HYDROLOGY
LECTURES -2012

HYDROMETROLOGY (Atmospheric water-Precipitation & Evapotranspiration).
POTAMOLOGY (Streams & Rivers)
LIMNOLOGY (Lakes & Wetlands)
CRYOLOGY (Glaciers and Glaciations)
OCEANOGRAPHY (Marines and Oceans)

BMH

Bayan Muhie Hussien

مقدمة:

الماء هو واحد من أهم الموارد الطبيعية دونه لن تكون هناك حياة على الأرض. إمدادات المياه المتاحة للاستخدام محدودة بطبيعتها وعلى الرغم من وجود الكثير من المياه على الأرض ، فإنه لا يكون موجود دائما في المكان والوقت المناسب. في استجابة إلى فهم نظم المياه المعقدة تطور علم الهيدرولوجي للمساعدة في إيجاد حلول لمشاكل المياه. تعتبر المياه احد العناصر الضرورية للحياة على كوكب الأرض وقد قال الله تعالى(و جعلنا من الماء كل شيء حي) صدق الله العظيم. فإذا اعتبرنا أن الأرض نظام أعلى فان هذا النظام مكون من أربعة أنظمة هي النظام الغازي، النظام الصخري، النظام الحيوي، النظام المائي. الهيدرولوجيا علم واسع يشمل دراسة كل المياه في الكرة الأرضية وان مصطلح هيدرولوجي يتكون من مقطعين(هيدرو) وتعني المياه و(لوجي) وتعني علم. وقد توصلت المنظمات الدولية وخاصة الوكالات التابعة للأمم المتحدة والمتخصصة في مجال المياه إلى أن الماء و ليس الطاقة هي مشكلة القرن الحادي والعشري. وقد عزز هذا الرأي كل من مؤتمر دبلن1992ومؤتمر ريو دي جانيرو عام 1994،اذ أشارت هذه المؤتمرات بان صحة الإنسان و رفاهه والأمن الغذائي والتنمية الصناعية والنظم الايكولوجية معرضة كلها للخطر ما لم تتسم إدارة الموارد المائية و الأراضي بفعالية تزيد عما كانت عليه في الماضي.

ما هو الهيدرولوجي؟

الهيدرولوجي هو العلم الذي يتضمن دراسة خصائص وتوزيع ووجود المياه على الأرض، وعلاقته مع البيئة داخل كل مرحلة من مراحل الدورة الهيدرولوجية.

الدورة الهيدرولوجية، هي عملية مستمرة من خلالها يتم تنقية المياه عن طريق التبخر ونقلها من سطح الأرض والمحيطات إلى الغلاف الجوي والعودة به إلى الأرض والمحيطات ثانية بفعل التساقط قد تكون دورة المياه قصيرة أو تستغرق ملايين السنين. عمل الهيدرولوجي التخصصي يصب في مجال دراسات عمليات النقل الأساسية لتمكنه من تفسير ووصف الظواهر العلمية المتعلقة بكمية ونوعية المياه وهي تتحرك من خلال دورة (التبخر وهطول الأمطار، وتدفق السيول المائية، والترشيح، وجريان المياه الجوفية، والمكونات الأخرى). أما مهندس الموارد المائية فمهمته تحليل وتصميم وبناء وتشغيل المشاريع من أجل السيطرة والاستفادة من المياه. مشاكل الموارد المائية هي أيضا تقلق خبراء الأرصاد الجوية والمحيطات، الجيولوجيا، الكيمياء، الفيزياء، الأحياء، الاقتصاد، العلوم السياسية، المتخصصين في الرياضيات التطبيقية وعلوم الكمبيوتر وفي العديد من المجالات.

الهيدرولوجيين معنيون بتطبيق المعرفة العلمية والمبادئ الرياضية من أجل حل المشاكل المتعلقة بالمياه في المجتمع (مشاكل الكمية والنوعية ومدى توافرها). ويجوز أن يكونوا معنيون بإيجاد المياه و إمداداتها للمدن أو المزارع المروية، أو السيطرة على فيضان الأنهار أو تآكل التربة أو ربما يعملون في مجال حماية البيئة، منع أو إزالة التلوث أو تحديد مواقع التخلص الآمن من النفايات الخطرة. الهيدرولوجي قد يقضي وقتا طويلا بعمل ميداني في المناطق النائية وفي المكتب يقوم بتفسير البيانات الهيدرولوجية و إجراء تحليلات لتحديد مصادر المياه المحتملة. الكثير من العمل يعتمد على أجهزة الكمبيوتر لتنظيم وتلخيص وتحليل البيانات، ووضع نماذج لدراسات مثل التنبؤ بالفيضانات أو تأثير تسرب النفط من الخزانات إلى تحت الأرض والتخطيط بملايين الدولارات لمشاريع المياه بين الدول وكذلك مساعدة المدن من خلال جمع وتحليل البيانات اللازمة للتنبؤ بكمية المياه المتاحة من الإمدادات المحلية وعما إذا كان سيكون كافيا لتلبية الاحتياجات المتوقعة في المدينة في المستقبل. لعلماء المياه سجلات دراسة هطول الأمطار، وتدفقات الأنهار الجليدية. كما يستخدم الهيدرولوجيون الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية لتحديد شواطئ الخزانات بالإضافة إلى احتساب أعماق المكامن والقدرة على التخزين.

كما يتم مساعدة مسئولي الصحة العامة في رصد إمدادات المياه العامة لضمان استيفاء المعايير الصحية عند اكتشاف أي تلوث بيئي ويعمل علماء الهيدرولوجيا في وضع برامج لأخذ العينات اللازمة لتحديد نوعية المياه في مصبات الأنهار، و مراقبة مجاري المياه والأنهار والبحيرات لضمان سلامة الأسماك والنباتات والحيوانات البرية. بالإضافة إلى رصد الأمطار الحمضية وتأثيرها على الحياة المائية، ودراسة سلوك المعادن والعناصر السامة والمواد الكيميائية العضوية في البيئات المائية من خلال وضع موديلات رياضية يتم تطويرها واستخدامها في التخطيط و إلا دارة والتنبؤ. كما يتم تقدير حجم المياه المخزونة تحت سطح الأرض من خلال قياس مستويات المياه في الآبار المحلية وفحص السجلات الجيولوجية من حفر الآبار لتحديد عمق وسمك الرواسب والصخور الحاملة للمياه .

والإشراف على حفر آبار اختبار وجمع عينات من التربة والصخور والمياه لغرض التحليل ألمختبري. كما يتم تحديد أكفأ معدل ضخ من خلال رصد انخفاض مستويات المياه في بئر المراقبة.بالإضافة إلى دراسة حالة تلوث المياه الجوفية وهو الأصعب تحديدا ومعالجة من التلوث في الأنهار والبحيرات. وتشمل دراسة المصادر الرئيسية للمواد الكيميائية الصناعية والمنزلية ومدافن القمامة، النفايات الصناعية ومياه الصرف الصحى، وتسرب النفط تحت الأرض من صهاريج التخزين وخطوط الأنابيب، و حمأة الصرف الصحي وأنظمة الصرف الصحي. غالبا ما يتم التشاور مع الهيدرولوجيين لاختيار المواقع المناسبة للتخلص من النفايات والتقليل من خطر التلوث إلى أدنى حد ممكن.

إن الهيدرولوجيا والتي عرفت حديثا ب(global hydrology) تدرس دورة المياه العامة في الكرة الأرضية والتيارات المائية والأنهار والبحيرات وغيرها. وقد عنيت علوم أخرى لدراسة المياه قبل الهيدرولوجيا في مساحات واسعة من الكوكب الأرضي، وقد وصلت بعض هذه العلوم الآن إلى تطور كبير في تحديد مفاهيمها واستنتاجاتها العلمية ومنها :

1- الهيدرولوجي وهو العلم الذي يهتم بدراسة المياه السطحية والمجاري المائية والبحيرات والمياه الباطنية ذات العمق القليل .

وقد تفرعت من هذا العلم العلوم الخاصة بكل نوع وهي:

أ - بوتمولوجي (potamology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة المجاري المائية.

ب - ليمنو لوجي (limnology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة البحيرات والمستنقعات.

ج - كرايو لوجي (cryology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة الجليد والجليديات القطبية(المجلدات).

2 - علم البحار والمحيطات (oceanography) وهو العلم الذي يهتم بدراسة المياه في البحار والمحيطات.

3 - هيدروجيولوجي (hydrogeology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة المياه الجوفية و لأعماق كبيرة من سطح الأرض .

4- هيدرومتيورولوجي (hydrometeorology) وهو علم ملازم لعلم الأرصاد الجوية (meteorology) وهو العلم الذي يهتم بدراسة المياه في الغلاف الغازي.

كل هذه العلوم بدأت تأخذ مكانا خاصا لها في الفترة الأخيرة ولكنها لا تستطيع الوصول إلى مرحلة الاستقلال التام لانها مرتبطة دائما بفروع العلم الأم وهو علم المياه (hydrology). إلا إن هذه العلوم الهيدرولوجية مرتبطة مع علوم أخرى أهمها علم الفيزياء و الجيو فيزياء والكيمياء و الجيولوجيا واقتصاد المياه وكذالك بعض النظريات والتطبيقات الرياضية والإحصائية.

يعالج علم الهيدرولوجي الموضوعات والمشاكل العلمية التالية :

- ثبات التوازن الهيدرولوجي من خلال مناقشة الموضوعات الأساسية التالية :

الإمطار التبخر ، رطوبة التربة ،الجريان والأحواض المائية .

- تحديد معدل كمية المياه الجارية والماء في مقاطع المجاري المائية.

- تغير كمية المياه الجارية في أوقات مختلفة يوميا وشهريا وسنويا.

- تحديد الكميات القصوى للجريان (الفيضان) والكميات الدنيا لجريان(الشح).

- التصريف الصلب وهي المجروفات المنقولة والمترسبة بواسطة المياه.

- تقدير مستويات الماء في قنوات المجاري المائية.

- تأثير نشاط الإنسان على نوعية وكمية المياه الطبيعية.

من هنا يتضح جليا إن الهيدرولوجيا هو علم يدرس تشكل دورة المياه وتوزيعها وتأثيرها المتبادل مع البيئة ونشاطات الإنسان المختلفة.

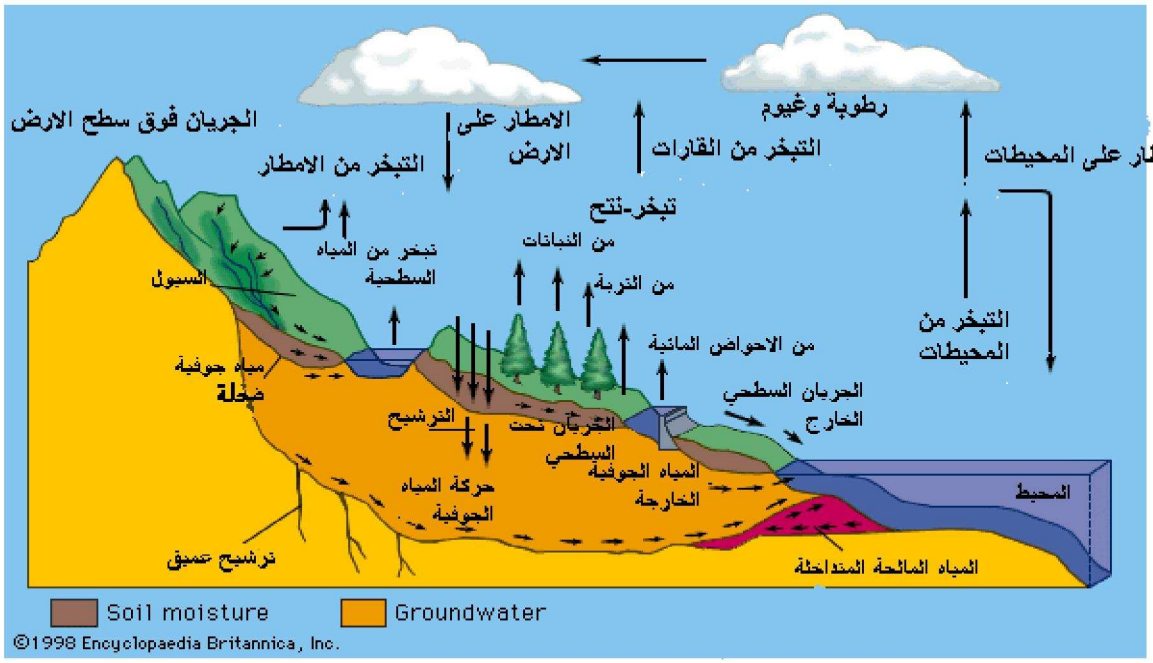
BMH-HYDROLOGY

مقدمة:

يختص علم المياه (الهيدرولوجي) بدراسة المياه من حيث تواجدها و توزيعها و حركتها و خواصها الفيزيائية و الكيميائية و تصنيفها و طرق استثمارها.
يعتمد علم الهيدرولوجي على علم الجيولوجي، ميكانيكا السوائل، الأرصاد، علم التربة، الكيمياء، الفيزياء، الرياضيات، و له صلة بالهندسة الزراعية، هندسة الري و الهندسة الصحية.

الدورة الهيدرولوجية :

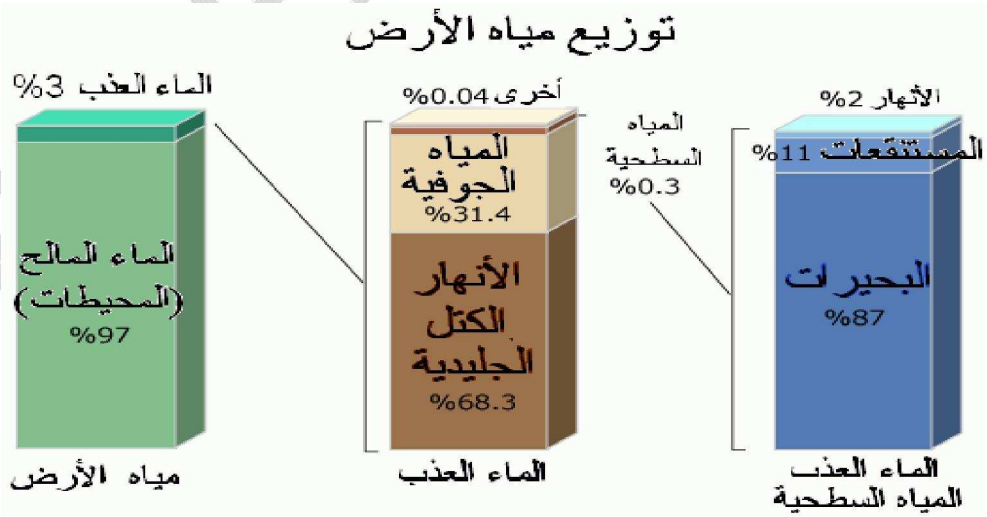
تعرف الدورة الهيدروجيولوجية بأنها دورة المياه في نظام مغلق ضمن أغلفة الأرض (الغلاف المائي Hydrosphere، الغلاف الجوي Atmosphere، الغلاف الأرضي Lithosphere، الغلاف الحيوي Biosphere).
استنادا إلى مفهوم الدورة الهيدرولوجية يتبخر الماء من المحيطات و البحار و البحيرات و الأنهار و الجداول و من النباتات بشكل تبخر - نتح و يصبح جزءا من الغلاف بشكل بخار ماء و غيوم ثم يعود و يتساقط على شكل مطر أو ثلج أو برد أو ندى.
ينساب قسم من المياه على سطح الأرض عبر جداول و انهار باتجاه المحيطات كما تأخذ النباتات قسم آخر و يرشح قسما آخر إلى داخل الأرض ليخزن كمياه جوفية و قد تخرج من بين الصخور بشكل ينابيع و تجري بجداول و باتجاه المحيطات و ربما تتبخر إلى الغلاف الجوي لتكمل دورتها و الشكل (-) يوضح دورة المياه في الطبيعة .



شكل ( ). المياه الجوفية ضمن الدورة الهيدرولوجية. www.britannica.com

التوزيع العالمي للماء:

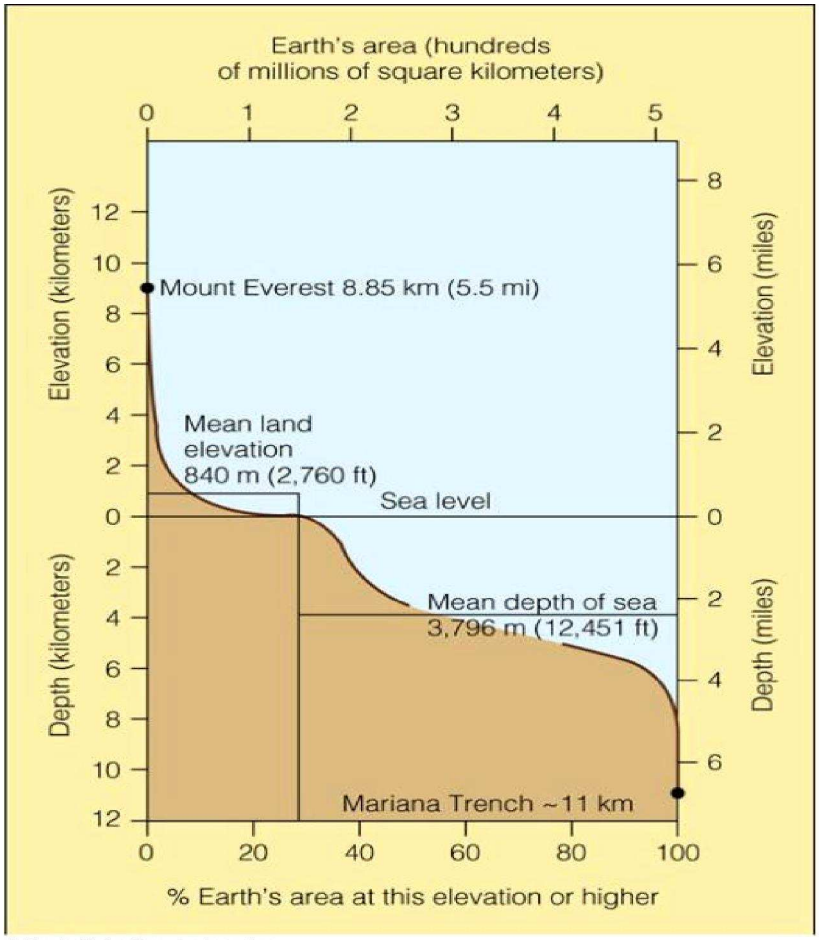
للحصول على تفسير مفصل حول مواقع وجود الماء في الكرة الأرضية أنظر إلى الشكل وجدول البيانات المبين أدناه. لاحظ أن إجمالي إمدادات المياه في العالم يصل إلى حوالي 1.386 مليون كيلومتر مكعب (332.5 ميل مكعب) من الماء، منها أكثر من 96% عبارة عن ماء مالح. وفيما يتعلق بالماء العذب، منها ما يزيد على 96% محجوز بالأنهار والكتل الجليدية و30% موجود بالأرض. أما مصادر الماء العذب المتمثلة في الأنهار والبحيرات فهي تشكل حوالي 93.100 كيلومتر مكعب (22.300ميل مكعب)، أي حوالي 150/1 من 1% من إجمالي الماء. ولا تزال الأنهار والبحيرات تشكل معظم مصادر المياه التي يستخدمها الناس يومياً.



أحد التقديرات للتوزيع العالمي للماء				
مصدر الماء	**حجم الماء بالكيلومترات المكعبة**	**حجم الماء بالأميال المكعبة**	**نسبة المياه العذبة**	**نسبة الماء بأكملها**
المحيطات والبحار والخلجان	1,338,000,000	321,000,000	--	96.5
الكتل والأنهار الجليدية والثلوج الدائمة	24,064,000	5,773,000	68.7	1.74
المياه الجوفية	23,400,000	5,614,000	--	1.7
عذب	10,530,000	2,526,000	30.1	0.76
مالح	12,870,000	3,088,000	--	0.94
رطوبة التربة	16,500	3,959	0.05	0.001
أرض دائمة التجمد	300,000	71,970	0.86	0.022
البحيرات	176,400	42,320	--	0.013
عذب	91,000	21,830	0.26	0.007
مالح	85,400	20,490	--	0.006
الغلاف الجوي	12,900	3,095	0.04	0.001
مياه المستنقعات	11,470	2,752	0.03	0.0008
الأنهار	2,120	509	0.006	0.0002
المياه البيولوجية	1,120	269	0.003	0.0001
الإجمالي	1,386,000,000	332,500,000	-	100

الأرض كوكب المياه و أصل المياه :

تبع تمدد الكون بعد الانفجار العظيم تكوين النجوم الأولى ثم تكوين الملايين من المجرات ،اذ تقع مجموعتنا الشمسية ضمن مجرة درب التبانة التي تشكلت من غيوم غازية تدور حول نفسها. سلسلة من الأحداث الكونية أنتجت الكواكب السيارة التي تدور حول الشمس وبخصائص متباينة، و قبل(1.5) بليون سنة سخنت الأرض و بردت و تجمعت الغازات (و منها بخار الماء) و كونت الغلاف الجوي ثم تحول بخار الماء إلى الحالة السائلة حيث بدأت الدورة الهيدرولوجية بعملها (Hydrologic Cycle). أثبتت دراسات عمر صخور الأرض و النيازك و القمر إن عمر الأرض هو (4.6) بليون سنة واستخدم مقياس الزمن الجيولوجي في تحديد تاريخ الطبقات الأرضية .



© Brooks/Cole, Cengage Learning

إن دوران الأرض حول الشمس و المسافة بين الأرض و الشمس و فترة الدوران خلقت ظروف حفظت درجة حرارة الأرض من التغييرات الحرارية و فقدان المياه. الوضع الفلكي للأرض و دورانها جعل من شكل الأرض أن يكون غير متعرج نسبيا و غير متناظر حيث بلغ معدل ارتفاع القارات حوالي (840) متر فوق سطح البحر في حين بلغ معدل عمق البحار حوالي (3795) متر تحت سطح البحر (شكل -).

و بسبب انحراف محور الأرض(23˚.5) أثناء دورانه حول الشمس أدى إلى أن يكون مسار سقوط أشعة الشمس بين خطوط العرض 60° شمالا و جنوبا و هو السبب في تغيير الفصول و الذي لعب دورا مهما في الحفاظ على مياه البحار و المحيطات ضمن الموازنات المائية و الدورة الهيدرولوجية، اذ يعتبر كوكب الأرض كوكب المياه و ذلك لان 71% من سطحه مغطى بمياه المحيطات وعليه فان نصفه الشمالي يمكن اعتباره قاري بينما نصفه الجنوبي يمكن اعتباره بحري . من المعلوم إن أقدم الصخور الرسوبية موجودة على سطح الكرة الأرضية ترسبت قبل (3.9) بليون سنة و عليه يمكن القول إن المياه البحرية كانت موجودة قبل (4) بليون سنة، فمن أين أتت هذه المياه ؟

هنالك ثلاثة مصادر محتملة لوجود المياه و حسب الدراسات الجيولوجية :

الاحتمال الاول :

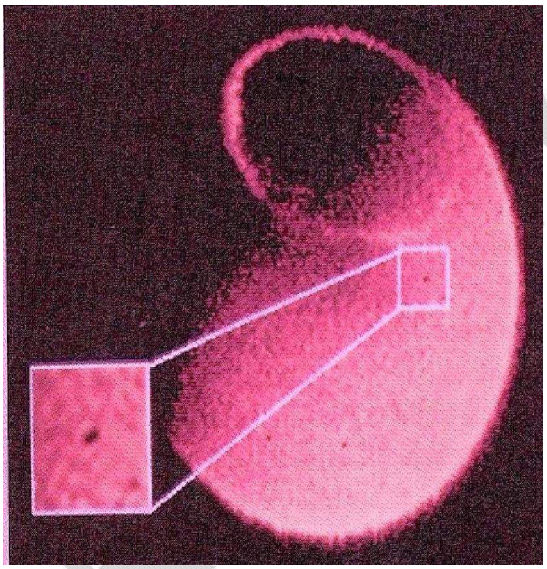
في احد مراحل تشكيل كوكب الأرض تكونت حالة حرجة من الضغط والحرارة ، حيث أن كلا الغازين الهيدروجين والأوكسجين الموجودين في الغلاف الجوي بكميات كبيرة أصبح عندهما إمكانية لتشكيل الماء نتيجة تماس كهربائي . تشكلت في البداية كميات من بخار الماء أحاطت بقشرة الأرض وقد احدث تكاثف بخار الماء تحت تأثير التبريد المستمر تساقطا غزيرا من الماء على سطح الأرض.

الاحتمال الثاني :

أن يكون مصدر المياه من باطن الأرض و بالتحديد من الجبة، جلبت إلى سطح الأرض من خلال البراكين حيث تبلغ نسبة بخار الماء من مجموع الغازات التي تنفثها البراكين حوالي (70%) و (15%) لغاز ثنائي اوكسيد الكربون و (5%) لغاز النتروجين و (5%) لغاز كبريتيد الهيدروجين و الباقي (5%)لغازات الهيدروجين، الكلورين و الاركون الخ.

الاحتمال الثالث :

يرجع مصدر المياه إلى الفضاء، حيث أثبتت دراسات الفضاء والأقمار الصناعية و مراقبة الغلاف الجوي إن هنالك بقع غامقة تبلغ أقطار كل منها (48) كم. توقعها العلماء إنها غازات ثلجية تتبخر في الفضاء الخارجي مكونة غيوم من بخار الماء حيث تمتص هذه البقع الإشعاعات فوق البنفسجية مكونة بقع سوداء ضمن خلفية براقة للأشعة فوق البنفسجية و قد تم تقدير كتلة هذه المياه بحوالي (200) كغم تدخل الغلاف الجوي في الدقيقة الواحدة أي (60) مليون كغم كل سنة، و هي ما تمثل (0.0025) ملم سمك إذا ما وزعت و نشرت على سطح الكرة الأرضية .



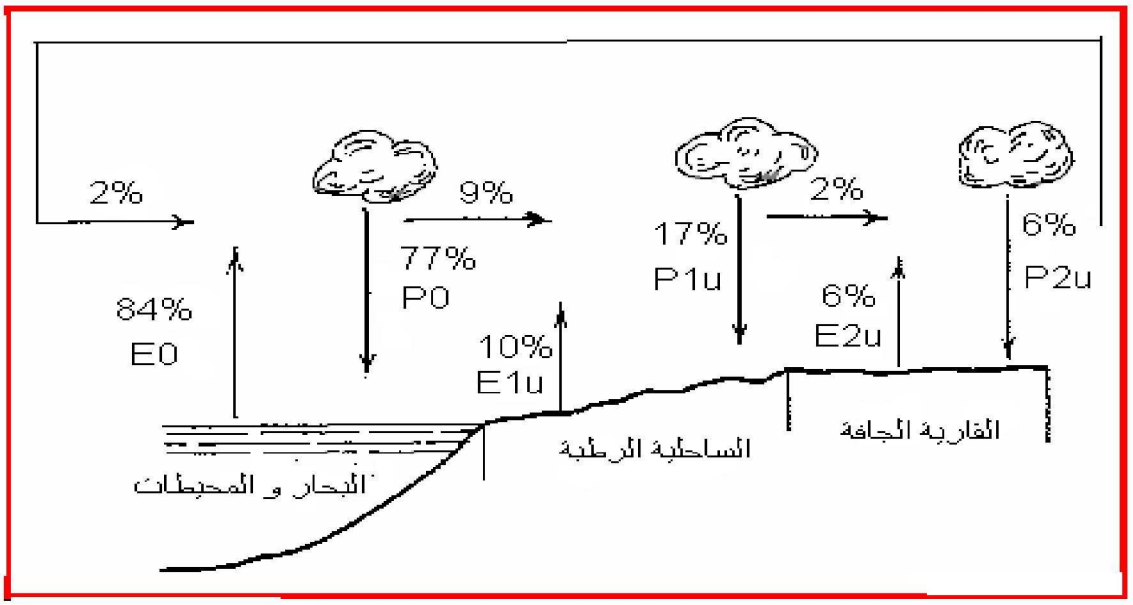
الدورة المائية العامة :

تشارك المياه الغلاف الغازي في البحار والمحيطات وكذالك المياه في اليابسة في دورة واحدة تسمى بالدورة المائية العامة. وقد أثبتت الدراسات الحديثة بان متوسط كمية المياه التي تتحرك سنويا بفعل هذه الدورة تصل إلى 520 ألف كم^3 وهذه الكمية تمثل نسبة محدودة من مجموع الماء في كوكبنا وهذه الكمية هي التي تبقى الماء وكذالك تبقي الحياة على الأرض فالدورة المائية العامة تؤثر بها عوامل مهمة، فالطاقة الشمسية التي تبخر كمية كبيرة من الماء، وكذالك التيارات الهوائية والرياح تنقل كميات كبيرة من بخار الماء، وكذالك الجاذبية الأرضية كلها عوامل تلعب دورا هاما في عملية الدورة المائية العامة. ففي الشكل (-)حيث تسقط الأشعة الشمسية على سطح المحيطات والبحار فتبدأ عملية التبخير من المسطحات المائية ومن سطح الأرض، فينتقل بخار الماء إلى الغلاف الغازي ثم تتم عملية تكثيف لهذا البخار فيتجمع ليسقط ثانية على هيئة مطر او ثلوج على سطح الأرض والمحيطات. وما يسقط على سطح الأرض يعود ثانية إلى المحيطات والبحار بطريقة مباشرة وغير مباشرة ، كما أن جزء من التساقط يتبخر مباشرة أثناء السقوط إلى الغلاف الغازي وهذه العملية مستمرة وبفعل استمرارية هذه الدورة يمكن القول بان الماء موجود بشكل او بآخر لاستعمال الإنسان على سطح الأرض وانه لن ينتهي طالما استمرت الظروف الطبيعية كما هي .

ويمكن تقسيم عناصر الدورة المائية العامة بالنسبة المئوية كما يلي :

1- التبخر من الغلاف المائي ويرمز له E_0 (E_0=84%)
2- الأمطار في الغلاف المائي ويرمز له P_0 (P_0 = 77%)
3- التبخر من الغلاف القاري / المنطقة الساحلية الرطبة ويرمز له E_{1u} (E_{1u} =10%)
4- الأمطار في الغلاف القاري / المنطقة الساحلية الرطبة ويرمز له P_{1u} (P_{1u} =17%)
5- التبخر في الغلاف القاري / المنطقة القارية الجافة ويرمز له E_{2u} (E_{2u} =6%)
6- الأمطار في الغلاف القاري / المنطقة القارية الجافة ويرمز له P_{2u} (P_{2u} =6%)
7- بخار الماء المنقول بواسطة التيارات الهوائية من الغلاف المائي (البحار والمحيطات) إلى اليابس.(9%)
8- بخار الماء المنقول من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة (2%).

9- بخار الماء المنقول من المناطق الجافة إلى البحار والمحيطات (2%)(الشكل -)



التوازن الجزئي والكلي للدورة المائية العامة

التوازن الكلي والجزئي في الدورة المائية العامة :

تم مناقشة حركة الماء في الدورة المائية العامة في عناصر مختلفة وفي ثلاث مناطق مختلفة هي البحار والمحيطات والمنطقة اليابسة الرطبة والمنطقة اليابسة الجافة ، وكل منطقة من هذه المناطق يحدث فيها توازن على حدة وكلها تمثل توازنا كليا في الدورة المائية على الكرة الأرضية إذا اعتبرنا كميات المياه الداخلة والخارجة متساوية وعلى مدار السنة فإننا نجد العلاقات التالية :

$$P_0 = E_0 + 2\% - 9\% = E_0 - 7\%$$

1- أي إن كمية الإمطار في البحار والمحيطات تساوي التبخر من الغلاف المائي يضاف إليها 2% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح مطروحا منها 9% منقولة إلى المناطق القارية .

$$P_{1u} = E_{1u} + 9\% - 2\% = E_{1u} - 7\%$$

2- وهذا يعني أن كمية الأمطار في المنطقة الساحلية الرطبة تساوي كمية التبخر منها مضافا إليها 9% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح القادمة من الغلاف المائي مطروحا منها 2% من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح المنقولة إلى القارية الجافة.

$$P_{2u} = E_{2u} + 2\% - 2\% = E_{2u}$$

3- أي أن كمية بخار الماء من القارية الجافة مضافا إليها 2%من بخار الماء المنقول بواسطة الرياح من المنطقة الساحلية الرطبة مطروحا منها كمية بخار الماء المنقول منها 2%إلى الغلاف المائي تساوي كمية الأمطار فيها. ويمكن وضعها جميعا في المعادلة التالية :

$$P_0 = P_{1u} + P_{2u} = E_0 + E_{10} + E_{2u}$$

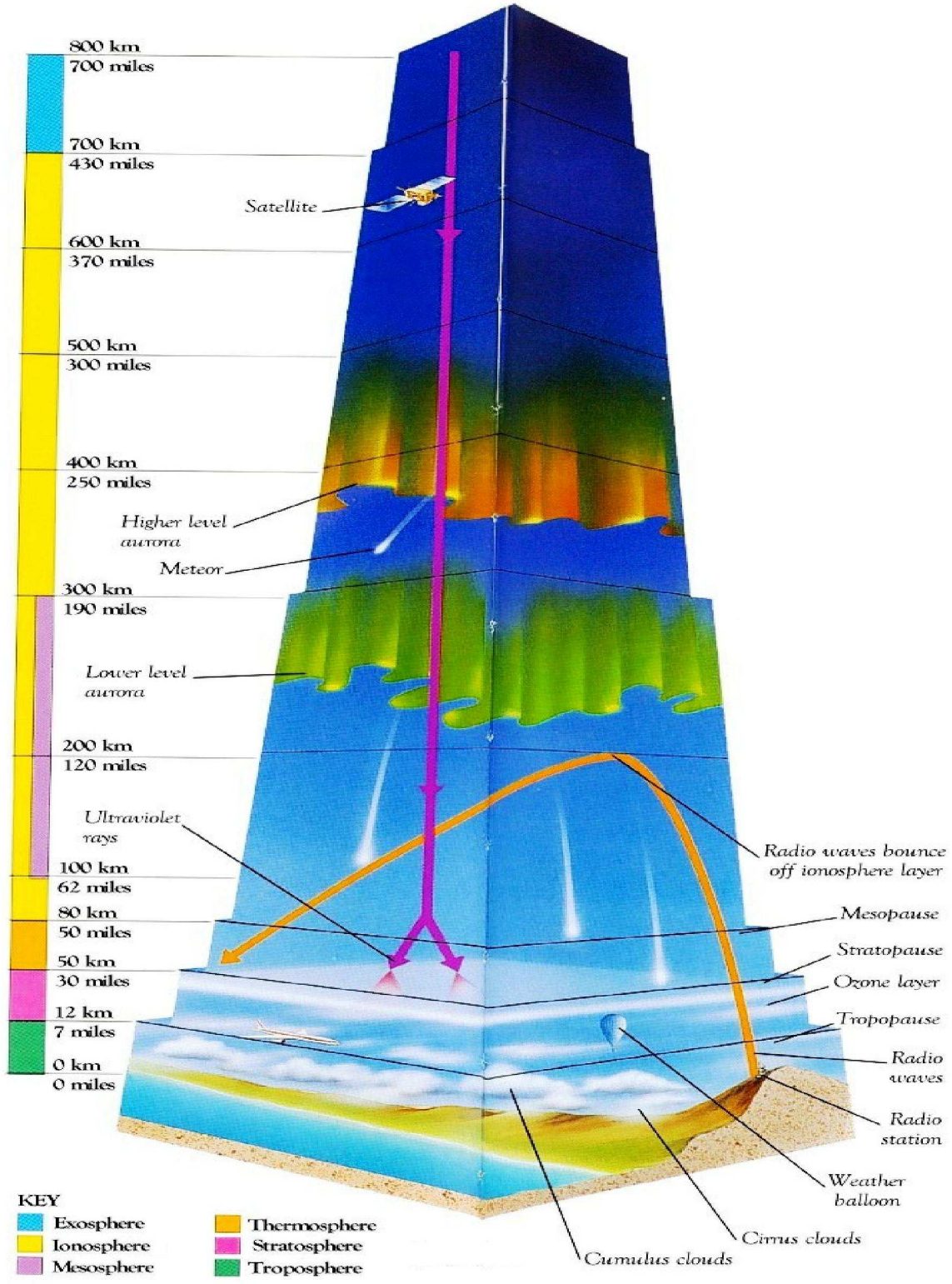
4 -أي أن الأمطار في البحار مضافا إليها الأمطار في المنطقة الساحلية الرطبة مضافا إليها الأمطار في القارية الجافة تساوي كمية التبخر من الغلاف المائي والتبخر من المنطقة الساحلية الرطبة والتبخر من القارية الجاف.ويمكن اختصار كل المعادلات السابقة في معادلة سهلة جدا وهي:

5-أي أن الأمطار = التبخر (شكل -). $P = E$

الغلاف الجوى : Atmosphere

يتألف من بخار الماء و الغبار و الغازات (الهواء) ومن أهم مكوناته الرئيسية هي :

N_2:	78%
O_2:	21%
CO_2, He, Ar, Ne, Xe	1%



و يتكون من الطبقات التالية :-
1- طبقة التروبوسفير:(0-12Km) / و فيها تهب الرياح و تتساقط الأمطار / وتمثل مجال الطائرات و السحب .
2- طبقة الستراتوسفير:(12-50Km) / و تنشأ فيها العواصف و الزوابع / و فيها طبقة الأوزون .
3- طبقة الميز وسفير:(50-80Km) / درجة حرارتها (55)^0 م والضغط الجوي يساوي(1/ 10000) جو وتقوم بالتخفيف من تأثير الشهب .
4- طبقة الثرموسفير: (80-100Km) / درجة حرارتها 1000^0 م و تسمى الايونوسفير وفيها تعكس الأشعة الكونية و تنظم الإشارات الراديوية.
5-طبقة الاكسوسفير : طبقة أعلى من 100 Km خالية من الغازات. وتمثل مجال حركة سفن الفضاء.

دورة المياه هي كل ما يتعلق بخزن المياه ونقلها على و تحت وفوق الأرض وعلى الرغم من أن الغلاف الجوي لا يشكل خزين كبير للمياه، لكنه يمثل الطريق السريع المستخدم لنقل المياه حول العالم. التبخر يغير الماء السائل إلى بخار والذي بدوره يصعد إلى الغلاف الجوي بسبب تيارات الهواء الصاعدة .

درجة الحرارة ألباردة في الأعالي تسمح للبخار بالتكاثف وتكوين الغيوم، والرياح القوية تحرك الغيوم في جميع أنحاء العالم حتى تتساقط مياهها بشكل أمطار او برد او صقيع لتعيد تغذية مكونات دورة المياه. وان90 % من مياه الغلاف الجوي ناتجة من التبخر الناتج من المسطحات المائية، والباقي من عملية النتح الناتجة من النباتات.

المياه دائما موجودة في الغلاف الجوي، والغيوم هي المظهر الأكثر وضوحا من الماء في الغلاف الجوي، ولكن حتى الهواء العادي يحتوي على الماء بشكل جسيمات صغيرة جدا يصعب رؤيتها. أحد التقديرات لحجم المياه في الغلاف الجوي في أي وقت هي حوالي 12900 (km^3) من المياه . قد يبدو هذا كثيرا، لكنها لا تشكل سوى حوالي 0.00 % من الحجم الكلي للمياه. فإذا أمطرت كل مياه الغلاف الجوي في وقت واحد، فإنه لن يؤدي إلا لتغطية الأرض بسمك 2.5 سم .

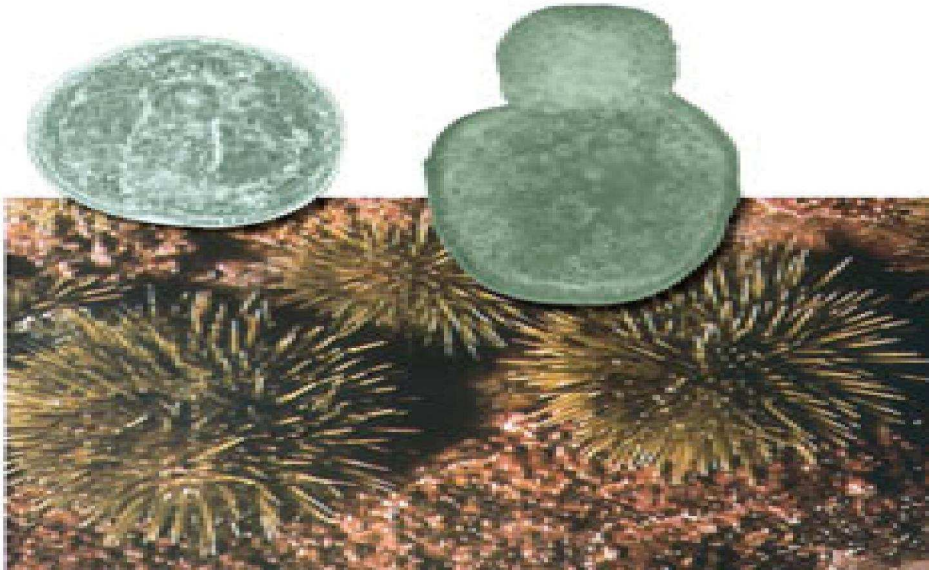
بعض الظواهر العلمية في الغلاف الجوي:

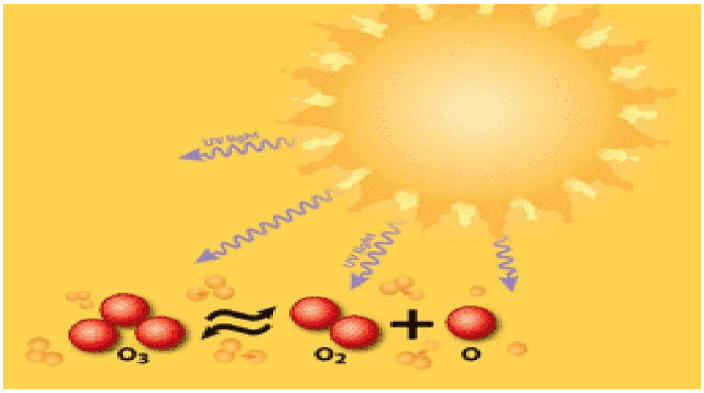
- طبقة الأوزون.[O_3]:

وهي طبقة هوائية يزداد فيها تركيز غاز الأوزون ضمن طبقة الستراتوسفير.

الأوزون غاز مؤذي للجهاز التنفسي من خلال قابليته لتكوين الحوامض في الرئتين مسببا تلف خلاياها وتركيزه اكبر من (102) جزء من بليون في الهواء يعتبر عنصرا ملوثا . يتلف أوراق النباتات وبنفس الآلية .

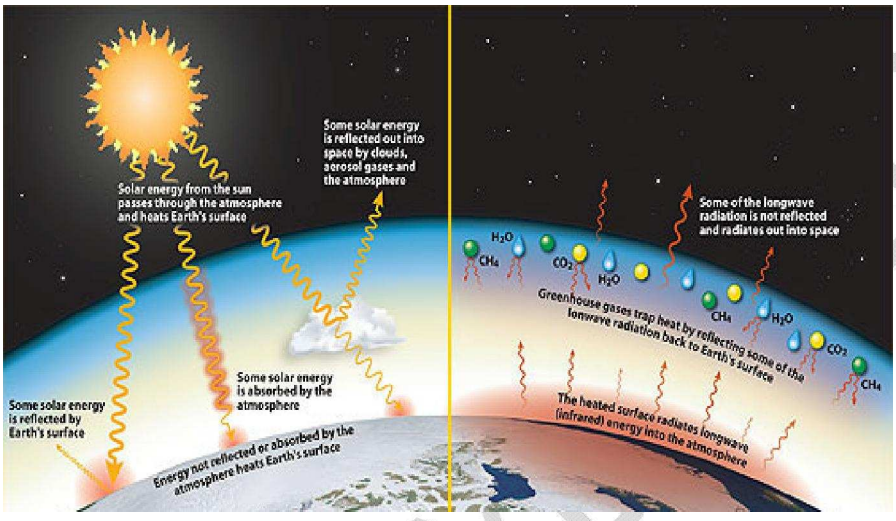
الأوزون غاز مفيد من خلال دوره في ترشيح فوتونات أشعة الشمس ذات الطول ألموجي القصير(فوق بنفسجية) ويمنعها من الوصول إلى الأرض (الصورة توضح تأثير الأشعة على قنفذ البحر).





يتحول الأوزون إلى جزيئات و ذرات الأوكسجين بوجود الأشعة ،وكذلك ينتج الأوزون من تفاعل ذرات وجزيئات الأوكسجين وكما في المعادلة العكسية.
إذن آلية التفاعل هي التي تقوم بترشيح الأشعة.
ومن اخطر المواد التي تخفض من تركيزه هي مركبات كلورو فلورو كربون التي تتفاعل معه بشكل مذيب فاعل لتركيزه .

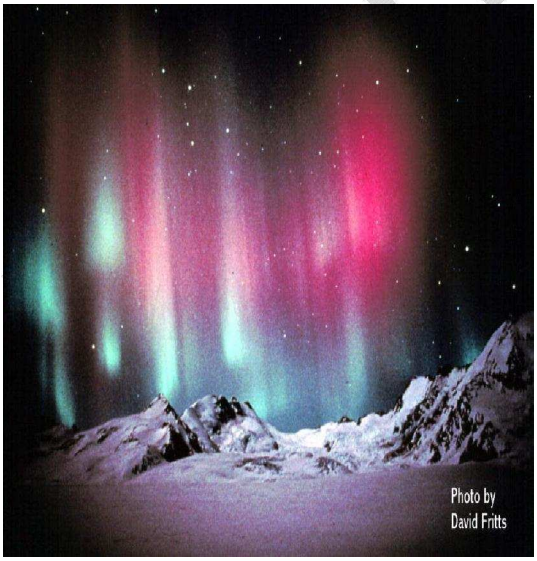
الاحتباس الحراري:

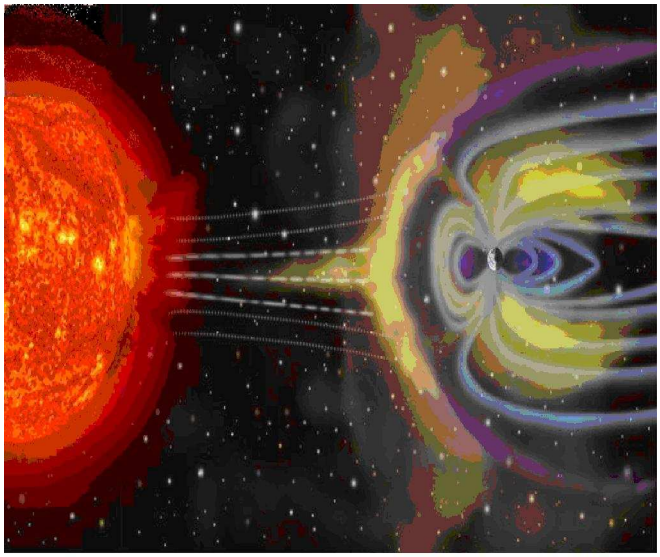


يحدث بفعل عكس الموجات الإشعاعية الطويلة بواسطة غازات الدفيئة وتشمل ثنائي اوكسيد الكربون والميثان وبخار الماء .

الشفق (Aurora):

ظاهرة تحدث في الغلاف الجوي نتيجة تأين الغازات و إطلاق فوتونات الضوء المرئي (الأخضر ، الأزرق و الأحمر) بفعل إشعاعات الرياح الشمسية بمنطقة تجمع خطوط الحقل المغناطيسي عند الأقطاب .





مقدمة :

هل تعتقد أن للغيوم وزن؟ كيف يمكن وزنها إذا كانت عائمة في الهواء مثل بالون مليء بالهليوم؟ إذا أخذت بالون الهليوم إلى ميزان المطبخ فانه لن يسجل أي وزن ، اسمحوا لي أن أسأل ما إذا كنت تعتقد أن للهواء وزن . الحقيقة أن للهواء وزن يمكن حسابه بصورة غير مباشرة من قياس ضغط الهواء بالبارومتر والذي يبلغ مقداره (1 كيلو غرام / سنتيمتر مربع = 14 ,5 باوند/ انج مربع) عند مستوى سطح البحر . تبلغ كثافة الهواء الجاف حوالي 1.007 كغم / متر مكعب (kg/m3) بينما تبلغ كثافة الهواء الرطب (كثافة الغيوم) حوالي 1.007 كغم / متر مكعب (kg/m3)، لذا تطفو الغيوم على الهواء لأن الهواء الرطب في السحب أقل كثافة من الهواء الجاف .

التكاثف : Condensation

التكثيف هي العملية التي من خلالها يتحول بخار الماء في الهواء إلى الماء السائل وهي المسئولة عن تشكيل الغيوم والتي ينتج عنها هطول الأمطار ، والذي يمثل الطريق الرئيسي لعودة المياه إلى سطح الأرض ضمن دورة المياه وعليه فالتكثيف هو عكس التبخر. كما تعتبر عملية التكثيف مسؤولة عن تكوين الضباب على مستوى سطح الأرض.

يختلف ترتيب جزيئات الماء ضمن أطوار تواجده على هيئة بخار او سائل او صلب وعليه فان جزيئات الماء الموجودة على شكل بخار مرتبة بشكل عشوائي بينما تكون جزيئات الماء الموجودة بهيئة ماء سائل اقل عشوائية.

على الرغم من أن بخار الماء غير مرئي في ظل سماء صافية إلا إن المياه لا تزال موجودة على شكل قطرات صغيرة جدا. اعتمادا على الأحوال الجوية تلتحم جزيئات الماء مع جزيئات صغيرة جدا من الغبار والملح والدخان في الهواء لتشكيل قطرات السحاب والتي تنمو وتتطور في الغيوم ، قطرات الغيوم تختلف اختلافا كبيرا من حيث الحجم ، و تتراوح من 10 ميكرون في بداية التكوين إلى 5 ملم أثناء نموها لتتساقط لاحقا من قاعدة الغيمة بعد زيادة وزنها .

تقوم الغيوم بدور مهم في تنظيم تدفق طاقة الإشعاع الشمسي داخل وخارج نظام مناخ الأرض . إنها تؤثر على مناخ الأرض من تأثير الأشعة الشمسية و التي تعكس حرارتها مرة أخرى إلى الفضاء ، كما تنظم الإشعاع الصادر من سطح الأرض في كثير من الأحيان ، إذ تعمل الغيوم بمثابة غطاء لحفظ جزء من الحرارة دون تسربها إلى الفضاء ولفترة محددة وبذلك فان لها دور في توازن الطاقة على سطح الأرض .

تحدث عملية التكثيف أيضا بالقرب من مستوى الأرض ، وهو ما يعرف بالضباب. الفرق بين الضباب والغيوم هو عدم وجود تيارات هوائية صاعدة تساعد في رفع الهواء الرطب إلى الأعلى و إنما يتماس مع السطوح الباردة ويبرد إلى نقطة الندى لذلك يتشكل الضباب . أي تبريد إضافي يؤدي إلى تكثيف ونمو السحب المنخفضة المستوى وهو شكل آخر من الضباب المعروف باسم الضباب الإشعاعي. وعندما لا تمتزج طبقة الضباب بسهولة مع الهواء الذي يعلوه ، يتشكل الضباب القريب من سطح الأرض.

شكل( ). التكاثف وتشكيل الغيوم .

التساقط :

هو الماء الناتج من الغيوم بشكل أمطار او رذاذ او ثلوج أو برد ومعظم التساقط ينزل على شكل أمطار.. ويمثل الاتصال الأول لدورة المياه بين الغلاف الجوي والغلاف الأرضي . وهو مصدر جميع المياه العذبة على سطح الارض ، سواء أكان هذا التساقط على شكل أمطار او برد او ثلج ، ويمكن القول أيضا بان كل أنواع الجريان السطحي ناجمة بشكل مباشر او غير مباشر عن التساقط . لذلك تعد دراسة التساقط أساس الدراسات الهيدرولوجية رغم إنها من صلب تخصص علماء المتيرولوجيا والمناخ وسنعالج في هذا الفصل القضايا التي لها صلة مباشرة بالهيدرولوجيا باعتبار إن القارئ له إلمام مسبق بالمفاهيم المناخية والمترولوجية المتعلقة بالتساقط . ومن الجدير ذكره بان كمية الرطوبة الموجودة في الغلاف الجوي تساوي فقط 0،001 % من مجمل المياه الداخلية في دورة الغلاف المائي ، وان هذه الكمية المتواضعة نسبيا يعود اليها جميع أنواع التساقط على سطح الارض . ويقدر بعض العلماء بأنه لو أتيح لجميع بخار الماء الموجود في الجو إن يسقط على شكل أمطار في نفس الوقت ، فان معدل التساقط على جميع أنحاء الارض يصل إلى (25)ملم تقريبا . ويتميز أشكال التساقط بالتباين الزمني 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 .

الغيوم العائمة في الجو تحتوي على بخار الماء وقطرات صغيرة من الماء المكثف.. إذا كنت تراقب سحابة ترى اختفاء بعض أجزاءها بسبب التبخر وظهور أجزاء أخرى آخذة في التزايد بسبب التكثيف و معظم الماء المكثف في السحب لا ينزل كتساقط لأن سرعة السقوط ليس كبيرا بما يكفي للتغلب على التيارات الحاملة للغيوم . أول قطرات المياه تبدأ صغيرة بقطر (0.5) ملم و تتكاثف على ذرات الغبار والملح ، أو جزيئات الدخان والتي تكون بمثابة النواة . تنمو قطرات الماء نتيجة لتكثف إضافي لبخار الماء إلى أن يصبح قطرها (4) ملم او نتيجة تصادم واتحاد جزيئات الماء يكفي لإنتاج قطرات كبيرة ذات سرعة تساقط تتجاوز سرعة التيار الصاعد مسببة بذلك عملية التساقط .

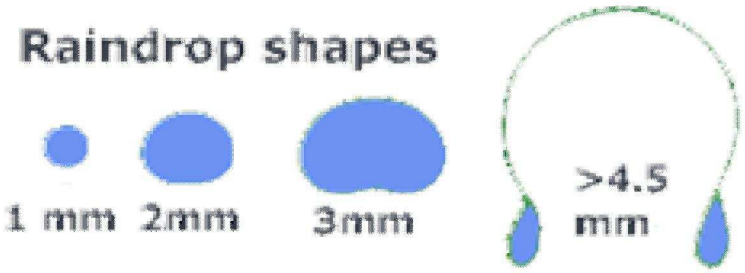
عملية إنتاج قطرة مطر واحدة تحتاج إلى الملايين من قطرات السحاب . ثمة آلية أكثر كفاءة لإنتاج هطول او قطرات كبيرة الحجم من خلال عملية نمو سريعة لبلورات ثلجية على حساب بخار الماء الموجود في السحابة. هذه البلورات تسقط على هيئة ثلج او برد، أو تذوب وتسقط بهيئة مطر.

تتفاوت معدلات هطول الأمطار جغرافيا مع الزمن .والجدول أدناه يوضح شدة وحجم وسرعة وعدد قطرات ماء المطر ولمختلف أنواع التساقط .

Precipitation التساقط	Intensity (cm/hour)	Median diameter (millimeters)	Velocity of fall (meters/second)	Drops per second per (square meter)
Fog ضباب	(0.013)	0.01	(0.003)	(67,425,000)
Mist سحاب	(.005)	0.1	(0.21)	(27,000)
Drizzle رذاذ	(.025)	0.96	(4.1)	(151)
Light rain مطر خفيف	(1.02)	1.24	(4.8)	(280)
Moderate rain مطر متوسط	(.38)	1.60	(5.7)	(495)
Heavy rain مطر كثيف	(1.52)	2.05	(6.7)	(495)
Excessive rain مطر شديد	(4.06)	2.40	(7.3)	(818)
Cloudburst غيوم منفجرة	(10.2)	2.85	(7.9)	(1,220)

شكل قطرات المطر :

شكل قطرات المطر التي يبلغ قطرها أقل من 1 مليمتر تكون كروية ؛ الأكبر منها وبقطر 2 مليمتر يكون شكلها شبيها بكعكة همبرغر وعندما يصل قطرها إلى 3 مليمتر يكون شكلها شبيها بالمظلة ، وبعد أن يصل قطرها أكبر من 4.5 ملم فأنها سرعان ما تتشوه وتتفكك إلى قطرات صغيرة شبيهة بالدموع .
هذه التحولات بالشكل هي نتائج صراع بين قوتين الأولى متمثلة بالشد السطحي للماء والثانية متمثلة بضغط الهواء المسلط عموديا على الجزء السفلي من القطرات ، فعندما تكون القطرة صغيرة يسيطر الشد السطحي ويجعل شكل القطرة كرويا ومع تزايد حجمها ، تزداد سرعة السقوط مسببا زيادة في الضغط على أسفل القطرة لتتسطح ومن ثم تكوين جيب مقعر ، وأخيرا عندما يتجاوز نصف قطرها حوالي 4 ملم أو نحو ذلك ، ينمو الجيب بشكل مضطرد ليصبح على هيئة مظلة منطاد تتدلى منه قطرات مائية صغيرة لا تلبث أن تتفكك إلى مجموعة من قطرات المطر . وكما في الشكل أدناه .



أنواع التساقط (Precipitation) :

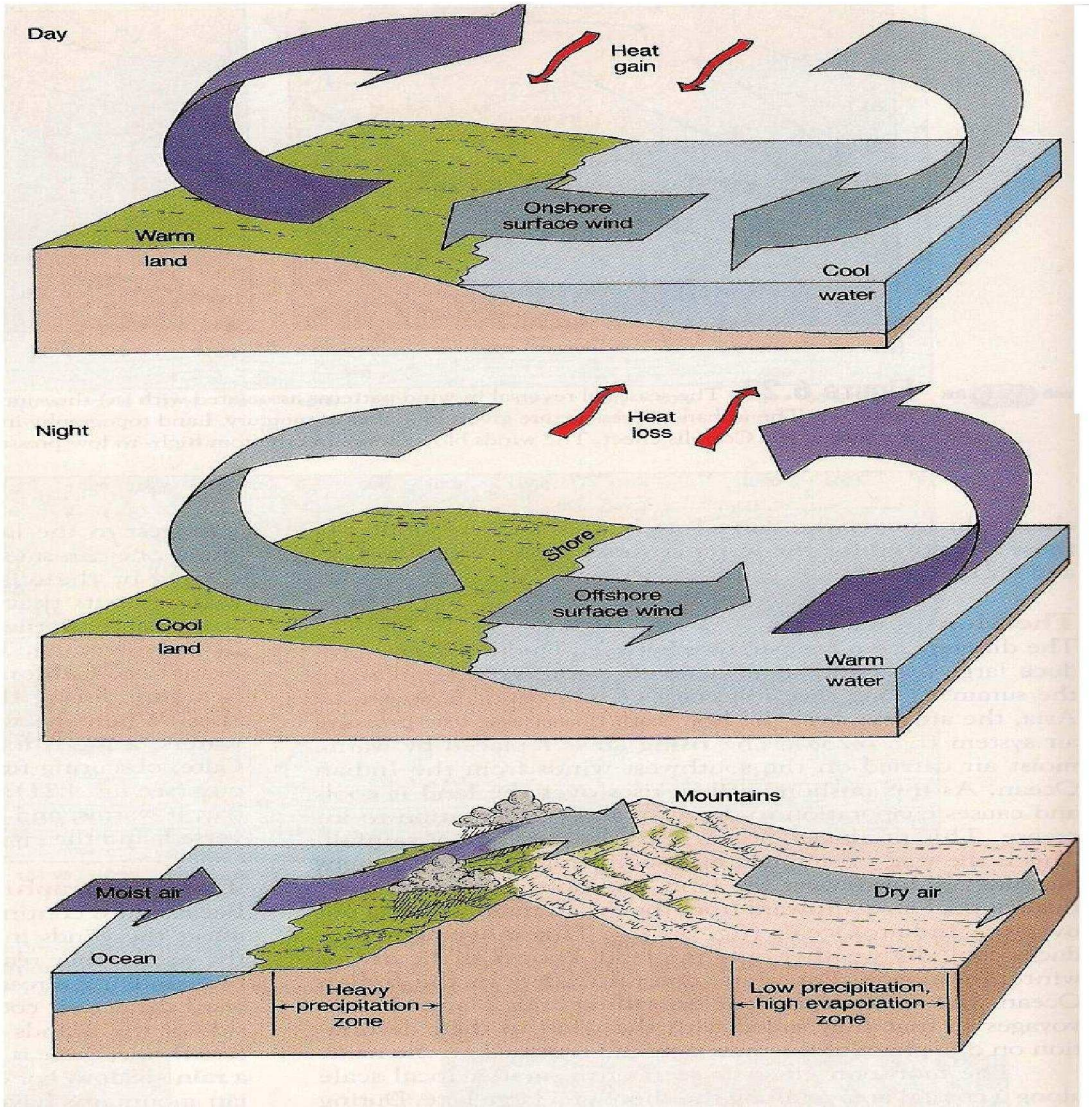
يمكن إن نصف أنواع التساقط بناء على أساس شكل التساقط او بناء على أصل هذا التساقط .

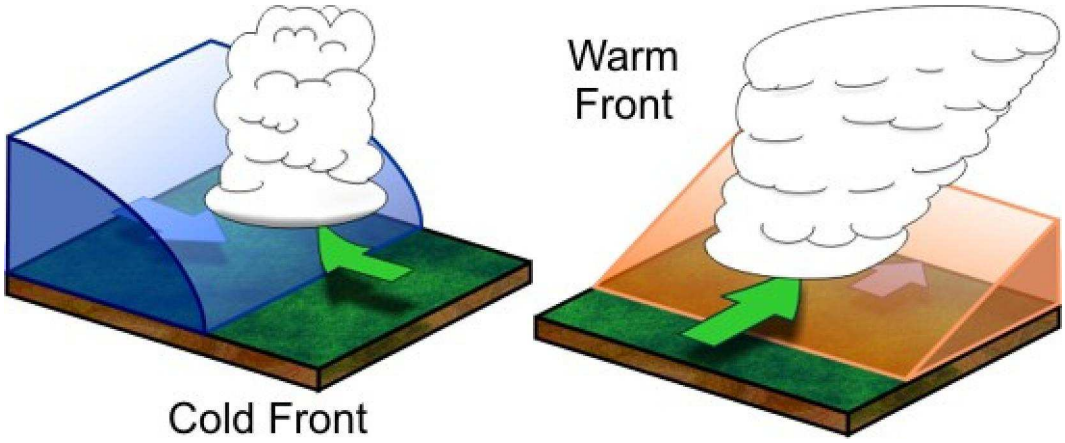
أولا : تصنيف التساقط بناء على أشكاله :

فمن التساقط ما يكون بحالة السيولة ومنها ما يكون صلبا . فالمطر(rainfall) والرذاذ (drizzle) والندى (dew) تدخل مباشرة بدورة الماء بينما يؤجل دخول الأشكال الصلبة مثل الثلج (snow) والصقيع (frost) والجليد (glaze) دورة الماء حتى تصبح درجة الحرارة مناسبة لذلك . أما البرد فرغم صلابته إلا إن ظروف تشكله تجعله يدخل مباشرة بالدورة كما هو الحال بزخات المطر الغزيرة .

ثانيا : تصنيف التساقط بناء على أصولها :

يتم التساقط بتظافر 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 . إن وجود الرطوبة في الهواء الموجود فوق اليابسة يعود إلى تحرك الهواء بموازاة سطح الارض لعدة مئات من الكيلو مترات او مرورها فوق مسطحات مائية شاسعة كالبحار والمحيطات ، وقد ترتفع الكتل الهوائية بفعل اصطدامها بعوائق طبوغرافية او بواسطة اصطدامها بكتل ابرد منها ، او يكون صعودها ناجم عن عملية التسخين كما هو الحال بالأمطار الانقلابية . وليس من المفروض إن يحصل التساقط من احد هذه الأنواع بمعزل عن الأخر ، فقد تتظافر عملية التصعيد الناجمة عن التضاريس مع عملية التصعيد الناجمة عن التقاء كتل هوائية متباينة الحرارة ، كما في الأشكال التالية ( ) .


Day
Heat gain
Onshore surface wind
Warm land
Cool water
Night
Heat loss
Shore
Offshore surface wind
Cool land
Warm water
Mountains
Moist air
Dry air
Ocean
Heavy precipitation zone
Low precipitation, high evaporation zone


Warm Front
Cold Front

تباين التساقط (Variations of precipitation) :

من الأمور الرئيسية التي يهتم بها علماء الهيدرولوجيا تباين التساقط مكانيا وتباينه زمنيا . بحيث يندر إن يتساوى موقعين بمقدار الأمطار التي تسقط عليها بنفس الوقت ، كما يندر إن يتساوى التساقط بموقع معين بنفس الوقت وبنفس الموعد خلال سنوات مختلفة . فمن النادر على سبيل المثال إن تتساوى كمية التساقط على مطار عمان المدني الساعة الواحدة ظهرا في اليوم الثالث من كانون الأول عام 1991 مع نفس الكمية التي يمكن إن تسقط بنفس الموعد عام 1992 . فمعدل سقوط الأمطار السنوي الافتراضي على مختلف بقاع الارض يصل إلى 700 ملم (280 بوصة) تقريبا ، ولكن في حقيقة الأمر قد تمضي عدة سنوات دون إن تهطل أمطار تذكر على بعض المناطق الصحراوية ، في حين يزيد معدل التساقط السنوي في بعض المناطق عن 1000 ملم كما في جبل (waialeale) بجزر هاواي التي يصل معدل التساقط السنوي فيها إلى 1200 ملم (480 بوصة) . ويعتمد تباين التساقط مكانيا على معدلات التبخر وعلى نمط مسار الكتل الهوائية ، حيث يتخذ نمط توزيع الأمطار على سطح الكرة الأرضية أنماطا شريطية عرضية . ونظرا لكون البحار والمحيطات هي المصدر الرئيسي للبخار الموجود في الجو ، فان المناطق البعيدة عن الساحل تتصف بقلة التساقط مقارنة بالمناطق المناظرة لها على السواحل ، وتلعب الرياح الدائمة دورا معدلا يحد من اثر البعد عن السواحل في تقليل الأمطار ، بحيث يتعدى تاثير البحار والمحيطات في التساقط المناطق الساحلية لها . ويمكن إن ينسحب هذا القول على الرياح العكسية التي تهب على إقليم السواحل الغربية في أوربا ، حيث يتعدى تاثير المناطق الساحلية لقارة أوربا . ويغلب على التساقط في مختلف بقاع المعمورة النمط الفصلي ، بحيث ينتظم التساقط وفق أنماط فصلية يمكن التكهن بوقت حدوثه وبكمية وفق بيانات تدل على كميات التساقط في سنوات سالفة ، ويهتم الهيدرولوجي بهذا الأمر اهتماما كبيرا وذلك لرسم السياسات المائية التي تمليها ظروف التساقط .

ويمكن دراسة التبيان الزمني للتساقط وفق المفاهيم التالية :

1- التباينات الدورية (cyclic variations) :

جرت العديد من المحاولات للكشف عن إمكانية وجود دورات منتظمة للتساقط من خلال دراسة كميات التساقط السنوي . وتعتبر مثل هذه القضايا ضرورية جدا في مجال الدراسات البيئية وبخاصة الفيضانات ، ولتحديد مقدار المياه التي يمكن إن تكون متوفرة في سنة ما ، ويمكن إن تفيد أيضا في تحديد أماكن إقامة المنشات والمساكن قرب مجاري الأودية والأنهار الرئيسية ، وتتطلب مثل تلك الدراسات معلومات دقيقة ولفترة طويلة يفضل إن لا تقل عن 30 سنة متواصلة . وقد تمت ملاحظة عدة دورات تتباين في مدتها ، فمنها ما يصل طولها عشر سنوات ومنها ما يصل إلى 35 سنة .

2- التغيرات الطويلة المدى : (secular variations)

لم يوافق العلماء في تحديد دورة ثابتة للتساقط . ولكن بعض الدراسات الحديثة استطاعت التوصل إلى قناعة بان تباين التساقط يرجع سببه مباشرة إلى تظافر بعض العوامل الجغرافية مع بعض العوامل المناخية . حيث اتضح إن هناك دورة عامة شبه منتظمة للدورة العامة للغلاف الجوي تنعكس بالتأكيد على نطاق التساقط العالمي .

3 - التباينات الفصلية (seasonal variations) :

يظهر النمط العالم بنظام التساقط في معظم مناطق العلم ، نمط شبه ثابت ، بحيث تتساقط الأمطار في موسم ما وتحجب عن التساقط في موسم آخر وقد درج على تسمية هذا المواسم بالفصول . تتأثر هذه الفصلية بنظام الغلاف الجوي الذي يتأثر بالحركة الكونية للنظام الشمسي وبخاصة علاقة الارض بالشمس .

4- التباينات اليومية (daily variations):

تحدث بعض التباينات اليومية لتساقط الأمطار في بقاع محددة من سطح الارض . وتعود هذه الاختلافات إلى اختلاف درجة الحرارة بين ساعات النهار ، والتي تعد الأساس في حدوث الأمطار الانقلابية وبخاصة في المنطقة الاستوائية حيث تسقط الأمطار الرعدية يوميا بعد الظهر او مع بدايات المساء وبشكل عام نستطيع القول بان إمكانية نجاح توقعنا لتحديد كمية الأمطار تزداد في حالتين :

1 - عند زيادة الفترة الزمنية . أي إن توقعنا لكمية التساقط للسنة يكونه أفضل من توقعنا للتساقط على مستوى الفصل والشهر ، كما إن توقعنا لكمية التساقط في الشهر تفوق ذلك التوقع ليوم ... وهكذا .

2- في المناطق ذات الأمطار الوفيرة يكون التباين قليلا من سنة إلى أخرى ومن فصل إلى آخر بينما يكون ذلك التباين اكبر في المناطق التي لا تتمتع بتساقط وفير .

كثافة الأمطار (rainfall intensity) :

في الأمور التي تهم علماء الهيدرولوجيا كثافة التساقط على مستوى العاصفة المطرية ، ومدى استمرارية كثافة التساقط ضمن نفس العاصفة . حيث يتأثر الجريان السطحي وبخاصة تحديد ذروة الجريان النهري بكثافة التساقط وديمومته . وكلما قلت الفترة الزمنية التي تحدد خلالها كثافة التساقط يكون أفضل. فلو عرفنا كثافة التساقط لكل ساعة او أجزاء الساعة خلال العاصفة المطرية أفضل من معرفتنا بتلك الكثافة خلال العاصفة بشكل عام او خلال يوم واحد منها ويعبر عن هذا الأمر عادة بما يسمى بمنحني كثافة التساقط (intensity – duration curve) .وقد نعبر عن ذلك بطريقة أخرى بما يسمى ب (depth – duration curve)ويحدد فيها نسبة التساقط في ساعة ما خلال العاصفة إلى مجموع التساقط الناجم عن نفس العاصفة . ويمكن استخدام منحنيات أخرى لتعبر عن كثافة التساقط مثل (rainfall intensity frequency graph) حيث تبين هذه المنحنيات نسبة تكرار كثافة التساقط لمحطة ما ولعاصفة معينة .

قياس التساقط (measurement of precipitation) :

الفكرة الرئيسية من خلال قياس كميات التساقط هو للتعبير عن سمك المياه التي تغلف المنطقة بفعل العاصفة المطرية ويعد التساقط أول عناصر الطقس التي تولاها المهتمون بالقياس ويقدر البعض بان بداية قياس الأمطار كانت في القرن الرابع الميلادي في شبه القارة الهندية ولكن القياس الحقيقي المؤكد للأمطار عرف مذ عام 1639 في ايطاليا ، وفي بريطانيا بدء القياس عام 1677 .

نوع مقاييس التساقط (Type of rain gauge) :

تصنف مقاييس الأمطار ضمن مجموعتين رئيسيتين هما :

1- مقياس التساقط غير المسجل /العادي : (non recording gauge)

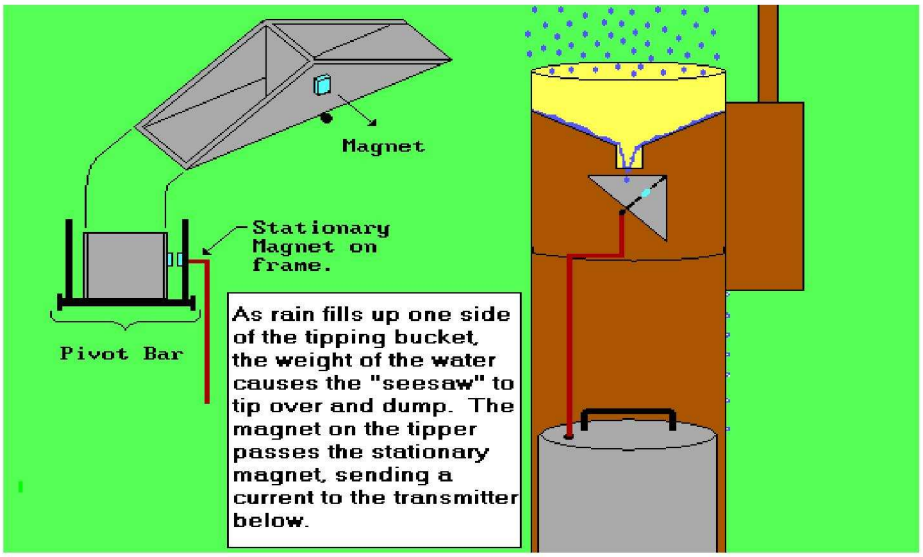
وهو عبارة عن جهاز بسيط ، يتكون من اسطوانة بلاستيكية او معدنية طولها 580 ملم وقطر فوهتها 200ملم ، وترتبط الفوهة بقمع يوصل الأمطار إلى اسطوانة داخلية قطرها 20 ملم تكون غالبا مدرجة تدل على كمية الأمطار الساقطة في المنطقة . وقد لا تكون مدرجة ، بحيث يتم قياس الكمية بواسطة المخابر المدرج ، ويتميز هذا النوع ببساطته ، ولكنه لايعطي فكرة واضحة عن كثافة الأمطار (الغزارة)او ديمومتها ولا يعطي فكرة تامة عن المسار العام للتساقط خلال فترة زمنية محدودة . إلا انه يمكن القياس كمية الأمطار المتجمعة به في أي وقت يشاء الراصد ذلك . ويتفاوت شكل المقياس من دولة إلى أخرى . فهناك النموذج البريطاني (mark-2)(شكل 9) . والنموذج الكندي (شكل 10) .
وجميعها تتبع نفس الأساس . حيث تغلف الاسطوانة المعدنية او البلاستيكية اسطوانة أخرى مدرجة مصنوعة من الزجاج او البلاستيك . ولكن هناك اختلاف في كيفية تثبيت هذه الأجهزة على الارض تدفن قاعدته في الارض ، والأخرى يرتفع على قائم ، وبعضها كالنموذج الكندي يستند على قاعدة ترتفع عن الارض كما هو واضح في الشكل (10) .
ولزيادة كفاءة هذه المقاييس وبخاصة في المناطق النائية ، فان الاسطوانة الداخلية تكون من ألكبر بحيث تكفي لتساقط كمية كبيرة من الأمطار ، ويضيف الراصد أحيانا بعض الزيوت على الاسطوانة الداخلية في المقاييس التي تقع في مناطق نائية ، ويتعذر قياسها يوميا ، وذلك لخفض كمية التبخر من الكميات التي استقرت داخل ذلك الأنبوب ، وتسمى هذه الأجهزة (storage gauges).

توجد مقاييس مخصصة لتقدير كمية الأمطار الناجمة عن تساقط الثلج . وتشبه إلى حد بعيد تلك المقاييس سالفة الذكر ، إلا أنها لا تحتوي قمع ، بحيث تهوي الثلوج من الفوهة إلى القاع ثم تذوب بعد حين وتثبت هذه المقاييس على قائم قابل لرفعه او تنزيله وذلك حسب تراكم الثلوج (شكل 11) .
ويتبع الراصدين الجويين في كندا بتقدير كمية التساقط بقسمة السمك على 10 ، ويكون الناتج هو كمية الأمطار الساقطة وقد لا تعد هذه الطريقة فعالة في جميع الحالات بسبب تفاوت هشاشة الثلج من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر .

2 - أجهزة قياس المطر الآلية (recording gauges) :

رغم تعدد المقاييس الآلية وتنوعها إلا إنها تقوم على أسس وحدة . فمنها ما يعبر عن كمية التساقط باختلاف الوزن ، الذي يدل عليه مؤشر خاص يسجل ذلك على ورق رسم بياني ملفوفة حول اسطوانة تدور باستمرار . وقد تغير هذا هذه الورقة يوميا او أسبوعيا وقد يصل الأمر إلى شهر ، إن كمية المياه الداخلة في الجهاز يمكن صرفها او جمعها بوعاء كبير ، قد يستفاد منها لأمور خاصة . وبعضها يعبر عن كمية التساقط بارتفاع وانخفاض عوامة تطفو فوق المياه التي تتجمع داخل مستودع محدود السعة (float type gauge) ، يمكنه التخلص من الكميات الزائدة ، أما بصرفها خارج الجهاز او جمعها أيضا بمستودع اكبر وتربط العوامة بمؤشر ، يحدد مسار تساقط الأمطار على ورقة رسم بيانية كما هو الحال في الجهاز السابق .

وتعتمد بعض دوائر الارصاد الجوية مقياس المطر ذو الدلاء (tipping bucket gauge) الذي يتكون من دلوين صغيرين يتسع الواحد منهما (2.5) ملم من الأمطار . وكلما امتلاء دلو يبدأ الأخر بالامتلاء ، بعد إن يبدأ الأول بتفريغ ما بحوزته ، ويوجد مؤشر خاص يسجل على ورقة رسم بيانية دوارة عدد المرات التي تم تفريغ تلك الدلاء ، وبعملية حسابية بسيطة نستطيع حساب كمية الأمطار الساقطة (شكل 12) .

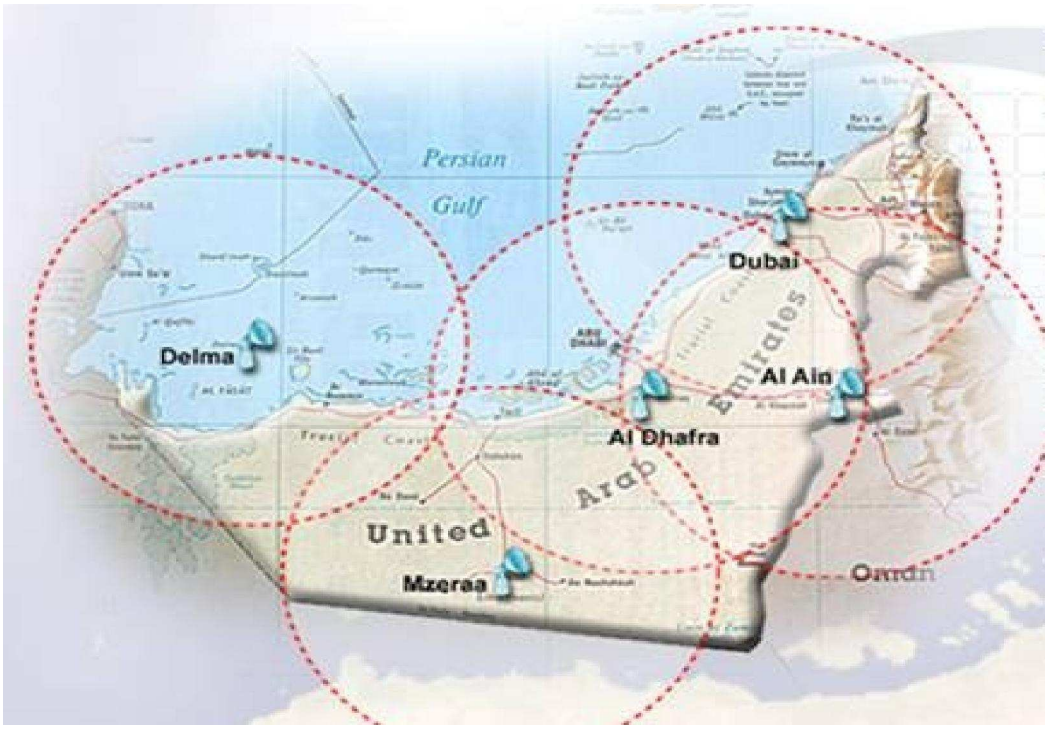


وتوجد بعض الأجهزة التي توافق بين هذه الأنواع الثلاث . وبامكانها إن تحول التسجيل مباشرة إلى قيم رقمية تخزن مباشرة على أشرطة الحاسبة الالكترونية . وبعض هذه الأجهزة الذي يثبت بمواقع نائية مزودة بأجهزة إرسال ، تزود المحطات الرئيسية بمقدار كميات التساقط المسجلة مباشرة ، وتعد هذه الطريقة ضرورية جدا في حساب كميات التساقط وتقدير كمية الجريان السطحي ، مما يفيد في تفادي أخطار الفيضانات في بعض المناطق المهددة بها .

استخدام الرادار في قياس / تقدير كمية التساقط :

رادارات الطقس من التقنيات الحديثة التي تقيس تباين كميات التساقط للعواصف المطرية زمنية ومكانية . حيث يقوم الرادار بإرسال حزم من الإشعاعات الرادارية قصيرة الموجة بمعدل ألف نبضة (pulse) في الثانية . ويتلقى الرادار بين النبضات الإشارات (signals) المنعكسة من الأهداف ، وتمثل الأهداف في هذه الحالة قطرات مطر متساقطة ، ومن خلال معادلة خاصة يمكن حساب كميات الأمطار المتوقعة هطولها على المنطقة . ويتراوح مدى تاثير بعض الرادارات ما بين 100 - 150 ميل من موقع النظام الراداري وقد دلت بعض الدراسات على إن استخدام الرادار يعاني من بعض الهنات التي لا تؤهله تماما ليكون مصدرا موثوقا به في قياس كميات تساقط بشكل دقيق . فقد تبين إن 30% من القياسات الرادارية تعادل 26% من القيم المقاسة بالطرق التقليدية على بعد يتراوح ما بين 19 - 60 ميل ، وتهبط النسبة إلى 15 % في 25% من قراءات الرادار إذا تراوحت المسافة بين الرادار ومحطة القياس التقليدية ما بين 60 - 100 ميل .

ويعود السبب الرئيسي في هذا اختلاف إلا إن المواجهات الرادارية تسير بخطوط قوسيه يفوق تقوسها تقوس الارض بحيث لا تستطيع أحيانا هذه الموجات الاصطدام بقطرات المطر نظرا لانخفاض مستواها عن سطح الارض لذلك فان المناطق المجاورة لمحطة الرادار يستطيع الرادار تقدير كمية لتساقط فيهالا معدل يساوي تماما ما تقيسه أجهزة قياس المطر التقليدية ومع ذلك فان بعض الدول المتقدمة مثل بريطانيا وفرنسا تكاد إن تكون مغطاة بشبكة رصد رادارية تتيح للمتخصصين رصد العاصف المطرية ، وتقدير كمية الأمطار المتوقعة هطولها ، وبذلك تعد هذه الطريقة فعالة في مجال الحد من خطر الفيضانات . إذ إن هذه الرادارات متصلة مع بعضها البعض وترتبط جميعها بمحطة رئيسية تستطيع من خلال نماذج إحصائية تقدير كمية التصريف المائي في الأودية والأنهار الرئيسية ، كما إن هذه المحطة تربط بمراكز الدفاع المدني والأمن العام ، وبمحطات الإذاعة والتلفزة ، وبذالك تستطيع إعطاء صورة واضحة أولا بأول عن سير المنخفضات والأعاصير الجوية .


Persian
Gulf
Dubai
Delma
Al Ain
Al Dhafra
Arab
United
Mzeraa
Omán

بعض المشكلات التي تعترض قياس المطر :

من الصعب القول بان أية محطة مناخية تمثل تمثيلا حقيقيا المنطقة المقامة بها . فعناصر الطقس وبخاصة الأمطار هي أكثر عناصر الطقس تأثيرا بالظروف الموضعية . فكلما كانت الارض سهلية تكون المحطة المناخية أكثر تمثيلا . ويقل تميل المحطة للمنطقة المقامة فيها كلما زاد تضرس المنطقة ، ولذلك ينصح بإقامة أجهزة رصد مطرية بكثافة عالية في المنطقة الجبلية الوعرة أكثر من المناطق السهلية ويتأثر مدى صدق القياسات المطرية بعوامل أخرى مثل لارتفاع جهاز القياس المطري ، وضياع جزء من الأمطار في التبخر وفي تبلبل الجهاز ، وحدوث دوامات هوائية حول الجهاز فضلا عن بعض الأخطاء التقنية في مكونات الجهاز النفسي .

اضطراب الهواء وتطاير قطرات الماء :

تمثل أجهزة رصد المطر عوائق أمام تدفق الرياح فوق سطح الارض مما يسبب اضطراب الرياح وحدوث دوامات هوائية حول جهاز الرصد ، مما يمنع بعض قطرات الماء من دخول إلى جهاز ، ويتفاوت هذا التاثير بتفاوت سرعة الرياح ، او ارتفاع الجهاز عن سطح الارض فعندما تكون حافة فوهة الجهاز قريب من سطح الارض فان تطاير رذاذ الماء الناجمة عن اصطدام قطرات المطر بالأرض قد يضيع كميات غير حقيقية إلى قرأت الجهاز ولذلك يجب ضبط الارتفاع بحيث يكون تاثير هذين العاملين بأدنى حد لهما .وقد يضطر الهيدرولوجيون إلى قياس كميات التساقط في بعض المناطق التي تتميز بارتفاع سرعة الرياح وكثرة الزوابع وفي هذه الحالة من الصعب جدا قياس كمية التساقط بشكل دقيق ، ولتفادي حصول الغطاء في القياس يلجئون إلى إقامة حاجز دائري حول جهاز القياس بارتفاع قدم واحد وبقطر يحصل إلى 10 قدم وسمك 6 بوصات ، وينطبق هذا الأمر على الأجهزة التي تدفن في الارض ، وليس على الأجهزة القائمة على قواعد ترتفع عن سطح الارض .

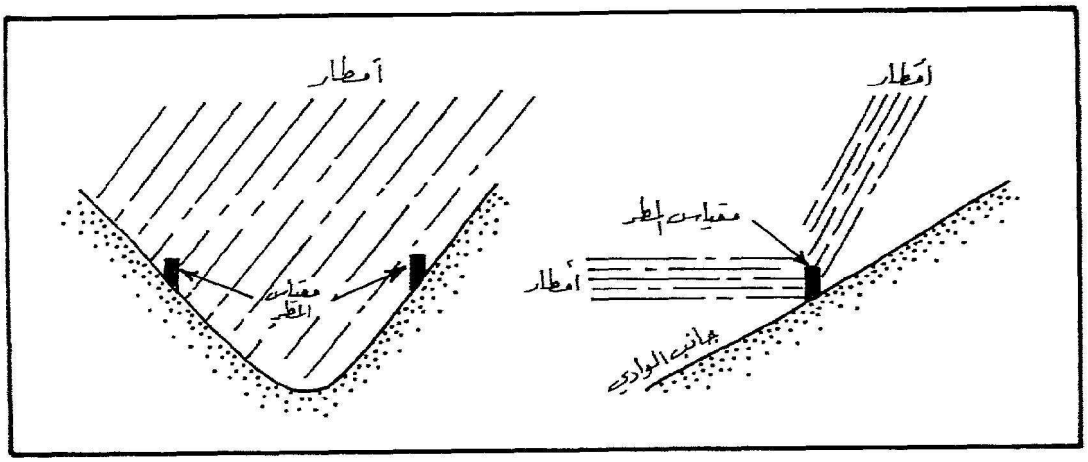
ويلجأ المختصون بدراسة نظم التساقط في مناطق الغابات و الأحراش إلى تثبيت الأجهزة على ارتفاع يتراوح ما بين 20 - 30 قدم عن سطح للأرض نظرا لما تسببه تيجان الأشجار في حجب مياه الأمطار من الوصول إلى أجهزة القياس الأرضي . ومنعا او تقليلا من اثر الدوامة ، فان الأجهزة تدفن في الارض وتبرز هنا مشكلة تطاير الرذاذ من سطح الارض ، وللتغلب على ذلك تحاط منطقة الأجهزة بطبقة من الحصى مغروس بينها شرائح معدنية مائلة ميلا لطيفا نحو الأجهزة المدفونة . وتضاف أحيانا اسطوانة جهاز القياس المطري واقيات تقلل من حصول دوامات هوائية التي تتشكل حول الفوهة او فوقها (شكل 13).

ويتبع نموذجين الأول يدعى نوع (Nipher) والثاني نوع (Alter) ويتضح من خلال هذا الشكل بان الدوامة بأعلى الفوهة قد اختفت وان الرياح تنقسم إلى جزأين، يتجه احدها إلى الأسفل، والآخر يسير بخط مستقيم . مازالت بعض الدول تعتمد على بقاء فوهات أجهزة القياس المطري بمستوى سطح الارض . ورغم المحاولات المتكررة ، والتجارب العديدة للتخفيف من مشكلة تطاير رذاذ الماء . الا إن هذه الطريقة ما زالت تعاني من هذه المشكلة . إلا إن الطريقة المشار اليها في الشكل (رقم 9) قد أثبتت جدارتها في الحد بشكل كبير جدا من تطاير رذاذ الماء . وتتفاوت ارتفاعات الأجهزة من دولة إلى أخرى ففي بعض الدول لا يتعدى ارتفاع حافة الجهاز عن سطح الارض الخمس بوصات ، وبعض الدول الأخرى ترتفع الحافة إلى 12 بوصة كما هو الحال في كندا ، والى 31 بوصة في كل من استراليا وبريطانيا والولايات المتحدة ، والى 79 بوصة في روسيا .

وقد أوصت بعض الدراسات بان الارتفاع الأمثل هو 15 بوصة . وبناء علية ، يجب إقامة أجهزة قياس المطر بعيدة عن العوارض البارزة ، وبعيدة أيضا عن الأشجار والمباني والأعشاب المحيطة بها يجب إن تكون قصيرة ويوضع أكثر من جهاز واحد في المحطة الواحدة ، كما انه يجب إن توضع الأجهزة ضمن مناطق محمية لتخفيض من سرعة الرياح . ويجب إن تبتعد الأجهزة عن العمارات مسافة تساوي أربعة أضعاف ارتفاع تلك العمارة . ويعاني أحيانا بعض الباحثين من اختلاف المعايير المستخدمة لقياس الأمطار ضمن الأحواض المائية التي تشترك فيها أكثر من دولة . ولحل هذه المعضلة وضعت منظمة الأرصاد الجوية معيارا دوليا بقطر يساوي 5 بوصات على إن تكون الفوهة بارتفاع 5 بوصات من سطح الارض ، باستخدام واق من نوع خاص .

زوايا تثبيت أجهزة قياس التساقط (angles of gauges) :

من العوامل التي تحد من صحة بيانات أجهزة الرصد المطري ، تلك الزاوية المحصورة مابين جهاز الرصد والخط العام للمنحدر المثبت عليه ذلك الجهاز . ففي الشكل رقم (14) يبدو من الرسم (A) إن الجهاز المثبت على الجهة اليسرى يتلقى كمية اكبر من الأمطار عما يصل الجهاز المثبت في الجهة المقابلة رغم تساوي الزاويتين المحصورتين بين خط المنحدر والجهاز .



شكل (14) زاوية تثبيت أجهزة قياس المطر

وفي الرسم (B) تشكل الأمطار في الحالتين نفس الزاوية مع المنحدر إلا إن الأمطار التي تسقط بشكل أفقي تقل فرص دخولها إلى الجهاز عن تلك الأمطار التي تسقط بشكل قريب من العمودي رغم تساوي الزاويتين المشار إليهما آنفا (ما بين خط المطر الساقط وبين خط المنحدر) ، ويعود هذا الاختلاف إلى اختلاف الزاوية المحصورة بين خط المطر الساقط وبين حافة الجهاز ، ولو كانت الأجهزة مثبتة بمستوى سطح الارض المحلي لما حصلت هذه الفروق .

شبكة الرصد المطري :

يلعب الهدف أية دراسة دورا كبيرا في حديد عدد المحطات المطرية في وحدة المساحة فكلما كان عدد المحطات اكبر كلما كانت ممثلة للمنطقة بصورة أفضل . فلو افترضنا إن جهاز مطر فوته تساوي 5 بوصات أقيم في مكان ما يمثل مساحة تعادل 10 ميل مربع ، فان مقدار التمثيل يساوي فقط : 1: 000 000 00 1 . لذلك نجد إن بعض الدول تحاول زيادة كثافة شبكة الرصد المطري ما أمكن وبخاصة في المناطق المأهولة او التي تتمتع بنشاط اقتصادي مميز فعلى سبيل المثال كانت عدد المحطات المطرية في نهاية الستينات في بريطانيا 6000 محطة ، بمعدل يصل إلى محطة واحدة لكل 15 ميل 2 ، بينما يصل المعدل في ذلك الوقت في الولايات المتحدة إلى 230 ميل 2 . ويصل المعدل العالمي إلى نحو 1 000 ميل 2 / محطة مطرية وقد حد استخدام الأقمار الصناعية وشبكات الرادار حاليا من الاستمرار في زيادة كثافة شبكة الرصد المطري .

المشكلات التي تعترض تحليل البيانات المطرية :

تواجه الباحثين عدد من العقبات تحول دون وصولهم إلى التحليل الأمثل للبيانات المطرية لمنطقة ما . فقد تفتقر بيانات محطة إلى فترة زمنية كافية فيتم اعتماد محطات مجاورة لتعويض عن هذا النقص ، وقد يقع خلل في جهاز المطر لمحة ما خلال فترة زمنية ، فتفقد تلك المحطة جزاء من سلسلتها الزمنية ، كما تضر الجهة المسئولة عن المحطات المطرية تغيير الجهاز او تبديل مكانه او تغيير مكان المحطة المناخية التي تضم أجهزة الرصد المطري تتطلب بعض الأبحاث الهيدرولوجية التعبير عن الأمطار النقية بأمطار مساحية وذلك لتقدير كمية المياه الهاطلة على مساحة ما ، ومن ثم معرفة نسبة الأمطار الفعالة لعاصفة ما على نفس تلك المساحة ، وذلك عندما يتم حصر كمية المياه المناسبة في قناة ذلك الحوض المائي عند نقطة معينة وقسمتها على مجموع الأمطار المنسابة في قناة ذلك الحوض المائي عند نقطة معينة وقسمتها على مجموع الأمطار الساقطة على ذلك الحوض . وقد تحتاج بعض الدراسات إلى معرفة ما هو اتجاه العام للأمطار في منطقة معينة ، او لمعرفة ما هو النمط السائد لسير الأعاصير الماطرة في إحدى المناطق المعنية بالدراسة . كما يهتم المهندسون والعلماء الهيدرولوجيا لمعرفة سنة الرجوع لكمية من التساقط ، او تقدير نسبة تكرار كمية ما من الأمطار خلال فترة زمنية . وسنحاول في الصفحات القادمة معالجة بعض هذا القضايا بشكل مفصل .

تعويض بيانات الأمطار المفقودة :

من المتعارف عليه ، إن فترة 35 سنة هي الفترة الزمنية المثلى لإعطاء فكرة واضحة عن النمط العام لنظام التساقط لأية منطقة .وقد لا تكون بعض المناطق المعنية بالدراسة مغطاة بشكل كاف من المحطات المجاورة على إن لا يزيد الفارق بين المحطة المقصودة والمحطة المجاورة ذات السجل الكامل عن 10% وقد اقترح (ميلر) طريقة للتعويض:

1- يتم حساب المعدل السنوي للتساقط في المحطات المجاورة خلال 25 سنة .وليكن 360 ملم .
2- يقسم المعدل السنوي للتساقط في المحطة ذات السجل الناقص وليكن (300 ملم) على معدل التساقط في المحطات المجاورة(360 ملم) .
3- يضرب الناتج بمعدل التساقط السنوي للمحطة ذات السجل الناقص ، ويكون الناتج هو معدل التساقط السنوي لتلك المحطة ولمدة 25 سنة .وكالاتي :

معدل التساقط السنوي المحسوب للمحطة ذات السجل الناقص = (300 / 360) x 300= 250 ملم .

وتستخدم طريقة أخرى ، يتم الاعتماد فيها على خطوط تساوي الأمطار (ISOHYTES) حيث يتم رسم خطوط المطر متساوية اعتمادا على قيم التساقط في محطات مجاورة ، ومن خلال الرسم يتم تقدير كمية الأمطار في أية محطة تحتاج إلى تقدير كمية التساقط فيها خلال نفس الفترة.

ويتم الاعتماد حاليا على معادلة خط الانحدار البسيط لتقدير كمية التساقط لأية محطة من خلال مجموعة من المحطات المجاورة لأية فترة كانت . فلو افترضنا إن محطة هيت قد فقدت قيمة التساقط المطري لشهر كانون الثاني من عام 1997 . ومن اجل الحصول على قيمة قريبة من الواقع، نقوم بالاختيار ثلاثة إلى أربع محطات مجاورة لها ، ونسجل كمية التساقط في هذه المحطات خلال فترة زمنية لا تقل من 20 سنة تمثل فقط مجموع التساقط في شهر كانون الثاني ، ونحسب معامل التفسير او الارتباط من خلال معادلة خط الانحدار البسيط بين تلك المحطات وبين محطة هيت ، والمحطة التي تتمتع بأعلى ارتباط او تفسير بمعنوية إحصائية نعتمدها عند عملية التقدير فلو افترضنا إن قيمة (a) في معادلة خط الانحدار تساوي 20 وقيمة (b) وتساوي 150 ، فان كمية الأمطار الساقطة خلال شهر كانون الثاني عام 1997 على مدينة صويلح ، إذا علمنا إن محطة حديثة هي الأكثر ارتباط معها والتي يصل معدل الأمطار فيها خلال 20 سنة يصل إلى 150 ملم يقدر بنحو 125 ملم ، وذلك من خلال تطبيق معادلة خط الانحدار التالية :

$$y = a + bx$$

حيث إن : y = كمية الأمطار المقدرة خلال شهر كانون الثاني لمحطة هيت .
a = 20 ملم / نقطة القطع
b = 0.7 / معامل الانحدار
x= معدل الأمطار خلال شهر كانون الثاني في محطة حديثة

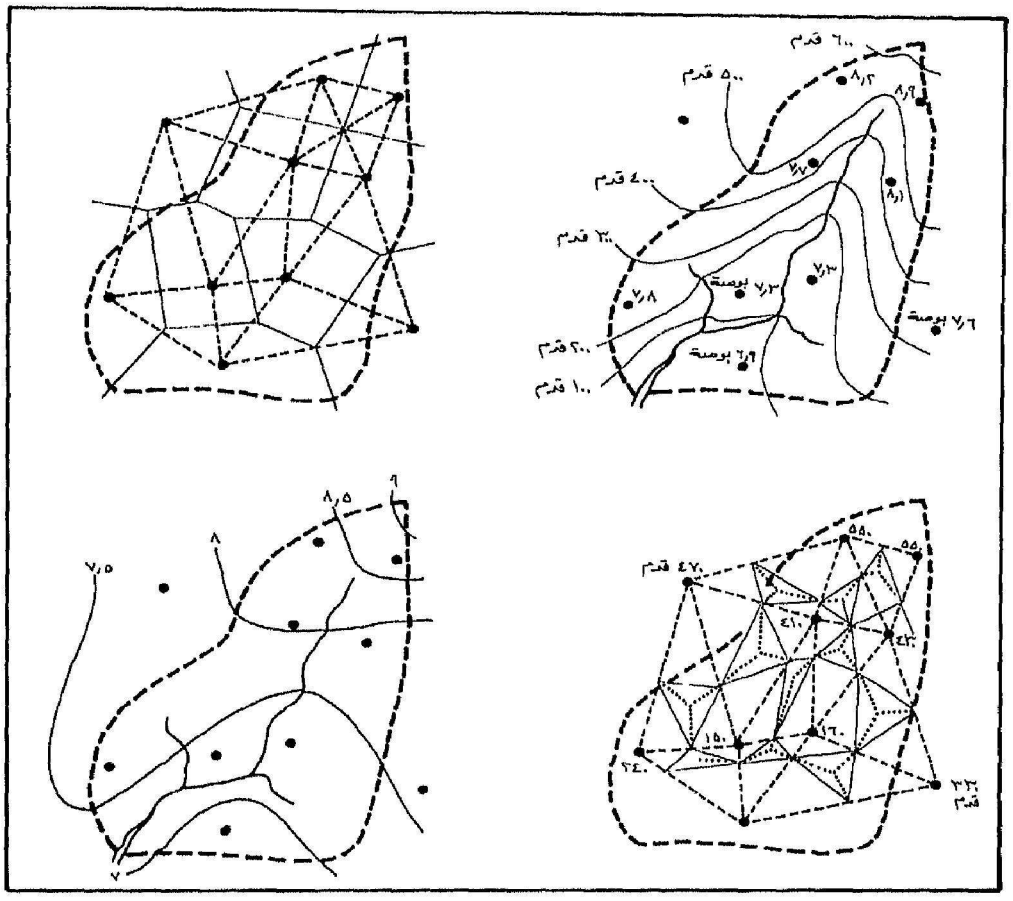
تقدير كمية الأمطار الساقطة على مساحة معينة :

يحتاج المختصون في مجال الدراسات الهيدرولوجيا إلى حساب كمية الأمطار التي تسقط على المكان ، وذلك بتحويلها من بيانات نقطية (point rainfall) إلى بيانات مساحية (Arial rainfall) لتشمل كميات التي تهطل على المنطقة ككل وليس على المحطة بعينها وتتبع عدة سبل لانجاز تلك العملية وتنحصر هذه الطرق بما يلي :

1- المتوسطات الرياضية :

وتعد هذه الطريقة أسهل الطرق وتستخدم في الحالات التي تكون المنطقة المعنية بدراسة منطقة سهلية قليلة التضرس ، او ضمن المناطق التي تتميز بكثافة شبكة الرصد المطري ، وتنحصر هذه الطريقة بجمع كميات الأمطار او بجمع معدلات الأمطار لجميع المحطات وقسمة الناتج على عدد المحطات . ففي الشكل رقم 15 ، يدل المرتسم (A) على إن متوسط الأمطار الساقطة على الحوض بنحو 7.78 بوصة علما بان منطقة الدراسة ليس سهلا ، حيث يبدو الفارق في المنسوب بين الأعلى . في الحوض واخفض نقطة يصل إلى 500 قدم .

شكل (15)طرق تقدير كميات الأمطار الساقطة على حوض معين



2- طريقة المضلعات :

تمكن هذه بطريقة استخدام بيانات بعض المحطات المجاورة عند استخراج المتوسطات الموزونة ويوضح الرسم (B) في الشكل السابق (15) هذه الطريقة . حيث تصل بين المحطات داخل الحوض او التي تقع على أطرافه بخطوط مستقيمة ، ثم ننصف تلك المستقيمات ، ونقيم من المنتصف أعمدة تلتقي بالأعمدة المنصفة للخطوط الواصلة بين المحطات الأخرى المجاورة ، وبهذا نكون قد قسمنا الحوض إلى مضلعات . يقع بمنتصف كل مضلع محطة رصد مطرية ، ثم نقوم بحساب نسبة مساحة كل مضلع من مساحة الحوض الكلي ، ثم نضرب معدل التساقط في كل محطة بتلك النسبة ثم نجمع حاصل الضرب ، ويكون الرقم المستخرج متوسط كمية التساقط على هذا الحوض . ففي الشكل (15) يدل الرسم (B) على إن متوسط الأمطار يصل إلى 7.62 بوصة .

او نقوم بجمع كمية التساقط للمحطات جميعها ، ونضرب كمية التساقط في كل محطة بمساحة مضلعها ، ونجمع حاصل الضرب بينهما ، ثم نقسم حاصل الجمع الناتج على مجموع التساقط في كل المحطات ، ويكون الناتج هو مقدار متوسط الأمطار .

3 - طريقة توازن الارتفاع : :

تتميز هذه الطريقة بأنها تعطي وزنا لعامل الارتفاع ولتوزيع المحطات في الحوض ، وتعتمد هذه الطريقة على تنصيف الخط الواصل بين المحطات المتجاورة على أساس الارتفاع وليس على أساس المسافة بينهما ، وعند تحديد النقطة التي تمثل منتصف الفارق في الارتفاع بين المحطتين المتجاورتين نقيم من هذا المنتصف عمودا ، كما هو الحال بطريقة المضلعات السابق الذكر انظر(الشكل C) ثم نكمل الخطوات كالمعتاد ونستخرج المتوسط العام للتساقط . وفي المثال المبين في الشكل السابق (C) يتضح إن المتوسط العام يساوي 7.57 بوصة .

4 - طريقة خطوط المطر المتساوي: :

تحتاج هذه الطريقة إلى خبرة متميزة في رسم خطوط تساوي المطر ، وتعد هذه الطريقة أفضل من الطرق السابقة ، إلا إن عيبها بضرورة إعادة الرسم كلما تغيرت الفترة الزمنية . حيث تتغير معها القيم ومن ثم يتغير معها النمط لخطوط التساوي ومن ثم تختلف المساحات المحصورة بين الخطوط ، كما يمكننا استخدام محطات رصد مجاورة ، لتسهل عملية رسم الخطوط .

تتم هذه الطريقة بحساب المساحة المحصورة بين كل خطين متجاورين ، ثم حساب متوسط الأمطار لتلك المساحة بقسمة حاصل جمع قيمة الخطين على اثنين ، ثم تضرب هذه المساحات بمتوسطات أمطار ، ثم تجمع حاصل الضرب وتقسم على مجموع مساحة الحوض ، ويكون الناتج هو مقدار متوسط الأمطار لذلك الحوض ، وفي المثال المتمثل بالشكل (D15) ، فان متوسط الأمطار الموزونة يساوي 7.66بوصة .

فترات الر جوع :

ويقصد بها الفترة الزمنية المتوقع تكرار كمية معينة من الأمطار ، وهي من الأمور الهامة عند تخطيط المدن ، ومد الطرق والسكك الحديدية ن وحفظ التربة وصيانة العديد من الموارد الطبيعية . وقد يستخدم مفهوم عدد السنوات اللازمة لتكرار قيمة معينة ، او مفهوم نسبة احتمال تكرار قيمة معينة خلال فترة زمنية محددة . وقد جرت العادة إن تستخدم فقط أعلى كمية تساقط في كل سنة لمحطة ما . بحيث ترتب هذه القيم تنازليا وتعطي كل قيمة رتبة حسب تسلسلها ، فأعلى كمية تحمل رتبة رقم 1 ، وثاني كمية تحمل رتبة رقم 2 ... حتى نهاية السلسلة . وقد تستخدم السلسلة الشاملة بحيث تدخل جميع كميات التساقط مهما كانت قيمتها وترتب ترتيبا تنازليا حسب قيمتها ، وتعطى كل قيمة رتبة حسب تسلسلها . وهنا بعض الطرق لا تحتاج إلى استخدام هذا الترتيب حيث تستخدم نماذج رياضية قد تكون في غاية التعقيد ، لا يمكن التعامل معها بسهولة الا بواسطة الحاسبات الالكترونية .

- ففي المعادلة التالية : $T = 1 / P$ ، حيث T = فترة الرجوع ، P = احتمال تكرار اكبر كمية من الأمطار

فان احتمال تكرار اكبر كمية من الأمطار او أعلى منها خلا ل سلسلة زمنية قدرها 30 سنة في العام القادم هو
$P = 1/T = 1/30 = 0.033 = 3.3\ \%$

وان احتمال عدم تكرارها خلال السنة التالية هو :

$P = 1 - P = 1 - 0.033 = 0.967 = 96.7\ \%$

ولتحديد الفترة الزمنية اللازمة لتكرار كمية معينة او أعلى منها ، نطبق المعادلة التالية بعد إن تكون قد رتبنا القيم تنازليا . $T = (n + 1) / m$

حيث إن :

T = الفترة الزمنية المتوقع تكرار كمية معينة من الأمطار فيها او تزيد عنها .

n= عدد سنوات السلسلة الزمنية .

m= رتبة الكمية المقصودة بالنسبة إلى جميع الكميات الواردة في السلسلة الزمنية .

فلو كانت لدينا كمية من الأمطار تحتل المرتبة (10) ضمن سلسلة زمنية طولها (30) سنة فان عدد السنوات اللازمة /المتوقع تكرار هذه الكمية او أعلى منها هو :

$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد سنوات السلسلة} + 1}{\text{الرتبة}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{30 + 1}{10} = 3.1 \text{ سنة}$$

ويتم التعبير غالبا عن هذين المفهومين من خلال المنحنيات البيانية ، بحيث يمثل المحور السيني سنوات الرجوع ، ويمثل المحور الصادي احتمالية التكرار لكل قيمة من القيم الموجودة في السلسلة المطرية .

الثلج ودوره في الدورة العامة للغلاف المائي :

لا يمثل الثلج خارج نطاق الدائرة القطبية ، والعروض العليا نسبة مهمة من التساقط ، ففي الولايات المتحدة يشكل التساقط الثلجي 13 % من مجموع التساقط الكلي . ويركز علماء الهيدرولوجيا على الفترة التي تسقط فيها الثلوج أكثر من تركيزهم على مكان التساقط لأنه في النهاية قد يذوب، كما يركزوا على معدل تسارع الذوبان . وذلك للأهمية الكبرى في مجال تقدير التصريف المائي للأودية الرئيسية والأنهار .

توزيع الثلوج :

تميل الثلوج للتوزع بنمط يتفق ونظام التضاريس في المناطق التي يكثر تساقطه فيها ، لكون المرتفعات توفر الظروف المناخية الملائمة لتساقطه وبقائه لفترة ما دون ذوبان . إذ يلزم هبوط درجة حرارة الهواء المحمل بقطرات الماء إلى ما دون الصفر ، وبقاء الهواء الملامس للثلج بعد سقوطه دون الصفر أيضا . لذلك فان تساقط الثلج وبقائه يتأثر بفصول السنة وبارتفاع التضاريس ، ويتفاوت منسوب بقاء الثلج دون ذوبانه من مكان إلى آخر وفق خطوط العرض ، كما انه يتفاوت من فصل إلى آخر في الموقع الواحد .

كمية الثلوج الساقطة :

من الصعب قياس كمية الثلوج المتساقطة مقارنة بكيفية قياس كمية الأمطار الساقطة ، كما انه من الصعب ترجمة كمية التساقط الثلجي إلى كميات مطرية ، ونظرا لعدم تجانس عمق الثلج وكثافته فان من الصعوبة بمكان تقدير حجمه رغم أهمية هذا الأمر بالنسبة لعلماء الهيدرولوجيا .

وتستخدم مسطرة مدرجة لتقدير سمك الثلوج في عدة مواضع لإعطاء المتوسط العام لسمكه في منطقة ما ، وتستخدم قوائم مثبتة بشكل دائم ذات تدرج واضح في المناطق التي تتعرض لتساقط الثلوج بشكل دائم . بحيث يستدل منها على سمك الثلوج . ولكن الأمر المهم بالنسبة للمختصين في مجال الهيدرولوجيا ليس سمك الثلوج بقدر ما ينتج عنه من مياه ، وللحصول على هذا الأمر فان الراصد يقوم بإدخال أنبوب معدني داخل الثلج ومن مواقع مختلفة . ويقوم بعد ذلك بإذابته وحساب حجم الماء الناجم من حجم محدد ، ثم يتم تحويل هذه الكمية إلى ما يعادلها من تساقط مطري ، ومن ثم يمكن تقدير حجم المياه التي يمكن الحصول عليها بواسطة التسرب والجريان السطحي بفعل الذوبان . وقد دلت الدراسات على إن النسبة بين سمك الثلج وسمتك الماء تساوي 1:12 ، إن ثلجا بسمك 12 سم (120ملم) يمكن إن يساوي 1سم (10ملم) من الأمطار ، وينطبق هذا على الثلوج الحديثة التساقط فقط .

وتحرص بعض الدول على قياس كمية الثلوج المتساقط في المناطق النائية ، وتحويل كميته مباشرة إلى ما يعادلها من مياه ، ويستخدم لهذا الغرض أجهزة خاصة مزوده بمادة مشعة لأشعة كاما . مثال ذلك جهاز (Cobalt-60) . ويعمل هذا الجهاز على مبدأ تغير نمط تلقيه لأشعة جاما الناجمة عن المواد المشعة في الارض. ويتصل هذا الجهاز بمحطات الرصد المركزية بواسطة جهاز إرسال خاص ، يبث مباشرة مقدار تساقط الثلج بمقدار ما يعادل ذلك التساقط من الماء . كما يمكن قياس وزن الثلج مباشرة بواسطة صفائح متصلة بميزان يقيس مباشرة وزن الثلج المتراكم عليها ، وبعد ذلك نقوم بتحويل هذا الوزن إلى ما يعادله من ماء وفق معادلات معروفة . وتستخدم الأقمار الصناعية ، التي تعتمد في مسحها على تقنيات خاصة ، يمكنها تحديد المساحة التي تغطيها الثلوج ضمن أحواض التصريف المائي . وقد تستخدم طائرات خاصة أيضا تقوم بالتقاط الصور الجوية لنفس الغرض .

ذوبان الثلج :

من الأمور الهامة في مجال الهيدرولوجيا هو تحديد معدل ذوبان الثلوج فعندما تذوب الثلوج ببطء فان كمية المياه المتسربة إلى باطن الارض تزداد ، وكلما زاد معدل ذوبانه يزداد معدل الجريان المائي . ويعتمد ذوبان الثلج على الموازنة الإشعاعية الحرارية فوق المساحات المغطاة بالثلج ، أي عندما تزيد الطاقة الممتصة عن الطاقة المفقودة . وتعد أشعة الشمس المصدر الرئيسي للطاقة فضلا عن الطاقة المستمدة من سطح الارض وتكاثف بخار الماء والأمطار الساقطة ، إلا إن درجة حرارة الهواء هي العامل الحاسم في تحديد معدلات ذوبان الثلوج . ويتأثر معدل ذوبان الثلوج بالتغيرات المناخية المحلية (micro climate) ففي السطوح الجنوبية بنصف الكرة الشمالي يكون معدل الذوبان اقل منه في السفوح الشمالية . كما إن المناطق المحاذية للغابات يقل معدل الذوبان بصورة واضحة مقارنة بالمناطق الأبعد . وتمكث الثلوج فترة أطول فوق قمم المرتفعات من مكوثها في المناطق السهلية المنخفضة . كما تلعب الأمطار دورا مهما في تسارع ذوبان الثلوج وبخاصة في المناطق التي تغطيها الثلوج بسماكات متواضعة . إذ إن تساقط الأمطار فوق ثلوج سميكة لا يؤثر على معدل ذوبانه بصورة كبيرة .

الأمطار الحمضية :

المطر الحمضي هي ظاهرة ذات صلة بنشاطات الإنسان مثل حرق الوقود (الفحم والنفط) من قبل شركات إنتاج الطاقة والصناعات إذ تقوم بنفث غاز ثنائي اوكسيد الكبريت (SO_2) و ثنائي اوكسيد الكربون إلى الجو، بالإضافة إلى عوادم السيارات التي تؤدي إلى تكوين اكاسيد النيتروجين ونفثه في الهواء لتتحول إلى حوامض ضعيفة مثل حامض الكبريتيك (H_2SO_4) والكربونيك (H_2CO_3) و النتريك (HNO_3) بعد ذوبانه في بخار الماء في الهواء. على الرغم من أن غازات الأمطار الحمضية تنشأ في المناطق الحضرية ، إلا إنها غالبا ما تنتقل إلى مئات الأميال عبر الغلاف الجوي بواسطة الرياح إلى المناطق الريفية.

آثار الأمطار الحمضية :

البيئة عموما يمكن أن تتكيف مع مقدار معين من الأمطار الحمضية. في كثير من الأحيان تقوم التربة الجيرية وبشكل طبيعي بمعادلة وموازنة تأثير الأمطار الحمضية (الأس الهيدروجيني أقل من 7). عادة يكون تأثير الأمطار الحمضية فعالا في الترب غير الجيرية مسببة أضرار في البيئة . إن بعض أنواع الأسماك والحيوانات مثل الضفادع تجد صعوبة في التكيف والتكاثر في بيئة حمضية . وكثير من النباتات مثل الأشجار دائمة الخضرة قد تضررت بفعل الأمطار الحمضية والضباب الحمضي. كما أثرت الأمطار الحمضية على الأعمال الفنية الحجرية في بعض واجهات مباني المدن .

Credit: Tennessee Valley Authority (TVA)

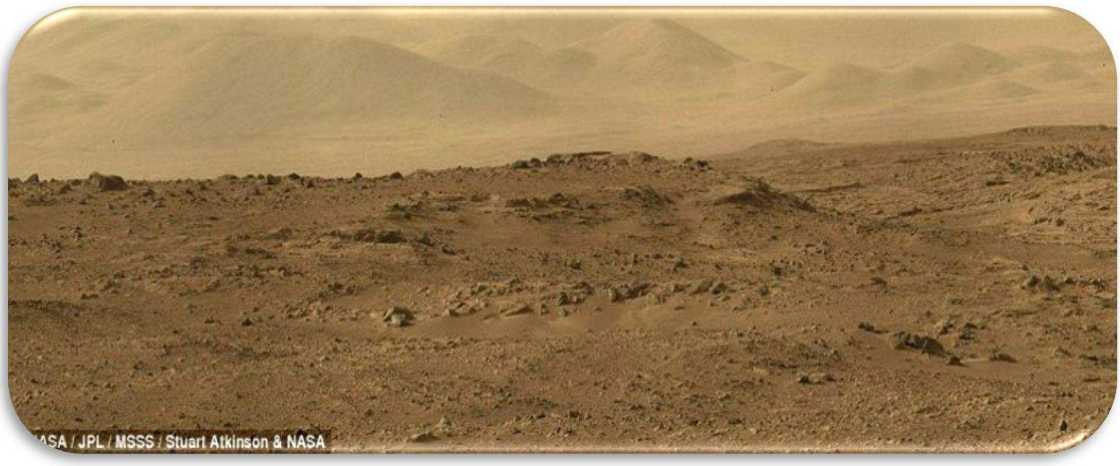
"الجفاف" : Drought

هيدرولوجيا :

الجفاف : هو ظاهرة نقص في إمدادات المياه التي تؤثر في مقدار توافر المياه ونوعيتها .

فترة الجفاف : هي الفترة التي تقل فيها كمية هطول الأمطار وتدفق المجاري المائية.

سبب الجفاف : هو عدم التجانس في كمية التساقط (المطر أو الثلج) جغرافيا و يحدث في أنماط زمنية متباينة أي تختلف كمية الأمطار في موقع معين من سنة إلى أخرى ومن موسم لآخر و لفترة طويلة من الزمن وعندما يكون هطول الأمطار أقل من المعدل الطبيعي لعدة أسابيع أو أشهر أو سنوات ، يقل تدفق الجداول والأنهار وتنخفض مستويات المياه في البحيرات والخزانات و يزداد عمق المياه في الآبار. وإذا استمر الطقس الجاف تزداد مشاكل تجهيز المياه وتتطور الفترة الجافة إلى حالة جفاف شديدة.



- زراعيا :

ظاهرة الجفاف : هي حالة من نقص الرطوبة التي تؤثر على المحاصيل المزروعة خلال أسبوعين دون سقوط الأمطار و التي تؤثر على المحاصيل خلال فترة النمو فعندما يكون المطر قليل، تجف التربة و وتموت النباتات.

التبخر: Evaporation

عملية التبخر هي العملية التي من خلالها يتغير الماء من الحالة السائلة إلى الغازية أو البخار. و التبخر يمثل الممر الرئيسى الذي يتحرك فيه الماء من الحالة السائلة فى دورة المياه إلى بخار الماء فى الغلاف الجوي. وقد أظهرت الدراسات أن المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار توفر ما يقرب من 90 % من الرطوبة في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، مع 10% المتبقية التي ساهمت بها النباتات عن طريق عملية النتح. وهناك كمية صغيرة جدا من بخار الماء تدخل إلى الغلاف الجوي عن طريق التسامي (هو عملية تحول المواد السائلة والصلبة إلى غازية) . تعد البحار والمحيطات المصدر الرئيسي للبخار الذي يزود اليابسة بالمياه، يلي ذلك ما يتبخر من النباتات والتربة والجداول والأنهار والبحيرات الداخلية. ويقاس التبخر عادة بالسنتمتر المكعب او الانج المكعب في الساعة او اليوم او الشهر او السنة، وللتبخر أهمية كبيرة في عدة مجالات منها ما يتعلق بإنتاج الأغذية او الملابس او راحة الإنسان وغيرها ...).

لماذا يحدث التبخر؟

الطاقة الحرارية ضرورية لحدوث التبخر. وتستخدم الطاقة لكسر الأواصر الرابطة بين جزيئات الماء وهذا السبب يسهل تبخر الماء عند نقطة الغليان (212 فهرنايت ، 100 درجة مئوية). التبخر يحدث عندما يكون معدل التبخر اكبر من معدل التكثيف و حالة التشبع تحصل عند تساوي هذين المعدلين، والتي تكون فيها نسبة الرطوبة النسبية للهواء (100)%. التكثيف عكس التبخر ويحدث عندما يبرد الهواء المشبع إلى أقل من نقطة الندى (درجة الحرارة التي يجب أن يبرد الهواء فيها تحت الضغط الثابت من أجل أن تصبح مشبعة بالماء). في الواقع عملية التبخر تزيل الحرارة من الاجسام و تسبب برودة الجسم بعد تبخر الماء من الجلد.

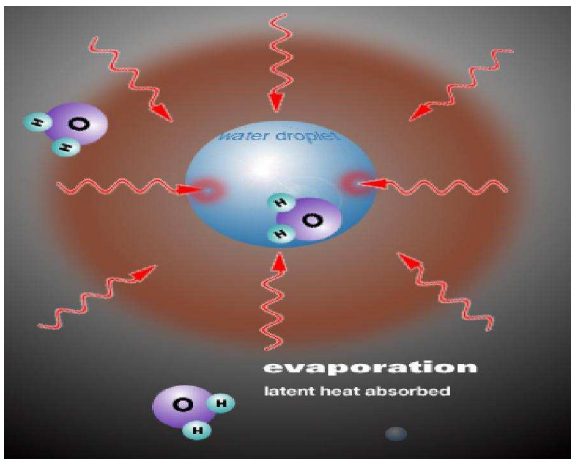
عملية التبخر من المحيطات هي الميكانيكية الأولية لدعم الغلاف الجوي بالمياه . المساحة السطحية الكبيرة للمحيطات (أكثر من 70 % من سطح الأرض تغطيها المحيطات) تتيح الفرصة للتبخر على نطاق واسع و على نطاق عالمي. ظاهرة التبخر من المحيطات أكثر انتشارا من ظاهرة الهطول، بينما على الأرض يتجاوز تساقط الأمطار بشكل روتيني عملية التبخر. معظم الماء الذي يتبخر من المحيطات يسقط في المحيطات ثانية ، و حوالي 10 % من الماء المتبخر من المحيطات ينتقل إلى فضاء اليابسة بتأثير الرياح ويسقط على هيئة أمطار ولولا الرياح فان بخار الماء يميل للبقاء فوق المسطحات المائية ،شكل ( ).

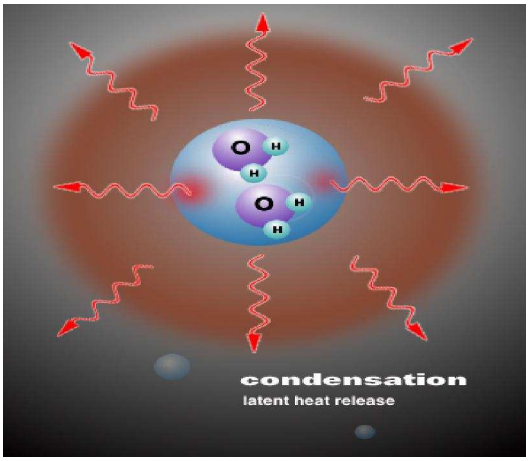
استفاد الإنسان من التبخر في إنتاج الملح من مياه البحر، فإن الكثير من ملح الطعام في العالم يتم إنتاجها داخل برك التبخير، وهي تقنية تستخدم من قبل الناس لآلاف السنين. ملح الطعام ليس المنتج الوحيد الذي يحصل عليه الناس باستخدام التبخر بل هنالك أملاح المغنيسيوم و البوتاسيوم و البرومين التي يتم الحصول عليها من مياه البحر الميت المغلقة.

Dead Sea evaporation ponds, EXACT

عملية التبخر :

يتكون الماء كغيره من المواد من جزيئات ميكروسكوبية دائمة الحركة . سواء كانت هذه المادة ضمن مسطحات مائية واسعة او على شكل ماء ممدص مع حبيبات التربة. وان هذه الجزيئات في حركة دائمة تزداد بازدياد درجة الحرارة، لدرجة تنطلق بعدها تلك الجزيئات الى الجو ضمن الطبقات السفلى للغلاف الجوي. ولذلك فان معدل التبخر يعتمد عل عدد الجزيئات التي تنطلق الى الجو مطروحا منها عدد الجزيئات العائدة إلى ذلك السطح المائي. وإذا كان عدد الجزيئات العائدة إلى السطح أكثر من المنطلق منها فإننا ندعو هذه الحالة بالتكاثف (condensation). وبشكل عام فان عملية التبخر تكون على أشدها في المناطق الحارة الجافة او في الطقس الحار الجاف وعلى اقله في المناطق الباردة او الطقس البارد الهادئ. وتتوقف عملية التبخر عندما يصل مقدار التبخر مساوي لمقدار التكاثف، ويمكن أن يحصل ذلك في ظروف خاصة عندما يكون الجو هادئ بشكل مطلق، لذلك فان اضطراب الهواء وزيادة نشاط حركات المزج بين طبقات الغلاف الجوي يساعد على زيادة كميات المياه المتبخرة.





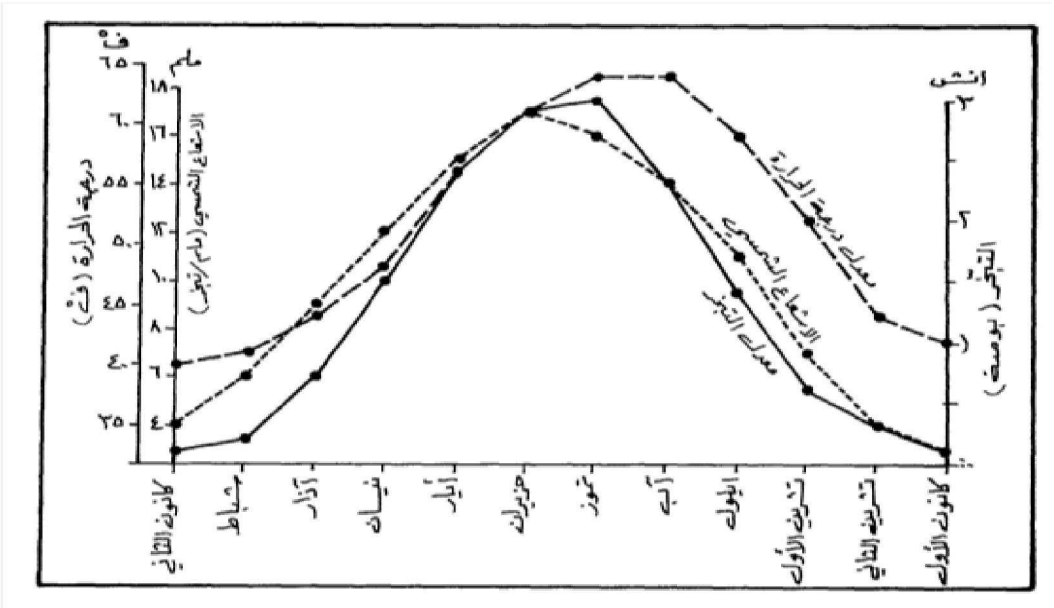
العوامل التي تؤثر على عملية التبخر من المسطحات المائية : توجد العديد من العوامل الطبيعية والمناخية التي تؤثر بمعدلات التبخر ولكن من الصعوبة بمكان فصل تاثير كل منها

أولا : العوامل المناخية :

1- الإشعاع : يحتاج تبخر غرام واحد من الماء وهو في حالة سائلة إلى 540 سعرة حرارية. ونظرا لكون الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة على سطح الكرة الأرضية فان مقدار التبخر يرتبط ارتباطا وثيقا بكمية الإشعاع الشمسي لدرجة أطلق على عملية التبخر بمجملها (solar evaporation) (الشكل -).

2- درجة الحرارة :

تعتمد درجة حرارة الماء والهواء على كمية الإشعاع الشمسي وعليه فانه من المؤكد ارتباط درجة حرارتهما بمعدلات التبخر (شكل 16) فدرجة حرارة المياه السطحية تؤثر على كمية الجزيئات التي تنطلق منه إلى الغلاف الجوي ، لان درجة الحرارة تؤثر في سرعة حركة تلك الجزيئات وان درجة حرارة الهواء تؤثر في عملية المزج والاضطراب التي في شانها زيادة معدلات التبخر .



3 - الرطوبة :

تؤثر الرطوبة في الجو على كميات التبخر بطريقتين: ضغط البخار الحقيقي والرطوبة النسبية. حيث تتناسب معدلات التبخير مع كمية الرطوبة الحقيقية في الجو ومع الرطوبة النسبية أيضا عند درجة حرارة ما. فقد يتباين ضغط البخار الحقيقي تباينا طفيفا خلال اليوم، بينما تتباين الرطوبة النسبية تباينا واضحا وفق تباين درجة الحرارة، فعندما ترتفع الرطوبة النسبية في الجو يقل معدل التبخر في المسطحات المائية. فعلى سبيل المثال عندما تزداد درجة الحرارة من 5 -6°م فان مقدار التبخر يزداد من 0.2 ملم/ساعة-0.9 ملم/ ساعة، في حين تنقص الرطوبة النسبية من 91%- 75% وعليه، فان ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو الناجم عن انخفاض درجة الحرارة ومع بقاء الظروف الأخرى ثابتة فان معدلات التبخر سوف تتناقص لذلك فان كمية التبخر في الطقس البارد تكون محدودة مقارنة بتلك الكميات في الطقس الحار لان الهواء الملامس لسطح الماء يكون قادرا على حمل كميات اكبر من بخار الماء .

4- الرياح :

عندما يكون الجو هادئا فان كمية المياه المتبخرة من المسطحات المائية تأخذ بالنقصان لان الطبقات الهوائية الملامسة للسطح تصل إلى درجة التشبع، وتعود جزيئات من الماء إلى ذلك المسطح المائي مرة أخرى لذلك فان رياحا خفيفة تعمل على خلط جزيئات الماء الموجودة على شكل بخار في طبقات الهواء الملامسة لسطح الماء مع طبقات الهواء الأعلى والأكثر جفافا من ألسفلى مما يساعد على زيادة التبخر، اذ من الصعب أن تجد هدوءا تاما للهواء لذلك فان الرياح تؤثر في كميات المياه المتبخرة ومن المعروف إن الهواء المضطرب هو أكثر تاثيرا في زيادة معدلات التبخر، علما بان سرعة الرياح ترتبط ارتباطا وثيقا مع اضطرابه، لذلك يمكننا القول بان سرعة الرياح عامل هام في زيادة معدلات التبخر، ولكن هذا الأمر ليس مطلقا، حيث تتوقف هذه العلاقة عند سرعة معينة. وتختلف النماذج المستخدمة في تقدير معدلات التبخر في المسافة الرأسية المثالية المعتمدة لقياس سرعة الرياح عندها، فبنمان يعتمد في معادلته ارتفاع 2متر عن سطح الارض بينما يعتمد غيره ارتفاع 10 متر عن سطح الارض.

5 ـ الضغط الجوي :

من المعروف نظريا بان جزيئات الماء تصبح أكثر حرية في الانطلاق عندما تكون كثافة الهواء الملامس لسطح الماء اقل. ولكن من الصعب تقدير اثر عامل الضغط الجوي على معدلات التبخر نظرا لارتباطه بالعديد من عناصر الطقس وتوجد علاقة مطلقة واضحة بين معدلات التبخر وقيمة الضغط الجوي، ففي أعالي القمم الجبلية حيث تنخفض قيم الضغط الجوي و تقل درجات الحرارة ومن ثم تقل معدلات التبخر لذلك يمكن القول بان العلاقة بين الارتفاع عن سطح البحر وبين معدلات التبخر غير واضحة فعلى سبيل المثال توصل احد العلماء إلى أن قيم التبخر تتغير بصورة واضحة على ارتفاع تزيد عن 10.000 قدم.

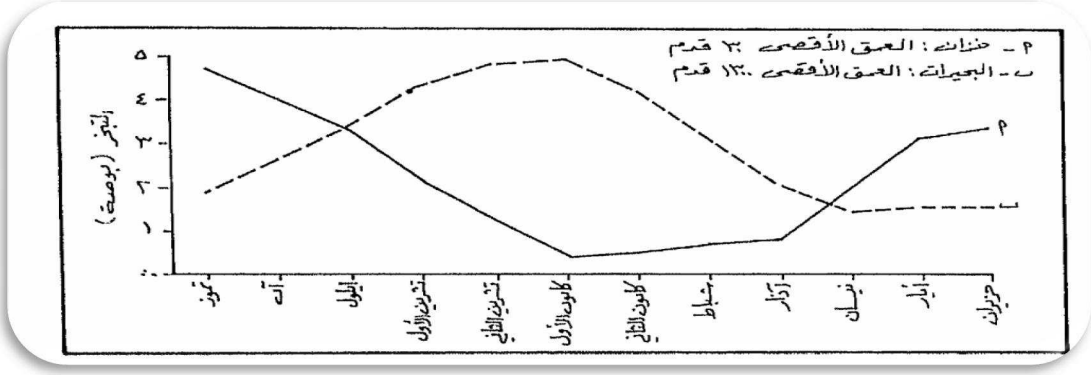
ثانيا : العوامل الهيدرولوجية:

1- نوعية المياه .

تتأثر قيم التبخر من المسطحات المائية بنوعية مياهها. حيث تقل معدلات التبخر 1% عندما تزيد ملوحة المياه 1% لذلك فان معدل التبخر من المسطحات المائية التي تصل نسبة ملوحتها 3.5 %تقل من 2الى 3 % عن تلك المعدلات من المسطحات المائية ذات المياه العذبة . وهذا الأمر يعود إلى تناقص ضغط البخار للمياه المالحة وللعكوره تاثير ضعيف أيضا على كمية التبخر ، كما إن للموازنة الحرارية لمياه المسطحات المائية تاثير غير مباشر على معدلات التبخر .

2- عمق المياه :

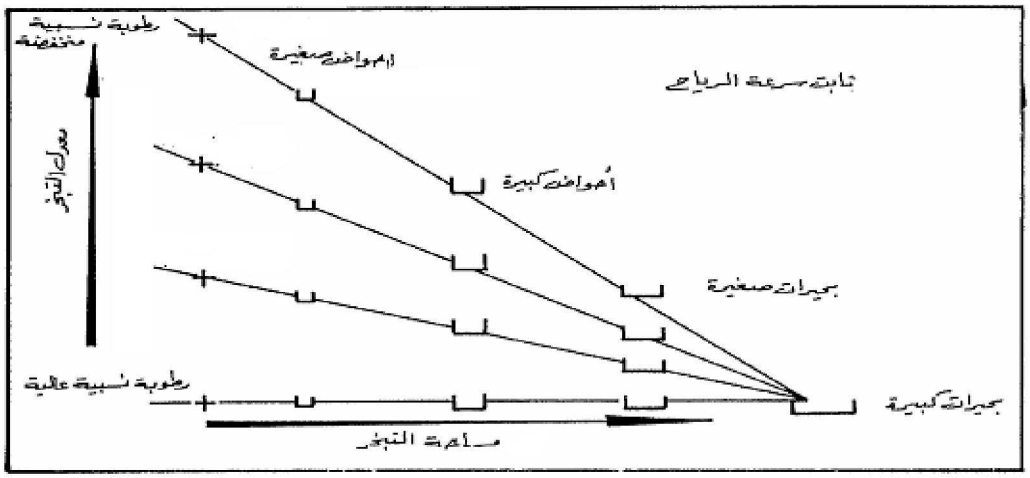
لعمق المياه اثر مؤكد على معدلات التبخر ففي المياه الضحلة يتوافق منحني درجة الحرارة مع منحني درجة حرارة المياه . ولكن في المياه العميقة فان منحني درجات الحرارة يكون بصورة عكسية مع منحني درجات الحرارة للمياه السطحية (شكل 17) . وعليه فان معدلات التبخر في المياه الضحلة تكون على أشدها بمنتصف الصيف ، بينما المسطحات العميقة يكون على أشده بمنتصف فصل الشتاء ويعود هذا الأمر إلى عملية الخزن الحراري وعملية المزج البطيئة ضمن مسطحات المائية العميقة .



شكل (17). ا ـ التبخر على عمق 30 قدم من خزان مائي ب ـ التبخر من بحيرة بعمق 1300 قدم

3 ـ حجم وشكل المسطحات المائية

تعرضت هذه الخاصية لمزيد من البحث والتمحيص من قبل العلماء. إذ تبين إن المسطحات صغيرة الحجم واسعة المساحة تكون معدلات التبخر فيها عالية (شكل 18). ويعود السبب في ذلك إلى عملية التبخر ذاتها. حيث تنطلق جزيئات الماء إلى الطبقات الهوائية الملامسة لسطح الماء وان استمرار هذه العملية سوف يؤدي إلى زيادة محتوى الهواء الملامس للماء لبخار الماء مما يؤدي إلى الإقلال من معدلات التبخر حيث تنشا طبقة هوائية تدعى (blanket) غنية ببخار الماء وإذا استمر تدفق الرياح بنفس الاتجاه فان هذه الطبقة تزداد سماكتها وتعمل على إنقاص معدلات التبخر من سطح البحيرات الكبرى. أما فيما يخص البحار والمحيطات الشاسعة فان هذا الأمر لا ينطبق عليها وإنما تخضع لعوامل أخرى كالطاقة الحرارية. وبعبارة أخرى، فان الرياح الجافة عندما تهب عبر البحيرات الكبرى، تعمل على زيادة التبخر عند البداية، ولكن عند نهايات البحيرة وعندما يصبح الهواء محملا ببخار الماء فان معدلات التبخر تقل، بينما لا يتوفر هذا الأمر عندما يكون المسطح المائي صغيرا حيث تعمل الرياح على نقل بخار الماء بعيدا عن ذلك الجسم.



شكل (18)معدل التبخر من مسطحات مائية صغيرة الحجم واسعة المساحة

العوامل التي تؤثر على معدل التبخر من التربة :

تؤثر العوامل المناخية السابق ذكرها أنفا على معدلات التبخر من التربة. ولكن معدلات التبخر من التربة تختلف اختلافا جذريا عن تلك المعدلات من المسطحات المائية المفتوحة ليس بسبب العوامل المناخية ،ى ولكن بسبب إمكانية توفر المياه لهذه الغاية. ففرص التبخر من المسطحات المائية هي 100 % بينما تقل تلك النسبة في التربة. لذلك فان العوامل التي تؤثر على معدلات التبخر من التربة هي العوامل التي يمكنها إن تزيد نسبة تلك الفرصة :

1 ـ محتوى الرطوبة المائية للتربة :

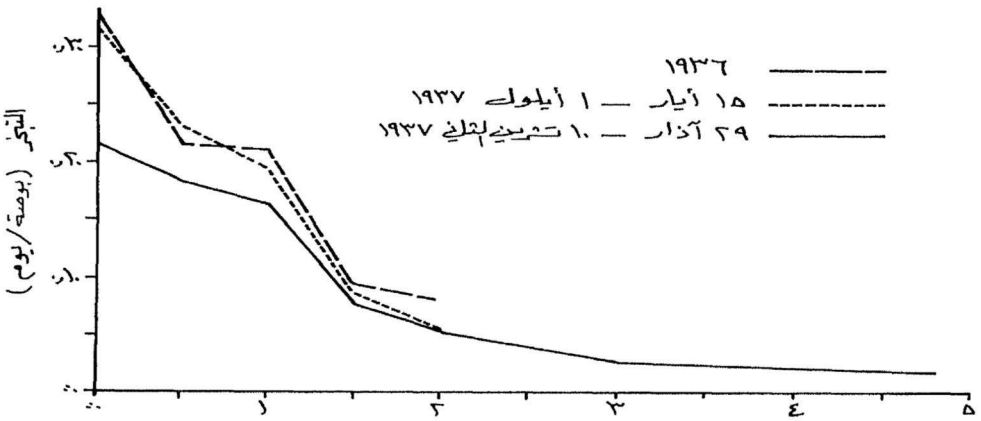
ويعد هذا العامل أهم عامل على الإطلاق . إذ تعامل الترب المشبعة بالماء معاملة المسطحات المائية فيما يخص معدلات التبخر . وقد أثبتت التجارب العلمية في هذا المجال إن هناك علاقة قوية بين معدلات التبخر من المسطحات المائية المفتوحة مع معدلات التبخر من الترب المروية كما تبين أيضا وجود علاقة قوية بين المحتوى المائي للتربة وبين معدلات التبخر ويكون مقدار التبخر من التربة المشبعة مساويا لمقدار التبخر من المسطحات المائية.

2 ـ الخاصية الشعرية :

تزداد الخاصية الشعرية نشاطا كلما كان قوام التربة ناعما ، وتقل عندما يكون قوامها خشنا . ولهذه الخاصية اثر كبير في معدلات التبخر من التربة . حيث تعمل تلك الخاصية الشعرية على تزويد حبيبات التربة السطحية بالماء (إذا كان الطقس جافا) ومن ثم تساعد على زيادة معدلات التبخر. ولكن إذا كانت هذه الخاصية ضعيفة فان معدلات التبخر ستكون اقل .

3 ـ عمق المياه الجوفية :

تزداد معدلات التبخر من التربة كلما كان مستوى الماء الجوفي قريبا من السطح وتبدأ المعدلات بالتناقص إلى إن يصل عمق المياه الجوفية إلى 3 أقدام، حيث يتوقف ذلك التاثير على معدلات التبخر. ويتضافر هذا الأثر مع اثر الخاصية الشعرية على معدلات التبخر من التربة (انظر شكل-) .



شكل (-) العلاقة بين التبخر من التربة وعمق الماء الجوفي

4- لون التربة :

يؤثر لون التربة على معدلات التبخر لان التربة الاغمق تمتص كمية اكبر من الحرارة من التربة فاتحة اللون وهذا الأمر يساعد على رفع درجة حرارة التربة الاغمق و من ثم زيادة معدلات التبخر.

5 ـ الغطاء النباتي :

إن وجود الغطاء النباتي يعمل على خفض درجات الحرارة التربة ولما يسببه من ظل ، لذلك فان معدلات التبخر تقل ، كما تقلل النباتات من سرعة الرياح ، وتزيد من الرطوبة الطبيعية في الجو وعليه فان الغابات الطبيعية تقلل احيانا كمية التبخر بنسبة 70% .

التسامي (التبخر من الثلج) : Sublimation

لم يحظ هذا الميدان على اهتمام العلماء حيث تركزت الدراسات في هذا المجال على مدى مساهمة الثلوج في الجريان المائي فضلا عن الوقت الذي تغطي به الثلوج سطح الارض إذ تكون ظروف مناخية تقل بموجبها معدلات التبخر . ولكن حظي هذا الموضوع في الآونة الأخيرة ببعض الاهتمام بعد إن تيقن المهتمون بأهميته. فعندما يبدأ الثلج والجليد بالذوبان عند درجة الصفر المئوي فان التبخر يبدأ فقط عندما يكون ضغط البخار للهواء الملامس للثلج اقل من ذلك الضغط على سطح الثلج او الجليد ويتوقف التبخر من الثلج نفسه عندما تصل نقطة الندى إلى اصغر وأعلى من ذلك وهنا يكون معدل ذوبان الجليد اعلي من معدل التبخر. كما تبين إن الرياح أهم عامل يؤثر على معدلات التبخر من الثلوج. و يصل معدل التبخر من الثلوج خلال فصل الربيع إلى بوصة واحدة في الشهر او اقل من ذلك .

التسامي هو عملية التحول من الحالة الصلبة إلى الغازية دون المرور بالحالة السائلة. والتسامي يستخدم لوصف عملية تحول الجليد إلى بخار الماء في الهواء من دون ذوبانه الى ماء. التسامي يحدث بسهولة أكبر عندما تتوفر ظروف معينة في الطقس ، مثل الرطوبة النسبية المنخفضة(10 ٪ أو أقل) والرياح الجافة وبدرجة حرارة أعلى من 15 درجة مئوية . كما يحدث في كثير من الأحيان و على ارتفاعات قصوى حيث يكون ضغط الهواء أقل مما هو عليه في المناطق المنخفضة مع توفر طاقة عالية من أشعة الشمس، شكل ( ). كما يمكن ملاحظة تسامي الثلج الجاف (ثنائي اوكسيد الكربون المتجمد)، شكل ( ). وفي قمم جبال شيلي. وبدرجة حرارة -78.5 درجة مئوية يمكن مشاهدة ضباب يتكون من خليط غاز ثنائي اوكسيد الكربون البارد والهواء الرطب البارد.

Cobden Unit School District #17, Illinois

لا يتسامى الجليد إلى بخار بدون إضافة الطاقة (الحرارة)، إذ أن ضوء الشمس يلعب دورا مهما في هذه العملية. للماء خاصية فيزيائية تدعى بحرارة التبخر والتي هي كمية الحرارة اللازمة لتبخير الماء. الحرارة اللازمة لتبخير المياه هو 540 سعرة حرارية / غرام ، أو 2،260 كيلو جول/ كيلوغرام. هذه القيمة أكبر بكثير من الطاقة اللازمة لتحويل الجليد إلى ماء (الحرارة الكامنة للانصهار) والتي تبلغ 80 سعرة حرارية/غرام وهو أيضا يقارب نحو خمسة أضعاف الطاقة اللازمة لتسخين المياه من نقطة التجمد إلى نقطة الغليان. أخيرا، الطاقة اللازمة لتسامى 1غم (سنتيمتر مكعب) من المياه بشكل جليد يتطلب 80 سعرة حرارية للذوبان و 100 سعرة حرارية للوصول إلى نقطة الغليان و540 سعرة حرارية للتبخير أي يتطلب ما مجموعه 720 سعرة حرارية ليتسامى إلى بخار متجاوزا المرحلة السائلة .

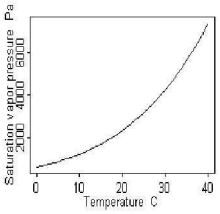
تقدير التبخر : ملاحظة ☹ (للاطلاع فقط)

ظهرت خلال القرن العشرين العديد من المعادلات التي تحاول تقدير معدلات التبخر. الا أنها بنيت جميعها على أساس قانون دالتون الذي ينص على انه إذا كان ضغط البخار الحقيقي للهواء الملامس لسطح الماء اقل من ضغط البخار الحقيقي لمياه السطح فسوف تتم عمليات التبخر وقد وصف اوليفر عشر طرق لتقدير التبخير. وخلص من دراسته إلى انه يوجد استثناء او استثناءين من هذه الطرق وإلا فان جميعها متشابهة وان اختلافات فيما بينها وبين قانون دالتون طفيفة جدا كما تبين بان الاختلافات الرئيسية بين هذه الطرق تنحصر بالثوابت المستخدمة بتلك النماذج او بسبب اختلاف التقنية المستخدمة في القياس او كليها معا.

Vapor pressure e. The partial pressure exerted by water molecules (N/m^2 = Pa or mb, 1 mb = 100 Pa)

Saturation vapor pressure $e_s(t)$. The maximum vapor pressure that is thermodynamically stable.

$$e_s(T) = 611 \exp\left(\frac{17.27T}{237.3+T}\right) \text{ Pa}$$



Relative humidity. Vapor pressure relative to saturation vapor pressure. (usually expressed as %)

$$R_h = \frac{e}{e_s(T)}$$

Dew point. T_d. The temperature to which a parcel of air has to be cooled at constant (vapor) pressure to reach saturation.

طرق التقدير : ملاحظة ☹ (للاطلاع فقط)

الطريقة الاولى (التحول الاضطرابي) :

وتقوم هذه الطريقة على مبدأ إن الرياح كالسوائل تسير بخطوط مستقية او بحركة اضطرابية حيث تسير جزيئات الهواء في الوضع الأول بخطوط مستقيمة بينما تسير جزيئات الهواء في الثانية بخطوط غير منتظمة. وتتأثر هاتين الحركتين بمدى خشونة السطح التي تسير الرياح فوقه وسرعة تلك الرياح لذلك فإنها تتأثر بشكل فعال باستقرارية الهواء، التي تتفاوت من حين إلى آخر في اليوم الواحد. ويرتبط هذا الأمر أولا بدرجة حرارة الهواء، لذا فان أقصى حالات المزج والاضطراب تكون في الأيام العادية في ساعات ما بعد الظهر. وما دامت حركة المزج مستمرة فان عملية التبخر تبقى مستمرة وإذا ما توقفت عملية الخلط فان عملية التبخير تتوقف بناء على قانون دالتون(حرارة وضغط). وبناء عليه فانه يمكن تقدير معدلات التبخر من خلال الأيام بعملية قياس فعلية لرطوبة الهواء على ارتفاعين مناسبين ضمن الطبقة الهوائية المضطربة وقياس سرعة الرياح على مستوى اوثنين وبناء على هذين العنصرين فقد تطورت العديد من المعادلات الخاصة بتقدير معدلات التبخر والتي سنأتي على ذكرها فيما بعد.

الطريقة الثانية : ملاحظة ☹ (للاطلاع فقط)

وتقوم هذه الطريقة على مبدأ يقول : بان التبخر يحتاج إلى طاقة حتى يتم وان تبخر غرام واحد من الماء يحتاج إلى 540 سعرة حرارية وعليه فان كمية التبخر تعتمد بالدرجة الاولى على الطاقة الحرارية الأصلية على سطح الارض وفق معادلة الموازنة الإشعاعية :

$$R\text{-}R_A\text{-}R_E = H_E+H_A+H_B+H_C$$

حيث تمثل R مقدار الأشعة الواصلة إلى الارض، R_A أشعة طويلة منعكسة من الماء واليابسة إلى الجو، R_E وتنعكس بفعل الغلاف الجوي، H_E المستخدمة في عملية التبخر، H_A المستخدمة في رفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الارض، H_B تستخدم لتسخين التربة وسط الماء، H_Cوتستخدم في عملية التمثيل الضوئي. وتقاس الأشعة الواصلة إلى سطح الارض بواسطة أجهزة خاصة. سواء تلك الأجهزة التي تقيس مباشرة مقدار الأشعة او باستخدام معادلات خاصة تستخدم ساعات التشمس التي تقاس أيضا بأجهزة خاصة. وأول من حاول استخدام صافي الإشعاع في تقدير معدلات التبخر من المسطحات المائية انجستروم وتعد معادلة بنمان عام 1948 في هذا المجال الأكثر شيوعا.

حساب التبخر من الموازنة المائية :

وتتم بواسطة قياس او تقدير المدخلات والمخرجات والكمية المخزنة من المياه لأي مسطح مائي ، إذ تشمل مدخلات الموازنة المائية مثل التساقط ومياه الجداول والينابيع، أما المخرجات فهي التبخر والجريان والتسرب وتغير المخزون. ولكن تعاني هذه الطريقة من إهمالها لقضية التسرب المائي والتي تحدث خللا بكل المتغيرات الأخرى .

أحواض التبخر :

وهي من أكثر الطرق شيوعا وأسهلها و تختلف هذه الأحواض في الأبعاد والمواد وفي طرق التثبيت. فمنها ما يثبت فوق سطح الارض ومنها ما يدفن في التربة ومنها ما يبقي ظاهرا على سطح ولكل من هذه الطرق الثلاث محاسنها ومثالبها .

ويعد جهاز (Pan class-A) الأشهر في العالم . ويبلغ قطره 122سم ،وعمقه 25 سم ويرتفع عن الارض مسافة تسمح بحرية مرور الهواء من حوله ومن المعروف إن معدل التبخر من المسطحات الصغيرة يفوق تلك المعدلات من المسطحات الواسعة لذلك اقترح لكل نوع من أنواع أحواض التبخر معامل خاص فمثلا حوض (British standard-Mo) المطور يتراوح المعامل مابين (0.93-1.07)أما حوض(BP-1)المغمور أفقيا فيتراوح المعامل مابين (0.91- 1.04) ، ويصل معامل حوض (Colorado) المطمور إلى (0.83) وتتراوح قيمة معامل (class-a) بين (0.69 - 0.74).

أجهزة قياس التبخر الصغيرة :

- نوع بيتشي

هذه الاداة طورت من قبل بيتشي عام 1872، وهي عبارة عن انبوب زجاجي يصل طوله إلى 29 سم . وبقطر يصل إلى 1سم ونهايته مفتوحة ويملأ الانبوب بماء مقطر ويقفل الجانب المفتوح منة بورقة نشاف تثبت على تلك الفتحة بواسطة مربط. ويعلق الجهاز بحيث تكون الفتحة المقفلة بورقة النشاف إلى الأسفل. علما بان الانبوب مدرج ونستطيع تقدير مقدار التبخر من خلال قراءة مستوى الماء على الانبوب المدرج. ومن أهم مساوئ استخدام هذا الجهاز هي سرعة الرياح ولهذا السبب يثبت هذا الجهاز داخل كشك ستيفنسون ومن أهم محاسنه بساطته وسهولة تثبيته واستخدامه.

- نوع لفنجستون:

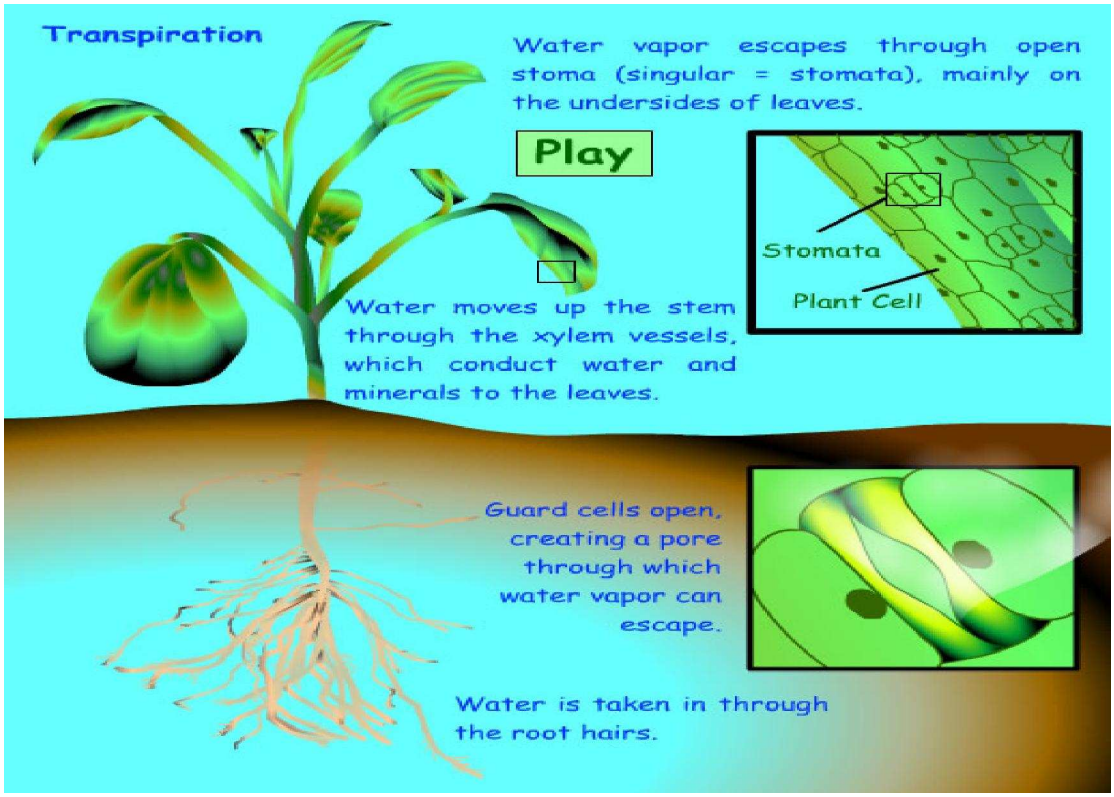
ويتكون من كرة بيضاء مسامية (porous porcelain sphere) مملوءة بالماء المقطر، تتصل بأنبوب يوصلها إلى مستودع يزودها بالماء ويوجد بهذا المستودع ترقيم يدل على مدى استهلاك تلك الكرة من ألماء، نستدل بواسطتها على مقدار التبخر ومن مساوئ هذا الجهاز هو لونها الأبيض ثم تعرضها لتأثير الرياح ولكنها سهلة الاستعمال.

نوع بللاني :

ويتكون هذا الجهاز من قطعة بور سلين سوداء دائرية الشكل يصل قطرها 7.5 سم. وتزود هذه القطعة بالمياه المقطرة من خزان يجعلها رطبة بشكل دائم، ويوجد صمام يمنع رجوع الماء إلى الخزان إذا سقطت الأمطار على تلك القطعة او تكاثف الندى عليها لكون تلك القطعة مكشوفة .

التبخر- تعرق : Evapotranspiration

التعريف الشامل للتبخر- تعرق : هو مجمل كميات المياه المستخدمة في عملية نمو النباتات في منطقة ما على شكل تعرق او بناء أنسجة تلك النباتات بالإضافة إلى تلك المياه التي تتبخر من التربة المجاورة لها او من الثلج المتراكم او تبخر الأمطار المحتبسة على الأشجار بمنطقة ما بزمن محدود. أما التعرق (Transpiration) فيتمثل بمغادرة الماء للنباتات وبخاصة عن طريق الأوراق لتدخل الغلاف الجوي على شكل بخار ماء.



النباتات تضرب بجذورها في التربة لسحب المياه والمواد الغذائية إلى السيقان والأوراق. قسم من المياه تعود إلى الهواء عن طريق النتح. وتتفاوت معدلات التعرق على نطاق واسع اعتمادا على الظروف المناخية مثل الحرارة والرطوبة وتوفر أشعة الشمس وشدتها والأمطار، ونوع التربة والتشبع، والرياح، وانحدار الأرض. أثناء فترات الجفاف، عملية التعرق تساهم في فقدان الرطوبة من المنطقة العليا للتربة والتي يمكن أن يكون لها تأثير على الغطاء النباتي وحقول المحاصيل الغذائية. يمكن تصور مدى تأثير عملية النتح على التبخر، إذا ما علمنا أن نبات الذرة المزروع في فدان يعطي حوالي 400،11-100،15 لتر من الماء كل يوم من خلال عملية النتح .ومن أهم العوامل التي تحدد معدلات التعرق هي :

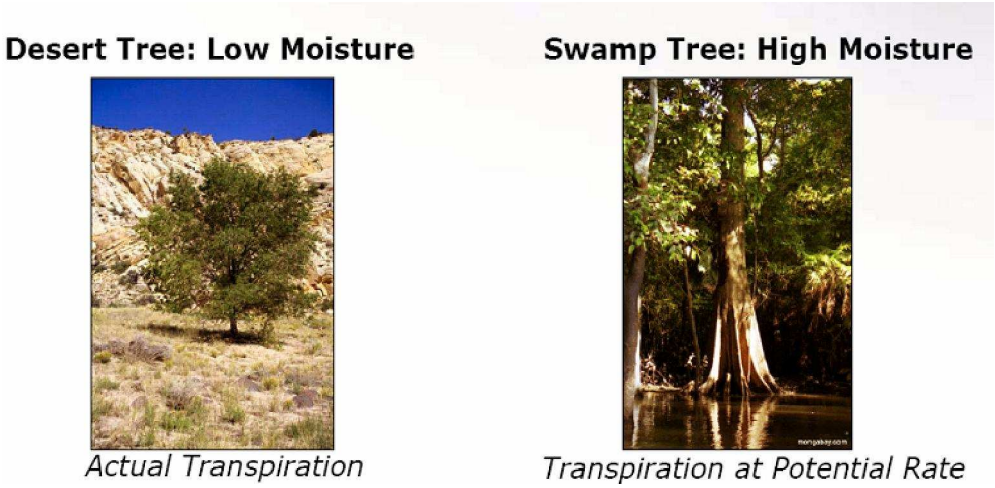
- درجة الحرارة : ترتفع معدلات النتح حيث ترتفع درجة الحرارة وخصوصا خلال موسم النمو وعندما يصبح الجو أكثر دفئا بسبب أشعة الشمس. ارتفاع حرارة الكتل الهوائية تسبب ارتفاع حرارة الخلايا النباتية التي تتحكم في الفتحات، في حين أن انخفاض درجات الحرارة يؤدي لإغلاق الفتحات.
- الرطوبة النسبية : يرتفع معدل النتح بانخفاض الرطوبة النسبية للهواء وازدياد جفافه .
- الرياح وحركة الهواء : يرتفع معدل النتح بزيادة حركة الهواء .
- رطوبة التربة : يرتفع معدل النتح بزيادة رطوبة التربة .
- نوع النبات : النباتات ترشح المياه بمعدلات مختلفة. بعض النباتات التي تنمو في المناطق القاحلة مثل الصبار تحتفظ بالمياه إذ تنخفض معدلات النتح فيها إلى حدودها الدنيا .

التبخر الكامن و التبخر الحقيقي :

التبخر الكامن هو عبارة عن كمية الرطوبة الآتية من التربة او من الجو على شكل تساقط والتي تكون كافية كل الوقت لإمداد الغطاء النباتي بحاجته من الماء و لغاية التبخر. وقد عرفه ثورنثويت بأنه عبارة عن كمية المياه المفقودة من قبل النباتات عندما لا تعاني التربة من عجز مائي .ثم عرفه بنمان بأنه عبارة عن كمية المياه المتبخرة من مساحة ما مغطاة بمحصول قصير اخضر، يتمتع بنمو نشط ويظلل الارض تظليلا كاملا ومتساوي الارتفاع ولا يعاني من نقص المياه . كما هو واضح من التعريفات السابقة فان عملية التبخر- تعرق عبارة عن مفهوم مناخي نظري بحت فالمحصول الأخضر في بداية نموه لايكون قد غطى جميع التربة وعليه فان كمية التبخر- تعرق في هذه الحالة تتأثر بحجم النبتة وبكمية الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح .

وتحت الظروف الطبيعية وبخاصة خلال فصل الصيف فان مقدرة التربة على تزويد النباتات بالرطوبة تكون غير كافية ، إن مقدار التبخر- النتح الحقيقي يحدد بناء على مقدرة النباتات على استخلاص الماء من التربة، والتي تعتمد بشكل رئيسي على العمق، وكثافة الجذور وعلى سرعة حركة المياه داخل مسامات التربة .

وبسبب هذه العلاقات المعقدة ، فانه من الصعب جدا تقدير او قياس مقدار التبخر / تعرق الحقيقي إذا كان اقل من قيمة التبخر الكامن. ومن أهم العوامل التي تؤثر في التبخر- تعرق هي العوامل المناخية مثل : درجة حرارة والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح وعوامل تخص النباتات مثل حجم المسامات ونوع النباتات ونموها وعوامل أخرى تخص ظروف التربة كالسعة الحقلية ونقطة الذبول واللتان تتأثران ببعض الخصائص الطبيعية للتربة .



طرق تقدير كمية التبخر / التعرق

نظرا لتعقد العلاقات المختلفة بين العديد من العناصر الطبيعية التي تهيمن على عملية التبخر- تعرق، فلا توجد حتى الآن معادلة استطاعت الوصول إلى تقدير دقيق لمعدلات التبخر- تعرق حيث تركز معظمها على تقدير كمية التبخر- تعرق الكامن أكثر من التبخر- تعرق الحقيقي ولذلك فقد أهملت العديد من العوامل النباتية في هذا المجال وتم التركيز على العوامل المناخية فقط. ومن الجدير بالملاحظة، إن جميع المعادلات المستخدمة في تقدير معدلات التبخر تعود معظمها إلى علماء المناخ والفيزياء. ويعود السبب في ذلك كون الهيدرولوجي يهتم كثيرا بالمدد القصيرة الأجل (5 أيام، أسبوع ، 10 أيام) لاستخراج معدلات التبخر- تعرق فيهما، بعد إن يتم ربطها بمقدار التسرب، والجريان المائي ومستوى الماء الجوفي، بينما يهتم عالم المناخ بالفترات الأطول على مستوى الشهر او السنة او أكثر .

وتعد معادلة ثور نثويت و هولزمان أقدم محاولات لتقدير معدلات التبخر من النباتات والتربة والمسطحات المائية حيث أصدروا أول معادلة لهم عام 1939 وقبل نصف قرن من ألان فقد استطاع ثور نثويت من الولايات المتحدة الأمريكية وبنمان من بريطانيا تطوير معادلات خاصة لتقدير معدلات التبخر/ النتح، ما زالت تستخدم على نطاق واسع من قبل علماء الهيدرولوجيا وعلماء المناخ.

طريقة ثورنثويت :

تم تطوير معادلة ثور نثويت عدة مرات خلال الفترة (1944 - 1954) إلى إن وصلت إلى ماهي عليه الآن ، وهي الأكثر استخداما من قبل الجغرافيين . وتقوم المعادلة على حساب التبخر عن طريق استخدام درجة الحرارة فقط . وتنص معادلة ثور نثويت على ما يلي :

$$e = 1.6b\ (10t/\ I)^{a}$$

حيث إن :

e =معدل التبخر الشهري بالسنتمتر

t =معدل درجة الحرارة الشهرية بالدرجات المئوية .

a= دالة للقرينة الحرارية ، وتحسب وفق المعادلة التالية :

$$a = 0.000000675\ I^3 - 0.000071\ I^2 + 0.01793I + 0.49239$$

b =معامل تصحيح لعدم تساوي طول الأيام خلال الشهر الواحد ، وتتغير وفق درجات العرض حسب الجدول (1) .

I = قرينة السنوية لدرجة الحرارة وتتكون من مجموع اثني عشر قرينة شهرية (i)

$$i = (\ t./\ 5)^{\ 1.514}$$

حيث إن :

t = معدل درجة الحرارة الشهري بالدرجة المئوية .

وتتميز هذه المعادلة بسهولة استخدامها نظرا لتوفير البيانات المناخية المتعلقة بتطبيقها ، الا انه يؤخذ عليها اعتمادها المطلق على درجة الحرارة ، وتأخر تقديراتها اليومية عن المسار اليومي والسنوي لدرجة الحرارة ، فضلا عن افتراضه توقف عملية التبخر عند درجة الصفر ، ثم عدم احتسابه لتأثير الرياح على عملية التبخر ، وعدم دقة استخدامها في المناطق الجافة والشبه الجافة .

معادلة بنمان: ملاحظة ☹ (للاطلاع فقط)

تعتمد معادلة بنمان على كل من اسلوب توازن الطاقة و اسلوب ديناميكية الهواء، وهي الأكثر استخداما عند تقدير معدلات التبخر من المسطحات المائية ، وتنص المعادلة على ما يلي :

$$E = (\ \Delta / yH + Ea) / (\ \Delta\ /y + 1)\ mm/day$$

حيث إن :

E = تمثل التبخر من المسطح المائي .

Δ = درجة انحدار منحني ضغط بخار الماء المشبع عند درجة الحرارة المطلوبة ($mm\ Hg\ /\ ^{0}F$) .

y = ثابت معادلة السيكرومتر وهو يساوي 0.65 .

H = الموازنة الحرارية للمسطح المائي .

Ea = وتمثل ديناميكية الهواء ، ويمكن حسابها وفق المعادلة التالية :

$$Ea = 0.35\ (e_a - ed)\ (\ 1 + U/100)\ mm/day$$

حيث إن :

ea =ضغط بخار الماء المشبع عند معدل درجة الحرارة المطلوبة (mmHg) .

ed =ضغط بخار الماء المشبع عند درجة حرارة نقطة الندى .

u =معدل سرعة الرياح في اليوم بالميل على ارتفاع مترين عن سطح الارض .

أما H: بمعادلة بنمان فيمكن حسابها من خلال المعادلات التالية :

$$H = A - B \text{ mm/day}$$

حيث إن :

A =الإشعاع الشمسي قصير الموجة الذي يصل سطح الارض لو لم يكن الغلاف الجوي موجودا.

B = الإشعاع الشمسي طويل الموجة الذي يشع من الارض

ويمكن حساب كل منهما وفق المعادلات التالية :

$$A = (1-r)\, Ra\, (0.18 + 0.55 n/N) \text{ mm/day}$$

$$B = QTa^4\, (0.56 - 0.09\, \sqrt{ed})(0.10 + 0.90\, n/N) \text{ mm/day}$$

حيث إن :

Ra= الإشعاع الشمسي الذي يصل سطح الارض لو لم يكن الغلاف الجوي موجدا .

r =معامل انعكاس الأشعة من السطح المعرض للتبخر .

n= عدد ساعات التشمس الفعلي .

N = عدد ساعات التشمس النظري .

Q=ثابت استيفن – ولتزمن .

Ta = معدل درجة الحرارة المطلقة .

ed=ضغط بخار الماء المشبع عند درجة حرارة نقطة الندى .

وتتوفر في العديد من المؤلفات المناخية لجداول الخاصة بتقدير عدد من المتغيرات الأزمة لتطبيق هذه المعادلة وتم تطوير العديد من برامج الحاسوب لتقدير قيم التبخر من خلال معادلة بنمان، حيث وفرت تلك البرامج على الباحثين الوقت والجهد ، وضمنت للنتائج الدقة. ورغم صعوبة تطبيق هذه المعادلة بالطرق الاعتيادية بسبب تعدد بياناتها وعدم توفر معظمها احيانا ، الا إنها ما زالت تحتل المرتبة الاولى في شيوع استخدمها ، وهي معتمدة رسميا من قبل دوائر المياه ، ودائرة الارصاد الجوية ، و دوائر المصادر الطبيعية

طرق قياس التبخر- تعرق الحقيقي والكامن :

سيتم التطرق إلى نوعين من الأجهزة التي تقيس مقدار التبخر- الحقيقي والكامن.

الأول : جهاز قياس التبخر / تعرق (Evapotranspirometers)

والثاني : جهاز اللايزوميتر (lysometers)

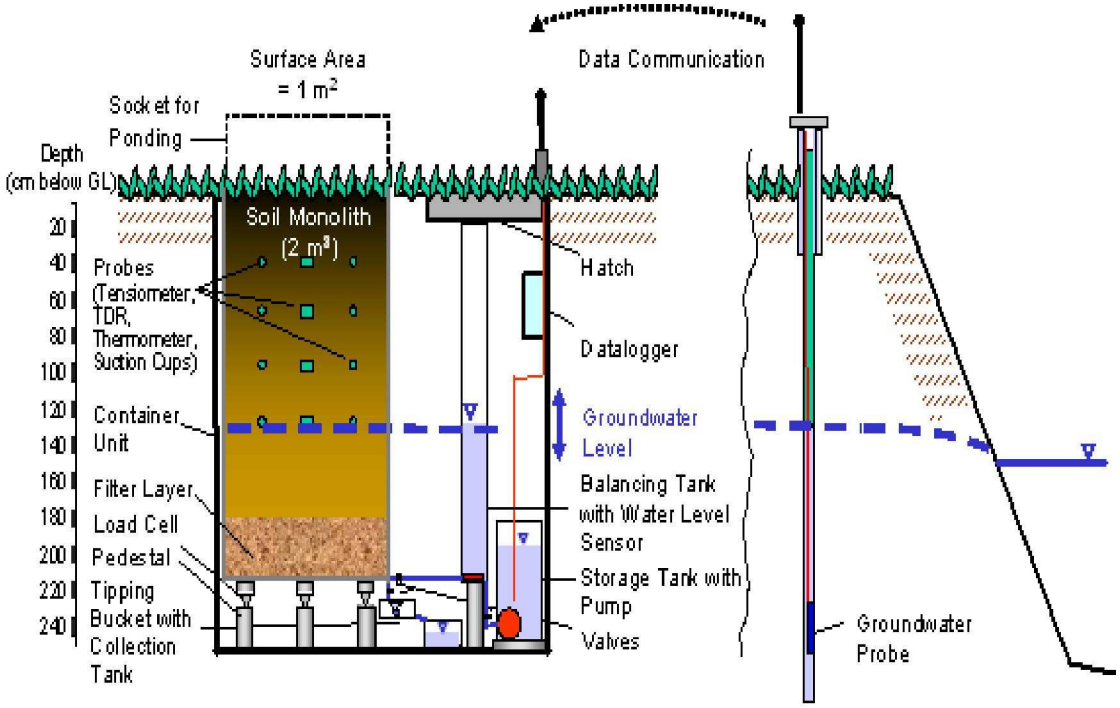
جهاز قياس التبخر- تعرق :

يمكن تقدير كميات النتح الكامنة عندما تكون رطوبة التربة غير محدودة بواسطة صناديق معزولة عن التربة الرطبة حيث يتم حساب موازنتها المائية. ويضم هذا الجهاز ثلاثة خزانات من الماء او أكثر يملا على الأقل اثنين منها بالتربة التي تزرع بنباتات طبيعية من نباتات المنطقة المحيطة وترتبط خزانات التربة بخزان الماء الرئيسي بواسطة أنابيب ويمكن للماء إن يدخل إلى التربة الموجودة في الخزانات فقط من خلال الجو سواء كانت على شكل تساقط طبيعي او صناعي ويمكنها إن تخرج مرة أخرى عن طريق المصارف أسفل تلك الصناديق. ومن خلال قياس الفرق بين الكميات التي تسربت إلى أسفل وجمعت في خزان الماء وبين الكميات التي سقطت طبيعية او صناعيا تستطيع معرفة مقدار التعرق/ التبخر الكامن.

جهاز اللايزوميتر :

يقوم الجهاز السابق على مبدأ إبقاء ظروف السطح موحدة، من خلال الغطاء النباتي ومحتوى التربة من الماء لنتمكن من تحديد فقدان الكامن بدقة. أما جهاز اللايزوميتر فانه يعكس مقدار التبخر/النتح الحقيقي. ولتمييزه عن السابق فانه أكثر تمثيلا للبيئة المحيطة به من جميع النواحي وبخاصة التربة والنباتات الطبيعية. ولضمان دقة التقديرات فانه من الضروري الإبقاء على رطوبة التربة ضمن السعة الحقلية حيث تكون إمكانية استيعابه رطوبة اقل وبالتالي فان أي زيادة على السعة الحقلية مصيرها الجريان الذي يسهل قياسه ونستطيع من خلاله تقدير التبخر- تعرق الحقيقي.

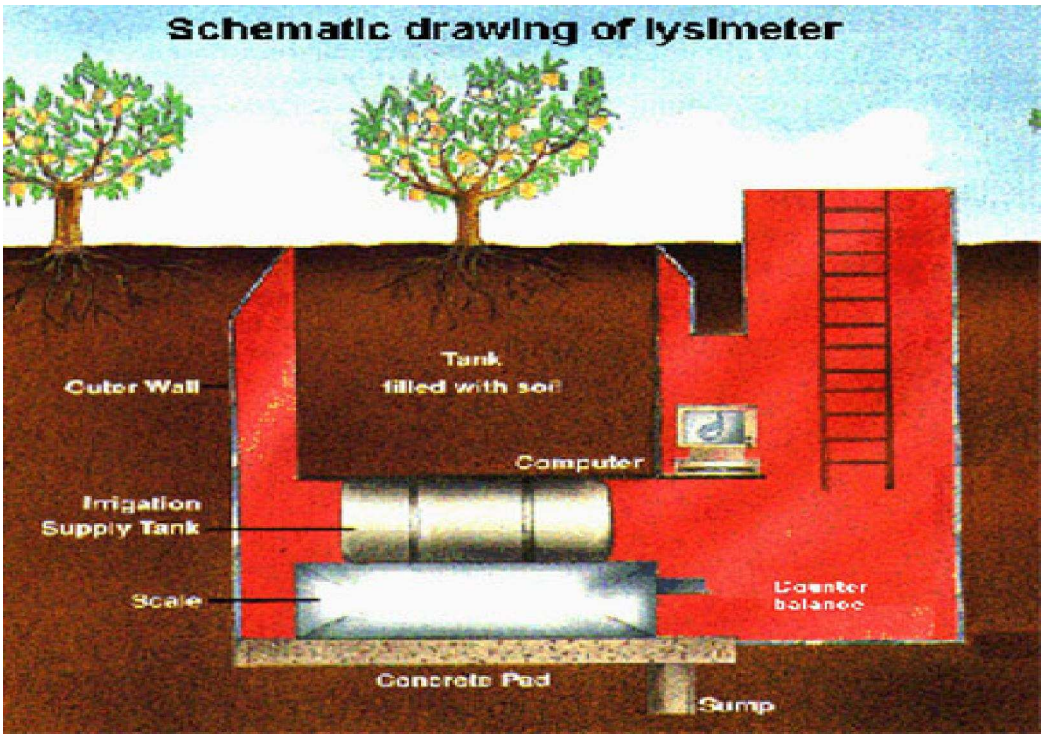
والطريقة المثلى لقياس مقدار التبخر- الحقيقي هو وزن اللايزوميتر بصورة منتظمة. ومن بين أشهر أجهزة اللايزوميتر المستخدمة على نطاق واسع جهاز (coshocton) الذي يقيس بدقة متناهية كمية التبخر الحقيقي إلى مستوى من الدقة يصل إلى 0.01 انج من الماء. وجهاز (Slaidburn) الذي أقيم قرب (Slaidburn) بيوركشير (Yorkshire) كما تشتهر هولندا بتعدد تلك الأجهزة حيث انشيء أول جهاز فيها عام 1903 في منطقة الكثبان الرملية قرب (leiduin). ويعد الجهاز الذي انشيء عام 1941/1940 شمال هولندا قرب (Castricum) الأضخم في العالم، ويبعد هذا الجهاز عن الشاطئ 2كم وتبلغ مساحة خزاناته 25 متر مربع، ومجمل مساحته تصل إلى 625 متر مربع وبعمق يصل إلى 2.5 متر، ويصل عددها ضمن هذه المنطقة إلى أربعة أجهزه. ومن الجدير بالاشارة إلى إن 32 جهازا أقيمت قرب (Wagenengin) ويتراوح عمق هذه الأجهزة بين 100 /150 سم، ثمانية منها يحتوي تربة رملية و120 جهازا آخر تحتوي على تربة طينية. وما تبقى (12) تحتوي على الفحم (peat) وجميع هذه الأجهزة قابلة للوزن، أي بإمكاننا إن نقدر التبخر الحقيقي بواسطة الوزن. كما طور العلماء في عام 1963 في محطة الأبحاث قرب يوركشير جهاز سهل الاستخدام متواضع الأبعاد يسهل وزنه .



Weighable Groundwater Lysimeter Station

Measuring of Groundwater Level at the Floodplain Site

KEEP
OFF

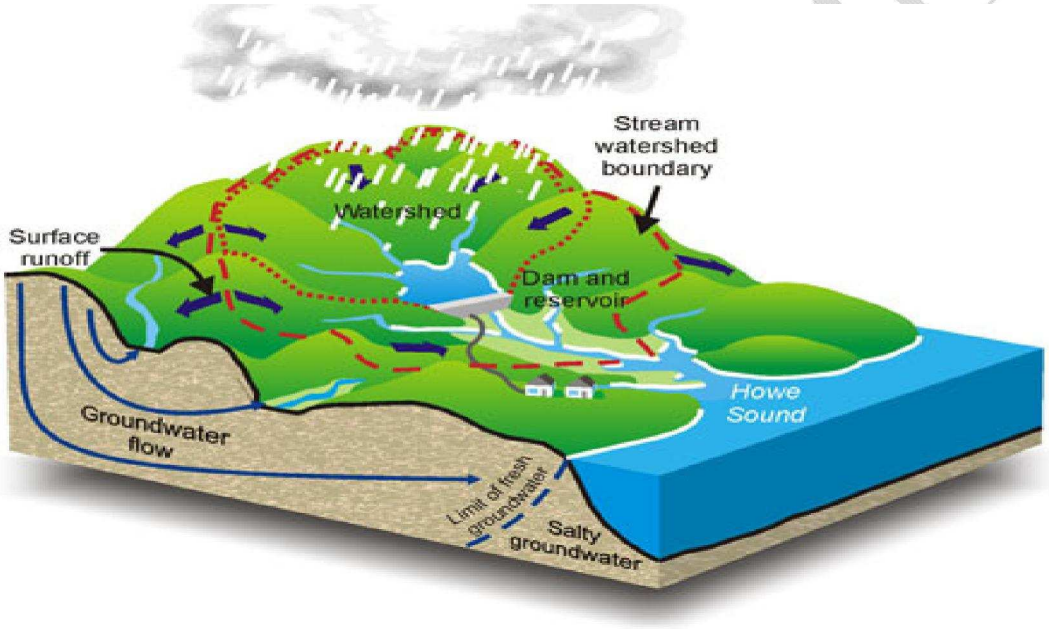

Schematic drawing of lysimeter
Outer Wall
Tank
filled with soil
Computer
Irrigation
Supply Tank
Scale
Counter
balance
Concrete Pad
Sump

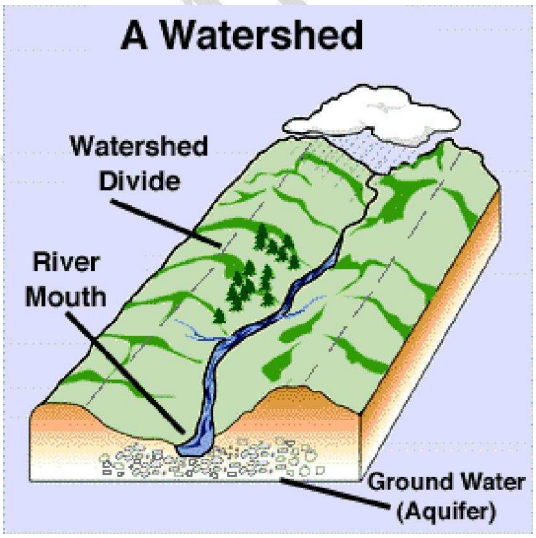
الأحواض المائية السطحية : River Basin (Catchment area)

تعتبر الأنهار مصدرا رئيسيا من مصادر المياه العذبة على سطح الأرض لذلك فان دراسة الأنهار تحتل مكانة خاصة في علم الهيدرولوجي وذلك لما للأنهار من أهمية في حياة الإنسان والنبات والحيوان .

أحواض التصريف (Drainage Basins) و مستجمعات المياه (Stream Watershed)

حوض التصريف: هو تلك المساحة من الأرض التي تفصلها عن الأحواض المجاورة الأخرى خطوط تقسيم المياه . او هو 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 و التكتوني في أعماق الحوض النهري. عندما نبحث في موقع الأنهار وحجم الجريان المائي في الأنهار نأتي على مفهوم مستجمعات المياه. ومستجمعات المياه هى مساحة من الأرض حيث كل الماء الذي يسقط فيها ينساب إلى نفس المكان. مستجمعات المياه يمكن أن تكون صغيرة تشمل الروافد والجداول (Stream Watershed) أو كبيرة بما يكفي لتشمل جميع الأراضي التي تستلم مياه الأمطار وتنقلها إلى الأنهار (River Basin) التي تصب في البحار.





مستجمعات المياه هي مساحة من الأرض التي تستنزف كل مجاري مياه الأمطار لتصب في أحد منافذ التصريف مثل البحيرات ، او الخلجان ، أو أي نقطة على طول مجرى القناة. ومستجمعات المياه كلمة تستخدم أحيانا بالتبادل مع حوض التصريف . التلال والهضاب التي تفصل بين مستجمعات المياه تسمى خط تقسيم المياه. ومستجمعات المياه تتكون من المياه السطحية - البحيرات والأنهار والخزانات ، والأراضي الرطبة (مستجمعات المياه ألكبيرة) كما تحتوي على العديد من مستجمعات المياه الصغيرة . معظم الأمطار التي تسقط داخل منطقة تصريف الجداول تتجمع في نهاية المطاف في مجرى موقع الرصد .

إن أكبر عامل مؤثر على تدفق الجداول المائية ، هو مقدار التساقط الذي يقع في مستجمع المياه. ومع ذلك ، ليست كل المياه التي تهطل في مستجمعات المياه تتدفق .ولكن الجدول يستمر في التدفق في كثير من الأحيان، إذ لا يوجد جريان مباشر من الأمطار الأخيرة. والعامل المؤثر الثاني على تدفق الجداول المائية هو الترشيح فعندما يسقط المطر على الأرض الجافة قسم من المياه تتسرب إلى التربة،وقسم من المياه التي تتسرب ستبقى في طبقة التربة الضحلة ، حيث سيتم انتقالها تدريجيا إلى الأسفل من خلال التربة ، ويصل في نهاية المطاف إلى الجداول عن طريق الرشح او النز عبر الضفاف . بعض من المياه قد يتسلل إلى عمق اكبر ليغذي خزانات المياه الجوفية. المياه قد تتحرك لمسافات طويلة أو البقاء في التخزين لفترات طويلة قبل أن تعود إلى السطح . كمية المياه المترشحة بمرور الزمن يعتمد على عدة خصائص لمستجمعات المياه :

- خصائص التربة
- تشبع التربة
- الغطاء النباتي
- انحدار الأرض
- التبخر و الإشعاع الشمسي والرياح والضغط الجوي ، وغيرها من العوامل.

وعادة ما تشمل الأحواض النهرية الكبيرة على أحواض مائية ثانوية وهي عبارة عن أحواض رافدة للنهر الرئيسي .

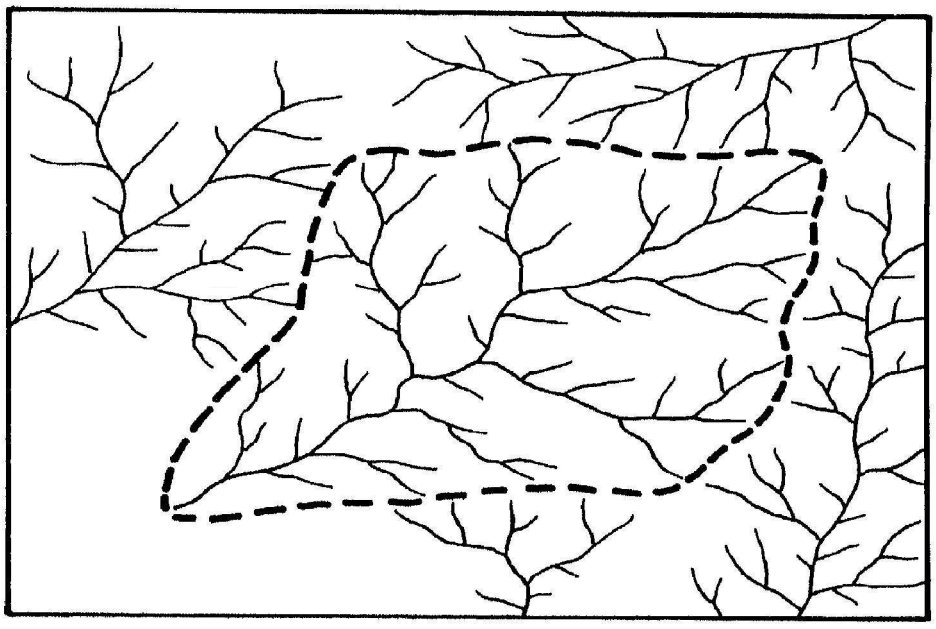
وتقسم الأحواض النهرية إلى مايلي :

1 الأحواض النهرية الكبيرة : وهي تلك الأحواض التي تزيد مساحتها على 50 ألف كم^2 .

2 ـ الأحواض النهرية المتوسطة : وهي تلك الأحواض التي تزيد مساحتها على 30 ألف كم^2 .

3ـ الأحواض النهرية الصغيرة :وهي تلك الأحواض التي تتراوح مساحتها بين 5 -30 ألف كم^2.

ويتم تحديد الحوض النهري عن طريق تحديد خط تقسيم المياه مع الأحواض النهرية المجاور(شكل 3).



شكل (3) تحديد الحوض النهري

وتحدد مساحة الحوض النهري بالكم^2 ،ويجب أن تكون لـه نقاط محددة بالأسماء او بأرقام الكيلو مترات من بداية منبع النهر ويعطى حرف A تعبيرا عن المساحة ويجب أن تحسب مساحة الحوض النهري عند أي مقطع كان وتقاس مساحة الأحواض النهرية عادة بجهاز البلانيميتر Planimeter .

يقسم الحوض النهري عادة إلى خمسة أجزاء هي:

1 ـ منطقة المنابع :

هي نقطة البداية للجريان النهري الحقيقي وقد يكون للنهر أكثر من منبع ويتشكل النهر هنا من التقاء رافدين او أكثر. وقد تكون منطقة منبع النهر بحيرة هنا يمكن رؤية المنبع بوضوح كنهر انغارا الذي ينبع من بحيرة بايكال . وقد تكون منطقة المنبع عبارة عن منطقة مستنقعات مثل منابع نهر الفولغا والذي يجمع ينابيعه من مستنقعات فالدايسكي ، وهناك بعض الأنهار تبدأ منابعها من الجبال مثل جبال الألب والهيمالايا و القفقاس ، كما يمكن أن تكون جليديات العروض العليا منابع للأنهار .

2 ـ الحوض الأعلى للنهر :

يتكون الحوض الأعلى عادة في المنطقة الجبلية للنهر ، وتتميز تضاريسه بشدة الانحدار ،ويكون التيار المائي سريعا جدا ، وتسود عمليات ألحت الرأسي ويتعمق مجرى النهر ليصبح على شكل حرف V ، وتكثر أيضا المسيلات المائية والجداول والشلالات .

3 ـ الحوض الأوسط :

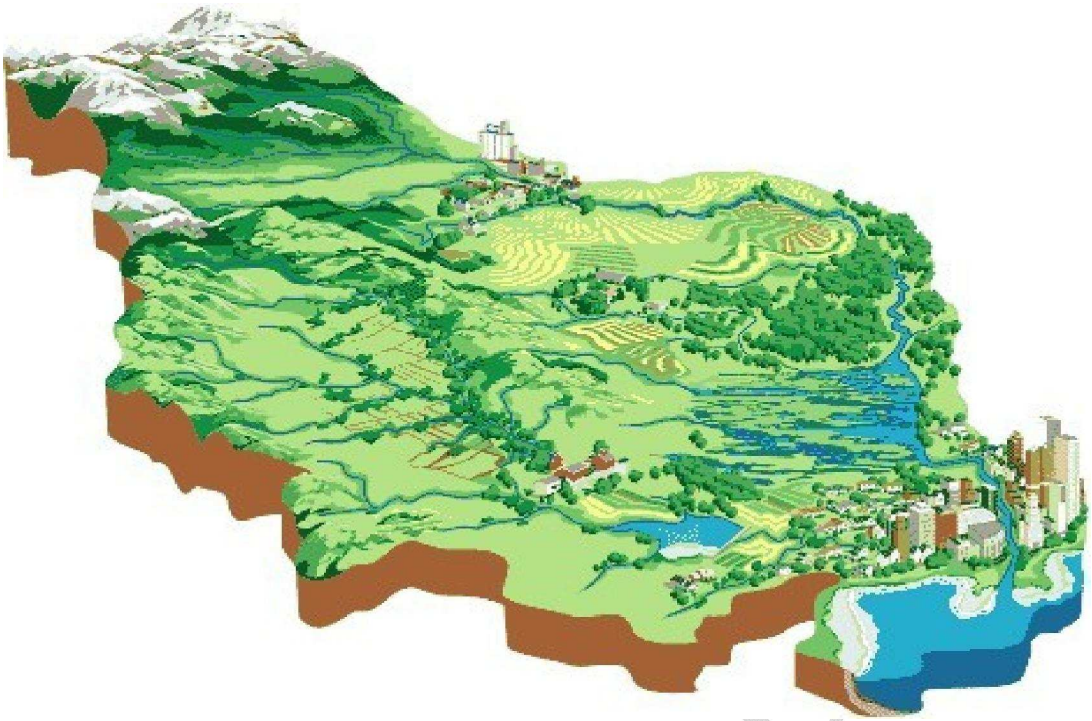
يصبح مجرى النهر في الحوض الأوسط أكثر اتزانا وهدوءا ، حيث تتناقص شدة ألحت الرأسي وتصبح متوازنة مع عملية الترسب ، ويبدأ ألحت الجانبي عند الضفاف ، كما تتناقص سرعة التيار المائي وتصبح حمولته متوسطة الحجم .

4 ـ الحوض الأدنى:

يزداد تناقص الانحدار في الحوض الأدنى حتى يبدو النهر وكأنه بدون انحدار ونتيجة لذلك يبدأ النهر بالتعرج راسما اكواعا مختلفة الأحجام ، والتي كثيرا ما تؤدي إلى وجود اكواعا مهجورة او بحيرات هلالية ، ويصل النهر هنا إلى حالة الاتزان او مستوى الأساس فلا يعود النحت الرأسي موجودا ، وغالبا ما يعرف الحوض الأدنى للنهر بمنطقة السهل القليل الانحدار .

5 ـ المصب :

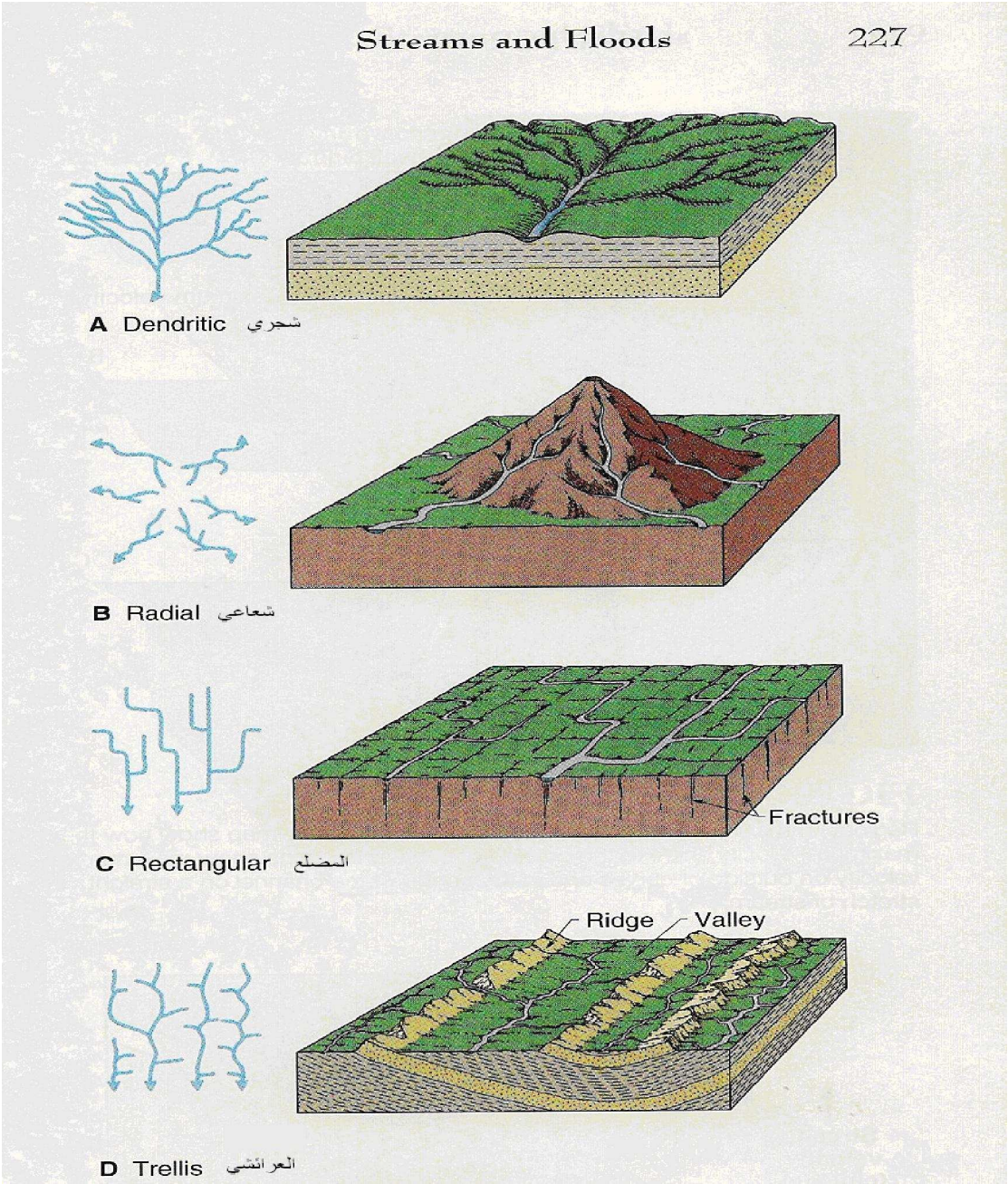
بعد أن يصبح مجرى النهر في نهاية الحوض الأدنى فأنه قد ينتهي إلى البحر او البحيرة او إلى مستنقع . . وعادة ما يكون المصب أكثر وضوحا من المنبع إلا إن الأنهار الكبيرة يصعب فيها تحديد مكان المصب وذلك بسبب اتساع مساحات دلتاواتها الكبيرة و كثافة تفرعات النهر داخل تلك الدلتاوات مثل دلتا نهر النيل والفولغا والمسيسيبي والدانوب ، لكن في الأغلب تعتبر الفروع الكبيرة هي مصبات الأنهار .



الشبكة المائية :

الشبكة المائية لسطح معين تمثل نظام توزيع الأودية والمنخفضات الطبيعية نتيجة جريان الماء على سطح الأرض سواء كان ذلك الجريان ماء مطر او ماءا جوفيا و باتجاه محدد . ولو نظرنا إلى الشبكة المائية (أي شبكة مائية) لوجدنا أنها تمثل عروقا كما في عروق ورقة الشجرة او تمثل نظام الأغصان عند الأشجار ، وعادة ما يطلق على هذا النوع من الشبكات بشبكات التصريف ذات النمط الشجري والشكل227 يوضح بعض أنواع الشبكات المائية مثل النمط ألشعاعي والمضلع و العرائشي والمتوازي .

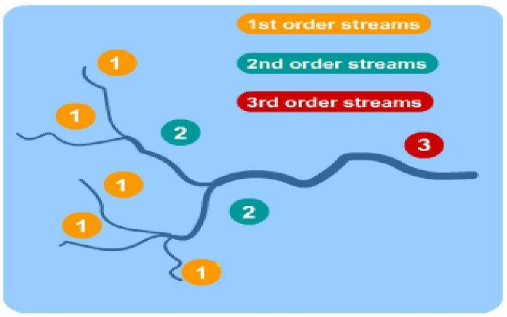
نتيجة تدخل الإنسان فان هذه الشبكة الطبيعية يمكن أن يتغير شكلها ، فنلاحظ وجود بحيرات تجمع المياه أمام السدود او نلاحظ قنوات من بناء الإنسان لاستعمالها في الري او في الملاحة ، و يمكن أن تتكون مستنقعات مائية تغطي بعض فروع الشبكة .



إن تشكيل الشبكات المائية حدث أصلا في عصور جيولوجية سابقة ، عندما تشكلت على الأرض التضاريس ، فمنذ بداية العصور الجيولوجية وحتى الحقبة الأخيرة من العصر الجيولوجي الرابع ، لعبت عمليات الرفع والخفض لسطح القشرة الأرضية دورا أساسيا في تشكيل معظم الشبكات المائية الحالية ، وتداخلت فيما بعد محدثة بعض التغيرات وذلك بفعل تداخل اليابس والماء . فقد لعبت عمليات التعرية التي قامت بها الأنهار على فترة طويلة من الزمن دورا مهما في الشبكات المائية و شكلت مراوح فيضية كبيرة عملت على تغيير مجراها ومن ثم تكوين فروع جديدة ضمن الشبكة المائية وتختلف الشبكات المائية في أهميتها ، وذلك تبعا لطول الأودية الرئيسية او قصرها وكذلك تبعا لعدد فروعها او قلتها وتعطى روافد الشبكة المائية رتبا تبعا لأهميتها .

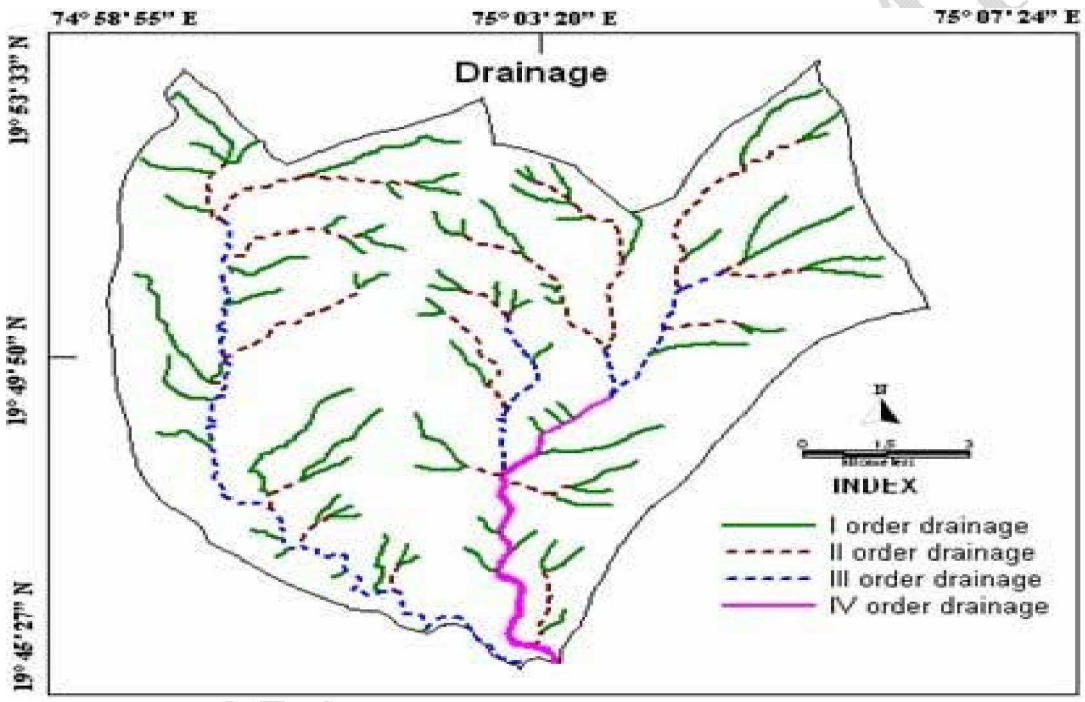
تقسم الرتب النهرية إلى ما يلي :

1- إن اصغر رتبة نهرية تعطى الرقم (1) وهي الأودية الصغيرة التي لا ترتبط بها فروع اصغر منها والتي تقل أطوالها عن 5كم .



2 - الرتبة الثانية تعطى الرقم (2) وهي الأودية التي تتكون نتيجة اتحاد رافدين او أكثر من روافد الدرجة الاولى .

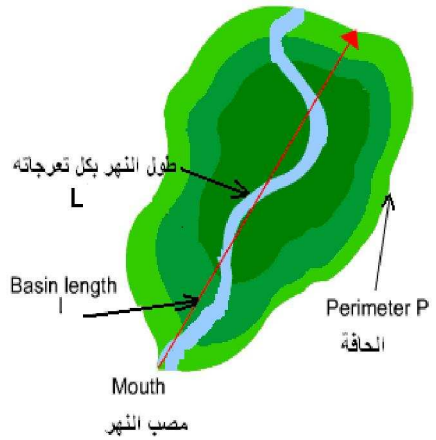
3- الرتبة الثالثة تعطى الرقم (3)،وتتكون من اتحاد رافدين او أكثر من روافد المرتبة السابقة (2) وهكذا فكلما زادت الرتبة في الشبكة المائية كلما زادت أهمية الشبكة المائية (كما في الشكل 4) .



الشكل – : رتب الشبكة المائية .

التواء النهر وتفرعه:

تؤثر البنية الجيولوجية للحوض النهري وطبيعة التربة والغطاء النباتي ونظام الجريان في جريان الأنهار ، وعليه فان الأنهار لا تسير بخطوط مستقيمة ، بل إنها تنعطف وتتلوى مكونة ما يسمى بالا كواع النهرية البدائية والمتطورة .ويعبر عن تعرج النهر او التوائه بقرينة ألالتواء وهي تعبر عن العلاقة القائمة بين طول النهر الحقيقي (L) في منطقة ما وما بين خط مستقيم (l) يمتد عبر هذه المنطقة .



ويمكن حساب قرينة الالتواء كما يلي : K = L / l

حيث إن :

L = طول النهر الحقيقي مع كل تعرجاته ويحسب على الخارطـــــة بجهـــــاز (opisometer)

l = طول الخط المستقيم الذي يمتد من المنبع وحتى المصب .

أما درجة التفرع فيمكن حسابها من خلال قياس طول كل التفرعات الثانوية مضافا اليها طول النهر الأساسي ثم تقسم هذه على طول النهر الرئيسي ، وعليه يمكن حساب درجة التفرع كما في المعادلة التالية :

$$K = (L_1+L_2 +.....L_n+1) / L$$

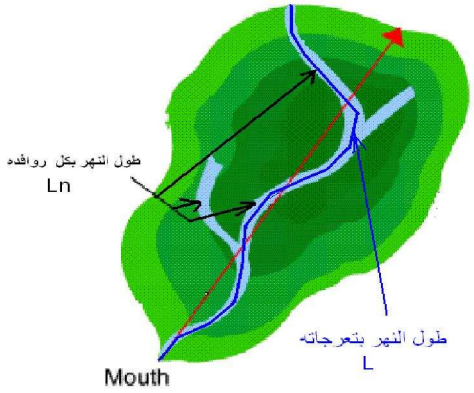
حيث إن :

L_1 = طول روافد الدرجة الاولى

L_2 = طول روافد الدرجة الثانية

L_n=طول روافد الدرجات الأخرى

L =طول النهر الرئيسي بكل تعرجاته



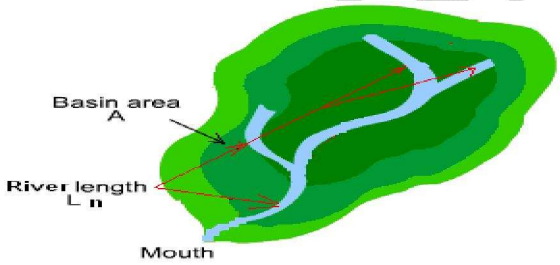
كثافة الشبكة المائية :

هناك عدة طرق لقياس كثافة الشبكة المائية ومن أهمها وأكثرها استعمالا تلك الطريقة التي تأخذ بعين الاعتبار مساحة الحوض النهري المراد معرفة كثافة شبكته المائية ثم يحسب طول المجاري النهرية الموجودة ضمن هذه المساحة فيقسم طول الروافد على مساحة الحوض وذلك حسب المعادلة التالية :

$N= L_n / A$: حيث إن :

L_n = مجموع طول الروافد .

A= مساحة الحوض النهري كم^2 .



التكرار النهري :

وتتمثل العلاقة هنا بعدد المجاري المائية بجميع رتبها ضمن حوض نهري معين مقسومة على مساحة ذلك الحوض بالكم^2 وذلك حسب المعادلة التالية :

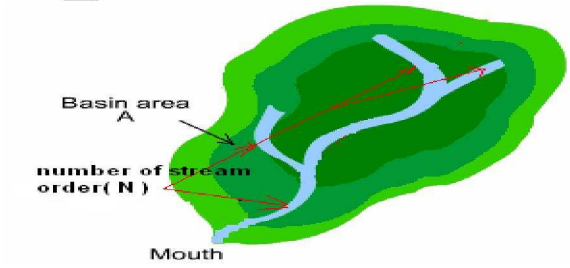
$$Fr = N / A$$

حيث إن :

Fr= التكرار النهري

N = عـدد المجـاري المائيـة بجميـع رتبها

A= مساحة الحوض النهري كم^2

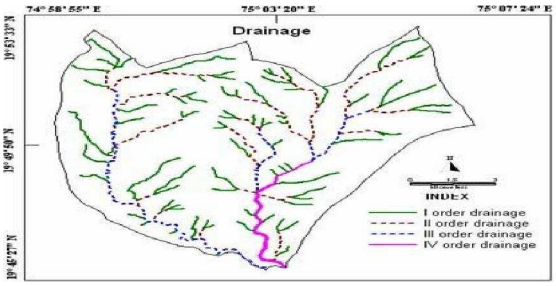


BMH BMH

نسبة التشعب النهري :

ويحسب التشعب النهري بنسبة عدد الوديان من رتبة معينة إلى عدد الوديان من الرتبة التي تليها وذلك حسب المعادلة التالية :

$$P = N_1 / N_2$$



حيث إن :

P= نسبة التشعب النهري .

N_1= عدد المجاري المائية من الرتبة 1.

N_2=عدد المجاري المائية من الرتبة 2 .

وهناك عدد علاقات أخرى تتعلق بالأحواض النهرية منها :

نسبة التضرس : وتعني الفرق بين أعلى واخفض نقطة في الحوض النهري بالمتر مقسوما على طول الحوض النهري /كم وذلك حسب المعادلة التالية :

$$R= (R_2-R_1) / L$$

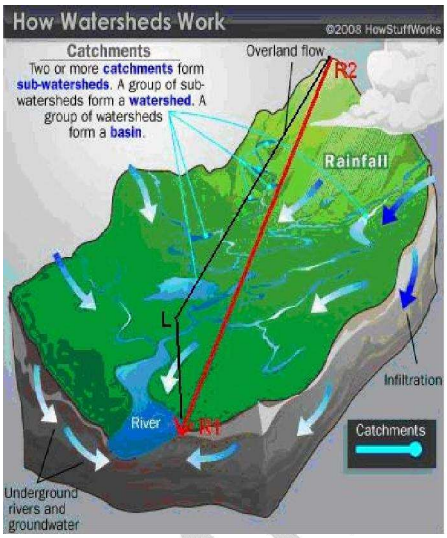
حيث إن :

R =نسبة التضرس

R_2=أعلى نقطة في الحوض النهري عن مستوى سطح البحر .

R_1= اخفض نقطة في الحوض النهري بالنسبة لمستوى البحر .

L =أقصى طول للحوض النهري / كم .



معامل شكل الحوض النهري : و يعبر عنه بقسمة مساحة الحوض(كم^2) على طول الحوض (كم) ، كما في المعادلة التالية :

$$F_0 = A / L$$

حيث إن :

F_0 = معامل شكل الحوض .

A=مساحة الحوض /كم^2 .

L = أقصى طول للحوض النهري / كم .

تغذية الأنهار :

يعتبر التساقط بأشكاله المورد الأساسي لتغذية الأنهار ، حيث تؤدي الأمطار والثلوج إلى عملية الجريان على سطح الارض ، 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 ظروف طبيعية منها : الظروف المناخية ، حيث تزداد تغذية الأنهار بالمياه في المناطق التي تزداد فيها كميات الأمطار وتساقط الثلوج مثل المناطق الباردة والمناطق المعتدلة الرطوبة والمناطق الجبلية والمناطق الاستوائية ، حيث تتميز تلك المناطق بكثرة التساقط فيها طوال العام .ويمكننا تمييز الأنواع التالية لتغذية الأنهار:

1- التغذية المطرية :

بعد هطول الأمطار على الارض تبدأ التربة بالتشبع بالمياه وبعد إن تصبح التربة في حالة الإشباع ، يبدأ الماء بالجريان على سطح التربة ليشكل مسيلات مائية لاتلبث إن تلتقي مكونة جداول فأودية ثم تنتهي في مجاري مائية اكبر حتى يصل حجمها إلى حجم الأنهار الكبيرة . وتكون التغذية المطرية أما موسمية ، فيزداد تصريف الأنهار وتصل ذروتها في فصل الصيف ، وأما إن تكون التغذية المطرية أكثر انتظاما كما هو الحال في المناطق الاستوائية ،

BMH-JSMH

وأما إن تكون التغذية المطرية غزيرة في فصل الأمطار وذوبان الثلوج كما هو الحال في العروض الوسطى ، أما التغذية الصحراوية وبالرغم من شحها الاانها قد تؤدي إلى حدوث سيول جارفة وفجائية .

2 ـ التغذية الثلجية :

يظهر اثر التغذية الثلجية بشكل واضح في العروض الوسطى والعليا وفي المناطق الجبلية العالية ، حيث يحدث ذوبان الثلوج في فصل الربيع وأوائل الصيف ، وتكون فترة ذوبان الثلوج بين 30 ـ 90 يوما في العروض الباردة والمتوسطة إلا إنها تغذي الأنهار بمياه تعادل 50 ـ 80 % من مجموع تغذيتها السنوية ، مثل انهار سيبيريا وشمال أمريكا الشمالية .

3 ـ التغذية الجليدية :

تظهر آثار التغذية الجليدية واضحة في فصل الصيف وذلك في الأحواض العالية من الأنهار والتي تبدأ منابعها من الجبال المرتفعة . حيث يأخذ الجليد بالذوبان مما يؤدي إلى زيادة تصريف الأنهار وارتفاع مستواها وحدوث الفيضانات . وتحدث هذه التغذية في الجبال العالية الغنية بالجليد مثل جبال القفقاس والهيمالايا والألب والباميز .

4 ـالتغذية المختلطة :

وهي أكثر أنواع التغذية شيوعا ، 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 .

5 ـ 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 اجل الري او الشرب او الملاحة النهرية وإقامة السدود وتعاد للنهر بشكل مياه راجعة.

6 ـ تغذية الأنهار بواسطة البحيرات والمستنقعات :

تشارك المستنقعات بتغذية الأنهار خاصة تلك التي تتميز بغناها المائي مثل منابع نهر الفولغا . وقد تكون البحيرات مصدرا أساسيا لتغذية الأنهار كما هو الحال في البحيرات الكبرى الإفريقية الاستوائية التي تغذي نهر النيل وبحيرة بايكال التي تغذي نهر انغارا .

7 ـ تغذية الأنهار بواسطة المياه الجوفية :

تعتبر المياه الجوفية مصدرا مهما ودائما 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).

القاع النهري :

تعني كلمة القاع النهري المنطقة السفلي للوادي المغطى بشكل دائم او مؤقت بالماء ، والتي تقع على تركيب جيولوجي صلب . ويتحكم التيار المائي بالقاع النهري ويحدد اتجاه جريان الماء . والتيار المائي هو الذي يشق طريقه بنفسه وهو الذي يطوع المجرى حسب قوانين حركته ، وتحدد العوامل الهيدرو طبوغرافية للقاع النهري من خلال المقطع العرضي و الطولي . ومن ناحية حركة الماء والتيارات المائية فان تعرج جوانب الأنهار والتوائها هي من العناصر الهيدروليكية التي تكمل صفات القاع النهري الطبيعية .

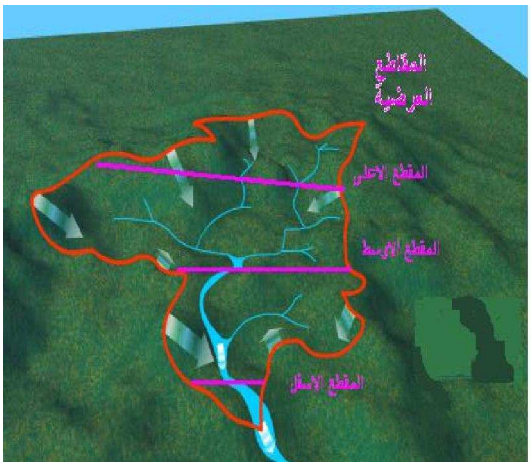
BMH BMH

المقطع العرضي لقاع النهر :

يتغير شكل المقطع العرضي لقاع النهر ، ففي حين يكون شكل المقطع العرضي للقاع النهري مستطيل ، يمكن إن يكون المقطع على شكل معين او يأخذ شكل القطع المكافئ او من اشتراك هذه الأشكال مع بعضها . بشكل عام فان المقطع غالبا ما يكون غير منتظم لأنه يتكون من جهة عميق يسمى بالقاع ومناطق جانبية تغطيها المياه فقط في فترات معينة من السنة . وتسمى المناطق الجانبية الكبيرة الاتساع بجوانب النهر ،وتكون جوانب النهر واسعة بقدر ما يكون التصريف المائي كبير .ويسمى القاع الأوطا للنهر دائم الجريان بالقناة (Channel) التي تغطيها المياه بشكل دائم طوال العام ، أما القاع الأعلى للمجرى النهري فهو القناة التي تغطيها المياه بشكل مؤقت (في أوقات الفيضان) . ويعتمد ذلك على التركيب الجيولوجي . ولذلك فان شكلها يختلف من القائم وحتى المائل بدرجة 1: 5 .

هناك عوامل أخرى تؤثر على قاع النهر الواطئ ، وهي الطمي الذي يؤدي إلى ارتفاع قاع المجرى . والانجراف الذي يؤدي إلى زيادة عمق المجرى النهري ، كما يزداد اتساع قاع النهر بشكل كبير او صغير بسبب كثرة او قلة حدوث الفيضانات (شكل) .

المقطع العرضي لحوض التصريف :



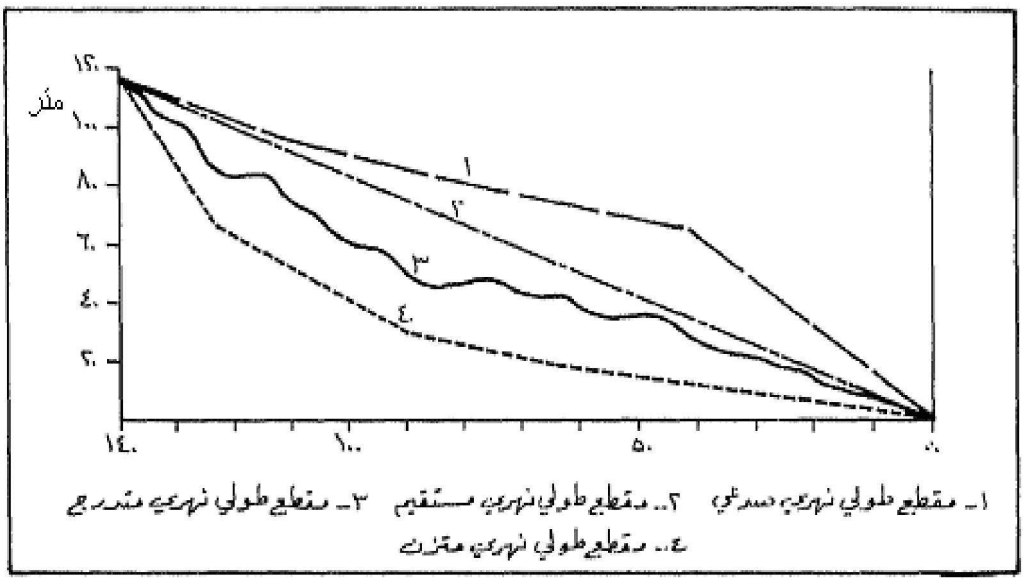
يتكون المقطع العرضي لحوض التصريف من خط يصل بين نقطتين تقعان على طرفي الحوض او على أقصى نقطتين تقعان على خط تقسيم المياه للحوض (شكل) .

ويمكننا رسم ثلاث مقاطع عرضية للحوض : الأول يمثل المقطع العرضي للحوض الأعلى ، والثاني يمثل المقطع العرضي للحوض الأوسط ، والثالث يمثل الحوض الأدنى للحوض النهري .

ويمكننا إن نرسم عدد كبير من المقاطع العرضية لحوض التصريف ، كما يمكن إن نرسم مقاطع عرضية فرعية لروافد الشبكة المائية أما منفصلة وأما ضمن المقطع العرضي الكبير .

المقطع الطولي لحوض النهر :

يعتمد المقطع الطولي لحوض النهر على طبيعة الصخور التي تحفر فيها الأنهار مجراها وانحدار السفح الذي تجري عليه المياه ، كما تلعب غزارة التصريف المائي للنهر دورا هاما في تشكيل المقطع الطولي للنهر . وتعمل مياه الأنهار أثناء جريانها على حت المناطق المرتفعة من الحوض وخاصة عملية ألحت الرأسي وعمليات الترسيب ، ويبدأ النهر في حت المقطع الطولي إبتداءا من المصب وهو مستوى الأساس للنهر ثم يتابع ألحت تراجعه نحو الأعلى بعيدا عن المصب ، وهذا يعني إن عملية ألحت تسير باتجاه معاكس لجريان المياه في النهر (شكل-)



شكل (8) المقاطع الطولية لتطور النهر

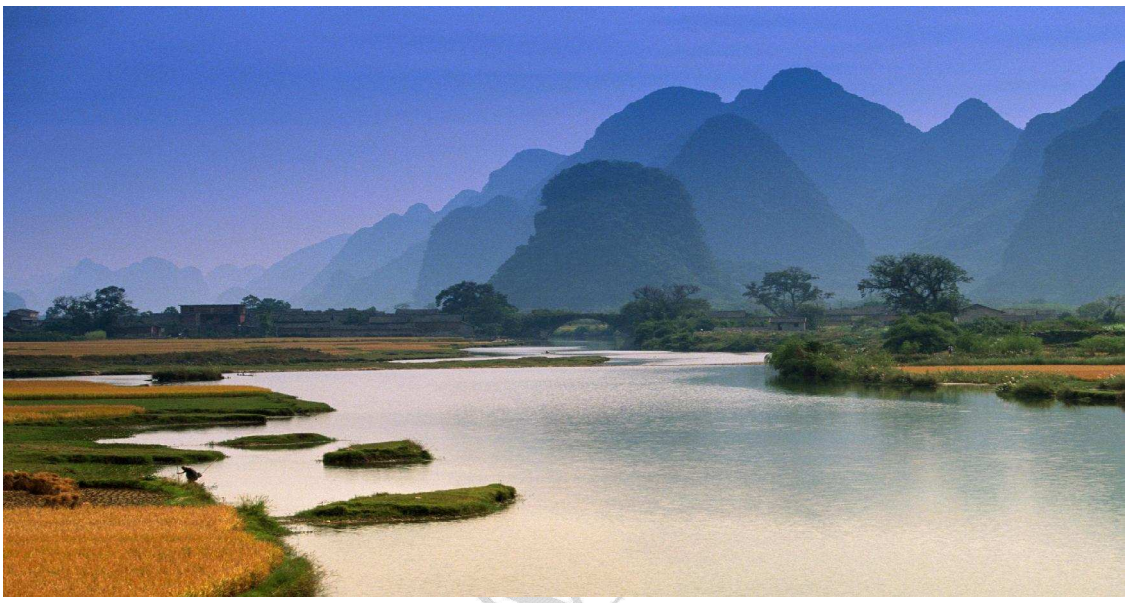
BMH BMH

ويلاحظ من الشكل إن مقطع الاتزان النهري الطولي يبدأ من نقطة عند المصب او مستوى الأساس ، ثم يبدأ في الارتفاع نحو المنابع .
يتناقص انحدار المقطع الطولي كلما تقدمنا نحو المصب وسبب ذلك هو اقتراب المقطع الطولي للنهر من شكل مقطع الاتزان . ويقسم المقطع الطولي للمجرى النهري إلى ثلاثة أقسام هي :

1- المجرى الأعلى وتزداد فيه شدة ألحت .
2 - المجرى الأوسط وتتم فيه عمليات ألحت والترسيب معا .
3- المجرى الأدنى وتسيطر فيه عمليات الإرساب .

نتيجة اختلاف الظروف الطبيعية في مختلف أنحاء العالم فإننا نجد تنوعا في المقاطع الطولية للأنهار على النحو التالي :

1- مقطع الاتزان الطولي : وهو أكثر المقاطع الطولية انتشارا على سطح الارض ويعتبر المقطع المثالي للأنهار لأنه يمثل المقاطع الطويلة للأنهار في مرحلة الشيخوخة (الشكل -8) والصورة أدناه .



2 ـ المقطع الطولي المباشر : وهو نوع نادر من المقاطع الطولية للأنهار ويوجد فقط في المناطق السهلية وتكون عادة انهار صغيرة . (شكل- 8) .

3ـ المقطع الطولي ألصدعي : وهو نوع قليل الانتشار ، يحدث عادة فقط في الأنهار الصغيرة ويكون انحدار المقطع قليلا في المجرى الأعلى وشديدا في المجرى الأسفل من المجرى النهري . (شكل- 8) .

4ـ المقطع المتدرج : يتكون هذا المقطع الطولي بسبب وجود طبقات صخرية متفاوتة الصلابة على طول مجرى النهر ، كما في الشكل- 8 والصورة أدناه . .

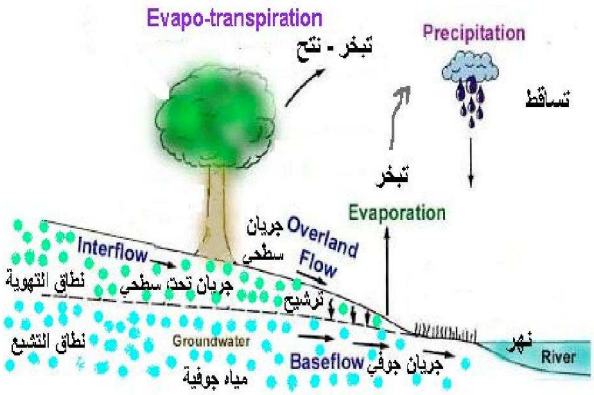
الجريان (Flow and runoff)

يمثل الجريان في منطقة معينة نتيجة متكاملة لكل العوامل الهيدرولوجية والميتورولوجية التي تعمل في حوض تصريف مائي. الجريان متغير كمي من سنة لأخرى بل من فصل لأخر ومن يوم لآخر بل من ساعة لأخرى .انه ليس من الممكن تحديد تاثير مختلف العوامل من ناحية كمية على الجريان ولكن فهم عملية الجريان تسمح بتقييم العلاقات المتبادلة لمختلف العوامل.

يعبر عن الجريان عادة بوحدات قياس متر مكعب في الثانية والجريان من جهة أخرى يستخدم لحساب حجم المياه من اجل تقييم كمية الموارد المائية لأية منطقة. يرتبط الجريان بالتساقط ارتباطا وثيقا وهو على عدة أنواع شكل ( )،

يتوقف مقدار مياه الأمطار التي تتسرب إلى باطن الأرض أو تصبح جزء من الجريان السطحي الذي يصب في الأنهار والبحيرات على عوامل كثيرة مثل :

- المناخ (شدة الأمطار، التبخر، مدة الجفاف).
- تضاريس الأرض (طبوغرافية المنطقة).
- نوع الرسوبيات المكشوفة على السطح و سمكها (نسيج التربة و تركيبها و درجة الرطوبة و النفاذية) .
- كثافة الغطاء النباتي.
- مقدار التحضر(التوزيع العمراني و المنشآت الصناعية و السكانية).



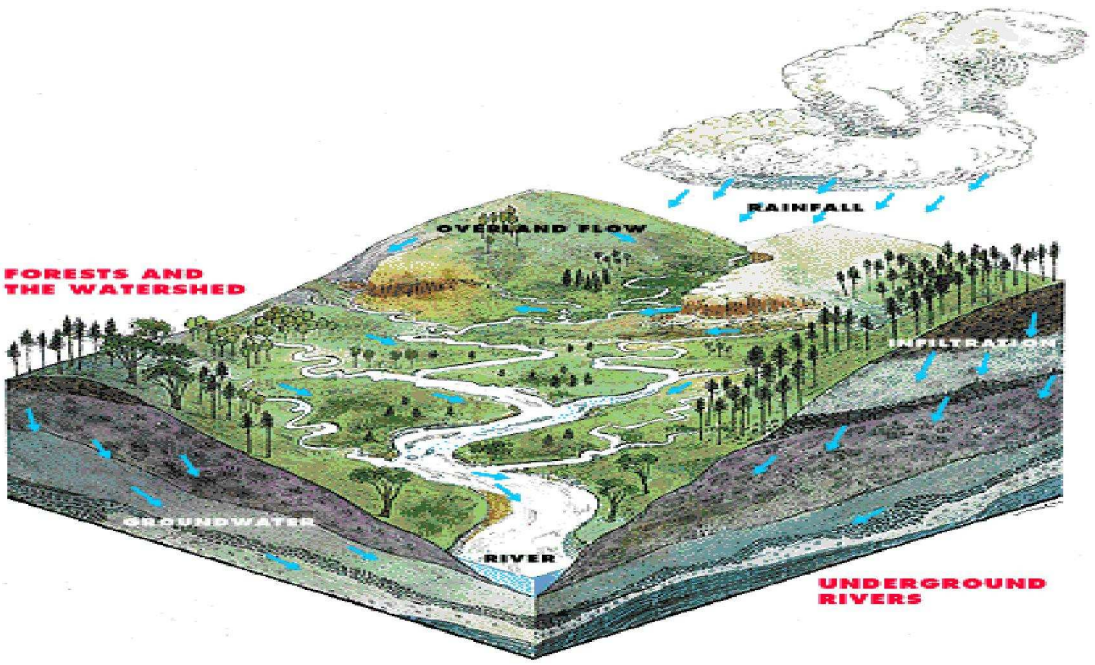
شكل ( ) . انواع الجريان www.co.portage.wi.us.

على سبيل المثال ، قيمة السيول في المناطق الحضرية عالية نسبيا، وذلك ليس بسبب مساحات السطوح و الأرصفة المبلطة والتي لا تسمح بترشح مياه الأمطار الهاطلة، ولكن بسبب قدرة شبكات المجاري على تصريف المزيد من المياه مباشرة إلى الجداول والبحيرات. أما في المناطق الطبيعية فان قيمة السيول الجارية تكون أقل من المناطق الحضرية.

مصادر الجريان:

ينجم الجريان من خلال ثلاث مكونات :-

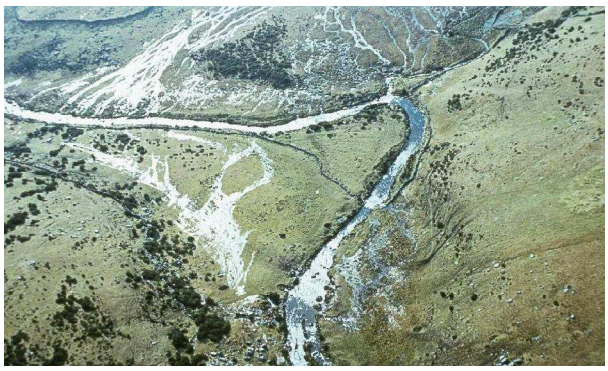
أولها الجريان الناتج عن الأمطار والثاني ناتج عن الثلج المذاب اذ يعتبر المصدر الأهم في المناطق ذات المناخ البارد ويشكل ما نسبته 30-40 % من مجموع مياه الجريان و يستمر تأثيره لعدة أشهر، اما المصدر الثالث فناجم عن المياه الجوفية وتشمل المياه التي تسربت من المصدرين الاول والثاني ويستمر هذا المصدر في تزويد المياه الجارية طيلة أيام السنة .



الجريان وأنواعه :

1- الجريان السطحي Over land flow

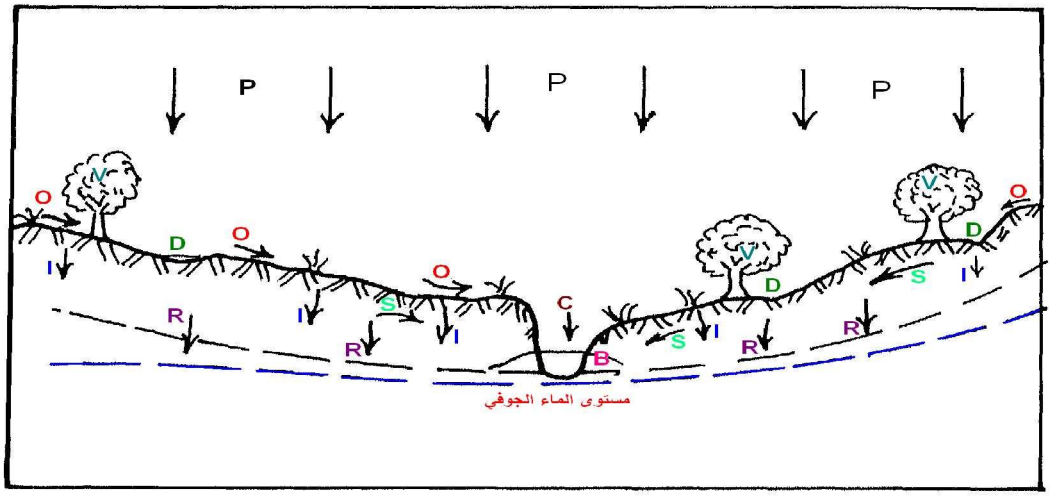
هو جريان المياه على سطح الأرض و يمثل الجزء المتبقي من المياه الهاطلة بعد عملية الترشيح و الذي يلعب دورا رئيسيا في تكوين الفيضانات، شكل ( ). في المتوسط نحو 70 في المائة من عائدات الهطول السنوي يعود إلى الغلاف الجوي عن طريق التبخر النتح من سطح الأرض و النباتات. والنسبة المتبقية وهي 30 في المائة تصل إلى الجداول، البحيرات و المحيطات بواسطة السيول السطحية خلال و بعد هطول الأمطار و جزئيا إلى الخزانات الجوفية. الكثير من المطر الذي يدخل إلى الخزانات الجوفية قد يصل إلى البحيرات والجداول والأنهار من خلال اعتراضها للطبقات المياه الجوفية. ويعرف الجريان السطحي أيضا بأنه كمية الأمطار التي تزيد عن قدرة امتصاص التربة نتيجة استمرار وزيادة كمية الأمطار عن معدلات التسرب والتبخر أي بعد وصول التربة إلى مرحلة ما بعد الإشباع حيث يبدأ الماء بالجريان على سطح الارض تبعا لدرجة انحدار السطح إلى ان تصل المياه إلى احد المجاري المائية فيصبح جزا منه.



الحجز السطحي : Surface Retention

وتمثل الكميات المفقودة من عملية الجريان وذلك كنتيجة للاعتراض وانخفاض المحزونات المائية، إن اثر الاعتراض يكون واضحا بسبب وجود الأشجار والطبقة العضوية الناتجة عنها خلال العواصف المطرية. اذ تعترض الأشجار والطبقة العضوية معظم المياه الساقطة من العاصفة المطرية، بينما يتم تبخر الجزء المتبقي منها. وفي بعض الحالات فان الأمطار الخفيفة الهاطلة على نفس المنطقة ربما لايصل أي جزء منها إلى الماء الجوفي بسبب الاعتراض، وطالما استمر سقوط الأمطار فان قدرة النبات على الاعتراض تصبح اقل وتصل نسبة مياه أعلى إلى المياه الجوفية او تتحول لتصبح على شكل جريان سطحي .

إن الفقدان بسبب الاعتراض متأثر بعوامل جوية كثيرة خاصة الرياح القوية خلال العاصفة المطرية والتي تعمل على تقليل كمية الاعتراض وبما إن التبخر أثناء العاصفة المطرية يقل فان استمرار العاصفة المطرية يقلل من قدرة الاعتراض للماء. إن قياس عملية الاعتراض يتم بواسطة حساب مساحة المنطقة المظللة من الشجرة او الغطاء النباتي ومقارنة كمية الاعتراض فيها مع منطقة أخرى خالية من الغطاء النباتي .



P	=	أمطار	S	=	الماء تحت السطحي
V	=	اعتراض	I	=	تسرب
D	=	تخزين منخفضات	R	=	تعويض الماء الجوفي
O	=	جريان سطحي	B	=	تخزين الضفاف
C	=	قنوات أمطار			

إن قياس الاعتراض لماء المطر في غابة يؤكد اعتراض 20-40% من كمية الأمطار الساقطة في العاصفة المطرية الواحدة، ويعتمد ذلك أيضا على نوع الأشجار، ففي استراليا مثلا يعترض شجر اليوكاليبتوس 2-3% فقط من كمية الأمطار أما أشجار الغابة في النرويج فتعترض حوالي 25% من كمية الأمطار، وبعض الأشجار في كالفورنيا تعترض حوالي 40 %.

وقد حدد هورتون عملية الاعتراض من خلال عاصفة مطرية واحدة على الشكل التالي .

$$I = a + bP^n$$

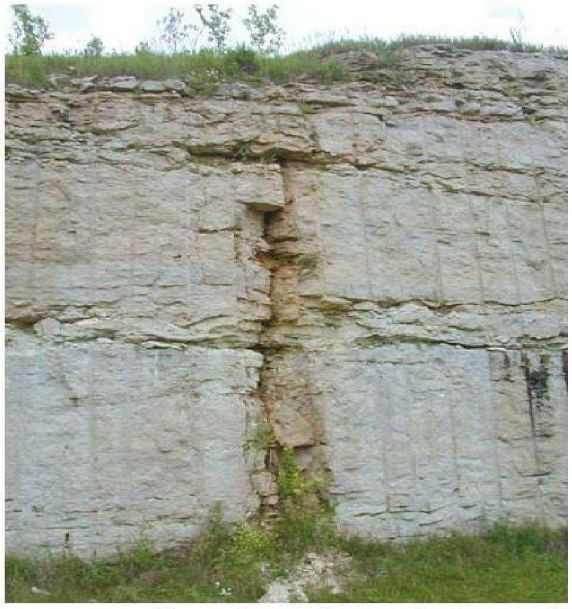
حيث إن I هي الاعتراض و P هي الأمطار بينما a, b هي ثوابت لأنواع الأشجار وهي على الشكل التالي :

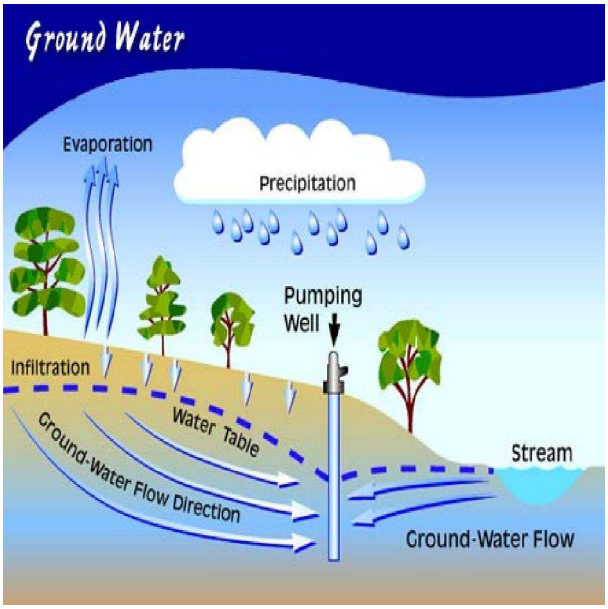
	Vegetation		a	b	n	P(mm)	$I=a+b(P)^n$
3	Orchards	البساتين	0.04	0.18	1.00	100	18.04
2	Oak Woods	البلوط	0.05	0.18	1.00	100	18.05
3	Maple Woods	القبقب	0.04	0.18	1.00	100	18.04
1	Willow Shrubs	الصفصاف	0.02	0.40	1.00	100	40.02
6	Hemlock and pine wood	الصنوبر	0.05	0.20	0.50	100	2.05
4	Clover and Meado wgrass	المروج	0.005	0.08	1.00	100	8.005
5	grains , rye, wheat , barley	الحبوب	0.05	0.05	1.00	100	5.05

وكذلك وجد بان أشجار الصنوبر تعترض ما نسبته 25 %من مجموع التساقط الثلجي في السنة أما الأمطار الساقطة على الارض وبعد أن يتم ترطيب التربة فان المياه تبدأ في الجريان على سطح الارض على شكل مسيلات مائية صغيرة لاتلبث إن تتحد في قنوات اكبر وهكذا حتى تصل إلى المجاري المائية الكبيرة فتكون ما يعرف بالجريان المائي .

الترشيح :Infiltration

تمثل عملية الترشيح حركة و مرور الماء من سطح التربة رأسيا إلى الأسفل من خلال مسامات التربة وكسور او فواصل الصخور و يعبر عن معدل الترشيح بوحدات عمق مكافئ من المياه المترشحة في وحدة زمن (م/ساعة) .

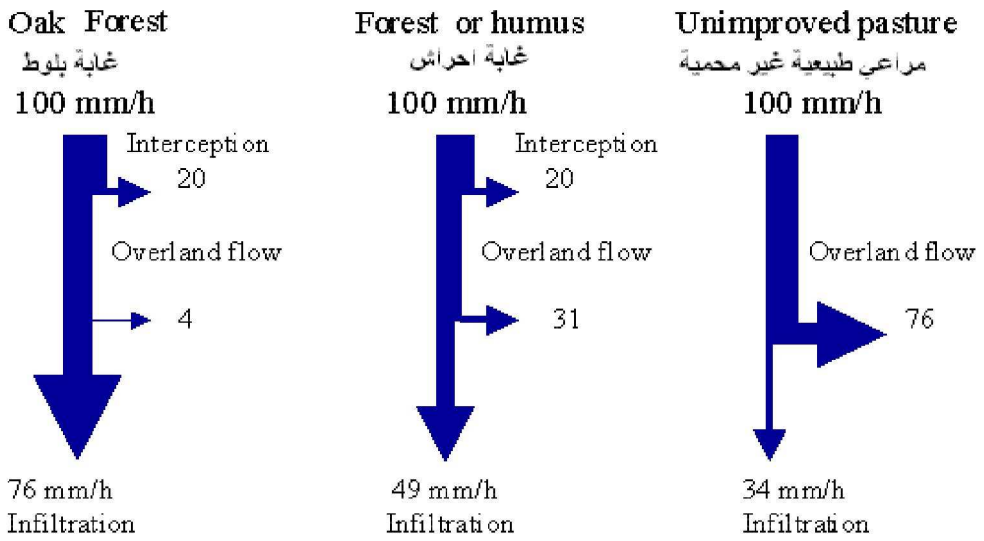




إما سعة الترشيح فإنها تمثل أقصى معدل للترشيح يمكن أن تستوعبه تربة محددة في ظروف معينة و لها نفس وحدات معدل الترشيح و الشكل ( ) يوضح طريقة القياس .

شكل( ). طريقة قياس معدل الترشيح.
..www.bc.cas.cz-en - institute_of_soil_biology_si

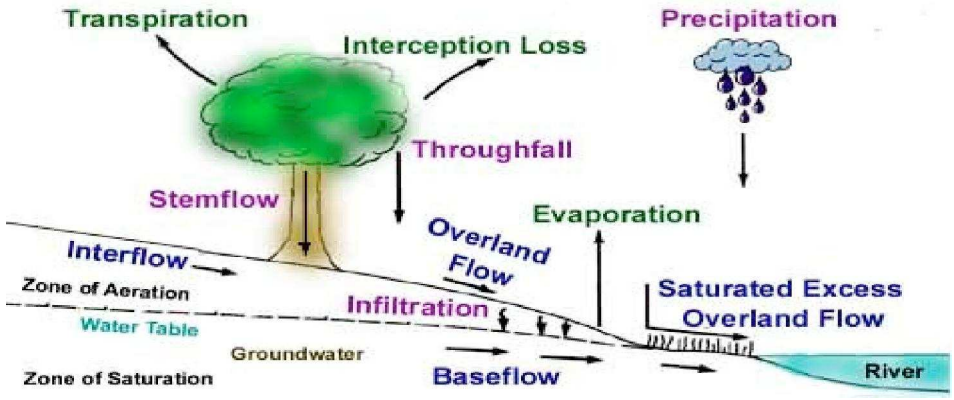
ويظهر في الشكل أدناه تاثير النبات الطبيعي و الغابات على قيم سعة الترشيح والسيول إذ يزداد الاحتجاز والترشيح في الغابات وتزداد السيول في مناطق الرعي .



The effect of vegetation on infiltration capacity and runoff. After Jones, 1997.

2- الجريان تحت السطحي : Inter Flow

هو جريان المياه في النطاق غير المشبع بعد نفاذه عبر التربة، اذ تشغل المياه حيز الفراغات و الشقوق بالاشتراك مع الهواء متحركا جانبيا باتجاه الأجسام المائية السطحية و يدعى جريان التغذية (recharge) عندما تتحرك المياه شاقوليا نحو الأسفل باتجاه نطاق التشبع و عليه فالجريان تحت السطحي يساوي الترشيح الكلي مطروحا منه رطوبة التربة و الرشح العميق(percolation) .



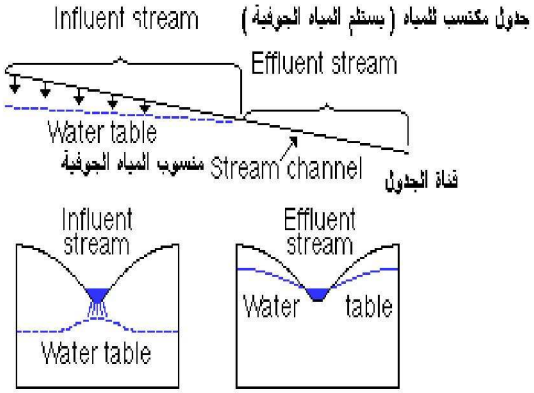
3- الجريان الجوفي : Base Flow

هو جريان المياه في النطاق المشبع للخزانات الجوفية باتجاه انطقة التصريف بعد نفاذه من النطاق غير المشبع و من خلال عملية التغذية، كما يعرف الجريان الجوفي بأنه كمية من مياه الأمطار التي تسربت إلى الطبقات الحاملة للمياه و التي تخرج على شكل ينابيع بعد إن تتقاطع الطبقة الحاملة للمياه مع سطح الماء في المجرى المائي ويطلق عليه وبخاصة في فصل الصيف جريان الأساس (flow base) .

وعليه فان:

- الجداول التي تغذيها المياه الجوفية تعرف بالجداول المكتسبة للمياه (Effluent stream).
- الجداول التي تفقد مياهها الى المياه الجوفية تعرف بالجداول الفاقدة للمياه(Influent stream).

جدول فاقد المياه (يغذي المياه الجوفية)



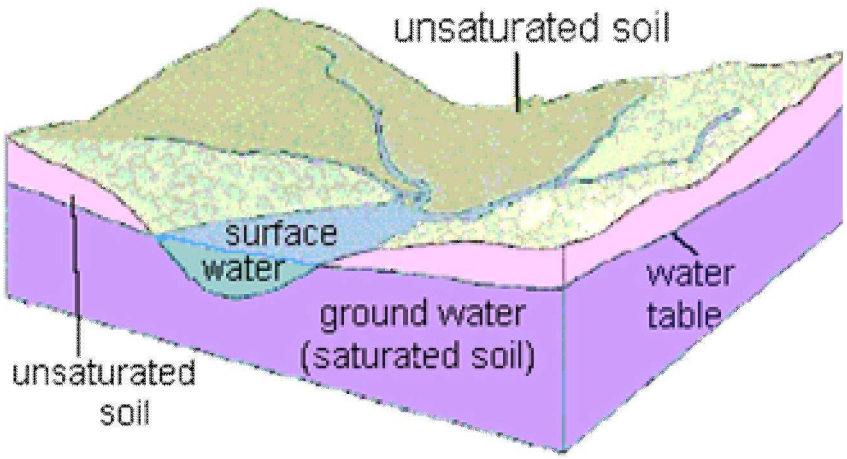
شكل ( ) . العلاقة بين المياه السطحية والجوفية.

الجريان السطحي للثلج الذائب: Snowmelt Runoff

يعتبر جريان المياه الناتج من ذوبان الثلوج عنصرا مهما من عناصر حركة المياه. أهمية ذوبان الثلوج تختلف اختلافا كبيرا من الناحية الجغرافية، ففي المناخ الدافئ لا تلعب دورا مباشرا في وفرة المياه .بينما تعزى تدفقات المجاري المائية في الأنهار إلى ذوبان الثلوج والجليد في فصل الربيع.
حقول الثلج الجبلية تعمل كخزان طبيعي للعديد من نظم إمدادات المياه إذ تقوم بتخزين التساقط في المواسم الباردة ، لتذوب ثانية في موسم الربيع وتشكل معظم أو جميع المياه في الأنهار. وخلال أوقات معينة من السنة تكون مياه الثلوج الذائبة مسؤولة عن جميع تدفقات المجاري المائية في النهر.

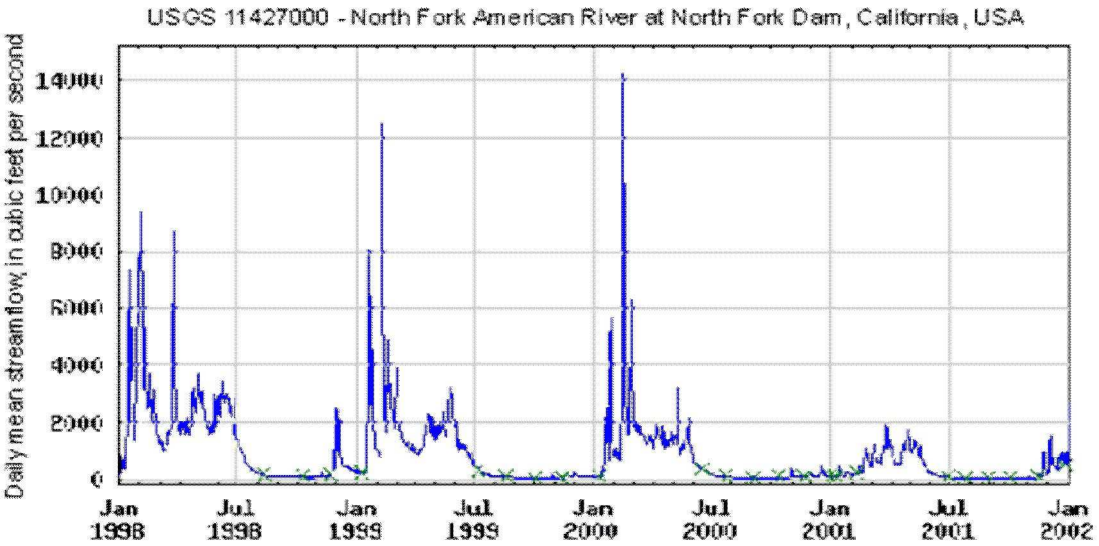
Hetch-Hetchy basin near Yosemite, California. Photo by David Gay

فقد تتوقف بعض إمدادات المياه الآتية من ذوبان الثلوج في أواخر الربيع لبعض الأنهار، وتبدأ إمدادات المياه تأتي من تسرب مياه الري من الخنادق والحقول ومن الطبقات الحاملة للمياه من الرمل والحصى الموجودة بجانب النهر خلال فصلي الربيع والصيف ، لتستنزف المياه الجوفية ببطء الشكل ( ) .

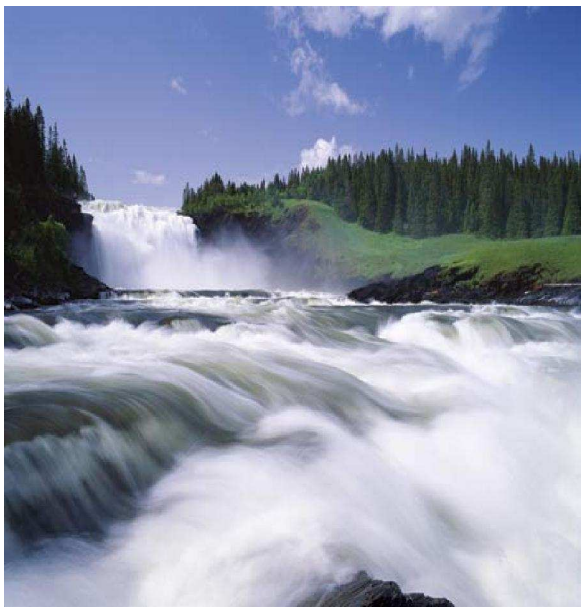


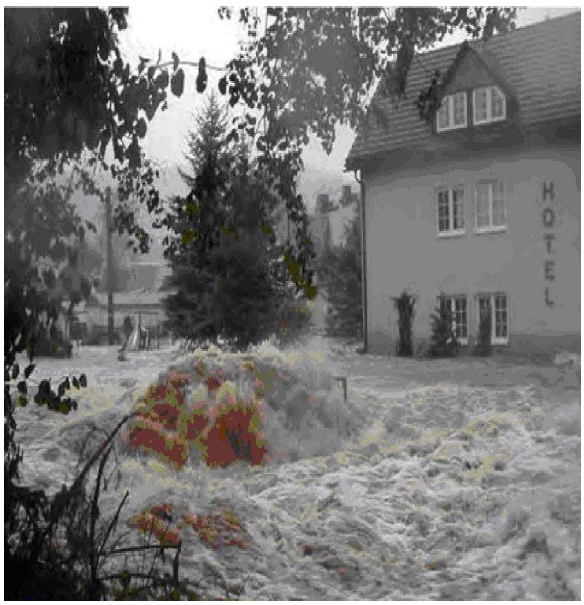
ذوبان الثلوج و تدفق المجاري المائية :

يمكن توضيح مدى العلاقة بين ذوبان الثلوج و تدفق المجاري المائية في الأنهار من الشكل ( ) في أدناه ، والتي تظهر متوسط تدفق المجاري المائية في اليوم لأحد الأنهار ولمدة أربع سنوات. نجد في المخطط قمم عالية تمثل تصريف عالي ناتج عن ذوبان الثلوج ، بينما تمثل القمم الواطئة بقية الإمدادات المائية خلال فترة الصيف والخريف . كما يمكن ملاحظة اختلاف في شكل وقيم الموجات المائية بين سنة و أخرى .



أثر ذوبان الثلوج على الفيضانات المحتملة ولا سيما خلال فصل الربيع ، أمر مثير للقلق ولكثير من الناس في مختلف أنحاء العالم . فقد يؤدي ذوبان الجليد السريع إلى الانهيارات الأرضية وتدفق الحطام مسببة أضرار مادية في المباني والجسور والسدود وكوارث بيئية وخسائر في الأرواح ، خصوصا إذا اقترنت مع ظروف مناخية معينة وهطول أمطار غزيرة مصاحبة لذوبان الثلوج ، على سبيل المثال ما يحصل من فيضانات في سويسرا .





استخدام معلومات محطات التصريف في الأنهار:

عبارة "نهر الحياة" ليست مجرد كلمات . فالأنهار لم تكن ضرورية لبني البشر فقط ولكن لجميع أشكال الحياة على الأرض، بدأت الحياة تنمو حول الأنهار لأن المياه هي في غاية الأهمية لجميع أشكال الحياة. قد يبدو أن الأنهار تشق مجراها في العديد من المدن في العالم، ولكن الحقيقة أن المدن بنيت ونمت وتطورت حول الأنهار ثم بعد ذلك بدا الإنسان ببناء منشاته للسيطرة على الفيضانات، والري وتوليد الطاقة والاستخدامات البلدية، وحتى التخلص من النفايات، وفي أدناه العوامل المؤثرة في مياه الأنهار .

1- العوامل الطبيعية :

- الجريان السطحي من مياه الأمطار وذوبان الثلوج .
- التبخر من التربة و المسطحات المائية .
- النتح من النباتات .
- تصريف المياه من الخزانات الجوفية.
- تغذية المياه الجوفية من المسطحات المائية .
- الترسيب في البحيرات والأراضي الرطبة.
- تكوين أو تبدد الأنهار والحقول الجليدية .

2- فعاليات الإنسان :

- استهلاك وسحب المياه السطحية .
- تنظيم التدفق النهري لتوليد الطاقة الكهرومائية والملاحة .
- بناء وإزالة خزانات السدود .
- بناء منشات تحسين الضفاف .
- منشات البزل والصرف .
- التغيرات في استخدام الأراضي مثل التحضر الذي يغير معدلات التعرية والترشيح ، والجريان السطحي.
- مصبات مياه الصرف الصحي
- إعادة تدفق مياه الصرف الصحي للري

تستخدم معلومات التدفق المائية في العديد من الأغراض :

1- تقييم الموارد المائية (كمية المياه المتاحة) .
2- خطط إمدادات المياه . معلومات تصريف الجداول المائية مطلوبة لتحديد كمية المياه المتوفرة في مواقع مختلفة بحيث يمكن للمواطنين اتخاذ قرارات بشأن مشاريع التنمية وللمساعدة على ضمان وجود إمدادات كافية من المياه حتى في فترات الجفاف.
3- التصميم الهندسي للخزانات والجسور والطرق والمجاري ومحطات المعالجة وتصاميم البنى التحتية .
4- إنتاج الطاقة الكهربائية .
5- الملاحة .
6- تحديد التباين في تصريف الجداول والأنهار المائية نتيجة للتغيرات في: استخدام الأراضي، استخدام المياه، المناخ . التغييرات الرئيسية في استخدام الأراضي يمكن أن تكون لها آثار كبيرة على تدفق المياه، إضافة إلى التغيرات في استخدام المياه وفي المستقبل القريب سيكون لآثار تغير المناخ دور مهم في تحديد حجم وتوقيت التدفقات المائية.
7- التخطيط والتحذير من الفيضانات من خلال دراسة توقعات الفيضانات .
8- رسم خرائط السهول الفيضية . إدارة الطوارئ تستخدم معلومات التدفق في تحديد المناطق المعرضة للفيضان لمساعدة وحماية المواطنين من خطر الفيضان .
9- التصريف والتنبؤ. للمساعدة في إدارة المياه يتم الاعتماد على نماذج حاسوبية للتنبؤ في كمية المياه المتاحة و لفترات زمنية مختلفة (الأسبوع ، الأشهر ، فصول) .
10- انتقال الملوثات . معلومات التصريف مطلوبة لتحديد كمية الحمولة من الملوثات التي تتحرك من نقطة معينة .

أجهزة مراقبة المياه :

هناك العديد من المعدات سواء الميكانيكية والالكترونية، التي يتم تركيبها لرصد وقياس وتسجيل ونقل كل المعلومات عن نوعية وكمية المياه مع الوقت. رصد الموارد المائية على المدى الطويل يتطلب المعرفة والمهارات من قبل الهيدرولوجيين ويجب وضع خطة و إجراءات علمية دقيقة لضمان متابعة جودة القياسات المائية على نحو سليم وتفسير بيانات المياه إذ أن إدارة الموارد المائية الجيدة تعتمد على بيانات عالية الجودة.

- أجهزة رصد منسوب المياه:

الشكل يوضح جهاز مربع مركب على رأس أنبوب يحتوي على أداة قياس (مسجل بيانات) و بكرة مع شريط معدني يحمل طوافة في نهايته. فعندما ترتفع وتنخفض مستويات المياه في المجرى ، تتحرك الطوافة صعودا ونزولا مع مستوى المياه. يتبعها تحرك لأسلاك البكرة الذي يتحول إلى قراءات مناسيب يتم تسجيلها بواسطة مسجل البيانات.

أجهزة رصد نوعية المياه

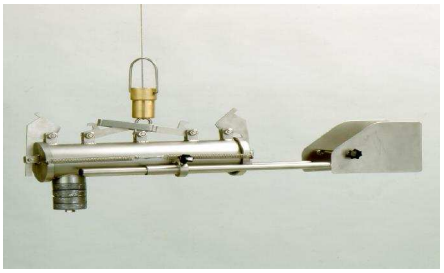
تتأثر جداول المياه بضغط التنمية الحضرية ، والتي تشمل المصادر المحتملة التالية :

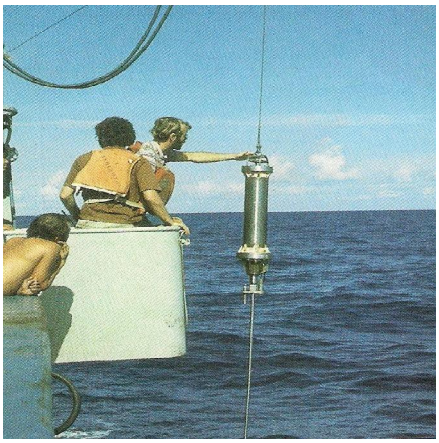
- رواسب السيول من مواقع البناء.
- التلوث المحتمل من سيول الطرق ومواقف السيارات .
- تدفق المياه الدافئة الحاملة للمواد الهيدروكاربونية من سطوح الطرق ومواقف السيارات.
- الأسمدة (النيتروجين والفسفور) سيول الساحات والحدائق .
- البكتيريا والجراثيم من النفايات الحيوانية .
- جريان المياه التي تحتوي على بقايا المبيدات الحشرية والأدوية والنفايات الصناعية والقمامة .

مراقبة نوعية المياه ليس لوضع خلفية من المعلومات للمعدل العام لنوعية المياه ، ولكن أيضا تسمح للإبلاغ عن التغيرات في نوعية المياه في الوقت المناسب. في الصورة ، ألأنبوب ألأبيض يتضمن مجسات مغمورة في الجدول لقياس درجة الحرارة، التوصيلية الكهربائية ،الأوكسجين المذاب ودرجة الحموضة وباستمرار. كما أنه يحتوي على أنابيب لجمع عينات من المياه خلال العواصف والسيول وتخزين العينات في هيكل المحطة المبردة. والهيكل هو محطة تسجيل البيانات الآلية و تخزين معدات أخذ العينات .

أخذ عينات المياه من الأنهار :

المعدات المستخدمة في قياسات سرعة المياه و اخذ عينات المياه من الأنهار الكبيرة، هي إلى حد كبير نفس المعدات المستخدمة للقياسات في الجداول، إلا أن هناك جهاز يشبه السمكة في نهاية القابلو في داخله قنينة لجمع المياه. كما إن سرعة المياه في النهر تتفاوت مع عرض النهر، والعوامل التي تؤثر على نوعية المياه تختلف فعلى سبيل المثال، وجود مصنع على الضفة اليسرى للنهر يقوم بتصريف فضلاته في النهر، لذا فان المياه المتدفقة على طول الساحل الأيسر للنهر تختلف نوعيتها عن المياه التي تتدفق على طول الجانب الأيمن من النهر، وهذا هو السبب الذي يجعل من ضرورة اخذ عينات في مناطق مختلفة عبر مقطع النهر. يمكن للمشغل أخذ عينات بسهولة في نقاط مختلفة على طول الجسر وجمع نماذج المياه بمعدل ثابت على طول العمود الرأسي (من السطح إلى قاع النهر).

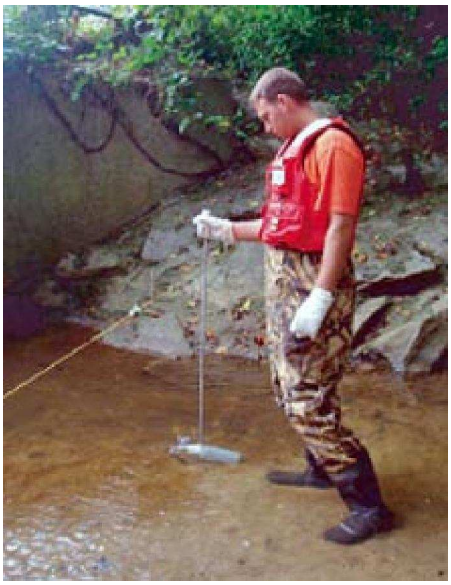


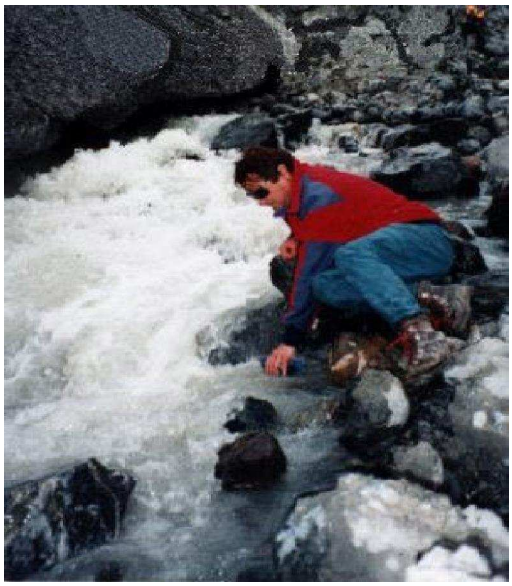


نمذجة مياه الجداول :

فحص نوعية المياه في الجداول ، والأنهار ، والبحيرات هي واحدة من المسؤوليات الرئيسية للدوائر ذات العلاقة بالمياه والبيئة . بعض القياسات مثل درجة حرارة الماء ودرجة الحموضة والتوصيلية الكهربائية و الأوكسجين الذائب و العكورة تؤخذ في الميدان، لكن التحاليل الكيميائية للمياه يجب أن تتم في المختبر.

الهيدرولوجي في الشكل يأخذ عينة مياه من مجرى مائي صغير. هناك زجاجة داخل الحاوية بيضاء في نهاية القطب. "لماذا لا يتم نمذجة الماء بتغطيس القنينة فقط ؟" هذا لن يجدي نفعا لأن نوعية المياه قد تكون مختلفة في سطح الجدول عما هو عليه بالقرب من قاع الجدول، حيث تتحرك الجزيئات الترابية الأثقل على سطح القاع . سرعة المياه تختلف عموديا (وكذلك أفقيا) في المجرى المائي، لذا يختلف تركيز وتوزيع المكونات الكيميائية والفيزيائية التي تحدد نوعية المياه. يمكن الحصول على عينة مناسبة ممثلة لعمود الماء من السطح إلى قاع النهر، إذ يتم تحريك جهاز اخذ النماذج صعودا وهبوطا وبمعدل ثابت حتى تمتلئ الزجاجة .





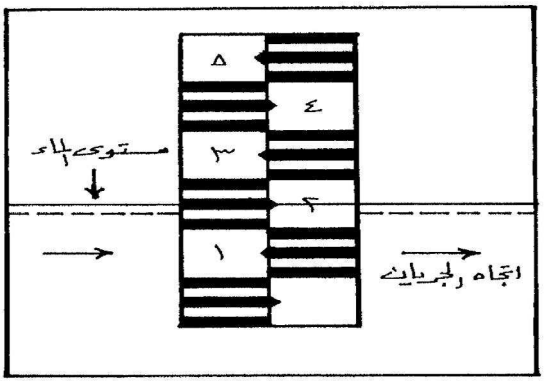
قياس مستوى التيارات المائية السطحية :

تعني كلمة مستوى الماء ،منسوب أي نقطة على سطح الماء الجاري في وقت معين بالنسبة لسطح البحر ، ويقاس مستوى الماء في المحطة المائية من خلال مسطرة مدرجة مثبتة عند محطة القياس (الشكل 12) .

حيث إن خط الماء الحر في المقطع يجب إن يكون أفقيا مع انه لا يكون كذلك دائما ومصطلح مستوى (stage) ومصطلح عمق (depth) هما مصطلحان مختلفان لان العمق له علاقة مع شكل القاع بينما يمكننا إن نحصل على قيم متعددة للعمق في مقطع عرضي واحد للماء او لمستوى واحد للتيار المائي .

المسطرة المائية :

وهي تشبه إلى حد كبير المسطرة الطبوغرافية . والمسطرة المائية البسيطة مكونة من صفائح من المعدن مقسم من 2 - 3 سم وأكثر من مؤشر للأسهم ، وتثبت الشاخصة المائية في وسط تيار الماء العادي بحيث لا تؤدي إلى تغيير في مجرى التيار المائي او إلى حدوث دوامات مائية تؤدي إلى تغيير في اتجاه الماء ويجب أن يكون وضعها ثابت لايتغير خلال الفترة التي تبقى فيها الشاخصة في المجرى المائي .



شكل (22) الشاخصة البسيطة لقياس مستوى الماء الجاري

التصريف في الأنهار والجداول :

محطات قياس التصريف المائي :

إن البيانات المائية مهمة لكافة النشاطات البشرية لذا لابد من اقامة محطات رصد مائية على الأنهار لقياس منسوب الماء وتذبذبه وكمياته من فصل لأخر ومن سنة لأخرى وذلك من اجل حساب الفائض او العجز المائي في أراضي ذلك الحوض المائي وبالتالي في دولة معينة. وتتكون المحطة عادة من مبنى خاص بالمحطة وأجهزتها حيث تحتوي المحطة على الأجهزة الخاصة والمعدات اللازمة للقياس بالإضافة إلى ضرورة وجود فني مختص بإجراء القياسات الضرورية وتقام المحطات المائية عادة على الأنهار دائمة الجريان لان اقامة محطات رصد مائية على أودية مؤقتة الجريان هي في النهاية عملية غير مجدية من الناحية الاقتصادية .

تسمى هذه المحطات بمحطات الهيدرولوجيا وتسجل باستمرار التغير والتذبذب في المستوى والتصريف المائي والعمق والعرض والفيضان في مقطع عرضي وعلى طول مجرى النهر والمحطة المائية المناسبة للدراسة والتحليل هي تلك المحطة التي توفر البيانات لمدة تزيد عن العشرين عاما. وكل محطة تتأثر وتواجه مجموعة صعوبات منها :

- التقارب الكبير للمشاريع المائية مثل بحيرات السدود والجسور الضيقة وغيرها .
- عدم ثبات قاع النهر أفقيا وعموديا .
- صعوبة الوصول إلى اقرب طريق للمواصلات .

وعند القيام بتوزيع محطات رصد التصريف المائي على روافد الشبكة المائية يجب إن يراعى ما يلي :

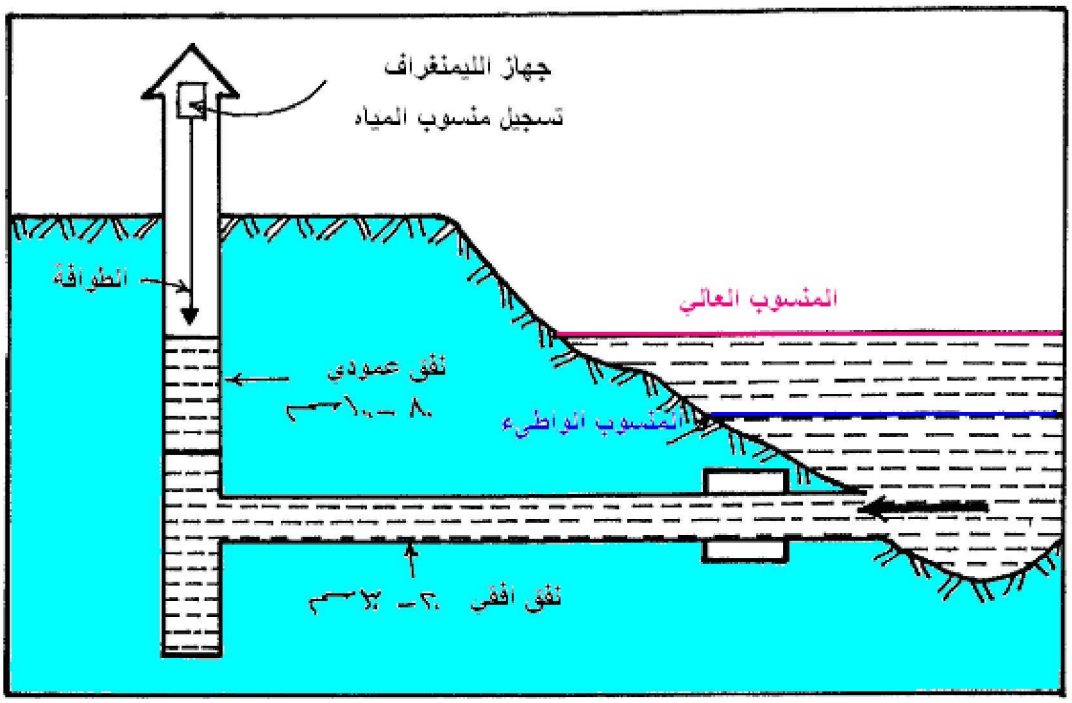
- في المقاطع الطويلة التي لا يمر فيها احد الروافد المهمة يجب إن يكون الفرق بين محطتين متتاليتين في القراءة لمتوسط التصريف المائي متغيرة بحوالي 20 %.
- عند التقاء الروافد الرئيسية يجب إن يكون على الرافد الرئيسي نقطة قياس او محطة مائية في الحوض الأعلى وأخرى قريبة من مصبه ويجب إن يكون الفرق أيضا في قراءة التصريف بين المحطتين على الأقل 20 % .
- من اجل تحديد موقع المحطة المائية تعطى اسما وغالبا ما يكون هذا الاسم هو اسم النهر نفسه او اسم يتناسب مع الاسم الجغرافي للمنطقة .
- بالإضافة لما ذكر يجب إن تكون مساحة حوض تصريف كل محطة مائية معروفا.
- تضاف المساحة الموجودة بين كل محطة مائية وأخرى لمعرفة مجموعة مساحة الحوض .
- تحسب كثافة المحطات في الدولة بقسمة عدد المحطات على مساحة الدولة .

ففي بلد مثل رومانيا والتي تبلغ مساحتها 237.5 آلف كم ^{2} توجد 765 محطة مائية لنهر الدانوب وروافده فتكون كثافة المحطات في هذا الدولة كالتالي :

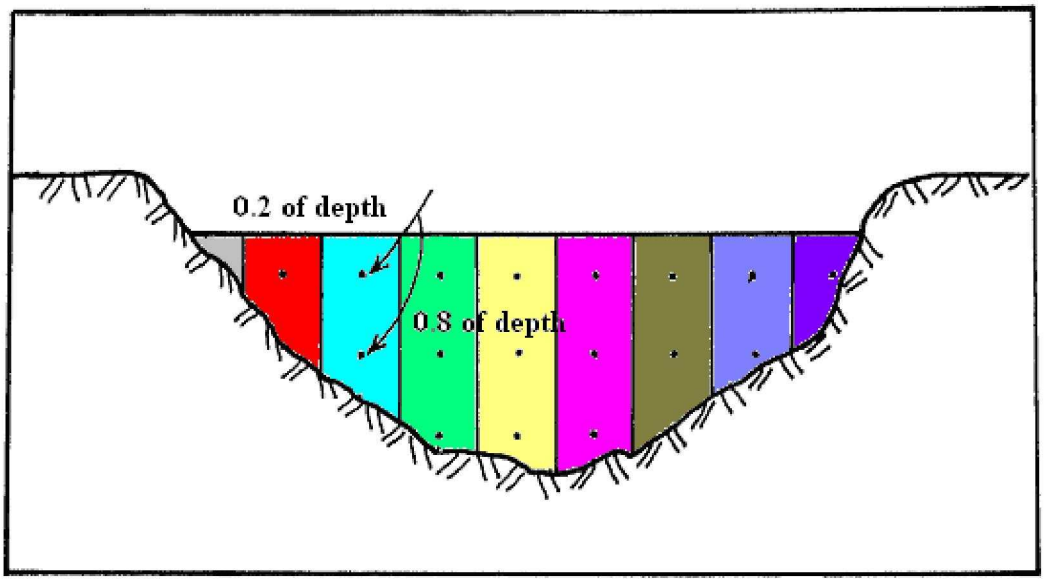
$$\text{ك} = \frac{7665}{237500} = \frac{1}{322}$$ أي إن هناك محطة مائية لكل 322كم ^{2} في هذه الدولة

جهاز تسجيل منسوب سطح الماء في المجرى :

يستعمل جهاز تسجيل منسوب سطح الماء (الليمنجراف) لمعرفة تغير مستوى سطح الماء في مجرى النهر ، يوضع جهاز الليمنجراف في غرفة (كابينة) صغيرة خاصة وذلك لحمايته من العوامل الجوية والعبث من قبل الاخرين ويتم حفر نفقين الأول عمودي بقطر 80 سم - 100 سم بحيث يوضع جهاز الليمنجراف فوقه تماما ، ويتصل هذا النفق العمودي بنفق أفقي يتصل بمجرى النهر وبقطر 20 - 30 سم ويكون هناك خزان مائي عند طرف المجرى. يتم تنظيف النفق من الرواسب التي تدخل النفق و التي تعيق دخول الماء وبذلك يبقى ماء النهر متصل بالنفق العمودي عن طريف النفق الأفقي وحسب قانون الأواني المستطرقة فان مستوى الماء في النفق العمودي سيكون على نفس مستوى الماء في مجارى النهر. ينزل من جهاز الليمنجراف عوامة (float) حساسة لتغير مستوى الماء فترتفع مع ارتفاع مستوى الماء وتنخفض مع انخفاضه وهذه العوامة مرتبطة بخيط الى ثقل يدور على بكرة مرتبطة بمؤشر يحبر باستمرار على ورقة بيانية. ونتيجة لدوران البكرة يتم رسم الخط البياني كل 24 ساعة ويمثل تغير منسوب سطح الماء خلال اليوم وفي اليوم التالي يتم تبديل الورقة وتضليل الخط البياني وتسجيله كبيانات رقمية. وقد تم استبدال هذا الجهاز مؤخرا بجهاز الكتروني لتسجيل البيانات.



شكل-23 جهاز تسجيل منسوب المياه



شكل (24) مواقع قياس سرعة الماء في المجرى

قياس سرعة الجريان المائي :

يتم تقسيم المجرى المائي إلى مقاطع عرضية متساوية ويتم إنزال جهاز قياس سرعة التيار المائي في أماكن القياس وهي على عمق 0.2 و 0.8 من العمق الكلي في كل مقطع عرضي ويحسب متوسط سرعة جريان الماء في كل مقطع عرضي على أساس معدل سرعة التيار على العمق الأول والثاني (شكل 24) . وتقاس سرعة الماء بواسطة جهاز أل (current meter)

قياس التصريف المائي :

يتكون النظام النهري من مجموعة من العناصر هي التصريف (discharge) المنسوب (level) والانحدار (slope) وسرعة الماء (velocity).

والتصريف المائي هو كمية الماء المارة من مقطع عرضي معين في مجرى النهر خلال زمن مقداره ثانية واحدة ومقدرا بالمتر المكعب او القدم المكعب . أما المنسوب فهو ارتفاع الماء في النهر ويقدر بالمتر . وتقدر سرعة الماء بالمتر / ثا . وانحدار النهري هو الفرق بين مستوى نقطتين على سطح الماء في مجرى النهر .

شكل (25) جهاز قياس سرعة الماء

ويقاس التصريف النهري عادة كما في المعادلة التالية : $Q = V A$

حيث إن :

Q = التصريف م ^{3} / ث

V =سرعة الماء

A = مساحة المقطع العرضي للمجرى النهري .

خطوات قياس التصريف المائي :

يتكون جدول التصريف المائي من العناصر التالية .

1- البعد عن نقطة البداية عند ضفة النهر(م) .

2- العرض(م) ، حيث يتم تقسيم المقطع العرضي للنهر إلى مقاطع عرضية متساوية (Width)

3- العمق(م) ، يتم قياس العمق لكل نقطة عرض تم تحديدها (Depth).

4 - يتم استخراج عدد الدورات وزمنها بالثواني لاستخراج السرعة المعدلة وذلك من جهاز قياس السرعة .

5- يتم استخراج السرعة م/ث . من جدول خاص يسمى بجدول (ON ROD).

6 - يتم حساب مساحة كل مقطع عرضي من خلال ضرب العرض في العمق .

7 - يتم استخراج التصريف المائي لكل مقطع عرضي جزئي وذلك بضرب السرعة المعدلة في المساحة .

8 - يتم جمع مساحة المقاطع العرضية الجزئية لاستخراج مساحة المقطع العرضي الكلي للنهر .

9 - يتم جمع كميات التصريف المائي للمقاطع العرضية الجزئية لاستخراج التصريف المائي الكلي للنهر .

DO NOT COPY

العلاقة بين المطر والجريان المائي :

لاتعتبر العلاقة بين المطر والجريان المائي مباشرة ، فهي علاقة غير مباشرة بعكس العلاقة بين الجريان وكل من التبخر والاعتراض وخزن المنخفضات والرشح ونقص رطوبة التربة فهي علاقة مباشرة . ويمكن اقامة علاقة تجريبية للحوض النهري مبنية على أساس التساقط السنوي والجريان ، ومن الأفضل هنا استعمال السنة المائية بدلا من السنة التقويمية لإقامة هذه العلاقة والسنة المائية هي الفترة التي يبدأ فيها جريان الأساس وتنتهي خلال اثني عشر شهرا .
توجد بعض المعادلات التي وضعها بعض الباحثين توضح العلاقة التجريبية بين التصريف المائي للأنهار وبين كمية الأمطار الساقطة .كما يلي :

$$Q = 16\ P^2$$
$$Q = 0.48\ (P - 635\ )$$

أما معامل الجريان فيمكن إيجاده عن طريق نسبة التصريف المائي إلى كمية الأمطار الساقطة كما في المعادلة التالية :

$$a = Q / P$$

حيث إن :

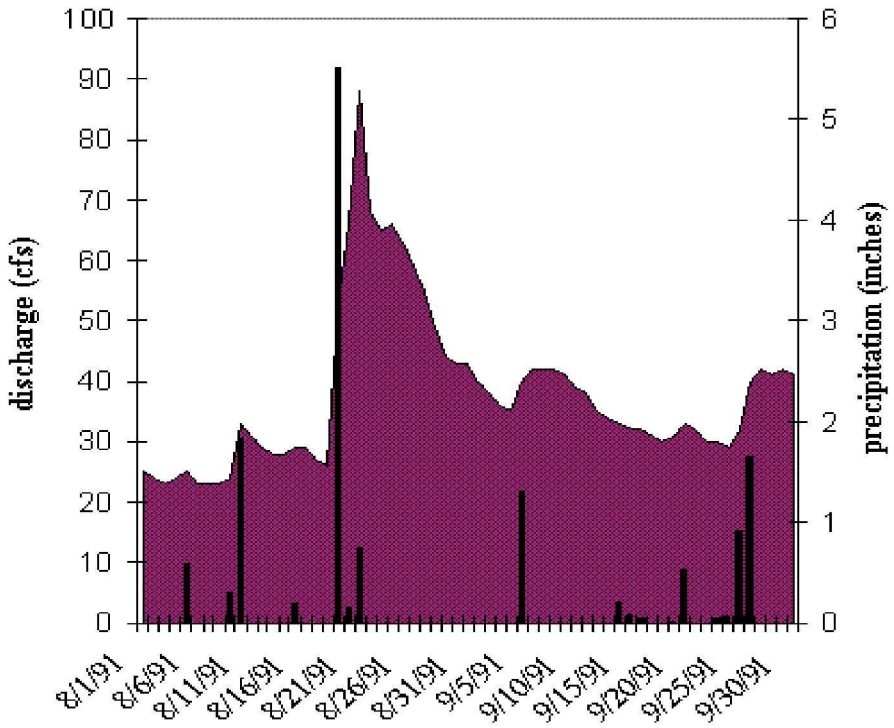
a = معامل الجريان .
Q = كمية التصريف المائي .
P = كمية الأمطار السنوية .

وفي : الأحواض المائية الصغيرة يمكن استخدام معامل الجريان كما في المعادلة التالية :

$$a = Q / P\ ,\ a = (P - E) / P = 1 - (E / P)$$

حيث إن :

a = معامل الجريان .
Q = التصريف المائي .
P = التساقط
E= التبخر



DO NOT COPY

أساليب تحليل البيانات الهيدرولوجية :

قبل الخوض في تحليل البيانات الهيدرولوجية لابد من التعرف على عناصر منحنى تصريف الماء الطبيعي . فجريان الأساس مرتبط بإسهام المياه الجوفية في جريان النهر . ويشبه منحنى التصريف المائي بشكل عام الجريان المنحني الآسي ويمكن تمثيله في المعادلة التالية :

$$Q_{end} = Q_0 e^{-at}$$

حيث إن :

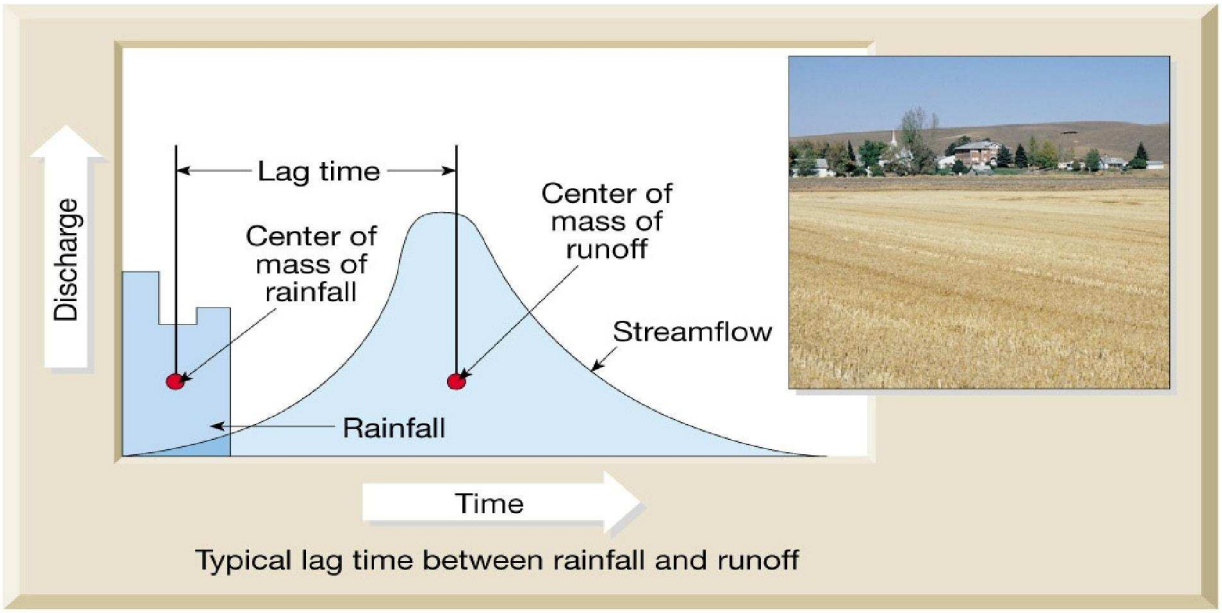
Q_0 =التصريف الابتدائي (في البداية).

Q_{end} = التصريف النهائي (في نهاية الوقت).

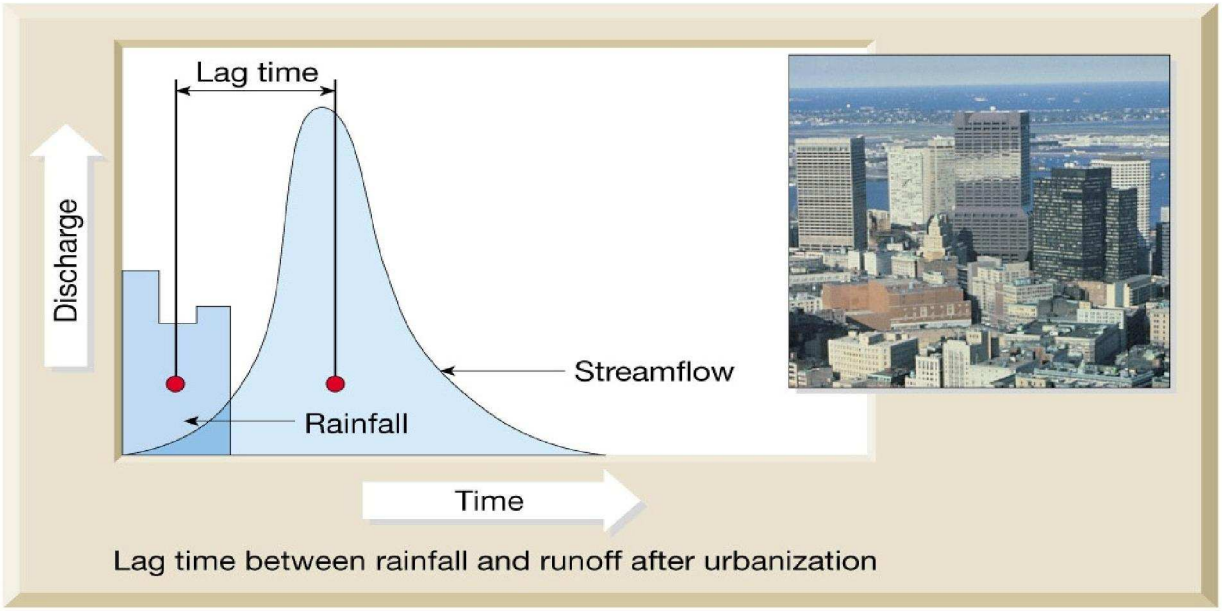
a= معامل الجريان .

e= أساس اللوغاريتم الطبيعي .

t = الزمن .

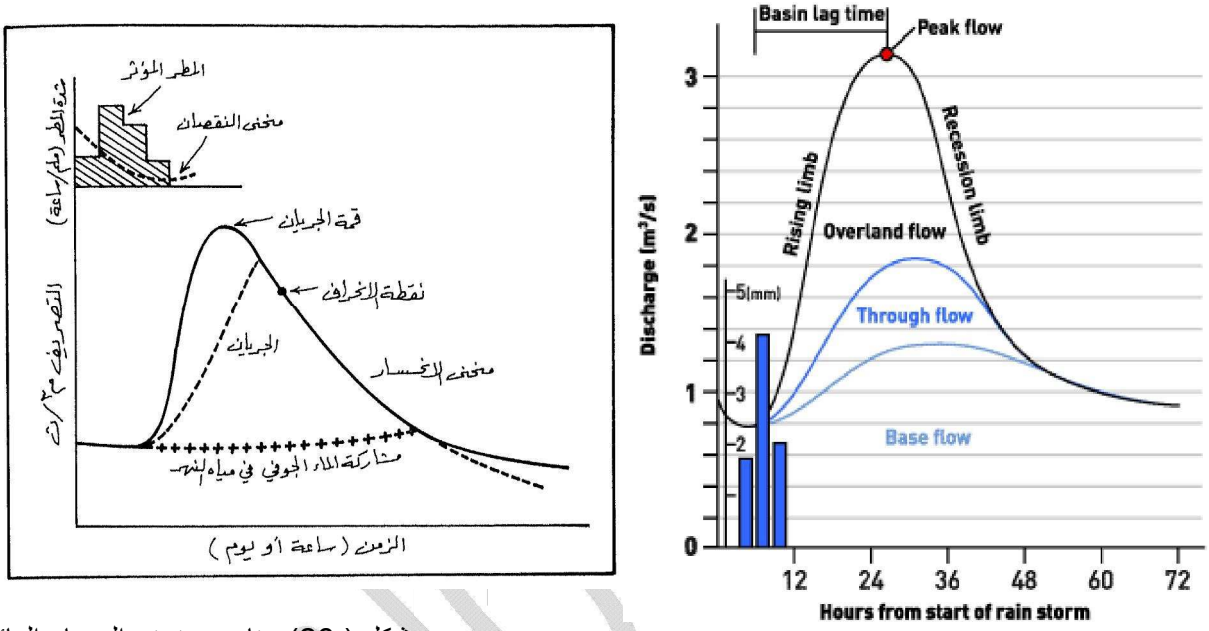


Typical lag time between rainfall and runoff



Lag time between rainfall and runoff after urbanization

ففي حالة عاصفة مطرية تبدأ عناصر الاعتراض بالتأثير على الماء الجاري قبل إن يصل إلى قنوات الأودية ومن ثم الأنهار، لكن ومع استمرار سقوط الأمطار فان عملية الاعتراض سوف تأخذ بالتناقص تدريجيا. فبعد فقدان كمية من المياه نتيجة عملية اعتراض في بداية العاصفة المطرية يبدأ الجريان السطحي ويستمر في الزيادة إلى إن يصل إلى الذروة ثم يبدأ المنحني بالانحسار حتى يختفي. لكن الأمطار التي تسربت (رشحت) إلى الماء الجوفي ستعمل على رفع مستوى الماء الجوفي الذي يساهم بدوره في رفع كمية جريان الأساس في نهاية العاصفة المطرية أكثر من بدايتها. فالهيدروغراف يعرف بأنه المنحنى البياني الناتج عن تغير التصريف مع الزمن او تغير مستوى سطح الماء مع الزمن (شكل 26) .



شكل (26) عناصر منحني الجريان المائي

ويسمى الجزء من المنحني الناتج عن الجريان السطحي والجوفي بمنحنى الجريان المباشر اذ يساعد وصول الماء المباشر في صعود المنحني حتى يصل إلى الذروة. ويعتمد ذلك على نسبة اقصر تصريف مائي إلى شدة سقوط المطر وديمومته (فترة سقوط المطر) كما يعتمد أيضا على الخصائص الطبيعية لمنطقة سقوط المطر.

تبعا لما تقدم فان سقوط المطر داخل حوض التصريف سيصل إلى ذروته في نهاية العاصفة المطرية وبعد ذلك تبدأ الأمطار بالانحسار ويبدأ منحني التصريف بالهبوط تبعا لهبوط كميات الأمطار (شكل 26) .

وبناء على ذلك يمكن القول بان شكل المنحني يتحدد بثلاث أجزاء رئيسية هي :

1 ـ الطرف الصاعد من المنحني ويدعى احيانا بمنحني التركيز الذي يعبر عن الفترة الزمنية التي حدث خلالها تجميع المياه وجريانها إلى إن تصل إلى أعلى مستوى لها (شكل 27) .

2 ـ قمة المنحني و يوضح هذا الجزء من المنحني منطقة تجمع وتراكم المياه والفترة الزمنية التي وصل فيها التركيز (الجريان) إلى أعلى مستوى له (شكل 27) .

3ـ الطرف الهابط من المنحني ويدعى أحيانا بمنحني الانحسار ويعبر عن بداية تناقص الجريان والفترة الزمنية التي تم خلالها ذلك التناقص إلى إن يصل الجريان إلى مستوى جريان الأساس (شكل 27) .

كما يتأثر منحني الجريان المائي بشكل الحوض وخصائص الشبكة المائية ، شكل ( ) .

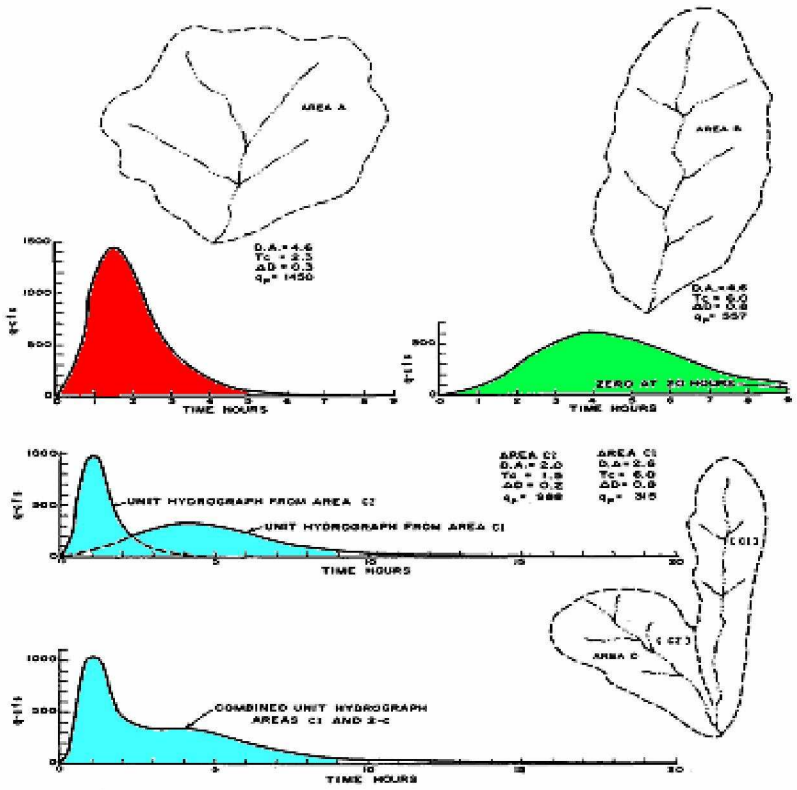


Figure 16.3 The effect of watershed shape on the peaks of unit hydrographs

تحليل التصريف المائي :

يتذبذب التصريف اليومي للأنهار بشكل واضح وذلك اعتمادا على تذبذب كميات الأمطار بين شهر وآخر وسنة وأخرى كما يعتمد على تذبذب تدفق المياه الجوفية المشكلة لمنابع الأنهار. وإذا كان النهر يقع في إقليم يتوقف فيه سقوط الأمطار في الصيف، فان التصريف اليومي يتساوى مع تصريف الأساس الا انه يتغير في بقية الفصول. يقسم التصريف المائي إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

1- تصريف (جريان) الأساس .
2- تصريف المعدل اليومي .
3- تصريف الفيضان .

تصريف الأساس او تصريف الشح :

يعتبر تصريف الأساس ظاهرة طبيعية للأودية ذات التصريف الدائم، وهو تصريف ذو طبيعة متذبذبة لأنه يعتمد على تذبذب مستوى الماء الجوفي. ففي حالة الوادي A (على سبيل المثال) نجد إن التصريف الأساس يبقى المغذي الوحيد لجريان المياه و فترة طويلة تمتد من شهر نيسان وحتى شهر تشرين الأول او تشرين الثاني أي إن هناك فترة جافة طويلة تمتد لستة أشهر سنويا على الأقل وأحيانا تمتد فترة الجفاف لثمانية أشهر بالإضافة إلى إن قسما كبيرا من أراضي الحوض تقع ضمن المنطقة الصحراوية قليلة الأمطار أصلا. حيث بلغ المعدل السنوي الأمطار في محطة (A1) 97 ملم. بينما تصل نسبة المنطقة التي تهطل فيها أمطار اقل من 250 ملم حوالي 79 % من أراضي الحوض ونظرا لقلة الأمطار فان تأثيرها يصبح أكثر وضوحا عند مقارنة تصريف الأساس مع معدل التصريف اليومي حيث يتساوى كلا التصريفين في أشهر حزيران وتموز وآب وأيلول، الا في بعض الحالات النادرة اذ تتعرض المنطقة إلى تذبذب في وقت هطول الأمطار وكمياتها.

وبما إن مياه الأمطار ترفع من مستوى النطاق المائي في فصل الشتاء فان التصريف المائي يزداد في كل من كانون ثاني وشباط وآذار وذلك لان مياه الأمطار التي رفعت مستوى النطاق المائي أدت إلى زيادة مياه الينابيع.

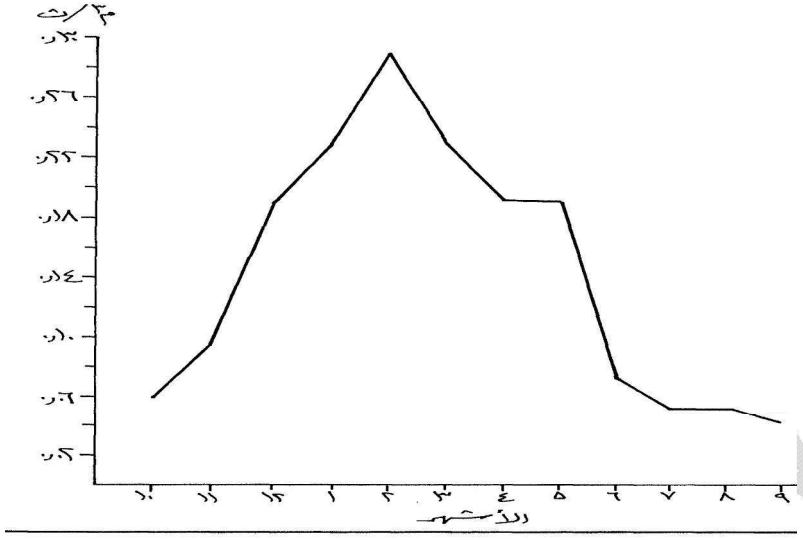
يزداد معدل تصريف الأساس منذ شهر تشرين أول وحتى شهر آذار على التوالي للسنة المطرية وكما يلي: 0.062، 0.098،0.187 ، 0.238، 0.226، 0.233 م^3/ ث ويعود تصريف الأساس بعد ذلك للانخفاض في شهر نيسان إلى 0.196 والى 0.192 في شهر أيار وهكذا يتوالي تصريف الأساس انخفاضه حتى يصل إلى 0.057 م ^{3} / ث في شهر أيلول(جدول 3).

بينما يبلغ معدل تصريف الأساس لسنوات الدراسة 0.143 م^3 /ث فقد بلغ أعلى تصريف أساس 2.37 م^3/ث ومعدل أدنى تصريف أساس 0.019 م^3/ ث كما إن أعلى معدل تصريف الأساس قد بلغ 0.67 م^3/ث في شهر كانون أول للسنة المائية 72-73 (جدول 3). وقد تراوح الانحراف المعياري لتصريف الأساس بين 0.04 في شهر أيلول و0.32 في شهر أيار حيث يزداد الانحراف المعياري تدريجيا من الخريف وخلال أشهر الشتاء وحتى نهاية فصل الربيع . (جدول 3). أما معامل التغير فقد سجل أعلى قيمة له في شهر تموز وقد وصل 187%، كما وصلت اقل قيمة له في شهر تشرين ثاني ومن الملاحظ إن معامل التغير يكون معتدلا منذ نهاية الخريف وحتى نهاية الربيع تقريبا، بينما يكون مرتفعا في أشهر الصيف . كما يبلغ التصريف الأساس أعلى قيمة له في فصل الشتاء 0.651 م^3/ث، بينما ينخفض إلى 0.621 م^3/ث في فصل الربيع ويتناقص إلى الثلث تقريبا في فصل الصيف ليصبح حوالي 0.626 م^3/ث بينما في فترة الشح (فصل الخريف) يصل تصريف الأساس إلى أدنى مستوياته حيث يبلغ 0.18 م^3/ ث (شكل 28).

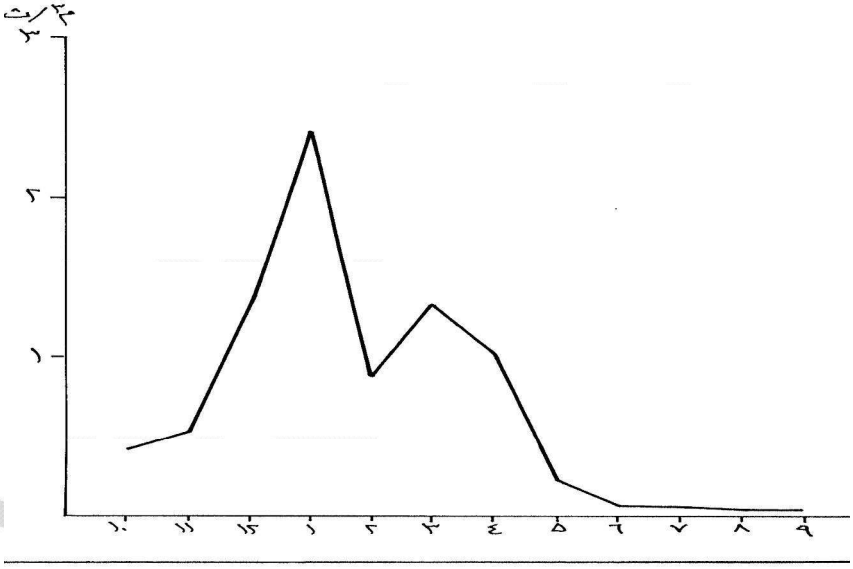
جدول رقم (3)

معدل تصريف الأساس لوادي خلال الفترة (65/64 – 92/91) م^3/ث

الشهر / السنة	١٠	١١	١٢	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
١٩٦٥/٦٤	٠,٠٠	٠,٠٠٦	٠,١٣	٠,٢٧	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,١٤	٠,١٠	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٥	٠,٠٠
٦٦/٦٥	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٢١	٠,١	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,١٨	٠,١٥	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,١٢
٦٧/٦٦	٠,٣٩	٠,٦٠	٠,٠٥٤	٠,٢١	٠,٣١	٠,٦٤	٠,٢٣	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٣	٠,١١	٠,١١
٦٨/٦٧	٠,١٧	٠,٢٨	٠,٣٢	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣١	٠,٢٣	٠,٢٠	٠,١٠	٠,٠٧	٠,٠٣	٠,٠٢
٦٩/٦٨	٠,٠٨	٠,١٦	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٢٠	٠,٢٣	٠,٢٦	٠,٠٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٧٠/٦٩	٠,٠٦	٠,١١	٠,١٧	٠,٢٠	٠,١٥	٠,٢٧	٠,١٣	٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١	٠,١٠
٧١/٧٠	٠,٠٧	٠,١١	٠,٢٢	٠,٣٤	٠,١٩	٠,١٧	٠,٤٨	٠,٤٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥
٧٢/٧١	٠,٠٦	٠,٠٠١	٠,٠٥٤	٠,٥٣	٠,٣٧	٠,٤٢	٠,٣١	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١
٧٣/٧٢	٠,٠١	٠,١١	٠,٦٧	٠,٤٨	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٠	٠,٠٥	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤
٧٤/٧٣	٠,٠٣	٠,١٦	٠,٠٦	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,١٧	٠,١٥	٠,١٢	٠,٠٩	٠,٠٧	٠,٠٧
٧٥/٧٤	٠,٠٠	٠,٠٧	٠,١٦	٠,٢٢	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٠	٠,١٠	٠,٠٥	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٢
٧٦/٧٥	٠,٠٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,٢٠	٠,١٨	٠,٢١	٠,١٩	٠,١٣	٠,١٠	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٨
٧٧/٧٦	٠,٠٠٩	٠,١٢	٠,١٧	٠,٢٣	٠,١٩	٠,١٣	٠,١٨	٠,١٦	٠,١٢	٠,٠٩	٠,٠٧	٠,٠٩
٧٨/٧٧	٠,٠٠٩	٠,١٠	٠,١٢	٠,١٣	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٧	٠,١٤	٠,١٣	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٨
٧٩/٧٨	٠,٠٠٩	٠,١٠	٠,١٤	٠,٢٣	٠,٢١	٠,٢٤	٠,١٨	٠,١١	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠١
٨٠/٧٩	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٣١	٠,٢٨	٠,١٧	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٨١/٨٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,١١	٠,١٣	٠,١٧	٠,٢٢	٠,٠٩٦	٠,٠٤	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٦
٨٢/٨١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠١	٠,١١	٠,١٦	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٨٣/٨٢	٠,٠٠	٠,٠٠٨	٠,٢٠	٠,٢٦	٠,٣٩	٠,١٩	٠,٠٠٦	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٨٤/٨٣	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,١٦	٠,٢٧	٠,٤٥	٠,٢٧	٠,٢٣	٠,١٨	٠,١٣	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٠٦
٨٥/٨٤	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٥٤	٠,٠٥٩	٠,٠٥٨	٠,٠٥٦	٠,٤٦	٠,٢٢	٠,٠١	٠,٠٨	٠,٠٠٥
٨٦/٨٥	٠,٠٠٨	٠,٠٠١	٠,١٤	٠,١٦	٠,١٧	٠,١٨	٠,١٧	٠,١٦	٠,١١	٠,٠٨	٠,٠٥	٠,٠٥
٨٧/٨٦	٠,٠٠٥	٠,١١	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠٩	٠,١٥	٠,١٨	٠,١٤	٠,١٢	٠,٠٩	٠,٠٧	٠,٠٧
٨٨/٨٧	٠,٠٠٩	٠,١٢	٠,١٢	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠٩	٠,٠٩	٠,٠٨
٨٩/٨٨	٠,٠٠	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,١١	٠,١٩	٠,١٨	٠,١٨	٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
٩٠/٨٩	٠,٠٠	٠,٠٠٥	٠,٠٠١	٠,٠٠٣	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤	٠,٠٠٤	٠,٠٠٢	٠,٠٠	٠,٠٠
٩٢/٩١	٠,٠٠٢	٢,٦٦	٥,٠٥	٦,٤٢	٦,١١	٦,٣١	٥,٢٨	٥,١٩	١,٩٥	٤,١٣	١,٥٤	٦,١٥
المجموع	١,٦٩	٠,١٢	٠,١٦	٠,١٣	٠,١١	٠,١٢	٠,١٢	٠,٣٢	٠,٠٦	٠,٢٨	٠,٠٩	٠,٠٤
الانحراف المعياري	٠,٠٨	٠,١٢	٠,١٦	٠,١٣	٠,١١	٠,١٢	٠,١٢	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٢	٠,٠٠	٠,٠٠
معامل التغير %	١٣٣	١٢	٨٤	٥٦	٤١	٥٢	٦٣	١٢٨	٨٦	١٨٧	١٨٠	١٠٠



شكل (28) تصريف الأساس



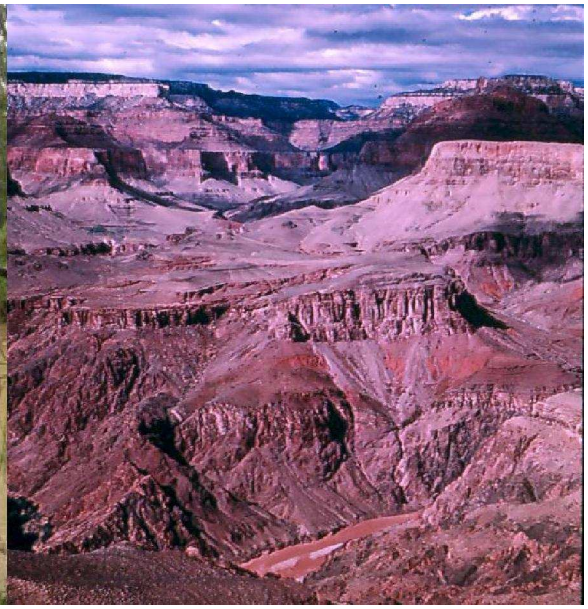
شكل (29) التصريف اليومي

التصريف اليومي :

يعتمد كل من التصريف الشهري والتصريف الفصلي على معدل التصريف اليومي والذي بدوره يعتمد على تصريف الأساس للوادي، مضافا إليه كميات الأمطار الهاطلة على الحوض والتي تصل مجرى النهر مباشرة عن طريق الجريان المباشر دون دخولها إلى الطبقات الحاملة للماء الجوفي . ولهذا فان معدل التصريف اليومي يتساوى مع تصريف الأساس لوادي A في أشهر حزيران وتموز وآب وأيلول. بينما يبدأ الجريان المائي يتضح منذ شهر تشرين أول، اذ يبدأ هطول الأمطار على مناطق مختلفة من أراضي الحوض . يظهر اثر جريان مياه الأمطار ووصولها لمجرى وادي A وارتفاع مستوى الماء الجوفي الذي يساعد في زيادة كمية التصريف لفترة تتعدى فصل الشتاء احيانا حيث يستمر تدفق مياه الينابيع التي تشكل فيما بعد مجمل الجريان طيلة أشهر فصل الربيع تقريبا رغم إن فترة هطول الأمطار تكون قد انتهت تقريبا او إن كميات الهطول التي تحدث في أوائل فصل الربيع تكون بكميات قليلة مقارنة بفصل الشتاء مما يقلل من أثرها على التصريف اليومي لمياه الوادي . يبلغ معدل التصريف اليومي لوادي A 0.693 م^3/ ث، وهذا يعني إنها تزيد عن معدل تصريف الأساس لنفس الفترة بمقدار 0.550 م^3/ ث وهي كمية مياه تقدر سنويا ب 17.345 مليون متر مكعب بشكل واضح فقد يصل في شهر آذار إلى 1.39 م^3/ث ويعود السبب في ذلك إلى حدوث منخفضات الضغط الجوية باستمرار مما يعمل على زيادة التصريف اليومي بشكل واضح حيث وصل التصريف اليومي في 1988/3/8 إلى 212.25 م^3/ث وفي يوم 3/4/ 1988 إلى 67.92 م^3/ث بينما كان أعلى تصريف يومي في شهر شباط في العام نفسه هو 19.6 م^3/ث في يوم 1988/2/2.

الأنهار ونقل الرسوبيات Rivers and Sediment Transport

عندما تتحرك مياه الأنهار فإنها تقوم بتعرية التربة والرمال والترسبات من قاع وأكتاف الوادي ونقلها إلى المصب ومناطق الترسيب . وبهذا فهي تقوم بدور هام في تشكيل البيئة . تتعرض تربة ورسوبيات الأراضي للتآكل والغسل أثناء المطر وهي متجهة إلى مجاري المياه. تتألف حمولة النهر من جزيئات الرسوبيات الناعمة والخشنة مثل الطين والرمل و الحصى . المياه سريعة الحركة تلتقط العوالق ، وتحرك الجزيئات الكبيرة بسهولة أكبر من المياه البطيئة ،هذا هو السبب الذي يجعل الأنهار موحلة خلال العواصف المطرية فهي تحمل الكثير من الرواسب مما تحمله خلال فترة التدفق المنخفض (الشكل-) .



الناحية الايجابية لحمولة الأنهار أنها ترسب الأطيان والغرين على الضفاف والسهول الفيضية وغالبا ما تكون غنية بالمعادن ويجعل من الأراضي الزراعية ارض خصبة . نهر النيل في مصر ونهر المسيسبي في الولايات المتحدة هي أمثلة جيدة. أما الناحية السلبية عند فيضان الأنهار فإنها تترك وراءها العديد من أطنان من الطين اللزج الثقيل ذو رائحة كريهة غير مرغوب فيه في الطوابق السفلية من المباني ويمكن أيضا أن تضر بالسدود والخزانات من خلال ما تودعه من رسوبيات تستقر في قاع الخزان .

ـ حركة مياه النهر :

أ ـ الجريان الطبقي أو الصفحي Laminar flow :

يتم الجريان الصفحي في حركة بطيئة جدا خلال قناة النهر في شكل طبقات أو فرشات مائية إن صح التعبير تتعاقب فوق بعضها البعض، وهذا الجريان ليس كافيا ـ للقيام بأي دور للنحت ولا يقوم في العادة بحمل رواسب عالقة، ويشبهه سباركس بانزلاق ألواح شبه أفقية الواحد منها فوق الاخر

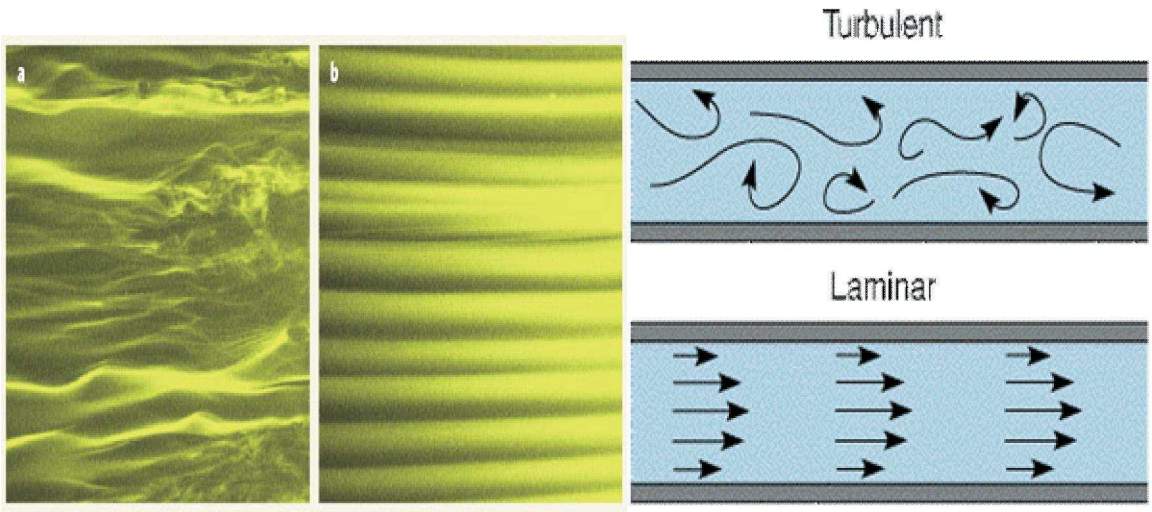
ب ـ التدفق الدوامي Turbulent flow :

يتم خلال هذا النوع من التدفق حركة مضطربة لمياه النهر بسرعة تتراوح بين متر واحد إلى ثلاثة أمتار في الثانية، في شكل سلسلة من الدوامات المائية eddies الثانوية والمشوشة مركبة فوق التدفق الرئيسي للنهر.

وتقل السرعة قرب القاع بسبب الأثر الاحتكاكي frictional ويعمل التدفق الدوامي على حمل الرواسب لمسافات بعيدة على طول مجرى النهر.

جـ ـ سرعة جريان مياه النهر Velocity:

تتأثر سرعة مياه النهر بعدد من المتغيرات تتمثل في انحدار قاع المجرى ودرجة خشونة القناة، والتصريف المائي والحمولة load، ويعد الانحدار أهمها جميعا حيث تتحول من خلاله الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية، ويعمل عدم الانتظام في جوانب القناة المائية وفي قاعها على زيادة الاحتكاك بالمياه واضطراب جريانها ويؤثر كذلك على سرعة الجريان، وعادة ما يزداد الاحتكاك مع زيادة عدم الانتظام في الجوانب والقاع، وهذا (الاحتكاك) أقل في القنوات نصف الدائرية



semicirulare channels وذلك لأن الأسطح المبتلة بها أقل منها في الأشكال الأخرى، مع الأخذ في الاعتبار أن معظم القنوات المائية الطبيعية أوسع وأكثر ضحالة من الشكل النموذجي سابق الذكر.

ـ النحت في الأنهار :

أ ـ النحت الميكانيكي أو البري :

تتم هذه العملية من خلال الضغط على القاع مع ما تحمله المياه من رواسب مما يؤدي إلى تقطيع القاع وتفتت صخوره حيث إن المياه المحملة بالرمال والحصى تكون قادرة على النحت وتشكيل خوانق عميقة deep gorges على طول مجرى النهر، وتتماشى قدرة النحت النهري في حالة الأنهار التي تتكون حمولتها من رمال وحصباء مع مربع سرعة النهر في علاقة ارتباطية، فكلما زادت سرعة التيار زادت كميات الرواسب والمفتتات الصخرية بشكل أكبر من المرحلة السابقة لزيادة سرعة التيار وبالتالي يكون تأثيرها على النحت أكبر بكثير.

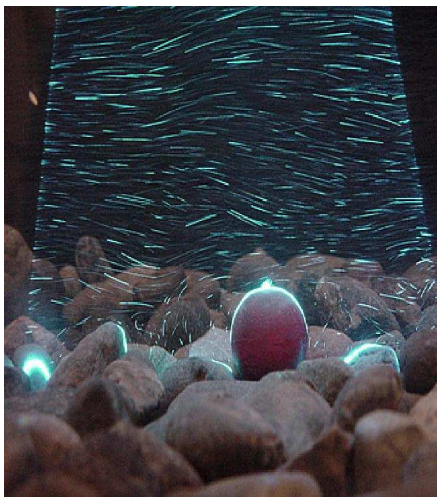
ب ـ الفعل الهيدروليكي :

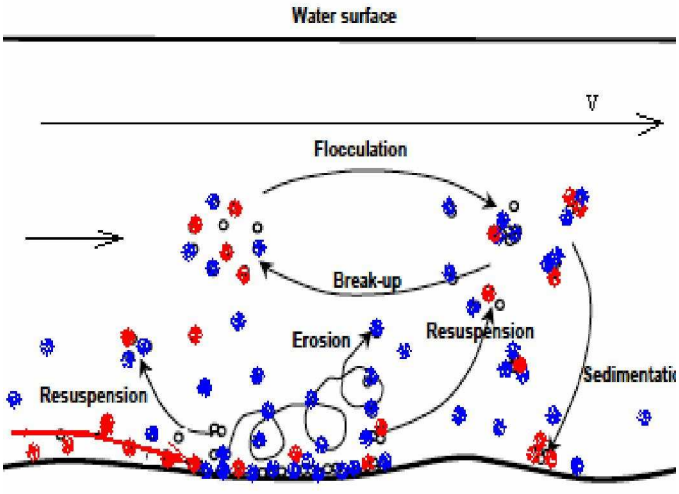
يقصد به قيام مياه النهر بدون مساعدة الرواسب بنحت القاع، وينتج عن ذلك اصطدامها بالرواسب القاعية السائبة واصطدامها كذلك بالجوانب مما يؤدي إلى زيادة تفككها ورفعها وجرها إلى الأمام في اتجاه الجريان المائي، وتتراوح أحجام هذه الرواسب ما بين الغرين والجلاميد.

جـ ـ الإذابة Solution :

من المعروف أنه من وجهة النظر الكيماوية لا يوجد في الظروف الطبيعية ماء نقي، حيث إن مياه الأنهار تحتوي على مواد مذابة، وهذه المواد تساعد بدورها على زيادة كفاءة المياه كمذيب لبعض المواد.

على سبيل المثال نجد أن الأنهار التي تجري في سبخات أو مستنقعات bogs تلتقط ثاني أكسيد الكربون والأحماض العضوية من النباتات المتحللة، كما يمكن للسليكات أن تذاب في مياه الأنهار تحت ظروف معينة، كذلك تذاب التكوينات الجيرية بسهولة في مياه الأنهار التي تحتوي على الأحماض التي تحول الكربونات





الموجـودة إلى بيكربونات قـابلة للإذابة، ويقدر بأن نـحو ٥ بليـون طن من المواد الصلبة بالقارات تذاب سنويا معظـمها بواسطة المياه الجوفية وجزء كـبير منها يرتبط بمياه الأنهار، فعلى سـبيل المثال يقدر ما يحمله نهر المسـيسبى من المواد المذابة نحو ١٢٦ مليون طن، ويعتـبر نهر شانون بأيرلندا نموذجا لنهـر ساعدت الإذابة والنحت الكيماوى corrosion فى تكوين مـجـراه، ولذلك كـانت الأنهـار التى تجـرى فى مناطق ذات صخـور جيرية أقـدر على تكوين أودية عمـيقة بالمقـارنة بنظائرها التى تجرى فى مناطق ذات تكوينـات صخرية نارية أو فى تكوينات من الحـجر الرملى، وهذه يمكن ملاحظتها فى قطاع نهر النيـل الممتد فى تكوينات الحجر الرملى النوبى nubia sandstone جنوب ثنيـة قنا بقطاعه الممـتد خلال تكوينات الحـجر الجـيرى الإيوسينى، وكذلك بمقـارنة الأودية الجافة فى هضبة المعازة الجـيرية مثل وادى قنا ووادى طرفا بنظائرهـا بهضبة الـعبابدة الرملية النوبية حيث تبـدو الأولى عميـقة المجرى ذات حافات شديدة الانحدار نحو قيعانها على العكس من الثانية التى تبدو أكثر اتساعا وأقل عمقا.

ـ النقل بواسطة الأنهار :

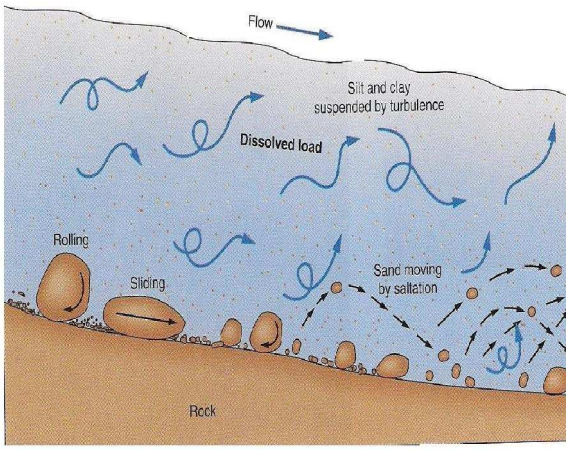
تقوم الأنهار بنقل رواسبها (حمـولتها) عن طريق الانزلاق والتدحرج بالنسبة للرواسب الخشنة على طول قيعانها، وعن طريق حمل الرواسب الناعمة من الرمل والغرين، بينمـا تحمل العناصر القـابلة للإذابة فى شكل حمولة مـذابة، ومما يعزز قدرة النهر على الحمل أن معظم المفتتات الصخرية والمعدنية المحمولة بواسطة مياهه تفقد ٤٠٪ من وزنها فى حالة وجودها مغمورة بالمياه، وسواء كانت مفتتات منقولة على القاع أو حمولة عالقة فإن نقلها يعتمد أساسا على حجمها ووزنها وسرعة تيار الماء بالنهر.

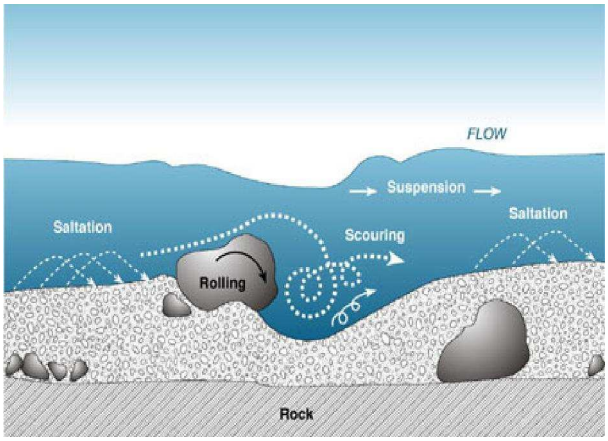
أ ـ النقل علي القاع (حمولة القاع Bed load) :

تعد أكبر الرواسب فى حجم حبيـباتها، ويتم نقلها بواسطة التدحرج rolling على طول قاع النهـر، ونتيجة لـدحرجتهـا يتم تكسرها بسبب اصطدامـها ببعضـها البعض فى عملية ميكانيكية يطلق عليها طحن الرواسب attrition.

ب ـ القفز Saltaion :

تتميز الرواسب التى تنتقل بهذه الطريقة بأنها أصغر حجما من السابقة وتشبه طريقة قفز الحبيبات الرملية الخشنة على سطح صحراوى صلب بفعل الرياح.



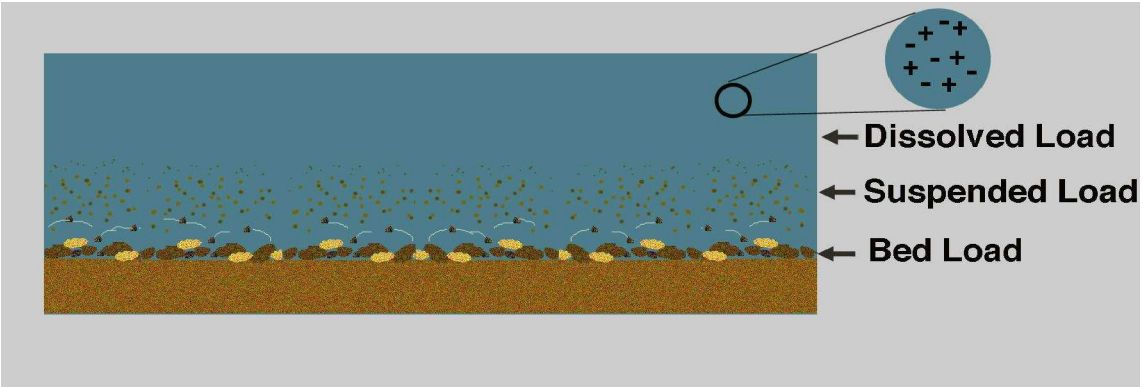


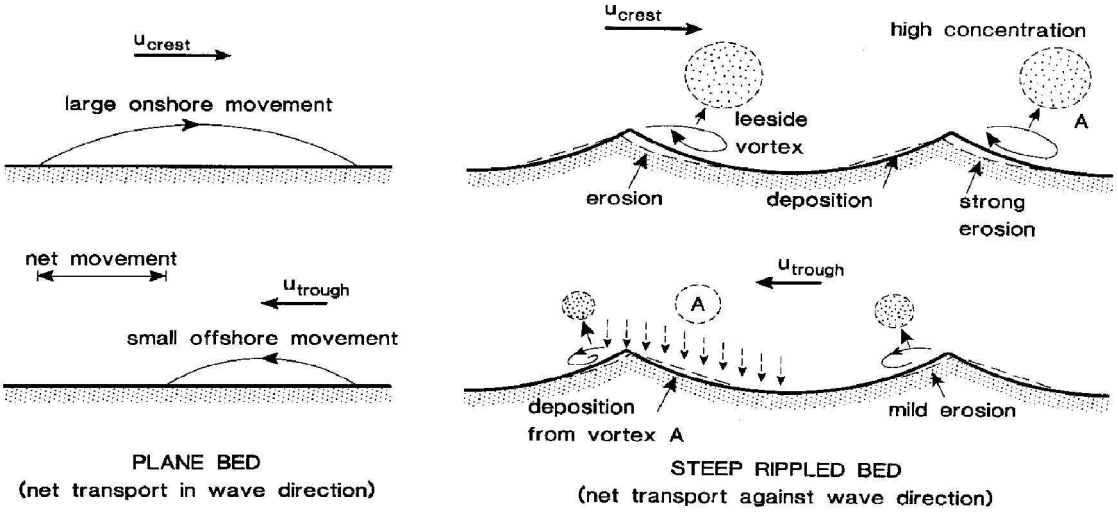
جـ ـ النقل بالتعلق **Suspension** :

يتم النقل بالتعلق بالنسبة لأصغر الحبيبات حجمـا، ويقصد بها نقل رواسب الغرين والطين الدقـيقة فى جسم الماء الجارى وتزداد مع حـدوث تدفق دوامى لمياه النهر .

ء ـ النقل بالإذابة **Solution**:

تعد طريقة نقل كيماوية غيـر الطرق الميكانيكية السابقة حيث تنتقل الرواسب بطريقة الإذابة كما ذكرنا آنفا .





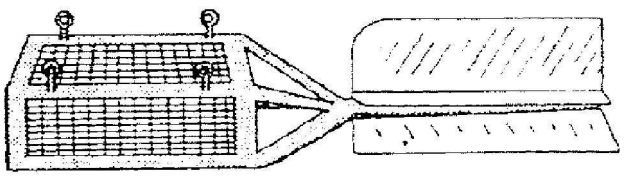
وسائل قياس حمولة النهر :

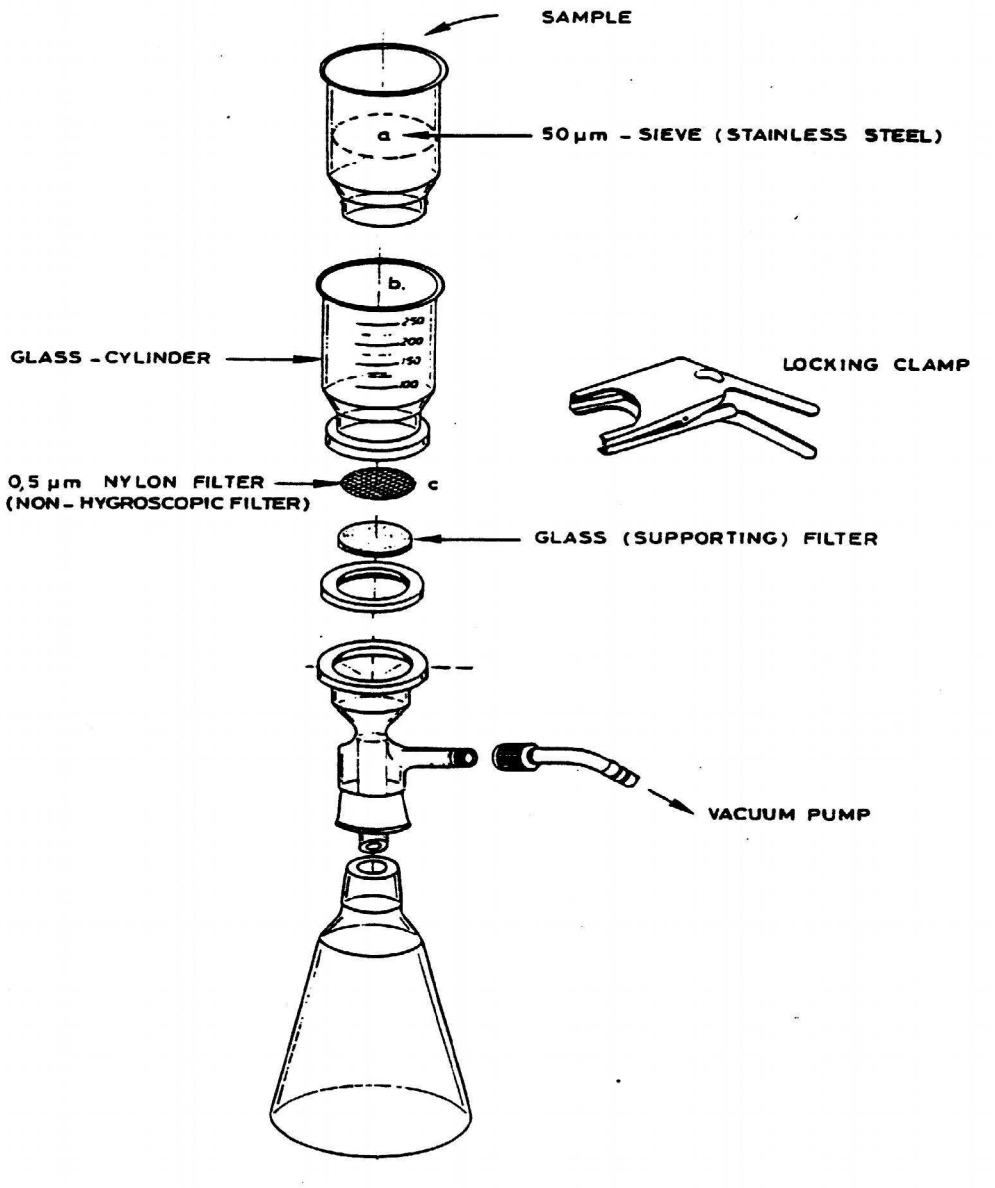
بالنسبة لحمولة القاع فإنه رغم صعوبة قياسها، فقد تمت محاولات من خلال عمل مصايد للرواسب فى قاع الأنهار تسمح بتراكم الرواسب أمامها ثم يتم رفعها ووزنها وحساب معدلات الترسيب والنقل على القاع خلال فترات زمنية محدودة .

أما الحمولة العالقة فهى عادة ما تقاس بالملليجرام فى اللتر أو بالأجزاء فى المليون p.p.m* ويتم قياسها من خلال ترشيح المياه بورق ترشيح ثم تجفيف الورق عند درجة حرارة ١٠٥م، وبعد ذلك يتم حساب الكمية من الرواسب بمقارنة وزن الورق الذى تم تجفيفه بورق من نفس النوع والحجم لم يستخدم من قبل، ويتم الحساب من خلال المعادلة التالية :

$$\text{تركيز الرواسب} = \frac{\text{وزن الرواسب}}{\text{حجم عينة الماء}}$$

أما المواد المذابة فيمكن حسابها من خلال تبخر كمية من مياه النهر يتم ترشيحها من الحمولة العالقة ثم يتم وزن الأملاح والعناصر المذابة .





كما تتم نمذجة حمولة المياه من الموديلات(flumes) والتجارب بأساليب مختبريه متعددة تضمن دقة التجارب وهي شبيهة بالأجهزة الحقلية ومصغرة او استخدام المضخات والصنابير .

التعرجات النهرية والسهل الفيضى :

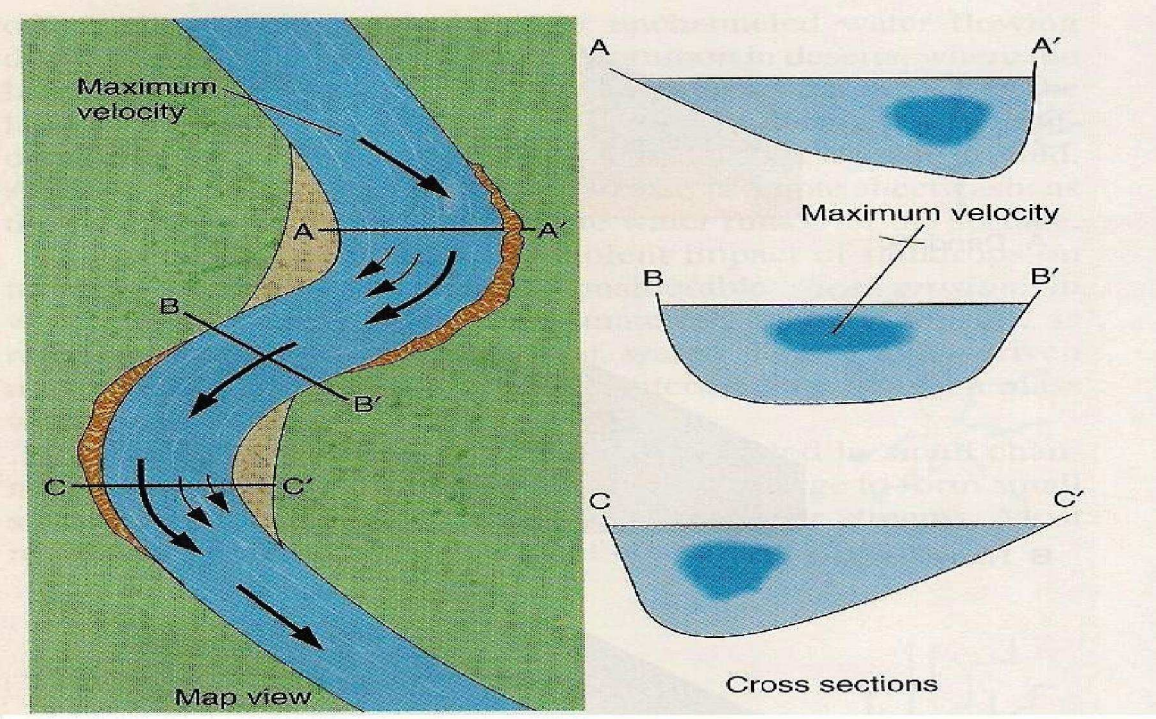
River Meanders and flood plain

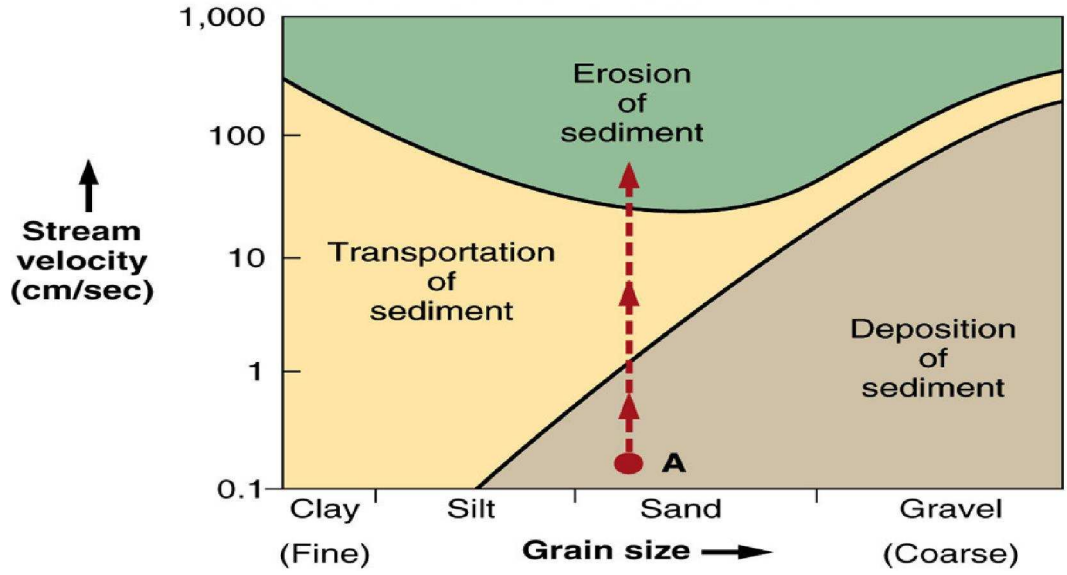
تنشأ الالتواءات النهرية فى وقت مبكر من فترات النحت النهرى عكس ما هو شائع من كونها تنشأ عندما يتوقف النهر عن التعميق، بل إن السهل الفيضى قد يتكون قبل أن يتوقف النهر عن التعميق.

وقد أظهرت التجارب والقياسات الحقلية التى تمت على قطاع من نهر المسيسبى أن زيادة التصريف المائى تؤدى إلى توسيع نطاق الالتواء وزيادة أبعاد الالتواءات مثل طول موجة الانثناء meander - wave lenghth

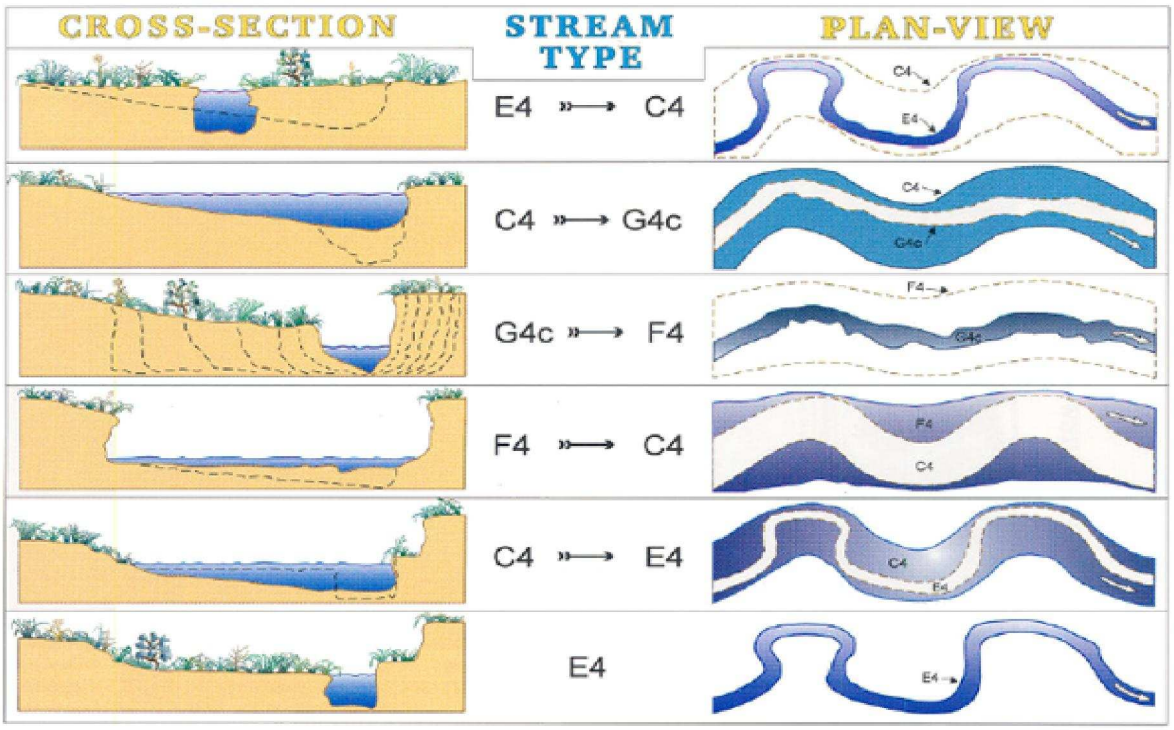
كذلك أظهرت تلك التجارب أن الانحدارات الخفيفة وقلة حمولة القاع تعمل على تكون الالتواءات النهرية.

ويزداد حجم الالتواءات بواسطة النحت فى جانبها الخارجى (المقعر) والإرساب فى الجانب المحدب، وربما تلعب الحواجز أو الجزر الطولية فى القطاعات المستقيمة بالمجرى النهرى دورها فى توليد تيار مائى يساعد من خلال اندفاعه نحو الجانب الخارجى للثنية على النحت، وبالتالى على تطورها كظاهرة مورفولوجية مميزة للأنهار والتى نادرا ما تظهر مستقيمة فى الطبيعة، وعادة ما يتناسب حجم الالتواء مع حجم النهر ويتراوح اتساع نطاق الالتواءات بين ٨ و١٨ مرة قدر اتساع النهر

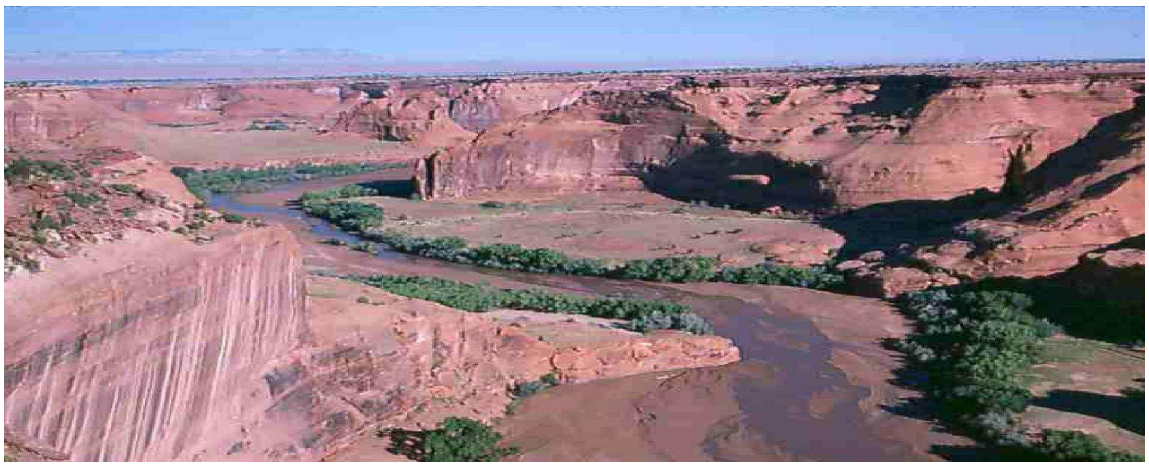




ومع تطور الالتواءات تستمر في الهجرة الجانبية الدائمة نحو المصب down stream وفي هذا التحرك والهجرة المستمرة تتكون مدرجات نهرية وسفوح منهارة وجروف مقوضة تشهد على التطور المستمر للالتواءات وهجرتها لمجراها.



Adjustments of channel cross-section and plan-view patterns as stream types change or shift through an evolutionary cycle (Rosgen 1996)

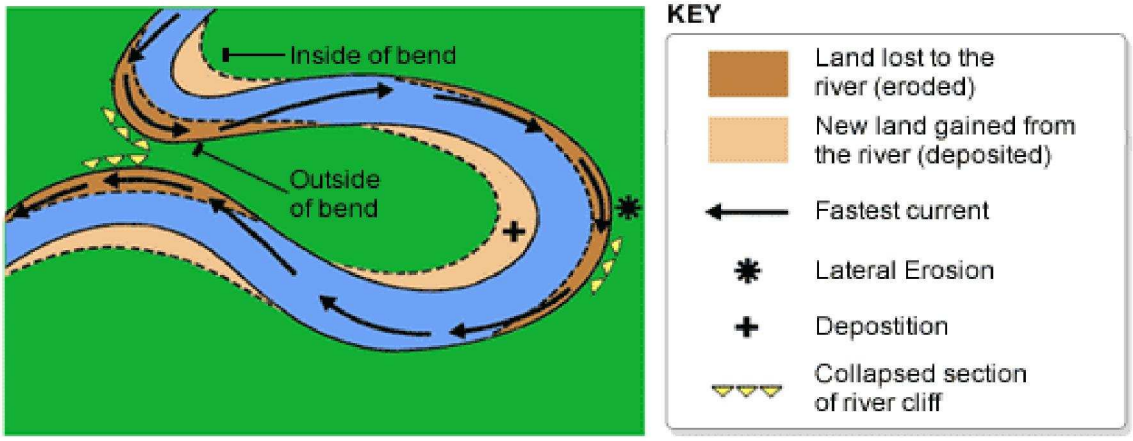


و فيما يلى إيجاز المراحل التى يتم فيها تقطيع الثنيات وتكوين الأشكال المرتبطة بها .

أ ـ تبدأ هذه العملية بظهور رقبة الثنية تفصل بين جانبين مقعرين نتجا عن النحت .

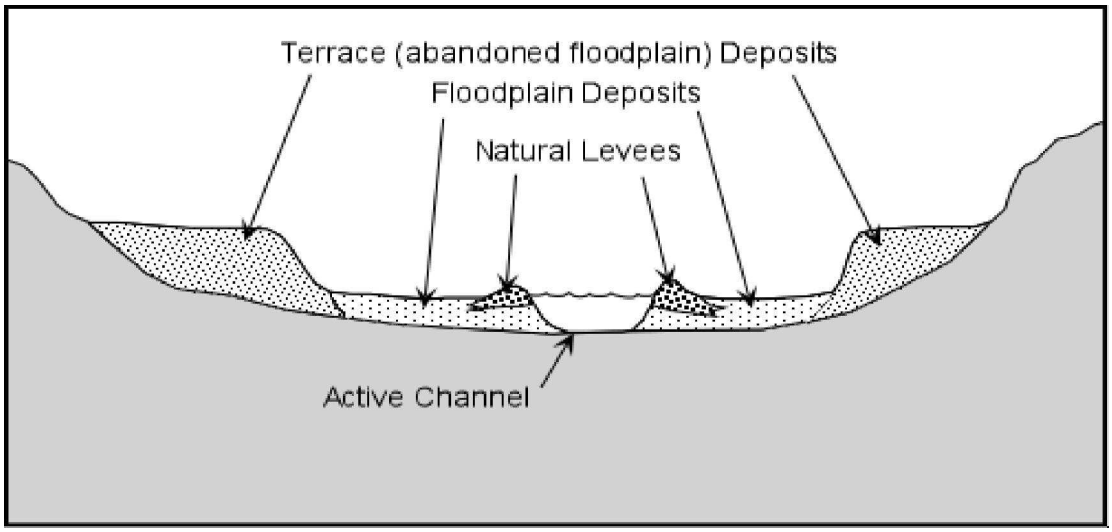
ب ـ اقتطاع الرقبة وتكوين جزيرة،يحدث ذلك عادة خلال فترات الفيضان .

جـ ـ يحدث إرساب على طول نهايتى اقتطاع الثنية حيث تتكون بحيرة هلالية ox - bow - lake قد تنضب مياهها بعد انفصالها عن المجرى النهرى وعدم تغذيتها بالمياه لتتحول فى النهاية إلى منطقة هلالية منخفضة عن سطح السهل الفيضى تعرف بعلامة الثنية تظهرها خطوط الكنتور فى الخرائط التفصيلية مثل خرائط ١ : ٢٥,٠٠٠ فى مصر والتى تظهر بها الكثير من علامات الثنيات وغيرها من الظواهر المرتبطة بتطور الثنيات على طول امتداد السهل الفيضى وعلى جانبى فرعى رشيد ودمياط .



أما السهل الفيضى: فهو عبارة عن المناطق المستوية والمتسعة على جانبى القناة المائية للنهر. حيث يحدث ترسيب نشط على جانبى النهر فى مرحلة الشيخوخة وذلك أثناء الفيضان، وحينما يحدث ذلك ترتفع الجوانب فيما يعرف بالسدود الطبيعية natural levees حيث تترسب المواد الخشنة فى أقرب منطقة من النهر، وكثيرا ما يفيض النهر بحيث تطغى مياهه على هذه السدود وتغرق السهل الفيضى وتترك رواسبها على سطحه، ومع تتابع عمليات الترسيب الدورية يتم تكون وتطور السهل الفيضى.

وإذا ما كان القطاع العرضى للسهل الفيضى يأخذ شكلا محدبا إلى أعلى، ففى هذه الحالة يمكن أن تكون رواسبه قد أتت فى معظمها من الحافات المجاورة،



حيث يقـوم النهر فى أثناء هجرته لمجـراه بنحت الرواسب التى كان قد رسبـها فى مرحلة سابقة،يضاف إليها كـما ذكر الرواسب التى تأتى بفعل الفيضانات الدورية أو الفصلية .

الأنهار الضفائرية Braided Streams :

عندما يكون النهر شديد السرعة، تزداد قدرته على حمل ونقل كميات كبيرة من رواسب القـاع من الرمال والمواد الأكـثر خـشـونة، ويمكن فى الوقت نفسـه الضغط على جانبيه بقوة من خلال سرعتـه الزائدة وحمولته الكبيرة فإذا لم تتمكن الجوانب من مقاومـة الضغط تنهار أو تغمر تماما بالمياه، وهنا تظهـر للنهر قناة مائية متسعة ومستوية وتظهر بها حواجز رملية bars تعوق التيار المائى، ولذلك يظهر قاع النهر فى فترات الفيضان فى شكل قنوات متعددة تتلاقى مع بعضها البعض وتتفرق فى شكل ضفائر ، وهذه القنوات تتحـرك بشكلٍ مستمـر بحيث تعطى نمطا متـعدد القنوات multichannel braided pattern .

وهذا النمط شـائع فى الأنهار التى يسـودها الإرساب وإن كـانت تحدث فى الأنهـار التى تنحت نحتـا سفليـا أو تكون فى حالة التـعادل، وتظهـر فى الظروف المناخيـة التى يسودها تبـخر سريع مع تسـرب المياه فى الأرض أو اسـتخدامـها فى الأغراض الزراعـية.

الدلتا النهرية :

تتكون الدالات عندما تضعف تمامـا سرعة النهر ويصبح غـير قادر على نقل حمولته من الرواسب وذلك عند دخوله إلى بحيرة أو انتهائه بساحل بحرى.

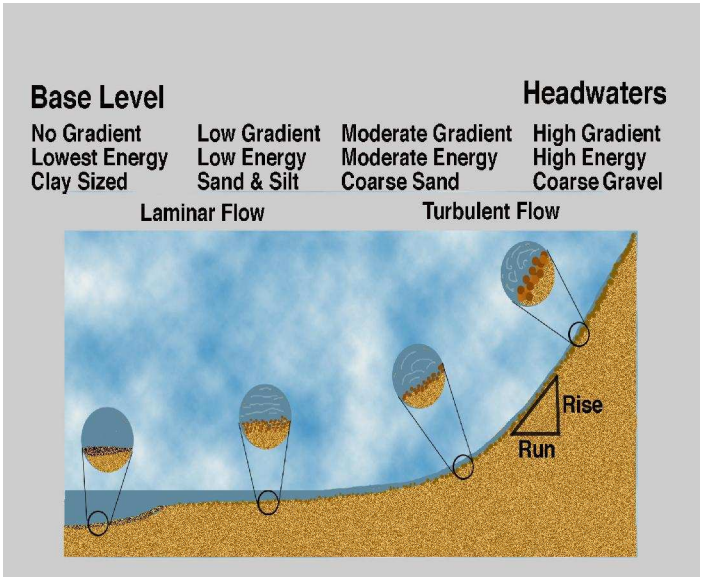
وتعمل مـياه البحـر المالحة بالإضافة إلـى ذلك على تلبد وتماسك flocculate جزيئات الطين لتصبح بذلك أثقل وزنا وتغوص بسهولة على القاع الضحل فى مياه

الشاطئ القريب، ويرى هولمز Holmes أن الكثافة النوعية للكتل المائية الثابتة stat-ic أو المتدفقة تعد عنصرا أساسيا فى تحديد شكل الدلتا، فلو كانت مياه النهر أكثر كثافة من مياه البحر أو البحيرة ـ ربما بسبب حمولتها الزائدة من المواد العالقة ـ فإنها تغوص أسفل مياه البحر أو البحيرة حاملة معها الرواسب الدقيقة لمسافة بعيدة نسبيا من خط الشاطئ وذلك فى شكل تيار هائج turbidity ولا تتبقى سوى الرواسب الخشنة لتكون الدلتا، أما إذا ما كانت العكس فإن المياه النهرية المحملة بالقليل نسبيا من الرواسب العالقة تنساب لمسافات كبيرة فوق الماء البحرى أو البحيرى الأكثر كثافة بسرعة أكبر ولمسافة أطول مثلما هو الحال فى نهر المسيسبى حيث المواد العالقة به قليلة نسبيا.

ويحدث على هوامش هذا الجريان المائى السطحى أن تقل السرعة ويحدث الترسيب وتنتج عنه رواسب وتراكمات accumlations جانبية من مواد تشكل حدودا واضحة للمياه الجارية فى شكل قنوات محددة المعالم، وعندما تغمر هذه الجوانب بالمياه أثناء الفيضانات الدورية تزداد حجما وتتشكل قنوات جديدة تأخذ شكلا يشبه قدم الطائر bird's foot pattern.

تتأثر الدلتا والسهل الفيضى عادة ببناء السدود والخزانات على النهر الرئيسى أو على روافده حيث تحتجز كميات ضخمة من الرواسب مما يؤدى إلى إعاقة نمو الدلتاوات بل كثيرا ما تتعرض قواعدها الممتدة على طول الساحل إلى التراجع بزيادة معدلات النحت البحرى ونقص كميات الرواسب القادمة مع مياه النهر.

ومن العوامل التى تقلل من كمية الرواسب القادمة إلى منطقة المصب فى أى نهر كثرة البحيرات على طول القطاع الطولى للنهر والتى تعد بيئات إرساب يفقد خلالها النهر جزءا من حمولته، وكذلك ظروف الجفاف فى منطقة الجزء الأدنى من النهر، بينما يعمل المناخ المطير على زيادة تصرف النهر وزيادة قدرته على حمل وتحريك الرواسب وزيادة كفاءته فى نقل الرواسب الخشنة والكبيرة الحجم.

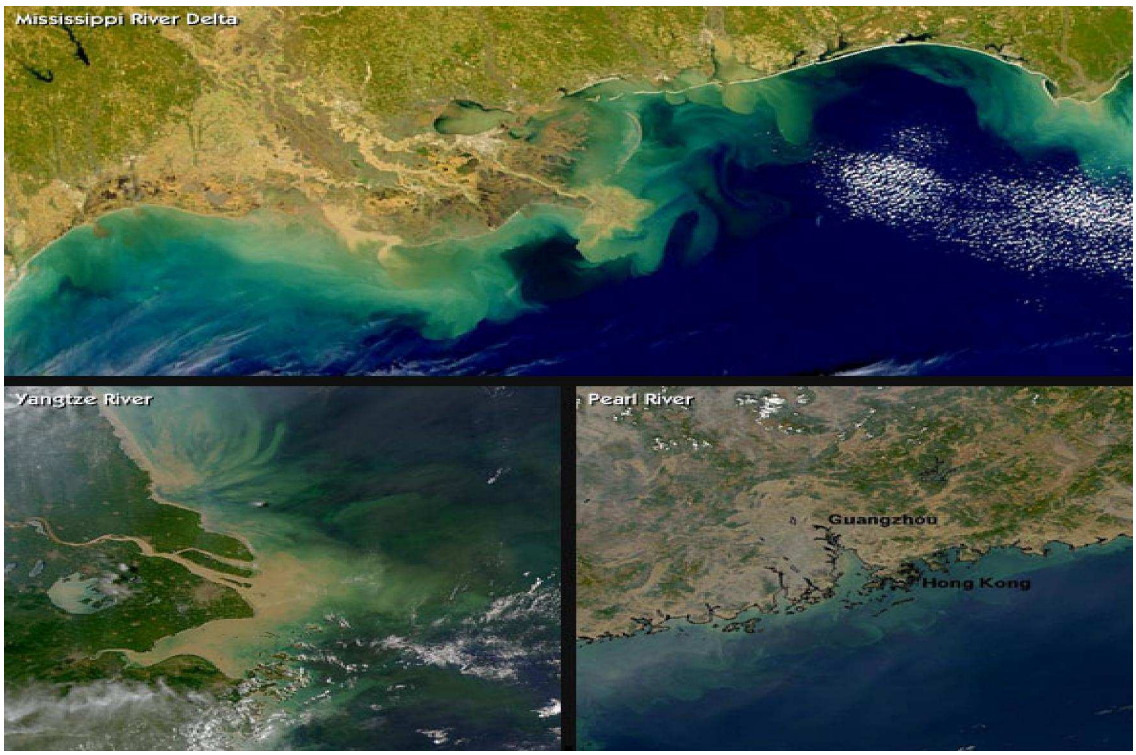


ولظروف البيئة الساحلية دورها الكبير فى التأثير على معدلات نمو الدلتا وتطورها، فالساحل الصدعى شديد الانحدار لا يساعد على تكون دلتا مهما كانت الرواسب القادمة بسبب الأعماق الكبيرة أمامه، مثال ذلك مصب نهر زائير الذى يبدو فى شكل مصب خليجى estuary وليس فى شكل دلتا بسبب الأصل الصدعى للساحل بجانب نشاط التعرية البحرية للساحل،

أما السواحل الإرسابية المنخفضة مثل سواحل خليج المكسيك أوساحل دلتا النيل فى مصر فإنها تساعد على تكون الدلتا وامتداد رواسبها لمسافات كبيرة على حساب تراجع البحر.

وتأخذ الدلتا أنواعا عديدة أهمها الدلتا ذات الشكل المروحى وهى أكثر الأنواع شيوعا، وعادة ما تتكون من رواسب خشنة مثل الرمل والحصباء، ومنها دلتا النيل ودلتا الكانج ودلتا نهر هوانجهو، والدالات الإصبعية وتتكون من رواسب دقيقة يتفرع خلالها النهر فى شكل قنوات قليلة التحرج بسبب شدة مقاومة الصخور الناعمة وتماسكها أمام عمليات النحت النهرى، ومنها دلتا المسيسبى،

ومن الدلتا المصبية estuarine التى تأخذ شكل خليج يتسع باتجاه البحر مصبات الأنهار المغمورة submerged rivers مثل أنهار أوب فى روسيا والفستولا فى بولندا ودلتا نهر زائير، وكذلك أنهار الساحل الشرقى فى الولايات المتحدة مثل نهر ساسكوينا، ودلتا نهر الميكونج على ساحل بحر الصين الجنوبى.



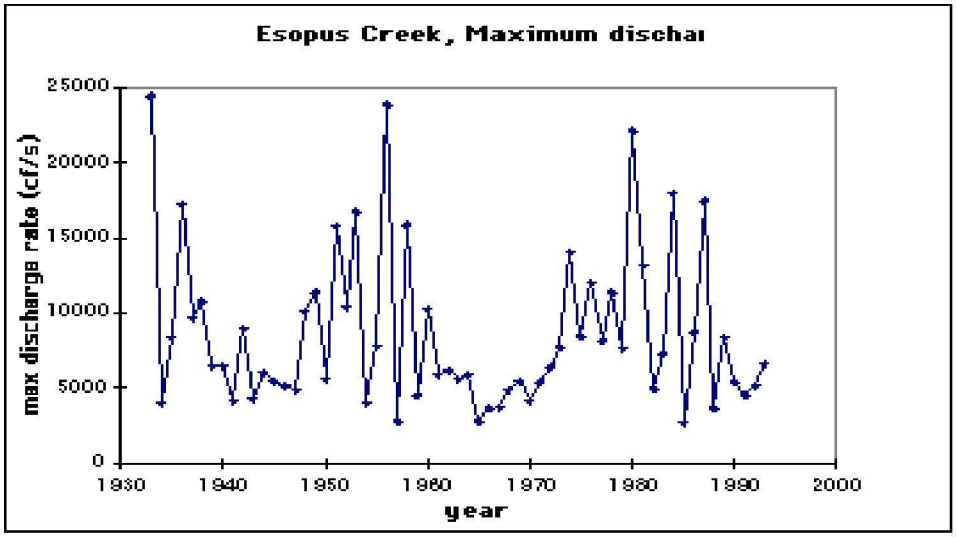
الفيضانات: Floods

الفيضانات إحدى الظواهر الطبيعية التي تنشأ بمعظمها عن زيادة التساقط او ذوبان الثلوج عن الحد الذي يمكن أن تستوعبه القنوات النهرية ،وقد عانت وما زالت تعاني العديد من المناطق في مختلف أرجاء المعمورة من هذا الخطر . وقد اوحت هذه الظاهرة الطبيعية للقدماء بان يبتدعوا العديد من الطرق لقياسها والتنبؤ بها ، حتى أنهم تقربوا إلى الله ليدرأ عنهم أخطارها ، بان قدموا القرابين للآلهة تتوسط بينهم وبين مقدار حصولها . يتفاوت مفهوم كلمة فيضان من مختص إلى آخر ، حيث ينظر عامة الناس وعلماء الجيومورفولوجي إلى الفيضانات بأنها حالة استثنائية تطغى فيها مياه الأنهار والجداول والسيول على الأراضي المحاذية لمجاريها الطبيعية بسبب زيادة التصريف المائي الناجم عن زيادة طارئة في التساقط او ذوبان الثلوج المتراكمة على بعض أجزاء حوض التصريف المائي .

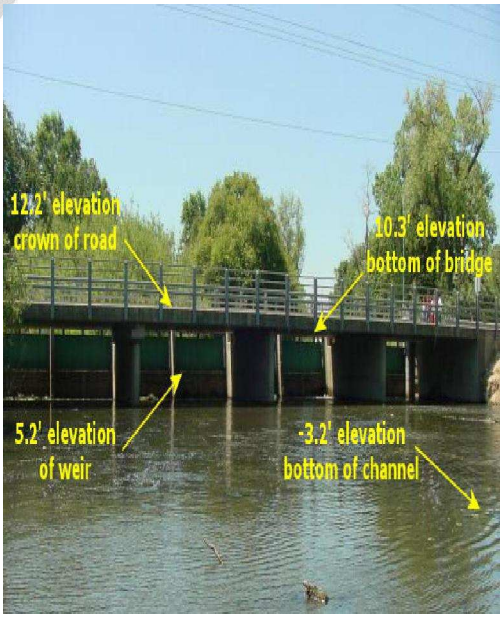
أما علماء الهيدرولوجيا فلهم تحديد أخر لمفهوم الفيضان يعتبر أي زيادة طارئة في التصريف المائي فيضانا . ويقدر عمر أقدم فيضان حصل على سطح الارض بنحو 3.8بليون سنة ، وآثار ذلك الفيضان استدل عليها من صخور الكنجلومريت في جزيرة جرينلند . أما أضخم فيضان تم التعرف عليه حتى الآن ،هو ذلك الفيضان الذي حصل قبل 12.000 -17.000 عام في منطقة شمال غرب الولايات المتحدة ، حيث انسابت أثنائه المياه من بحيرة (ميسولا) بمعدل 17 مليون م3/ث . وفي هذه الفترة كانت الجزيرة العربية تنعم بفترة رطبة . تعرف بحقبة العصر الجليدي الرابع الذي انتهى قبل 15000 سنة . ومن أشهر الفيضانات المعروفة لدى الإنسان وبتدبر أحداثها فيضان سيدنا نوح عليه السلام قبل 3000 سنة ، الذي يعتبر الحد الفاصل بين حقبة عصور ما قبل التاريخ وحقبة عصور مابعد التاريخ ، وقد غمر هذه الفيضان مساحة تقدر بنحو 40.000 ميل 2(6400كم2) حيث غمرت جميع المدن والقرى بمنطقة ما بين الرافدين ، وترك الرسوبيات من الغرين يقدر سمكها بنحو 11 قدما (330 سم) قرب أور وار يدو . ولا يغيب عن أذهاننا ما نشاهده عبر شاشات التلفاز من فيضانات تزهق بسببها أرواح العشرات فضلا عما تسببه من دمار البنى التحتية والممتلكات ، ويتركز خطر الفيضانات المدمرة حاليا بمنطقة الإقليم الموسمي بجنوب شرق أسيا المتمثلة بدول (الهند، الصين ،باكستان ،بنغلادش ،بورما ،تايلاند .....)

ما سبب حدوث الفيضانات ؟

الفيضانات تحدث في السهول الفيضية عند هطول الأمطار لفترات طويلة على مدى عدة أيام ،او هطول أمطار غزيرة خلال فترة قصيرة من الزمن ، أو انسداد مجرى النهر بالترسبات مؤدية إلى فيضانات في المنطقة المحيطة به . العواصف الرعدية الشديدة يمكن أن تتسبب في هطول أمطار غزيرة في فصلي الربيع والصيف ، أو الأعاصير الاستوائية يمكن أن تتسبب في هطول أمطار شديدة إلى المناطق الساحلية والداخلية في الصيف والخريف.

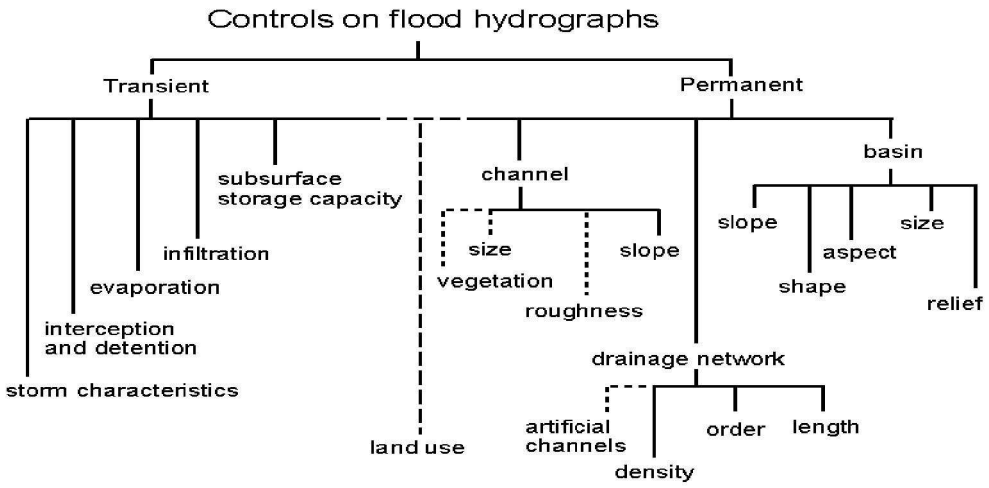


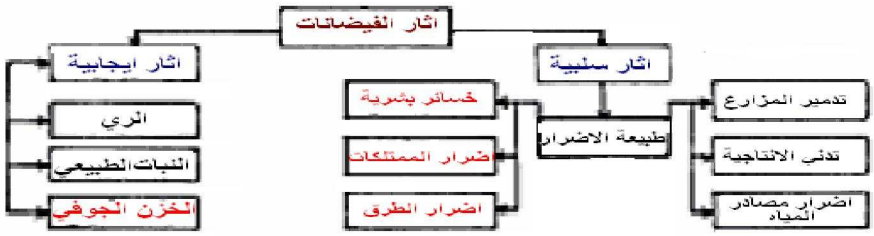
وقد تسبب السيول فيضانات، بعد فشل السدود من استيعاب كميات المياه الإضافية . كما إن عملية تحويل الأراضي من حقول أو أراضي مشجرة إلى طرق ومواقف للسيارات ، فإنه يفقد قدرة الأرض على ترشيح مياه الأمطار. والتحضر يزيد من نسبة المناطق غير النفاذة ، مما تسبب في حدوث سيول ذات تصريف أعلى من ما يمكن أن يحدث في التضاريس الطبيعية. وهناك عدة عوامل تساهم في حدوث فيضانات. اثنين من عناصر رئيسية هي كثافة الأمطار ومدتها وكذلك التضاريس وظروف التربة والغطاء الأرضي فلها أدوار هامة. معظم السيول تحدث بسبب بطء حركة العواصف الرعدية وحركتها ضمن المنطقة ذاتها.



الآثار الناجمة عن الفيضانات :

يبين الشكل (32) الآثار المترتبة على حدوث الفيضانات ، إذ يتضح من خلال الشكل أن للفيضانات آثار ايجابية وآثار سلبية . فقد كان قدماء المصريين يستغلون تلك الفيضانات لغايات الري وخزن مياه الفيضانات في رقع أرضية منخفضة يستغلونها عند تراجع مياه النهر ، كما أن طغيان مياه النهر على جوانب المجرى يؤدي إلى زيادة المخزون الجوفي في المنطقة ، حيث تتمتع السهول الفيضية بطاقة استيعاب عالية جدا ، وتتميز أيضا بنفاذيتها العلية ، كما تساهم الفيضانات في إنعاش النباتات الطبيعية المحاذية للمجرى ، فتزيد من كثافتها وتطيل من عمر بقائها ، بالاضافة إلى تزويد الترب المجاورة بالمخصبات الطبيعية التي تساعد على زيادة إنتاجيتها . وبالمقابل فان الفيضانات تدمر المزارع والممتلكات وتزهق الأرواح وتجرف التربة السطحية المنتجة ، وتخرب قوام التربة ونسيجها ، وتضيف أعباء كبيرة على المزارع عندما يعيد أرضه إلى سابق عهدها ، فقد تحتاج الارض إلى إضافة السماد الطبيعي اليها او تحتاج إلى إزالة الحجارة والى صرف المياه . وقد تنفق بسببها آلاف رؤوس الأغنام والماشية .





شكل ( ) الاثار المترتبة على حدوث الفيضان

طرق التحكم بمياه الفيضانات :.

تستخدم العديد من الطرق لدرء خطر الفيضانات نذكر منها :

1 ـ اقامة الضفاف :

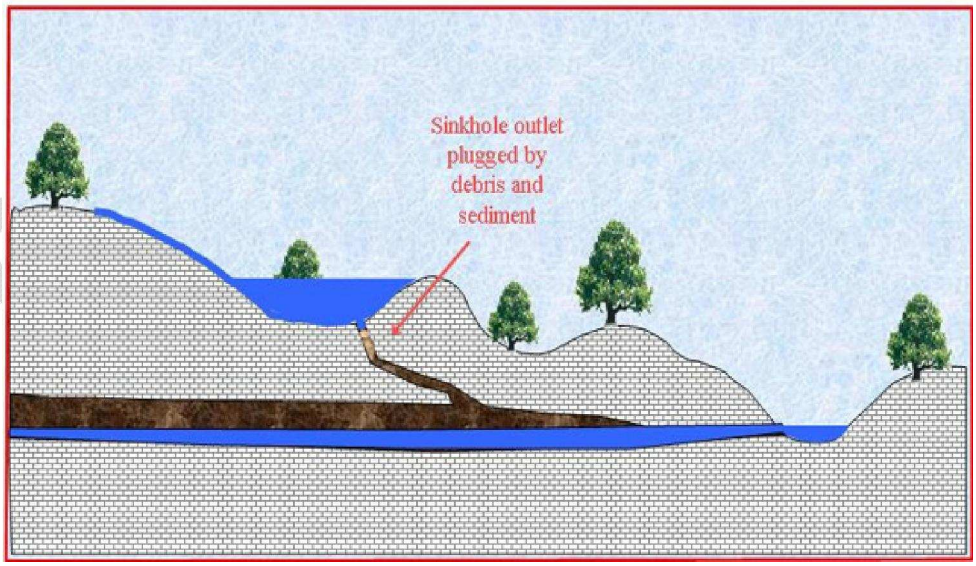
وهي عبارة عن حواجز في معظمها ركامية على شكل شريط مواز لمجرى السيل لمنع تغلغل مياه الفيضان إلى المناطق المجاورة . طبقت هذه الطريقة طيلة الحقب الزمنية التي مرت على حضارات ما بين الرافدين حتى عام 1956 ، حين تم إنشاء سد سامراء الذي حد نهائيا من الفيضانات المدمرة على مدينة بغداد .

2 ـ جدران الفيضانات

وهي حوائط إسمنتية تقام على ضفاف الأنهار المعرضة لارتفاع المناسيب المياه الجارية فيها ، والتي قد تشكل خطرا داهما على المناطق المحاذية لها . ومثل هذا الأمر نجده بنهر التايمز الذي يمر من قلب مدينة لندن وقد تكون هذه الحواجز معدنية تترك وفق آلية منظمة تتسق وحالات المد والجزر وارتفاع المنسوب بسبب التساقط او ذوبان الثلوج .

3 ـ نظام صرف الطوارئ

ويقصد به اقامة نظام خاص من القنوات تبدأ من جوانب الأنهار المعرضة لارتفاع مناسيبها بصورة فجائية ، حيث تعمل هذه القنوات على صرف المياه الزائدة وتحويلها إلى مجاري ثانوية او إلى بحيرات اصطناعية او طبيعية ، او إلى بالوعات كارستية لها طاقة هائلة على استيعاب المياه .



4ـ تنظيف المجاري المائية

لزيادة كفاءة القنوات النهرية على نقل المياه ، يجب زيادة مساحة مقطعها أما بتعميقها او بإزالة الإرسابات السائبة من القناة الرئيسية ، ويتم هذا الأمر عادة خلال فصل الجفاف او ما يسمى بالصيهود ، عندما يقل معدل التصريف المائي .

5 ـ تحديد مناطق الاستخدام الأنسب على جوانب القنوات النهرية (شكل 33). بحيث تحدد نطاقات الاستخدامات الزراعية والسكنية ،كما يتم تحديد المناطق التي يحظر استخدامها على الإطلاق ، وذلك للحد من خطر الفيضانات ما أمكن وتبنى هذه النطاقات على مبدأ تكرار الفيضانات وسنوات الرجوع .

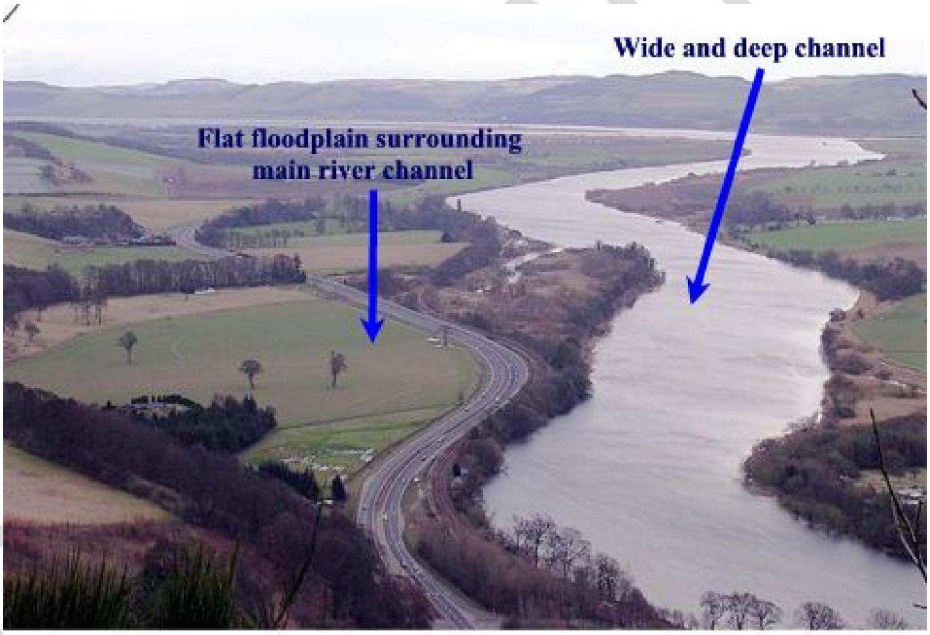
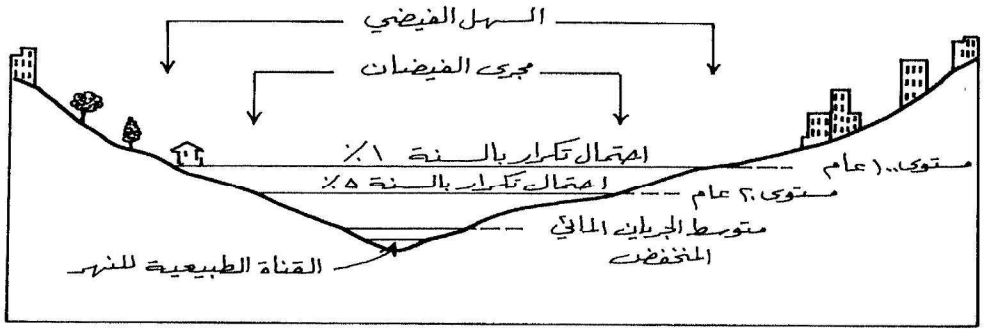


Photo Source:V Vannet - on www.geographyphotos.com

6 ـ اقامة نظام تحذير وتنبؤ متقن

تلجأ العديد من الدول التي تعاني من تكرار الفيضانات إلى اقامة نظم تنبؤ مكونة من شبكة رصد وإدارة مرتبطة بمحطات قياس لتصريف المائي ، مسيطر عليها جميعا من قبل محطات تحكم ورصد ، تتصل بقيادة الدفاع المدني والجيش والأمن العام ، تبث معلومات وبيانات مباشرة قد تكون مسموعة او مرئية .



شكل (33) نطاقات الأمان حول مجرى النهر وفق سنوات رجوع الفيضان

علامات المياه العالية والمنسوب High-water marks and stream stage

الأجهزة عالية التقنية ليست هي الأداة الوحيدة المستخدمة لتحليل معلومات تدفق الفيضانات. "خط البذور او القش" يمكن أن يساعد في تحديد مدى ارتفاع منسوب المياه أثناء الفيضان . أجهزة قراءة المنسوب يمكن أن تشير إلى مدى ارتفاع منسوب المياه خلال العاصفة ، ولكن لا يمكن أن يظهر مدى تأثير ارتفاع المياه التي حصلت في الأراضي المحيطة بها وإلى أي مدى غمر الفيضان أراضي الضفتين . و لتحديد هذا الأمر يمكن استخدام علامات المياه العالية التي حدثت أثناء الفيضان. إذا يمكن للهيدرولوجيين العثور على علامة المياه العالية ،على الأشجار أو صندوق البريد بعد العاصفة ، ثم تقارن المعلومات المجمعة مع بيانات المنسوب لتقدير حجم الفيضان في المناسيب المختلفة .

الصور أدناه توضح علامات مناسيب المياه العالية من خلال آثار الوحل على نبات كرمة اللبلاب المتسلقة على أشجار الصنوبر القريبة من ضفة النهر بالإضافة إلى التصاق أوراق الشجر والقش على أطراف شجرة الصنوبر المتدلية في مياه الفيضان أثناء موجة المد العالي . وهذه هي دلائل مناسيب موجة الفيضان .

وعلى ضوء ذلك يتم اخذ قرارات في التخطيط للمدن من حيث ارتفاع مناسيب الأسس ويمكن ملاحظة ذلك في الصورة أدناه ،إذ نجد في هذا البيت قد رفع الطابق الأول إلى ارتفاع ثلاثة أمتار استنادا إلى أعلى فيضان مرصود في المنطقة سابقا .

الطرق الإحصائية المستخدمة في التنبؤ :

عمد المهتمون بقضايا الموارد المائية والمشكلات البيئية إلى إتباع عدة سبل حاولوا من خلالها التوصل إلى طرق مختلفة يستطيعون من خلالها التنبؤ بحدوث الفيضانات وقد تنوعت هذه السبل بين أن تكون مختصة بالأجل الطويل (predict) والبعض الأخر مختص بالأجل القصير (forecast) .

طرق التنبؤ طويل الأجل :

تركز هذه الطرق على سنوات الرجوع واحتمال تكرار فيضان ما خلال فترة زمنية محددة وقد تنوعت تلك النماذج حسب اجتهاد أصحابها ويؤخذ على هذه الطرق ما يلي :

1- يمكن أن تحدث حالة نادرة بعد مضي فترة طويلة وقد تتكرر في أي وقت لكون الظاهرة الطبيعية تميل للتجمع خلال فترات زمنية متقاربة .

2- يؤدي الاعتماد على هذه التقنية من قبل عامة الناس إلى حصول أضرار جسمية نظرا لان بعض الحوادث يتوقع أن لا تتكرر أثناء جيل واحد ولكنها تتكرر بعد فترة وجيزة .

3 - تبنى هذه النماذج توقعاتها بناء على البيانات المتوفرة ، وسوف يطرأ على نتائجها الكثيرة من التغيرات باختلاف قيمة هذه البيانات مع استمرار وقائع الظاهرات الطبيعية كالأمطار .

4- في كثير من الحالات قد لا تتطابق نتائجها الاحتمالية ونتائج سنوات الرجوع .

ويلجأ البعض إلى استخدام تحليل السلسلة الزمنية او دراسة الفيضانات السابقة من خلال دلائل جيولوجية وجيومورفولوجية . كما تم تطوير العديد من النماذج الإحصائية المتقدمة في هذا المجال كالتحليل الطيفي والانحدار البسيط المتعدد .

فترة الرجوع والاحتمالية: Return Period and Probability

يُخطّطُ الهيدرولوجيون للأحداثِ المتطرّفةِ إذ يجب أنْ تُبْنَى السدود بمستوى عالي لاحتواء أو الحد من الفيضاناتِ المتطرّفةِ، بينما تُبْنَى الجسور على مستوى عالي بما فيه الكفاية للبَقاء فوق علامةِ الماءِ العاليةِ.

فترة الرجوع (T_r): فترة تكرار او عودة فيضان بحجم معيّن .

الإحتمالية (P) : فرصة وقوع الحدث ,(في أيّ سَنَة يقع مثل هذا الحدثِ مثلا مرة في فترة الرجوع) .

- احتمالية وقوع الحدث ..... $P = 1/Tr$

وعليه احتمالية عدم وقوع الحدث ..... $= (1 - p)$

- احتمالية عدم وقوع الحدث في السنوات القادمة: $P_n = (1 - p)^n$ و (n) تمثل عدد السنين .

مثال-1 : موجة فيضان بارتفاع 5 متر او أعلى تحدث مرة كل 10 سنة ، فما هو احتمال عدم وقوعها في 8 سنة القادمة ؟

$$p = \frac{1}{T_r} = 1/10 = 0.1$$

وعليه هنالك فرصة 43 % من عدم وقوع فيضان بموجة ارتفاعها 5 متر او أعلى ، بينما فرصة احتمال وقوعها يكون بنسبة 57 % .

مثال- 2 : عاصفة مطرية بشدة أمطار (30 ملم) و أعلى تحدث مرة كل 25 سنة ، فما هو احتمال عدم وقوعها في 15 سنة القادمة ؟

$$p = \frac{1}{T_r} = 1/25 = 0.04$$

$$P15 = (1 - 0.04)^{15} = 0.542$$

وعليه هنالك فرصة 54.2 % من عدم وقوع عاصفة مطرية بشدة (30 ملم) و أعلى ، بينما فرصة احتمال وقوعها يكون بنسبة 45.8 % .

مثال -3:

لغرض بناء جسر في مدينة باحتمالية مؤكدة لعدم حدوث فيضان بمستوى يحدث مرة كل 1000 عام قدرها 95% ، كم سنة قادمة تتوقع لحدوث هكذا فيضان لكي يصمم الجسر بحيث يكون مردود الجسر المادي اقتصادي (يغطي كلفة إنشاءه) .

$$p = \frac{1}{T_r} = 1/1000 = 0.001$$

$$Pn = 0.95$$

$$P_n = (1 - p)^n$$

$$n = \frac{\ln(P_n)}{\ln(1-p)} = \frac{\ln(0.95)}{\ln(0.999)} = 51\ years$$

هذا يعني يصمم الجسر للاستفادة منه خلال (51) سنة و يعتبر هذا العمر هو العمر التشغيلي له فإذا أردنا فترة إضافية ينبغي مضاعفة كلفة إنشاءه وبتصميم يؤهله للصمود أمام خطر الفيضان .

مثال -4 :

لتحديد الفترة الزمنية اللازمة لتكرار كمية معينة او أعلى منها ، نطبق المعادلة التالية بعد إن تكون قد رتبنا القيم تنازليا .

$T = (n+1) / m$, حيث إن :

T = الفترة الزمنية المتوقع تكرار كمية معينة من الأمطار فيها او تزيد عنها .

n= عدد سنوات السلسلة الزمنية .

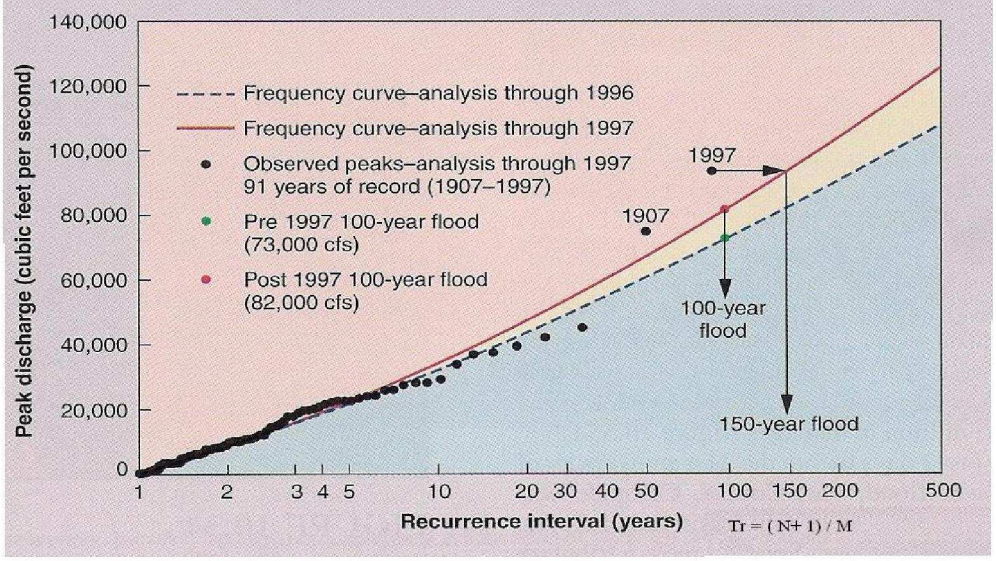
m= رتبة الكمية المقصودة بالنسبة إلى جميع الكميات الواردة في السلسلة الزمنية .

فلو كانت لدينا كمية من الأمطار تحتل المرتبة (10) ضمن سلسلة زمنية طولها (30) سنة فان عدد السنوات اللازمة /المتوقع تكرار هذه الكمية او أعلى منها هو :

$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد سنوات السلسلة} + 1}{\text{الرتبة}} = \frac{30 + 1}{10} = 3.1 \text{ سنة}$$

يهدف استخدام تقنية تحليل التكرار إلى رسم او تمثيل الحد الأعلى لبيانات التصريف المائي السنوي ، ومن ثم تقدير الاحتمال الأكثر واقعية لحصول جريان ما . تستخدم طريقتان في هذا المجال إحداها تأخذ بالحسبان فقط أعلى قمة في كل سنة بينما الطريقة الثانية تستخدم كل قمة ولكن الطريقة الأكثر استعمالا هي الطريقة الاولى (annual maximum series) . بحيث يتم ترتيب قيم القمم تنازليا وترقيمها وفق رتبها ثم تطبق عليها النماذج الرياضية المختلفة , الا أن الأمر أصبح معقدا ويصعب على البعض تطبيقها الا بالحسابات الالكترونية . وتتبنى الدول والمنظمات بعض هذه النماذج الإحصائية .

CONFIDENTIAL



تعتمد طريقة جمبل (Gumbel) في معظم الدراسات المتعلقة بالاحتمالية وسنوات الرجوع . وأسهل صورة تظهر بها معادلة (جمبل) هي على النحو التالي :

$$F = m / (n + 1)$$

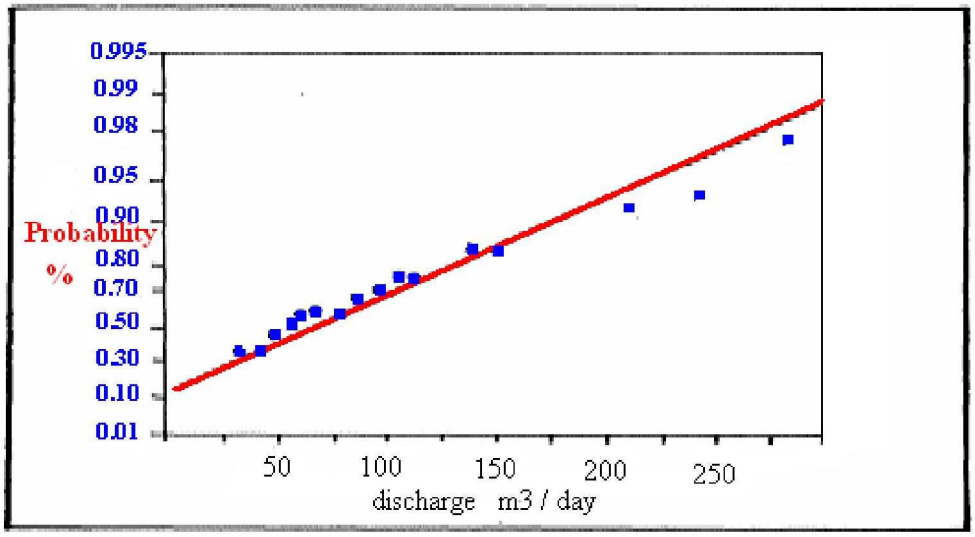
حيث أن :

F = سنة الرجوع او التردد

m = الرتبة

n = عدد السنوات (طول السلسلة الزمنية).

ويفضل البعض استخدام مفهوم احتمال حصول قمم تصريف مائي خلال فترة زمنية من استخدام عدد السنوات اللازمة لتكرار قمة ما . يبدو أن اعلي قمة لتصريف المياه من الزرقاء خلال 30 سنة (63/ 1993) هي 288م3/ث وان احتمال تكرارها في سنة ما هو 3.1 % وان احتمال عدم تكرارها سنويا يصل إلى 96.9 % . ويعد تطبيق المعادلة على سلسلة زمنية معينة لبعض الأنهار يجب أن تمثل النتائج على ورقة خاصة تدعى ورقة توزيع (جمبل) كما هو واضح في الشكل (35) إذ يوضح هذا الشكل تطبيق معادلة (جمبل) على سلسلة زمنية من التصريف المائي مدتها 30 سنة على محطة جسر جرش على نهر الزرقاء .



شكل (٣٥) احتمالية تكرار التصريف لنهر اعتمادا على توزيع جمبل

طرق التنبؤ قصيرة الأجل :

تعتمد هذه الطرق على بيانات آنية ومشاهدات سابقة وبعض المتغيرات المقاسة مثل مساحة الحوض والطبوغرافية ورطوبة التربة ، والغطاء النباتي ، ونوع الصخر ، وطبيعة التساقط وغير ذلك من المتغيرات التي يمكن من خلالها توقع كمية التصريف المائي وأحيانا قمته . وقد تم تطوير العديد من النماذج الإحصائية لهذا الغرض بالاستعانة بنماذج مخبريه .وتستطيع بعض هذا النماذج تقدير حجم التصريف المطري على مستوى العاصفة او على مستوى يوم واحد او على مستوى آني لحظة بلحظة . والذي يقوم بتسجيل البيانات المطرية ساعة بساعة ليوصلها مباشرة إلى محطات مراقبة محسوبة ، تقوم بتقدير المباشر . كما تستخدم حاليا بيانات مباشرة مستمدة من محطات رادارية تعطي وصفا عاما للمنخفض الجوي من حيث الشكل والعمق والامتداد ومن خلال مشاهدات سابقة ، يمكن التنبؤ بكمية الأمطار المتوقع سقوطها على الحوض ومن ثم تحويلها إلى جريان مائي من خلال معادلات خاصة بالحوض . مثل (Q= CiA) :

Q = قيمة التصريف المائي م3/ث .

i =كثافة التساقط المائي ملم /ساعة .

A= مساحة الحوض . كم 2.

C= ثابت

وهناك العديد من الطرق الحديثة التي بدأت الدول المتقدمة استخدامها للتخفيف من حدة الأعاصير والفيضانات مثل السفن القابعة في المحيطات والأقمار المتخصصة برصد الأعاصير التي تضرب بعض الدول .

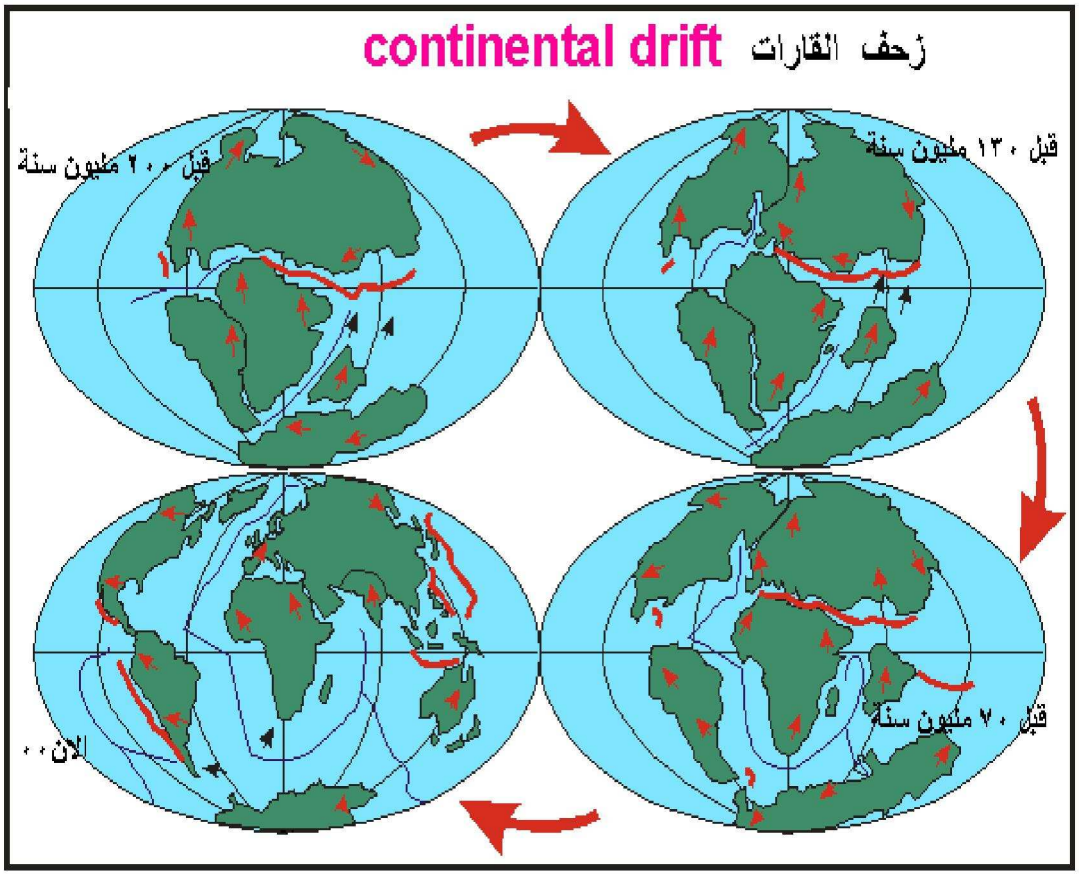
نشوء و تكوين البحار و المحيطات :

لغرض فهم و إدراك كيفية نشوء البحار و المحيطات لابد من توضيح بعض المفاهيم المتعلقة بتكوين هذه الأحواض .

تتألف الأرض من عدة طبقات تشمل القشرة الأرضية و الجبة و اللب الخارجي المائع و اللب الداخلي الصلد حيث تم تحديد التركيب الداخلي للأرض بطرق غير مباشرة من دراسات أبعاد الأرض ، الكثافة ، حقل الجاذبية ، حقل المغناطيس و بقايا النيازك بالإضافة إلى تغييرات سرعة الموجات الزلزالية و اتجاه حركتها في باطن الأرض .

تتألف القارات المحيطة بقشرة المحيطات من الصخور الكرانيتية و هي أقل كثافة من صخور قشرة المحيطات البازلتية . إن هاتين القشرتين مع الجزء العلوي من الجبة تؤلف الغلاف الصخري الذي يعوم على صخور الجبة المشوهة و إن الضغوط المتولدة بين مرتفعات القارات و أحواض المحيطات المنخفضة تكون بحالة اتزان بفعل التوازنات الوزنية الشاقولية بين صخور القشرة و صخور الجبة و هي ما تعرف بنظرية الاتزان (Isostasy). شكل و توزيع البحار و المحيطات في الوقت الحاضر له علاقة كبيرة بالوضع التكتوني للأرض تفسره عملية زحف القارات (شكل-2) واتساع قاع المحيطات، (شكل-3) . توجد عدة أدلة تثبت حركة الغلاف الصخري و تشمل ما يلي :-

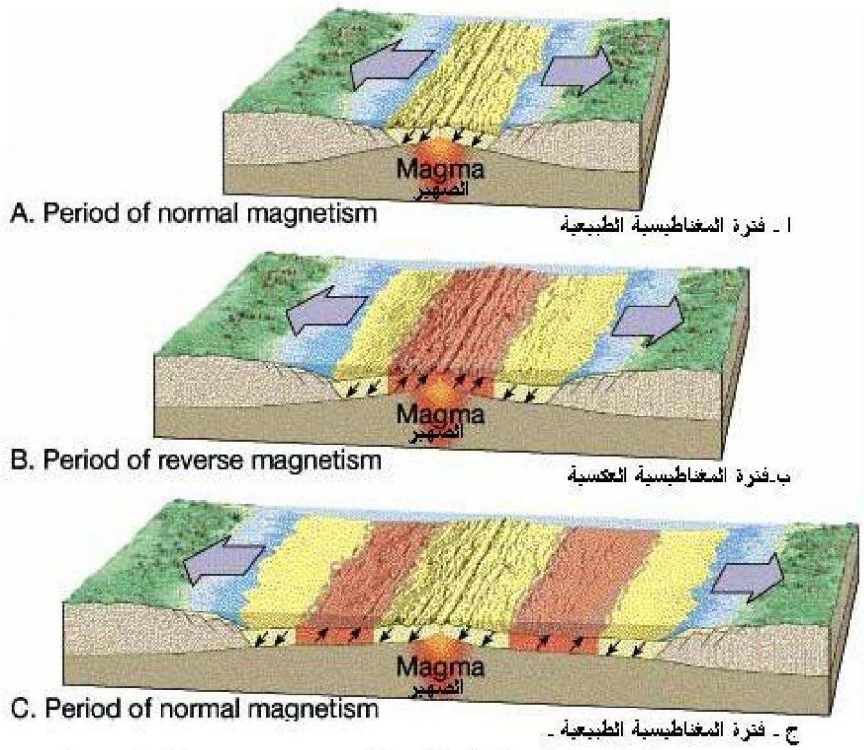
1- انطقة التطابق بين حافات القارات .
2- التشابه النسبي لسمك و نوع الرسوبيات على حافات القارات .
3-تشابه المتحجرات على حافات القارات .



شكل ( ) ٠ الزحف القاري وتكوين المحيطات

www.seafriends.org.nz.

و قد بينت الدراسات إن معدل انفتاح قاع المحيطات يبلغ(5) سم. في السنة . حيث شكلت انطقة التصدع (Rift zones) الفاصلة بين أحواض البحار و كتل الصفائح الأرضية (القارات) بينما أنتجت انطقة الهبوط (Subduction zones) الجزر القوسية و السلاسل الجبلية من خلال النشاطات البركانية و عمليات الطي . ساعدت علوم الغطس في البحار و المحيطات من خلال مشاريع و برامج المراقبة لقشرة المحيطات باستخدام الأجهزة التكنولوجية المتقدمة في تفسير الكثير من الظواهر العلمية المتعلقة بعلوم البحار و المحيطات .



www.alancolville.com. شكل ( ) : اتساع قاع المحيطات

البحار:MARINES

تخزين المياه في الجليد وعلاقته بالبحار:

الجليد جزء من دورة المياه التي تتميز بصفة التخزين طويلة الأمد قد تتجاوز الآف السنين و خاصة في جزءه السفلي . يتواجد90 في المئة من إجمالي الكتلة الجليدية العالمية في القارة القطبية الجنوبية و10 في المئة ضمن الغطاء الجليدي في جزيرة جرينلند . متوسط سمك غطاء الجليد يبلغ حوالي 1500 متر ، وقد يصل سمكه حوالي4300 متر .

شهد مناخ الأرض العديد من الفترات الدافئة ، مثل فترة عيش الديناصورات (قبل حوالي 100 مليون سنة مضت) والعديد من الفترات الباردة ، مثل العصر الجليدي الأخير قبل حوالي 18،000 سنة مضت و خلال العصر الجليدي الأخير) . ليس مجرد أن الماء في الغطاء الجليدي لا يتحرك يعني أن لا يكون له تأثير مباشر على الجوانب الأخرى من دورة المياه والطقس . بل انه يؤثر على درجات الحرارة وأنماط الرياح والتيارات البحرية والتي تؤثر على نظم الطقس .

بعض الحقائق عن الغطاء الجليدي وفقا لبيانات مركز الجليد الوطني :

- إذا ذابت كل الأنهار الجليدية حاليا فان مستوى سطح البحر سيرتفع حوالي نحو (70 مترا) .
- خلال العصر الجليدي الأخير (عندما كانت الأنهار الجليدية تغطي ثلث مساحة الأرض) فان مستوى سطح البحر كان على منسوب 122 متر أقل مما هو عليه اليوم .

- خـلال موجـة حـر ماضـية قبـل (125000) سـنة مضـت ، كانـت البحـار علـى منسـوب حـوالي (5،5 متـر) أعلى مما هي عليه اليوم .
- قبل نحو ثلاثة ملايين سنة مضت كانت البحار على منسوب يصل إلى (50.3) متر أعلى مما هو عليه الآن .

Stephens Glacier, Alaska.
Photo by Bruce Molina, USGS

مستوى سطح البحر والمناخ :

مستوى سطح البحر العالمي ومناخ الأرض مرتبطة ارتباطا وثيقا. مناخ الأرض قد ارتفعت درجة حرارته حوالي 1 درجة مئوية خلال السنوات المئة الماضية. حيث ارتفعت درجة حرارة الأرض في أعقاب انتهاء الفترة الباردة الأخيرة المعروفة باسم "العصر الجليدي الصغير" في القرن التاسع عشر، بدا مستوى سطح البحر بالارتفاع حوالي 1 إلى 2 ملليمتر سنويا بسبب ذوبان الجليد وانخفاض حجم الغطاء الجليدي والجبال الجليدية بالإضافة إلى التمدد الحراري لمياه المحيطات. إذا استمر الحال هكذا ، بما في ذلك الزيادة في درجات الحرارة العالمية الناجمة عن الاحتباس الحراري بسبب زيادة انبعاث غازات الدفيئة فإن العديد من الجبال الجليدية في العالم ستختفي ،الشكل ( ) يوضح تراجع الجبل الجليدي بسرعة منذ أوائل عام 1900. النقاط المؤشرة بالأسهم توضح مواقع الأنهار الجليدية في عام 1850 ، 1937 ، و 1968. الجبال الجليدية تعتبر مواقع ممتازة لمراقبة تغير المناخ . معظم الجليد على لأرض يقع في القطب الجنوبي و جرينلند . الذوبان الكامل للصفائح الجليدية يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر حوالي 80 مترا ، في حين أن ذوبان جميع الأنهار الجليدية يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر حوالي نصف متر.

دورات العصور الجليدية و ما بين العصور الجليدية :

إن علاقة مستوى البحر وما يتصل به من تغيرات مناخ في القرن الماضي بسيطة جدا مقارنة مع التغيرات الكبيرة في مستوى سطح البحر التي تحدث في المناخ بين الفترات الباردة والدافئة والتي هي جزء من الدورة الطبيعية لمناخ الأرض طويلة الأمد.

خلال الفترات المناخية الباردة ، والمعروفة باسم العصور الجليدية ، مستوى سطح البحر ينخفض بسبب التحول في الدورة الهيدرولوجية العالمية والتي تشمل تبخر الماء من المحيطات وتخزينه على القارات والصفائح الجليدية الكبيرة والقمم الجليدية الواسعة. مستوى سطح البحر العالمي كان حوالي 125 مترا تحت مستوى سطح البحر الحالي قبل 20،000 سنة مضت (فيربانكس ، 1989) .

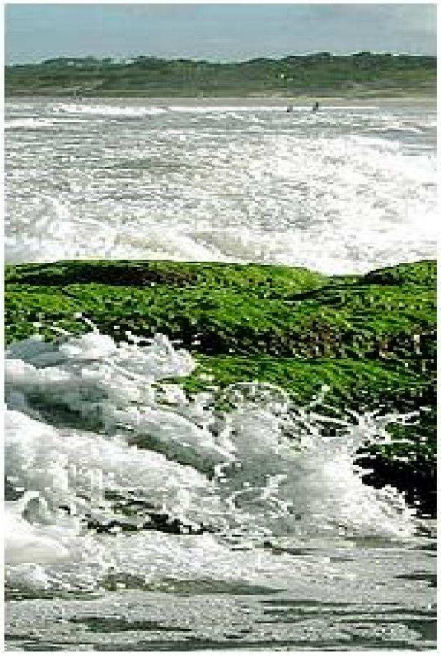
كما ارتفعت درجة حرارة الأرض ، وارتفع مستوى سطح البحر بسبب ذوبان الجليد في أمريكا الشمالية و أوراسيا ، وأمريكا الجنوبية و غرينلاند والقطب الجنوبي وعادت المياه لتخزن ثانية في محيطات العالم. ، ودعت العهود الجليدية مستوى سطح البحر وهو في أعلى مستوياته . مستويات البحار خلال فترة مابين العصور الجليدية السابقة أعلى من مستوى البحر الحالي بحوالي 3 إلى 20 مترا . الدليل يأتي من مظاهر مدرجات الساحل القديم المتكون بسبب فعالية الأمواج (الشكل-).

<u>المناخ و علاقته بعلوم المحيطات :</u>

ترتبط العلوم البحرية بالمعلومات المناخية ارتباطا وثيقا من خلال تحديد الظواهر العلمية و التعرف عليها مثل :-

1- تكوين الأمواج و التيارات البحرية و أثرها على الأرصفة القارية و الجزر البحرية ، (شكل -4).
2- تكوين الجليد و ذوبانه و علاقته بمستوى منسوب المياه و ملوحة مياه البحار ، (شكل - 5) .
3- الملاحة البحرية و أثرها على الإنسان .
4- الحياة البحرية و البيئية .
5- العواصف و الأعاصير البحرية و حماية الشواطئ .

يتألف الغلاف الجوي من خليط من الغازات التالية : النتروجين و الأوكسجين بنسبة (99%) من مكوناته و الباقي يتوزع على بخار الماء (و الذي منه تتكون الغيوم ضمن طبقة التروبوسفير حيث تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاعات) و الاركون ، النيون ، الهليوم ، الهيدروجين ، زينون ، ثاني اوكسيد الكربون ، الميثان و الأوزون الذي يتواجد ضمن طبقة الستراتوسفير حيث تتميز طبقة الاوزون بقابلية عالية لامتصاص الإشعاعات فوق البنفسجية المؤثرة في حياة الكائنات الحية .



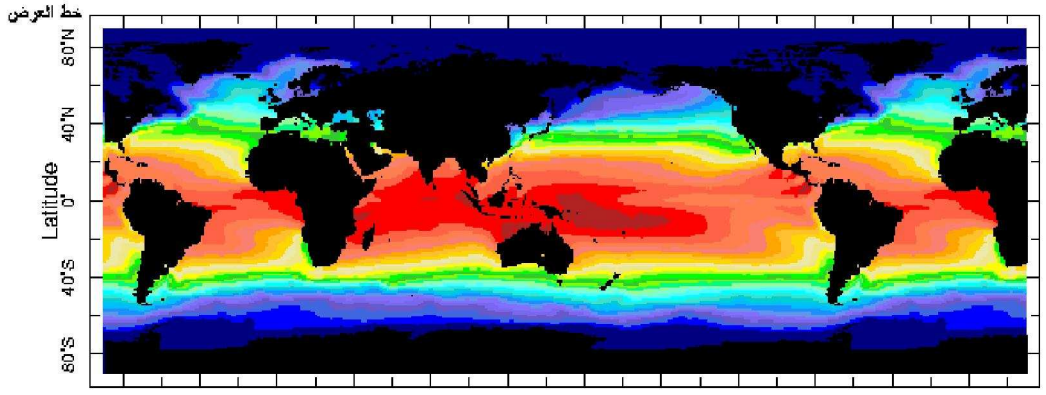
شكل ( ) : ذوبان الجليد و علاقته بمنسوب مياه المحيطات .

الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة :

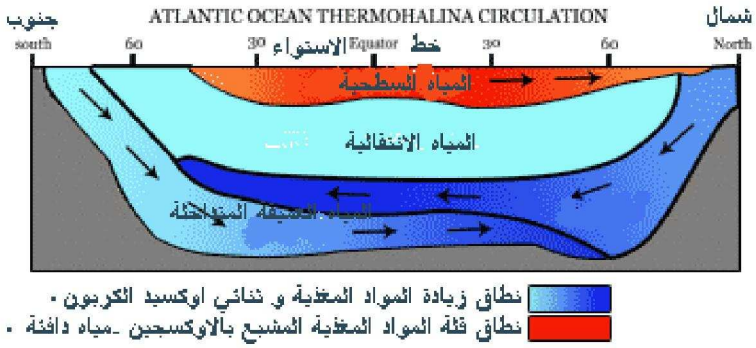
تختف شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض اعتمادا على توزيع خطوط العرض . يكون معدل الإشعاع الحراري الشمسي الداخل و الخارج إلى / ومن سطح الكرة الأرضية (القاري و البحري) بحالة توازن طبيعي بفعل الموازنة الحرارية الناتجة بين الغلاف الجوي و المائي و الصخري و الحيوي من خلال عمليات الانعكاس و الانبعاث الحراري و التبخر و التوصيل الحراري التماسي و الامتصاص بين هذه الأغلفة .

هذا لا يعني عدم وجود تغيرات مناخية فصلية و يومية في بيئات القارات أو المحيطات أو الاثنين معاً ، إذ تقوم الرياح و التيارات البحرية بنقل الحرارة بين البحار و المحيطات ضمن موديل الدورة الهيدرولوجية (دورة الماء في الطبيعة) و الموازنة المائية و التي تشمل التبخر و الحرارة ، و الشكل (6) ، يوضح خارطة التوزيع الحراري في مياه المحيطات .

و إن المحيطات تكسب و تفقد كميات كبيرة من الحرارة ضمن تذبذب بسيط بدرجة الحرارة ،علما إن طاقة استيعاب المحيطات للحرارة عالية مقارنة بالمناطق القارية و الغلاف الجوي . تنتقل الحرارة الممتصة على سطح المحيطات إلى أعماق البحار بفعل عملية الامتزاج الميكانيكي للمياه مما تسبب انخفاض ملحوظ في التغيرات الحرارية على سطح المحيط ، (شكل- 7) .



شكل ( ) ، خارطة توزيع درجة حرارة سطح البحر



شكل ( ) ، دورة الاملاح و الحرارة في المحيط الاطلسي g_ocean_thermohalina ،

الرياح و الضغط الجوي :

تعرف الرياح على إنها حركة الهواء الناتجة من اختلاف انطقة الضغط الجوي المتولدة من انطقة الهواء مختلفة الكثافة و التي بدورها تعتمد على درجة الحرارة و محتواها من بخار الماء .

إن تسخين وتبريد الهواء في الغلاف الجوي و اكتساب و فقدان بخار الماء له علاقة بالمؤثرات التالية :-

1- التوزيع التفاضلي للطاقة الشمسية على سطح الأرض .

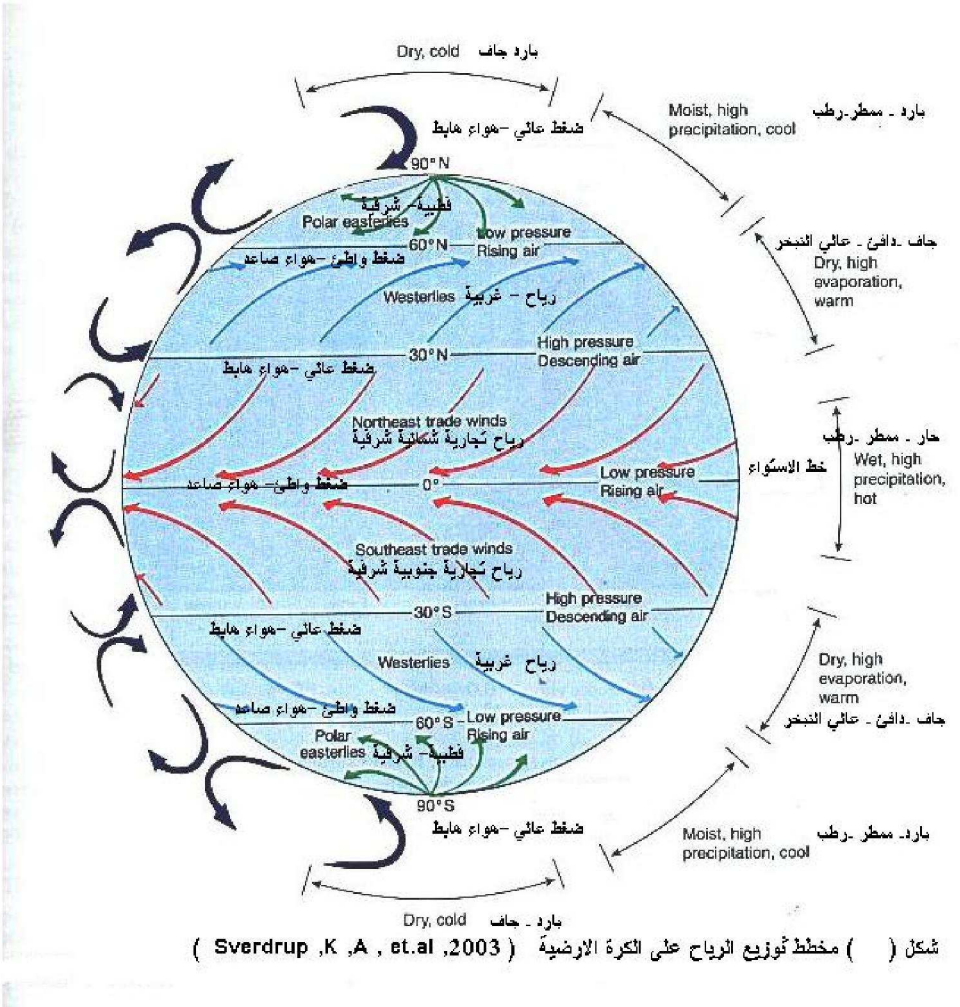
2- وجود أو عدم وجود المياه .

3- التغيرات الحرارية في مكونات القشرة الأرضية المرتبطة بمصادر الطاقة الحرارية الجوفية .

و جميعها تؤثر في توزيع كثافة الهواء و بناءا على الافتراضات أعلاه فإن الرياح يجب أن تتحرك من المناطق القطبية باتجاه المناطق الاستوائية و لكن القوة الطاردة المركزية الناتجة من الحركة الدورانية للأرض تلعب دورا أساسيا في توزيع اتجاهات حركة الرياح على سطح الكوكب بالإضافة إلى التغيرات في الضغط الجوي .

تقع انطقة الضغط الجوي المرتفع في المناطق القطبية و حول دوائر العرض(30˚) في نصفي الكرة الأرضية الشمالي و الجنوبي ، بينما تقع انطقة الضغط الجوي المنخفض في المناطق الاستوائية و حول دوائر العرض (60˚) في نصفي الكرة الأرضية . يتحرك الهواء ضمن الغلاف الجوي بشكل خلايا دورا نية بيضاوية معتمدا على أسس اختلاف كثافة الهواء و درجة الحرارة و الضغط الجوي و تتحرك بالميكانيكية التالية :

يرتفع الهواء في المناطق الاستوائية إلى أعالي الغلاف الجوي منعطفا نحو المناطق المدارية عند دوائر العرض(30˚) شمالا و جنوبا بينما تتحرك كتل الهواء السطحية الباردة نسبيا نحو المناطق الاستوائية ، و هي ما تعرف بالرياح التجارية . وكذلك تتحرك كتل الهواء السطحية الباردة من المناطق القطبية باتجاه المناطق المدارية عند دوائر العرض (60˚) و هي ما تعرف بالرياح الشرقية في نصفي الكرة الأرضية الشمالية و الجنوبية (شكل- 8) ،و أخيرا لابد من الإشارة إلى إن الغيوم تتحرك بفعل طاقة الرياح التي تؤثر في توزيع الأمطار على سطح الكرة الأرضية(القارية و البحرية)،وبالتالي تؤثر في توزيع معدلات الملوحة لمياه المحيطات .

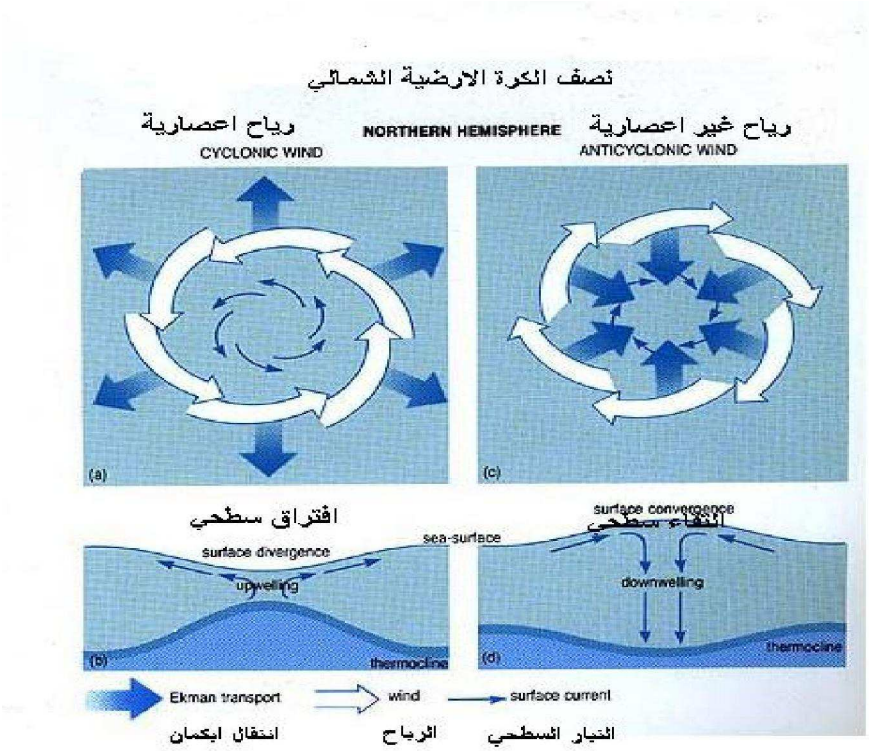


شكل ( ) مخطط توزيع الرياح على الكرة الارضية (Sverdrup ,K ,A , et.al ,2003)

بنية مياه البحار و المحيطات :

تسيطر عملية امتصاص و تبادل الطاقة بين الغلاف الجوي و سطح البحر على خصائص مياه البحر السطحية . إن عملية تبادل الطاقة الحرارية على سطح البحر تعدل درجة حرارة و ملوحة المياه السطحية و تؤثر في كثافة المياه فكلما ازدادت درجة الحرارة قلت كثافة المياه . و تزداد ملوحة مياه البحر بزيادة التبخر أو انجماد المياه البحرية (تكوين الجليد) و تقل ملوحة المياه بزيادة كمية الأمطار و تصريف المياه السطحية عبر الأنهار أو نتيجة ذوبان الجليد .

عندما تمتزج نوعيتين للمياه لها نفس الكثافة و لكنها مختلفة الحرارة و الملوحة فإنها تنتج مياه مختلطة تقع على خط الامتزاج بينها و لها كثافة أعلى من كثافة المياه الأصلية ، تسبب غوص المياه إلى أعماق البحر و حسب درجة كثافتها و هذه العملية تعرف ب (caballing) و تحدث في مياه المحيطات المتحركة باتجاه نطاق التقائها ، (شكل- 13) . ينتج عن مياه المحيطات ذات الكثافات المختلفة حركة شاقولية باتجاه الأسفل Down welling ناقلة الأوكسجين إلى الأعماق ، أما الحركة الشاقولية باتجاه الأعلى Upwelling فإنها تقوم بنقل ايونات النترات و الفوسفات و السليكات من أعماق البحار إلى السطح .

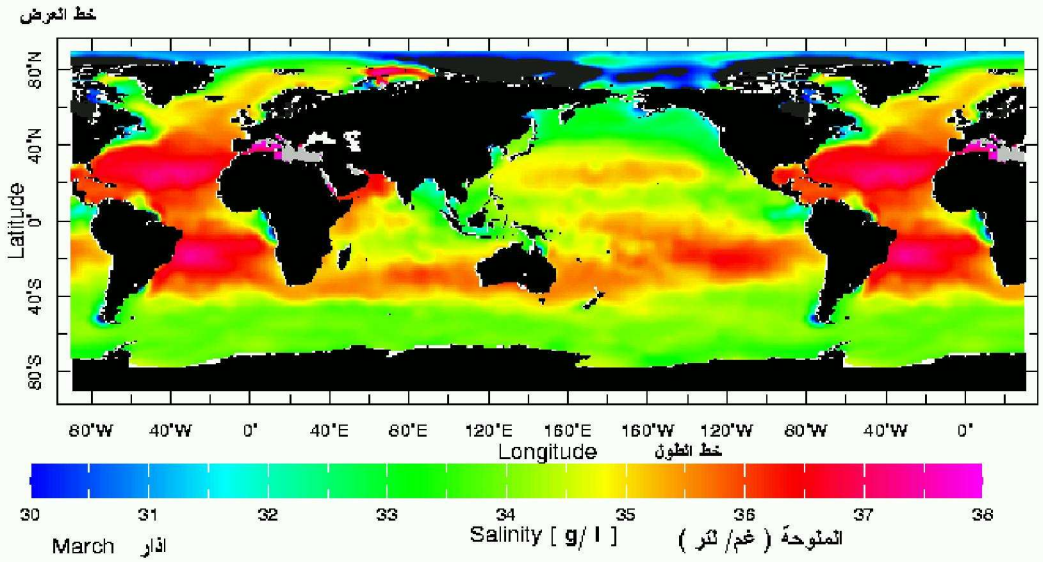


شكل ( ). امتزاج المياه البحرية الشاقولي (باتجاه الاعلى و الاسفل) .

www.ou_p59 .com

الصفات الكيميائية لمياه البحار و المحيطات :

المياه البحرية قليلة القاعدية و تتراوح قيم PH بين (7.5- 8.5) ، بلغ معدل قيمة PH للمياه البحرية في كل المحيطات و على كافة الأعماق حوالي(7.8)و يبقى الأس الهيدروجيني للمياه البحرية تقريبا ثابت بسبب فعالية ثنائي اوكسيد الكربون على إحداث التوازنات الكيميائية من خلال اكتسابه أو طرحه ايون الهيدروجين و تكوين ايونات البيكاربونات و الذي يجنب المياه البحرية من التغييرات الكبيرة و المفاجئة في حمضية أو قاعدية المحاليل المشبعة و هنا يعمل ثاني اوكسيد الكربون كعمل مخفف الصدمات في الأجزاء الميكانيكية المتحركة . معدل ملوحة مياه البحار و المحيطات هو(35000) ملغم/لتر و تتغير ملوحة المياه البحرية السطحية مع خطوط العرض حيث تتأثر بعوامل المناخ من تبخر و أمطار و انجماد و انصهار الجليد و الشكل ( ) يوضح خارطة توزيع الملوحة في البحار و المحيطات حيث نجد إن الملوحة تزداد في المناطق الاستوائية و المدارية و تقل في المناطق القطبية .



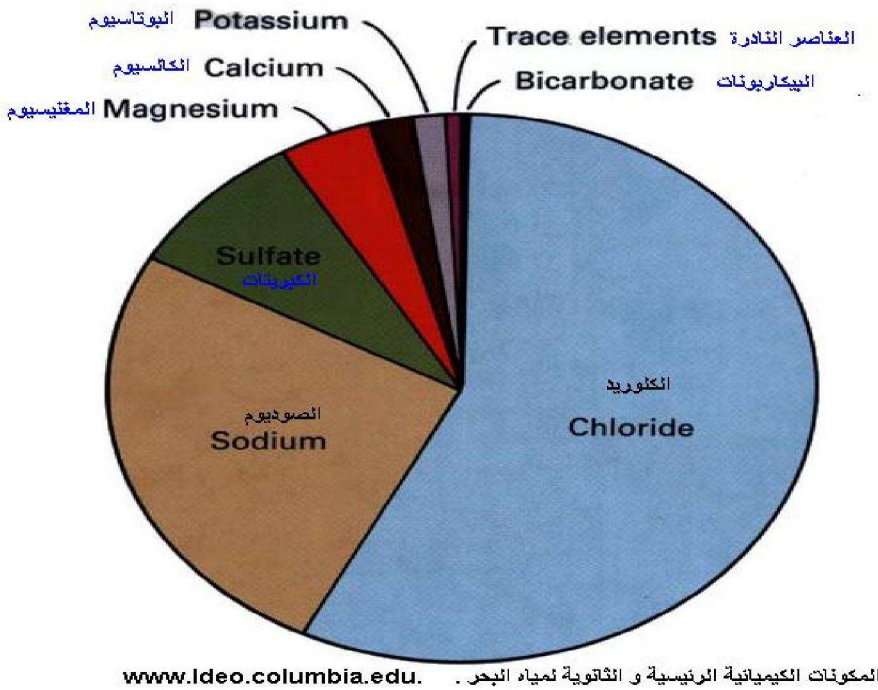
شكل ( ). خارطة توزيع المئوية في البحار والمحيطات . www.ldeo.columbia.com

الأملاح الذائبة في مياه البحر توجد بشكل ايونات موجبة و سالبة فالايونات الموجبة (الكاتيونات) متمثلة بالبوتاسيوم و الصوديوم و المغنيسيوم و الكالسيوم بينما تتمثل الايونات السالبة (الانايونات) بايون الكلوريد و الكبريتات و البيكاربونات حيث تشكل هذه الايونات نسبة(99 %)من مكونات المياه البحرية ، أما العناصر النادرة فإن نسب تراكيزها واطئة و هي مهمة بشكل جزئي في حياة الكائنات البحرية . جدول ( )، (شكل- 12) .

جدول ( ) المكونات الكيميائية الرئيسية لمياه البحر

المكونات	الرمز	النسبة المئوية%	التركيز ملغم/تر
بوتاسيوم	K^{+}	1.1	390
صوديوم	Na^{+}	30.62	10760
مغنسيوم	Mg^{+2}	3.68	1290
كالسيوم	Ca^{+2}	1.17	410
كلوريد	Cl^{-}	55.07	19350
كبريتات	$SO4^{=}$	7.72	2710
بيكربونات	HCO_3^{-}	0.40	140
بروميد	Br^{-}	0.19	67
سترونشيوم	Sr^{+2}	0.02	8
بورون	B^{+3}	0.01	4
فلوريد	F^{-}	0.01	1

أغلب الايونات الموجبة و السالبة مصدرها تجوية و تعرية صخور القشرة الأرضية و المنقولة عبر الأنهار بالإضافة إلى ما تقوم به الانفجارات البركانية من إضافات لبعض الايونات من خلال تفاعل الغازات مع المياه . و لكون بقاء معدلات ملوحة المياه البحر ثابتة لذاك فإن الأملاح الداخلة إلى البحار يجب أن تتوازن عن طريق إزالة تلك الأملاح عن طريق ترسيب الصخور الجيرية و الفوسفاتية و السليكية أو الجيرية أو المتحجرات من أملاح كلوريدية أو كريناتية الخ .
نسبة تركيز أحد الايونات الرئيسية إلى آخر تبقى ثابتة في مياه المحيطات المفتوحة و قد تتغير في بعض المناطق الشاطئية و المناطق ذات النشاطات البيولوجية .



شكل ( ) : المكونات الكيميائية الرئيسية و الثانوية لمياه البحر . www.ldeo.columbia.edu.

درجة تشبع المياه البحرية بالغازات الذائبة يعتمد على الملوحة و درجة الحرارة و الضغط و يضاف ثنائي اوكسيد الكربون إلى المياه البحرية من الغلاف الجوي و من خلال سطح البحر و كذلك من خلال التعرق و التحلل البيولوجي و على كافة الأعماق ،كما ينخفض تركيز ثنائي اوكسيد الكربون نتيجة التركيب الضوئي الذي تقوم به النباتات البحرية و الذي يقابله اغناء في تركيز الأوكسجين الذائب في المياه و الناتجة من تأثير عملية التركيب الضوئي .
أهمية المكونات الكيميائية تأتي من خلال عمليات تكوين الصخور الرسوبية الجيرية و الفوسفاتية و السليكاتية بالطرق الكيميائية و البايو- كيميائية و التي تم الإشارة إليها في فقرة ترسبات قاع البحر .كما إن المكونات الكيميائية تدخل في تركيب هياكل و أصداف الكائنات البحرية و التي تعتبر عنصر مهم من عناصر البيئات البحرية .
إن ملح الطعام و أملاح البرومين و المغنيسيوم تستخلص من مياه البحر و بشكل اقتصادي أما بقية العناصر فإن استخلاصها ليس اقتصاديا كما إن إنتاج المياه العذبة من خلال عملية تحلية مياه البحر بالطرق المتعددة منها التقطير و التبادل ألايوني و الضغط الاوزموزي هي من العمليات الاقتصادية لبعض البلدان ذات الاقتصاديات الكبيرة و التي تعاني من شحة المياه الصالحة للشرب .