**AARDWETENSCHAPPEN HOOFDSTUK 16: Water in rivieren**

1. Inleiding (belangrijk?)

* Mensen & rivieren
  + Dorpen, steden => ontstaan/ liggen langs beken & rivieren
    - Vb: New York, Londen, Parijs, Rome
  + Rivieren: bron watervoorziening & transportweg voor schepen & rol in economie
    - Vb economie: Antwerpse haven
      * = belangrijkste industriezone vh land
      * = ontstaan te danken aan Schelde
  + Valleigronden langs rivier: vruchtbare gronden
* Gevaren rivieren
  + Overstromingen: rivier treedt buiten haar oevers
    - Gevolg: schade huizen, landbouwgewassen, dodelijke slachtoffers,…
  + Menselijke activiteiten: vb indijken valleigebieden
    - Gevolg: effecten op hydrologische, geomorfologische & ecologische processen in en langs rivieren
* In dit hoofdstuk
  + Aantal hydrologische & geomorfologische processen langs en in rivieren
  + 1) stroomsnelheid & debiet van rivieren variëren in tijd & ruimte
  + 2) hoe rivieren materiaal eroderen, transporteren en afzetten
  + 3) reliëfvormen vervormingen door werking rivieren

2. Stroomsnelheid en debiet van rivieren

2.1 Definities

* Stroomsnelheid
  + = maat voor het eroderend vermogen van rivieren
  + = bepalend voor type sediment of bodemmateriaal geërodeerd, getransporteerd en afgezet wordt
    - ~ oppervlakkige afstroming op hellingen
* Debiet
  + = volume water dat per tijdseenheid doorheen dwarssectie v/e rivier passeert
  + = hoeveelheid water dat doorheen een rivier stroomt
    - ~ hoeveelheid materiaal dat geërodeerd & getransporteerd kan worden
  + **Q= u.A** 
    - Q= debiet [m³/s], u=stroomsnelheid, A=natte dwarssectie v/e rivier (m²)
    - Als stroomsnelheid en/of waterpeil rivier verandert => verandert het debiet
* Meten van debiet
  + Ter hoogte van een bepaalde dwarssectie
    - 1) Enerzijds meten van stroomsnelheid
      * A) stroomsnelheid op verschillende plaatsen binnen de dwarssectie meten
        + Obv deze verschillende metingen => relatie opstellen tssn stroomsnelheid & afstand tot de bodem en de oevers
        + Vervolgens opv deze relatie het debiet berekenen
      * B) of via technieken om obv akoestische golven het volledige stroomsnelheidsprofiel van rivieren in detail te meten met de ADP
        + Dopplereffect: geluidsgolf weerkaatst op bewegend lichaam => weerkaatst onder verschillende frequenties
        + ADV: sensor met 4 staafjes => zendt geluidsgolf uit => golf geconcentreerd op 1 punt => u meten in dat punt

Geluidsgolf weerkaatst op sedimentdeeltjes in water => frequentie verschuift

Sneller stromen = grotere verschuiving frequentie

* + - * Opm: moet op versch plaatsen stroomsnelheid meten door de variaties in stroomsnelheid binnen idem dwarssectie (zie 2.2)
    - 2) Anderzijds de oppervlakte vd natte dwarssectie vd rivierbedding meten (bathymetrie/reliëf) & waterpeil / waterhoogte meten
      * => obv veranderingen in waterhoogte => ook veranderingen in natte dwarssectie berekenen
  + Conclusie: debiet meten op dwarssectie benodigheden:
    - Bathymetrie (reliëf bodem), waterpeil, stroomsnelheid op versch. plaatsen

2.2 Ruimtelijke variaties

* Ruimtelijke variaties
  + Stroomsnelheid & debiet kunnen ruimtelijk variëren op aantal versch schaalniveau’s
* 1ste schaalniveau: stroombekken
  + = landoppervlak dat draineert naar bep. punt langs rivier
  + = drainagebekken = toestroomgebied
  + Het interfluvium/ waterscheiding
    - = de grenslijn tussen 2 aan elkaar grenzende stroombekkens
  + Ruimtelijke variaties in debiet
    - Variaties in oppervlakte vh stroombekken
      * Rivieren zijn ruimtelijk georganiseerd in dendritische (= vertakte) patronen
        + => kleine beekjes & rivieren gaan stroomafwaarts samenvoegen tot steeds grotere rivieren (zie 6.4.1
      * Naarmate rivieren meer hellingafwaarts stromen
        + => meer en meer water verzamelen in rivier => debiet in stroomafwaartse richting neemt toe (want A neemt toe)
        + Maw naarmate stroombekken groter w => debiet rivier neemt toe => breedte en diepte rivier nemen toe (opp.)
    - Variaties in klimaat
* 2de schaalniveau: riviersectie
  + = de loop v/e beek of rivier over een relatief korte afstand
  + Ruimtelijke variaties in stroomsnelheid (debiet?) = groot
    - Oorzaak: lokale verschillen in het verhang/ hellinsghoek
      * Stroomversnellingen => in steile riviersecties met groot verhang
      * Traag stromend water => in riviersecties met klein verhang
    - Oorzaak: wrijving met bodem en oevers **(in eenzelfde dwarssectie)**
      * Centrum rivier & onder wateropp. => stroomsnelheid grootst
      * Naar oevers & bodem toe => stroomsnelheid neemt exponentieel af
      * In kronkelende riviersectie
        + Stroomsnelheid grootste in buitenbochten tgv traagheid
        + Stroomsnelheid kleinst (trager) in binnenbochten
        + **Inertia** = rivierbedding kronkelt en water wil er zo recht mogelijk doorstromen

Gevolg: verschillen tussen binnen en buitenbochten

* + Ruimtelijke variaties in debiet = klein/ constant
    - Debiet van rivier zal over korte afstand (riviersectie) weinig variëren = cte
      * Reden: hetzelfde volume w verplaatst doorheen elke dwarssectie vd rivier (anders zou op bep. plek water ophopen => kan niet)
      * Gevolg: debiet over korte afstand blijft constant
        + => waar verhang steil is => rivier snel stromen => natte dwarssectie verkleint

Dwz ter hoogte vd stroomversnellingen = rivier minder diep dan waar rivier traag stroomt

* + - Conclusie: waar rivier sneller stroomt => rivier ondieper
    - Conclusie: waar riviersectie versmalling => natte dwarssectie neemt af => stroomsnelheid neemt toe en omgekeerd
* Zeer kleine schaal (cm)
  + Stroomsnelheid variëren als gevolg van turbulenties

2.3 Variaties in de tijd

* Variaties in de tijd: **zie tijdsschaal ppt 355**
* Hydrograaf
  + = geeft variaties in debiet of waterpeil weer in functie vd tijd
  + X-as = tijd, y-as = debiet
  + Patronen in variaties debiet
    - Maanden jan-april = grote piekdebieten
    - Maanden erna = lagere piekdebieten
    - => verklaring ~ klimaat
  + Fluctuaties in debiet
    - Kortstondige fluctuaties (enkele dagen) => grote magnitude
      * = blauwe lijn
      * = surface flow
    - Lang durende fluctuaties (versch maanden) => kleinere magnitude
      * = zwarte stippellijn
      * = base flow
    - => de blauwe kortstondige fluctuaties zijn gesuperponeerd op de zwarte langdurende fluctuaties
  + 2 types fluctuaties ~ 2 versch bronnen van rivierwater: Rivieren gevoed door
    - 1) grondwater = base flow
      * = Neerslagwater infiltreert in bodem van hellingen => accumuleert als grondwater
      * = Grondwater stroomt ondergronds af => naar beken & riviervalleien
        + MAAR stroomt trager af dan opp. afstroming
      * Conclusie: grondwater
        + => geeft aanleiding tot trage, langdurende fluctuaties in debiet = base flow (trage reactie)
        + ~ seizoenaal (natte maanden hogere base flow)
    - 2) oppervlakkige afstroming = runoff = surface flow
      * Opp afstroming ontstaat op hellingen tijdens en kort na regenbuien indien: neerslagintensiteit > infiltratiecapaciteit
      * Afstromend regenwater => concentreert in beken & rivieren
      * => Tijdens & na regenbui krijgen we piekdebiet
        + Relatief korte tijd na regenbui => debiet afgenomen tot normale niveau
      * Conclusie: opp. afstroming
        + => geeft aanleiding tot snelle, kortstondige fluctuaties in debiet = surface flow (snelle reactie)
        + Reden: water bereikt rivier sneller
  + Fluctuaties in base flow
    - = gebonden aan seizoenale variaties in neerslag & grondwaterniveau
  + Conclusie: Hydrologische porcessen in rivieren zijn gelinkt aan hydrologische processen op hellingen in stroombekken vd rivier
* Hydrograaf voor 1 vloedgolf tijdens en na regenbui (schaalniveau)
  + Ppt p349
    - Staafdiagram = variatie in neerslag in fie vd tijd
    - Blauwe lijnen = variatie in debiet pop de rivier
    - Piekdebiet = vloedgolf
  + Vloedgolf karakteriseren adhv een aantal parameters
    - 1) Lag time tussen de regenbui en de vloedgolf
      * = tijdsvertraging
      * = tijdsverschil tussen ‘centre of mass of precipitation (CMP) & centre of mass of runoff (CMR)
    - 2) Hoogte en duur
    - Kunnen sterk variëren => afhankelijk van:
      * 1) Duur en intensiteit vd neerslagbui
      * 2) Vloedgolf voor 1 regenbui kan van plaats tot plaats verschillen
  + Lag time, hoogte & duur afhankelijk van
    - 1) bodemgebruik in stroombekken
      * Afh. vh bodemgebruik zal meer of minder water in bodem op helling infiltreren => minder of meer water afstromen naar beken of rivieren
      * Vb: urbanisatie v. stroombekken => harde oppervlakken (vb: huis) => minder infiltratie => afnemen lag time => toenemen hoogte => afnemen duur vd vloedgolven in stroombekken
      * Slide 350.1 voor urbanisatie & slide 350.2 na urbanisatie
    - 2) bodemdikte & bodempermeabiliteit op hellingen in stroombekken
      * Dikke permeabele bodems => meer infiltratie => meer ondergrondse (trage) afstroming (subsurface flow) => minder opp. (snelle) stroming (Hortonian overland flow) => vloedgolf met grotere lag time => kleinere hoogte => langere duur
    - 3) locatie in stroombekken
      * Als neerslagbui met overal idem intensiteit valt binnen stroombekken
        + => in kleinste beekjes **bovenaa**n in stroombekken => lag time, hoogte, duur vd vloedgolf het kleinst
        + => verder **stroomafwaarts** => lag time, hoogte, duur w groter

Reden: afstromend water w meer & meer geconcentreerd in beken en rivieren stroomafw => hoogte vloedgolf steeds hoger w stroomafw

& Het duurt langer vooraleer dit afstromend water een meer stroomafwaartse plaats bereikt heeft

* + - * Ppt p352: 3 locaties
        + Lag time kortste op locatie 1
        + Hoogte neemt toe in stroomafwaartse richting (= groter toestroomsgebied)
        + Duur neemt toe stroomafwaarts
* Hydrograaf: seizoenale variaties
  + Op langere tijdschaal (een jaar) => debieten in rivieren vertonen seizoenale variaties
  + Principe: per maand peikdebiet bepaald => verdeling piekdebieten
  + Meerdere piekdebieten (vloedgolven) tijdens 1 jaar
    - Piekdebieten hoger in maanden dec t/m februari ⬄ andere maanden
    - Piekdebieten het laagst in maanden aug t/m nov
    - Base flow vertoont nog duidelijker de seizoenale variatie
  + Seizoenale variaties ~ klimaat vh stroombekken
    - Missisipi: piekdebieten regelmatige **seizoenale variatie** **(voorspelbaar)**
      * Hoogste piekdebieten in voorjaar (maart-mei)
      * Laagste piekdebieten in najaar (sept-nov)
      * Reden: stroomgebied gelegen in humied wintervochtig klimaat
    - Colorado: piekdebieten veel lager gedurende het hele jaar **(onvoorspelbaar)**
      * Zelfdzame hoge piekdebieten in zomer & herfst
      * Reden: stroomgebied gelegen in semi-ariede/ ariede klimaat
    - Woestijngebieden
      * Zo aried klimaat => rivierbedding volledig droog tijdens bijna heel het jaar => voeren slechts water af na zeldzame regenbuien
      * Worden gevoed door opp. afstroming (surface flow), ≠ door grondwaterstroming (base flow)
      * Vb: Sahara => tijdelijke rivieren
    - Grafiek: flood stage: piek waar overstromingsrisico’s zijn
* Overschrijdingskans, terugkeerperiode of recurrentie-interval
  + Op nog langere tijdschaal (decennia tot eeuwen) => variaties in piekdebieten gekarakteriseerd adhv overschrijdingskans, terugkeerperiode, recurrentie-interval
  + **Maw kans op overstroming inschatten**
  + Overschrijdingskans = statistische kans waarmee een bep.piekdebiet w overschreden
    - Methode: obv lange tijdsreeksen van debietmetingen => overschrijdingskans berekenen
    - Vb:
      * Bep piekdebiet w gem. 5 keer per 10j waargenomen => heeft overschrijdingskans van 50%
      * Dwz kans dat piekdebiet w overschreden in will jaar is 50%
  + Terugkeerperiode of recurrentie-interval = afgeleide vd overschrijdingskans
    - Vb:
      * Debiet met oversch kans van 50% => heeft terugkeerperiode van 2j
      * Dwz dat dit piekdebiet gem. genomen om de 2j voorkomt
  + Ppt p356 grafiek
    - X-as boven= hoe vaak is piekgebied overschreden in de waargenome periode
      * Vb: waargenome periode 50 & debiet 2000m³s
        + => 10 keer overschreden => statistisch terugkeerperiode = 5j
      * Vb: 1500m³/s => 2j terugkeerperiode
        + En in observatie van 50j: 25x voorgevallen
    - X-as onder= probabiliteit dat piek optreedt in bep. geg. Jaar
      * Vb: 1500m³/s => stat periode 2j terugkeer => kans 50% optreden in gegeven j (overschrijdingskans)
  + Berekeningen overschrijdingskans & terugkeerperiode
    - => belangrijk voor overstromingsrisico van rivieren
* Ppt p356 etc voorbeelden terugkeerperiode
  + 1) Overstromingsramp Noordzee => Deltaplan opgezet
    - Dijken verhogen & verbreden om te beschermen tegen extreem hoog waterpeil => dijken ZO hoog dat kans 1/400J is dat overstroomt
  + 2) Overstroming vlaaderen => Sigmaplan
    - Gecontroleerd overstromingsplan => opvangen water => zodat waterpeil schelde kan zakken

3. Sediment transport door rivieren

3.1 Erosie-, transport- en sedimentatiemechanismen

* Rivieren
  + ontstaan door werking van afstromend water
  + Kun zich diep in snijden in zachte sedimenten+bodems & ook in harde gesteenten
    - => Hierbij grote hoeveelheden materiaal eroderen, transporteren & afzetten
    - => dieper insnijden => versteilen zo valleihellingen
      * Hierdoor is rivier drijvende motor achter hellingsprocessen
  + Conclusie: rivieren geven vorm aan landschappen
* Erosiemechanismen
  + 1) Shear stress door stroming
    - = Erosie van **los bodemmateriaal** en **sediment**: door de shear stress uitgeoefend door stromend water
    - Erosie door stromend water
      * ~ shear stress uitgeoefend door stroming = drijvende F erosie
      * ~ shear strength vh materiaal of sediment = weerstandbiedende F
      * => samengevat in Hjulstrom diagram
    - Voor rivieren: verhang S en hydraulische straal R groot & bodemruwheid F laag (vb: geen vegetatie)
      * Gevolg: shear stress groot gng om bodemmateriaal te eroderen
      * => rivieren kunnen zeer grove sedimenten eroderen & transporteren
        + Vb: klei, grind, zand
    - Voor afstromend opp. water: kleinere R en grotere F op helling
      * => afstromend water kan slechts silt, klei of zand eroderen
  + 2) Abrasie
    - = Erosie van **hard gesteente**: door schuren van puin meegevoerd door rivierwater & zo over rivierbodem schuren
      * Gevolg: in bedrocks rivers (insnijdingen in hard gesteente)
        + => ku diepe gaten worden uitgeschuurd door draaiende beweging vd grindpartikels in draaikolken

Potholes = de uitgeschuurde gaten

Op bodem potholes liggen grindkeien die de gaten hebben uitgeschuurd

* + - * Reden abrasie: want shear stress stromend water < shear strength gesteente
        + Shear stress is dus veel te klein om brokstukken los te rukken van hard gesteente
  + 3) Corrosie
    - = Erosie door oplossing van bepaalde minerale bestanddelen in bodems, sedimenten of harde gesteenten
    - Vb: kalksteen gevoelig aan corrosie, door oplossing van calciet CaCO3
  + 4) Massabewegingen
    - Vb: oevererosie
      * = door de gecombineerde werking van watererosie en massabewegingen
      * => afbrokkelen van versteilde oevers
      * 1) Door watererosie => bodempartikels aan voet vd oever geërodeerd & weggevoerd => oever w steiler => factor of safety w kleiner => tot door massabeweging een deel vd oever in rivier valt
      * 2) afgestorte oevermateriaal w door watererosie geërodeerd & weggevoerd
* Transportmechanismen
  + Geërodeerd => sediment door rivier verplaatsen oiv aantal transportmechanismen
  + 1) opgeloste stoffen in oplossing
  + 2) fijnste, vaste partikels in suspensie (klei, silt, fijn zand)
  + 3) grovere, vaste partikels door saltatie en/of glijden en rollen (grof zand, grind)
* Sedimentatiemechanismen
  + Getransporteerd materiaal => elders afgezet oiv sedimentatiemechanismen
  + Sedimentatiemechanismen voor algemene waterstroming geldt ook voor rivieren
    - Zie H4
  + Sedimentatie = selectief proces => sortering:
    - Bij afnemende stroomsnelheid
      * Eerst grofste sedimentpartikels (grind, zand)
      * Waar stroomsnelheid erg laag is fijne sedimentpartikels (silt, klei)
      * => zie Hjulstrom diagram
* Erosie, transport & sedimentatieprocessen
  + Gedragen zich episodisch in rivieren (cyclus dat zich herhaalt)
  + => tijdens piekdebieten => bed shear stress in rivier maximaal
    - => bodemmateriaal geërodeerd & getransporteerd over bep. afstand
  + => als debiet afneemt => shear stress daalt
    - => bodemmateriaal afgezet

3.2 Sedimentconcentratie, -lading en yield (kennen idk)

* Mate waarin rivier sediment transporteert => verschillende manieren gemeten & uitgedrukt:
  + 1) sedimentconcentratie (kg/m³ of g/l) meten
    - Meten door watermonster met gekend volume te nemen => hierin droge massa sediment bepalen (filtering)
    - => men meet zo de gesuspendeerde sedimentconcentratie
  + 2) sedimentlading (kg/s of ton/jaar) v/e rivier
    - = sedimentafvoer of sedimentdebiet
    - = de droge massa sediment die per tijdseenheid passeert doorheen dwarssectie v/e rivier
    - Meten door debiet Q (m³/s) & sedimentconcentratie C (kg/m³) te meten
    - => sedimentlading Qs (kg/s): **Qs= Q.C**
    - => vaak enkel de gesuspendeerde sedimentconcentratie meten => dus gesuspendeerde sedimentlading berekenen
      * Indien totale sedimentlading berekenen => moet men ook de hoeveelheid sediment door bodemtransport bepalen
        + Vb: door sedimentvallen plaatsen op bodem
      * Als rivier grof materiaal transporteert => belangrijk
      * Als rivier fijn materiaal transporteert => bodemtransport verwaarloosbaar
* Temporele variaties
  + Sedimentconcentratie en -lading van rivieren kan variëren in tijd
  + Temporele variaties gebeuren op schaal van 1 vloedgolf
  + Waarnemingen (slide 365 cursus)
    - Bij vloedgolf na regenbui => sedimentconcentratie neemt snel toe => bereikt piek tijdens begin vd vloedgolf & neemt daarna snel af
    - Piek in sedimentconcentratie komt vroeger voor dan piek in debiet
      * Oorzaken:
      * 1) vloedgolf wordt gevoed door opp afstroming van hellingen (Hortonian overland flow) => bereiken snel rivier
        + Vooral opp. afstroming erodeert materiaal op hellingen => zorgt voor snelle piek in sedimentconcentratie in rivieren
      * 2) deels ondergrondse afstroming (saturation excess overland flow) => bereikt vertraagt de rivier
      * 3) los bodemmateriaal op hellingen w snel geërodeerd bij begin vd regenbui & afgevoerd naar rivieren => daarna neemt erosie & toevoer van hellingsmateriaal af tijdens regenbui
        + LINK: sedimenttransportprocessen in beken / rivieren zijn gelinkt aan erosieprocessen die optreden op hellingen in stroombekken (weeral link!!!)
    - Sedimentlading Qs zal dus tijdens vloedgolf lager liggen dan sedimentconcentratie (?)
  + Waarnemingen grotere tijdsschaal: meerdere jaren (slide 366-367)
    - Sedimentlaag kan variëren van jaar tot jaar => jaarlijkse variaties
      * Oorzaak: jaarlijkse variaties in debiet
    - Mooie relatie slide 367 tussen debiet & sedimentlading niet altijd zo
      * Door seizoenale variaties in de bodembedekking op hellingen
        + Vb: seizoenale variaties in vegetatie/ landbouwgewassen
        + Gevolg: hellingen in winter meer onderhevig aan erosie dan in zomer

Gevolg: voor idem piekdebiet kan de sedimentlading in rivieren hoger zijn in winter dan in zomer

=> effect zichtbaar in stroombekkens waar akkerbouw is & weinig natuurlijke vegetatie

* Ruimtelijke variaties
  + Sedimentconcentraties en lading in rivieren kan variëren in ruimte (slide 368-369)
    - Ruimtelijke variaties in sedimentlading tssn rivieren met versch stroombekken kan groot zijn
  + Tabel 369
    - Sedimentlading van rivieren varieert in fie vd grootte vh stroombekken
      * Hoe groter stroombekken => hoe groter sedimentlading
      * Vb: amazone vs congo
    - Of sedimentlading varieert oiv klimaat
      * Vb: colorado vs ganges
        + => ≠ verschil in grootte stroombekken => wel verschil lading
        + Colorado: aried klimaat
        + Ganges: humied klimaat => 10X grotere lading

Verklaring: door veel groter debiet

* + - Of sedimentlading varieert oiv bodemtype
      * Vb: yellow river in china vs colorado
        + => beiden gelijkaardig klimaat, maar in stroomgebied vd Yellow river => komen erosiegevoelige loessbodems voor
    - Of sedimentlading varieert oiv vegetatieve bedekkingsgaad
* Sediment yield SY (kg/s/m² of ton/jaar/km²)
  + = sedimentlading Qs per oppervlakte vh stroombekken A
  + = maat voor hoeveelheid sediment die in stroombekken w geërodeerd (op hellingen en in rivieren) & via geulen, beken, rivieren geëxporteerd w uit stroombekken
  + SY= Qs.A
    - Als oppervlakte stroombekken groter w => SY exponentieel afnemen (s370)
      * Verklaring: het opnieuw sedimenteren van geërodeerde sedimenten
      * Naarmate stroombekke groter w => kans dat geërodeerd sediment in stroombekken na bep. transportafstand opnieuw afgezet en opgeslagen w binnen datzelfde stroombekken neemt toe

4. Riviervormen en rivierevolutie

* Algemeen
  + Rivieren ku onderhevig zijn aan versch debieten & sedimenttransportprocessen
  + Loop vd rivier gevormd & ctu hervormd door erosie, transport en sedimentatie
    - => zo ontstaan riviervormen die ku variëren in de ruimte
  + MAAR riviervormen ku drastisch veranderen in loop vd tijd
    - => riviervormen en rivierevolutie

4.0 Drainagebekken, drainagepatronen (kennen idk)

* Dranaigepatroon (s371)
  + Rivieren geordend in vertakte riviernetwerken: kleine beekjes en rivieren voegen zich samen tot steeds grotere rivieren = drainagepatroon van riviernetwerken
  + Dendritisch drainagepatroon
    - = als riviernetwerken uit will. Vertakt patroon bestaan
    - Vroeger: Op hellingen bestaat er terugkoppeling tssn afstroming water & onregelmatigheden in reliëf
      * Afstromend water concentreert zich naar diepste omringende punten in landschap => grote shear stress => meer erosie en uitschuring stroomkanaal => hierin nog meer water geconcentreerd
    - Oorzaak: (idem principe als hierboven): beken & rivieren stromen af naar de diepste omringende punten in landschap => optreden confluentie
      * confluentie=samenvloeien v nabije rivieren naar diepste punt
      * Gevolg: rivierdebiet neemt toe => shear stress neemt toe => geconflueerde rivier snijdt stroomafwaarts dieper in
        + Hierbij zal diffluentie niet optreden, tenzij rivier met zwak verhang en grote puinlading (vlechtende rivier)
        + Diffluentie = opsplitsen van rivieren in stroomafw richting
    - Conclusie: terugkoppeling waterstroming & reliëf fixt het vertakte patroon
      * Als ondergrond homogeen is in samenstelling => ontstaat dendritisch draineringspatroon
    - Afwijkingen vh dendritisch drainagepatroon
      * Oorzaak: insnijding rivierkanaal beïnvloedt door ondergrond
        + Gesteente met kleine shear strength => rivier snijdt snel in
        + Gesteente met grote shear strength => rivier moeilijk insnijd
  + Rechthoekig drainagepatroon (s373)
    - Oorzaak: insnijdingen van rivierkanalen volgens breuksysteem in onderliggend gesteente
  + Tralievormig drainagepatroon (s374)
    - Oorzaak: in gebieden waar geologische ondergrond bestaat uit regelmatig geplooide afwissend harde en zachtere lagen
  + Radiale drainagepatroon
    - Oorzaak: sterk bepaald door topografie (s375)
* Antecedente & superimposed
  + Soms drainagepatroon rivier komt niet overeen met de geologische ondergrond
    - Vb: rivieren hebben zich dwars door de lengterichting van harde gesteenten ingesneden
  + Antecedente rivierpatroon = ontstaat doordat reeds bestaand rivierpatroon dwars door een zich vormende anticlinale (of synclinale) plooiing hebben ingesneden
    - * Hierbij is rivierpatroon ouder dan de plooiing
  + Superimposed rivierpatroon
    - = insnijding van rivieren, dwars door plooiingen die ontstaan doordat rivier zich gaat insnijden in dieper gelegen, oudere anticlinale en synclinale plooiingen, die reeds zijn ontstaan voor het rivierpatroon
      * Hierbij zijn plooiingen ouder dan rivierpatroon

4.1 Stroombekkens

* Stroombekkens
  + = opp waarop neerslag valt & gaat afstromen via vertakt netwerk van rivieren naar oceanen / zeeën
  + P371.1 vlechtende rivier, P371.2 meanderende rivier, P371.3 meanderende rivier
  + P371 kaart1: rivieren organiseren zich in stroombekkens
  + P371 kaart2: schelde = grootste stroombekken van vlaanderen
    - Interfluvium = waterscheiding tssn 2 stroombekkens
  + LINK tussen hellingen & rivieren
    - Afbeelding met schermafbeelding

      Automatisch gegenereerde beschrijvingHydrologische respons stroombekken gekenmerkt door links tssn hellingen & rivieren
    - Kolommen
      * Links lengteprofiel = volle lijn, zijrivieren = stippellijn
      * De trap in lengteprofiel op 400m hoogte = vervlakking
        + => Op bep. moment zal meer (bodemzee) vormen

=> Ontstaan achter drempel

=> Drempels doen zich voor waar gletsjers ≠ konden eroderen = barrière in riviervallei

=> Rivier botst ertegen (drempel) => ≠ eroderen => vormt meer erachter

4.2 Lengteprofiel

* Lengteprofiel van rivier (s379 extra)
  + = de verandering in hoogteligging vd rivier in functie vd afstand gemeten langsheen de lengteas vd rivier
  + Lengteprofiel: concaaf evenwichtsprofiel
    - Sedimentflux: QS = c.Aa . Sb
    - Erosie & sedimentatie door afstromend water = advectief proces
      * => leidt tot concaaf evenwichtsprofiel zowel op helling als in rivier
      * 0) stromen rivieren veroorzaakt advectief transport QS = c.Aa . Sb
      * 1) verder stroomafwaarts => A toestroomgebied neemt toe => evenwichtsprofiel als Qs op alle punten langs rivier idem is => evenveel sediment toekomen als er verdwijnt stroomafwaarts
      * 2) Als Qs constant moet blijven moet S steeds kleiner w
        + => hierdoor ontstaat concaaf evenwichtsprofiel
    - Sommige rivieren kunnen geen concaaf evenwichtsprofiel bereiken
      * Vb door aanwezigheid van harde gesteentelagen => gedragen zich als drempels die in lengteprofiel blijven uitsteken => hierachter w eventueel meren gevormd
        + => deze harde drempels = erosiebasis
    - Extra notities:
      * Rivieren snijden zich zo in => concaaf lebgteprofiel
      * Concave voet: advectieve processen (erosie, transport, sedimenttaie water) > diffusieve processen
    - Erosiebasis
      * = harde drempels = harde gesteentebank
      * = laagste niveau tot waar rivier kan insnijden
      * Hierachter kunnen meren vormen
      * Voor rivier in evenwicht sluit het concave evenwichtsprofiel asymptotisch aan op de erosiebasis!!!
      * **Regionale erosiebasis** = het zeeniveau
        + Zeeniveau geen constante erosiebasis => zeeniveau kan dalen/ stijgen met 10talen meters tgv klimaatveranderingen
        + Vb: ijstijden => niveau Noordzee tot meer dan 100 m lager => Vlaamse rivieren hierdoor 20à30 m dieper ingesneden dan nu

Na laatste ijstijd is zeeniveau & erosiebasis vd Vlaamse rivieren gestegen & opgevuld tot huidig niveau

* + - * **Lokale erosiebasis** = vb meren
        + Meren zijn geen permanente erosiebasis => drempels waarachter ze ontstaan ku verlagen door erosie => meerniveau daalt => hierdoor zullen rivieren hun lengteprofiel stroomopwaarts aanpassen door insnijding
      * **Tijdelijke erosiebasis** = vb: harde gesteentebanken
        + 1) Hierbij kan rivier wel insnijden in harde gesteentebank => MAAR traag => tot de rivier volledig door bank is ingesneden
        + 2) Hierbij verdwijnt de tijdelijke erosiebasis => rivier zal sneller insnijden & lengteprofiel aanpassen naar een meer stroomafwaarts gelegen erosiebasis
  + Algemeen
    - Een onregelmatig lengteprofiel van rivieren, met afwisseling drempels & kuilen => evolueert na verloop van tijd naar regelmatig evenwichtsprofiel
      * Op drempels: stroomsnelheid hoger => shear stress hoger
        + Drempels zullen eroderen & insnijden
      * In kuilen: stroomsnelheid valt stil
        + Materiaal wordt hier afgezet => kuil vult op
      * Conclusie: door beide effecten ontstaat gelijkmatig lengteprofiel
  + Menselijke ingrepen
    - Gevolg: rivieren zullen lengteprofiel aanpassen door erosie en sedimentatieprocessen
    - Vb: aanleggen stuwmeer in rivier
      * Geeft aanleiding tot nieuwe, lokale erosiebasis
      * Gevolg: rivier past lengteprofiel aan door sedimentatie stroomopwaarts vh ontstane stuwmeer & erosie stroomafwaarts vh stuwmeer
        + => ontstaat stroom op & afwaarts opnieuw concaaf evenwichtsprofiel
    - Vb: rechttrekken dam
      * Geeft aanleiding tot verkorting vd loop vd rivier => verhang toenemen
      * Gevolg: rivieren gaan dieper insnijden als reactie => zo lengteprofiel aanpassen tot nieuw, concaaf evenwichtsprofiel

4.3 Dwarsprofiel

* Dwarsprofiel
  + Dwarsprofiel varieert over korte afstand weinig
    - Reden: Gevolg van beide onderstaande mechanismen
    - In smalle riviersecties: stroomsnelheid neemt toe => shear stress neemt toe => rivier erodeert een breder stroomkanaal
    - In brede riviersecties: stroomsnelheid neemt af => sedimentatie treedt op => breedte vd rivier versmalt (omgekeerde)
  + Verband debiet & dwarssectie
    - Op versch plaatsen in stroombekken
    - Debiet op rivier in stroombekken neemt toe stroomafwaarts (richting zee) doordat het toestroomgebied A groter wordt
      * Groter debiet = grotere shear stress
        + Gevolg: rivieren stroomafwaarts w breder & dieper
    - Conclusie: rivieren worden breder & dieper in richting vd zee
  + Ppt p383.2: dwarssectie opvolgen
    - Variaties in debiet meten => 4 situaties met versch debiet
    - Bij groter debiet => bedding rivier w dieper => groot deel bed load in beweging => rivier dieper
    - Als debiet afneemt => materiaal in bed load afgezet & bedding w terug gevuld
  + Ppt 383.3 Hydraulische geometrie
    - X-as debiet; bovenste graf = breedte; middelste = diepte; onderste = snelheid
    - Vaststelling: op 1 plek => breedte, diepte, stroomsnelheid variëren in fie vh debiet
      * => temporale variaties
    - Vaststelling: tussen versch plaatsen => breedte, diepte, stroomsnelheid variëren in fie vh debiet
      * => ruimtelijke variaties
  + *Dwarsprofiel van riviervalleien* 
    - *Dwarsprofiel kan variëren van smalle & diepe kloven, over V vormige valleiprofielen tot brede, komvormige valleien*
    - *Vorm dwarsprofiel* 
      * *~ werking vd rivieren*
      * *~ hellingsprocessen die optreden in valleihellingen*
      * *Als rivier snel insnijdt & hellingsprocessen (erosie, massabew) traag verlopen => ontstaan smalle diepe kloven*
      * *Als rivier traag insnijdt & hellingsprocessen snel verlopen (helling w snel afgebroken) => ontstaan brede, komvormige valleien*
    - *V vormige valleien* 
      * *Aantreffen in intermediaire situatie*
      * *Voorkomen: relatie valleiprofiel & locatie in stroombekken*
        + *Bovenloop van rivier: kloven & V vormige valleien*

*=> meeste stroomopwaarts vd erosiebasis, waar rivieren steil verhang hebben (concaaf lengteprof) & dus snel insnijden*

* + - * + *Benedenloop van rivier: brede, komvormige valleien*

*=> dichter bij erosiebasis => rivieren zwak verhang => ku nauwelijk insnijden of sediment afzetten => hellingsprocessen hebben dus voldoende tijd om brede, komvormige valleien te fixen*

* + - *Complicaties relatie profiel & locatie*
      * *1) rivieren vertonen vaak onregelmatige knikken in lengteprofiel*
        + *Gevolg: variaties in verhang & intensiteit riviererosie*
      * *2) intensiteit hellingsprocessen varieert tgv geologie, klimaat, bodemtype, vegetatie* 
        + *Vb: in harde, vaste gesteenten => ontstaan V vormige vallei*
        + *Reden: in hard gesteenten => rivierinsnijdingen gebeuren sneller dan de hellingsprocessen*

*Rivieren ku hard gesteente eroderen dmv abrasie => grove partikels verplaatsen*

*Op hellingen moet hard gesteente eerst goed verweerd zijn tot kleine, losse partikels => dan pas hellingsprocessen optreden => verplaatsen*

* + - * + *In hard gesteente: riviererosie intenser dan hellingserosie*

*Gevolg: eerder kloven & V vormige valleiprofielen*

4.4 Alluviale rivierpatronen (zie nieuwe slides + cursusslides)

* Alluviale rivierpatronen
  + Alluviale rivier
    - = rivieren die zich niet zozeer insnijden, maar hun valleien opvullen met sedimenten
      * Alluvium = de afgezette riviersedimenten
    - = rivier ingesneden in eigen losse sedimenten
    - = bed load
      * ⬄ bedrock river: rivier snijdt zich in in massief gesteente
    - Structuur:
      * Rivierbedding / overstromingsvlakte (floodplain)
      * Riviervallei was vroeger dieper; nu opgevuld met sediment
        + Bij hoge debieten => vlakte overstroomt => sediment afgezet
    - Meeste rivieren alluviaal dicht bij zee; waarom?
      * Vb: grote havensteden langs alluviale rivieren => vruchtbare grond
      * Reden: aarde ijstijden => water opgeslagen in ijskappen => zeespiegel was lager (120m lager)
        + Gevolg: lagere erosiebasis van rivieren

=> rivieren konden toen 120m dieper insnijden

* + - * Weetje: Sinds laatste ijstijd => zeespiegel stijgen => rivieren overstroomden => erosiebasis verhoogt => concave profielen passen aan door in beneden loop sedimenten afzetten
    - Dominante proces dat vorm geeft aan alluviale rivieren
      * = de periodieke overstroming vd riviervallei of floodplain tijdens piekdebieten
        + Piekdebieten => dan sedimentlading van rivier het grootst
        + Wnnr tijdens piekdebiet rivier buiten oevers

=> sediment w verspreid met het overstromend water over floodplain (s391)

=> stroomsnelheid boven de floodplain neemt snel af door ondiep water & ev. Vegetatie (wrijving)

Hierdoor sediment afgezet in floodplain

* + - * Periodieke overstromingen => dikke alluviale sedimentpakketten
        + Sedimenten rijk aan nutrienten => na drainage => vruchtbare landbouwgrond vb: Nijlvallei
      * Vb: Vlaamse rivieren & beken zijn alluviale rivieren
        + Hun valleien opgebouwd met sedimentpaketten
* Rivierpatronen & reliëfvormen in alluviale rivieren
  + 1) overstromingsvlakte alluviale rivier = vlak
    - Reden: de hoogte waarmee overstromingsvlakte w overstroomt varieert tssn versch piekdebieten
    - => Lagere piekdeb komen meer voor dan hogere
      * Dwz lager gelegen delen vd overstromingsvlakte overstromen meer dan hoger gelegen delen
      * => dus ophoping door sedimentatie gebeurt sneller in lager gelegen delen dan in hoger gelegen delen
      * => na LT verdwijnen de hoogteverschillen tssn lage en hoge delen => overstromingsvlakte krijgt vlak reliëf
  + 2) classificatie: loop alluviale rivier varieert tssn 3 rivierpatronen
    - Zie hieronder
* Classificatie: loop alluviale rivier varieert tssn 3 rivierpatronen
  + Braiding parameter BP = # stroomkanalen per dwarssectie
  + Sinuosity index SI = lengte van kanaal / lengte van vallei
  + 1) meanderende rivier (kronkelend)
    - = 1 stroomkanaal dat kronkelt/ meandert door de alluviale vlakte
    - = als BP = 1 & SI > 1,3
    - Voorkomen: alluviale vlaktes die zijn begroeid met vegetatie + in rivieren met niet schommelende debieten met lage sedimentlading
    - Oorzaak meanderen: stroomsnelheid in buitenbocht is het grootst & binnenbocht het kleinst
      * Gevolg: erosie in buitenbocht & sedimentatie in binnenbocht
      * **=> meanderend patroon**
    - Kenmerk: point bars
      * jonge sedimenten afgezet in binnenbocht => niet met vegetatie begroeid
        + = point bars = kronkelwaarden
        + = banken in binnenkant van meander
      * Buitenbocht
        + = oevererosie
      * Oorzaak point bars & oevererosie
        + Door inertie & weterbeweging

= neiging rivier om rechtdoor te stromen

Buitenbocht: concentratie stroming = erosie = steile oevers

Binnenbocht = water trager = recente sedimentatie

* + - Kenmerk: Oxbow lakes
      * Na lange tijd kunnen meanders volledig w afgesneden
      * Oxbow lakes = overblijvende, hoefijzervormige meren afgesneden van een meander
    - Meandering & verplaatsing vh rivierkanaal fixen vorming alluv. vlakte/ floodplaing!!!
      * Rivierloop verplaatst => valleiwanden geërodeerd => op LT: brede alluviale vallei
      * **1)** Rivierterassen
        + => bij tekt opheffing of verlaging vd erosiebasis => rivier insnijden in zijn alluv. vlakte => nieuwe all. vlakte opbouwen op lager niveau
        + => hierbij ku delen vh oorspronkelijke hoger gelegen alluv. vlakte bewaard blijven & uitsteken

**= rivierterassen**

* + - * **2)** Ingesneden meanders
        + als meanderende rivier dieper insnijdt dan zijn alluviale afzetting, dus in hard, moeilijk erodeerbaar gesteente
        + **= vorming ingesneden meanders**
        + => hierbij snijden meanders wel verticaal in in het harde gesteente, maar verplaatsen niet meer lateraal

**= kronkelbergen** blijven uitsteken tssn de meanders (s390)

* + - * 3) Vorming van oeverwallen
        + Hoger gelegen dan rest vd vlakte & op grotere afst vd rivier
        + Andere vegetatie op hoger gelegen, drogere oeverwallen
        + Ontstaan in overstromingsvlaktes die begroeid zijn met vegetatie

Als rivier overstroomt => vegetatie remt de stroomsnelheid snel af => hierdoor bezinkt sediment snel op korte afstand vd oever => verder vd oever minder sediment

=> ontstaan oeverwallen

* + 2) vlechtende/ verwilderde rivier
    - = rivier met meerdere stroomkanalen die volgens een vlechtend of verwilderd rivierpatroon zijn georganiseerd met daartussen begroeide eilanden / groeibanken
    - = als BP > 1
    - Voorkomen: in alluv. vlaktes niet begroeid met vegetatie + in rivieren met sterk schommelde debieten & grote sedimentlading
    - Vb: smeltwaterrivieren: zeer grote debieten & sedimentlading wnnr sneeuw smelt & lage debieten andere periodes => vlechtend
    - Kernmerk: kanalen & banken zeer mobiel
    - Oorzaak:
      * 1) tijdens piekdebieten is bedding zeer mobiel => stroomkanalen ku sterk verplaatst w
        + 1) door grote shear stress tijdens piekdebieten
        + 2) door ≠ vegetatie => bodem ≠ beschermd tg erosie
        + omgekeerd: er groeit geen vegetatie door snelle stroomsnelheid bij piekdebiet & bodem mobiel => vegetatie spoelt weg
      * 2) bij afname piekdebiet => sedimentlading afgezet => rivier moet wegbanen tssn dit puin
        + => dus patroon verandert => **vlechtend patroon**
  + 3) recht
    - = als BP = 1 en SI < 1,3
  + 4) bijkomende klasse: anastomosing rivier
    - = tussenvorm tssn branding & meandering
    - = meerdere stroomkanalen die splitsen & samenkomen
      * MAAR stabiele eilanden ertussen (begroeid!)
    - Kenmerk: kanalen en banken relatief stabiel
* Verklaringen tssn meandernd, vlechtend, anastomosing? (388)
  + Verklaring adhv variaties in verval / helling van rivierbedding & variatie in debiet
  + Y-as helling, x-as debiet wnnr rivier gevuld is
  + Waarneming
    - Rivier groter debiet & verval => vlechtend ; lager deb & verval => meanderend ; nog lager deb & verval => recht
  + Debiet & sediment kolommen
    - Rol debiet variaties
      * Grote regelmatige variaties in debiet => bevorderen vlechten
        + Vb: smeltwaterivier, droog/nat seizoen (moeson)
      * Vb: groenland: arctisch klimaat => smeltwaterrivier
        + Ieder jaar variatie tssn lage debieten (winter) & hoge debieten (zomer = smelten) = regelmatig
      * Vb: india moesson klimaat
        + Droog seizoen = laag debiet & nat seizoen = hoog debiet afwisseling = regelmatig
      * => Gevolg afwisselend laag & hoog debiet: vlechtende rivier
    - Bed load = niet cohesieve sedimenten
      * Gevolg: oeverstabiliteit kleiner => dus grind & zandbanken gaan makkelijker in transport bij hoog debiet
    - Suspended load
      * Meer suspended load/ fijner load => meer cohesie fijn sediment => meer verwering tegen erosie = stabielere oevers => meanders
      * Gevolg: meanderende rivier
* Dezelfde rivier kan totaal veranderen van patroon door:
  + 1) door Climate change & land use change
    - Vlaamse rivieren: meanderend of recht (1 stroomkanaal)
      * Sediment afgezet aanboren => in riviervalleien fossiele riviergeulen terugvinden (geulen met sedimenten)
      * Waarneming: rivieren vroeger waren vlechtend met veel stroomkanalen => op basis van geulen/ fossielen gevonden
    - Overgang vlechtend => meanderend door klimaat
      * Reden: laatste ijstijd => neerslag was sneeuw => zomer smelt => piekdebiet => schommelingen lage en hoge debieten
        + => vorming vlechtende debieten
      * **Door opwarming:** regelmatigere spreiding debieten over heel het j
        + => vorming meanderende rivier
  + 2) door Regulatie/ herstel
    - = menselijke ingrepen
    - Dam bouwen
      * Voor de dam: vlechtend
      * Na de dam: recht
        + Aantal stroomkanalen verminderd drastisch bij dam & vegetatie kolonisatie op beddingen vormen zich
  + 3) Door vegetatie
    - Rol omvormen rivieren bestudeerd door de biogeomorfologie
* Bio-geomorfologie
  + = effect van vegetatie bestuderen => planten beïnvloeden geomorfologie
  + Waarneming: de evolutie van vlechtende rivier naar 1 stroomkanaal (recht, meanderend) gaat traag => proces versnellen door stroomgoten
  + Stroomgoot
    - Water over bak zand laten stromen met versch debieten
    - Overgang vlechtend naar meanderd simuleren door vegetatie toevoegen
      * Vegetatie interageert met sedimentbeweging
    - Proces A,B,C,D (verschillende momenten)
      * Hoe rozer water = hoe dieper
      * A) geen planten => **vlechtend**
      * B) debiet niet veranderen, maar planten zaaien bij laag debiet
        + => dan bij hoog debiet => sommige zaden spoelen weg, andere blijven liggen & kiemen
        + => bij next hoog debiet => door wrijving met planten => water trager + concentreren in stroomkanalen => dieper w
      * C) waar planten zijn: ondiepe stroomkanalen bij laag debiet
      * D) bij volgend hoog debiet
        + Planten remmen water af & vangen sediment op
        + => zijkanalen w opgevuld => ontstaan van rivierlandschap met 1 stroomkanaal dat **meandert**
  + Pre-devoon: vlechtende rivieren
    - Reden: planeet was kaal => geen landplanten
  + Post-devoon: ook meanderende rivieren
    - Reden: door ontstaan landplanten

4.5 Delta’s

* Delta
  + = vormt zich waar rivieren uitmonden in zee of in een meer
    - Vb: Nijl delta, Missisipi delta
  + Ontstaat zoals puinwaaiers door massabewegingen & zoals alluviale puinwaaiers door afstromend water
    - Waar rivieren uitmonden in zee/ meer => verhang doorgaans klein (concaaf lengteprofiel erg vlak aan erosiebasis) => stroomsnelheid laag => rivieren gaan sedimentlading afzetten => rivierloop blokkeren => rivier moet telkens weg banen omheen de delta-afzettingen => zo aangroeiing deltarivier
  + Ontstaan vooral in meren & zeeën waar weinig/ geen getijdenwerking is
    - Vb: langs MZ => versch delta’s vb: Nijl delta, Po delta, Rhone delta
    - Vb: Missisipi delta
  + Waar getijdenwerking wel sterk gng is om riviersediment te transporteren
    - => andere types riviermondingen, estuaria (zie VII)