علم المياه Hydrology

د. عاصم احمد حسن

الهدف من المقرر:

التعرف على **علم المياه Hydrology** ، اهميته، فروعه، تطبيقاته ودوره في تنمية وتطوير مصادر المياه والعمليات الهيدرولوجية المختلفة التي تحدد حركة المياه وتوزيعا ودورتها وكذلك تقدير كمياتها والحفاظ على نوعيتها باتباع الوسائل العلمية المختلفة للتخطيط لاستخدام مصادر المياه السطحية والجوفية والحفاظ على ديمومتها باعتبارها ثروة مهمة.

مفردات المقرر :

الفصل الاول : مقدمة (Introduction)
الفصل الثاني: الهطول او السقيط (Precipitation)
الفصل الثالث: السحوبات من السقيط (Abstraction from Precipitation)
الفصل الرابع: السيح (Run-Off)
الفصل الخامس: الهيدروغراف (Hydrograph)
الفصل السادس: الفيضان (Floods)
الفصل السابع: استتباع الفيضان (Flood Routing)
الفصل الثامن: المياه الجوفية (Ground Water)

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

المصادر:

1. **الهيدرولوجيا ومبادئ هندسة الري، د. محمد عبد الرحمن الجنابي ، د. فاروق الفتياني**
2. **الهيدرولوجيا الهندسية: ترجمة د. نزار علي سبتي، د. لبيب خليل اسماعيل**

1. Engineering Hydrology by E.M. Wielson

2. Advanced Hydrology by V.T. Chow

3. Engineering Hydrology byR.K. Linsley

4.Ground water Hydrology by Todd
5. Physical Hydrology by S. Lawrence, Dingman

الفصل الاول: مقدمة Introduction

علم المياه (الهيدرولوجي) Hydrology :

هو أحد فروع علم الارض الذي يهتم بدراسة المياه من حيث تكوينها وخصائصها وحركتها ودورتها واستخدامها وتوزيعها فوق سطح الارض وفي الغلاف الجوي لهذا يتناول بصورة اساسية مياه المحيطات و البحار و الانهار و الهطول Precipitation بكافة أنواعه (المطر و الثلج و الحالوب) بالاضافة الى المياه الجوفية.

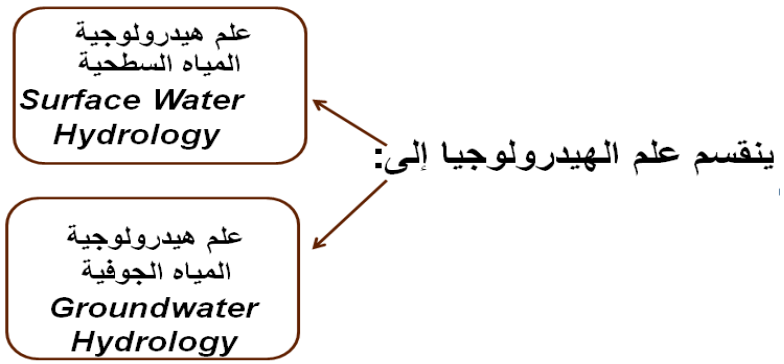
و لكون هذا العلم واسع و متشعب فإنه يتعامل مع علوم أخرى لها علاقة مباشرة بهذا العلم منها علم الانواء الجوية Metrorology و علم المحيطات Oceanography اضافة الى الاحصاء و الكيمياء و الفيزياء.

اهمية علم المياه:

المياه هي واحدة من اهم المصادر الطبيعية الضرورية للحياة والصناعة والزراعة ولتوليد الطاقة. ان حوالي 97.2% من المياه هي مياه مالحة موجودة في البحار والمحيطات وحوالي 2.8% هي مياه عذبة ومن هذه المياه العذبة حوالي 2.2% موجودة كمياه سطحية و 0.6% كمياه جوفية مع العلم ان 2.15% من المياه السطحية العذبة تتواجد بشكل جليد في المناطق القطبية ومايتبقى هو فقط 0.01% مياه عذبة في البحيرات والانهار وماتبقى 0.04% يتواحد باشكال اخرى، من جهة اخرى فانه فقط 0.25% من المياه الجوفية يمكن استخراجها بشكل اقتصادي. من هنا تبرز اهمية علم المياه في ادارة موارد المياه اللازمة للحياة و للزراعة والسيطرة على الفياضانات وحركة الملاحة واضافة الى توفير مصادر بديلة للطاقة.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

اقسام علم المياه:



علم هيدرولوجية المياه السطحية Surface Water Hydrology:

يتناول حركة، وتوزيع، وخصائص المياه فوق سطح الأرض.

امثلة على تطبيقات علم هيدرولوجية المياه السطحية:

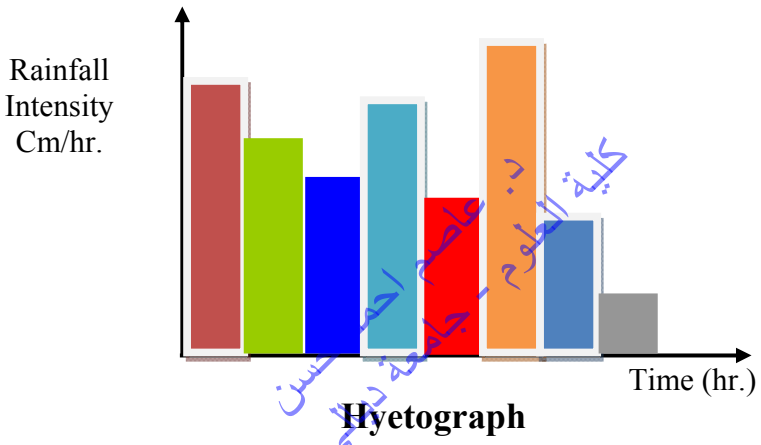
1- نمذجة (modeling) العواصف المطرية.

2- تنبؤ (predicting) بكمية ونوعية الجريان السطحي.

3- قياس المتغيرات الهيدرولوجية مثل قياس عمق الهطول (*precipitation*) الذي قَد يحدث في منطقة معينة،

4- التنبؤ بمدي التغير في هذه المتغيرات في المستقبل، مثل التنبؤ بالفياضانات، أو أوقات المطر الشديد.

مثال: مخطط المطر Hyetograph والذي يمثل رسم بياني لشدة المطر مع الزمن لمعرفة اقصى شدة للمطر خلال العاصفة المطرية واستعراض خصائصها والتنبوء باحتمالية حصول القيضانات.



Hyetograph

علم هيدرولوجية المياه الجوفية Groundwater Hydrology (Hydrogeology):

يهتم بدراسة حركة، وكمية ونوعية، وتوزيع المياه تحت سطح الأرض او المياه الجوفية.

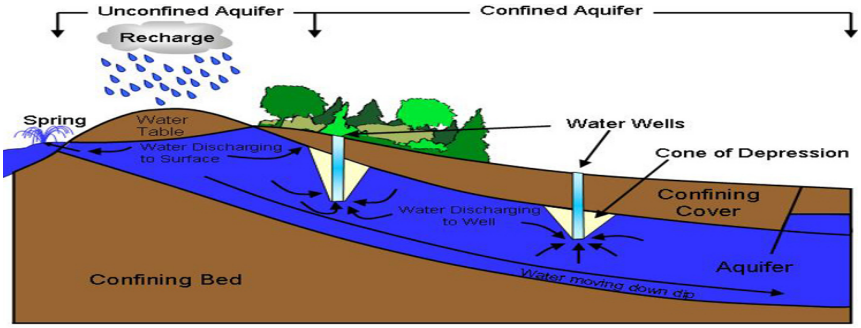
امثلة على التطبيقات الرئيسية لعلم المياه الجوفية هي:

1- تنمية الموارد المائيةعن طريق حفرالآبار.

2- تقييم، و تقليل، ومعالجة المياه الجوفية الملوثة.

3- تخزين المياه السطحية في خزانات تحت أرضية.

4- خفض مناسيب المياه الجوفية في بعض المناطق لتحسين نمو المحاصيل الزراعية.



وبشكل عام يمكن تقسيم علم المياه إلى قسمين نظري وتطبيقي:

1. **الهيدرولوجيا النظرية Theoretical Hydrology** : وتهتم بالجوانب النظرية للعمليات الهدرولوجية كحركة المياه السطحية والجوفية وتوزيعها..الخ.
2. **الهيدرولوجيا الهندسية (التطبيقية) Engineering Hydrology** : تستخدم المبادئ الهيدرولوجية لحل المشاكل الهندسية المرتبطة ويهتم بجوانب عديدة مثل:

- وضع الخطط والتصاميم لتنفيذ المشاريع المائية المتعلقة بالسيطرة واستخدام المياه وادارتها بالشكل الامثل.
- تقدير الموارد المائية الحالية والمستقبلية.
- دراسة العمليات مثل السقيط و السيح و التبخر و تداخلاتها.
- دراسة المشكلات مثل الفيضان و الجفاف واستراتيجية منعها او التقليل من اخطارها.

م.د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

المهام الرئيسية لعلم الهيدرولوجي Major aspects of Hydrology:

وتشمل:

1. تجميع المعطيات الهيدرولوجية(مثل: امطار، ثلوج، جريان مياه سطحي، مياه جوفية).
2. تحليل المعطيات الهيدرولوجية (توزيعها وتجانسها وايجاد مختلف المعاملات الاحصائية).
3. التوقع بالحوادث الهيدرولوجية المحتملة(كحصول الامطار والفيضانات والجفاف) باستخدام طرق عديدة.

مصادر البيانات الهديرولوجية Sources of Data:

1. سجلات الطقس : درجة الحرارة و الرطوبة و سرعة الرياح.
2. معلومات السقيط.
3. سجلات الجريان في المجاري المائية.
4. معلومات التبخر.
5. خصائص الترشيح في التربة للمساحة المخصصة للدراسة.
6. خصائص المياه الجوفية.
7. الخصائص الفيزياوية و الجيولوجية للتربة في المساحة المطلوب دراستها.

امثلة على استخدامات المعطيات الهيدرولوجية:

تستخدم المعطيات الهيدرولوجية في تقدير:

1- التدفقات المائية في الأنهار.

2- كمية المياه المطلوب تخزينها للإمداد بالمياه في فترات الجفاف.

3- التدفق الأقصى من خلال خزانات المياه (*reservoirs*) لتصميم المسيلات المائية (*spillway*).

4- حجم مياه الأمطار أو الجريان السطحي (*runoff*) في المناطق الحضرية لتصميم شبكة أنابيب الصرف.

5- كمية التبخر (*evaporation*) من بحيرات التخزين.

6- التبخر-نتح (*evapo-transpiration*) من المحاصيل الزراعية لتحديد الاحتياجات المائية لأغراض الري.

7. تقدير احتمالية حصول الفيضانات او فترات الجفاف.

امثلة على الأسئلة التي من المتوقع أن يجيب عليها الهيدرولوجي (hydrologist):

1- كم يكون مقدار حجم الفيضان المتوقع حدوثه عند موقع ما أَو في شبكة تصريف لمدينة ما؟

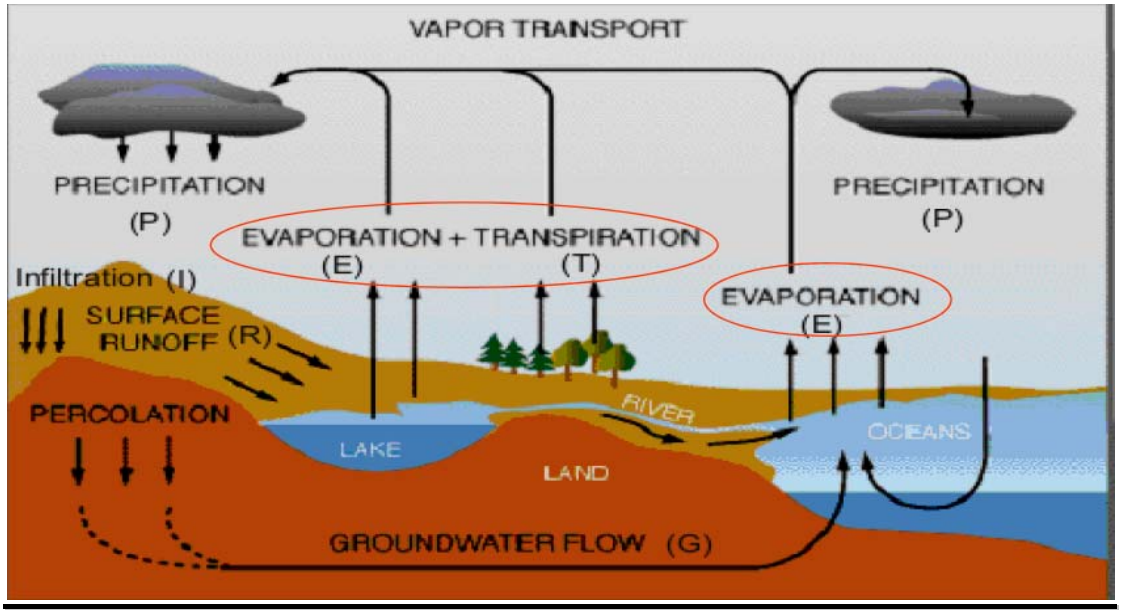
2- ما هي سعة الخزان المطلوبة لتأمين مياه كافية لأغراض الري أو للأغراض المنزلية خلال فترات الجفاف؟

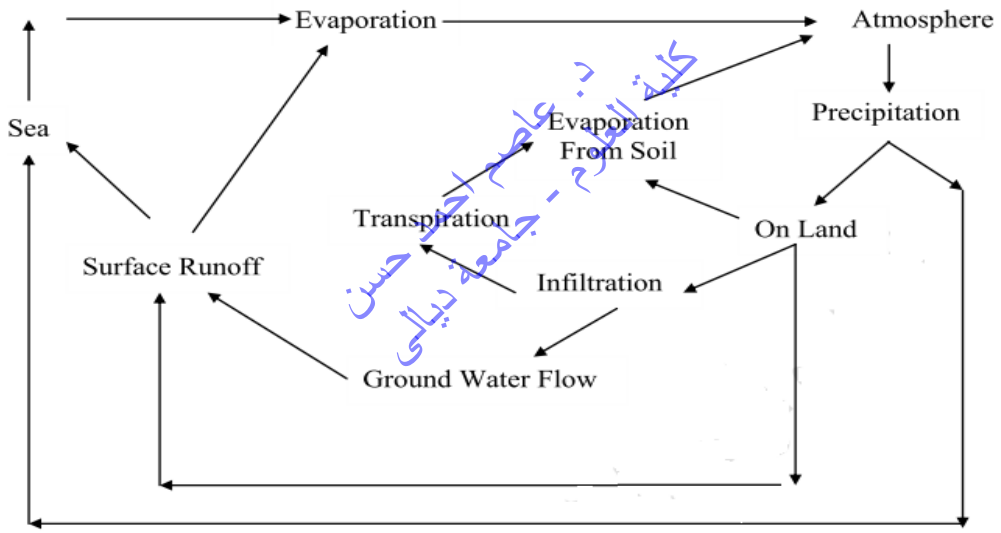
3-ما هو تأثير الخزانات والحواجز ومنشآت السيطرة الأخري المقامة على تدفقِ مياه الفيضانِ في المجاري المائية؟

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle

يهتم علم المياه بالدرجة الاساس بحركة وتوزيع المياه وهو ما يعرف بالدوره الهيدرولوجية **Hydrologic Cycle** اي حركة الماء بكافة أشكاله (أمطار، ثلوج، الخ) بين سطح الارض إلى الغلاف الجوي و بالعكس نتيجة لتأثيرات مناخية أو لحالة الجو اليومية ، حيث أن الماء يتبخر بفعل حرارة الشمس ثم ينتقل إلى الغلاف الجوي و يتكاثف لينزل مرة أخرى إلى المحيطات و البحار على شكل أمطار أو قد تحمل الرياح الغيوم إلى اليابسة ليسقط على سطح الارض مكوناً المجاري المائية كالانهار و الجداول أو يسقط على شكل ثلوج أو برد وقد يتسرب قسم كبير منه إلى جوف الارض مكوناً ما يسمى بالمياه الجوفية.





د. عاصم احمد حسن
كلية الحرم - جامعة ديالى

Hydrologic Cycle الدورة الهيدرولوجية

الاطوار الرئيسية لدورة المياه:

Phases of the hydrologic cycle

1. Atmospheric phase (concerns Meteorologists)
2. Land phase (concerns Hydrologists)
3. Ocean phase (concerns Oceanographers)

العمليات الهيدرولوجية الرئيسة في الدورة الهيدرولوجية:

تحصل اثناء حركة المياه عمليات هيدرولوجية اساسية تمثل العمليات التي تساهم في توزيع وانتقال المياه ضمن الدورة الهيدرولوجية ومن اهم هذه العمليات:

1. الهطول او السقيط Precipitation
2. التبخر Evaporation
3. النتح Transpiration
4. الترشيح Infiltration
5. الجريان السطحي Surface Runoff
6. حركة المياه الجوفية Groundwater flow

هذه العلميات تحدد مسارات الدورة الهيدرولوجية Hydrological cycle Paths:

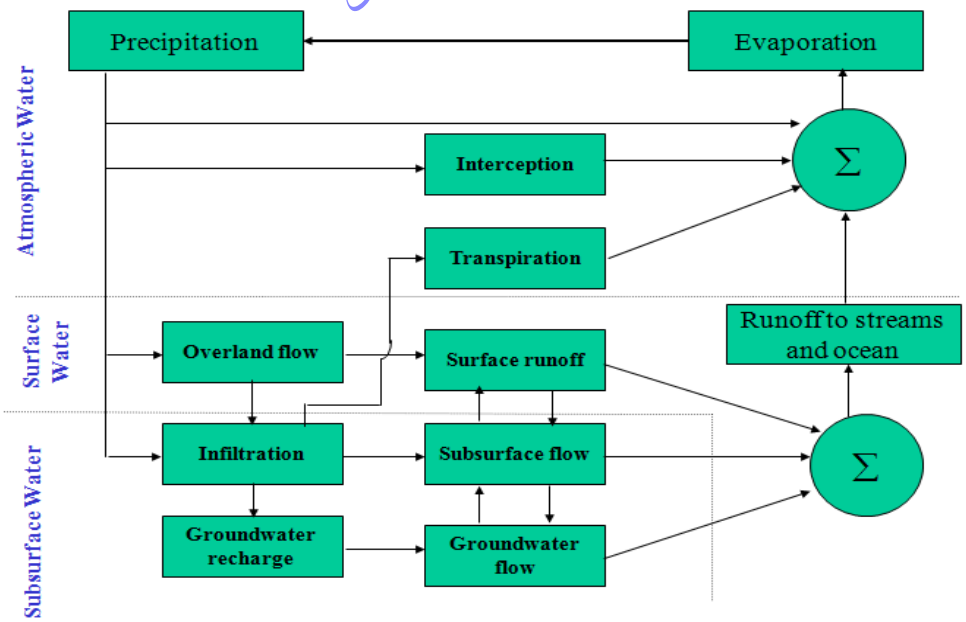
بصورة عامة و مبسطة فإن مسارات الدورة الهيدرولوجية هي :

1. الهطول 2. التبخر 3. الترشيح 4. السيح السطحي 5. المياه الجوفية

دورة المياه العامة **Global Hydrologic Cycle**

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم جامعة ديالى

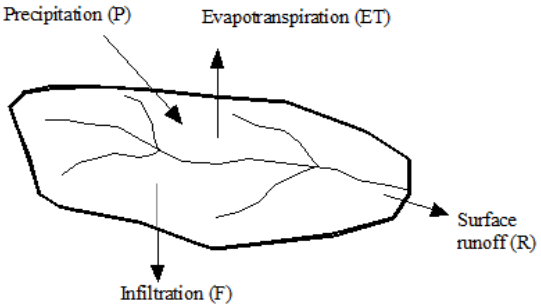
دورة المياه العامة يمكن تقسيمها الى ثلاثة انظمة ثانوية 1. مياه الغلاف الجوي 2. المياه السطحية 3. والمياه تحت سطحية.



Block-diagram representation of the global hydrologic system (Chow et al. 1988).

الموازنة الهيدرولوجية Hydrological Budget:

Regional Water Balance (Water Budget)



A mass balance over time from t = 0 to *T*

Inputs	- *Outputs*	=	*Change in Storage*
P	- (*R*+*ET*+*F*)	=	*ΔS*

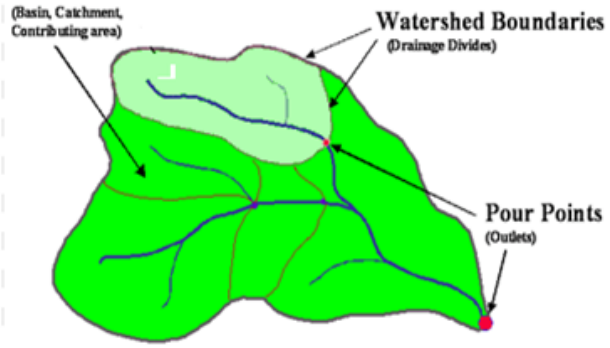
إن التغير في الخزين لمساحة معلومة خلال فترة من الزمن (Δt) تكون :

التغاير في الخزين = كتلة الخزين الداخل – كتلة الخزين الخارج

د. عاصم حمد حسن
كلية العلوم – جامعة ديالى

تعرف المساحة من سطح الارض التي تجمع المياه بمنطقة تجميع المياه ***catchment*** لتتركز عند اقصى نقطة باتجاه حركة المياه التي تعرف بـ outlet اذ ان المياه المتجمعة نتيجة للجريان تجري لتصب في منطقة اكبر لتجميع الميه او في المحيط ويستخدم الـ watershed كتعبير لجزء من Catchment تمثل مساحة تجري فيها المياه الى حد معين و يستخدم مصطلحي watershed و Basin للاشاره الىCatchment مع الفرق في الحجم فالاول اصغر (مثل stream watershed) من الثاني الذي يكون اكبر (مثل river basin).

catchment



watershed

التطبيقات الهندسية لعلم المياه Engineering Aplications of Hydrology:

إن اهم تطبيق لعلم الهيدرولوجي هو في تصميم مشاريع الموارد المائية و تشغيلها مثل :

1. الري 2. تجهيز الماء 3. السيطرة على الفيضان 4. الطاقة المائية 5. الملاحة

وتحتاج التحريات الهيدرولوجية لتقديرات وافية لجميع هذه المشاريع إلى العوامل الضرورية الآتية:

- سعة الخزين في منشآت الخزن مثل الخزانات و السدود (ضرورة معرفة التصاريف القصوى لتصميم أي سد أو حاجز مائي).
- كميات و حجوم الجريان في الفيضان لجعله قادراً على التصريف الامين للزيادات في الجريان (تصميم المسيل المائي Spillway).
- أقل جريان و كمية الجريان المتوافرة من مصادر مختلفة (لأخذها بنظر الاعتبار و تحديد الاحتياجات المائية في مواسم الجفاف)
- التداخلات في موجات الفيضان و المنشآت الهيدروليكية مثل السداد و الجسور و الخزانات و السدود.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

دور علم المياه في التخطيط لمصادر المياه

The role of hydrology in planning of water resources

(1) تقدير مصادر المياه المتاحة.

(2) تقدير إحتمالية حدوث الفيضانات والحماية منها.

(3) تشغيل وصيانة المشاريعِ المقامة في وديان الأنهار.

(4) التنبؤ بالتدفقِ في النهر من بيانات المطر المقاسة.

(5) تقدير حجم المياه الممكن تخزينها من مشروع لتخزين المياه للاستخدامات المختلفة (ري، توليد الطاقة المائية، الملاحة ، الإمداد بمياه البلديات، والأغراض الصناعية).

(6) استكشاف مصادر مياه جديدة للأغراضِ الأخرى.

(7) أعمال السيطرة علي المياه للحماية من تآكلِ وتلوث الأنهار والمجاري المائية.

الفصل الثاني Second Chapter

الهطول (التساقط او السقيط) Precipitation)

الهطول Precipitation:

هو كل اشكال الماء التي تسقط من الجو على سطح الارض او سطح الماءاو اي سطح قد يعترض التساقط كالاشجار والمباني اي الهطول يشمل أشكال الماء التي تصل إلى الارض من الجو سواء كانت في حالتها السائلة او المنجمدة و من هذه الاشكال سقوط المطر و الثلج و البرد و الصقيع و الندى ولكي يتكون السقيط ينبغي توفر الظروف التالية :

1. يجب أن يحتوي الجو على رطوبة .
2. يجب أن توجد ذرات كافية تساعد على التكاثف.
3. يجب أن تكون الظروف الجوية مناسبة لتكاثف بخار الماء .
4. يجب أن يصل ناتج التكاثف إلى الارض.

اشكال الهطول Forms of Precipitation :

يحدث الهطول في صور مختلفة:

1. سائلة مثل الرذاذ Drizzle والضباب Mist والامطار Rainfall .
2. منجمدة كالثلج Snow والبرد Hail والصقيع Sleet.

د. عاطف احمد حسن
كلية العلوم بجامعة دبلى

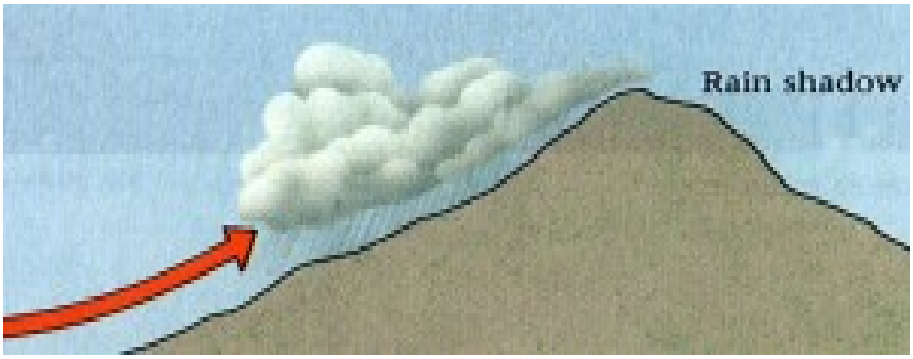
من الاشكال المهمة للسقيط المطر ويمثل المطر وصفاً للسقيط بشكل قطرات ماء أكبر من 0.5 ملم ويصل أكبر قطر لقطرات المطر إلى 6 ملم تقريباً و تصنف الامطار إستناداً إلى شدتها إلى:

نوع المطر	شدة المطر
مطر خفيف	أقل من 2.5 ملم / ساعة
مطر متوسط	2.5 – 7.5 ملم / ساعة
مطر كثيف	أكبر من 7.5 ملم / ساعة

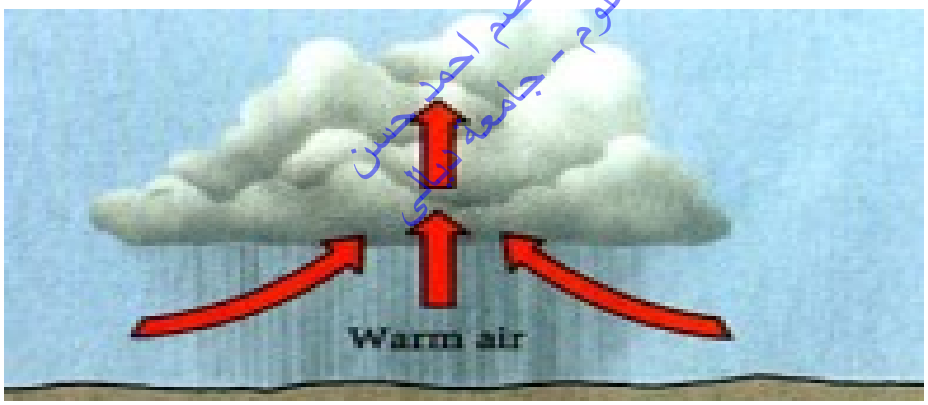
انواع الهطول Types of Precipitation :

يصنف الهطول على حسب العوامل التي تؤدي الى رفع الكتل الهوائية وحصول التكاثف والهطول الى:

1. **هطول متعلق بالتضاريس Orographic (Relif) precipitation:** وينتج نتيجة اصدام السحب المحملة ببخار الماء بالجبال مما يؤدي الى ارتفاعها الى الاعلى وانخفاض درجة حرارتها الى مادون نقطة الندى ومن ثم يحدث التكاثف وحصول التساقط.



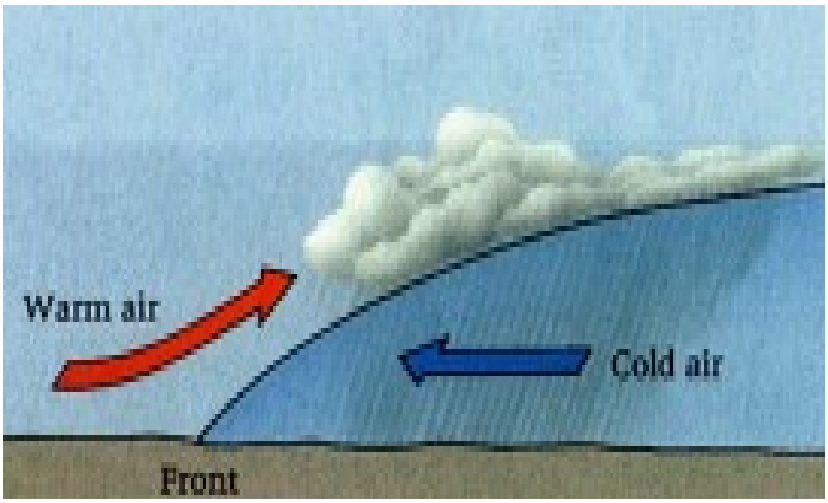
2. **هطول متعلق بالحمل الحراري Convective precipitation:** وينتج من الحركة الصاعدة لكتلة الهواء التي هي ادفأ من الهواء المحيط وهو عموماً ذو طبيعة ممطرة مع تغيرات سريعي في شدة الهطول.



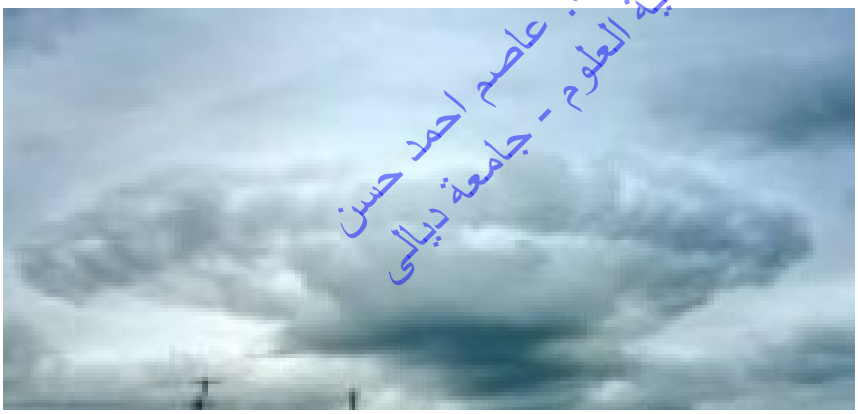
كلية العلوم - جامعة نينوى
د. عاصم احمد حسن

3. **هطول نتيجة الاعاصير Cyclonic Precipitation:** ويحصل عندما يمر الهواء الدافئ بمنطقة ذات منخفض جوي او منطقة اعاصير حيث يرتفع الهواء الساخن فتنخفض درجة حرارته ويحصل التكاثف والهطول الذي يمتاز بكونه كثيف وطويل الامد كما يمكن تقسيمه الى نوعين:
   - هطول جبهي Frontal
   - هطول غير جبهي Non- frontal

الجبهة: هي الحد الفاصل بين كتلتين هوائيتين مختلفتين. عندما تعلو او تدفع كتله هواء دافئة رطبة فوق كتلة احرى باردة فانها تبرد في الارتفاعات العالية مما يؤدي الى الهطول.



اما الهطول غير الجبهي فينتج من تقابل كتلة هواء بارد متحركة مع كتلة هواء دافئة رطبة ساكنه حيث ترتفع كتلة الهواء الدافئة لكونها اخف فوق كتلة الهواء الباردة فتنخفض درجة حرارتها فيحص التكاثف والهطول.



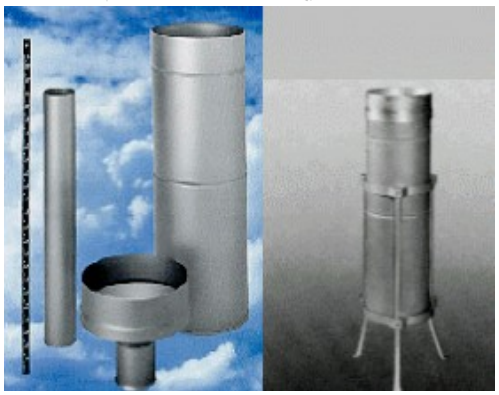
ملاحظة:تعمل المؤثرات المختلفة التي تعمل على تبريد الهواء وحصول الهطول شكل مداخل في اغلب الاحيان بحيث لايمكن تتميز نوع الهطول الحاصل عن بقية الانواع.

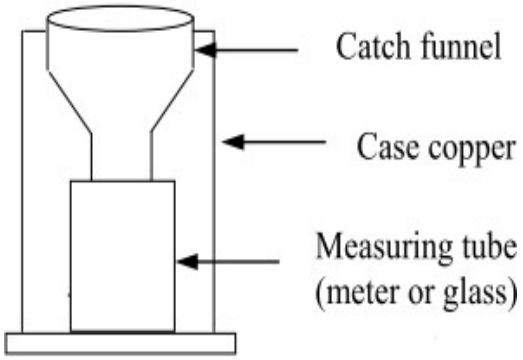
قياس الامطار Rainfall Measurement:

يتم قياس العمق الرأسي للامطار المتجمعة خلال فترة زمنية بواسطة مقياس المطر Rain Gauge ويكون بانواع مختلفة:

1. **الاجهزة اليدوية او غير المسجلة Manual (Non- Recording) gauge**

وهي اجهزة غير اوتوماتيكية يتم فيها قياس عمق المياه بالمليمتر المتجمعة في المقياس خلال مدة معينة وتتكون من مجمع لاستقبال مياه المطر بالاضافة الى مستقبل لتخزين المطر حتى يتم قياسه.





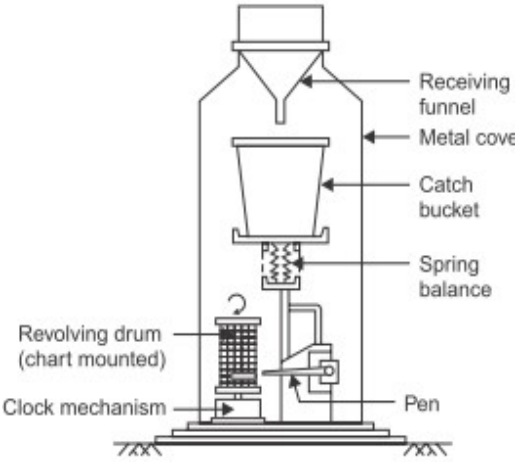
Non- recording rain gauge

2. **الاجهزة المسجلة (او الاوتوماتيكية) Recording Gauge**

وهو نوع من العدادات التي تعطي تسجيل مستمر لعمق المياه المتجمعة بيانيا على ورق مثبت على اسطوانه متحركة مع الزمن وهو افضل من النوع السابق ومفيد خاصة في المناطق التي يتعذر الوصول اليها يوميا.

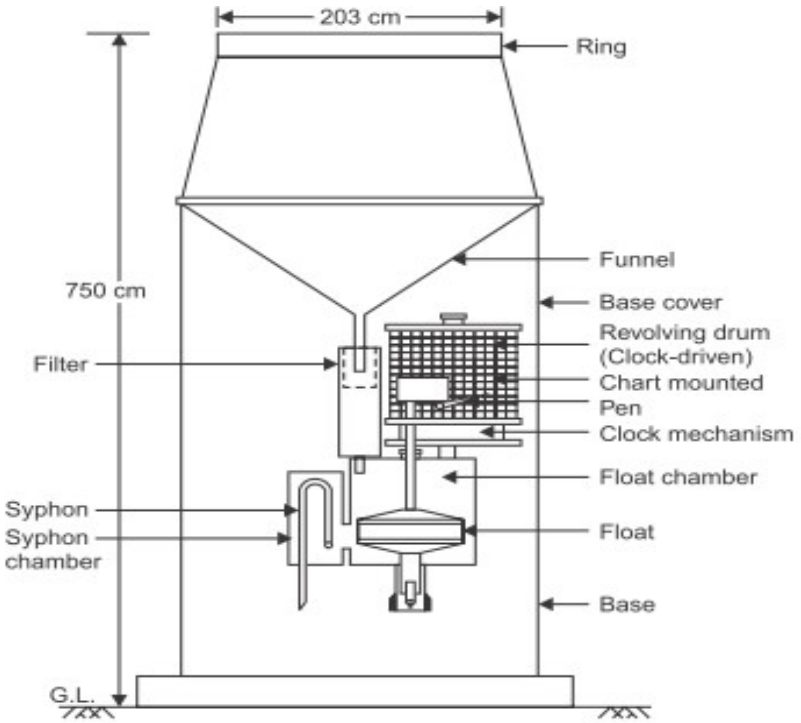
ويوجد انواع من هذه الاجهزة مثل (1) ميزان قياس المطر Weighing Bucket Rain Gauge اذ يقوم المقياس بعمل تسجيل خطي للمياه المتجمعة في وعاء فوق ميزان خاص مرتبط بذراع وقلم لتسجيل القراءات و (2) مقياس تسجيل ذو العوامة Float Recording Gauge وهو مشابه للنوع السابق وفي هذا النوع يوجد عوامة ترتفع مع ارتفاع منسوب الامطار المتجمعة في المقياس وتكون متصلة بقلم تسجيل يقوم بتسجيل منسوب الماء بيانيا.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



Weighing type rain gauge

-



Float type rain gauge

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة تبوك

مميزات وعيوب مقاييس المطر الأتوماتيكية:

اولا: المميزات

1. هي الوسيلة الامثل لحساب عمق المطر في المناطق الوعرة صعبة الوصول اليها.
2. تعطي تسجيل لاعماق المطر خاليا من الاخطاء البشرية تقريبا.
3. توفر معطيات شدة المطر عند اي زمن اضافة الى عمق المطر الكلي وفترة استدامة المطر.
4. سعة الجهاز عالية.

ثانيا: العيوب

1. عالية التكلفة.
2. حصول الاعطال الميكانيكية والكهربائية التي تعيق عملية التسجيل.

اختيار موقع قياس عمق المطر:

يجب ان يراعى في اختيار موقع محطة قياس عمق المطر الشروط التالية:

1. ان يكون في مكان مفتوح بعيدا عن المباني والاشجار او اي عوائق اخرى.
2. ان يوضع على ارض مستوية ومحجوب عن الرياح القوية.
3. ان يكون الموقع سهل الوصول اليه في جميع الاوقات.
4. ان يمثل الموقع المنطقة التي يراد القياس فيها تمثيلا حقيقيا.

الاخطاء التي ترافق عملية قياس الامطار:

1. اخطاء ناتجة عن تأثير الرياح اذ تعتبر الرياح مصدرا رئيسيا للاخطاء اذا يكون مقدار الخطأ كبيرا في حالة هبوب الرياح الشديدة.
2. اختيار موقع غير ملائم للجهاز.
3. حدوث الانبعاجات والانخناءات في حواف مجمع الجهاز مما يتسبب في حدوث تغير في مساحة الاستقبال.
4. جصول فقد في مياه المطر نتيجة لتساقط قطرات المطر بشدة.
5. وجود ميل في الجهاز يتسبب بحدوث خطأ في القراءات اذا يحصل خطأ بمقدار 1.5% اذا كان الجاز مائلا بمقدار 10° .
6. اخطاء نتيجة لتغيير نوع الجهاز المستخدم في القياس.

العدد المثالي لمحطات قياس المطر Optimum Number of Rain Gauge Stations

تتغير شدة المطر من مكان الى اخر ولهذا يجب انشاء شبكة تتألف عدد من اجهزة القياس يكفي لتمثيل المنطقة بشكل جيد ويوصى بعدد من محطات القياس حسب مساحة تجميع المياه catchment.

عدد محطات قياس المطر	مساحة حوض تجميع المطر كم^2
1	حتى 75
2	150-76
3	300-151
4	550-301
5	800-551
6	1200-801

كلية العلوم - جامعة ديالى
عاصم احمد حسن

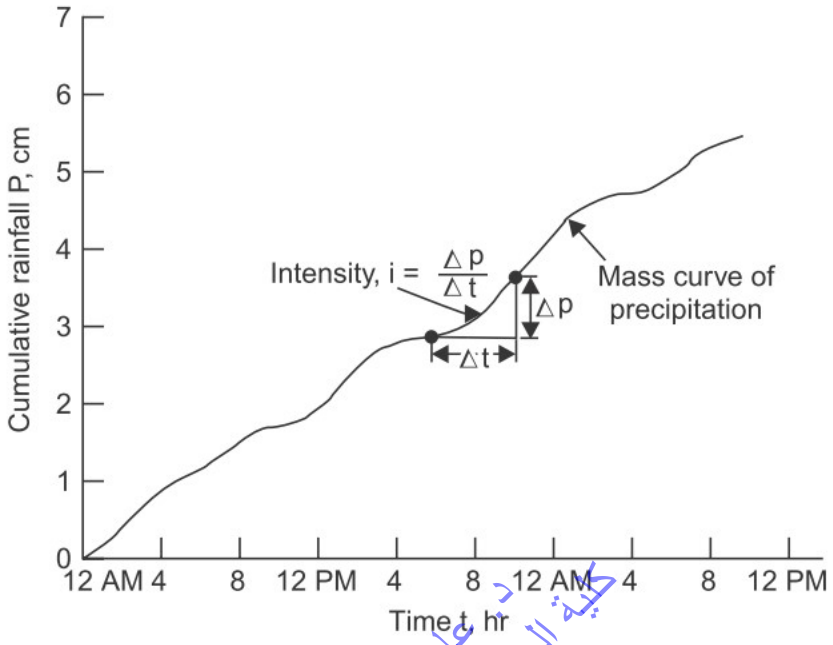
جدول يبين العدد المثالي لمحطات قياس المطر حسب مساحة حوض تجميع مياه المطر

طرق عرض البيانات المطرية Rainfall Data-show Methods :

ان تغير المطر مع الزمن يمكن عرضه بطريقتين رئيسيتين:

1. المنحني التراكمي للمطر (Accumulated Rainfall Curve or Mass curve) :

عبارة عن رسم السقيط المتراكم مقابل الزمن ويرسم حسب التسلسل الزمني عادةً ، كما في الشكل :



Cumulative Rainfal or Mass curve

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ويستفاد من الرسم البياني لعمق المطر التراكمي وهو ما يعرف بالمنحني الكتلي للامطار في معرفة:

- عمق المطر الكلي منذ بداية التسجيل في المحطة وعادة يعتبر اليوم ممطرا rainy day اذا تم فيه تسجيل عمق مطر مقداره 250مم او اكثر.
- شدة المطر (i) Rainfall Intensity هي كمية الامطار التي تحدث في فترة وحدة الزمن ويعبر عنها بوحدة (mm/hour)
- مدة المطر (t) Rainfall Duration وهي المدة الزمنية التي تسقط خلالها الامطار.

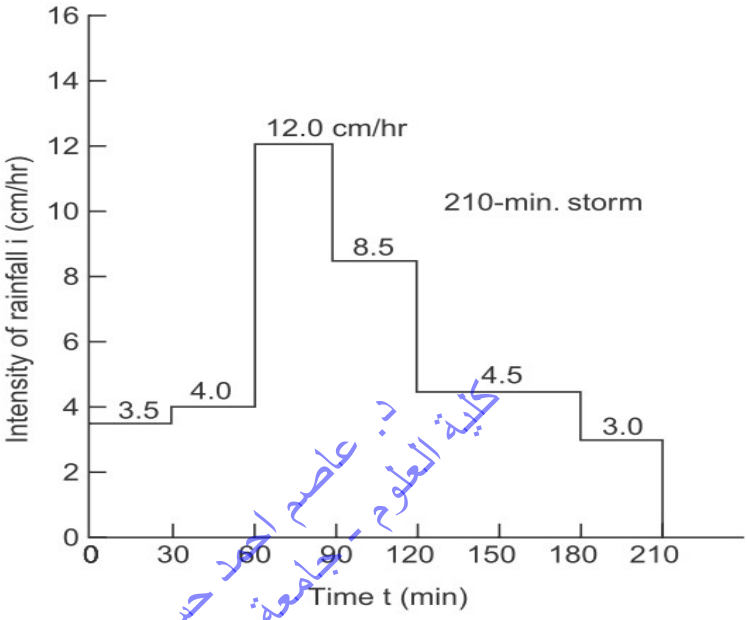
ويمكن استخدام من هذه البيانات في اية محطة في:

1. تقدير كميات الجريان السطحي في المناطق التي لايتوفر فيها بيانات عن التدفق في المياه.
2. تحديد عمق المطر المتوسط على المدى البعيد عند اي محطة.
3. تقدير اي بيانات مطر ناقصة في اي سنة لاي منطقة من اجل استكمال البيانات غير المكتملة فيها.
4. دراسة احتمالية حدوث اي فياضانات مستقبلية.
5. الحصول على بينات حول اكبر اول اقل امطار متوقعة خلال فترة عمر مشروع ما.
6. افتراض المتوسط السنوي للامطار خاصة في الاماكن المتداخلة التي لم يتم قياس الامطار فيها.

2. الهيتوغراف (مخطط المطر) Hyetograph:

عبارة عن رسم شدة المطر مقابل الزمن و يعرض على شكل خطوط عمودية (Bar Chart)، يعد مخطط المطر طريقة مفيدة في :

- عرض خصائص الزخة المطرية (مثلاً أول 8 ساعات الشدة المطرية 10 سم / ساعة)
- التنبؤ عن الفيضانات الشديدة
- اقصى شدة للمطر خلال العاصة المطرية



Hyetograph

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة بيالى

حساب المعدل السنوي للمطر Mean of annual rainfall

ويمكن باخذ المعدل الحسابي للمطرلعدد من السنوات في المنطقة

$$Mean = \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

معدل الهطول او التساقط Average Precipitation:

يوجد ثلاث طرق رئيسية حساب معدل الهطول (تقدير عمق المطر Rainfall depth) فوق مساحة معينة لمناطق هطول الامطار باستخدام محطات ارصاد المطر:

1. **طريقة المتوسط (المعدل) الحسابي Arithmetic Mean Method**
2. **طريقة مضلعات ثيسن Thiessen Polygon Method**
3. **طريقة خطوط تساوي المطر Isohyetal Lines Method**

1.طريقة المعدل الحسابي Arithmatic Mean Method :

وتعتبر من ابسط الطرق لتحديد عمق المطر باخذ المعدل الحسابي لقياسات المطر في المحطات المختلفة

$$\bar{P}=\frac{P_1+P_2+.....+P_i+....+P_n}{N}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}P_i$$

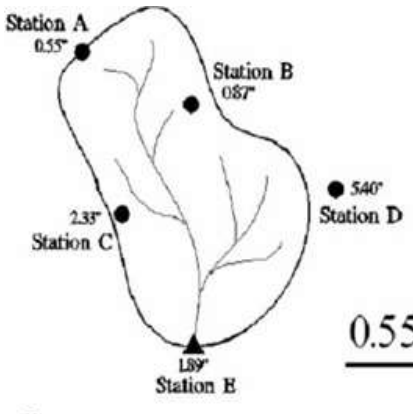
م. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

حيث أن:

$\bar{P}$ المعدل الحسابي لعمق المطر

P_1 و P_2 و ....و P_i و....و P_N هي قيم سقوط المطر في فترة معينة

N : عدد المحطات



Arithmetic Mean of Point Values
Computation of Mean Areal
Precipitation For A River Basin

$$\frac{0.55+0.87+2.33+5.40+1.89}{5}=2.21\ \text{mm}$$

تعتمد هذه الطريقة على فرضية ان مياه الامطار موزعة بانتظام على مساحة الحوض وان جميع المحطات لها نفس الاهمية ولابد من توفر شروط معينة لاعطاء نتائج بدقة معقولة منها:

1. ان تكو ن المحطات موزعة بانتظام على مساحة الحوض.
2. المطر المسجل عن المحطات لايختلف كثيرا عن المعدل او القيمة المتوسطة.

ولهذا فإن إستخدام هذه الطريقة عمليا قليل مقارنة بالطرق الاخرى لعدم دقتها او مقاربة نتائجها مع الواقع بسبب العيوب الناتجة عن:

1. عدم توزع المحطات بانتظام على الحوض خاصة في المناطق الجبلية.
2. وجود اختلاف في طبوغرافية الحوض او تباين في معدلات التساقط.
3. تغير في شدة المطر واستدامته من مكان.
4. المتوسط الحسابي البسيط (غير الموزون) يتم تحديده بغض النظر عن المساحة التي تغطيها كل محطة لقياس المطر.

مثال: احسب المتوسط الحسابي لعمق الهطول من خلال البيانات التالية:

رقم المحطة Rainfall Station NO.	عمق الهطول (مم) Precipitation (mm)
1	30.8
2	34.6
3	32.0
4	24.6

كلية العلوم - جامعة ديالى
د. عاصم احمد حسن

الحل:

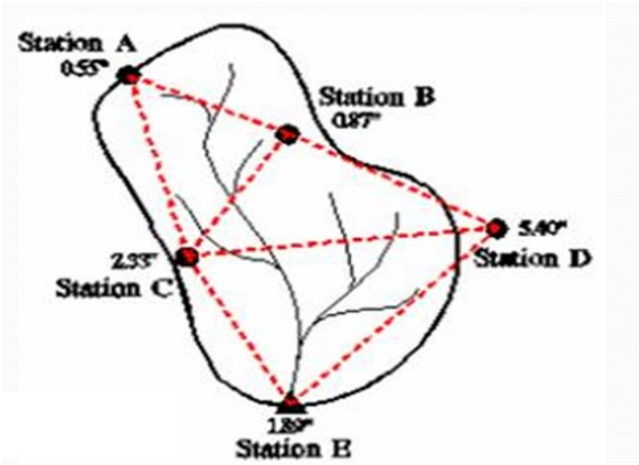
$$\bar{P} = \frac{30.8 + 34.6 + 32 + 24.6}{4} = 30.5\,mm$$

2 . طريقة ثيسن Thiessen Method:

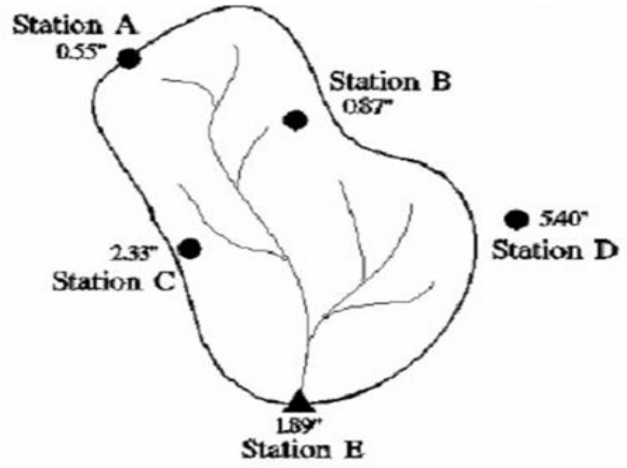
وهي طريقة اكثر دقة من طريقة المعدل الحسابي البسيط الحسابي لأنها تعطي بعض الوزن لمختلف المحطات بشكل منطقي لذا تعرف بطريقة المتوسط الحسابي الموزون وهي شائعة في المناطق متوسطة المساحة بين 750−3000 كم^2 .

خطوات طريقة ثيسن: Thiessen Polygon Method Procedure

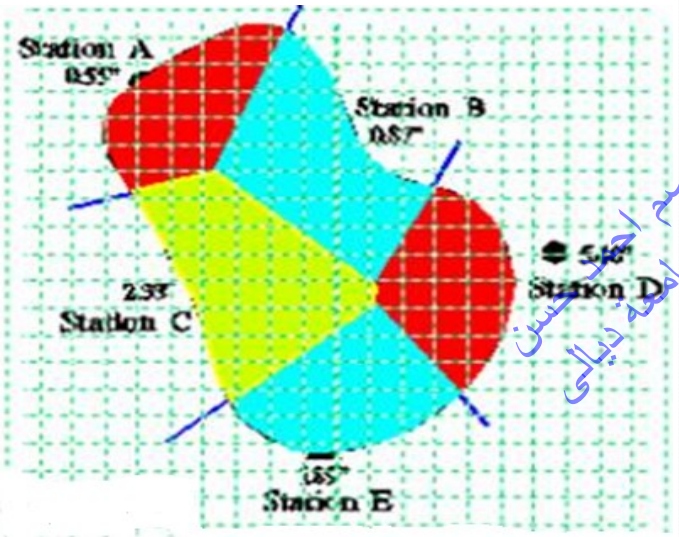
1. يتم اسقاط موقع كل محطة على خريطة الحوض.
2. رسم خطوط مستقيمة بين محطات المطر المتجاورة.
3. رسم منصفات عمودية على هذه الخطوط الواصلة بين المحطات بحيث يحصر فيما بينها مضلعات تسمى مضلعات ثيسن Thiessen Polygon.



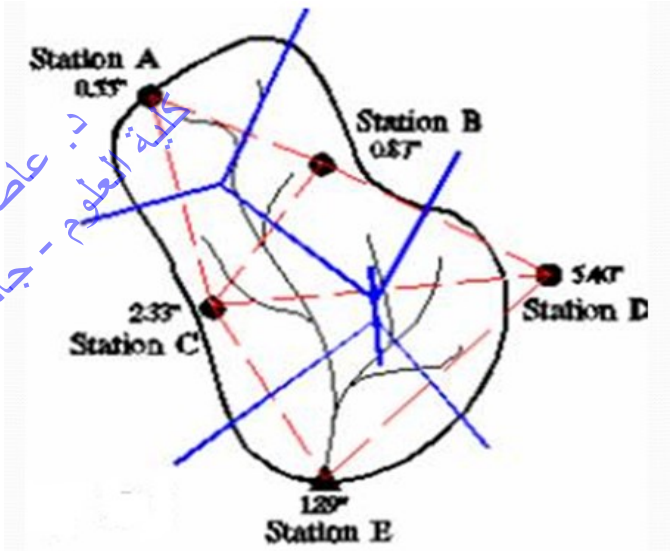
(2)



(1)



(4)



(3)

د. عاصم الحسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

4. يتم ضرب مساحة كل مضلع من مضلعات ثيسن في قيمة عمق المطر في المحطة التي يحتويها.
5. حساب المساحة الكلية للحوض.
6. ويتم استخدام المعادلة في حساب المتوسط الحسابي الموزون لعمق المطر في الحوض من العلاقة التالية:

$$\bar{P}=\frac{P_1A_1+P_2A_2+.....+P_nA_n}{(A_1+A_2+.....+A_n)}=\frac{\sum_{i=1}^{M}P_iA_i}{A}=\sum_{i=1}^{M}P_i\frac{A_i}{A}$$

حيث أن:

$\bar{P}$ المتوسط الحسابي لعمق المطر

P_1 و P_2 و و....وP_n هي قيم سقوط المطر في المحطات المختلفة.

$A_1 + A_2 + ... + A_n$ حاصل جمع مساحة مضلعات ثيسن

A المساحة الكلية للحوض

على الرغم ان هذه الطريقة اكثر دقة لكنها اقل مرونة ولاتأخذ في الاعتبار الخصائص المتعلقة بالمناطق الجبلية.

مثال: احسب المتوسط الحسابي لعمق الهطول باستخدام طريقة مضلعات ثيسن من خلال البيانات التالية:

رقم المحطة Rainfall Station NO.	مساحة مضلع ثيسن (كم^2) Thiessen Polygon Area (km^2)	عمق الهطول (مم) Precipitation (mm)
1	45	30.8
2	40	34.6
3	30	32.0
4	38	24.6

م. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

الحل:

$$\bar{P} = \frac{30.8*45+34.6*40+32*30+24.6*38}{(45+40+30+38)} = 30.49 mm$$

3 . طريقة خطوط تساوي المطر Isohyetal Line Method:

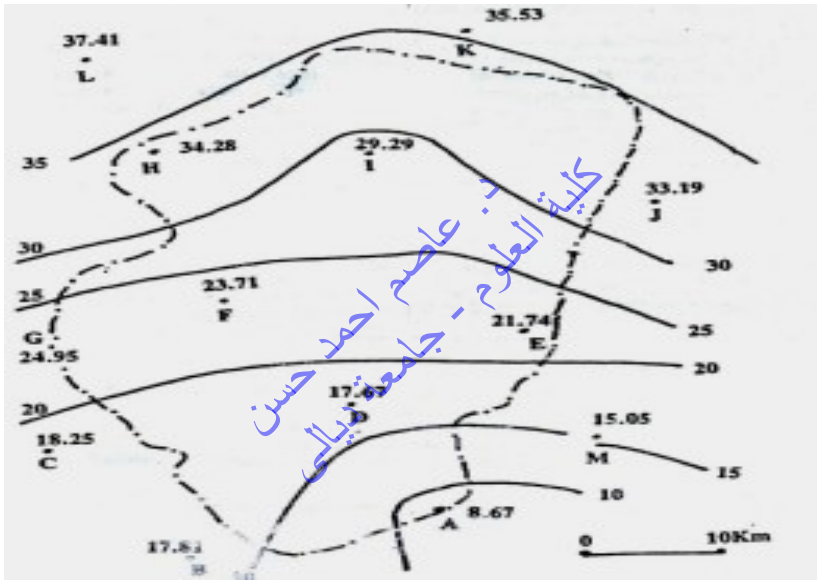
تعتمد هذه الطريقة على رسم خطوط كنتورية لتساوي المطر Isohyts على خريطة المنطقة التي تشتمل على محطات القياس التي توفر قراءات الهطول وخط تساوي المطر عبارة عن خط يربط ذات عمق مطر متساوي في المنطقة وتوفر هذه الخطوط توزيعا اكثر دقة لمياه الامطار التي تسقط على المنطقة لذا تفضل هذه الطريقة على الطريقتين السابقتين لكونها اكثر الطرق دقة خاصة عندما يكون هناك أعداد كبيرة من محطات قياس المطر وفي المناطق شديدة الانحدار او الوعرة وتستخدم في المناطق ذات مساحات كبيرة اكبر من 3000كم^2 ولكن دقة الطريقة تعتمد على مهارة الشخص الذي يقوم بتحليل البيانات.

ان خطوط المطر تمتاز بكونها:

1. لا يتقاطع خطي تساوي مطر مختلفين مع بعضهما.
2. كل خط تساوي مطر ينغلق على نفسه.
3. خط تساوي المطر ذي القيمة الاكبر يشير الى عمق هطول مطر اكبر.

خطوات طريقة خطوط تساوي المطر: Isohyetal Line Method Procedure

1. ثبيت عمق المطر في كل محطة على خريطة المنطقة.
2. اعداد خريطة تساوي المطر للمنطقة برسم خطوط تساوي المطر.
3. حساب المساحة بين خطوط تساوي المطر المتعاقبة باستخدام البلانيمتر.
4. يتم ضرب مساحة كل من هذه المساحات في متوسط شدة المطر بين خطي مطر متعاقبين.



5. تحديد متوسط عمق المطر باستخدام العلاقة التالية:

$$\bar{P}=\frac{a_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+a_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right)+.....+a_n\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A}$$

حيث ان:

a_1 و a_2 و a_3 و ..... a_n المساحات الداخلية المحصورة بين خطوط تساوي المطر.

A المساحة الكلية (a_n.....+ a_3 + a_2 + a_1)

مثال: احسب متوسط عمق مياه المطر فوق حوض تجميع مياه المطر باستخدام البيانات المستخلصة من خريطة تساوي المطر في الجدول التالي:

خط تساوي المطر (سم) Isohyetal Line (cm)	40	35	30	25	20	15	10
المساحة التي يحصرها الخط (كم^2) Area (km^2)		17	45	75	165	215	300

الحل:

$$\bar{P} = \frac{a_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+a_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right)+.....+a_n\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A}$$

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ليبالى

خطوط تساوي المطر المتوسط p (سم)	المساحة بين الخطوط a (كم)	P*a
(40+35)/2=37.5	17	637.5
(35+30)/2=32.5	28	910
(30+25)/2=27.5	30	825
(25+20)/2=22.5	90	2025
(20+15)/2=17.5	50	875
(15+10)/2=12.5	85	1062.5
الكلي	**300**	**6335**

عمق المطر المتوسط

$\bar{P}$ = 6335/300= 21.12 cm

الفصل الثالث

السحوبات من السقيط او فقدان المياه

(Abstraction from Precipitation or water losses)

في هذا الفصل نتاول الفقدان الذي يحصل من التساقط اذ عادة يحصل في الطبيعة فقدان للتساقط بطرق متعددة سيتم تناولها فالمعادلة الهيدرولوجية تشير الى ان مايتبقى من التساقط بعد الفقدان او السحوبات (water Losses) يمثل الجريان السطحي Runoff.

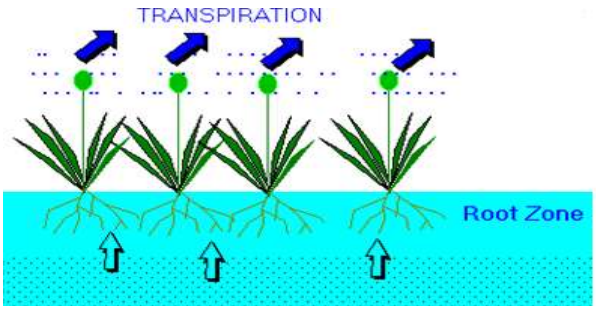
Precipitation –water Losses = Runoff

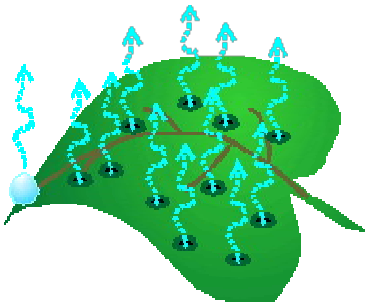
السحوبات من السقيط Water Losses:

يحصل فقدان الماء من التساقط بطرق عديدة:

1. **التبخر Evaporation** من الأسطح المائية (بحيرات، انهار، خزانات.. الخ) ويعرف بتبخر البحيرات lake Evaporation و كذلك من سطح التربة ويسمى Soil Evaporation خاصة عندما يكون مستوى المياه الجوفية water table قريب من سطح الارض.
2. **النتح** او **النضوح Transpiration** من اوراق النباتات اذ يطرح النبات جزء من الماء الممتص عن طريق الجذر حيث يصعد الماء للاعلى بفعل الخاصية الشعرية الى الاوراق ناقلا العناصر الضرورية وتبريد النبات.

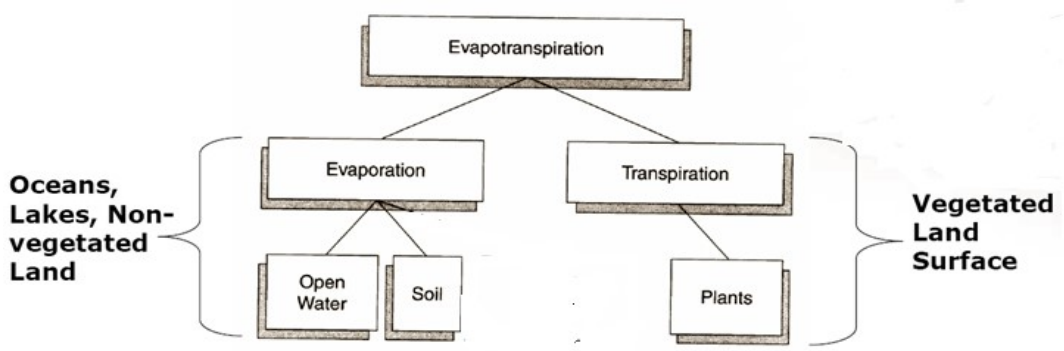
كلية التعليم - جامعة تكريت
د. عاصم احسن حسن





Transpiration

ويطلق مصطلح **evapo-transpiration** للتعبير عن الفقدان في المياه من عملية **التبخر–نتح** معا خاصة في المناطق التي يغطيها الغطاء النباتي. وقدر بان حوالي ثلثي التساقط يعود الى الغلاف الجوي مرة اخرى نتيجة لعملية التبخر–نتح.

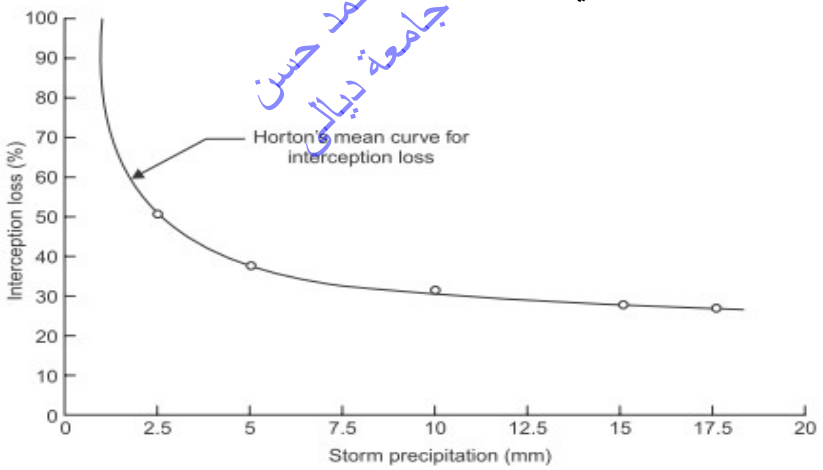


3. **الترشيح Infiltration** وهو نفوذ المياه الى التربة من سطحها الخارجي.
4. **الفقدان نتيجة الاعتراض Interception loss** ويحصل نتيجة ارتطام مياه المطر بالابنية واوراق النباتات ويعود الى الغلاف الجوي مرة اخرى بفعل التبخر فلايصل الى سطح الارض لهذا فهناك مايعرف بالمطر الفعال **Effective rain** حسب المعادلة التالية:

Effective rain = Rainfall – Interception loss

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

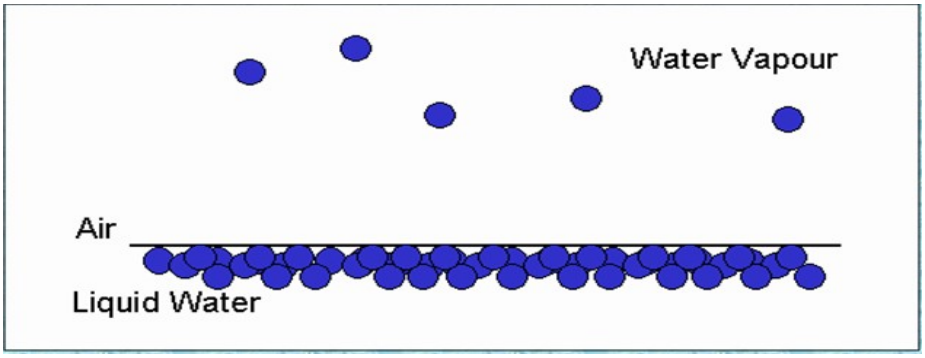
يكون الفقدان نتيجة الاعتراض عادة **كبيرا في بداية التساقط** ويقل بعد ذلك تدريجيا كما انه يختلف تبعا لمقدار التساقط كما مبين في الشكل:



Interception loss (Horton's curve)

عملية التبخر Evaporation :

هي عملية تحول المياه من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وانتشاره في الغلاف الجوي إن معدل التبخر ويقاس ب mm/day او cm/day



التبخر

ويعتمد التبخر على العوامل التالية:

1. **درجة الحرارة Temperature**

كلما زادت درجة حرارة الماء ، زادت طاقة الجزيئات وحركتها ، ومن ثم قدرتها على التحول من الحالة السائلة إلى الجو .

2. **سرعة الرياح Wind speed.**

تؤدى زيادة سرعة الرياح إلى إزالة الهواء الرطب ، وإحلال هواء جديد له القدرة على احتواء المزيد من جزيئات المياه المتبخرة وبالتالي زيادة معدل التبخر، وقد تؤدى زيادة سرعة الرياح بمقدار 10% إلى زيادة معدل البخر بمقدار يتراوح بين (1-3 %).

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم جامعة ديالى

3. **الرطوبة النسبية Relative humidity.**

يتناسب معدل التبخر عكسياً مع الرطوبة النسبية في الجو ، فكلما زادت الرطوبة النسبية، تقل قدرة الهواء على احتواء المزيد من جزيئات الماء المتبخرة من سطح المياه وبالتالي قل مقدار التبخر.

4. **المساحة السطحية الكتلة المائية Water surface area.**

يزداد التبخر بازدياد المساحة السطحية للكتلة المائية لزيدة المساحة المعرضة للحرارة والرياح.

5. **عمق المياه Water depth**

كلما قل عمق المياه ، زاد معدل التبخر ، نظراً لسرعة تسخين الهواء نسبياً عندما يكون عمق الماء قليلا.

6. فرق الضغط بين الماء والجو

حيث يتناسب مقدار التبخر طرديا مع فرق الضغط ، ويحكم قانون دالتون Dalton Formula هذه العلاقة كالآتي :-

$$E=k\ (e_w - e_a)$$

حيث :-

E = التبخر اليومي .

e_w = ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة المياه .

e_a =ضغط البخار في الجو.

k = ثابت يطلق عليه احيانا f(u).

كيف نقلل من التبخر في بحيرات تخزين المياه:

يمكن تقليل اتلبخر في البحيرات والخزانات المائية من خلال :-

1. جعل بحيرات تخزين المياه أكبر عمقاً وأقل سطحاً ، باختيار قطاع عميق يكون بين جبلين مثلاً للتقليل من معدل التبخر.
2. زراعة الأشجار العالية على جوانب البحيرات حتى تعمل كحاجز للرياح خاصة الاشجار التي لاتحتاج للمياه كثيرا.
3. باستخدام التخزين الجوفي بديلاً عن التخزين السطحي.

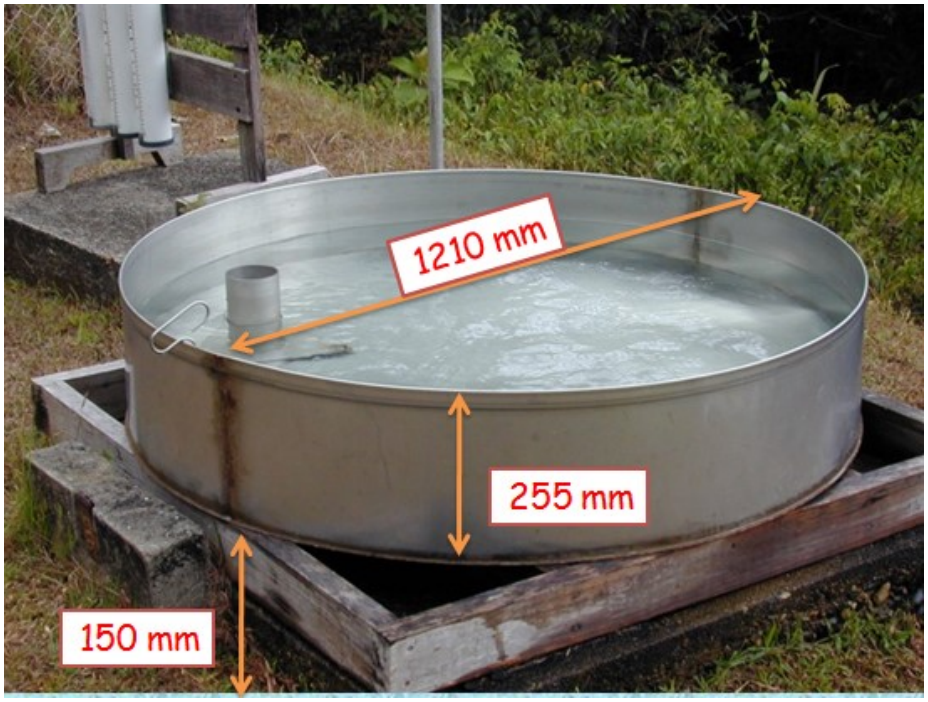
كلية العلوم - جامعة دبالى
د. عاصم احمد حسن

قياس التبخر Evaporation Measurement :

يجري قياس مقدار الماء المتبخر من سطح الماء بعدة طرق :

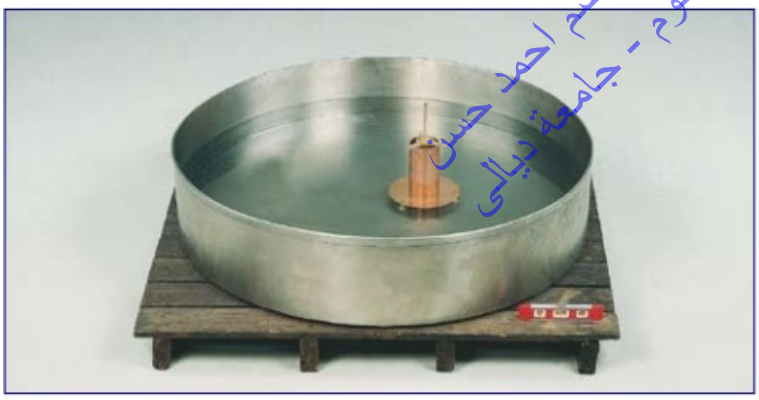
1.إستخدام اوعية التبخر Evaporation pans

تعتبر ابسط وارخص الطرق لقياس التبخر اذ تستخدم اوعية خاصة بابعاد محددة يمكن قياس التبخر فيها بشكل مباشر من خلال حساب مقدار الماء الذي يتبخر من هذه الاوعية المقاومة للصدأ خلال اليوم والتي توضع في مكان مفتوح بعيد عن الحواجز ولكون الوعاء يختلف عن المسطحات المائية كالبحيرات يتم استخدام معامل تصحيح Pan Coefficient يعرف K_{pan} بضرب مقدار التبخر للوعاء E_{pan} بمعامل تصحيح 0.75 لـ Class A Evaporation Pan.



Class A Evaporation Pan

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



Evaporation Pan

Stilling well

عدد محطات قياس التبخر Evaporation Measurement Stations :

توصي المنظمة الدولية للارصاد الجوية World Meteorological Organization

WMO أن يكون الحد الادنى من توزيع محطات قياس التبخر كما يأتي:

1. المناطق الجافة : محطة واحدة لكل 30000 كم^2.
2. المناطق المعتدلة – الرطبة : محطة واحدة لكل 50000 كم^2.
3. المناطق الباردة : محطة واحدة لكل 100000 كم^2.

طريقة القياس Measuring Methos:

1. نصب وعاء التبخر في المنطقة التي يراد قياس التبخر فيها على قاعدة مستوية.
2. يتم ملئ الوعاء بكمية محددة من الماء ويتم قياس عمق الماء فيه.
3. يترك الوعاء لتحصل عملية التبخر لفترة محددة (عادة 24 ساعة) وتؤخذ القراءة صباحا عادة كما يتم قياس مقدار التساقط في حالة حصوله.
4. بعد مرور 24 ساعة يتم قياس عمق الماء مرة اخرى.
5. يتم حساب كمية التبخر من خلال حساب الفرق في قراءات عمق الماء في الوعاء بعد وبداية القياس ويمثل مقدار التبخر من الوعاء (mm/day) E_{pan} Pan Evaporation.
6. يتم ضرب E_{pan} بمعامل الوعاء K_{pan} Pan Coefficient لحساب التبخر **E**:

$$E = K_{pan} \times E_{pan}$$

مثال: احسب مقدار التبخر E الحاصل في وعاء التبخر اذا علمت ان عمق الماء في بداية التسجيل كان 200mm وفي نهايته كان 190mm وقد سجل تساقط بمقدار 5mm اثناء عملية التسجيل.

ملاحظة: $K_{pan}=0.75$

$$E = K_{pan} \times E_{pan}$$
$$= (200-190+5) \times 0.75 = 3.75mm/day$$

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

2.معادلات التبخر التجريبية Empirical Evaporation Formulas:

هناك عدد من المعادلات التجريبية لحساب كمية التبخر بإستخدام بيانات الأنواء الجوية المتوفرة، و معظم هذه المعادلات تستند على معادلة دالتون Dalton formula و التي يعبر عنها بالصيغة العامة الآتي:

$$E = f(u)\,(e_w - e_a)$$

E: Evaporation
e_w: the saturation vapour pressure of water
e_a: the saturation vapour pressure of air
f(u): function of wind speed at a specified distance above the water surface

وبالنظر لكون هذه المعادلة تجريبية فانه يجب تحديد دالة سرعة الرياح لكل منطقة على حدة ولهذا فان المعادلة المستنتجة لمكان ما تكون غير قابلة للتطبيق لمكان اخر.

ومن اهم هذه المعادلات **معادلة ماير Meyer Eq. :**

$$E = k_m (e_w - e_a) (1+ U_9/16)$$

U_9 : المتوسط الشهري لسرعة الرياح (كم/ساعة) عند إرتفاع 9 متر فوق الأرض

K_m : معامل تتراوح قيمته بين (0.36 للبحيرات الكبيرة و 0.5 للبحيرات الضحلة الصغيرة)

تستخرج سرعة الرياح على أي إرتفاع (U_h) بمعلومية سرعة رياح (U) و حسب المعادلة التالية:

$$U_h = U (h)^{1/7}$$

3. طريقة الموازنة المائية Water Budget Method

يمكن استخدام هذه الطريقة لمعرفة التبخر في الخزانات والبحيرات و الوديان ، وهى تعتمد على الموازنة الهيدرولوجية بين كل المدخلات والمخرجات للنظام الذي قد يكون بحيرة أو وادي أو خزان .....الخ،حيث تقاس أو تقدر كافة المدخلات باستثناء التبخر الذي يمكن تقديره بمعرفة العوامل الأخرى .

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ويأخذ هذا الاتزان شكل المعادلة الآتية :-

Inputs-Outputs= Change in Storage
I-O= Δ S
P- (R+E+F)= Δ S

حيث :

P=المطر الساقط مباشرة فوق الخزان

R= الجريان السطحي الداخل للخزان(السيل Runoff)

E=حجم المياه المتبخرة من الخزان

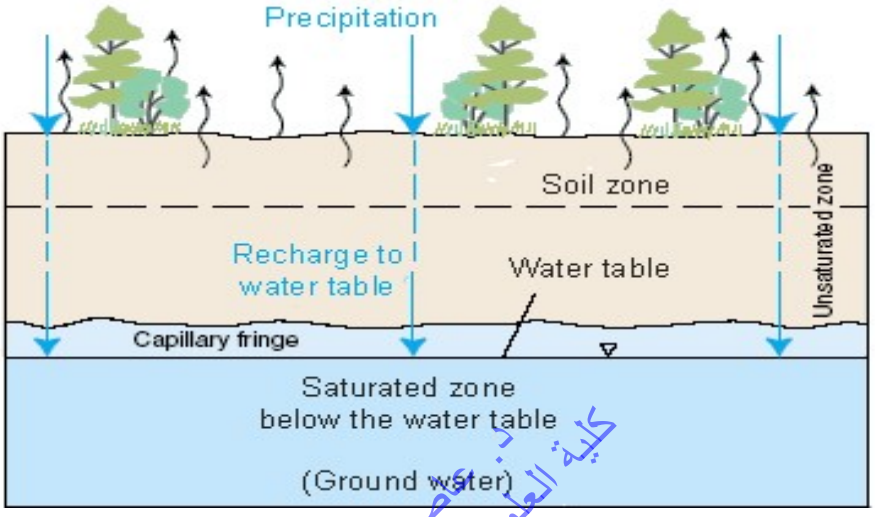
F=حجم المياه المتسربة من الخزان الي داخل التربة (الترشيح Infiltration)

Δ S= مقدار التغير في المياه المخزونه في البحيرة

يمكن حساب التساقط والجريان السطحي بدقة،يوجد صعوبة في قياس الترشح تحت السطحي والتغير في التخزين ΔS. لحل مشكلة الصعوبة بالنسبة لـ ΔS فاننا نأخذ القياسات على فترات زمنية طويلة مثلا سنة ويكون منسوب المياه في الخزان عند بداية فترة القياس هو نفسه عند نهاية الفترة وبالتالي يكون ΔS = صفر وتحذف من المعادلة. بالنسبة لقياس الترشح تحت السطحي يكون أكثر صعوبة حيث يتم تقديره عن طريق قياس نفاذية التربة ومنسوب المياه الجوفية.

الترشح (او الارتشاح) Infiltration:

هي عملية نفاذ جزء من الماء نتيجة للتساقط الى داخل التربة من خلال حركتها في الاتجاه الرأسي من سطح التربة الى داخلها ويمثل الإرتشاح المصدر الاساسي لعملية تغذية Recharge المياه الجوفية الطبيعية بالمياه.



Water Infiltration

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة بابل

تعتبر التربة والصخور اوساط مسامية porous media تسمح بنفاذ المياه خلالها، والاوساط المسامية تتألف من حبيبات مختلفة الاحجام تفصلها عن بعضها فراغات Voids وهناك خاصيتين مهمتين لهذه الاوساط هما المسامية(n) porosity والمحتوى المائي (θ) moisture content:

والمسامية هي النسبة المئوية لحجم الفراغات في الصخور او التربة وحجمها الكلي:

وعندما ينفذ الماء الى الفراغات ويحتل جزء منها فان النسبة المئوية لحجم المياه في الفراغات الى حجمها الكلي يعبر عنها بالمحتوى المائي:

عندما تتساقط الامطار يترشح جزء منها الى التربة ويصل في بداية الامر الى النطاق غير المشبع Unsaturated Zone من التربة والذي تحتل المياه جزء من الفراغات فيها $(\theta < n)$ وعندما تمتلئ الفراغات بالمياه تصبح مشبعة ويعرف هذا النطاق من التربة بالنطاق المشبع Saturated Zone وتكون فيه $(\theta = n)$ والذي يمثل مكان تجمع المياه الجوفية، وعندما يكون التساقط شديدا فان الطبقة العليا للتربة تصبح مشبعة فيقل الترشح فتبدأ المياه بالجريان او السيح Runoff على سطح الارض.

العوامل المؤثرة على عملية الترشح Factors affecting infiltration

ان عملية ترشح المياه هذه تتأثر بعدد كبير من العوامل من أهمها ما يأتي:

1. **خصائص التربة Soil Properties** : إن نوع التربة مثل الرمل أو الغرين أو الطين وخواصها مثل نسيجها، تركيبها، ونفاذيتها تعد من الخصائص المهمة لتحديد كمية الماء المترشح فكلما كانت جزيئات التربة مفككة وذات نفاذية عالية، كانت كمية الماء النافذة إلى داخل التربة أكبر وبالعكس.
2. **درجة الحرارة Temperature**: ان زيادة درجة الحرارة يعمل على انخفاض لزوجة المياه المترشحة خلال مسامات التربة مما يعمل على زيادة معدلات الترشح خلال فصل الصيف عنه في فصل الشتاء.
3. **الغطاء النباتي land cover**: يقلل الغطاء النباتي من سرعة جريان المياه على سطح التربة فيعطي وقتا اكبر للمياه للتغلغل داخل التربة.
4. **درجة تشبع التربة Soil Saturation**: الترشبة المشبعة لايمكنها امتصاص كميات اضافية من الماء مقارنة بالتربة ذات درجة تشبع اقل.
5. **ميلان سطح الارض Slope of the land**: عندما تسقط المياه فوق ارض شديدة الانحدار فان تسيح بشكل اسرع وتترشح بشكل اقل مقارنة بالارض المنبسطة.
6. **التبخر–نتح Evapotranspiration**: تقلل عملية التبخر–نتح من كمية المياه المترشحة الى داخل التربة.
7. **خصائص المائع Fluid Characteristics** : يحتوي الماء المترشح داخل التربة على عدد كبيرمن الشوائب الذائبة أو العالقة ، حيث أن تلوث الماء بالأملاح الذائبة مثلاً يمكن أن يؤثر على تركيب التربة و بدوره يؤثر على معدل الإرتشاح لكون أن مثل هذه الشوائب تسد المسامات الصغيرة في التربة و تقلل سعة الإرتشاح فيها.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

يتم التعبير عن الترشح باستخدام مفهومين هما معدل الترشح **Infiltration rate** وسعة الترشح **Infiltration capacity**.

معدل الترشح (*f*) Infiltration rate:

هو المعدل الذي تنفذ به المياه داخل التربة ويقاس بوحدة سرعة مثل مم/ساعة وهي خاصية تتاثر بخصائص التربة اذ تكون معدلات الترشح عادة اكبر في التربة المفككة منها في التربة المتراصة كما تتاثر برطوبة التربة ذاتها ومعدل الترشح يكون عادة كبيرا عن بداية تساقط الامطار او بداية الري وعندما تكون المياه غزيرة بفعل التساقط الشديد او الري الوفير فان معدل الترشح يعرف بمعدل الترشح الفعال potential infiltration rate او يعرف ايضا بسعة الترشح.

سعة الترشح (f_c) Infiltration capacity:

وهو المعدل الاقصى الذي يمكن فيه لتربة أن تمتص الماء في وقت ما ولها نفس وحدات الترشح مثلا مم/ساعة.

د. عاصمة احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ان الترشح يتأثر بشدة تساقط المطر او تجهيز المياه ولهذا لدينا حالتين يجب اخذهما بنظر الاعتبار:

1. في اي وقت تكون شدة المطر اقل من سعة الترشح فان معدل الترشح الحقيقي سيكون مساويا لشدة المطر وفي هذه الحالة لايوجد جريان سطحي Surface runoff اذ يكون تجهيز المياه اقل من سعة الترشح ومساوي لشدة المطر.
2. اذا فاقت شدة المطر سعة الترشح فان معدل الترشح سيكون مساويا لسعة الرشح وفائض المياه الذي يزود عن سعة الترشح سيتحول الى جريان سطحي ويمكن ان تحصل هذه الحالة ايضا عند ري التربة بمعدلات عالية تزيد عن سعة الترشح، وهذه الحالة مهمة من الناحية الهندسية والتي يصعب فيها تحديد وقت بداية الجريان السطحي.

$f = i$ if $i < f_c$

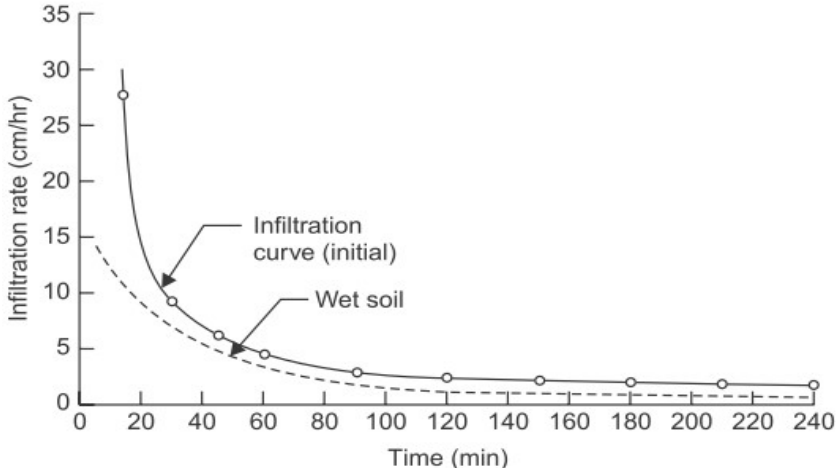
$f = f_c$ if $i > f_c$

i : شدة المطر

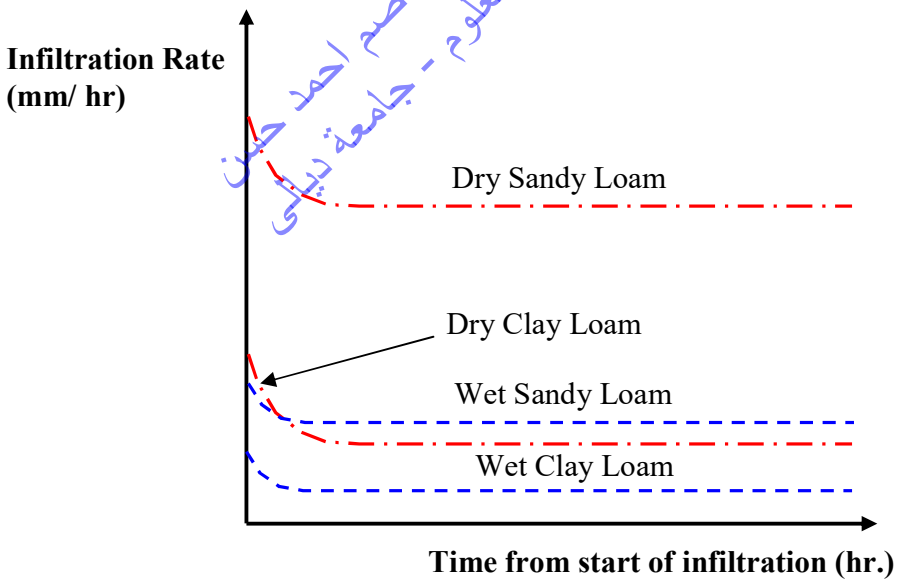
تغير قيم الإرتشاح Infiltration Values Changes:

ان سعة الترشح تعتمد بشكل خاص على طبيعة التربة وحتوى الرطوبة فيها.

إن التغير المثالي في معدل الترشح موضح في الشكل التالي:



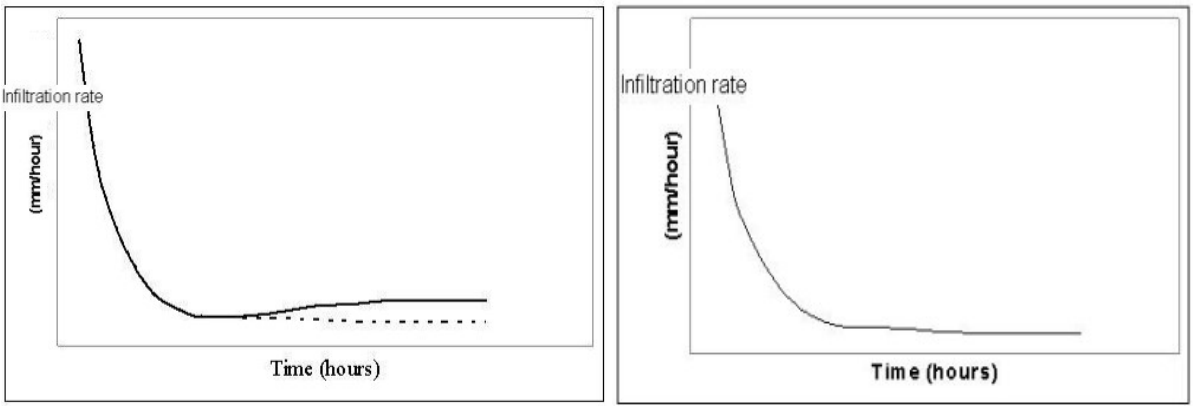
كما ان التغير في معدل الترشح لنوعين من التربة مختلفتين في النوع والرطوبة موضح في الشكل التالي :



د. عاصم احمد حسين
كلية العلوم - جامعة ديالى

يتضح من الشكلين اعلاه أن معدل الإرتشاح للتربة يقل مع الوقت منذ بداية المطر وإنها تقل مع ازدياد درجة تشبع التربة فعندما تكون التربة جافة فان معدل الترشح يكون عاليا مقارنة بالتربة الرطبة كماتختلف باختلاف نوعية التربة، فمثلا نجد سعة الترشح في التربة الطينية الثقيلة اقل من سعة الترشح في التربة الرملية الخفيفة والمفككة.

كما يلاحظ ان معدل الترشح يتناقص مع الوقت ويصبح ثابتا بعد مرور فترة من الزمن اذا كان تجهيز المياه مستمرا (شكل a) اما اذا حصل قطع في تجهيز المياه فقد يرتفع معدل الترشح عند نقطة ما (شكل b).



(b) (a)

د. عصام احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

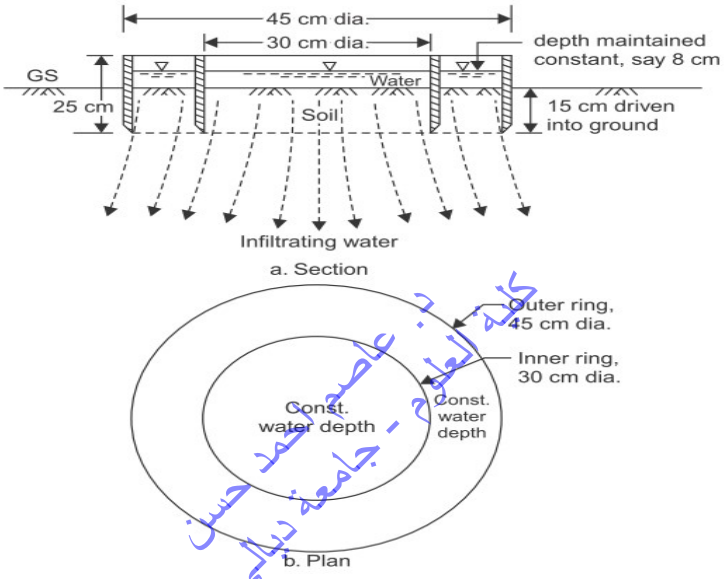
قياس الترشح Measurement of Infiltration

يمكن قياس الترشح في موقع معين باستخدام المرشحات **Infiltrometers**

والمرشح عبارة عن اداة بسيطة تستخدم لقياس سعة الترشح بواسطة حلقة اسطوانية يتم ادخالها بضعة سنتمترات داخل التربة وتملئ بالماء الى حد معين ويتم قياس معدل نقصان مستوى الماء فيها مع الزمن بفعل الترشح وفي النوع البسيط كما مبين في الشكل يستخدم حلقة واحدة Single ring infiltrometer لذا قد ينتشر الماء المترشح افقيا الى الخارج مما قد يسبب عدم دقة القراءات.

Single ring infiltrometer

لذا يستخدم نوع اخر ذو اسطوانتين او حلقتين ويعرف هذا النوع بـ Double ring infiltrometer تمنع الحلقة الخارجية انتشار الماء الخارج من الحلقة الداخلية كما مبين في الشكل التالي، ويراعى ان يكون جدار الاسطوانتين حادا لادخالهما في التربة باقل تشويه واقل جهد. يتم اضافة الماء في بداية التجربة بين الاسطوانتين الداخلية والخارجية لمنع دخول الماء للتربة في اتجاه افقي ثم يتم اضافة الماء للاسطوانة الداخلية لحد معين وقياس معدل انخفاض مستوى الماء مع مرور الزمن و ونتيجة للتغير الجانبي في الترشح يتم اخذ عدة قراءات للحصول على معدل معقول لسعة ترشح التربة.



د. عاصم محمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

Double ring infiltrometer

منحني سعة الترشيح Infiltration capacity Curve (Horton's Curve):

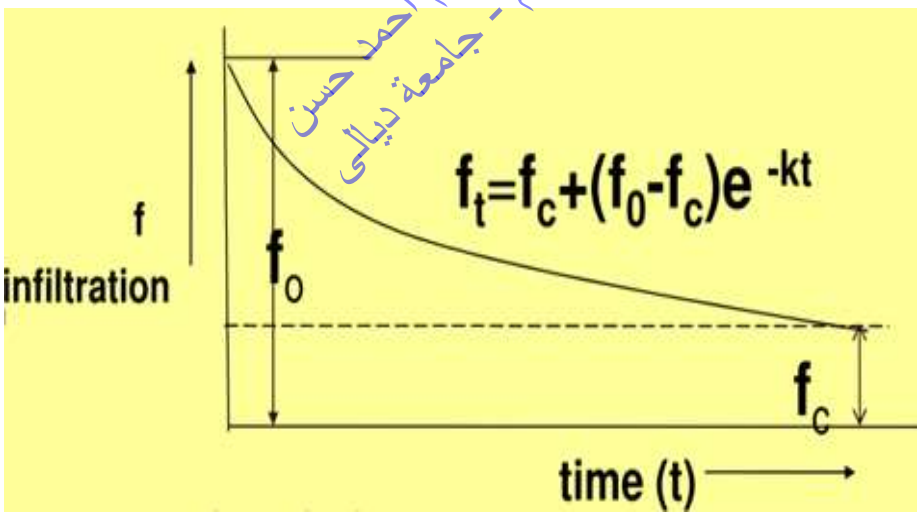
وهو تمثيل بياني لكيفية تغير سعة الترشيح مع الزمن الناتج عن الامطار او الري، وقد لوحظ:

ان سعة الترشيح تكون عادة عالية مع بداية العاصفة المطرية التي تحدث بعد فترة جفاف طويلة كما ان سعة الترشح تميل الى ان تصبح ثابتة بعد مرور 1-3 ساعات وقد عبر هورتون **(Horton)** عن علاقة سعة الترشح مع الوقت وهي معادلة تجريبية تبين ان الترشح يبدأ عند سعة ترشيح اولية قصوى f_0 تتناقص مع مرور الزمن t كما مبين في الشكل وبعد مرور فترة من الزمن فان مستوى تشبع التربة بالمياه يصل قيمة ثابتة صغرى وتمثل هذه العلاقة طريقة اخرى لقياس سعة الترشح:

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

f_t is the infiltration rate at time t;
f_0 is the initial infiltration rate a time t_0 or maximum infiltration rate;
f_c is the constant or equilibrium infiltration rate after the soil has been saturated or minimum infiltration rate;
k is the decay constant specific to the soil.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



Infiltration rate (Horton's Curve)

Question: In a double ring infiltrometer test, a constant depth of 100 mm was restored at every time interval the level dropped as given below:

Time (min) 0 5 10 15 25 45 60 75 90 110 130

Depth of water (mm) 100 83 87 90 85 78 85 85 85 80 80

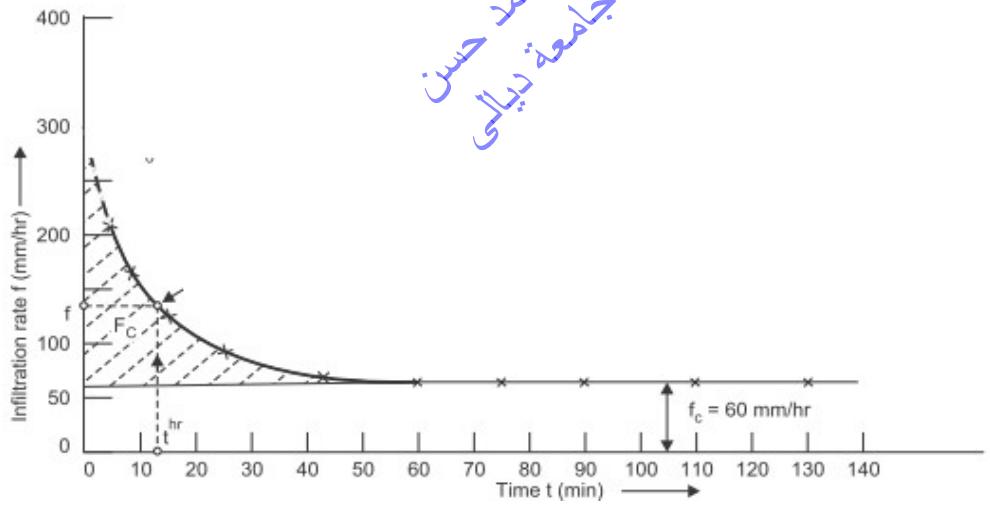
Plot Horton's infiltration curve and,

calculate Infiltration capacity at equilibrium infiltration rate f_c

Answer:

Time t (min)	*Depth to water Surface (mm)*		*Depth of infiltration d (mm)*	*Infiltration rate* $f = \frac{d}{\Delta t} \times 60$ *(mm/hr)*
	Before filling	*After filling*		
0	100	—	0	f_0
5	83	100	17	$\frac{17}{5} \times 60 = 204$
10	87	100	13	$\frac{13}{10-5} \times 60 = 156$
15	90	100	10	$\frac{10}{15-10} \times 60 = 120$
25	85	100	15	90
45	78	100	22	66
60	85	100	15	$60 = f_c$
75	85	100	15	60
90	85	100	15	60
110	80	100	20	60
130	80	100	20	60

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

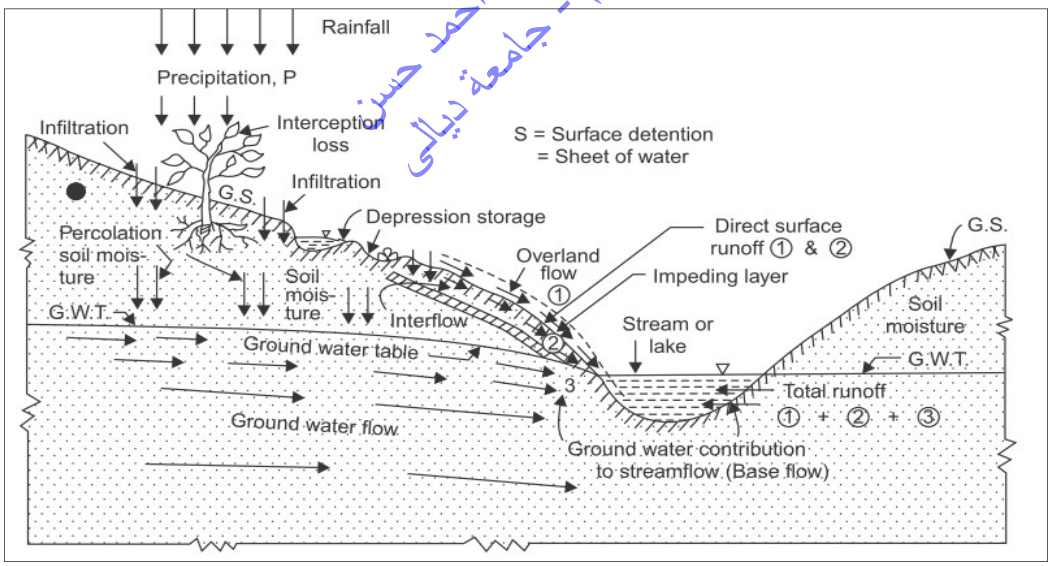


Horton's infiltration curve, Infiltration capacity f_c = 60mm/hr

الفصل الرابع
السيح (*Runoff*)

السيح: هوجريان أو تصريف السقيط من خلال قناة سطحية ويحدث عندما تتساقط الامطار بشدة اكبر سعة الترشيح للتربة. إن الجريان قد يكون سطحيا يعرف بالسيح السطحي (Surface Runoff) او الجريان فوق سطح الارض (Overland flow) وهو مصطلح يطلق على الجريان الذي ينتقل فيه الماء فوق الأرض مثل الجريان في قناة مفتوحة ويصل فيه الماء إلى مخرج المساحة،واذا كانت هناك طبقة ذات نفاذية فان جزء من السقيط ينفذ إلى الجزء العلوي من التربة ويتحرك جانبياً خلالها ثم يعود إلى السطح من بعض الأماكن البعيدة عن النقطة التي دخل فيها إلى التربة ليصب في القنوات السطحية هو ايضا جزء من من السيح السطحي تعرف بأسماء مختلفة منها الجريان تحت السطحي (Subsurface Runoff) او الجريان البيني Interflow.

أما الجزء الذي يصل إلى أعماق التربة فيكون خزينا للمياه الجوفية ويتحرك ضمنها فيسمى جريان الماء الأرضي (Ground Water Runoff) وهذا الجزء قد يساهمم في تغذية القنوات السطحية اذا كان مستوى سطح المياه الجوفية اعلى من مستوى المياه في القنوات النهرية السطحية.



ان المكونات الثلاثة قد تساهم وتصب في القنوات السطحية الا انهم يختلفون في سرعة الوصول اليها فالجريان السطحي هو الاسرع يليه الجريان البيني اذ قد يصل خلال ساعات بينما الجزء القادم من المياه الجوفية هو الابطأ الذي قد يصل خلال بضعة ايام او اشهر.

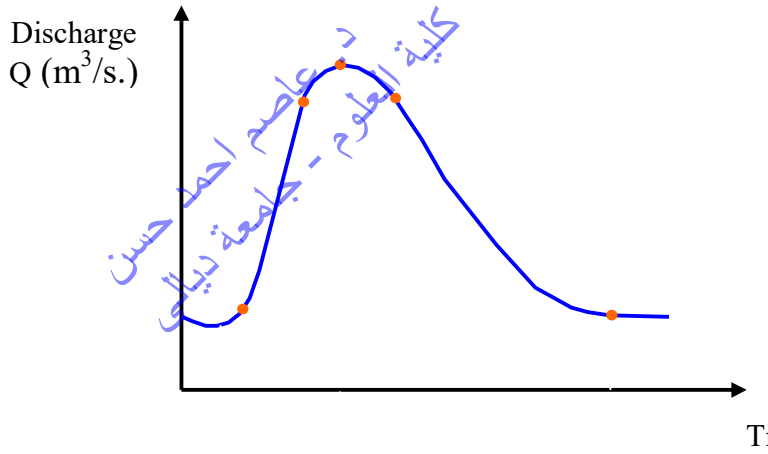
د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ولهذا يمكن تقسيم السيح السطحي إلى :

1. **السيح المباشر Direct Runoff** : وهو ذلك الجزء من السيح الذي يدخل الجدول مباشرةً بعد سقوط الأمطار، وهذه تتضمن الجريان فوق سطح الأرض و الجريان البيني والمطر الذي يسقط مباشرةً فوق الأسطح المائية وهذه المكونات تصل مباشرة الى القنوات السطحية بعد حصول التساقط.
2. **الجريان القاعدي Base Flow** : وهو الجريان المتأخر الذي يصل الجدول بشكل متأخر بعد حصول التساقط ويتمثل بالجزء المتعلق بالمياه الجوفية التي تصل للقناة السطحية بشكل متأخر وقد لايكون له علاقة مباشرة بحصول العاصفة المطرية ويمكن أن يكون جزء من الجريان البيني المتأخر كثيراً جريان قاعدي ايضا.

خصائص السيح للجداول Runoff Characteristics of Streams :

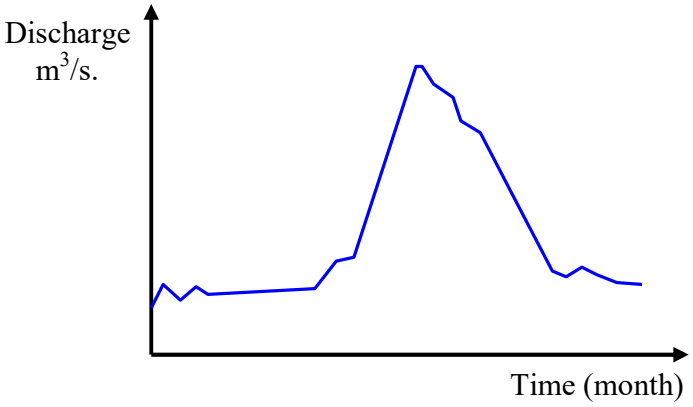
يتم دراسة خصائص الجريان في الجداول او الاحواض المائية باستخدام الهيدروجراف الذي يمثل علاقة التصريف مع الزمن وله شكل مثالي مبين في الشكل التالي:



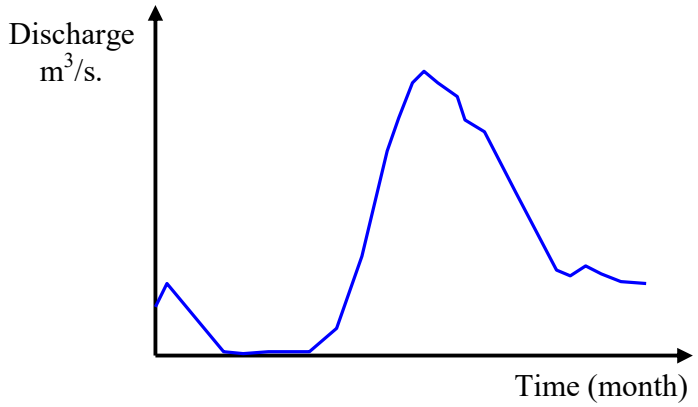
د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ومن خلال دراسة الهيدروجراف السنوي تمكننا من تصنيف الجداول المائية إلى ثلاثة أصناف :

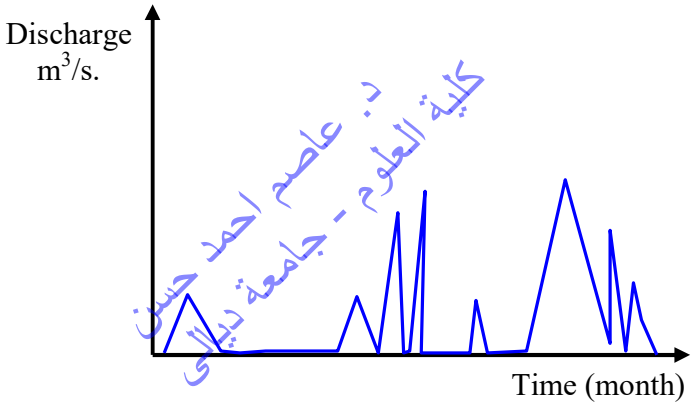
1. **المجاري المائية المستمرة** : وهي التي تحتوي على ماء طول الوقت وتجهز بالماء خلال السنة وحتى خلال فصول الجفاف فإن منسوب الماء الأرضي يكون فوق قاع المجرى.



2 . **المجاري المائية المتقطعة** : وهي المجاري التي يكون تجهيزها بالماء محدوداً وليس دائميا.



3. **السيول** : وهي المجاري المائية التي ليس فيها أي مشاركة للجريان القاعدي ، حيث تتميز بتذبذب الجريان العالي العائد للعاصفة المطرية وسرعان ما يصبح الجدول جافاً حال إنتهاء الجريان العائد للعاصفة.



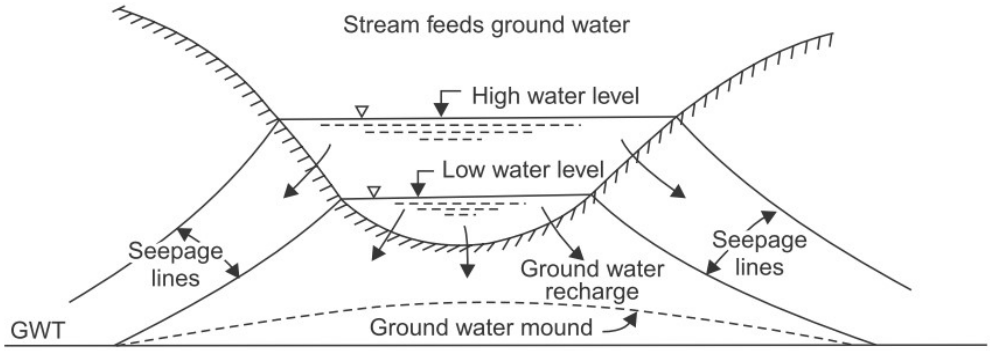
د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

تصنيف الجداول النهرية Classification of streams

يمكن ان تصنف الى:

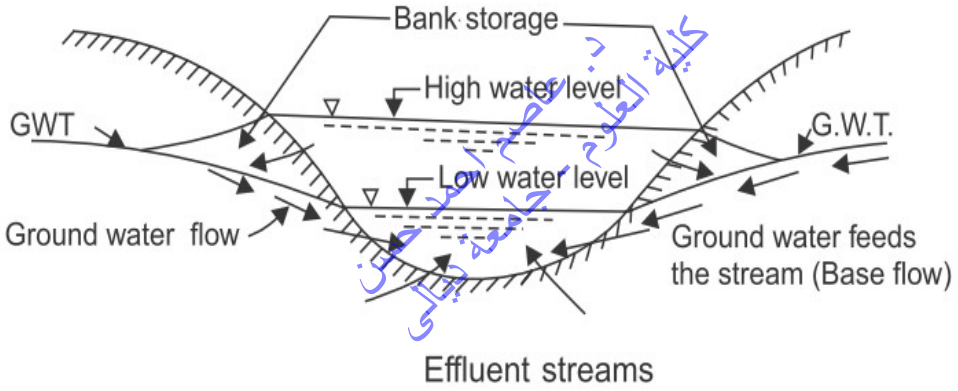
1. **جداول غير متدفقة و متدفقة Influent and Effluent streams**

عندما يكون منسوب المياه الجوفية اوطأ من مستوى المياه في النهر فان النهر سيغذي مخزون المياه الجوفية بالمياه نتيجة للنضوح وهذه الجداول تعرف Influent streams. الكثير من قنوات الري والانهر التي تجري في المناطق الصحراوية تعتبر مثالا لهذا النوع والتي قد تجف بشكل كامل في الفترات الجافة غير الممطرة لذا تسمى بالجداول او الانهر سريعة الزوال Ephemeral streams والتي يمكن مشاهدتها في المناطق الجافة اذ تجري لساعات قليلة بعد سقوط الامطار ولايمكن الاعتماد عليها في توليد الطاقة الكهرومائية.



Influent streams

عندما يكون منسوب المياه الجوفية اعلى من مستوى المياه في النهر فان خزانات المياه الجوفية تغذي النهر بالمياه وهذه الجداول او الانهر وتعرف effluent streams، ان الجريان القاعدي Base flow لهذا النوع يمثل نضوحا من حوض التصريف ومعظم الجداول الدائمية تصنف ضمن هذا النوع.



Effluent streams

2. الانهار المتقطعة والدائمية Intermittent and perennial streams

عندما يكون منسوب المياه الجوفية فوق طبقة النهر خلال المواسم الممطرة لكنه يكون اوطأ منها في فترات الجفاف فان النهر يجري خلال في الفترات الممطرة (نتيجة للسيح السطحي ومساهمة المياه الجوفية) لكنه يصبح جافا في فترات الجفاف ولهذا يعرف هذا النوع بالانهار المتقطعة. اما في حالة الانهار الدائمية فان المياه تتدفق فيها على مدار السنة حتى في مواسم الجفاف الشديدة لكون منسوب المياه الجوفية لاينخفض فيها اقل من النهر وهذا النوع يمكن استخدامه لتوليد الطاقة بشكل فعال ويمكن توليد الطاقة من الانهار المتقطعة الجريان من خلال توفير منشآت لتخزين المياه.

العوامل المؤثرة على الجريان Factors affecting runoff

بصورة عامة فإن خصائص الجريان تعتمد على عوامل عديدة اهمها:

1. **خصائص الأمطار Rainfall characteristics**

شدة الامطار وتوزيعها حسب الزمان و المكان وتغييراتها تؤثر بشكل كبير على السيح او الجريان فعندما تكون شدة العاصفة المطرية ضعيفة فانها تساهم في تغذية المياه الجوفية وجريان سطحي قليل بينما الشدة المطرية العالية فوق منطقة صغيرة تزيد من الجريان السطحي لان المفقودات المائية نتيجة الترشح والتبخر اقل. كما تساهم التتابعات المطرية في زيادة الجريان السطحي نتيجة لترطيب التربة والامطار التي تسقط في فترات الصيف تسبب جريانا اقل نتيجة لجفاف التربة بينما تسبب الامطار الساقطة في الشتاء زيادة في الجريان.

2. **العوامل المناخية Meteorological characteristics**

تؤثر العوامل المناخية مثل درجة الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة على جريان المياه اذ يساعد انخفاض درجة الحرارة وسرعة الرياح على تقليل التبخر مما يؤدي الى زيادة الجريان السطحي بينما انخفاض الرطوبة الى زيادة التبخر مما يعمل على تقليل الجريان.

3. **خصائص الحوض Basin characteristics**

تؤثر نوعية التربة و الغطاء النباتي وميل وشكل منطقة حوض تجميع المياه على الجريان فمثلا تعمل التربة المفككة على تقليل الجريان كما يؤدي زيادة الميل في احواض صخرية ذات غطاء نباتي قليل الى زيادة الجريان السطحي مقارنة بالاحواض المنبسطة ذات الغطاء النباتي الكثيف. يؤثر شكل الحوض على الجريان كما سيبين لاحقا.

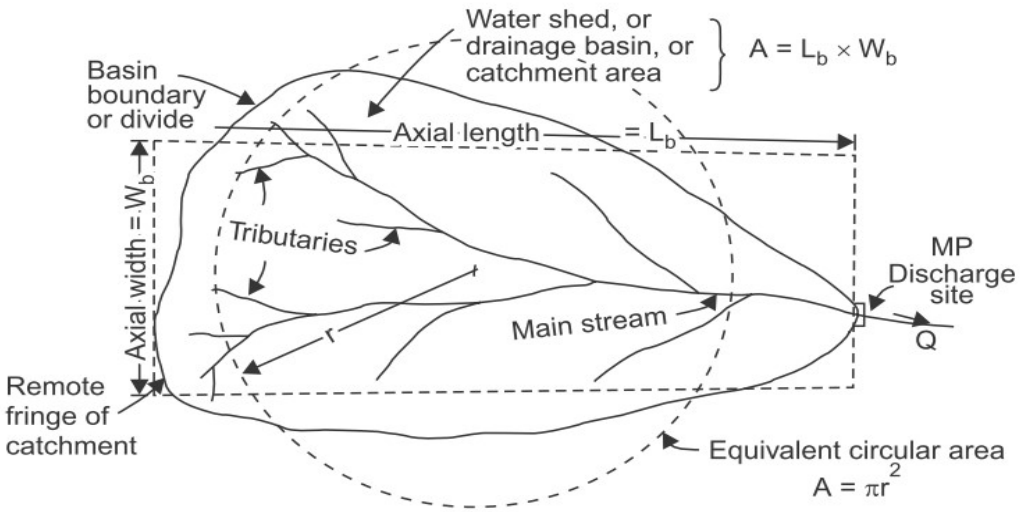
4. **خصائص التخزين Storage characteristics**

يؤثر وجود المنخفضات والمستنقعات والاودية والبحيرات التي تخزن المياه على الجريان اذ يقلل وجودها من الجريان.

خصائص منطقة تجميع المياه Catchment Characteristics

ان المساحة الكلية للحوض النهري التي يصب جريانها السطحي في النهر تمثل وحدة هيدرولوجية تعرف حوض التصريف Drainage basin او منطقة تجميع المياه Watershed or Catchment كما موضحة في الشكل التالي:

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم جامعة ديالى



Drainage basin characteristics

ويعرف الحد الفاصل بين حوضين للتصريف بفاصل التصريف Drainage devide، كما تسمى النقطة او الموقع الذي يتركز او يتجمع فيها كل الجريان السطحي للحوض بنقطة التركيز Concentration point او نقطة القياس Measuring point لان الجريان يقاس عادة عند هذه النقطة كما يعرف بالزمن المطلوب الذي تحتاجه الامطار في ابعد نقطة في حوض التصريف لتصل الى نقطة التركيز بزمن التركيز Concentration time وهو متغير مهم لان العواصف المطرية الشديدة التي تستمر لوقت اكبر من زمن التركيز ستكون قادرة لتكوين جريان سطحي يسبب الفياضانات.

يمكن دراسة خصائص التصريف من خلال:

1. عدد الجداول 2. اطوال الجداول 3. كثافة الجداول 4. كثافة التصريف

ويمكن التعبير عن **كثافة الجداول** Stream density لاي حوض تصريف بعدد الجداول في الكيلومتر المربع

$$\text{stream density, } D_s = \frac{N_s}{A}$$

N_s = number of streams

A = area of the basin

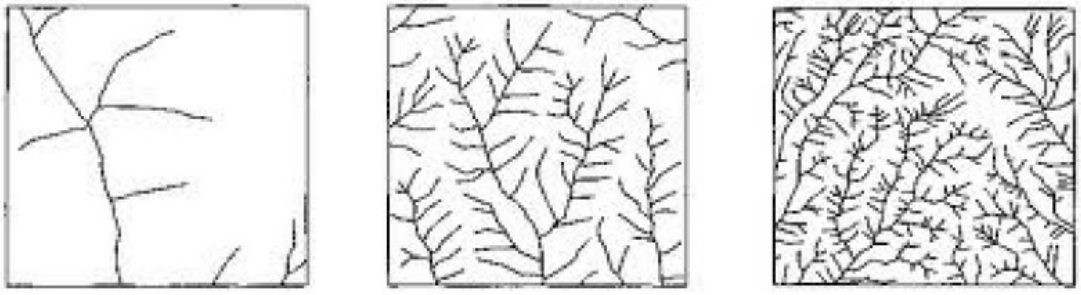
اما **كثافة التصريف** Drainage density فيعبر عنها بالطول الكلي لكل القنوات في الحوض مقسوما على مساحة الحوض الكلية وتمثل كمعامل يشير الى تطور حوض التصريف.

$$\text{Drainage density, } D_d = \frac{L_s}{A}$$

L_s = total length of all stream channels in the basin.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

وتشير القيمة العالية لكثافة التصريف الى شبكة تصريف متطورة بشكل جيد وجريان او سيح غزيز مسببا فيضانات شديدة في حين تشير القيمة المنخفضة الى جريان معتدل ونفاذية عالية في الحوض.



Drainage density

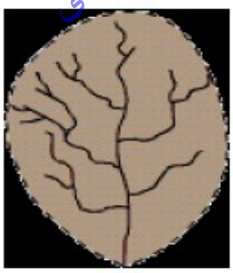
انماط التصريف Drainage patterns

يمكن ان يكون التصريف ذو انماط عديدة منها:

1. نمط شجيري Dendritic

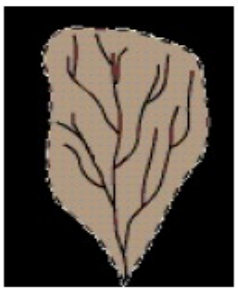
وهو اكثر الانواع شيوعا يتكون في المناطق المتجانسة (الصخور لها نفس المقاومة لعوامل التجوية) فلايظهر اتجاه محدد للروافد النهرية التي ترتبط بالفروع ذات الدرجة الاكبر بزاوية حادة اقل من 90 درجة.

كلية العلوم / عاصم الحمدي حسن
جامعة ديالى



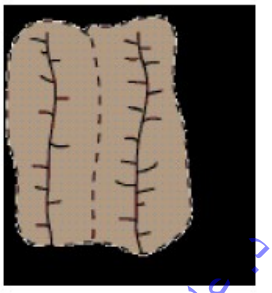
2. نمط متوازي parallel

يتكون في المناطق المنحدرة او التي لها اشكال ارضية طولية فتميل الروافد لتمتد بشكل طولي متبعة الانحدار العام للسطح وقد تشير في بعض الاحيان لوجود صدع يمر بمنطقة ذات طبقات ملتوية ذات انحدار شديد.



3. نمط شعري Trellis

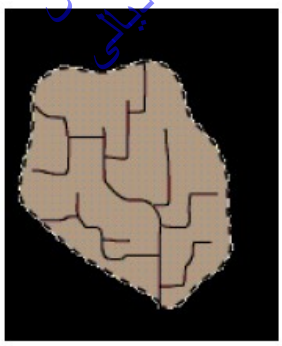
يتكون في مناطق الطيات حيث تشكل الطيات المقعرة الاودية التي تمثل المجرى الرئيسي وتدخل الروافد القصيرة القناة الرئيسية بزاوية قائمة تقريبا.



4. نمط مستطيل Recctangular

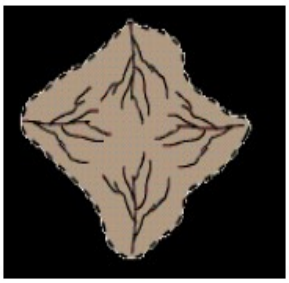
يوجد في المناطق التي تعرضت للتصدع إذا تتبع الجداول المسار الاقل مقاومة وقد تسبب حركة السطح بفعل الصدوع تغير في اتجاه الجدول.

كلية العلوم - جامعة بيالي
د. عاصم احمد حسن



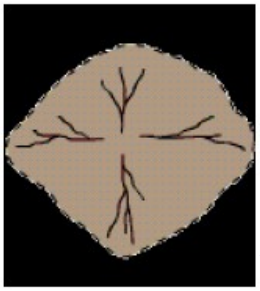
5. نمط شعاعي Radial

ويتكون حول نقطة مركزية مرتفعة وهو شائع في المناطق ذات الشكل المخروطي كمناطق البراكين.



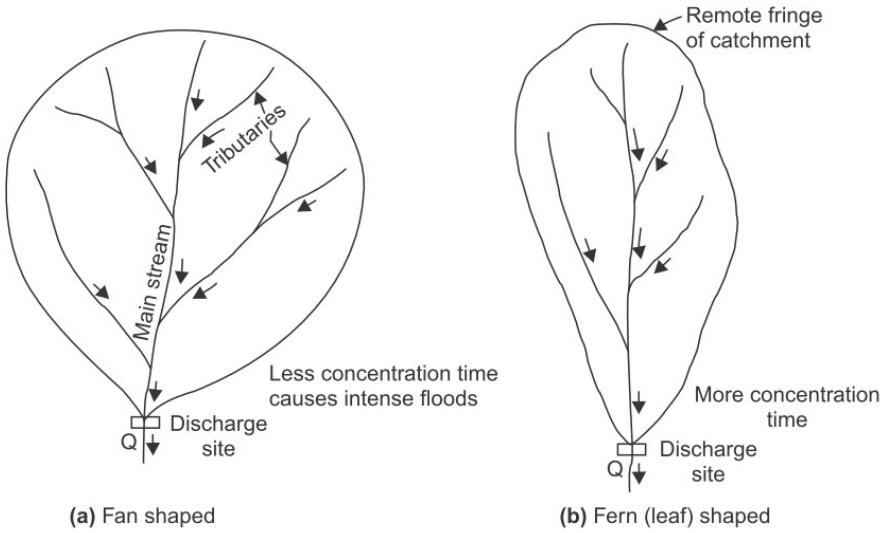
6. نمط مركزي Centripetal

وهو شكل معاكس للنوع السابق حيث تجري الروافد باتجاه منخض مركزي وهو شائع في مناطق الاحواض المنخفضة اذ تصب الروافد في نقطة المركز.



ان نمط التصريف او شكل مستجمع المياه يؤثرعلى التصريف وشدة الفيضانات فعندما يأخذ شكل شجيري يشبه المروحة Fan- shaped catchment تكون الروافد متساوية في الطول تقريبا وبالتالي زمن التركيز يكون متساوي وقليل نسبيا فينتج ذلك شدة فيضان اكبر بينما عندما يأخذ شكل طولي يشبه بشكل ورقة نبات Fern-shaped catchment فان وقت التركيز اطول ويتوزع التصريف على فترة زمنية اطول.

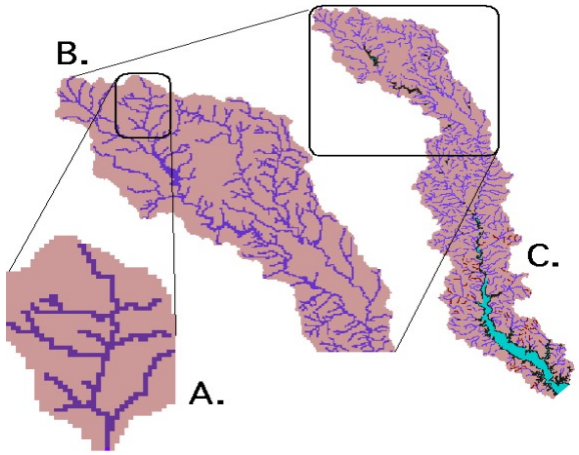
د. عاصم محمد حسن
كلية العلوم - جامعة بابل



(a) Fan shaped (b) Fern (leaf) shaped

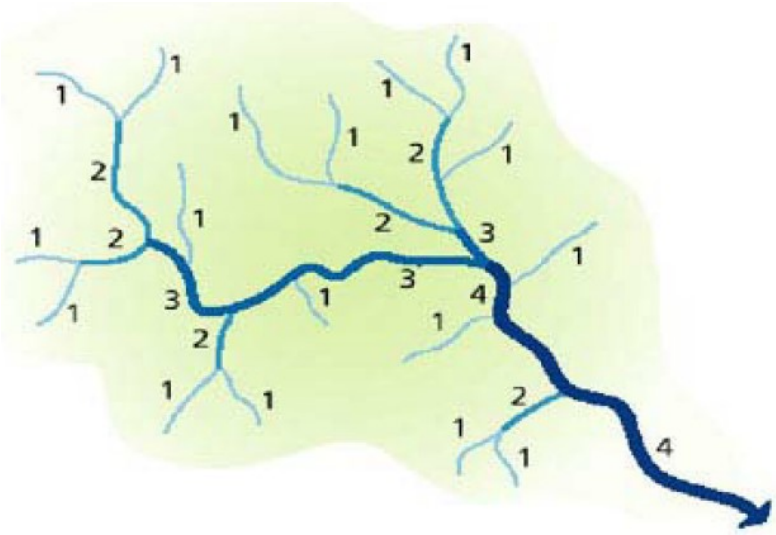
درجة النهر Stream Order

ان مناطق تجميع الامطار small watersheds الصغيرة (بضعة كيلومترات مربعة) يمكن ان تكون جزءا من مناطق اكبر وهذه قد تكون ايضا جزء من مناطق اكبر ايضا وهكذا.



وتحدد درجة النهر Stream order في شبكة التصريف تصنيف التسلسل الهرمي او درجة القنوات المائية في منطقة تجميع المياه اذا يمكن تعريف الانهر من خلال درجتها فعندما يرتبط اثنين من الجداول من الدرجة الاولى first- order streams فانهما يكونان جدولا من الدرجة الثانية Second- order stream وعندما يتحد جدولين من الدرجة الثانية فانهما يكونان جدولا من الدرجة الثالثة Third- order stream وهكذا. طرز هذا النظام من قبل Strahler, 1952 الذي يعتبر اي جدول من الدرجة السابعة او اكثر نهرا لكن ذلك ليس معمولا به عمليا.

كلية العلوم - جامعة ديالى

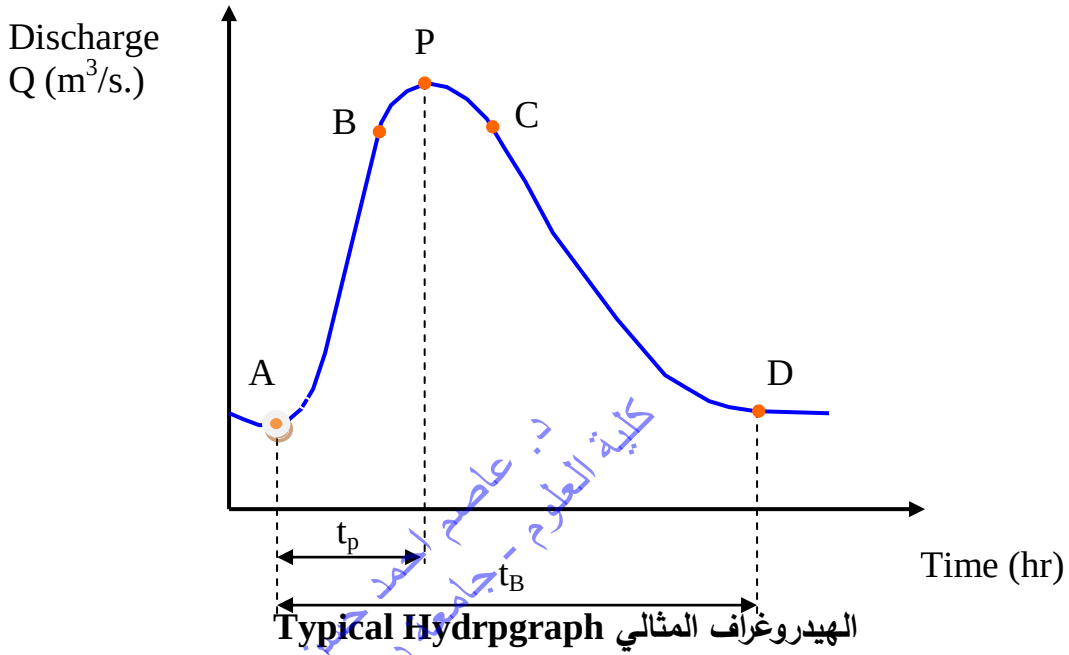


Stream Order

الفصل الخامس
الهيدروغراف (Hydrograph)

الهيدروغراف : هو شكل يبين العلاقة بين التصريف مقابل الزمن لمجرى قناة مائية.

يستفاد من الهيدروغراف في التعرف على انماط التصريف للاحواض المائية وخصائص الجريان وتوقع الفيضانات فيها. يتميز هذا الشكل بان له مركبات اساسية هي:



الهيدروغراف المثالي Typical Hydrpgraph

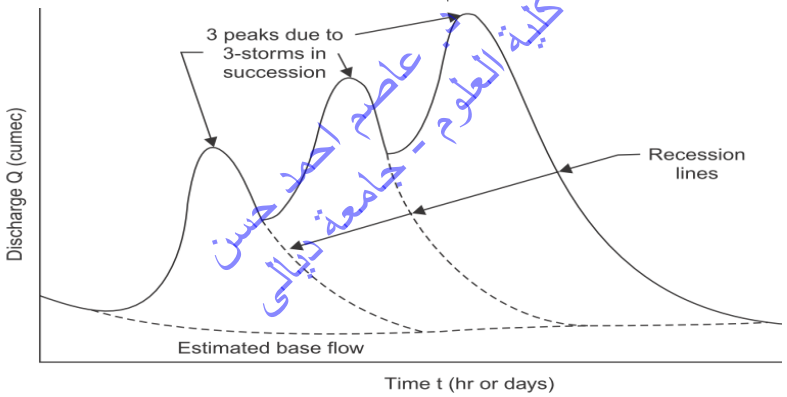
د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

1. **الطرف الصاعد AB (Rising Limb)** : في البداية يكون هناك فقط الجريان القاعدي Base flow(مساهمة المياه الجوفية بتغذية النهر) وبعد حصول العاصفة المطرية وحصول المفقودات المائية (كالتبخر والترشيح) يبدأ الجريان السطحي فيأخذ الشكل بالصعود وهو مايعرف بالطرف الصاعد الذي يشير الى الزيادة في التصريف بسبب الزيادة التدريجية في بناء الخزين المائي. يلاحظ إن المفقودات المائية الأولية وضائعات الترشح العالية خلال الفترة الأولى من سقوط العاصفة المطرية تسببان زيادة بطيئة في التصريف، وبإستمرار العاصفة أكثر فأكثر فإن الجريان من أبعد نقطة في منطقة تجميع المياه سوف يصل إلى مخرج الحوض و بالوقت نفسه فإن ضائعات الترشيح سوف تقل مع مرور الوقت ولهذا فإن الجريان او التصريف سوف يزداد بسرعة مع الوقت.
2. **قطعة القمة BC (Crest Segment)** : وهي أحد الأجزاء المهمة من الهيدروغراف لأنها تحتوي على ذروة الجريان **Peak** والتي تحدث عندما تصل كمية الجريان إلى الحالة القصوى في مخرج الحوض ويصل هذا الجزء بين نقطتي الانقلاب C و B.

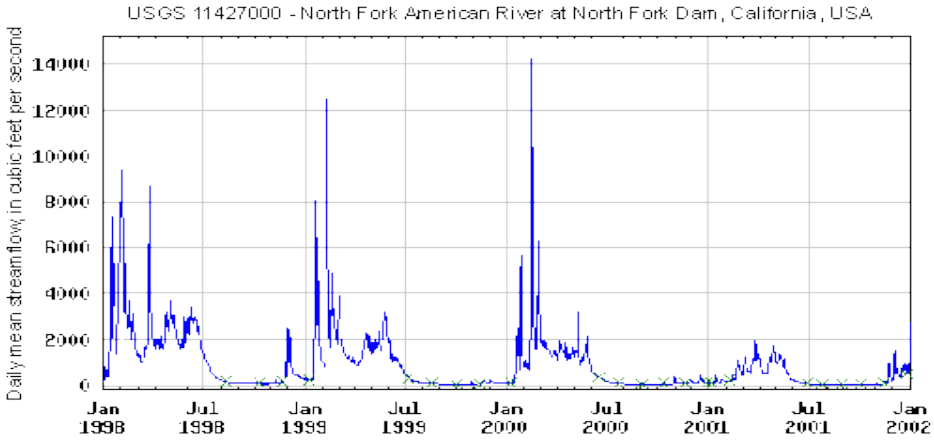
3. **الذروة P (Peak)** : هي اعلى نقطة تقع بين نقطتي الإنقلاب B و C وتمثل ذروة التصريف.
4. **الطرف الهابط (منحني الإنحسار) CD (Recession Limb)**: إن منحني الإنحسار يمتد من نقطة الإنقلاب في نهاية قطعة القمة إلى وقت بدء أو شروع الجريان الاساسي ويمثل عملية سحب الماء من الخزين الذي تم خزنه في الحوض خلال المرحلة الأولى من الهيدروغراف وانحسار المياه تدريجيا، ولكون أن نفاذ الخزين يحدث بعد توقف سقوط الأمطار، لذلك فإن شكل هذا الجزء لايعتمد على خصائص العاصفة المطرية بل يعتمد إعتماداً كلياً على خصائص الحوض.

ويعرف الوقت من النقطة A حتى نقطة P بزمن **الذروة t_p (Peak Time)** والوقت من النقطة A حتى النقطة C **بزمن القاعدة t_B (Base Time)**.

وفي حالة حصول عاصفة مطرية ثانية فان الهيدروجراف يبدأ بالصعود مرة اخرى حتى يصل الى قمة جديدة ويبدأ بالنزول مرة اخرى كما موضح في الشكل الذي يبين الهيدروغراف الخاص بثلاث عواصف مطرية، ولهذا قد تكون للهيدروجراف قمة واحدة وقد يكون متعدد القمم في العواصف المطرية المعقدة ويمكن تبسيط المخطط بتخمين الطرف النازل وهكذا يمكننا رسم الهيدروغراف لعدد من السنوات ايضا.



Three rainfall storms hydrograph



Hydrograph for number of years

م. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

إن الهيدروغراف يمثل حالات السيح بأشكاله المختلفة كذلك يتضمن التأثيرات الناجمة للإختلافات الكبيرة بين خصائص الحوض الطبيعية و خصائص العاصفة المطرية ، لهذا فإن عاصفتين مطريتين تسقطان على حوضٍ واحد لهما هيدروغراف يختلف فيها الواحد عن الآخر نتيجة لاختلاف طبيعة العواصف المطرية ، كما ان العواصف المطرية المتشابهة قد تنتج لنا هيدروغرافاً الواحد فيها مختلف عن الآخر نتيجة لتباين خصائص الاحوض المائية.

العوامل المؤثرة على شكل الهيدروغراف Factors affecting Hydrograph shape

يمكن تصنيف العوامل المؤثرة على شكل الهيدروغراف الى:

أولاً: عوامل طبيعية

أ. **شكل الحوض:** يؤثر شكل الحوض في الوقت الذي يستغرقه الماء حتى يصل من الأجزاء البعيدة من الحوض إلى مخرجه، وبناءً عليه فإن نقطة الذروة و شكل الهيدروغراف يتأثر بصورة مباشرة بشكل الحوض.

ب. **حجم الحوض:** إن الأحواض الكبيرة تتصرف على نحوٍ مختلف عن الأحواض الصغيرة. الاحواض كبيرة المساحة تستقبل امطارا اكبر من الاحواض الصغيرة وبالتالي تتميز بجريان اكبر. الاحواض كبيرة الحجم تحتاج الى زمن وصول lag time اطول لان المياه تقطع مسافة اطول لتصل للنهر.

ج. **الميل:** إن ميل المجرى المائي الرئيسي يعد أحد الأمور المؤثرة على سرعة الجريان في القناة، وحيث أن منحني الإنحسار في الهيدروغراف يمثل نزف الخزين (depletion of storage) من الحوض فإن من العوامل التي لها تأثير واضح على ذلك ميل القناة للمجري المائي ، حيث كلما كان الميل كبيراً فإن نزف الخزين يكون سريعاً وميل منحني الإنحسار يصبح شديداً وكنتيجة لذلك يكون وقت القاعدة للهيدروغراف صغيراً. القناة ذات الميل الكبير يحصل فيها الجريان بشكل اسرع لها يكون الطرف الصاعد حادا وزمن الوصول اقصر.

د. **كثافة التصريف:** هي النسبة بين مجموع أطوال القنوات إلى المساحة الكلية، وكلما كانت كثافة التصريف عالية فإن ذروة التصريف تكون عالية وفي حالة كون كثافة التصريف قليلة فإن الهيدروغراف الناتج له ذروة تصريف واطئة وطرف صاعد بطيء، كما إن قطعة القمة تكون عريضة نسبياً.

هـ. **الغطاء النباتي:** إن وجود الغطاء النباتي الكثيف يعمل على تأخير جريان الماء فوق سطح الأرض، وعلى هذا الأساس فإن الغطاء النباتي يقلل ذروة الجريان وهذا التأثير يكون واضحاً في

كلية العلوم - جامعة ديالى د. عاصم احمد حسن

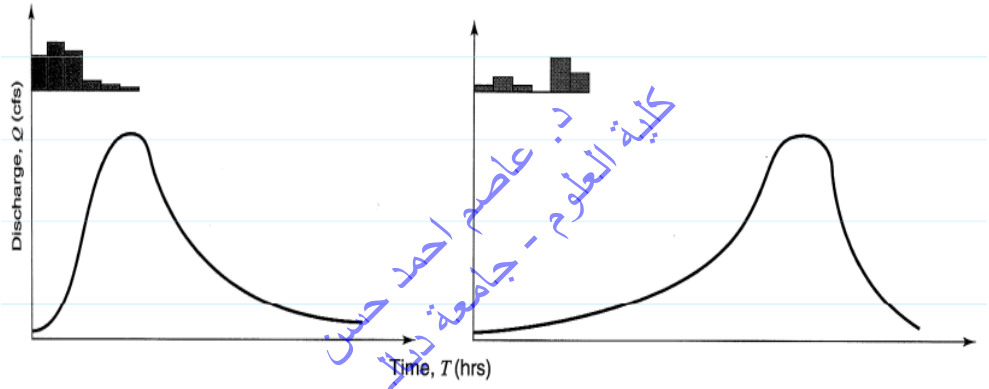
حالة الأمطار القليلة. وجود الغطاء النباتي يسبب طرف صاعد ضحل وزيادة في الوقت المطلوب لوصول المياه.

و. **نوع التربة و الظروف الجيولوجية:** التربة الاكثر نفاذية تمتاز بقابلية ترشيح اعلى وجريان سطحي اقل وبالتالي يكون الطرف الصاعد ضحلا. وكلما كانت التربة سميكة كلما كان الترشيح اكبر وزيادة الترشح يعني زيادة في زمن الوصول والطرف الصاعد يكون ضحلا.

ثانياً: عوامل مناخية

خصائص العاصفة المطرية من حيث **الشدة** و**الإستدامة وتوزيعها وإتجاه حركتها**.

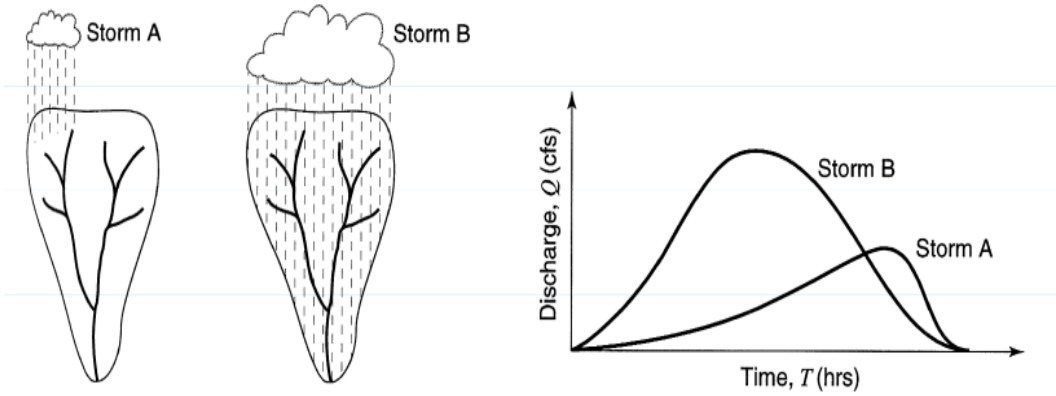
العواصف المطرية الشديدة القصيرة تسبب سرعة في الجريان السطحي فيكون الطرف الصاعد حادا فيها اما العواصف المطرية الضعيفة ذات الامد الطويل فيكون الجريان السطحي بطيئا والطرف الصاعد قليل الانحدار.



د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة دنقلا

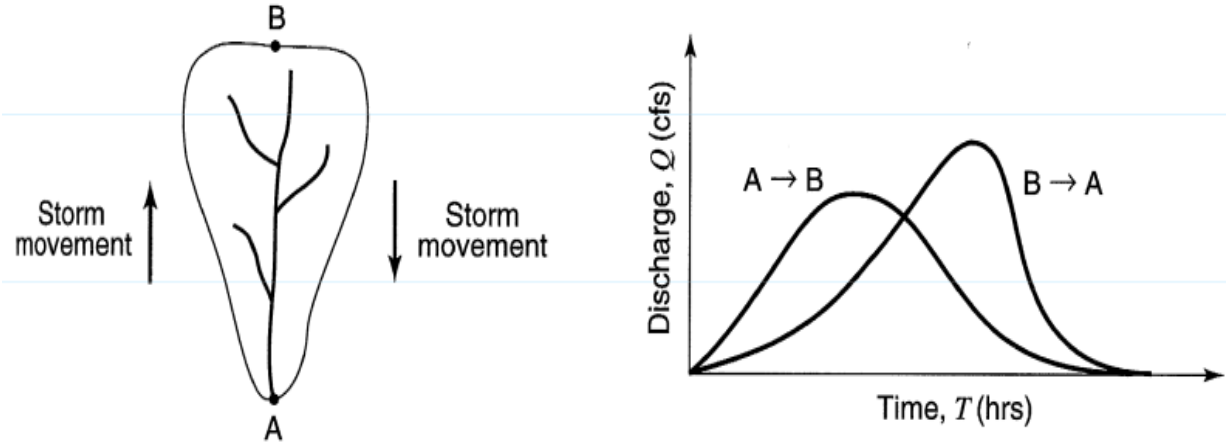
Shape of the hydrograph depends on the temporal distribution of rainfall

كما يؤثر التوزيع المكاني للامطار على شكل اليهدروجراف فعندما تسقط الامطار على جزء محدد فان الجريان بطيئا والطرف الصاعد سيكون قليل الانحدار مقارنة بتساقط الامطار على الحوض بأكمله.



Shape of the hydrograph depends on the spatial distribution of rainfall

كما إن حركة العاصفة المطرية من أعلى المنطقة إلى أسفلها فإن هذا يعني أن تركيزاً عالياً للمياه وجريانا سريعا على العكس منه في حالة حركة العاصفة من اسفل المنطقة الى اعلاها.



Shape of the hydrograph depends on the rainfall storm movement

معادلة منحني الإنحسار Recession Curve Eq.:

بين Barnes 1940 بانه لكل هيدروجراف فان الانحسار يرتبط بالتصريف من خلال معادلة سميت بمعادلة منحني الإنحسار:

$$Q_t = Q_o K_r^t$$

Q_t : التصريف في الزمن t

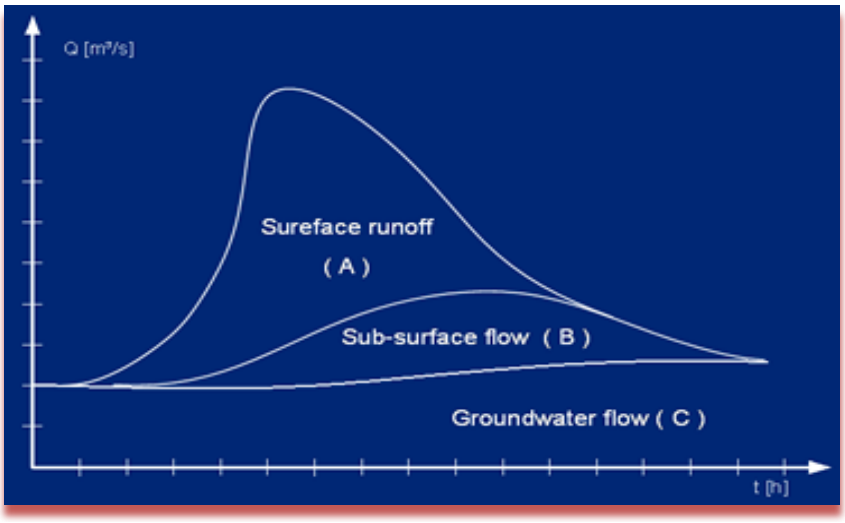
Q_o : التصريف الأولي

K_r : ثابت الإنحسار ($K_r < 1$)

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

مكونات الهيدروغراف Hydrograph components:

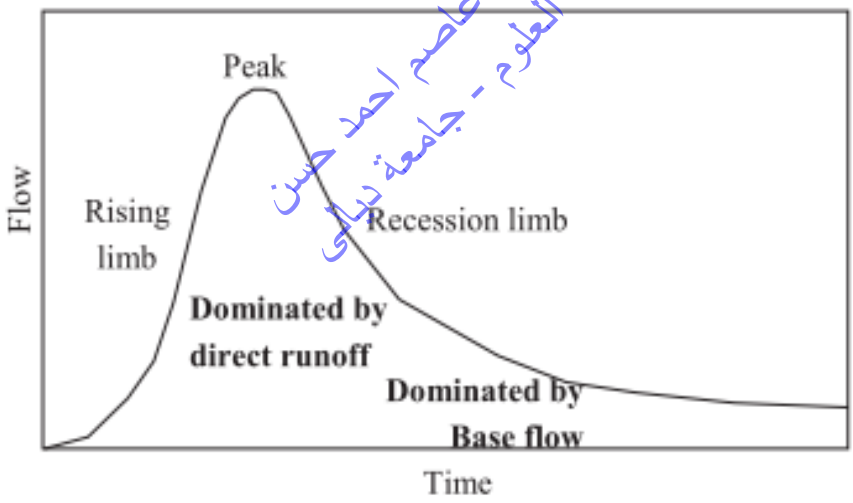
إن الهيدروغراف كما موضح بالشكل التالي يتضمن حالات السيح بأشكالها الثلاثة : A) السيح السطحي Surface Runoff وتمثل مياه الامطار التي تنساب على سطح الارض او الساقطة مباشرة على المجرى المائي، B) الجريان التحت سطحي او الجريان البيني Inter Flow ويمثل المياه التي تتحرك خلال الطبقات العلوية من التربة وتعود لتصب في المجاري المائية C) وجريان المياه الجوفية او الجريان القاعدي Base Flow (وتمثل المياه التي تدخل منطقة التشبع في التربة والتي تمثل مصدر لتغذية المجاري المائية في فترات الجفاف).



Hydrograph components

ان هذه العناصر المكونة للجريان الكلي Total Runoff ممثلة في الهيدروغراف الذي يمكن ان نفصل فيه الجريان القاعدي (البطيء) عن الجريان السريع (الجريان السطحي والبيني).

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



Direct and Base flow

طرق فصل الجريان القاعدي Base Flow Separation:

الغرض من فصل الجريان الأساسي هو تحديد مكونات الهيدروغراف الأساسية والتي تقتصر الى مركبتين:

الأولى هي **الجريان القاعدي Base flow** الذي لا يرتبط بشكل مباشر بحدوث العاصفة المطرية والثانية هي **الجريان المباشر Direct flow (السطحي والبيني)**، اذا يمكن من دراسة وتحليل الهيدروغراف ان نطرح

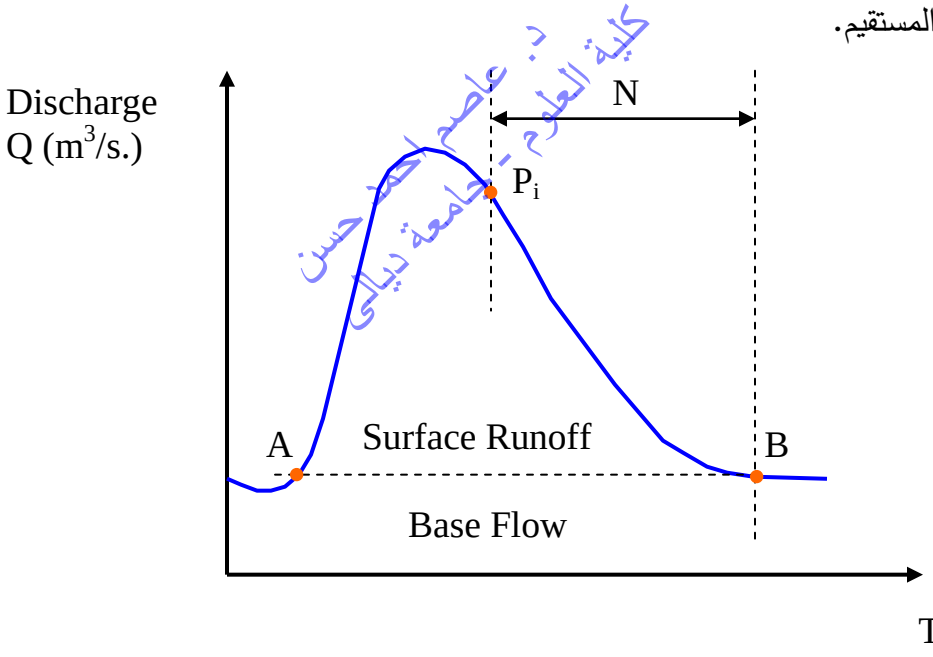
الجريان القاعدي البطيء من الهيدروغراف الكلي للعاصفة لكي نحصل على هيدروغراف الجريان المباشر، لاتوجد طريقة قياسية محددة لفصل الجريان القاعدي ويتبع عدد من الطرق منها:

الطريقة الأولى :

يتم فصل الجريان القاعدي وذلك بوصل بداية السيح السطحي بخط مستقيم مع الطرف الهابط والتي تمثل نهاية السيح المباشر Direct runoff، وكما في الشكل فإن نقطة A تمثل بداية السيح المباشر وهي عادةً يمكن تحديدها بسهولة حيث أنها تمثل التغير الحاد في معدل السيح في تلك النقطة. أما النقطة B فتمثل نهاية الجريان او السيح المباشر وقد تكون صعبة التعيين بالضبط وهنالك معادلة تجريبية (Linsley,1992) لتحديدها من خلال حساب الفترة الزمنية N (باليوم) من نقطة الإنقلاب P_i إلى النقطة B وهي:

$N = 0.83\ A^{0.2}$ A : المساحة (كم^2)

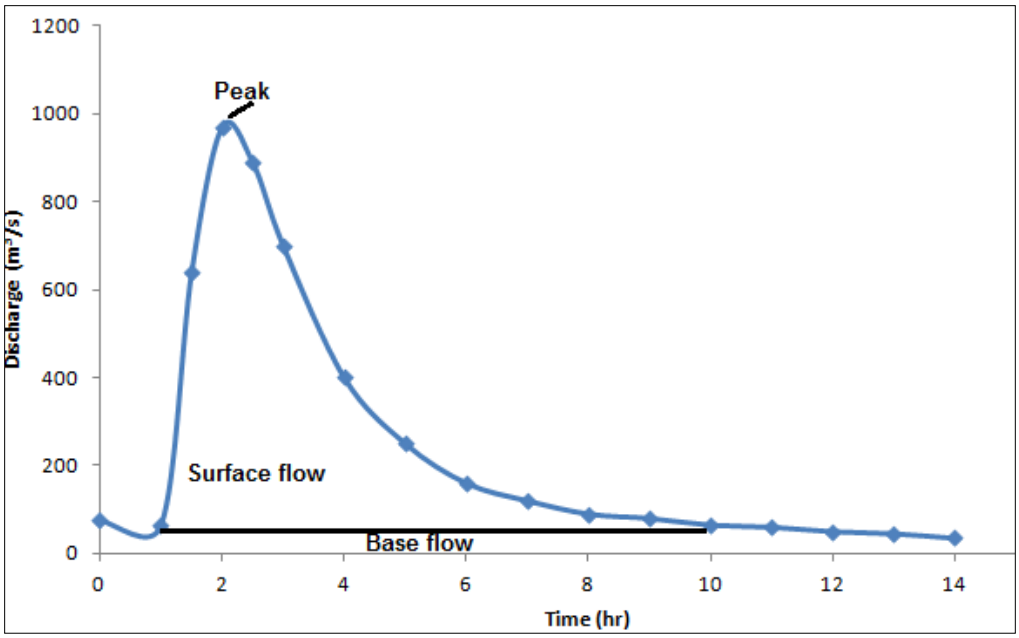
وتوصل النقطتان A و B بخط مستقيم لفصل الجريان القاعدي عن الجريان السطحي وتعرف هذه الطريقة بطريقة الخط المستقيم.



د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

سؤال:ارسم الهيدروغراف الخاص ببيانات التصريف التالية وافصل الجريان القاعدي عن الجريان المباشر (السطحي) مبينا قيمة جريان الذروة والجريان القاعدي؟

Time days	0	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Discharge m^3/s	75	65	640	970	890	700	400	250	160	120	90	80	65	60	50	45	35



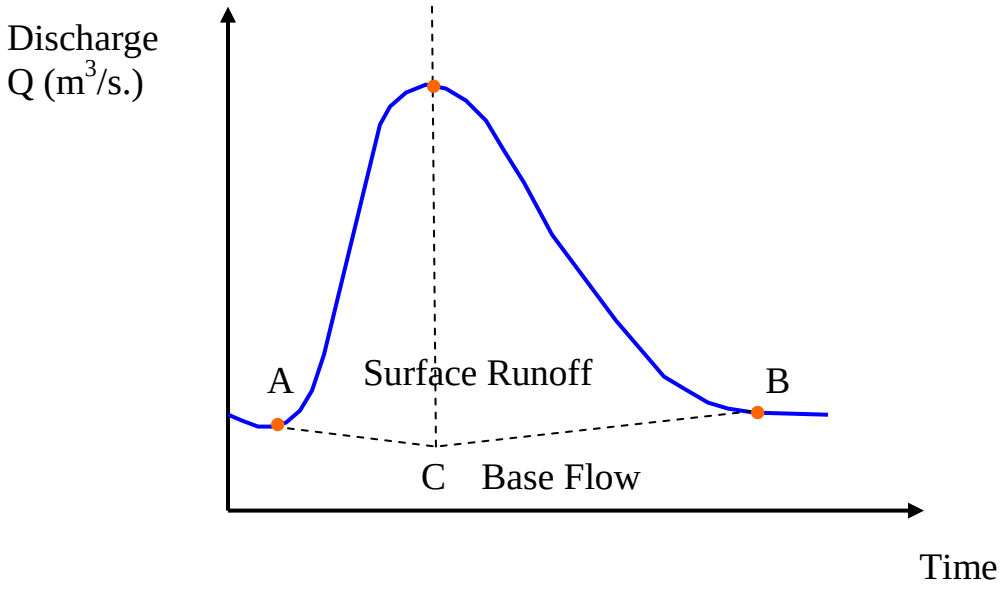
Peak flow=970m^3/s
Base flow= 65m^3/s

سؤال: ارسم هيدروغراف الجريان مستخدما بيانات الجريان التالية ثم حدد الجريان القاعدي والسطحي باستخدام طريقة الخط المستقيم مبينا قيمة الجريان القاعدي الثابتة؟

د. عاصم محمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

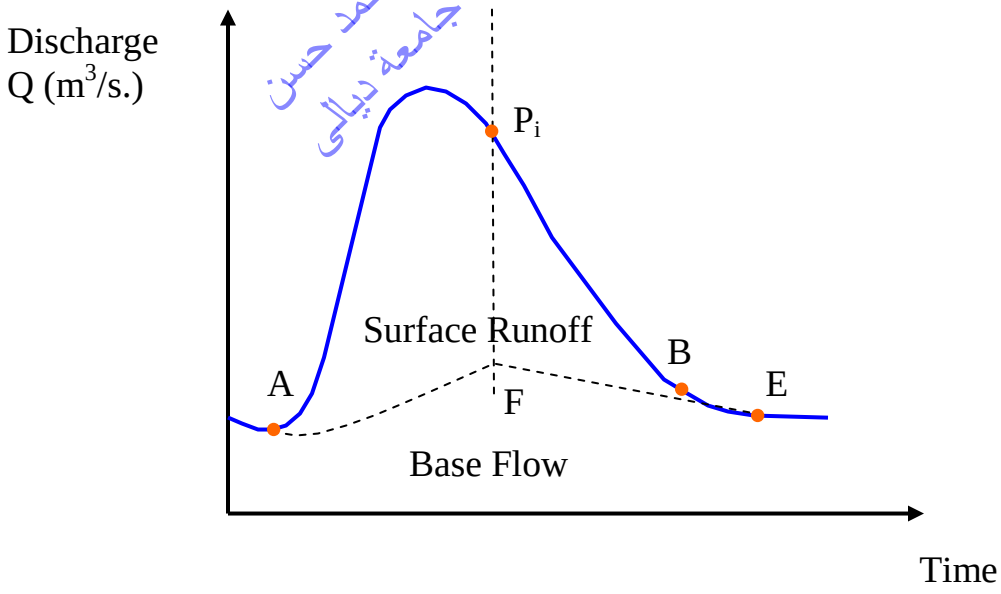
66	60	54	48	42	36	30	24	18	12	6	0	-6	Time (hr)
4.5	4.5	5	5	7	9	12	16	21	26	13	5	6	Discharge (m^3/ s)

الطريقة الثانية : في هذه الطريقة فإن منحني الجريان القاعدي السابق لبدء السيح السطحي يتم تمديده حتى يتقاطع مع الإحداثي المرسوم من نقطة الذروة (النقطة C) وهذه النقطة يتم ربطها مع النقطة B بخط مستقيم والقطع AC و BC تعين الجريان القاعدي والسيح السطحي.



الطريقة الثالثة : في هذه الطريقة فإن منحني الإنحسار العائد للجريان الأرضي يتم تمديده إلى الخلف حتى يتقاطع مع الخط النازل من نقطة الإنقلاب P_i (الخط EF) والنقطتان A و F يتم وصلهما على نحوٍ تقريبي.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



الفصل السادس
الفيضانات (*Floods*)

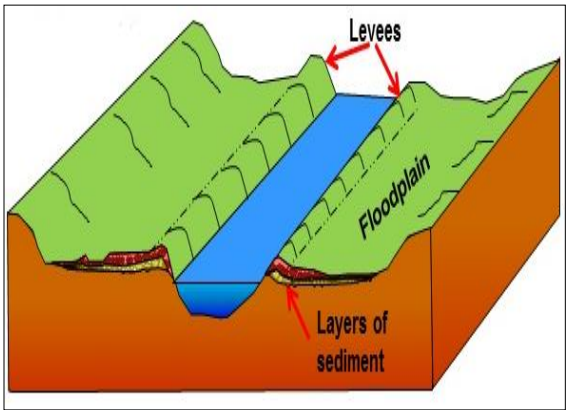
<u>الفيضان Flood:</u> هو إرتفاع منسوب النهر او اي قناة مائية بصورة غير اعتيادية بسبب الجريان بكميات كبيرة اكبر من طاقته الاستيعابية الذي قد يتسبب في طفح المياه على ضفتيه وغرق المناطق المجاورة. يحدث الفيضان عندما تكون المياه الداخلة للحوض ذات كميات كبيرة وعلى الرغم من ان الفيضان ينظر له على انه ظاهرة هيدرولوجية تحصل عندما يكون الجريان في قناة مائية يتجاوز قدرة استيعاب القناة مسببا طفح المياه لكن المصطلح يستخدم عادة بشكل عام مع حوادث تصاريف المياه العالية في القناة المائية. اما **الجفاف Drought** فيحصل عندما تمر فترة زمنية واسعة (شهور او سنين) على منطقة تعاني نقصا في تجهيز المياه عادة نتيجة لقلة الساقط المطري.

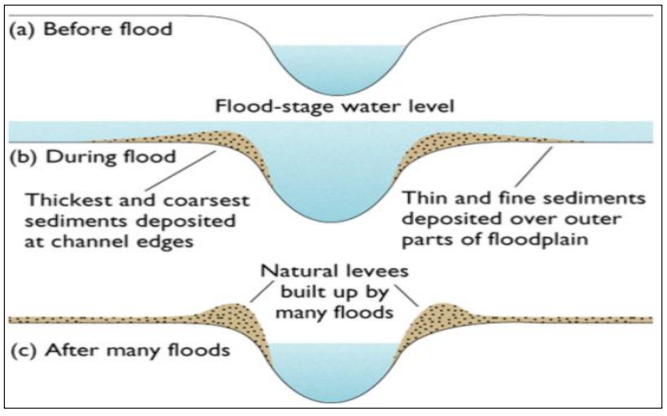
Drought

Flood

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة دبلى

وتعرف المنطقة المنبسطة تقريبا المجاورة للنهر من حافة القناة النهرية الى حدود الوادي الذي يحوي النهر بالسهل الفيضي Floodplain والذي تغطيه المياه خلال فترات الفيضانات وتعتبر مناطق خصبة زراعيا.





Floodplain

ان الخسائر والاضرار الناجمة عن الفيضانات من حيث الخسائر في الارواح والممتلكات والخسائر الناتجة عن تعطل النشاط الاقتصادي مرتفعة جدا تحتم علينا البحث عن طرق لدراستها ودرء مخاطرها ووضع التصاميم الهندسية الملائمة وتعتبر معرفة ذروة الفيضان Flood Peak مهمة في وضع التصاميم الخاصة بالجسور وتصميم القنوات المائية والخزانات والجسور والمسيلات المائية Spillways التي يجب ان تتحمل الزيادة الكبيرة في الجريان والتي يجب ان تأخذ بنظر الاعتبار المعاملات الهيدرولوجية والاقتصادية وخصائص المشروع والتصاميم المرتبطة به مثل تصميم المسيلات المائية والجسور والكلفة الاقتصادية للمنشأة الهيدروليكية وفائدتها في حماية المشروع والتجمعات السكانية وعندما يصمم المشروع بحيث يتحمل فيضانات اقل من المتوقع ينعكس هذا على مخاطر على المشروع نفسه اضافة الى الخسائر البشرية والاقتصادية ،من جهة اخرى فان توفر تصاميم مكلفة لفيضانات عالية نادرة الحدوث غير مجدية اقتصاديا نتيجة لاستثمار اموال كبيرة لفيضانات ضعيفة الاحتمال.

ان تقديرات الفيضانات التصميمية Design flood تصنف الى انواع:

1. **Standard Project Flood (SPF)**

وهو تقدير الفيضان الذي يحتمل حصوله على الغالب نتيجة للظروف الهيدرولوجية والمناخية الشديدة المتوقعة في الحوض المائي لكنه لايأخذ بنظر الاعتبار الظروف قليلة الاحتمال التي قد تسبب فيضانا نادر الحصول.

كلية العلوم جامعة ديالى
د. عاطف احمد حسن

2. **Maximum Probable Flood (MPF)**

وهو تقدير للفيضان يختلف عن النوع الاول بكونه يتضمن الفيضانات الكبيرة نادرة الحدوث والتي يمكن ان تتحملها منافذ التصريف للسدود الضخمة ويقدر بان SPF عادة يمثل 80% من MPF للحوض.

3. **Design Flood**

وهو الفيضان الذي يعتمد لتصميم اي منشأة هيدروليكية مثل كالمسيلات المائية والسدود المانعة للفيضان Flood banks المستخدمة للتعامل مع الفيضان وقد يمثل النوعين السابقين او اي فيضان لاي احتمالية حصول اعتمادا على درجة الحماية التي يمكن توفيرها بكلف اقتصادية محددة لفيضان ما، وهذا التصميم يتم اختياره بعد اجراء دراسة جدوى اقتصادية تأخذ بنظر الاعتبار النسبة بين الفائدة او الحماية التي يمكن الحصول عليها الى الكلفة الاقتصادية.

إن مخطط ماء الفيضان (الهيدروغراف) للفيضانات العالية و بيانات مناسيب المياه المقابلة لذروات الفيضان توفر معلومات و بيانات مهمة تساعد في التصميم الهيدرولوجي يعتبر معيار تصريف **فيضان الذروة Peak Flood** الذي يمثل مقدار تصريف الفيضان الاقصى من أهم المعايير المستخدمة وأوسعها إنتشاراً، ففي موقع معين تتغير ذروات الفيضان بين سنةٍ وأخرى و تشكل مقاديرها الاساس الذي يمكن من خلاله تحديد التردد لذروة الفيضان وعملياً يمكن القول أنه عند تصميم جميع المنشآت الهيدروليكية فإن تصريف الذروة لتردد (مرة واحدة لكل 100 سنة مثلاً) يعد ذا أهمية لإنشاء هذه المنشآت و تحقيق الأغراض المنشودة منها.

تقدير فيضان الذروة Estimation of peak flood

العمليات الهيدرولوجية وبشكل خاص الفيضان تعتبر من الحوادث الطبيعية المعقدة التي يصعب التكهن بها نظرا للعدد الكبير من العوامل المتداخلة التي تؤثر فيها فالفيضانات كمثال تعتمد على خصائص الحوض المختلفة وكذلك العوامل المناخية المتعددة المؤثرة في التساقط المطري، ولهذا يصعب الحصول على موديل تحليلي واحد لها وكبديل لذلك تعتمد الطرق التجريبية المرتبطة بظروف المنطقة الخاصة وكذلك الطرق الاحصائية في توقع او تخمين الفيضان وبقية العمليات الهيدرولوجية. ولهذا لغرض تقدير اقصى تصريف فيضان تستخدم طرق مختلفة يعتمد اختيار طريقة ما على عوامل مثل الغرض المنشود و البيانات المتوفرة وأهمية المشروع:

كلية التربية عباس احمد حسن
جامعة ديالى

1. Empirical flood formula

تعد الصيغ التجريبية (الوضعية) المستخدمة لحساب ذروة الفيضان صيغاً محلية تعتمد على الإرتباط الإحصائي لخصائص الذروة والحوض لمنطقة ما تستخدم فيها بعض المعايير التي تؤثر على ذروة الفيضان ولتبسيط هذه الصيغ تستخدم عدد قليل من المعاملات التي تؤثر عى ذروة الفيضان فعلى سبيل المثال تستخدم معظم هذه الصيغ مساحة منطقة حوض تجميع المياه معياراً مهماً يؤثر على ذروة الفيضان وبقية العوامل يدخل اثرها في ثوابت هذه الصيغ ولهذا يمكن تطبيق هذه الصيغ الوضعية في المناطق التي اشتقت فيها هذه الصيغ.

العلاقات التجريبية المعتمدة على العلاقة بين ذروة الفيضان والمساحة Flood Peak – Area علاقات وضعية يعبر عنها بذروة الفيضان الأقصى Q_P (m^3/sec) لمنطقة مع مساحتها A (Km^2) وفق العلاقة العامة الآتية :

$$Q_P = f(A)$$

: Dickens Formula

اشتقت للاحواض متوسطة المساحة شمال ووسط الهند وتنص على:

$$Q_P = C_D A^{3/4}$$

C_D : (30 − 6) ثابت Coefficient يختلف باختلاف المنطقة

: Ryves Formula

اشتقت من دراسة الانهار في جنوب الهند وتنص على:

$$Q_P = C_R A^{2/3}$$

C_R : Ryves's Coefficient (6.8-12)

: Inglis Formula

واشتقت لمستجمعات ذات الشكل المروحي Fan-shaped لمقاطعة بومباي في الهند.

$$Q_P = \frac{124A}{\sqrt{A+10.4}}$$

:Burkli Ziegler formula for USA

$$Q_P = 412\ A^{3/4}$$

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

ملاحظة: ان هذه الصيغ التجريبية قابلة للتطبيق في المنطقة التي اشتقت فيها وعندما تستخدم في مناطق اخرى فانها تعطي تخمينات عامة.

مثال/ إحسب التصريف الأقصى للفيضان بإستخدام صيغة وضعية و لمساحة حوض مقدارها 40.5 كم^2 وفق صيغ ديكنز، ريفز وانجليس؟

1. صيغة ديكنز ($C_D = 6$)

$$Q_P = 6 * (40.5)^{0.75} = 96.3\ m^3/s$$

2. صيغة ريفز ($C_R = 6.8$)

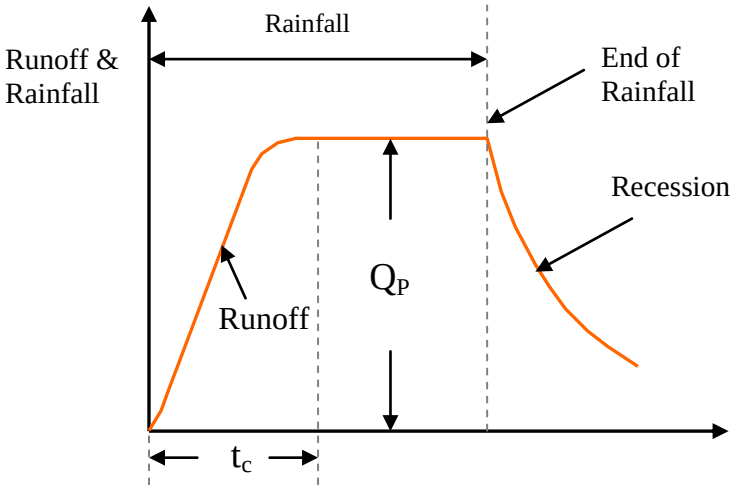
$$Q_P = 6.8\ (40.5)^{2/3} = 80.2\ m^3/s$$

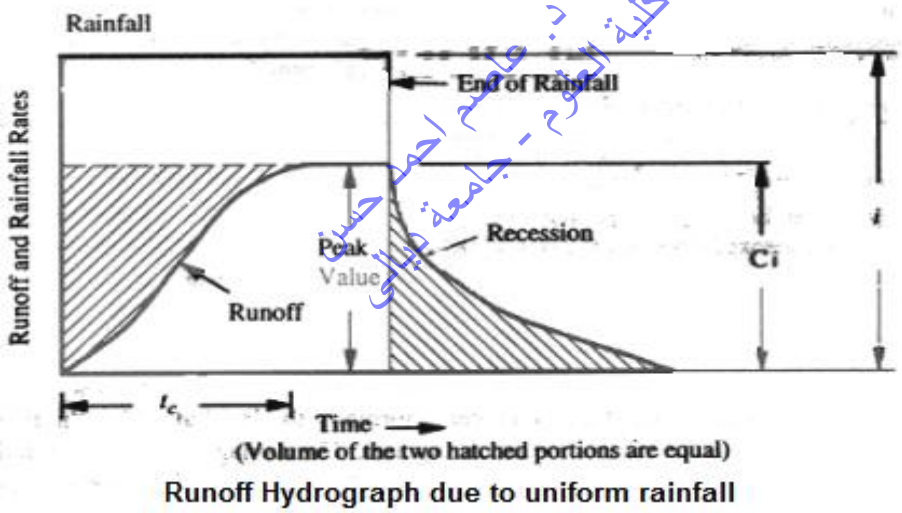
3. صيغة إنجليس

$$Q_P = \frac{124*40.5}{\sqrt{40.5+10.4}} = 704\ \ m^3/s$$

2.Rational Method

ان الطريقة تعتمد على مبدأ ان سقوط المطر بشدة منتظمة ولفترة إستدامة طويلة جداً على حوض ما فإن معدل السيح يزداد تدريجياً من الصفر إلى قيمة ثابتة وكما موضح في الشكل التالي:





Runoff Hydrograph due to uniform rainfall

ان السيح يزداد بإستمرار وصول المياه من المناطق البعيدة من الحوض إلى المخرج (0utlet) ، فإذا رمزنا إلى الفترة التي تصل فيها قطرة الماء من أبعد جزء من الحوض إلى مخرجه بالرمز (t_c) (زمن التركيز) فإن من الواضح إنه إذا استمر سقوط المطر إلى ما بعد (t_c) فإن السيح سيصبح ثابتاً عند قيمة الذروة القصوى (Q_P):

$$Q_P = C\,A\,i$$

C = Runoff Coefficient , A= Area, i=Rainfall intensity

د. عاصم احمد حسين
كلية العلوم - جامعة ديالى

في بداية العاصفة المطرية، فان الاجزاء الاقرب ستساهم اولا في الجريان او السيح ومع استمرار تساقط الامطار فان الاجزاء الابعد ستساهم في الجريان لحين وصول المياه من كل اجزاء الحوض فتتركز عند مخرج الحوض outlet (تعرف الخطوط الكنتورية التي تصل بين النقاط التي تمتلك نفس زمن الوصول الى نقطة مخرج الحوض ب Isochrone) لهذا فانه لعاصفة مطرية ذات شدة متماثلة ولفترة استدامة طويلة فان الجريان يزداد اكثر فاكثر عندما تصل المياه من الاجزاء البعيدة لنقطة مخرج الحوض فاذا استمر التساقط لما بعد زمن الوصول اي ($t>t_c$) فان الجريان سيصبح ثابتا عند القيمة القصوى Q_p .

يتراوح معامل الجريان (0.2-0.8) اذ يتغير بتغير طبيعة السطح والانحدار كما في الجدول اضافة الى شدة المطر. ان **شدة المطر *i* تساوي الشدة التصميمية** او الشدة الحرجة i_c critical intensity المقابلة لزمن تجمع المياه t_c Time of concentration. ان المعادلة اعلاه تفترض ان منطقة تجميع المياه متجانسة homogenous وفي حالة كونها غير متجانسة فيمكن تقسيمها الى مناطق كل منها له معامل جريان مختلف فيتم حساب الجريان لكل منطقة على حدة ويتم دمجها في تتابع زمني مناسب.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

Type of terrain	*Value of C*
Flat residential areas	*0.4*
Moderately steep residential area	*0.6*
Built up areas—impervious	*0.8*
Rolling lands and clay-loam soils	*0.5*
Hilly areas, forests, clay and loamy soils	*0.5*
Flat cultivated lands and sandy soils	*0.2*

Value of the runoff coefficient C

Example: For an area of 1 km^2 of 20 minutes concentration time, determine the peak discharge corresponding to a storm of intensity i=12cm/hr. Assume a runoff coefficient of 0.6.

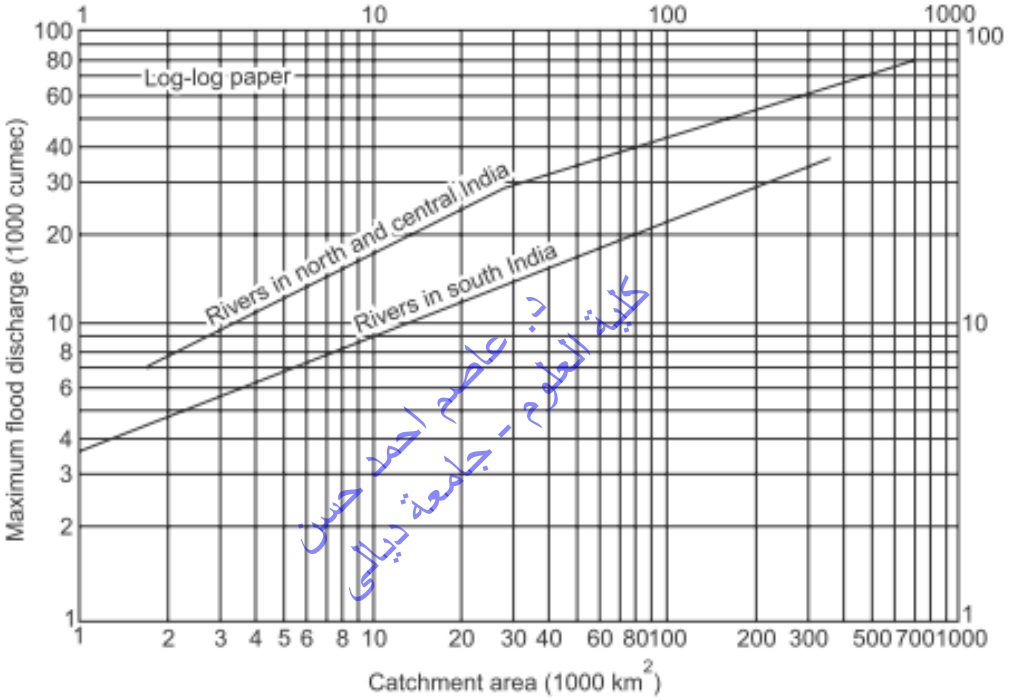
Solution:

$$Q_P = C\,A\,i$$

3. Envelope Method

في هذه الطريقة تستخدم بيانات تصريف ذروة الجريان لعدد كبير من مستجمعات المياه التي لها صفات طبوغرافية ومناخية متشابهة فيتم رسم البيانات تصريف ذروة جريان مقابل المساحة ويرسم منحني او انفلوب ايغطي كل النقاط المرسومة يستخدم للحصول على اقصى تصريف ذروة. تستخدم الطريقة للحصول على تخمين عام لذروة الجريان. كمثال يبين الشكل المنحيات لمعطيات الانهار في الهند. واذا تم رسم هذه المعطيات فانها تعطينا معادلة تجريبة من النوع:

$$Q_P = f(A)$$



د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

4. Flood Frequency Studies

تعتبر الدراسات الاحصائية لتكرار الفيضان مهمة في تحديد جريان الفيضان اذ يتم تجميع القيم السنوية القصوى للفيضان لمساحة منطقة تجميع المياه ولعدد كبير من السنين المتتالية ليتم حساب الاحتمالية Probability *P* لحصول حدث للفيضان:

P=m/(N+1)

m=order number of the event, N=total number of events in the data

الفصل السابع:
إستتباع الفيضان Flood Routing :

هي عملية **تحديد هيدروغراف الفيضان عند مقطع لقناة باستخدام معطيات الجريان عند مقطع واحد او اكثر في أعالي النهر** وتعتبر التحليلات الهيدرولوجية لبيانات الفيضان واجراءات الحماية من الفيضان وتصاميم خزانات المياه والمسيلات المائية لتصريف المياه مهمة في هذا الخصوص.

وبهذا الخصوص هناك نوعان رئيسيان من طرق الإستتباع هما:

1. إستتباع الخزان 2. إستتباع القناة

في النوع الأول ندرس تأثير الفيضان الداخل إلى الخزان، ومن معرفة خصائص حجم الخزان، منسوب للخزان التصاريف الخارجة ومنسوبها للمسيل المائي وبقية المنافذ الأخرى في الخزان تتم دراسة تأثير موجة الفيضان الداخلة إلى الخزان وذلك لأغراض التكهن بالإرتفاعات المختلفة للخزان وكذلك التصريف الخارج مع الزمن وهذا النوع من إستتباع الخزان يعد مهماً في الحالات التالية:

أ. في تصميم سعة المسيل المائي لتصريف المياه.

ب. إختيار الموقع وحجم الخزان.

أما بالنسبة لإستتباع القناة فتتم دراسة التغيرات الحاصلة على شكل مخطط هيروغراف الفيضان. ومن خلال معرفة طول القناة ومقدار التصريف الداخل في الاجزاء العليا منها يمكن بهذا النوع من الإستتباع التكهن بمخطط هيدروجراف الفيضان عند مختلف المقاطع من القناة.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

اجراءات التحكم والحماية بالفيضان : Flood Contol and Protection

يعود خروج المياه من المجاري المائية والتسبب في الفيضان إلى غزارة التدفق التي تفوق قدرتها التصريفية، والتحكم بالكميات الفائضة من المياه يقلل حجم وأضرار الفيضان، هناك عدد من الإجراءات الخاصة بكل مجرى مائي يمكن من خلالها السيطرة والحماية من الفيضان وتقليل أضرارها المحتملة أهمها :

1- الخزانات المائية وبحيرات السدود:

معظم المجاري المائية لها خزانات مائية طبيعية ملحقة بالمجرى المائي، تستخدم للتحكم باستخدامات المياه في الحالات الطبيعية أم لتخزين المياه الفائضة، ويمكن استغلالها لتصريف المياه الفائضة عن الطاقة التصريفية للمجرى المائي وكذلك الأمر بالنسبة لبحيرات السدود المقامة على طول المجرى المائي التي تعدّ خزانات مائية اصطناعية. عند التنبؤ بحجم الفيضان يُعمد لتفريغ جزء من خزانات السدود وبحيراتها من المياه لتخفيض الضغط المائي عليها مع بدء الفيضان. وذلك لإستغلال سعة التخزين عند تنامي حجم الفيضان من خلال التحكم بمياه المجرى المائي وتوجيه المياه الفائضة نحو

خزانات السدود وبحيراتها للمحافظة على الطاقة التصريفية للمجرى والحد من تسرب المياه خارج حدوده. كما يمكن إستغلال الوديان وخزانات البحيرات الجافة في المناطق القريبة من حوض المجرى لتصريف فوائض المياه وتخفيف ضغط التصريف الاقصى عن المجرى الرئيس للنهر.

2 - القنوات المائية الفرعية المتصلة بالمجرى الرئيسي :

توجد على معظم مقاطع المجاري المائية قنوات فرعية تستمد مياهها من المجرى الرئيس لأغراض مختلفة، يمكن استغلالها لتصريف ما أمكن من مياه الفيضان وتقليل ضغط التصريف على المجرى الرئيس، وكلما كانت القنوات الفرعية ذات طاقة تصريفية عالية أمكن التقليل من ضغط الفيضان. وعند وجود إمكانية لربط القنوات الفرعية مع مجرى مائي في حوض آخر بالقرب من المجرى المعرض للفيضان للتخفيض من حدته الحرجة تصبح الفرصة متاحة للتخلص من كميات إضافية من المياه تفوق الطاقة التصريفية للمجرى الرئيسي. ان عملية التحكم بمياه الفيضان في المجرى الرئيس من خلال توجيه المياه إلى قنوات تصريفية ثانوية يعد إجراءاً مهما للحد من الأضرار المحتملة للفيضان.

د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

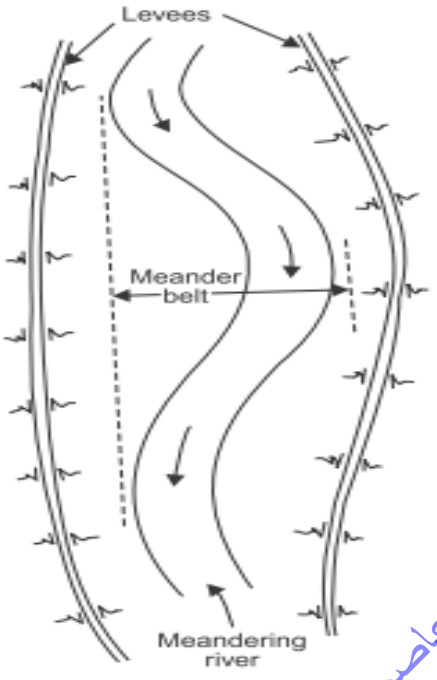
3 - فتحات الحقن المائي لخزانات الجوفية:

إن توجيه مياه الفيضان نحو فتحات التغذية المجاورة للمجرى، تحت شروط خاصة، لتغذية الخزانات الجوفية مباشرة يعد إجراءاً عملياً للتخلص من المياه الفائضة عن الطاقة التصريفية للمجرى والحد من الأضرار المحتملة. ويتعلق حجم المياه المراد تصريفها من خلال فتحات التغذية إلى الخزانات الجوفية بسعتها التخزينية وبطاقتها التصريفية، لكن هذا الإجراء يجب أن يجري تحت شروط بيئية خاصة لمنع تلوث مياه الخزانات الجوفية. فغالباً ما تكون مياه الفيضان مياهاً ملوثة نتيجة حمولاتها الطمية العالية والمواد الصلبة، لذلك يتطلب الحذر عند التغذية المائية المباشرة للخزانات الجوفية حيث تتطلب مرشحات وتقنيات عالية يجري نصبها على فتحات التغذية لضمان عدم تلوث مياه الخزانات الجوفية.

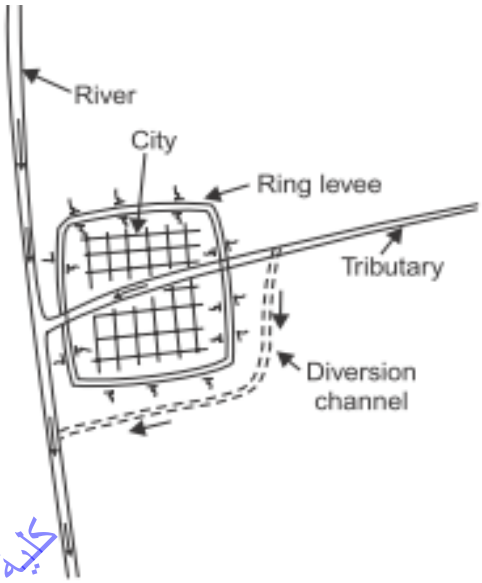
4- زيادة القدرة التصريفية للمجرى من خلال حصر المجرى بين حواجز flood banks لمنع غمر المناطق المجاورة للنهر وكذلك توسيع المجرى طولياً وعرضياً وتعميقه والتحكم بالمجرى يؤدي لزيادة طاقته التصريفية،و يمكن زيادة سرعة جريان الماء من خلال رصف قاع وضفاف المجرى بالحجارة أم إكساءها بالإسمنت، لتقليل مقاومات الجريان الناتجة الغطاء النباتي، وقاع المجرى.

5-اصدار نشرات دورية قصيرة وطويلة الامد للتحذير من الفيضانات المحتملة.

Flood Control and Protection: Examples

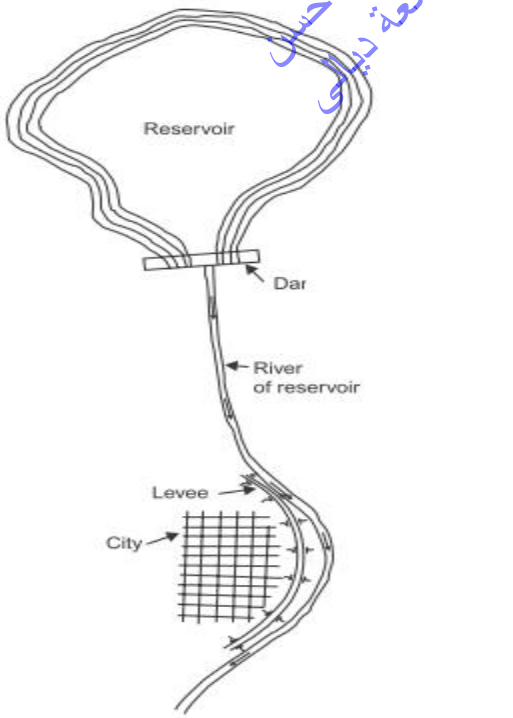


Levees along a meandering river

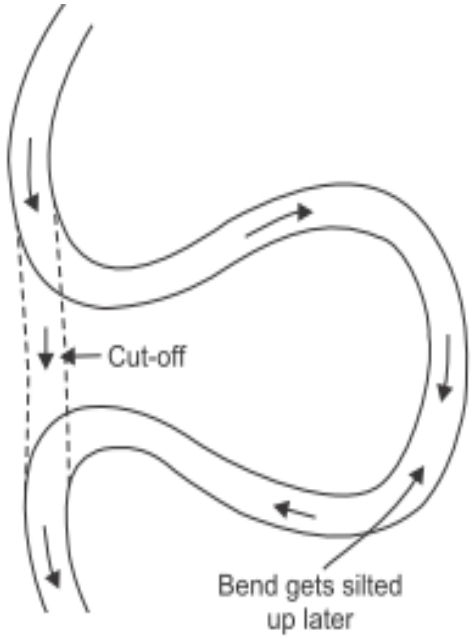


Ring levee to protect a city

د. عاصم احمد حسين
كلية العلوم - جامعة ديالى



Flood protection by reservoir and levees for a city



Cut-off in a meandering river

الفصل الثامن
المياه الجوفية
(Groundwater)

تترشح مياه الامطار داخل التربة والصخور تحت سطح الارض لتكون ما يعرف بالمياه الجوفية Groundwater ويهتم علم هيدرولوجية المياه الجوفية Groundwater Hydrology بدراسة توزيع، حركة، وكمية ونوعية المياه الجوفية تحت سطح الأرض.

التطبيقات الرئيسية لعلم المياه الجوفية هي:

1- تنمية الموارد المائية عن طريق حفر ابار المياه الجوفية.

2- تقييم، و تقليل، ومعالجة المياه الجوفية الملوثة.

3- تخزين المياه السطحية في خزانات تحت أرضية.

4- خفض مناسيب المياه الجوفية لتحسين نمو المحاصيل الزراعية.

5-تقييم اثر مناسيب المياه الجوفية على الاسس في المشاريع الهندسية.

د. محمد صباح احمد حسن
كلية العلوم - جامعة تكريت

مميزات وعيوب المياه الجوفية Advantages and disadvantages of groundwater:

للمياه الجوفية كمصدر للمياه جوانب ايجابية وعيوب مقارنة بمصادر المياه السطحية وهي:

المميزات Advantages:

1. ان المياه الجوفية لاتحتاج الى انشاء خزانات للتخزين او شبكة قنوات للري.
2. استهلاك المياه الجوفية يمكن ان يساعد على خفض مناسيبها وتجنب او تقليل الاثار السلبية الناتجة عن ارتفاع هذه المناسيب.
3. تستخدم في مشاريع استصلاح الاراضي كمياه للشرب او للري حتى يتم الانتهاء من المشروع والبدء في استخدام المياه السطحية.

العيوب Disadvantages:

1. نسبة الاملاح فيها غالبا ما تكون عالية مما يحد من استخدامها للشرب او الري.
2. يتطلب الاستخدام الامثل للمياه الجوفية دراسات جيولوجية، جيوكيمائية وجيوفيزيائية وحفر ابار الاختبار والملاحظة ليتم تحديد نوعية وسمك الخزانات الحاوية على المياه الجوفية.
3. صعوبة متابعة ومعالجة تلوث المياه الجوفية.

البحث عن المياه الجوفية:

تمتاز خزانات المياه الجوفية بكونها تكاوين جيولوجية ذات مسامية ونفاذية جيدة وتحتوي على المياه بكميات اقتصادية وتعتبر الرسوبيات غير المتماسكة كالرمل والحصى ومناطق الدلتا والصخور الرملية والجيرية وكذلك الصخور النارية التي تحتوي على الكسور والشقوق ملائمة لتواجد المياه الجوفية، ويتطلب البحث عنها استخدام طرق منها:

1. **الطرق الجيولوجية:** وتتمثل بدراسة التقارير والدراسات السابقة والخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية والاستطلاع الجيولوجي الحقلي لمعرفة امتداد الطبقات وحدودها وظروف الترسيب والصور الجوية وحفر الابار التجريبية واخذ عينات التربة والماء اهم الوسائل المستخدمة.
2. **التفسير الهيدرولوجي:** ويشمل رسم خرائط كنتورية لمستويات المياه وخرائط للطبقات الحاملة للمياه الجوفية وامتداداتها وتحديد سرعتها وحركتها.
3. **المسح الجيوكيميائي:** والذي يتضمن دراسة الخصائص الجيوكيميائية لعينات المياه لتحديد نوعيتها وصلاحيتها.
4. **الطرق الجيوفيزيائية:** وتوفر معلومات عن طبيعة الصخور تحت السطح وتماسكها وعمق المياه الجوفية وامتداداته وسمك خزانات المياه الجوفية وتحديد درجة ملوحتها وتعتبر الطريقة الكهربائية والزلزالية والجذبية اكثرها استخداما في هذا المجال.

توزيع المياه الجوفية Groundwater distribution:

تعتبر مياه الأمطار هي المصدر الأساسي للمياه الجوفية حيث تترشح قسم من هذه المياه من خلال المسامات الموجودة في الصخور و التربة تحت سطح الارض. وجزء اخر من مياه الأمطار يرجع للغلاف الجوي عن طريق التبخر، وجزء يجري على سطح الأرض حتى يصل إلى الأنهار أو البحار، والجزء المترشح يشكل مصدرا لتزويد النباتات بالماء أو يتسرب حتى اعماق اكبر ليصبح جزء من خزين المياه الجوفية وعملية التسرب هذه تعتمد على درجة نفاذية ومسامية التربة والصخور ومعدل انحدار السطح وكثافة الغطاء النباتي.

د. عصام احمد حسين
كلية العلوم - جامعة تشرين

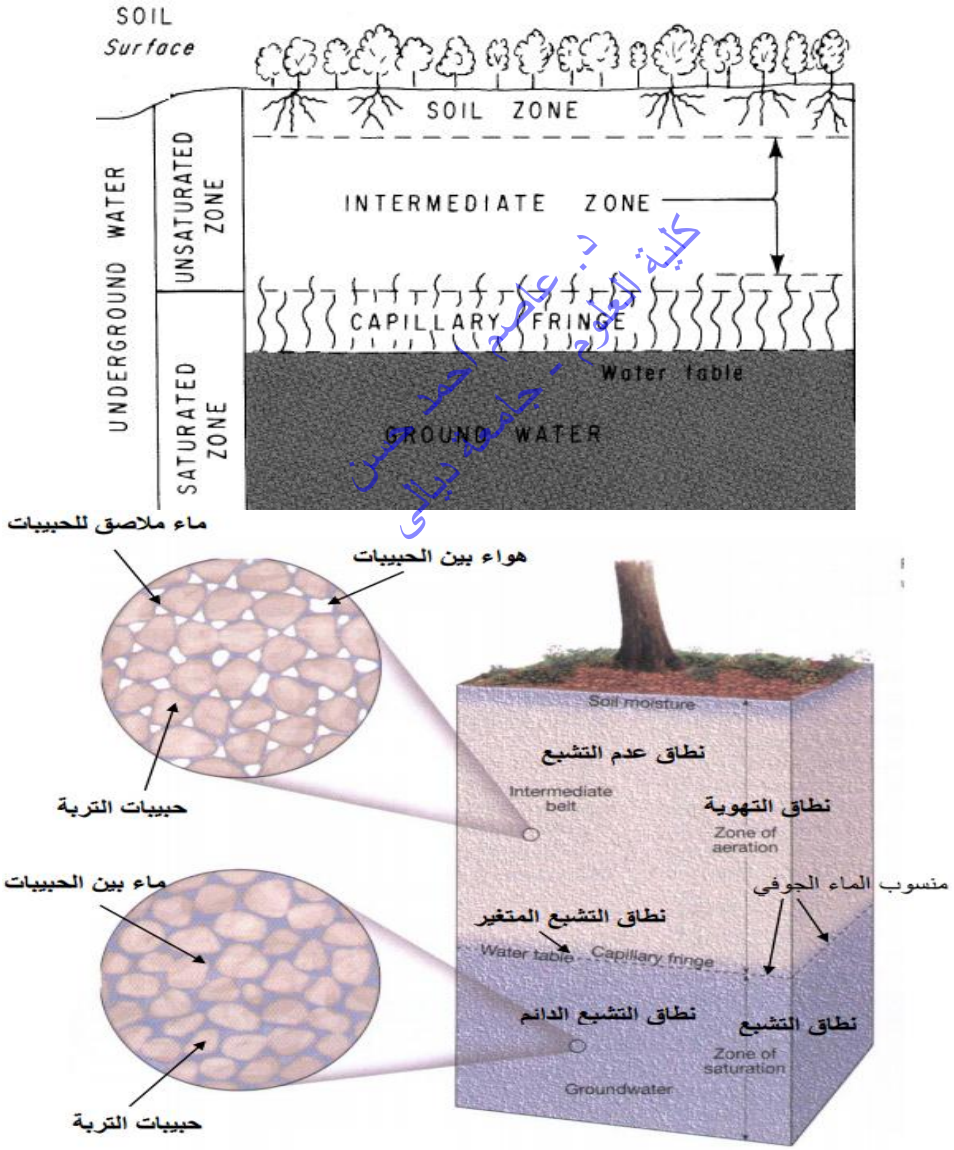
تتوزع المياه تحت سطح الارض في نطاقين رئيسيين هما (1) النطاق المشبع Saturated Zone (2)النطاق غير المشبع Unsaturated Zone ويعرف ايضا بنطاق التهوية Zone of Aeration وتتميز بمايلي:

1. **النطاق المشبع Saturated Zone** : وهو النطاق الذي تكون فيها كل الفراغات والشقوق في التربة او الصخور ضمن هذا النطاق مملوءة بالماء الذي يسمى بالماء الجوفي وتتحرك المياه ضمن هذا النطاق من المناطق المرتفعة باتجاه المناطق المنخفضة، ويشكل منسوب المياه الجوفية water table حدودها العليا أو ما يعرف بالسطح الحر أي السطح المعرض للضغط الجوي.وهو خط متغير الارتفاع اعتمادا على طبوغرافية سطح الأرض حيث يكون عالي الارتفاع في المناطق الجبلية والتلال وينخفض تدريجيا مع انحدار الأرض حتى يصل إلى الأودية.
2. **النطاق غير المشبع Unsaturated Zone او نطاق التهوية Aeration Zone** : تكون فراغات وشقوق التربة او الصخور في هذا النطاق مشبعة جزئياً بالماء ويمتد هذا النطاق بين سطح الأرض ومنسوب المياه الجوفية ويعتمد سمك منطقة التهوية وأقسامها على بنية التربة ومحتواها من الرطوبة وتتغير من موقع لآخر ويمكن تقسيمها هذه إلى ثلاثة أقسام:

أ. **منطقة رطوبة التربة Soil Moisture Zone** : تقع هذه المنطقة قرب سطح الأرض في المنطقة الجذرية الرئيسة للنبات وفيه تحصل النباتات على حاجتها المائية وقد تتسرب الى الاعماق بفعل الجاذبية الارضية وتختلف التربة في هذا النطاق في قابليتها على الاحتفاظ بالمياه اعتمادا على نوع وحجم حبيبات التربة وباختلاف ظروف الامطار واستعمالات المياه في الري.

ب. **نطاق التشبع المتغير او نطاق الحاشية الشعرية Capillary Fringe** : ويقع اعلى النطاق المشبع مباشرة والتي يتحرك فيها الماء الى الاعلى ضد الجاذبية الارضية بفعل الخاصية الشعرية نتيجة لتكون قنوات وانابيب دقيقة بين حبيبات التربة تعرف بالخاصية الشعرية Capillary Action وتمتد هذه المنطقة بين منسوب الماء الجوفي صعوداً إلى حد الإرتفاع الشعري.

ج. **المنطقة المتوسطة Intermediate Zone** : وتقع هذه المنطقة بين منطقة ماء التربة وبين المنطقة الشعرية وتمثل المسار الذي تتخذه المياه المترشحة الى الاسفل كما انها تزيد من قدرة التربة للاحتفاظ بالمياه في منطقة رطوبة التربة.



Subsurface water distribution

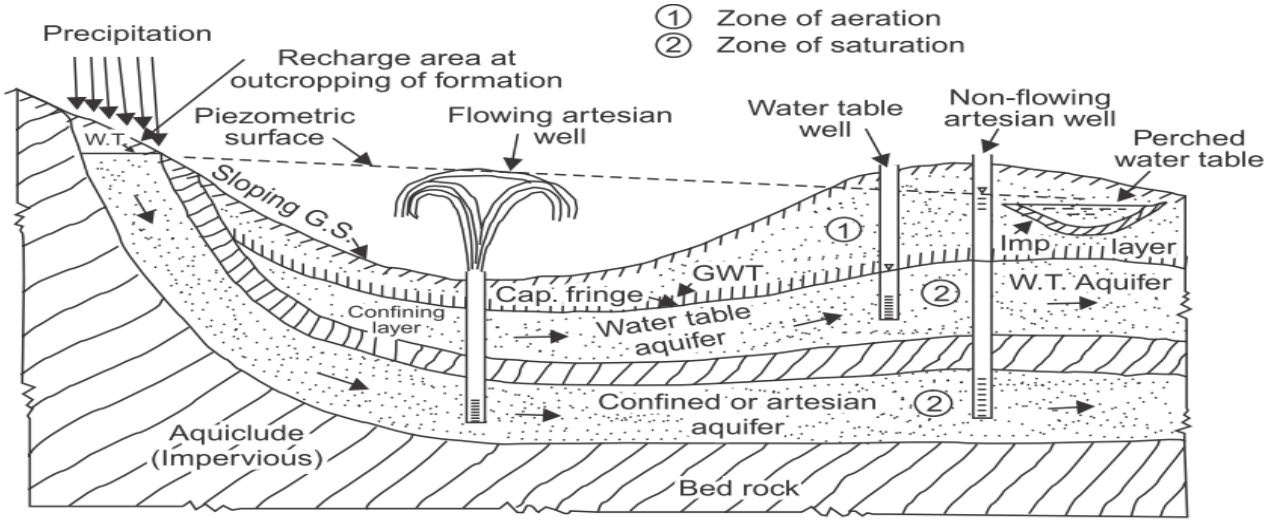
د. عامر احمد حسن
كلية الهارد - جامعة ديالى

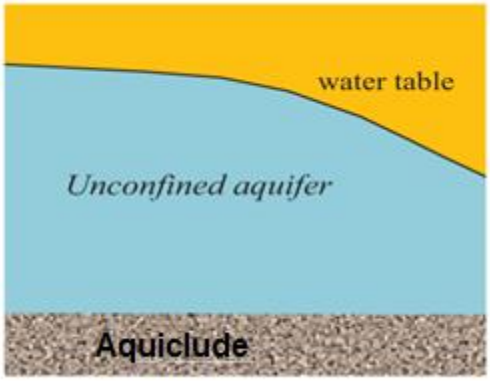
تختلف التربة والصخور في مساميتها ولهذا يمكن تقسيمها الى انواع مختلفة في قابليتها لخزن المياه هي:

1. **التكوين الخازن (خزان المياه الجوفية) Aquifer:** وهو عبارة عن تكوين جيولوجي مشبع بالماء ويمكن ان ينتجه بكميات كافية وعلى هذا الأساس فإن التكوين الخازن يسمح بنفاذ الماء خلاله بسهولة وذلك لنفاذيته العالية، وتعد الرسوبيات غير المتراصة unconsolidated كالرمل و الحصى والصخور الرملية أمثلة جيدة على هذا النوع.
2. **التكوين الخازن الضعيف Aquitard** : ويتميز هذا التكوين بكونه نفاذ بشكل جزئي ويسمح بحركة الماء بشكل محدود وكميات قليلة لذلك يكون إنتاجه ضعيفا وغير كافيا مقارنةً بالتكوين الخازن Aquifer.
3. **التكوين الكاتم (غير النفاذ) Aquiclude** : وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ للماء ويمكن إعتباره مغلقاً تجاه حركة الماء حتى لو إحتوى على كميات كبيرة منه في مساماته، ومن الأمثلة على ذلك التربة الطينية .
4. **التكوين الأصم (غير مسامي وغير نفاذ) Aquifuge** : وهو تكوين جيولوجي غير نفاذ وغير مسامي ولايحتوي على فتحات مترابطة، لذلك لا يمكنه خزن ونقل الماء مثل الكتل الصخرية غير المسامية الخالية من الشقوق.

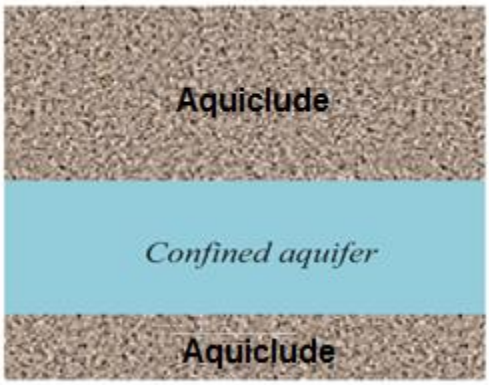
انواع خزانات المياه Aquifers:

1. **الخزان الجوفي غير المحصور Unconfined Aquifer** وهو خزان المياه الجوفية الذي تحده تكوين غير نفاذ من الاسفل ومستوى المياه الجوفية من الاعلى وعندما يتم حفر في هذه النوع من الخزانات تكون المياه فيها بمستوى المياه الجوفية water table وتسمى احيانا بخزانات المياه الجوفية الحرة.
2. **الخزان الجوفي المحصور Confined Aquifer** وهو خزان المياه الجوفية الذي تنحصر فيه المياه في تكوين يقع بين طبقتين غير نفاذتين وعندما يتم حفر بئر فيها تندفع المياه بضغط يعرف بالضغط البيزومتري قد تصل معه المياه الى سطح الارض دون استخدام مضخة في بعض الاحيان.
3. **الخزان الجوفي المعلق (الكاذب) Perched Aquifer** وهناك نوع من الخزانات غير المحصورة تقع فوق طبقة مياه الجوفية غير محصورة آخرى نتجة لحجز الماء المترشح من سطح الأرض بواسطة طبقة صغيرة ضحلة غير نفاذة.

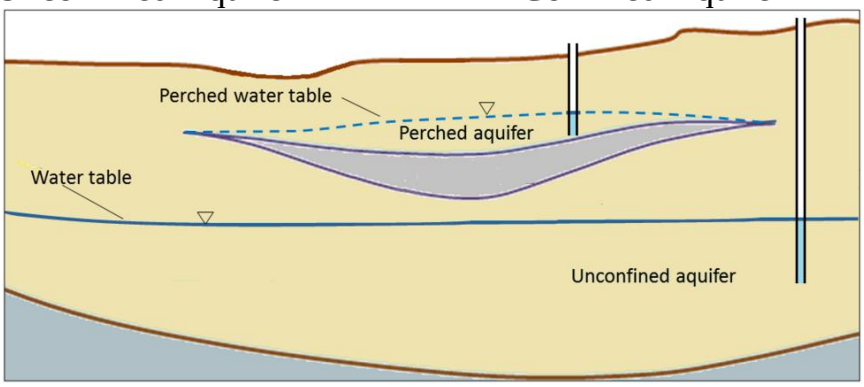




Unconfined Aquifer



Confined Aquifer



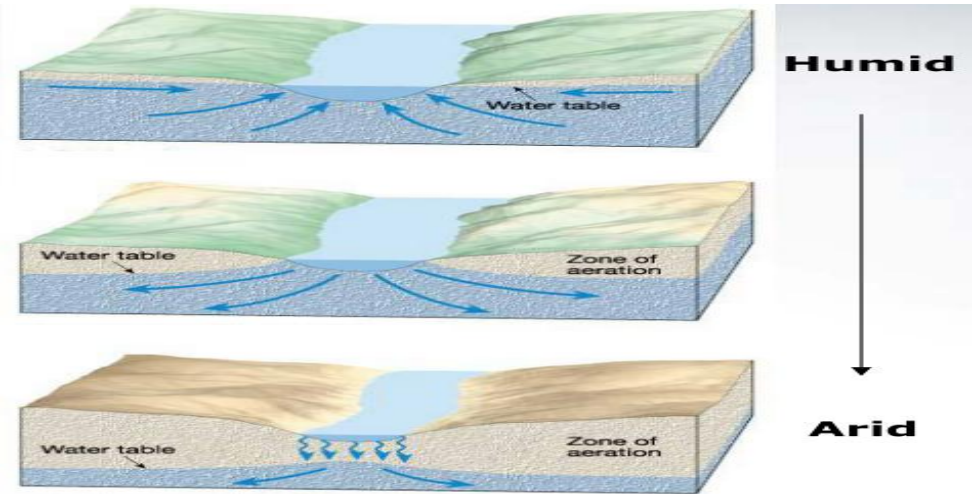
Perched Aquifer

Groundwater Types

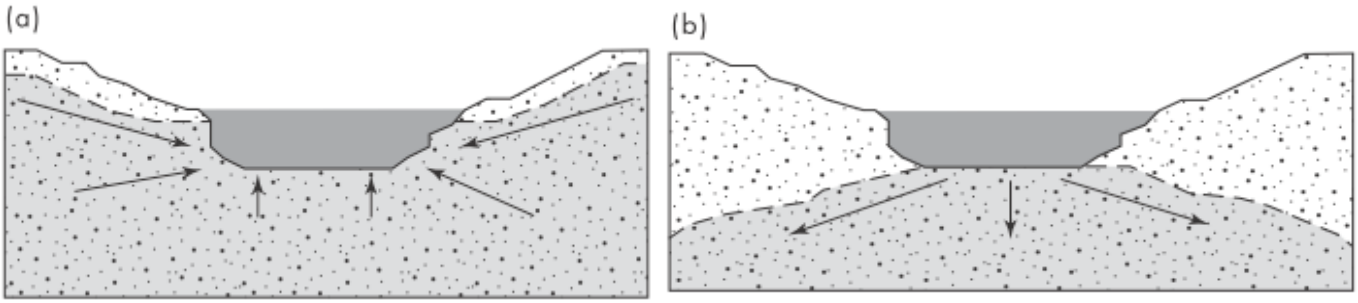
العلاقة بين المياه السطحية والمياه الجوفية The interaction between the river and the groundwater:

تختلف العلاقة بين المياه السطحية ومنسوب المياه الجوفية من منطقة الى اخرى:

1. **في المناطق الممطرة Humid Regions** يكون منسوب المياه الجوفية عالي فتشكل مصدرا لتغذية الانهار في هذه المناطق والتي تسمى **الانهار المتدفقة اوالمنسابة Effluent Rivers**.
2. **المناطق الجافة وشبه الجافة Aird and Semiaired Regions** يكون منسوب المياه الجوفية منخفض فيها ولاتتمكن من تغذي الانهار بل يحدث العكس تغذي الانهار خزانات المياه الجوفية بالمياه فتعرف **بالانهار غير المتدفقة او الرافدة Influent Rivers**.



كلية تعليم - جامعة شقراء د. عصام احمد حسن



The interaction between a river and the groundwater. (a) the groundwater is contributing to the stream (**Effluent River)** (b) the stream is contributing to the ground water (**Influent River)**

الآبار Wells :

يتم الحصول على المياه الجوفية عن طريق حفر الابار والبئر عبارة عن حفرة أسطوانية الشكل تمتد من سطح الأرض لتصل الى الخزانات الحاملة للمياه الجوفية في نطاق التشبع وقد تتدفق المياه في الابار المحفورة في الخزانات المحصورة لتصل سطح الارض او قد تستخدم المضخات لرفع المياه الى السطح حسب نوع الطبقة الخازنةو ضغط الماء فيها، لذلك تصنف الآبار إلى ما يلي:

1. **الآبار العادية:** وهي الابار التي يكون مستوى الماء فيها بمستوى منسوب المياه الجوفية الذي قد يكون معرض للانخفاض والارتفاع بسبب الفروقات الناشئة عن كمية الأمطار. ويفضل حفر تلك الآبار بحيث يتعدى طولها الطبقة الحاملة للمياه الجوفية حتى لا تتعرض للجفاف في فترة انخفاض منسوب المياه الجوفية.
2. **الآبار الارتوازية Artesian Wells:** وهي ابار محفورة في خزانات محصورة تندفع المياه الجوفية فيها تحت ضغط عالي يصل إلى ارتفاع أعلى من منسوب الماء الجوفي في الطبقات الصخرية يعرف **بالسطح البيزومتري Piezometric Surface** وحتى يتواجد هذا النوع يجب أن يكون الماء محصورا في طبقة صخرية محاطا من الأعلى والأسفل بطبقات صخرية غير منفذة للماء، قد تدفق المياه من هذه الابار بشكل حر يصل الى سطح الارض او قد يتطلب سحبها استخدام مضخة.

كلية العلوم - جامعة ديالى د.عاصم احمد حسن

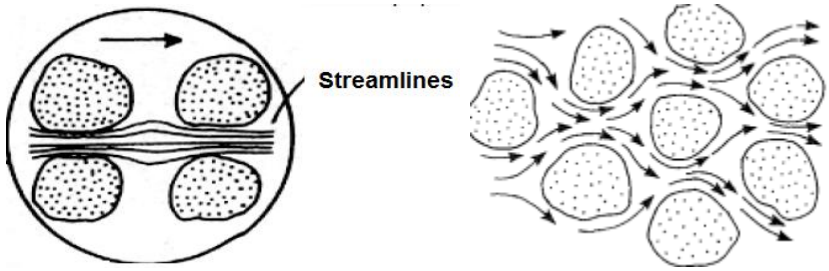
ولهذا **تنقسم الآبار الارتوازية** الى:

أ) **ابار ارتوازية حرة التدفق Flowing Artesian Wells** تكون الآبار حرة التدفق عندما يكون نطاق الضغط البيزومتري الذي يصل إليه الماء أعلى من سطح الأرض (أي أعلى من فوهة البئر) فتصل المياه الى سطح الارض دون استخدام مضخات السحب.

ب) **ابار ارتوازية ليست حرة التدفق Nonflowing Artesian Wells** تكون الابار ليست حرة التدفق عندما يكون الضغط البيزومتري منخفض عن سطح الأرض (أي أسفل من فوهة البئر)، فتكون المياه المحبوسة بالخزان ليست حرة التدفق وهنا نحتاج الى مضخات لضخ الماء إلى السطح.

حركة المياه الجوفية Groundwater movement:

تتحرك المياه الجوفية في مسارات ضمن مسامات التربة او الصخور في خطوط تعرف بخطوط الانسياب Streamlines وتختلف معدلات الحركة باختلاف نفاذية التربة او الصخور وطبوغرافيتها (الانحدار الهيدروليكي)، وعلى الرغم من هذه الحركة المتعرجة البطيئة التي تظهر فيها خطوط الانسياب في الوسط المسامي بمقياس ميكروسكوبي صغير الا ان العملية عندما تؤخذ لمجموعة من خطوط الانسياب المتجاورة تبدو بشكل خطوط جريان متوازية تشكل ما يعرف بالجريان الطبقي laminar flow الذي يميز جريان المياه الجوفية على العكس من الجريان المضطرب في الانهار والجداول اذ تتحرك فيه جزيئات في مسارات غير منتظمة متعرجة وبسرعات عالية. تتحرك المياه الجوفية وتنحدر اثناء حركتها بفعل الانحدار وتعتبر الجاذبية الارضية هي القوة المهيمنة على هذه الحركة.



Streamlines

د. علي صلاح احمد حسن
كلية العلوم - جامعة تيارت

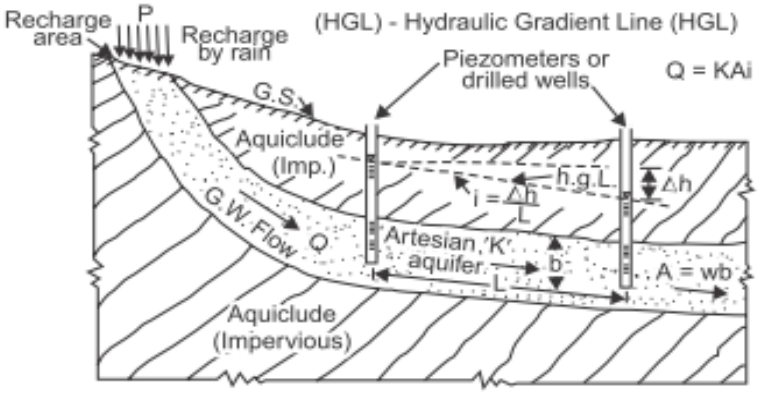
ويعتبر **قانون دراسي Darcy's Law** هو القانون الاساسي الذي يحكمها والذي ينص على ان سرعة الجريان في الوسط المسامي تتناسب مع الانحدار الهيدروليكي:

$$V=Ki=K\Delta h/l$$

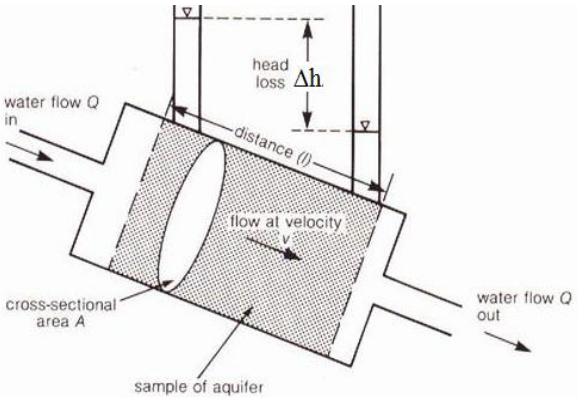
V: velocity, K, Coefficient of permeability of the aquifer, i: Hydraulic gradiant ($i=\Delta h/l$)

$$Q= AV$$
$$Q=Ak\,\Delta h/l$$

Q: Discharge, A: Area



Groundwater flow



Darcy's Law

يشير معامل النفاذية (او التوصيل الهيدروليكي) الى قابلية الوسط المسامي لامرار المياه خلاله ويعتمد على حجم الفراغات في التربة ومدى ترابط هذه الفراغات اذ تتباين الاوساط المسامية في توصيلها الهيدروليكي كما مبين في الجدول، يتم قياس التوصيل الهيدروليكي مختبريا او باستخدام الضخ التجريبي للابار بعد حفرها.

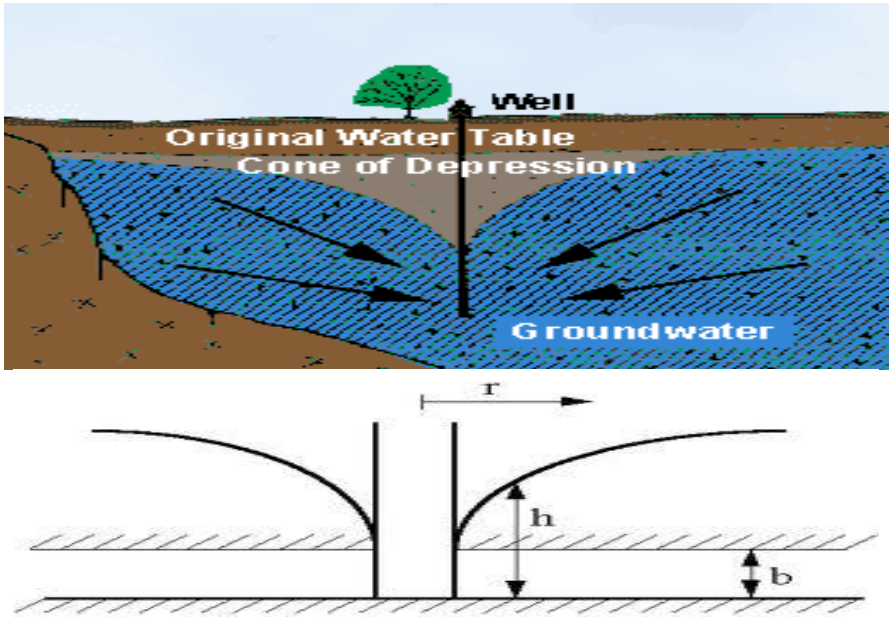
Soil type	*hydraulic conductivity (cm/hr)*
Sandy loam	2.59
Silt loam	0.68
Clay loam	0.23
Clay	0.06

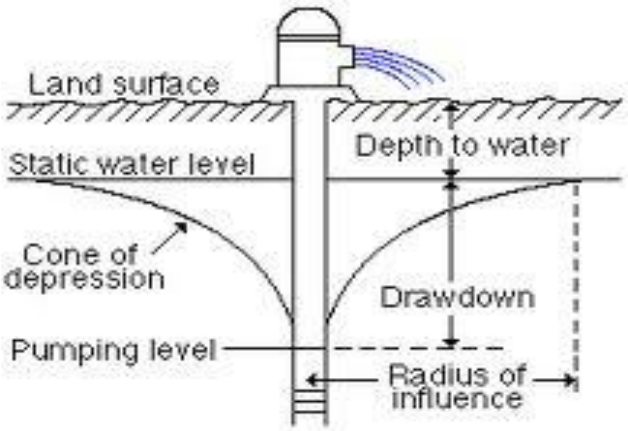
Hydraulic conductivity of soils Rawls et al. (1982)

جريان المياه في الابار Water Flow

يشير منسوب الماء في البئر قبل الضخ في الخزانات غير المحصورة او الحرة الى منسوب الماء الجوفي الساكن وعندما يضخ الماء بمعدل ثابت من البئر ينخفض هذا المنسوب مع إستمرار الضخ. و إذا كان التكوين الخازن متماثل الخواص و متجانس و كان منسوب الماء الجوفي أفقياً فإن ذلك المنسوب يتخذ شكلاً مخروطياً نتيجة للجريان الشعاعي radial flow إلى البئر، و يطلق عليه مخروط الانخفاض Cone of depression ، و يطلق على الانخفاض في منسوب الماء الجوفي في أية نقطة عن المنسوب الساكن مصطلح منحني الهبوط draw – down أما مدى تأثير مخروط الانخفاض فيطلق عليه مساحة التأثير Area of influence في حين يسمى نصف قطره المؤثر بنصف قطر التأثير Radius of influence .

د. خاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى

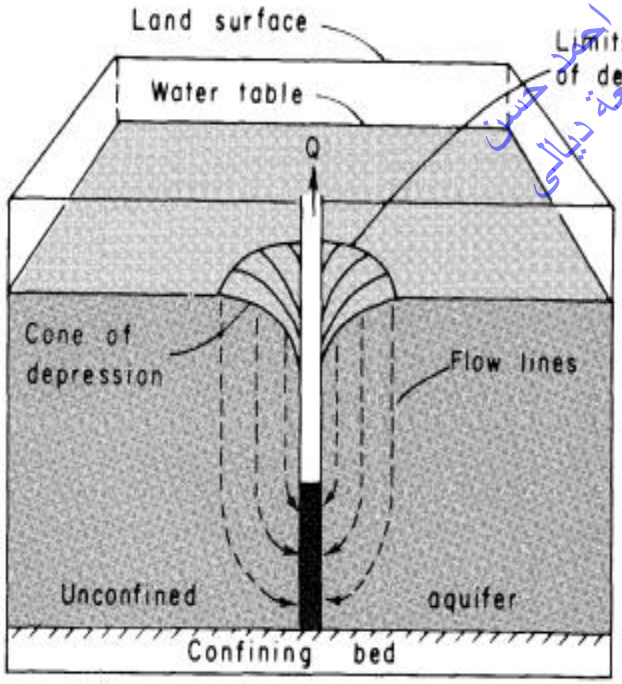




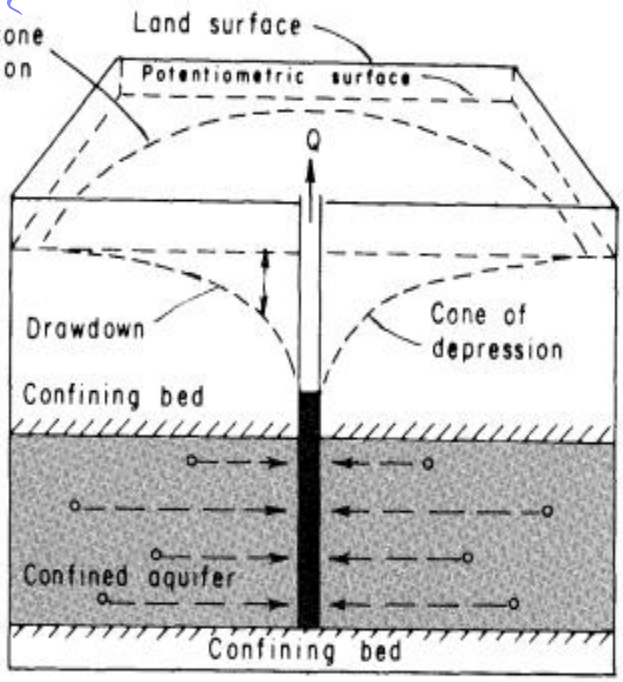
Radial Flow at a well

وعند حصول الضخ بمعدل ثابت فإن منحني الهبوط يبدأ بالتكوين مع مرور الزمن و ذلك نتيجة للسحب الحاصل في الخزين، و يطلق على هذا **الطور بالجريان غير الثابت Unsteady Flow** لأن منسوب الماء الجوفي يتغير مع مرور الزمن، و باستمرار الضخ تصل حالة من التوازن بين معدل الضخ و معدل المياه الداخلة إلى البئر من الحافات الخارجية من منطقة التأثير و يتخذ سطح منحني الهبوط موقعاً ثابتاً مع مرور الزمن حيث يعمل البئر تحت ما يسمى بظروف **الجريان الثابت Steady Flow** (الجريان الثابت يعني ان الجريان يتميز بخصائص ثابتة من حيث العمق والسرعة ومعدل الجريان) و عند توقف الضخ يعوض الخزن في مخروط الانخفاض بمزيد من المياه الجوفية الداخلة إلى منطقة التأثير ويبدأ التراكم التدريجي للخزين لحين الوصول إلى منسوب ساكن و يطلق على هذا **مرحلة الاستعادة recovery** ويعتمد وقت الاستعادة على خصائص التكوين الخازن للمياه.

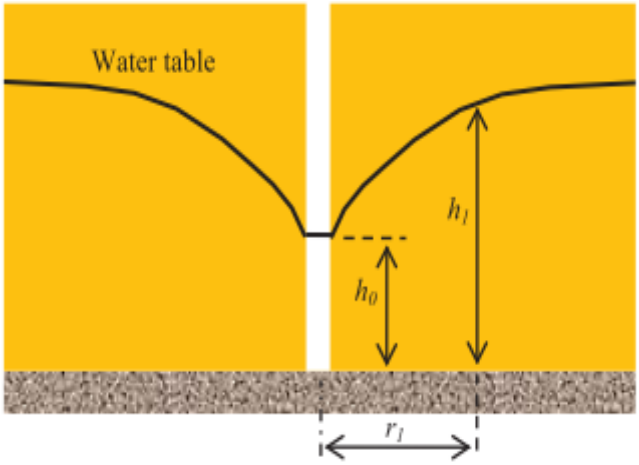
د. عاصم احمد حسين
كلية العلوم - جامعة ديالى



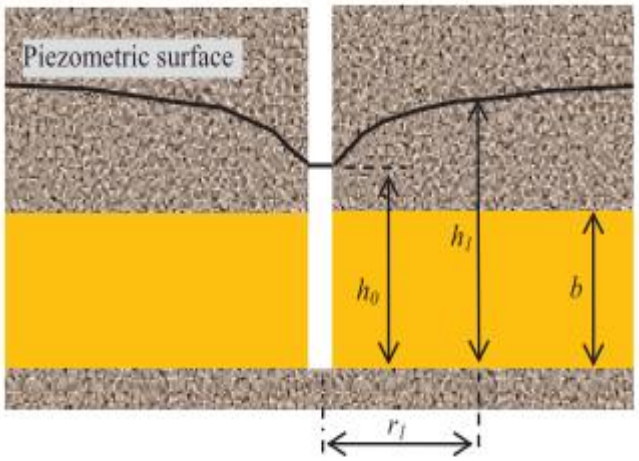
Unconfined Aquifer



Confined Aquifer



Unconfined flow



Confined flow

الجريان الثابت في البئر Steady Flow into a Well :

الجريان المحصور Confined Flow :

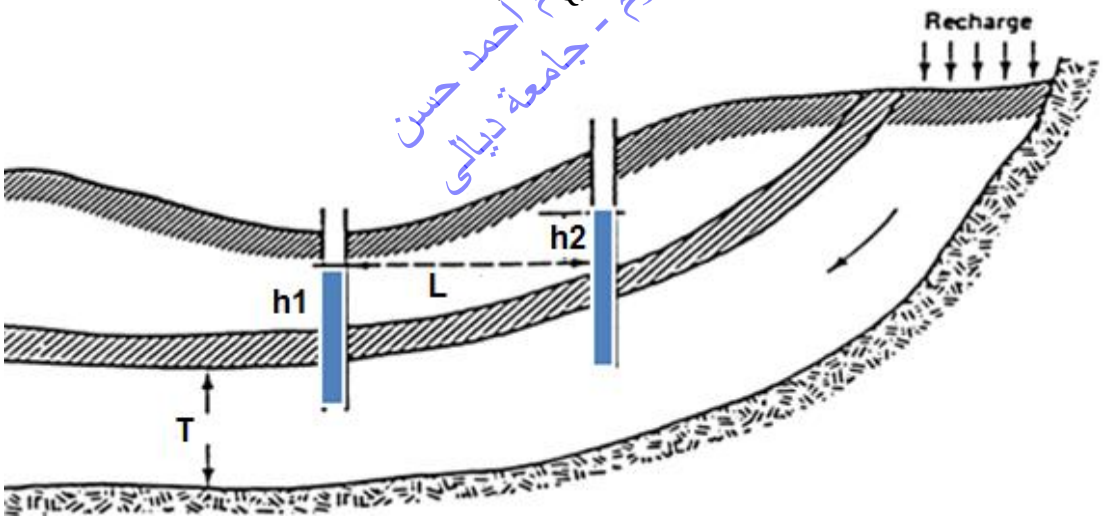
في حالة الجريان المستقر للمياه الجوفية في خزان جوفي محصور ذو سمك معين ولكون تجري باتجاه الانحدار الاقل اي باتجاه الضغط البيزومتري الاقل، يمكن حساب تصريف وسرعة المياه الجوفية باستخدام قانون دارسي:

$$V = Ki = K\, dh/l$$

$$Q = KA\,(dh/l)$$

$$V = Q/A$$

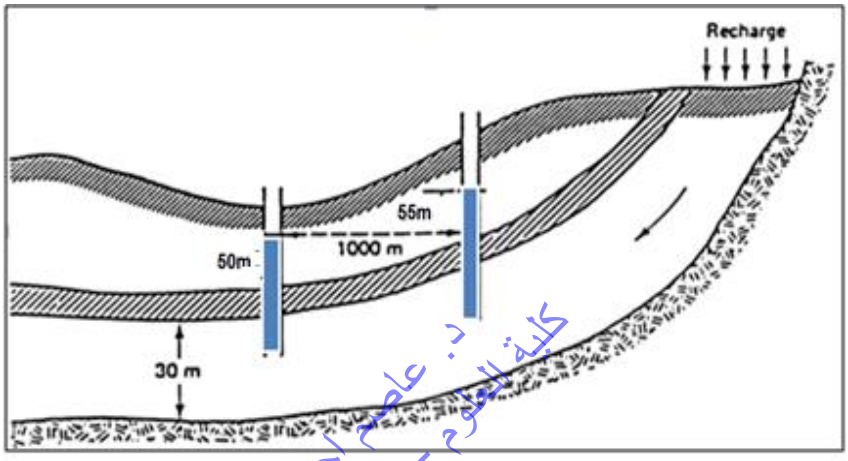
د. عاصم احمد حسن
كلية العلوم - جامعة ديالى



Example:

- A confined aquifer has a source of recharge, **K** for the aquifer is 50 m/day, and porosity **n** is 0.2.
- The piezometric head in two wells 1000 m apart is 55 m and 50 m respectively.
- The average thickness of the aquifer is 30 m, and the average width of the aquifer is 5 km.

Calculate: a) The Rate of flow Q through the aquifer (b) The average time of travel from the head of the aquifer to a point 4 km downstream.



Solution:

Q = KA (dh/L)

Cross-Sectional area A= 30X5000 = 1.5×10^5 m^2

Hydraulic gradient dh/dL= (55-50)/1000 = 5×10^{-3}

- Rate of Flow *Q*
- *Q = KA (dh/L)*

  Q = (50 m/day) (1.5×10^5 m^2) (5×10^{-3})

  Q = 37,500 m^3/day
- Darcy Velocity: *V = Q/A*

  = (37,500m^3/day) / (1.5×10^5 m^2) = 0.25m/day
- Seepage Velocity (effective velocity):

  $V_s = V_D/n$ = (0.25) / (0.2) =**1.25 m/day**
- Time to travel 4 km downstream:

  T = (4000m) / (1.25m/day) = 3200 days or **8.7 years**

This example shows that groundwater moves very slowly underground

د. عاصم أحمد حسن
كلية العلوم - جامعة تبوك