

ЦРНОГОРСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ
ГЛАСНИК ОДЈЕЉЕЊА ПРИРОДНИХ НАУКА, 20, 2014.

ЧЕРНОГОРСКАЈА АКАДЕМИЈА НАУК И ИСКУССТВ
ГЛАСНИК ОДДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК, 20, 2014

THE MONTENEGRIN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
GLASNIK OF THE SECTION OF NATURAL SCIENCES, 20, 2014.

UDK 551.4.04

Milutin A. Lješević, Jelena Golijanin***

MESTO I ULOGA MORFOGENEZE U GEOMORFOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

Sažetak

Pod pojmom *morfogeneza* se podrazumeva način i vreme nastanka oblika reljefa na Zemljinoj površini. Pri tome se u ovom naučnom problemu posebno ističe izučavanje geomorfoloških procesa i njihovo trajanje. Taj naučni postupak podrazumeva korišćenje niza metoda za determinaciju apsolutnog i relativnog vremena nastanka i trajanja geomorfoloških elemenata. Ovaj naučni problem je oduvek bio interesantan za geomorfologiju kao nauku, ali je tek u novije vreme dobio naučnu satisfakciju, čime se geomorfologija potvrdila kao svojevrsna nauka na razmeđu između geografije i geologije. Cilj ovog rada je da ukaže na gnoseološki smisao geomorfološkog metoda.

Ključne reči: geomorfologija, morfogeneza, apsolutno vreme, relativno vreme, oblici reljefa

THE PLACE AND ROLE OF MORPHOGENESIS IN GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH

Abstract

The term morphogenesis is understood manner and time of origin of the relief forms on the Earth's surface. In addition, in this issue empha-

* Prof. dr Milutin A. Lješević, Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet Nikšić

** Mr Jelena Golijanin, asistent, Univerzitet Istočno Sarajevo, Filozofski fakultet Pale

sizes the scientific study of geomorphological processes, their duration. The scientific procedure involves using a set of methods for the determination of absolute and relative time occurrence and duration of geomorphological elements. The scientific problem has always been interesting to geomorphology as a science, but only recently received scientific satisfaction, which proved to be a kind of geomorphology science at limes between geography and geology. The aim of this paper is to present the meaning of gnoseological geomorphological methods.

Key Words: geomorphology, morphogenesis, absolute time, relative time, forms of relief

1. UVOD

Među problemima koji su vezani za istraživanje reljefa izdvajaju se dva glavna: determinacija *starost reljefa* i njegov odnos prema pojmu *vreme*. Pojam starosti reljefa je teško odrediv jer je vezan za niz nerešenih problema koji se odnose za tačnost pojma stvaranje reljefa. U nizu slučajeva istraživanje starosti reljefa predstavlja poseban samostalni zadatak geomorfološkog istraživanja i on je vezan za postanak formi reljefa. Postoji skup svojstava reljefa koja omogućavaju razvrstavanje oblika reljefa koji su nastali u različitim vremenskim intervalima. U tome slučaju određivanje starosti reljefa ne može biti odvojeno od genetskih karakteristika reljefa. Ako se pridržavamo metoda klasifikacije u odredbi nastanka reljefa, tada je neophodno razmatrati i istraživanje problema starosti reljefa kao posebnog istraživačkog zadatka. Pri tom je neophodno podvući da je istraživanje povezano sa tokom razvitka reljefa. Tada možemo determinisati taj pojam.

2. POJAM STAROST I VREME NASTANKA OBLIKA RELJEFA

Pod starošću reljefa podrazumeva se trajanje elementa reljefa, počevši od momenta stvaranja. U tom slučaju starost reljefa treba označavati u vidu dvojnog indeksa sa navodom početka stvaranja i tog vremena na koje se to svojstvo odnosi. Sledstveno tome govorimo o starosti različitih oblika reljefa koji nas okružuju. Utvrđujemo da aluvijalna ravan ima holocenu starost i podvlačimo njeno drugo svojstvo. Konstatujemo da tog oblika u gornjem pleistocenu još nije bilo. I tada mi govorimo o vremenu njenog postanka, a ne o starosti tog oblika. Tada je neophodno deter-

minisati pojam starost reljefa. Pod pojmom *starost reljefa se podrazumeva vreme nastanka oblika ili elementa reljefa ili reljefa u celosti date teritorije*. Neki autori izdvajaju više elemenata kojima se determiniše starost reljefa:

- vreme nastanka (starost) reljefa;
- vreme početka morfogenetske transformacije reljefa;
- vreme stvaranja tipičnog morfogenetskog oblika reljefa ili *morfogenetska starost* reljefa;
- vreme okončanja morfogenetske transformacije.

Ovakvi pojmovi se mogu pokazati korisnim pri usavršavanju metoda istraživanja morfogeneze. Pojam *starost reljefa* je nezavisan od pojma *nastanak reljefa (ili elementa)*. Ovi termini pred istraživača mogu postaviti niz pitanja. Podvucimo da je starost reljefa vezana za pojam *vreme*. U nizu geomorfoloških metodoloških radova se javlja uporedba pojmova *vreme* i *starost reljefa*.

Pojam vremena i pojam prostora predstavljaju osnovu nauke uopšte i kao takvi ostaju do današnjih dana nedeterminisani. Još je I. Njutn, dajući odredbu pojma apsolutnog vremena na koje se oslanja klasična mehanika. U geomorfologiji su važna oba pojma – i prostor i vreme. Naime, svaki geomorfološki elemenat mora biti prostorno determinisan. I vremenska komponenta je značajna kada je reljef u pitanju jer nastanak elemenata reljefa je vezan za određeni vremenski interval, kao i promene tih oblika i njihovo nestajanje.

Po Njutnu, prostor je prazna bit u kome su smeštene stvari odnosno supstance. Prostor je po njemu bestelesan i apsolutno prohodan. On ni na šta ne deluje niti trpi bilo kakvo dejstvo. On je trodimenzionalan i beskonačan, jednorodan i izotropan i njegovi delovi se ni po čemu ne razlikuju jedni od drugih. To je „beskonačna kutija bez zidova”, čista ekstenzija sama po sebi. Prostorni odnosi su uvek isti. Geometrija prostora je univerzalna, to je Euklidova geometrija. Od prostora kao takvog (apsolutni prostor) I. Njutn razlikuje ekstenziju tela. Ekstenzija je osnovno svojstvo materijalnih tela. Apsolutni prostor zbog istovetnosti svojih delova je nemerljiv i nesaznatljiv. Mi možemo izmeriti rastojanje samo među „materijalnim tačkama” i uglove između pravaca koji prolaze kroz te tačke. Položaj tela je moguće izmeriti samo u odnosu na druga tela. Drugim rečima nauka i praksa se odnose samo na relativni prostor. Njutn nije tačno determinisao pojam prostora niti njegova svojstva. Po Njutnu, prostor je

nematerijalan i odvojen od materije, a merenja su moguća samo kada su u pitanju materijalne stvari.

U istoj knjizi Njutn raspravlja o vremenu. Kao i kod rasprave o prostoru, on karakteriše vreme, izdvajajući dva njegova tipa: a) apsolutno vreme; b) relativno vreme. Vreme po Njutnu ni od čega ne zavisi i ne trpi ni od čega uticaje. Ono je kao i prostor pojam koji je sam po sebi poznat, ali neodrediv. U njemu su smešteni događaji. Tok događaja ne utiče na tok vremena, a vreme ne utiče na tok događaja. Iz toga proističe da vreme ne zavisi od događaja. Za razliku od prostora, po Njutnu vreme „teče” stalno i bez zastoja, bez prekida i bez promena, ubrzanja ili usporjenja, protiče ravnomerno iskazano kao trajanje. Spoljašnja mera trajanja koja se upotrebljava u svakodnevnom životu umesto realnog matematičkog vremena su mere kao što su: sat, dan, mesec, godina itd.

Za geomorfologe je važno Njutново takozvano relativno vreme, koje je vezano za određivanje starosti reljefa. Obratimo pažnju na to da u predstavama tog velikog fizičara i mislioca postoji *primarno neodredivo saznanje*. Priroda vremena po I. Njutnu je nepoznata. Podvucimo da po njemu apsolutno vreme nije astronomsko već matematičko vreme. *Relativno vreme* po njemu je jedinstveno ili fizičko vreme koje se meri pomoću nekog ravnomerno proticajućeg procesa. Otuda se može izvesti zaključak da fizičko vreme nema odnos prema apsolutnom vremenu. Verovatno da se i geološko vreme ne javlja kao deo apsolutnog vremena ako se pridržavamo Njutnovе taksonomije. Geohronološka skala je jedan od primera relativnog vremena koje se meri. On je tvrdio da vreme i prostor nisu međusobno povezani. Po Njutnu, prostor je svojevrsan „smeštaj” za stvari (tela) sa apsolutnom ekstenzijom. Vreme po njemu predstavlja „smeštaj” za događaje ili apsolutno trajanje.

Da bismo se bavili geomorfološkim vremenom moramo odabrati vremensku kategorizaciju u kojoj vreme protiče ravnomerno i može se meriti. Ako se preobražaj reljefa odvija u saglasju sa geološkim događajima, to geološko vreme ne mora imati adekvatan smisao. Ukoliko su relativni vidovi vremena izmerivi, moguće ga je uvezati u jednu vremensku skalu te se može govoriti i o svojevrsnom „geomorfološkom kalendaru”.

Pojam vremena kao faktora koji utiče na svojstva i intenzitet procesa razmatrali su mnogi geomorfolozi i drugi naučnici iz sektora prirodnih nauka. Neki od njih tvrde da je vreme agens odvijanja procesa i kao takvo dominantan faktor ravoja i modifikacije elemenata reljefa, tvrdeći da je ono ravnopravan faktor stvaranja oblika reljefa ili pojedinih elemenata

erozije ili akumulacije. Ovi autori se ne bave filozofijom vremena i prostora kao kategorijalnih činjenica već tvrde da su vreme i prostor realna stanja materijalizovana kroz procese i pojave. Njutnovskim pogledima u filozofiji vremena i prostora se obično suprotstavlja Lajbnicovo gledište. O tim stavovima se često spore brojni geomorfolozi. Postoje izvesne analogije među pogledima Njutna i Aristotela kada su u pitanju kategorijalni pojmovi kakvi su po njima prostor i vreme. Aristotel je o tome pisao:

1. Mesto predmeta nije svojstvo samog predmeta, ali ga ograničava i obuhvata.

2. Sadržaj mesta objekta nije manji niti veći od objekta samog po sebi.

Aristotel je tvrdio da vreme ne može biti brže niti sporije osim malo ili veliko, duže ili kraće. Nije teško uočiti bliskost stavova ova dva mislioca iz različitih vremena.

Pojam forme je teško odrediv. Reč forma (oblik) kod većine se odnosi na nešto vanjsko odvojeno od sadržaja. U logičkoj taksonomiji ovaj pojam podrazumeva: spoljašnji izgled, unutrašnju strukturu, građu, veze, način međusobnog dejstva delova i elemenata objekata i pojava. Ovde nam je interesantno mišljenje Lobačevskog da „u prirodi mi znamo samo kretanje”. Ako govorimo o pogledima na svet savremene geomorfologije, moramo prihvatiti činjenicu da savremena geomorfologija koristi trodimenzionalno model prostora definisan kroz euklidsku geometriju. U geomorfologiji je posebno interesantna teorija A. Ajnštajna o relativnosti vremena i prostora, ali se u ovom radu nećemo baviti tom problematikom.

Mi merimo rastojanja među elementima i oblicima reljefa među momentima početka nastanka poplavnog talasa pri izučavanju poplava, merimo dubine jama, visinu terasa i sl. Ta rastojanja su nam često neophodna radi utvrđivanja brzine oblika formiranja reljefa i karakteristika nekih procesa. Za ovo se pokazalo dovoljnom predstava o trodimenzionalnom prostoru, model razvijen od Euklida.

3. METODE MORFOGENETSKE DETERMINACIJE U GEOMORFOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

U današnje vreme se veoma obimno razmatra problem nastanka i razvoja reljefa, pri čemu se imaju u vidu uslovi pod kojim nastaju i razvijaju se tipične forme reljefa. Tako se za morenske grede vezuje vreme lednika, za plavna područja i za klizišta se traže karakteristični faktori koji dovode do klizanja mase zemljišta i sl. Pri tome se uzima u obzir činjenica da ni uslovi ni faktori tokom vremena ne ostaju neizmenjeni ni u pro-

storu ni vremenu. Tipični dokazi široko rasprostranjenih procesa stvaranja reljefa su poznati. Istraživaču je zadatak da što je moguće preciznije fiksira u vremenu i „sazna” njihov gnoseološki očekivani „portret”. Među metodama geomorfološkog istraživanja izdvajaju se tri osnovne grupe: kabinetske, laboratorijske i terenske.

Kabinetske metode u geomorfologiji podrazumevaju izučavanje reljefa na bazi topografskih, geomorfoloških i geoloških karata, avionskih i satelitskih snimaka, geoloških stubova i profila, literaturnih i elaboratskih zapisa itd. Istraživanje reljefa na topografskim kartama omogućava da se obave određena morfografska i morfometrijska istraživanja. To dalje omogućava da se obave izvesne korelacije među oblicima i na bazi toga donesu potrebni zaključci. Geomorfološke karte omogućavaju da se sagleda niz geomorfoloških pojava na Zemljinoj površini, da se izvrše određena upoređivanja i konstatacije. Pogrešno je osloniti se samo na geomorfološku kartu jer ona ne može da zabeleži sve pojave, ona ne može da uđe u ceo sistem morfofenetskih procesa. U svakom slučaju ona je dobra kao uvod za istraživanja i ona skraćuje rad na terenu. Geološke karte daju određene elemente u vezi sa starošću podloge i određene strukturne elemente, pa se mogu koristiti za izvesna morfofenetska istraživanja i zaključke. Ni ona ne može zameniti terenska istraživanja jer je morala da bude izvršena generalizacija zbog obilja materijala koji se morao naći na karti. Korišćenje geoloških stubova i profila je korisna podrška istraživanju jer omogućuje da se sagleda dubinski raspored određenih struktura. Međutim, geološki stubovi su retki i odnose se samo na pojedine tačke, a znamo da postoje velike razlike i na relativno bliskim područjima. Geostrukturni profil se odnosi na izabranu, često reprezentativnu liniju, ali ni on ne može biti dovoljan za strukturno geomorfološka zaključivanja mada je veoma korištan. *Avionski i satelitski snimci* omogućavaju da se reljef sagleda iz „ptičje perspektive”, što je veoma korisno jer na terenu se ne može sagledati celokupan teren, pa je to svakako velika pomoć. Na avionskim snimcima se mogu obaviti i izvesna precizna merenja i determinacije položaja objekata i pojava na površini. Na snimcima se mogu rekonstruisati i neke strukturne karakteristike, izvršiti upoređivanja. Najbolje je kada se ovi snimci kombinuju sa topografskim, geološkim i geomorfološkim kartama.

Geomorfološka i srodna, pre svega geološka, *literatura* može da bude veoma značajan ulazni segment geomorfološkog istraživanja. Iz literature se saznaju dotadašnja istraživanja, uporede se istraživački rezultati i na bazi toga se istraživač uvodi u problem i postavljeni zadatak. Ne tre-

ba se osloniti samo na literaturu jer istraživači koji su se bavili ranije nisu mogli da se bave detaljima sa terena, mogu se desiti i greške zbog subjektivizma u istraživanju, onovremenskih metoda koje nisu bile egzaktno itd. To ne znači da treba ignorisati literaturu jer bi to značilo rad ispočetka, što istraživaču ili istraživačkom timu otežava a često i onemogućava dobar rad, jer zahteva znatno više vremena.

U kabinetske metode uključujemo i postistraživački rad kao što je izrada grafičkih priloga, kartiranje terena, izrada elaborata ili naučnog, tj. stručnog rada. Dobra obrada i prezentacija istraživačkih rezultata je veoma značajan zadatak. Bez toga rad na terenu gubi na kvalitetu i on nije dovoljan niti efikasan. U kabinetu treba sačiniti plan istraživanja na bazi topografske, geološke, hidrogeološke i hidrološke karte, literature i adekvatnih priručnika i praktikuma. Predvideti analitički, istraživački, obrađivački i zaključni deo. Posebno treba naglasiti pripreme tima za terenska istraživanja, pripremu pribora, reagenasa, provere pripremljenosti (fizičke, psihičke i mentalne) za rad u određenim terenskim uslovima.

Laboratorijske metode u geomorfologiji su raznovrsne i u novije vreme neophodne. Tu je skup različitih metoda kao što su hemijske, fizičke, pedološke, sedimentološke, granulometrijske itd. *Hemijske metode* u geomorfologiji imaju zadatak da se ustanovi intenzitet hemijske erozije, sagleda hemijski i mineraloški sastav podloge, a time omogući analiza intenziteta erozivnih procesa i promena. One mogu biti klasične i instrumentalne, terenske ili u laboratoriji. *Fizičke metode* se odnose na merenje određenih fizičkih polja, ali i na određene fizičke karakteristike agnasa pre svega geološke podloge. Misli se na istraživanje tvrđine i čvrstine stena, poroznost i ispućalost, otpor na pritisak i smicanje, elektro i termo provodljivost itd. *Pedološke, sedimentološke i granulometrijske metode* se vrše uglavnom za rastresite materijale na površini ali i u dubljim slojevima ukoliko su nevezani, kao što su sedimenti i nanosi u pećinama i jamama, ali i u drugim pukotinama. *Radiometrijske metode* se uglavnom koriste za determinaciju starosti reljefa.

Terenske metode u geomorfologiji su za sada najvažnije jer su one pre svega konkretne i vezane za konkretan teren. Terenske metode uključuju obilazak terena (prospekcija), određena merenja (morfometrija i kvantifikacija), uporedne analize (morfološka korelacija) itd. Prospekcija terena se planira u kabinetu na bazi literature, karata i snimaka. Tada se biraju reprezentativne maršrute, kao i reprezentativni lokaliteti. Obilaskom terena se determinišu interesantni objekti i pojave, koji se detaljno istražu-

ju. Na terenu se beleže istraživanja, skiciraju odgovarajuće relacije, kartira teren, vrše grafičke analize. Na terenu se radi zapisnik, uzimaju uzorci stena, sedimenta, zemljišta i vode. Vrše se merenja na licu mesta temperature vode i zemljišta, pH, konduktometrija, oksimetrija i nefelometrija, kao i jednostavne hemijske analize, naročito kod lako izmenjivih parametara kao što je sadržaj CO_2 u vodi ili kiselost.

Uzimanje uzoraka vode, vazduha, zemljišta ili stena, veoma je važan postupak u svakom terenskom istraživanju. Pre nego se pristupi uzimanju uzoraka neophodno je sačiniti detaljan plan uzorkovanja. Pod time se podrazumeva planiranje postupaka uzimanja uzoraka, načina zaštite i održanja uzoraka u izvornom obliku. Pri tome je neophodno pridržavati se principa da uzorak bude reprezentativan i da nije izmenjen tokom uzorkovanja, kao ni pri njegovom transportu do laboratorije ako se ti uzorci analiziraju u laboratorijskim uslovima. Uzimanje uzoraka uveliko zavisi od vrste analitičkih metoda koje će kasnije biti korišćene, od potrebne detaljnosti istraživanja, od novca koji je na raspolaganju za dalji rad i od složenosti terenskih uslova.

U istraživanjima se uzimaju uzorci stena (sveže ili raspadnute), rečni, jezerski ili morski sedimenti (različitog granulometrijskog sastava), voda (kišnica, izvorska, podzemna, rečna, jezerska ili morska), zemljište, vazduh, sneg, led itd. Pre nego se uzme uzorak neophodno je odrediti tačnu lokaciju uzorkovanja. To se radi pomoću GPS uređaja. Ta lokacija se upiše u za uzorkovanje pripremljeni zapisnik. Za potrebe morfološke analize terena na teritoriji na kojoj se izvode terenska istraživanja neophodno je sastaviti hipsometrijsku šemu. Učesnicima istraživanja je neophodno saopštiti metode predstavljanja reljefa na topografskim i hipsometrijskim kartama. Izdvajanje sitnih oblika reljefa (humovi, grede, doline, vrtače i dr) zasniva se neposredno na hipsometrijskoj karti i po pravilu ne izaziva veće teškoće. Na karti se ucrtavaju granice oblika, određuje njihova dužina, širina i visina (dubina) i nagib strana. Izdvajanje krupnijih i srednjih oblika sa vrlo diseciranim reljefom čini u početku veće teškoće.

4. DETERMINACIJA VREMENSKOG TOKA RAZVOJA GEOMORFOLOŠKIH ELEMENATA

Kada je u pitanju određivanje vremena pojave elemenata na bazi kojih se može odrediti genetska dijagnoza izučavanog reljefa postoji nekoliko pristupa. Svako objašnjenje zahteva utvrđivanje uzročno-posledičnih odnosa. Neophodno je prihvatiti da uzroci i posledice moraju biti dvojeni u prostoru ili vremenu. Interval prostora ili vremena razdvaja uzrok i posledicu

i može biti mali ili veliki. Ako je taj interval veoma mali onda govorimo o direktnom međudejstvu. Ako je interval između pojava veći tada će mehanizam međudejstva biti drugačiji. Da bismo razlikovali ova dva vida uzroka i posledica neophodno je fiksirati u vremenu momenat nastanka „uzroka”, da bi smo ga razlikovali od „posledice”. Ovde su neophodne determinacije mere vremena i načina fiksacije. Analogno tome se javlja odnos između uzroka i posledice u slučaju kada su oni i prostorno razdvojeni. Tada treba izmeriti ne samo početak nastanka date pojave već i brzine prenosa dejstvućeg impulsa. Gde je neophodno odrediti brzinu odvijanja nekog procesa tada je neophodna odredba i vremena. Potreba vremenskih procena uslovljava uvođenje u praksu geomorfoloških istraživanja i pojam „starost”.

Izučavanje starosti reljefa može imati dva cilja. Najpre je važno odrediti vremenski tok pojava (na primer, početak i kraj perioda glacijacije ili trajanje inreglacijala, ili smenu dinamičkih faza usecanja i akumulacije). Odredba vremena je neophodna kako bi se determinisale uzročno-posledične veze. U današnje vreme nijedno od geomorfoloških istraživanja ne postoji bez odredbe starosti datih geomorfoloških elemenata ili pojava. U okviru toga i bez odredbe starosti postojećih, uništenih ili pogrebenih formi reljefa. Obično, određivanje nastanka i starosti u istoriji razvitka reljefa specijalisti vrše istovremeno. Već pri opisivanju reljefa ocenjuje se stepen morfološke izgrađenosti pojedinih elemenata morfološke strukture. Primetne su razlike u njihovoj izraženosti u morfološkom smislu, stepen zaobljenosti, urezanosti ivica, zatvorenih veznih linija akumulacijama, stepen poklapanja morfoloških granica sa granicama geoloških struktura i sl. Pri upoređivanju sa drugim oblicima reljefa to omogućuje da se iskaže relativna morfološka starost. Ovi podaci su nam nužni kako za odredbu starosti reljefa tako i radi ustanovljenja toka geomorfoloških pojava. Povezivanje sa apsolutnom skalom geološkog vremena neophodno je radi utvrđivanja saglasnosti datih pojava koje se odvijaju po bliskom scenariju ali su međusobo prostorno odvojene. U tom slučaju postoje dva cilja: utvrđivanje redosleda prostorno odvojenih pojava i stvaranje opšte istorije razvitka reljefa i utvrđivanje stepena njihove sinhronizovanosti. Poslednje ima ne samo vremenski već i genetski smisao. Pojave koje se odvijaju raznovremeno mogu imati uzročno-posledične odnose. Tokom istraživanja ovih odnosa odabiraju se probe za izučavanje materijala koji su učestvovali u nastanku ili promenama formi reljefa. Time starost reljefa postaje jedna od njegovih najvažnijih karakteristika.

5. STAROST RELJEFA KAO NAUČNI PROBLEM

Nakupljanje podataka o smenama geomorfoloških stanja i određivanje starosti predstavlja poseban naučnoistraživački problem u geomorfologiji. Usavršavanje metoda određivanja starosti i povećanje njihove tačnosti omogućava proveru istinitosti podataka pomoću nezavisnih postupaka uz mogućnost razdvajanja istovremenih (sinhronih) od raznovremenih (asinhronih) pojava. To omogućuje da se sagleda raznovrsnost sinhronosti i asinhronosti lokalnih i regionalnih uzroka i posledica. Ustanovljenje fizičke prirode uzročno-posledičnih veza sinhronih i asinhronih pojava omogućilo je sagledavanje novih predstava o razvoju reljefa. Tako se javila predstava o *polihronosti* reljefa. U drugom slučaju se govori o *heterotrofности* oblika. Oni na jednoj teritoriji mogu biti sazđani dejstvom različitih faktora ali ne mora da to bude istovremeno. U današnje vreme oni postoje na jednoj teritoriji objedinjeni jednim geomorfološkim procesom sa mnoštvom paragenetskih odnosa. Obično se takvi teritorijalni kompleksi javljaju i kao *heterogeni* i *heterotrofni oblici* reljefa. Po pravilu oni zauzimaju veliki prostor. Pri tome jedni elementi reljefa usložnjavaju morfološki izgled reljefa višeg ranga. Javilo se raznobrazje geomorfoloških paradoksa kada je u relativno mladim velikim formama reljefa glavni oblik usložnjen relativno starijom formom. Na primer, u mladim akumulacijama mogu se javiti stare pogrebene doline. *Može se govoriti da je reljef Zemlje u celosti heterogenetski i heterohron*. Činjenica je da to nije slučaj samo u ovom vremenu već i u bilo kom vremenu. Istraživanje će biti sadržajnije ako bude izvršena genetsko-strukturna analiza reljefa. Analogan zaključak se može izvući i za *vremensku strukturu reljefa*. Za te potrebe neophodno je izvršiti determinaciju starosti pojedinih oblika. Jedan uzrok (na primer zahlađivanje klime ili otoplavanje) na raznim mestima na Zemlji može imati različite posledice. Ovakav vid odnosa između uzroka i posledica naziva se *metahronim*.

Karakterizacija reljefa po starosti dovela je do novih istraživačkih rezultata. Novi podaci su omogućili produbljivanje predstava o reljefu. To zahteva usavršavanje metoda određivanja starosti reljefa. Na kraju, savremena geomorfologija je ovladala sa dva pristupa rešavanja tog zadatka. Počelo se sa radovima VM. Dejvisa (1962) i njegovih učenja o geografskim ciklusima. Napomenimo da je Dejvis izdvojio tri stadijuma razvitka reljefa: *mladost*, *zrelost* i *senilnost*. Svaki stadijum karakterišu određene crte reljefa. Tako se u geomorfologiji pojavila prva vremenska skala koju ćemo ovde nazivati *geomorfološka vremenska skala*. Ova skala nije bila

ni tačna ni ravnomerna. Trajanje stadijuma prema Dejvisovim odredbama je bilo približno. Nije bila egzaktna u strogom smislu tog pojma. Ona je bila proizvoljna. Morfološki pristup je bio izložen velikim kritikama, a sve se odnosilo na ulogu vremenskih skala u procesu stvaranja reljefa. Ako se razmotri Dejvisova koncepcija, sledstveno se može izvesti zaključak de je Dejvis izabrao jedan od generalnih procesa razvoja reljefa, dajući tom procesu naziv „aplanacija reljefa”. U tom procesu je izdvojio morfološke pokazatelje koje razgraničavaju izdvojene stadijume. Dao je približne zaključke o dužini trajanja datog ciklusa čime je tu skalu vezao za apsolutno vreme. Vreme kod Dejvisa je ravnomerno i jednako usmereno.

Stadijumi se međusobno razlikuju po morfološkim obeležjima. U običnom (normalnom) ciklusu zrelost nastupa odmah posle mladosti, a starost posle stadijuma zrelosti. Zatim se ceo ciklus može ponoviti. Tako, ako tektonskim pokretima ciklus bude izmenjen, to će relativna starost biti „pomerena u stranu”. Redosled stadijuma će biti narušen. Sredinom XX veka geomorfolozi su pristupili izučavanju elemenata reljefa manjeg ranga, a ideja o mogućnosti stvaranja geomorfološkog toka na bazi morfološke skale postepeno je ušla u drugi plan. Ideja ciklusa, etapa i faza nije nestala iz geomorfološke literature. Manje po veličini forme reljefa nastaju i dobijaju zrele crte reljefa za znatno brže vreme nego što je potrebno da se pređe iz stadijuma mladosti u stadijum zrelosti kod velikih elemenata reljefa. Potrebni su bili drugi pristupi za utvrđivanje starosti malih i srednjih formi reljefa. U to vreme je postalo jasno da od određivanja nastanka reljefa manjih oblika veći značaj ima izučavanje sedimenata. Shvatilo se da se reljef i sedimenti formiraju istovremeno i u prostoru i u vremenu. Ali se ponekada razvijaju odvojeno i u prostoru i u vremenu. Oblici reljefa datog ranga i sa njima povezani sedimenti nastaju u istim uslovima i kao rezultat dejstva istih prirodnih faktora. Danas mi skoro uvek polazimo od toga da u oblasti razvoja procesa pretežno erozivnih formi reljefa u susedstvu sa njima se razvijaju i akumulativne forme. One praktično nastaju istovremeno. U vremenskom smislu njih razdvaja samo vreme prenosa materijala. Oni se stvaraju od materijala koji je bio erodovan, a zatim iznesen dalje od mesta erozije do predela stvaranja akumulacionih oblika. Ti sedimenti su dobili naziv *korelativni sedimenti*. V. Penk (1961) tako istorijski složeno razmatranje reljefa i sedimenata nazvao je *geomorfološkom korelacijom*.

Odredba starosti stena već je bila dobro razrađena u geologiji pa je pojava korelativnih odnosa između erozivnih i akumulativnih oblika omo-

gućila utvrđivanje i starosti reljefa. Ako iz formiranje akumulativnih oblika reljefa i sa njima povezanih sedimenata proističe njihova istovremenost, to se može govoriti o jedinstvenom procesu – *morfolitogenezi*. U njemu se poslednji čin stvaranja sedimenata javlja i kao poslednji oblik stvaranja elemenata reljefa. Tako su u praksi geomorfoloških istraživanja uvedene i geološke metode određivanja starosti objekata i pojava. Najviše su u praksu ove metode uvedene krajem 20-ih godina XX veka. Pri tome su korišćene dve grupe metoda – stratigrafske i paleontološke. Znatno kasnije u geomorfologiji su se počele primenjivati i radiodatacione.

Stratigrafske metode, kako je poznato, zasnivale su se na osnovnom principu po kome je moguće utvrditi da su u sedimentnom delu više ležećeg sloja sedimenata mlađi od onog ispod njega. Tu je relativno lako kazati sa preseka određenog terena da gornji mora biti mlađi od donjeg sloja. Ako površina preseca seriju tih slojeva, to je ona mlađa i od najmlađeg sloja među njima. Prirodno, ako neki sedimenti prekrivaju datu površinu, to oni moraju biti mlađi od te površine. To su jednostavni stratigrafski principi koji omogućavaju istraživaču da upoređivanjem slojeva i površine oblika reljefa. Stratigrafski metod određivanja relativne i apsolutne starosti reljefa pomaže geomorfolozima da sagledaju erozivno-akumulativnu starosnu sledstvenost sa elementima reljefa. Analognim načinom određuje se i redosled erozivnih formi koje ukazuju na smenu površinskog spiranja i akumulacije. Pri tome se mora uvideti da u procesu erozije postoji nešto drugačiji tok vremenske smene događaja. Pri tome može da sledi razdvajanje vertikalnog usecanja i bočnog podsecanja. Za ove ciljeve korisno je uvesti vrlo važan pojam – *baza erozije*. Niži prostor od baze erozije nazvaćemo *tačka premeštanja* nad kojom se u prostoru uvećavaju erozivne forme reljefa. Ako je poznat pravac premeštanja baze erozije koja može biti predstavljena linijom ili površinom, to se ispred baze erozije rasprostiru mlađi elementi reljefa koji se nalaze iza njega. Pri usecanju korita formira se padina koja preseca stare slojeve. U seriji rečnih terasa pri odsustvu narušavanja i prekida jedinstvenog procesa niže postavljena terasa je mlađa od padine koja se na nju naslanja. Pri erozionom izravnavanju (altiplanaciji) padina će biti mlađa od podinske terase.

Paleontološke metode određivanja starosti sedimenata sastoje se u tome što većina sedimenata uključuje u sebe biljne u životinjske ostatke u vreme kada se obavljala akumulacija. U toku dužeg vremena a pomoću uporedne analize paleontologija je nagomilavala podatke o hronologiji smene oblika života na Zemlji. Tu smenu možemo posmatrati i kao pose-

ban proces kojim se determiniše tok „paleontološkog vremena”. Po tome principu se može govoriti u kom se vremenu formirao neki element reljefa. Ove paleontološke metode ispunjavaju dvojnu funkciju. Najpre one pomažu da se odredi starost sedimenata, ali i da se determinišu i predeono klimatski uslovi toga vremena u kome se odvijala akumulacija i razvoj reljefa. Kod paleontoloških metoda postoje i izvesni nedostaci. U svakom sedimentu se ne mogu naći organski ostaci ili druga paleontološka svedočanstva o uslovima stvorenih slojeva, a poznat je i efekat pretaložavanja, kada se paleontološki ostaci mešaju u mlađe akumulacije. U današnje vreme paleontološke metode se veoma razvijaju. Kod njih je primetna specijalizacija gde se javilo mnoštvo posebnih metoda. Sa njihovom pomoći determinisana je i fauna i flora. U geomorfološkim analizama pre drugih su ušle palinološke i dijatomejske analize, a zatim i analize ostataka sisara, reptila, riba, školjki i drugih životinja i delova biljaka. U kvartarnoj geomorfologiji (tačnije u geomorfologiji pliocena, plestocena i holocena) aktivno se koriste principi klimatske stratigrafije, koje daju osnove za determinaciju starosti reljefa.

Metode apsolutne geohronologije. Potencijalna mogućnost korišćenja metoda geohronologije za određivanje geološkog vremena pojavljuje se posle radova A. O. Nira o razvitku uransko-olovnog metoda (1940). Poznato je da su metode određivanja apsolutne starosti u većini povezane sa izučavanjem izotopa. Danas se za te potrebe koriste više od 10 metoda. Važno je da obratimo pažnju na to da pri određivanju starosti sedimenata pomoću svakog od navedenih metoda apsolutne geohronologije bude izabran neki proces koji protiče ravnomernom brzinom u određenom intervalu vremena. Svakom metodi odgovara određeni proces.

Specijalisti koji se bave razvojem aparature za analizu uzoraka odavno su uveli procenu mogućih grešaka, koje su neizbežne pri takvim analizama i merenjima. Greška je tesno povezana sa odredbom vremena poluraspada izotopa različitih elemenata. Za razne radioaktivne izotope veličina moguće greške je različita. Tako za izotope urana i torijuma iznosi do 2%, a za rubidijum i kalijum može da bude i do 40%. Za starost kenozoika one ne prelaze više od 2%. Za geomorfološka istraživanja te greške su veoma važne, jer one mogu da obuhvataju velike vremenske intervale, jednake vremenu stvaranja izučavanog reljefa.

Za odredbe apsolutne starosti stena Koriste se i druge metode. Treba najpre navesti *paleomegnetne metode*. Kako je poznato one su zasnovane na dve postavke: 1. Minerali se nakupljaju u nekom lokalitetu čuvajući

Savremene metode utvrđivanja hronometrije pleistocena po Simonovu

Metod	Oblast primene	Dijapazon 2000 god.	Osobnosti
Radiokarbonski	Kontinentalni i morski sedimenti sa biogenim ugljenikom i karbonatima; lednici po rastvorenoj ugljenoj kiselini	0–60	Neki podaci nedokazani ali mogući
Radiosilikatni	Duboki sedimenti; po mineralnoj komponenti	0–4	Teška dijagnostika na osnovi nekosmogenog izotopa
Radioberilijumov	Duboki sedimenti; po mineralnoj komponenti	500 – 10000	Otežana dijagnostika kosmogenog berilija
Radioolovni	Priobalni morski sedimenti; tresetišta lednici, olovo koje je dospio iz vazduha sa padavinama	0 – 0,1	Neophodna detaljna analiza geochemije regiona
Jonsko-uranijumov	Dubokovodni sedimenti po mineralnoj komponenti; biogeni morski karbonati	20–400	Neophodna dijagnostika moguće migracije izotopa
Neravnotežni – uranijumski	Jezerski i pribrežni morski sedimenti po mineralnoj komponenti; biogeni morski karbonati	20–400	Neke mogućnosti nedokazane
Kalijum-argon	Minerali koji sadrže K	> 100	Daje starost minerala
Tragovi U	Vulkanski minerali koji sadrže U	>100	Daje starost minerala
Termoluminiscentni	Kontinentalni i morski sedimenti sa kvarcom, feldspatima, karbonatima, nakupinama karbonata, dubokovodni sedimenti sa amorfnim silicijumom	1 – 500(?)	Mnoge odredbe u fazi preciziranja
Amino-kiselinski	Kontinentalni i morski sedimenti sa faunističkim ostacima; biogeni karbonati	1–500	Mnoge odredbe u fazi preciziranja

„pamćenje” o paleomagnetnoj situaciji u vreme te akumulacije. 2. Izmena magnetnog pola Zemlje ima planetarni karakter. Povezivanjem podataka dobijenih putem paleomagnetnih istraživanja bilo je utvrđeno da je u poslednjih 11 miliona godina magnetno polje Zemlje menjalo svoj pola-

ritet 40 puta. U skali apsolutnog vremena te epohe su određene sa tačnošću od $\pm 5\%$. Za odredbu paleomagnetne epohe naophodno je imati karakter namagnetisanosti i povezati sa starosti uzorka stene. U slučaju primene paleomagnetnih metoda koristi se saznanje o tome da magnetno polje Zemlje postoji od davnina i nagomilavanje sedimenata uvek još od momenta formiranja magnetnog pola je pratilo promene tog magnetnog pola. Sedimentacija je bila stalna ali ne i ravnomerna. Zato u vreme svog stvaranja sloj je imao magnetne minerale koji su bili saglasni sa magnetnim poljem u to vreme. Znajući intervale vremena među stanjima i epizodama u magnetnoj istoriji Zemlje moguće ih je koristiti kao indikatore za odredbu starosti datog sedimenta. Može se tvrditi da u geomorfologiji postoje takvi procesi formiranja i modifikacije reljefa koji protiču dosta ravnomerno na bazi kojih se može dobiti sopstvena hronometrija radi izučavanja geomorfoloških stanja.

Skala geomagnetnog polariteta po A. Koku (uprosćeno)

Vreme, mil. god		Tip polarnosti epizoda	Naziv	
			epoha	
0	0,69	Pretežno prava		Brunes
0	0,02	Obratna	Lašamp	
0,108	0,114	Obratna	X-zona	
0,330	0,350	Obratna	Y-zona	
0,69	2,43	Pretežno prava		Macujama
0,87	0,93	Prava	Haramilo	
1,68		Prava	Gilza	
1,7		Obratna	Oldujej	
1,85		Prava		
1,85	2,11	Obratna		
2,11	2,13	Prava	Rejunion	
2,43	3,32	Pretežno prava		Gaus
2,80	2,90	Obratna	Kajena	
2,94	3m06	Obratna	Mamut	
3,32	4,50	Pretažno prava		Gilbert
3,20	3,92	Prava	Kohiti	
4,03	4,25	Prava	Nunivak	
4,36	4,50	Prava		

Za razliku od prethodnih metoda određivanja starosti, paleomagnetne metode su diskretne. One omogućuju da se odredi epoha na koju se odno-

si vreme akumulacije datog sedimenta. Određuje se vreme početka i kraja te epohe. Sva merenja dobijena paleomagnetnim metodama imaju grešku odredbe starosti koja se uvećava se starošću. Veličina greške se meri hiljadama godina u kenozoiku a milionima godina u paleozoiku i prekambriji.

Za povećanje tačnosti starosti i svojstava sedimentacije koriste se i *arheološke metode*. Važno je da ih treba primenjivati za određeno mesto za određenu formu reljefa. Za te potrebe su neophodni ostaci ljudske kulture ili artefakti sa deternminisanom starošću.

Odabirajući adekvatne metode istraživanja koje se već sprovode u geomorfologiji radi unapređenja odredbe starosti pojedinih formi reljefa i geomorfoloških procesa, može se reći da naša znanja o suštini procesa stvaranja reljefa postaju sve obimnija. Pojedini oblici reljefa nastaju i nestaju a na njihovom mestu nastaju novi koji traju izvesno vreme pa nestaju i pojavljuju se novi ponekad i na drugom mestu i u drugom vremenu. Određivanje starosti reljefa je omogućilo da se uvidi da morfogenetski procesi protiču neujednačeno i neravnomerno. Ponekad se ti procesi usporavaju a ponekad ubrzavaju. Ponekad se morfogenetski proces odvija u kratkom intervalu dobijajući karakter prirodne katastrofe. Neophodno je poznavati i vreme potpunog uništenja reljefa. Time se želi reći da je neophodno znati ne samo starost reljefa već i istoriju razvitka reljefa u datom intervalu u kome je nastajao i razvijao se pojedini oblik. To znači da je neophodno starost reljefa determinisati nekom brojnom vrednošću.

ZAKLJUČAK

Vreme nastanka i tok razvoja elemenata i struktura dominantni su naučni problemi u kompleksu geonauka, ali i drugih nauka, posebno filozofije. Ovi pojmovi spadaju u najznačajnije gnoseološke probleme brojnih nauka. Geomorfologija se počela ovim baviti u drugoj polovini 19. veka, ali je metodologija razvijena tek u drugoj polovini 20. veka, kada su ustanovljene metode radiodatacije, pelemagnetne metode i metode koje su omogućile povećanje egzaktnosti apsolutnog vremena.

U geomorfologiji je ova problematika najpre razvijena kroz determinaciju razvojnih ciklusa geomorfoloških pojava i procesa, koje je ustanovio Dejvis i njegovi sledbenici. Istina, ova teorija je doživela niz modifikacija i popravki sa pojavom egzaktnih metoda za određivanje starosti stena i organskih ostataka u njima.

Ovi problemi predstavljaju najznačajnije metodološke zahvate u geomorfologiji. Danas nema važnijeg geomorfološkog naučnog rada koji makar malo ne tretira ovu problematiku. Geomorfologija je ovim metodama i postupcima determinisala svoju naučnost.

LITERATURA

- [1] Anderson D. (1989): *Theory of the Earth*, Scientific publ., Boston.
- [2] Audin M. (2002): *Geometry*, Springer, Heidelberg.
- [3] Butler R. (1998): *Paleomagnetism*, Depert. Of Geoscience Univ. Arizona.
- [4] Dampier, W. C. & M. Dampier. (1959): *Readings in the Literature of Science*. Harper & Row, New York.
- [5] Glavatović B. (2005): *Osnovi geonauka*, Seizmološki zavod Crne Gore, Podgorica.
- [6] Gruenberg W. K, Weir J. A. (1977): *Linear Geometry*, Springer, New York.
- [7] Ласточкин А. Н., (202): *Системно-морфологическое основание наук о земле (геотопология, структурная география и опция теория систем)* НИИХ СПбГУ, Москва.
- [8] Lješević A. M. (2012): *Strukturna geomorfologija* (skripta), Geografski institut, Filozofski fakultet, Nikšić, Univerzitet Crne Gore
- [9] Ryan P. Y. (1986): *Euclidean and non-Euclidean geometry: an analytic approach*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [10] Scheideger A. E.; Langbein, W. B. (1966): *Probability concepts in geomorphology* U. S. Geological Survey professional paper, Washington, DC : United States Gov. Print. Off. Callnumber: SR 90.0002(500-C)
- [11] Симонов Г. Ю. (2005): *Геоморфология, Методология фундаментальных исследований*, „Питер” Санкт Петербург, Москва.
- [12] Simmons, J. (1996): *The giant book of scientists – The 100 greatest minds of all time*, Sydney: The Book Company.
- [13] Villamil (de) R. (1972): *Newton, The man*. G. D. Knox, London, 1931. Preface by Albert Einstein. Reprinted by Johnson Reprint Corporation, New York.