

مادة الانظمة المائية في الاوساط الجافة والشبه الجافة ذ.علي دادون

تقديم عام :

تعريف الهيدرولوجيا : هي علم من علوم الأرض يهتم أساسا بدراسة الدورة المائية ، معنى ذلك ، فهذا العلم يهتم بمختلف التفاعلات التي تقع ما بين الوسط الجوي والقشرة الارضية وتحت أرضية ، بذلك فالهيدرولوجيا تقوم بدراسة الجزء القاري من الدورة المائية ، حيث يدرس طبيعة هذه الدورة وتطورها على سطح الارض ، يدرس كذلك أشكال تحركها وتوزيعها وتنقلاتها في المجال وكذلك تفاعلات الموارد المائية في الوسط الطبيعي والبشري ، ولا يمكن في وقتنا الحاضر تصور تهيئة في مجال معين بدون الاخذ بعين الاعتبار العنصر المائي

❖ علاقة الهيدرولوجيا بالعلوم الأخرى :

تستعين الهيدرولوجيا بمجموعة من العلوم المجاورة كعلم المناخ وخصوصا المناخ التطبيقي على اعتبار أن الحالة المناخية لمنطقة معينة تؤثر الى حد ما على حجم الموارد المائية ، من بين العلوم كذلك التي تستعين بها الهيدرولوجيا ، نجد علم الإحصاء ذلك أن جانب مهم من الهيدرولوجيا ، وخصوصا ما يتعلق بتقسيم الحويلة المائية يرتبط ارتباطا وثيقا بالأرقام . وعموما ف الهيدرولوجيا تستعين بعلم كثيرة نظرا لتعدد وتنوع الظواهر التي تدرسها ، وهي ظواهر يمكن تقسيمها الى :

- ظواهر ثابتة: مثل الجيولوجيا ، الانحدارات، الصخور ..
- ظواهر متغيرة : حيث يكون التغير دوري مثل تعاقب الفصول ، كما يمكن ان يكون التغير ثابت في مرحلة معينة وغير ثابت في مرحلة أخرى مثل عامل الغطاء النباتي ، أن يتغير بفعل تدخل العامل البشري وتدخل العامل الطبيعي أحيانا ..

إن علم الهيدرولوجيا بشكل عام يلتقي مع علوم متعددة نظرا لكون الموارد المائية تهم عدة متخصصين ، كما تهم عدة أنشطة اقتصادية واجتماعية ، لهذا نجد الهيدرولوجي يحاول أن يفهم الحاجيات المائية للإنسان وحاجيات التنمية الاقتصادية بشكل عام .

في نفس السياق فالهيدرولوجي يحتاج الى أدوات ووسائل لفهم ظاهرة تدبير الموارد المائية ، لذلك نجده يعتمد على فرع من فروع الرياضيات (الإحصاء) كما يعتمد على فرع من فروع علوم الأرض كالجيولوجيا ، ولتسهيل مهمته يعتمد الهيدرولوجي على الإمكانيات التي توفرها الإعلاميات .

❖ وظيفة الهيدرولوجي :

هذه الوظيفة يمكن نستشفها من خلال ما للماء من أهمية كبرى في جميع المجالات والأنشطة البشرية ، من تم فقد أصبحت اليوم للدراسات الهيدرولوجية ضرورة وأهمية قبل وبعد إقامة أي مشروع بل أكثر من ذلك فإن أي تخطيط للتنمية والتهيئة لا يمكن أن نتصوره سواء في الدول المتقدمة أو النامية بدون دراسة دقيقة للإمكانيات المائية السطحية والباطنية المتواجدة في المنطقة المستهدفة .

ونظرا للظروف المناخية و الهيدرولوجية المستجدة في مجموع بقاع العالم أصبح للهيدرولوجي دور مهم في دراسة الظواهر الاستثنائية للجريان (الفيضان ، حلات الشح ..) . تماشيا مع ما رأيناه يمكن أن نلخص أهداف تدبير الموارد المائية في

- توفير الطاقة المائية لتوليد الكهرباء

- توفير الماء الصالح للشرب للمراكز الحضرية والقروية

- حماية التجهيزات والمناطق العمرانية من الفيضانات

- حماية الوسط البيئي

- توفير الموارد المائية لأغراض السقي والري

❖ الوسط الهيدرولوجي :

- ✓ الدورة المائية : تضم أساسا الجزء الارضي الذي يتكون من المياه الجارية والخزانات المائية على الارض ، وفي المحيطات ، والجزء الاخر يتواجد على شكل بخار الماء في الغلاف الجوي .
- ✓ الحوض النهري : هو مجموع المساحة التي يتم عبرها تصريف مياه المجرى الرئيسي وروافده .

فوق الخريطة الطبوغرافية نحدد الحوض النهري انطلاقا من تتبع خط الأعراف ، ونأخذ بعين الاعتبار اتجاه الانحدار مستعينين في ذلك باتجاهات الشبكة الهيدروغرافية (مجموع المجاري) ، خصوصا عندما يتعلق الامر بالحوض الطبوغرافي ، لكن في بعض الأحيان الحوض النهري الحقيقي للواد لا يصادف الحوض النهري الطبوغرافي ، وهي الحالة التي نجد مساحة معينة تغذي الحوض المجاور مما يستدعي أخذ ذلك بعين الاعتبار في الميزانية المائية العامة ، في هذه الحالة نتحدث عن الحوض الهيدرولوجي الذي يصبح هو الحوض الحقيقي ، مجموع هذه التصنيفات يتحكم فيها بشكل أساسي درجة النفاذية وميل الطبقات الجيولوجية خصوصا حول حدود الأحواض النهرية ، كما نجد عاملا

آخر أساسي هو عامل البنائية (مثلا وجود انكسارات) هذه الفوارق بين الحوض الحقيقي والطبوغرافي نجدها تتضح في المناطق الكارستية .

في نفس الاطار وعندما يكون همنا الوحيد هو دراسة الجريان فإن تحديد الحوض النهري يجب أن يأخذ بعين الاعتبار بعض التأثيرات البشرية (الطرق ، السكك ..) ، وأيضا هيدرولوجية الحوض النهري يمكن أن تتغير بتواجد منشآت النقل المائي سواء داخل الحوض أو خارجه (شبكة تطهير السائل ، شبكة الماء الصالح للشرب ..)

إجمالا فإن تحديد الحوض النهري يشكل القاعدة الاساسية التي من خلالها يمكن أن تنطلق مجموعة من الاعمال سواء التطبيقية أو النظرية ، بمعنى أن هذه الخطوة هي أساسية سواء عندما يتعلق الامر بإنجاز مجموعة من القياسات وقياس بعض المؤشرات أو عندما يتعلق الامر بمحاولة اتخاذ بعض التدابير الكفيلة بتدبير وتهيئة منسجمة للموارد المائية داخل الحوض النهري .

❖ الدورة المائية والظروف المناخية والبيومناخية :

✓ الظروف المناخية : هناك عاملين أساسيين يتحكمان في السلوك الهيدرولوجي هما التساقطات والحرارة .

■ التساقطات : هي عنصر أساسي في الدورة الهيدرولوجية ، حيث تعتبر المكون الاساسي للصبيب ، ذلك أن الدراسة الهيدرولوجية لحوض نهري معين ماهي في الحقيقة إلا تتبع للتحويلات التي تحدث للكمية التي تسقط على هذا الحوض ، ونقصد هنا بالتحويلات الكميات المائية التي تم تحويلها الى الغلاف الجوي عن طريق التبخر والنتح .

إذا فالسلوك الهيدرولوجي يتحكم فيه الى حد كبير عامل التساقطات الذي يعتبر عامل تغذية (المزود الرئيسي) ، فالمياه التي يتم تصريفها عن طريق المجاري المائية تأتي أساسا من الامطار أو من ذوبان الثلوج والجليد ، لذلك نميز أحيانا بين مجاري مائية نظامها نظام مطري صرف أو نظام ثلجي أو ذات نظام مزدوج مطري-ثلجي .

■ الحرارة : هو عنصر أساسي أيضا في الدورة المائية ، ويمكن اعتباره الى حد ما عنصر مستنزف للموارد المائية داخل الحوض باعتباره المسؤول الاساسي عن عملي التبخر والنتح ، وفي هذا الاطار لا يجب أن ننسى دور الحرارة في تحديد نوعية التساقطات ودورها في عملية ذوبان الثلوج والجليد ، لذلك نجد كثير من

المجاري المائية مرتبطة الى حد ما بمدى ارتفاع او انخفاض درجات الحرارة .

إنطلاقا مما سبق يتضح وبشكل جلي أن المناخ يمكن اعتباره المسؤول الاساسي عن السلوك الهيدرولوجي ، على اعتبار أن المناخ هو المزود وهو الذي يفقد الحوض النهري كمياته المائية ، وغالبا ما ينعكس الجفاف المناخي على المجاري المائية بالجفاف الهيدرولوجي خصوصا عندما تمتد حالة الجفاف لمدة طويلة ، والعكس صحيح بالنسبة للسنوات الرطبة مناخيا فهي تنعكس زمنيا ومجاليا بسنوات رطبة هيدرولوجيا . كما لا يجب ان ننسى في نفس الاطار الخصائص الطبيعية الاخرى خصوصا امكانيات الحوض في خزن المياه في باطن الرض وتمويل المجاري المائية من جديد عن طريق العيون أثناء غياب التساقطات .

✓ الظروف البيومناخية : نقصد بها التربة والغطاء النباتي

■ الغطاء النباتي : الغطاء النباتي يؤثر على الجريان السطحي بشكل كبير وذلك حسب كثافته ونوعيته ، فهو في جانب منه يعرقل الجريان ويساهم بذلك في تسرب الماء ، كما أنه في جانب آخر يمكن أن يستهلك كميات من المياه ويساهم في ضياعها عن طريق عملية النتح . الغطاء النباتي يساهم في تثبيت التربة ، ويؤثر أيضا على التساقطات ويلطف الجو والسلوك الهيدرولوجي ، لذلك وخاصة عند أعمال التهيئة نستعمل الغطاء النباتي للتخفيف من السيول وبالتالي التخفيف من الفيضانات . فالغابة مثلا يمكنها التخفيف من خطر العواصف ، كما أنها يمكن ان تخفف من نسبة الجريان السطحي ، كما يمكنها أن تنظم الجريان وبالتالي تنظيم الصبيب بالمجاري المائية بما في ذلك التخفيف من الامتطاحات خصوصا الضعيفة والمتوسطة منها على العكس من ذلك فالغابة لا يمكنها تتدخل بشكل كبير في التخفيف من خطر الحالات القصوى للصبيب ، بمقابل ذلك فالتربة العارية تعطي امكانيات أقل لاحتضان الجريان وبالتالي تعمل على انتاج سيلان أو جريان بسرعة كبيرة مع ما يصاحب ذلك من ارتفاع واضح لدرجة التعرية . وباعتبار الدور الذي يلعبه الغطاء النباتي وخصوصا الغابة في السلوك الهيدرولوجي علينا أن نستعمل بعض المؤشرات التي توضح هذه العلاقة أو هطا التأثير ، من هذه المؤشرات مثلا :

$$K = \left(\frac{\text{مساحة الغابة}}{\text{المساحة الاجمالية للحوض}} \right) \times 100 \quad \text{مؤشر التغطية الغابوية}$$

يمكن حساب هذا المؤشر أيضا باعتماد أنواع أخرى من الغطاء النباتي .

■ التربة : تلعب التربة دورا هاما في سرعة صعود درجة الامتطاح وكذا حجمه ، أيضا نسبة النفاذية ونسبة الرطوبة تؤثر الى حد كبير في تحديد طبيعة السلوك

الهيدرولوجي ، لدراسة نوع التدخل الذي قد تساهم به التربة يمكننا مقارنة مؤشر الجريان في مناطق تختلف من حيث طبيعة التربة والصخور، إنطلاقا من ذلك يمكننا تحديد طبيعة وخصائص التربة من قبيل درجة الرطوبة داخل التربة هذه الأخيرة تحدد الى حد كبير طبيعة الجريان الذي يمكن أن ينتج ، ولحساب هذه النسبة أو المؤشر فالامر يحتاج الى دراسة مجموعة من المؤشرات الخاصة بكل نطاق .

❖ الخصائص الطبيعية وتأثيراتها على الجريان المائي :

تؤثر الخصائص الطبيعية للحوض النهري بشكل كبير على السلوك والاستجابة الهيدرولوجية وبشكل خاص تؤثر على نظام الجريان سواء في حالة الامتطاح أو في حالة الشح ، فدرجة استجابة الحوض النهري للتساقطات مثلا تختلف من حوض لآخر ارتباطا بمختلف الخصائص المورفولوجية للحوض من قبيل مساحة الحوض شكله ارتفاعاته إنحداراته وكذا توجيه الحوض ، إضافة الى هذه العوامل نذكر ما رأيناه سابقا من قبيل نوعية التربة وطبيعتها ، الغطاء النباتي وخصائصه وكذا خصائص الشبكة الهيدروغرافية هذه العوامل التي هي في الاصل عوامل طبيعية يمكن دراستها وتحليلها باعتماد الخرائط المناسبة لذلك أو باعتماد التقنيات بالاعلاميات الحديثة .

✓ الخصائص الجيومترية :

- مساحة الحوض : هي الجزء الارضي المحدد مسبقا بواسطة خط تقسيم المياه ، وبشكل عام هناك مجموعة من الطرق لحساب مساحة الحوض من قبيل وضع الورق الميليمتري الشفاف على المساحة المراد قياسها وباعتبار ما تقدمه التقنيات الحديثة يمكننا اللجوء الى تقنية ترقيم الخرائط أو ترقيم الصور الجوية أو صور الاقمار الصناعية لاستخراج المساحة بشكل أوتوماتيكي .
- شكل الحوض : يؤثر شكل الحوض في حجم الصبيب كما يؤثر على طبيعة الجريان (السلوك الهيدرولوجي) ، فعلى سبيل المثال الشكل الطولي للحوض ، وبنفس كمية التساقطات يعطينا صبيبا ضعيفا وبالتالي يقلل من امكانية حدوث الفيضانات ، وذلك ارتباطا بالوقت الذي تستغرقه المياه للوصول الى نقطة معينة عكس الاحواض النهرية المستديرة تكون درجة تركيز المياه فيها قوية في وقت وجيز ، وتوجد مؤشرات كثيرة (مورفولوجية أساسا) لحساب الخصائص الهندسية للحوض ، هذه المؤشرات يمكننا أيضا من امكانية المقارنة ما بين الاحواض ، ومن هذه المؤشرات هناك "مؤشر التراصية" وهو يقوم بحساب

$$K_G = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P : المحيط ؛ A : المساحة

هذا المؤشر يعطينا فكرة تقريبية عن الشكل الهندسي للحوض ، لذلك كلما اقتربت النتيجة من 1 يكون شكل الحوض شبه دائري وكلما كانت النتيجة أكبر من 1 يكون شكل الحوض طوليا .

✓ التضاريس ومدى تأثيرها على السلوك الهيدرولوجي :

تأثير التضاريس على الجريان يتضح بشكل جلي في الانحدار ، كما ان كثيرا من الخصائص الهيدرولوجية والهيدرومناخية تتغير وتتباين مع تغير درجة ونسبة الارتفاع (التساقطات الحرارة) ، فالانحدار يؤثر بشكل قوي في سرعة الجريان . هناك مؤشرات كثيرة يمكن دراستها لتبيان مدى تدخل هذا العامل في سلوك وطبيعة الجريان ومن بين هذه المؤشرات

$$I_G = \frac{D}{L} \text{ مؤشر الارتفاع}$$

D : فارق الارتفاع بالمتر ؛ L : المسافة بين النقطتين

✓ الشبكة الهيدروغرافية وتأثيراتها على السلوك الهيدرولوجي :

الشبكة الهيدروغرافية هي مجموع المجاري المائية الطبيعية أو المتدخل فيها بشريا الدائمة وكذا الموسمية ، والتي تساهم بشكل أو بآخر في الجريان . الشبكة الهيدروغرافية تعتبر بدون شك من بين أهم الخصائص في دراسة الاحواض النهرية ، وتتخذ أشكالا متعددة في المجال (جريان خطي ، جريان بمنعطفات ، جريان متشابك ..) ، هذه الاشكال يتدخل في نشأتها مجموعة من العوامل (من قبيل الجيولوجية ، المناخ، الطبوغرافية والعامل البشري ..) . هناك مجموعة من المؤشرات تمكنا من دراسة خصوصيات الشبكة الهيدروغرافية ومن بينها

$$D_d = \frac{ELip+s}{A} \text{ - مؤشر كثافة التصريف}$$

Eli : مجموع أطوال الشبكة الهيدروغرافية بالكيلومتر

A : المساحة بالكلم²

p+s : الدائمة (p) + الموسمية (s)

نقصد بهذا المؤشر حساب الاطوال العامة للشبكة الهيدروغرافية مع اعتبار مساحة الحوض النهري .

كثافة التصريف ترتبط ارتباطا وثيقا بمجموعة من العوامل الطبيعية من قبيل الطبيعة الجيولوجية ، بنية وطبيعة الصخور ، والطبوغرافية والى حدما ترتبط بالظروف المناخية والبشرية .

وميدانيا الارقام المحصل عليها تتراوح ما بين 3 و4 بالنسبة للمناطق التي تعرف جريانا محدود نسبيا ويمكن أن تتعدى عتبة 1000 في المناطق الشديدة الجريان وحيث سيادة الصخور القليلة النفاذية

$$F = \frac{ENi}{A} \quad \text{- مؤشر الكثافة الهيدروغرافية :}$$

ENi : عدد المجاري المائية

A : المساحة بالكلم²

توجد علاقة وطيدة بين كثافة التصريف والكثافة الهيدروغرافية ، وعموما فالمناطق التي تعرف معدلات مهمة من حيث كثافة التصريف والكثافة الهيدروغرافية تمثل أحواض نهريّة بصخور غير نافذة وحيث ندرة الغطاء النباتي .

❖ التدخل البشري ومدى تأثيره في السلوك الهيدرولوجي :

بشكل عام يمكن اعتبار جل الانشطة البشرية مرتكزة بجانب المياه لذلك فمن الطبيعي أن يكون لهذه الانشطة تأثيرات على المجاري المائية ، لذا عندما نحاول فهم السلوك الهيدرولوجي يجب أن نقوم بتفكيك وتحليل العلاقة البشرية الكامنة خلف هذا السلوك ، وفي هذا الاطار فالتدخل البشري لانقصد به فقط السكان المحليين بل قد يكون المتدخل خارج المنطقة المدروسة

❖ الميزانية الهيدرولوجية وعناصرها : الاساليب المتبعة لاستخراج الميزانية الهيدرولوجية نقصد بالميزانية الهيدرولوجية كل من التساقطات والصبيب والتبخر ، ولقياس هذه الميزانية نعتمد على قياسات مباشرة وأخرى غير مباشرة . المباشرة تكون بشكل تقني بواسطة التقنيات والاجهزة الخاصة وغير المباشرة تتم عن طريق المعادلات حسب عرض المجرى وعمقه . وفي هذا الصدد يعتبر قياس الصبيب من بين أهم العناصر في الميزانية الهيدرولوجية ، والصبيب نقصد به كمية المياه التي يصرفها مجرى معين في وقت معين وفي نقطة معينة ، والصبيب دائما يكون مؤرخا ومحددا في المكان أي النقطة التي تم فيها القياس ، يقاس الصبيب بالمتر المكعب (م³) بالنسبة للمجاري المائية المهمة وباللتر في الثانية بالنسبة للمجاري المائية الضعيفة أو العيون .

❖ تدبير الموارد المائية في المناطق الجافة والشبه الجافة (رؤوس أقلام)

- اشكالية الماء من اهم القضايا
- حاليا تقريبا فرد من أصل خمسة أفراد ليس له امكانية الحصول على الماء الكافي للحاجيات اليومية وأن واحد من أصل ثلاثة يتوفر على ماء صالح للشرب
- من الضروري التذكير بأهمية الدراسة الكمية والكيفية لمجموع عناصر الدورة الهيدرولوجية والمناخية ، بما في ذلك التركيز على مختلف الخصائص المجالية/البيئية ، التي تؤثر على الموارد المائية

❖ مميزات المناطق الجافة وشبه الجافة

- من حيث المناخ ارتفاع شدة الحرارة

- من حيث البيوجغرافية ندرة الغطاء النباتي
- من حيث الهيدرولوجية ندرة الموارد المائية ، المجاري المائية يغلب عليها التصريف الداخلي

- من حيث الجيومورفولوجية نجد سيادة التعرية
- يتصف المغرب بشكل عام بنظام تساقطات متقلب
- تواتر فترات جفاف طويلة
- تقلص معدل حجم المياه
- تغيرات مناخية تؤثر على الدورة الهيدرولوجية كما تزيد من مخاطر الجفاف والفيضانات

- المياه الجوفية تقدر ب 4 مليار م³ في السنة ، تعرف استغلالا مفرطا يفوق امكانيات تجدها

- أنواع الجفاف : + الجفاف المناخي : كميات التساقطات المطرية والثلجية في منطقة معينة تكون أقل من العادية ، يمكن أن يكون على شكل ضعف دائم (قحولة)

+ الجفاف الفصلي المرحلي

+ جفاف عرضي : على شكل نوبات مفاجئة

+ الجفاف الهيدرولوجي : عجز حاد في الموارد المائية ، انخفاض

كبير في صبيب الاودية، نزول مستوى المياه الباطنية ،

يرتبط الجفاف الهيدرولوجي ارتباطا وثيقا بالجفاف

المناخي حيث العجز في كمية التساقطات يؤدي الى

انخفاض الموارد المائية الباطنية.

+ الجفاف الفلاحي : ندرة التهاطلات المطرية أو بفعل سوء توزيعها

بين فصول السنة ، يمكن أن يظهر بالرغم من أهمية التساقطات ان

جاءت متأخرة عن الدورة الزراعية ، الجفاف الفلاحي لا يتحدد بكمية

الامطار وحدها وانما كذلك بأسلوب التوزيع الفصلي للأمطار ، يرتبط

هو الآخر ارتباطا وثيقا بالجفاف المناخي .

❖ التحديات التي تواجه المناطق الجافة والشبه الجافة = تدبير الموارد المائية

✓ التحدي الطبيعي المتمثل في حدة التباين بين السنوات والجهات : عدم انتظام التساقطات

حيث تسبب توالي سنوات الجفاف في نقص الموارد المائية

✓ التحدي المتعلق بالتلوث الذي يؤثر على الموارد المائية السطحية والباطنية

✓ التحدي المتعلق بصيانة المنشآت المائية وضمان فعاليتها ، خصوصا بالنسبة لمشكل

توحد حقينة السدود الذي أفقد الى حد الان ما يزيد عن مليار متر مكعب تمرات التخزين

✓ التحدي المتعلق بمحدودية الموارد المائية المتبقية

✓ التحدي المتعلق بالخصائص الهائل على مستوى تطهير السائل .

بالتوفيق للجميع