جامعة الملك سعود
كلية الآداب - قسم الجغرافيا

محاضرة رقم (6)

مدرس المقرر: أ. د. محمد بن عبدالله الصالح

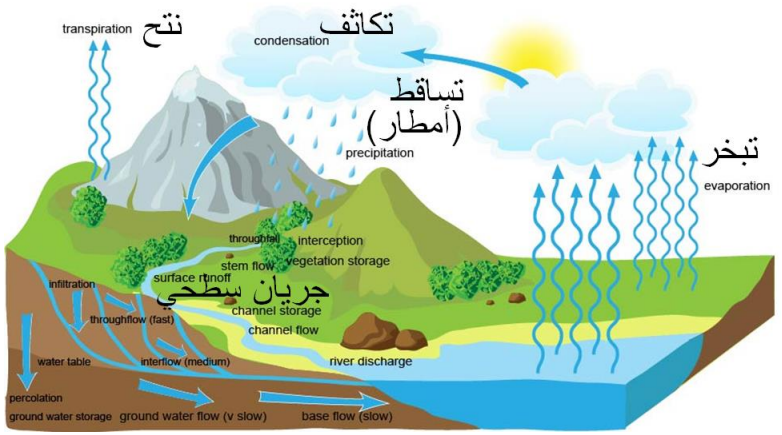
masaleh@ksu.edu.sa
masaleh@windowslive.com
http://fac.ksu.edu.sa/masaleh/course/235342

الأشكال الأرضية النهرية

تعتبر المياه الجارية بلا منازع أهم عوامل تشكيل بقاع واسعة من سطح اليابس ، ليس فقط بالجهات الرطبة ، حيث تتوافر الانهار والمجاري المائية المستديمة ، بل أيضا بالمناطق الجافة وشبه الجافة ، ولكن بالنسبة لهذه الجهات يثور الجدل حول ما اذا كان نوع المناخ الحالي بها هو المسؤول عن تشكيل معالم سطحها ، أم أن هذه الجهات تعرضت في فترات سابقة خلال عصر البلايوستوسين لادوار مطيرة ، هي التي قامت بالنصيب الاوفر من التشكيل ، قبل أن تسود ظروف الجفاف الحالية .

تبدأ أولى العمليات النهرية بالتساقط على شكل أمطار أو ثلوج ، وهـذه احدى مراحل الدورة الهيدرولوجية العامة التي تشمل تبادل الماء بين المحيطـات والجو واليابس :

ما يهمنا من حلقات الدورة في دراستنا الراهنة هو ذلك الجزء اليسير الذي يجري فوق سطح الأرض، مكونا الجداول والغدران التي تتجمع في روافـد تتشابك وتتواصل بدورها في مجار أكبر ، وفروع تغذي الانهار الرئيسية • هذا الجزء من الدورة يجري على سطح الارض ولذا يعرف بالماء الجاري runoff ،



العمليات النهرية:

- تتضمن العمليات النهرية ثلاث عمليات رئيسية هي:
  - النحت erosion.
  - النقل Transportation.
  - الترسيب Deposition.
  - تحدث عمليتي النحت والنقل لأن المياه الجارية في النهر تمتلك طاقة.
  - وطاقة المياه الجارية في النهر وبالتالي قدرته على القيام بعمليتي النحت والنقل محكومة بعامل رئيسي هو سرعة المياه الجارية.
  - تزداد طاقة المياه الجارية بزيادة سرعتها والعكس صحيح.
  - تستهلك المياه الجارية طاقتها بدرجة رئيسية في عمليتي النحت والنقل، وعليه عند زيادة سرعة المياه الجارية تزداد معدلات النحت والنقل.
  - ودائما المياه الجارية تعمل على تحقيق التوازن بين طاقتها وبين ما تقوم به من عمل (النحت والنقل)، وعليه فعند انخفاض سرعة المياه الجارية وبالتالي طاقتها تحدث عملية الترسيب.

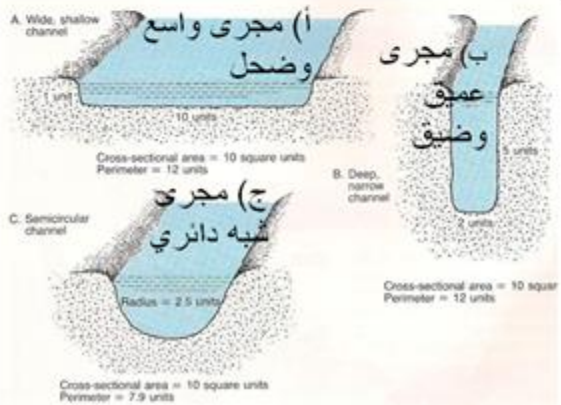
سرعة المياه الجارية:

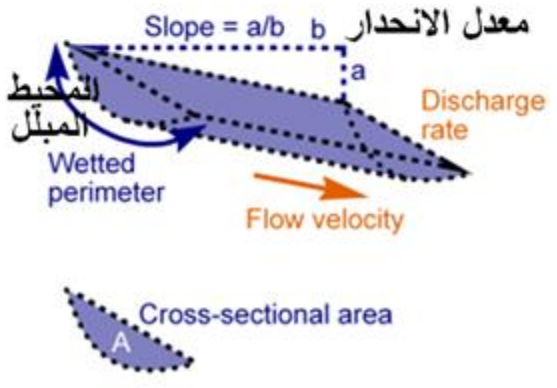
تعتمد سرعة المياه الجارية على ثلاثة عوامل رئيسية هي:

1) معدل انحدار المجرى المائي.
2) خشونة المجرى المائي.
3) شكل القطاع العرضي للمجرى المائي ويعبر عنه كميا بنصف القطر الهيدروليكي.

العلاقة طردية بين سرعة المياه الجارية ومعدل انحدار المجرى وكذلك بين السرعة ونصف القطر الهيدروليكي، أي أن السرعة تزيد بزيادة معدل الانحدار وبزيادة قيمة نصف القطر الهيدروليكي.

من جهة أخرى العلاقة عكسية بين سرعة المياه الجارية وخشونة المجرى. إذ أنه كلما زادت قيمة خشونة المجرى كلما انخفضت السرعة.





ومن أشهر المعادلات التي تعبر عن هذه العلاقة معادلة Manning التالية :

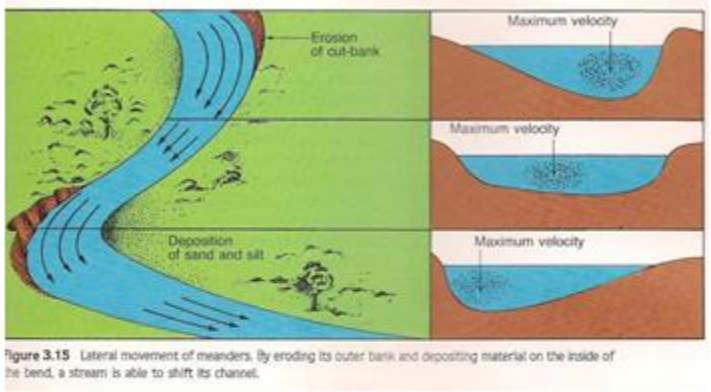


Figure 3.15 Lateral movement of meanders. By eroding its outer bank and depositing material on the inside of the bend, a stream is able to shift its channel.

$$V = C \frac{R^{\frac{2}{3}} \; S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

V : معدل السرعة
C : ثابت
R : نصف القطر الهيدروليكي
S : معدل الانحدار
n : معامل الخشونة (الجدول المرفق)

يكون الثابت C ٤٩ ر١ في الوحدات الأمريكية (قدم - رطل - ثانية) و واحد في وحدات النظام العالمي SI (متر - كيلو - ثانية).

مثال:

نصف القطر الهيدروليكي = ٢ (مساحة القطاع العرضي ١٠م٢ والمحيط المبلل ٥م)

معدل انحدار المجرى = 0.001

معامل الخشونة = 0.025

السرعة = (1.59 × 0.032) ÷ 0.025 = 0.051 ÷ 0.025 = ٢ م/ث

جدول (٣) قيم معامل الخشونة للمجاري المائية الطبيعية

وصف المجرى المائي	قيمة معامل الخشونة
المناطق السهلية:	
مجرى مائي نضيف ومستقيم وبدون أحواض عميقة أو حواجز رملية	٠.٣٠
نفس خصائص المجرى السابق مع وجود بعض الصخور وبعض الأعشاب	٠.٣٥
مجرى نضيف ومتعرج وبه بعض الأحواض وبعض الحواجز	٠.٤٠
مجرى تكثر فيه الأعشاب والحواجز والأحواض العميقة	٠.٧٠
المناطق الجبلية:	
مجرى يخلو من النباتات وله ضفاف شديدة الانحدار ويتكون قاعة من البطحاء وقليل من الجلاميد	٠.٤٠
مجرى يخلو من النباتات وله ضفاف شديدة الانحدار ويتكون قاعه من الحصى والجلاميد الكبيرة	٠.٥٠
مناطق السهول الفيضية:	
مجرى به نباتات بدون أغصان وأعشاب قصيرة	٠.٣٠
مجرى به نباتات بدون أغصان وأعشاب طويلة	٠.٣٥
مجرى به نباتات لها أغصان مبعثرة إلى كثيفة	٠.٥٠ - ١.٠٠
مجرى به أشجار أو بقايا جذوع الأشجار بعد قطعها	٠.٤٠ - ١.٥٠

المصدر: Morisawa, M., (1968), P.38

معامل الخشونة:

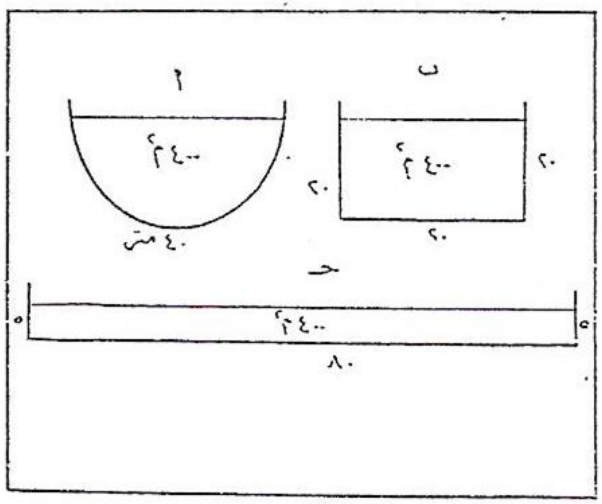
Streambed Characteristics	معامل الخشونة	خصائص قاع المجرى المائي
Mountain streams with rocky beds	0.04-0.05	مجرى مائي جبلي مع قاع صخري
Winding natural streams with weeds	0.035	مجرى مائي طبيعي مع أعشاب
Natural streams with little vegetation	0.025	مجرى مائي طبيعي به نباتات قليلة
Straight, unlined earth canals	0.020	قناة مستقيمة غير مبطنة
Smoothed concrete	0.012	قناة خرسانية ناعمة

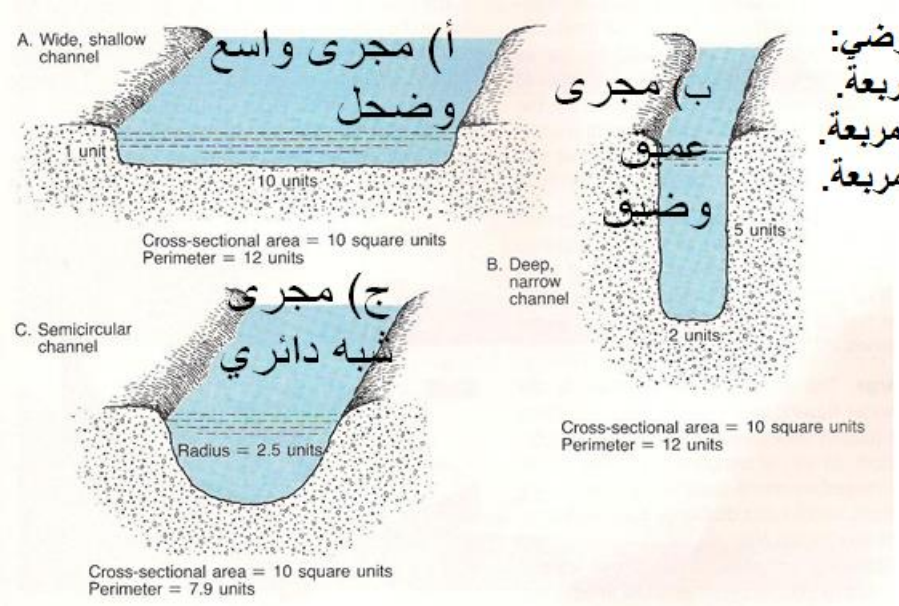
n معامل الخشونة	Natural Channels	المجاري المائية الطبيعية
0.029	Clean, straight, full stage, no pools	مجرى نظيف ومستقيم وبدون حفر وتملأه المياه الجارية
0.035	As above with weeds and stones	مثل السابق وبه أعشاب وحجارة
0.039	Winding with pools and shallows	مجرى متعرج وبه حفر وقليل العمق
0.047	As above at low stages	مثل السابق ولا تملأه المياه الجارية
0.052	Winding ,pools, shallows, weeds and stones	مجرى متعرج قليل العمق وبه حفر وأعشاب وحجارة
0.065	Sluggish, weedy with deep pools	مجرى بمياه قليلة الحركة وبه أعشاب وحفر عميقة
0.112	Very weedy and sluggish	مجرى بمياه قليلة الحركة وبه أعشاب كثيرة جدا

نصف القطر الهيدروليكي:

- **يعبر كميا عن شكل القطاع العرضي للمجرى المائي بما يسمى نصف القطر الهيدروليكي.**

نصف القطر الهيدروليكي هو عبارة عن مساحة القطاع العرضي للمجرى الذي يشغله الماء مقسوما على المحيط المبلل للمجرى (مجموع اطوال جوانب وقاع المجرى). وقيمة نصف القطر الهيدروليكي تعتمد على شكل المجرى الذي يؤثر على الاحتكاك Friction بين الماء وقاع وجوانب المجرى ومن ثم على طاقة النهر. فزيادة سطح الاحتكاك تؤدي الى فقدان كمية اكبر من الطاقة. وعليه فان المجاري الواسعة يزداد فيها سطح الاحتكاك بينما ينخفض في المجاري العميقة الضيقة. فلو اخذنا مجريين أحدهما عمقه ٢م واتساعه ٢٥م والثاني عمقه ٥ م واتساعه ١٠م لوجدنا ان لهما نفس المساحة (٥٠ متر مربع) ولكن يختلف المحيط المبلل Wetted Perimeter في كل واحد منهما عن الآخر ففي المجرى الاول يكون المحيط المبلك ٢٩م (٢ + ٢٥ + ٢ = ٢٩) اما في المجرى الثاني يكون المحيط المبلك ٢٠م (٥ + ١٠ + ٥ = ٢٠)، لذا فان القطر الهيدروليكي في المجرى الاول (٥٠ ÷ ٢٩ = ١,٧٢٤) اصغر منه في المجرى الثاني (٥٠ ÷ ٢٠ = ٢,٥). ولذا فان السرعة في المجرى الاول ستكون اقل منها في المجرى الثاني هذا في حالة تساوي معدل الانحدار وخشونة السطح فيهما.





مساحة المقطع العرضي:

أ) = ١٠ وحدات مربعة.

ب) = ١٠ وحدات مربعة.

ج) = ١٠ وحدات مربعة.

المحيط المبلل:

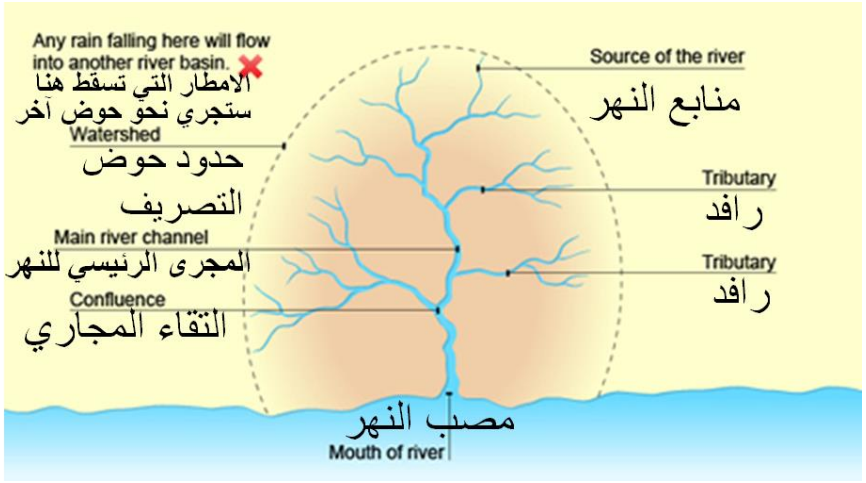
أ) = ١٢ وحدة.

ب) = ١٢ وحدة.

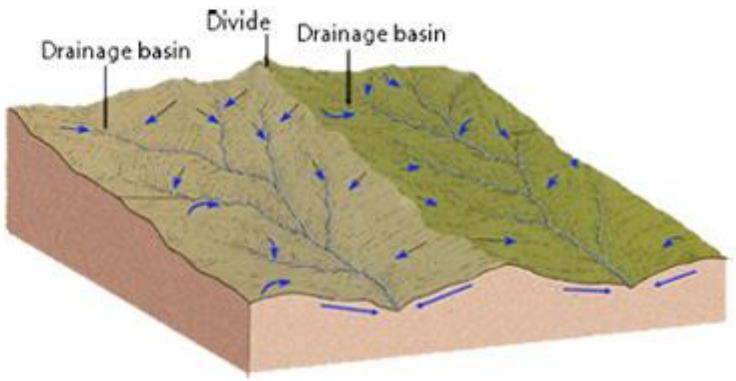
ج) = ٧,٩ وحدة.

حوض التصريف drainage basin:

تتبع المياه الجارية أقصر السبل في هبوطها على جوانب المنحدرات ، وتنتظم في شبكات متكاملة تعرف باسم نظم التصريف المائي drainage systems يشغل كل منها مساحة أرضية بيضاوية أو قريبة للاستدارة ، تنصرف اليها المياه التي قد تسقط على جميع بقاع هذه المساحة ، وهذا ما يعرف باسم حوض التصريف drainage basin ، ويفصل كل حوض عما يجاوره بواسطة مرتفعات تؤلف قسمها ما يعرف باسم المقسم أو خط تقسيم المياه water divide ، يلاحظ أن المياه الجارية في الاحباس العليا من أي حوض نهري drainage basin تتبع مجار صغيرة وغدران لا يلبث الكبير منها أن يجتذب الصغير ، فينمو على حسابه في عملية تعرف باسم اختزال الجداول abstraction rill ، فيتلاشى الصغير ويبقى الكبير الذي ينمو بفضل ما ينصب فيه من مجار أصغر ، فيتكون لذلك رافد صغير tributary ، وحين تنصرف مجموعات منه الى روافد أكبر تتكون روافد ثانوية secondary trib ، تصب بدورها في روافد رئيسية primary تنتهي الى المجرى النهري الرئيسي master or main stream (شكل

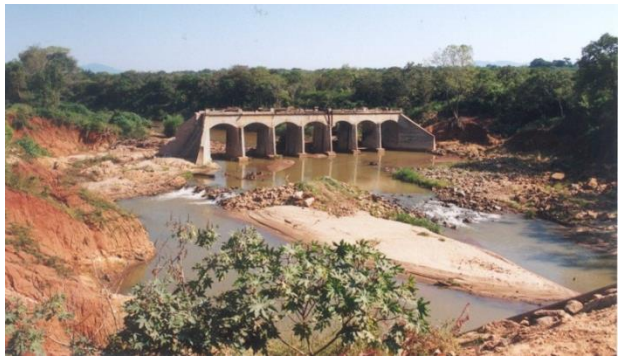


- حوض التصريف عبارة عن منطقة جغرافية يصرف مياه الأمطار فيها مجرى مائي مع روافده ويحدها خط تقسيم المياه.
- خط تقسيم المياه **water divide** عبارة عن خط (وهمي) يصل بين النقاط في المناطق الأكثر ارتفاعا بين المجاري المائية المتجاورة.
- حوض التصريف يمكن أن يكون صغير مكون من مجرى بدون روافد يصرف منطقة صغيرة، أو أن يكون كبيرا جدا مثل حوض نهر الأمازون.



النحت النهـــرى Erosion

ينقسم النحت في المجاري المائية إلى ثلاثة أنواع هي النحت الرأسي vertical downcutting والنحت الجانبي lateral erosion والنحت التراجعي headward erosion باتجاه المنبع. وتقوم المياه الجارية بدورها كعامل نحت من خلال عدة عمليات هي:



الفعل الميكانيكى للمياه : Hydraulic Action

ويتمثل فى قوة تحركها فى المجارى المائية • فالمياه المندفعة لها مقدرة على اكتساح المواد المفككة التى تصادفها فى طريقها ، كما تدخل المياه فى الشقوق وفتحات الفواصل ، وتتماوج فيها ، فيساعد على تحطيم الصخر الصلب•وللاضطرابات المائية والدوامات التى تنشأ عند منحنيات المجرى تأثير قوى ، فهى تعمل على نحت وتقويض ضفاف المجرى Bank - Caving or Cavitation خصوصا اذا كانت تتركب من صخور رملية ضعيفة التماسك ، أو من صخور صلصالية أو حصوية •

صخور وأتربة جرفتها السيول أمس في الباحة. (تصوير: عبدالخالق الغامدي ــ «عكاظ»)

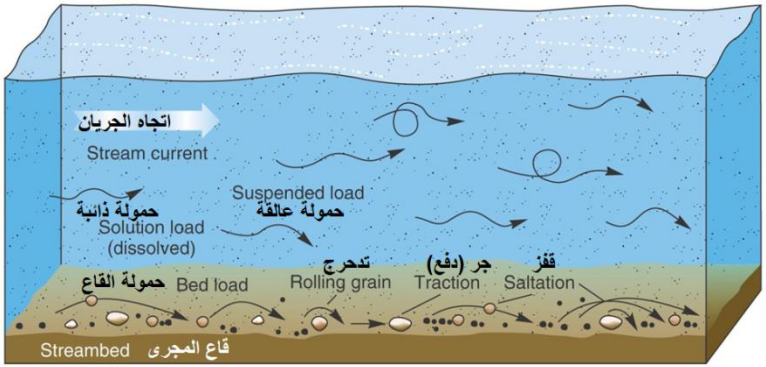
النحت بواسطة الحمولة : Corrasion

يستعين النهر فى نحت الجوانب والقاع بحمولته التى يستخدمها كأداة طحن وسحق • ويشتد فعل هذه العملية حيث تستطيع الدوامات المائية ، والجريان المائى المضطرب ادارة الحصى والجلاميد فى الفجوات التى توجد فى قاع (أوسرير) المجرى ، فتحفر ما يسمى بالحفر الوعائية Pot - Holes ونتيجة لنحت القاع وجرف مواده ، يزداد عمقه • وتضاف المواد الصخرية المنحوتة الى حمولة النهر ، مما يعزز قدرته على مواصلة النحت والتعميق •

وهناك حد لهذه العملية بطبيعة الحال • فحينما يصل النهر الى كامل حمولته تتوازن عملية النحت مع عملية الارساب • ويعنى هذا أن النحت الرأسى Vertical Erosion بواسطة الحمولة يميل الى التوقف ، بينما يتقابل فعل النحت الجانبى Lateral Erosion مع الارساب فى قوسى الثنية النهرية • وفيما بين مرحلة صفاء مياه النهر وخلوها من الحمولة، ومرحلة اكتمال الحمولة ، توجد مرحلة يكون النحت الرأسى النهرى أعظم مايكون قوة واقتدارا •

عملية الاذابة والتحلل : Solution

ويتم النحت النهرى هذه المرة عن طريق الاذابة والتحلل ، وتسمى هذه العملية أحيانا بالنحت الكيمائى Corrosion وتتلخص ، كما شرحنا فى موضع سابق ، فى قدرة مياه النهر ، بما تحويه من غازات ومواد ذائبة فيها ، أن تحلل وتذيب بعض أنواع الصخور التى يتألف منها نطاق مجرى النهر • وتعد الصخور الجيرية والطباشيرية والدولومينية أكثر الصخور قابلية للاذابة بمياه الانهر ، ولهذا كانت الانهار التى تجرى فى مناطق تتركب من تلك الصخور أقدر على النحت الكيميائى وتكوين أودية عميقة واسعة من تلك التى تجرى فى صخور نارية أو رملية كوارتيزية متماسكة •



يتم نقل المواد بواسطة الماء الجارى بالطرق الاربعة الاتية :

١ ـ الجـــر Traction

الجر أو السحب هى العملية التى يتم بواسطتها تحريك حبيبـــات الرواسب المختلفة الاحجام عن طريق الدحرجة على طول قاع المجرى ، ولهذا تسمى حمولة النهر التى تتحرك على امتداد القاع سواء بالتدحرج أو الجر أو السحب بحمولة القـــاع Bed Load أو حمولة الجـــر Traction Load ويزداد حجم حمولة القاع أو الجر ويتعاظم أثناء مواسم الفيضان واشتداد سرعة جريان المياه ، كما تتمكن المياه حينئذ من دحرجة وجر كتل صخرية كبيرة ، ما كان باستطاعتها تحريكها فى مواسم التحاريق (انخفاض فى منسوب المياه) • كما وأن الفتات الصخرى الدقيق الذى عادة ما يتحرك بالجر على امتداد القاع فى مواسم قلة المياه نراه وقت الفيضان يتحرك بالقفز Saltation بل يصبح محمولا بالمياه ضمن الحمولة العالقة Suspended Load •

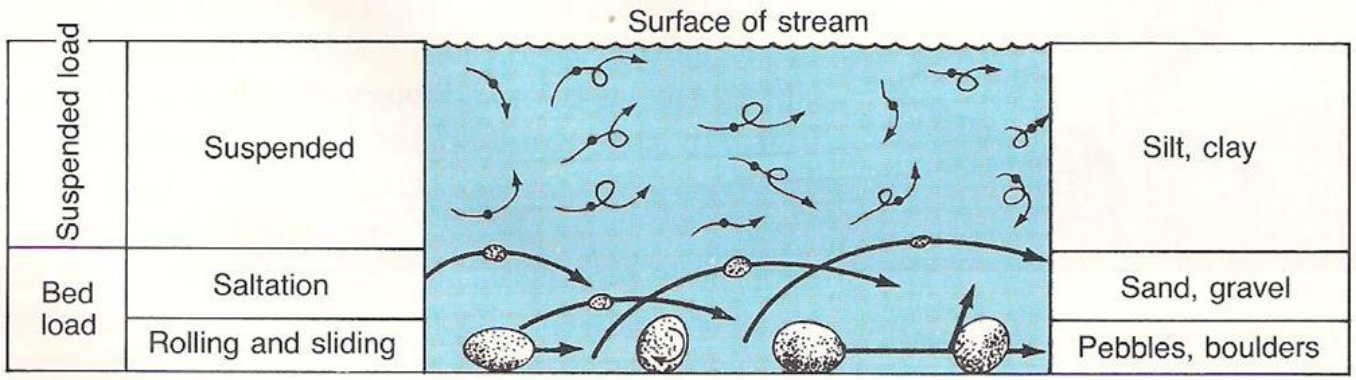
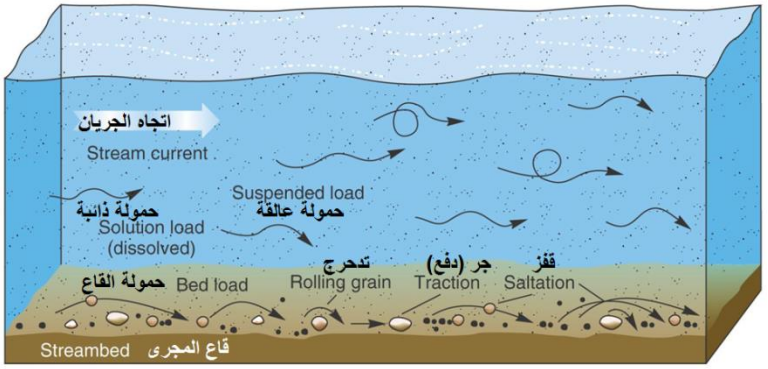


Figure 3.5 Transportation of a stream's load.

٢ ـ القفـــز : Saltation

تتحرك حبيبات الرواسب الكبيرة نسبيا فوق قاع المجرى بقوة دفع التيار المائى عن طريق القفز Jumping ، فهى تلمس قاع النهر على فترات ومسافات • ذلك أن أية حبيبة مستقرة فوق القاع النهرى تعوق المـــاء المتحـــرك وتعترض سبيله الى حـــد معلوم ، فينشأ ضغط مائى (هيدروليكى) خلفها • وسرعان ماتتمكن المياه من التغلب على مقاومة الحبيبة فتتدحرج كما فى حالة الجر Traction أو قد تدفع الى أعلى فتحتويها المياه المتحركة ضمن الحمولة العالقة • ومع هـــذا فاذا لم تكن صغيرة وخفيفة ، فان الجاذبية الارضية قد تلزمها بالعودة ثانية الى قاع المجرى ، ثم تتكرر العملية من جديد •



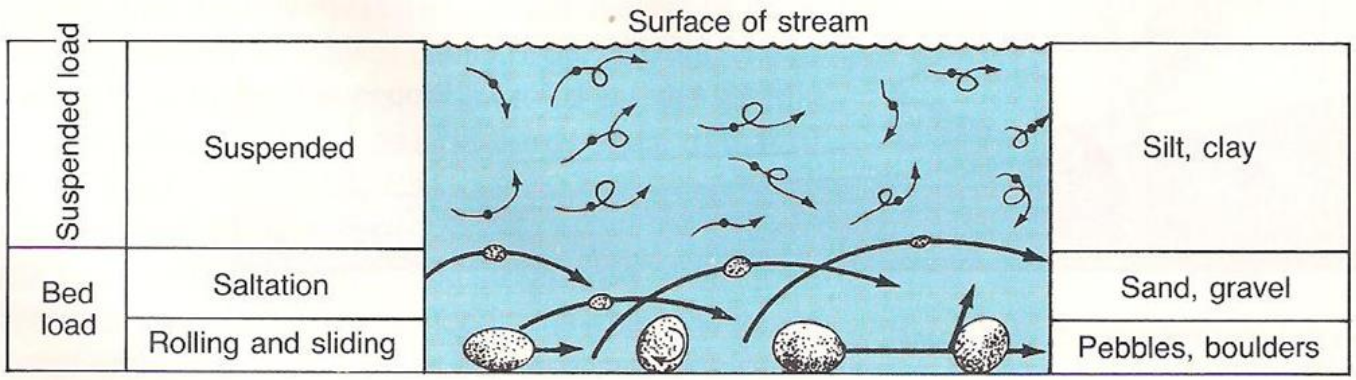
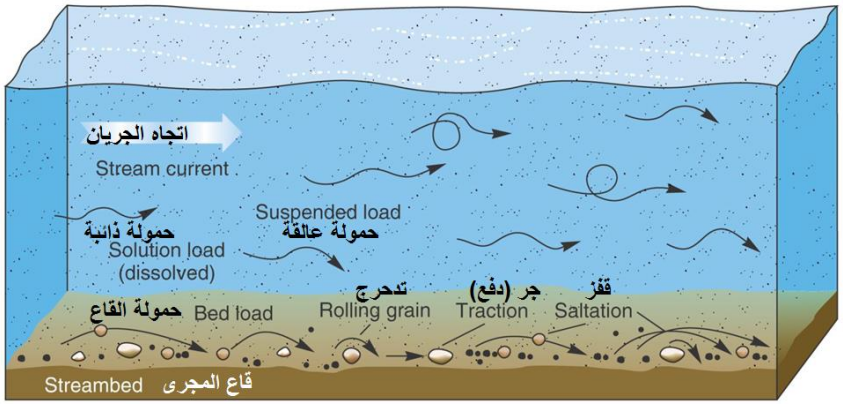


Figure 3.5 Transportation of a stream's load.



٣ ـ التعـــــلق : Suspension

يتم تحريك معظم المواد الدقيقة فى هيئة معلقة بالمياه الجارية ، وفى البداية ترفع هذه المواد من القاع بالدفع الهيدروليكى (المائى) أو تأتى الى المياه الجارية من الضفاف ، وتدخل على الخصوص ذلك الجزء من المجرى المائى حيث يعظم الاضطراب المائى • ويكون ذلك عادة على مسافة من قاع المجرى ، حيث يكون الجريان المائى من النوع الصفحى Laminar Type وتتمكن الحركات الدوامية المعقدة من تعويم الحبيبات الدقيقة ، التى تبقى معلقة فى المياه أثناء جريانها تجاه المصب • وينبغى أن نضيف القول بأن الجريان المضطرب ليس السبب الوحيد فى التعلق ، لان بعضا من المعادن الصلصالية الدقيقة تتصف بمعدل ارساب منخفض للغاية ، حتى أن أقل حركة للماء الجارى كافية لابقائها عالقة أبدا •

٤ ـ الاذابـــة : Solution

فى بعض المناطق تنشط التجوية الكيميائية ، اما لاسباب مناخية مثل وفرة الرطوبة والحرارة ، أو ليثولوجية تختص بنوعية الصخر واستجابته السريعة للاذابة فى المياه العادية أو الحامضية • ولهذا نرى مياه الانهار تحوى حمولة ضخمة من المواد الذائبة•فالامطار التى تغذى الانهار تذيب أثناء سقوطها بعضا من ثانى أوكسيد الكربون الموجود فى الجو ، ومن ثم تستطيع مياه النهر أن تذيب كثيرا من الصخور الجيرية ، خصوصا اذا كان النهر يجرى بجميع طوله فوق أراض جيرية كنهر شانون Shannon فى أيرلندا ، وفى مثل هذه الحالة تقل حمولة الجر ، والقفز ، والتعلق ، بل لقد تتلاشى تماما •

. الترسيب sedimentation . واذا بلغت حمولة النهر غايتها القصوى فإن أية زيادة في هذه الحمولة تؤدي إلى ترسيب كمية مكافئة لها من الحمولة الأصلية . وبعبارة أخرى ، فإنه يوجد في هذه الحالة توازن بين التحات والترسيب ولا يكون للنهر قدرة على تعميق مجراه . ومن الناحية الأخرى فان النهر لا يقوم بعمل تحاتي يذكر اذا خلا تماماً من الحمولة . وإذن فلا بد أن تكون هناك حمولة متوسطة تناظرها أكبر قوة تحاتية للنهر .

وفي كثير من الأحيان تقوم المياه الجارية بترسيب جزء من حمولتها عندما تصل إلى المناطق السهلة أو في مناطق أقدام الجبال (البطاح) (انظر ص ١٩٨) ، ففي هذه المناطق يقل انحدار مجرى النهر ، ومن ثَمَّ تقل سرعة تدفق المياه في هذا النهر ، وتتكون حينئذ رسوبيات أقدام الجبال والرسوبيات النهرية الأخرى مثل رسوبيات ضفاف الأنهار ووديان الفيضانات أو رسوبيات مصبات الأنهار أو الدلتات (انظر ص ١٩٨) . وسوف نتناول في فقرات قادمة من هذا الباب الرسوبيات النهرية بشيء من التفصيل .

ويمكن أن يلاحظ من المناقشة السابقة أن للأنهار عملاً هدمياً وعملاً بنائياً مثل ما للرياح تماماً . فالعمل الهدمي للأنهار (أو للمياه الجارية) يتم أثناء عملية النقل . وهو يتلخص في التحات الناتج من فعل المياه الجارية وحمولتها من المواد الصخرية المتفتتة والمذابة . أما العمل البنائي للمياه الجارية فيتلخص في تكوين الرسوبيات النهرية المختلفة .