

الهيدرولوجية الأراضي الرطبة Wetland Hydrology

مقدمة:

عناصر الدورة الهيدرولوجية الستة هي ضرورية في الاراضي الرطبة:

$$\begin{aligned} P &= \text{الهطول} = \text{I} \text{ (Precipitation)} = \text{الترشيح} \text{ (Infiltration)} \\ E &= \text{التبخر} = \text{T} \text{ (Evaporation)} = \text{النتح} \text{ (Transpiration)} \\ R &= \text{الجريان السطحي} \text{ (Surface runoff)} \\ G &= \text{الجريان الجوفي} \text{ (Groundwater flow)} \end{aligned}$$

وبهذا فان هناك ثلاث مصادر رئيسية للمياه للأراضي الرطبة هي الهطول والجريان السطحي والجريان الجوفي اذ تعتمد المستنقعات المرتفعة بشكل كامل تقريباً على الأول ، بينما تعتمد السهول الفيضية بشكل كبير على الثاني. من الناحية العملية ، غالباً ما ترتبط مستويات المغذيات ارتباطاً وثيقاً بالهيدرولوجيا . حيث تميل الأمطار إلى الانخفاض المغذيات ، في حين أن المياه التي تتدفق عبر السطح أو عبر الأرض تلتقط المواد المغذية الذائبة والجسيمات. وبالتالي يمكن تصنيف الأراضي الرطبة وفقاً للنسب النسبية لمصادر المياه الثلاثة المذكورة أعلاه وبهذا فان معرفة هيدرولوجية الارضي الرطبة مهمة ومن ناحية اخر تعتبر الأراضي الرطبة ميزة مائية فريدة من نوعها من المناظر الطبيعية. وان إحدى السمات الهامة بشكل خاص هي موقعها كمنطقة انتقالية بين النظم البيئية المائية والأرضية، وبالتالي تحتل الأراضي الرطبة المنطقة الانتقالية بين البيئات الرطبة والجافة في الغالب .

ان الميزة التشخيصية للأراضي الرطبة هي قرب سطح الماء (أو منسوب المياه الجوفية تحت السطح) بالنسبة لسطح الأرض. بينما البيئة المائية العذبة والمياه البحرية سطح الماء يقع فوق سطح الأرض ، لكن في بيئات الأرضية تقع بعض المسافة تحت منطقة الجذر root zone كجوف مائي أو منطقة التشبع. والهيدرولوجية المياه الضحلة تخلق للأراضي الرطبة ظروفًا بيئية بيوجيوكيميائية فريدة تميزها من البيئات المائية والأرضية.

دور شكل الارض في هيدرولوجية الأراضي الرطبة وتكوينها

Geomorphic Position

الأراضي الرطبة هي نظام هيدرولوجي أساسية في وحدة التضاريس , وبشكل عام تتشكل الأراضي الرطبة:

1- على مسطح أو منحدرات ضحلة ، حيث ان المياه الدائما تقع عند أو بالقرب من سطح الأرض ، سواء فوق أو تحت. تميل الأراضي الرطبة إلى التكون حيث تتراكم المياه السطحية والجوفية داخل المنخفضات الطبوغرافية ، مثل طول سهول الفيضية ، والبرك ، المستنقعات ، غيرها .

2- وتشكل من تسريب المياه للأراضي الرطبة من تصريف المياه الجوفية نحوه المنحدرات ، وكذلك بالقرب من شواطئ الجداول والبحيرات والمحيطات. تتشكل الأراضي الرطبة أيضا على طول السواحل ، مع غمر دوري لا يحدث بسبب تصريفات المياه الجوفية ولكن ، بدلاً من ذلك ، بتبادل المياه مع المسطحات المائية المجاورة ، مثل الفيضانات الدورية وعمل المد والجزر.

3- ايضا قد تتشكل الأراضي الرطبة من جثومها فوق ركائز منخفضة النفاذية حيث يكون التسلل المياه مقيداً ، التربة الصقيعية والطينية والصخرية.

ونستخدم هيدروجيومرفك Hydrogeomorphic أي شكل الارض والنظام الهيدرولوجي كدليل في تصنيف الأراضي الرطبة اعتمادا على خصائص النظام الهيدرولوجي Hydrologic وشكل الارض Geomorphic وحركة والموائع Hydrodynamic في المنطقة, اذ ان التضاريس السائدة والعوامل الهيدرولوجية تعطي احسن فهم لاشكال الارض الرطبة ووظائفها.

حركة الماء والطاقة كقوة دافعة في الأراضي الرطبة

اتجاه ومعدل حركة الماء داخل وخارج الأراضي الرطبة التي يكون مسيطر عليه بواسطة التباين المكاني والزمني للطاقة الماء. التغيير في الطاقة مع المسافة يولد القوة التي تجعل الماء ينتقل من مناطق طاقة عالية لمناطق الطاقة المنخفضة. تمثل قوى الجاذبية Gravitational forces معظم حركة المياه ، حيث تميل المياه إلى التدفق من أعلى لخفض الارتفاعات. قوى لزجة (احتكاك) للماء تقاوم الجاذبية وبالتالي تتأخر سرعة السوائل. بينما قوى القصور الذاتي و(الزخم) تقاوم تغيير السرعة مما

يسبب الماء يتحرك بسرعة ثابتة وبشكل مستقيم ما لم يتم إنفاق طاقة إضافية إما تسريع أو إبطاء أو انحراف الماء.

يمكن أن تتحرك المياه أيضًا بسبب تغير الضغط ، من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض. هذا أمر شائع في أنظمة المياه الجوفية ، حيث تتدفق طبقات المياه الجوفية المحصورة إلى السطح بسبب الضغط العالي في العمق. يحدث التدفق الارتوازي من طبقة المياه الجوفية المحصورة إلى السطح عندما تقع منطقة التغذية إلى طبقة المياه الجوفية على ارتفاع أعلى من سطح الأرض حيث يحدث التفريغ. توجد الينابيع الارتوازية الكلاسيكية في المناطق المنخفضة المزودة بتدفقات من مناطق ارتفاع أعلى مناطق ارتفاع أعلى.

ان الأراضي الرطبة عادة ما توجد في بيئات منخفضة الطاقة — أي في المناطق التي تتدفق فيها المياه عادة بسرعة بطيئة. وينتج هذا جزئيًا ، لأن سطح الأرض مسطح نسبيًا في هذه المناطق. نظرًا لأن الأراضي الرطبة تقع في تضاريس مسطحة نسبيًا ، وإن مساحة سطحها تتوسع وتتقلص مع تغير مرحلة المياه ، مما يسمح بتخزين كميات كبيرة من المياه. وبالتالي تعمل الأراضي الرطبة كمنسق للتغيرات الهيدرولوجية - حيث تقوم بتخزين التدفقات الفيضانات وتقليل سرعات التدفق أثناء الطقس الرطب على وجه الخصوص. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الأعماق الضحلة والمنحدرات المنخفضة ، إذ تكون متسقة مع بيئات ذات الطاقة المنخفضة ، مهمة لاحتجاز العناصر الغذائية والرواسب.

القياسات الهيدرولوجية للأراضي الرطبة Hydrologic Measures

يمكن تحديد ثلاثة متغيرات هيدرولوجية مفيدة لتوصيف السلوك الهيدرولوجي للأراضي الرطبة؛ منسوب المياه water level ، النموذج الهيدرولوجي أو مائي Hydropattern ، ووقت الإقامة أو المكوث للماء Residence time. وسيتم التطرق لهذه المفاهيم لاحقًا.

أولاً التوصيف الهيدرولوجية في الأراضي الرطبة هو الارتفاع العام لمنسوب مياه أراضي الرطبة بالنسبة لسطح التربة. فهي إما أن تكون عميقة وهذه توجد في المناطق المفتوحة open water zone للأراضي الرطبة والتميز بعدد قليل جداً من النباتات البارزة وعدم وجود أي نباتات ملتصقة بقاع الأراضي الرطبة ولكن يمكن ملاحظة النباتات الطافية في هذه المنطقة. أما منطقة الحواف emergent zone والتي تظهر فيها النباتات البارزة بشكل الكثير. ومع ذلك فالأراضي الرطبة تمتلك مساحات واسعة من التربة المشبعة والتي تكون عموماً مغطاة بالنباتات المائية. وبالتالي يمكن استخدام منسوب المياه كمؤشر لأنواع النباتات المحتملة تحدث في كل من هذه المناطق (المفتوحة والحواف ...).

التوصيف الثاني لهيدرولوجيا الأراضي الرطبة هو التغير الزمني لمنسوب المياه. فتوقيت ومدة ومستويات وتوزيع منسوب مياه للأراضي الرطبة ، معاً ، يطلق عليه اسم النموذج الهيدرولوجي أو المائي للأراضي الرطبة، والذي يتضمن مدة المياه وتواترها اضطرابات المنسوب . فيتأرجح أو تتقلب بعض الأنظمة لنموذج المائي ، مثل الاهوار المدية tidal marshes ، بشكل كبير خلال فترات زمنية قصيرة ؛ بينما تتقلب الأنظمة الأخرى ، مثل مجتمعات الأراضي المغمورة غابات الاخشاب القاعية الموسمية ، ببطء أكثر بمرور الوقت. ومع ذلك ، فإن أنظمة الأراضي الرطبة الأخرى أكثر ثباتاً وقد لا تظهر تقلباً كبيراً على المدى القصير أو الطويل. والنموذج المائي في الأراضي الرطبة هو دالة لصافي الفرق أو الاختلاف بين التدفقات الداخلة والخارجة من الغلاف الجوي والمياه الجوفية والمياه السطحية.

اما التوصيف الثالث لهيدرولوجيا الأراضي الرطبة هو الإقامة أو وقت السفر لحركة المياه عبر الأراضي الرطبة. تتبادل بعض أنظمة الأراضي الرطبة الماء بسرعة ، مع بقاء المياه داخل الأراضي الرطبة لفترة قصيرة من الوقت فقط، في حين أن الماء قد يغادر ببطء من خلال أنظمة الأراضي الرطبة الأخرى. وزمن الإقامة هو نسبة حجم الماء داخل الأراضي الرطبة إلى معدل التدفق عبر الأراضي الرطبة. تحدث أوقات الإقامة القصيرة عندما يكون التدفق عبر الأراضي الرطبة كبيراً مقارنة بحجمه – بينما الإقامة الطويلة تحدث عندما يكون التدفق صغيراً مقارنة بحجمه. ووقت الإقامة الأراضي الرطبة غالباً ما يكون مرتبطاً بالنموذج المائي ، حيث أن الأراضي الرطبة ذات التقلبات الكبيرة في منسوب المياه قد تمتلك أوقات إقامة أقصر ، مثل اهوار المد والجزر. من ناحية أخرى ، بعض الأراضي الرطبة قد تتقلب بسرعة بسبب التغيرات الكبيرة في تدفق داخلياً ، ومع ذلك ، يكون هناك أوقات إقامة طويلة جداً لإبطاء معدلات الخسارة.

1- منسوب الاراضي الرطبة Wetland Water Level

من السمات الهامة للأراضي الرطبة هو حالة نقص الأكسجين في تربة الأراضي الرطبة. إذ تظهر الظروف اللاهوائية بشكل أسرع في التربة المشبعة مقارنة بالتربة غير المشبعة ولذلك بسبب انخفاض قابلية الذوبان في الأكسجين في الماء ، ومعدلات بطيئة لانتقال أو حركة في الماء ، ومعدلات انتشار الأكسجين البطيئة عبر الماء. تؤثر الظروف اللاهوائية في تربة الأراضي الرطبة على الغطاء النباتي من خلال خلق ظروف معاكسة لبقاء الجذور ونموها. وبالتالي ، فإن وجود الماء يؤثر بشكل كبير على تركيزات الأكسجين في التربة ، مما يؤثر على نمو النبات وبقائه.

ومع ذلك ، وعلى الرغم من التركيزات المنخفضة للأكسجين هذه ، فإن الأراضي الرطبة هي من بين النظم البيئية الأكثر إنتاجية بيولوجيًا في البيئات المائية. وهي تمتلك مجموعة متنوعة من الأنواع النباتية التي لديها تعديلات فسيولوجية خاصة تمكنها من البقاء والازدهار في هذه الظروف النمو القاسية. وتحدث العديد من التفاعلات الجيوكيميائية الحيوية داخل مناطق الأكسجين المنخفضة هذه .

إذ يعتبر منسوب المياه في الأراضي الرطبة دليل لحالة الأكسجين المذاب في نظام مياه التربة. بشكل عام ، فتحتوي الأنظمة الأكثر رطوبة على منسوب مياه أعلى وتركيزات منخفضة من الأكسجين الذائب في التربة ، بينما تحتوي الأنظمة الأكثر جفافاً على مستويات مياه أقل وتركيزاً أعلى من الأكسجين المذاب.

في الجدول 1 (A&B) نلاحظ علاقة عامة بين منسوب مياه الأراضي الرطبة والحالات المائية لاحظ أنه تم التمييز بين تشبع التربة وغمر سطح التربة. قد تغمر بعض الأنظمة جزءاً من العام ولا تزال تحتوي على نسبة منخفضة من تشبع التربة بالمياه ، والعكس صحيح. قد تؤدي تركيزات الأكسجين المذاب في التربة المنخفضة وظروف الاختزال في كلتا الحالتين.

TABLE 1A: TIDAL WETLAND TYPES

TIDAL WETLANDS :
Subtidal - Tidal water permanently covers the land surface.
Irregularly Exposed - Tidal water usually covers the land surface, but is not exposed daily.
Regularly Flooded - Tidal water alternately covers and daily exposes the land surface.
Irregularly Flooded - Tidal water covers the land surface less often than daily.

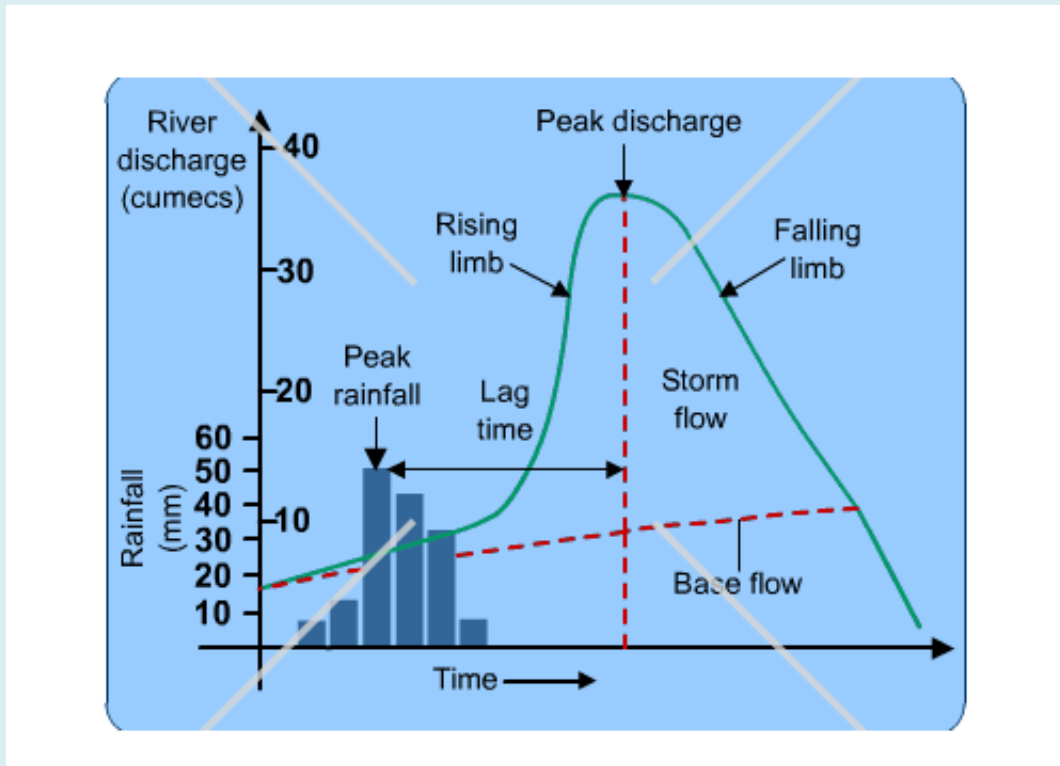
TABLE 1B: NON-TIDAL WETLAND TYPES

NON-TIDAL WETLANDS :
Permanently Flooded - Water covers the land surface throughout the year in all years. Vegetation is composed of obligate hydrophytes.
Intermittently Exposed - Water covers the land surface throughout the year except in years of extreme drought.
Semipermanently Flooded - Water covers the land surface throughout the growing season in most years. The water table is at or very near the surface when the land surface is exposed.
Seasonally Flooded - Water covers the land surface for extended periods, especially early in the growing season, but is absent by the end of the season in most years. The water table is at or near the surface when the land surface is exposed. Saturated water never covers the land surface, but the soil is saturated to the surface for extended periods during the growing season.
Temporarily Flooded - Water covers the land surface for brief periods during the growing season, but the water table usually lies well below the surface for most of the season. Plants that grow both in uplands and wetlands are present.
Intermittently Flooded - Water covers the land surface for variable periods with no detectible seasonal periodicity. Long periods of time separate periods of inundation. The dominant plant communities under this regime may change as soil moisture conditions change. Some areas may not exhibit hydric soils or support hydrophytes.
Artificially Flooded - The amount and duration of flooding is controlled by means of pumps or siphons in combination with dikes or dams.

لكن لا يشير منسوب مياه الأراضي الرطبة الذي (تسمى أيضًا المرحلة stage) إلى تشبع لترربة. وذلك قد تمتد منطقة تشبع المسامات فوق المياه الجوفية بسبب الخاصية الشعرية Capillary للمواد الدقيقة والخاصية الشعرية هي خاصية فيزيائية يتم بواسطتها انتقال السائل من الأسفل إلى الأعلى. فالخاصية الشعرية ينتج عن الميل الطبيعي للماء للالتصاق بأسطح التربة وجزيئات الماء الأخرى. وبسبب هذه الخاصية فإن الماء يمكن أن يمتد لعدة أمتار فوق منسوب المياه، فقد تكون التربة مشبعة تمامًا حتى عندما تكون مستويات المياه تحت سطح الأرض.

المخطط المائي Hydrograph

يرتبط المخطط المائي بالمنسوب المياه او المرحلة و كدالة للوقت. فتنخفض مستويات او مناسب المياه في الأراضي الرطبة عادة ببطء مع مرور الوقت ، بنما ترتفع استجابة لهطول الأمطار. اذ يتكون المخطط المائي من الطرف الصاعد **Rising limb** والذي يرتبط مع الفترة التي تبدأ فيها مستويات المياه في الارتفاع بعد حدث هطول الأمطار.وتم تأتي مرحلة الذروة او القمة **Peak discharge** تقابل الوقت الذي تصل فيه مستويات المياه إلى أعلى مستوى لها. الطرف الساقط **Recession (or Falling) limb** من الهيدروغراف يتوافق مع الفترة التي تلي الذروة بالنزول ويستمر حتى العاصفة التالية كم موضح ادناه في المخطط.



الوقت إلى الذروة Time to peak هو طول الوقت بين ذروة هطول الأمطار ومرحلة الذروة. فإن أوقات الذروة القصيرة تكون في المناطق ذات الأسطح والقنوات الكبيرة وتكون سريعة التيار. وتكون أوقات الذروة أطول في المناطق المحجوزة او المحاطة مع عدد قليل من الأسطح والقنوات واحواز التي تبطئ مرور المياه. مصطلح آخر ، وقت التركيز ، هو الوقت اللازم للسفر للتدفق من أبعد نقطة على مستجمع المياه ، وهو دالة لنفس العوامل التي تؤثر على وقت الذروة.

وهناك عدة طرق لقياس منسوب المياه في الاراضي الرطبة هي

(مقاييس الشاخص اليدوية Manual Staff Gauges , خط المياه على النباتات المغمورة بشكل دوري , مقياس الضغط الحجاجي TDRs, Piezometer ما هو؟...).

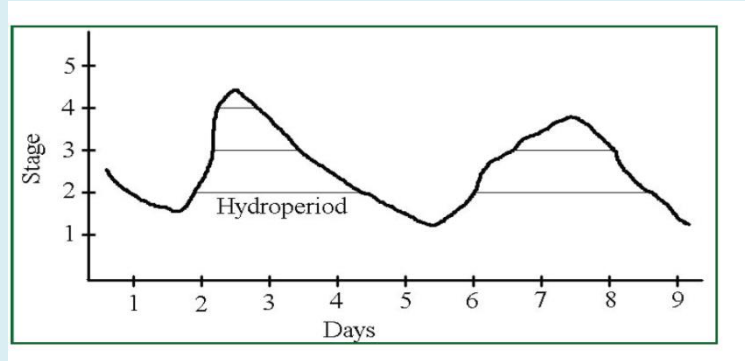
2-النموذج المائي Hydropattern

التغير الزمني منسوب المياه في الأراضي الرطبة ينتج من التغيرات الديناميكية في مداخلها والمخارج الهيدرولوجية ، والتغيرات الزمنية المرتبطة بالضوابط الهيدروليكية داخل الأراضي الرطبة. تعتبر التغيرات الزمنية في منسوب المياه محددات مهمة للعديد من النباتات والحيوانات المائية.

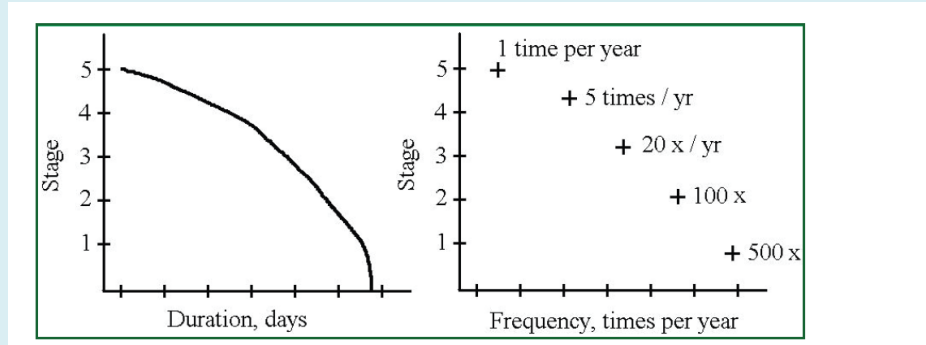
النموذج المائي هو سمة مميزة للتغير الهيدرولوجي الذي يصف تغير منسوب المياه عبر الزمان والمكان.

Hydropattern هو مصطلح حديث يستخدم لتوسيع المفهوم التقليدي لل Hydroperiod (أي تكرار ومدة تشبع الأرض الرطبة).

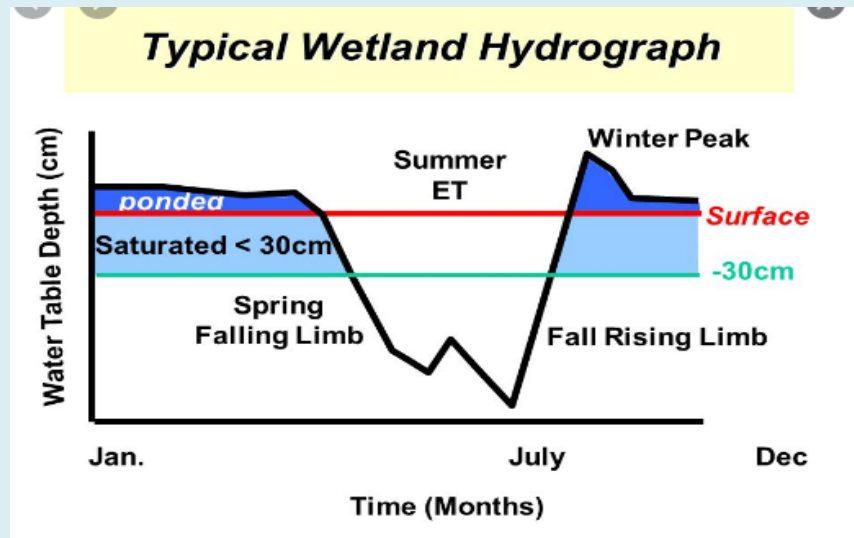
يمكن استخدام العديد من الأساليب لوصف التغيرات الزمنية في مرحلة الأراضي الرطبة (أي منسوب المياه). أسهل طريقة هي رسم مرحلة الأراضي الرطبة كدالة للوقت (تسمى الهيدروغراف Hydrograph). يُظهر الهيدروغراف المرحلة لفترة زمنية تلتقط مدى التباين الهيدرولوجي المحتمل (الشكل ادناه). قد تصبح تقلبات مستوى المياه بين السنوية والموسمية والحدث واليومية باستخدام هذا النهج.



استخدام مستويات المياه المرصودة ، يمكن بناء مخطط لمدة الفيضان مقابل مرحلة او منسوب الأراضي الرطبة (الشكل ادناه). ان تقدم ملخصاً وصفياً يشير إلى مدة حدوث فيضان نموذجي لكل مرحلة. الارتفاعات المنخفضة لها فترات أطول من الفيضانات من الارتفاعات الأعلى. هذا النهج مفيد لتوصيف تقلبات مستوى المياه من خلال إنشاء علاقة مدة-مرحلة تحدد المدة الزمنية التي يتم فيها تجاوز مستوى مياه محدد.



بعض المخططات المائية للأراضي الرطبة



ومن فوائد المخطط المائي الزمني التالي:

- أ) معرفة الخواص الهيدرولوجية للمجرى المائي
- ب) تحديد كمية الماء المتاحة للاستعمال والخرن في مشروعاتها
- ج) تحديد التصرف المحتمل، وقيمه الدنيا والعليا، وأوقات حدوثه
- د) التكهن بأخطار الفيضانات والإنذار المبكر لها
- هـ) المساعدة في الاختيار الأمثل لتصميم المنشآت الهيدروليكية على المجرى وفروعه.

3- زمن المكوث او الإقامة Residence Time

يتم استخدام وقت الإقامة الهيدرولوجي لتقييم الوقت المطلوب لمرور إدخال المياه عبر الأراضي الرطبة. إن زمن الإقامة ، "t" لنظام ذي حجم ثابت ومعدل تدفق هو ببساطة نسبة حجم المياه داخل الأراضي الرطبة ، V ، إلى معدل التدفق ، Q ، أو ، $t = V / Q$. فإن المعادلة المذكورة أعلاه تقدم فقط تقديرًا لمتوسط وقت الإقامة - تختلف أوقات الإقامة الفعلية الآن بمرور الوقت والمكان. يمكن العثور على وظائف لوصف توزيع أوقات الإقامة للأنظمة البسيطة.

يصعب حساب أوقات الإقامة للأنظمة الديناميكية من تلك التي لها تدفق ثابت. في هذه الحالات ، يتغير وقت الإقامة - مع زيادة أوقات الإقامة خلال الفترات التي تتجاوز فيها التدفقات الخارجة التدفقات ، وتقل عندما تتجاوز التدفقات الداخلة. وذلك لأن إضافة ما يسمى بالمياه الجديدة أو إزالة المياه القديمة من النظام يقلل من العمر.

يمكن استخدام وقت كمعايير جودة المياه على سبل المثال TDS ، وإن زمن إقامة البحيرات والجداول والاضية الرطبة مهم أيضًا لتحديد تركيز الملوثات فيها وكيف يمكن أن يؤثر ذلك على بيئتها.