

Petrologija s geologijom *II. dio*

Površinske i
podzemne
vode

Dunja Aljinović & Bojan Matoš



antonio Calvetti/Stocktrek Images/Corbis

www.corbisimages.com



■ HIDROLOGIJA:

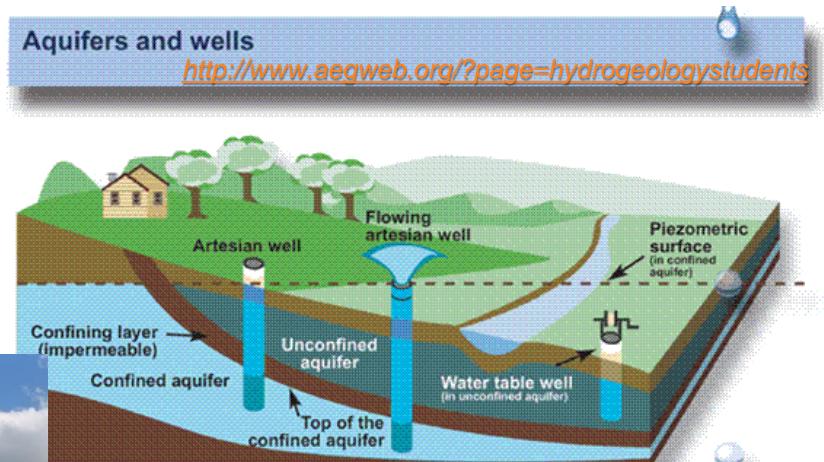
- znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem površinskih voda, njihovoj pojavnosti u prirodi i fizikalnim svojstvima. Hidrologija se bavi bilancom voda s obzirom na površinsko otjecanje, infiltraciju u podzemlje te vraćen udio u atmosferu

- dijeli se na *oceanologiju i hidrologiju kopna*



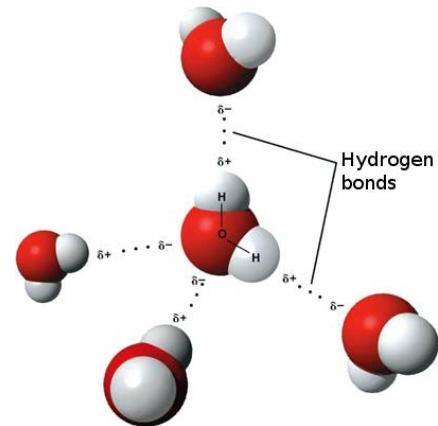
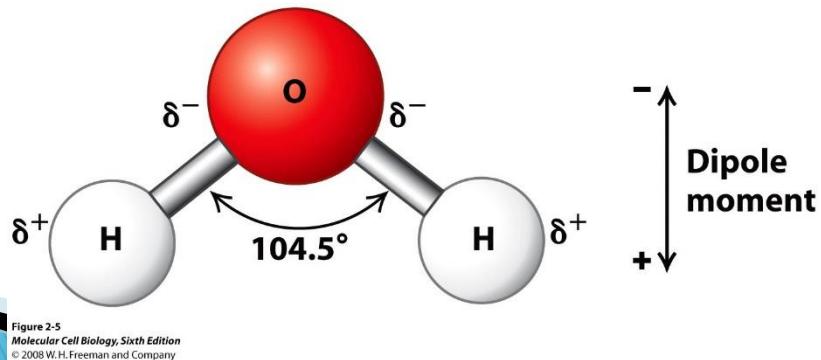
■ HIDROGEOLOGIJA:

- je grana geologije koja se bavi proučavanjem podrijetlom, dinamikom i kemizmom podzemnih voda



▪ STRUKTURA I BITNA SVOJSTVA VODE:

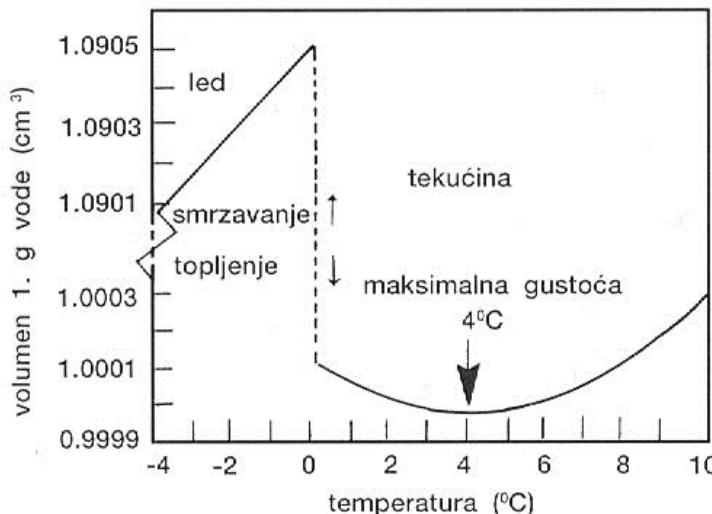
- prirodna anorganska tekućina bez boje, okusa i mirisa;
- Biološki značaj – fotosinteza, transportni medij, glavni sastojak organizama
- jednostavan kemijski spoj: H_2O koji se sastoji od 2 atoma vodika i 1 atoma kisika povezanih kovalentnim vezama pri čemu je molekula **polarna**, predstavlja **dipol**;
- **dipol** s asimetrično raspoređenim + i - nabojem ("**vodikova veza**")



Površinske i podzemne vode

■ STRUKTURA I BITNA SVOJSTVA VODE:

- negativni volumen taljenja (**tri agregatna stanja**)
- maksimum gustoće postojanje gustoće ($+3,98^{\circ}\text{C}$)
- polimorfne modifikacije
- “vodikova veza”, uvjetuje razliku u strukturi leda i tekuće vode, uz manji volumen (veće gustoće) vode u tekućem
- visoka dielektrička konstanta; visoke temperature taljenja, vrenja s obzirom na veličinu molekularne težine
- visoka tenzija površine uz visoki mobilitet iona H^+ i OH^-



preuzeto iz Tomljenović, B. (2017):
Petrologija s geologijom- predavanja

Površinske i podzemne vode

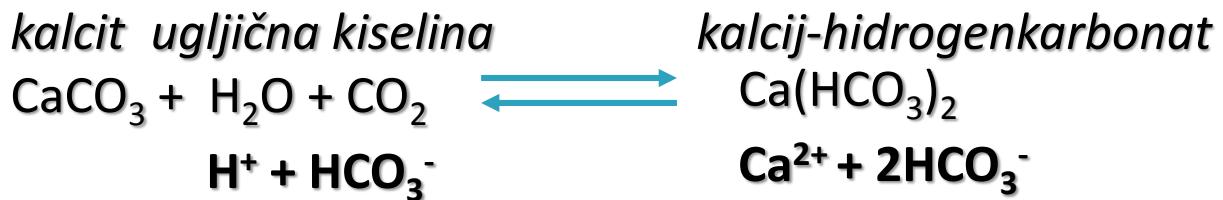
- STRUKTURA I BITNA SVOJSTVA VODE:**

-voda je univerzalno otapalo jer jednako otapa ionske i molekularne spojeve



HIDRATACIJA: otapanje zbog dipolarnog karaktera vode

- HIDRATACIJA, tj. otapanje kalcita:**

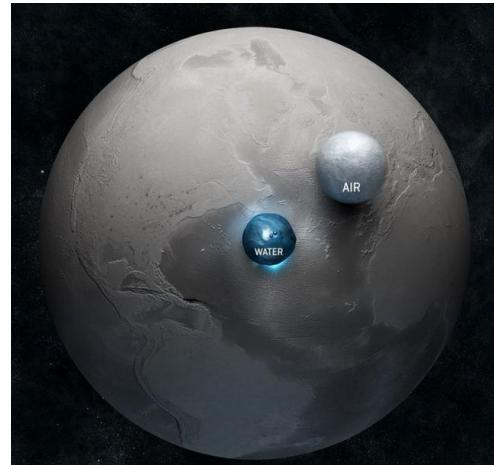


- HIDRATACIJA, tj. K-feldspata (ortoklasa):**



■ GLOBALNI KRUŽNI TOK VODE

- Zemlja je “vodenih planet”:
72 % površine Zemlje prekriva voda
- ukupna količina vode na Zemlji = $1.386 \times 10^6 \text{ km}^3$
što je samo 1/800 volumena Zemlje



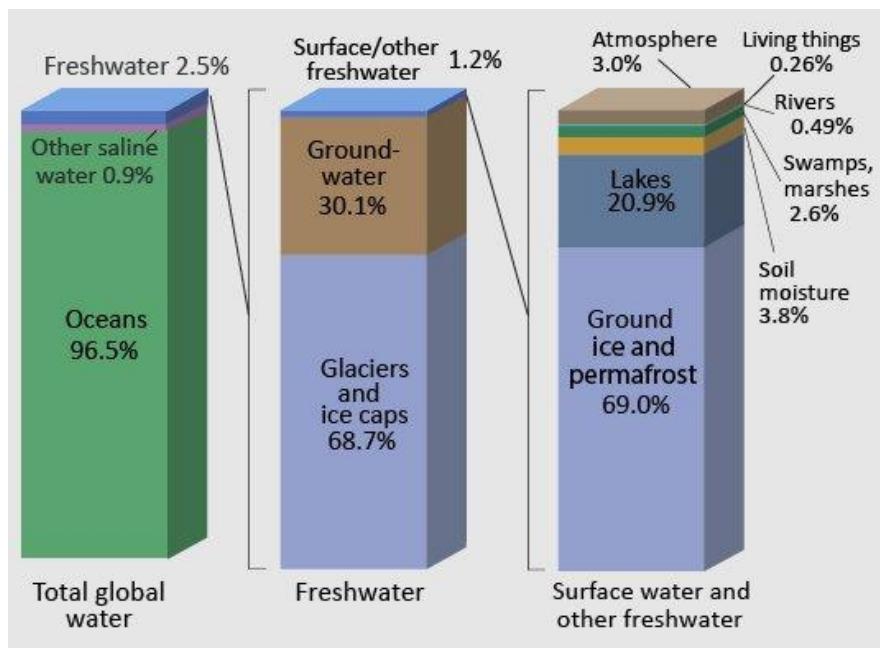
■ **Voda na Zemlji (Mayer, 2004)**

Slana voda:

- mora i oceani - 97%

Slatka voda:

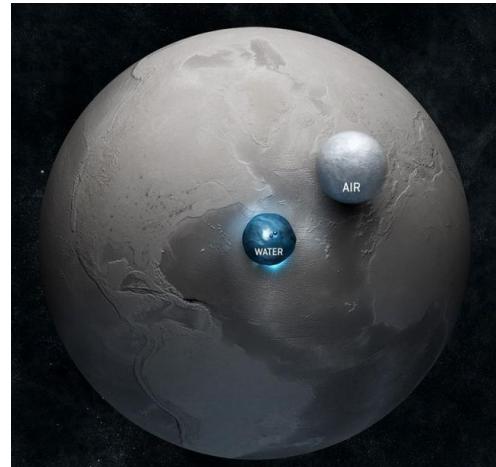
- rijeke i jezera - 0.017 %
- ledeni pokrov – 2%
- podzemna voda - 0.625%
- atmosfera - 0.001%



Površinske i podzemne vode

■ GLOBALNI KRUŽNI TOK VODE

- Zemlja je "vodenì planet":
72 % površine Zemlje prekriva voda
- ukupna količina vode na Zemljì = $1.386 \times 10^6 \text{ km}^3$
što je samo 1/800 volumena Zemlje



■ **Voda na Zemlji (po postanku)**

- **konatna** - "fosilna" voda u stijeni od njezina nastanka (saline)
- **juvenilna** - nastaje kondenzacijom iz unutrašnjosti zemlje, npr. vulkanskih erupcijama, parama, voda koja se permanentno stvara na Zemlji
- **meteorska** - voda koja cirkulira u hidrološkom ciklusu



površinska



podzemna

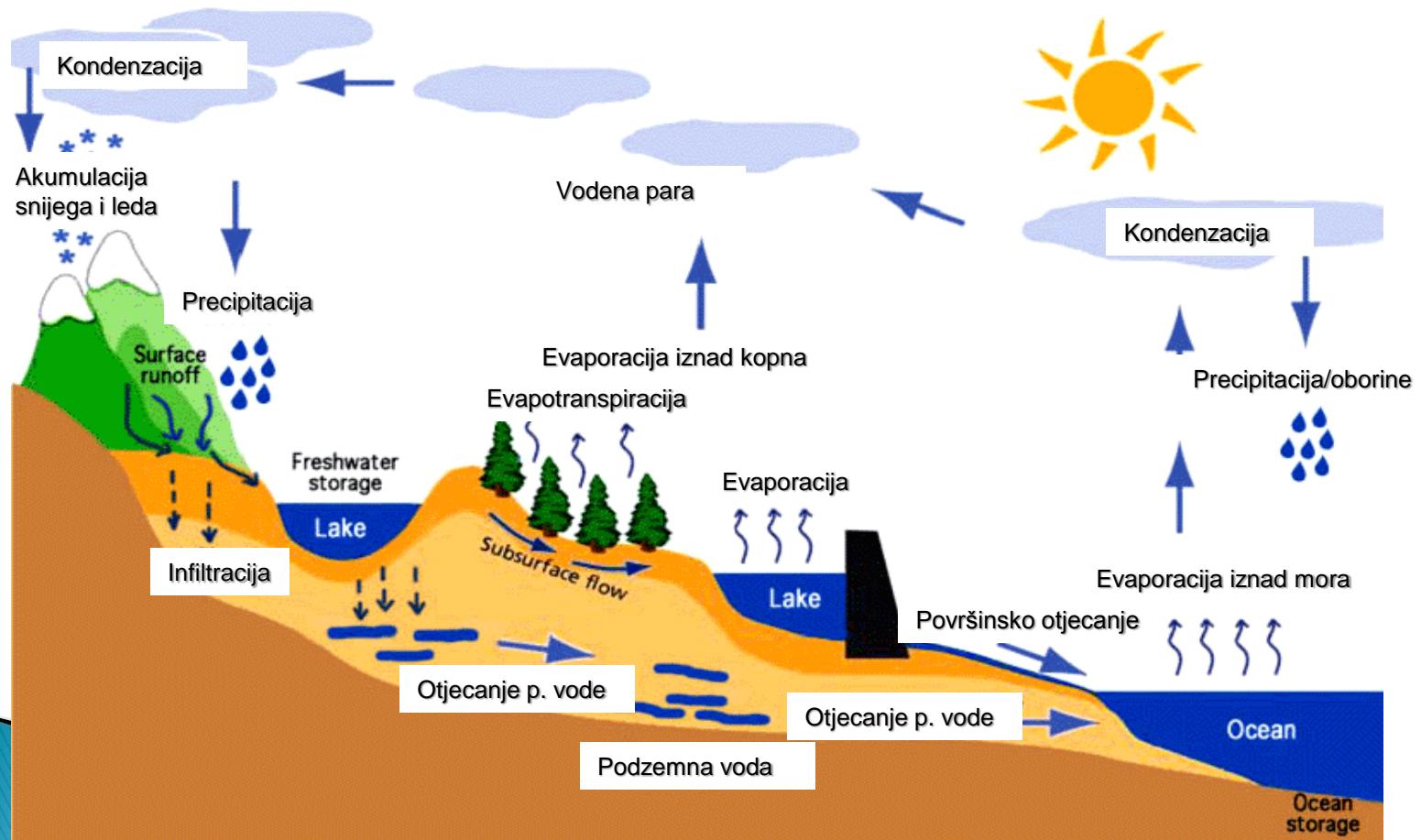


oborine (atmosferska)

Površinske i podzemne vode

■ GLOBALNI KRUŽNI TOK VODE – HIDROLOŠKI CIKLUS

- **sustav globalnog kretanja slobodne vode na Zemlji koje se odvija između atmosfere, litosfere i biosfere**



■ GLOBALNI KRUŽNI TOK VODE – HIDROLOŠKI CIKLUS

ISPARAVANJE/EVAPORACIJA:

- voda prelazi iz tekućeg u plinovito stanje ($T > 100^{\circ}\text{C}$)

KONDENZACIJA/OBORINE:

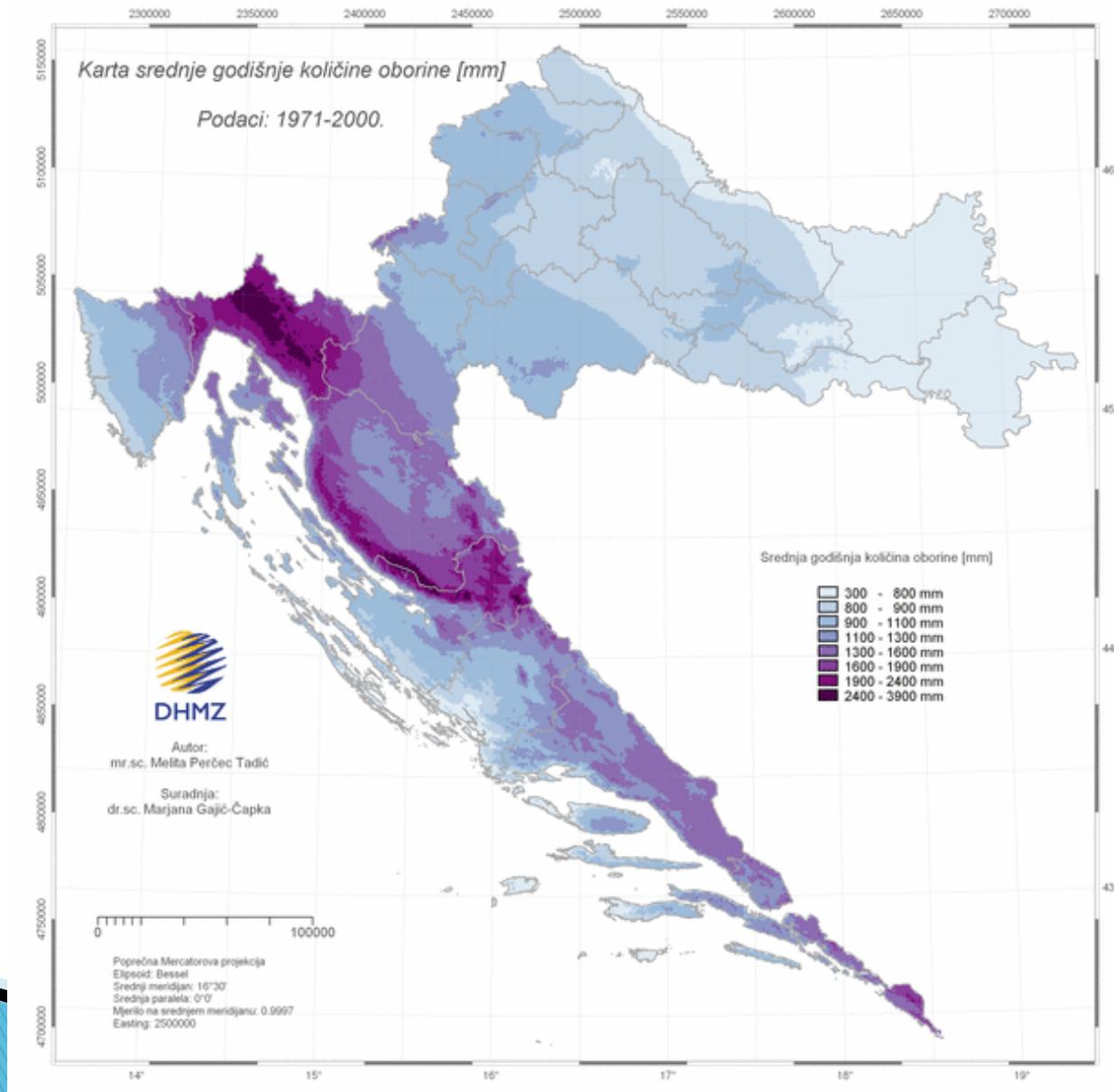
- voda prelazi iz plinovitog stanja u tekuće, a procesima kristalizacije i u kruto stanje
- produkti kondenzacije → oborine:
 - horizontalne oborine: magla, rosa, inje i mraz
 - vertikalne oborine: kiša, snijeg i tuča

Vrijeme zadržavanja vode u globalnom hidrološkom ciklusu

Rezervoar	Veličina (km ²)	Tipično vrijeme zadržavanja
Biljke i životinje	700	1 tjedan
Atmosfera	13.000	8–11 dana
Rijeke	1.700	2 tjedna
Tlo	65.000	2 tjedna do 1 godine
Jezera	125.000	više godina
Stijene (podzemna voda)	7. 000.000	dani do tisuće godina
Led	26.000.000	tisuće godina
Oceani	1.370.000.000	tisuće godina

Površinske i podzemne vode

Godišnja raspodjela padalina na području RH



■ Sливно područje/hidrološka mreža

- Topografsko područje otjecanja mreže tokova a koje predstavlja ukupnu površinu iznad točke otjecanja toka
- **Sлив** (engl. watershed/catchment/drainage basin) je hidrološka jedinica koja predstavlja mrežu padina koje su povezane sa vodotocima

Sлив se sastoji od:

- ▶ Reljefnih barijera/razvodnice
- ▶ Padine
- ▶ Jaruge
- ▶ Povremeni tokovi (buičnjaci, engl. ephemeral channels)
- ▶ Naplavna ravnica
- ▶ Naplavna zona (engl. riparian zones)
- ▶ Stalni tokovi (engl. perennial channels)
- ▶ Vegetacija
- ▶ Sedimenti
- ▶ Vodonosnici
- ▶ Temelina stijena (engl. Bedrock)



■ Slivno područje/hidrološka mreža

○ **Površinski vodeni tok**

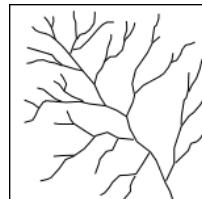
- volumen tekuće vode u vodotoku koji se kreće pod utjecajem gravitacije
- površinski tokovi = **rijeke, potoci**

Najveći dio vremena voda teče **riječnim koritom** ..

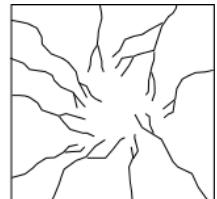
količine oborina ili brzog otapanja leda i snijega moguće je prelijevanje vode iz korita i poplavljivanje okolnih područja tzv. **poplavnih ravnica**.

○ **RIJEKE i POTOCI:**

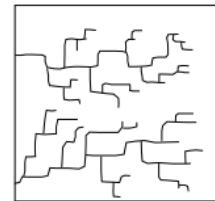
- napajaju jezera i mora
- najvažniji geološki čimbenik u razvoju reljefa:
erozija, transport i taloženje sedimenata



Dendritic Drainage



Radial Drainage



Rectangular Drainage

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Drenažna mreža – geometrija profila glavnog toka

- Vodotok predstavlja sveukupni protok vode te sedimenta koji se prenosi gravitacijskim procesima na padinama te protokom vode
- Geometrija profila vodotoka predstavlja funkciju:
 - nagiba padine te sedimenta koji prenosi
 - **lokalno**—vegetacije na obalama, obalnim sedimentima, obliku obala te pritocima
 - **sustavno**—progresivnog povećanja slivnog područja uz promjene u donosu vode i sedimenta
 - **trenutno**—trenutnih nestabilnosti unutar sliva koje su posljedica većih oluja, požara ili ljudske aktivnosti

Idealizirani ravnotežni profil po koritu rijeke od izvora do ušća



- Sливно подručje/hidrološka mreža

Erozija i prijenos materijala unutar vodotoka

Erozija vodotoka:

- Hidraulički proces** – erozija uvjetovana kretanjem vode koja mehanički troši/zaobljava/oblikuje sediment koji se nalazi unutar vodenog tijela
- Abrazija** – erozija uvjetovana mehaničkim djelovanjem sedimenta na samo korito toka

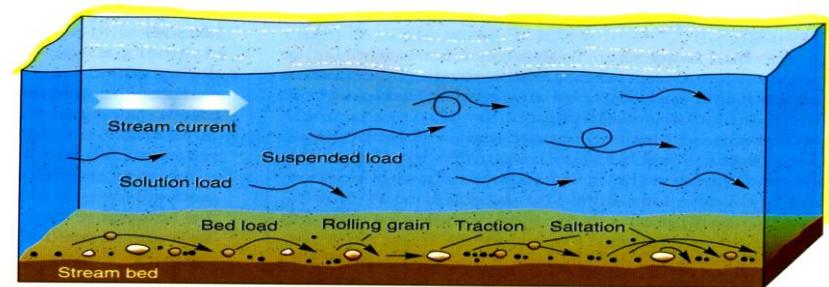
Prijenos materijala:

- Kompetencija**- odnosi se na veličinu čestica sedimenata koji neki tok može prenositi (uvjetovano brzinom toka)
- Kapacitet**- odnosi se na ukupnu količinu sedimenta koju tok može prenijeti (uvjetovano volumenom vode toka → poprečni profil toka/ širina-dubina toka)

Sediment u toku:

- 1.Sediment u vodenom stupcu
- 2.Sediment koji čini korito toka
- 3.Sediment u stopnji

Kotrljanje
 Vučenje
 Poskakivanje

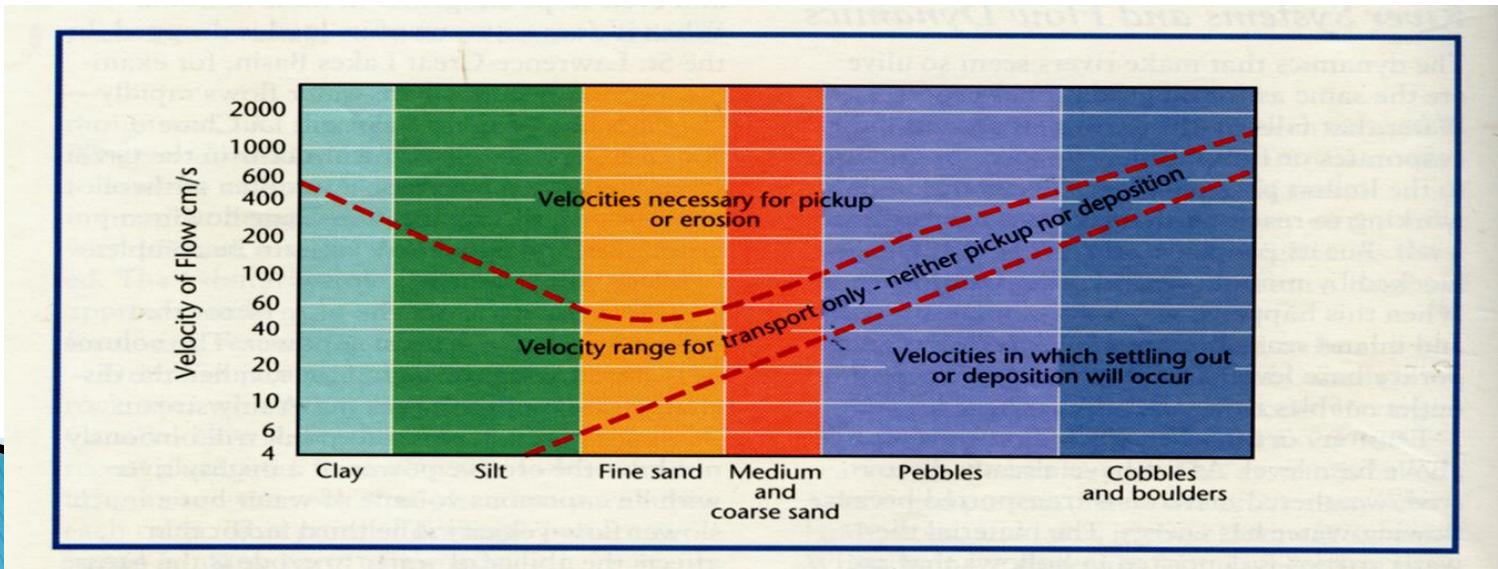


Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Erozija i prijenos materijala unutar vodotoka

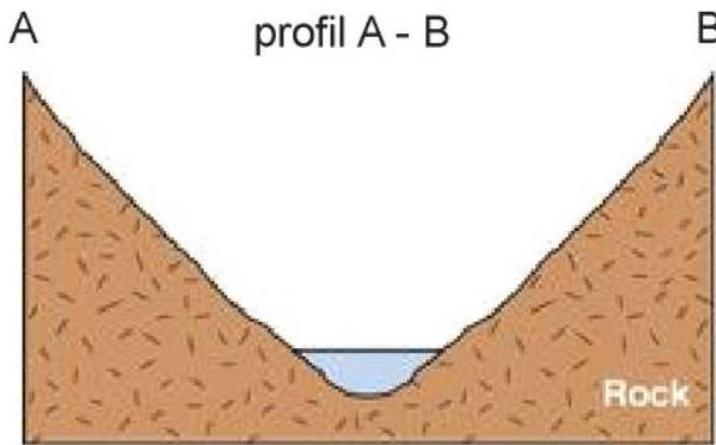
- ▶ Clay - glina
- ▶ Silt - prah
- ▶ Sand - pjesak
- ▶ Gravel (pebbles) - šljunci
- ▶ Cobbles and Boulders –valutice i blokovi



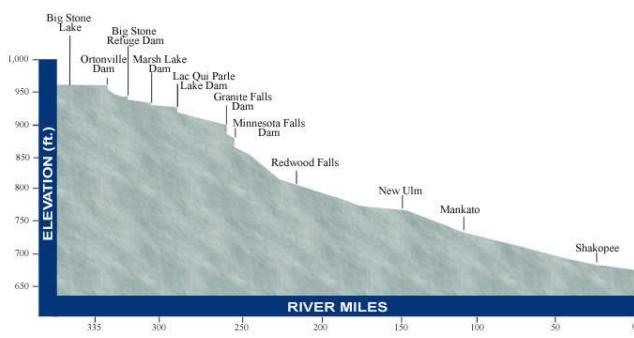
■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u temeljnoj stijeni (engl. Bedrock channels)**
 - **korito u gornjem toku rijeke**



- korito u obliku **slova "V"** zbog jačeg usijecanja u odnosu na bočnu eroziju
- zbog velike snage vodenih tokova presijeca zapreke pa je pretežito **pravocrtan**
- sužene doline vrlo strmih padina, longitudinalni profili su karakterizirani izrazitim usijecanjem sa čestim pojavama prijelomnica (engl. knickpoints)



Minnesota River, SAD, mrbdc.mnsu.edu

- Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u temeljnoj stijeni (engl. Bedrock channels)**
 - korito u gornjem toku rijeke



- Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u temeljnoj stijeni (engl. Bedrock channels)**

▪ **korito u gornjem toku planinskih rijeka Grossglockner (Austrija)**



Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u temeljnoj stijeni (engl. Bedrock channels)**
 - korito u gornjem toku rijeke Kupe

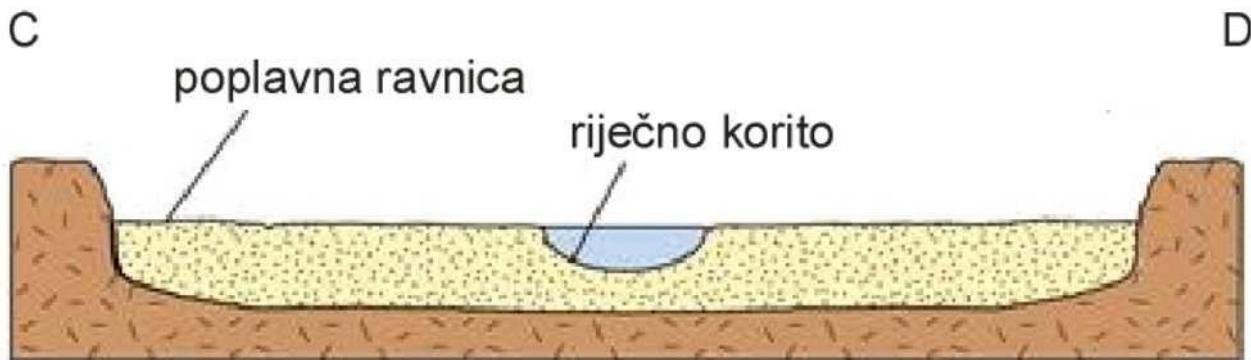


■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - korito u donjem toku rijeke

profil C - D



- korito prošireno, sa mnogo "zavoja" ili meandara
- bočno prelazi u mrtve rukavce i u poplavnu ravnicu, gdje se talože sitnozrnasti sedimenti i mulj

- Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - korito u donjem toku rijeke
 - korito vodotoka – usijecanje u aluvijalnim naslagama u stabilnim hidrološkim i klimatološkim uvjetima (**stabilizirane obale**)
 - erodirani aluvijalni sediment se najčešće taloži nizvodno
 - **Tipovi rijeka karakterizirani aluvijalnim tipom korita**
 - isprepletene i anastomazirajuće rijeke (engl. braided & anastomosed rivers) – **lateralna erozija obale vodotoka – dominantan proces**

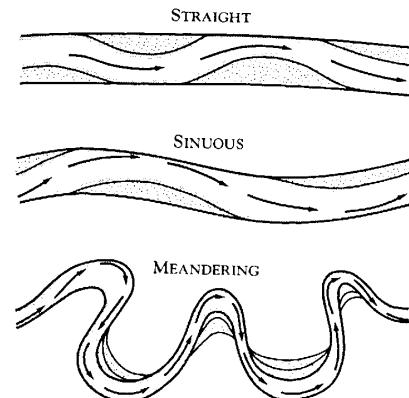
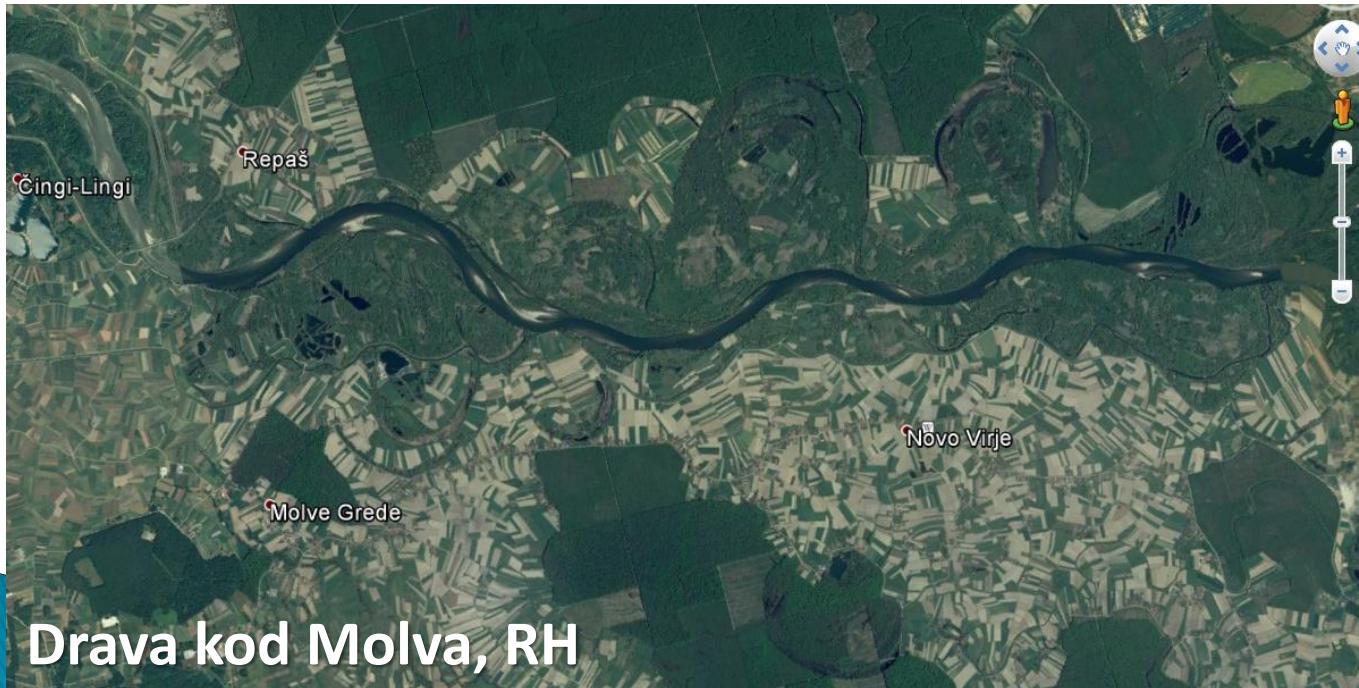


Saskatchewan,
SAD

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

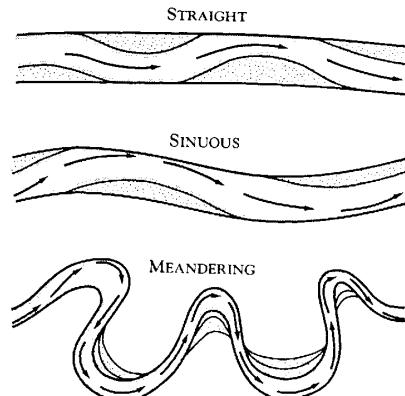
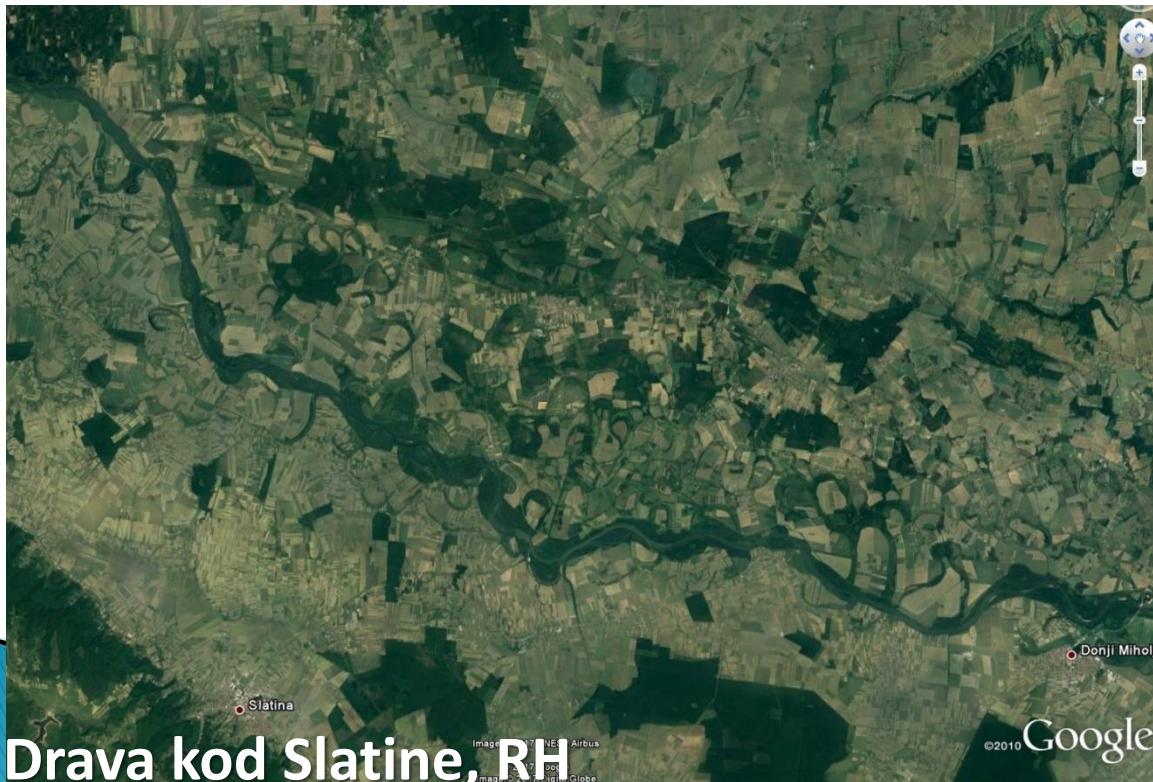
- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - korito u donjem toku rijeke
 - meandirajuće rijeke – korito rijeke migrira između obala – **mrvaje i rukavci**



■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - korito u donjem toku rijeke
 - meandirajuće rijeke – korito rijeke migrira između obala – **mrvaje i rukavci**



- Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

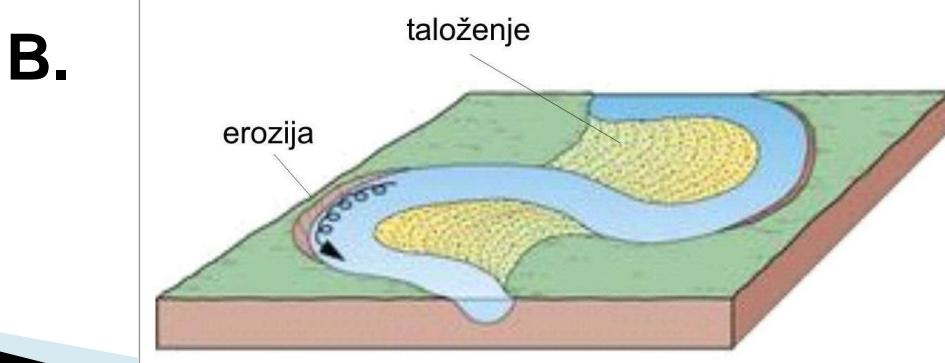
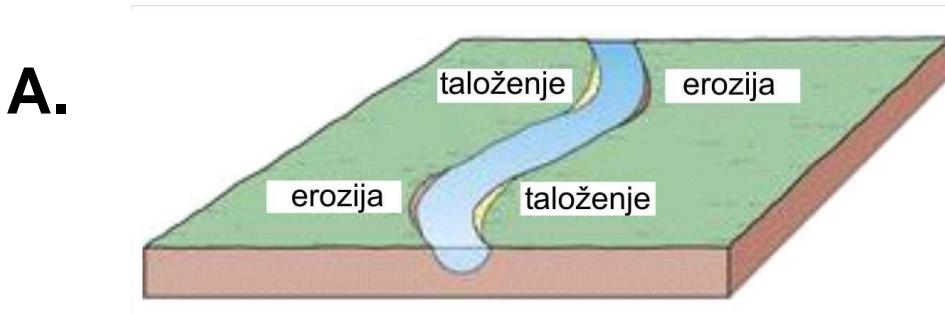
- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - korito u donjem toku rijeke
 - meandirajuće rijeke – korito rijeke migrira između obala – **mrvlje i rukavci**



■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - **korito u donjem toku rijeke – nastanak meandra, mrtvaja i rukavaca**

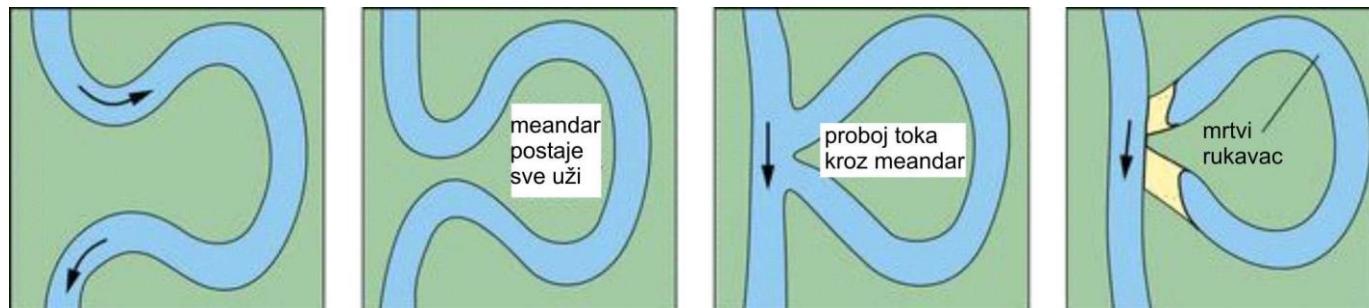


Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - **korito u donjem toku rijeke – nastanak meandra, mrtvaja i rukavaca**

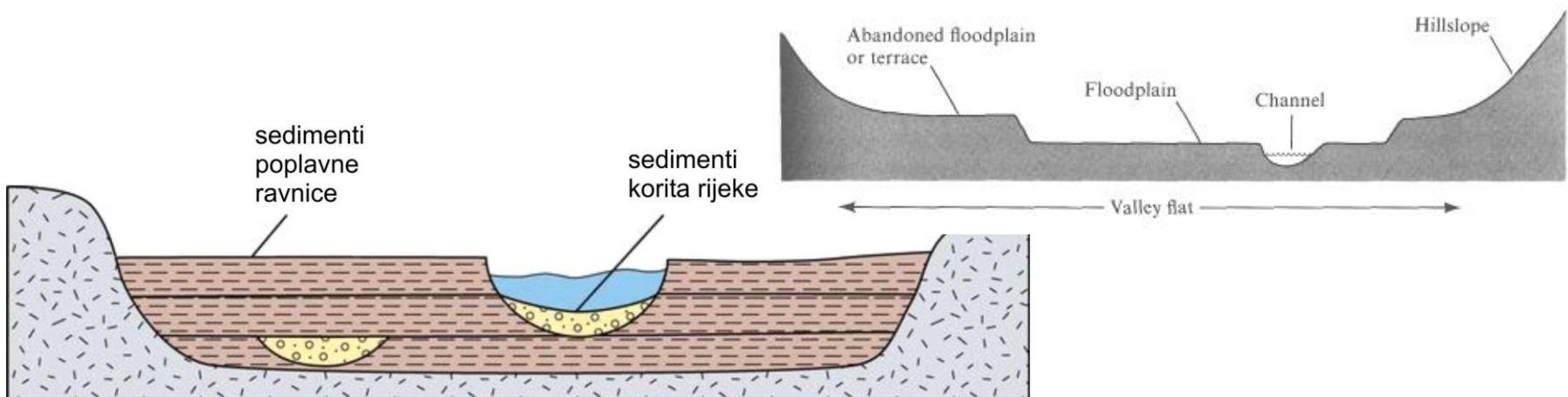


■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

○ **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**

- **korito u donjem toku rijeke – poplavne ravnice**
- široko područje oko rijeke izgrađeno od riječnih (aluvijalnih) sedimenata taloženih za vrijeme poplava
- čine je pretežito horizontalni slojevi sitnozrnatog nanosa taloženog tijekom poplava, s lećama krupnozrnatog nanosa korita

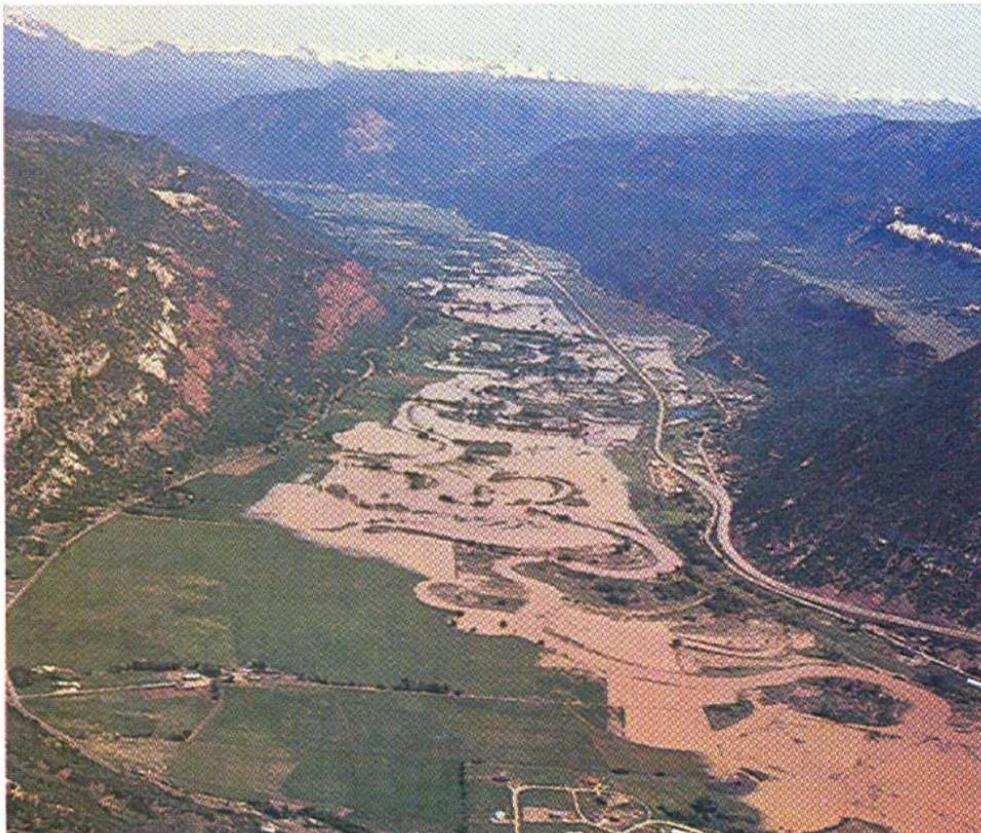


Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - **korito u donjem toku rijeke – poplavne ravnice**



rijeka Animas, Colorado

Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - **korito u donjem toku rijeke – poplavne ravnice**



Površinske i podzemne vode

■ Slivno područje/hidrološka mreža

Tip korita vodotoka s obzirom na udaljenost od ušća:

- **Vodotokovi u aluvijalnim naslagama (engl. Aluvial channels)**
 - **korito u donjem toku rijeke – poplavne ravnice**



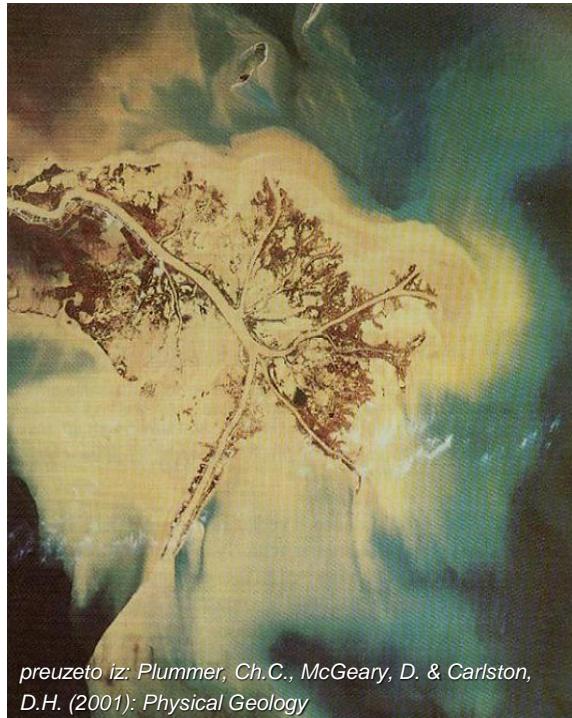
■ Slivno područje/hidrološka mreža

Ušća rijeka:

- mjesto gdje vodotok završava odnosno **utječe u pritok ili rijeku ili u jezerski odnosno morski bazen** → **DELTE I ESTUARIJI**

DELTA

- sedimentno tijelo na ušću rijeke u vodenim bazenima (grč. slovo Δ)



■ Slivno područje/hidrološka mreža

Ušća rijeka:

- mjesto gdje vodotok završava odnosno **utječe u pritok ili rijeku ili u jezerski** odnosno **morski bazen** → **DELTE I ESTUARIJI**

ESTUARIJI

- izdizanje razine bazena → poplava riječne doline



*Wooli Wooli River,
Australija (plima i
riječni tok
održavaju estuarij
otvorenim prema
moru)*

Površinske i podzemne vode

- Hrvatske rijeke dulje od 100 km (Mayer, 2004)



<http://www.croatia.eu/article.php?lang=1&id=9>

Rijeka	Slijev	Šire područje izvora	Ušće (približna lokacija)	Duljina toka u Hrvatskoj i (ukupno) (km)	Približan srednji godišnji protok (m ³ /s)
Sava	crnomorski	Radovljica-Slovenija	Dunav (Beograd-Srbija i C. Gora)	562 (945)	340 (na ulazu u Hrvatsku), 1200 (na izlazu iz Hrvatske)
Drava	crnomorski	Dobbiaco-Italija	Dunav (Aljmaš-Hrvatska)	305 (749)	380 (na ulazu u Hrvatsku), 620 (na ušću)
Kupa	crnomorski	Gerovo-Hrvatska	Sava (Sisak-Hrvatska)	296	283 (na ušću)
Dunav	crnomorski	Schwarzwald-Njemačka	Crno more (Sulina-Rumunjska)	188 (2842)	2100 (na ulazu u Hrvatsku), 2730 (na izlazu iz Hrvatske)
Bosut	crnomorski	Cerna-Hrvatska	Sava (Bosut-Srbija i C. Gora)	143 (186)	nema podataka
Korana	crnomorski	Plitvička jez.-Hrvatska	Kupa (Karlovac-Hrvatska)	134	86 (na ušću)
Bednja	crnomorski	Trakoščan-Hrvatska	Drava (Donja Dubrava-Hrvatska)	133	7,6 (na ušću)
Lonja/Trebeš	crnomorski	Novi Marof-Hrvatska	Sava (Lonja-Hrvatska)	132	62 (na ušću)
Česma	crnomorski	Vel. Trojstvo-Hrvatska	Lonja (Stružec-Hrvatska)	123	3,66 (kod Bosiljeva)
Una	crnomorski	Donji Srb-Hrvatska	Sava (Jasenovac-Hrvatska)	120 (213)	202 (na ušću)
Vuka	crnomorski	jezero Borovik	Dunav (Vukovar-Hrvatska)	112	3,4 (na ušću)
Dobra	crnomorski	Ogulin-Hrvatska	Kupa (Karlovac-Hrvatska)	104	31 (na ušću)
Cetina	jadranski	Cetina-Hrvatska	Jadransko more (Omiš-Hrvatska)	100	127 (na ušću)
Glina	crnomorski	Gornji Kremen-Hrvatska	Kupa (Glinska Poljana-Hrvatska)	100	35 (na ušću)
Mura	crnomorski	Donji Tauern-Austrija	Drava (Legrad-Hrvatska)	67 (483)	207 (na ušću)

SRETNO !