

Kritički osvrt na teoriju o geomorfološkim ciklusima Williama Morrisa Davisa

Andrija Bognar*

Do danas ne postoji teorija koja bi nepobitnim činjenicama prikazala i dokazala cjeloviti geomorfološki razvoj reljefa površine Zemlje. Povijest geomorfologije poznaje 5 teorija globalnog pristupa koje predstavljaju revolucionarni napredak u razvoju geomorfološke misli, ali niti jedna od njih nije dala odgovarajući odgovor, pojašnjenje i prihvatljivo tumačenje zakonomjernosti evolucije reljefa na našem planetu. Među njima, kao prva tzv. teorija o geomorfološkim ciklusima, veže se za ime američkog geomorfologa Williama Morrisa Davisa. Unatoč tome što u okviru nje on nastoji nastanak reljefnih oblika i njihovu evoluciju u cijelosti prikazati jednim, u to doba nadasve naprednim pristupom, ta teorija je tijekom 20. stoljeća doživjela izuzetno jaku kritiku ili je pak u cijelosti dovedena u pitanje.

U ovom radu prikazat će se bit Davisove teorije i pregled, te vrednovanje najvažnijih kritičkih primjedbi. Konačno, pokušat će se dokazati da je osnovna ideja tog velikog geomorfologa u svjetlu novih saznanja teorije globalne tektonike ploča, ipak na svoj način pozitivna.

Ključne riječi: reljef, razvoj, teorija, geomorfološki ciklusi, stadij, evolucija, pineplan

Criticism of Theory about Geomorphological Cycles by William Morris Davis

Up to this day there have been no theory which would, by undeniable facts, present and prove the whole geomorphological development of the Earth relief. History of geomorphology is familiar with 5 theories of the global approach which represent a revolutionary progress in geomorphological idea development, but none of them has given an appropriate answer, explanation or acceptable interpretation of our planet relief evolution regularity. The first one, so called theory of geomorphological cycles, is connected with the name of the American geomorphologist William Morris Davis. In the framework of that theory he tried to represent the emergence and the whole evolution of the relief forms in one, for that time very progressive way, but, in spite of that, during the 20th century, his theory experienced an exceptionally sharp criticism or was called into question in its entirety.

In this work we shall present the essence of Davis' theory and survey, then evaluation of the most important critical comments. Finally, we shall try to prove that the basic idea of this great geomorphologist is still positive in the light of new cognitions about the theory of the plate global tectonics.

Key Words: relief, development, theory, geomorphological cycles, evolution, pineplain

Rad je objavljen na engleskom jeziku pod naslovom "Theory about Geomorphological Cycles of William Morris Davis" u Geografskom zborniku Inštituta za geografiju SAZU-a, Ljubljana, 2001.

* Dr. sc., redoviti profesor, Geografski odsjek Prirodoslovno - Matematičkog fakulteta, Zagreb, Trg Marka Marulića 19/II, Hrvatska/Croatia, tel: +385 1 4828-297, e-mail: andrija.bognar@zg.hinet.hr

UVOD

Do danas ne postoji takova geomorfološka teorija koja bi s nepobitnim činjenicama prikazala (dokazala) cjeloviti geomorfološki razvoj reljefa Zemlje. Povijest naše znanosti pozna pet takvih teorija koji, u odnosu na prošlost, predstavljaju značajan korak naprijed, dapače, može se reći revolucionarni napredak u razvoju geomorfološke misli. Nisu dale cjeloviti odgovor o razvoju globalnog reljefa, već su se pokazale pogodne za pojašnjenje i tumačenje samo pojedinih slučajeva i dijelova razvojnih zakonitosti. Među njima prva se veže na ime W. M. Davisa (1908.), druga W. Pencka (1924.), treća za Konstantina Konstantinjevića Markova (1948.), četvrta za Gerasimova i Meščerjakova (1964.), i konačno peta za ime Lestera Kinga (1962.).

U okviru svoje teorije W. M. Davis, može se ustvrditi, nastojao je razvoj reljefnih oblika, štoviše, evolucije reljefa Zemlje u cjelosti, prikazati temeljem jednog nadasve naprednog pristupa. Teoriju, pri tome, razvija na prvi pogled jednostavnoj i logičkoj jednadžbi temeljenoj na tri osnovna stupa: struktura + stadij (vremensko razdoblje) + ciklus (proces).

TEMELJNE POSTAVKE TEORIJE

Početno stanje u cikličkom razvoju Zemljinog reljefa predstavlja jedna, do razine mora denudirana, blago valovita površina – pineplen, definirana kao gotovo zaravnjenu površinu - ravnjak¹. Ravnjak raščlanjuju doline položitih padina, blagog i ujednačenog nagiba (sl. 1). Pretpostavimo, kaže Davis, da se pineplen izdigne vertikalnim tektonskim pokretima. Kao posljedica toga nagib dolina se ubrzano povećava, a erozijski procesi se znatno pojačavaju. Duboke doline V izreza i visoko izdignuti neerodirani dijelovi pineplena, koji predstavljaju međudolinska rebra – kose, nepobitno ukazuju da je nakon izdizanja pineplena prošlo relativno kratko vremensko razdoblje. Na usku povezanost denudacije i reljefa upućuje mladost dominantnih morfoloških formi, V izrez dolina, prevlast dominantno konveksnih padina i velike neerodirane površine početnog nivoa ravnjaka. Upravo stoga, kako Davis kaže, područje se nalazi u mlađoj, juvenilnoj fazi razvoja (sl. 2).

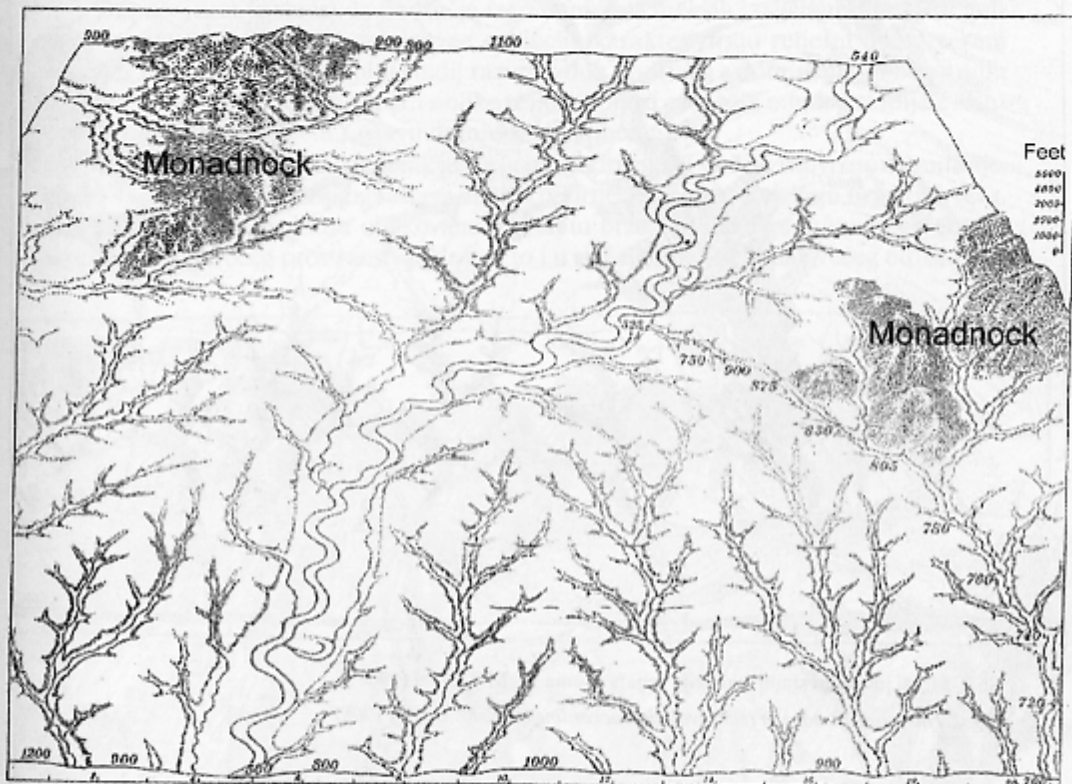
Ukoliko kasnije dođe do smirivanja tektonske aktivnosti (prestanaka izdizanja), denudacija, prirodno, i dalje djeluje. Usijecaju se doline pritoka, što rezultira daljom disekcijom ostatka pineplena. Između duboko usječenih dolina oblikuju se dobro izraženi linearno izduženi i lučno izvijeni gorski hrptovi, čiji vršni dijelovi još uvijek čuvaju prvobitnu razinu pineplena. Visoko gorska, raščlanjena površina govori u prilog tzv. starijoj juvenilnoj fazi razvoja reljefa (sl. 3).

Kako je relativna visinska razlika između mora i gorskog područja, odnosno dna (talwega), dolina još uvijek znatna, denudacija, iako smanjena po svom intenzitetu, još uvijek traje, odnosno, nastavlja se i dalje. Međudolinski hrptovi se zaobljuju i snizuju, s tim da su obilježeni tzv. normalnim padinama².

Pad (nagib) *dolinskih ravni* se ujednačuje. Više se erozijski ne usijecaju, već se šire. Poprečni profil im poprima zdjelast oblik. Takav reljef govori u mlađem matuskom (zrelom) stadiju razvoja reljefa. (sl. 4)

Slijedi starija, matuska (zrela) faza razvoja (sl. 5) reljefa područja. Uzdužni profil dolina je ujednačen, vodotoci meandrirajući otiču širokim dolinskim ravnima, dolinske

strane (padine) su položite, a međudolinska uzvišenja su se znatno snizila. Reljef područja ima obilježja sredogorja. Konačno denudacija postupno u potpunosti prestaje, značajnije raščlanjenosti reljefa nema. Područje nakon juvenilnog i matorskog razvoja ponovo preuzima značajke početnog stanja – obilježja. Reljef se nalazi u senilnom (starom) stadiju razvoja. Time je, prema W. M. Davisu, završen jedan erozijski ciklus (sl. 1).



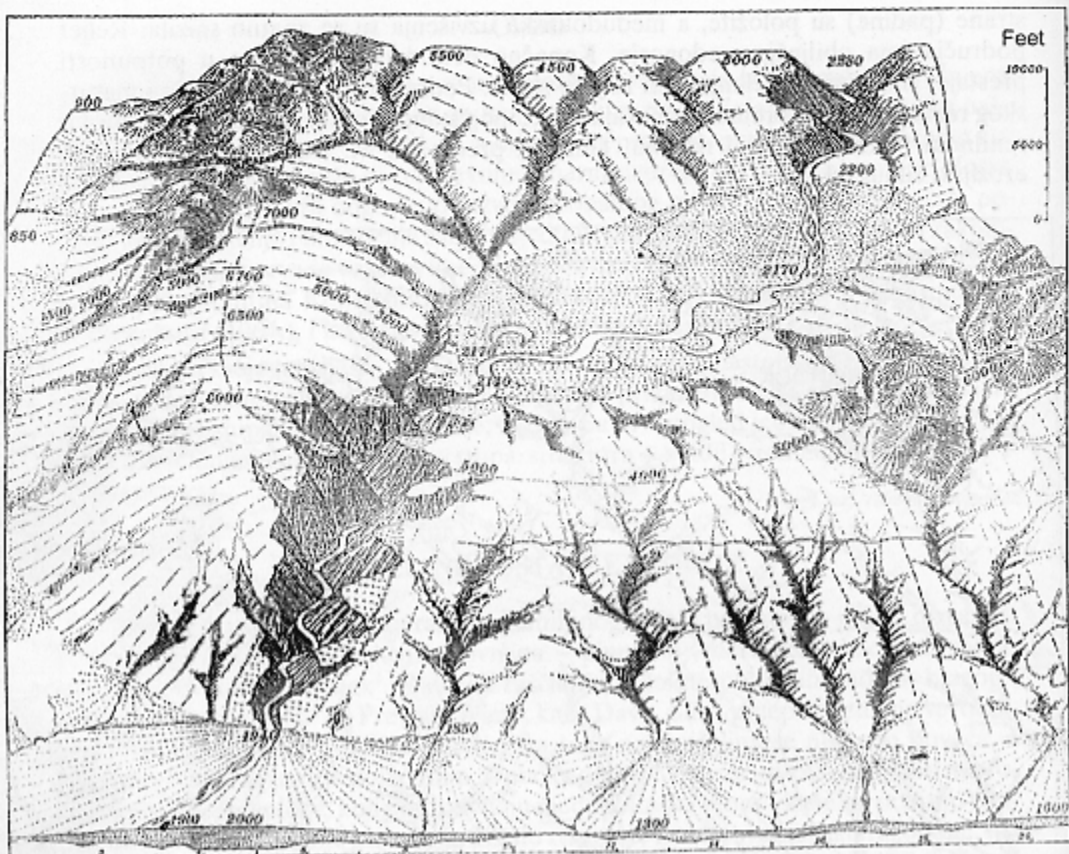
Sl. 1. Početni stadij u razvoju reljefa, koji istodobno predstavlja i završni stadij u geomorfološkom ciklusu razvoja reljefa prema W. M. Davisu - tzv. pineplen (1908.)

Fig. 1 The beginning level (peneplain) of relief revolution, which, according to W. M. Davis, in the same time represents the penultimate stage in relief evolution (1908)

Prikazana postupna evolucija reljefa tijekom jednog Davisovog morfološkog ciklusa čini se jasna. Davisove pretpostavke se čine toliko logičke i prirodne, da se ne treba čuditi, da američka geomorfološka škola sve do najnovijeg vremena učenje o geomorfološkim ciklusima smatra, u bilo kojim uvjetima, prihvatljivom evolucijskom zakonitošću.

KRITIKA TEORIJE

Međutim, *pogreške teorije su evidentne*. Prvo, evolucija reljefa, osim u veoma rijetkim slučajevima, ako se veže za manja područja, nikako ne može biti ciklička. Unutrašnje i vanjske sile u prostoru i vremenu svoju djelatnost izražavaju u međuovisnosti i



Sl. 2. Mladi juvenilni stadij evolucije reljefa prema W. M. Davisu (1908)

Fig. 2 The youngest stage in relief evolution according to W. M. Davis (1908)

to veoma različito. To znači da se, što se tiče nastanka, svaki oblik reljefa može smatrati kompleksnim i da na sebi nosi, više ili manje, obilježja utjecaja endo i egzo procesa. Znači to, osim toga, da u većim područjima heterogene i izmjenjive geološke strukture, razvoj klasičnih ciklusa nije moguć i da se nikad nisu niti mogli razviti. Pojam ciklus pretpostavlja, dapače, znači ponavljanje, povratak prvobitnog stanja i završetak kružne evolucije. O tome tijekom razvoja reljefa i pojedinih reljefnih oblika ne može biti govora, jer se utjecaj unutrašnjih i vanjskih sila ne izmjenjuje tijekom vremena. Prema tome, može biti govora samo o pojavi *kvalitativno novih stanja* tijekom oblikovanja i razvoja reljefnih oblika.

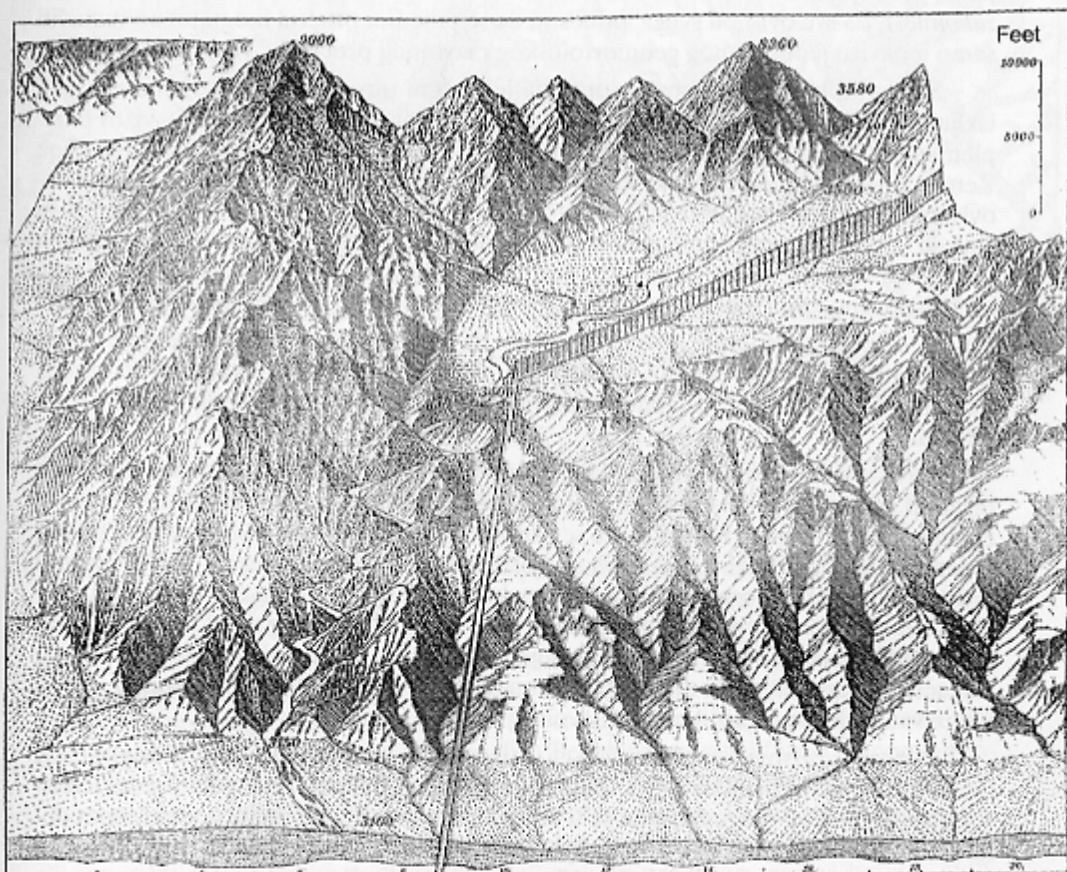
S pravom su zamjerali Davisu, kao jednu od bitnih grešaka teorije da vrijeme djelovanja denudacije smatra najvažnijim čimbenikom. Prema njemu dužina trajanja denudacije može se očitati iz reljefnih oblika. Naime, on smatra da postoji čvrsta veza između dužine trajanja denudacije i oblika (tzv. *zakon morfološke korelacije*). Takvog zakona međutim nema, on je nepostojeći (samo u određenim okolnostima, vrijedi i primjenjiv je kao pravilo). Pored denudacije, u oblikovanju reljefnih oblika, glede is-

pravne prosudbe, nikako se ne smije zanemariti *uloga litološkog sastava, klima, veličina teritorija, geološka građa i tektonski pokreti.*

U slučaju istovrsnog denudacijskog procesa područje u čijem sastavu sudjeluju "mekše" stijene biti će brže destruirano, pa će biti brža izmjena mladih, zrelih i senilnih stadija razvoja reljefnih oblika, nego, u područjima u čijem sastavu sudjeluju otpornije (tvrde) stijene.

Dapače, čest je slučaj da područje izgrađeno od "mekših" stijena (gline) u reljefnom smislu tijekom svoje cjelokupne evolucije karakteriziraju reljefni oblici vezani samo za maturaški ili pak senilni stadij razvoja; dok područja s dominacijom otpornijih stijena sve do kraja mogu sačuvati oblike reljefa koji su obilježja mlađeg stadija evolucije (posebno ona u čijem sastavu dominiraju vapnenci).

Važan geomorfološki čimbenik je i veličina područja. U slučaju istovrsne denudacije, pa čak i uniformnog litološkog sastava, manja područja se brže destruiraju nego ona veća. Osamljena gorska struktura oblikovana u granitu brže će biti denudirana nego gorska skupina koja je većeg prostranstva. Vrijedi to i u slučaju manjeg ili pak većeg otoka.



Sl. 3. Stariji juvenilni stadij evolucije reljefa prema W. M. Davisu (1908)

Fig. 3 The younger stage in relief evolution according to W. M. Davis (1908)

Nepotrebno je posebno naglašavati *odlučujuću ulogu klime*. Cjeloviti geomorfološki evolucijski ciklus već zbog toga nije moguć, jer se po pojedinim klimatskim oblastima, točnije klimatskim pojasevima, kvalitativno mijenja svojstvo denudacije, njezin intenzitet, a i djelotvornost. Unatoč istovrsnosti strukturnih oblika reljefa, isti pokazuje vrlo različita obilježja³ po pojedinim klimatskim oblastima. Ta se činjenica ne može dovesti u pitanje iako su sljedbenici Davisa razradili uz fluvidenudacijski i cikluse glacialne, pustinjske i marinske denudacije. I to stoga ne, jer ne postoji neovisni čisto denudacijski reljefni ciklusi, kao što se ne mogu odvojiti oštrim granicama niti pojedini klimatski pojasevi.

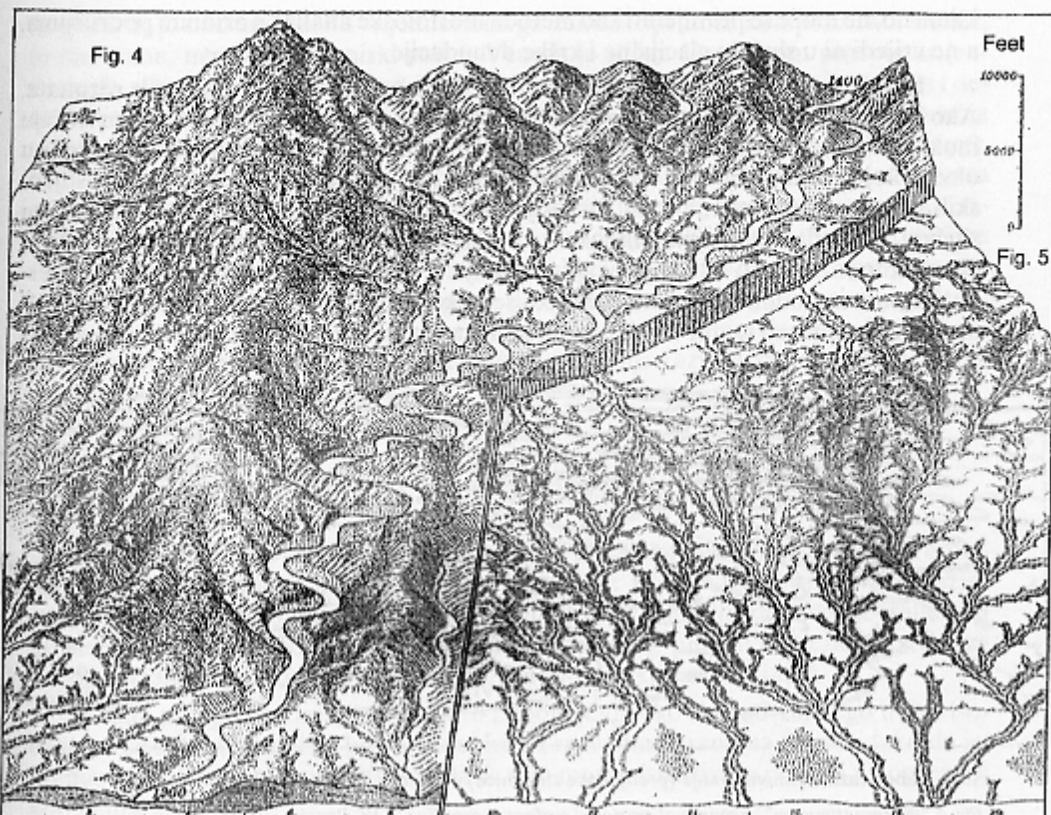
Geomorfološka kritika utvrdila je, da se neuspjeh Davisove teorije može protumačiti sljedećim: 1. Evoluciju reljefa protumačio je cikličkim procesom, 2. zapostavio je ulogu litološkog sastava, geološke građe, tektonskih pokreta i veličinu područja u odnosu na trajanje denudacijskog vremenskog intervala, 3. jedinstveni (cjeloviti) i nedjeljiv proces – geomorfološkog razvoja reljefa podijelio je na međusobno neovisne pojedine morfološke procese, s tim da je dokazanim smatrao zasebne erozijske, glacialne, pustinjske i abrazijske cikluse, što znači da je *doveo u pitanje temeljnu dijalektičku zakonitost*, da sve ovisi od svega, odnosno da se pojedini procesi mogu točno tumačiti samo u okviru jedinstvenog geomorfološkog razvojnog procesa.

Suprotno tvrdnji Davisove teorije da je završni pineplen male reljefne energije isključivo rezultat cikličkog razvoja reljefa, istraživanja su dokazala da je Davisov pineplen samo jedan od mogućih pojava oblika u konačnom razvoju reljefa površine Zemlje. Pineplene je mogla oblikovati abrazijska, a oblikovati se može, osim toga, i neovisno od linearne i bočne erozije vodotoka, na različitim hipsometrijskim razinama i u slučaju ako neko područje horizontalne građe slojeva različite otpornosti stijenskog materijala tijekom denudacije bude destruirano do nekog otpornog i permeabilnog sloja. Konačno, osim toga denudacijom može biti ekshumiran i neki fosilni pineplen.

U svjetlu navedenih kritika jasno je da se Davisova ciklička teorija može primijeniti samo u određenim situacijama. Evolucija reljefa u stvarnosti je veoma složena, gotovo nerješiva zagonetka kako je to tumačila geomorfologija 20-ih i 30-ih godina.

Davisovom agnostičkom shvaćanju temeljenom na proučavanju prirode materije i njezinih pokreta te jedinstvenosti geomorfološke evolucije, suprotstavio se W. Penck. Prema njemu evolucija reljefa može se usporediti s jednadžbom u kojoj se iz poznatih (prepoznatljivih) oblika i poznatih vanjskih sila i njihovog utjecaja može utvrditi nepoznati razvojni proces, koji, prema Pencku, u prvom redu, ovisi od vertikalnih pokreta Zemljine kore. Penck je svoju metodu nazvao "morfološka analiza". Analizom reljefnih oblika nastojao je zaključiti o razvojnem procesu i protumačiti ga. U Penckovom tumačenju naglasak je na endogenim procesima za razliku od Davisa, koji je isticao ulogu vanjskih sila na oblikovanje i evoluciju reljefa.

Ovakav je pristup Pencka logički ga je, međutim, doveo do pretjerano naglašenog mehanističkog autodinamičkog stajališta, prema kojem, "ako su endogeni preduvjeti istovjetni, ne postoji mogućnost da se u pojedinim područjima s različitom klimom oblikuju različite denudacijske forme, čija se evolucija razlikuje jedna od druge" (1924). Ovakvo krivo shvaćanje dijalektike prirode velika je greška gledanja Pencka; upravo stoga pružio je samo parcijalna rješenja kojima se ne može protumačiti cjelovitost evolucije reljefa. Temelji shvaćanja Pencka su, stoga, uži od onog u Davisa. Tome treba do-



Sl. 4. & 5. Mladi i stariji maturski (zreli) stadij u razvoju reljefa prema W. M. Davisu (1908)

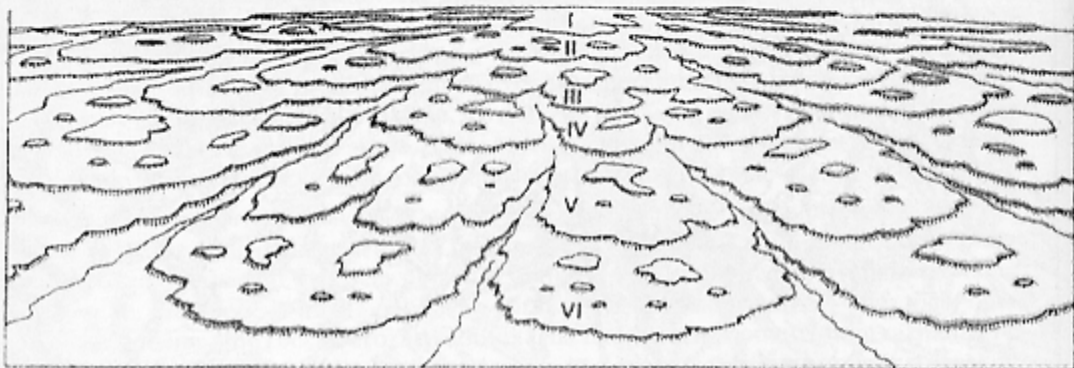
Fig. 4 & 5 The younger and older mature stages in relief evolution according to W. M. Davis (1908)

dati da on pored endogenih procesa, samo rječnu eroziju i denudaciju padina smatra značajnim čimbenicima oblikovanja reljefa, a u potpunosti zanemaruje ulogu leda, mora i vjetra.

Za razliku od Davisa koji u evoluciji reljefa pogrešno izdvaja dva, međusobno umjetno odvojena vremenska razdoblja; izdizanje epirogenetskog obilježja i, nakon toga, denudaciju; Penck naglašava da se ta dva procesa niti iz didaktičkih razloga ne smiju izdvajati. Analizirati se trebaju međusobno povezano, jer se niti u prirodi ne odvajaju, već se događaju istodobno. Zato, preporučuje Penck, ne treba raditi s velikim, već što manjim vremenskim intervalima u svrhu što točnijeg tumačenja međuovisnosti djelovanja izdizanja i denudacije. Takvu analizu Penck je nazvao diferencijalnom metodom. Temelji ju na tumačenju oblikovanja padina, jer se međuovisnost djelovanja endo i egzo procesa izražava nepobitno u samom profilu padina. Ta mu je tvrdnja veoma prihvatljiva i točna no, daleko bi otišli ako bi detaljno analizirali rad Pencka, jer to i nije cilj ove studije. Ipak, treba primijetiti da je Penckova predstava, prema kojoj je oblik poprečnog profila padine funkcija međuovisnosti djelovanja izdizanja i denudacije (fluvijalna erozija i spiranje) u osnovi točna, ali vrijedi samo za područja humidnih

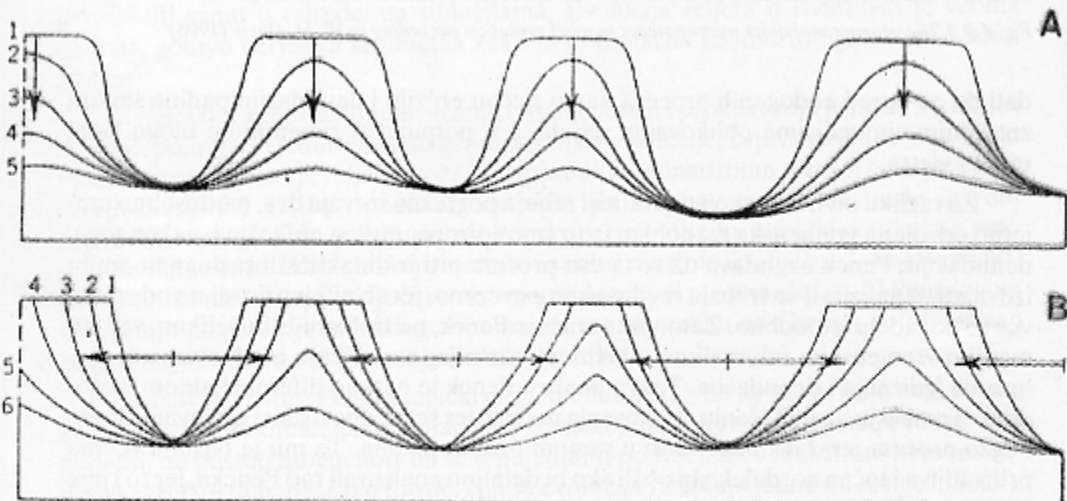
klima no, ne može se primijeniti kao metoda morfološke analize u aridnim područjima, a ne vrijedi ni u slučaju glacijalne i krške denudacije.

Primjenom metode morfološke analize, Penck je došao do slijedećih rezultata. Ako brzo izdizanje slijedi dugo tektonsko mirovanje, onda u tom i samo u tom slučaju može doći do evolucije reljefa prema Davisovom tumačenju, tj. do stadija pineplena u okviru kojeg se u pojedinim slučajevima mogu, kao posljedica veće otpornosti stijenskih masa, naći osamljene gore kao ostjenjaci ili tzv. monadnoci. U svakom drugom slučaju, posljedicom izmjena intenziteta i vremena trajanja izdizanja evolucija reljefa će se bitno razlikovati od Davisovog tumačenja. Ta odstupanja mogu se utvrditi diferencijalnom metodom. Primjera radi, ako se neko područje počne izdizati (ili dio podmorja izdigne iznad razine mora, ili pak se neko ravničarsko područje počinje izdizati)



Sl. 6. Rubne razine zaravnjavanja (predgorske stepenice) prema W. Pencku (1924)

Fig. 6 "Piedmonttrepfen" or marginal erosional surfaces according to W. Penck



Sl. 7. Razvoj reljefa prema W. M. Davisu (A) i prema W. Pencku (B)

Fig. 7 Relief development according to W. M. Davis (A) and according to W. Penck (B)

moguće, da je ono tako malih vrijednosti da ga denudacija može kompenzirati. Ostaje, prema tome, nerasčlanjeni niski reljef. Veoma je sličan Davisovom pineplenu (*endrumpf*), ali je, za razliku od njega, izraz ravnotežnog odnosa vrijednosti izdizanja i denudacije. Prema tome predstavlja početnu - i točku - oblik bilo kojeg daljnjeg razvoja reljefa. Penck je takav oblik nazvao početnom ili primarnom zaravni (*primarrumpf*). Od Davisovog pineplena razlikuju ga samo konveksne padine dolina i ostjenjačkih gora - monadnoka. Penck osim toga spominje i različite primjere evolucije razina zaravnjavanja. Davisovi pinepleni, po njegovu shvaćanju, obilježavaju velike površine starih kratona u Africi, Australiji i Brazilu. Oblikovani su kao rezultat egzogene destrukcije krajem arhaika, a nakon toga su doživjeli epirogene pokrete slabijeg intenziteta. Za razliku od kratona, razine zaravnjavanja u Alpsko-himalajskom i Andskom gorskom pojasu predstavljaju tragove početnog stadija razvoja razine zaravnjavanja - *primarrumpf*. (sl. 6/7)

PITANJE PINEPLENA I RUBNIH RAZINA ZARAVNJAVANJA

Pojam pineplen Davis koristi prvi puta 1902. označavajući njime fluvijalnom erozijom gotovo zaravnjene velike površine Zemljine kore. Oblikovane su u razini erozijskog bazisa tijekom predzadnjeg (penultimate) stadija denudacije reljefa u različitim humidnim područjima. Nastanak Davisovog pineplena vezan je za faze dugog tektonskog mirovanja snižavanjem međudolinskih uzvišenja.

Pojam pineplena kasnije se proširio i dobio je daleko širi sadržaj nego u Davisovom tumačenju. Opisani su brojni pinepleni u različitim stranama Svijeta, tako da je, prema W. O. Thurnburry-u (1954.), Davis sam morao istraživače pozvati na oprez pri korištenju tog pojma.

Najveću raspravu o teoriji izazvalo je pitanje da li se uopće može pretpostaviti tako dugo razdoblje tektonskog mirovanja koje bi procesima denudacije omogućilo oblikovanje reljefa do njegove pretposljednje faze završnog stadija razvoja. Dovedeno je u pitanje i sama mogućnost cikličkog razvoja reljefa; erozijski ciklus, po Davisovom tumačenju pretpostavlja jedan samopovratni razvoj reljefa, koji uključuje denudaciju i razdoblje tijekom kojeg dolazi do izdizanja i revitalizacije reljefa. Glavni uzrok neuspjeha Davisove teorije, prema geomorfološkoj kritici, leži u antidijalektičkom tumačenju da je evolucija reljefa kružni i samopovratni proces. U tom slučaju, ako se negira ciklički razvoj reljefa, tada je i sam pojam pineplena fikcija.

Mnogi koji su modificirali Davisovu teoriju smatraju da do razvoja pineplena može doći i u uvjetima sporog izdizanja ako je brzina izdizanja slabija od intenziteta denudacije. I u tumačenju razvoja stepeničastih denudacijskih razina zaravnjavanja u gorskim sustavima također dolazi određenim modifikacijama⁴ Davisovog tumačenja njihove morfogeneze i evolucije.

Mnogi američki sljedbenici Davisa razvoj pineplena također tumače s određenim modifikacijama. Prema W. O. Thurnburry-u dosljedni u duhu Davisa su samo oni, koji pojam pineplena koriste samo za one denudacijsko zaravnjene površine, koje su oblikovane u vršnim dijelovima međudolinskih rebara u završnom dijelu erozijskog ciklusa, i to djelomično lateralnom planacijom vodotoka i pretežno padinskim pokretima masa. Sve to de facto predstavlja, znatno dopunjenje Davisovog učenja. Treba dodati, prema

našem mišljenju, da za sve površine zaravnjavanja sličnih pineplenu, nastalih utjecajem različitih čimbenika u nekim drugim okolnostima, treba nazvati odgovarajućim, ali drugim nazivima.

Neki predlažu da se umjesto pineplen koristi naziv penepen. Sve je više radova u kojima se tvrdi da u umjerenom pojasu erozijski procesi nisu nikada mogli denudirati reljef do pineplena. Takve forme u umjerenom pojasu mogu postojati, ali samo kao ostaci jednog starijeg geološkog razdoblja s prevladavajućom tropskom klimom. Suprotno tome, uzimajući prethodno mišljenje u obzir, neki ipak ne isključuju da se pinepleni i u umjerenim širinama mogu oblikovati pod šumskim pokrivačem (Baulig, A., 1956.), i to općenito dominantnim utjecajem fluvijelne erozije (Bulla B., 1954.).

Brojni ruski (sovjetski) istraživači zastupaju mišljenje da u gorama, zbog čestog periodičkog izdizanja, denudacijski ciklus nema dovoljno vremena da zaravna reljef do krajnjeg stadija pa se stoga i ne mogu oblikovati tipski pinepleni. Nastale manje planacijske površine nazvali su denudacijskim nivoima zaravnavanja (Dumitrasko N. V., 1954., Čenijekov Ju. F., 1964. i ostali).

Nastanak *razina zaravnjavanja – pineplena* mnogi tumače dugotrajnim denudacijskim djelovanjem neke vanjske sile – procesa. Pojedinci ih smatraju *poligenetskim oblicima*, koji se tijekom vremena razvijaju izmjeničnim djelovanjem mnogih čimbenika (Penck W., 1924., Meščerjakov Ju., 1964., Klein C., 1959. itd.). *Razlikuju se, osim toga i razine zaravnavanja koje su i prostorno gledajući poligenetske*. Za takve razine zaravnavanja uz denudacijske površine vežu se i zaravni akumulacijskog i akumulacijsko-denudacijskog porijekla (Meščerjakov Ju., 1964., Spiridonov 1961.). Pécsi (1967.) prve naziva deplanacijskim, a druge aplanacijskim površinama. Dodati tome treba i najnoviju teoriju *pediplenizacije* L. Kinga (1962.) koji pretpostavlja denudacijsko zaravnavanje putem procesa pedimentacije u aridnim i semiaridnim područjima u uvjetima tektonskog mirovanja. Završna zaravnjena površina nastaje međusobno paralelnim odstupanjem padina što u krajnjoj liniji zaravnjuje uzvišenja pa se oblikuje završna denudacijska razina zaravnavanja – *pediplain*.

Pored tumačenja oblikovanja pineplena, jedno od važnijih geomorfoloških pitanja koje se nametnulo tijekom rasprava između W. M. Davisa i W. Pencka jest *morfogeneza rubnih razina zaravnjavanja ili tzv. piedmonta*. Naime, Davis je u svojim radovima ukazao da visokogorski sredogorski reljef obilježava pojava stepeničasto razvijenih razina zaravnjavanja. Nastanak im veže za cikličku evoluciju reljefa Zemljine površine. Kao primjer uzima SI dio područja sredogorskog sustava Allegheny u SAD, koje je sa svih strana, posebno prema Atlantskom oceanu, okruženo niskim, blago valovitim reljefom koji je generalno iskošen suprotno gorskom sustavu, prema oceanu. To blago valovito područje disecirano konsekvantnim dolinama Davis smatra denudacijskom razinom zaravnjavanja koja je od akumulacijske nizine uz ocean odijeljena rasjednim strmcem (Fall-line). Vršni dijelovi gorskog sustava Allegheny-a, približno sličnih visina, ostaci su istodobno jedne starije, izdignute denudacijske razine zaravnjavanja što, prema Davisu, govori u prilog da je tijekom morfološke evolucije gorski sustav bio snižen do stadija pineplena, da bi, nakon toga, općim epirogenim izdizanjem ponovo bio oblikovan u gorski sustav. Kako je izdizanje u graničnom dijelu gorske jedinice bilo slabijeg intenziteta, denudacija ga je ubrzo snizila oblikujući rubnu razinu zaravnjavanja - djelomični pineplen, dok su se istodobno centralni dijelovi gorskog sustava još uvijek nalazili u matuskom (zrelom) stadiju razvoja. Novi ciklus egzogenog

modeliranja poremetili su noviji epirogeni pokreti, što je rezultiralo izdizanjem rubne razine zaravnjavanja uz rasjedni strmac . (Fall line)

Zbog formiranja pregiba (povećani nagib) na uzdužnom profilu vodotoci su bili prisiljeni usijecati se, što je za posljedicu imalo nastanak niza brzaka i slapova.

Prema Davisovom tumačenju, oblikovanje rubnih razina zaravnjavanja ili djelomičnih pineplena svjedoči u prilog periodičkom izdizanju, za kojim pak slijedi denudacija cikličkog obilježja. Kako su i u ostalim dijelovima Svijeta otkrivene brojne rubne razine zaravnjavanja (predgorske stepenice) Davisovo mišljenje početkom 20. stoljeća bilo je općenito prihvaćeno.

Valter Penck (1924) u svojoj kritici Davisovog policikličkog učenja o razvoju reljefa dao je "autodinamičko" tumačenje nastanka rubnih razina zaravnjavanja. Naime, Penck nije smatrao dovoljno uvjerljivim Davisovo pojašnjenje. Prema Davisu, naime, površine rubnih razina zaravnjavanja, osim one najdonje, u fazi su destrukcije, što znači da predstavljaju fosilne oblike. Penck, naprotiv, smatra da se ne radi o fosilnim oblicima, već su to reljefne forme koje i danas nastaju i zapravo predstavljaju početne razine zaravnjavanja. Morfogeneza po W. Pencku bi bila slijedeća: Početni stadij može biti Davisov pineplen, s tim da je on nakon toga u ubrzanom izdizanju koje zahvaća sve veće prostore. Kao posljedica toga jača fluvijalna erozija pa se vodotoci usijecaju, i to najintenzivnije na rubovima pineplena, jer im je tu i najveći protok. To uvjetuje oblikovanje stepenice-pregiba, koji za uzvodni dio toka predstavlja lokalni erozijski bazis. Dolinske strane se postupno unazadno pomiču i šire na račun više razine. Početno slabo izraženo izdizanje nema nikakvog utjecaja na uzvodni dio porječja, jer denudacija kompenzira izdizanje pa se oblikuje početna razina zaravnjavanja ili primarrumpf, koja se interno izdiže i obilježava se oblikovanjem dubokih dolina. Razina zaravnjavanja se u obliku širokih dolinskih ravni "uvlači" u gorsko uzvišenje. *Tako nastao oblik W. Penck je nazvao piedmontom ili predgorskom stepenicom (piedmonttreppe)*, denudacijskog obilježja. Daljnjim razvojem, ukoliko se izdizanje i dalje ubrzava i zahvaća sve veće površine, piedmont se nakon nekog vremena izdiže na viši nivo, a na njegovu rubu oblikuju se novi pregibi. Tim načinom nastaje čitav niz novih razina zaravnjavanja (predgorskih stepenica), s tim da se pojedine od njih stalno šire na račun onih viših. Kao rezultat toga, u krajnjoj liniji dolazi do potpunog zaravnjavanja gorske strukture ili gorskog sustava. Unatoč tome što je temeljne postavke nastanka predgorskih stepenica po Pencku naknadna kritika u potpunosti odbacila, mišljenja smo ipak da njegova tumačenja zahtijevaju daljnja istraživanja. I na kraju, naglasili bismo da se rubna razina zaravnjavanja ili Penckov piedmont (*piedmonttreppe*) ne smije dovoditi u vezu s pojmom pedimenata koji predstavljaju de facto, predgorske stepenice oblikovane prvenstveno trošenjem, i padinskim procesima u specifičnim klimatskim uvjetima⁵.

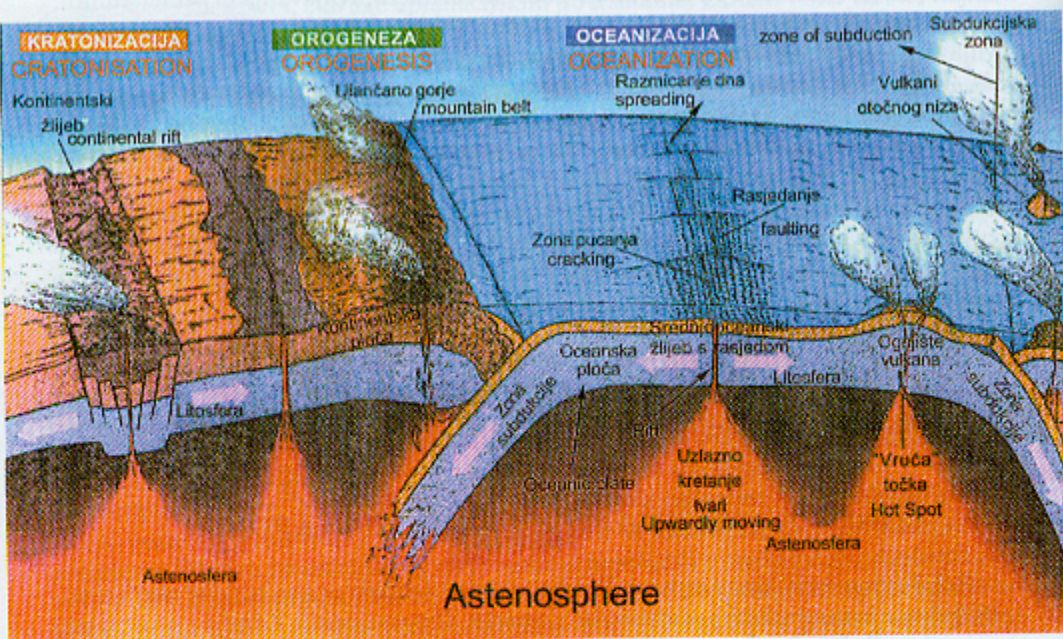
DAVISOVA TEORIJA I GLOBALNA TEKTONIKA PLOČA

Reljef (skup neravnina i ravnina Zemlje), nastaje i razvija se kao rezultat međuovisnosti djelovanja unutrašnjih i vanjskih sila i procesa. Unutrašnje sile Zemlje i procesi pri tom imaju odlučujuću ulogu u oblikovanju planetarnih, mega i makro oblika reljefa, a vanjske sile onih manjih dimenzija. Egzogeni procesi u skladu s klimom u znatnoj mjeri utječu na značajne vodoravne i okomite različitosti reljefa, s tim da su u svom djelovanju

odlučujuće usmjeravani i kontrolirani endogenim silama i procesima. Znatnog utjecaja na oblikovanje reljefa posredno imaju i litološke osobine te geološka građa Zemlje.

Razvojem i afirmacijom teorije globalne tektonike ploča po prvi puta je omogućeno da se osobine, geneza i evolucija svih važnijih geo pojava (nastanak i nestanak Zemljine kore, tektonski pokreti, vulkanizam i seizmizam) pa tako i planetarnih reljefnih cjelina (oceanski bazeni, srednjeoceanski hrptovi, subdukcijske zone i kontinentske mase s ulančanim gorskim pojasima i kratonima) objasne s jednog jedinstvenog stanovišta. *Upravo stoga evoluciju reljefa površine Zemlje treba dovesti u vezu s razvojem njezine kore u vremenu i prostoru i to u skladu s osnovnim postavkama teorije globalne tektonike ploča.*

Smatra se dokazanom etapna evolucija Zemljine kore. Razlikuju se tri temeljne etape, i to oceanizacija, orogeneza i kratonizacija (sl. 8). Može se govoriti o jedinstvu razvoja strukturalnogeomorfološkog plana Zemlje, i to obzirom da su endogeni procesi koji djeluju unutar zemljine kore, točnije litosfere, i astenosfere međusobno povezani i nose opća planetarna obilježja. *Oblikovanje i razvoj najvećih reljefnih cjelina na Zemlji vezani su za pojedine etape razvoja zemljine kore: oceanskih bazena, srednjeoceanskih hrptova i subdukcijskih zona za etapu oceanizacije, ulančanih gorskih pojaseva (Alpsko - Himalajski, Andski i Sjevernoamerički Koordiljeri) za etapu orogeneze, a oblikovanje kratona za etapu kratonizacije. Shvatiti ih treba dakle, kao izraz međuovisnosti djelovanja endo sila i procesa unutar različitih etapa jedinstvenog geotektonskog razvoja planete i njezine kore.*



Sl. 8. Glavne etape razvoja Zemljine kore i planetarnih reljefnih cjelina

Fig. 8 The main stages in the evolution of the Earth crust and planetary relief forms

Dovodeći te zakonitosti u vezu s tri Davisova stadija nepobitna je činjenica da je on prepoznao etapnu evoluciju reljefa, izdvajajući njezin mlađi (juvenilni), zreli (maturski) i stariji (senilni) stadij razvoja. Svaki od njih promotre li se učinci i generalne tendencije razvoja u skladu su s odgovarajućom etapom evolucije planetarnog reljefa tumačenog u okviru globalne tektonike ploča, i to bez obzira na temeljne razlike u tumačenju pokretačkih sila i mehanizma djelovanja vodećih geomorfoloških procesa endogenog i egzogenog obilježja. U krajnjoj liniji vrijedi i Davisova ideja o ponavljanju etapne evolucije reljefa jer se i u okviru teorije globalne tektonike ploča govori o revitalizaciji razvoja zemljine kore, a time i reljefa. Naime, remobilizacijom procesa spreadinga u prostoru kratoniziranih dijelova kontinentskih masa (Istočnoafrički jarak s istoimenim visočjem, Bajkalski rift i Centralnoazijsko visočje, Stijenjak s pojasom zavala i udolina), započinje ponovni razvoj nove zemljine kore. Naravno, ne u cikličkom, samopovratnom smislu kako je to tumačio Davis, već vrlo različito promatrajući u vremenu i prostoru. Konačno, treba podsjetiti da je Davis u okviru svoje teorije u razmatranje uzeo samo evoluciju reljefa kopnenog dijela Zemlje.

Vrijedi osim toga, i ideja o pineplenu kao izrazu krajnjeg, senilnog, razvoja reljefa. Pinepleni su naime, i u okviru globalne tektonike ploča dominantni reljefni oblici završne etape razvoja zemljine kore - kratonizacije.

POZIVNE BILJEŠKE

1. Ravnjak se u hrvatskom jeziku može definirati kao gotovo (nesavršena) zaravnjena površina - ravnica. Bognar u svom radu (1984.) orografski razlikuje nizine reljefne energije manje od 5 m/km^2 i ravnice s reljefnom energijom manjom od 30 m/km^2 .
2. Tu se misli na padine obilježene konveksnim i konkavnim dijelovima na njegovom poprečnom profilu.
3. Treba dodati da to ovisi i o intenzitetu tektonskih pokreta i njihovog odnosa prema učincima denudacije.
4. Davis pretpostavlja duže vrijeme mirovanja u razvoju gorskih sustava koji razultira oblikovanjem pineplena u penultimate fazi starijeg stadija. Slijedi povremeno izdizanje. Na rubu gorskih sustava "u mirnim" vremenskim intervalima u razini erozijskog bazisa oblikuju se djelomični pinepleni - denudacijske razine zaravnjavanja. Tamo gdje tektonske faze mirovanja nisu bile dovoljno duge, a da bi dovele do potpune destrukcije prethodnog pineplena i izdignuta uzvišenja, po Davisu, od starijih pineplena preostaju manji dijelovi stepeničasto raspoređeni na gorskom sustavu.
5. Pojam predgorska stepenica u tom smislu u hrvatsku geomorfološku literaturu uveo je A. Bognar 1980. godine. Predstavlja sinonim naziva pediment.

LITERATURA

- Baulig, H. 1956. *Peneplains ed pediplains*. - Bull de la Societe Belge d'Etrudes geogr. 25. p. 25 - 58. Gand
- Bognar, A. 1991. Osobine i zakonomjernosti oblikovanja strukturnog reljefa Zemlje, *Geografski horizont* broj 1, 1991, str. 1 - 13, Savez geografskih društava Hrvatske, Zagreb
- Bulla, B. 1954. *Altalanos termeszteti foldrajz II*. - p. 554. Tankonyvkiado, Bp.
- Büdel, J. 1957. *Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den feuchten Tropen*. - Zeitschrift für Geomorphologie, 1. p. 201 - 225. Berlin
- Čemjekov, Ju. F. 1964. *Proishozdenije i razvitija povjerhnostej denudacionogo vrvnivanja v skladčatih oblastjah*. - V svb. *Problemi povjerhnostej vrvnivanja*. Nauka, r. 151-164. Moskva.
- Davis W. M. 1902. *Geographical essays*, Gimn, p. 777. Boston. Reprinted 1954. Dover, New York
- Dumitrasko, N. V. 1954. *O genezise povjerhnostej vrvnivanja*. - *Voprosi geografii*, 2. Geografiz, Moskva
- Gerasimov, I. P. i Mečerjakov, Ju. A. 1964. *Morfostruktura i morfoskulptura zemnoj poverhnosti*. - V sb. *Problemi geografii*, Nauka, r. 225-231. Moskva.
- King, L. C. 1962. *The morphology of the Earth*. Oliver and Boyd, p. 699. Edinburgh - London

- Klein, C. 1959. Surfaces poligenieniques et surfaces polycycliques, Bull. l'Assoc. de Geographes Francais, p. 282 - 283. Paris.
- Markov K. K. 1948. Osnovnije problemi geomorfologiji, Geografiz, Moskva
- Meščerjakov, Ju. A. 1964. Poligentičeskie povjerhnosti viravnivanija. - V. sb. Problemi povjerhnostej viravnivanija. Nauka, r. 9-22. Moskva.
- Pecsi, M. 1967. A földfelszíni kulso (exogen) folyamatok osztalyozasa es nevezektani értelmezese, Foldr. Kozl. 15. p. 190 - 210
- Pecsi, M., Szilard, J. 1969. Az elegyengetett felszinek fobb kutatasi es nomenklaturai problemai, Kozlemenyek, Magyar Tudomanyos Akademia, Foldrajztudomanyi Kutato intezet, p. 153 - 176, Budapest
- Penck, W. 1924. Die morphologysche Analyse, Ein Kapitel der physikalischen Geologie, Stuttgart, p. 327.
- Ramsay, A. C. 1846. On the denudation of south Wales. Memoires, Geological Survey of Great Britain, 1. p. 297 - 335. London
- Spiridonov, A. I. 1961. Problema povjerhnostej viravnivanija v SSSR. - Bl. Mosk. obć-va ispt. pripod. Otde-len. geol. vp. 2. Moskva.
- Thurnburry, W. N. 1954. Principales of Geomorphology, John Willey, New York, p. 618
- Tricart, J. 1961. Les caracteristiques fondamentales du systeme morphogenetiques des pays tropicaux humides. - L'Information Geographique, 25. p. 155-169. Paris

SUMMARY

Criticism of Theory about Geomorphological Cycles by William Morris Davis

by
Andrija Bognar

This work deals with a criticism of Davis' theory and review of the most important critical comments of the most significant geomorphologists in the world. The basic postulates of the theory have been worked out. The gradual relief evolution during one Davis' morphological cycle seems quite clear. His assumptions seem so logical and natural.

However, the errors of the theory are evident. First, relief evolution, cannot be cyclic, except very rarely when it is connected with smaller areas. Interior and exterior forces interact very differently in space and time. It means that each relief form, with regard to its origin, can be considered and has, more or less, the features of the endogenic process influence. It also means that in larger areas of heterogenous and exchangeable geologic structure the classic cycle development is not possible, and that those cycles have never been able to establish themselves. The idea of cycle means repetition, return to the primary condition and the end of circular evolution. We can't speak about that in relief and relief form development because the influence of endogenic and exogenic forces does not alternate in the course of time. Accordingly, we can't speak about the phenomenon of the *states qualitatively new* during formation and development of relief forms.

Davis has been criticised with good reason, especially his statement that *the time of denudation activity is the most important factor*. According to him, the time of denudation can be seen out of relief forms. Namely, he thinks that there is a strong connection between the duration of denudation and its forms (a so called *morphological correlation principle*). However, that principle does not exist (it is valid and applicable only in certain circumstances). In the relief form development, besides denudation, we must not neglect *the lithological structure role, climate, territory size, geological structure and tectonic movements*.

In the case of the same denudation process, the area consisting of "softer" rocks will be destructed, so the change of youth, mature and senile stages will be faster than in the areas consisting of more resistant (hard) rocks.

The area largeness is also an important geomorphological factor. In the case of the same denudation, and even uniform lithological structure, smaller areas are faster destructed than larger ones.

It is not necessary to point out *the decisive role of climate*. The whole geomorphological evolution cycle is not possible because in particular climatic zones, denudation characteristics change in quality, i. e. its intensity changes, as well as its efficacy. In spite of the structural uniformity of its forms, relief shows very different

characteristics in particular climatic zones. This fact cannot be called into question although the Davis' followers have worked out, besides the fluvio-denudation cycle, the cycles of glacial, desert and marine denudation. It cannot be called into question because the independent, purely denudational relief cycles do not exist, just as particular climate zones cannot be divided by sharp lines.

Criticism of geomorphology has stated that the failure of Davis' theory can be explained as follows: 1) relief evolution was explained by a cyclic process, 2) the role of lithological and geological structure, tectonic movements and the area largeness in relation to the duration of denudation interval were neglected, 3) the unique (complete) and integral process of the relief geomorphological development was divided into mutually independent morphological processes; only separate erosion, glacial, desert and abrasion cycles were considered proved, which means that *the basic dialectic pattern was called into question*; and that pattern says that everything depends upon everything, in other words, that particular processes could be explained precisely only in the framework of the unique geomorphological development process.

In the light of the mentioned criticisms it is evident that Davis' cyclic theory can be applied only in certain situations.

Similarities and differences between Davis' and Penck's theories were compared. At the same time, a short criticism of Penck's theory, so called geomorphological analysis, was presented. A special attention was paid to the question of the origin and development of peneplains and marginal planation levels, and all known works of the leading geomorphologists dealing with criticism of Davis' explication of the mentioned problems were analysed. In this matter different interpretations of the planation level origin were presented.

In 1902, Davis used the notion peneplain for the first time denoting large areas of the Earth's crust nearly levelled by fluvial erosion. They were formed at the level of the erosion basis during the penultimate stage of relief denudation in various humid areas. The emergence of Davis' peneplain is connected with lowering of intervalley elevations in the phases of long tectonic rest.

The greatest discussion about the theory was provoked by the question if we can even assume such a long period of tectonic rest which would enable denudation processes to form relief to the penultimate phase of its final development stage. The possibility of the cyclic relief development was also called into question; according to Davis' interpretation, an erosion cycle supposed a cyclic relief development which included denudation and the period of relief uplift and revitalization. According to geomorphological criticism, the main reason of Davis' theory failure was in antidialectic interpretation that relief evolution was a cyclic and reversible process. But, if we deny the cyclic relief development, the notion of peneplain itself is a fiction.

Many researchers explain the emergence of *planation levels - peneplains* by a long denudation activity of an exterior force - process. Some researchers consider *peneplains polygenetic forms* which develop over time by mutual activity of many factors (Penck W., 1924, Meščerjakov Ju., 1964, Klein K., 1959 etc.). Moreover, the *planation levels which are polygenetic spatially, also differ*. Besides denudation surfaces, the plains of accumulation and accumulation-denudation origin are also connected with such planation levels (Meščerjakov Ju. 1954, Spiridonov 1961). Pécsi (1967) calls the first ones deplanation, and the second ones aplanation surfaces. In his latest theory of *pediplanation* L. King (1962) assumes denudation planation by pedimentation process in arid and semi-arid areas in the conditions of tectonic rest. Planation surface develops by mutually parallel slope deviation, which finally levels elevations, and the final denudation planation level - *pediplain* is formed.

Besides the peneplain formation interpretation, one of important geomorphological questions imposed during discussions between W. M. Davis and W. Penck is *morphogenesis of the marginal planation levels or so-called piedmonts*.

According to Davis' interpretation, the formation of the marginal planation levels or partial peneplains is evidence of periodical uplift followed by cyclic denudation. As numerous marginal planation levels (*piedmonttreppen*) had been found out in other parts of the World, Davis' opinion at the beginning of the 20th century was generally accepted.

Valter Penck (1924) in his criticism of Davis' polycyclic study about relief development gave the "autodynamic" interpretation of the marginal planation level origin. In other words, Penck didn't consider Davis' explanation convincing enough. According to Davis, the marginal planation level surfaces, except the lowest one, are in the phase of destruction, which means that they represent the fossil forms. Penck, on the contrary, thinks that it is not the question of the fossil forms, but of the relief forms which also develop at the present time and represent, in fact, base-levels. According to him, morphogenesis would be as follows: the initial stage can be Davis' peneplain, and after that, it elevates faster including larger and larger areas. As the consequence, the fluvial erosion increases and the streams cut in, most intensively at the peneplain margins, because their flow is the largest there. It causes the formation of a step - slope, which represents the local erosional basis. The valley sides gradually move backwards and widen on the expense of the higher level. The initial, slightly expressed uplift has no influence on the upstream part of the drainage basin, because denudation compensates the uplift, so the initial planation level or *primarrumpf* is formed. It elevates and forms

deep valleys. The planation level "draws into" the mountain elevation in the form of valleys. *W. Penck called so developed relief form - piedmont or piedmonttreppe* of denudational character. If the uplift goes on accelerating and extends to larger areas, after some time, the piedmont lifts to the higher level, and new steep slope is formed on its margin. In that way a series of new planation levels (*piedmonttreppe*) develop. Some of them continually extend on the expense of the higher ones. As the result, in the end, there is a complete planation of the mountain structure and mountain system. Although the subsequent criticism completely rejected the basic theses about the *piedmonttreppe* development according to Penck, I think that his interpretations need some further research. At the end, I would like to point out that the marginal planation level or Penck's *piedmont (piedmonttreppe)* must not be led into connection with the notion of piedmont, which represents the *piedmonttreppe* formed primarily by erosion and slope processes in specific climatic conditions.

The development and affirmation of the global plate tectonics theory enabled, for the first time, to explain from the unique point of view the characteristics, genesis and evolution of all important phenomena (appearance and disappearance of the Earth's crust, tectonic movements, vulcanicity and seismic waves), and planetary relief units (ocean basins, central ocean ranges, subduction zones and continent masses with Alpine mountain zones and cratons).

The phased evolution of the Earth's crust is considered proved. There are three basic stages: oceanisation, orogeny and cratonisation. Formation and development of the largest relief units on the Earth are connected with particular stages of the Earth's crust development: the ocean basins, central ocean ranges and subduction zones with the oceanisation stage, Alpine mountain zones with the orogeny stage and craton formation with the cratonisation stage.

If we compare these patterns with three Davis' stages, we come upon the undeniable fact that he recognised the phased relief evolution isolating its juvenile, mature and senile development stages. Davis' idea about a repeated phased relief evolution is valid, because in the framework of the global plate tectonics theory there is some talk about the Earth's crust development revitalisation, and thereby about the relief development revitalisation. Of course, not in cyclic, reversible sense, as Davis interpreted, but observing differently in time and space.

In addition, the idea of peneplain as the expression of the final, senile relief development is also valid. Namely, peneplains are, in the framework of the global plate tectonics, dominant relief forms of the final stage of the Earth's crust development - cratonisation.

Primljeno (Received): 10-12-2001

Prihvaćeno (Accepted): 28-1-2002