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:

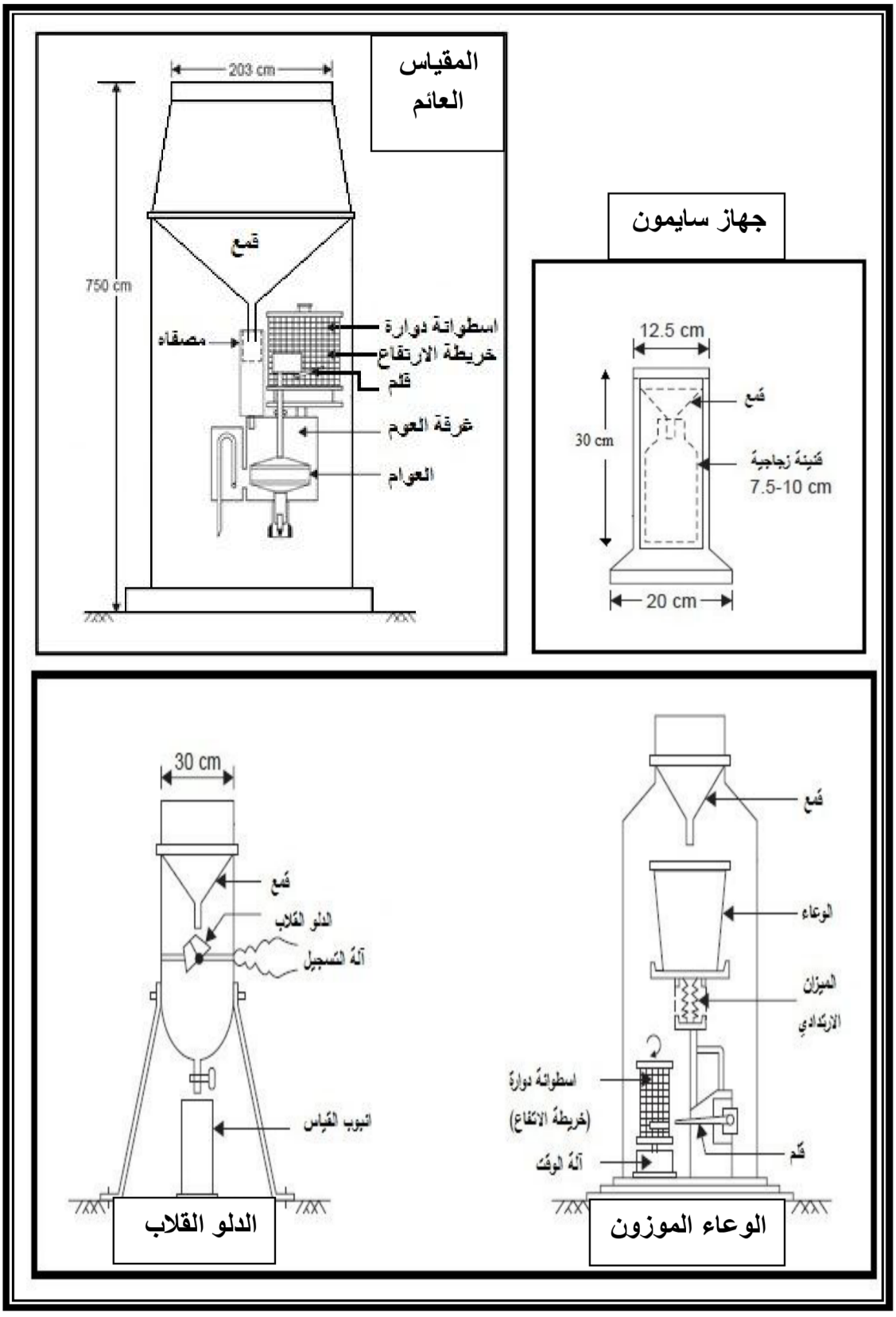
1- مقاييس المطر غير المسجلة: *Non-recording Rain Gauges*

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[5] (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:

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

إذ أن:

$\overline{R}$ = 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:

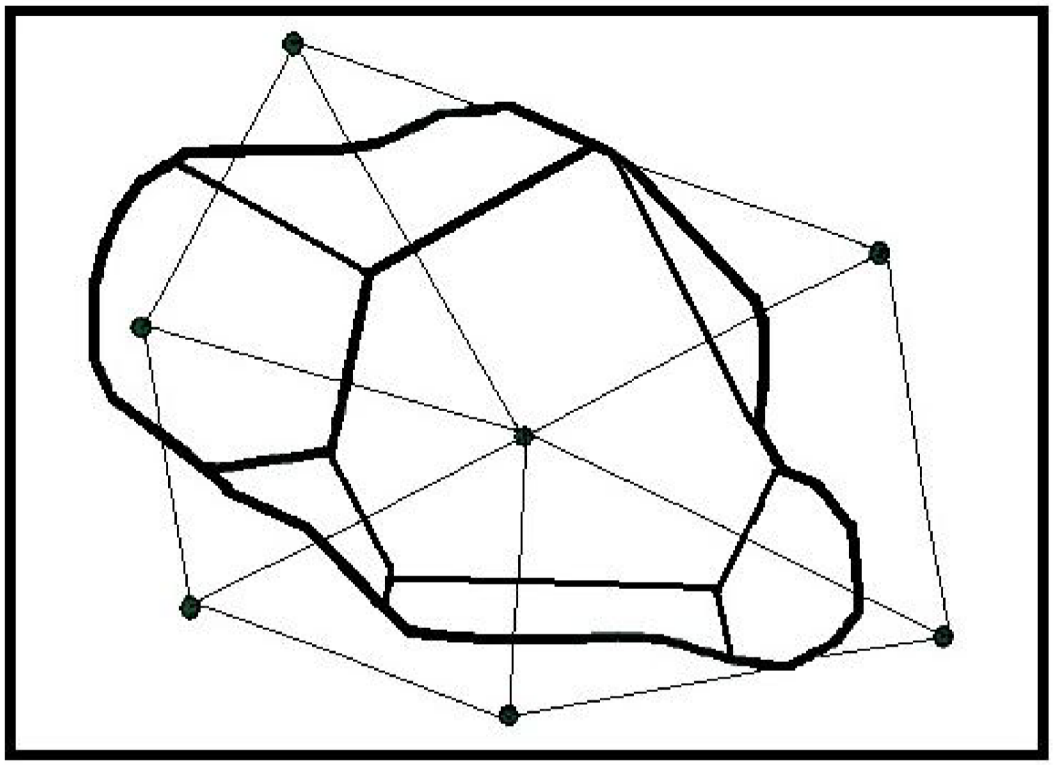
أ- تحديد كمية الأمطار المتساقطة (r) على مساحة كل محطة (a)، من خلال نتائج قراءات مقاييس المطر.

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 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.

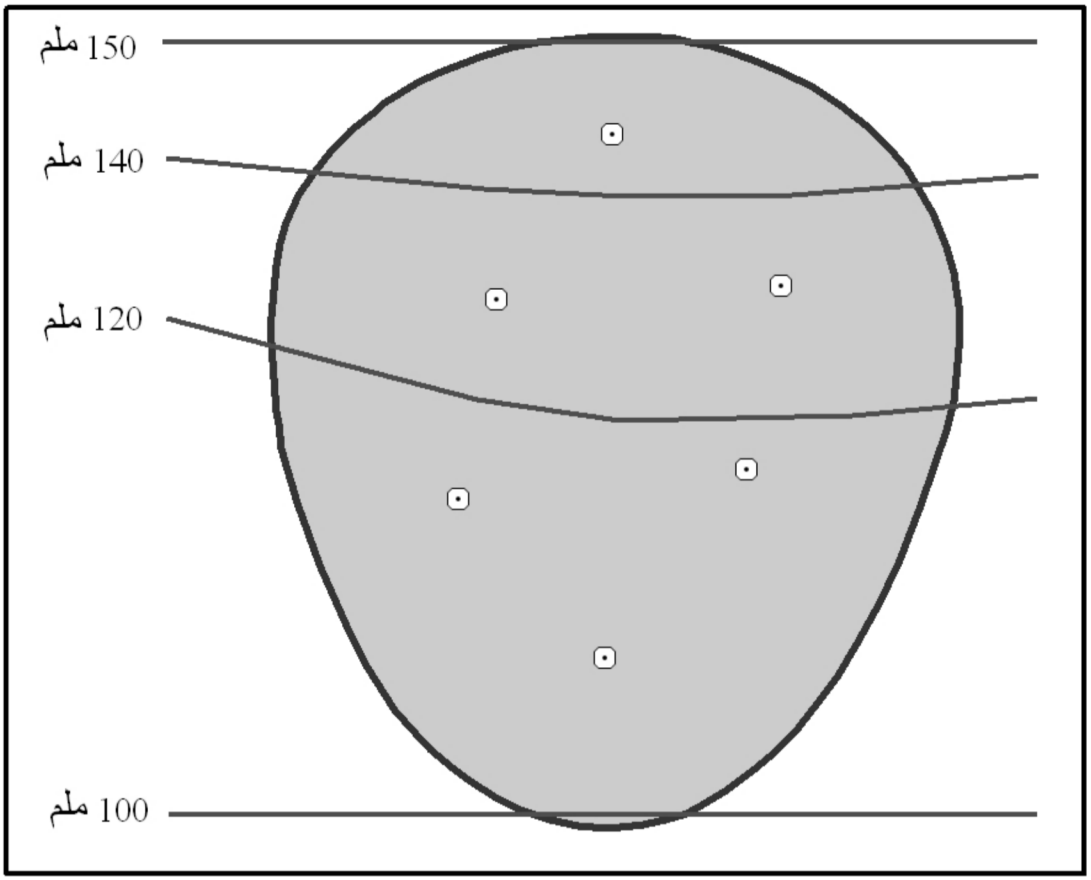
المحطة	كمية الأمطار (r)	المساحة (a)	مساحة المحطة من مساحة الحوض $(\frac{a}{A})$	$(r \times \frac{a}{A})$
1	100	250	0.25	25
2	110	200	0.20	22
3	120	200	0.20	24
4	130	150	0.15	19.5
5	140	100	0.10	14
6	150	100	0.10	15
المجموع	750	1000	1	119.5

$\bar{R} = \sum r \frac{a}{A} = 119.5$ 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 ($r \times a$).

د- تجمع قيم نتائج الضرب ($\sum a \times r$) 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

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