

SPECIFIČNOSTI HIDROGRAFIJE I HIDROLOGIJE RIJEKE AMAZONE

dr. sc. Ognjen Bonacci, prof. emerit., dr. sc. Tanja Roje-Bonacci, prof. emerit.

1. UVOD

Sliv rijeke Amazone smješten je na sjeveru Južne Amerike (slika 1). Izvorišno područje rijeke nalazi se u području Anda u Peruu, odakle rijeka teče prema istoku te se ulijeva u Atlantski ocean. Sliv rijeke Amazone prostire se kroz sljedećih šest država: (1) Peru; (2) Ekvador; (3) Kolumbija; (4) Venezuela; (5) Bolivija; (6) Brazil. Daleko najveći dio sliva Amazone, oko dvije trećine, nalazi se na području Brazila. U slivu ove rijeke živi oko 47 milijuna stanovnika uključujući više od dva milijuna domorodaca. Smatra se da je Amazona stanište

za oko 10 % poznatih vrsta koje obitavaju na Zemlji.

Rijeka Amazona vodom je daleko najbogatija rijeka na planeti s najvećim slivom čija površina iznosi 6.915.000 km². Prosječni protok na ušću procijenjen je na 219.000 m³/s što odgovara godišnjem volumenu vode od 6.910 km³. Neophodno je naglasiti da je u raznim literaturnim izvorima moguće naići i na dosta različite rezultate. Amazonom protječe oko jedne petine svih voda koja teku površinom Zemlje. Prosječni protok Amazone 5,2 puta je veći od prosječnog protoka druge po veličini sliva i izdašnosti rijeke na Zemlji, rijeke Kongo čiji je



Slika 1: Karta sliva Amazone s ucrtanim položajima izvora, ušća i vodomjerne postaje Óbidos (Comtos i Tripchevich 2014)

prosječni protok procijenjen na 41.800 m³/s. Površina sliva rijeke Kongo je samo 1,88 puta manja od površine sliva Amazone te iznosi 3.680.000 km². Maksimalni protok koji se javlja tijekom poplava na ušću Amazone četiri je puta veći od protoka u Kongu i više od 10 puta veći od količine vode koju nosi rijeka Mississippi. Ova ogromna količina slatke vode razrjeđuje slanost vode Atlantskog oceana na udaljenosti od obale većoj od 160 km.

U dijelu Amazone u području Brazila dubina korita uglavnom je veća od 45 metara. Padovi dna korita i vodnog lica u tom su prostoru izuzetno maleni. To je posljedica činjenice što je na peruanskoj granici, nekih 3.200 km od Atlantika, nadmorska visina rijeke manja od 90 metara. Najveća slobodna širina (bez otoka) stalnog korita rijeke je 14 km. Međutim, tijekom velikih poplava, kada rijeka potpuno ispunji poplavno područje, ona se širi u pojasu širokom oko 55 km ili više. Prosječna brzina Amazone je oko 2,4 km/h. Brzina tečenja znatno se povećava tijekom poplava.

Amazonka tropska kišna šuma najveća je tropska kišna šuma na Zemlji. Ona predstavlja ogroman ekosustav s nekoliko milijuna vrsta insekata, biljaka, ptica, riba i drugih oblika života od kojih mnogi još nisu niti istraženi, pa čak niti otkriveni. Iako je golemi sliv Amazone danas još uvijek relativno neporemećen, trend prenamjene zemljišta, a osobito sječa kišnih šuma u opasnom su brzom i nekontroliranom porastu što već rezultira ne samo regionalno već i planetarno negativnim posljedicama (Skole i Tucker 1993; Skole i sur. 1994). Kišne šume u slivu Amazone nestaju velikom brzinom jer na taj proces osim sječe utječu i požari koji haraju u slivu Amazone, a koji su posebno intenzivirani posljednjih godina.

Šumski biom Amazonije jedno je od najvećih bioloških blaga Zemlje i glavna komponenta Zemljinog sustava. Ovaj prevrijedni prostor u 21. stoljeću suočava se s dvostrukom prijetnjom krčenja šuma i stresa uzrokovanog klimatskim promjenama (Malhi i sur. 2008). Dodatno, povećanje koncentracije CO₂ u atmosferi prijeti izmjenom hidrološkog ciklusa uslijed porasta temperatura i promjene fiziološke reakcije vegetacije. Stoga je bitno shvatiti na koji se način sustav rijeke Amazone ponaša u sezonskim i godišnjim vremenskim skalama (Coe i sur. 2002; Coe i sur. 2008). Coe i sur. (2009.) analizirali su utjecaj historijske i potencijalno buduće sječe kišnih šuma u slivu Amazone na promjene njenog hidrološkog režima na procese na kopnu i na povratne atmosferske cirkulacije. Zaključili su da krčenja šuma u jednom području neće uzrokovati promjene hidrološkog režima i ekološke ravnoteže samo u tom lokalnom dijelu sliva, već će se atmosferskom cirkulacijom neravnomjerno raširiti po cijelom slivu, pa i šire. Deforestacija Amazone već je do sada značajno i negativno utjecala na hidrološki režim i ekološku ravnotežu ovog osjetljivog i planetarno vrijednog prirodnog sustava. Daljnja sječa šuma koja se nesmiljeno nastavlja ubrzat će negativne procese i

proširiti ih izvan područja njenog sliva (Coe i sur. 2009).

2. IZVOR I DULJINA AMAZONE

Dok je površina sliva Amazone uglavnom precizno utvrđena problemi s pouzdanim određivanjem duljine Amazone, kao i njezinim detaljnim hidrološkim režimom mnogo su složeniji i još uvijek zaokupljaju interes znanstvenika. Do pred par desetaka godina smatralo se da je Nil dulji od Amazone. U posljednjih desetak godina korištenjem suvremenih tehnologija (GPS, lidar, dron, laser, radar, daljinska i satelitska mjerenja itd.) ta se percepcija izmijenila (LeFavour i Alsdorf 2005; Zakharova i sur. 2006). Nastavno će o toj problematici biti izneseno više činjenica.

Problem određivanja duljine svakog vodotoka leži u činjenici da je prije svega neophodno precizno definirati položaje izvora i ušća. Izvor rijeke može se definirati ili kao najudaljenija uzvodna točka glavnog vodotoka od točke ušća ili kao apsolutno najudaljenija uzvodna točka od ušća bilo kojeg pritoka u cijelom riječnom slivu. Prva definicija pretpostavlja da se slijedi riječni tok s najvećim prosječnim protokom, dok druga definicija u razmatranje uključuje i pritoke. Ovako definirane izvore moguće je nazvati glavni izvor i najudaljeniji izvor. Ova dva izvora mogu se, ali i ne moraju poklapati. Dok glavni izvor obično ima isto ime kao rijeka na ušću, najudaljeniji izvor nerijetko ima naziv neke od uzvodnih pritoka. Drugi problem je kako definirati točku ušća kod vodotoka koji se ulijevaju u more formirajući široke delte koje se vrlo dinamično mijenjaju tijekom vremena i u zavisnosti od dinamičnih morfoloških procesa, hidrološkog stanja vodotoka te razine mora (oceana). Kao dodatan problem treba uključiti i promjenjivost položaja korita do koje dolazi tijekom različitih hidroloških stanja (malih voda i poplava) te kao posljedica erozija, potresa, ljudskih zahvata (regulacija korita, izgradnje brana i formiranja akumulacija itd.).

Izvor rijeke Amazone pa prema tome i pouzdano određivanje duljine ove moćne rijeke predmet je dugogodišnjih rasprava. Amazona ima vrlo složeno i promjenjivo korito, što je dodatno uvjetovano sezonskim klimatskim čimbenicima. Proces mjerenja i točnih kartiranja otvorenih vodotoka u ovom golemom slivu krajnje je složen. Bez obzira na danas raspoložive tehnologije još uvijek nije moguće potpuno pouzdano i u cijelosti definirati složenu odvodnu mrežu u slivu Amazone, osobito u planinskom i ljudima teško dostupnom području. U takvim situacijama, i ne samo u slučaju Amazone, definiranje lokacije izvora i konačne duljine otvorenog vodotoka ostaju otvorenim za različita tumačenja te predstavljaju predmet žive znanstvene rasprave.

Rasprava o lokaciji izvora Amazone i oko točne duljine rijeke zaoštrila se tijekom druge polovine 20. stoljeća. To je posljedica činjenice da su primjene moćnih suvremenih tehnologija, koje nisu postojale prije tog vremena, omogućile pouzdanije istraživanje udaljenih lokacija brdskih tokova u slivu Amazone koje su do

tada uglavnom bile nedostupne. Nove su tehnologije omogućile točnije mjerenje duljine njenog toka i određivanje položaja izvora (Janský i sur. 2011).

Do sredine 20. stoljeća brojni su istraživači navodili razne pritoke u planinama u Peruu kao mjesta mogućih izvora Amazone. Nedostatak njihovih zaključaka ležao je u činjenici da nisu bili potkrepljeni preciznijim terenskim istraživanjima te kartografskim i hidrološkim mjerenjima. Ekspedicija koju je 1971. godine sponzorirao *National Geographic Society* odredila je vodotok Carruhasanta, koji teče sa sjeverne padine planine Mismi u južnom Peruu, kao izvor rijeke. Ta je lokacija bila široko prihvaćena u znanstvenoj zajednici, iako je poljska ekspedicija 1983. tvrdila da je izvor rijeke zapravo potok Apacheta.

Primjenom tehnologije *Global Positioning System* (GPS) 1990-ih godina, istraživači Smithsonian Institution's Air and Space Museum in Washington, D.C., potvrdili su da izvor Amazone predstavlja potok Carruhasanta na planini Mismi. Koristili su definiciju izvora rijeke kao najudaljenije točke u slivu s koje voda može teći u ocean i gdje ta voda teče tijekom cijele godine. Na taj način su iz razmatranja eliminirani vodotoci koji se zimi zalede.

Međutim, tu nije završena rasprava o položaju izvora Amazone. Koristeći naprednu tehnologiju satelitskih snimaka godine 2007. ustanovljeno je da je potok Apacheta 10 km dulji od potoka Carruhasante te je zaključeno da on predstavlja izvor rijeke Amazone, što znači da je poljska ekspedicija bila u pravu. Za potrebe određivanja duljine rijeke trebalo je odrediti točan položaj ušća s obzirom na to da Amazona ima tri glavna izlazna kraka u Atlantski ocean. Konačno mjerenje duljine Amazone izvršila je strana ekspedicija 2007. godine. Utvrđeno je da od izvora potoka Apacheta do ušća u zaljevu Marajó duljina Amazone iznosi 6.992 km. Koristeći identičnu tehnologiju ista skupina istraživača odredila je i novu duljinu Nila te utvrdila da ona iznosi 6.853 km, što znači da je Amazona od Nila dulja 145 km (<https://www.britannica.com/place/Amazon-River/Physical-features#ref277047>).

Bez obzira na prethodno iznesene informacije vezane uz duljinu Amazone na internetu i u brojnim drugim publikacijama moguće je naći podatak da duljina rijeke Amazone iznosi 6.937 km, a da duljina Nila iznosi 6.671 km. U drugim izvorima moguće je naići na neke drugačije rezultate, ali danas je generalno prihvaćeno da je Amazona dulja od Nila.

O tome da rasprava o položaju izvora i duljini Amazone nije definitivno zaključena svjedoče rezultati istraživanja iznesena u radu objavljenom 2014. godine u znanstvenom časopisu **Area** pod naslovom *Correct placement of the most distant source of the Amazon River in the Mantaro River drainage* (Točno lociranje najudaljenijeg izvora rijeke Amazone u slivu rijeke Montaro) (Contos i Tripcevič 2014). Autori tog rada naglašavaju da duljina Amazone zavisi o kriterijima na osnovi kojih je izabran izvor te stoga napominju da je neophodno razmatrati sljedeće tri vrste izvora Amazone: (1) glavni izvor; (2) najudaljeniji izvor; (3) najudaljeniji

izvor neprekinutog toka. Glavni izvor definiraju kao najudaljeniju uzvodnu točku u drenažnom sustavu sliva koja ima najveći godišnji prosječni protok u odnosu na sve ostale spojeve u drenažnom sustavu. Najudaljeniji izvor je definiran kao najudaljenija uzvodna točka u slivu duž korita vodotoka i njezinih pritoka iz kojeg se voda probija do ušća. Najudaljeniji izvor neprekinutog toka predstavlja najudaljeniju uzvodnu točku u prirodnom toku rijeke ili njezinih pritoka s kontinuirano tekućom površinskom vodom neprekinutom branama ili drugim blokadama. Korištenjem topografskih karata, satelitskih snimaka, digitalnih hidrografskih skupova podataka i podatke GPS praćenja Contos i Tripcevič (2014.) utvrdili su da lokalitet Cordillera Rumi Cruz (10.7320°S, 76.6480°W) u Peruu na nadmorskoj visini od oko 5.220 mnm u potoku Río Mantaro leži od 75 km do 92 km uzvodnije od lokacije na potoku Apacheta. Zaključak je da je duljina Amazone veća između 75 km i 92 km od one koja je definirana ekspedicijom vršenom 2007. godine i koja je iznosila 6.992 km. Na slici 1 preuzetoj iz rada Contos i Tripcevič (2014.) ucrtan je taj položaj izvora Amazone.

Čini se da je time konačno stavljena točka na dilemu o najduljoj planetarnoj rijeci. Međutim, rasprava o stvarnoj duljini Amazone i dalje se vodi. Složenost i promjenjivost njenog korita uvjetovana morfološkim i hidrološkim procesima te klimatskim čimbenicima, ali i antropogene intervencije razlog su što je rasprava o duljini ove planetarno najveće rijeke i dalje otvorena i čini se da će se ona još dugo vremena voditi.

3. HIDROLOŠKA PROBLEMATIKA

Veličina sliva, količine vode koje protječu sustavom, kao i ogromne dimenzije riječnih korita kako same Amazone tako i njenih brojnih pritoka utječu na to da se vrijednosti protoka, osobito onih maksimalnih teško mogu pouzdano izmjeriti. Brojna i prostrana jezera prekrivaju velik dio poplavne ravnice Amazone. Ona imaju značajan utjecaj na hidrološki režim pojedinih riječnih sektora. Istovremeno predstavljaju bitne i složene ekosustave. Korištenje hidrauličkog Amazone i hidrološkog modeliranja bez obzira na postojeće moćne suvremene tehnologije još uvijek je ograničeno. Razlog leži u nedostatku topografskih i hidroloških podataka koji bi osigurali izradu pouzdanih modela. Alsdorf i sur. (2001.) te Alsdorf i sur. (2007.) ukazali su na složene prostorne i vremenske obrasce varijacija razine vode preko raznih dijelova poplavne ravnice što otežava praćenje i modeliranje procesa kretanja poplava duž toka.

Na osnovi hidroloških mjerenja koja se vrše na vodomjernoj postaji Óbiods u Brazilu utvrđene su određene hidrološke karakteristike ove moćne rijeke. Površina sliva do ove postaje iznosi 4.676.000 km², što znači da je na toj lokaciji obuhvaćeno oko 68 % slivnog područja Amazone. Utvrđeno je da se njen hidrološki ciklus značajno intenzivirao tijekom dva posljednja desetljeća. To je posljedica intenziviranja klimatoloških

procesa koji se manifestiraju s jedne strane pojavom ekstremnih maksimalnih dnevnih i kratkotrajnih oborina, a s druge strane produljenja trajanja razdoblja bez oborina. Uočeno je dakle intenziviranje pojave sušnih i poplavnih razdoblja te naglih prelazaka iz jedne u drugu ekstremnu klimatološko-hidrološku fazu (Li i sur. 2011). Analizirajući hidrološke i klimatološke podatke u slivu Amazone u razdoblju 1980. - 2015. Chaudhari i sur. (2019.) utvrdili su postojanje trenda porasta dinamike kopnenih voda (*Terrestrial Water Dynamics - TWD*). Njihovi rezultati ukazali su na značajnu dekadnu varijabilnost i produljeno trajanje sušnih razdoblja. Tropski dio Južnoameričkog kontinenta zahvatile su razorne suše 2005. i 2010. godine, kao i ekstremne poplave 2009. i 2012. godine. One su nanijele znatne štete kako prirodnim sustavima tako i antropogenim strukturama. Ove opasne promijene najvjerojatnije su posljedica globalnih klimatskih promjena.

Analizirajući 83-godišnji niz (od 1903. do 1985.) protoka rijeke Amazone, Richey i sur. (1989.) ustanovili su statistički značajne promjene tijekom tog razdoblja. Prevladavajuća međugodišnja varijabilnost javlja se na vremenskoj skali od 2 do 3 godine. Oscilacije riječnog protoka prethode značajnim ljudskim utjecajima u slivu Amazone te su posljedica čimbenika izvan samog sliva, ali i lokalnih čimbenika.

Većinu od procijenjenih 1,3 milijuna tona sedimenta koje Amazona dnevno izlije u more obalne struje prenose prema sjeveru te ih talože duž obala sjevernog Brazila i Francuske Gvajane. Kao posljedica toga, rijeka Amazona ne širi deltu.

Učinak plime Atlantskog oceana može se osjetiti do 970 km od ušća rijeke. Plimni val napreduje uzvodno brzinom od 16 do 24 km/sat, tvoreći vodeni zid visine od 1,5 do 4 metra. Tijekom faze porasta od prosinca do lipnja pohranjuje vodu u prostranom plavljenom području. Ispušta je kada razina rijeke opada u razdoblju od srpnja do studenoga. Posljedica ove pojave jest izgladivanje godišnjeg hidrograma na ušću Amazone. Time se objašnjava činjenica da je maksimalni protok na vodomjernoj postaji Óbidos u iznosu od oko 260.000 m³/s samo četiri puta veći od minimalnog protoka koji ima vrijednosti od oko 78.000 m³/s. Studije bilance voda sliva Amazone pokazuju deficit od 1.193 mm, što odgovara iznosu realne evapotranspiracije. Amazona je definitivno vodom najmoćnija rijeka planete, ali istovremeno ima i najuravnoteženiji hidrološki režim (Callede i sur. 2002).

Porast i pad vode Amazone kontrolirani su događajima izvan njenog golemog plavljenog područja. Poplave Amazone ne predstavljaju katastrofe već su osebujni i očekivani događaji. Njihova izrazita pravilnost i postupnost promjene razine vode posljedica su goleme veličine sliva, blagog gradijenta i velikog kapaciteta skladištenja vode kako u poplavnim ravnicama tako i na ušćima velikih pritoka. Gornji tok Amazone ima dvije godišnje poplave, a rijeka je podložna naizmjeničnom utjecaju pritoka koji se spuštaju s peruanskih Anda

(gdje kiša pada od listopada do siječnja) i iz ekvadorskih Anda (gdje kiša pada od ožujka do srpnja). Ovaj obrazac izmjene nestaje dalje nizvodno, kako se dvije sezone velikih voda postupno spajaju u jednu. Dakle, porast rijeke polako napreduje nizvodno u gigantskom valu od studenoga do lipnja, a zatim se voda povlači do kraja listopada. Razine poplava mogu doseći od 12 do 15 metara iznad srednje razine vode.

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Na samom kraju ovog stručnog prikaza smatralo se da će biti korisno iznijeti najnovija saznanja o razvoju civilizacije na slivu ove planetarno bitne rijeke. Do nedavno se smatralo da su na njenom slivu u dalekoj prošlosti ljudi živjeli ili samo nomadski ili u malim naseljima. U području Upano u istočnom Ekvadoru otkriven je napušteni grad u kojem su velike i složene strukture bile povezane zapanjujuće kompleksnom mrežom cesta i kanala. Ovo je nalazište starije od bilo kojeg drugog nalazišta koje je do sada otkriveno u slivu Amazone, a među najstarijima je u Južnoj Americi. Arheolozi smatraju da je grad izgrađen prije oko 2500 godina te da su ljudi u njemu živjeli tijekom 1000 godina. Teško je točno procijeniti koliko je ljudi tamo živjelo u bilo kojem trenutku, ali znanstvenici smatraju da se taj broj kretao između 10.000 i 100.000 stanovnika (<https://www.bbc.com/news/science-environment-67940671>). Prvi dokazi o postojanju ovog grada pronađeni su sedamdesetih godina prošlog stoljeća, ali su tek nakon dovršetka opsežnih istraživanja koja su trajala 25 godina detaljni rezultati obznanjeni svjetskoj javnosti. To je još jedan od dokaza značajne uloge Amazone i njenog sliva u razvoju civilizacije, kao i potvrda činjenice kako se o tom bitnom prostoru malo zna.

Paleoklimatske studije sugerirale su da je velik dio amazonske šume mnogo mlađi nego što se pretpostavljalo i da su veliki dijelovi Amazone, možda petina, zapravo bili otvoreni okoliši savane prije nego što su Europljani stigli u Ameriku. Takvo bi okruženje olakšalo razvoj civilizacije i s njom vezanog krajobraznog inženjeringa za koju je sve očiglednije da su je prakticirali stanovnici, od kojih su mnogi vjerojatno živjeli u urbanim ili prigradskim naseljima s visokom razinom društveno-političke organizacije (Carson i sur. 2014).

Prethodno izneseni materijali predstavljaju tek mali dio stvarnih saznanja o najvećoj planetarnoj rijeci Amazoni. Činjenica je da je njezin značaj za hidrološki ciklus Zemlje golem, a da se o hidrologiji i hidrografiji još uvijek nedovoljno zna. Njen utjecaj na razvoj civilizacije i osobito na ekološku održivost planete od golemog je značaja. Usprkos tome što je to poznata činjenica čini nam se da se na istraživanju brojnih aspekata te složene problematike još uvijek nedovoljno radi. ■

LITERATURA

- Alsdorf, D.; Bates, P.; Melack, J.; Wilson, M.; Dunne, T. 2007. Spatial and temporal complexity of the Amazon flood measured from space. *Geophysical Research Letters*. 34(8): 1-5. <https://doi.org/10.1029/2007GL029447>.
- Alsdorf, D.; Birkett, C.; Dunne, T.; Melack, J.; Hess, L. 2001. Water level changes in a large Amazon lake measured with spaceborne radar interferometry and altimetry. *Geophysical Research Letters*. 28(14): 2671-2674. <https://doi.org/10.1029/2001GL012962>.
- Callede, J.; Guyot, J. L.; Rronchail, J.; Molinier, M.; De Oliveira, E. 2002. L'Amazone à Óbidos (Brésil): étude statistique des débits et bilan hydrologique. *Hydrological Sciences Journal*. 47(2): 321-333. <https://doi.org/10.1080/0262666020949293>.
- Carson, J. F.; Whitney, B. S.; Mayle, F. E.; Iriarte, J.; Prümers, H.; Soto, J. D.; Watling, J. 2014. Environmental impact of geometric earthwork construction in pre-Columbian Amazonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111(29): 10497-10502. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321770111>.
- Chaudhari, S.; Pokhrel, Y.; Moran, E.; Miguez-Macho, G. 2019. Multi-decadal hydrologic change and variability in the Amazon River basin: understanding terrestrial water storage variations and drought characteristics. *Hydrological Earth System Sciences*. 23(7): 2841-2862. <https://doi.org/10.5194/hess-23-2841-2019>.
- Coe, M. T.; Costa, M. H.; Botta, A.; Birkett, C. 2002. Long-term simulations of discharge and floods in the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 107(D20), LBA 11-1-LBA 11-17. <https://doi.org/10.1029/2001JD000740>.
- Coe, M. T.; Costa, M. H.; Howard, E. A. 2008. Simulating the surface waters of the Amazon River basin: impacts of new river geomorphic and flow parameterizations. *Hydrological Processes*. 22(14): 2542-53. <https://doi.org/10.1002/hyp.6850>.
- Coe, M. T.; Costa, M. H.; Soares-Filhoc, B. S. 2009. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River - Land surface processes and atmospheric feedbacks. *Journal of Hydrology*. 369(1-2): 165-74. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.02.043>.
- Comtos, J.; Tripchevich, N. 2014. Correct placement of the most distant source of the Amazon River in the Mantaro River drainage. *Area*. 46(1): 27-39. <https://doi.org/10.1111/area.12069>.
- Janský, B.; Engel, Z.; Kocum, J.; Šefrna, L.; Česák, J. 2011. The Amazon River headstream area in the Cordillera Chila, Peru: hydrographical, hydrological and glaciological conditions. *Hydrological Sciences Journal*. 56(1): 138-151. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.544257>.
- LeFavour, G.; Alsdorf, D. 2005. Water slope and discharge in the Amazon River estimated using the shuttle radar topography mission digital elevation model. *Geophysical Research Letters*. 32(L174041): 1-5. <https://doi.org/10.1029/2005GL023836>.
- Li, W. H.; Fu, R.; Dickinson, R. E. 2006. Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*. 111(D2): 1-14. <https://doi.org/10.1029/2005JD006355>.
- Malhi, Y.; Roberts, J. T.; Betts, R. A.; Killeen, T. J.; Li, W. H.; Nobre, C. A. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*. 319(5860): 169-172. <https://doi.org/10.1126/science.1146961>.
- Richey, J. E.; Nobre, C.; Deser, C. 1989. Amazon River discharge and climate variability - 1903 to 1985. *Science*. 246(4926): 101-103. <https://doi.org/10.1126/science.246.4926.101>.
- Skole, D.; Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science*. 260(5116): 1905-1910. <https://doi.org/10.1126/science.260.5116.1905>.
- Skole, D. L.; Chomentowski, W. H.; Salas, W. A.; Nobre, A. D. 1994. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. *BioScience*. 44(5): 314-322. <https://doi.org/10.2307/1312381>.
- Zakharova, E. A.; Kouraev, A. V.; Cazenave, A.; Seyler, F. 2006. Amazon River discharge estimated from TOPEX/Poseidon altimetry. *Comptes Rendus Geoscience*. 338(3): 188-96. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2005.10.003>.
- <https://www.britannica.com/place/Amazon-River/Physical-features#ref277047> (pristupljeno 7. siječnja 2024.)
- <https://www.bbc.com/news/science-environment-67940671> (pristupljeno 16. siječnja 2024.)

