PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652
Letnik **26** (1998/1999)
Številka 6
Strani 322–327, XXI, XXII, XIV

Andrej Likar:

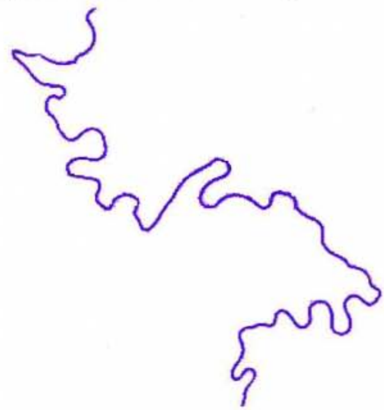
MEANDRI

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: http://www.presek.si/26/1384-Likar.pdf

MEANDRI

Reke in potoki, ki tečejo po skoraj vodoravnih tleh, radi prav neverjetno vijugajo (slike na ovitku). Vijugam pravimo okljuki ali meandri. Slednja beseda izvira iz starodavnega imena reke Mendere, ki teče iz sedanje Turčije v Sredozemsko morje. Grki so jo imenovali Meandros, njen tok je zelo vijugast. Tudi v Sloveniji najdemo vode, ki izrazito vijugajo. Znamenit je potok Bloščica (slika na naslovnici), ki se vije po Bloški planoti, pa tudi le nekaj kilometrov dolga reka, ki bi jo iz zraka videli kot krivuljo na sliki 1. Bralci naj sami poskušajo ugotoviti, za katero reko gre.



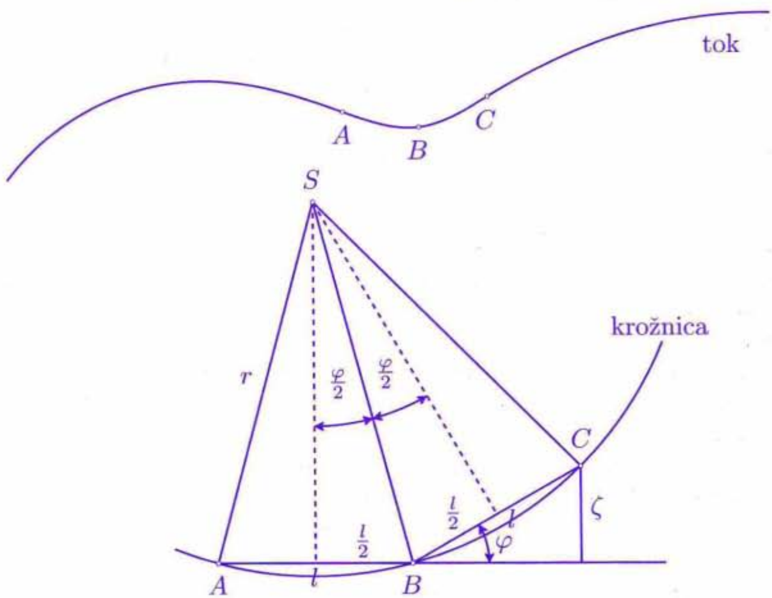
Slika 1. Tudi reke vijugajo, ko se znajdejo na skoraj ravnem polju. Katera slovenska reka ima takle tok?

Ko si vodni tok išče pot po skoraj ravnih tleh, ga zmoti vsaka najmanjša vzpetinica ali kotanja. Zato pričakujemo, da bo tu vijuganje večje kot v zgornjem toku, kjer je korito strmo in voda zato hitrejša. Kljub temu je izrazitost vijug povsem nesorazmerna valovitosti tal, saj se ponekod tok po dolgi poti po okljuku v obliki črke S vrne in teče tik pod nekaj višjim koritom. Zgodi se celo, da voda najde bližnjico in nastane mrtev okljuk, kakršnih je vse polno na reki Muri. Izrazite okljuke pojasnimo s spodjedanjem bregov na eni strani in nanašanjem proda ali peska na drugi strani korita. (Spodjedanje lepo vidimo na spodnji sliki na II. strani ovitka, ki kaže presušeno korito hudournega potoka z okljuki.) Ker voda v okljuku spreminja smer, pritiska na zunanji, daljši breg, ga počasi odnaša, s peskom in prodom, ki ga reka nosi s seboj, pa zasipava notranji breg. Tako se rečno korito počasi premika in okljuki postajajo vse izrazitejši. Nekatere reke zato regulirajo. Bregove utrdijo, korito poglobijo in tako preprečijo njegovo premikanje.

Zanimivo je, da se tudi povsem ravno korito pogosto spontano sprevrže v vijugasto. Pri takih rekah na začetku majhne razlike v globini korita na enem in drugem bregu povzročajo večje odnašanje usedlin v bližini enega brega in nanašanje le-teh na drugem bregu. Pri določenih pogojih se reka znajde v začaranem krogu: razlika v globini tako spremeni tok, da se ta razlika še poveča. Na enem bregu nastane globok tolmun, na drugem pa obsežna plitvina. Med pogoji, ki pripeljejo do začaranega kroga, ima najpomembnejšo vlogo razmerje med globino reke in njeno širino. Ozko in globoko korito ne začne spontano vijugati. Razmere pa niso preproste in jih je mogoče podrobneje analizirati le z zapletenimi računi.

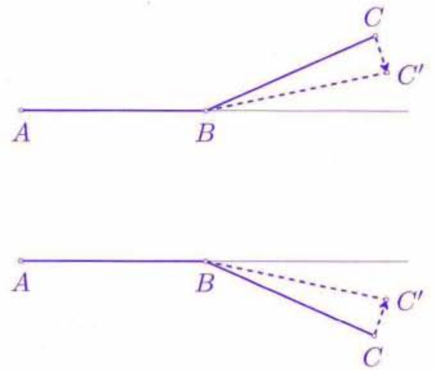
Razvoj meandrov bomo poskusili opisati tudi računsko. Predpostavili bomo, da je hitrost vodnega toka glede na korito povsod enaka. Zaradi spodjedanja bregov in nanašanja peska se korito premika. Premikanje bomo določili po naslednjem premisleku. V ovinku mora na vodo delovati sila, ki je prečna na breg, zato tudi voda pritiska na breg in ga spodjeda. Če bi se voda gibala po krožnici, bi bila sila brega na del vode z maso m kar $F = m\frac{v^2}{r}$, kjer je v hitrost vode, r pa polmer krožnice. Pri gibanju po zakrivljeni strugi najprej poiščemo krožnico, ki se strugi najbolj prilega, določimo njen polmer r in nato izračunamo silo prav tako kot pri krožnem koritu. Privzeli bomo, da je hitrost spodjedanja kar sorazmerna sili F, torej sorazmerna z $\frac{1}{r}$, saj sta m in v ves čas enaka. Korito se v času Δt premakne za $\Delta x = \alpha\frac{1}{r}$ pravokotno na smer toka.

Računanje močno poenostavimo, če si rečno korito ponazorimo s točkami. Opazujmo le tri sosednje točke, A, B in C (slika 2a). Najprej moramo poiskati polmer krožnice, ki se točkam najbolje prilega. Ker lahko narišemo skozi tri točke le eno krožnico, je naloga vedno rešljiva.



Slika 2a. Korito predstavimo s točkami. Narisane so tri zaporedne točke A, B in C in razdalje, ki jih potrebujemo pri računanju krivinskega polmera r.

V našem primeru lahko nalogo poenostavimo. Privzeli bomo, da je razdalja l med sosednjima točkama enaka in da je polmer r precej večji kot l. Takrat iz slike razberemo, da približno velja: $\varphi = \frac{l}{r}$ in $\varphi = \frac{\zeta}{l}$, zato tudi $\frac{1}{r} = \frac{\zeta}{l^2}$. Tu smo z ζ označili razdaljo med točko C in premico, ki gre skozi točki A in B. Računali bomo, da se rečno korito premakne v točki C za Δx pravokotno na premico, ki jo določata točki B in C, in to v smeri, da se korito med točkami A, B in C zravna (slika 2b). Premik Δx naj bo majhen v primeri z razdaljo l.

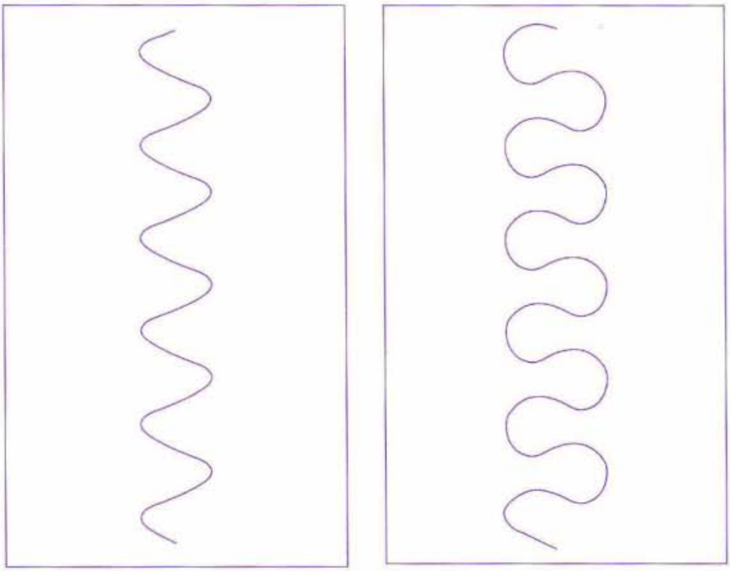


Slika 2b. Premik točke C pri spodjedanju brega je vedno takšen, da je odsek $A - C$ po premiku bolj raven kot prej.

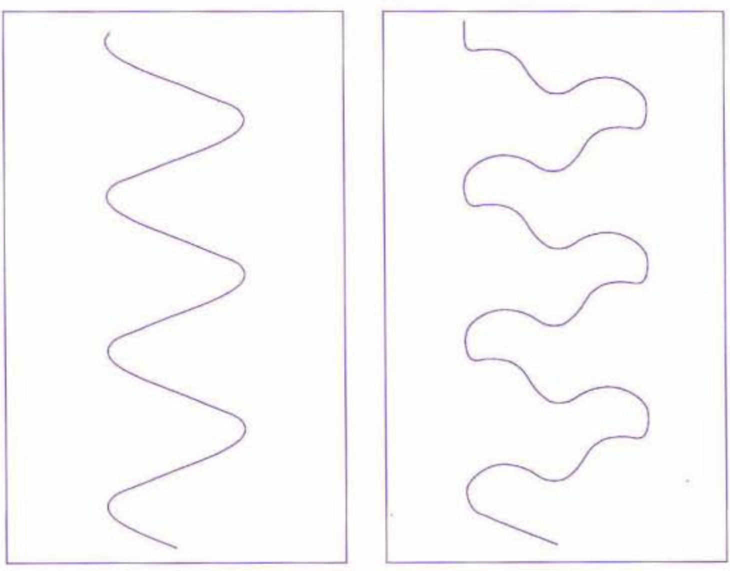
Da bo računanje udobno, ga opravimo z računalnikom, program pa priredimo tako, da ponavljamo račun za prvo trojico točk, nato za drugo trojico, kjer sta zadnji točki prejšnje trojice tudi prvi dve točki nove. Ko izračunamo premik korita še za za zadnjo trojico, se vrnemo na začetek. Računanje ponavljamo in opazujemo spreminjanje korita tako, da točke narišemo in skoznje povlečemo krivuljo, ki se jim najtesneje prilega. Nekaj risb, kjer smo začeli z enakomerno valovitim koritom, je prikazanih na slikah 3a do 3e na naslednjih straneh. Vidimo, da s tem preprostim računom kar dobro opišemo tvorbo meandrov.

Presenetljivo je, da se korito vedno bolj zapleta, čeprav točko C premikamo tako, da se korito na odseku $A - C$ izravna. Očitno izravnavanje na kratkih razdaljah vodi na velikih razdaljah v vedno večje zapletanje. Pravimo, da se lokalna težnja ne odraža tudi globalno. Takšno obnašanje je znano tudi na drugih področjih. Primera sta hitro pri roki. Indija je prenaseljena. Gostejša poselitev pomeni manj zemlje na posameznika in zato manj hrane, manj čiste vode, energije, zdravil... Mislili bi, da bo tako tudi v družinah – manj ko bo v družini otrok, laže bo živela. Pa ni tako: družinam z več otroki gre v Indiji bolje. Tudi tu je lokalna težnja v nasprotju z globalno. Drug primer zadeva tehnološki razvoj človeštva. Pogosto slišimo, da bi kazalo razvoj upočasniti, saj bi tako imeli dlje časa surovine in energijo. Prav očitno je, da bi še posebno kazalo ustaviti razvoj v oboroževanju, denar pa nameniti za kaj bolj koristnega. Pa premislimo! Skupnost, ki bi začela tudi izvajati te za vse koristne ukrepe, bi se kmalu izpostavila nevarnostim, ki jih prinaša nerazvitost – izgubi samostojnosti

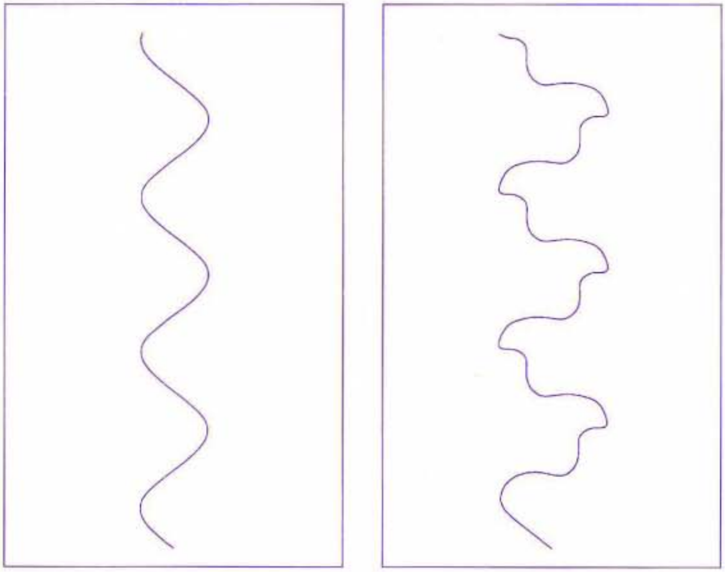
Na naslednjih slikah je nekaj izračunanih okljukov. Na levi je prvotni tok, na desni pa potem, ko smo ga lokalno izravnali.



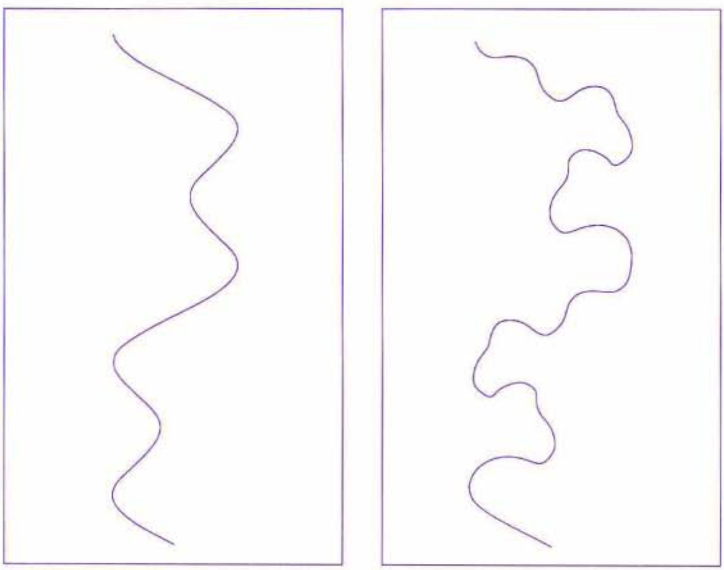
Slika 3a.



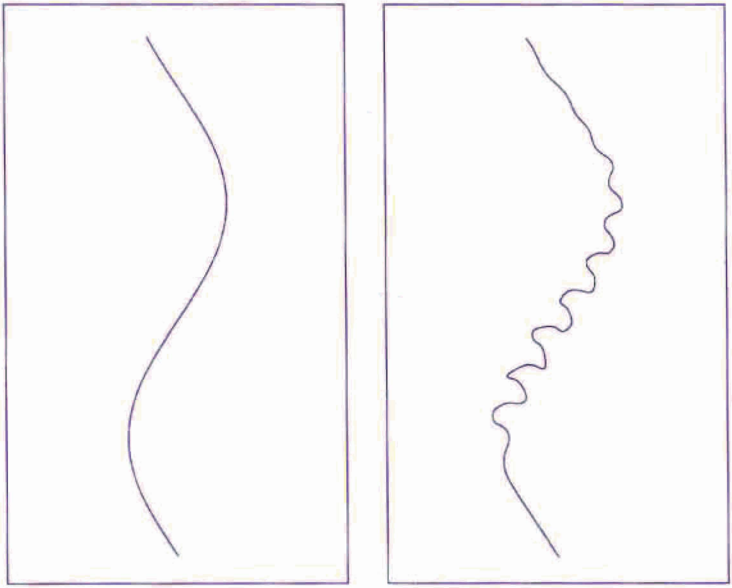
Slika 3b.



Slika 3c.



Slika 3d.

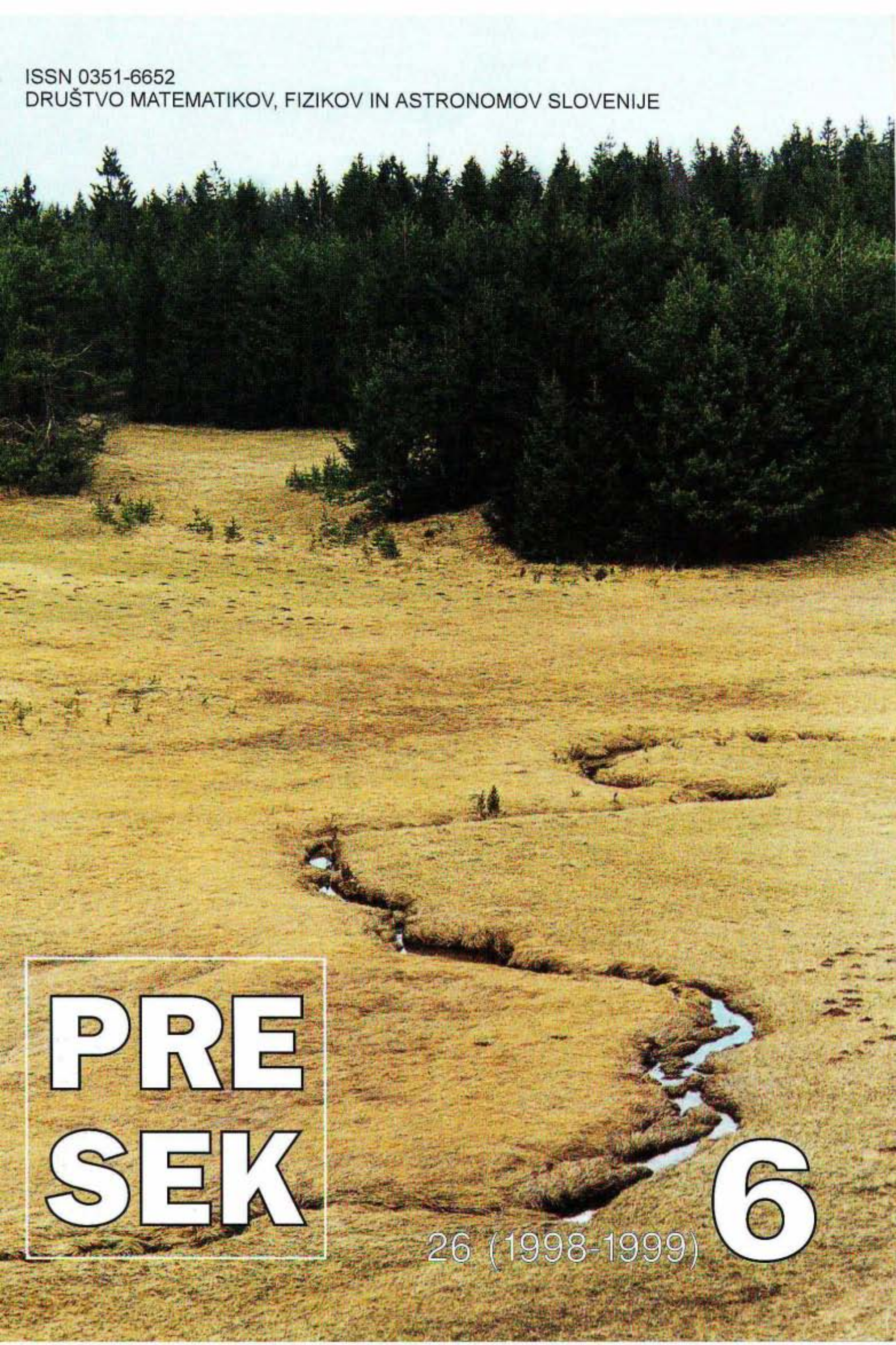


Slika 3e.

in biti na milost in nemilost prepuščen volji drugih. V ameriškem filmu "Out of Africa" vidimo prizor, ko plemenski poglavar sprašuje priseljeno Evropejko: "Kaj vam je prinesel ta vaš napredek? Ali ste zato kaj bolj srečni?" Odgovora ni dobil, a je bil na dlani: "Ne, nismo bolj srečni, ste pa zaradi nas nesrečni vi." Priseljenci so se namreč namenili izseliti celo pleme na neko neprijazno pobočje, ker so želeli ozemlje, na katerem je pleme živelo dolga leta, spremeniti v nasad kave.

Andrej Likar

ISSN 0351-6652
DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SLOVENIJE



PRESEK

26 (1998-1999) 6