيطات	1128	408.488	83.36
	القارات	601	81.554	16.64
	المعدل	975	490.04	100
الجريان السطحي	المحيطات		0.0	0.0
	القارات	255.14	37.77	100
	المجموع	255.14	37.77	100

Subramanya, K. 2004. Engineering hydrology, Second Edition, New Delhi, 392 p.

* يمثل المعدل الموزون وليس الوسط الحسابي.

إن أسباب التساقط الجوي وأشكاله وكمياته تتباين على سطح الأرض بشكل عام على وفق التوزيع التقريبي الأتي[3] و[4] :

1- المنطقة الاستوائية: تمتد بين دائرتي عرض 0- 10 درجة، وتعد الحركة التصاعدية للتيارات الهوائية (التسخين الأرضي) السبب الرئيس للتساقط الجوي والذي يكون على شكل أمطار، إن هذه المنطقة تمتاز بأمطار دائمة غزيرة على مدار السنة إذ تتباين معدلاتها بين 1000- 2500 ملم/سنة.

2 – منطقة العروض المدارية: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 20- 30 درجة، ويحدث التساقط الجوي الذي يكون على شكل أمطار في الغالب خلال فصل الشتاء بسبب الرياح التجارية (تساقط جبهوي)، وتتباين معدلات الأمطار المتساقطة بين 50- 250 ملم/سنة.

3- منطقة العروض المعتدلة: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 40- 60 درجة، ويحدث التساقط طول العام مع تركز في فصل الشتاء بسبب المنخفضات الجوية (تساقط جبهوي) وتتباين أشكال التساقط في هذه المنطقة بين الأمطار والثلوج مع سيطرة لتساقط الأمطار، وتتباين معدلات التساقط بين 1000- 1500 ملم/سنة.

4- منطقة العروض القطبية: تمتد بشكل رئيس بين دائرتي عرض 60- 90 درجة، ويحدث التساقط الجوي الذي يكون على شكل ثلوج طول العام ويرجع سبب التساقط إلى الأعاصير (تساقط جبهوي) وتتباين معدلات التساقط بين 20- 300 ملم/سنة.

العوامل المؤثرة في التباين المكاني للتساقط:

تشهد كمية التساقط الجوي تبايناً مكانياً بين دوائر العرض المختلفة، كما تتباين موقعياً ضمن الدائرة العرضية الواحدة، ويرجع ذلك إلى جملة من العوامل والتي من أبرزها ما يأتي:

1- الموقع من اليابس والماء: *Location From Land and Water*

إن المصدر الأساس للتساقط الجوي هو بخار الماء، وتعد البحار والمحيطات المصدر الأساس للتبخر السطحي. ولذلك تزداد كمية التساقط على البحار والمحيطات والمناطق الساحلية

وتنخفض كمية التساقط في المناطق القارية الداخلية لبعدها عن تأثير المسطحات المائية وانخفاض بخار الماء، إذ يعد انخفاض الرطوبة النسبية في الصحاري المدارية خلال الصيف من الأسباب الرئيسة لانتفاء تشكيل الغيوم وتساقط الأمطار على الرغم من وجود تيارات هوائية صاعدة.

2- مستوى سطح الأرض: *surface Elevation*

إن ارتفاع سطح الأرض يعمل على رفع الرياح المتعامدة مع اتجاه المرتفعات مما يسهم في زيادة عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم والتساقط الجوي، في حين تعمل المرتفعات على الحد من التساقط الجوي في المناطق الواقعة باتجاه معاكس لحركة الرياح واتجاهها والتي تسمى بمناطق ظل المطر (*Rain Shadow*) مما يسهم في زيادة الجفاف وتشكيل الصحاري.

3- انطقه الضغط الجوي: *Atmosphere Pressure*

لمقدار الضغط الجوي المسلط على المنطقة علاقة بكمية التساقط الجوي، وذلك لدوره في تحديد اتجاه حركة التيارات الهوائية (صاعدة أو هابطة). إن سيادة الضغط الواطئ (*Low Pressure*) في المناطق الاستوائية والمعتدلة يعمل على تزايد نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وجذب الأعاصير والمنخفضات الجوية مما يسهم في زيادة عمليات تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم والتساقط الجوي. في حين تسهم التيارات الهوائية الهابطة في المناطق المدارية والقطبية في الحد من تكاثف بخار الماء وتشكيل الغيوم بفعل سيادة الضغط المرتفع (*High Pressure*) مما يخفض من كمية التساقط الجوي.

قياس التساقط الجوي (الأمطار): *Measurement of Rainfall*

إن الأمطار المتساقطة على سطح الأرض تتباين مكانياً وزمنياً من حيث الكمية والشدة، ويعبر عن كمية الأمطار بعمق ماء المطر (*Rainfall Depth*) المتراكم على مساحة محددة من سطح الأرض وخلال مدة زمنية محددة كاليوم أو الأسبوع أو الشهر أو السنة، وتقاس كمية الأمطار عادة بوحدة الملي متر (ملم/سنة). أما الشدة المطرية (*Intensity of Rainfall*) فيعبر عنها بمعدل عمق ماء المطر المتراكم على مساحة محددة من سطح الأرض خلال مدة العاصفة المطرية (*Duration of Rain Storm*)، وتقاس الشدة المطرية عادة بوحدة الملي متر/الساعة.

تقاس الأمطار المتساقطة على سطح الأرض بأجهزة خاصة تسمى بمقاييس المطر (*Rain Gauges*) والتي يمكن تقسيمها إلى صنفين رئيسين هما:

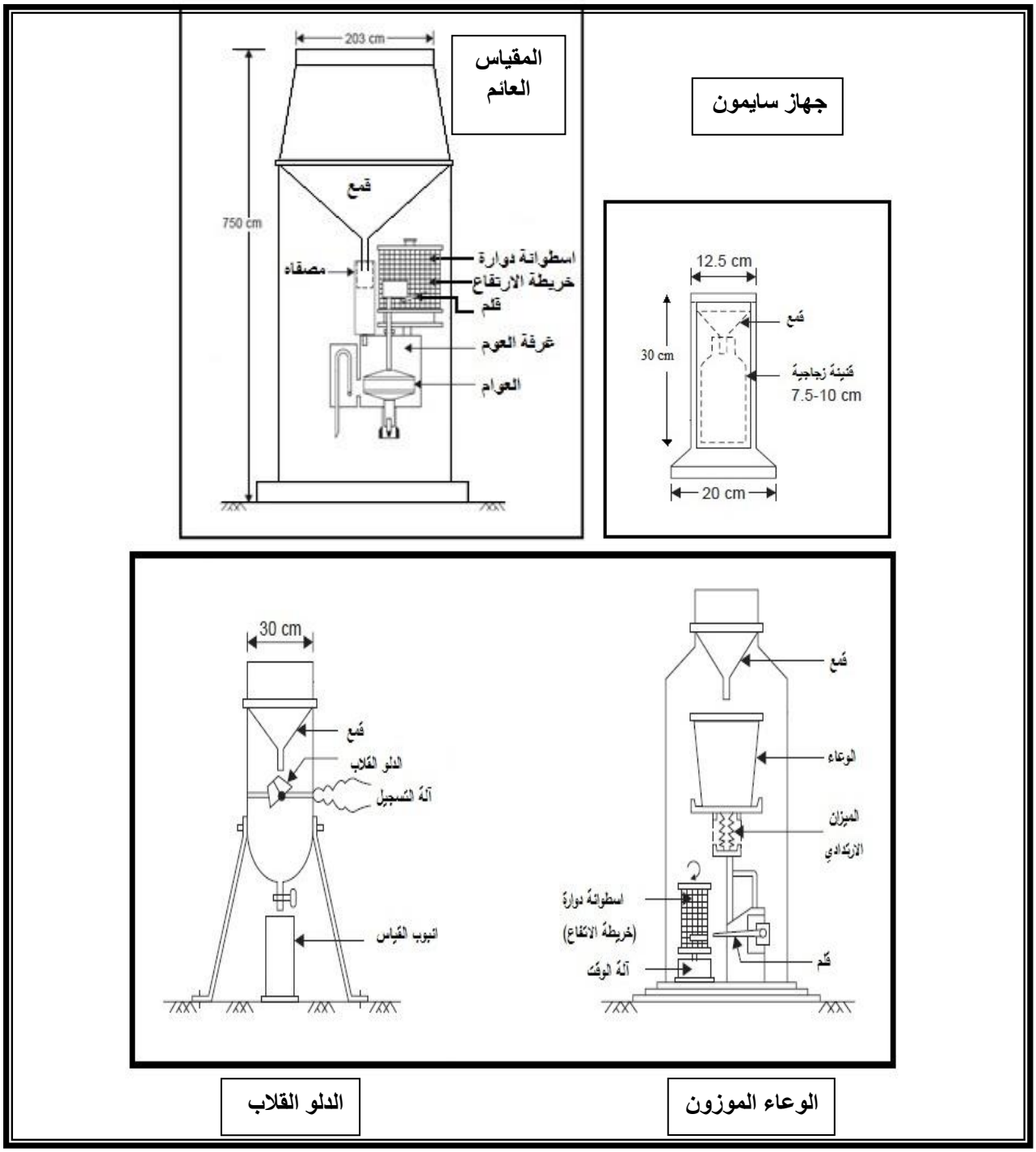
1- مقاييس المطر غير المسجلة: *Non-recording Rain Gauges*

يضم هذا الصنف أنواع متعددة من المقاييس غير أن أهمها وأكثرها شيوعاً واستخداماً في المحطات المناخية هو جهاز سايمون لقياس المطر (*Symon's rain gauge*) (شكل 4) ، ولهذا الجهاز القدرة على قياس كمية الأمطار المتساقطة على سطح الأرض من خلال تحديد عمق المطر المتجمع في اسطوانة الجهاز. إن المياه المتجمعة في الأجهزة غير المسجلة في الغالب تكون أدنى من القيمة الفعلية لعمق ماء المطر ويرجع السبب في ذلك بشكل رئيس إلى عمليات التبخر السطحي وترطيب أسطح جدران الجهاز مما يعمل على انخفاض عمق المياه المتجمع في الجهاز.

2- مقاييس المطر المسجلة: *Recording Rain Gauges*

تعد قراءات مقاييس المطر المسجلة ونتائجها أكثر أهمية وفائدة في الدراسات الهيدرولوجية من المقاييس غير المسجلة، وذلك لكونها تحدد كمية الأمطار المتساقطة على سطح الأرض كما تحدد الشدة المطرية ومدتها. إذ تعمل المقاييس المسجلة على رسم مخططات على أوراق بيانية تكشف حجم التباين في عمق ماء المطر مع الزمن، كما أنها أقل تأثراً بظروف التبخر السطحي. تضم المقاييس المسجلة أنواعاً متعددة من المقاييس والتي من أهمها ما يأتي (شكل 4):

شكل 4 ابرز مقاييس المطر في العالم.



أ- مقياس المطر العائم: *Float Rain Gauge*

ب- الوعاء الموزون: *Weighting Bucket Rain Gauge*

ج- الدلو القلاب: *Tipping Bucket Rain Gauge*

د- الرادار: *Radar*

احتساب المعدل المطري: Calculation of Mean Rainfall

إن مقاييس المطر المعتمدة في المحطات المناخية لا تعكس معدل كمية الأمطار المتساقطة على المساحة الإجمالية للحوض المائي، بل تعطي نتائج موقعية محددة لكمية الأمطار تمثل مساحة أجهزة القياس والمنطقة المحيطة بمحطات القياس، وهناك ثلاث طرق يمكن من خلالها احتساب المعدل المطري للحوض المائي وهي ما يأتي[6]:

1- الوسط الحسابي: Arithmetic Mean

يعد الوسط الحسابي من أبسط الطرق المعتمدة في احتساب المعدل المطري للأحواض المائية، غير أن دقة نتائجه تتوقف على درجة انتظام التوزيع المساحي للمحطات المناخية في الأحواض المائية، ويمكن احتساب المعدل المطري بطريقة الوسط الحسابي بواسطة المعادلة الآتية:

$$\bar{R} = \frac{\sum r}{N}$$

إذ أن:

$\bar{R}$ = المعدل المطري.

$\sum r$ = مجموع الأمطار المسجلة في المحطات جميعها.

N = عدد المحطات.

مثال:

حوض مائي يضم ست محطات مناخية وكانت كمية الأمطار في المحطات هي 100 و110 و120 و130 و140 و150 ملم/سنة على التوالي. جد معدل الأمطار المتساقطة على الحوض المائي بطريقة الوسط الحسابي؟

الحل:

$$\bar{R} = \frac{\sum r}{N}$$

$$\bar{R} = \frac{750}{6} = 125 \text{ mm/ year.}$$

2- معدل ثايسن: *Thiessen Mean*

تتمثل طريقة ثايسن باحتساب الوزن المساحي لكل محطة مناخية ويتم ذلك من خلال تأشير مواقع المحطات في الحوض المائي على خريطة، ومن ثم تربط المحطات بخطوط مستقيمة ويقام على منتصف الخطوط أعمدة مما يؤدي إلى تشكيل مضلعات مختلفة المساحة (شكل 5)، ويمثل كل مضلع المساحة التي تغطيها قياسات المحطة. بعد تحديد مساحة المحطات على الخريطة يكون احتساب المعدل المطري بطريقة ثايسن من خلال الإجراءات الآتية:

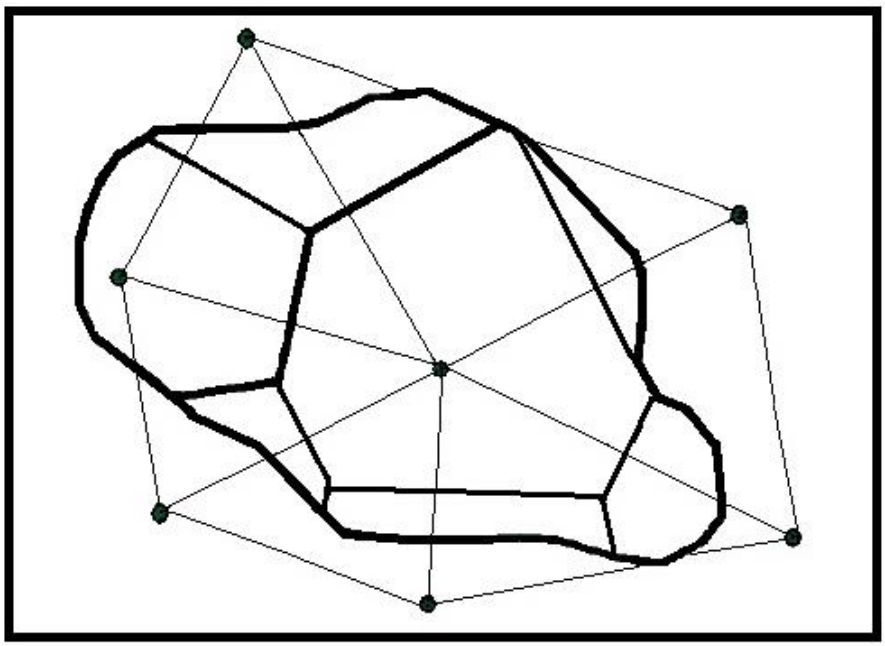
أ- تحديد كمية الأمطار المتساقطة (r) على مساحة كل محطة (a)، من خلال نتائج قراءات مقاييس المطر.

ب- استخراج النسبة المئوية لمساحة كل محطة (a) من المساحة الإجمالية للحوض (A)، من خلال تقسيم مساحة كل محطة على المساحة الإجمالية للحوض $(\frac{a}{A})$.

ج- ضرب النسبة المئوية لمساحة كل محطة في كمية الأمطار المتساقطة عليها $(r \times \frac{a}{A})$.

د- تجمع نتائج الضرب.

شكل 5 معدل ثايسن.



وبهذا يتمثل المعدل المطري على وفق طريقة ثايسن بعد تحديد المساحة وكمية الأمطار في كل محطة بالمعادلة الآتية:

$$\overline{R} = \sum r \frac{a}{A}$$

مثال:

حوض مائي يضم ست محطات مناخية وكانت كمية الأمطار في المحطات هي 100 و110 و120 و130 و140 و150 ملم/سنة على التوالي. وبعد استخراج مضلعات ثايسن على الخريطة وجد أن مساحة المحطات هي 250 و200 و200 و200 و150 و100 و100 كم^2 على التوالي. جد معدل الأمطار المتساقطة على الحوض المائي بطريقة ثايسن؟

الحل:

نطبق الإجراءات السابقة من خلال جدول وبعدها نطبق المعادلة.

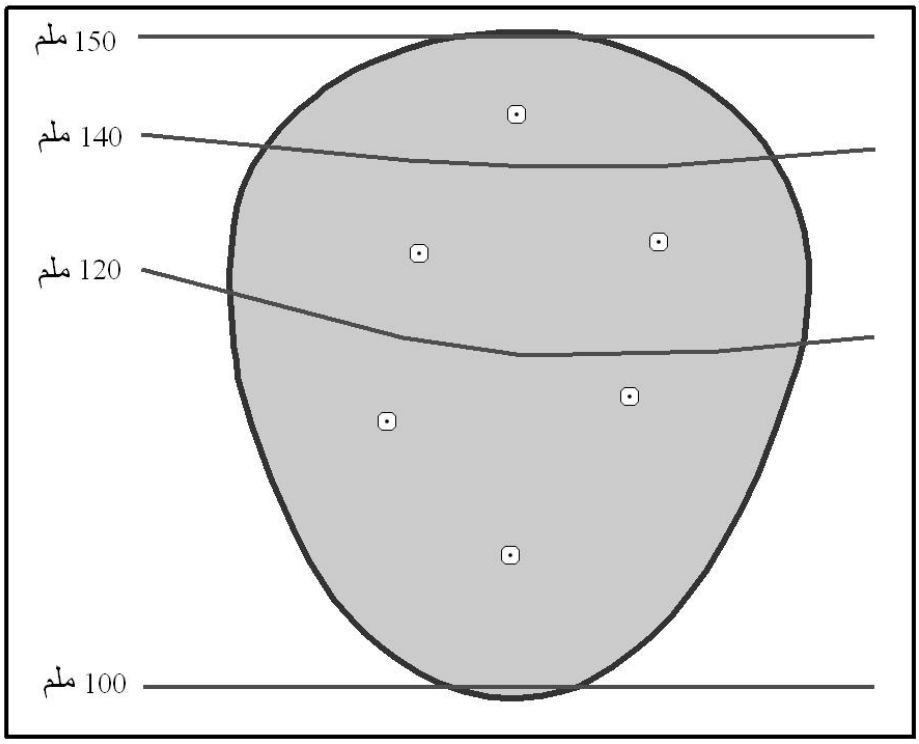
المحطة	كمية الأمطار (r)	المساحة (a)	مساحة المحطة من مساحة الحوض $(\frac{a}{A})$	$(r \times \frac{a}{A})$
1	100	250	0.25	25
2	110	200	0.20	22
3	120	200	0.20	24
4	130	150	0.15	19.5
5	140	100	0.10	14
6	150	100	0.10	15
المجموع	750	1000	1	119.5

$$\overline{R} = \sum r \frac{a}{A} = \mathbf{119.5\ mm/\ year.}$$

3- معدل خطوط المطر المتساوية: *Isohyetal Mean*

تتمثل طريقة خطوط المطر المتساوية أو الايزوهيت بتأشير مواقع المحطات المناخية في الحوض المائي على خريطة، ومن ثم يكون الربط بين النقاط المتقاربة في كمية الأمطار بخطوط مما يؤدي إلى تشكيل ما يشبه الخطوط الكنتورية لتباين مناسيب سطح الأرض (شكل 6)، بعد تحديد خطوط المطر المتساوية على الخريطة يتم احتساب المعدل المطري بطريقة الايزوهيت من خلال الإجراءات الآتية:

شكل 6 خطوط المطر المتساوية.



أ- تحديد المساحة المحصورة بين كل خطين متجاورين (a).

ب- استخراج معدل كمية الأمطار المتساقطة (r) في كل مساحة محصورة بين خطين (a)، من خلال تقسيم مجموع الأمطار في المحطات المتواجدة بين كل خطين على عدد المحطات $(\frac{\sum r}{N})$.

ج- تضرب قيم معدل كمية الأمطار المتساقطة في المساحة المتساقطة عليها (r × a).

د- تجمع قيم نتائج الضرب ($\sum$ a × r) وتقسم على إجمالي مساحة الحوض (A).

وبهذا يتمثل المعدل المطري على وفق طريقة الايزوهيت بعد تحديد المساحة ومعدل كمية الأمطار بين كل خطين متجاورين بالمعادلة الآتية:

$$\overline{R} = \frac{\sum ar}{A}$$

مثال:

حوض مائي يضم ست محطات مناخية وكانت كمية الأمطار في المحطات هي 100 و110 و120 و130 و140 و150 ملم/سنة على التوالي. وبعد رسم خطوط المطر المتساوية على الخريطة أنقسم الحوض إلى ثلاثة أقسام (شكل 6). إذ حصرت المحطات 1 و2 و3 بين خطين في جنوب الحوض، وانحصرت محطتي 4 و5 ضمن خطين في وسط الحوض، وتنحصر المحطة 6 وحدها بين خطين في شمال الحوض، وقد بلغت مساحة أقسام الحوض 700 و200 و100 كم^2 على التوالي. جد معدل الأمطار بطريقة الايزوهيت؟

الحل:

نطبق الإجراءات السابقة من خلال جدول وبعدها نطبق المعادلة.

المحطة	كمية الأمطار	المساحة (a)	معدل كمية الأمطار (r)	(r × a)
1	100	700	110	77000
2	110			
3	120			
المجموع	330			
4	130	200	135	27000
5	140			
المجموع	270			
6	150	100	150	15000
المجموع	750	1000		119000

$$\overline{R} = \frac{\sum ar}{A} = \frac{119000}{1000} = 119 \text{ mm/year.}$$