

SANJA FAIVRE

## ANALIZA GUSTOĆE PONIKAVA NA SJEVERNOM VELEBITU I SENJSKOM BILU

Sanja Faivre  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu  
HR 41000 Zagreb

UDK: 55(1)(497.13 Velebit)  
Izvorni znanstveni rad  
Ur.: 1992-08-03

Prikazana je analiza gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu. Zabilježeno je 18.059 ponikava na 947 km<sup>2</sup>.

### UVOD

U okviru morfostrukturne analize područja Sjevernog Velebita i Senjskog bila, s obzirom na izrazitu brojnost pojave, kartirana je gustoća ponikava.

Ponikve kao jedan od osnovnih krških oblika odavno su predmet istraživanja. Godine 1895. J. Cvijić započeo je među prvima morfografsku klasifikaciju ponikava. Istraživanja koja su po Cvijićevim metodama obavljali različiti istraživači (P. Lavalle 1968, P. W. Williams 1972, J. N. Jennings 1984, G. Mozösi et al., M. Day 1983, A. E. Ogden 1984, A. E. Sotto et al. 1984, J. W. Troester et al. 1984) nisu dala pouzdaniji odgovor o načinu nastanka i evoluciji ponikava. Williams i Jennings su se najviše posvetili tim istraživanjima također bez osobitih rezultata (1972). G. 1941. H. Cramer daje monografiju o ponikvama gdje se jasno udaljuje od Cvijićeva mišljenja. Cvijić nije razmišljao o morfometriji, već ih je samo dijelio po obliku (prema F. Šušteršiću). Različita istraživanja ponikava obavio je i Institut za istraživanje krša SAZU (P. Habič 1967, 1970, 1972, 1974, 1978). F. Šušteršić (1984) kvantitativnim je metodama proučavao veličinu i oblik ponikava (uz pomoć računarskih programa), a g. 1987. u okviru proučavanja sjeveroistočnog dijela Planinskog polja daje detaljne rezultate. Dao je analizu rasporeda ponikava, što nas ovdje posebno zanima. Zaključuje da je gustoća odraz litologije, tj. da je uvjetovana sitnom ispugalosti podloge. Sama morfologija ponikava kontrolirana je lokalnim strukturnim uvjetima.

Analizom gustoće ponikava u nas bavio se D. Mihaljević na području Učke i Čičarije (1992) u okviru svoga magistarskog rada "Strukturno - geomorfološke osobine Učke i jugoistočnog dijela Čičarije" u funkciji morfostrukturne analize.

Godine 1976. V. Klein daje morfografsko-morfometrijsku analizu reljefa Ličko-Goranske regije u okviru koje se bavio i analizom gustoće ponikava područja Sjevernog Velebita i Senjskog bila.

## NAČIN RADA

Za analizu gustoće ponikava na Sjevernom Velebitu i Senjskom bilu izabrana je metoda jediničnih površina, metoda piktograma (jedna točka = jedna ponikva) te metoda izoliranja.<sup>1</sup> Kao osnovna podloga upotrijebljene su topografske karte 1:25000. Jedinična površina bila je 4x4 cm (1 km<sup>2</sup>), (Sl. 1 i Sl. 2) u okviru kojih bila su zabilježena sva, više ili manje, centrična udubljenja bez obzira na oblik, dubinu, veličinu, starosnu generaciju, dakle, cijela je populacija uzeta kao jednaka. Pritom su dobiveni osnovni kvantitativni podaci, broj, gustoća i prostorni raspored.

## PRIKAZ REZULTATA

Na istraživanom području utvrđeno je 18.059 ponikava, što na 947 km<sup>2</sup> iznosi 19 ponikava po km<sup>2</sup>. Oduzmemo li, međutim, područje obuhvaćeno nultom izoliranjem (207 km<sup>2</sup>), tada dobijemo 18.059 ponikava na 557 km<sup>2</sup>, tj. 32,4 ponikve po km<sup>2</sup>. Gustoća po km<sup>2</sup> varira od 0-97 pon. po km<sup>2</sup>.

Ponikve su morfološki izraz procesa okršavanja jednog područja. Intenzitet njihove pojave u prvom je redu uvjetovan sa 4 osnovna čimbenika: 1. litološkim, 2. strukturnim, 3. tektonskim, 4. klimatskim.

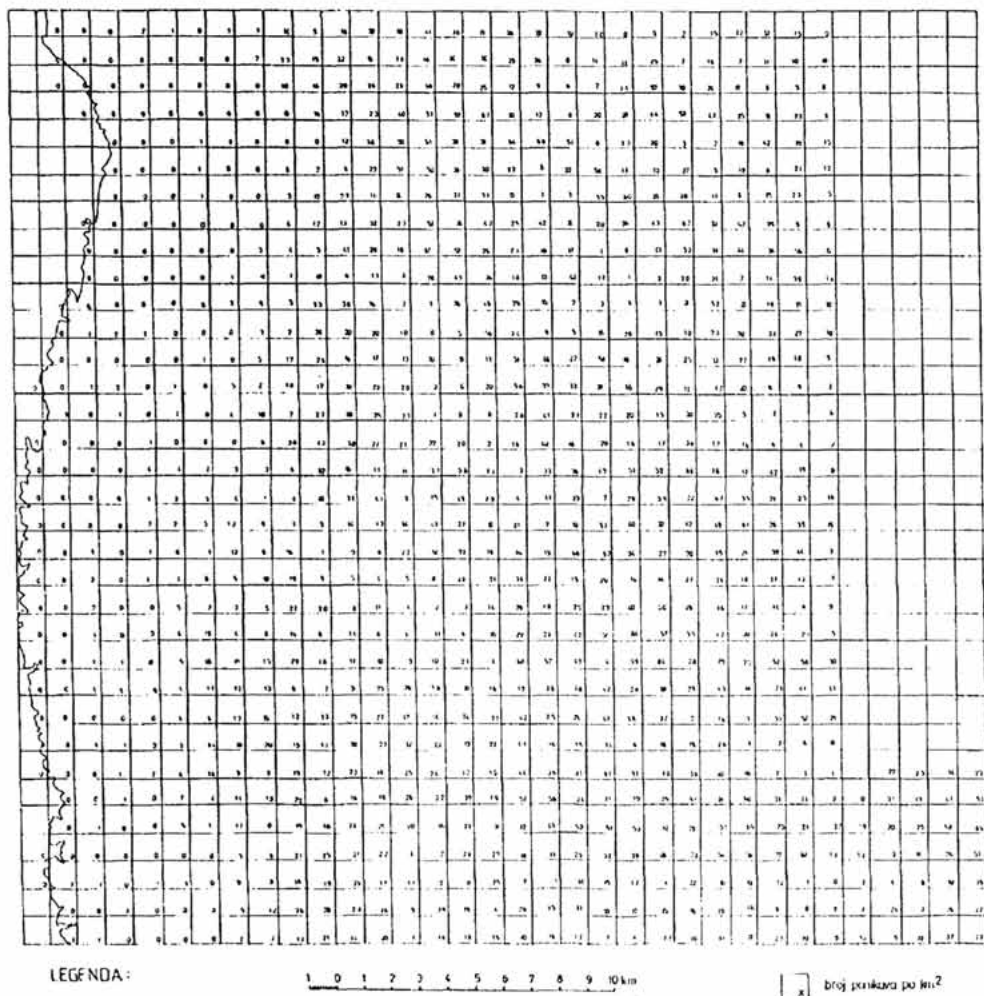
Kad govorimo o litološkom čimbeniku, od odlučujućeg je značenja udio CaCO<sub>3</sub> u vapnencu i CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> u dolomitu. Treba, međutim, istaknuti da korelacija gustoće ponikava, s udjelom CaCO<sub>3</sub> i CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, nije uočena, što ne znači da je nema, s obzirom na generaliziranost litološkog sastava na geološkoj karti u mjerilu 1:100.000. Naime, jezgre gustoće (>50 ponikava po km<sup>2</sup>) obuhvaćaju područja izmjene vapnenca i dolomita, čistih vapnenaca, breča, fluvio-glacijalnih sedimenata vapnenca s ulošcima dolomita.

Ukoliko se govori o strukturnoj predispoziciji, onda se u prvom redu misli na vrstu i gustoću pojave pukotinskih sustava singenetskog i sekundarnog podrijetla. Kod singenetskog misli se na slojne pukotine i one nastale sintektonskim pokretima. Što se tiče pukotinskih sustava sekundarnog obilježja, radi se o naknadnom utjecaju tektonike na stupanj raspucalosti stijenske mase.

Tektonski je čimbenik sveprisutan u vremenu i prostoru i on utječe na stupanj razmrvljenosti stijenske mase i na njihovu dislokaciju,<sup>2</sup> koja se u prvom redu izražava u hipsometrijskom položaju geoloških tijela. To znači da su tektonskim pokretima slojevi unutar stijenske mase dovedeni u odgovarajuće položaje koji pospješuju ili umanjuju intenzitet okršavanja (glave slojeva).

<sup>1</sup> Ovdje se misli na linije koje povezuju područja s jednakim brojem ponikava. Pri izvlačenju izoliranja poštovan je kriterij proporcionalne udaljenosti u odnosu na broj ponikava na jediničnoj površini, a isti je uvijek centar kvadrata.

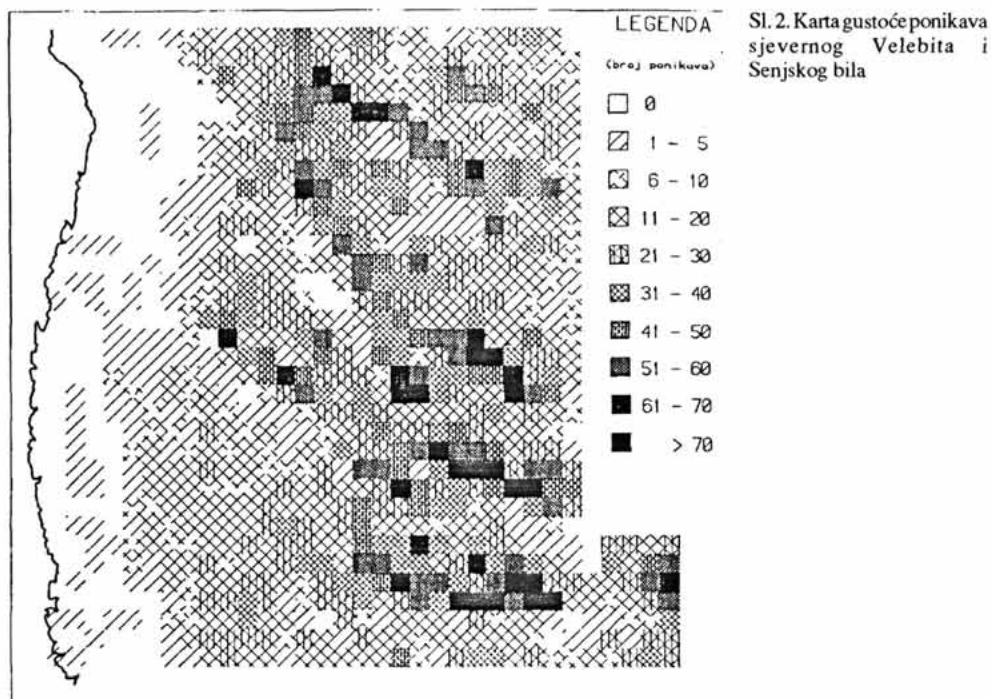
<sup>2</sup> Misli se na strukturna tijela.



Sl. 1. Karta gustoće ponikava sjevernog Velebita i Senjskog bila, 1:100.000

Ako se govori o klimatskom čimbeniku, on je vrlo promjenjiv u vremenu i prostoru. Vremenski gledano, misli se na globalne klimatske promjene kroz koje je istraživano područje prošlo u neotektonskoj etapi razvoja, a u okviru kojeg su definirane njegove današnje reljefne osobine. Danas je od iznimno velikog značenja mikroklimatski čimbenik, na koji uz samu visinu reljefa utječe (Sl. 3) i ekspozicija obronaka, nagibi obronaka te vertikalna rasčlanjenost terena.

1. U načelu vrijedi pravilo da su južno eksponirani obronci zbog brzine otapanja snijega i u slučaju izrazito velikih nagiba manje izloženi procesima okršavanja od onih sa sjevernom ekspozicijom.



2. Veliki nagibi povećavaju koeficijent površinskog otjecanja, što također smanjuje utjecaj korozivskih procesa. U prilog tome govori činjenica da se sve koncentracijske jezgre s više od 50 ponikava po  $\text{km}^2$  nalaze u kategorijama nagiba od  $0-12^\circ$ , s tim da je najveća gustoća u grupi nagiba od  $5-12^\circ$ .

3. Naprotiv, intenzivna vertikalna rasčlanjenost na manjim površinama, tektonski predisponirana, zbog veće mogućnosti akumulacije snijega i atmosfere, temeljni je uzrok pojačanih procesa okršavanja, a time i veće gustoće ponikava.

Prostorni raspored ponikava pokazuje izrazite razlike između zapadnog i istočnog dijela istraživog područja (Sl. 4). Dok ih na zapadnom dijelu gotovo nema, istočni dio pokazuje izrazito veliku gustoću i izrazitu dinamiku promjene.

Na primorskom obronku utvrđen je samo manji broj ponikava na lokacijama: Bilopolje, Skorupov dolac, Kamenica, Dundović-Podkuki. Nulta je izolinija vrlo pravilna, i za razliku od ostalih, usporedna s obalom. Visina joj varira od oko 600 m n.v. u području Veljuna, Vratnika i Melnica, između 800 - 1.000 m na potezu Ljubežine, Biljevine, Tvrdi dolac, Budim, Male Brisnice te do cca 1.400 m u samom južnom dijelu tj. istočno od Alančića, Alana i Visibabe. Izolinija s vrijednošću od 10 ponikava po  $\text{km}^2$  nešto je nepravilnija. Ona se poput klina uvlači sve do srednjeg dijela Nadžak bila a od V. Zavižana ponovno je usporedna s obalom.

Idući prema istoku izolinije se pugušćavaju, no još uvijek imaju male vrijednosti ( $10-20 \text{ pon./km}^2$ ), s tim da je njihova gustoća nešto izraženija na Senjskom bilu u odnosu na Sjeverni Velebit. I u tom dijelu istraživog područja vrlo su uočljive nulte izolinije izdužene u smjeru SZ-JI. One ocrtavaju konture izrazito strmih obronaka Senjskog bila i strmca Sjevernog Velebita - Jezerske strane. U podnožju Jezerske strane i Nadžak-bila

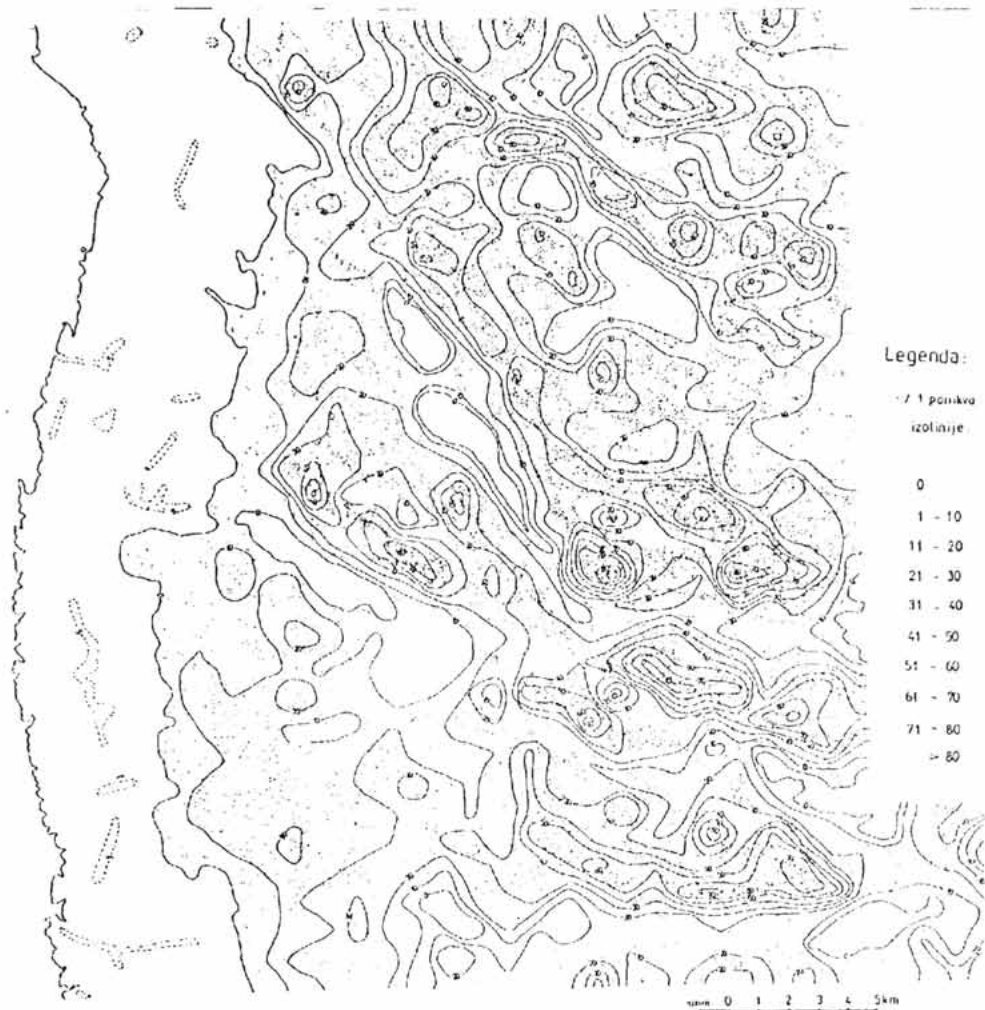


Sl. 3. Hipsometrijska karta sjevernog Velebita i Senjskog bila (e=100 m)

uočava se povećanje gustoće ponikava na 10-50 pon./km<sup>2</sup>. To je područje udolinske zone Krasno polje - Lipovo polje. Izolinije su izdužene u smjeru osnovnih rasjednih linija Oltari-Krasno polje. Gustoća ponikava penje se i do preko 60 pon./km<sup>2</sup>. To je ujedno lokalni denudacijski bazis okolnih uzvišenja, pa koncentracija atmosferskih i slivnih voda i rasjedna ispucalost stijenske mase pogoduje pojačanom okršavanju.

Na istočnom dijelu istraživanog područja uočavamo znatno veću dinamiku pojave. Između Vratnika, Brinja, Letinca i Otočca (SI dio obrađivanog područja) tri su osnovna središta okupljanja:

1) Sklop kružnih koncentracijskih jezgri (Prokike, Rapin dol, Jurkovići, Tukljače) koje se pružaju u smjeru SZ-JI usporedan je sa smjerom pružanja Senjskog bila (30-70 pon./km<sup>2</sup>).



Sl. 4. Karta gustoće ponikava sjevernog Velebita i Senjskog bila-piktogram i izolinije 1:100.000

2) Zasebnu manju cjelinu predstavlja područje Škamnice, gdje su izolinije koncentričnog ocrta. Zamjetno je manje odstupanje u smjeru istoka.

3) U podnožju Senjskog bila (Vrzići, Crni Kal, Korita, Gorići) jasno se vidi jedan sklop nešto nižih vrijednosti izolinija, koje se pružaju longitudinalno (30-60 pon./km<sup>2</sup>).

Između zadnja dva spomenuta pojasa okupljanja nalazi se jedna veća zona s malom koncentracijom ponikava (10 pon./km<sup>2</sup>), koja obuhvaća područje Hrvatskog polja i Kumpulja.

Jedna od najizrazitijih koncentracijskih jezgri (gotovo koncentrične kružnice) nalazi se na području Kutereva. Tu se gustoća ponikava kreće od 20 pa sve do 90 i više

ponikava po  $\text{km}^2$ . Izrazito pogušćenje izolinija sa JI strane odraz je sjecišta većeg broja rasjeda, a time i izrazitije raspucalosti stijenske mase. U okviru JI dijela Melničko-Kuterevskog<sup>3</sup> pobrđa zapaže se još nekoliko koncentracijskih jezgri. Više manjih, te dvije veće povezane u jedan sustav, pravca pružanja SZ-JI. Koncentracija gustoće izrazita je i  $>80 \text{ pon./km}^2$ , ali su izolinije rjeđe i međusobno proporcionalno raspoređene.

Izolinija s vrijednošću od  $10 \text{ pon./km}^2$  dala je okvir Lipovom polju. Ono je najvećim dijelom obuhvaćeno nultom izolinijom, što je i razumljivo s obzirom na to da je ravan polja određena mlađim akumulacijama kvartarne starosti.

Područje od Apatišana-Begovače-Konjske drage pa sve do Tarina vrha (sjeverno od potoka Bakovca) opisano je izolinijom od  $30 \text{ pon./km}^2$ . Pravac pružanja varira joj od S-Z u SZ-JI pa sve do smjera I-Z u području Konjske drage.

Bakovačka dolina karakterizirana je pojavom manjeg broja ponikava. Uočljive su dvije veće jezgre bez ponikava. To su: Žagarova draga i šire područje Gornjeg Kosinja.

Najveće pogušćavanje izolinija vezano je za rasjedne zone: SZ-JI Melnice-Kuterevo, ZSZ-IJI Krasno-Lipovo polje i I-Z Bakovačka rasjedna zona (Sl. 5). Na to upućuje izduženost izolinija koje prate naznačene smjerove. Intenzitet pojave vezan je, dakle, za prostor sučeljavanja tih triju rasjednih zona, tj. za krajnji JI dio podnožja Senjskog bila (područje Kutereva) i širi prostor Lipova polja (sjeverno u području Crnog vrha i južno u području Konjske drage i Boka). U prostoru Lipova polja Bakovačka se rasjedna zona sučeljava s Krasansko-Lipovačkom rasjednom zonom. Stijenski kompleksi koji sudjeluju u sastavu tog dijela bloka Sjevernog Velebita i bloka Senjskog bila, najrazlomljeniji su i najispucaliji, što je pogodovalo intenzivnom okršavanju.

Zasebni pojas pojačanog intenziteta pojave vezan je za sukcesiju blokova Ostrovnica (748 m)<sup>4</sup> Podum (795 m), Godača (vrh-Vučjak 963 m). Razlomljenost stijenskih kompleksa navedenih blokova je posljedica tektonskih pokreta u rasjednim zonama, Brlog-Kompolje-Otočac i Drenov klanac (SZ-JI). Reljefno su obilježene sukcesijama polja i udolina.

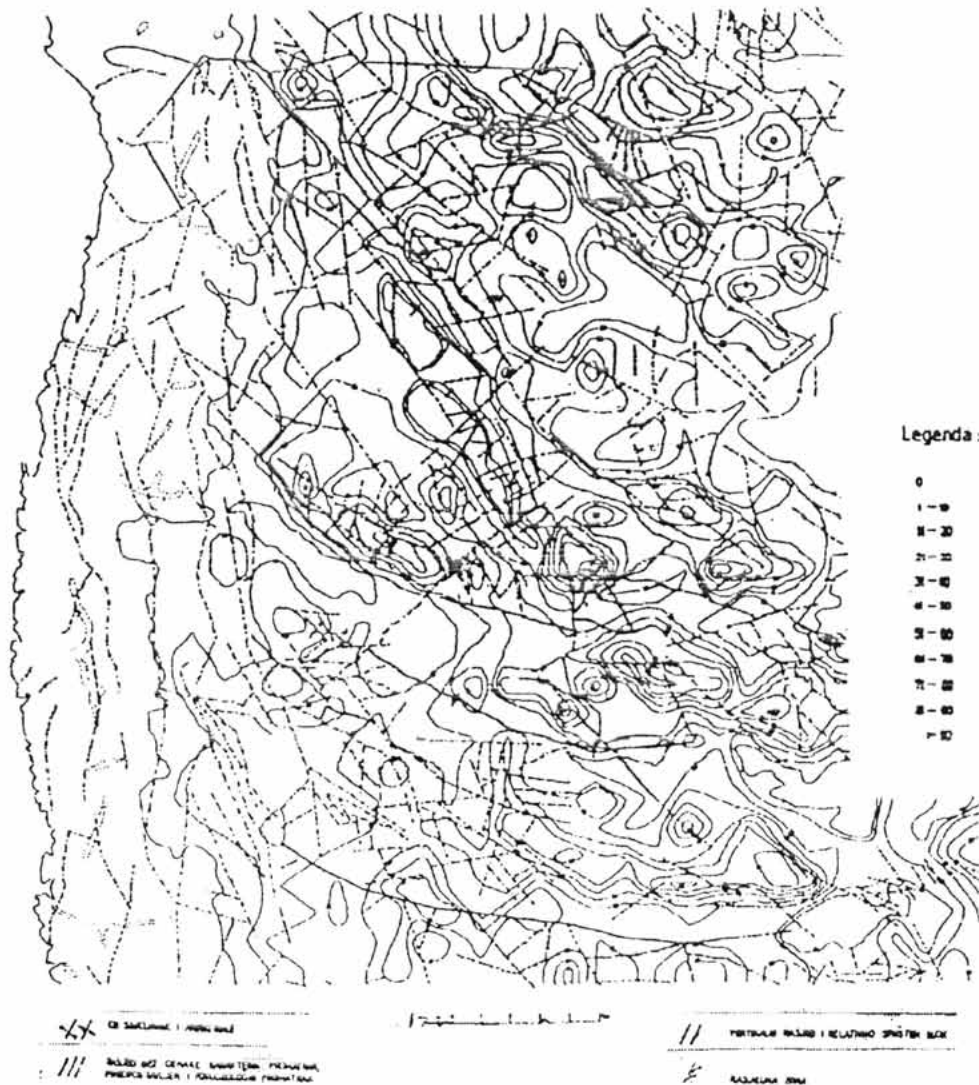
Posebno je zanimljivo područje Melničko-Kuterevskog pobrđa s nizom sekundarnih maksimuma ( $30-50 \text{ pon. po km}^2$ ). Međuprostori, tj. zone manje gustoće ponikava, definirane su izolinijama pravca pružanja SI-JZ i Z-I. Otklon od pravca SI-JZ sve je izraženiji idući prema JI.

U pravilu, maksimumi se vežu za izdignutije dijelove pobrđa. Izduženost izolinija u smjeru SZ-JI, koje obilježavaju maksimume pojave, najčešće su odraz utjecaja glavnih rasjednih zona na pravac pružanja pukotina u okviru stijenskih kompleksa. Poprečni rasjedi SI-JZ koji su utjecali na mikrotektonsku razlomljenost područja i njegovu diferencijaciju na manje blokove bili su manje značajni u oblikovanju ponikava.

Vršni dijelovi Senjskog bila i Sjevernog Velebita područja su vrlo male gustoće u prosjeku ( $10-20 \text{ pon. po km}^2$ ). Naravno, iznimku čine već navedeni krajnji JI dijelovi. Pojave lokalnih pogušćavanja vezane su za rubne zone, tj. dijelove blokova bliže glavnim

<sup>3</sup> Melničko-Kuterevsko pobrđe je mikroregionalna morfološka cjelina obilježena reljefnom energijom  $100-250 \text{ m/km}^2$ . JZ granicu čini kontakt s rasjednim eksparmanom Senjskog bila od Vratnika do Kutereva, a JI granicu čini područje Marković-Rudina pa sve do Rupčića. Prema SI granica je reljefno obilježena sukcesijom zavalu, udolina i uvala, dakle, od već spomenutih Rupčića na JI preko Otočca-Kompolja-Rapina dola, a završava nešto SZ-nije od Prokika, gdje Melničko-Kuterevsko pobrđe kontaktira s Veljunskim hrptom.

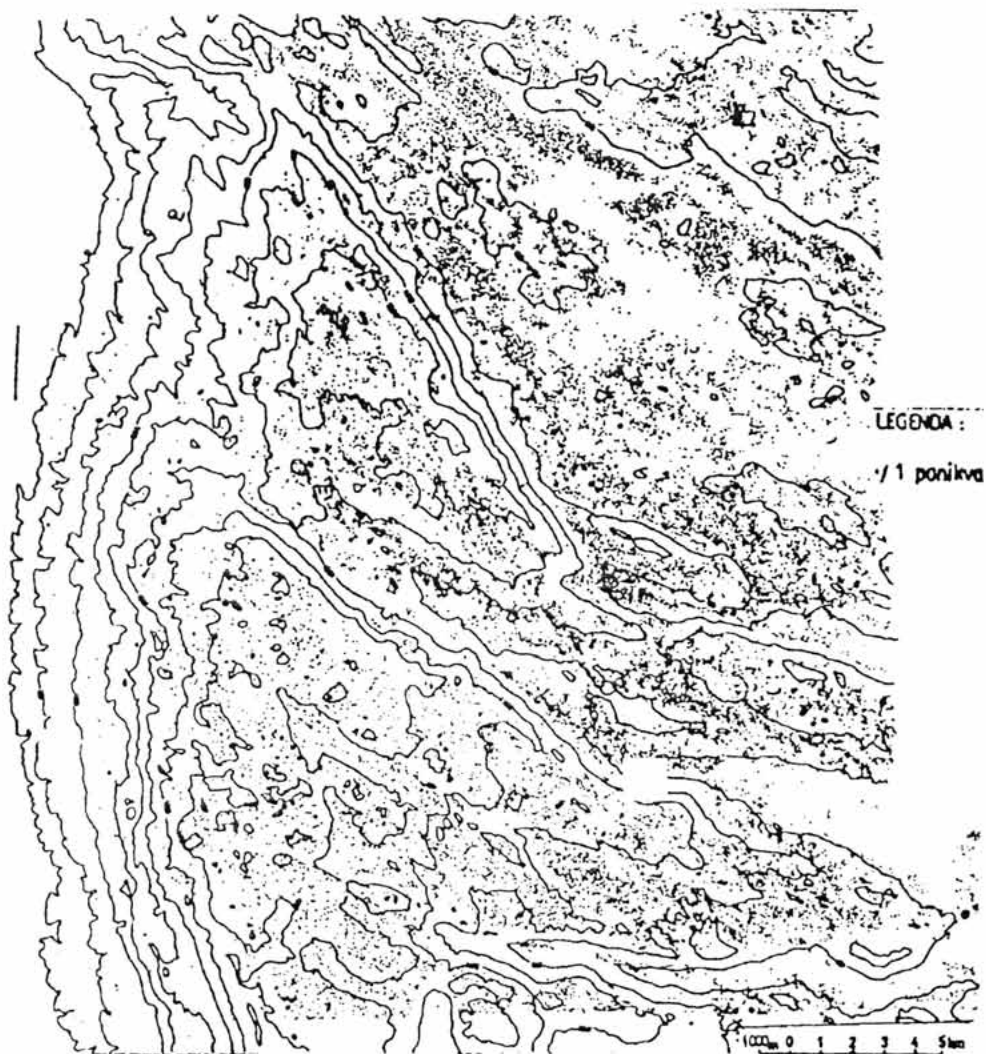
<sup>4</sup> Radni naziv za blok strukturu između Kompolja i Drenova klanca. Preuzet je toponim najvišeg vrha.



Sl. 5. Karta gustoće ponikava sjevernog Velebita i Senjskog bila (prikazana izolinijama) s tektonikom

rasjednim zonama ili pak za manje poprečne rasjede. Kako je vršno područje Senjskog bila i Sjevernog Velebita uglavnom dio najstarije razine zaravnavanja, koja je procesima okršavanja najvjerojatnije bila izložena od mlađeg paleogena do danas (Bognar A. 1992), očito se pojačano okršavanje u navedenim slučajevima u prvom redu veže za strukturno genetske osobine stijenskih kompleksa i tektonske procese, a ne za klimatske utjecaje. Prati li se odnos intenziteta pojave i visine reljefa, proizlazi da se područja s najvećim brojem ponikava (> od 50 pon. po km<sup>2</sup>) nalaze ispod 1000 m, tj. prosječno 700 m n.v.





Sl. 6. Karta gustoće ponikava Sjevernog Velebita i Senjskog bila (piktogram i izohipse: e=200 m)

(500-600 m na SI dijelu terena, 600-700 m na području Kutereva, 700-900 m na liniji Krasno - Lipovo polje te u području Bakovca). Približno iste visine na primorskoj padini obuhvaćene su nultom izolinijom (Sl. 6).

Područja gdje ponikava uopće nema ili gdje je gustoća vrlo mala vezana su za rasjedno predisponirane strmce (Nadžak-bilo, SI strmec Senjskog bila i strmec Jezerska strana) i za primorski obronak, obilježen iznimno velikim nagibima. Iz tog slijedi

zaključak da je intenzitet okršavanja u uvjetima izrazitih nagiba  $>20^\circ$  bitno smanjen ili pak vrlo slabo izražen. Okršavanje je na takvim obroncima izraženo pojavom korozivskih oblika kao što su škrape i kamenice, koje u slučaju nedostatka pokrova (primorski obronak) dominantno obilježavaju mikromorfološku strukturu područja.

## ZAKLJUČAK

Jedno od osnovnih obilježja područja Sjevernog Velebita i Senjskog bila su nizovi ponikava u prvom redu smjera SZ-JI te pravilna izmjena pojaseva njihove veće i manje gustoće, što upućuje da su na njihov razvoj i prostorni raspored bitan utjecaj imale rasjedne zone. Tri su osnovne rasjedne zone: Melničko-Kuterevska SZ-JI, Krasansko-Lipovačka ZSZ-IJI i Bakovačka rasjedna zona I-Z. Najveći intenzitet pojave vezan je za prostor sučeljavanja tih triju rasjednih zona, tj. za krajnji JI dio podnožja Senjskog bila, širi prostor Lipova polja i Bakovca.

Analiza gustoće ponikava Sjevernog Velebita i Senjskog bila dala je očekivane rezultate. S obzirom na izrazitu brojnost pojave možemo ih držati pouzdanim. Dobiveni rezultati mogu se iskoristiti kao parametri u morfostrukturnoj analizi reljefa.

## LITERATURA:

1. Bahun, S., *On the formation of karst dolinas*, *Geološki vjesnik* 22, 1969.
2. Bognar, A., *Predgorske stepenice (pedimenti) Gorskog hrpta Južnog Velebita*, *Senjski zbornik*, br. 19, 1992.
3. Cramer, H., *Die Systematik der Karstdolinen*, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, und Paläontologie, Beilage-Band, Abt. B.* 85, 1941, 293-382.
4. Cvijić, J., *Karst, geografska monografija*, Beograd 1895, 1-135.
5. Day, M., *Doline morphology and development in Barbados*, *Annals of the Association of American Geographers*, 73 (2), 1983, 206-219.
6. Fairbridge, W., *Rhodes, Dolina*, *The enciklopedia of geomorphology*, 1968, 280.
7. Habič, P., *Preiskave vrtač v trasi avtoceste Vrhnika - Postojna*, *Elaborat v arhivu IZRK ZRC SAZU Postojna*, 1969, 1-31.
8. Habič, P., *Poročilo o kraških pojavah na območju projektiranih variant avtoceste Senožeče-Divača-Sežana*, *Elaborat v arhivu IZRK ZRC SAZU Postojna*, 1970, 1-4.
9. Habič, P., *Kras med Senožečami in Sežano*, *Elaborat v arhivu IZRK ZRC SAZU Postojna*, 1972, 1-31.
10. Habič, P., *AC Senožeče-Divača-Sežana, poročilo o vrtačah*, *Elaborat v arhivu IZRK ZRC SAZU Postojna*, 1974, 1-20.
11. Habič, P., *Rasporeditev kraških globeli v dinarskem krasu*, *Geografski vestnik* 50, str. 17-29.
12. Habič, P., *Kraški reljef in tektonika*, *Acta carsologica X*, Ljubljana 1982, 77-44.
13. Jennings, J. N., *Doline morphometry as a morphogenetic tool: a New Zealand example*, *Geographer*, 31 (1), 1975, 6-28.
14. Klein, V., *Gustoća ponikava Ličko-Goranske regije*, *Geografski glasnik*, 38, 1976, 375-377.
15. Lavalley, P., *Karst depression morphology in South central Kentucky*, *Geografiska Annaler*, 50 A, 2, 1968, 94-108.
16. Mezösi, G., Bárány, I., Tóth, I., *Karstmorphometrische Untersuchungen im Gebirge Aggtelek*, *Acta Szegediensis, Acta Geographica*, 18, 1978, 131-140.

17. Ogden, A., *Methods for describing and predicting the occurrence of sinkholes*, u: Beck, B. F., (ur): *Sinkholes...*, 1984, 177-182.
18. Prelogović, E., *Neotektonski pokreti u području Sjevernog Velebita i dijela Like*, *Geološki vjesnik*, 42, Zagreb 1989, 133-147.
19. Soto, A E., Morales, W., *Collapse sinkholes in the blanket sands of the Puerto Rico karst belt*, u: Beck, B. F., (ur): *Sinkholes...*, 1984, 143-146.
20. Šušteršič, F., *Metoda morfometrije in računalniške obdelave vrtač*, *Acta carsologica XIII*, Ljubljana 1985, 81-98.
21. Šušteršič, F., *Misli o oblikovanosti kraškega polja*, *Geografski vestnik LIV*, 1982, 19-28.
22. Šušteršič, F., *Drobno kraško površje ob severovzhodnem obvorju planinskega polja*, *Acta carsologica XVI*, Ljubljana 1987, 53-82.
23. Troester, J. W., White, E. L. White, W. B., *A comparison of sinkhole depth frequency distributions in temperate and tropic karst regions*, u: Beck, B. F., (ur): *Sinkholes...*, 1984, 65-73.
24. Williams, P. W., *The analysis of spatial characteristics of karst terrains*, u: R. J. Chorley (ur.), *Spatial analysis...*, 1972, 133-163.

## THE ANALYSIS OF THE DOLINES DENSITY ON THE NORTH VELEBIT AND SENJSKO BILO

### *Summary*

The analysis of the dolines density on the North Velebit and Senjsko Bilò is shown. On 947 km<sup>2</sup> has been registered 18 059 dolines.

One of the basic characteristic is the regular ranges of dolines, principally in direction NW-SE, and the regular change of the zones of bigger and smaller density. This indicate that the influence of the fault zones is essential. The disposition of the ranges of dolines density has an exceptional morphostructural importance.

There are three main fault zones: 1. Melnice-Kuterevo NW-SE, 2. Krasno-Lipovo polje WNW-ESE, 3. Bakovac fault zone E-W. The highest intensity of the dolines density is related to a wider area of convergence of three mentioned fault zones i.e. to the SE edge of Senjsko bilò, wider area of Lipovo polje and Bakovac.