جغرافية المياه العذبة

إعداد

أ.د/ محمد أحمد إبراهيم نعينع

أستاذ ورئيس قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

د. شيماء أحمد عبدالله رضوان

مدرس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة جنوب الوادي

قنا

العام الدراسي ٢٠٢٢ / ٢٠٢٣م

١٤٤٤هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

محتويات الكتاب

الفصل	الموضوع	الصفحة
مقدمة		٢
الفصل الأول	الدورة المائية وموارد المياه العذبة	٤
الفصل الثاني	التبخر والتوزيعات الجغرافية للتساقط	٣٧
الفصل الثالث	الأنهار كمورد رئيسي للمياه العذبة	٧١
الفصل الرابع	الخصائص الجغرافية للبحيرات والمياه الجوفية	١٠٣
الفصل الخامس	مشكلات المياه العذبة في القرن الحادي والعشرين	١٣٦
المراجع		١٧٢

مقدمة

قال سبحانه وتعالى : "وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون" (الأنبياء:٣٠) تكفي هذه الآية الكريمة لنتعرف على أهمية المياه في حياتنا، فالماء من الموارد الأساسية المهمة التي أوجدها سبحانه وتعالى على هذا الكوكب لإحيائه، حيث يتواجد على شكل محيطات و أنهار و بحار و بحيرات و ينابيع و أمطار و ثلوج و بخار، كما يتواجد في خلايا الكائنات الحية سواء في جسم الإنسان أو غيره من الكائنات الحية .

وحتى نستطيع العيش لا نستطيع أن نستغني عن المياه، فأجسام الكائنات الحية تحتاج للماء، حيث أن جسم الإنسان هو عبارة عن ٦٠٪ منه من الماء، وكذلك الأمر بالنسبة للنباتات و الحيوانات فالمياه تعمل على تحليل العناصر الغذائية في أجسام الكائنات الحية، من خلال توزيعها إلى مختلف أعضاء الجسم و تحويلها لطاقة أو مواد مهمة لنمو الجسم.

ويمكن حصر اهتمام الجغرافي بالمياه العذبة في الجوانب الرئيسية التالية:-

- تتبع العلاقة بين ملامح البيئة الطبيعية ونظام الدورة المائية .
- رصد أنماط المياه العذبة وخاصة الرئيسية منها والممكن استغلالها بسهولة والتي تشمل أساسًا مياه الأنهار ،مياه البحيرات ، المياه الجوفية ،مع تتبع خصائصها وتحديد تصرفاتها مما يمكن من تصنيف أي إقليم جغرافي إلى نطاقات تبعًا لظروفها المائية (الهيدرولوجية) وإعداد خرائط خاصة لها تبرز

أقاليم الوفرة و العجز المائي ،مع تحديد مستويات كل من العجز والوفرة تبعًا للإمكانات البيئية و الملامح البشرية .

- تتبع التغيرات الفصلية في كميات المياه المتاحة من المصادر المختلفة والتي تتوقف على بعض ملامح البيئة الطبيعية ، وخاصة ما يتعلق بكل من درجة الحرارة والتساقط ونظم جريان المياه السطحية مع إعداد خرائط خاصة بذلك.

- البحث عن مصادر جديدة للمياه وتنمية المتاح منها وحسن استغلاله.

- رصد ملوثات المياه العذبة بكافة أشكالها وخاصة الأمطار والأنهار والبحيرات في المجتمعات المختلفة ، والمشاركة في تحديد مستوى التلوث ومكافحته ودرء خطورته.

والماء سائل في نقائه شفاف لا لون له ولا طعم ، وهو ضروري يقوم عليه عماد الحياة بكافة أشكالها علي الأرض ، ويأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية بالنسبة للإنسان بعد الأكسجين في الهواء ،كما أنه مذيب جيد لكافة العناصر .

- الماء العذب ؛ وهو ما قلت نسبة الأملاح الذائبة فيه بحيث أصبح سائغاً في الذوق من ناحية ملوحته.
- الماء المالح ؛ وهو ما زادت نسبة الأملاح الذائبة فيه علي نسبتها من الماء العذب.

الفصل الأول

الدورة المائية وموارد المياه العذبة

يتناول الفصل الموضوعات الآتية :

- الغلاف المائي
- الدورة المائية العامة
- موارد المياه العذبة في مصر

أولًا : الغلاف المائي

إن المياه في الطبيعة توجد في ثلاث حالات هي بخار وسائل وصلب، وتتوزع كميات المياه في الكرة الأرضية كما يلي:

١- مساحة البحار والمحيطات تبلغ ٣٦١ مليون كم٢ وتوجد فيها كمية من المياه تقدر بنحو ١٣٧٠ مليون كم٣.

٢- مساحة اليابس (القارات) تبلغ ١٤٩ مليون كم٢ وتوجد فيها كمية من المياه تقدر بنحو ٨٤ مليون كم٣.

٣- مجموع مساحة الكرة الأرضية ٥١٠ مليون كم٢ وفيها كمية من المياه تقدر بنحو ١٤٥٥ مليون كم٣.

وتتوزع الموارد المائية على اليابسة على النحو التالي:

أ- مياه المجاري المائية والأودية والمسيلات المائية وفيها كمية من الماء تقدر بنحو ١.٢ الف كم٣.

ب- المياه الموجودة في البحيرات والمستنقعات تقدر بنحو ٢٣٠ الف كم٣.

ج- المياه الموجودة في التربة بصورة طبيعية وتقدر بنحو ٨٢ الف كم٣.

د-المياه الموجودة في الكائنات الحية وتقدر بألفي كم٣.

ويمكن أن تتوزع كميات المياه في الكرة الأرضية كنسب مئوية كما يلي:

١- تحتوي البحار والمحيطات على ٩٧,٢٪ من مياه الكرة الأرضية.

٢- تحتوي الجبال الجليدية والمناطق القطبية على ٢,١٥٪ من مجموع مياه الكرة الأرضية.

٣-تحتوي الأنهار والبحيرات والينابيع والآبار والمياه الجوفية (وهي المياه العذبة الموجودة في الأرض على نسبة ٠,٦٤٪ من مجموع مياه الكرة الأرضية.

٤- يحتوي الغلاف الغازي على ٠,٠١٪ من مجموع الماء الموجود في الأرض على شكل بخار وماء.

وهذه الكميات من المياه موجودة أصلًا قبل ظهور ادنى أنواع الحياة على سطح الأرض، بل في الواقع أن بدايات الحياة ظهرت في داخل الماء. وبالأخذ بعين الاعتبار التركيب الكيماوي يمكن القول بأنه في أحد مراحل تشكيل كوكب الأرض تكونت حالة حرجة من الضغط والحرارة، حيث أن كلا الغازين الهيدروجين والأكسجين والموجودين في الغلاف الجوي بكميات كبيرة اصبح عندهما إمكانية تشكيل الماء الناتج عن التقاء الضغوط الكهربائية.

لقد تشكلت في البداية كميات من بخار الماء والتي أحاطت قشرة الأرض وكانت واقعة تحت ظروف حرارية عالية، وقد احدث تكاثف بخار الماء تحت تأثير التبريد المستمر تساقطًا غزيرًا من الماء على سطح الأرض، وقد تبخر جزء منها وتجمع بعضها في منخفضات واسعة جدًا في القشرة الأرضية، مما أدى إلى تجمع الماء وباستمرار حتى تشكلت البحار والمحيطات في شكلها البدائي، وتأثرت فيما بعد بالمعادن وبأملاح الصخور التي أذيبت في المياه الجارية وحتى أحواض التجمع (البحار والمحيطات)، وقد أثرت فيما بعد مرحلة الجليديات التي عملت على تعديل بعض

المساحات المورفولوجية المحتوية على المياه. وقد عدلت الجليديات الحالة الفيزيائية للماء في مناطق واسعة، وفي الوقت الحالي يشكل الجليد والثلج الدائم كمية من المياه مقدارها ٢٤ مليون كم٣.

واختلفت الآراء عند محاولة تفسير بعض الأمور المتعلقة بالغلاف المائي مثل المصدر ،كيفية النشأة ،مدى تباين الحجم خلال الأزمنة والعصور الجيولوجية المختلفة ، وهي أمور عالجتها عدة دراسات متعمقة في مجال علمي الجيولوجيا و المتيورولوجيا على وجه الخصوص ، ويمكن حصر مصادر مياه الغلاف المائي في مصدرين رئيسين هما:-

١-المياه الفطرية (الأولية) :- Juvenile Water

وهي أول مياه ظهرت في الكرة الأرضية سواء على سطحها أو في المنخفضات البحرية والمحيطية ، وتمثلت مصادرها فيما يلي:-

أ-التكوينات الصخرية الساخنة التي ظهرت على سطح الأرض عند بدايات نشأتها مما أدى إلى تكثف المياه منها خلال الفترات الأولى لبرودتها والتي تمت ببطء شديد.

ب-المصهورات البركانية الضخمة التي اندفعت من الأعماق البعيدة لباطن الأرض نتيجة للحركات التكتونية الشديدة والثورات البركانية ، وهي أحداث جيولوجية عاصرت المراحل المختلفة لتكوين القشرة الأرضية خلال التاريخ الجيولوجي .

٣-مياه الغلاف الجوي

كان الغلاف الجوي الذي تشكل مع نشأة الكرة الأرضية مصدرًا لكميات ضخمة من التساقط بأشكاله المختلفة ،إلا أنه يجب أن نضع في الاعتبار أن المسطحات البحرية و المحيطية كانت هي نفسها مصدرًا للمياه التي تبخرت وتصاعدت إلى الغلاف الجوي ، ثم تكاثفت بعد ذلك وتساقطت على سطح الأرض في أشكال مختلفة ، وإذا أضيف إليها الثلوج و الجليد الذائب ، إلى جانب مياه الجريان السطحي نجد أن مياه الغلاف الجوي ساهمت بما يوازي ١٠٪ تقريبًا من جملة حجم الغلاف المائي.

توزيع الماء بين المالح والعذب

تشكل المياه المالحة ٩٧ ٪، والمياه العذبة ٣ ٪، وذلك حسب وكالة الجيولوجيا الأمريكية،ونلاحظ أن جميع الدراسات تؤكد وجود نظام مقدر للماء على الأرض ، وتتكون المياه في الكرة الأرضية (على السطح – في جوف الأرض – الغلاف الجوي) ،والذي يسبب بقاء الماء في الأرض لفترات طويلة هو وجود منطقة لا يمكن للماء أن يتسرب منها وتسمى منطقة الإشباع zone of saturation ولولا وجود هذه المنطقة لذهب الماء عميقًا ولم يعد لديه القدرة على الصعود إلى السطح على شكل ينابيع .

- المياه المالحة (البحار والمحيطات) ٩٧٪ من إجمالي مياه الكرة الأرضية ، وهي بذلك تشكل معظم المياه .
- المياه العذبة وتشكل ٣٪ من مياه الكرة الأرضية ، وتشمل ما يلي :-
  - المياه المتجمدة وتشكل تقريبا ٧٦٪ من المياه العذبة .

- المياه السائلة وتشكل نسبة ٢٤٪ من المياه العذبة ، وتتمثل المياه السائلة في (المياه الجوفية – مياه البحيرات – رطوبة التربة –بخار الماء – الأنهار – والمياه الحيوية التي توجد في أجسام الكائنات الحية) .

ثانيًا :- الدورة المائية العامة :

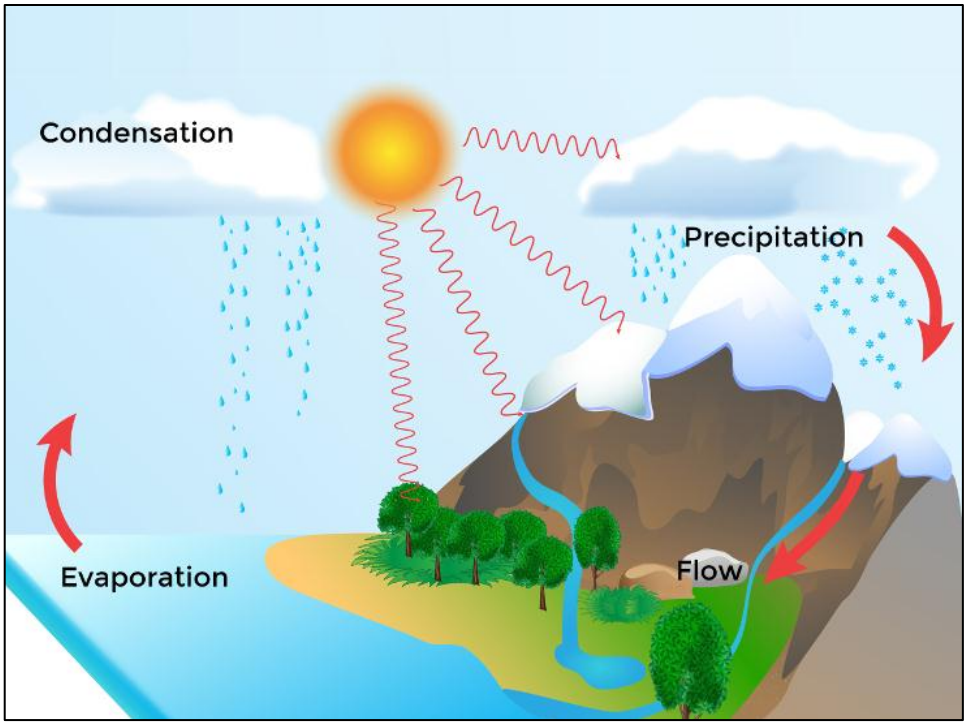
تشارك المياه في الغلاف الغازي وفي البحار و المحيطات وكذلك المياه في اليابسة في دورة واحدة تسمى بالدورة المائية العامة ، والدورة المائية هي عبارة عن عدة عمليات طبيعية مستمرة ليس لها بداية أو نهاية ؛ فالمياه تتبخر من سطوح الكتل القارية (اليابس) ، ومن المسطحات المائية البحرية والمحيطية لتصبح بخار ماء عالق في الهواء في الغلاف الجوي حتى يتعرض لعمليات التكاثف لتنهمر في أشكال التساقط المختلفة على الكتل القارية والبحار والمحيطات.

وقد أثبتت الدراسات الحديثة بأن متوسط كمية المياه التي تتحرك سنويًا بفعل هذه الدورة تصل إلي ٥٢٠ألف كم٣ ، وهذه الكمية تمثل نسبة محدودة من مجموع الماء في كوكبنا، وهذه الكمية هي التي تبقي الماء وكذلك تبقي الحياة على الأرض.

فالدورة المائية العامة تؤثر بها عوامل مهمة ؛ فالطاقة الشمسية التي تبخر كمية كبيرة من الماء ، وكذلك التيارات الهوائية و الرياح تنقل كميات كبيرة من بخار الماء ، وكذلك الجاذبية الأرضية كلها عوامل تلعب دورًا هامًا في عملية الدورة المائية العامة.

وكما يتضح من الشكل الخاص بالدورة المائية العامة أنه تسقط الأشعة الشمسية على سطح المحيطات و البحار فتبدأ عملية التبخر من المسطحات

المائية ، ومن سطح الأرض فتنقل بخار الماء إلى الغلاف الغازي ثم تتم عملية تكثيف لهذا البخار فيتجمع ليسقط ثانية على هيئة مطر أو ثلج على سطح الأرض والمحيطات ، وما يسقط على سطح الأرض يعود ثانية إلى المحيطات و البحار بطريق مباشر وغير مباشر ، كما أن جزءً من التساقط يتبخر مباشرة أثناء السقوط إلى الغلاف الغازي وهذه العملية مستمرة ، وبفضل استمرارية هذه الدورة يمكن القول بأن الماء موجود بشكل أو بآخر لاستعمال الإنسان على سطح الأرض وأنه لن ينتهي طالما استمرت الظروف الطبيعية كما هي.



شكل يوضح الدورة المائية العامة

ورغم ثبات كمية المياه في الدورة المائية العامة على مستوى العالم إلا أن توزيعها الجغرافي يتغير على مستوى الكتل المائية والأقاليم المختلفة وأحواض التصريف المحلية تبعًا لخصائص المناخ السائد .

ويتأثر التوزيع الجغرافي للمياه في أي إقليم بطبيعة الموقع الفلكي و الجغرافي والتركيب الجيولوجي وأشكال السطح ، وتعد الشمس هي المحدد للنظام الحراري على سطح الأرض وعلى الدورة العامة للهواء ؛فهي بذلك المحرك للدورة المائية ، فأي تغيير في الإشعاع الشمس سيترتب عليه تغير مماثل في امتداد الجليد والعلاقة بين اليابس والماء ، وهو ما يتوقع بشكل كبير مستقبلًا في ضوء التغير المناخي وارتفاع درجات الحرارة على اليابس .

أحد التقديرات للتوزيع العالمي للماء				
مصدر الماء	حجم الماء بالكيلومترات المكعبة	حجم الماء بالأميال المكعبة	نسبة المياه العذبة	نسبة الماء بأكملها
المحيطات والبحار والخلجان	١,٣٣٨,٠٠٠,٠٠٠	٣٢١,٠٠٠,٠٠٠	--	٩٦.٥
الكتل والأنهار الجليدية والثلوج الدائمة	٢٤,٠٦٤,٠٠٠	٥,٧٧٣,٠٠٠	٦٨.٧	١.٧٤
المياه الجوفية	٢٣,٤٠٠,٠٠٠	٥,٦١٤,٠٠٠	--	١.٧
عذب	١٠,٥٣٠,٠٠٠	٢,٥٢٦,٠٠٠	٣٠.١	٠.٧٦
مالح	١٢,٨٧٠,٠٠٠	٣,٠٨٨,٠٠٠	--	٠.٩٤
رطوبة التربة	١٦,٥٠٠	٣,٩٥٩	٠.٠٥	٠.٠٠١
أرض دائمة التجمد	٣٠٠,٠٠٠	٧١,٩٧٠	٠.٨٦	٠.٠٢٢
البحيرات	١٧٦,٤٠٠	٤٢,٣٢٠	--	٠.٠١٣
عذب	٩١,٠٠٠	٢١,٨٣٠	٠.٢٦	٠.٠٠٧
مالح	٨٥,٤٠٠	٢٠,٤٩٠	--	٠.٠٠٦
الغلاف الجوي	١٢,٩٠٠	٣,٠٩٥	٠.٠٤	٠.٠٠١
مياه المستنقعات	١١,٤٧٠	٢,٧٥٢	٠.٠٣	٠.٠٠٠٨
الأنهار	٢,١٢٠	٥٠٩	٠.٠٠٦	٠.٠٠٠٢
المياه البيولوجية	١,١٢٠	٢٦٩	٠.٠٠٣	٠.٠٠٠١
الإجمالي	١,٣٨٦,٠٠٠,٠٠٠	٣٣٢,٥٠٠,٠٠٠	–	١٠٠

عمليات الدورة المائية

١- التبخر

هو العملية التي يتحول بموجبها الماء من سائل إلى غاز أو بخار، ويعد الطريقة الرئيسة لانتقال المياه مرة أخرى إلى دورة الماء، لتصبح بخار ماء داخل الغلاف الجوي، وتوفر المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار حوالي ٩٠٪ من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، في حين أن نسبة الـ ١٠٪ المتبقية تأتي من ارتشاح النباتات.

وتعتبر الحرارة (الطاقة) التي توفرها الشمس ضرورية لحدوث التبخر، وتستخدم هذه الطاقة في كسر جزيئات الماء المتماسكة، لذا يتبخر الماء عند درجة الغليان (٢١٢ درجة فهرنهايت، ١٠٠ درجة مئوية) بسهوله، ولكن ذلك يحدث ببطء شديد للغاية عند درجة التجمد، ويتعذر حدوث التبخر عندما تصل الرطوبة النسبية في الجو إلى معدل ١٠٠٪ (درجة التشبع)، وكما أن التبخر يزيل الحرارة من البيئة، فإن الماء الذي يتبخر من جسمك هو الذي يجعلك تشعر بالبرودة.

و تعتبر عملية التبخر التي تحدث في المحيطات الطريقة الرئيسية لانتقال الماء إلى الغلاف الجوي، وتتيح المساحات الشاسعة التي تغطيها المحيطات (تغطي المحيطات ٧٠٪ من سطح الأرض) المجال لحدوث تبخر على نطاق واسع، وتعتبر كمية الماء المتبخر هي تقريبًا، نفس كمية الماء التي تعود إلى الأرض كأمطار حسب القياس العالمي، برغم أن هذه الكميات تختلف من الناحية الجغرافية، وتعد عملية التبخر الأكثر شيوعًا

على نطاق المحيطات بالمقارنة مع الأرض ، في حين أن الأمطار هي التي تسود بشكل أكبر على سطح الأرض.

وتسقط معظم المياه التي تتبخر من المحيطات مرة أخرى إليها كأمطار. وحوالي ١٠٪ فقط من الماء المتبخر من المحيطات تنتقل إلى الأرض لتسقط كأمطار. وبمجرد تبخرها فإن جزئي الماء الواحد يمضي حوالي ١٠ أيام في الجو، وعلى الرغم من أن الغلاف الجوي ربما لا يشكل مستودعًا كبيرًا للماء، إلا أنه يعتبر "مسارًا كبيرًا" يستخدم لنقل الماء حول العالم، وعادة ما توجد هنالك مياه بصفة دائمة داخل الغلاف الجوي.

وتعتبر السحب شكلًا من أشكال الرطوبة الجوية التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ومع ذلك فإن الهواء النقي يحتوي على مياهًا على هيئة ذرات صغيرة يتعذر رؤيتها، ويصل حجم الماء الموجود في الغلاف الجوي في أي وقت إلى حوالي ١٢٩٠٠ كيلومتر مكعب (٣١٠٠ ميل مكعب) ، وإذا سقطت كل المياه الموجودة في الغلاف الجوي مرة واحدة كأمطار فإنها ستغطي الأرض بعمق يصل إلى ٢.٥ سم حوالي ١ بوصة.

٢- التكاثف

هو عملية تحول الماء من حالته الغازية (بخار) إلى سائل، والتكاثف مهم بالنسبة لدورة الماء لأنه يشكل السحب التي تتسبب بدورها في تكاثف البخار ليصبح مطرًا أو ندى، وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء إلى الأرض، ولذلك فإن التكاثف هو عكس التبخر تمامًا ، والتكاثف أيضًا هو

السبب في حدوث الضباب الذي يظهر على نظارتك عند خروجك من غرفة باردة إلى الخارج حيث الجو الحار، ويتسبب أيضًا في حدوث رطوبة الجو ، وفي تساقط قطرات الندى من كوب ماء الشرب ، وكذلك في تجمع المياه على نوافذ منزلك أثناء الجو البارد.

حتى لو كانت السماء زرقاء صافية فلا يزال الماء موجودًا على هيئة بخار ورذاذ متناهي الصغر وبالتالي يتعذر رؤيته بالعين المجردة، وتتوحد ذرات الماء مع ذرات صغيرة من الغبار والدخان في الجو لتشكل رذاذ السحب الذي يتوحد مع بعضه ليكون السحب، وعندما يتوحد رذاذ الماء مع بعضه وينمو في الحجم، يمكن أن يحصل التساقط ، وتتشكل السحب في الغلاف الجوي لأن الجو يحتوي على بخار الماء، الذي يتصاعد بدوره ثم يبرد، وتقوم الشمس بتسخين الجو بالقرب من سطح الأرض الذي يصبح بالتالي خفيفًا ويتصاعد إلى أعلى حيث تكون درجات الحرارة أبرد، وعندما تكون درجات الحرارة بمعدلات أبرد يحدث مزيد من التكثف وتتشكل السحب.

٣- التساقط

هو خروج الماء من السحب على شكل أمطار، أو ثلج، أو جليد، أو برد، وهو الوسيلة الرئيسية لعودة الماء الموجود في الغلاف الجوي إلى الأرض، ومعظم الماء المتساقط من الغلاف الجوي يهطل كأمطار ،

وتحتوي السحب العائمة في الغلاف الجوي على بخار ماء وقطرات من السحب، وهي تعتبر صغيرة للغاية لتسقط كأمطار، إلا أنها كبيرة بقدر كاف لتشكل سحبًا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ويتبخر الماء ويتكثف باستمرار في السماء، ومعظم الماء المتكثف في السحب لا يسقط كأمطار بسبب التيارات الهوائية الصاعدة التي تعتبر بمثابة دعامة للسحب، وبالنسبة لحدوث الأمطار فإنه لابد في بادئ الأمر من أن تتكثف قطرات الماء، ثم تتوحد لإنتاج قطرة ماء كبيرة وثقيلة بما فيه الكفاية لتخرج من السحب، وتسقط كأمطار، مع العلم بأن إنتاج قطرة مطر واحدة يحتاج إلى ملايين قطرات السحب.

ومن المرجح أن كثيرًا من الناس يعتقدون أن مياه التساقط تسقط على الأرض وتجري نحو الأنهار التي تصب في المحيطات. وفي واقع الأمر، فإن هذه المسألة تعتبر عملية معقدة إلى حد بعيد، ذلك لأن الأنهار تحصل على الماء من الأرض وتفقدها في الأرض، ولازالت معظم مياه الأنهار تأتي مباشرة من مياه الأمطار الجارية على سطح الأرض، والتي تم تعريفها على أساس المياه السطحية الجارية.

إن بعضًا من مياه الأمطار عادة ما يتسرب إلى داخل الأرض، إلا أنه عندما يسقط على أرض متشبعة، أو غير نافذة، مثل الطرق الأسفلتية، ومواقف السيارات فإنه يبدأ في الجريان على نحو منحدر، ويمكنك خلال هطول الأمطار الغزيرة مشاهدة جداول صغيرة تجري بشكل منحدر على طول مجاري وقنوات موجودة على الأرض متجهة نحو الأنهار، وفي هذه الحالة فإن المياه السطحية تجري على تربة عارية، ناقلة معها المواد المترسبة إلى

النهر (غير مفيدة لجودة الماء). وبدخول هذه المياه السطحية إلى هذا الخور تكون قد بدأت رحلتها مرة أخرى إلى المحيط.

وفيما يتعلق بكل أجزاء الدورة المائية، فإن التفاعل بين التساقط وجريان المياه السطحية يكون متفاوتًا طبقًا للوقت والعوامل الجغرافية، وبنفس القدر فإن العواصف التي تحدث في كل من أدغال الأمازون، والصحراء الواقعة جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، سيترتب عليها ظهور أنماط مختلفة من المياه السطحية الجارية، وتتأثر المياه السطحية الجارية بالعوامل المناخية والجيولوجيا الطبيعية وطبوغرافية الأرض.

ويعود تقريبًا ثلث مياه الأمطار التي تسقط على الأرض، وتتدفق في المجاري والأنهار مرة أخرى إلى المحيطات، أما الثلثين الآخرين فإنهما يتعرضان إما للتبخر، أو الارتشاح، أو التسرب إلى داخل الأرض، ويمكن أيضًا للناس الاستفادة من المياه السطحية الجارية في استعمالاتهم الخاصة بهم.

ويمكن حصر العمليات التي تتعرض لها المياه المتساقطة على النحو التالي:-

- يسقط جزء منها على البحار والمحيطات حيث تستقبل ما يقدر بنحو ٧٩,٨٪ من جملة المياه المتساقطة على سطح الأرض .
- تتسرب كميات من مياه البحار والمحيطات إلى الكتل القارية المجاورة من خلال التكوينات المسامية والمنخفضة المنسوب .
- جزء من التساقط يكون على الكتل القارية ، وتشكل كمية التساقط على الكتل القارية ٢٠,٢٪ من إجمالي كمية التساقط على سطح الأرض ،

وجزء منها يجري فوق السطح ، وجزء يتسرب إلى الأعماق ، والجدير بالذكر أنه هناك جريان للماء تحت سطح الأرض يعرف باسم الجريان المتخلل أو المتدفق وهو عبارة عن جريان المياه المتسربة خلال طبقات الأرض المسامية والتي قد يتحرك جزء منها إلى بعض مجاري الأنهار .

- كما أنه يتبخر جزء من المياه أثناء تساقطها في الغلاف الجوي ويقدر بحوالي ١٣,٧٪ من جملة المياه المتساقطة وهذه النسبة تشمل أيضا المياه المتبخرة من الجريان السطح أو خزانات المياه المكشوفة ، كما تفقد كميات من المياه عن طريق النتح بواسطة النباتات وتشكل المياه التي تفقد بالنتح الجزء الأكبر من المياه التي تمتصها جذور النباتات .
- تفقد كميات من المياه نتيجة اعتراض النباتات لمياه الأمطار مما يؤدي لتبخرها إلى الغلاف الجوي .

وبذلك فإن معظم الأمطار المتساقطة تعود بأشكالها المختلفة إلى الغلاف الجوي عن طريق التبخر وبذلك يتمثل في الدورة المائية ثلاث عمليات رئيسية (التبخر – التكاثف – التساقط) ، يبلغ متوسط الوقت المستغرق لهذه العمليات حوالي ٩ أيام .

ولا تسقط الأمطار بالكميات نفسها على نطاق العالم في أي بلد، أو حتى في أية مدينة ؛فعلى سبيل المثال في مدينة أطلانتا، بولاية جورجيا بالولايات المتحدة الأمريكية، يمكن أن تؤدي العواصف الرعدية الصيفية إلى هطول أمطار بمعدل بوصة أو أكثر في منطقة واحدة، تاركة منطقة أخرى على بعد كيلومترات قليلة جافة من دون أمطار، ومع ذلك فإن كمية الأمطار التي تهطل في ولاية جورجيا، خلال شهر واحد، غالبًا ما تكون أكثر من تلك التي تسقط في لاس فيجاس ونيفادا على مدار السنة. كما أن المتوسط

السنوي لهطول الأمطار على جبل ويليل في هاواي يبلغ حوالي ١.١٤٠ سم (٤٥٠ بوصة) في السنة عكس ما يحدث في شيلي حيث لم تهطل أمطار منذ ١٤ سنة.

٤- الماء المتجمد

يعتبر الماء المخزن منذ فترات طويلة في الكتل والأنهار الجليدية والثلجية جزءًا لا يتجزأ من دورة الماء، وتستحوذ أنتاركتيكا على حوالي ٩٠٪ من الكتلة الجليدية الموجودة في العالم، بينما تحتوي الغطاءات الجليدية في جرين لاند على ١٠٪ من إجمالي الكتلة الجليدية العالمية ، ويصل سمك الغطاء الجليدي في جرين لاند إلى حوالي ١٥٠٠ متر (٥٠٠٠ قدم)، ومع ذلك يمكن أن يصل سمكه إلى ٤٣٠٠ متر (١٤٠٠٠ قدم).

و يتعرض المناخ الجوي العالمي إلى تغييرات دائمة مع أنها عادة ما تكون تغييرات غير سريعة بما فيه الكفاية حتى يتمكن الناس من ملاحظتها، وقد شهد العالم الكثير من الفترات الزمنية الحارة، مثل تلك التي عاش فيها الديناصور قبل حوالي ١٠٠ مليون سنة، وكذلك فترات زمنية باردة مثل العصر الجليدي الأخير قبل حوالي ٢٠٠٠٠ سنة مضت، وخلال العصر الجليدي الأخير كان معظم نصف الكرة الأرضية الشمالي مغطى بالثلج والأنهار الجليدية.

بعض الحقائق عن الأنهار الجليدية والغطاءات الجليدية

- تغطي الأنهار الجليدية حوالي ١٠ – ١١٪ من الأراضي كلها.
- إذا ذابت كل الأنهار الجليدية اليوم سيرتفع منسوب البحار إلى حوالي ٧٠ مترًا (٢٣٠ قدم).
- خلال العصر الجليدي الأخير وصل مستوى سطح البحر إلى ١٢٢ مترًا (٤٠٠ قدم)، وهو معدل أقل من معدل اليوم وكانت الأنهار الجليدية تغطي تقريبًا ثلث الأرض.
- خلال الفترة الزمنية الحارة التي حدثت قبل ١٢٥ ألف سنة مضت بلغ ارتفاع منسوب البحار ٥.٥ متر (١٨ قدم)، وهو مستوى أعلى من مستوى اليوم ، وكان من الممكن أن يصل ارتفاع منسوب البحار قبل ٣ مليون سنة إلى حوالي ٥٠ مترًا (١٦٥ قدم).

وتعد مياه الجليد المذابة الجارية على سطح الأرض جزءًا لا يتجزأ من حركة الماء على نطاق العالم، وتأتي معظم مياه الجليد التي تذوب أثناء فصل الربيع في المناطق المناخية الباردة، من الكتل الثلجية والجليدية المذابة، وإلى جانب الفيضانات التي تسببها هذه المياه فإن الجليد المذاب يمكن أن يؤدي إلى حدوث الانزلاقات الأرضية وجريان مخلفات الأنهار الجليدية المتمثلة في الكتل الصخرية والحجرية.

و تتعرض المياه الموجودة في الأنهار والبحيرات إلى تغييرات دائمة، نتيجة لكمية المياه الداخلة من خلال التساقط والخارجة من خلال عملية التبخر وتصريف المياه السطحية، كما يستخدم الناس الماء أيضًا للوفاء

باحتياجاتهم، وتتغير كمية الماء وموقعه على مدى الزمن والمسافات، سواء من الناحية الطبيعية أو بمساعدة الإنسان ، كما أن الحياة حتى في الصحراء يمكن أن تزدهر إذا توافرت إمدادات مياه سطحية (أو مياه جوفية).

٥- التسرب

يعتبر تسرب المياه السطحية إلى أسفل داخل الطبقات الصخرية الخازنة للماء في جوف الأرض السبب في وجود المياه الجوفية ، وعلى ذلك فإن التسرب هو حركة الماء من سطح الأرض إلى داخل التربة والصخور التحتية ، وتتسرب بعض المياه التي تسقط كأمطار أو جليد إلى داخل التربة والصخور تحت السطح، وتتوقف الكمية المتسربة على عدة عوامل، وبعض المياه التي تتسرب تبقى داخل طبقة التربة الضحلة، حيث يمكن أن تصبح مجرى مائيًا من خلال التسرب إلى داخل حوض المجرى، ويمكن أن يتسرب بعض من هذه المياه إلى مسافات أعمق لتغذية مستودعات المياه الجوفية.

وإذا كانت هذه المستودعات المائية ضحلة أو مسامية بما فيه الكفاية لتسمح للماء بالتحرك بسهولة من خلالها فإنه يمكن للناس حفر الآبار داخل المستودعات المائية الأرضية، واستخدام الماء في أغراضهم الخاصة، ويمكن أن تنتقل المياه إلى مسافات طويلة، أو البقاء في مستودع المياه الجوفية لفترات طويلة من الزمن قبل أن تعود إلى سطح الأرض، أو التسرب إلى داخل الأجسام المائية الأخرى، مثل المجاري المائية والمحيطات.

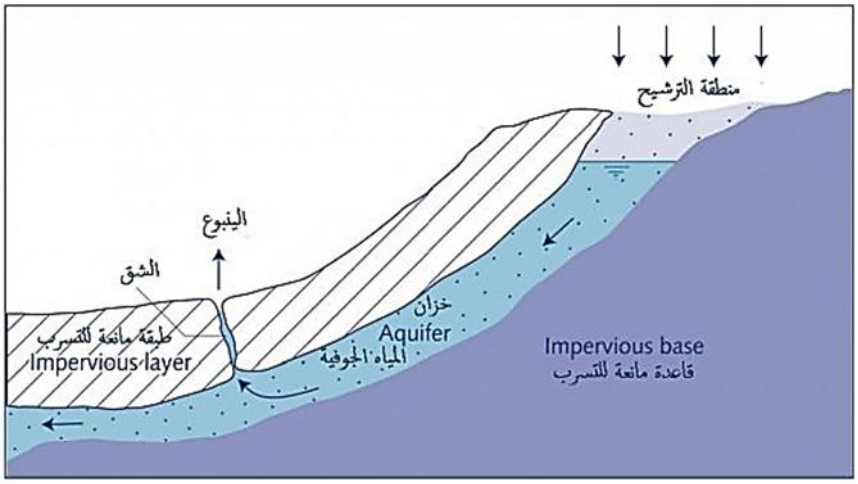
عندما تتسرب مياه الأمطار إلى داخل التربة تحت السطحية فإنها عادة ما تشكل منطقة غير مشبعة وأخرى مشبعة؛ ففي المنطقة غير المشبعة توجد

بعض المياه في فتحات الصخور تحت السطحية، إلا أن الأرض لا تكون مشبعة. ويعرف الجزء الأعلى من المنطقة غير المشبعة بمنطقة التربة غير المشبعة، التي توجد فيها فراغات خلقتها جذور النباتات التي تسمح بتسرب مياه الأمطار، وتقوم النباتات باستخدام المياه الموجودة في هذه التربة، وأسفل المنطقة غير المشبعة توجد المنطقة المشبعة، حيث يملأ الماء بصورة كاملة الفراغات الموجودة بين الصخور وذرات التربة، ويمكن للناس حفر الآبار داخل هذه المنطقة وضخ الماء إلى الخارج.

خروج الماء الجوفي من الأرض كما يوجد موارد مائية يمكن مشاهدتها مثل: البحيرات – والأنهار– والجليد– والأمطار– والثلوج، هناك أيضًا كميات هائلة من الماء لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة – الماء الموجود والمتحرك في جوف الأرض، وقد ظل الناس يستخدمون المياه الجوفية لآلاف السنين لأغراض الشرب والري وهم لا يزالون مستمرين في ذلك إلى يومنا هذا، ولذلك فإن الحياة على وجه الأرض تتوقف على المياه الجوفية وبالقدر نفسه على المياه التي توجد على سطح الأرض.

يتسرب جزء من مياه التساقط التي تسقط على الأرض إلى جوف الأرض لتصبح مياهًا جوفية، وبمجرد وجودها في جوف الأرض ينتقل بعضها إلى المناطق القريبة من سطح الأرض، ويخرج بسرعة كتصريف إلى أحواض المجاري المائية، إلا أنه نظرًا للجاذبية الأرضية فإن غالبيتها يستمر في التسرب إلى مسافات أعمق داخل جوف الأرض.

و الينبوع هو الماء المتدفق نتيجة امتلاء أحد المستودعات المائية الأرضية إلى النقطة التي تتدفق فيها المياه إلى سطح الأرض، وتتراوح الينابيع من ينابيع صغيرة الحجم، وهي التي تتدفق مباشرة بعد هطول أمطار غزيرة، إلى ينابيع كبيرة تتدفق منها مئات الملايين من الجالونات يوميًا.



ويمكن أن تتكون الينابيع داخل أي نوع من أنواع الصخور، غير أنها غالبًا ما توجد في الحجر الجيري، وصخور الدولوميت، التي يمكن أن تتصدع بسهولة وتتحلل بمياه الأمطار لتصبح حمضية، وعندما تتحلل وتتصدع هذه الصخور يمكن أن تتشكل الفراغات التي تسمح بتدفق الماء، وإذا كان تدفق الماء أفقيًا، فإنه يمكن أن تصل إلى سطح الأرض وبالتالي يتشكل الينبوع.

وماء الينبوع ليس دائمًا نقيًا حيث عادة ما تكون مياه الينابيع نقية، ومع ذلك فإن بعضًا منها قد يكون بلون الشاي، ومثل هذا الينبوع موجود في ولاية كلورادو بالولايات المتحدة الأمريكية ، والسبب في اللون الأحمر لمياه الينابيع هو مرور المياه الجوفية وملامستها مواد معدنية موجودة تحت الأرض مثل الحديد، ويمكن أن يشير خروج المياه الملونة بشكل كبير من الينابيع

إلى تدفق المياه بسرعة من خلال قنوات كبيرة داخل المستودعات المائية الأرضية دون أن تتمكن الصخور من تنقيتها لإزالة اللون.

وهناك أيضًا الينابيع الحرارية وهي عبارة عن ينابيع عادية، ولكن الماء فيها عادة ما يكون دافئًا، وفي بعض الأماكن حارًا، مثل الينابيع التي تخرج فقاعات الوحل في حديقة يلوستون الوطنية في وايومينج بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد تحدث العديد من الينابيع الحرارية في المناطق التي شهدت مؤخرًا نشاطًا بركانيًا؛ حيث تسخن المياه من خلال ملامستها الصخور الحارة الموجودة على مسافات بعيدة تحت سطح الأرض، ومع ازدياد العمق فإن المياه تصبح أكثر دفئًا، وإذا تعمقت تحت الأرض فإنها تصل إلى فجوة كبيرة تشكل مسارًا إلى سطح الأرض يمكن أن يؤدي إلى حدوث ينبوع حراري. وتحدث الينابيع الحرارية في كل أنحاء العالم.

٦- الارتشاح

تبخر الماء من أوراق النبات إلى الغلاف الجوي ، فهو العملية التي تنتقل بموجبها الرطوبة من منطقة الجذور، عن طريق النبات، إلى مسامات صغيرة في الجانب السفلي لأوراق النبات، حيث تتحول إلى بخار يخرج إلى الغلاف الجوي، فالارتشاح هو تبخر الماء من أوراق النبات، وقد أشارت التقديرات إلى أن حوالي ١٠٪ من الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي تخرج من النباتات عن طريق الارتشاح.

و الارتشاح عملية تتعذر رؤيتها بالعين المجردة – وطالما أن الماء يتبخر من سطح أوراق النبات فإنه لا يمكنك أن تخرج بكل بساطة وتشاهد

أوراق النبات وهي ترتشح، ويمكن لورقة النبات خلال موسم النمو أن ترتشح عدة مرات بمعدل يفوق وزنها، ويمكن أن يرتشح فدان من محصول القمح حوالي ١١.٤٠٠ – ١٥.١٠٠ لتر من الماء (حوالي ٣.٠٠٠ – ٤٠.٠٠٠ جالون) في اليوم، وتستطيع شجرة البلوط الكبيرة أن ترتشح ١٥١.٠٠٠ لتر (٤٠.٠٠٠ جالون) في السنة.

و تختلف كمية المياه التي ترتشحها النباتات بشكل كبير من الناحية الجغرافية وعلى مدى الزمن، وتوجد عدة عوامل تحدد معدلات الارتشاح ،ومنها درجة الحرارة؛ حيث ترتفع معدلات الارتشاح مع ارتفاع درجات الحرارة خصوصًا خلال موسم نمو النباتات.

ثالثًا : موارد مصر من المياه العذبة

تقدر موارد مصر المائية بحوالي ٦٠ مليار متر مكعب سنويًا من المياه، يأتي معظمها من مياه نهر النيل، بالإضافة لكميات محدودة للغاية من مياه الأمطار والمياه الجوفية العميقة بالصحاري، وفى المقابل يصل إجمالي الاحتياجات المائية في مصر لحوالي ١١٤ مليار متر مكعب سنويًا من المياه (حسب تصريح وزير الموارد المائية في ٢٨ مارس ٢٠٢١)، ويتم تعويض هذه الفجوة من خلال إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية السطحية في الوادي والدلتا، بالإضافة لاستيراد منتجات غذائية من الخارج تقابل ٣٤ مليار متر مكعب سنويًا من المياه ، وتقوم مصر ببعض المشروعات القومية الكبرى التي تهدف لترشيد استخدام المياه وتعظيم العائد منه.

١-الموارد المائية الحالية والمستهدفة: وتنحصر الموارد المائية التقليدية في مصر في نهر النيل والمياه الجوفية والأمطار والسيول وموارد غير تقليدية تتمثل في مياه الصرف الصحي المعالج والصرف الزراعي.

- نهر النيل : يعد نهر النيل المصدر الرئيسي للمياه في مصر حيث تبلغ حصة مصر من مياهه ٥٥.٥ مليار متر مكعب تمثل ٧٩.٣٪ من الموارد المائية وتغطى ٩٥٪ من الاحتياجات المائية الراهنة .
- المياه الجوفية : تقدر كمية المياه الجوفية المستخدمة في مصر بحوالي ٦.١ مليار متر مكعب/سنه في الوادي والدلتا ويمكن زيادة هذه الكمية مستقبلًا لتصل إلى ٧.٥ مليار متر مكعب/سنه دون تعريض المخزون الجوفي للخطر .
- الأمطار :لا تعد الأمطار مصدرًا رئيسيًا للمياه في مصر لقلة الكميات التي تسقط شتاءً حيث يسقط على مصر نحو ١.٣ مليار متر مكعب من مياه الأمطار كل عام.
- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي : مياه الصرف الزراعي من المصادر المائية التي لا يستهان بها، حيث يبلغ المتوسط السنوي لمياه الصرف الزراعي نحو ١٢ مليار متر مكعب/سنة يعاد استخدام حوالي ٥.٧ مليار متر مكعب حاليًا، وقد بذلت جهود ساعدت في الوصول بها إلى ٩ مليارات متر مكعب عام ٢٠١٧ يستفاد بها في مشروعات التوسع الزراعي .
- مياه الصرف الصحي المعالجة : يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري بشرط أن تفي بالشروط الصحية المتعارف عليها عالميًا، حيث تبلغ كميتها نحو ٢.٥ مليار متر مكعب سنويًا يعاد

استخدام حوالي ١.٣ مليار متر مكعب منها بعد معالجتها في مشروعات استزراع الأراضي الصحراوية.

٢- موارد المياه الجوفية في مصر

المياه الجوفية هي كل المياه التي تقع تحت سطح الأرض ، وهي المسمى المقابل للمياه الواقعة على سطح الأرض وتسمى المياه السطحية ،وهي عبارة عن مياه موجودة في مسام الصخور الرسوبية ، تكونت عبر أزمنة مختلفة تكون حديثة أو قديمة جدًا لملايين السنين ،و تتكون المياه الجوفية نتيجة تسرب المياه من سطح الأرض إلى داخلها، فيما يعرف بعملية التغذية، وتعتمد على نوع التربة الموجودة على سطح الأرض الذي يلامس المياه السطحية (مصدر التغذية)، فكلما كانت التربة مفككة وذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت على التسرب الأفضل للمياه، وبالتالي الحصول على مخزون مياه جوفية جيد بمرور الزمن.

وتقع المياه الجوفية في منطقتين مختلفتين ، وهما المنطقة المشبعة بالماء والمنطقة غير المشبعة بالماء ، وتتم الاستفادة من المياه الجوفية بعدة طرق منها حفر الآبار الجوفية أو عبر الينابيع أو تغذية الأنهار.

الأهمية النسبية للمياه الجوفية كمورد للمياه في مصر : مصر من الدول محدودة الموارد المائية ،في الوقت الذى تتنامى فيه احتياجاتها المائية بصورة متسارعة نتيجة التزايد السكاني ،مما أدى إلى دخولها في حد الفقر المائي ،حيث تراجع نصيب الفرد من المياه خلال المائتي عام الماضية ،من حوالى عشرين ألف متر مكعب/ سنة، ليصل إلى حوالى ٦٠٠ متر مكعب

/سنة، علمًا بأن حد الفقر المائي يبلغ حوالى ١٠٠٠ متر مكعب/سنة وهو الحد الأدنى للفرد في العالم.

وترجع أهمية المياه الجوفية في مصر ، إلى أن المياه السطحية لم تعد تكفى كل احتياجاتنا المائية على مدار السنة ،ومن ثم أصبح الاعتماد على المياه الجوفية في تدبير الاحتياجات أمرًا حتميًا ،وحاليًا تمثل المياه الجوفية المورد الثاني للمياه في مصر ،وهى تساهم بنحو ٦.٧ مليارات متر مكعب من إجمالي الموارد المتاحة ، وتبلغ أهميتها النسبية ٨.٨٪من حجم الموارد المائية.

و عند التأمل في خريطة مواردنا المائية نجد أن نهر النيل سيظل يمثل شريان الحياة على أرض مصر ، حيث تشكل حصة مصر الثابتة من مياه النيل ، المصدر الأساسي من إجمالي الموارد المائية المباشرة ،هذا بالإضافة إلى المساهمة غير المباشرة لمياه النيل في تشكيل موارد أخرى كتدوير مياه الصرف الزراعي، ومياه الصرف الصحي المعالج ،وأيضًا المياه الجوفية غير العميقة في الوادي و الدلتا ،وبذلك تتجاوز مساهمة نهر النيل- (المباشرة وغير المباشرة)- نسبة ٩٥ ٪ في تشكيل مواردنا المائية.

يوضح الجدول الموارد المائية المتاحة حسب المصدر خلال عام ٢٠١٣/٢٠١٤

المورد	الكمية (مليار متر/مكعب)
حصة مصر من مياه النيل	55.5
المياه الجوفية بالوادي والدلتا	6.7
تدوير مياه الصرف الزراعي	11.1
تدوير مياه الصرف الصحي	1.3

الأمطار والسيول	1.3
تحلية مياه البحر	0.1
الإجمالي	76.0

تنقسم خزانات المياه الجوفية في مصر إلى نوعين :

خزانات متجددة :

تتوزع خزانات المياه الجوفية المتجددة بين وادى النيل، وإقليم الدلتا، وتعتبر تلك المياه جزءً من موارد مياه النيل وتتميز بنوعية جيدة من المياه تصل ملوحتها إلى نحو 800-300جزء في المليون في مناطق جنوب الدلتا، ولا يسمح باستنزاف مياه تلك الخزانات إلا عند حدوث جفاف لفترة زمنية طويلة، لذلك تعتبر هذه المياه ذات قيمة استراتيجية هامـة.

خزنات جوفية غير متجددة:

تمتد خزانات المياه الجوفية غير المتجددة تحت الصحراء الشرقية والغربية وشبه جزيرة سيناء ، وأهمها خزان الحجر الرملي النوبي في الصحراء الغربية والذى يقدر مخزونه بنحو ٤٠ ألف مليار م٣ ، ويعتبر هذا الخزان من أهم مصادر المياه الجوفية العذبة غير المتاحة في مصر للاستخدام نظرًا لتوافر تلك المياه على أعماق كبيرة، مما يسبب ارتفاعًا في تكاليف الرفع والضخ.

مناطق المياه الجوفية :

تنتشر المياه الجوفية جغرافيًا في جمهورية مصر العربية بصفة رئيسية في المناطق التالية:

-وادي النيل والدلتا : وتشمل المنطقة الواقعة ما بين دخول نهر النيل إلى مصر والبحر المتوسط بما في ذلك منخفض الفيوم وبحيرة ناصر

-الصحراء الغربية : وتشمل المنطقة المحصورة بين نهر النيل شرقًا والحدود الليبية غربًا والحدود المصرية السودانية جنوبًا والبحر المتوسط شمالًا

-الصحراء الشرقية : وهي المنطقة المحصورة بين وادى النيل بالوجه القبلي والبحر الأحمر

-شبه جزيرة سيناء

وتعتمد منطقة وادى النيل والدلتا أساسًا على المياه النيلية التقليدية ، والتي تقوم عليها معظم أنشطة التنمية من شرب وزراعة وصناعة ،إلى جانب استخدامها لمصادر المياه الأخرى غير التقليدية ، كمياه الصرف الزراعي في شبكات المصارف ، أو المياه الجوفية التي تخزن بمستودع التكوينات الرسوبية نتيجة تسرب الفائض من مياه الري النيلية، ومياه الصرف الصحي المعالجة ، بالإضافة إلى مياه الأمطار في الجزء الشمالي من الدلتا، وتعتمد باقي مناطق الجمهورية أساسًا على مصادر المياه الجوفية غير المتجددة بالإضافة إلى الأمطار المتساقطة على المناطق الساحلية.

خزان المياه الجوفية أسفل وادى النيل :

يعتبر خزان المياه الجوفية أسفل وادى النيل في مصر العليا هو ثاني أكبر الخزانات الجوفية المتجددة بمصر وشمال إفريقيا ، ويمتد الخزان ما بين

الجيزة إلى أسوان بطول حوالى ٩٠٠ كيلو متر، ويبلغ متوسط عرضه حوالى ١٤ كم وأقل عرض له عند أسوان (٢كم)، وأقصى عرض له عند مدينة المنيا (٢٠ كم) وتبلغ المساحة الكلية لحوض وادى النيل بين القاهرة وأسون حوالى ١٠٠ كيلو متر مربع.

ويتواجد الخزان في أسفل نهر النيل أساسًا في طبقات حاملة للمياه ضمن الرواسب النهرية ، هذه الرواسب تحتوى على طبقتين رئيسيتين حاملتين للمياه: الطبقة العليا هي طبقة قليلة الأهمية من الناحية المائية ،وتغطى هذه الطبقة عمومًا حوالى ٧٠٪ من مساحة أرض وادى النيل، وتعتبر الطبقة السفلية هي الطبقة الرئيسية المنتجة للمياه الجوفية.

والمصدر الرئيسي لتغذية خزان وادى النيل بالمياه هو التغلغل العميق لمياه الري والمياه المترشحة من قنوات الري ، وتم تقدير الكمية الكلية لتغذية الخزان الجوفي لحوض وادى النيل (الرواسب النهرية) بحوالي ٦.٢ مليار مترات مكعب/سنة.

خزان الحجر الرملي النوبي :

ويمتد خزان الحجر الرملي النوبي في مساحه قدرها نحو ٢.٤ مليون كيلومتر ، شمال الصحراء الغربية في مصر وحتى الجزء الشرقي من ليبيا والجزء الشمالي الشرقي من تشاد والجزء الشمالي الغربي من السودان.

ويغطي حوض الحجر الرملي النوبي مساحة ٦٧٠ الف كيلومتر في الصحراء الغربية ، و١٣٠ الف كيلومتر في الصحراء الشرقية و٥٠ الف كيلومتر في سيناء ، ويتم استغلال المياه الجوفية بواسطة حفر الآبار على أعماق مختلفة .

ويعتبر الخزان الجوفي النوبي هو أهم خزان مياه في مصر حيث يستمد مياهه من السيول والأمطار التي تسقط علي وسط السودان وتشاد ويتشربها الخزان لمساميته العالية ، كما تنساب هذه المياه في اتجاه الشمال ناحية كل من ليبيا ومصر حيث تدخلها من تحت سطح الأرض في منطقة جبل العوينات وصفصافة، بينما تدخل ليبيا في اتجاه واحة الكفرة ومنها تدخل مصر من ناحية بحر الرمال الأعظم.

٣- استخدامات المياه في مصر

يمثل الاستخدام الزراعي للمياه الجزء الأكبر من استخدامات المياه حيث بلغ نحو ٦٥,٦١ مليار متر مكعب من إجمالي الاستخدامات عام ٢٠١٨/٢٠١٧ وقدرت احتياجات القطاع الصناعي من المياه بنحو ٤.٥ مليار متر مكعب عام ٢٠١٨، يستهلك منها فعليًا نحو ٩.٤ مليارات متر مكعب عام ٢٠١٩/٢٠١٨ والباقي يعود إلى النيل والترع والمصارف بحالة ملوثة .

أما بالنسبة لاستخدامات مياه الشرب والأغراض الصحية ؛فتقدر بنحو ٧٥,١٠ مليار متر مكعب بنسبة ٤.١٣ ٪ من إجمالي الاستخدامات عام ٢٠١٨، وفقًا لنشرة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء عام ٢٠١٩ ويقدر متوسط نسبة الفاقد في مياه الشرب النقية بنحو ٩.٢٧ ٪ من إجمالي المياه على مستوى الجمهورية تفقد في الشبكات المتهالكة والمنازل والمدارس والجهات الحكومية .

٤-الموارد المائية المستهدفة

هناك العديد من المشروعات في أعالي النيل بهدف السيطرة على فقد مياهه وتدبير موارد إضافية من أهمها:

١. مشروع "قناة جونجلى":- في جنوب السودان، والذي يمكن أن يوفر نحو ٤ مليارات متر مكعب في مرحلته الأولى و٣ مليار متر مكعب في مرحلته الثانية تقسم مناصفة بين مصر والسودان.

2. مشروع "بحر الغزال":- الذي يوفر حوالي ٧ مليارات متر مكعب، توزع مناصفة بين مصر والسودان.

٣. مشروع "مستنقعات موشار":- جنوب السودان الذي يوفر نحو ٤ مليارات متر مكعب من المياه.

٤. تحلية مياه البحر:- من أهم المحاور المستقبلية لزيادة الموارد المائية خاصة وأن تكلفته تتناقص باستخدام التقنيات الحديثة، وقد وصلت موارد مصر المائية من تحلية مياه البحر إلى نحو ٢٩٢ مليون متر مكعب سنويًا عام ٢٠٢٠.

٥. تعديل التركيب المحصولي القائم بما يتلاءم مع سياسة الدولة المائية والإنتاجية والتصديرية وخفض كميات مياه الري للمساحة المحصولية حيث تهدف خطة الدولة إلى توفير نحو ١.٥ مليار متر مكعب من المياه سنويًا عن طريق إحلال زراعة البنجر محل قصب السكر وتخفيض المساحة المزروعة أرز من ١.٣ مليون فدان إلى ٩٥٠ ألف فدان.

٦. تقليل الفواقد المائية:- قدرت وزارة الموارد المائية والري فواقد المياه بحوالي ٣٥٪ من إجمالي المياه المنصرفة من السد العالي أي حوالي ١٩.٤

مليار متر مكعب والمرجح أنها تفقد بالتسرب والبخر، كما يمثل الفقد في قنوات الري بنحو ٢.٣ مليار متر مكعب سنويًا. وتهدف استراتيجية تطوير الري في مصر إلى رفع كفاءة نظم الري وصيانة الموارد المائية بالتخلص من الحشائش والنباتات المائية والتي يبلغ الفاقد الناتج بسبب نموها إلى نحو ٠.٧٥ مليار متر مكعب سنويًا.

٥-احتياجات مصر من المياه حتى عام ٢٠٢١

يبلغ إجمالي احتياجات مصر المائية نحو ١١٤ مليار متر مكعب سنويًا، على الرغم من أن الحصة المتوافرة تتراوح بين ٦٠ و٦١ مليار متر مكعب سنويًا، تتضمن الحصة السنوية من مياه النيل التي تبلغ ٥٥.٥ مليار متر مكعب، إلى جانب المصادر الأخرى كالمياه الجوفية، و الجدير بالذكر أن مصر تعد من الدول الأكثر جفافًا في العالم بسبب محدودية وثبات الموارد المائية، مع وجود زيادة سكانية كبيرة بها، ففي الفترة منذ عام ٢٠١١ وحتى اليوم سجلت الزيادة السكانية نحو ٢٥ مليون نسمة، ولمواجهة مشكلة نقص المياه تعمل الدولة على معالجة مياه الصرف بأنواعها لتكون صالحة لإعادة الاستخدام، والجدير بالذكر أن الكفاءة الكلية لاستخدام المياه في مصر من بين الأعلى في القارة الإفريقية والعالم، وترتكز جهود الحكومة لرفع كفاءة استخدام المياه على محاور عديدة من بينها تبطين الترع ومشروعات الري الحديث، فضلًا عن تحسين نوعية المياه وكفاءة استخدامها .

كما أن مصر حددت سياستها الزراعية خلال القرن الجديد من خلال العمل على استصلاح واستزراع الأراضي وما ينتج عنها من زيادة الرقعة الزراعية والتوسع في كثافة الغطاء الأخضر لمساحات شاسعة من الصحاري

الجرداء في ظهير الوادي الصحراوي وفى قلب الصحراء حيث بلغت المساحة المنزرعة في مصر ٩.٤ مليون فدان حتى عام ٢٠٢٠، بزيادة ٥٠٪ عن المساحة المنزرعة منذ خمسينيات القرن الماضي، وفقًا لنشرة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء لإحصاء المساحات المنزرعة عام ٢٠٢٠، وبالتالي فإن مصر بحاجة إلى موارد إضافية لتوفير مياه الري اللازمة لهذه الأراضي.

٦-جهود مصر لتأمين احتياجاتها من مياه النيل

سعت مصر سعيًا حثيثًا على مر العصور إلى تأمين احتياجاتها من المياه وخاصة مياه النيل باعتباره المصدر الرئيسي للمياه، حيث تبلغ حصتها السنوية منه نحو ٥٥.٥ مليار متر مكعب سنويًا، لذا عملت على توطيد علاقاتها مع دول حوض النيل والتواصل الدائم معها والاتفاق على الأسلوب الأمثل لاستغلال مياه نهر النيل بما يعود بالنفع على كل دول الحوض مع الحفاظ على حق مصر التاريخي في مياه النهر، كما عملت أيضًا على إنشاء المشاريع التي تمكنها من الاستفادة من مياه النهر، وكان من أعظم وأهم هذه المشاريع على الإطلاق مشروع السد العالي .

الفوائد الاقتصادية التي حققها السد العالي:-

- زيادة نصيب مصر من مياه النيل حيث أصبح ٥٥.٥ مليار متر مكعب سنويًا .

- أسهم السد في زيادة مساحة الرقعة الزراعية بمصر من ٥.٥ إلى ٧.٩ مليون فدان، وساعد على زراعة محاصيل أكثر استهلاكًا للمياه مثل الأرز وقصب السكر، كما ساعد على تحويل المساحات التي كانت تزرع بنظام الري الحوضي إلى نظام الري الدائم .

- تبلغ سعة التخزين الكلية لبحيرة ناصر١٦٢ مليار متر مكعب من المياه، وسعة التخزين الميت ٣٢ مليار متر مكعب، ويقصد بعبارة "التخزين الميت" كمية المياه التي لا يمكن نقلها من خلال فتحات السد، حيث تقع هذه الكمية أسفل منسوب فتحات جسم السد .

- التوسع في زراعة الأرز إلى ٧٠٠ ألف فدان سنويًا .

- تحسين الملاحة النهرية على مدار السنة .

- توليد طاقة كهربائية جديدة تصل إلى ١٠ مليارات كيلو وات سنويًا، استغلت في إنارة القرى والمدن وأغراض التوسع الصناعي والزراعي .

- وقاية البلاد من أخطار الجفاف في السنوات الشحيحة الإيراد مثل ما حدث في الفترة من عام ١٩٧٩ إلى عام ١٩٨٧ .

- وقاية البلاد من أخطار الفيضانات العالية مثل الفيضان المدمر الذي حدث عام ١٩٦٤ والفيضان الأكثر خطورة الذي حدث عام ١٩٧٥ .

-تدفق المياه إلى مفيض توشكي :- دخلت المياه إلى مفيض توشكي لأول مرة في ١٩٩٦/١٠/١٥ حيث وصل منسوب المياه أمام السد العالي إلي ١٧٨.٥٥ متر .

نشاط (١) وضح المقصود بالمصطلحات الآتية

الجريان المتخلل .....

منطقة التشبع .....

الدورة المائية .....

التساقط .....

التكاثف .....

التبخر .....

الارتشاح .....

التسرب .....

الينبوع .....

نشاط (٢) وضح النسب الآتية .

نسبة البحار والمحيطات من الكرة الأرضية .....

نسبة اليابس من الكرة الأرضية .....

نسبة المياه المالحة .....

نسبة المياه العذبة .....

نسب المياه في البحار والمحيطات من مياه الكره الأرضية .....

نسب المياه في المناطق القطبية والجبال الجليدية من مياه الكرة الأرضية .....

نسب مياه الأنهار والبحيرات والينابيع والآبار من مياه الكرة الأرضية .....

نسب مياه الغلاف الغازي من مياه الكرة الأرضية .....

الفصل الثاني

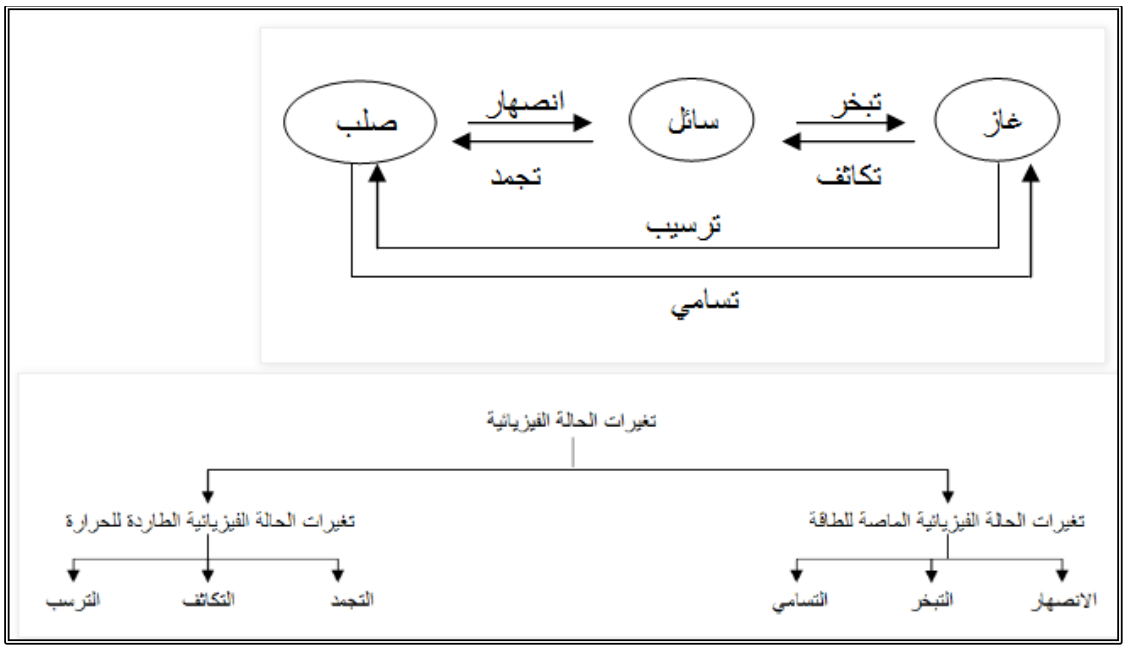
التبخر والتوزيعات الجغرافية للتساقط

يتناول الفصل الموضوعات الآتية :

- عملية التبخر والعوامل المؤثرة فيها
- التساقط من حيث التصنيف والتباين والكثافة
- الأمطار من حيث أنواعها وخصائصها وتوزيعاتها الجغرافية
- الثلج من حيث توزيعه الجغرافي وخصائصه

التبخر Evaporation(من عمليات الدورة المائية)

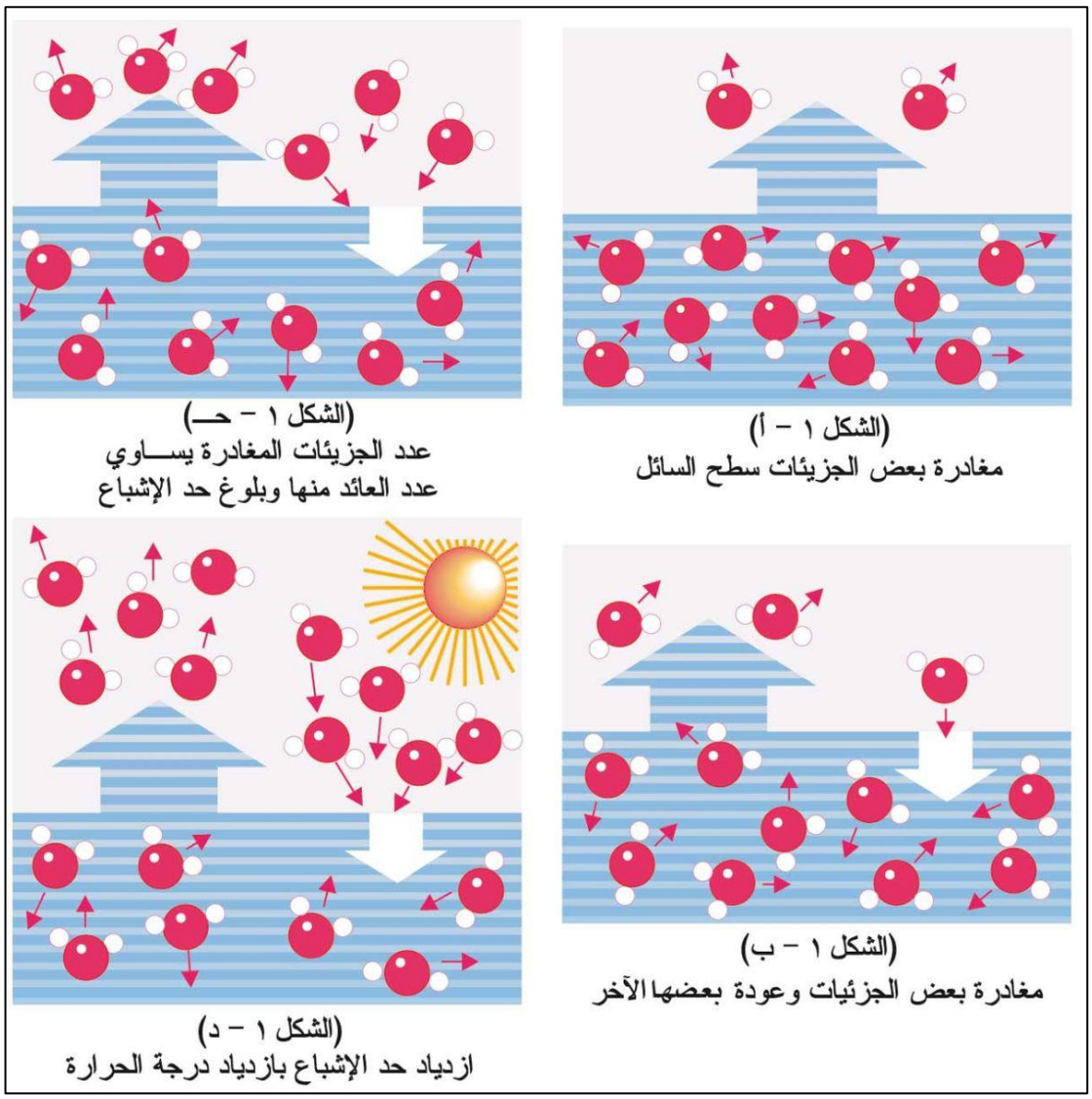
التبخر هو عملية تحول المواد السائلة والصلبة إلى غازات ، وتعتبر البحار والمحيطات المصدر الرئيسي للبخار إلى جانب ما يتبخر من التربة والأنهار والبحيرات .



أولًا : كيف تتم عملية التبخر ؟

يتكون الماء من جزيئات صغيرة دائمة الحركة ، وتزداد حركة هذه الجزيئات بزيادة درجة الحرارة لدرجة تنطلق بعدها تلك الجزيئات في الجو ضمن الطبقات السفلى للغلاف الجوي ، ولذلك فإن معدل التبخر يعتمد على عدد الجزيئات التي تنطلق في الجو منقوصًا منها عدد الجزيئات العائدة إلى ذلك المسطح المائي ، وإذا كان مقدار الجزيئات العائد إلى المسطحات المائية أكثر من المنطلق منها فإن هذه الحالة تعرف بالتكاثف Condensation .

وبشكل عام يمكن القول أن عملية التبخر تكون على أشدها في المناطق الحارة الجافة ، وقليلة في المناطق الباردة ، لأنه عندما يكون الهواء حارًا فإن ضغط البخار الإشباعي(E) للماء يكون عاليًا ، وعندما يكون الهواء جافًا فإن ضغط البخار الحقيقي (e) للماء يكون منخفضًا ، أي أن العجز الإشباعي (E-e) في الوضع الجاف يكون كبيرًا والعكس في الظروف الباردة حيث يكون قليلًا ، وتتوقف عملية التبخر عندما يصل العجز الإشباعي إلى الصفر .



(الشكل ١ – أ)
مغادرة بعض الجزيئات سطح السائل

(الشكل ١ – ب)
مغادرة بعض الجزئيات وعودة بعضها الآخر

(الشكل ١ – حـ)
عدد الجزيئات المغادرة يساوي
عدد العائد منها وبلوغ حد الإشباع

(الشكل ١ – د)
ازدياد حد الإشباع بازدياد درجة الحرارة

ثانيًا : العوامل المؤثرة في عملية التبخر

يمكن تقسيم العوامل المؤثرة في عملية التبخر إلى عوامل رئيسية يندرج تحتها عوامل فرعية على النحو التالي :-

⊙العوامل المناخية

١- الإشعاع

يحتاج تبخر جرام واحد من الماء وهو في حالة سائلة إلى ٥٩٠ سعر حراري ، ونظرًا لكون الشمس المصدر الرئيسي للطاقة على الأرض ، فإن مقدار التبخر يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالإشعاع الشمسي وكميته .

٢- درجة الحرارة

تعتمد حرارة الماء والهواء على الإشعاع الشمسي ، ومن ثم هناك ارتباط بين درجة حرارتيهما و معدلات التبخر ، حيث أنه تؤثر درجة حرارة المياه السطحية على كمية الجزئيات التي تنطلق منها إلى الغلاف الجوي وذلك لأن درجة الحرارة تؤثر في سرعة حركة تلك الجزئيات ، وأن درجة حرارة الهواء تؤثر في عملية الاضطراب التي من شأنها زيادة معدلات التبخر .

٣- الرطوبة

تؤثر الرطوبة على كميات التبخر بطريقتين هما : ضغط البخار الحقيقي والرطوبة النسبية ، حيث تتناسب معدلات التبخر مع

كمية الرطوبة الحقيقية في الجو ومع الرطوبة النسبية أيضًا عند درجة حرارة ما .

الرطوبة الحقيقية : وهي كمية بجار الماء الموجودة فعلًا في الجو في درجة حرارة معينة ، وتقاس هذه الكمية بالجرامات في المتر المكعب الواحد من الهواء.

الرطوبة النسبية : وهي النسبة المئوية لبخار الماء الموجود في الجو فعلًا في درجة حرارة معينة (الرطوبة الحقيقية) إلى مقدار ما يستطيع هذا الهواء حمله وهو في نفس درجة الحرارة ، وهذه النسبة توضح العلاقة بين كمية بجار الماء الموجودة في الجو وبين كمية بجار الماء التي يستطيع الهواء حملها وهو في نفس درجة الحرارة.

تتباين الرطوبة النسبية تباينا واضحًا وفقًا لتباين درجة الحرارة ، فعندما ترتفع الرطوبة النسبية في الجو يقل معدل التبخر في المسطحات المائية ، وبذلك فإن ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو الناتج عن انخفاض درجة الحرارة ومع بقاء الظروف الأخرى ثابتة فإن معدلات التبخر سوف تتناقص ، ولذلك فإن كميات التبخر في الطقس البارد تكون محدودة مقارنة مع مثيلتها في الطقس الحار ، وذلك لأن الهواء الملامس لسطح الماء يكون قادر على تحمل كميات أكبر من بخار الماء .

٤- الرياح

عندما يكون الجو هادئًا فإن كمية المياه المتبخرة من المسطحات المائية تأخذ في النقصان لأن طبقات الهواء الملامسة للسطح تصل إلى درجة التشبع ، لذلك فإن رياحًا خفيفة تعمل على خلط جزئيات الماء الموجودة على شكل بخار في طبقات الهواء الملامسة للسطح وتخلطها مع طبقات الهواء الأعلى والأكثر جفافًا مما يساعد على زيادة كمية المياه المتبخرة ، وبذلك فإن الهواء المضطرب هو الأكثر أهمية في زيادة معدلات التبخر ، ويعتمد الأمر أيضًا على سرعة هذه الرياح .

٥- الضغط الجوي

تصبح جزيئات الماء أكثر انطلاقًا عندما تكون كثافة الهواء الملامس لسطح الماء أقل ، لكنه من الصعب تقدير أثر الضغط الجوي على معدلات التبخر كما أنه لا توجد علاقة واضحة بين الضغط والتبخر ،إلا أنه من الملاحظ بوجه عام أن معدلات التبخر تقل في المناطق المرتفعة حيث يرتفع الضغط .

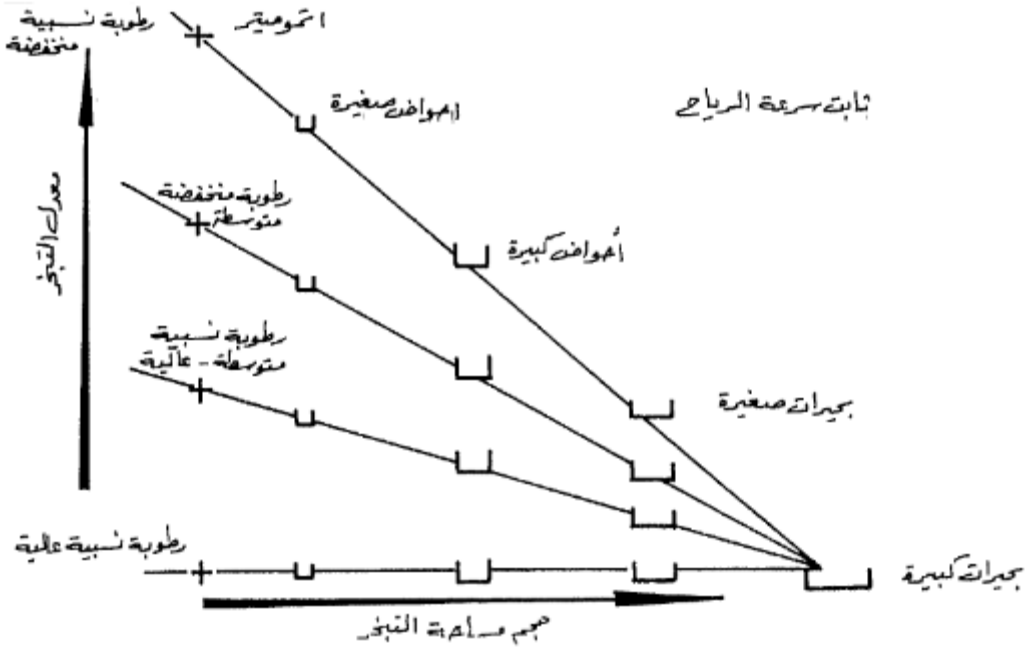
⊙العوامل الجغرافية

١- نوعية المياه :- حيث تقل معدلات التبخر بنسبة ١٪ عندما تزيد ملوحة المياه بنسبة ١٪ لذلك فإن معدل التبخر من المسطحات المائية التي نسبة ملوحتها ٣.٥٪ تقل من ٢- ٣٪ عن المعدلات في المياه السطحية العذبة ، ويعود ذلك لنقصان ضغط البخار للمياه المالحة .

٢- عمق المياه :- في المياه الضحلة يتوافق منحنى درجة الحرارة مع منحنى درجة حرارة المياه ، ولكن في المياه العميقة فإن منحنى درجات الحرارة يكون بصورة عكسية مع منحنى درجات الحرارة للمياه السطحية ، وعليه فإن معدلات التبخر في المياه الضحلة تكون على أشدها في منتصف الصيف ، بينما في المياه العميقة يكون التبخر على أشده في منتصف فصل الشتاء وهذا يرجع إلى عملية الخزن الحراري وعملية المزج البطيئة ضمن المسطحات المائية العميقة .

٣- مساحة وحجم المسطحات المائية :- ترتفع معدلات التبحر في المسطحات المائية الصغيرة الحجم الواسعة المساحة ، وذلك يرجع لعملية التبخر ذاتها ففي حالة البحيرات الكبرى حيث تنطلق جزيئات الماء إلى طبقات الهواء الملامسة لسطح الماء واستمرار هذه العملية يؤدي إلى زيادة المحتوى من بخار الماء في الهواء الملامس للمسطح المائي ، وهذا بدوره يؤدي لنشأة طبقة هوائية

غنية ببخار الماء واستمرار تدفق الرياح بنفس الاتجاه فإنه يؤدي إلى زيادة سمك هذه الطبقة ، ولجعل هذا الأمر أكثر وضوحًا يمكن القول أن الرياح الجافة عندما تهب على البحيرات الكبرى تعمل على زيادة التبخر عند البداية ولكن عند نهاية البحيرة فإن الهواء يصبح مشبع ومن ثم تقل معدلات التبخر ، بينما لا يتوفر هذا الأمر عندما يكون المسطح المائي صغيرًا حيث تعمل الرياح على نقل بخار الماء بعيدا عنه ، كما أن هذا الأمر لا ينطبق على البحار والمحيطات شديدة الاتساع حيث تتأثر بعوامل أخرى.



معدل التبخر من مسطحات مائية مختلفة الحجم

التساقط

هو أحد مراحل الدورة المائية على سطح الأرض وفيه تعود المياه في حالتها السائلة أو الصلبة من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض مرة أخرى بعد أن تركت سطح الأرض نحو الغلاف الجوي بواسطة عملية التبخر.

والتساقط هو مصدر جميع المياه العذبة على سطح الأرض ، سواء أكان هذا التساقط على شكل أمطار أو برد أو ثلج ، ويمكن القول أيضًا بأن كل أنواع الجريان السطحي ناجمة بشكل مباشر أو غير مباشر عن التساقط ، لذلك تعد دراسة التساقط أساس الدراسات الهيدرولوجية رغم أنها من صلب تخصص علماء الميترولوجيا والمناخ .

ومن الجدير ذكره أن كمية الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي تساوي فقط ٠,٠٠١٪ من مجمل المياه الداخلة في دورة الغلاف المائي ، وأن هذه الكمية المتواضعة نسبيًا يعود إليها جميع أنواع التساقط على سطح الأرض ويقدر بعض العلماء بأنه لو أتيح لجميع بخار الماء الموجود في الجو أن يسقط على شكل أمطار في نفس الوقت ، فإن معدل التساقط على جميع أنحاء الأرض يصل إلى (٢٥)ملم تقريبًا.

وتتميز أشكال التساقط بالتباين الزماني والمكاني ، وتعد دراسة هذا التباين إحدى اهتمامات علماء الهيدرولوجيا ، حيث يهتم الهيدرولوجي بمعرفة متى تسقط الأمطار وما كميتها وكيف تتوزع ، وكيف نقيس كميتها ، وكيف يتم تحليل هذه الاختلافات.

١- أنواع التساقط

أ- تصنيف التساقط بناءً على أشكاله :

فمن التساقط ما يكون بحالة السيولة ومنها ما يكون صلبًا ؛فالمطر Rain والرذاذ Drizzle والندى Dew تدخل مباشرة بدورة الماء بينما يؤجل دخول الأشكال الصلبة مثل الثلج Snow والصقيع Frost والجليد Glaze بدورة الماء حتى تصبح درجة الحرارة مناسبة لذلك ، أما البرد فرغم صلابته إلا أن ظروف تشكله تجعله يدخل مباشرة بالدورة المائية كما هو الحال بزخات المطر الغزيرة.

- **الثلج** :- يعتبر الثلج مظهرًا من مظاهر التساقط شأنه في ذلك شأن الأمطار ، والثلج عبارة عن قطرات متجمدة وله أشكال مختلفة، فقد يكون على هيئة مثلثات أو معينات أو غيرها، ويغطي الثلج المتساقط سطح الأرض في طبقة هشة في أول الأمر ولكنها لا تلبث أن تتماسك إذا ما كثرت كمية الثلج الساقطة فيتحول الثلج في هذه الحالة إلى الجليد Ice .

وتسقط كميات من الثلج في العروض دون المدارية ولكن الثلج في هذه العروض لا يلبث على سطح الأرض فترة طويلة وإنما يذوب بعد سقوطه بفترة قصيرة، أما في العروض الاستوائية والمدارية فإن الثلج لا يسقط إلا على الارتفاعات العالية، كذلك يسقط الثلج في العروض المعتدلة الباردة، غير أن الثلج لا يوجد بصفة دائمة هناك إلا في مناطق المرتفعات، حيث يوجد ما يسمى "بخط الثلج الدائم" وهو

الارتفاع الذي فوقه يظل الثلج دون ذوبان طول السنة سواء في الشتاء أو في الصيف، وارتفاع هذا الخط كبير في العروض الاستوائية والمدارية ثم يقل كلما اتجهنا نحو القطبين حتى نصل إلى عروض يظل الثلج فيها على سطح الأرض طول العام حتى على ارتفاع سطح البحر.

- **البرد** :- هو مظهر آخر من مظاهر التساقط غير أنه يسقط نادرًا وفي مناطق محدودة، والبرد عبارة عن كرات من الجليد، يتراوح نصف قطرها بين ١,٥ إلى ١٠ سنتيمترات، وقد يكون حجم حبات البرد كبيرًا بحيث تؤدي إلى تهشم زجاج النوافذ ، ويندر سقوط البرد في المناطق القطبية لخلوها من العواصف الرعدية، وكذلك يندر سقوطه في المناطق الاستوائية؛ لأن البرد يذوب قبيل وصوله إلى الأرض.

ب- تصنيف التساقط بناءً على أصله :

حتى يتم التساقط يجب تضافر عاملين رئيسيين هما : توفر كمية مناسبة من الرطوبة وتوفر ظروف مناسبة ترفع الكتل الهوائية التي تحمل تلك الكميات من الرطوبة إلى أعلى بقدر يكفي لتكاثف بخار الماء الموجود ومن ثم حدوث التساقط ،و وجود الرطوبة في الهواء الموجود فوق اليابسة يعود إلى تحرك الهواء بموازاة سطح الأرض لعدة مئات من الكيلومترات أو مرورها فوق مسطحات مائية شاسعة كالبحار و المحيطات .

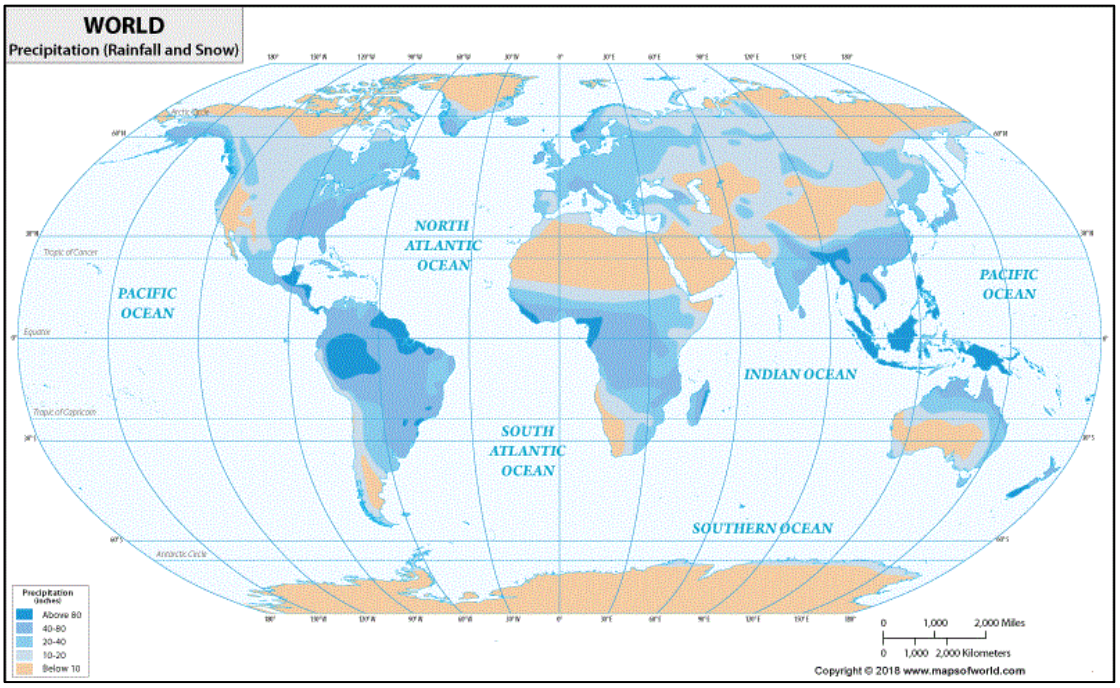
وقد ترتفع الكتل الهوائية بفعل اصطدامها بعوائق طوبوغرافية أو بواسطة اصطدامها بكتل أبرد منها ، أو أن يكون صعودها ناجم عن عملية التسخين كما هو الحال بالأمطار الإعصارية ، وليس من المفروض أن يحدث التساقط من أحد هذه الأنواع بمعزل عن الآخر فقد تتضافر عملية التصعيد الناجمة عن التضاريس مع عملية التصعيد الناجمة عن التقاء كتل هوائية متباينة الحرارة .

٢- تباين التساقط Variation of precipitation

من الأمور الرئيسية التي يهتم بها علماء الهيدرولوجيا تباين التساقط مكانيًا وزمنيًا ، بحيث يندر أن يتساوى موقعين بمقدار الأمطار التي تسقط عليهما بنفس الوقت ، كما يندر أن يتساوى التساقط بموقع معين بنفس الوقت ونفس الموعد خلال سنوات مختلفة ، فمعدل سقوط الأمطار السنوي الافتراضي على مختلف بقاع الأرض يصل إلى ٧٠٠ملم (٢٨٠بوصة) تقريبًا، ولكن في حقيقة الأمر قد تمضي عدة سنوات دون أن تهطل أمطار تذكر على بعض المناطق الصحراوية ، في حين يزيد معدل التساقط السنوي في بعض المناطق عن ١٠٠٠ملم كما في جبل Waialeale بجزر هاواي التي يصل معدل التساقط السنوي فيها ١٢٠٠ملم (٤٨٠بوصة).

ويعتمد تباين التساقط مكانيًا على معدلات التبخر وعلى نمط مسار الكتل الهوائية ، حيث يتخذ نمط توزيع الأمطار على سطح الكرة الأرضية أنماطًا شريطية عرضية ، ونظرًا لكون البحار و المحيطات هي المصدر الرئيسي للبخار الموجود في الجو فإن المناطق البعيدة عن الساحل

تتصف بقلة التساقط مقارنة بالمناطق المناظرة لها على السواحل ، وتلعب الرياح الدائمة دورًا معدلًا يحد من آثر البعد عن السواحل في تقليل الأمطار بحيث يتعدى تأثير البحار و المحيطات في التساقط المناطق الساحلية لها ، ويمكن أن ينسحب هذا القول على الرياح العكسية التي تهب على إقليم السواحل الغربية في أوروبا ، حيث يتعدى تأثيرها المناطق الساحلية لقارة أوروبا.



التساقط السنوي

العالم بحسب طبيعة المطر

ويغلب على التساقط في مختلف رقاع المعمورة النمط الفصلي ، بحيث ينتظم التساقط وفق أنماط فصلية يمكن التكهن بوقت حدوثه وبكميته وفق بيانات تدل على كميات التساقط في سنوات سالفة ، ويهتم الهيدرولوجي بهذا الأمر اهتمامًا كبيرًا وذلك لرسم السياسات المائية التي تمليها ظروف التساقط.

٣- كثافة التساقط Rainfall intensity

من الأمور التي تهم الهيدرولوجي كثافة التساقط على مستوى العاصفة المطرية ، ومدى استمرارية كثافة التساقط ضمن نفس العاصفة ، حيث يتأثر الجريان السطحي وبخاصة تحديد ذروة الجريان النهري بتحديد كثافة التساقط وديمومته ، وكلما قلت الفترة الزمنية التي يحدد خلالها كثافة التساقط يكون أفضل ، فلو عرفنا كثافة التساقط لكل ساعة أو أجزاء من الساعة

خلال العاصفة المطرية أفضل من معرفتنا بتلك الكثافة خلال العاصفة بشكل عام أو خلال يوم واحد منها .

ويعبر عن هذا الأمر عادة بما يسمى بمنحنى كثافة التساقط Intensity–duration curve وقد نعبر عن ذلك بطريقة أخرى بما يسمى Depth–duration curve ويحدد فيها نسبة التساقط في ساعة ما خلال العاصفة إلى مجموع التساقط الناجم عن نفس العاصفة ، ويمكن استخدام منحنيات أخرى للتعبير عن كثافة التساقط rainfall intensity frequency graph حيث تبين هذه المنحنيات نسبة تكرار كثافة التساقط لمحطة ما ولعاصفة معينة .

٤- الأمطار "من أنواع التساقط"

كيفية سقوط الأمطار :- يتكون السحاب نتيجة لتكاثف بخار الماء إلى نقط مائية دقيقة بعيدًا عن سطح الأرض ، وإذا انخفضت درجة حرارة هذه السحب نتيجة لأي عامل فإن النقط المائية الدقيقة تتحد مع بعضها البعض على شكل نقط مائية كبيرة نسبيًا لا يستطيع الهواء حملها وتسقط على هيئة أمطار، ولكي تسقط الأمطار لابد من أن يكون الهواء محملًا بكمية مناسبة من بخار الماء وأن يرتفع هذا الهواء إلى أعلى حتى تنخفض درجة حرارته، ويرتفع الهواء إلى أعلى نتيجة لأحد العوامل آلاتية :

العوامل المساعدة على سقوط المطر

أ – اصطدام الرياح الرطبة بالمرتفعات يؤدي إلى صعودها إلى أعلى .

ب – ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض ارتفاعًا كبيرًا يؤدي إلى تسخين الهواء الملامس لها ، وارتفاعه إلى أعلى .

ج – تقابل رياح دافئة مع أخرى باردة يؤدي إلى صعود الهواء الدافئ فوق البارد .

أ- أنواع الأمطار

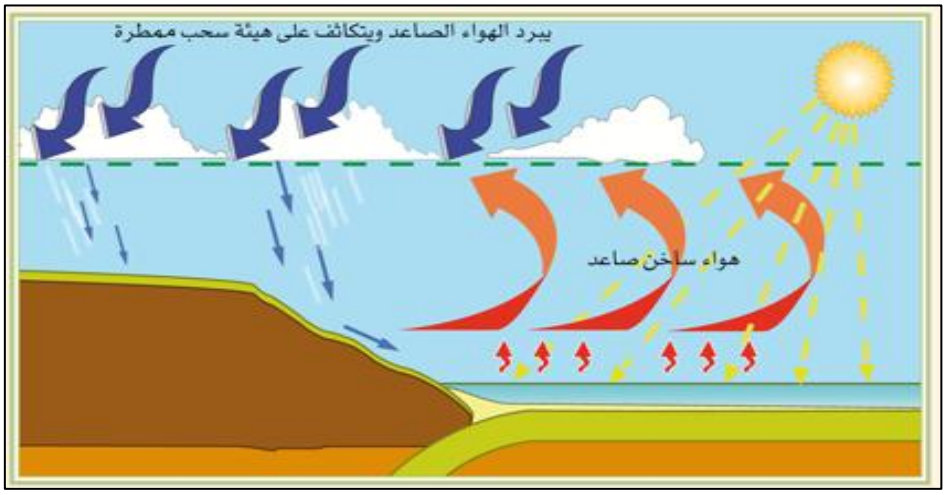
يؤدي كل عامل من العوامل السابقة إلى سقوط الأمطار ولذلك نجد ثلاثة أنواع من المطر تختلف باختلاف العامل الذي يسببها وهي :

- **المطر التصاعدي:**

نتيجة لتسخين الهواء فإنه يتمدد ويضطر للارتفاع إلى أعلى وبارتفاعه يبرد حتى تنخفض درجة حرارته فيحدث التكاثف، وحدوث التكاثف يؤدي إلى إطلاق سراح الحرارة الكامنة في ذرات بخار الماء وتعمل هذه الحرارة على تسخين طبقات الهواء التي تمت بها عملية التكاثف، فيحدث تصعيد آخر وهكذا تستمر العملية على مستويات مختلفة حتى تنخفض نسبة بخار الماء في الهواء أو حتى يبرد إلى درجة لا تساعد على ارتفاعه مرة أخرى ومن صفات مطر التصعيد أنه يحدث في مناطق محدودة وليس على نطاق واسع والسحب المصاحبة لهذا النوع هي الركامي أو المزن الركامي.

وتستمر الأمطار فترة قصيرة من الزمن ولكنها أمطار غزيرة منهمرة؛ لذلك فهي غير مفيدة كثيرًا للمحاصيل الزراعية ويضيع معظمها في الجريان على سطح الأرض ويضر ذلك بالتربة إذ يؤدي إلى جرفها وتعريتها، وقد تحدث العواصف الرعدية الناتجة عن التصعيد في العروض المعتدلة والباردة أثناء الساعات الدفيئة من النهار وذلك في فصل الصيف فقط.

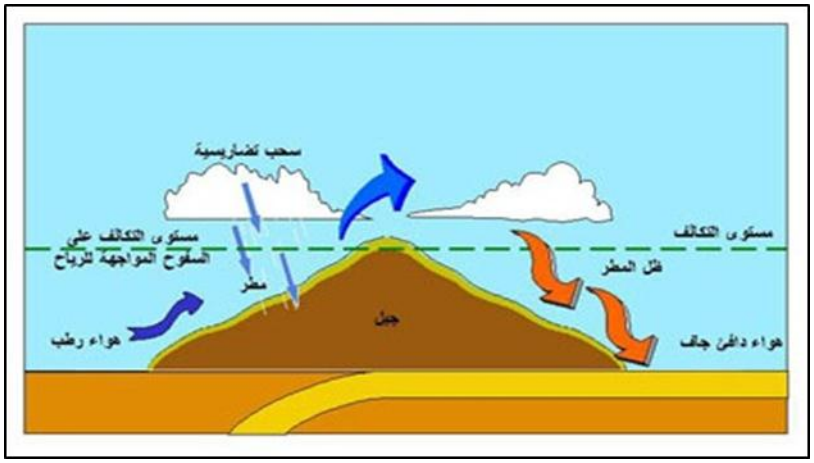
وأهم مناطق سقوط مطر التصعيد هي العروض الاستوائية والمدارية حيث يسقط المطر هناك بصورة منتظمة في كل أيام السنة وفي الساعات الدفيئة من النهار .



المطر التصاعدي

- **المطر التضاريسي**

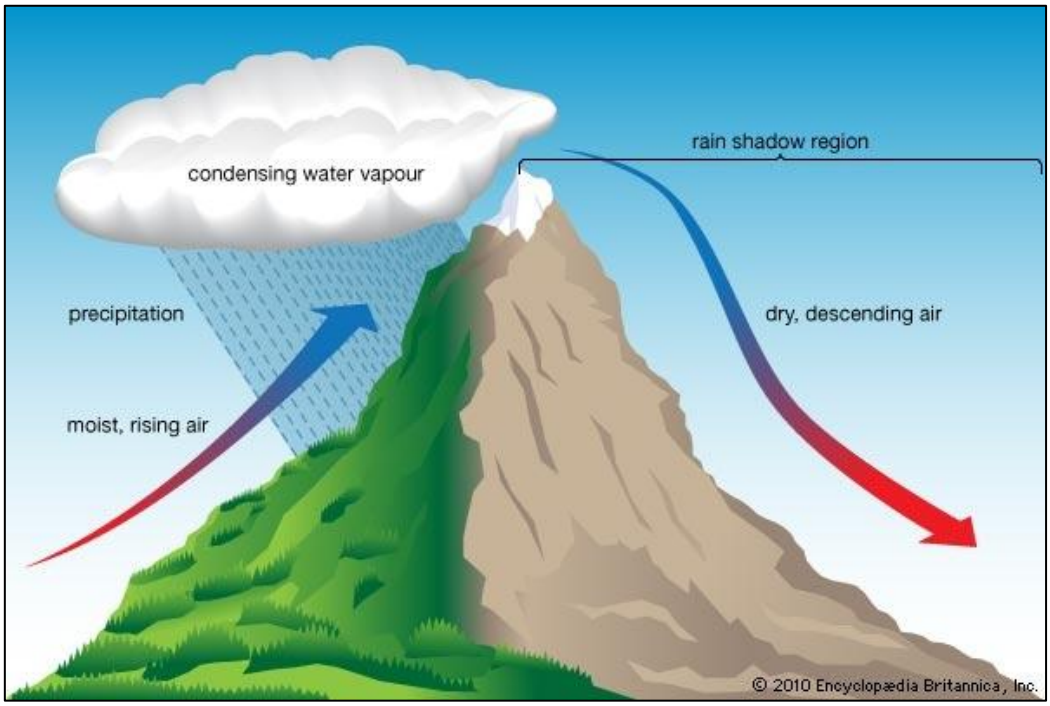
تضطر الكتل الهوائية إلى الارتفاع إذا قابلت عوائق تضاريسية مثل الجبال والهضاب العالية وحتى التلال أحيانًا. وحيث إن بخار الماء يتركز في الطبقات السفلى من الغلاف الغازي ؛ فإن مطر التضاريس قد سقط نتيجة لوجود أي عائق حتى إذا كان منخفضًا فسواحل القارات في مواجهة الرياح قد تكون سببًا لسقوط أمطار غزيرة حتى لو كانت تلك السواحل منخفضة ، ومن أمثلة العوائق التضاريسية التي تؤدي إلى سقوط أمطار غزيرة جبال هملايا في شمال الهند وجبال كسكيد Cascadeفي غرب الولايات المتحدة.



الأمطار التضاريسية

وتسقط الأمطار غزيرة على السفوح المواجهة للرياح Windwardأما السفوح غير المواجهة للرياح Leewardفلا يصيبها نصيب يذكر من الأمطار ويقال إنها تقع في ظل المطر Rain Shadow ؛وذلك لأن الرياح تفقد معظم ما بها من بخار الماء على السفوح المواجهة لها، كما أن الرياح بعد عبورها للمرتفعات وفقدانها لبخار الماء تكون دفيئة بسبب هبوطها وما يصحب ذلك

من عملية تسخين وبسبب إضافة الحرارة الكامنة الناتجة عن تكاثف بخار الماء إلى الهواء .

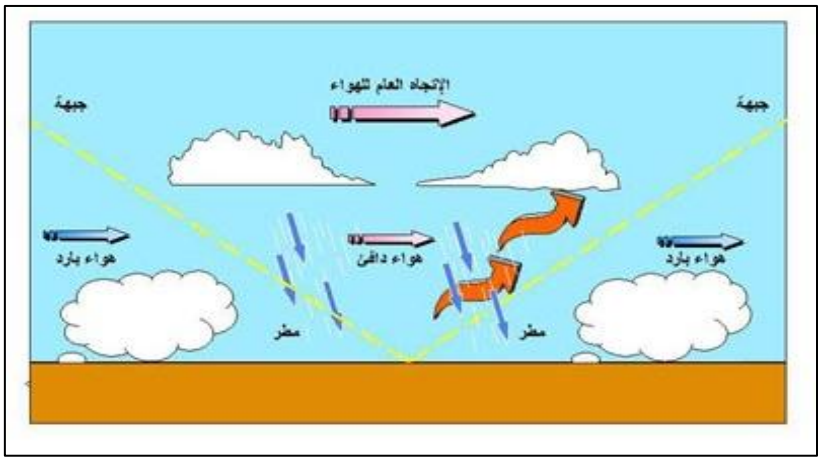


وليس لمطر التضاريس دورة يومية أو فصلية خاصة كما هو الحال بالنسبة للمطر التصاعدي، وإنما نجد أن مطر التضاريس يجتذب المطر الموجود في الكتل الهوائية التي تمر على المرتفعات وقت مرورها، وقد تحتاج الكتلة الهوائية إلى عملية رفع بسيطة حتى يحدث التكاثف ويسقط المطر.

- **المطر الإعصاري:**

يسقط هذا النوع من الأمطار نتيجة لمرور انخفاضات جوية أو ما نسميه بالأعاصير Cyclonesويحدث أن يجتذب الإعصار تيارات هوائية من الشمال والجنوب أو بمعنى آخر من مصدرين مختلفين في حرارتهما، وعندما يحدث

تقابل بين تيارين هوائيين فلابد من حدوث حركة تصاعدية، وبالطبع يصعد الهواء الدافئ وهو الأخف وزنًا إلى أعلى، وارتفاع الهواء إلى أعلى يؤدي إلى برودته وحدوث التكاثف خاصة إذا كان الهواء محملًا ببخار الماء، وهذا الوضع يحدث أثناء مرور الأعاصير في العروض المعتدلة حيث تلتقي الكتل الدفيئة القادمة من العروض المعتدلة بالكتل الهوائية الباردة القادمة من ناحية القطب، أما في حالة تقابل الكتل الهوائية في المناطق الاستوائية والمدارية فإنه لا تنتج عن ذلك آثار مناخية هامة؛ ذلك لأن الكتل الهوائية التي تتقابل في هذه العروض تكون متشابهة من حيث حرارتها.



الأمطار الإعصارية

أي دراسة تفصيلية للمطر لا يكفي أن تتناول كمية المطر السنوي فقط، ولكن لا بد من معرفة فصلية المطر ومدى الاعتماد على المطر وتركيز المطر ودرجة غزارته، وكذلك درجة احتمال سقوط المطر أو عدم سقوطه.

فصلية المطر: Seasonality فمن المهم أن نعرف متى يسقط المطر، وفي أي فصل من الفصول، إذ لا يكفي أن نعرف أن كمية المطر السنوي في مكان ما هي ٤٠ سم إذ قد يسقط من هذه الكمية ٣٠ سم في فصل الصيف أو بالعكس، ولفصلية المطر أهمية كبيرة فيما يتعلق بالنباتات، ففي العروض الوسطى تستفيد النباتات من مطر الصيف أكثر من مطر الشتاء؛ ذلك لأنه في الصيف يأتي المطر مع ارتفاع درجة الحرارة وهو فصل النمو عندما تكون النباتات في حالة نشاط ، وفي العروض المدارية لا يهم كثيرًا في أي فصل من فصول السنة يسقط المطر، حيث إن الحرارة مرتفعة باستمرار.

درجة الاعتماد على المطر: Reliabity وهذه تتعلق بمدى الذبذبة التي تحدث في كمية المطر من سنة لأخرى، وقد لوحظ أن الذبذبة في الأقاليم ذات المطر الغزير أقل منها في الأقاليم الجافة أو بمعنى آخر أن درجة الاعتماد على المطر تقل كلما قلت كميته، ولهذا أهمية كبيرة بالنسبة للزراعة في الأقاليم شبه الجافة والجافة حيث تتعرض المحاصيل لأخطار قلة المطر أو تأخره في بعض السنوات، كذلك في الدراسات المناخية لا بد من الحصول على إحصائيات عن المطر لمدة طويلة قد تصل إلى ٢٥ سنة في حالة الأقاليم الجافة حتى تكون النتائج دقيقة، بينما قد تكفي ١٠ سنوات في حالة الأقاليم المطيرة.

تركيز المطر ودرجة غزارته: intensityمن المهم أن نعرف عدد الأيام التي يسقط فيها المطر وكمية المطر التي تسقط في اليوم الماطر، ويهتم الزراع بمعرفة عدد الأيام التي يسقط بها المطر وكيفية توزيعها على مدار السنة لما في ذلك من أهمية قصوى بالنسبة للمحاصيل.

ب- العوامل المؤثرة في سقوط المطر

الأمطار لا تخضع لعامل واحد بل أنها تتأثر بعوامل كثيرة :-

- وجود المسطحات المائية :- فالمناطق التي تحيط بها بحار واسعة تكون في العادة أكثر مطرًا من المناطق البعيدة ، ويرجع ذلك إلى أن الهواء في المناطق الأولى يكون أكثر رطوبة من الهواء في المناطق الثانية ، وذلك على فرض تساويهما في درجة الحرارة ونظام التضاريس.
- ارتفاع درجة الحرارة :- فهذا الارتفاع يساعد على نشاط عملية التبخير وازدياد الرطوبة في الهواء فضلًا عن أنه يساعد على نشاط حركة التيارات الصاعدة .
- مظاهر التضاريس :- فالمناطق الجبلية تكون عادة أكثر مطرًا من السهول ، وتكون المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح دائمًا أغزر مطرًا من المنحدرات الأخرى ، وكثيرًا ما يؤدي وجود سلاسل جبلية مرتفعة إلى ظهور مناطق صحراوية في السهول المجاورة لها .

- اتجاه الرياح ونوع الهواء الذي تأتي به :- فالرياح التي تهب من ناحية البحر تساعد على سقوط الأمطار على العكس من الرياح التي تهب من اليابسة .

ج- التوزيع العام للمطر في العالم

أهم مظاهر توزيع المطر في العالم ما يلي:

١- هناك منطقة مطر غزير حول خط الاستواء وذلك في منطقة الجبهة المدارية Inter Tropical Convergence.

٢-المناطق دون المدارية Subtropicalتتميز بقلة المطر حيث تفترق الرياح عند خطي عرض ٣٠ شمالًا وجنوبًا، ويوجد هواء هابط وضغط مرتفع مما لا يساعد على سقوط الأمطار.

٣- تبدأ كمية المطر في الزيادة وتوجد منطقة مطر غزيرة فيما بين خطي عرض ٤٠، ٥٠ شمالًا وجنوبًا، وهذا هو نطاق تقابل الرياح .

٤- تبدأ كمية المطر في القلة مرة أخرى نحو القطبين فيما وراء خطي عرض ٥٥ شمالًا وجنوبًا.

٥- من تفاصيل توزيع المطر أنه في العروض الوسطى والعليا نجد أن الأجزاء الجافة توجد في قلب القارات حيث تبعد عن مصدر الرطوبة، وتبدو هذه الظاهرة أكثر وضوحًا في قارات نصف الكرة الشمالي بسبب اتساع الكتل اليابسة

د – التوزيع الفصلي للمطر

نلاحظ على التوزيع الفصلي للمطر في العالم ما يأتي:

١– لا توجد فصلية واضحة للمطر في العروض الاستوائية، فالمطر يتوزع فيها على مدار السنة.

٢– إلى الشمال والجنوب من خط الاستواء بين خطي عرض ١٠، ١٥ تبدأ الفصلية في سقوط المطر في الظهور، وترتبط قيمة المطر بفصل الحرارة المرتفعة وبانتقال الجبهة المدارية إلى الشمال والجنوب مع حركة الشمس الظاهرية.

٣– في العروض المدارية بين خطي عرض٢٠ درجة، ٣٠ درجة شمالًا وجنوبًا نجد أن فصل المطر هو فصل الشتاء وهو فصل مرور الأعاصير.

٤– في العروض العليا ابتداء من خط عرض ٤٠ درجة ومتجهًا نحو القطب توجد عروض مطيرة طول العام، غير أن السواحل الغربية في هذه العروض تنال كمية من المطر في فصل الشتاء، أما داخل القارات وشرقها فينال كمية أكبر من المطر في فصل الصيف .

هـ- نظم المطر

يمكن أن نجمل نظم المطر وتوزيعها على العالم فيما يلي:

١- النظام الاستوائي:

يسود على جانبي خط الاستواء بين خطي عرض ٥ درجة شمالًا وجنوبًا، وتبلغ كمية المطر السنوي في هذا النطاق حوالي ١٥٠ سم سنويًا وقد تصل إلى ٢٠٠ سم، وهناك بالطبع بعض اختلافات محلية نتيجة لتباين مظاهر السطح أو توزيع اليابس والماء فالمطر في حوض الكونغو أقل منه في جزر الهند الشرقية؛ وذلك لارتفاع السطح في جزر الهند الشرقية، ولأنها محاطة بالماء.

ويسقط المطر في الأقاليم الاستوائية طول العام، وليس هناك فصل جفاف، غير أن للمطر الاستوائي قمتان في الاعتدالين الربيعي والخريفي، وهاتان القمتان ترتبطان بحركة الشمس الظاهرية، وتمثل هذا النظام مدينة ليبرفيل في حوض الكنغو .

وتأخذ قمتا المطر في الاقتراب من بعضها كلما بعدنا عن خط الاستواء؛ لذلك يمكن تمييز نظام شبه استوائي يظهر بين خطي عرض ٥، ٨ درجة شمالًا وجنوبًا، وفي هذا النظام تبدأ كمية المطر في القلة، وتبدأ قمة المطر في التركيز في فصل الصيف، وتمثل هذا النظام مدينة واو في جنوب السودان .

٢- النظام السوداني:

يوجد بين دائرتي عرض (٨-١٨ شمال وجنوب خط الاستواء) وقمة المطر في هذا النظام توجد في فصل الصيف ؛بحيث يصبح فصل الشتاء فصل جاف، وكذلك كمية المطر في هذا الإقليم أقل منها في الإقليم الاستوائي، وتظل كمية المطر في التدرج نحو القلة حتى نصل إلى الإقليم الصحراوي الحار، ويمثل النظام السوداني مدينة ملكال في وسط السودان.

٣- النظام الصحراوي الحار:

ابتداءً من خطي عرض ١٨ درجة شمالًا وجنوبًا يأخذ المطر في الندرة، ويظهر في النظام الصحراوي ويمتد حتى خطي عرض ٣٠ درجة شمالًا وجنوبًا خاصة في غرب ووسط القارات، ويلاحظ أن أطراف الإقليم الصحراوي المتاخمة للإقليم السوداني تنال أمطارها في فصل الصيف فتتبع في ذلك النظام السوداني، بينما الأطراف المتاخمة لإقليم البحر المتوسط تنال أمطارها في فصل الشتاء متأثرة في ذلك بالأعاصير التي تصيب إقليم البحر المتوسط في فصل الشتاء، ومن أمثلة الإقليم الصحراوي على أطراف الإقليم السوداني مدينة الخرطوم، ومن أمثلة الإقليم الصحراوي على أطراف إقليم البحر المتوسط مدينة القاهرة.

٤- النظام الموسمي:

النظام الموسمي (يقع في المناطق التي تقع شرق وجنوب شرق آسيا) يخضع للفصلية الحادة؛ نتيجة لاختلاف درجة حرارة اليابس والماء في فصل

الصيف والشتاء وما يترتب على ذلك من اختلافات في الضغط الجوي، ومن المعروف أن الرياح الموسمية الشتوية الخارجة من اليابس لا تحمل مطرًا؛ لذلك يتميز فصل الشتاء في الإقليم الموسمي بالجفاف فيما عدا بعض أجزاء محدودة بسبب ظروف محلية خاصة، أما في فصل الصيف فتسقط أمطار غزيرة تجلبها الرياح الموسمية الصيفية التي تهب من البحار محملة ببخار الماء، وقد سجلت أكبر كميات للمطر في العالم في الإقليم الموسمي في مدينة تشيرابونجي على السفوح الجنوبية لجبال هملايا، حيث تصل كمية المطر السنوي إلى حوالي ١٠٦٠ سم، ومن أمثلة النظام الموسمي مدينة مومباي في الهند

٥- نظام البحر المتوسط:

يوجد هذا النظام بين خطي عرض ٣٠، ٤٠ درجة شمالًا وجنوبًا في غرب القارات، وكذلك في منطقة حوض البحر المتوسط، وفي فصل الصيف تسود في هذا الإقليم الظروف الصحراوية الجافة، أما في فصل الشتاء فيتعرض هذا الإقليم لمرور الانخفاضات الجوية التي تؤدي إلى سقوط مطر إعصاري، وتتراوح كمية المطر في هذا الإقليم بين ٥٠، ١٥٠سم، ويمثل هذا النظام مدينة الجزائر.

٦- النظام الصيني:

يظهر هذا النظام في شرق القارات في نفس عروض نظام البحر المتوسط، ويتميز هذا النظام بسقوط أمطاره طول العام، وإن كانت هناك قمة

واضحة في فصل الصيف، ويساعد على زيادة المطر في فصل الصيف وجود النظام الموسمي في هذه الجهات، وكمية المطر في هذا الإقليم أكثر منها في إقليم البحر المتوسط، ويمثل هذا الإقليم مدينة شنغهاي .

٧- نظام غرب أوربا:

يوجد هذا النظام على السواحل الغربية للقارات بين خطي عرض ٤٠، ٦٠ درجة شمالًا، وجنوبًا، ويسقط المطر في هذا الإقليم طول العام، وإن كانت هناك قمة ملحوظة أثناء فصلي الشتاء والخريف بسبب ازدياد نشاط الأعاصير في هذين الفصلين، ويمثل هذا النظام مدينة فالنسيا في جنوب غرب جزيرة إيرلندا .

٨- النظام اللورنسي:

ويسود هذا النظام في شرق القارات في عروض إقليم غرب أوربا، وقد سمي بهذا الاسم نسبة إلى حوض سانت لورنس بأمريكا الشمالية، ويسقط المطر في هذا الإقليم طول العام غير أن هناك قمة واضحة في فصل الصيف، ويمثل هذا النظام مدينة كويبك في كندا.

٩- النظام القاري في العروض المعتدلة:

يوجد هذا النظام في الأجزاء الداخلية من العروض المعتدلة(٤٠-٦٠)، والمطر في هذا الإقليم قليل إذ تسود به ظروف صحراوية أو شبه صحراوية، ومعظم الأمطار في هذا الإقليم تسقط في فصل الصيف عندما ترتفع الحرارة

فوق اليابس وينخفض الضغط، وبذلك يسود نظام شبه موسمي، بينما في فصل الشتاء تتركز مناطق ضغط مرتفع فوق القارات فلا تسمح بوصول رياح رطبة إليها، وبذلك يسود الجفاف، ويمثل هذا النظام مدينة كييف عاصمة أوكرانيا .

١٠- نظام التندرا:

يسود هذا النظام في المناطق القطبية حيث تشتد البرودة طول العام، والمطر في هذا الإقليم نادر بسبب ارتفاع الضغط وشدة البرودة التي لا تساعد على أن تحمل الكتل الهوائية كمية كبيرة من بخار الماء، ويسقط معظم المطر في فصل الصيف القصير ،ولا تتعدى كمية المطر في هذا الإقليم ٢٥ سم في السنة، لذلك يطلق البعض على هذه الجهات اسم الصحراء الجليدية.

٥- الثلج

لا يمثل الثلج خارج نطاق الدائرة القطبية والعروض العليا نسبة مهمة من التساقط ، ويركز علماء الهيدرولوجيا على الفترة التي تسقط خلالها الثلوج أكثر من تركيزهم على مكان سقوطه لأنه في النهاية قد يذوب ، كما أنهم يركزوا على معدل تسارع الذوبان لما له من تأثير على التصريف المائي للأودية والأنهار .

أ- توزيع الثلوج

تميل الثلوج إلى التوزع بنمط يتفق مع نظام التضاريس في المناطق التي يسقط فيها ، وذلك لكون المرتفعات تمثل الظروف المناخية الملائمة لتساقطه وبقاءه لفترة ما دون أن يذوب ، إذ يلزم ذلك بقاء درجة الحرارة منخفضة إلى ما دون الصفر ، ولذلك فإن تساقط الثلج وبقائه يتأثر بفصول السنة وبارتفاع التضاريس ، ويتفاوت منسوب بقاء الثلج دون ذوبان من مكان إلى أخر وفق خطوط العرض كما أنه يتفاوت من فصل إلى آخر في الموقع الواحد .

ب- كمية الثلوج المتساقطة

من الصعب قياس كمية الثلوج المتساقطة مقارنة بقياس كمية الأمطار المتساقطة ، كما أنه يعد من الصعب أيضًا تحويل كمية الثلوج المتساقطة إلى كميات مطرية ، ونظرا لعدم تجانس عمق الثلج وكثافته فإنه يعد من الصعوبة تقدير حجمه رغم أهمية ذلك .

ويعد الأمر المهم للمختصين ليس تقدير سمك الثلج بقدر ما ينتج عنه من مياه ، وفي كثير من المناطق يتم تحويل كمية الثلوج المتساقطة مباشرة إلى ما يعادلها من مياه ويستخدم في ذلك أجهزة خاصة ، كما تستخدم الأقمار الصناعية من خلال الصور التي توفرها من أجل تحديد المساحة التي تغطيها الثلوج ، وأيضًا قد تستخدم طائرات خاصة تقوم بالتقاط الصور الجوية للمساحات الثلجية .

ج – معدل ذوبان الثلج

يعتبر هذا المعدل من الأمور المهمة في مجال الهيدرولوجيا ، حيث أنه يشير إلى الوقت الذي يستغرقه ذوبان الثلوج ، فعندما تذوب الثلوج ببطء فإن كمية المياه المتسربة إلى باطن الأرض تزداد ، وكلما زاد معدل ذوبانه فإنه يزيد معدل الجريان المائي ، ويعتمد ذوبان الثلج على الموازنة الإشعاعية فوق المساحات المغطاة به ؛ أي عندما تزيد الطاقة الممتصة عن الطاقة المفقودة ، وتعد أشعة الشمس المصدر الرئيسي للطاقة فضلًا عن الطاقة المستمدة من سطح الأرض وتكاثف بخار الماء والأمطار الساقطة إلا أن درجة حرارة الهواء هي العامل الحاسم في تحديد معدلات الذوبان للثلوج .

ويتأثر معدل ذوبان الثلوج بالموقع بالنسبة لدوائر العرض ، وكذلك بالتضاريس فالثلوج تمكث فترة أطول فوق قمم المرتفعات من مكوثها في المناطق السهلية المنخفضة .

نشاط (١)

- إذا كان مقدار بخار الماء الموجود فعليا في متر مكعب من الهواء هو ٥٠ جرام ، فكم تكون الرطوبة النسبية للهواء ؟ ،إذا علمت أنه يستطيع حمل ١٥٠ جرام من بخار الماء في نفس درجة الحرارة .

الرطوبة النسبية = ...

- إذا كانت الرطوبة النسبية للهواء تقدر ب ٢٠٪ ، وكان الهواء يستطيع حمل ١٨٠ جرام من بخار الماء ، فبكم تقدر الرطوبة الحقيقة للهواء ؟

الرطوبة الحقيقية = ...

- كم يستطيع هذا الهواء حمله من بخار الماء في نفس درجة الحرارة إذا علمت أن رطوبته الحقيقية = ٨٠ جرام ، والرطوبة النسبية = ١٠٪ ؟

ما يستطيع الهواء حمله .....

نشاط (٢) من خلال دراستك ارسم شكلًا يعبر عن ما يلي :-

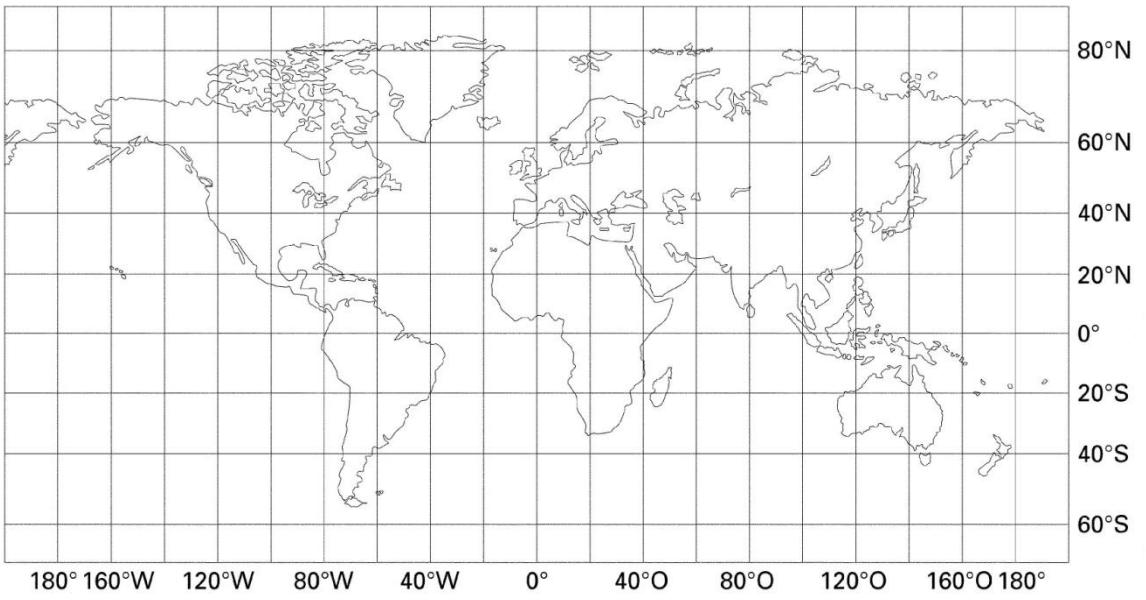
المطر الإعصاري

المطر التضاريسي

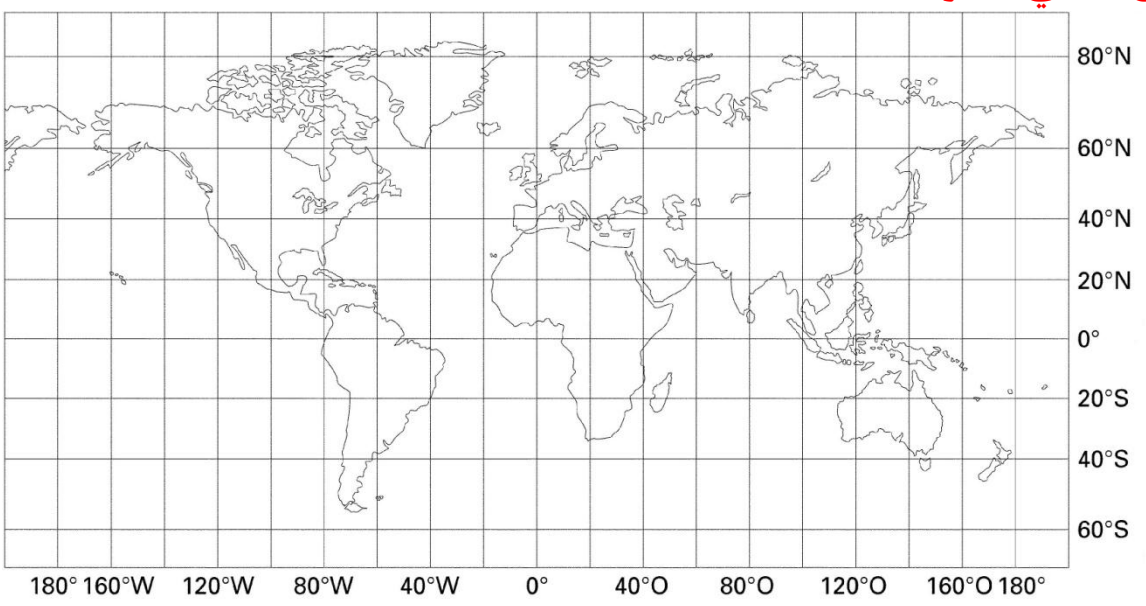
المطر التصاعدي

نشاط (٣) وضح على الخريطة ما يلي :-

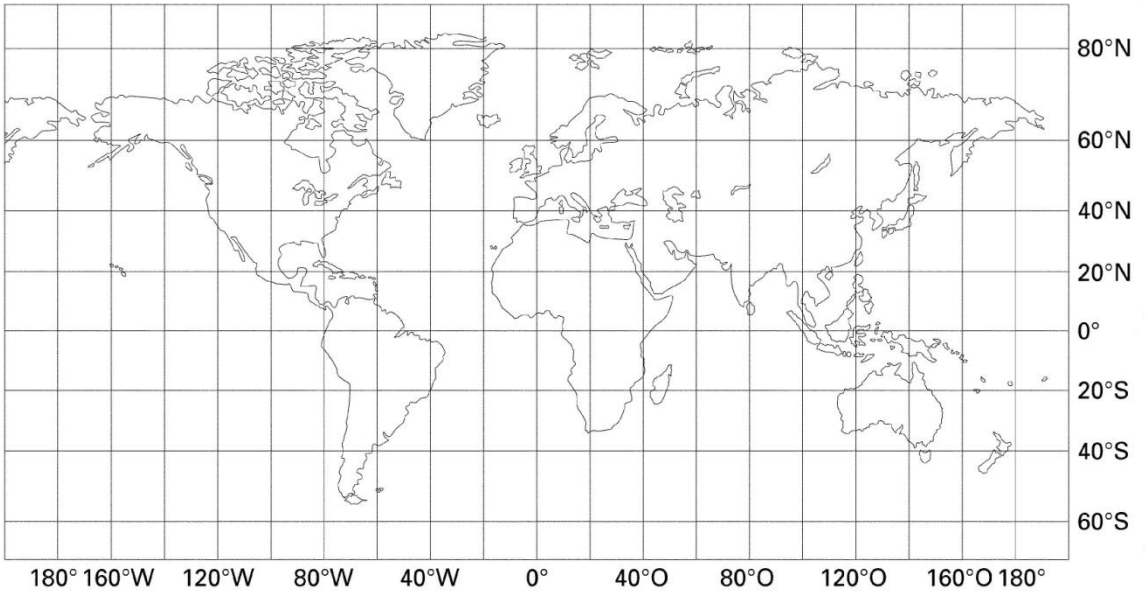
التوزيع العام للمطر



التوزيع الفصلي للمطر



نظم المطر


80°N
60°N
40°N
20°N
0°
20°S
40°S
60°S
180° 160°W 120°W 80°W 40°W 0° 40°O 80°O 120°O 160°O 180°

الفصل الثالث

الأنهار كمورد رئيسي للمياه العذبة

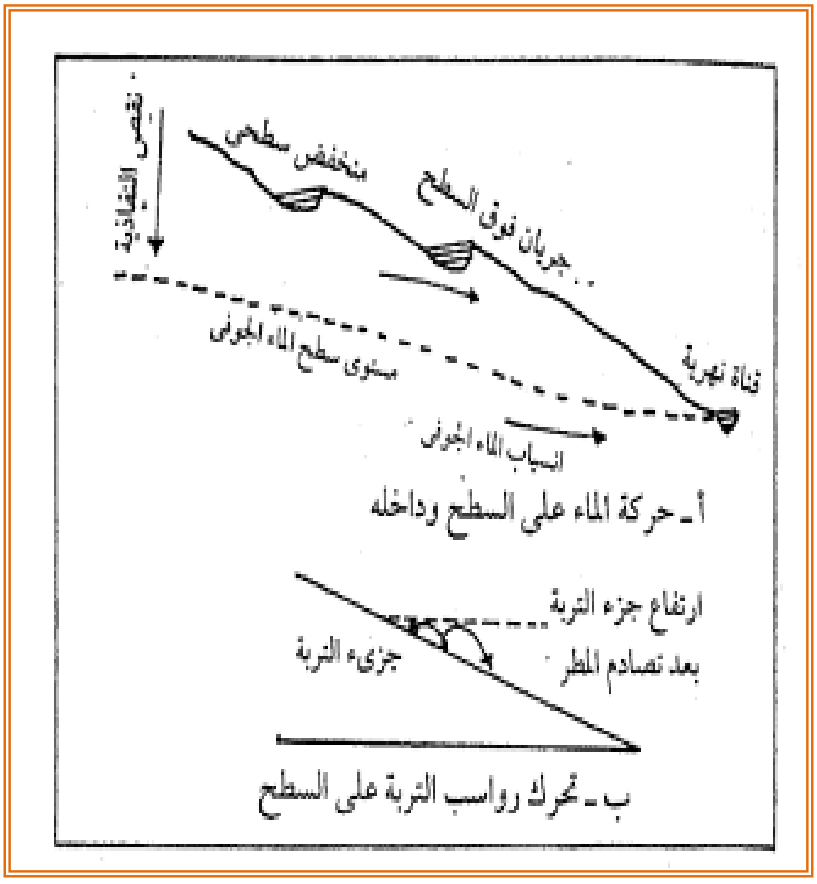
يتناول الفصل الموضوعات الآتية :

- نشأة الأنهار
- الحوض النهري
- الشبكة المائية
- تغذية الأنهار
- الأنهار في قارات العالم القديم (آسيا–أوروبا–أفريقيا)

أولًا : نشأة الأنهار

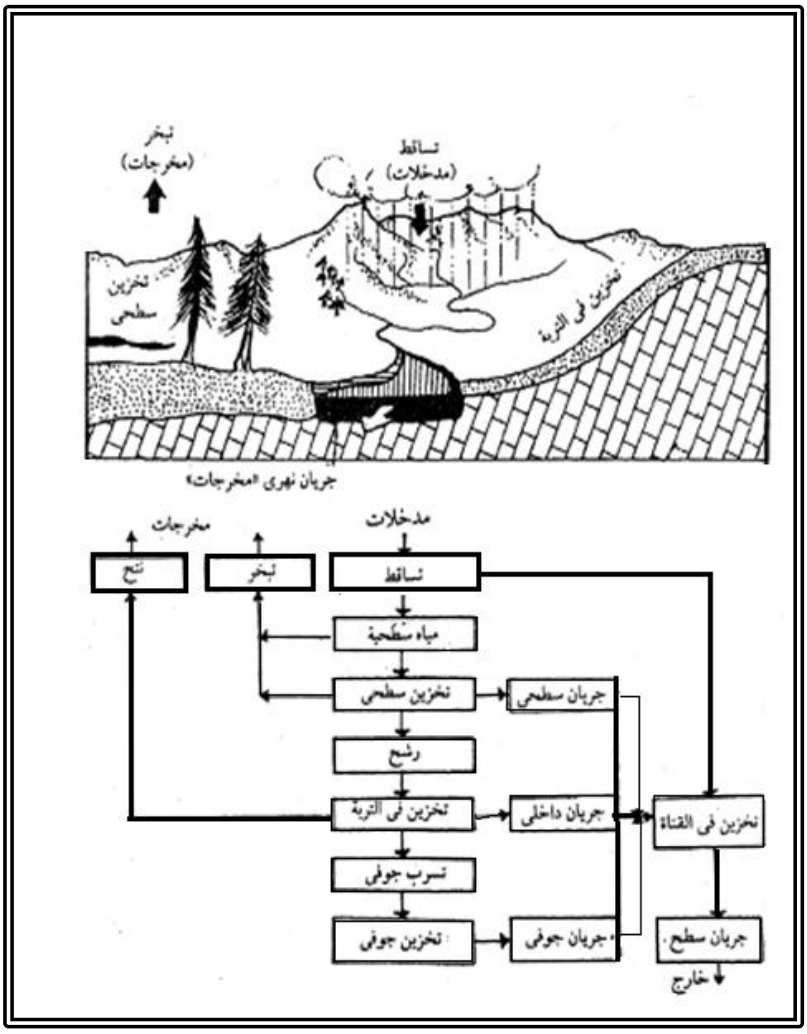
تعتبر الأنهار مصدرًا رئيسيًا من مصادر المياه العذبة على سطح الأرض ، لذلك فإن دراسة الأنهار تحتل مكانه خاصة في علم الهيدرولوجي وذلك لما للأنهار من أهمية في حياة الإنسان والنبات والحيوان.

يبدأ تكون الأنهار بشكل عام من خلال سقوط المطر على سطح منحدر وتقوم مياه الأمطار بعمليات نحت باصطدام قطراتها بالسطح وقيامها بالتقاط المواد الصخرية الناعمة ، ويساعدها في تلك العمليات ما تحتويه قطراتها من طاقة حركية وسطح خال من النباتات الطبيعية والتي إن وجدت فإنها تشكل حماية للسطح من عمليات التعرية المختلفة .



والسطح الأصلي قبل تكون النهر عادة ما يتضمن تجويفات تتوزع بشكل عشوائي تنتهي إليها الأنهار لتحولها إلى برك وبحيرات تتجمع فيها

المياه في شكل مجرى مائي محدد ، وكلما زاد التساقط على طاقة التشرب في التربة ،فإن الماء الزائد ينساب في شكل جريان سطحي .



ثانيًا : الحوض النهري

هو ذلك المساحة من الأرض التي تفصلها عن الأحواض المجاورة الأخرى خطوط تقسيم للمياه ، أو مساحة الأرض التي تتجمع منها مياه الأمطار لتجري في مجرى واحد وقد تتطابق الأحواض النهرية السطحية مع

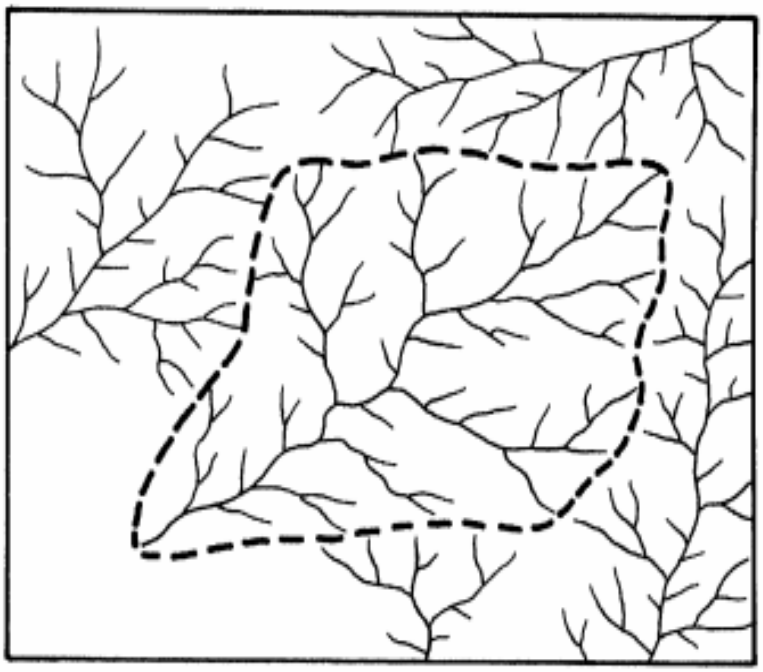
الأحواض المائية الجوفية وقد لا تتطابق ، ويعود ذلك إلى طبيعة الوضع الجيولوجي والتكتوني في أعماق الحوض النهري.

وعادة ما تشتمل الأحواض النهرية الكبيرة على أحواض مائية ثانوية وهي عبارة عن أحواض رافدة للنهر الرئيسي ؛ فمثلًا حوض نهر الأردن يشمل عدة أحواض نهرية فرعية مثل حوض نهر اليرموك وحوض نهر الزرقاء وحوض نهر الفارعة ، بالإضافة للأحواض الفرعية الأخرى للأودية الموسمية الجريان.

وتقسم الأحواض النهرية إلي ما يلي :-

١. الأحواض النهرية الكبيرة :وهي تلك الأحواض التي تزيد مساحتها على ٥٠ألف كم٢.
٢. الأحواض النهرية المتوسطة :وهي تلك الأحواض التي تزيد مساحتها علي ٣٠ألف كم٢.
٣. الأحواض النهرية الصغيرة :وهي تلك الأحواض التي تتراوح مساحتها بين ٥-٣٠ألف كم٢.

ويتم تحديد الحوض النهري عن طريق تحديد خط تقسيم المياه مع الأحواض النهرية المجاورة ، وتحدد مساحة الحوض النهري بالكم٢، ويجب أن تكون له نقاط محددة بالأسماء أو بأرقام الكيلومترات من بداية منبع النهر ، ويعطي حرف F تعبيرًا عن المساحة ويجب أن نحسب مساحة الحوض النهري عند أي مقطع كان ، وتقاس مساحة الأحواض النهرية عادة بجهاز البلانيميتر Planimetre.



تحديد الحوض النهري

ويقسم الحوض النهري عادة إلى ثلاثة أجزاء هي:

١. الحوض الأعلى
٢. الحوض الأوسط
٣. الحوض الأدنى

وعادة ما يشتمل الحوض الأعلى على منابع النهر ويشتمل الحوض الأدنى على مصب النهر ، وبصفة عامة ينقسم الحوض النهري إلى الأجزاء التالية:

١- الحوض الأعلى للنهر

ويتكون الحوض الأعلى عادة في المنطقة الجبلية للنهر ، وتتميز تضاريسه بشدة الانحدار ، ويكون التيار المائي سريعًا جدًا ، وتسود عمليات النحت الرأسي ويتعمق مجرى النهر ليصبح على شكل حرف V، وتكثر أيضًا المسيلات المائية و الجداول والشلالات، وفيه توجد منطقة المنابع وهي نقطة البداية للجريان النهري الحقيقي وقد يكون للنهر أكثر من منبع حيث يتشكل النهر هنا من التقاء رافدين أو أكثر ،وقد تكون منطقة المنبع عبارة عن بحيرة ، هنا يمكن رؤية المنبع بوضوح كنهر أنجارا Angara الذي ينبع من بحيرة بيكال Baykal ، وقد تكون منطقة المنبع عبارة عن منطقة مستنقعات مثل منابع نهر الفولجا، وهناك بعض الأنهار تبدأ منابعها من الجبال مثل جبال الألب و الهيمالايا ، كما يمكن أن تكون الجلديات في العروض العليا منابع للأنهار.

٢- الحوض الأوسط

يصبح مجرى النهر في الحوض الأوسط أكثر أتزانًا وهدوءً ؛حيث تتناقص شدة النحت الرأسي وتصبح متوازنة مع عملية الترسيب، ويبدأ النحت الجانبي عند الضفاف ، كما تتناقص سرعة التيار المائي وتصبح حمولته متوسطة الحجم.

٣- الحوض الأدنى للنهر

يزداد تناقص الانحدار في الحوض الأدنى حتى يبدو النهر وكأنه بدون انحدار ، ونتيجة لذلك يبدأ النهر بالتعرج راسمًا أكواعًا مختلفة

الأحجام ، والتي كثيرًا ما تؤدي إلي وجود أكواع مهجورة أو بحيرات هلالية ، ويصل النهر هنا إلي حالة الاتزان أو مستوى الأساس فلا يعود النحت الرأسي موجودًا وغالبًا ما يعرف الحوض الأدنى للنهر بمنطقة السهل القليل الانحدار، وينتهي الحوض الأدنى للنهر بالمصب ؛ حيث أنه بعد أن يصبح مجرى النهر في نهاية الحوض الأدنى فإنه قد ينتهي إلى البحيرة أو إلى مستنقع أو قاع ، وعادة ما يكون المصب أكثر وضوحًا من المنبع إلا أن الأنهار الكبيرة يصعب فيها تحديد مكان المصب وذلك بسبب دلتاواتها الكبيرة المساحة وتفرعات النهر داخل تلك الدلتاوات مثل دلتا نهر الفولجا والمسيسيبي والدانوب وذلك بسبب كثافة تفرعها لكن في الغالب تعتبر الفروع الكبيرة هي مصبات الأنهار.

ثالثًا : الشبكة المائية

تمثل أي شبكة مائية لسطح معين نظامًا مشعبًا من الأودية و المنخفضات الطبيعية والذي يمثل جريان الماء على سطح الأرض سواء كان ذلك الجريان ماء مطرًا أو ماءً جوفيًا باتجاه رئيسي ، وبالنظر إلى أي شبكة مائية سيتضح أنها تمثل عروقًا كما في عروق ورقة الشجرة أو تمثل نظام الأغصان عند الشبكات، وعادة ما يطلق على هذا النوع من الشبكات شبكات التصريف ذات النمط الشجري.

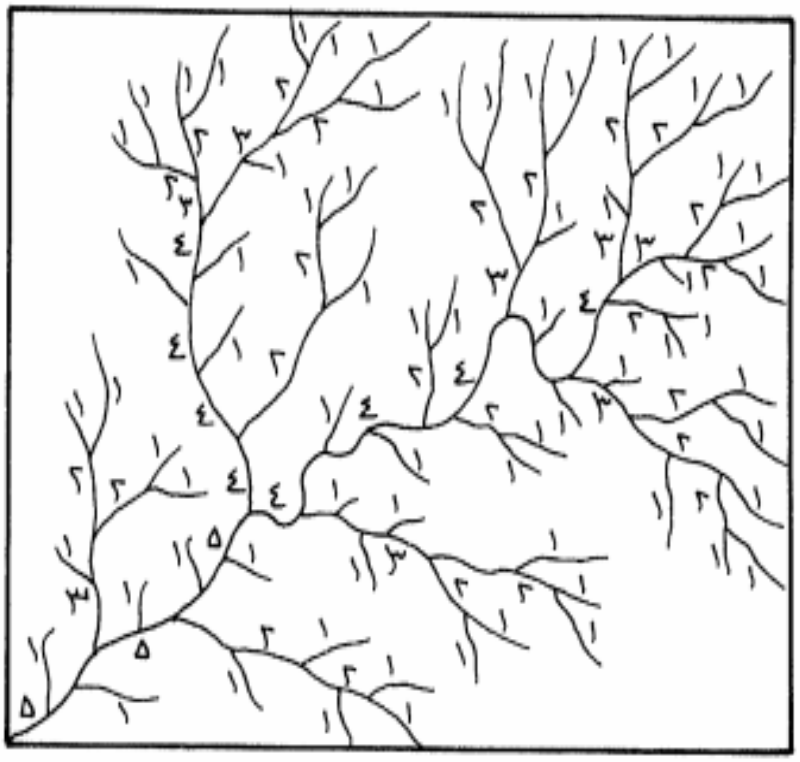
ونتيجة تدخل الإنسان فإن هذه الشبكة الطبيعية يمكن أن يتغير شكلها فنلاحظ وجود بحيرات تجمع المياه أمام السدود أو نلاحظ قنوات من بناء الإنسان لاستعمالها في الري أو في الملاحة ، وإما بالعكس يمكن أن تتكون مستنقعات مائية تغطي بعض فروع الشبكة .

إن تشكيل الشبكات المائية حدث أصلًا في عصور جيولوجية سابقة ، عندما تشكلت على الأرض التضاريس اليابسة ، فمنذ بداية العصور الجيولوجية وحتى الحقبة الأخيرة من العصر الجيولوجي الرابع Quaternary حيث لعبت عمليات الرفع و الخفض لسطح القشرة الأرضية دورًا أساسيًا في تشكيل معظم الشبكات المائية الحالية ، وتدخلت فيما بعد بعض التغيرات وذلك بفعل تداخل اليابس والماء.

فقد لعبت عمليات التعرية التي قامت بها الأنهار على فترة طويلة من الزمن دورًا مهمًا في الشبكات المائية الحالية فبعض الشبكات المائية كانت قد شكلت مراوح فيضية كبيرة عملت على تغيير مجراها ومن ثم خلق فروع جديدة في الشبكة المائية ، وتختلف الشبكات المائية في أهميتها ، وذلك تبعًا لطول الأودية أو قصرها وكذلك تبعًا لعدد الفروع الأخرى للمجرى الرئيسي أو قلتها.

وتعطى روافد الشبكة المائية رتبًا تبعًا لأهميتها ، وتقسم الرتب النهرية إلى ما يلي :

٤. أصغر رتبة نهرية تعطى الرقم ١(N.1) وهي الأودية الصغيرة التي لا ترتبط بها فروع أصغر منها والتي تقل أطوالها عن ٥كم.
٥. الرتبة الثانية تعطى الرقم ٢(N.2) وهي الأودية التي تتكون نتيجة أتحاد رافدين أو أكثر من روافد الدرجة الأولى (N.1) .
٦. الرتبة الثالثة وتعطى الرقم ٣(N.3) وهي عبارة عن اتحاد رافدين أو أكثر من روافد الرتبة السابقة (N.2) وهكذا فكلما زادت الرتبة في الشبكة المائية كلما زادت أهمية الشبكة المائية.



الرتب النهرية

رابعًا : تغذية الأنهار

يعتبر التساقط بأشكاله المختلفة المورد الأساسي لتغذية الأنهار ، حيث تؤدي الأمطار و الثلوج إلى عملية جريان على سطح الأرض ،أما المصادر الأخرى فهي الغطاء الجليدي والمياه الجوفية ، وتختلف نسبة هذه المصادر بين منطقة وأخرى ومن نهر لآخر ومن فصل لآخر ، وتعتمد نسبة هذه المصادر على عدة عوامل طبيعية منها : الظروف المناخية حيث تزداد تغذية الأنهار بالمياه في المناطق التي تزداد فيها كميات الأمطار وتساقط الثلوج مثل المناطق الباردة والمناطق المعتدلة الرطبة والمناطق الجبلية والمناطق الإستوائية ،حيث تتميز تلك المناطق بكثرة التساقط فيها طوال العام.

ويمكن تمييز الأنواع التالية لتغذية الأنهار:

١. التغذية المطرية

بعد هطول الأمطار تبدأ التربة بالتشبع بالمياه وبعد أن تصبح التربة في حالة من التشبع ، يبدأ الماء بالجريان على سطح التربة ليشكل مسيلات مائية لا تلبث أن تلتقى مشكلة جداول فأودية ثم تنتهي في مجاري مائية أكبر حتي يصل حجمها إلي حجم الأنهار الكبيرة.

وتكون التغذية المطرية أما موسمية فيزداد تصريف الأنهار وتصل ذروتها في فصل الصيف ، وإما تكون التغذية المطرية أكثر انتظامًا كما هو الحال في المناطق الاستوائية ، وإما أن تكون التغذية المطرية غزيرة في فصل الأمطار وذوبان الثلوج كما هو الحال في العروض الوسطى البحرية ،أما التغذية الصحراوية وبالرغم من شحها إلا أنها قد تؤدي إلي حدوث سيول جارفة وفجائية.

٢. التغذية الثلجية

يظهر أثر التغذية الثلجية بشكل واضح في العروض الوسطى و العليا وفي المناطق الجبلية العالية ؛حيث يحدث ذوبان الثلوج في فصل الربيع وأوائل الصيف ، وتكون فترة ذوبان الثلوج بين ٣٠-٩٠ يومًا في العروض الباردة والمتوسطة إلا أنها تغذي الأنهار بمياه تعادل ٥٠-٨٠٪ من مجموع تغذيتها السنوية، وتظهر آثار هذه التغذية واضحة في فصل الصيف وذلك في الأحواض العليا من الأنهار ، والتي تبدأ منابعها من الجبال المرتفعة ،حيث يأخذ الجليد بالذوبان مما يؤدي إلي زيادة تصريف الأنهار وارتفاع مستواها

وحدوث الفيضانات ، وتحدث هذه التغذية في الجبال العالية الغنية مثل جبال القفقاس و الهيمالايا و الألب و البامير.

٣. التغذية المختلطة

وهي أكثر أنواع التغذية شيوعًا حيث تشارك جميع أنواع التغذية في تزويد الأنهار بالمياه ، وينطبق هذا على الأنهار الكبيرة التي تبدأ من الجبال العالية قاطعة أقدام الجبال والهضاب والسهول حتى تصل إلى مصباتها.

٤. التغذية الاصطناعية

وتتم هذه التغذية عن طريق الإنسان الذي يعمل على تحويل جزء من مياه النهر إلى نهر آخر لأي غرض من الأغراض سواء كان ذلك من أجل الري أو الشرب أو الملاحة النهرية وإقامة السدود.

٥. تغذية الأنهار بواسطة البحيرات و المستنقعات

تشارك المستنقعات بتغذية الأنهار خاصة تلك التي تتميز بغناها المائي مثل منابع نهر الفولجا ، وقد تكون البحيرات مصدرًا أساسيًا لتغذية الأنهار كما هو الحال في البحيرات الكبرى الأفريقية الاستوائية التي تغذي نهر النيل وبحيرة بيكال التي تغذي نهر أنجارا.

٦. تغذية الأنهار بواسطة المياه الجوفية

تعتبر المياه الجوفية مصدرًا مهمًا ودائمًا لتغذية الأنهار بالمياه حيث تعتمد التغذية الجوفية على مستوى الماء الجوفي ؛إذ تزداد التغذية بارتفاع مستوى الماء الجوفي وتقل التغذية بانخفاضه ، ويساهم الماء الجوفي في استمرار الجريان ويدعى التصريف المائي الذي يعتمد على الماء الجوفي بتصريف الأساس Base flow .

وفيما يلي أمثلة للأنهار حسب مصادر تغذيتها :

١- أنهار التغذية الثلجية :- وهي الأنهار التي يكون مصدر تغذيتها الرئيسية ذوبان الثلوج في السهول و المرتفعات حتى ١٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، ويتمثل ذلك في أنهار سيبيريا وشمال أمريكا الشمالية ووسط آسيا.

٢- أنهار مصدر تغذيتها الأمطار الصيفية :-وهي الأنهار التي يكون مصدر تغذيتها الرئيسي من الأمطار الصيفية ولهذا نجد أن قمة التصريف المائي هي في فترة الصيف ، وينطبق على هذا الأنهار التي تتغذى من الأمطار الموسمية والمدارية مثل أنهار الكونغو والأورينكو.

٣- أنهار ذات تغذية ثلجية ومطرية :- وهي الأنهار التي تتغذى بصورة رئيسية من ذوبان الثلوج خلال فصل الربيع أو بداية فصل الصيف ، بالإضافة إلى مياه الأمطار ، وينتشر هذا النوع في المناطق التي تتميز بشتاء بارد ومثلج ، وهنا يلاحظ حدوث الفيضانات الربيعية لأن قمة التصريف تكون في فصل الربيع ، وتنخفض نسبة التصريف

في أواخر فصل الصيف و الخريف ،مثل أنهار السويد وألمانيا وشمال الولايات المتحدة الأمريكية والسهل الروسي .

٤- أنهار مصدر تغذيتها الأمطار على مدار العام :- هي الأنهار التي تتغذى بصورة رئيسية من مياه الأمطار التي تسقط خلال الأشهر الباردة و أشهر الصيف ، ولكن تزيد نسبة التصريف الشتوي عن التصريف الصيفي ، مثل أنهار وسط وغرب أوروبا ويمثلها نهري السين و التايمز، وأنهار جنوب أوروبا.

٥- انعدام الجريان :- ويمثل هذا النوع انعدام الجريان في الأودية وذلك نتيجة جفاف المناخ ومنها أودية صحراء الجزيرة العربية وبادية الشام والصحراء الكبرى الأفريقية وصحراء قرة قوم وقزل قوم في آسيا الوسطى.

خامسًا : الأنهار في قارة آسيا

يمكن تقسيم الأنهار الرئيسية في قارة آسيا إلى أربع مجموعات رئيسية هي:-

١. مجموعة الأنهار الشمالية
٢. مجموعة الأنهار الشرقية
٣. مجموعة الأنهار الجنوبية
٤. مجموعة الأنهار الغربية

١- مجموعة الأنهار الشمالية

تشمل الأنهار التي تجري في سيبيريا بشمال القارة ، وتتجه هذه الأنهار من الجنوب إلي الشمال تبعًا للأنحدار العام لسطح الأرض ،وأهم أنهار هذه المجموعة أوب (٣٢٠٠ميل)، ينسي(٢٣٦٠ميل)، لينا(٢٦٤٥ميل)، إلي جانب

نهر آمور (٢٩٠٠ميل)، وتتسم هذه الأنهار بإستثناء النهر الأخير ببطئ جريانها نظرًا للانحدار الخفيف لسطح الأرض صوب الشمال ، وتتجمد مياه الأنهار هنا معظم شهور السنة في حين يذوب الجليد خلال فصل الصيف القصير ، وتجري المياه في مجاري الأنهار لتصب في المحيط المتجمد الشمالي ، ويكثر وجود المستنقعات خلال هذا الفصل علي جوانب هذه الأنهار التي تجري فيها المياه لذوبان الجليد وبطئ تيارها وإنخفاض ضفافها وخاصة مجاريها الدنيا، إلى جانب إنخفاض منسوب سطح الأرض.

٢- مجموعة الأنهار الشرقية

تضم أنهار الصين التي تتألف من الأنهار التالية وهي من الشمال للجنوب:

- نهر الهوانجهو (النهر الأصفر)، وينبع من السفوح الشمالية لمرتفعات بايانكارا Bayan kara الممتدة إلى جنوب شرق حوض تسيدام بمقاطعة تشينغهاي الصينية ويقطع مجراه ٢٧٠٠ ميل في أراضي الصين ليصب في خليج شيهلي (خليج بوهاي)، وتبلغ مساحة حوضه ٧٤٠ألف كم٢ ، ويعد الهوانجهو مهد حضارة الصين القديمة.
- نهر اليانجستي (ابن المحيط) ، ينبع من مرتفعات كوكوشيلي غرب مقاطعة تشنغهاي، ويبلغ طوله ٣١٠٠ميل ، ويصب في بحر شرق الصين قرب مدينة شنغهاي ، ويمثل حوض هذا النهر أعظم أنهار الصين وأوسعها مساحة حيث تبلغ مساحة حوضه ١,٨ مليون كم٢.
- نهر سيكيانج(نهر اللؤلؤ) ، ينبع من مرتفعات وومنج الواقعة شرق مقاطعة يونان ويقطع نحو ٢٠٠٠ميل ليصب في بحر جنوب الصين ، وتبلغ

مساحة حوضه ٤٢٠ألف كم٢، ويقع جزء صغير منه داخل أراضي دولة فيتنام.

٣- مجموعة الأنهار الجنوبية

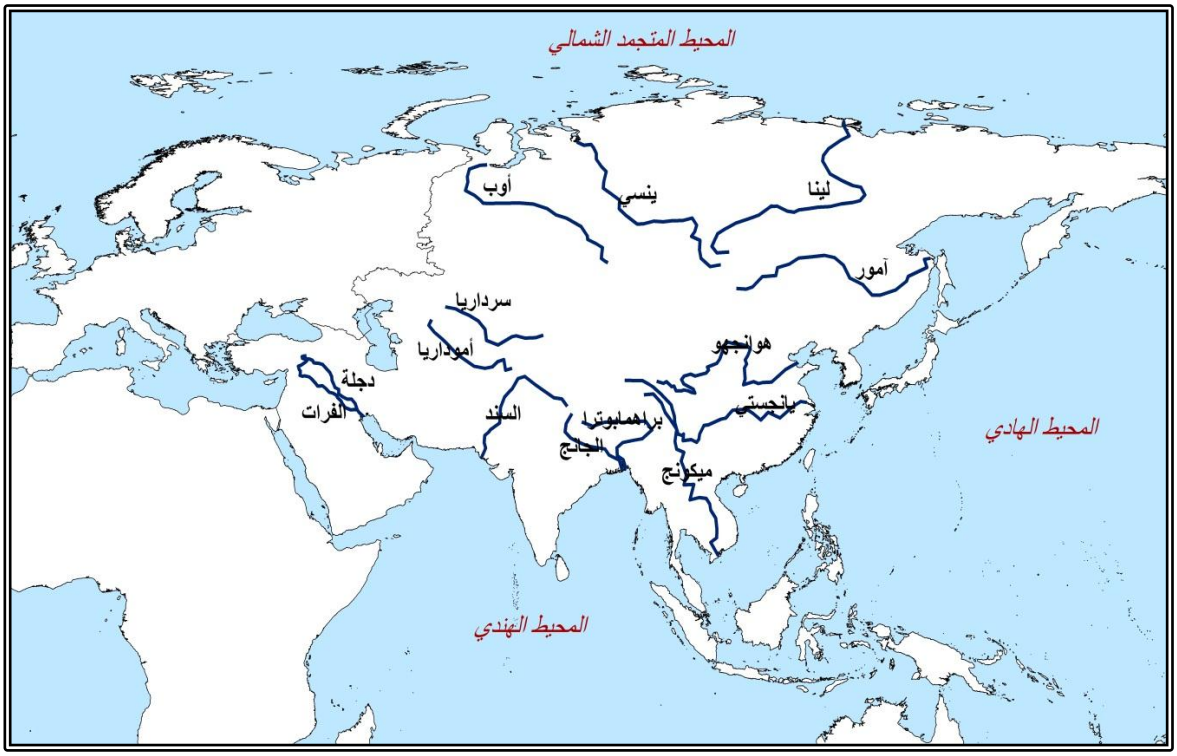
تضم أنهار شبه جزيرتي الهند الصينية والهند والتي تشمل أساسًا أنهار ميكونج(٢٦٠٠ميل)، سلوين(١٧٥٠ميل)، ايراوادي (نحو١٠٠٠ميل) في الهند الصينية ، والبراهمابوترا (١٨٠٠ميل)، والجانج (نحو١١٠٠ميل) والسند(١٩٨٠ميل) في شبه القارة الهندية ،وتتجه أنهار هذه المجموعة صوب الجنوب بصورة عامة لتصب في بحر جنوب الصين وخليج البنغال وبحر العرب، وتفصل السهول التي كونتها أنهار هذه المجموعة بين أشباه الجزر الجنوبية من ناحية ونطاق المرتفعات الوسطى من ناحية أخرى.

٤- مجموعة الأنهار الغربية

تشمل أساسًا نهري دجلة والفرات

- نهر دجلة : ينبع من مرتفعات جنوب شرق هضبة الأناضول في تركيا ليدخل بعد ذلك أراضي العراق عند بلدة فيشخابور ، ويصب في النهر مجموعة كبيرة من الروافد المنتشرة في أراضي تركيا وإيران والعراق ولعل أهمها وأكبرها الخابور ،الذاب الكبير ، الذاب الصغير ، العظيم ، ديالي، وكان نهر دجلة يلتقي بنهر الفرات عند القرنة بعد رحلته عبر أراضي العراق ليكونا شط العرب الذي يصب في الخليج العربى، ولكن تغير مجرى الفرات في الوقت الحالي وأصبح يلتقي بنهر دجلة عند كرمة القريبة من البصرة.

- نهر الفرات ينبع من مرتفعات الأناضول في تركيا ويجري في الأراضي التركية لمسافة ٣٤٠ ميل تقريبًا ليدخل أراضي سوريا حتى بلدة البوكمال وبعدها يدخل أراضي العراق عند بلدة حصيبة ، ويبلغ طول مجرى النهر حتى التقائه بنهر دجلة نحو ١٧٠٠ميل.



أهم الأنهار في قارة آسيا

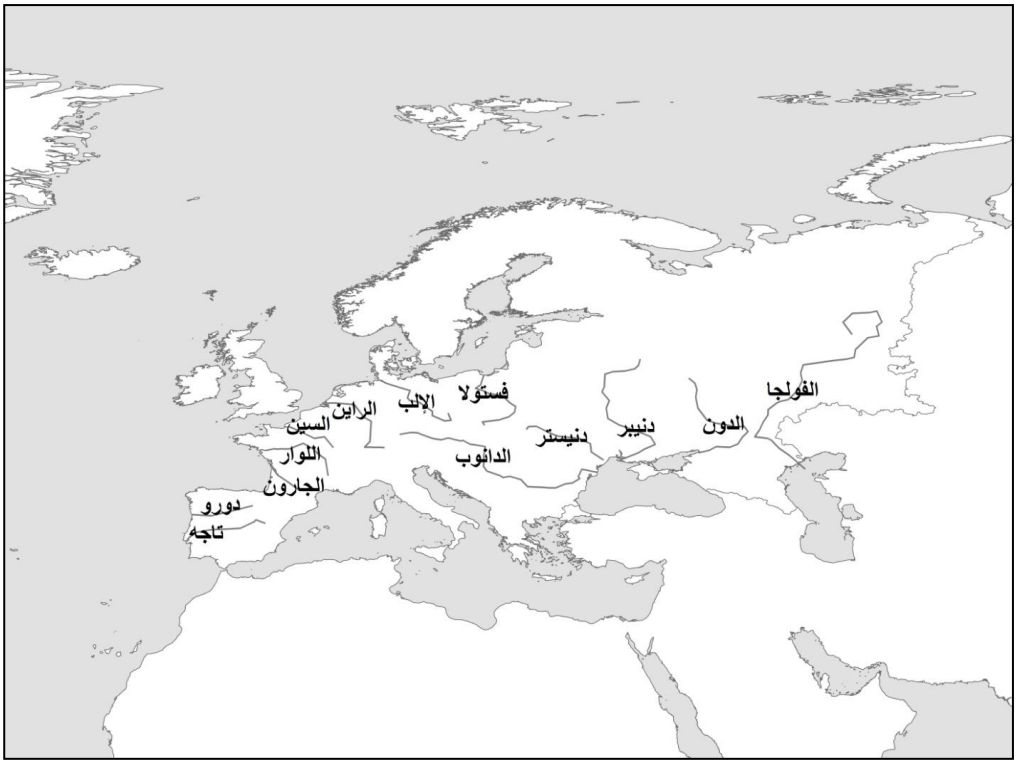
سادسًا : الأنهار في قارة أوروبا

إن امتداد قارة أوروبا على عدة نظم مناخية وتنوع التركيب الجيولوجي لأراضيها ، واختلاف مظاهر السطح فيها ، جعلها تتميز بشبكة مائية سطحية كثيفة تتمثل في مجموعة كبيرة من الأنهار الطويلة والمتوسطة الطول ، والعديد من البحيرات التي تنتشر على طول القارة وعرضها ، في جبالها ، وفي سهولها.

وبما أن الجزء الأكبر من القارة الأوروبية –بحدود ٦٥٪ من مساحتها– لا يزيد ارتفاعه على ٢٠٠ متر فوق سطح البحر ، وما يزيد ارتفاعه على ٥٠٠ متر لا تتجاوز نسبته ١٥٪ من المساحة العامة ،لذا فإن الأنهار الأوروبية في معظمها تجري في سهول وأحواض منخفضة ،إلا أن قصر مجاري الكثير منها واعتراض البعض منها بروزات صخرية حدد من إمكانية استغلالها في الملاحة خاصة الأنهار الوسطى و الجنوبية والشمالية الغربية حيث استغلت في توليد الكهرباء ، وتشكل الجبال الأوروبية منابع لأهم الأنهار و أغلب الأنهار التي تستخدم في الملاحة تصب في البحار المحيطة بأوروبا من الشمال و الغرب .

ويمكن تقسيم الأنهار الأوروبية إلي ثلاثة مجموعات:

١. الأنهار الشمالية
٢. الأنهار الجنوبية
٣. الأنهار الروسية



أهم أنهار أوروبا

١- الأنهار الشمالية (الجارية نحو الشمال و الغرب)

تنبع هذه الأنهار من الجوانب الشمالية للجبال الألبية الحديثة ، أو من الهضاب الوسطى القديمة ، وتصب إما في المحيط الأطلنطي وبحر الشمال أو في البحر البلطي .

ومن نماذج تلك الأنهار :السين ،الجارون ، الراين، ، الإلب ، الاودر- الفستولا.

تنقسم هذه الأنهار من حيث نظم الجريان والتغذية إلى ثلاث أنواع :-

- النوع الأول : "الأنهار ذات نظام جريان بسيط" كنهر السين ، وتعتمد أنهار هذا النوع في تغذيتها على مياه الأمطار ، وقلما تتلقي المياه من ذوبان الثلوج ، ونتيجة لكون الأمطار في غربي أوروبا تهطل تقريبًا طوال العام مع زيادة ملحوظة في نصف السنة الشتوي ، فإن مستوى

الأنهار يتميز بارتفاع ملحوظ في فصل الشتاء وإن كانت نسبة التدني في فصل الصيف ليست كبيرة ، وهكذا توصف مثل تلك الأنهار بإعتدال جريانها.

- النوع الثاني : "الأنهار الأكثر طولًا (مختلطة التغذية) " ، وتتركز منابعها في المرتفعات المغطاة بالثلوج طيلة فصل الشتاء ، لذا فإن نظام تغذيتها مطري و ثلجي في آن واحد ، وهذا يتضح أكثر في مجاريها العليا والوسطى ، حيث يسبب ذوبان الثلج في الربيع زيادة ملحوظة في كمية المياه الواردة إلى الأنهار ومن أمثلتها نهر الإلب و نهر الاودر اللذان ينبعان من جبال الخام Ore وهضبة بوهيميا ومرتفعات السوديت ، وهي أنهار تفيض في الشتاء نتيجة الأمطار ،كما تفيض في الربيع بفعل ذوبان الثلوج .
- النوع الثالث: "الأنهار التي تتصف بنظام جريان قاري" وتتمثل في أنهار الشمال المتطرف والسهل الأوروبي الأوسط ؛ فأنهار السويد المتعددة التي تنبع من الجانب الشرقي لجبال كيولن لتصب في البحر البلطي وخليج بوثنيا تتصف بقصر مجاريها وبتجمد مياهها في فصل الشتاء ، وتصرف هذه الأنهار مياه العديد من البحيرات الجليدية ، ولها أهمية اقتصادية كبيرة تتمثل في استخدامها لنقل أخشاب الغابات ،وفي توليد الطاقة الكهربائية التي تستعمل في مصانع الورق و الخشب ، وتسيطر ظروف المناخ القارية علي الأنهار التي تجري في وسط أوروبا باتجاه الشمال ،كحال الأنهار البولندية مثل نهر فستولا الذي ينبع من جبال الكربات .

٢- الأنهار الجنوبية "الجارية إلى الجنوب من الجبال"

وتتمثل في تلك الأنهار الموجودة في أشباه الجزر الجنوبية الثلاث (أيبيريا – إيطاليا – البلقان) ، و تصب في البحر المتوسط أو البحر الأسود ، ونظام جريان هذه الأنهار انعكاس لنظام هطول الأمطار ، فأنهار الإقليم المتوسطي تغذيتها الرئيسية تستمدها من أمطار الشتاء ، وقليلًا من ذوبان ثلوج الجبال ،لذا فإن منسوب مياهها يزداد في الشتاء ويستمر مرتفعًا في الربيع ليقل في فصل الصيف الجاف.

أمثلة على هذه الأنهار

- نهر البو الإيطالي الذي يستمد مياهه من جبال الألب الجنوبية ويجري ضمن سهل لومبارديا صابًا مياهه في البحر الأدرياتي ، ويتصف نظام التصريف في هذا النهر بكونه متوازنًا إلى حد كبير بسبب مشاركة مياه الأمطار الصيفية والشتوية وذوبان الثلوج في الربيع وأوائل الصيف في تغذيتهما خاصة في قطاعتهما العليا.
- نهر الدانوب أحد أعظم أنهار أوروبا ، وينبع من جبال الغابة السوداء ، ويبلغ طوله قرابة ٢٨١٥كم، ويتجه النهر في مجراه شرقًا على طول الجوانب الشمالية لجبال الألب حيث يتلقى مياه الرافد نهر إن Inn ليمر في مدينة فيينا وليدخل بعدها السهل الهنغاري مارًا في بوادبست وبلجراد وشاقًا واديه عند البوابة الحديدية فيما بين جبال الألب الترانسلفانية وجبال البلقان ، متجهًا نحو البحر الأسود حيث يصب مياهه فيه، ويتميز الجزء الأعلى من الدانوب حتى فيينا بنظام جريان يماثل نظام جريان الأنهار الجبلية الألبية التي ترتبط بموسم ذوبان الثلوج حيث يصل أعلى منسوب للمياه في ذلك الجزء في فصل

الصيف ، وما أن يعبر النهر السهل الهنغاري ويجري في سهل والاشيا Walachia حتى يتغير نظام جريانه إذ يصل أعلى مستوى له في أواخر الربيع حيث يهبط مستوى مياهه في فصل الصيف بسبب انخفاض كمية الأمطار الهاطلة صيفًا عند النهاية الشرقية لحوضه، كما وتتجمد مياهه في هنغاريا وفي والاشيا في فصل الشتاء.

٣- أنهار روسيا الأوروبية

تحتوي روسيا الأوروبية على أطول أنهار القارة الأوروبية ، وهذا مرده إلى اتساع السهول التي تجري فيها تلك الأنهار ، ومعظم الأنهار الروسية تنبع من تلال ركامية أرسبها جليد الزمن الرابع والقليل منها ينبع من مناطق جبلية.

ومن أهم أنهار روسيا الأوروبية :

- نهر الفولجا : من أطول الأنهار الأوروبية ،و الذي يقارب طوله ٣٧٤٠كم ، ويصب الفولجا في بحر قزوين ، ومنابعه الرئيسية توجد في الجزء الشمالي من مرتفعات أواسط روسيا .
- نهر الدنيبر : من الأنهار الروسية الطويلة التي تجري في السهل الروسي ، و الذي ينبع من جبال الكربات ، ويصب في البحر الأسود قاطعًا مسافة قدرها ٢٢٦٩كم.
- نهر الدون : ينبع من مرتفعات أواسط روسيا ، ويتجه نحو الجنوب بطول ٢١٣٢كم ضمن منطقة سهلية تكثر انعطافاته فيها حتي لنجده يقترب كثيرًا من مجرى نهر الفولجا عند مدينة فولغوجراد حيث تصل

بينهما قناة تستخدم في الملاحة ، ويتابع النهر جريانه باتجاه بحر آزوف حيث يصب فيه .

وهناك العديد من الأنهار التي تتخذ وجهة شمالية في مجاريها ، وبالتالي تتعرض لفترة طويلة للتجمد ، وتتصف بقصر مجاريها ،باستثناء نهر بتشورا الذي يبلغ طوله حوالي ١٦٠٠كم، ومن هذه الأنهار ما يلي :

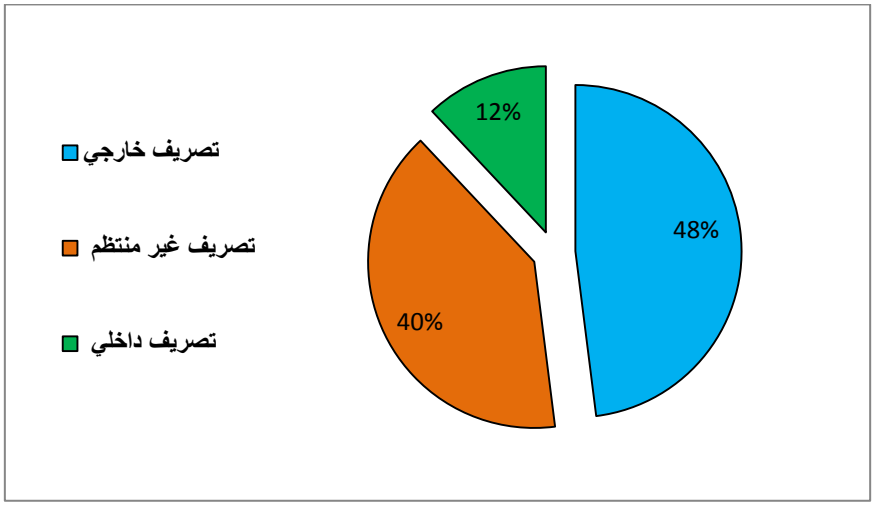
- نهر دفينا الغربيDvina الذي يصب في خليج ريغا في البحر البلطي .
- ونهر دفنيا الشمالي الذي يصب مياهه في البحر الأبيض.
- نهر بتشورا Pechora الذي ينبع من الجانب الغربي لجبال الأورال ، ويصب مياهه في خليج بتشورا في المحيط المتجمد الشمالي.

ويتأثر نظام جريان أنهار روسيا الأوروبية بأمطار الصيف وبجليد الشتاء ، فهي تتجمد شتاءً لتفيض مع بداية ذوبان الثلوج في الربيع ومع هطول أمطار الصيف ، ومعظم أنهار روسيا الأوروبية تصلح للملاحة ، ولهذا فإنها تمثل جانبًا هامًا من نظام النقل و المواصلات في روسيا كما نظمت تلك الأنهار للاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية.

سابعًا : الأنهار في قارة أفريقيا

كان لموقع أفريقيا بالنسبة لدوائر العرض وعلاقاتها المكانية بالنسبة لكتلة أوراسيا ، وامتدادها الكبير في خطوط الطول في قسمها الشمالي ، وعدم تعرج سواحلها في صورة خلجان وأشباه جزر كبيرة أثر كبير في تكوين الصورة التي أتخذها التصريف النهري في هذه القارة ؛ فلقد أصبح جزء كبير من قسمها الشمالي في ظل أوراسيا مما جعلها أكبر إقليم جاف في العالم ، وعلى النقيض من ذلك فإن انتصاف خط الاستواء للقارة علي وجه التقريب و امتدادها الجنوبي شبه الجزري المتوغل وسط مسطحات الماء العظيمة لكل من المحيطين الهندي و الأطلنطي قد جعل هذا الجزء من القارة منطقة أمطار وفيرة .

لقد حسب دي مارتون نسب مساحات أنماط التصريف النهري في قارة أفريقيا ، فوجد أن ٤٨٪ من مساحة القارة تنصرف مياهه عن طريق أنهار تنتهي إلى البحار المفتوحة والمحيطات أي أن تصريفها خارجي ، وأن ٤٠٪ من مساحة أفريقيا يتميز بتصرف سطحي غير منتظم (المناطق الصحراوية بالقارة) ، بينما تنصرف مياه ١٢٪ من مساحة القارة داخليًا في أحواض أو بحيرات مغلقة ليس لها اتصال بالبحار .



١- التصريف الخارجي

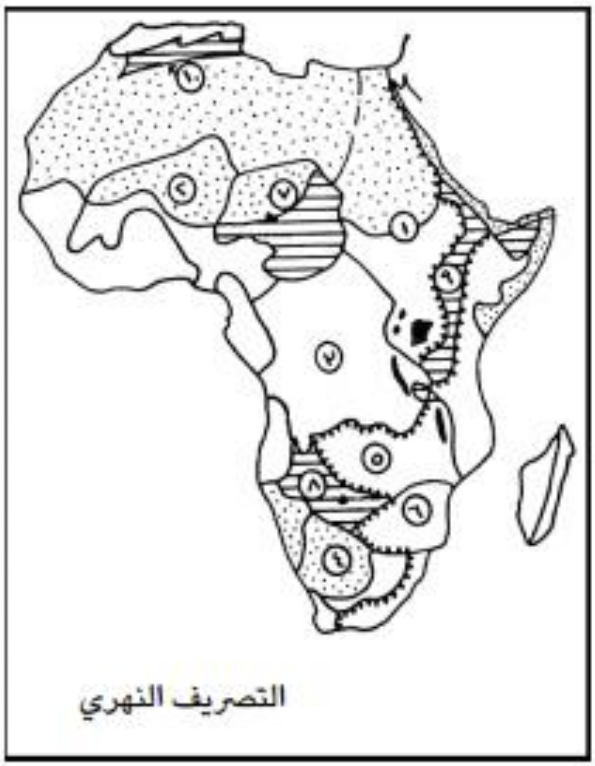
يلاحظ أنه من تلك المساحة ذات التصريف الخارجي نجد نسبة كبيرة منها تتكون من أحواض ضحلة واسعة تصرف مياهها بمخارج منفردة محدودة وضيقة حيث تشق مسالكها خلال هوامش أحواضها ، ومخارج هذه الأحواض تتمثل في أنهار أفريقيا العظمي وهي النيجر – الكونغو – الأورانج – الزمبيزي – نهر النيل.

وبذلك فإن التصريف المائي لإفريقيا يكتمل في عدد قليل نسبيًا من النظم النهرية كل منها كبير الحجم باستثناء هوامش الهضبة حيث نرى بعضا من أجزائها كثيرة المطر بدرجة تكفي لتكون مجاري مائية عديدة وقصيرة تجري متوازية مباشرة إلى المحيط .

ويلاحظ أن الخط الفاصل بين تصريف المحيطين الهندي و الأطلنطي لا يتناصف القارة إنما هو أقرب إلى المحيط الهندي ، وبذلك فإن المحيط الأطلنطي يخرج بنصيب الأسد من تصريف أفريقيا ، ويتضح ذلك بالنظر إلى خريطة التصريف النهري في أفريقيا.

وبذلك لا يشمل تصريف المحيط الهندي سوى نهرين رئيسين من أنهار أفريقيا هما الزمبيزي و اللمبوبو بالإضافة إلى أنهار صغيرة أو أنهار غير منتظمة الجريان مثل :ويبي شبلي وجوبا في جنوب إثيوبيا و الصومال .

وعلى العكس من ذلك يشتمل تصريف الأطلنطي على أكبر الأحواض النهرية الأفريقية وأكثرها مائية وأنتظامًا وهي أحواض النيل والنيجر و الكنغو بالإضافة إلى حوض الأورانج و السنغال ، وأحواض نهرية صغيرة مثل الفولتا في غرب أفريقيا وكوانزا وكونيني في أنجولا.



تصريف بحري
تصريف غير منتظم (إن وجد)
تصريف داخلي

حدود الأحواض النهرية
حدود تصريف المحيطين الهندي والاطلنطي

الأحواض النهرية الرئيسية

أولًا: تصريف المحيط الأطلنطي
(١) حوض النيل
(٢) حوض النيجر
(٣) حوض الكنغو
(٤) حوض الأورنج

ثانيًا: تصريف المحيط الهندي
(٥) حوض الزمبيزي
(٦) حوض اللمبوبو

ثالثًا: التصريف الداخلي
(٧) حوض تشاد
(٨) حوض نجامي -مكاري كاري + حوض اتوشا
(٩) أحواض الأخدود الشرقي
(١٠) أحواض الشطوط

وعلى هذا فإن المحيط الأطلنطي يختص بتصريف مساحة قدرها ١١ مليونًا و٣٧٨ألف كم٢من مساحة الأحواض النهرية الرئيسية في أفريقيا مقابل ٢مليون و٢٨٩ألف كم٢ يختص بها المحيط الهندي من مساحة الأحواض النهرية الرئيسية .

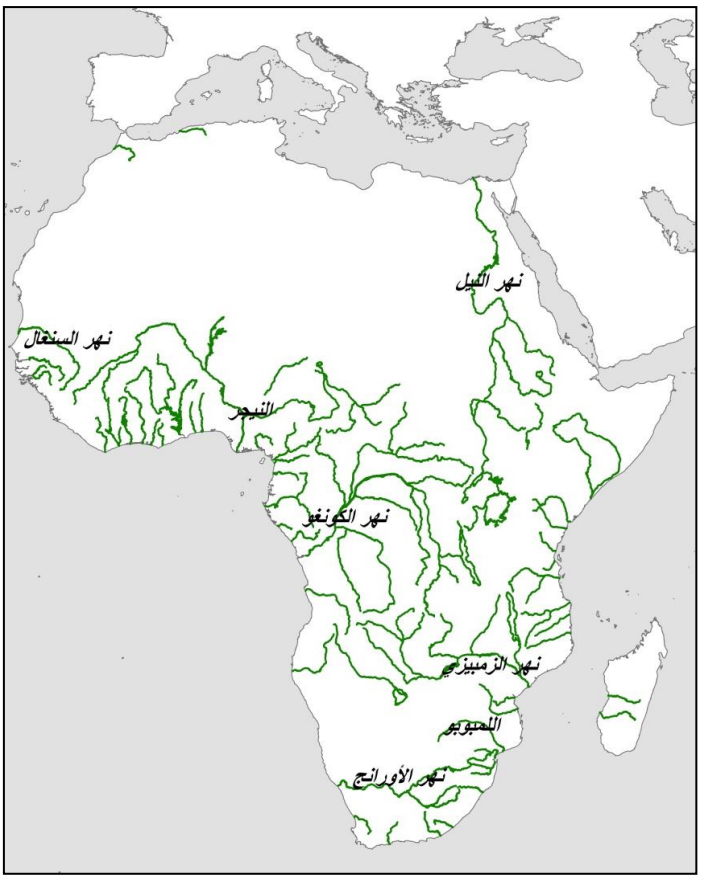
والسبب في ذلك راجع إلى أن أطوال السواحل الأفريقية المطلة أو التابعة للمحيط الأطلنطي أكبر من تلك التي تطل على المحيط الهندي وتابعه البحر الأحمر ، ولكن هناك أسبابًا أعمق من هذا السبب نذكر منها:

- طريقة انتظام الشكل التضاريسي العام في أفريقيا الشرقية وأفريقيا جنوب خط الاستواء فهنا نجد الهضاب العالية "الفلد – شرق أفريقيا – الحبشة" تقع كلها بالقرب من ساحل المحيط الهندي ، مما يجعل الأنهار المنحدرة منها إلى الساحل قصيرة ،بينما تلك المنحدرة من سفوحها الغربية أنهارًا أطول ، وبديهي أنه كلما طال مجرى النهر – في الأحوال المناخية و التضاريسية الملائمة – كلما كبرت مساحة حوضه.

- في مقابل الهضبات العالية القريبة من ساحل المحيط الهندي نجد أحواضًا طبيعية كبيرة قريبة من المحيط الأطلنطي في أفريقيا جنوب خط الاستواء ، ومن الأمثلة على ذلك أحواض الكنغو و الأورانج وهذه الأحواض تتجمع مياه السفوح الغربية من الهضاب الشرقية وتضيف إليه أنهار الحواف الهضبية المحيطة بالحوض ، والمثال التقليدي المذهل لهذه الحالة هو حوض الكنغو الذي يصرف مساحة تكاد تقترب من ٣,٧٥ مليون كم٢ ، ويضم شبكة هائلة من الأنهار ، ولو لا أن الظروف المناخية غير مواتية في حوض الأورانج – وقوع معظم الحوض في منطقة صحراء كلهاري– لكان هذا أيضًا من الأحواض النهرية ذات المجاري العديدة ، وهناك أيضًا حوض نهر الزمبيزي الذي يشابه حوضي الكنغو والأورنج من حيث موقعه القريب من المحيط الأطلنطي ، ولولا وجود هضبة بيهي إلي الغرب منه ، ولولا حدوث انكسار وخانق الزمبيزي لما استطاعت مياه الحوض أن تنصرف إلى المحيط الهندي ولصار حوض الزمبيزي حوضًا

مقفلًا ذا تصريف داخلي شأنه في ذلك شأن الحوض المجاور ونقصد به حوض نجامي-مكاري كاري.

- وقوع القسم الشمالي الشرقي من أفريقيا – وخاصة سواحل البحر الأحمر والقرن الأفريقي- في ظل كتلة آسيا القارية مما جعلها منطقة جافة أو شبه جافة ، وأنهارها – إن وجدت – عديمة الانتظام ، والأمثلة على ذلك كثيرة نذكر منها أهمها : ويبي شبلي في الصومال ، وبركة في إريتريا ، وحتى الجزء الممطر من هذه المنطقة وهو هضبة الحبشة ، فإن ظروف اتجاه انحدارها قد جعلت مياهها جزءً من التصريف النهري النيلي ، ومن ثم جزءً من تصريف المحيط الأطلنطي رغم بعدها الشديد عن البحر المتوسط وقربها الكثير من المحيط الهندي والبحر الأحمر ، وعلى العكس من ذلك فإن غرب وشمال غرب أفريقيا منفتحة على المحيط الأطلنطي وتتلقى من الأمطار ما يؤدي إلى سير منتظم للأنهار العديدة في هذه المنطقة .



الأنهار في أفريقيا

٢- التصريف غير المنتظم

المساحات ذات التصريف المائي غير المنتظم هي الصحاري الأفريقية الحارة حيث التساقط الحالي غير كاف لقيام نظام تصريف مائي منتظم متكامل ، ولكن في الماضي تمكنت الأمطار الساقطة إبان العصور المطيرة من إنشاء نظم تصريف مائي معقدة نراها الآن في الأودية الجافة.

٣- التصريف الداخلي

أما أحواض التصريف المائي الداخلي الكبيرة فتتمثل في حوض بحيرة تشاد ومنخفض مكاري كاري المالح في بتسوانا والأخدود الأفريقي

الشرقي ، ويرتبط تكوين الحوضين الأولين بنظام تكوين الأحواض بالتقوس الفسيح المقعر أما الأخير فهو نتاج الانكسار الأخدودي .

أهم الأنهار في أفريقيا

١- نهر النيل

يعد أبرز ظاهرة طبيعية في القارة الأفريقية يبلغ طوله تقريبًا ٦٨٥٠كم من منبعه الجنوبي في حوض بحيرة فكتوريا الذي يمثل قوسًا مقعرًا فيما بين الأخدودين الشرقي والغربي ،ويتلقى كمية كبيرة من الأمطار الدائمة حتى مصبه في البحر المتوسط عبر القسم الشرقي من الصحراء الكبرى الأفريقية ، وفي المسافة الأخيرة من مجراه والتي يبلغ طولها ٢٤٠٠كم لا يتلقى النيل مياه من محيط حوضه المباشر وإنما من روافد تأتيه بالمياه من مسافات بعيدة ، ويتميز مجرى النيل الأدنى أيضًا بوجود ستة جنادل في شمال السودان وفي جنوب مصر والنيل في الواقع ظاهرة فريدة في هذه البيئة الصحراوية التي يخترقها .

٢- نهر النيجر

ينبع نهر النيجر قرب حدود سيراليون وعلى بعد ٣٢٠كم من المحيط الأطلنطي ويجري باتجاه الشمال الشرقي في الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى مزودًا منطقة تمبوكتو وما يليها شمالًا بمياه الري ثم ينحني في اتجاه الجنوب الشرقي ، ويصل إلى خليج غينيا مخترقًا دلتا ضخمة ، ويبلغ طوله أكثر من ٤١٦٠ كم ، ويعتبر التصريف المائي غير المنتظم للقسم الجنوبي من الصحراء الكبرى رافدًا للنيجر فالأودية الجافة الكبيرة تشير إلى عصر مطير

سالف كانت تجرى خلاله تلك الأودية بالمياه إلى النيجر ، والقسم الأعلى من وادي النيجر قبل تمبوكتو في مرحلة النضج ، بينما القسم من الوادي الذي يسبق جيبا (نيجيريا الشمالية) يحتوي على مندفعات ومساقط عديدة حينما يقطع النهر هامش الهضبة في طريقه إلى البحر ، وفي الجزء من المجري الذي يلي جيبا باتجاه المصب يلتقي النيجر أعظم روافده وهو بنوي الذي يتميز بقطاع عرضي عريض جدًا لسهله الفيضي ، كما تتراجع منابعه بشكل سريع نتيجة النحت الشديد واستطاع أن يأسر بعضا من التصريف المائي الذي يتجه شمالًا إلى بحيرة تشاد وهي عملية سوف تسلب بحيرة تشاد قسمًا كبيرًا من مواردها المائية إذا استمرت .

٣- نهر السنغال

تنبع من هضبة فوتا جالون الكثير من المجاري المائية بعضها يجري نحو الداخل ثم إلى المحيط والبعض الآخر نحو الساحل مباشرة ، ومن أمثلة النوع الأول نهر السنغال وهو أطولها وهو ينبع بالقرب من منابع النيجر لكنه يتجه نحو الشمال الغربي ويمر بالقرب من هامش الصحراء لكي يصل إلى المحيط الأطلنطي إلى الشمال من كيب فردي .

٤- نهر الكونغو (زائير)

يتصف بكل خصائص الأنهار الأفريقية ؛فحوضه ضحل عظيم الاتساع يبلغ نحو ١٢٨٠ كم ، ومخرجه من الهامش الغربي ضيق يصحبه سلسلة من المسارع والمساقط المائية التي تفصل بين المجرى الأعلى الأكثر نضجًا والمجرى الأدنى الشاب ، وهو النهر الوحيد في أفريقيا الذي يتميز بمصب

طويل صالح للملاحة ، فهو يسمح بالملاحة للسفن المحيطية حتى مدينة ماتادي على بعد ١٢٨كم من البحر ، وتوجد في الحوض بحيرات كثيرة هي بقايا بحيرة كبيرة كانت موجودة أثناء عصر البلايستوسين وربما أثناء أواخر الزمن الثالث ، وهي شاهد على أن نهر الكونغو (زائير) في ذلك الحين لم يكن قادرًا على الاحتفاظ بمجراه حتى البحر حينما ارتفع هامش الحوض نسبيًا ، فانحبست المياه واحتجزت مكونة للبحيرة .

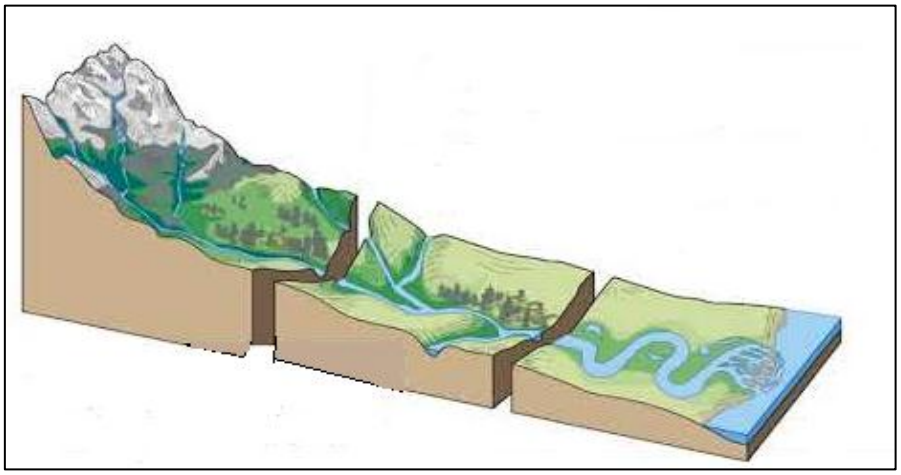
٥- نهر الزمبيزي

يلي حوض نهر الكونغو جنوبًا حوض نهر الزمبيزي والذي يتصف بمميزات مماثلة للكونغو ، فحوضه الأعلى فسيح ، ومجاريه المائية دائمة ، وتسمح بالملاحة للسفن الصغيرة ، ومن هذا القطاع يمر المجرى الرئيسي لشلالات فكتوريا ، وبعدها يصبح المجرى بهيئة خانق متعرج ، بعده يقطع النهر مسافة ١٤٤٠ كم لكي يصل إلى مضيق موزمبيق (المحيط الهندي) ، مارًا بسلسلة أخرى من المسارع ، وعبر بحيرة كاريبا التي نشأت في العصر الحديث ، ويبلغ طوله الكلي ٢٦٦٠كم ، وقد كانت بعض منابعه تغذي فيما مضى الحوض الداخلي المسمى أوكوفانجو وحوض ماكاري كاري في بتسوانا ، وبعد شلالات فكتوريا يصبح النهر محدود الاستخدام في الملاحة والنهر يعرقل حركة المواصلات البرية عبره بسبب اتساع مجراه ولا يقطعه على امتداد مجراه الطويل إلا ثلاث كباري ، أحدها عبر المساقط والثاني عند مدينة شرويندو ، والثالث عند مدينة سنا Sena على بعد ١٦٠ كم من مصب النهر حيث يزيد عرض المجرى عن ميلين ، ويضاف إلى ذلك سد كاريبا الذي يمثل هو الآخر معبرًا عبر النهر .

٦- نهر الأورانج

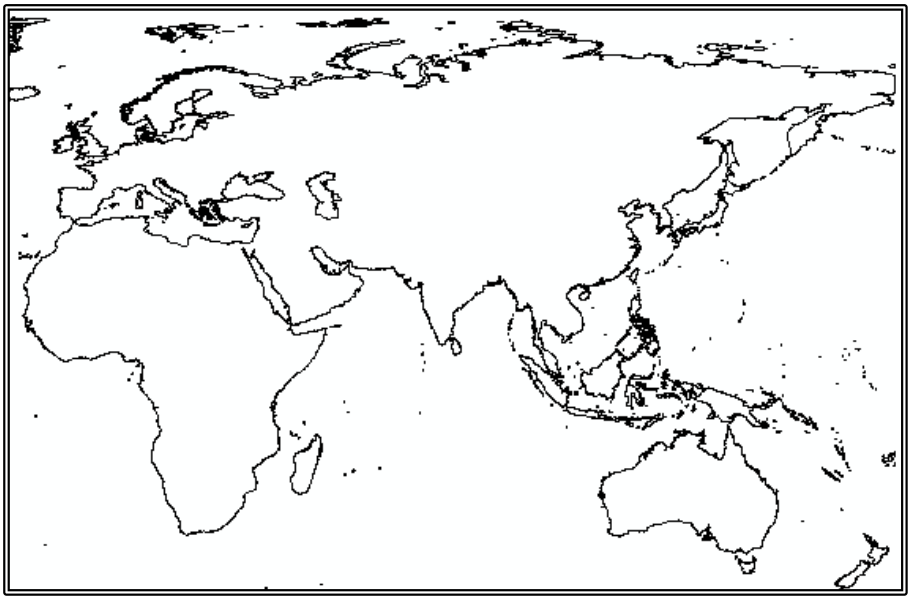
ينبع من جبال داركنزبرج ، و يفشل النهر أحيانًا في الوصول إلى المحيط في الفصل الجاف وذلك بسبب استخدام مياهه في الري فوق الهضبة ، وهو غير صالح للملاحة لكثرة ما به من الشلالات والصخور التي تعترض مجراه ، وباستثناء ذلك فإن نهر الأورانج يتصف بالصفات المثالية التي تميز الأنهار الأخرى في أفريقيا .

نشاط (١) باستخدام الشكل الآتي وضح مع الشرح أقسام الحوض النهري.



١.	
٢.	
٣.	

نشاط (٢) وضح علي الخريطة أهم الأنهار بقارات (آسيا – أوروبا – أفريقيا).



الفصل الرابع

الخصائص الجغرافية للبحيرات والمياه الجوفية

يتناول الفصل الموضوعات الآتية :

- الخصائص الجغرافية للبحيرات
- تصنيف البحيرات تبعًا لظروف نشأتها
- الخصائص الجغرافية للمياه الجوفية
- أصل المياه الجوفية والعوامل المؤثرة في مستوى الماء الجوفي
- تغذية الماء الجوفي
- الأشكال المائية الجوفية

أولًا : البحيرات وخصائصها الجغرافية

البحيرات : عبارة عن أحواض أو مسطحات مقعرة ممتلئة بالمياه تقع فوق سطح الأرض لذلك تعد من مصادر المياه السطحية ، وترتبط مساحاتها بعاملين رئيسيين:-

- يتمثل الأول في مساحة الحوض أو المقعر الممتلئ بالمياه .
- ويتمثل الثاني في العلاقة بين كمية المياه التي يكتسبها الحوض عن طريق التساقط أو ذوبان الثلوج أو الاثنين معًا وكمية المياه التي يفقدها عن طريق عاملي التسرب خلال التكوينات الأرضية والتبخر .

وتتصف مياه البحيرات ببطء تحركاتها وأحيانًا ثباتها عكس الوضع بالنسبة للأنهار والمجاري المائية التي تتميز بسرعة حركة المياه في مجاريها ، وإن تباينت هذه السرعة تبعًا لكمية المياه ودرجة انحدار سطح الأرض وطبيعة المجرى النهري ، ويميز البحيرات عن المستنقعات و السبخات احتواء الأخيرة على مجموعات كبيرة من الغطاءات النباتية الطبيعية التي تتباين بين الأشجار و الشجيرات و الحشائش .

وتتراوح مياه البحيرات في العالم من حيث طبيعتها بين العذبة والمالحة تبعًا لطبيعة مصادر تغذيتها الأساسية ، ومياه البحيرات العذبة محدودة في كمياتها بالقياس إلى مصادر المياه الأخرى على سطح الأرض ، إذ يقدر حجم مياه البحيرات العذبة في العالم بحوالي ١٢٥ألف كيلو متر مكعب وهو ما يوازي ٠,٤٪ من جملة المياه العذبة الموجودة في الكتل القارية المختلفة ، و ٠,٠٠٩٪ فقط من جملة حجم المياه في العالم والبالغة ١٣٨٥ مليون كيلو متر مكعب .

وتغطي بحيرات العالم مساحة تقدر بحوالي ٨٣٠ألف كيلومتر مربع ، وإن تباينت هذه المساحة تبعًا لعدة عوامل يأتي تغير الظروف المناخية في مقدمتها ،إذ تتباين المساحة وتتغير أبعاد سواحل البحيرات بتأثير التساقط أو ذوبان الثلوج التي تؤدي إلى اتساع مساحاتها بدرجات تتغير تبعًا لمدى تنوع مصادر مياه البحيرات ، في حين تنكمش مساحاتها خلال فصل الجفاف وأيضًا بتأثير عامل التبخر.

ولا يمكن إغفال تأثير المياه الجوفية ودورها الرئيسي في وجود أعداد ليست بالقليلة من البحيرات تنتشر في الكتل القارية المختلفة ، حيث توجد بحيرات في أقاليم جغرافية تقل كمية التساقط فيه والتصريف السطحي فيها وهو ما يعرف بالمياه المكتسبة عن المياه المفقودة فيها بتأثير عاملي التسرب و التبخر ، مما يؤكد دور المياه الجوفية وخاصة تلك التي تقع خزاناتها الطبيعية خارج الأقاليم الجغرافية المشار إليها أي خارج الأقاليم التي تقع فيها مثل هذه البحيرات ، ومن أمثلتها بحيرة تشاد الواقعة عند هوامش الصحراء الكبرى في أفريقيا والتي تتراوح مساحتها بين ٣٨٠٠-٩٩٠٠ميل مربع ، وتقع علي منسوب ٩٢٢قدم -٢٨١متر- فوق مستوي سطح البحر ، بالإضافة إلى التجمعات المائية في نطاق الواحات بالأقاليم الجافة ويمثلها تلك المسطحات البحيرية في واحة سيوه ومنخفض وادي النطرون في جمهورية مصر العربية.

ويقع منخفض وادي النطرون إلى الغرب من دلتا نهر النيل تحت منسوب سطح البحر بحوالي ٢٣ متر ويوجد في قاعه سلسلة من البحيرات الملحية تمتد بامتداد المنخفض لمسافة ٣٠كم تقريبًا. وهي بحيرات صغيرة

المساحة بصفة عامة وإن كانت مساحاتها تتباين بتغير فصول السنة إذ أن هذه البحيرات تستمد مياهها من نهر النيل الذي تتسرب منه كميات من المياه خلال الطبقات الأرضية صوب منخفض وادي النطرون لتغذي بحيراته ، لذلك تتذبذب مناسيب المياه فيها بين ارتفاع وانخفاض تبعًا لتغير منسوب المياه في نهر النيل ، وقد نتج عن ذلك أن البحيرات في المنخفض كان يتزايد عددها في أعقاب الفيضان ويتناقص إبان أشهر الصيف ، ولا يمكن أغفال دور ارتفاع درجة الحرارة وما يتبع ذلك من تزايد معدلات التبخر في تناقص عدد بحيرات المنخفض خلال شهور الصيف.

واختلف الباحثون الذين زاروا المنخفض في تقدير عدد البحيرات فبعضهم زاره خلال أشهر الشتاء ؛فجاء تقديرهم لعدد البحيرات أكثر من الحقيقة ، بينما زاره البعض الآخر خلال فصل الصيف –فترة التحاريق– لذلك كان تقديرهم لعدد البحيرات أقل من الحقيقة ، والمتفق عليه في الوقت الحاضر أن عدد البحيرات في منخفض وادي النطرون قد تزايد في القرنين الأخيرين بسبب انفصال البحيرات عن بعضها وتقسيمها إلى عدد من البحيرات الأصغر بفعل الرمال.

ورغم أمكانية وجود البحيرات في أي إقليم من أقاليم العالم الجغرافية طالما تتوافر فيه الظروف الملائمة لظهور البحيرات ،إلا أن قارات أمريكا الشمالية وأفريقيا وآسيا تستأثر بنحو ٧٠٪ من جملة حجم مياه البحيرات في العالم في حين تتوزع النسبة الباقية على باقي قارات العالم.

وتعتبر من أكبر البحيرات في العالم من حيث ضخامة حجم المياه البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية وبحيرة بيكال في وسط آسيا ، و بحيرة تنجانيقا في أفريقيا .

ويشكل حجم المياه في البحيرات التي يزيد حجم المياه في كل منها عن ١٠ كيلومتر مكعب في قارة أمريكا الشمالية وحدها حوالي ٢٥٪ من جملة مياه بحيرات العالم .

ومن أميز الخصائص الجغرافية الطبيعية لقارة أمريكا الشمالية تعدد البحيرات التي تغطي مساحات واسعة منها ولتأكيد ذلك نذكر أنه من بين أكبر ٢٨ بحيرة طبيعية في العالم يوجد في القارة عشر بحيرات .

جدول أكبر بحيرات العالم

م	البحيرة	الموقع	المساحة (كم٢)
١	حوض قزوين	روسيا، قزخستان، أذربيجان، تركمنستان، إيران	371,000
٢	متشجن – هورن	كندا – الولايات المتحدة	117,702
٣	سوبيريور	كندا – الولايات المتحد	82,414
٤	فكتوريا	كنيا–تنزانيا–اوغندا	69,485
٥	تنجانيقا	تنزانيا–الكونغو د.–بوروندي–زامبيا	32,893
٦	بيكال	روسيا	31,500
٧	بحيرة جريت بير	كندا	31,080
٨	ملاوي	ملاوي–موزمبيق–تنزانيا	30,044
٩	بحيرة جريت سليف	كندا	28,930
١٠	إيري	كندا – الولايات المتحدة	25,719

ثانيًا : تصنيف بحيرات العالم تبعًا لظروف نشأتها

تتعدد العوامل المكونة للأحواض والمسطحات المقعرة الممتلئة بالمياه على سطح الأرض والتي تتراوح تبعًا لمساحاتها بين البحيرات Lakesوالبرك العميقة نسبيًا Pools والبرك محدودة المساحة والعمق Ponds مما أدى إلى تعدد المعايير التي يعتمد عليها في تصنيف البحيرات في مجال الدراسات الجيمورفولوجية والهيدرولوجية ، ويمكن تقسيم بحيرات العالم تبعًا لظروف نشأتها فوق سطح الأرض إلى المجموعات الست الرئيسية التالية :

١-بحيرات تكونت بتأثير نحت الرياح

يقوى تأثير الرياح كعامل نحت في الأقاليم الجافة حيث تستطيع نحت التكوينات اللينة وخاصة إذا كانت محملة بذرات الرمال لفقر الغطاء النباتي الطبيعي بل وندرته ، ولذلك تزيل الرياح المفتتات الصخرية بعد نحتها مما يؤدي إلى تكون نطاقات مقعرة في كل مناطق التكوينات اللينة والضعيفة جيولوجيًا والتي تمتلئ بالمياه إما عن طريق المياه الجوفية المتسربة رأسيًا لتظهر على سطح النطاقات المقعرة في شكل بحيرات أو عن طريق الأمطار الساقطة ، ومن الطبيعي أن تكون المياه الجوفية هي المصدر الرئيسي لمثل هذه البحيرات حيث أن الفاقد من المياه هنا بفعل التبخر – الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة – والتسرب –بتأثير التكوينات الرسوبية السائدة يكون أكبر من كمية التساقط.

وتتباين النطاقات المقعرة التي تنحتها الرياح في الأقاليم الجافة والتي تظهر في البحيرات في أخفض نقاطها منسوبًا من حيث المساحة و العمق وذلك تبعًا للملامح البيئية السائدة إذ تتراوح بين الأحواض محدودة الاتساع

مثل بحيرات منخفض وادي النطرون غربي دلتا النيل والبالغ مساحته أكثر من ٥٠٠كيلومتر مربع .

وتكاد تختفي البحيرات التي تكونت بتأثير نحت الرياح خارج الأقاليم الجافة و العروض الحارة حيث يندر وجودها في كل من الأقاليم المطيرة والعروض المعتدلة و الباردة حيث يضعف تأثير الرياح كعامل نحت لكثافة الغطاء النباتي الطبيعي فيها .

٢-بحيرات تكونت بتأثير الرواسب النهرية

تتعدد البحيرات التي تتكون بتأثير الرواسب النهرية وتتباين خصائصها ويمكن تصنيفها إلى أربعة أنواع رئيسية هي :

أ- بحيرات تكونت عند نهايات دلتاوات الأنهار طويلة المجرى ذات التصريف المائي الكبير على وجه الخصوص ، فعندما يصل النهر إلى منطقة دلتاه يتفرع بحكم بطء انحدار سطح الأرض إلى عدة فروع يلقي عن طريقها بمياهه والرواسب التي تحملها فوق قاع سطح البحر الذي يصب فيه ، وباستمرار عمليات الترسيب المشار إليها تتراكم الرواسب النهرية ويزداد سمكها لتبدو بعد ذلك بين فروع النهر في شكل جسور رسوبية تحجز خلفها كميات كبيرة من مياه النهر عند فيضانها وارتفاع منسوبها وتتكون البحيرات التي يمثلها مجموعة البحيرات المنتشرة عند نهاية دلتا المسيسبي بين مصباته الأربعة التي تعرف محليًا بأسماء المصب الرئيسي ، المصب الشمالي ، المصب الجنوبي ، المصب الجنوبي الغربي

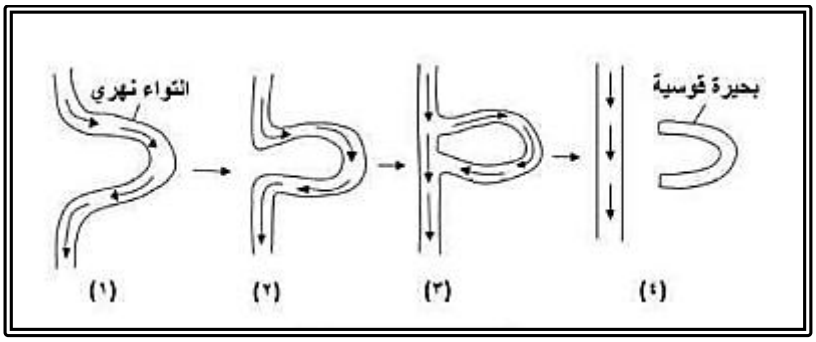
، والجدير بالذكر أن المصبات الأربعة المشار إليها تتوغل في مياه خليج المكسيك لمسافة ٢٧كم تقريبًا مما أسهم في اتساع البحيرات النهرية في هذا النطاق من أمريكا الشمالية .

ب- بحيرات تكونت في نطاق الرواسب النهرية عند المجاري الدنيا ، حيث يتبع تكرار فيضان النهر وترسب المواد العالقة بالمياه فوق سطح الأرض تكون نطاق سهلي رسوبي واسع يكون متموجًا في بعض الأحيان لذلك تتجمع كميات متباينة من مياه النهر العذبة في البقع مقعرة الشكل لتبدو في شكل بحيرة ضحلة صغيرة محدودة الاتساع غالبًا ، وتنتشر مثل هذه البحيرات الصغيرة عند المجاري الدنيا لعدد كبير من أنهار العالم ذات التصريف المائي الكبير.

ج- بحيرات تتكون على أحد جوانب المجاري الرئيسية للأنهار أو على كلا جانبيه وذلك عندما تصب بعض الأودية في مجرى النهر الرئيسي وتلقي بكميات كبيرة من الرواسب التي تحملها مياهها والتي تكون دلتاوات تعترض كميات من مياه النهر الرئيسي تتباين حسب اتساعها لتحجزها خلفها وبالتالي تظهر في شكل بحيرات يطلق عليها أحيانًا بحيرات السيول.

د- البحيرات المقتطعة ، وهي من أوسع البحيرات المتكونة بتأثير الرواسب النهرية انتشارًا وأكثرها شهرة بين الدارسين ، وهي تتكون من نطاق المجاري الدنيا للأنهار حيث تكثر المنعطفات Meanders لاستواء السطح السهل وضعف انحدار المجرى وبالتالي بطء جريان

المياه ، لذا ينحت النهر في الجوانب المقعرة من المنعطفات ، في حين يرسب في الجوانب المحدبة ، لذا تؤدي عمليات النحت والإرساب المشار إليها إلى تقارب أجزاء الثنية ثم انفصالها عن مجرى النهر في شكل بحيرة ضحلة هلالية الشكل ، وتكثر ظاهرة البحيرات المقتطعة في المجاري الدنيا لنهر اليانجستي في الصين الشعبية ونهري سالوين وإيراوادي في شبه جزيرة الهند الصينية .



٣- بحيرات تكونت بتأثير الرواسب البحرية

تبع تغير العلاقة بين اليابس والماء خلال البلايستوسين طغيان مياه البحر على مساحات متباينة الامتداد من الأراضي المتاخمة ، وعند تراجع المياه البحرية تتكون البحيرات في بعض نطاقات الشاطئ و التي يمكن التمييز بين نوعين رئيسيين منها هما :

أ- بحيرات ساحلية كونتها مياه البحر التي حجزتها التلال الرسوبية الممتدة في شكل ألسنة من الرواسب البحرية التي تكونت عند تراجع المياه إما لارتفاع منسوب سطح الأرض أو لانخفاض منسوب المياه البحرية ، ويمثلها أعداد كبيرة من البحيرات الساحلية الضحلة في

معظمها متباينة الأشكال والامتداد والمنتشرة في معظم الكتل القارية بالعالم.

ب- بحيرات تكونت في بعض نطاقات الأحواض المنخفضة التي تفصل بين السلاسل والكثبان المتتالية والممتدة في خطوط طولية متوازية وموازية لخط الساحل والتي تمثل خطوط تقدم مياه البحر القديم وتراجعه ، مما يعني أن البحيرات تمثل في هذه الحالة أحواض ممتلئة بمياه متخلفة عن مياه البحر عند تراجعها.

وبحكم طبيعة تكوين البحيرات الساحلية تتصف بملوحة مياهها ،إلا أنه قد تتغير خصائصها بمرور الوقت وخاصة في الأقاليم غزيرة الأمطار حيث تنخفض نسبة الأملاح الذائبة في المياه بشكل تدريجي لتصبح بحيرات عذبة بتأثير مياه الأمطار التي تفوق كميتها كمية المياه التي تفقدها بفعل التسرب و التبخر ، وهو ما حدث بالنسبة لبحيرتي لادوجا – أونيجا في روسيا الاتحادية ذاتا المياه العذبة في الوقت الحاضر رغم أنهما مقتطعتان من البحر .

وتتصل بعض البحيرات المشار إليها بالبحر عن طريق فتحات صغيرة يطلق عليها في مصر البواغيز ومفردها بوغاز وهي فتحات شقت بشكل طبيعي في نقاط الضعف الجيولوجي بالسلاسل السابق الإشارة إليها ، ويمثلها بوغاز المعدية الذي يربط بين بحيرة أدكو والبحر المتوسط ، وبوغاز البرلس الذي يربط بين بحيرة البرلس والبحر المتوسط ، وبوغاز اشتوم الجميل الذي يربط بين بحيرة المنزلة والبحر المتوسط ، وعلى ذلك تمثل بحيرات مصر الشمالية المشار إليها بالإضافة إلى بحيرة مريوط هذا النوع من البحيرات الساحلية

حيث يفصلها عن البحر المتوسط نطاق عرضي من الكثبان الرملية والجيرية يمتد بمحاذاة خط الساحل الشمالي لمصر تقريبًا.

٤-بحيرات تكونت بتأثير الحركات الأرضية :

وهي عبارة عن بحيرات تكونت في مناطق الأخاديد و الأغوار الانكسارية حيث تبع حدوث الانكسارات الكبرى وخاصة النوع المعروف بالانكسار الأخدودي هبوط أجزاء إلى أعماق كبيرة وانحصارها بين نطاقات هضبية انكسارية عالية المنسوب ، لذا عندما تتجمع المياه السطحية فوق سطح الأخاديد بين الحافات المرتفعة تتكون البحيرات الانكسارية (الصدعية) التي تتميز في معظمها بالعمق وارتفاع الجوانب شديدة الانحدار ، بالإضافة لامتدادها في أشكال طولية تتفق وامتداد خطوط الانكسار ، ومن أمثلة هذه البحيرات :

- بحيرة بيكال
- بحيرة تنجانيقا
- بحيرة مالاوي (نياسا)

٥-بحيرات تكونت بتأثير النشاط البركاني

يمكن التمييز بين نوعيين رئيسيين من البحيرات التي تكونت بتأثير النشاط البركاني وهما :

أ- بحيرات تكونت بتأثير الفوهات البركانية Craters حيث تتجمع مياه الأمطار أو مياه الثلوج الذائبة في فوهة بركان خامد لتتكون بحيرة تتميز جوانبها المرتفعة التي كانت أصلًا جدران الجزء الأعلى من قصبة البركان بتماسها الشديد إذ تتكون من مصهورات اللافا شديدة التماسك ، ويعد هذا النوع من البحيرات التي تعرف باسم بحيرات فوهات البراكين من أكثر أنواع البحيرات التي تكونت بتأثير النشاط البركاني انتشارًا وخاصة في قارات أمريكا اللاتينية وآسيا وأوروبا ، ومن أشهرها بحيرتي بلسينا Bolsena و براسيانو Bracciano في إيطاليا .

ب- بحيرات تكونت في أحواض من مصهورات اللافا البركانية تبدو في شكل ثنيات مقعرة تجمعت فيها المياه السطحية لتبدو في شكل بحيرات محدودة الامتداد والارتفاع عن مستوى سطح الأراضي المحيطة بها ، ويمثلها مجموعة البحيرات الصغيرة المنتشرة في اقليم إيفل Eifel التلالي الواقع في غربي ألمانيا .

٦-بحيرات تكونت بتأثير الجليد

وهي بحيرات تتوزع على الأقاليم الجغرافية التي تأثرت بالتعرية الجليدية وهي أقاليم تقع في العروض العليا بنصفي الكرة الشمالي و الجنوبي ، وإن كانت أكثر أنتشارًا وتنوعًا في نصف الكرة الشمالي وخاصة في قارتي امريكا الشمالية وأوروبا ويمكن التمييز بين أربعة أنواع رئيسية من البحيرات التي تكونت بتأثير الجليد هي:

أ- بحيرات تكونت في أحواض هابطة بفعل ثقل الغطاءات الجليدية ،وعند ذوبان الجليد تتجمع المياه في هذه الأحواض في شكل بحيرات محدودة الامتداد قليلة العمق.

ب- بحيرا تكونت فوق قيعان الأودية الجليدية حيث نحت الجليد في الأجزاء الضعيفة جيولوجيًا وكون في مواضعها نقاط مقعرة على قاع الوادي امتلأت بالمياه بعد ذوبان الجليد لتظهر في بحيرات تمتد على طول امتداد الوادي الجليدي القديم ، ويمثلها بحيرات النطاق الشمالي لمرتفعات أورال بروسيا الاتحادية والتي يأتي في مقدمتها من حيث الاتساع و العمق بحيرة بولشوي شتشوتشي Bolshoye Shchuchye .

ج- بحيرات تكونت عند مقدمات الرواسب (الركامات) الجليدية ، فخلال الفترات المناخية الدفيئة التي تخللت عصور الجليد في

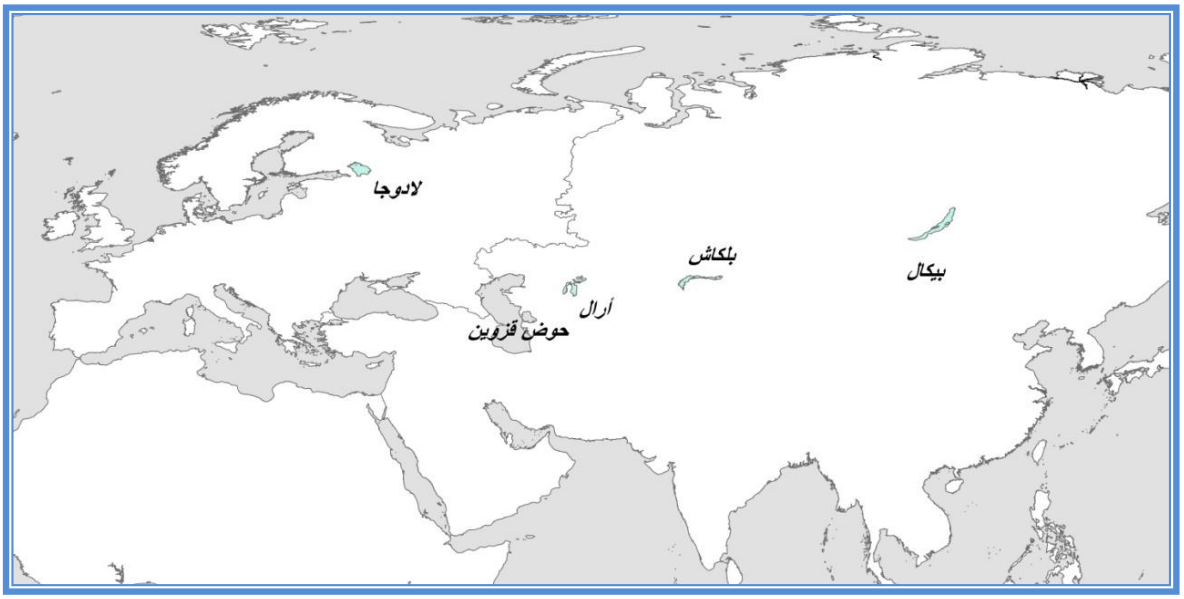
البلايستوسين تراجع الجليد مخلفًا تلال أو حافات ركامية مرتفعة المنسوب حجزت فيما بينها تجمعات مائية تبدو في شكل بحيرات تنتشر على طول امتداد مقدمات الجليد (خط الثلج الدائم) سواء في شمال قارة أمريكا الشمالية أو في شمال أوروبا.

د- بحيرات تكونت في نطاقات مقعرة الشكل تتخلل الرواسب (الركامات) الجليدية السميكة واسعة الامتداد في العروض الشمالية التي تعرضت للزحف الجليدي وخاصة في قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية ، وساعد على تكونها سقوط الأمطار الغزيرة في هذه العروض حيث تفوق كمية المياه المكتسبة فيها المياه المفقودة بفعل التبخر ، لذلك تتميز البحيرات هنا باتساع المساحات التي تشغلها وبعمق مياهها ، ويمثلها معظم بحيرات أمريكا الشمالية ، وبعض البحيرات الأوروبية وخاصة في جنوبي السويد وفنلندا التي يوجد بها أكثر من عشرة آلاف بحيرة واسعة المساحة .

٧-البحيرات الاصطناعية:

تتكون أمام السدود على الأنهار الكبرى في العالم مثل بحيرة ناصر على نهر النيل وبحيرة كاريبا على نهر الزمبيزي .

أهم البحيرات في أمريكا الشمالية



أهم البحيرات في آسيا وأوروبا

أهم البحيرات في أفريقيا

ثالثًا : المستنقعات

هي عبارة عن مسطحات مائية ضحلة تتجمع فيها العديد من خصائص المسطحات المائية والأراضي اليابسة في بساط رقيق من جذور النباتات الطبيعية يغمر بالمياه معظم الوقت أو من خلال فترات محدودة من السنة ، ويمكن التمييز بين ثلاث أنواع من هذه الأراضي المغمورة بالمياه :-

١- المستنقعات

عبارة عن مسطحات مائية ذات أعماق محدودة تنمو بها الأشجار بكثافة ومثال ذلك مستنقعات المانجروف في الأقاليم المعتدلة .

٢- السبخات

مسطحات مائية ثابتة العمق تنمو بها الحشائش بكثافة واضحة وتكاد تخلو من الأشجار ، ويمكن مشاهدة المياه فيها بالعين المجردة ، وتكثر في السهول الفيضية والأقاليم الساحلية في المناطق المدارية.

٣- المسطحات الموحلة

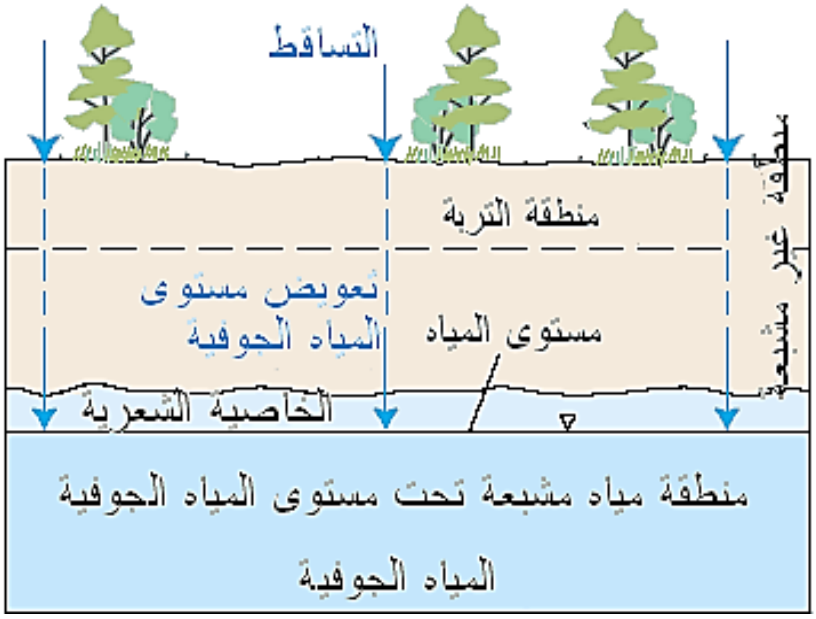
مسطحات خالية من الحركة تبدو جافة لكنها في الحقيقة مبللة بالمياه ، وتنمو فيها الطحالب بفصائلها المختلفة ، وأغلب تواجدها يكون في العروض المعتدلة والباردة .

وتعتبر المستنقعات بأنواعها المختلفة بيئات طاردة للسكان لما تسببه من خطر على حياة السكان حيث ينتشر فيها البعوض والأمراض مثل الملاريا ، إلى جانب ما تكونه بعض المواد العضوية من روائح خانقة تلوث الجو .

وللمستنقعات بعض الفوائد فقد تكون هذه المستنقعات محطة مهمة من محطات رحلة الطيور الفصلية كما في بعض المستنقعات بالنيل الأزرق ، كما أنها مزود للخزانات الجوفية بالمياه ، كما أنها تمثل في حد ذاتها خزانات طبيعية للتخفيف من حدة الفيضانات كما في منطقة الأهوار بالعراق ، وتعد المستنقعات في بعض الأحيان مصائد للغبار حيث تحد من الزوابع الرملية في المناطق الصحراوية ، وحين تعيش بالمستنقعات أحياء مائية لها مردود اقتصادي مثل التماسيح ، وتستخدم المستنقعات أحيانًا لأغراض السياحة مثل مستنقعات افرجلادز بفلوريدا بالولايات المتحدة ، ومستنقعات كامارج بوادي الرون بفرنسا ، كما تعد المستنقعات مصدر مهم لمادة اللبد وهي تمثل المادة الأولى لتكون الفحم الحجري حيث يجرى تجفيفه ثم حرقه لأغراض مختلفة كما في روسيا وكندا وفنلندا وإيرلندا والولايات المتحدة .

المياه الجوفية وخصائصها الجغرافية

تعتبر المياه الجوفية أحد المصادر الرئيسية لمياه الأنهار الدائمة الجريان في العالم ، حيث يعتمد تصريف الأساس للأنهار على المياه الجوفية ، والمياه الجوفية هي مياه ترشحت من السطح عبر طبقة التربة الهشة إلى داخل تكوينات القشرة الأرضية والتي تصبح فيما بعد خزانات كبيرة للمياه الجوفية .



وتزداد استعمالات المياه الجوفية يومًا بعد آخر وسنة بعد أخرى وذلك لزيادة حفر الآبار الجوفية في كل دول العالم وذلك لزيادة الحاجة إليها في توفير مياه الشرب لكثير من مدن العالم ولتوفير مياه الري في الزراعة في مناطق واسعة من العالم .

ونتيجة لذلك أصبح من الأهمية بمكان تقدير كميات المياه الجوفية وحمايتها من التلوث وتنظيم ضخ المياه فيها لضمان استمرارية توفرها كمصدر طبيعي للمياه.

أولًا : أصل المياه الجوفية

يعود أصل المياه الجوفية إلى المياه السطحية ،سواء كانت مياه أمطار ترشحت عبر طبقة التربة إلى الطبقات الصخرية ضمن تكوينات القشرة الأرضية ،أو من مياه الثلوج التي تتساقط في فصل الشتاء وتبدأ بالذوبان التدريجي فتعطي الوقت الكافي لترشح مياهها إلى داخل القشرة الأرضية ،أو يكون مصدر المياه الجوفية من تسرب مياه الأنهار على طول المجاري النهرية أو من ماء البحيرات ، كما يمكن أن يكون مصدر الماء الجوفي من مياه الري الزائدة ، أو يكون مصدر المياه الجوفية اصطناعيًا حيث بدأ حديثًا تزويد الطبقات الجوفية بمياه الفيضان عن طريق الحقن ، أو ما يسمى بحقن الآبار الجوفية ، كما تساعد مياه البحار و المحيطات على تزويد المياه الجوفية بجزء من مخزوناتها من المياه.

وتمتاز الطبقات الحاملة للماء بمجموعة من الخصائص ، فالمياه الجوفية تتواجد في فراغات الطبقات الصخرية الرسوبية لأنها لا تستطيع الاحتفاظ بالماء ، فصخور الحجر الرملي مثلًا ذات مسامية منخفضة ولكنها ذات نفاذية عالية، و لذلك فإن صخور الحجر الرملي يمكنها أن تحتفظ بكميات كبيرة من الماء ويطلق عليها اسم Aquifer ، ويشترط أن تكون تحت هذه الطبقة صخور صماء كتيمة غير منفذة للماء Impermeable تمنع من استمرار رشح الماء إلى داخل جوف الأرض ، وتقل كميات الماء الجوفي مع زيادة العمق وذلك بسبب ازدياد كثافة الصخور باتجاه الأسفل ، ويرتبط ذلك بقلة المسامات بين الصخور العميقة ، فكلما زاد العمق كلما أغلقت المسامات البينية بسبب وزن المواد الصخرية العالية الكثافة ، والتي تؤدي إلى إغلاق

المسافات بالمواد الدقيقة ، ومن هنا فإن معظم الآبار لا يتجاوز عمقها ٧٠٠متر لكن بعض الآبار يصل عمقها إلى ١٥٠٠متر.

نستنتج مما سبق أن هناك ثلاث طبقات تتحكم بوجود الماء الجوفي وبكميات متفاوتة.

أ. الطبقات الحاملة للماء : وهي الطبقات التي تتميز بوجود نفاذية عالية ونقل جيد للماء ، وإذا توفرت ظروف الترشيح تصبح طبقات مشبعة بالماء وتتشكل في الغالب من أنواع مختلفة من الصخور الرسوبية وبخاصة الصخور الرملية .

ب.طبقات صخرية ذات مسامية ونفاذية أقل : وهي صخور ذات قدرة قليلة على الاحتفاظ بالماء ، وتتشكل هذه الطبقات من الطفل أو الطين أو من الاثنين معًا .

ت.طبقة أرضية كتمية : ذات مسامات دقيقة جدًا أو معدومة وذات قدرة محدودة جدًا أو معدومة على حركة الماء.

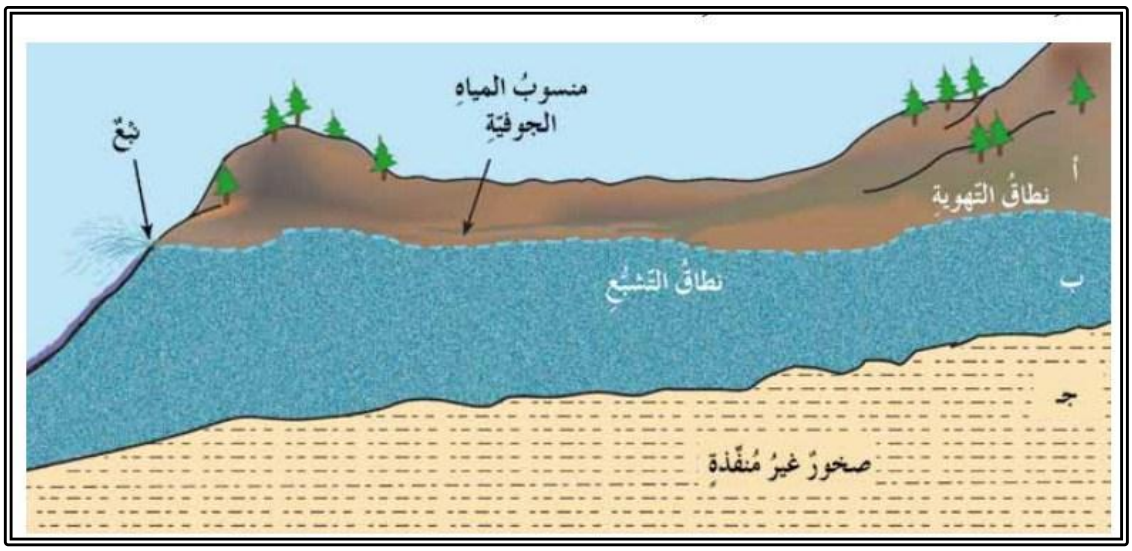
ثانيًا : العوامل التي تؤثر على مستوى الماء الجوفي

المياه الجوفية هي كل المياه الموجودة تحت سطح الأرض، سواء تلك الموجودة في المناطق المشبعة أو غير المشبعة. وتوجد المياه الجوفية داخل خزانات المياه الجوفية في باطن الأرض، أو في الفراغات والشقوق بين حبيبات التربة والرمل والحصى والصخور.

وتتحرك المياه الجوفية ببطء خلال فراغات التربة أو الصخور مقارنة بالتدفق السطحي لمياه الأمطار، وتعتمد كمية المياه المتجمعة ومعدل تدفقها على نوعية التربة ومسامية ونفاذية الصخور، إذ يتحرك الماء بحرية في التربة

والصخور ذات النفاذية العالية ؛حيث ينفذ ويمر من خلال المسامات ذات الأحجام الكبيرة، بينما يبقى في الطبقات الطينية لأن الطين يعتبر ذو نفاذية منخفضة ينفذ فيه الماء بشكل بطيء جدًا، وتدعى المناطق الرئيسية تحت سطح الأرض المملوءة بالمياه الجوفية بـ «الخزانات الجوفية".

يعرف مستوى الماء الجوفي بأنه هو المد الأعلى للماء الجوفي ، إلا أن مستوى الماء الجوفي يصعد ويهبط تبعًا للعوامل التالية :



تغير مستوى الماء الجوفي

عوامل طبيعية

أ- نوع الرواسب ، وهل هي حصوية أم رملية أم طينية .

ب- الخصائص المناخية للمنطقة من حيث كميات الأمطار وديمومتها وفصول الرطوبة والجفاف بالإضافة إلى التبخر والجريان .

ج- المسامية والنفاذية للطبقات الواقعة فوق مستوى الماء الجوفي وتحته .

د-الجاذبية والخاصية الشعرية والغطاء النباتي .

إن تصريف الماء أو حركته من سطح الأرض إلى داخل الأرض من خلال المسامات الموجودة في التربة تسمى بعملية التسرب infiltration كما

أن التصريف عن طريق الجاذبية إلى داخل الطبقات الصخرية يؤدي إلى تسرب كبير للماء، كذلك تلعب الخاصية الشعرية capillary force دورًا مهمًا في حركة الماء في اتجاهات مختلفة تبعًا لاختلاف الرطوبة من الجاف إلى الرطب، هذه القوى تخفي المياه في مسامات صغيرة وتكون حركة الماء وكميتها بطيئة وقليلة، ولكن حين يجد الماء طريقة إلى التربة فانه يبدأ بالتقطير percolation.

ويقدر التسرب بالملم/ساعة في ظروف معينة، كما أن مقدار التسرب يعتمد على خصائص التربة الفيزيائية وعلى مقدار محتواها من الرطوبة وعلى الغطاء النباتي ودرجة انحدار السطح ، وعلى خصائص الأمطار.

والتربة ذات النسيج الخشن عادة فيها مسامات أوسع أو اكبر من تلك الترب ذات النسيج الناعم، وكذلك فان مقدار التسرب في الترب الرملية أكثر بكثير من الترب الطينية.

و النفاذية هي قدرة التربة أو الصخر على إيصال الماء، وتعتمد اعتمادًا مباشرًا على المسامية فاذا كانت المسامية عالية فان النفاذية قليلة، واذا كانت المسامية قليلة كانت النفاذية عالية؛ أي أن العلاقة بين النفاذية والمسامية هي علاقة عكسية، فالطين مثلًا مساميته عالية لكن نفاذيته قليلة، أما الرمل فمساميته قليلة لكن نفاذيته عالية.

عوامل بشرية

هناك بعض العوامل البشرية التي تؤثر على مستوى الماء الجوفي وهي :

أ- حفر الآبار وزيادة الضخ يخفض مستوى الماء الجوفي.

ب- حقن الآبار بالمياه يرفع مستوى الماء الجوفي.

ج- السدود، حيث يؤدي تسرب الماء السطحي إلى الماء الجوفي إلى زيادة مستوى الماء الجوفي.

د- عمليات الحفر من أجل شق الطرق بمختلف أنواعها يؤدي إلى رشح الماء الجوفي مما يؤدي إلى انخفاض مستواه في الطبقات الحاملة.

ه- الامتداد العمراني والنشاطات البشرية الأخرى ، حيث يؤدي ذلك إلى زيادة معامل الجريان على معامل الرشح وهذا يقلل من فرص تسرب الماء السطحي إلى الماء الجوفي.

ثالثًا : تغذية الماء الجوفي

يمكن تعريف تغذية المياه الجوفية بانها مجموعة العمليات التي يمكن عن طريقها تغلغل المياه خلال مقطع التربة وتصل إلى منسوب المياه الجوفية (Water Table) بصورة طبيعية أو اصطناعية .

كما يمكن التعبير عن التغذية بانها العملية التي تتواجد بها كمية من المياه أو تتحرك خلال التربة ويمكن أن تزداد بصورة طبيعية أو اصطناعية ، حيث يمكن استخراجها من دون استنزاف في الدرجة الأولى .

ويمكن تحديد مفهوم التغذية بأنها هي كمية المياه التي تصل إلى منسوب المياه الجوفية وتعتمد على نسبة وزمن الأمطار إضافة إلى حالة رطوبة التربة وعمق المياه الجوفية ونوعية التربة .

ويمكن تحديد مصادر تغذية المياه الجوفية بما يلي :

- التغذية من مياه الأمطار .

- التغذية من مياه الأنهار الموسمية و الدائمة والبحيرات .

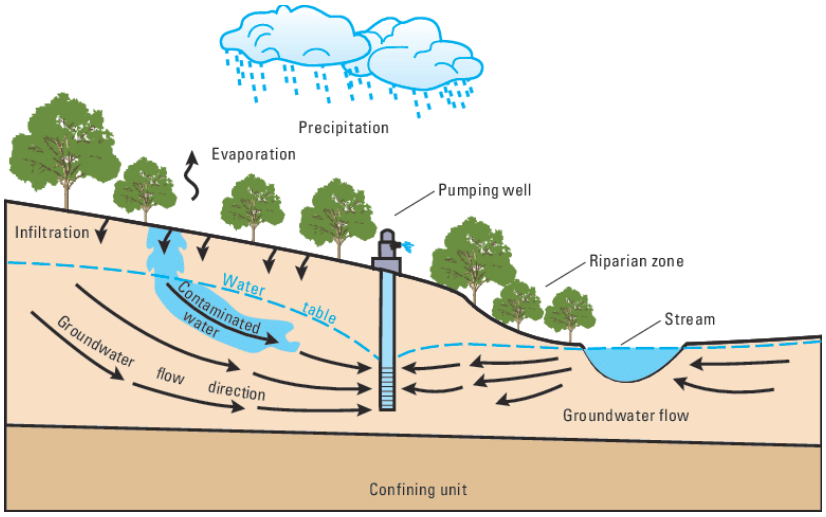
- التغذية من مياه الري .

- الجريان الداخل (inflow) للمياه الجوفية .

- التغذية من المياه المستهلكة للأغراض المنزلية .

-التغذية الاصطناعية.

و المصدر الأساسي للتغذية هي الأمطار وتكون إما بصورة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق جريان المياه على السطح ومن ثم تترشح إلى تحت السطح للتواجد بصور وميكانيكيات مختلفة حسب موقعها ضمن النطاق غير المشبع لحين وصولها إلى منسوب المياه الجوفية لتتحول إلى مياه جوفية يمكن استخراجها .



الشكل يوضح مراحل تغذية المياه الجوفية والتي تبدأ من الأمطار التي تصل إلى سطح الأرض لتنقسم إلى قسمين رئيسين الأول جريان سطحي والأخر يترشح إلى التربة ، القسم الأول يمر بعدد من المراحل ليتحول قسم منه إلى

ترشح إلى التربة ومن ثم يتحول إلى تغذية للمياه الجوفية أما القسم الثاني فيذهب مباشرة إلى التربة ومن ثم تغذية مباشرة للمياه الجوفية .

وأبار الحقن تعتبر من اهم الطرق المستعملة في التغذية الاصطناعية للطبقات المائية الجوفية، ويجب أن تكون المياه المستعملة في هذه الطريقة ذات نوعية جيدة ويجب أن تكون مواصفاتها مطابقة لمواصفات مياه الشرب وتستعمل أبار الحقن من اجل تخزين المياه تحت الأرض وإعادة استعمالها عند الحاجة.

ويتم استعمال هذه الطريقة في المناطق التي تحدث فيها فيضانات فجائية في المناطق الجافة بحيث تحجز المياه خلف سدود معدة مسبقًا، ثم يتم حقنها إلى الماء الجوفي، أو في مناطق المدن التي تزداد فيها مياه الأمطار التي تجري في شوارعها أثناء العواصف المطرية، لذلك فان بالإمكان جمع هذه المياه عن طريقة شبكات مجاري خاصة بمياه الأمطار ثم حقنها إلى الماء الجوفي.

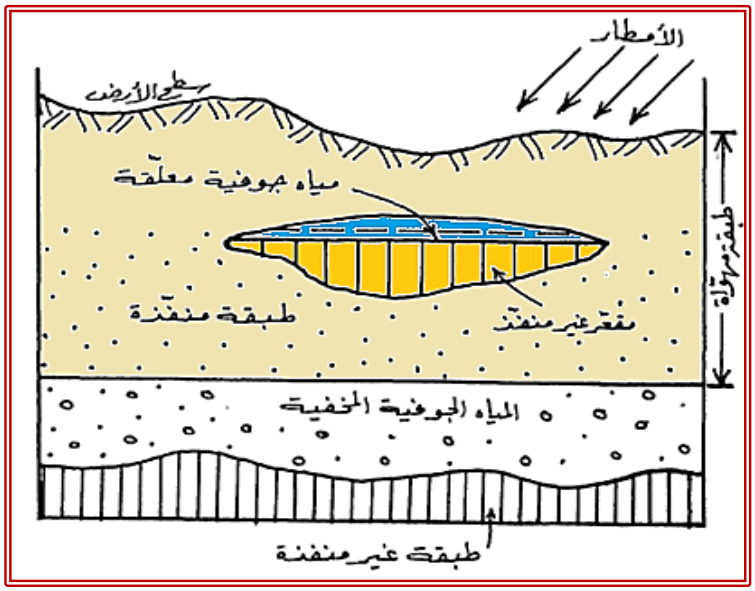
رابعًا : الأشكال المائية الجوفية

توجد المياه الجوفية بشكل عام في التكوينات الصخرية المنفذة للماء ضمن القشرة الأرضية ولكنها توجد في أشكال مختلفة تبعًا لظروف التكوينات الصخرية وأماكن تواجدها ، وتقسم الأشكال المائية الجوفية إلى المجموعات التالية :

١- الطبقات المائية الجوفية المعلقة :

تظهر هذه التشكيلات في المناطق المتأثرة بالهواء والقريبة من سطح الأرض فوق مقعرات محلية غير منفذة للماء مكونة من الطين أو الرمل ، ولأن عمق هذه الطبقات قليل فإنها تعاني من تأثير درجة حرارة

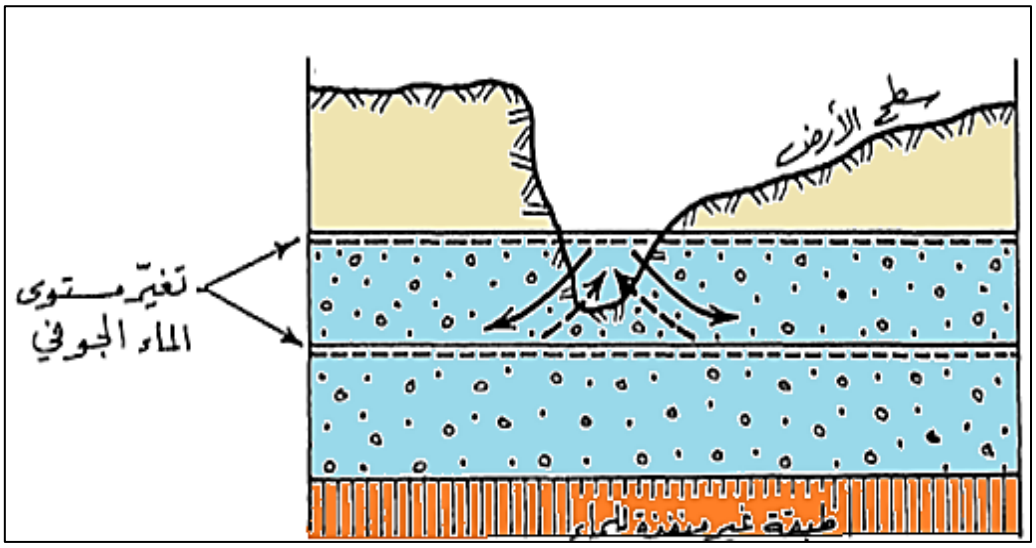
الهواء والنظام المطري ، ولذلك فإن هناك احتمالًا لاختفائها ، ويعتمد طول الطبقة الحاملة للماء على القاعدة غير المنفذة للماء ، ويمكن لهذه التشكيلات أن توجد بشكل اصطناعي حيث يقوم الإنسان بعمل طبقة سطحية منفذة مكونة من الحصى و الرمل يليها طبقة غير منفذة ، وقد استخدمت هذه الطريقة في مدن أمريكية مختلفة .



٢- الطبقات الجوفية العادية :

تقع هذه التشكيلات الجوفية على عمق يتراوح بين ٢٠-٢٥ متر ، وتحتوي على منطقة مشبعة بالماء للطبقات المنفذة واقعة فوق صخور غير منفذة للماء ، وتتغذى من رشح مياه الأمطار ، ومن تجمعات البخار الموجود في الطبقة المهواة ، ويمكن أن يرتفع مستوى الماء الجوفي أو ينخفض حسب كميات المياه المترشحة وكميات المياه الخارجة من الطبقات الحاملة للماء

ويمكن أن تحدث ظاهرة متبادلة بين مجاري الأنهار والطبقات الحاملة للماء ، فإذا كانت الأنهار صغيرة فإنها تعمل على إمداد الطبقات الحاملة للماء ، وعندما تعمق الأنهار مجاريها فإنها تصبح هي التي تتغذى بالمياه الجوفية.



تبادل تزويد الماء بين الأنهار و الطبقات الحاملة للماء

وتقسم المياه الجوفية العادية حسب علاقتها مع المياه السطحية إلى :

- المياه الجوفية تحت الشبكات المائية السطحية : حيث يوجد تبادل مستمر بين الماء الجوفي وشبكات المجاري المائية ، بالإضافة إلى انه إذا كانت الشبكات السطحية كبيرة وتقع في مناطق سهلية فسيكون تحتها أحواض جوفية كبيرة .

أمثلة

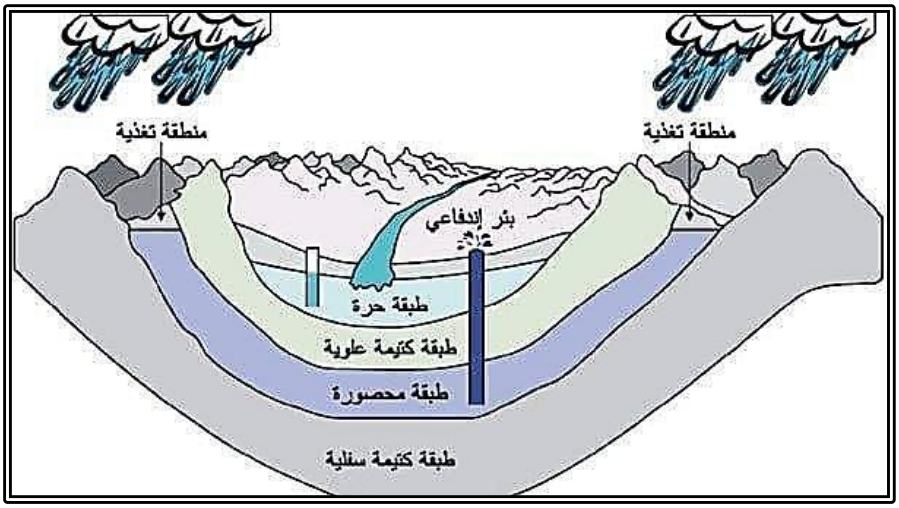
- المياه الجوفية تحت النهرية : حيث يوجد تبادل كثيف بين فعل تيار الماء السطحي وتيار الماء الجوفي ، فإذا انخفض مستوى الماء

الجوفي عن مجاري الأنهار فإن التسرب من مياه الأنهار نحو الطبقات الحاملة تزداد ويصبح النهر هو الذي يزود الماء الجوفي ، بينما إذا أرتفع مستوى الماء الجوفي لمستوى أعلى من مستوى الماء في النهر فإن الماء الجوفي هو الذي سيزود النهر بالماء .

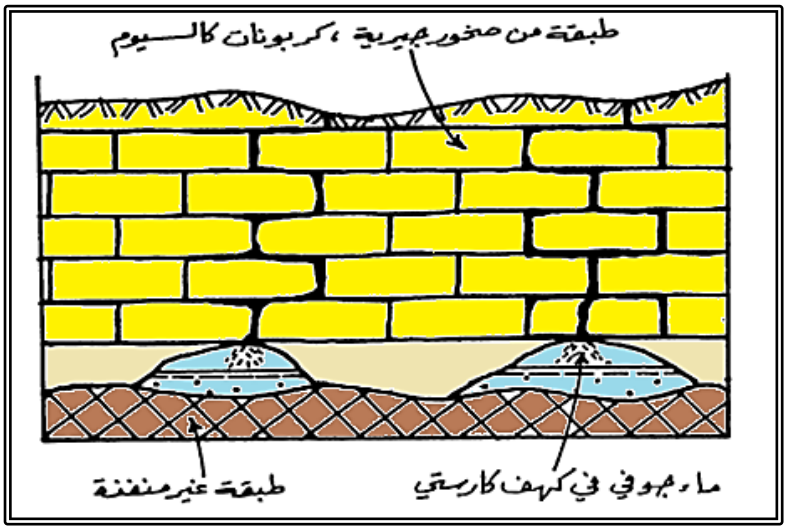
- التشكيلات الجوفية للأنهار الجليدية : توجد هذه التشكيلات في المنخفضات الجوفية للجليديات و المغطاة بالصلصال والرمل ، ولكن هذه التشكيلات قليلة الوجود وينحصر وجودها في شمال القارات .
- المياه الجوفية تحت المراوح الفيضية : تتكون المراوح الفيضية عادة من الحجارة والحصي والرمل ، لذلك فهي تشكيلات صخرية منفذة بشكل جيد للماء ، لذلك فإن المراوح الفيضية تحتوي على كميات من الماء الجوفي.

٣- المياه الجوفية المأسورة :

تتكون المياه الجوفية المأسورة بسبب تجمع الماء المتسرب من مياه الأمطار في صخور منفذة ، والتي تتسرب لمسافة بعيدة بين طبقتين غير منفذتين للماء مما يؤدي إلى تكوين طبقة مائية مأسورة .

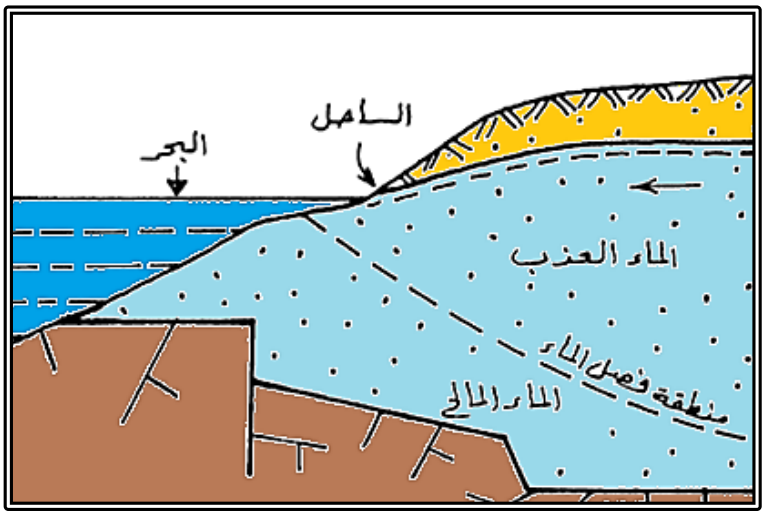


٤- المياه الجوفية الكارستية :



تخلق ظاهرة الكارست تكوينات مائية جوفية تسمى بالمياه الجوفية الكارستية ، وتكون كميات المياه كثيفة في الصخور الجيرية والدولومايت والصخور التي تزداد فيها نسبة الملح وكربونات الكالسيوم ، حيث يعمل الماء على إذابة الصخر ويكون بداخله قنوات مائية وكهوف كارستية وبحيرات وجداول ضمنية ، وتكون هذه الأشكال مملوءة بالماء كليًا أو جزئيًا.

٥- المياه الجوفية الساحلية :



يكون للمياه الجوفية في المناطق الساحلية تركيب خاص ومميز حيث تحتوي على طبقتين من الماء طبقة علوية وتحتوي على الماء العذب ويأتي بعدها مباشرة طبقة من الماء الجوفي المالح القادم من مياه البحار أو المحيطات .

نشاط (١) اشرح بالرسم العناصر الآتية :

١. طبقات الماء الجوفي

٢. المياه الجوفية المأسورة

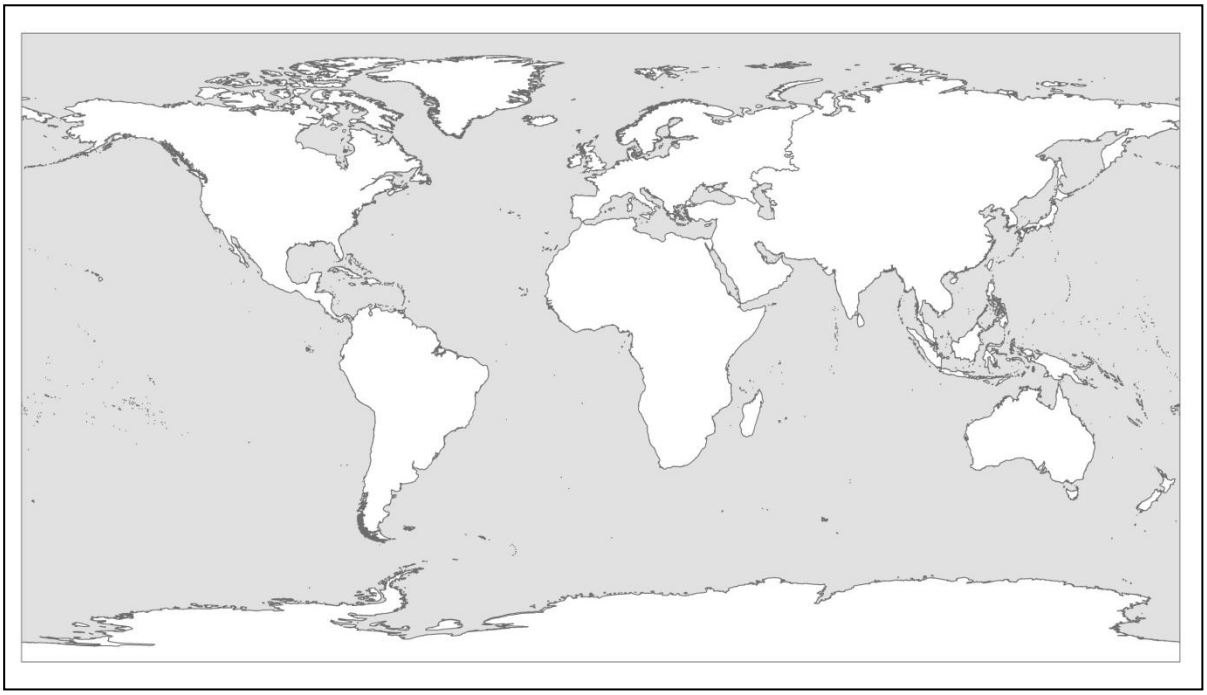
٣. المياه الجوفية المعلقة

٤. المياه الجوفية الكارستيه

نشاط (٢)

ارسم على الخريطة البحيرات الآتية :-

١- لادوجا	٢- جريت سليف
٣- بيكال	٤- جريت بير
٥- بلكاش	٦- ويني بيج
٧- أرال	٨- فكتوريا
٩- سوبيريور	١٠- تنجانيقا
١١- متشجن	١٢- توركانا
١٣- هورن	١٤- مالاوي
١٥- ايري	١٦- ألبرت
١٧- أونتاريو	١٨- ادورد



الفصل الخامس

مشكلات المياه العذبة في القرن الحادي والعشرين

يتناول الفصل الموضوعات الآتية :

- تلوث الموارد المائية
- الموارد المائية المشتركة "المياه العابرة للحدود"
- التغير المناخي وأمن المياه

مشكلات المياه العذبة في القرن الحادي والعشرين

تعتبر المياه هي مشكلة القرن الحالي وليست الطاقة ، وهو الأمر الذي أيدته المنظمات الدولية ، والمؤتمر الدولي حول الماء والبيئة المنعقد في دبلن عام ١٩٩٢أشار في بيانه الختامي إلى أن "صحة الإنسان ورفاهه وأمنه الغذائي والتنمية الصناعية والنظم الأيكولوجية معرضة جميعها للخطر ما لم يتم إدارة الموارد المائية بفاعلية تزيد عما كانت عليه من قبل " ، كما أكد مؤتمر الأرض عام ١٩٩٤ م في ري ودي جانيرو على نتائج مؤتمر دبلن .

وقد نجم عن زيادة الطلب على المياه لمواكبة النمو السكاني مشكلتين أساسيتين : الأولى ناتجة عن زيادة الضغط على الموارد السطحية والجوفية لتوفير موارد جديدة وكميات إضافية من الموارد المائية ، والمشكلة الثانية تتمثل في ارتفاع حجم مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي (التلوث) .

إن المياه العذبة هي أساس الحياة ولكنها لا تتكون بسهولة فالأمطار لا تسقط باستمرار على الأقاليم الجافة وشبه الجافة بل تبقى هذه الأقاليم دون أمطار لفترة طويلة ، كما أن النمو السكاني يتسارع في العالم ، وتتوسع الأنشطة الاقتصادية الصناعية والزراعية ، مع ارتفاع مستويات المعيشة الأمر الذي يدفع للطلب على مزيد من المياه .

إن كميات المياه الموجودة على كوكب الأرض تساوي كميات المياه منذ أن ظهر الإنسان على وجه الأرض ، وقد أدت الزيادة الهائلة في أعداد السكان والتقدم الصناعي والتوسع العمراني إلى جانب عدم اتباع الطرق

المناسبة في معالجة مصادر التلوث وانعدام التخطيط السليم إلى تلوث الموارد المائية واستنزافها ، ويمكن اعتبار مشكلة التلوث واستنزاف الموارد المائية هي من المشكلات الرئيسية في العالم الصناعي المتقدم أو في الدول النامية على حدٍ سواء .

أولًا :- تلوث الموارد المائية

يعرف التلوث بأنه وجود مادة أو مواد غريبة في المياه ، والملوثات هي المواد والميكروبات والطاقة التي تلحق الأذى بالإنسان وتسبب له الأمراض ، كما أن المياه الملوثة تضر بالنظام البيئي وتؤدي إلى حدوث تغير في درجة حرارة الماء ورائحته وطعمه ولونه ، ويعتبر التلوث المائي على قدر كبير من الخطورة لأنه لا يعرف الحدود السياسية أو الحدود الإقليمية إنما ينقل من منطقة لأخرى ومن دولة لأخرى .

مصادر تلوث المياه السطحية

١-المياه العادمة المنزلية

وهي المياه الناتجة عن استعمالات المنازل ، وتحتوي هذه المياه على كميات هائلة من البكتيريا والفطريات والفيروسات ، ويمكن القول أن ٨٠٪ من المياه المستهلكة للاستعمال المنزلي تتحول إلى مياه عادمة .

٢- المياه العادمة الصناعية

تستعمل المياه في الصناعة كمادة خام أو في الإنتاج أو للتبريد ، وبعد استعمالها تخرج على شكل مياه عادمة صناعية تحتوي على مواد كيميائية ضارة وسامة ومواد عالقة وأحماض سامة .

٣- المياه العادمة الزراعية

وهي المياه الناتجة عن النشاطات الزراعية المختلفة وبخاصة عند استعمال طرق الزراعة الكثيفة وتربية الحيوان ، وتحتوي المياه العادمة الزراعية على مواد عضوية سهلة التحلل ولا تشكل خطرًا على البيئة ، ولكن هناك مياه عادمة زراعية ناتجة عن تصنيع علف الحيوانات والتي تحتوي على مواد عضوية مثل مركبات النيتروجين ، كما أن استعمال المبيدات يؤدي إلى نقل هذه المواد عن طريق مياه الري إلى الماء السطحي المجاور للحقول المزروعة .

٤-التلوث بالنفط

يزداد تلوث مياه البحار والمحيطات بزيادة ناقلات النفط عددًا وحجمًا ، ويتم تلوث مياه البحار والمحيطات والأنهار بسبب غرق ناقلات النفط ، كما حدث عندما غرقت سفينة كانيون في بحر المانش عام ١٩٦٧ وتسرب منها ١١٧ ألف طن من النفط الخام إلى البحر ، كما تقوم كثير من السفن بغسل صهاريجها وتغريقها في البحر ، كما تحدث عملية تلوث

مياه البحار عند استغلال آبار النفط الموجودة في البحار ، ومثال ذلك عندما تسرب النفط من حقل نوروز الإيراني عام ١٩٨٣ ولوث مياه الخليج العربي ، بالإضافة إلى تلوث مياه الخليج العربي مرة أخرى في حرب الخليج عام ١٩٩١، ويعد النفط ومشتقاته من مصادر تلوث المياه التي تتميز بانتشارها السريع على سطح الماء وتكوين طبقة تعمل على عزل المياه عن الهواء ومن ثم تمنع التبادل الغازي بينهما ، ويغطي واحد طن من النفط دائرة يصل قطرها ١٢كم.

٥- الأمطار الحامضية

تتكون هذه الأمطار في الأقاليم الصناعية حيث يحتوي هواء تلك المناطق على الغبار وأكاسيد النيتروجين والكبريت والتي تهبط على شكل أمطار حامضية وبعد سقوط الأمطار ووصولها لسطح الأرض فإن الملوثات تنتقل للمياه السطحية ، وتهطل هذه الأمطار في الدول الأوروبية وكندا والولايات المتحدة.

أشكال تلوث المياه

١- التلوث الفيزيائي

يحدث هذا النوع من التلوث نتيجة عملية الانجراف المائي وبخاصة في الأراضي المحروثة والخالية من الغطاء النباتي ، وفي مناطق المناجم والصناعات التعدينية .

٢- التلوث الكيميائي

يحدث نتيجة وجود مواد كيمائية سامة مذابة في الماء مثل أملاح الكبريتات والنترات ومركبات الفسفور والرصاص والزئبق .

٣- التلوث الإشعاعي

يحدث هذا النوع من التلوث للمياه بسبب الإشعاعات النووية التي تحدث بسبب التجارب النووية أو انفجار بعض المفاعلات النووية كما حصل في الولايات المتحدة وأوكرانيا .

٤- التلوث الحراري

يحدث هذا النوع من التلوث بسبب إلقاء المياه المستخدمة في تبريد المصانع داخل البحار أو مجاري الأنهار مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة المياه وبالتالي طرد الأكسجين وعدم صلاحية المياه للحياة النباتية والحيوانية .

تلوث المياه الجوفية

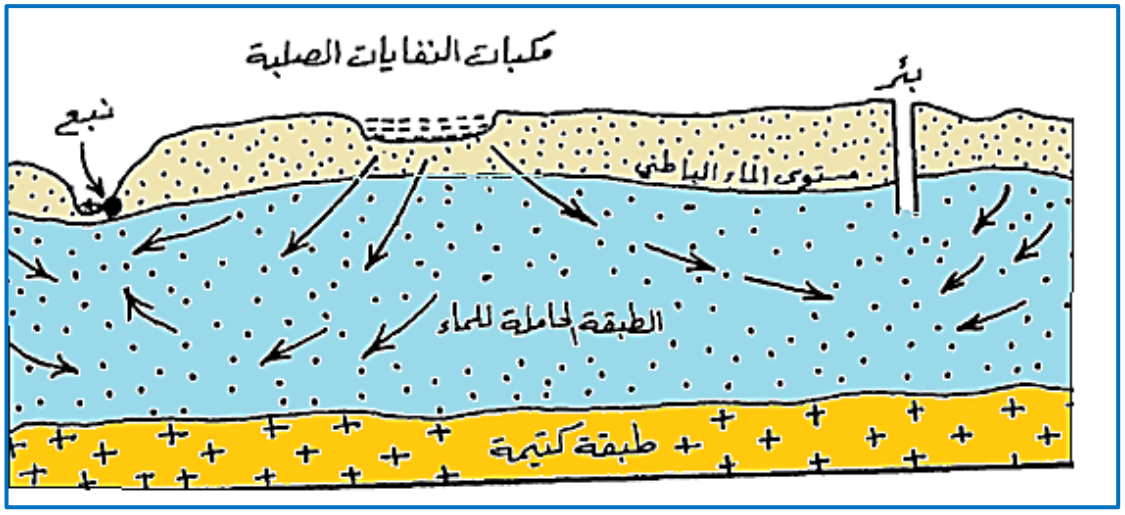
تتعرض المياه الجوفية في العديد من المناطق للتلوث ، وذلك للأسباب الآتية:-

١- صرف المياه العادمة المنزلية والزراعية والصناعية في الأحواض السطحية المغذية للماء الجوفي والتي ترشح إلى الطبقات الحاملة للماء الجوفي .

٢- طرح مختلف الفضلات التي تتعرض للإذابة عند سقوط الأمطار ثم تبدأ بالتسرب إلى الماء الجوفي .

٣- تسرب النفط عند استخراجه للماء الجوفي .

٤- الزراعة الكثيفة واستخدام الأسمدة والمخصبات الكيميائية والمبيدات حيث ينتج عن ذلك إذابة هذه المواد وتسربها إلى الطبقات الحاملة للماء الجوفي .



تلوث الماء الجوفي

ثانيًا :- المياه العابرة للحدود (المياه المشتركة)

تمثل المياه جوهر الترابط البشري ؛ فهي أحد الموارد المشتركة التي تخدم الزراعة و الصناعة و الأغراض المعيشية و البيئية ، كما أن المياه تعد أيضًا أكثر الموارد الأساسية تجاوزًا للحدود ، وتعمل المياه العابرة للحدود على تمديد الترابط الهيدرولوجي ، بالربط بين مستخدمي المياه في مختلف البلدان من خلال نظام مشترك ، ولا شك أن إدارة ذلك الترابط هو أحد التحديات الكبرى للتنمية البشرية التي تواجه المجتمع الدولي .

تختلف المياه عن أي مورد آخر من الموارد النادرة في نواحٍ مهمة ؛ إذ أنها تشكل جوهر كافة جوانب المجتمع البشري ، من البيئة إلى الزراعة إلى الصناعة ، وليس لها بدائل معروفة ، وتعد المياه عاملًا حيويًا للحياة ، مثلها في ذلك مثل الهواء ، كما أنها تمثل أيضًا جزءًا لا يتجزأ من نظم الإنتاج التي تعمل على تحقيق الثراء و الرفاهية ، ونظرًا لأن الماء مورد متدفق وليست كيانًا جامدًا فإن استخدامها في أي موضع يتأثر من جراء استخدامها في المواضع الأخرى ، وعلى طرف النقيض من النفط أو الفحم ، لا يمكن إدارة المياه مطلقًا لغرض واحد فقط أو لصالح بلد واحد فقط في حالة المياه العابرة للحدود.

وتلقي طريقة استخدام أي بلد للمياه بتأثيرات على غيرها من البلدان ، وعادة ما يحدث ذلك من خلال إحدى الآليات الثلاث التالية :

- التأثيرات على نوعية المياه : لا شك أن كيفية استخدام أي بلد من البلدان الواقعة في الشق الأعلى لمجرى النهر تؤثر على بيئة ونوعية المياه التي تصل إلى البلدان الواقعة في الشق الأدنى منه ،

فقد ينتقل التلوث البشري أو الصناعي عبر الأنهار إلى بلدان أخرى ، فعلى سبيل المثال في نوفمبر ٢٠٠٥ عند وقوع الحادثة الصناعية التي تسببت في انتشار بقعة كيميائية في نهر سونغهوا الصيني بطول ٨٠كيلو متر ، لم تهدد تلك الحادثة سكان مدينة هاربين البالغ عددهم ٣ ملايين مواطن فحسب ، وإنما هددت أيضًا سكان مدينة خباروفسك الروسية الواقعة على الحدود.

- التنافس على إمدادات محدودة : عندما تعتمد البلدان على مصدر واحد للمياه في دعم بيئاتها واستدامة سبل المعيشة بها ودفع عجلة النمو ، إلا أن استخدام تلك المياه في أحد المواضع يؤدي إلى تقييد مدى توفرها في موضع آخر ، فعلى سبيل المثال يؤدى استبقاء المياه في الشق الأعلى لمجرى المياه لخدمة أغراض الري أو توليد الطاقة في إحدى البلدان إلى تقييد تدفق المياه في اتجاه الشق الأدنى لمجرى النهر لخدمة الأغراض الزراعية و البيئية.
- توقيت التدفق : ثمة تأثيرات مهمة لموعد تدفق المياه واستخدامات البلدان، فعلى سبيل المثال قد يحتاج مستخدمو المياه للأغراض الزراعية في إحدى البلدان الواقعة في الشق الأدنى لمجرى النهر إلى كميات من المياه للوفاء بمتطلبات الري في ذات الوقت الذي تحتاج فيه البلدان الواقعة في الشق الأعلى منه إلى المياه لتوليد الطاقة الكهرمائية ، وهي مشكلة شائعة في الوقت الراهن في آسيا الوسطى .

تغطي الأحواض المائية الدولية (الأنهار- البحيرات -المياه الجوفية) نحو نصف مساحة اليابسة من الكرة الأرضية ، ويعيش الآن اثنان من كل خمسة أشخاص في العالم في هذه الأحواض المائية التي تمثل أيضًا ٦٠٪ من إجمالي تدفق الأنهار على مستوى العالم ، وتجدر الإشارة إلى تزايد عدد هذه الأحواض المائية المشتركة نظرًا لتفكك الاتحاد السوفيتي والاتحاد اليوغسلافي السابق حيث أرتفع عدد الأحواض من ٢١٤ حوض في عام ١٩٧٨إلى ٢٦٣ حوض في الوقت الراهن .

ويتضح عمق الترابط من خلال عدد البلدان التي تشترك في الأحواض المائية وهو ١٤٥ بلدًا مما يمثل أكثر من ٩٠٪ من سكان العالم وعلاوة على ذلك فإن هناك أكثر من ٣٠بلدًا في العالم تقع بالكامل داخل أحواض مائية عابرة للحدود .

أمثلة

- تشترك ١٤ بلدًا في نهر الدانوب (كما تتمتع ٥ بلدان أخرى بحصص هامشية في هذا النهر)
- ١١بلدًا في نهر النيل
- ١١ بلدًا في نهر النيجر
- ٩ بلدان في نهر الأمازون

وتختلف البلدان في معدل اعتمادها على النظم المشتركة ، ففي بعض الحالات تعمد بعض البلدان التي تمثل جزءًا صغيرًا من حوض مائي وفقًا للمعايير الجغرافية إلى الاعتماد بصورة كبيرة على ذلك الحوض وفقًا للمعايير الهيدرولوجية ، كما يكون العكس صحيحًا أيضًا ، على سبيل المثال تمثل بنجلاديش ٦٪ فقط من حوض نهر الجانج – براهمابوترا – ميغنا ، مع أن هذا

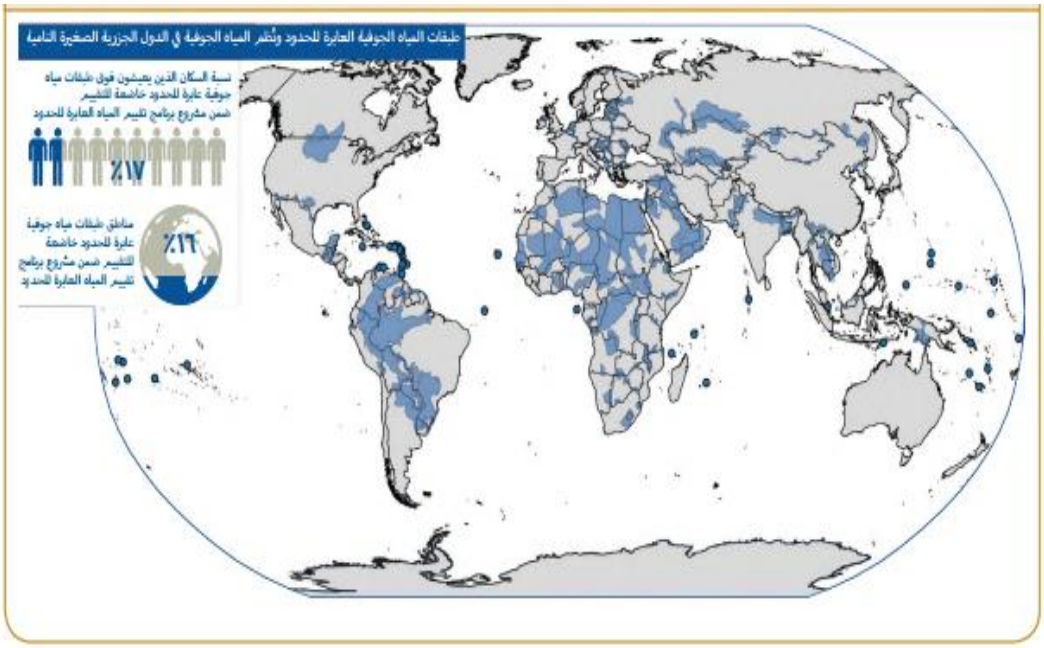
الحوض يشغل ثلاثة أرباع مساحة البلد ، في الوقت الذي تقع فيه خمس مساحة حوض نهر الميكونج في الصين إلا أنه يمثل ٢٪ من الأراضي الصينية ، وفي الشق الأدنى لمجرى المياه تقع أكثر من أربعة أخماس جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية وقرابة ٩٠٪ من كمبوديا داخل هذا الحوض .

وفي العديد من البلدان تكون البحيرات المشتركة ذات أهمية بالغة لأمن المياه وسبل المعيشة على حد سواء ، وكمثال على ذلك يعتمد حوالي ٣٠ مليون نسمة على مياه بحيرة فكتوريا مما يمثل ثلث مجموع سكان كينيا وتنزانيا وأوغندا ، كما يعيش ٣٧ مليون نسمة آخرون في حوض بحيرة تشاد ، وعلى الرغم من أن بحيرة فكتوريا تعد أكثر مصائد أسماك المياه العذبة إنتاجًا في العالم وأن بحيرة تشاد تمنح ثلاثة أرباع إجمالي إنتاج الأسماك في المنطقة بأكملها ، فإن معدلات الفقر بين سكان تلك البلاد مرتفعة للغاية لذا فإن ثمة تأثيرات مهمة لإدارة البحيرة على جهود الحد من الفقر ويصدق نفس الأمر على حوض بحيرة تيتيكاكا بأمريكا اللاتينية حيث يعيش ما يربو على ٢مليون شخص في الحوض (يشمل بوليفيا وبيرو) ، وتقدر مستويات الفقر بما يزيد على ٧٠٪ ، وعلاوة على ذلك فإن مدينتي إلالتو وأرورو اللتين تقعان في حوض البحيرة في بوليفيا ويعيش فيهما نحو ربع سكان البلد تعتمدان على البحيرة لسد احتياجاتهم من المياه.

تفرض البحيرات تحديات خاصة أمام تحقيق التعاون المنشود ، حيث أنها أقل قابلية للتجديد عن الأنهار فضلًا عن العديد من الضغوط التنافسية الأخرى .

و بما أن البحيرات تعد نظمًا إيكولوجية "مغلقة" ولكن مترابطة فإنها حساسة للتلوث والسحوبات المائية بصورة أكبر من الأنهار ، كما توجد بعض الآثار على ذلك فيما يتعلق بنقل المياه ذات النوعية الرديئة ، وتبرز بعض المصاعب الأخرى من المنازعات المتعلقة بالتصنيف ، فعلى سبيل المثال لا تتمكن البلدان الخمس التي تتشارك في حوض قزوين في الاتفاق بشأن ما إذا كان هذا المسطح المائي بحرًا أم بحيرة ، وتترتب على هذه المنازعة القانونية العديد من الآثار المتعلقة بإدارة الموارد المشتركة بسبب القوانين المختلفة التي تسري على هذه الحالة .

و تختلف مستودعات المياه الجوفية عن البحيرات والأنهار من حيث كونها غير مرئية ، وتحتوي هذه المستودعات على مخزون أكثر من ٩٠٪ من المياه العذبة في العالم ، كما أنها تمتد عبر الحدود مثلها في ذلك مثل الأنهر والبحيرات ، ويوجد في أوروبا وحدها أكثر من ١٠٠ مستودع للمياه الجوفية العابرة للحدود ، وتتشارك كل من الأرجنتين و البرازيل وباراجواي وأوروجواي في مستودع غواراني للمياه الجوفية الواقع في أمريكا الجنوبية ، ومن ناحية أخرى فإن تشاد ومصر وليبيا والسودان وهي بلدان تعاني من الإجهاد المائي تتشارك في مستودع المياه الجوفية الذي يحمل اسم خزان الحجر الرملي النوبي ، كما أن النهر الصناعي العظيم ، وهو شبكة تتألف من خطي أنابيب مدفونة أسفل رمال الصحراء الكبرى ، تقوم بنقل المياه من هذا المستودع القديم للمياه الجوفية إلى الساحل الليبي من أجل ري الحقول الواقعة حول مدينتي بنغازي وطرابلس .



أحواض المياه الجوفية المشتركة

وفيما يلي نماذج للأحواض الهيدرولوجية المشتركة

(حوض النيل – حوض بحيرة فكتوريا)

حوض النيل

يعرف حوض النهر الدولي بأنه المنطقة الجغرافية المحددة بحدود المستجمع المائي لشبكة فروع النهر بكاملها (المنطقة التي تنزل عليها مياه الأمطار الخاصة بالحوض وما يوجد بها من بحيرات وما يجري فيها من أنهار وفروع) ، ويعد نهر النيل واحد من أكبر الأحواض النهرية في العالم حيث يمتد على مساحة تعادل ١٠٪ من قارة أفريقيا (حوالي ٣مليون كم٢)، و حوض النيل له دور كبير في التنمية الاقتصادية للبلدان الواقعة عليه حيث لا تزال الزراعة هي النشاط الرئيسي إلى جانب توليد الكهرباء.

إن نهر النيل مثال على الترابط الهيدرولوجي ؛ حيث يعيش قرابة ١٥٠ مليون نسمة في حوض نهر النيل ، والذي يعتبر نظامًا مائيًا يربط بين ٩٦٪ من

المصريين الذين يعيشون في وادي النيل والدلتا وبين الشعوب التي تعيش على المرتفعات الإثيوبية وشمال أوغندا وبين بلدان أخرى .

دول حوض النيل

يعتبر نهر النيل أطول أنهار العالم حيث يبلغ طوله ٦٨٥٠كم ، وتزيد مساحة حوضه عن ٣ ملايين كم٢ ، وهو يمتد من الجنوب إلى الشمال شاغلًا ٣٦ درجة عرضية من خط عرض ٣ جنوبًا إلى ٣٢ شمالًا ، أما في العرض فيختلف حوضه سعةً وضيقًا ولكنه أوسع ما يكون عند خط عرض ١٠ شمالًا إذ يمتد الحوض ما بين هضبة الحبشة شرقًا إلى حدود نهر الكونغو غربًا، ويجري نهر النيل في حوض واسع يضم إحدى عشرة دولة ، تقع في شمال شرق

ووسط القارة الأفريقية وهي : مصر – السودان – جنوب السودان – أثيوبيا – كينيا – أوغندا – الكونغو – أرتيريا – روندا – بوروندي – تنزانيا .

الخصائص العامة لحوض النيل

- يتسع حوض نهر النيل ليشمل مجموعة الدول التي تنساب مياه أمطارها لتنحدر نحوه ، ويشمل كذلك مجموعة الدول التي لا تسقط عليها أمطار ولكنها تحسب ضمن هذا الحوض بفرض انسياب مياه الأمطار في حال سقوطها، وبذلك يتسع حوض النيل لتصل مساحته إلى ثلاثة ملايين كم٢.
- يلتزم نهر النيل في جريانه اتجاه الشمال باستمرار ولا يناظره في ذلك أي نهر بالعالم فقد ينحني مجراه تارة إلى الغرب وتارة للشرق لكنه يعود مرة أخرى لمساره باتجاه الشمال ، ولتأكيد ذلك نجد أن كلًا من المنبع والمصب لا يفصل بينهما سوى خط طول واحد فالمنبع من فكتوريا عند خط طول ٣٣ شرقًا والمصب عند ٣٢ شرقًا.
- أن نهر النيل يخترق حوالي ٣٦ درجة عرضية فهو يتنقل من منبعه حتى مصبه بين أقطار متباينة في المناخ و الغطاء النباتي ، بعكس نظيره في الضخامة والطول وهو نهر الأمازون والذي يسير في نطاق مناخي واحد هو الإقليم الاستوائي وكذلك نهر الكنغو ، مما يجعل نهر النيل أطول أنهار العالم وأكثرها تنوعًا فيما يسير فيها من بقاع متباينة فهو يربط بين العديد من دول شرق وشمال شرق أفريقيا.

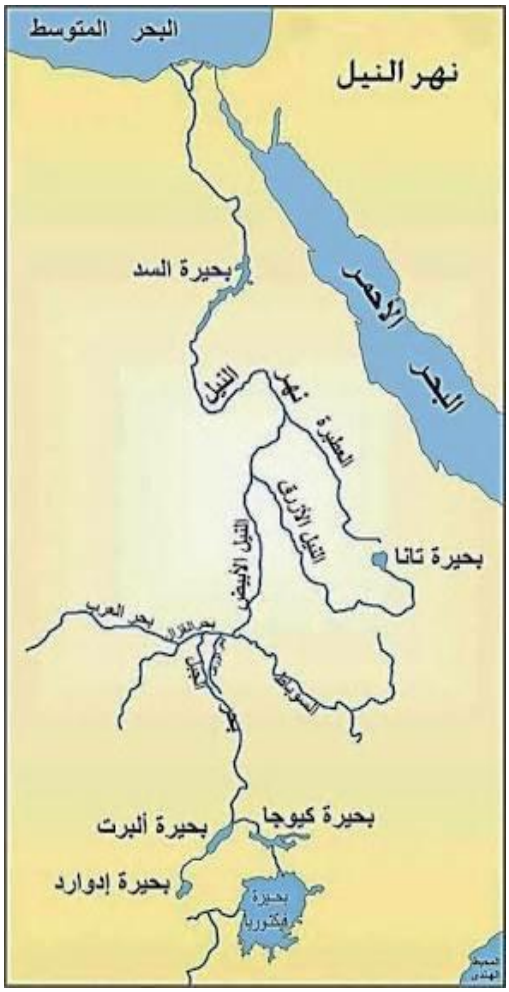
- تقل الطاقة التصريفية لنهر النيل كلما اتجهنا صوب المصب شمالًا بعكس أنهار الكونغو والأمازون ، مما أدى إلى أن دول المنابع والأجزاء الوسطى تحظى بنصيب أوفر من مياه الأمطار مما قلل من درجة اعتمادها على مياه النهر بعكس الأجزاء الدنيا منه حيث يجري في بيئات صحراوية جافة كشمال السودان ومصر .

- يبتعد المقطع الطولي لنهر النيل عن الشكل المثالي من حيث المراحل التطورية (الشباب عند المنابع – النضج في مجراه الأوسط – الشيخوخة في مجراه الأدنى) وذلك بسبب أن مقطعه أكثر تعقيدًا لتعدد أنواع الصخور والمراحل التطورية لكل منها فنجده مثلًا يمر بمناطق تمثل الشيخوخة في وسطه عند بحيرة نو .

- يبلغ تصريف نهر النيل ٨٥مليار متر مكعب يأتي نحو ٨٦٪ من الأمطار الموسمية على هضبة الحبشة حيث ينشط النيل الأزرق والسوباط وعطبرة وهي من الروافد النشطة خلال فصل الأمطار الموسمية ، بينما لا تزوده منابعه الاستوائية إلا بنحو ١٤٪من خلال النيل الأبيض الذي يلتقي بالأزرق عند الخرطوم .

رحلة النيل من المنابع حتى المصب : ينبع النيل من درجة العرض ٣ جنوبًا، وينتهي عند دائرة ٣٢ شمالًا ؛ أي أن النيل يخترق أكثر من ٣٦ درجة عرضية، وهذه ظاهرة فريدة قلما كان لها مثيل في أنهار أخرى، وقد ترتب عليها امتداد أقاليم طبيعية مختلفة في الحوض، من النطاق الاستوائي في

الجنوب إلى حافة النطاق المعتدل (إقليم البحر المتوسط) في الشمال، مارًا بأقاليم السفانا المختلفة، والإقليم الصحراوي، كما أنه بذلك ربط دولًا عديدة تمتد من شرق أفريقيا إلى شمالها الشرقي.



تعد منابع نهر كاجيرا في دولتي رواندا وبوروندي هي المنابع الحقيقية للنهر، ويتكون نهر كاجيرا — الذي ينصف مصبه الساحل الغربي لبحيرة فكتوريا — من رافدين أساسيين هما: روفوفو ونيافارونجو.

وينبع روفوفو — وهو الرافد الجنوبي الأقصى للنيل — من الحافة الشرقية للأخدود الغربي في دولة بوروندي، ولا يفصله عن شمال شرق بحيرة تنجانيقا سوى ٥٠ كم، ويتجه روفوفو إلى الشمال الشرقي حتى يلتقي بنيافارونجو قرب نقطة التقاء حدود بوروندي وتنزانيا ورواندا، وينبع نيافارونجو من حافة الأخدود الغربي أيضًا في داخل دولة رواندا، وليس بعيدًا عن شواطئ بحيرة كيفو، ولكنه على عكس روفوفو لا يتخذ مسارًا بسيطًا، بل يتجه شمالًا ثم جنوبًا بشرق، ثم شرقًا حتى يلتقي بروفوفو، وبعد ذلك يتجه النهران معًا إلى الشمال باسم نهر كاجيرا، ثم ينحرف النهر بشدة إلى الشرق ويتعرج مجراه في اتجاهات مختلفة، ولكن النهر عامة يواصِل سيره شرقًا حتى مصبه في بحيرة فكتوريا.

وعلى الرغم من أن كاجيرا هو منبع النيل، فإن بحيرة فكتوريا تتلقى روافد نيلية أخرى كثيرة من كل الاتجاهات، إلا أنها كلها أقصر من كاجيرا، والمخرج الوحيد لبحيرة فكتوريا يقع في الشمال، ومن هذا المخرج يبدأ نيل فكتوريا مساره بسقطتين متتاليتين على مندفعات ريبون وأون، ثم يواصِل مسارًا قصيرًا ليدخل منطقة مستنقعية كبيرة تتوسطها بحيرة كيوجا–كوانيا التي يخرج نيل فكتوريا من طرفها الغربي ليسير مسافة قصيرة أخرى، ثم يسقط بشدة أربعين مترًا من سطح هضبة البحيرات إلى الأخدود الغربي في شلال مرشيزون، ليدخل بعده في هدوء إلى بحيرة ألبرت في طرفها الشمالي الشرقي.

وتكون بحيرة ألبرت نقطة تجميع مياه هضبة البحيرات والقسم الشمالي من الأخدود الغربي، فعند شاطئها الجنوبي تدخل مياه نهر السمليكي الذي يصرف مياه بحيرتي إدوارد-جورج وروافد صغيرة أخرى بعضها يصرف المنحدرات الشمالية لبراكين فيرونجا.

ومن الطرف الشمالي من بحيرة ألبرت يخرج نيل ألبرت البطيء الجريان، الذي يتسع في أحيان ليبلغ حجم البحيرات الصغيرة، وعند الحدود السودانية مع أوغندا يلتقي النيل بنهر أسوا، وهو رافد يصرف الجزء الشمالي من هضبة البحيرات، وبعد ذلك يسقط النيل على شلالات فولا ويتخذ اسم بحر الجبل الذي يسير في مجرى متوسط الانحدار في قسمه الجنوبي.

ثم يلقي بنفسه في منطقة شاسعة تبلغ مساحتها قرابة مائة ألف كيلومتر مربع (منطقة السدود التي لا يكاد يسير الماء فيها إلا قوة تدافع الماء من الجنوب) ،و في هذه المنطقة آلاف المسارات المائية وآلاف الجزر النباتية العائمة، وآلاف المخارج والمداخل للنهر بحيث يمكن للإنسان أن يفقد طريقه بسهولة .

ومن هذه المستنقعات التي لا حصر لها ينبع رافد صغير هو بحر الزراف، الذي يعود فيلتقي بالنيل الأبيض قرب التقائه بالسوباط، وينتهي بحر الجبل ببحيرة نو التي تجمع مياه الجنوب بمياه بحر الغزال، الذي

يصرف مياه الهضبة الحديدية، التي تفصل بين حوضي النيل والكنغو، كما يجمع أيضًا مياه جنوب دارفور وجنوب غرب كردفان.

ومن بحيرة نو يبدأ النيل الأبيض متجهًا إلى الشرق حتى التقائه بالسوباط أول الروافد الحبشية، وهنا ينحرف النيل إلى الشمال حتى الخرطوم في مسار واسع تكتنف أجزاء منه المستنقعات والجزر الطويلة، وعند الخرطوم يلتقي النيل بأهم روافده: النيل الأزرق (الأزرق بمعنى الداكن لكثرة ما يحمله من طمي) الذي يصرف مساحة كبيرة من الهضبة الحبشية، ويعتبر المنبع الهام الثاني للنيل بعد منبعه من هضبة البحيرات، ولولا النيل الأزرق لما استطاع النيل أن يكون نهرًا دائم الجريان في النوبة ومصر، ولا أدل على ذلك من أن تصريف هذا الرافد الحبشي يبلغ في ذروة الفيضان في أغسطس قرابة ٧٦٠٠ متر مكعب في الثانية، يهبط بعدها إلى ١٨٠ متر مكعب في الثانية قبل موسم الفيضان، وفي الوقت ذاته يبلغ تصريف النيل الأبيض عند الخرطوم ١٠٤٠ متر مكعب في الثانية في نهاية موسم المطر، يهبط بعدها إلى ٣٨٠ متر مكعب في نهاية الفصل الجاف.

وعلى بعد ٣٠٠ كيلومتر من الخرطوم يلتقي النيل بآخر رافد له وهو العطبرة الذي ينبع من شمال هضبة الحبشة، ويبلغ تصرفه ٢٠٠٠ متر مكعب في الثانية وقت الفيضان، بينما يكاد لا يكون به ماء جارٍ في موسم الجفاف، وبعد العطبرة يخترق النيل ٢٥٠٠ كيلومتر وسط صحراء تعد من أجف وأقحل صحراوات العالم حتى ينتهي إلى البحر، والحقيقة أن استمرار سريان الماء في النيل هذه المسافة الهائلة دون روافد ودون أمطار يعد معجزة حقيقية لا

مثيل لها، ولا شك أن النيل يفقد الكثير من مياهه بالبخر والتسرب عبر هذه المسافة الشاسعة، فتصرف النيل الأبيض والأزرق والعطبرة مجتمعين في سبتمبر يساوي قرابة ١٠٠٠٠ متر مكعب في الثانية، يصل منها مصر ٧٦٠٠ متر مكعب في الثانية، ويهبط هذا الرقم في أوقات التحاريق إلى ٥٣٠ متر مكعب في الثانية فقط.

والنيل النوبي من الخرطوم إلى أسوان يتخذ مسارًا معقدًا نتيجة ظروف التركيب الصخري والتضاريسي، وهو في الحقيقة يكاد يرسم شكل S الإفرنجية، مارًا بعقبات ملاحية عديدة تسمى شلالات، ولكنها في الواقع الجنادل الستة المعروفة «أسوان – حلفا – دلجو – مروي – بربر – سبلوكه»، وهذه الجنادل عبارة عن صخور جرانيتية صلبة تعترض مسار النهر، مما يجعل النهر يتخذ عشرات المسالك الصغيرة حولها في مسافات تتراوح بين بضع كيلومترات وعشرات الكيلومترات.

وبعد أسوان لا تعود العقبات تعترض النهر، وتهدأ سرعة جريانه — باستثناء منطقة جبل السلسلة — ويتجه النهر إلى الشمال فيما عدا ثنية قنا، وبعد القاهرة بقليل يتفرع النهر إلى فرعيه دمياط ورشيد ليكون دلتا صغيرة جدا، بالقياس إلى الحجم العملاق الذي يصل إليه هذا النهر العظيم طولًا ومساحة.

و على ما سبق فإن حوض النيل يمثل نموذج للترابط الهيدرولوجي والنشاط البشري ، ولكن تختلف حاجة دول حوض النيل للمياه تبعا لما ينزل

عليها من أمطار أو يتوفر لديها من موارد مائية وعلى حسب أعداد سكانها وما تتطلبه برامج التنمية فيها ، ومما هو جدير بالملاحظة أنه هناك زيادة في حاجة هذه الدول للتنمية في الوقت الحاضر لمواجهة حاجات السكان في ظل التطورات العلمية والتكنولوجية التي تعم العالم ، إلى جانب أن المياه تعتبر هي المشكلة الرئيسية في البلدان الجافة وشبه الجافة ،كما تمثل الزراعة النشاط الاقتصادي الرئيسي في جميع دول حوض النيل وتعتمد معظم دول المنابع في زراعتها على الأمطار .

٣- حوض بحيرة فكتوريا

بحيرة فكتوريا هي أكبر بحيرة للماء العذب في أفريقيا من حيث المساحة ، وهي أكبر بحيرات القارة الأفريقية على الإطلاق ، كما أنها أكبر بحيرة استوائية في العالم حيث تبلغ مساحتها ٦٩,٤٨٥كم٢، وهي ثاني أكبر بحيرة للمياه العذبة بعد بحيرة سوبيريور فى أمريكا الشمالية من ناحية الكمية، وتبلغ مساحة حوض البحيرة ٢٣٨,٩٠٠ كيلو متر مربع، كما يبلغ طول البحيرة من أقصى الشمال ٣٣٧ كم وعرضها ٢٤٠ كم ويصل ارتفاعها فوق مستوى سطح البحر ١١٣٤ متر وعمقها ٨٢ متر .

وبالنسبة للموقع الفلكي فإن البحيرة تقع على خط طول ٣٣ درجة شرق خط جرينتش، وعلى دائرة عرض ١ درجة جنوب خط الاستواء ، وقد سميت البحيرة بهذا الاسم نسبة إلى الملكة البريطانية فكتوريا الذى أطلقه عليها الرحالة البريطاني جون هانين سبيك، وهو أول رحالة يصل للبحيرة عام ١٨٥٨.

يبلغ عمر بحيرة فيكتوريا حوالي ٤٠٠٠٠٠ عامًا، حيث أنها تشكلت عندما ارتفعت حافة الهضبة الغربية وتولت الأنهار ، وقد تعرضت البحيرة للجفاف بالكامل ثلاثة مرات على الأقل منذ تكوينها بسبب انخفاض مستوى هطول الأمطار على مستوى العالم.

وتعد بحيرة فكتوريا إحدى البحيرات العظمى الأفريقية ، وتطل عليها ثلاث دول هي كينيا وأوغندا وتنزانيا كما تضم البحيرة نحو ٣٠٠٠ جزيرة بعضها يمثل وجهات سياحية ، وتعتبر البحيرة واحدة من أهم مصائد الأسماك في أفريقيا ،و ينبع من البحيرة نيل فكتوريا الذي يعتبر من الروافد الدائمة الاستوائية لنهر النيل .

والبحيرة مقسمه بين ثلاث دول بنسب مختلفة :

- كينيا ٦٪
- أوغندا ٤٥٪
- تنزانيا٤٩٪

وتتلقى بحيرة فيكتوريا ٨٠ في المائة من مياهها من الأمطار المباشرة، ويتراوح متوسط التبخر على البحيرة بين ،و تتلقى بحيرة فيكتوريا مياهها بالإضافة إلى ذلك من الأنهار وآلاف الجداول الصغيرة، ونهر كاجيرا هو أكبر نهر يتدفق إلى هذه البحيرة، على الشاطئ الغربي للبحيرة ، يعتبر نهر النيل النهر المتدفق الوحيد من بحيرة فيكتوريا فهو الذي يخرج من البحيرة بالقرب من "جينجا" أوغندا ، وهذا ما يجعل بحيرة فيكتوريا المصدر الرئيسي لأطول فرع لنهر النيل.

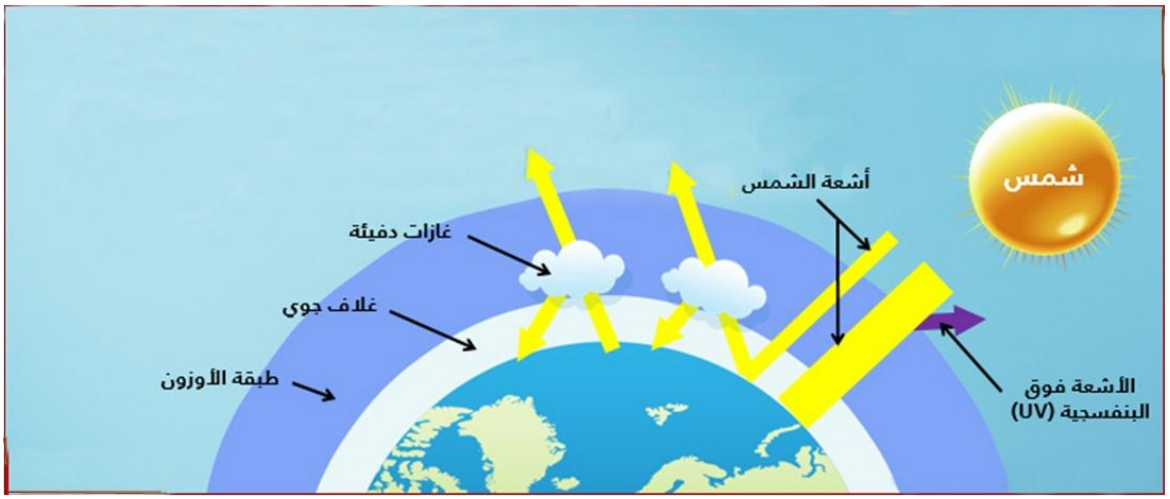
وتعد الكثافة السكانية حول بحيرة فكتوريا عاملًا أساسيًا من عوامل التلوث حيث إن المناطق الريفية منها تحتوي على العديد من السكان، ونتيجةً لذلك تلوث البحيرة بشكل أساسي من تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة والنفايات المنزلية، والصناعية كونها تعد موطنًا للكثير من المصانع التي تصرف نفايتها بشكل مباشر في البحيرة، والأسمدة والمواد الكيميائية من المزارع.

الأهمية الاقتصادية لبحيرة فكتوريا :

- **تمثل المنابع الاستوائية الدائمة لنهر النيل**
- **مصدر للمياه العذبة**
- **تمثل وجهة سياحية**
- **تضم البحيرة ما يزيد عن ٢٠٠ نوع من الأسماك منها سمك البلطي ذو الأهمية اقتصاديًا، يعيش في البحيرة والأراضي الرطبة القريبة منها العديد من أنواع الثدييات، ومن الأمثلة عليها فرس النهر وثعالب الماء وظبي السبخة وظبي الماء، وبالإضافة إلى ذلك تضم البحيرة وأراضيها عددًا كبيرًا من الزواحف كالتماسيح والسلاحف الأفريقية وسلاحف الطين.**

ثالثًا : التغير المناخي و أمن المياه

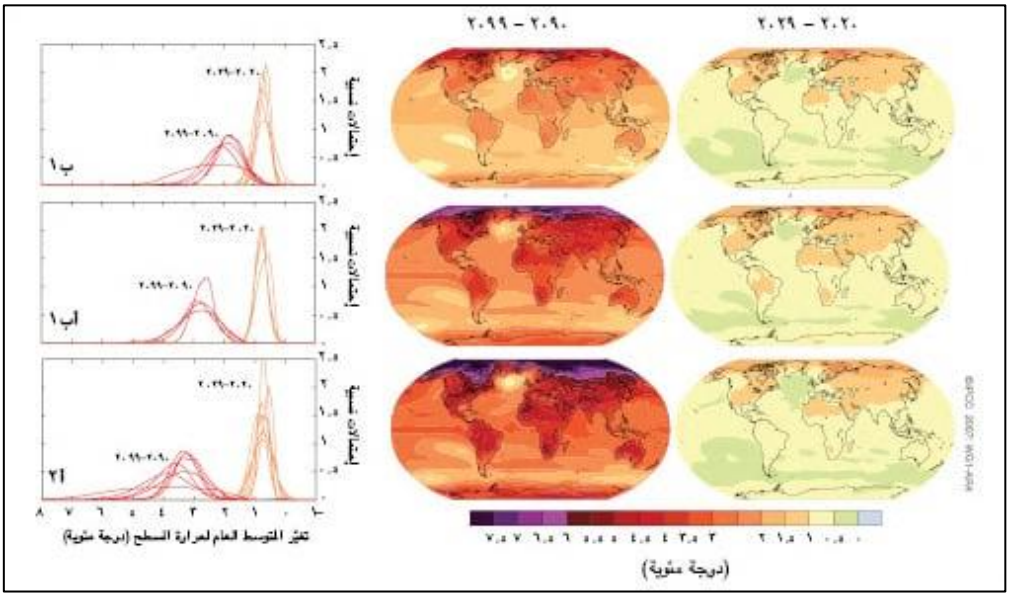
في القرن الحادي و العشرين أدت الأنشطة البشرية إلى زيادة معدلات الغازات المتولدة نتيجة لظاهرة البيوت الزجاجية – ويغلب عليها ثاني أكسيد الكربون والميثان و الأوزون – في الغلاف الجوي بنحو ٣٠٪ فوق مستويات تواجد هذه الغازات قبل عمليات التصنيع .

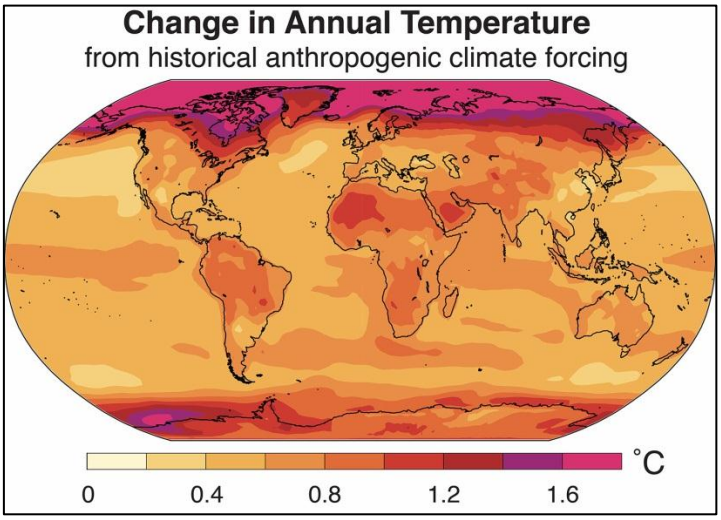


ظاهرة الاحتباس الحراري

قد يكون الإحترار العالمي واقعًا بيننا بالفعل إلا أن الإحترار الهائل المتوقع حدوثه خلال القرن الحادي و العشرين سيؤدي إلى حدوث تغيرات ضخمة في معدلات التبخر و الترسيب مصحوبًا بمزيد من التغير غير المتوقع في الدورة الهيدرولوجية ، فسيؤدي الارتفاع في درجات حرارة الجو إلى زيادة معدلات تبخير مياه المحيطات في العالم ، مما يتسبب بدوره في زيادة كثافة دورة المياه ، كما يعني هذا الارتفاع ازدياد سرعة تبخير المياه من اليابسة ، وبالتالي وصول كمية أقل من مياه الأمطار إلى الأنهار ، ومن المتوقع أن تأتي هذه التغيرات مصحوبة بأنماط جديدة لسقوط الأمطار وإحداث طقس أكثر تطرفًا ، بما في ذلك الفيضانات وحالات الجفاف .

والسؤال الذي يطرح نفسه : ما الذي تعنيه هذه التغيرات بالنسبة لأمن المياه ؟ فقد تطرأ العديد من التحولات على الدورات الهيدرولوجية المرتبطة بالأوضاع المناخية لمناطق محدودة ، وكما يشير بعض أخصائي العلوم المائية إلى إمكانية وقوع أحداث جسام نتيجة لما يأتي به التغير المناخي من دورات تغير جديدة أقل توقعًا ، فعلى سبيل المثال قد يتسبب تسارع معدل ذوبان الصفيحة الجليدية في أنتاركتيكا في وقوع سلسلة من الأحداث المرتبطة بالدورة الهيدرولوجية والتي لا يمكن التنبؤ بها.

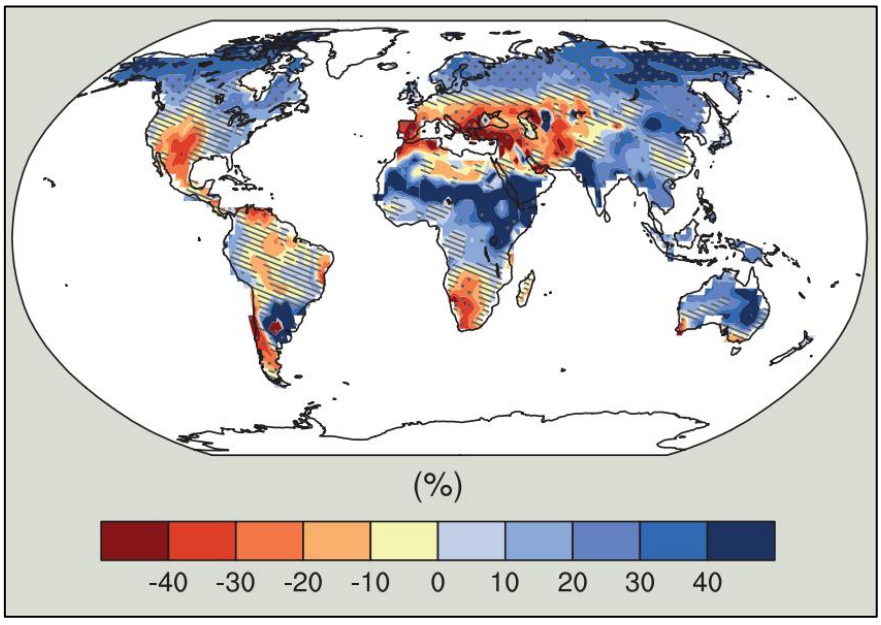




جدول يوضح متوسط الحرارة السطحية العالمي وارتفاع مستوى البحر المتوقعان في القرن ٢١

ارتفاع معدل البحر	تغير الحرارة		
(متراً في ٢٠٩٠–٢٠٩٩ مقارنة بـ١٩٨٠–١٩٩٩)	درجة مئوية في ٢٠٩٠–٢٠٩٩ مقارنة بالعام ١٩٨٠–١٩٩٩		
مدى قائم على النماذج، يستثني التغيّرات الدينامية السريعة في ذوبان الرقعة الجليدية	مدى الاحتمال	أفضل تقدير	الحالة
-	٣.٠ – ٩.٠	٦.٠	التركيزات المستقرّة في العام ٢٠٠٠ب
١٨.٠ – ٣٨.٠	١.١ – ٩.٢	١.t٨	السيناريو ب١
٢٠.٠ – ٤٥.٠	٤.١ – ٨.٣	٤.٢	السيناريو A1 T
٢٠.٠ – ٤٣.٠	٤.١ – ٨.٣	٤.٢	السيناريو ب٢
٢١.٠ – ٤٨.٠	٤.٤ – ٧.١	٨.٢	السيناريو أ١ب
٢٣.٠ – ٥١.٠	٠.٢ – ٤.٥	٤.٣	السيناريو أ٢
٢٦.٠ – ٥٩.٠	٤.٢ – ٤.٦	٠.٤	السيناريو A1FI

وقد تم رصد إحدى النتائج الممكنة استنادًا إلى سيناريوهات التطور التي وضعها الفريق الدولي المعني بتغير المناخIPCC في توقعات توفر المياه لعام ٢٠٥٠ وتشير هذه التوقعات إلى انخفاض بنسبة ٣٠٪ أو أكثر في الجريان السطحي للمياه من الأمطار لمساحات هائلة من الأراضي ببلدان العالم ، وذلك كما يتضح من الخريطة التالية .



متوسط التغيرات السنوية في الجريان السطحي للفترة(٢٠٨١–٢١٠٠)

وتشمل البلدان المعرضة لخطر انخفاض الجريان السطحي للأمطار :

- البلدان المعرضة للجفاف في جنوب أفريقيا ، بما فيها أنجولا وملاوي وزامبيا وزيمبابوي ، حيث يواجه هذا الإقليم أخطر تحديات الأمن الغذائي في العالم في ظل ارتفاع مستويات الفقر وسوء التغذية ، والأزمة الممتدة في الزراعة المعتمدة على مياه الأمطار .

- قطاع طويل من السنغال وموريتانيا مرورًا بمعظم أراضي شمال أفريقيا ، وتتضمن هذه البلدان الكثير من البلاد التي تعاني من الإجهاد المائي وانخفاض نصيب الفرد من الماء العذب إلى جانب زيادة السكان .

- كثير من أراضي البرازيل وأجزاء من فنزويلا وكولومبيا.

سيتأثر توفر المياه وتوقيت التدفق بالتغير في درجات الحرارة ، ومن المتوقع أن تشهد أجزاء من أفريقيا جنوب الصحراء وفرة في الأمطار إلا أن تناقص توفر المياه في الإقليم سيرجع إلى ارتفاع معدلات التبخير ، وبالمثل تواجه مناطق كثيرة من جنوب آسيا زيادة محتملة في متوسطات التدفقات المائية السنوية ، لكن يتواكب مع هذا تناقص الأيام الممطرة ، والسبب في هذا زيادة شدة الرياح الموسمية ، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة حجم المياه التي تضخها المحيطات من خلال الدورة الهيدرولوجية

يمكن الخروج بثلاثة استنتاجات لتوفر المياه على السبل المعيشية :

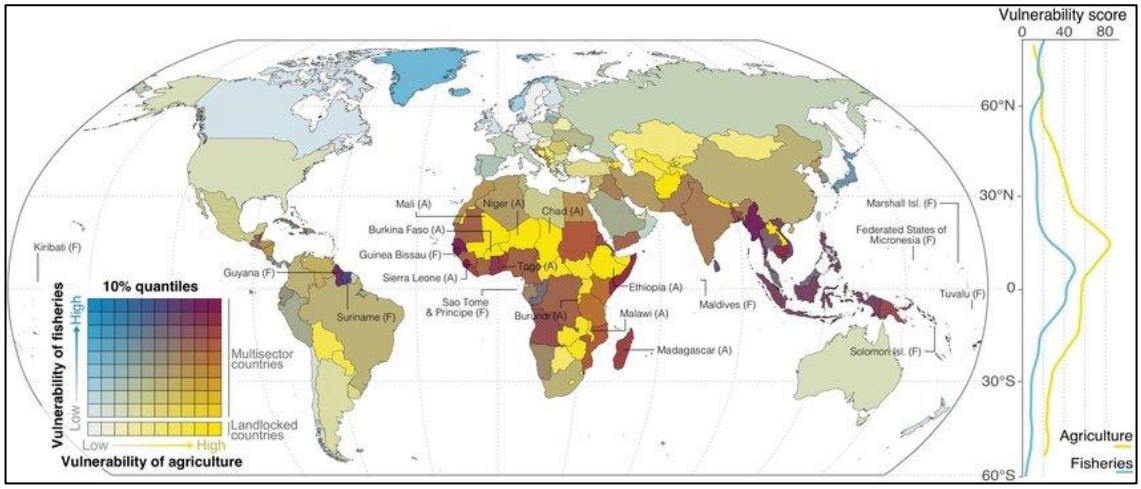
- الاستنتاج الأول :هو أن الإنتاج الزراعي المروي بماء المطر يواجه مخاطر جسيمة في العديد من المناطق ، وتزداد المخاطر في أفريقيا جنوب الصحراء حيث يعتمد الإقليم بشكل كامل على الزراعة المروية بماء المطر ، كما أن الدراسات تشير إلى تراجع غلة المحاصيل بنسبة ١٢-٥٥٪ في المناطق الجافة بولايتي سيرا وريو بالبرازيل .

- الاستنتاج الثاني :أن التدفقات المائية ستصبح أكثر تفاوتًا مع عدم القدرة على التنبؤ بمواعيدها ،كما ستزداد الظروف المناخية وستأتي في صورة موجات من الجفاف و الفيضان .

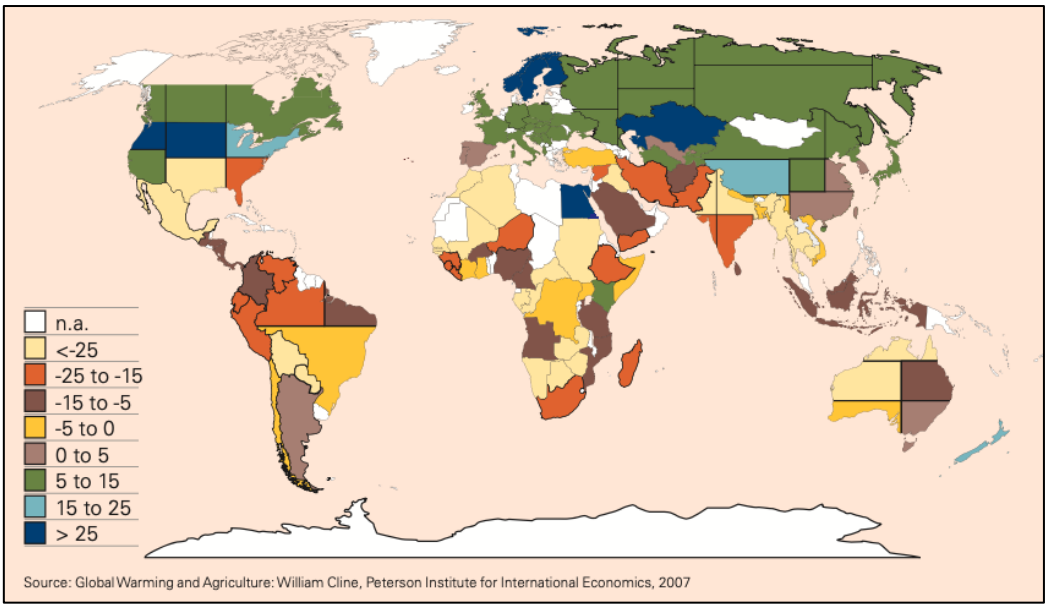
- الاستنتاج الثالث : هو أن إنتاجية الحبوب سوف تشهد طفرة في البلدان المتقدمة مع تراجعها في العديد من البلدان النامية ، ومن هنا يتضح زيادة الاعتماد على واردات الأغذية الأمر الذي سيؤثر على الأمن الغذائي مع زيادة عدد المعرضين لخطر الجفاف و الجوع

إن انخفاض معدل سقوط الأمطار وتزايد معدلات الجفاف و التقلبات المناخية أهم أعراض ظاهرة التغير المناخي ، غير أن المستقبل يحمل في طياته تغيرات أكثر تطرفًا مثل ارتفاع درجة الحرارة ما بين ٠,٢-٠,٥درجة مئوية في كل عقد ، وانخفاض معدلات سقوط الأمطار في المناطق الداخلية بنسبة ١٠٪ ، إلى جانب ارتفاع معدلات فقد المياه نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ، وتراجع غلة المحصول نتيجة الظروف المناخية ، وسوف يكون

الاحترار في أقصى درجاته في الأطراف شبه القاحلة من الصحراء الكبرى ، بامتداد إقليم الساحل والمناطق الداخلية من جنوب أفريقيا وكذلك أمريكا الجنوبية وجنوب آسيا وتعاني هذه المناطق من ارتفاع معدلات الفقر الذي يجعلها لا تستطيع التكييف مع هذه التغيرات و التحول إلى الزراعة القائمة على الري واستخدام البذور المحسنة أو الانتقال لسبل معيشية بديلة .



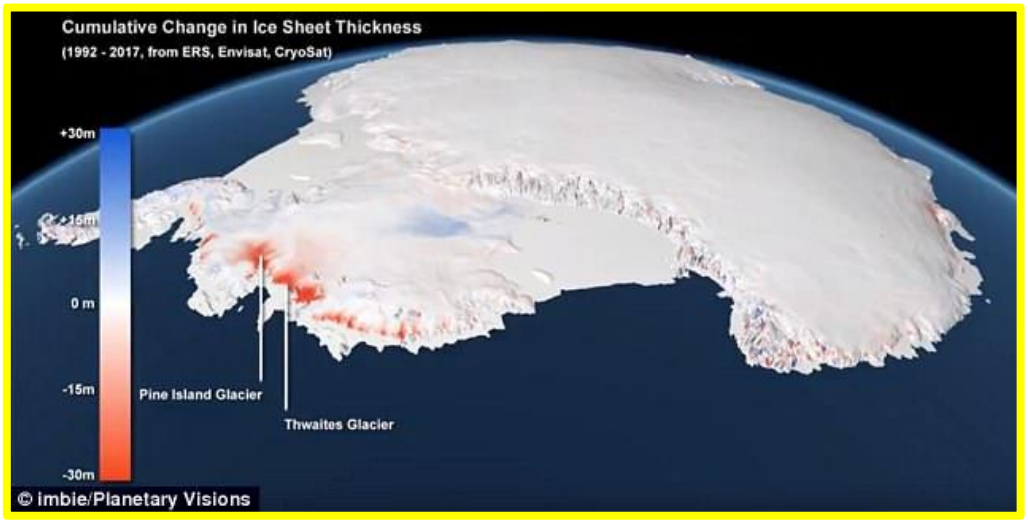
تظهر الخريطة ثنائية المتغير نقاط الضعف المرتبطة بالزراعة ومصايد الأسماك لكل بلد بموجب نتيجة تأثير تغير المناخ، وتم تحديد البلدان العشر الأكثر ضعفاً للزراعة (A) ومصايد الأسماك البحرية (F).



النسبة المئوية لتأثير التغيرات المناخية على الزراعة في بلدان العالم

الذوبان الجليدي

تعد الأنهار الجليدية مصارف تحفظ فيها المياه في العديد من مناطق العالم ، حيث تقوم هذه الأنهار بتخزين الثلج والجليد في فصل الشتاء ثم تطلقه تدريجيًا مع ارتفاع درجات الحرارة ، الأمر الذي يسمح بإرسال تدفقات مائية إلى المنتجين الزراعيين في الأراضي المنخفضة ، واليوم تتعرض هذه المصارف الجليدية للذوبان بمعدلات متزايدة مع انحسار الأنهار الجليدية ، ويجري استنفاذ مخزون المياه في العالم على نطاق واسع .



وتجدر الإشارة إلى أن سبل معيشة السكان الريفيين في معظم مناطق آسيا الوسطى وجنوب آسيا وأمريكا اللاتينية تعتمد على الأنهار الجليدية بشكل رئيسي ، إذ تغذي الأنهار الجليدية في الهيمالايا و التبت وحدهما سبعة من أكبر أنهار العالم (براهمابوترا – الجانج – السند– ايراوداي– الميكونج – سالوين – يانجتسي) والتي توفر إمدادات المياه لأكثر من ٢ مليار نسمة ، وتشهد الأنهار الجليدية في ظل ظاهرة الاحتباس الحراري معدلات ذوبان سريع وهو ما يزيد من مخاطر التعرض للفيضانات في فصل الربيع ثم نقص

المياه في فصل الصيف ، وعلى امتداد الخمسين عام القادمة من المتوقع أن تلوح ظاهرة ذوبان الجليد في الأفق باعتباره أحد أخطر التهديدات التي تواجه التقدم الإنساني والأمن الغذائي .

وبعيدًا عن التغيرات المعقدة التي تؤثر في نظم الطقس المنفردة ، فإن هناك بعض التحولات في الدورة الهيدرولوجية ، فالاحترار العالمي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة القارات ، في حين يؤدي ذوبان الجليد إلى انخفاض درجة حرارة البحار ، ويؤثر هذا التباين بين الاثنين على الرياح الموسمية وبالتالي ستحمل مزيدًا من الرطوبة وتشير أغلب النماذج المناخية إلى تغير سيطرأ على أنماط الأمطار الموسمية بنسبة تتراوح بين ٢٥-١٠٠٪ فإن هذا سيؤدي إلى حدوث فيضانات أو جفاف شديد .

ارتفاع مناسيب البحار

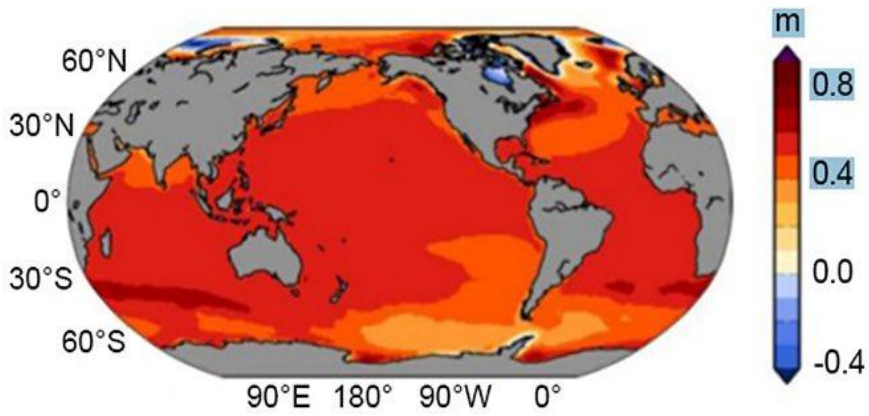
سيكون ارتفاع مناسيب البحار من أقوى المحددات لأمن المياه بالنسبة لقطاع عديد من سكان العالم في القرن الحادي والعشرين ، فبينما قد تؤدي زيادة الملوحة إلي انخفاض حاد في توفر المياه العذبة للعديد من البلدان تهدد الفيضانات الساحلية سبل المعيشة بالنسبة لملايين البشر ، وهناك مجموعة كبيرة من البلدان التي تستأثر بهذه المشكلة (بنجلاديش – مصر – نيجيريا – تايلاند).

ويعيش عدد كبير من السكان في دلتا الأنهار المهددة بارتفاع الملوحة ، ويعتمد أكثر من ١١٠ملايين نسمة في كسب رزقهم على الأقاليم الواقعة تحت مستوى سطح البحر في بنجلاديش ، وتقع أكثر من نصف مساحة بنجلاديش على ارتفاع أقل من ٥أمتار فوق مستوى سطح البحر .

وطبقًا لتقديرات البنك الدولي فإنه بحلول نهاية القرن الحادي و العشرين يمكن أن ترتفع مناسيب البحار بالبلاد بما يصل إلى ١,٨متر ، حيث تتوقع أسوأ السيناريوهات فقدًا في اليابس يصل إلى ١٦٪ ، ويعتمد أكثر من ١٣٪ من السكان في كسب رزقهم على تلك المنطقة المتأثرة والتي تنتج ١٢٪ من الناتج القومي .

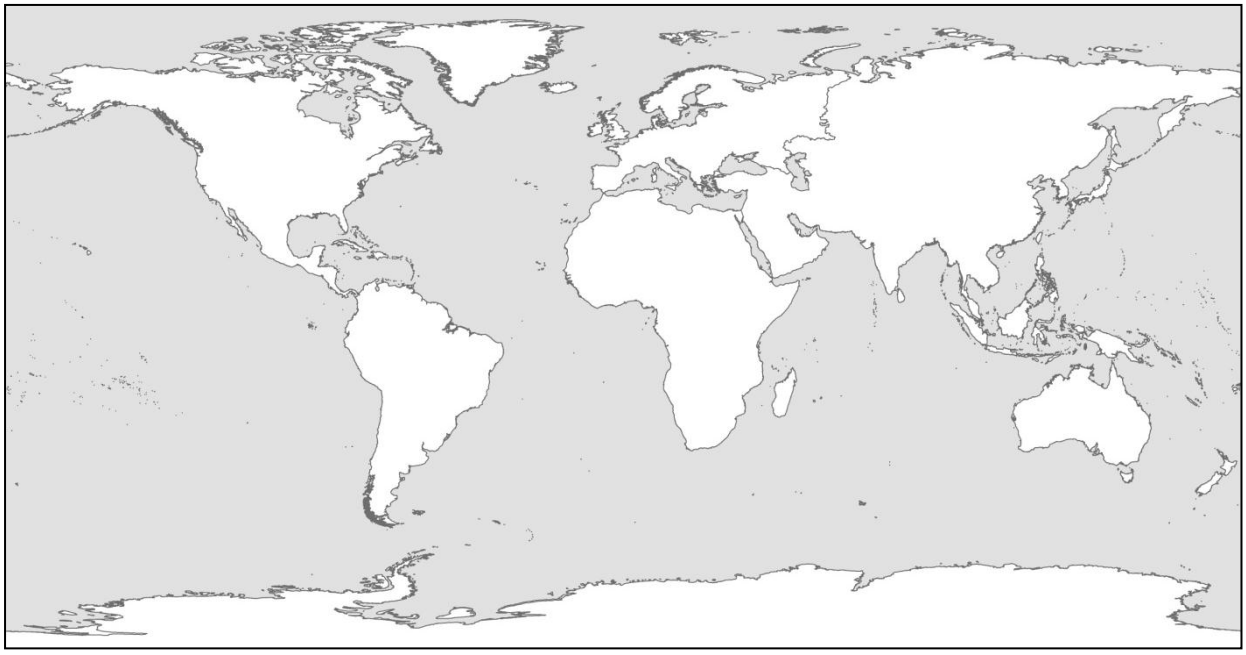
بدأت حكومات بعض البلاد الغنية في التخطيط لبرامج استثمارية لمواجهة آثار تغير المناخ وتمثل هولندا نموذجًا على ذلك ، وتبرز من بينها حماية المناطق الساحلية الواقعة تحت تأثير سطح البحر من خلال تقوية وسائل الحماية من ارتفاع منسوب البحر ، واتخاذ تدابير من شأنها زيادة السعة التخزينية من المياه بصورة كبيرة ،وعلى الجانب الآخر تواجه البلدان الفقيرة مشاكل من نوع مختلف سواء فيما يتعلق بالسكان المتضررين أو بتكاليف السيطرة على ارتفاع مناسيب البحار ، ففي المجمل قدرة هذه البلاد على مواجهة هذه المخاطر أو الحد منها تقيدها الإمكانيات المادية.

ارتفاع منسوب البحر الإقليمي بنهاية القرن الحادي والعشرين



نـشاط (١)

حدد على الخريطة مناطق العالم التي ستتأثر بالتغير المناخي موضحًا نوع التأثر .



نـشاط (٢)

وضح تأثير تغير المناخ على أمن المياه في ضوء العناصر التالية :-

ارتفاع درجات الحرارة

زيادة معدل التبخر

ذوبان الجليد

الفيضانات

موجات الجفاف

ارتفاع منسوب البحار

زيادة الملوحة في المياه العذبة

نشاط (٣)

قارن بين الموارد المائية من حيث درجة تعرضها للتلوث في ضوء أشكال التلوث المختلفة .

المورد المائي	شكل التلوث	درجة التأثر
الأنهار		
البحيرات		
المياه الجوفية		

نشاط (٤)

اذكر أمثلة للأحواض المائية المشتركة بين الدول في قارات العالم .

القارة	أنهار	مياه جوفية	بحيرات
آسيا			
أفريقيا			
أوروبا			
أمريكا الشمالية			
أمريكا الجنوبية			

المراجع

- الأمم المتحدة (٢٠١٩) : TWAP برنامج تقييم المياه العابرة للحدود ، طبقات المياه الجوفية العابرة للحدود.
- الأمم المتحدة ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة .
- الجمعية الجغرافية المصرية (١٩٨٥) : بحوث ندوة المياه في الوطن العربي ، المجلد الثاني.
- تقرير التنمية البشرية (٢٠٠٦) : ندوة المياه والمخاطر .
- حسن أبوسمور (١٩٩٩): جغرافية الموارد المائية ، دار الصفاء للنشر والتوزيع ، عمان .
- رشدي سعيد (١٩٩٣) : نهر النيل نشأته واستخدام مياهه في الماضي والمستقبل، الطبعة الأولى ، دار الهلال.
- على موسى (١٩٩٧): جغرافية القارات ، دار الفكر ، دمشق.
- محمد خميس الزوكة (١٩٩٨) : جغرافية المياه ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .
- محمد خميس الزوكة (٢٠٠٠): آسيا دراسة في الجغرافيا الإقليمية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية.
- محمد خميس الزوكة (٢٠٠٠): جغرافية العالم الجديد ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية .
- محمد رياض وكوثر عبدالرسول (٢٠١٤) : أفريقيا ، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة ، القاهرة .
- محمد صبري محسوب (١٩٩٦) : الجغرافيا الطبيعية ، دار الفكر العربي ، القاهرة .
- محمد محي الدين رزق (١٩٣٤) : أفريقيا وحوض النيل ، الطبعة الثانية ، مطبعة عطايا ، القاهرة .
- هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية U.S. Geological Survey تقديرات التوزيع العالمي للماء.

الهيئة العامة للاستعلامات https://www.sis.gov.eg/
https://www.un.org/ar/sections/issues-depth/climate-change/index.html
https://www.thenewhumanitarian.org/ar.report/1492
https://arabicpost.net
https://amenagementa.blogsspot.com/2016/02/global-warming.html
https://www.semanticscholar.org
https://archive.ipcc.ch
https://scienceeducation1.blogspot.com