



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB - FACULTY OF GEODESY
Zavod za inženjersku geodeziju i upravljanje prostornim informacijama
Institute of Engineering Geodesy and Spatial Information Management
Kačićeva 26; HR-10000 Zagreb, CROATIA
Web: www.igupi.geof.hr; Tel.: (+385 1) 46 39 222; Fax.: (+385 1) 48 28 081

Usmjerenje: Inženjerska geodezija i upravljanje prostornim informacijama

DIPLOMSKI RAD

Informacijski sustav za upravljanje slivnim područjem Cetine

Izradio:

Ivan Duhović

Cvjetno naselje 41

Korčula

ivand@geof.hr

Mentor: Doc. dr. sc. Siniša Mastelić-Ivić

Zagreb, studeni 2005.

Zahvala:

Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli tijekom izrade ovog diplomskog rada, posebno mom mentoru doc.dr.sc.Siniši Mastelić-Ivić, te asistentu Hrvoju Tomić dipl.ing.geod.

Također zahvaljujem se svojoj obitelji, te svim prijateljima koji su me podupirali i pomagali kroz studentske dane.

I. Autor

Ime i prezime: Ivan Duhović

Datum i mjesto rođenja: 02. 01.1981., Dubrovnik

II. Diplomski rad

Predmet: Geodetski radovi u hidrotehnici

Naslov: Informacijski sustav za upravljanje slivnim područjem Cetine

Mentor: doc. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić

Voditelji: doc. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić i dipl. ing. Hrvoje Tomić

III. Ocjena i obrana

Datum zadavanja zadatka: 05.09.2004.

Datum obrane: 18.11.2005

Sastav povjerenstva pred kojim je
branjen diplomski rad:

1. doc. dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
2. prof. dr. sc. Zdravko Kapović
3. prof. dr. sc. Miodrag Roić

Informacijski sustav za upravljanje slivnim područjem Cetine

Ivan Duhović

Sažetak: U ovom diplomskom radu je objašnjena izrada informacijskog sustava slivnog područja rijeke Cetine. Zaštita voda, gospodarenje vodama, te melioracije su sve bitnija gospodarska grana te se zbog toga javlja potreba za uspostavom jedinstvene baze podataka o pojedinim slivovima. Koristeći aplikaciju GeoMedia Grid dobivene su različite hidrološke analize. Za ulazne podatke su korišteni podaci radarske interferometrije (SRTM) koji su poslužili kao podloga na kojoj su vršene hidrološke analize. Izborom raznih naredbi unutar aplikacije GeoMedia Grid, te s napretkom hardware mogućnosti, brzo se dobivaju prostorni podaci, a analize su automatizirane. Dobiveni informacijski sustav sliva sastoji se od digitalnog modela reljefa i ostalih podataka vezanih uz model koji opisuju vodotok i njegove attribute.

Ključne riječi: melioracije, digitalni model reljefa, hidrologija, SRTM (snimanje primjenom senzora smještenih na letjelicama), Cetina, sliv, GeoMedia Grid.

Information System for Watershed Management

Abstract: By this work the process of creating information system for Cetina River is explained. Water protection, water maintenance and melioration become more and more important economic sector every day and therefore arises a need for unique spatial database for individual river basins. By using GeoMedia Grid application various hidrological analysis were obtained. Input data was Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data on which are then executed hydrological analysis. By selecting various orders within the GeoMedia Grid application and by improvement of hardware capabilities, spatial data is obtained in a short period of time, and analysis are automatized. The analysis of data is relatively quick and almost entirely automatized. The made information system of the river basin contains digital relief model and other data connected with it, which describe water current and its attributes.

Keywords: Melioration, Digital terrain model, Hydrology, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), Cetina River, Basin, GeoMedia Grid.

Informacijski sustav za upravljanje slivnim područjem Cetine

Ivan Duhović

S A D R Ž A J

1. UVOD	7
2. HIDROLOŠKI SUSTAVI	9
2.1. OPĆENITO O HIDROLOŠKIM SUSTAVIMA	9
2.2. VODE U HRVATSKOJ I NJIHOVA ZAŠTITA	9
2.3. CETINA I KARAKTERISTIKE SLIVA	11
3. TEHNIČKI SUSTAVI NA RIJECI CETINI	14
3.1. PRIKAZ POSTOJEĆIH ENERGETSKIH OBJEKATA NA SLIVU RIJEKE CETINE	14
3.1.1. HE Kraljevac	15
3.1.2. HE Peruča	15
3.1.3. HE Zakučac	16
3.1.4. HE Orlovac	16
3.1.5. HE Đale	16
3.2. VODOOPSKRBA	17
3.3. NAVODNJAVANJE	17
3.4. ZAŠTITA OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA	17
3.4.1. Obrana od poplava	17
3.4.2. Melioracijski radovi	18
4. DIGITALNI MODEL RELJEFA (DMR)	27
4.1. OPĆENITO O DIGITALNIM MODELIMA RELJEFA	27
4.2. DMR-OVI S PRAVILNOM MREŽOM TOČAKA	28
4.3. DMR-OVI S NEPRAVILNOM MREŽOM TOČAKA	29
4.4. DIGITALNI MODELI RELJEFA U HRVATSKOJ	29
5. GEOMEDIA GRID	30
5.1. KONCEPT	30
5.2. PODRUČJE PROUČAVANJA (STUDY AREA)	32
5.3. MODEL PODATAKA	32
5.3.1. Radni prostor (GeoWorkspace)	32
5.3.2. Koordinatni sustavi	33
5.3.3. Warehouse	36
5.4. GEOMEDIA GRID – IZBORNICI	36
6. IZRADA MODELA, GRAFIČKI PRIKAZI I HIDROLOŠKE ANALIZE	45
6.1. KORIŠTENI PODACI	45
6.2. GRAFIČKI PRIKAZI MODELA	49
6.3. ODREĐIVANJE RIJEČNE MREŽE I RAZVOĐA	53
6.4. ANALIZE I UPITI (GEOMEDIA PROFESSIONAL)	58
7. ZAKLJUČAK	63
7.1. SADRŽAJ PRILOŽENOG MEDIJA (DVD-A)	64



Literatura

Životopis

1. Uvod

Republika Hrvatska se ubraja među bogatije države u pogledu količine vlastitih kopnenih voda. Vodna bogatstva se mogu iskorištavati na razne načine. Voda se koristi za:

- opskrbu stanovništva vodom za piće i sanitarne potrebe
- protupožarne potrebe
- razne tehnološke potrebe kao sirovina ili sredstvo proizvodnje
- navodnjavanje
- uzgoj riba
- proizvodnja vode za tržište
- zdravstvene i lječilišne potrebe
- plovidbu
- sport i rekreaciju
- korištenje vodne snage za proizvodnju električne energije ili pokretanje drugih strojeva

Zaštita voda ostvaruje se na temelju odredaba Zakona o vodama i provedbenih propisa: Državnog plana za zaštitu voda, Uredbe o opasnim tvarima u vodama, Uredbi o klasifikaciji voda, Pravilnika o graničnim vrijednostima pokazatelja i drugih tvari u otpadnim vodama, Pravilnika o obračunu i plaćanju naknade za zaštitu voda i Odluci o visini naknade za zaštitu voda. Zaštitom voda obuhvaćene su sve površinske i podzemne vode te more u odnosu na onečišćenje s kopna.

Značajna uloga vode ogleda se životu biljke i za procese u tlu. Voda hrani biljke bez kojih ne bi niti bilo života na Zemlji. Dakle, voda je jedan od najbitnijih prirodnih čimbenika za život kako biljaka tako i ljudi. Zato je bitno dobro upravljanje i gospodarenje vodom resursima da bi se održao normalan život biljki, ali i cjelokupna biološka ravnoteža na Zemlji.

U ovom diplomskom radu neće biti govora o zakonitosti vodnog režima biljke i tla, već će se razmotriti oni elementi vode tla koji su značajni za odnos biljka – tlo – voda i koje je potrebno poznavati u svrhu reguliranja vodnog režima tla primjenom hidrotehničkih melioracija i agrotehničkih zahvata.

Upravljanje slatkovodnim resursima, koji su neophodni za ljudski život, ekonomski razvoj i održavanje ekosustava, vrši se u okviru riječnih bazena. Upravljanje riječnim bazenima, koje je prvobitno obuhvaćalo upravljanje samo jednim resursom slatkim vodama, sada se temelji na integralnom pristupu koji uključuje

ekološke, društveno-ekonomske i institucionalne elemente kako bi se postigli višestruki ciljevi. Danas se za potrebe što boljeg gospodarenja vodama i njihove zaštite javlja potreba za prostornom bazom podataka o slivovima određenog područja, koje se pojavom novih tehnologija (hardwarea i softwarea) određuje znatno brže i točnije od analognih metoda. Većina osobnih računala imaju kapacitet za izradu opsežnih hidroloških modela tako da hidrološke aplikacije postaju dostupne velikom broju korisnika.

Zadatak ovog diplomskog rada je razmotriti uporabu GeoMedia Grid aplikacije u svrhu kreiranja prostorne baze sliva rijeke Cetine. Osnova prostorne baze je digitalni model reljefa (DMR) koji se izrađuje iz rastera točaka poznatih po položaju i visini. Gustoća točaka i način prikupljanja podataka ovise o zahtjevima točnosti izrade modela i mogućnostima procesiranja podataka osobnog računala.

Problem koji se javlja u analizama rijeka južne Hrvatske javlja se zbog krševitog tla pa dolazi do velikih odstupanja između topološkog i hidrološkog razvođa. Njegova osnovna svojstva su nedostatak površinskih tokova, pojave brojnih kaverni i podzemnih kanala i postojanje velikih krških izvora. Zato je teško ispravno odrediti područje sliva, samo na osnovu modela reljefa dobivenog računalom.

2. Hidrološki sustavi

2.1. Općenito o hidrološkim sustavima

Da bi se voda na Zemlji stalno obnavljala potrebno je da hidrološki sustav bude u ravnoteži te da voda stalno kruži u prirodi. To znači da će se taj postupak kruženja obavljati sve dok neki od čimbenika ne bude narušen. Hidrološki sustav čini niz objekata (mreže rijeka i potoka, podzemne vode, jezera, mora) i prirodnih pojava (oborine, zagrijavanje, kondenzacija, isparavanje) koje su povezane (Slika 1).



Slika 1. Kružni tok vode u prirodi

2.2. Vode u Hrvatskoj i njihova zaštita

Republika Hrvatska se može u hidrološkom pogledu svrstati u dvije grupe: sjevernu ili panonsku (nizinsku) Hrvatsku, te južnu ili dinarsku krašku Hrvatsku. Rijeke nizinske Hrvatske pripadaju Crnomorskom slivu, a rijeke koje teku kroz južnu Hrvatsku te Liku, Gorski Kotar i Istru se ulijevaju u Jadransko more.

Rijeke Jadranskog sliva se uvelike razlikuju od rijeka nizinske Hrvatske. Dok su rijeke Jadranskog sliva kratke i brze, rijeke u nizinskoj Hrvatskoj se odlikuju po svojoj velikoj duljini, te sporom toku. Rijeke Jadranskog sliva su bogate vodom u vrijeme kiša ili topljenja snijega, ali zbog terena često ove rijeke imaju zalihe vode u podzemnim tokovima. Brojna su akumulacijska jezera na području toka rijeka Jadranskog sliva. Ta jezera su veliki imaju veliku gospodarsku i energetska vrijednost, ali istovremeno i umanjuju estetsku vrijednost zbog nestanka slapova (Slika 2).

Danas je voda jedno od najvećih prirodnih bogastava. Republika Hrvatska u tom pogledu ima dobru budućnost, ali sve to treba znati sačuvati i zaštititi. U današnjem svijetu i okruženju kada na Zemlji živi sve više ljudi i sve je veća potražnja za vodom, zaštita vode postaje nimalo lak zadatak. Uslijed velike ekspanzije brojne industrije i gospodarstva stvara se velika količina onečišćene otpadne vode koja završava negdje u prirodi tj. u vodi. Zato se treba svim silama

upregnuti i sačuvati našu vodu koja je uglavnom čista. Treba istaknuti krške rijeke koje imaju visok stupanj čistoće i kvalitete. To ponajprije treba zahvaliti velikoj količini oborina u tom području, ali i slabije razvijenu industriju, te na tim područjima je manja gustoća naseljenosti. Najveći točkasti izvori zagađenja su naselja, zatim industrija te vrlo malo turizam. Kakvoća voda pod utjecajem ovih izvora zagađenja je uglavnom poznata, pa se njihov utjecaj na vodne resurse može dobro procijeniti. Većina naselja nema potpunu kanalizacijsku mrežu. Samo dijelovi većih, središnjih naselja imaju kanalizacijsku mrežu pomoću koje se otpadne vode izravno, bez pročišćavanja, ispuštaju u vodne resurse. Sve druge otpadne vode se uglavnom skupljaju u septičke jame koje su redovito propusne pa se otpadne vode procjeđuju izravno u podzemlje. Kanalizacija (tamo gdje postoji) uglavnom ne skuplja oborinske vode koje pretežito izravno površinski dotječu u vodotoke. U skladu s tim može se zaključiti da su naselja velik izvor zagađenja vodnih resursa.

Zaštita voda provodi se prema slijedećim načelima:

- Prevencije i opreza,
- nadzorom onečišćenja na izvoru,
- uporabi najbolje raspoložive tehnologije i
- onečišćivač plaća.



Slika 2. Slap Cetine kod Graba

2.3. Cetina i karakteristike sliva

Izvor Cetine nalazi se na jugozapadnim obroncima Dinare, u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Cetinskog polja. Od izvora na koti 382 m n.m. kod istoimenog sela, rijeka Cetina teče prema jugoistoku Cetinskim poljem i utječe u akumulaciju Peruča (smještenu u Koljanskom i Ribarničkom polju). Nizvodno od brane Peruča Cetina protječe kroz Hrvatačko polje do Hana, a dalje Sinjskim poljem do Trilja, gdje se ulijeva u akumulaciju Đale i nastavlja nizvodno u akumulaciju Prančevići. Od brane Prančevići dio voda Cetine skreće dovodnim tunelom do HE Zakućac, a dio voda nastavlja teći prirodnim kanjonskim koritom do Zadvarja. Tu Cetina naglo mijenja smjer tečenja prema zapadu do Omiša, gdje se ulijeva u Jadransko more (Slika 3).



Slika 3. Mjesto ulijevanja Cetine u more

U svom gornjem toku u dužini od 56 km do Trilja prima oko 93% vode iz brojnih i velikih krških pritoka, od kojih su najveći Mala i Velika Ruda koje utječu u rječicu Grab, a ona uvire u Cetinu iznad Trilja.

Na Cetini postoje tri hidroakumulacije: Peruča, Đale i Prančevići sa hidroelektranama "Kraljevac", "Peruča", "Đale", "Zakućac", i "Orlovac".

Obalno područje proteže se između morske obale i obronaka Mosora, omiške Dinare i istočnog dijela planine Biokovo. Zapadni dio priobalja (u odnosu na ušće rijeke Cetine smješten je između morske obale i sjevernih obronaka karakteristične visine 300 m, dok je istočni dio znatno strmiji te se nakon Vrulje uzdiže najmarkantnija planina primorskog niza Dinarida, Biokovo. Nigdje se na srednjodalmatinskom, pa i širem području, nije tako visoko (do 1.700 m), strmo i vrletno greben toliko približio moru kao ovdje. Obalno područje povezano je

državnom cestom D8 (Jadranskom turističkom cestom) koja dobrim dijelom prolazi kroz središte obalnih naselja.

Obalni akvatorij zaokružen je skupinom srednjodalmatinskih otoka od kojih se Hvar proteže najjužnije, Brač je smješten u središnjem dijelu akvatorija (nasuprot ušću Cetine) i pod najvećim je prirodnim utjecajem slivnog područja, Šolta je na krajnjem zapadnom dijelu, dok je Vis najistureniji pučinski otok.

Rijeka Cetina je jedan od značajnijih vodotoka u srednjem krškom obalnom području Hrvatske. Važnost rijeke se ogleda:

a) u bogatstvu vode koja se koristi:

- za vodoopskrbu šireg područja (na kopnu: Vrlika, Sinj, Trilj, Omiš, Makarska, otoci Brač, Šolta i Hvar (u perspektivi Vis) s pripadajućim širim područjem)
- za navodnjavanje u poljoprivredi
- kao hidroenergetski potencijal

b) u bogatstvu ostalih prirodnih pogodnosti, ljepoti i mogućnostima raznovrsnog korištenja rijeke i okolnog područja koje je pod utjecajem rijeke Cetine.

Svojom ukupnom dužinom od oko 105 km, rijeka Cetina protječe kroz dvije županije (Splitsko-dalmatinsku i Šibensko-kninsku) i više administrativno-teritorijalnih jedinica lokalne samouprave, tj. kroz gradove Vrliku, Sinj, Trilj i Omiš te općine Kijevo, Civiljane, Hrvace, Otok, Šestanovac i Zadvarje.

Slivno područje rijeke Cetine sastoji se od sliva u BiH i sliva dalmatinskog dijela (u RH).

Područje sliva na teritoriju BiH obuhvaća velik dio Hercegbosanske županije, tj. područje općina Livno, Tomislav Grad, Kupres, Glamoč i Grahovo, ukupne površine oko 2.440 km², kao i pripadajuće planinske masive.

Dalmatinski dio sliva na području RH ukupne je površine oko 1.200 km². Obuhvaća uže područje određeno topografskom vododjelnicom i dijeli se na:

- gornji dio toka do brane Peruča
- središnji dio doline Cetine do Trilja
- donji dio toka Cetine do ušća u more.

Značenje geografsko-prometnog položaja slivnog područja rijeke Cetine tijekom povijesti je bilo uvjetovano međusobnim vezama obale i zaleđa (važni trgovački putovi). Intenzivan razvoj obalnog područja (posebno metropolitanskog područja Splita) utjecao je na socio-ekonomsku preobrazbu zaleđa, odnosno slivnog područja. Ovim prirodnim koridorom (riječna udolina) prolaze značajni prometni pravci:

- Državna prometnica br.1. Split-Sinj-Vrlika-Knin-Zagreb

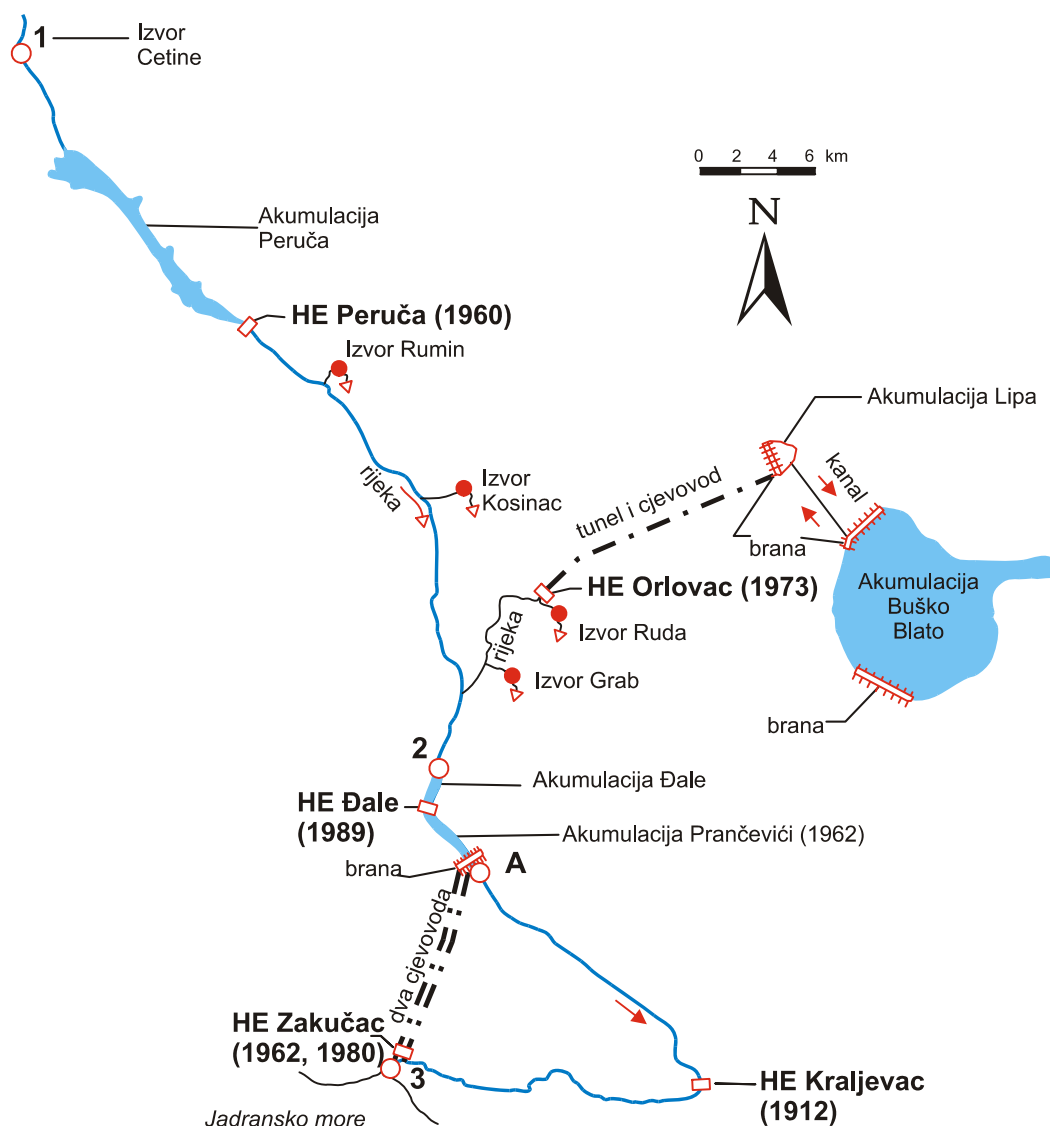
- prometnica Split-Trilj-Kamensko-TomislavGrad-Kupres-Sarajevo.

Izuzetan geoprometni položaj ovog područja na prirodnom raskrižju putova prema unutrašnjosti osnovna je značajka geografskog smještaja slivnog područja i preduvjet aktiviranja gospodarskih potencijala.

3. Tehnički sustavi na rijeci Cetini

3.1. Prikaz postojećih energetske objekata na slivu rijeke Cetine

Rijeka Cetina je značajan vodni i energetske potencijal (Slika 4.). Pretežni dio svojih voda dobiva iz krških vrela. Ima bujično obilježje s velikim i brzim promjenama protoka. Voda rijeke se najviše koristi za proizvodnju hidroenergije. Ukupan pad od izvora do ušća rijeke iznosi 382 m, pa je ona zbog tih značajki već odavno privukla pozornost kao povoljan energetske potencijal. Energetske korištenje bilo je pokretač uređenja, korištenja voda i izgradnje na slivu, a izgradnjom hidroelektrana rješavano je i niz drugih vodoprivrednih problema: osiguranje vodoopskrbe šireg područja, osiguranje vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina i osiguranje obrane od poplava.



Slika 4. Sliv Cetine sa hidroelektranama i akumulacijama

3.1.1. HE Kraljevac

HE Kraljevac je prva hidroelektrana izgrađena na rijeci Cetini, 21 km uzvodno od ušća. Elektrana je derivacijskog tipa s padom 110 m i ukupno instaliranim protokom od $70 \text{ m}^3/\text{s}$, te ukupno instaliranom snagom od 59,7 MW. Ugradnja agregata biološkog minimuma omogućuje iskorištenje voda biološkog minimuma, a time se postiže dodatna proizvodnja električne energije. Nakon početka rada HE Zakućac, a naročito izgradnjom HE Orlovac, HE Kraljevac ostaje raditi na vodi biološkog minimuma i vlastitog međudotoka i bitno smanjuje svoju proizvodnju. U zadnjih deset godina prosječna godišnja proizvodnja iznosi oko 33 GWh.

3.1.2. HE Peruča

HE Peruča je pribransko postrojenje izgrađeno na rijeci Cetini, oko 14 km uzvodno od Sinja, s akumulacijom za sezonsko izravnanje. Poslije pokušaja razaranja za vrijeme rata u Hrvatskoj postrojenje je obnovljeno uz nadvišenje brane čime je povećan volumen akumulacije (Slika 5.). Instalirani protok iznosi $120 \text{ m}^3/\text{s}$, prosječna godišnja proizvodnja je 123 GWh. Ukupni volumen akumulacije iznosi 570 milijuna m^3 , što omogućuje potpuno sezonsko izravnanje protoka.



Slika 5. Akumulacijsko jezero Peruča

3.1.3. HE Zakučac

HE Zakučac je derivacijsko postrojenje, po snazi i proizvodnji električne energije najveće postrojenje u slivu rijeke Cetine. Instalirani protok iznosi $220 \text{ m}^3/\text{s}$, instalirana snaga je 486 MW s godišnjom proizvodnjom od 1.550 GWh. Mala akumulacija Prančevići ukupnog je volumena $6,9 \text{ milijuna m}^3$, a korisnog $4,4 \text{ milijuna m}^3$ i zadovoljava potrebe dnevnog izravnjanja dotoka za potrebe rada hidroelektrane.

3.1.4. HE Orlovac

Hydroenergetski sustav derivacijskog postrojenja HE Orlovac se sastoji od sustava za prikupljanje, transport i prihvaćanje voda na horizontu Livanjskog polja (BiH) i energetske iskorištavanje tih voda na strojarnici HE Orlovac (Hrvatska). Strojarnica HE Orlovac smještena je kod sela Ruda, neposredno nizvodno od izvora Mala Ruda. U strojarnici su smještena tri agregata s Francis turbinama i generatorima. Ukupni instalirani protok na turbinama je $70 \text{ m}^3/\text{s}$, a ukupna instalirana snaga elektrane 237 MW. Bruto pad iznosi 403,7 m, a konstruktivni pad turbine 380 m. Prosječna godišnja proizvodnja je oko 497 GWh. Za prihvati i regulaciju voda izgrađena je akumulacija Buško Blato ukupnog volumena oko 800 milijuna m^3 , koja omogućuje višegodišnje izravnjanje dotoka. Zbog krškog karaktera područja i velike površine jezera prisutni su i veliki nekontrolirani gubici vode koji prihranjuju podzemne vode sliva rijeke Cetine.

3.1.5. HE Đale

HE Đale je pribranska elektrana koja je izgrađena posljednja u sustavu hidroenergetskih objekata u slivu Cetine. Elektrana je izgrađena na rijeci Cetini 5,8 km nizvodno od mosta u Trilju, na profilu Beksetine mlinice. Izravnjanje dotoka i povišenje pada na profilu HE Đale omogućeno je izgradnjom akumulacije u koritu Cetine ukupnog volumena $3,7 \text{ milijuna m}^3$ i korisnog volumena $2,95 \text{ milijuna m}^3$. Za proizvodnju električne energije HE Đale koristi radne vode HE Orlovac i HE Peruća te prirodne dotoke Cetine nizvodno od brane Peruća i strojarnice HE Orlovac. Taj hidroenergetski potencijal ova elektrana koristi na padu od Sinjskog polja i bazena Prančevići. Instalirani protok iznosi $220 \text{ m}^3/\text{s}$, snaga je 40,8 MW, a prosječna godišnja proizvodnja posljednjih desetak godina je 106 GWh.

3.2. Vodoopskrba

Voda rijeke Cetine koristi se za vodoopskrbu područja Omiša, otoka Brača, Šolte, Hvara i područja Makarskog primorja, a u budućnosti otoka Visa. Osigurana je i mogućnost opskrbe vodom iz vodoopskrbnog sustava Omiš-Brač-Hvar pravcem Gata-Srinjine za jedan dio grada Splita. U hidrogeološkom smislu poznate su veze rijeke Cetine s izvorištem rijeke Jadro. Zbog toga o kvaliteti Cetine ovisi i kvaliteta rijeke Jadro koja se koristi za vodoopskrbu splitskog područja. Važno je znati da je za vodoopskrbu područja Splita jedina alternativa koja mu stoji na raspolaganju rijeka Cetina. Izgrađeni su vodoopskrbni sustavi kojima se vodom opskrbljuju uglavnom sva naselja pa je pokrivenost stanovništva vodoopskrbnim sustavima veća od 90%. U nastavku će se dati osnovne karakteristike vodoopskrbnih sustava za naselja koja se nalaze uz rijeku Cetinu, odnosno čija se vodoopskrba temelji na slivu rijeke Cetine. To su: sustav Vrlike, Kijeva i Maovica (zahvat Vukovića vrelo), sustav Šilovka-Hrvace (zahvat Šilovka), sustav Sinj-Dugopolje (zahvat Kosinac i Ruda), te sustav omiške zagore. Najveći vodoopskrbni sustavi su vodoopskrbni sustav Makarske te regionalni vodoopskrbni sustav Omiš/Brač/Hvar/Šolta/Vis.

3.3. Navodnjavanje

U navodnjavanju Sinjskog polja nije se mnogo učinilo unatoč činjenici da sredinom polja protječe rijeka Cetina, čiji je minimalni protok $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Od 1988. g. provodi se improvizirano navodnjavanje puštanjem voda Cetine u odvodnu kanalsku mrežu, pa se infiltracijom dosta uspješno navodnjava oko 2.000 ha.

3.4. Zaštita od štetnog djelovanja voda

Uređenjem vodotoka i drugih voda smatra se: građenje, tehničko i gospodarsko održavanje regulacijskih građevina, zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracijsku odvodnju, tehničko i gospodarsko održavanje vodotoka i vodnog dobra, te izvođenje drugih radova koji omogućuju kontrolirani i neškodljivi protok voda i namjensko korištenje voda.

Zaštita od štetnog djelovanja voda predstavlja postupke i mjere za obranu od poplava, obranu od leda na vodotocima, zaštitu od erozija i bujica, te postupke i mjere za otklanjanje posljedica navedenih djelovanja.

3.4.1. Obrana od poplava

S aktivnom obranom od poplava na užem slivnom području rijeke Cetine započelo se 1939. godine prokopom Triljskog tjesnaca. Prije tih radova Sinjsko polje je periodično plavljeno, što je bilo uzrokovano velikim dotokom iz izravnog i neizravnog sliva i malom propusnošću na prijelazu Cetine iz Sinjskog polja kroz Triljski tjesnac. Djelovanjem bujica u tjesnacu je dolazilo i do taloženja nanosa što je još više umanjilo otjecanje i produžilo trajanje poplava. Ove aktivnosti su ujedno bile i preduvjet za melioracijske zahvate u Sinjskom polju i za primjenu racionalnijeg rješenja obrane od poplave i odvodnje voda iz ovog polja.

Nakon ovih početnih zahvata, a u okviru melioracije Sinjskog polja, pristupilo se rješenju obrane od poplava regulacijom Cetine i Rude, kao i njihovim ograđivanjem popratnim nasipima u ukupnoj dužini od oko 28 km.

Regulacijski su radovi nakon 1950. godine obuhvatili samo mjestimično čišćenje korita i izvedbu 4 prokopa na mjestima melioracije. Tada izvršena regulacija korita rijeke Cetine s izgradnjom popratnih nasipa, u uvjetima prirodnog režima zadovoljavala je tadašnje zahtjeve u pogledu propuštanja velikih voda i osiguranja stabilnosti obala. Regulacijski radovi trebali su osigurati obranu od poplavnih voda na temelju stogodišnjeg povratnog razdoblja, što je značilo maksimalni protok na ulazu u Sinjsko polje od 417 m³/s i 725 m³/s kroz Triljski tjesnac.

Izgradnjom HE Peruča (1959.) ostvarena je akumulacija uzvodno od Hrvatačkog polja, koja omogućuje sezonsko izravnanje dotoka i u velikoj mjeri povećava sigurnost od poplava. Nakon izgradnje Peruče poplave većeg intenziteta dogodile su se samo u nekoliko navrata. U okviru izgradnje HE Peruča, radi sniženja razine donje vode HE i povećanja instaliranog pada postrojenja, izvršeni su odgovarajući regulacijski radovi na čišćenju i produbljivanju korita Cetine u ukupnoj dužini 1 km nizvodno od brane.

Na potezu rijeke Cetine kroz Hrvatačko polje do danas nisu izvođeni nikakvi regulacijski radovi, osim izrade odgovarajućih projekata. Prema tim projektima, izvršila bi se mjestimična regulacija korita, uglavnom izgradnjom popratnih nasipa, unutar kojih bi se proveo maksimalni protok od $Q=280 \text{ m}^3/\text{s}$, koji odgovara prirodnim uvjetima režima rijeke Cetine. Sadašnja propusna moć korita Cetine na dionici kroz Hrvatačko polje iznosi mjestimično tek oko 65 m³/s, što znači da Hrvatačko polje redovito poplavljuje.

3.4.2. Melioracijski radovi

Melioracijska odvodnja je sustavno odvođenje suvišnih voda sa poljoprivrednog ili drugog zemljišta u svrhu racionalnog i gospodarskog korištenja tog zemljišta.

- Odvodni sustavi

U nekim predjelima umjerenog klimatskog pojasa obično nije mogu na neuređenim površinama postići prirodno odstranjenje olujnih oborinskih voda jer nadmašuju moć upijanja tla. U pomanjkanju prirodnog pada i odvodnog sustava, vode stagniraju u depresijama ili pak sporo otječu prema prirodnim vodotocima, gubeći se isparavanjem i poniranjem, ali istovremeno zadržavajući pedološki sloj u saturiranom stanju. Ako je trajanje potapanja ili saturacije duže od otpornosti bilja, usjevi mogu biti uništeni ili prinosi osjetno umanjeni, ovisno o godišnjem dobu pojave, stupnju razvoja i otpornosti bilja. Općenito potrebne hidromelioracijske zahvate možemo izraziti odnosom:

$$\frac{\mu P}{E} \geq 1 \quad \text{ili} \quad \frac{\mu P}{E} \leq 1$$

gdje je:

μ - koeficijent poniranja vode u tlo

P – oborina koja padne na tlo

E – evapotranspiracija.

U prvom slučaju, tj. kada je $\mu P > E$, znači, kada je prihod tla veći od potrošnje, treba izgraditi odvodni (drenažni) sustav, dok u drugom slučaju postoji ravnoteža, pa intervencija nije nužna. Ako je međutim $\mu P < E$, tlo treba natapati. Ovaj element oborine definira nam potrebu da se odstrani suvišna voda iz tla, a istovremeno moramo odvesti suvišnu površinsku vodu, koja iznosi $P\sigma$, gdje je σ koeficijent otjecanja, odnosno $\sigma = 1 = \mu$. Odvodnjavanjem se uklanja suvišna površinska i podzemna voda i poboljšava vodno-zračni režim u tlu. Tako se zamočvarena i nepoljoprivredna tla mogu privesti kulturi. U svijetu postoje brojni primjeri kad se isušu jezera i mora (npr. u Nizozemskoj).

Često će se dobro hidrološko uređenje tla postići mrežom otvorenih kanala koja se sastoji iz osnovnog i detaljnog sustava. Ova mreža obično osigurava, uz odvod viška površinskih voda te barem povremeno smanjenje stupnja saturacije tla i kontrolu podzemne vode. Ovakav koncept uređenja obično daje dobre rezultate kada se primjenjuje u laganim i nekoherentnim tlima, ali ne i u težim i teškim tlima sitne teksture, koja se naslanjaju na nepropusne horizonte. Naime, odvod površinske vode nije uvijek glavni problem, već je to zasićenje tla i nivoa podzemne vode. Tada je nužna odvodnja i s površine tla i s određene dubine (ispod žilnog aparata), što se postiže kombiniranom mrežom za površinsku i podzemnu odvodnju (drenaža); koristi se u gotovo svim aluvijalnim dolinama uz vodotoke. Slijedi da sustav za odvodnjavanje može biti površinski ili podzemni, odnosno kombinirani, koji se i najčešće primjenjuje.

- Odvodnja vanjskih voda

Odvodnja suvišnih voda i uređenje vodnih tokova, što se najčešće paralelno ostvaruje, zadire u razne grane znanosti, privrede i ekonomike. Za pojedina područja, regije, pa i čitavu državu, često je osnova bilo kakvog društvenog napretka. Ti su radovi redovito skupi i dugotrajni, pa im je potrebno posvetiti dužnu pažnju, kako se ne bi dobio neuspjeh. Zbog toga je nužno da se prije početka radova organizira izrada i prikupljanje odgovarajućih podloga, da se zatim savjesno i temeljito izrade potrebne studije kako bi se dobio uvid u stanje sliva, režima vode, u slivu i vodotoku, a posebno u nizinskom dijelu slivnog područja. Osnovne podloge koje pri tome treba sakupiti su topografske, hidrografske, geološke, klimatološke i druge. Potrebno je, zatim, imati već prije izrađene studije za pojedina područja i grane: vodoprivrednu osnovu, poljoprivredu, šumarstvo, korištenje i upotrebu vode i slično. Prvo što treba učiniti kada se planira odvodnjavanje nekog melioracijskog područja je separacija (odvajanje) vanjskih od unutarnjih voda. Za ove pojmove često se upotrebljavaju i izrazi *tude* i *vlastite vode*. Vanjskih se vodama zovu one vode koje dolaze u melioracijsko područje dotokom iz višeležećih dijelova slivnog područja. One se mogu regulirati, odnosno odstraniti iz melioracijskog područja na dva načina:

a/ uređenje vodotoka koji protječu kroz promatrano područje povećanjem protjecajnog profila i gradnjom popratnih nasipa, te izgradnjom obodnih ili lateralnih kanala po rubu doline sa ciljem da prihvaćaju sve vode koje dotječu s više ležećih dijelova sliva

b/ gradnja akumulacijskih bazena u gornjim dijelovima sliva

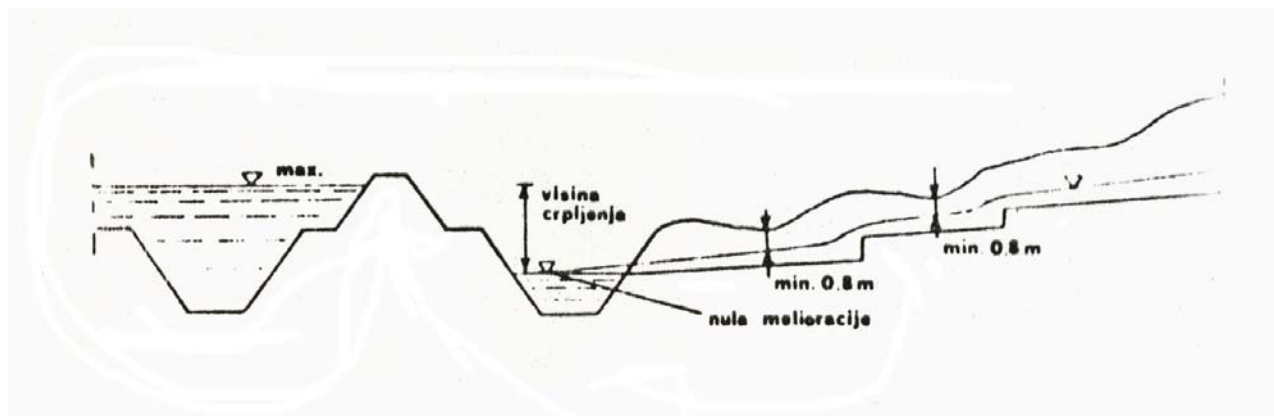
Ova varijanta (b) je izvodljiva jedino u slučaju kada za nju postoje određeni topografski, geološki, i hidrološki uvjeti, ali je treba planirati uvijek kada je to moguće jer je daleko povoljnija od ostalih grana vodoprivrede.

Zaštita od vanjskih voda u fazi planiranja, projektiranja i izgradnje pripada području uređenja vodotoka i zaštiti zemljišta od erozije, pa se u ovom radu neće pobliže razmatrati. Treba napomenuti, da je potrebno ove radove obaviti prije ili barem paralelno s radovima unutrašnje odvodnje.

- Odvodnja unutrašnjih voda

Uređenje vodnog režima u melioracijskom području može se provesti na dva potpuno različita načina, i to: izgradnjom odvodnog sustava i kolmacijom zemljišta.

a/ Odvodni sustav za neko hidromelioracijsko područje sastoji se iz vodnih tokova većeg ili manjeg presjeka i objekata na tim vodotocima. Vodni tokovi većih dimenzija uglavnom se nazivaju kanali, a manji jarci, sisavci i sl. Zadaća je kanala da odvodi oborinske i sve druge vode, koje dospiju u melioracijsko područje /procjedne, izvorske i dr./ u neki recipient. Za recipient može poslužiti prirodni ili umjetni vodotok, jezero, močvara ili more. Način na koji se voda ispušta ili prebacuje iz melioracijskog područja u recipient definira tip odvodnog sustava. Kota razine vode u odvodnom kanalu u presjeku ispusta u recipient mora biti niža od najniže točke terena u melioracijskom području povećana za pad vodnog lica /hidraulički gubitak/ do tog presjeka i pedološkog sloja tla koji mora biti izvan utjecaja vode radi normalnog uzgoja odgovarajućih vrsta kulturnog bilja. Tako definirana visina, odnosno kota utvrđuje "nulu melioracije" (Slika 6.).



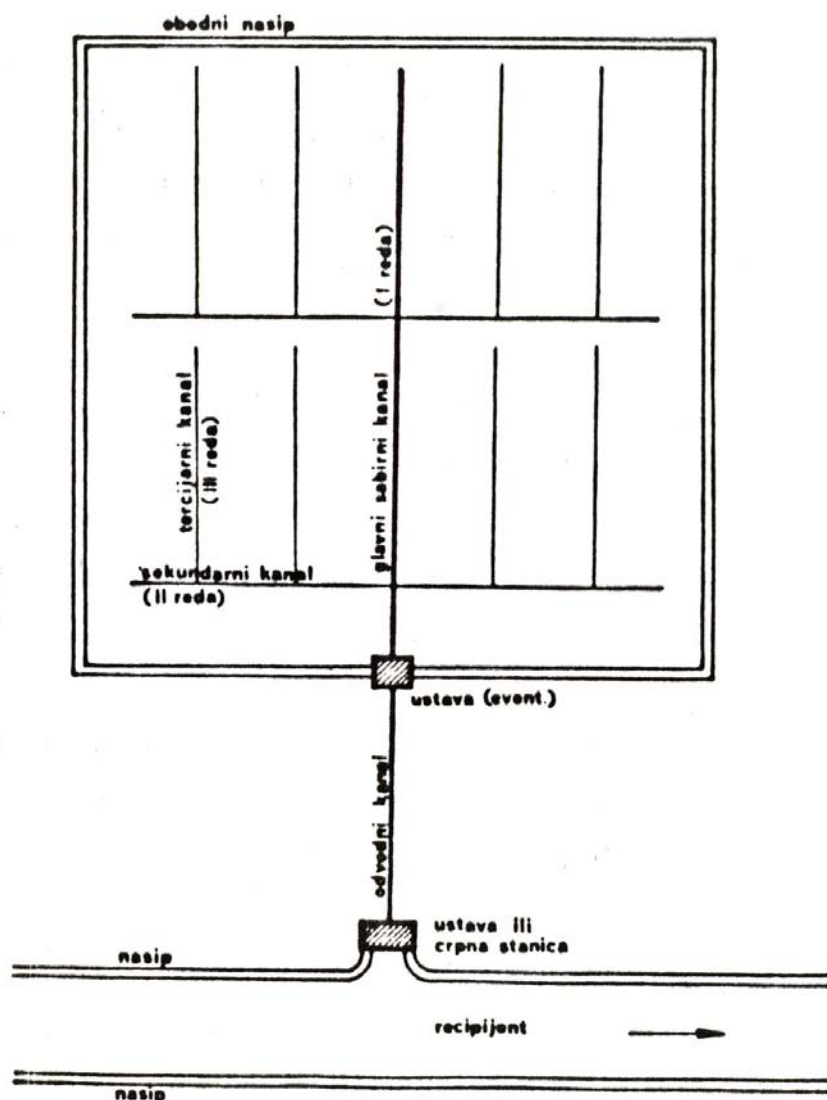
Slika 6. Shema određivanja "nule melioracije"

Ako je tako utvrđena kota na ispustu viša od najveće razine vode u recipientu, onda se istjecanje obavlja gravitacijskim tokom odnosno prirodnim padom za bilo koje hidrološko stanje mreže. Taj tip odvodne mreže nazivamo gravitacijskom mrežom. Ako je, pak, "nula melioracije" niža od maksimalne razine vode u recipientu, ali viša od srednjeg i niskog vodostaja moguća su dva rješenja. Prvo se sastoji u tome da se u okolici ispusta izgradi akumulacijski bazen takvog kapaciteta koji može uskladištiti cjelokupni volumen vode za vrijeme dok nije moguće slobodno istjecanje u recipient. Kada razina vode u recipientu padne na određeni nivo, voda se ispušta. Takav tip odvodnje zove se intermitentna

odvodnja. Treba, međutim, naglasiti da za takav režim pogona mora biti projektirana i prilagođena čitava mreža. Drugi slučaj se sastoji u tome da se na izlaznom presjeku ugradi crpna stanica koja je u pogonu samo za vrijeme visokih vodostaja. ta se odvodnja zove odvodnja mješovitog tipa. I konačno, ako je nivo vode na izlazu niži i od srednje visine vode u recipientu, nužno je na tom mjestu ugraditi crpnu stanicu, i vodu mehanički prebaciti u recipient. To se zove odvodnja s mehaničkim dizanjem vode.

b/ Melioracija kolmiranjem zove se tip odvodnje kada se tlo nasipavanjem diže na određenu visinu kako bi bila omogućena normalna odvodnja gravitacijom. Kolmacija se može postići na dva načina:

- prirodnim putem, ispuštanjem na razmatrano područje riječnih voda s mnogo nanosa, usporavanjem voda s taloženjem nanosa u lagunama i spuštanjem istaloženih voda u recipient. Ovo je veoma jeftin, ali i vrlo dugotrajan proces, pa se danas sve manje primjenjuje.



Slika 7. Shema odvodnog sustava

- umjetnim putem – dovozom ili dopremom materijala iz prikladnih pozajmišta. Koristi se samo za manje površine smještene uz vodotoke ili na specifičnim lokalitetima, i to obično kada se raspolaže s viškom iskopa.

Objekti koji su zajednički svim sustavima za odvodnjavanje sastoje se od kanala i jaraka. Ne postoji granica između ova dva tipa građevina. Drenažni jarci mogu biti kanali koji direktno preuzimaju vodu iz površina poljoprivrednog tla ili pak takvi vodotoci kojima dno nije šire od jedan metar. Sve ostalo su kanali. Mreža većeg hidromelioracijskog sustava sastoji se od glavnog sabirnog kanala koji uzduž toka prima veći broj sekundarnih kanala; ovi pak tercijarne itd. Dakako, moguća je i druga podjela, jer kod nas neke opće službene klasifikacije nema. Općenito se misli na mrežu kanala čini osnovni sustav za odvodnjavanje, dok mrežu jaraka i drugih dovoda /drenovi/ čini detaljan sustav za odvodnjavanje.

Osnovna mreža je sastavljena od otvorenih kanala s tokom sa slobodnim vodnim licem. Po pravilu, ovi se kanali ne oblažu, već su iskopani u materijalu polja i najčešće su trapeznog oblika. Na njima se ugrađuju različiti objekti /sifoni, zapornice, akvadukti itd./ radi manipuliranja vodom i svladavanja raznih terenskih prepreka. Detaljna mreža prikuplja vode direktno s obrađenog poljoprivrednog tla i predaje je u kanale. Sastoji se ili iz otvorenih kanala, odnosno jaraka, ili iz zatvorenih podzemnih kolektora, odnosno drenova.

- Osnovni principi i elementi plana odvodnjavanja

U prethodnoj točki je već rečeno da prije početka bilo kakvog zahvata u radovima hidrotehničkih melioracija treba prikupiti i obraditi potrebne podloge. Za plan unutrašnje odvodnje najvažnije podloge su topografske, pedološke i hidrološke. Fizikalno-mehaničke osobine pedološkog sloja mogu se utvrditi i prije projekta odvodnjavanja. Ovo je važno zbog slijeganja, koje će nastupiti nakon isušivanja i to različito za svaki tip tla koji se pojavi na melioracijskom području. Slijeganje se događa ili zbog sniženja podzemne vode /odnosno isušivanja močvara/ ili zbog oksidacije tresetnih zemljišta, kada nakon isušivanja dođu u dodir s zrakom. Općenito uzevši slijeganje iznosi do 20% za pjeskovita tla, te do 30% za glinovita, u odnosu na sniženje nivoa podzemne vode.

Nakon ovoga se izrađuju topografske podloge za stanje područja isušivanja. Podloga se radi ekvidistancom izohipsa prema lokalnim prilikama. U pravilu razmak izohipsa od 0,25m zadovoljava za područja s veoma malim padovima, dok će za ostale odgovarati razmak od 0,5m. Zatim se već mogu definirati vododjelnice, odnosno razdijeliti područje na parcijalne slivove.

Trasiraju se /na karti/ kanali osnovne kanalske mreže, birajući najpovoljnije terenske lokacije. Glavni sabirni kanal položiti će se po najnižim točkama terena tako da omogućava otjecanje kanalima nižeg reda. Slično će se postupiti sa svim ostalim kanalima i jarcima. Iako je ovo, teoretski jedini pravilan pristup, treba reći da se od njega u praksi veoma često odstupa. Odstupanja nastaju najviše radi postojećih cesta i vodotoka, međa zemljišta, obrađenog tla i sličnog. Također je važno da se mreža podredi mogućnosti ispusta vode u recipijent, i to na najpovoljnijoj lokaciji, što nizvodnije. Hidrometrijski profil ispusta treba temeljito proučiti i to visinu i učestalost pojave mjeroдавnih vodostaja, kako bi se odredio tip odvodnog sustava.

Gustoća osnovne kanalske mreže ovisi ponajviše o visinskim odnosima i topografiji. Trebalo bi nastojati da udaljenost bilo koje parcele od kanala ne prekorači, ako je moguće, dužinu od 1000m.

Na kraju se definira granica ili međa melioracijskog područja koja ide po vododjelnoj liniji ili po vodoplavnoj liniji /linija mogućeg maksimalnog vodostaja da nema odvodnje/.

Svaki kanal se, radi hidrauličkog proračuna dijeli na veći ili manji broj dionica. Dužina dionice varira od slučaja do slučaja, a ovisi o konfiguraciji terena okolnog područja i trase kanala. Kriteriji za definiranje dionica su uglavnom ovi:

- Da je razlika protoka između početne i završne točke dionice što manja, budući da se za svaku dionicu određuje jedan mjerodavni /računski/ profil. Dakle, poprečni presjek kanala mijenja se samo na granici između dviju dionica, pa je dobro taj profil birati neposredno uzvodno nekog značajnijeg utoka.
- Da kraj dionice odgovara eventualnim većim visinskim promjenama odvodnjene površine. Da bi se presjek kanala što više prilagodio promjenama protoka, i time pojeftinio trošak gradnje, poželjno je da dionice ne budu duže od 1000 m.

Nakon toga se prelazi na proračun dopustivog nivoa vode na završnom presjeku sabirnog kanala prije ispusta u recipient ili "nule melioracije", kako je već prije opisano. Za većinu ratarskih kultura na najnižim kotama područja bit će dovoljno ako se za slobodnu visinu između kote terena i najviše kote vode u tlu usvoji vrijednost od 80 cm. Veće vrijednosti bi znatno poskupile čitav sustav, a istovremeno bi u sušno doba mogle izazvati nestašicu vode u aktivnom sloju tla.

Iz rezultata analize zaključujemo koji tip odvodnog sustava treba projektirati: gravitacijski, intermitentni ili mehaničkim dizanjem vode.

Sada se prelazi na hidrološke proračune, odnosno proračune mjerodavnih protoka za svaku dionicu kanala na temelju ranije prikupljenih podloga i po metodama koje će biti naknadno prikazane. Na kraju se izračunaju uzdužni profili pojedinih dionica kanala i to na temelju terenskih snimaka / karte ili profili/ i hidrauličkog proračuna presjeka svake dionice kanala. Tako se definiraju kote nivoa vode u pojedinim presjecima, odnosno uzdužni profil vodnog lica, koji je jednak padu dna kanala jer se smatra da je tečenje jednoliko. Ako se pojavi veća visinska razlika između kote na presjeku spajanja susjednih dionica, na tom se mjestu ugrađuje stepenica za smanjenje pada. Ne preporučuje se ugradnja stepenica ako ova gradnja nije veća od 40 cm, već se kote usklađuju spuštanjem ili dizanjem susjednih dionica.

▪ Detaljni sustavi za odvodnjavanje

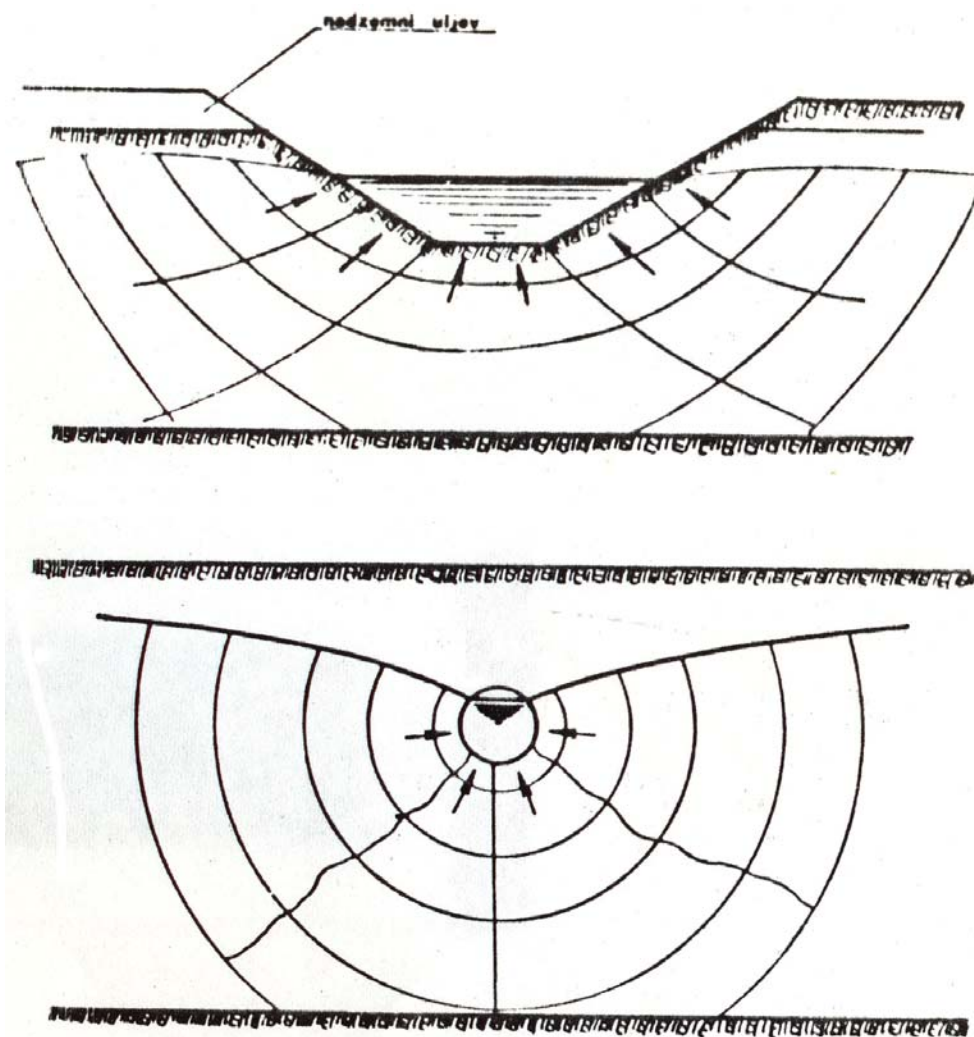
Detaljne sustave za odvodnjavanje u osnovi možemo podijeliti na mreže otvorenog i zatvorenog tipa. Funkcionalno gledano njihova je uloga ista; jednak je i utjecaj na režim podzemne, a dijelom i površinske vode.

Otvorene mreže imaju mnogo više nedostataka od zatvorenih, pa se sve manje primjenjuju ustupajući postupno mjesto zatvorenoj ili podzemnoj mreži. Općenito

možemo reći da je otvorena mreža primjerena ekstenzivnoj, a zatvorena intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Osnovni zadaci drenaže mogu se sažeti u slijedećem:

- efikasno i intenzivno sniženje nivoa podzemne vode, brže procjeđivanje zemljišta i odvod viška površinskih voda;
- poboljšanje strukture tla, akumulacijske sposobnosti i melioracije, odnosno vodno-zračnog režima;
- povećanje topline tla, pravovremenu obradu i produženje vegetacijskog ciklusa;
- stvaranje povoljnijih uvjeta za razvoj mikrobiološkog života, intenzivniji razvoj korijenja i bolje korištenje hranjiva iz tla;
- ograničenje razvoja i širenja štetnih korova.



Slika 8. Otvorena i zatvorena drenaža

Zatvorena drenažna mreža ima u odnosu na otvorenu ove prednosti i nedostatke:

a/ u prednosti u prvom redu ubrajamo intenzivno, jednolično i kontinuirano (bez obzira na temperaturu zraka) odvođenje viška podzemnih voda. Kako je čitava mreža u podzemlju, ne oduzima obradivu poljoprivrednu površinu, ne ometa promet i olakšava rad poljoprivrednim strojevima. Sve to može biti veoma važno jer ponegdje otvorena mreža zahvaća 10-15% pa i više površine.

Osim toga, neusporedivo je jeftinije održavati zatvorene od otvorenih mreža s kojih se mora barem dvaput godišnje otklanjati /kositi/ štetne korove, a jednom godišnje, ili bar svake druge čistiti nanos.

b/ među nedostacima gradnje zatvorenih mreža svakako su troškovi koji su mnogo veći nego za otvorene mreže. No, u posljednje vrijeme oni se smanjuju mehanizacijom radova i industrijskom proizvodnjom drenažnih cijevi. Također, nedostatak je i sporije odvođenje površinskih voda, te otežano čišćenje odvodnika.

Kao posebnu kvalitetu podzemne drenažne mreže vrijedno je spomenuti tzv. 'vremenski učinak'. Pojedine agrotehničke operacije /posebno sjetvu pšenice i kukuruza, te žetvu kukuruza/ potrebno je obaviti u optimalnim rokovima zbog fizioloških karakteristika usjeva ili potrebe da se tlo oslobodi za druge radove. Ti su rokovi redovito kratki, pa su potrebni mnogi strojevi. Ako je slučajno vlažna godina i još k tome nedrenirano tlo, polja su toliko raskvašena da strojevi ne mogu raditi, pa se ti ionako kratki rokovi još više skrate. Rezultat toga je činjenica kojoj smo posljednjih godina česti svjedoci: nezasijane površine ili neobran urod. Drenaža tu bitno poboljšava stanje i sasvim je vjerojatno da se ona u samo jednoj tako kritičnoj godini već potpuno isplati.

Melioracijski zahvati u slivu rijeke Cetine mogući su samo unutar nekoliko krških polja kroz koja protječe Cetina. Najznačajnije polje ovog područja je Sinjsko polje čija je površina 6.900 ha, od čega je 4.050 ha neto melioracijska površina. Hidromelioracijski sustav Sinjskog polja je građen paralelno s izgradnjom sustava obrane od poplava. Provedena je komasacija, izgrađena odvodna kanalska mreža, putna mreža, izvedene su dvije ustave i dvije crpne postaje za odvodnju unutrašnjih voda (Trilj i Vedrine). Izgrađeni sustav nije dao očekivane rezultate, pa je neophodna rekonstrukcija. U sklopu toga, već je izvršena rekonstrukcija crpnih postaja i ustava, a ostaje još rekonstrukcija i dogradnja odvodnog sustava, putnih mreža i još jedne crpne postaje.

Za ostala polja možemo spomenuti sljedeće:

- Na Hrvatačkom polju, površine 1.504 ha, dosad nisu obavljani nikakvi radovi na obrani od poplava i melioracijskoj odvodnji. Za melioraciju je predviđeno desno zaobalje Cetine, ukupne površine 1.291 ha, za što je izrađen idejni projekt.
- Na Cetinsko-paškom polju, površine 850 ha, dosad nisu obavljani nikakvi radovi na obrani od poplava i melioracijskoj odvodnji. Melioracijski zahvati su potrebni na površini od 540 ha, za što je izrađen idejni projekt.
- Na Vrličkom polju, površine 620 ha, dosad nisu obavljani nikakvi radovi na obrani od poplava i melioracijskoj odvodnji. Melioracijski zahvati su potrebni

na površini od 400 ha. Polje je dijelom ispresijecano zapuštenom kanalskom mrežom, pa redovito plavi svake godine. Za uređenje odvodnje polja izrađena je i tehnička dokumentacija.

Boljom koncepcijom korištenja hidropotencijala šireg sliva Cetine, osim energetskog iskorištavanja voda na koncentriranim padovima od Kupreškog polja, omogućilo bi se i uspješno rješavanje osnovnih vodoprivrednih problema ovog područja. Izgradnjom akumulacijskih bazena, korištenjem privremenih zimskih retencija, izgradnjom sustava kanala i regulacijom vodotoka, omogućilo bi se izravnanje voda krških polja i njihovo kontrolirano odvođenje s viših horizonata prema nižim. Time bi se riješio problem obrane od poplava i odvodnje, stvorili bi se uvjeti za natapanje poljoprivrednih površina, te zahvaćanja voda za potrebe vodoopskrbe i druge svrhe, a to planiranim hidroenergetskim objektima daje višenamjenski karakter.

4. Digitalni model reljefa (DMR)

4.1. Općenito o digitalnim modelima reljefa

Reljef kao oblik tla, površina Zemljine kore s obzirom na razlike u visini, daje zemljištu osnovne karakteristike, utječe na klimu, vegetaciju, upravljanje prostorom i zaštitu okoliša. Utječe i na karakter i raspored drugih geografskih elemenata, posebno hidrografije, naseljenih mjesta i komunikacija. Posebno je vezan uz hidrografiju koja utječe na formiranje pojedinih oblika reljefa. Zato i svako istraživanje prikaza zemljišta počinje upravo istraživanjem prikaza reljefa. Osnovu za prikazivanje reljefa čine karakteristične točke reljefa, određene po položaju i visini. Kvaliteta prikazivanja reljefa zavisi od broja i pravilnog izbora točaka te točnosti njihovog određivanja i vjernosti prikazivanja oblika reljefa.

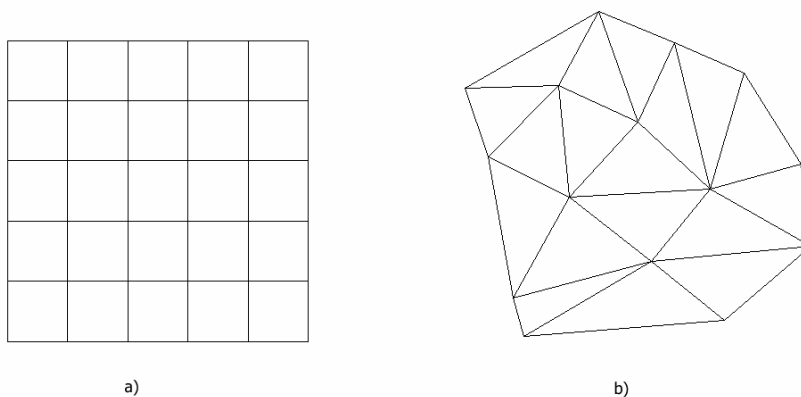
Preduvjet za dobar sjenčani prikaz reljefa poznavanje je vrsta i načina prikaza reljefa na kartama, a preduvjet za kvalitetan prikaz reljefa automatskim sjenčanjem dobar je digitalni model reljefa.

Digitalni model reljefa (DMR) je skup točaka na Zemljinoj površini čije su prostorne koordinate pohranjene na nosioce pogodne za kompjutorsku obradu (Frančula, 1999). Neki autori koriste i nazive DEM (*Digital Elevation Model*) i DTM (*Digital Terrain Model*). Digitalni modeli reljefa (DMR) se koriste u svim granama današnjeg modernog svijeta. Tako je DMR našao primjenu u: hidrografskim analizama, građevinarstvu, analizama zaštite od požara, planiranju gradnje cesta, kartografiji (izrada slojnica) i kod drugih analiza vezanih uz reljef.

Izvori podataka za DMR mogu se dobiti iz podataka dobivenih različitim metodama:

- terenskom izmjerom (tahimetrijska mjerenja ili GPS)
- fotogrametrijskom ili aerofotogrametrijskom izmjerom
- laserskom altimetrijom (LiDAR)
- snimanje primjenom senzora smještenih na letjelicama (satelitima)- STRM (Shuttle Radar Topography Mission)
- iz postojećih planova ili karti.

Kod DMR-a raspored točaka može biti pravilan i nepravilan, ili njihova kombinacija. Kod pravilnog rasporeda točaka najčešće se koristi kvadratna mreža (Rectangular Grid ili elevation matrix), a kod nepravilnog se koristi mreža trokuta (TIN – Triangulated Irregular Network). Na Slika 9. je prikazan primjer pravilne i nepravilne mreže digitalnog modela reljefa.



Slika 9. a) Pravilna mreža DMR-a, b) nepravilna mreža DMR-a

Usporedba pravilne kvadratne mreže i nepravilne trokutne (Frančula, 1999.):

- pravilna mreža ima jednostavnu strukturu podataka, trokutna vrlo kompliciranu,
- u kvadratnoj mreži je pristupno vrijeme do određenih elemenata mnogo manje nego u trokutnoj,
- u kvadratnoj mreži količina podataka je mnogo manja nego u trokutnoj, jer su dovoljne koordinate samo jedne točke a za ostale samo visine,
- trokutno mrežom moguće je mnogo bolje aproksimirati reljef nego kvadratnom,
- trokutne mreže su pri jako nehomogenoj razdiobi fleksibilnije nego kvadratne.

4.2. DMR-ovi s pravilnom mrežom točaka

Kod pravilne kvadratne mreže nam je potrebna položajna koordinata samo rubne točke, dok ostale točke mogu biti zadane samo visinom uz poznat pomak po y i x koordinatnoj osi. Osnovni problem kod pravilnog rasporeda točaka je kako odrediti optimalni razmak između točaka u digitalnom modelu reljefa. Ako odredimo raspored točaka podešen prema terenu s velikim promjenama visine tada će u ravničarskom terenu biti mnogo više točaka nego je to potrebno. Ovaj nedostatak moguće je riješiti promjenjivom gustoćom točaka (Progressive sampling) i to tako da se najprije uzimaju točke na većem razmaku, a zatim se analizira na kojim je područjima potrebno progustiti mrežu. Ako visinska razlika između dvije susjedne točke u mreži prelazi unaprijed definiranu graničnu vrijednost razmak između točaka se smanjuje na pola. Postupak se postupno ponavlja sve dok se ne dođe do najmanjeg potrebnog razmaka između točaka. Zbog specifičnosti reljefa, on se ne može vjerno opisati promjenjivom gustoćom točaka, te se dodaju karakteristične točke i linije, najviše i najniže točke sedla, prijelomnice, obalne linije jezera i sl.

4.3. DMR-ovi s nepravilnom mrežom točaka

Digitalni modela reljefa s nepravilnom mrežom točaka se sastoji od nepravilno raspoređenih točaka. Ovaj oblik je prihvaćen u mnogim GIS aplikacijama. Trokutnom mrežom moguća je puno bolja aproksimacija terena nego kvadratnom mrežom jer su točke bolje prilagođene konfiguraciji terena, te svaka točka mreže ima određene sve tri koordinate za razliku od pravilne kod koje je poznata samo visina. Ovakvim modelom najbolje se opisuju područja sa velikim skokovima u nagibu, gdje rubovi trokuta mogu biti poravnati s karakterističnim točkama terena. Pri izradi TIN-a potrebno je voditi računa o tome gdje će biti izabrane karakteristične točke i na koji način ćemo pospajati poligone (trokute).

Nakon provedenih mnogobrojnih diskusija o prednostima i manama pravilne i nepravilne mreže došlo se do zaključka kako najbolje rezultate daje kombinacija oba modela (composite sampling).

4.4. Digitalni modeli reljefa u Hrvatskoj

U RH postoji nekoliko digitalnih modela reljefa koji pokrivaju cijelo područje Republike Hrvatske.

Hrvatska radio-televizija (HRT) posjeduje dva modela, a treći je u izradi. Jedan model posjeduje GISDATA, i jedan Industrija nafte (INA), a tvrtka Geofoto d. o. o. izradila je nekoliko DMR-ova.

Zavod za fotogrametriju d. d., Zagreb posjeduje nekoliko DMR-a, i to:

DMR Republike Hrvatske – model nastao digitalizacijom topografske karte 1: 100 000, točke su raspoređene u pravilnoj mreži gustoće 1 km, DMR TK25 – izvornik je fotogrametrijska izmjera cikličkih snimanja, DMR HOK 5 - izvornik je fotogrametrijska izmjera snimanja raznih mjerila, DMR 5.0 – model je nastao digitalizacijom skaniranih i geokodiranih listova HOK 5, raspored točaka je nepravilna mreža gustoće oko 100 m, DMR 1: 1 000 - izvornik je fotogrametrijska izmjera snimanja raznih mjerila.

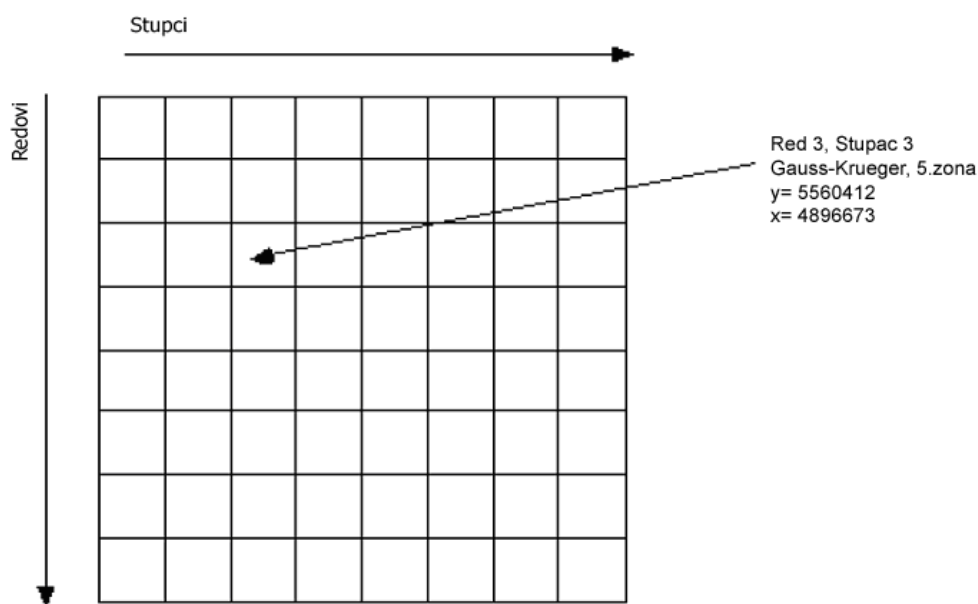
Geodetski fakultet je u okviru 'Studija i pilot projekta formiranja banke visinskih podataka i digitalnog modela reljefa' predložio aerofotogrametrijsko snimanje čitave države u srednjem mjerilu 1:20 000 i izradu DMR-a stereofotogrametrijskom restitucijom snimaka. Ovakav način izrade DMR-a se pokazao vrlo dugotrajan, sa velikim tehnološkim i financijskim preduvjetima. Zbog toga, a i vremenskog ograničenja, prijedložena je izrada na osnovi HOK 1 : 5 000. Visinski podaci se prikupljaju skaniranjem reprodukcijских originala. Nakon toga, obrada rastera vrši se programima MicroStation, I/RAS B i I/GEOVEC tvrtke Bentley. Razmak točaka je 30 – 100 m. Ovakav digitalni model reljefa biti će tijekom vremena dopunjavan, a na kraju potpuno zamijenjen modelom dobivenim fotogrametrijskom restitucijom. Format za razmjenu podataka je DKF, SCOP-DTM (DGU, 2003.).

5. GeoMedia Grid

GeoMedia Grid 5.2 je aplikacija koja se koristi unutar GeoMedia Professional programskog paketa. Razvili su je Keigan Systems u suradnji s Intergraph Corp. U GeoMedia Grid nailazimo na alate za upravljanje rasterskim datotekama (gridovima), izradu, izmjenu, upravljanje i vizualizaciju rasterskih datoteka, kao i za izradu različitih analiza topografije, vododjelnica, i riječne mreže. GeoMedia Grid omogućava uklapanje rasterskih i vektorskih podataka.

5.1. Koncept

GeoMedia-u Grid čine rasterski slojevi (Grid Layers). U njima je prostor podijeljen na mrežu pravilnih kvadratnih ćelija koje predstavljaju kvadratni dio površine Zemlje. Svaka ćelija ima svoj položaj, vrijednost, rezoluciju i izgled. Ćelije mogu biti spojene u zone sličnih ćelija. Legenda pokazuje informacije o slojevima. Zahvaljujući ovakvoj organizaciji podataka može se koristiti više različitih slojeva za opisivanje ili analiziranje različitih objekata (Features) na istom prostoru. Slika 10. prikazuje pravilni raster ćelija nekog područja. Položaj svake ćelije definiran je položajem u konkretnom redu i stupcu. Koordinate se odnose na stvarni prostor tako da svaka ćelija ima jedinstveni geografski položaj. Bitno je da svi slojevi, ako ih se više koristi, budu u istoj projekciji i koordinatnom sustavu.



Slika 10. Lokacija ćelije u pravilnom rasteru

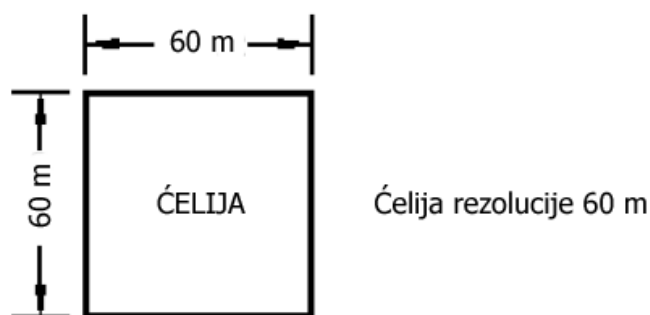
Svaka ćelija u rasteru ima pridruženu vrijednost. U ovom slučaju (DMR), vrijednost ćelije je nadmorska visina. Na Slika 11. je prikazana vrijednost ćelije (visina) unutar rastera digitalnog modela reljefa.

12	4	5	5
3	22	22	23
3	22	22	23
12	12	12	22

Ćelija s vrijednošću 22

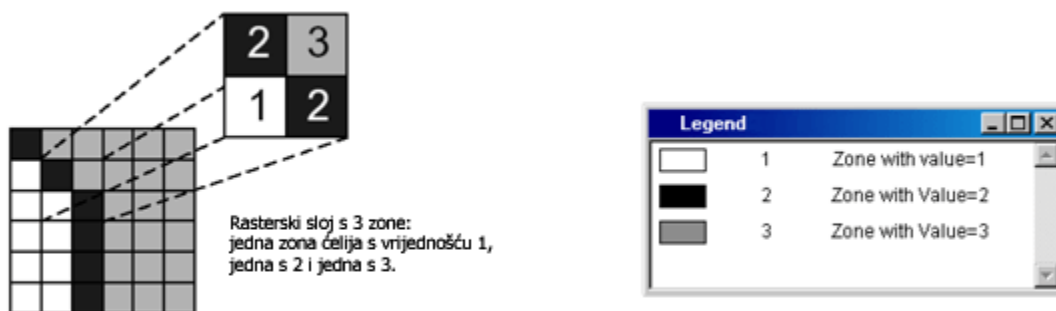
Slika 11. Vrijednost ćelija

Sve ćelije koje čine rasterski sloj imaju istu rezoluciju. Rezolucija ćelije je duljina jedne strane kvadrata "stvarnog svijeta" kojeg predstavlja ćelija (Slika 12.) Rasterski slojevi koji se koriste u istoj analizi moraju imati istu rezoluciju. GeoMedia Grid omogućava promjenu izgleda ćelije.



Slika 12. Rezolucija ćelije

Sve ćelije u sloju sa istom vrijednošću se nazivaju zonama. Zona može biti pojedinačna ćelija, kontinuirana regija, nekoliko razdvojenih regija ili razasutih pojedinačnih ćelija. Svaka zona je predstavljena jednom stavkom u legendi (Slika 13).



Slika 13. Zona

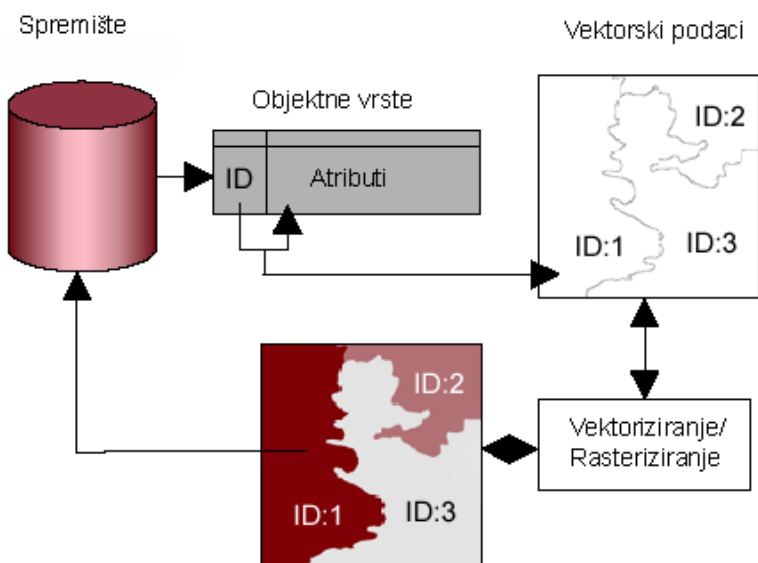
Legenda pridružena svakom sloju sadrži stavke (jedan za svaku zonu). Svaku stavku opisuje boja i vrijednost zone i također može prikazati površinu zone, postotak koji zona zauzima na sloju i opisni tekst.

5.2. Područje proučavanja (Study Area)

Područje proučavanja se koristi za organiziranje i upravljanje rasterskim slojevima unutar radnog prostora GeoMedia-e (GeoWorkspace). Informacije o pojedinom području se pohranjuju u bazu podataka (Warehouse, spremište). Područje proučavanja definira položaj i veličinu, projekciju i koordinatni sustav, i rezoluciju rastera u slojevima upisanim u njoj. U jednom radnom prostoru GeoMedia-e Grid može biti definirano više područja proučavanja, ali istovremeno ne može biti aktivno više od jednog. Pristup rasterskim slojevima je moguć samo kada je područje proučavanja definirano i aktivirano.

5.3. Model podataka

Osnovni podaci u GeoMedia-i Grid su rasterski slojevi. Rasterske slojeve možemo vektorizirati i time dobiti objekte neke objektne vrste. Objekti su dodatno opisani atributima pohranjenim u bazu podataka (.mdb). Spremište je izvor podataka, i svi se novodobiveni podaci pohranjuju u njega. Pristup podacima u spremištu ostvaruje se stvaranjem veze (*connection*).



Slika 14. Organizacija podataka

5.3.1. Radni prostor (GeoWorkspace)

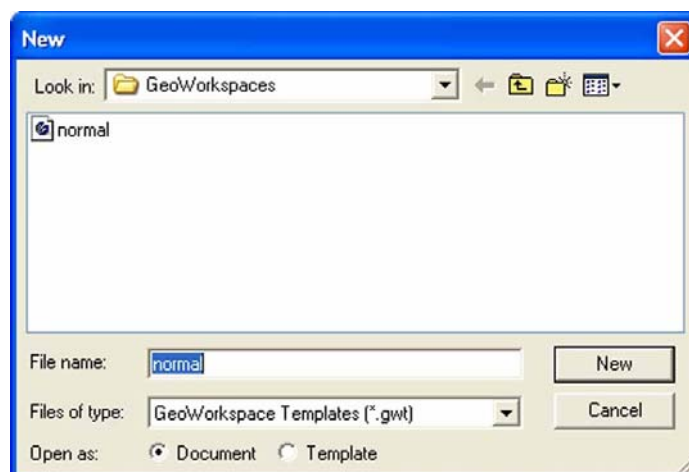
Radni prostor je područje u kojem se prikazuju podaci (rasterski ili vektorski) korišteni u određenom projektu. Radni prostor bi se još mogao nazvati spremnikom i povezivačem svih procesa u projektu, a sadrži:

- informacije o koordinatnom sustavu,
- spremišta (*Warehouse*) veze s podacima,
- prozor prikaza (*Map Window*) i prozor podataka (*Data Window*),
- upite (*Queries*).

Radni prostor moguće je konfigurirati prema potrebama korisnika i samoga projekta, npr. može se promijeniti koordinatni sustav ili njegove pojedine postavke, može se ubaciti plan (karta) ili rasterska slika kao podloga za prostorne podatke.

Ekstenzija formata *GeoWorkspace*-a je *.gws. U toj datoteci pohranjuju se sve veze i postavke unutar projekta.

Prilikom pokretanja GeoMedia-e Professional odabere se *Create New GeoWorkspace* (Slika 15.). Ovdje nam se pruža prilika stvaranja radnog prostora od početnog predloška (template) ili korisnik može definirati novi predložak koji će prilagoditi potrebama projekta.



Slika 15. Prozor za definiranje novog radnog prostora

5.3.2. Koordinatni sustavi

GeoMedia Professional prikazuje sve podatke, čak i one iz različitih izvora podataka, koristeći koordinatni sustav definiran za radni prostor. Postoje tri vrste koordinatnih sustava koje Geomedia Professional podržava, a to su:

- geografski koordinatni sustav – kutna udaljenost od Greenwich-kog meridijana (geografska dužina), tj. od ekvatora (geografska širina),
- pravokutni koordinatni sustav – koordinate prikazuje kao X i Y,
- geocentrički koordinatni sustav – koordinate prikazuje kao udaljenost neke točke u odnosu na centar Zemlje. To su Kartezijeve koordinate (X, Y, Z).

GeoMedia Professional prikazuje koordinate u skladu s geodetskim datumom, koji je precizno definiran na nekom referentnom elipsoidu.

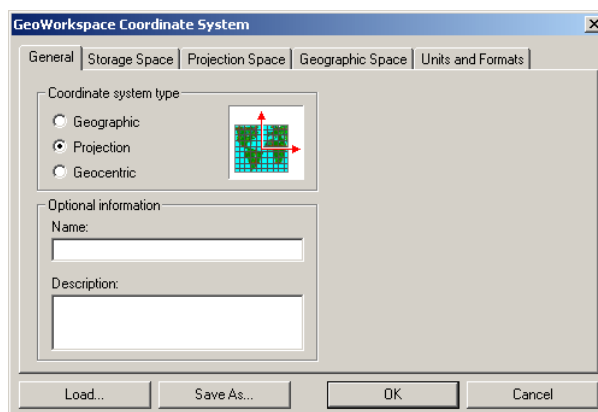
Ako je potrebno promijeniti koordinatni sustav u radnom prostoru, ne mijenjaju se pohranjeni podaci korišteni pri obradi, već se samo mijenja prikaz. Koordinatni sustav GeoMedia Professional-a čine slijedeće postavke:

- koordinatni sustav,
- horizontalna razlučivost,
- projekcija,
- projekcijski parametri,
- geodetski datum i elipsoid,
- radna površina.

▪ Coordinate System File

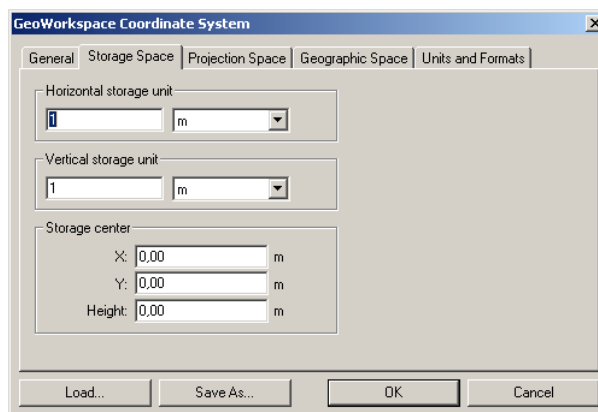
Ova datoteka sadrži podatke o koordinatnim sustavima u kojima se crtež (raster) nalazi. Ekstenzija ove datoteke je *.csf. Podaci se unose u pet odjeljaka:

1. *General* (Slika 16.) – u ovom odjeljku odabere se tip koordinatnog sustava. U ovom projektu odabran je projekcijski (*Projection*).



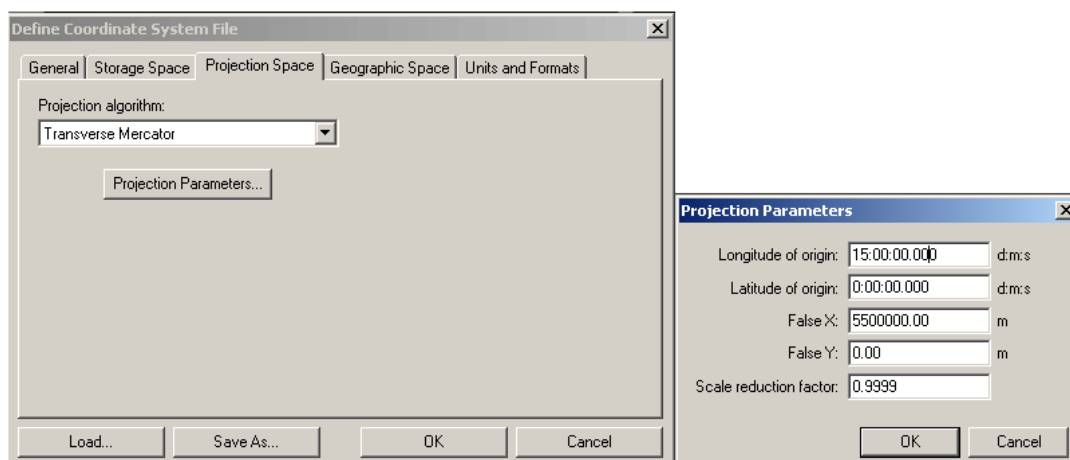
Slika 16. Odjeljak General

2. *Storage Space* (Slika 17.) – definiranje osnovnih mjernih jedinica sustava i koordinate ishodišta.



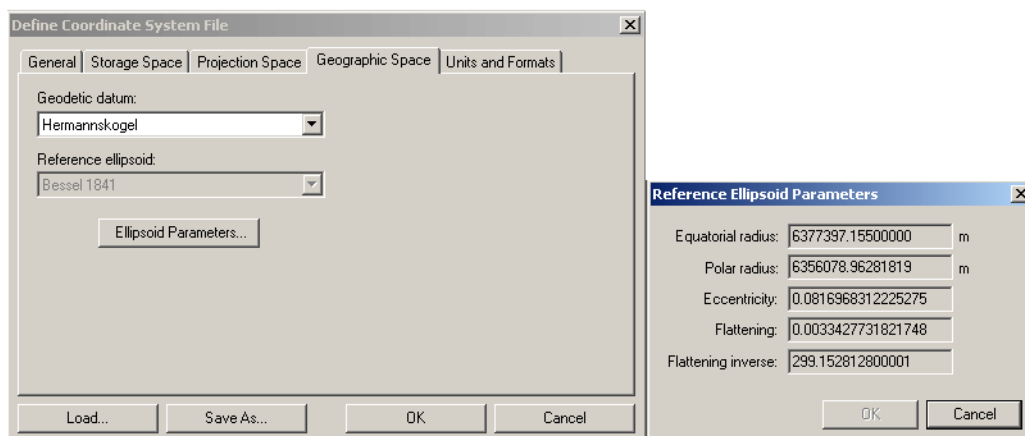
Slika 17. Odjeljak Storage Space

3. *Projection Space* (Slika 18.) – u ovom odjeljku se bira algoritam za projekciju.



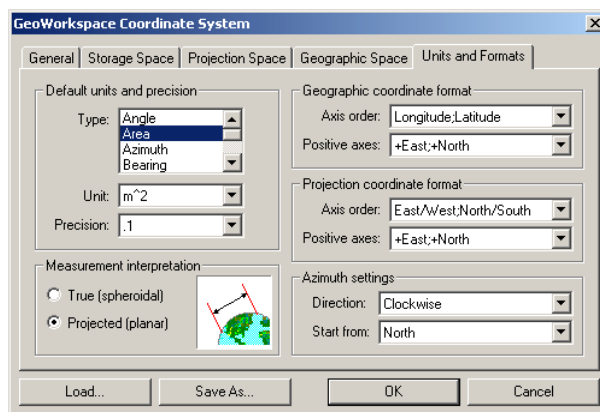
Slika 18. Odjeljak Projection Space i parametri projekcije

4. *Geographic Space* (Slika 19.) – definiranje geodetskog datuma i referentnog elipsoida. U ovom odjeljku nije prikazan naziv elipsoida Bessel 1841, već je navedena njegova ishodišna točka, a to je Hermannskogel pokraj Beča. Ovim izborom nema više potrebe za dodatnim unošenjem parametara.



Slika 19. Odjeljak Geographic Space i parametri referentnog elipsoida

5. *Units and Formats* (Slika 20.) – ovdje se podešavaju mjerne jedinice za kutove, duljine i površine, te preciznost istih (broj decimalnih mjesta).

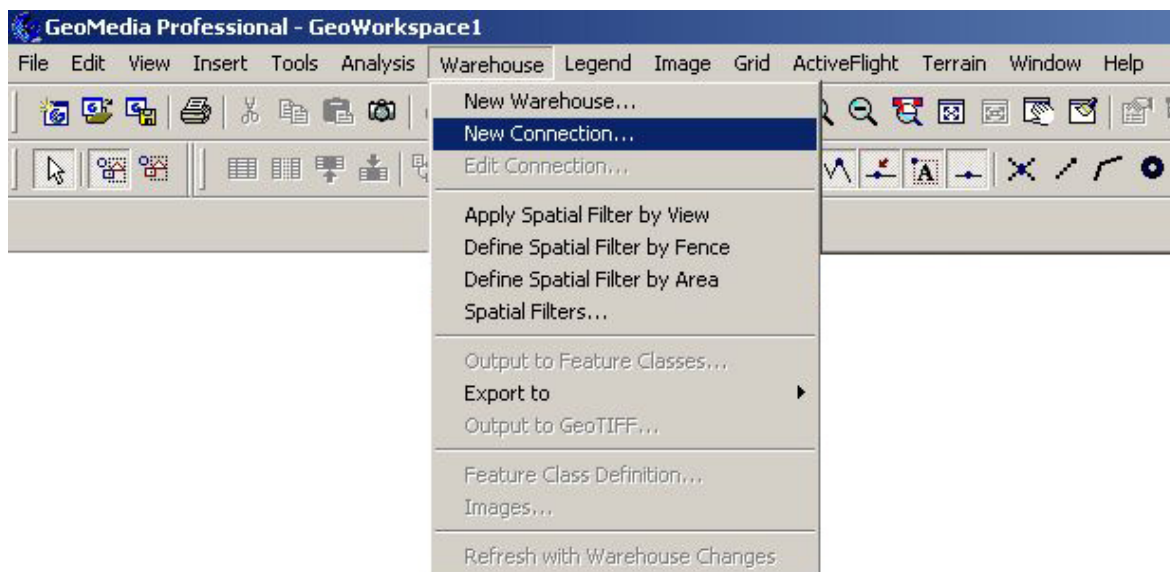


Slika 20. Odjeljak Units and Formats

Ovu datoteku je potrebno spremiti pod nekim imenom (cetina.csf).

5.3.3. Warehouse

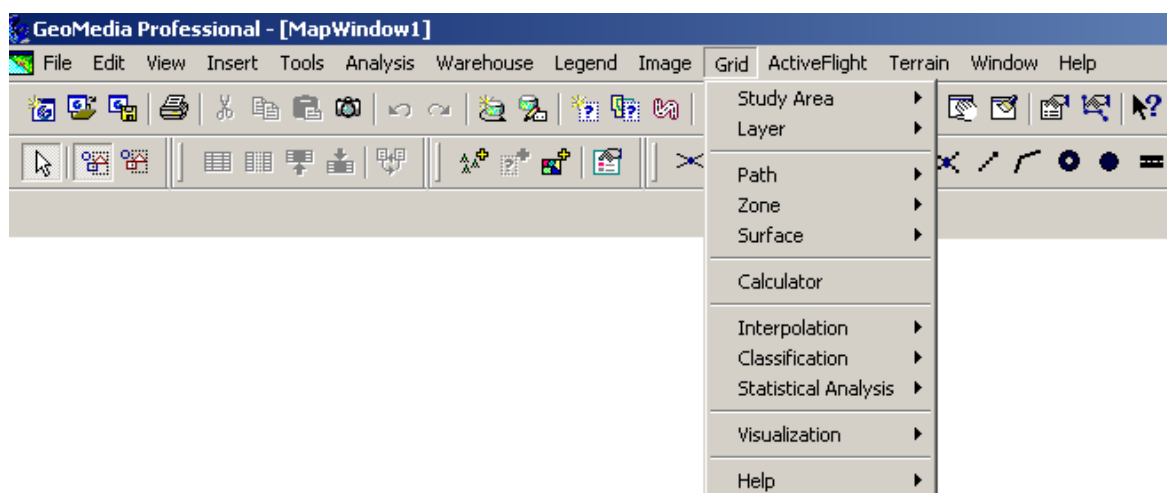
U Warehouse izborniku (Slika 21.) kreiramo bazu podataka tj. spremište gdje će nalaziti svi podaci koji će se koristiti tijekom obrade. Ovu datoteku treba spremiti pod nekim imenom (cetina.mdb)



Slika 21. Warehouse izbornik

5.4. GeoMedia Grid – izbornici

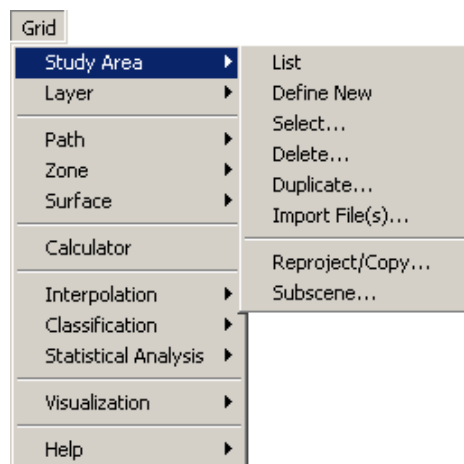
Izbornike GeoMedia-e Grid otvaramo sa odabirom tipke *Grid* u glavnoj traci s alatima (Toolbar) GeoMedia-e Proffesional (Slika 22.)



Slika 22. Izbornik Grid

- Study Area (područje proučavanja)

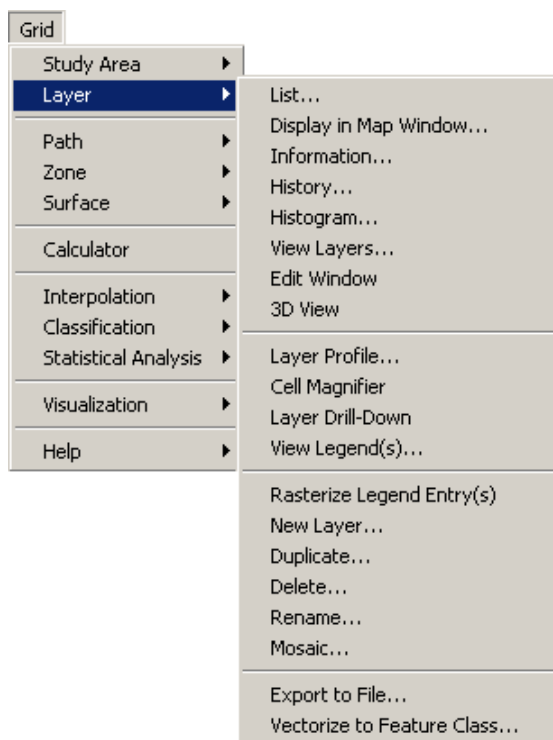
U Study Area izborniku (Slika 23.) ponuđene su opcije za upravljanje područjima proučavanja, prikaz kreiranih, definiranje novih, kopiranje i dr. Naredbom *Import File(s)* učitavaju se rasterski podaci koji moraju biti u jednom od formata koje podržava GeoMedia Grid: ArcGrid Binary (interchange) (*.flt), Arc Grid ASCII (interchange) (*.asc), ASCII tab-delimited text (*.txt), USGS DEM (*.dem), DTED (*.dt0, *.dt1, *.dt2), GeoMedia Grid (*.mfm), geoTIFF (*.tif), GeoMedia Terrain ASCII (*.asc), GeoMedia GRD (*.grd), USGS NED Binary (*.bil), USGS SDTS (*.ddf), Raw Binary (*.bin), TIFF (*.tif) with world file (*.tfw) i XYZ text (*.xyz).



Slika 23. Study Area izbornik

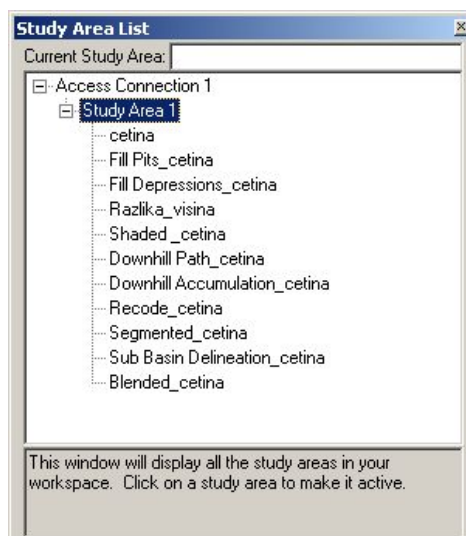
- Layer (sloj)

Izbornik Layer (Slika 24.) sadrži naredbe za upravljanje rasterskim slojevima (pregled dostupnih slojeva (Slika 25.), iscrtavanje pojedinog sloja u Map Window-u, informacije slojevima, kopiranje, preimenovanje, brisanje, mijenjanje, 3D pogled, profil sloja.



Slika 24. Layer

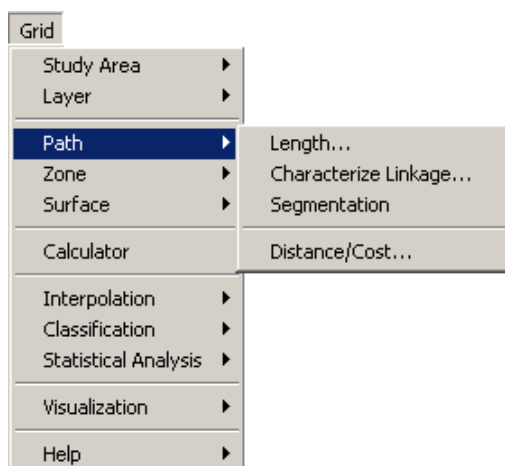
Naredbom *Vektorize to Feature Class* rasterske podatke transformiramo u vektorske. Time se dobiju objekti jedne objektno vrste koji se mogu analizirati pomoću GeoMedia-e Professional. Moguć i obrnuti proces, tj. od vektorskog oblika dobiti rasterski naredbom *Rasterize Legend Entry(s)*. Naredba za transformiranje unešenih podataka u druge formate je *Export to File*. Rezultat su sljedeći formati: BMP (Bitmap), GIF (Graphic Interchange Format), TIFF (Tagged Image File Format), MFM (Mfworks Format), Raw Binary, Tab Delimited Grid (*.txt), XYZ Point File (*.txt), GeoMedia Terrain ASCII.



Slika 25. Pregled dostupnih slojeva (List)

- Path

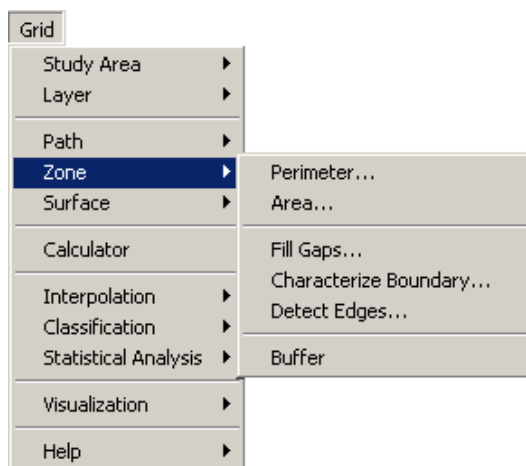
U ovom izborniku (Slika 26.) ponuđena je opcija za računanje duljine linearnih objekata u nekom sloju (*Length*). Naredba *Segmentation* upotrebljava se u hidrološkim analizama. S tim dobivamo sloj u kojemu svaki dio riječne mreže ima jedinstvenu vrijednost.



Slika 26. Izbornik Path

- Zone

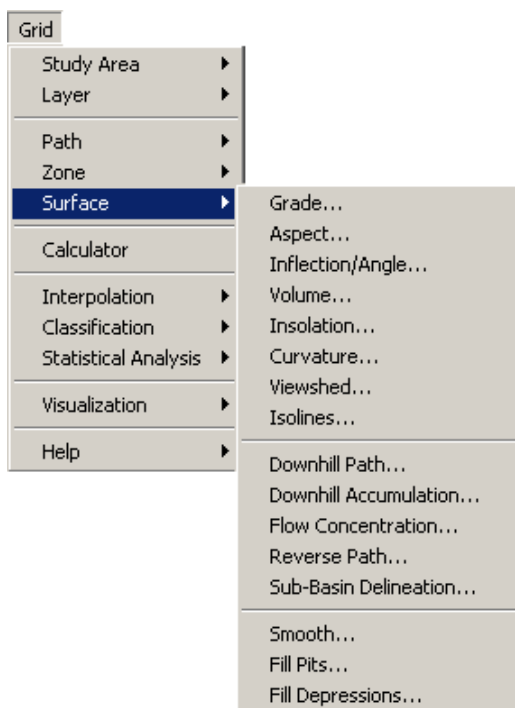
U ovom izborniku (Slika 27.) nalaze se naredbe za upravljanje zonama ćelija, računanje površina koje zauzima pojedina zona u sloju, opsega pojedine ćelije ili zone, popunjavanje praznina unutar sloja.



Slika 27. Izbornik Zone

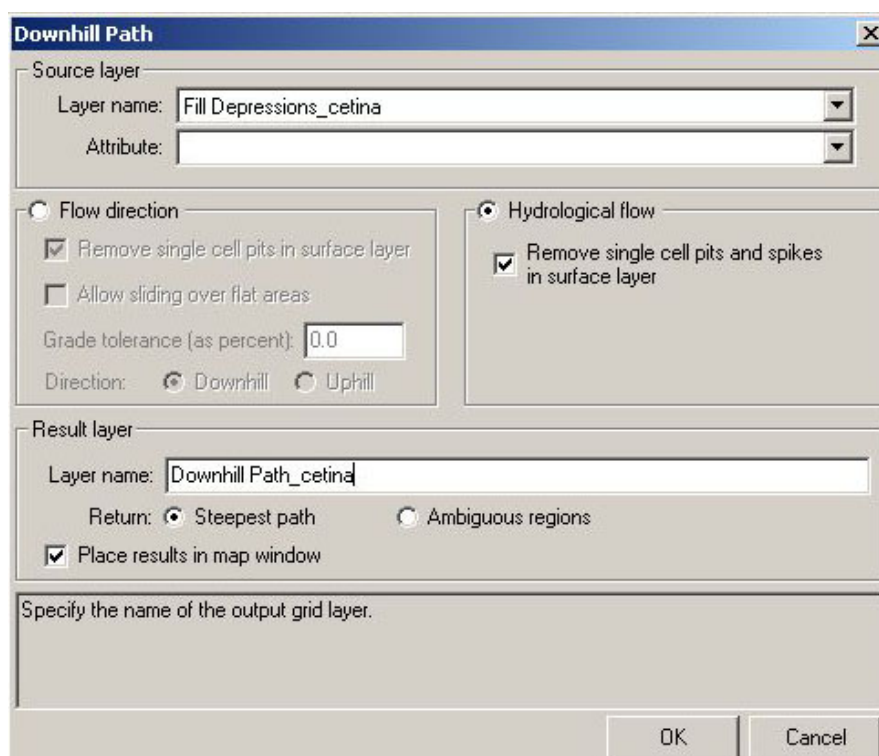
- Surface

Surface izbornik (Slika 28.) sadrži alate s kojima je moguće je odabrati način prikaza modela. Tako npr., izgled reljefa možemo prikazati slojnicama (*Isolines*), kartom vidljivosti (*Viewshed*), zakrivljenošću (*Curvature*), itd. Moguće je izračunati

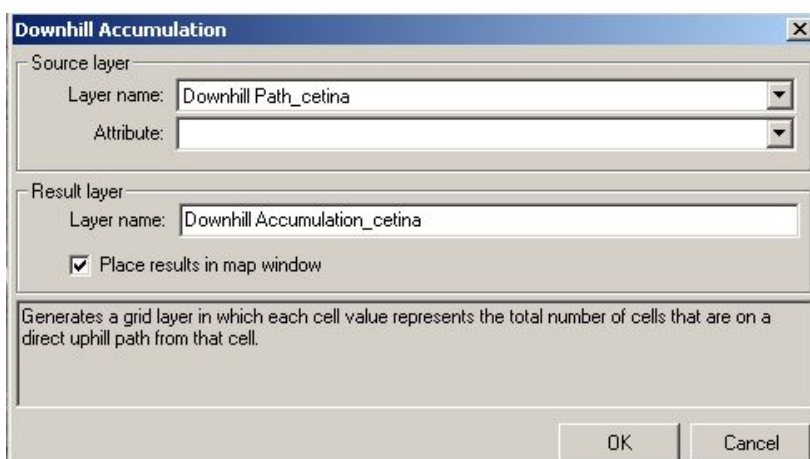


Slika 28. Izbornik Surface

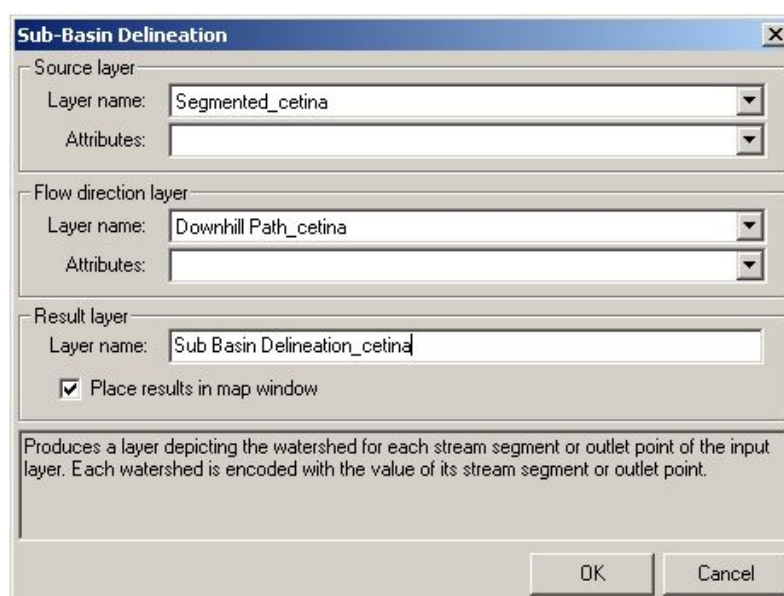
i volumen između slojeva (*Volume*). U ovom izborniku ponuđene su i naredbe za obradu reljefa (*Smooth*, *Fill Pits*, *Fill Depressions*), te naredbe za izradu hidroloških analiza (*Downhill Path* (smjer toka (Slika 29.), *Downhill Accumulation* (akumulacija) (Slika 30.), *Flow Concentration*, *Reverse Path*, *Sub – Basin Delineation* (razvođa) (Slika 31.).



Slika 29. Downhill Path izbornik



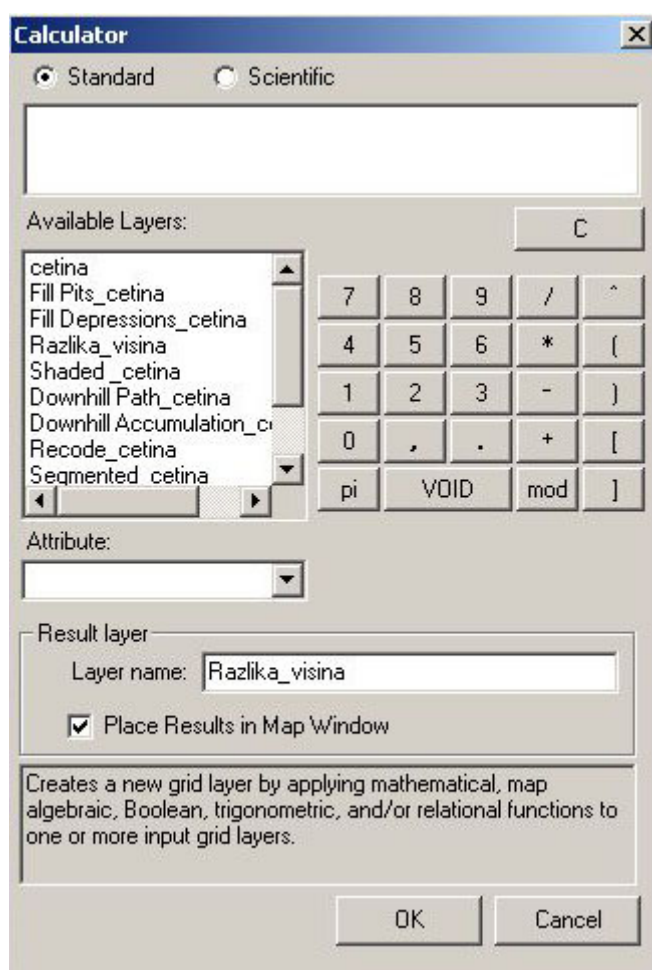
Slika 30. Downhill Accumulation izbornik



Slika 31. Sub-Basin Delineation izbornik

- Calculator

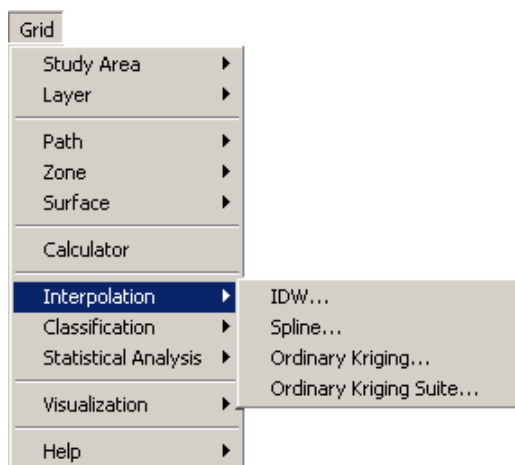
Naredba *Calculator* otvara prozor prikazan na Slika 32. Rezultat ove naredbe je novi rasterski sloj dobiven matematičkim ili relacijskim operacijama na jedan ili više rasterskih slojeva. Operacije se odnose na vrijednosti ćelija u rasterskim slojevima.



Slika 32. Prozor Calculator

- Interpolation

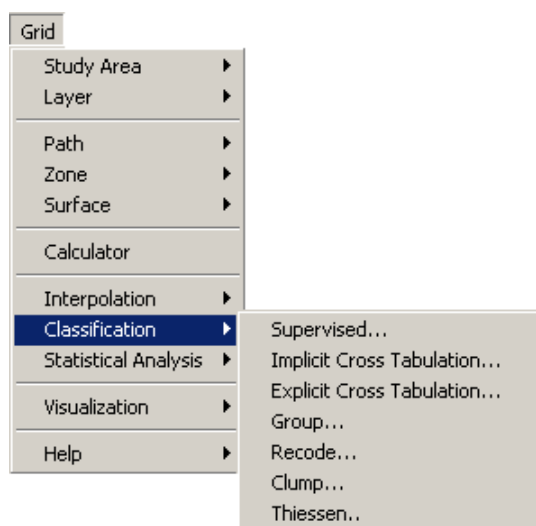
Izbornik *Interpolation* (Slika 33.) sadrži četiri tipa interpolacije podataka u rasterskom sloju. Prilikom odabira interpolacije bitno je poznavati njihove osnovne značajke. Tako npr. *IDW* (Inverse Distance Weighting) interpolaciju koristimo kada je set podataka nepotpun. Algoritam ove interpolacije računa vrijednosti ćelijama bez podataka (VOID) na osnovu vrijednosti susjednih ćelija. *Spline* interpolaciju koristimo pri izradi digitalnog modela reljefa kada su podaci nepotpuni. *Ordinary Kriging* interpolacija daje najbolje rezultate kada podaci nisu pravilno raspoređeni.



Slika 33. Izbornik Interpolation

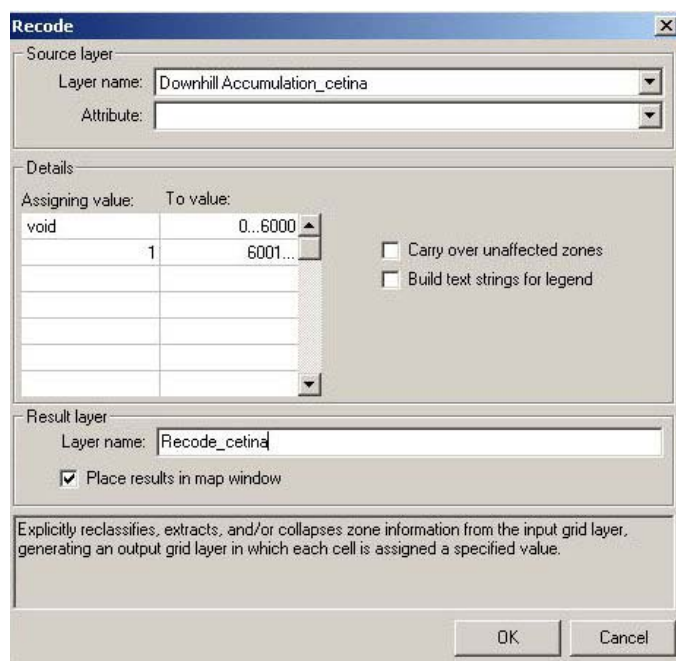
- Classification

Izbornik *Classification* (Slika 34.) ima nekoliko opcija kojima je zajedničko da grupiraju ćelije rasterskih slojeva. Naredbom *Clump* grupiraju se ćelije nekog sloja koje imaju istu vrijednost, a koje su geografski povezane u neku cjelinu.



Slika 34. Classification

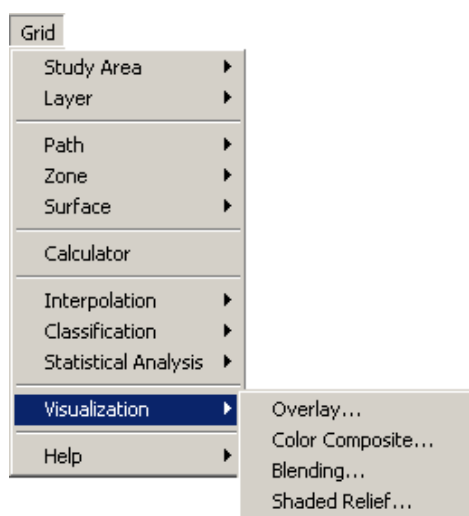
Recode (Slika 35.) naredba rezultira novim slojem, izvedenim iz nekog izvornog sloja, u kojemu svaka ćelija ima novu vrijednost koju joj je dodjelio korisnik.



Slika 35. Recode

- Visualization

Naredba *Visualization* (Slika 36.) sadrži alate kojima zornije i uvjerljivije prikazujemo podatke dobivene iz nekih analiza i prikaza spomenutih ranije u tekstu. Mijenjanjem boja, preklapanjem više različitih slojeva, i izradom osjenčanog modela reljefa moguće je izraditi prikaz koji će sadržavati bitne informacije vezane za neki projekt. Tako npr. možemo preklopiti aerofotogrametrijski snimak sa osjenčanim modelom reljefa i obojanim digitalnim modelom reljefa. Rezultat svih ovih naredbi je novi rasterski sloj.

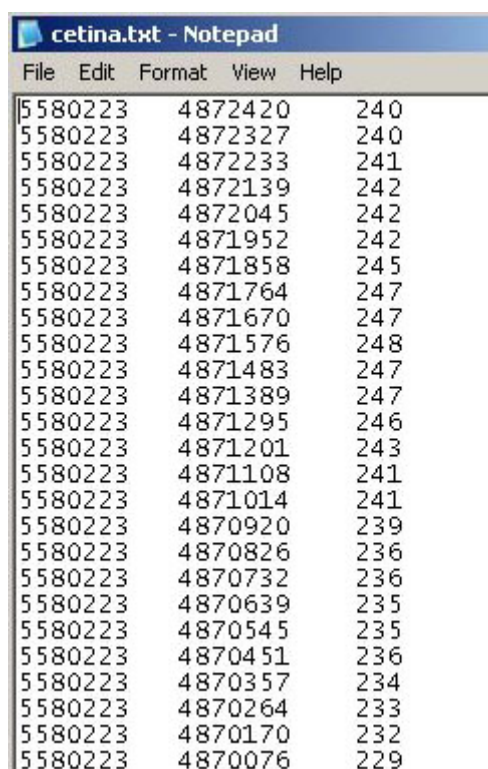


Slika 36. Visualization

6. Izrada modela, grafički prikazi i hidrološke analize

6.1. Korišteni podaci

Kod ovog diplomskog rada korišteni su STRM podaci u .hgt formatu, ćelija (N43E016.hgt) rezolucije 3" koje obuhvaćaju područje sliva rijeke Cetine. Međutim, kako .hgt format nije moguće učitati u GeoMedia Grid, podatke je trebalo prvo uz pomoć aplikacije Global Mapper prebaciti podatke u format prikladan za unos. Podaci su prebačeni u XYZ Point File format (cetina.xyz). Taj format je moguće unijeti u GeoMedia-u Grid. Treba promijeniti projekciju i datum, te rezoluciju podataka. Dio datoteke cetina.xyz otvorena u Notepad-u prikazana je na Slika 37.

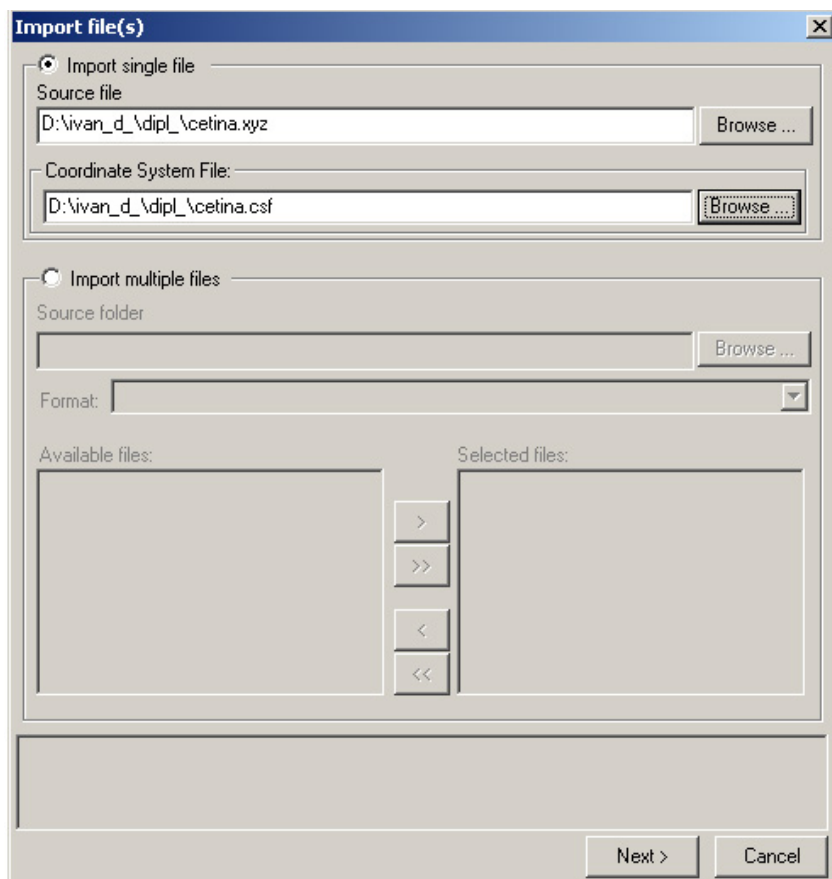


5580223	4872420	240
5580223	4872327	240
5580223	4872233	241
5580223	4872139	242
5580223	4872045	242
5580223	4871952	242
5580223	4871858	245
5580223	4871764	247
5580223	4871670	247
5580223	4871576	248
5580223	4871483	247
5580223	4871389	247
5580223	4871295	246
5580223	4871201	243
5580223	4871108	241
5580223	4871014	241
5580223	4870920	239
5580223	4870826	236
5580223	4870732	236
5580223	4870639	235
5580223	4870545	235
5580223	4870451	236
5580223	4870357	234
5580223	4870264	233
5580223	4870170	232
5580223	4870076	229

Slika 37. Datoteka zrmanja.xyz

Prije unosa rastera podataka definira se radni prostor unutar GeoMedia-e Professional (cetina.gws) i unutar njega koordinatni sustav (cetina.csf) koji moraju odgovarati podacima koji se unose, te spremište (cetina.mdb). Koordinatni sustav (cetina.csf) definira datum (Hermannskogel), projekcija (Transverse Mercator, 5. zona s ishodišnim meridijanom 15° istočne geografske duljine) i jedinice za kut, duljinu, površinu.

Na Slika 38. je prikazan prozora za unos podatka.



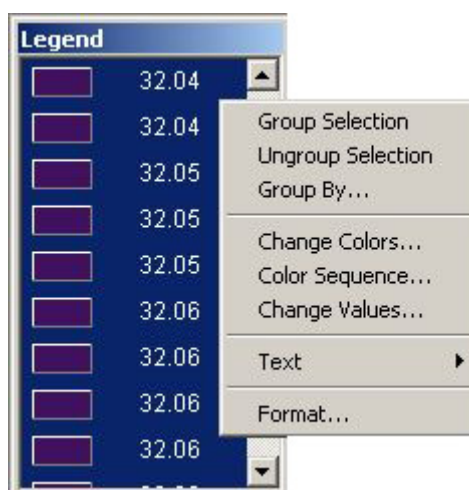
Slika 38. Prozor za unos podataka

Nakon što su podaci unešeni potrebno ih je iscrtati u *Map Window*-u naredbom *Layer > Display in Map Window*. GeoMedia Grid iscrtava 2D model u crno bijeloj skali boja (Slika 39).



Slika 39. 2D model

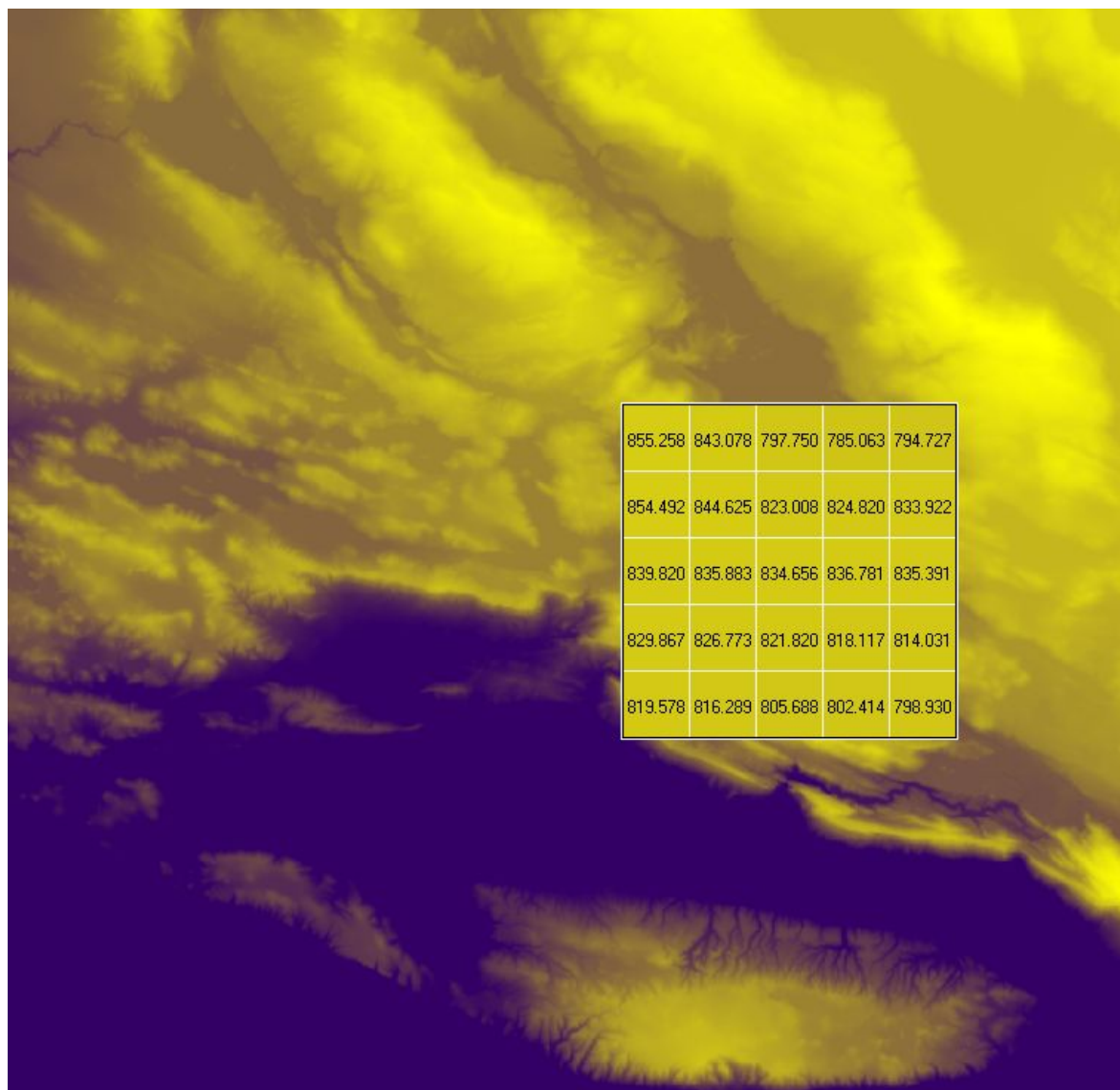
Izgled dobivenog modela moguće je mijenjati u prozoru za editiranje (*Edit Window*) promjenom skale boja, vrijednosti zona, grupiranjem zona u legendi sloja, (Slika 40).



Slika 40. Legenda

U prozoru za editiranje mogu se vidjeti vrijednosti ćelija pomoću alata *Query Raster Values*. Pomicanjem pokazivača preko modela pojavljuje se na ekranu matrica veličine 5×5 sa vrijednostima ćelija iznad njega, Slika 41. Osim ćelija koje

imaju za vrijednost visinu postoje u modelu i ćelije kojima je vrijednost VOID. Za te ćelije ne postoje podaci o visini. One su eliminirane u daljnjem radu kroz proces interpoliranja podataka.



Slika 41. Edit Window

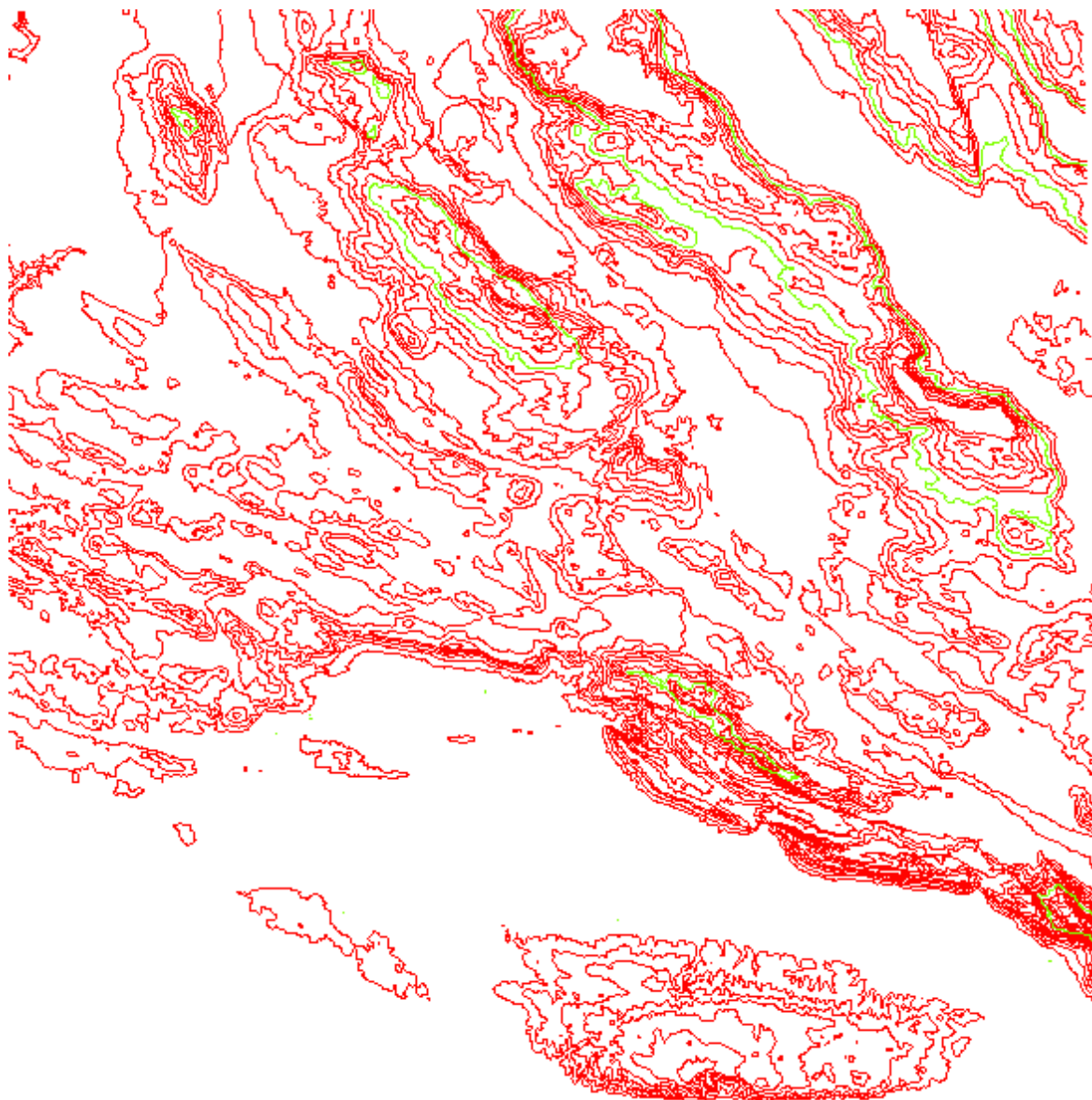
Nadalje, originalni podaci su obrađeni pomoću naredbe *Fill Depressions* koja popunjava praznine u digitalnom modelu reljefa. Rezultat je novi sloj (Fill Depressions_cetina.mfm).

Naredbom Calculation ("Fill Depressions_cetina" - "cetina") izračunata je razlika u vrijednostima ćelija (visina) između rasterskog sloja sa unešenim (originalnim) podacima i sloja Fill Depressions_cetina.mfm. Dobiva se novi sloj (RazlikaVisina.mfm) koji prikazuje razliku u visini pojedine ćelije sloja originalnih podataka i sloja obrađenih podataka. U prozoru za editiranje moguće je provjeriti koliko se razlikuju visine i koliku zonu pokriva određena visinska razlika.

6.2. Grafički prikazi modela

Slojni prikaz reljefa

Naredba *Isolines* analizira ulazni rasterski sloj s kontinuiranim podacima i za rezultat ima objektnu vrstu slojnice. Ta objektna vrsta automatski je opisana sa dva atributa: vrijednost slojnice (visina), i vrijednost -1 ili 0 ovisno da li je slojnica glavna (*Major*) ili sporedna (*Minor*), Slika 42.

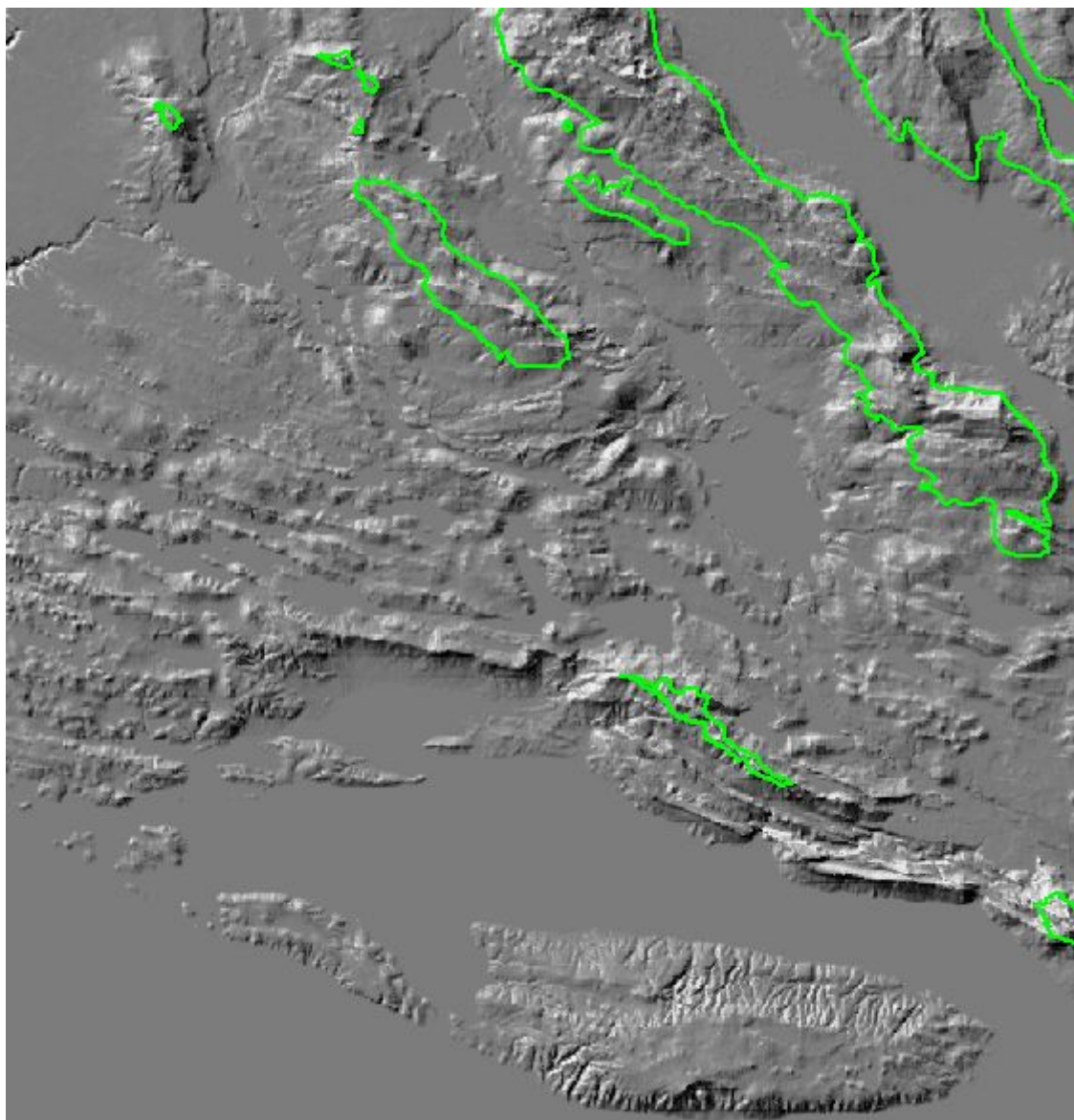


Slika 42. Slojni prikaz reljefa

Shaded Relief (osjenčani prikaz reljefa)

Naredbom *Shaded Relief* (iz izbornika *Visualization*) kreira se novi sloj koji prikazuje osjenčani model reljefa (*Shaded_cetina.mfm*). Za ulazne podatke uzima se rasterski sloj digitalnog modela reljefa. Potrebno je definirati azimut i visinu izvora osvjetljenja (umjetnog) ili podesiti datum i vrijeme čime će se reljef osjenčati na osnovi stvarnog položaja Sunca za to geografsko područje. Osjenčani model reljefa pruža dramatičan prikaz reljefa i njegovih karakteristika. Na Slika 43. je

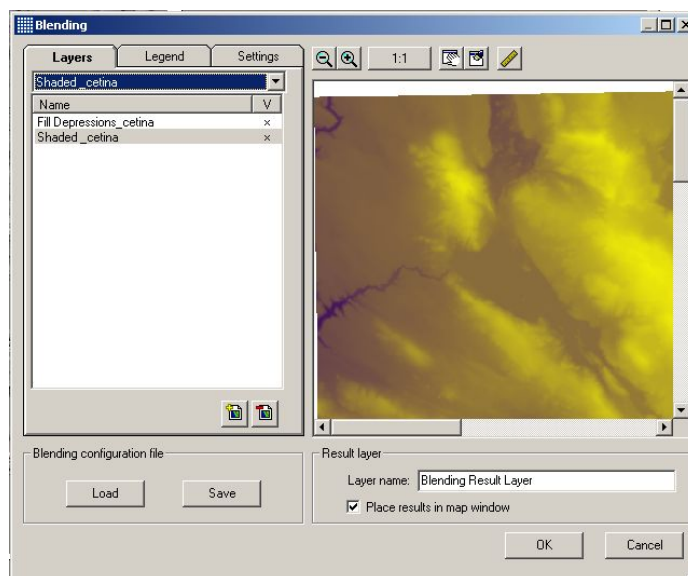
prikazan osjenčani model reljefa izveden iz rasterskog sloja Fill
Depressions_cetina.mfm.



Slika 43. Osjenčani prikaz reljefa

Blending (stapanje slojeva)

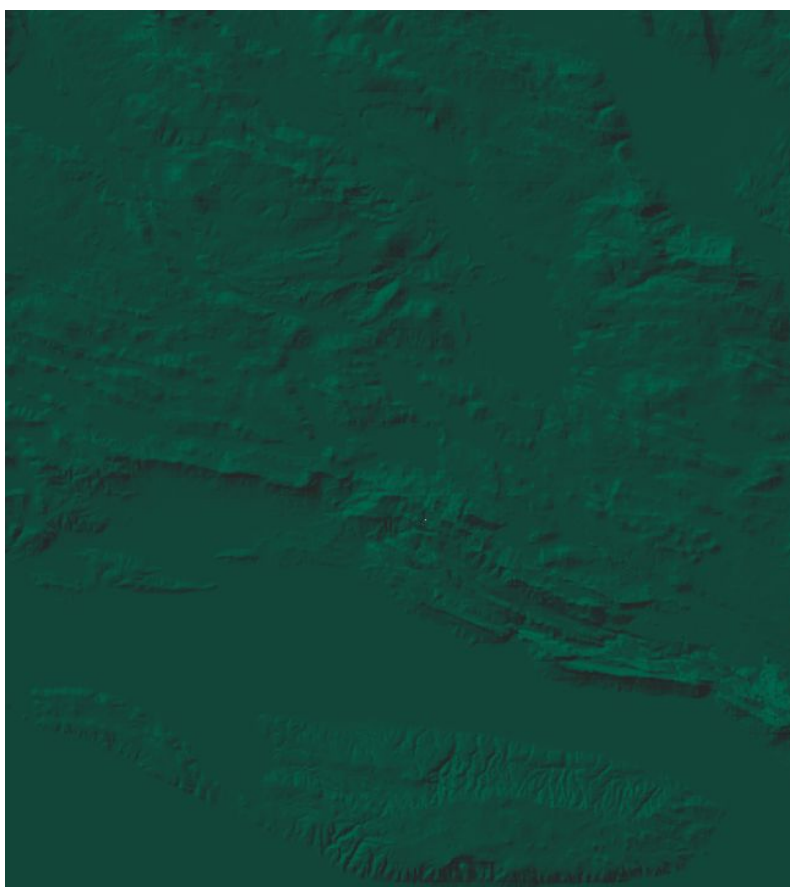
Ovom opcijom omogućava se vizualno spajanje više slojeva u jedan, mijenjanjem postotka neprozirnosti (*Opacity*), kontrasta (*Contrast*), i svjetloće (*Brightness*), te boje pojedinog sloja, kao i odnosa među slojevima. Slika 44. prikazuje izgled prozora za mijenjanje svojstava pojedinog sloja kod naredbe *Blending*.



Slika 44. Blending

Prikaz stopljenih slojeva se može spremi kao novi rasterski sloj ili se može spremi samo konfiguracija ulaznih slojeva (*.gbc, GeoMedia Grid Blending Configuration).

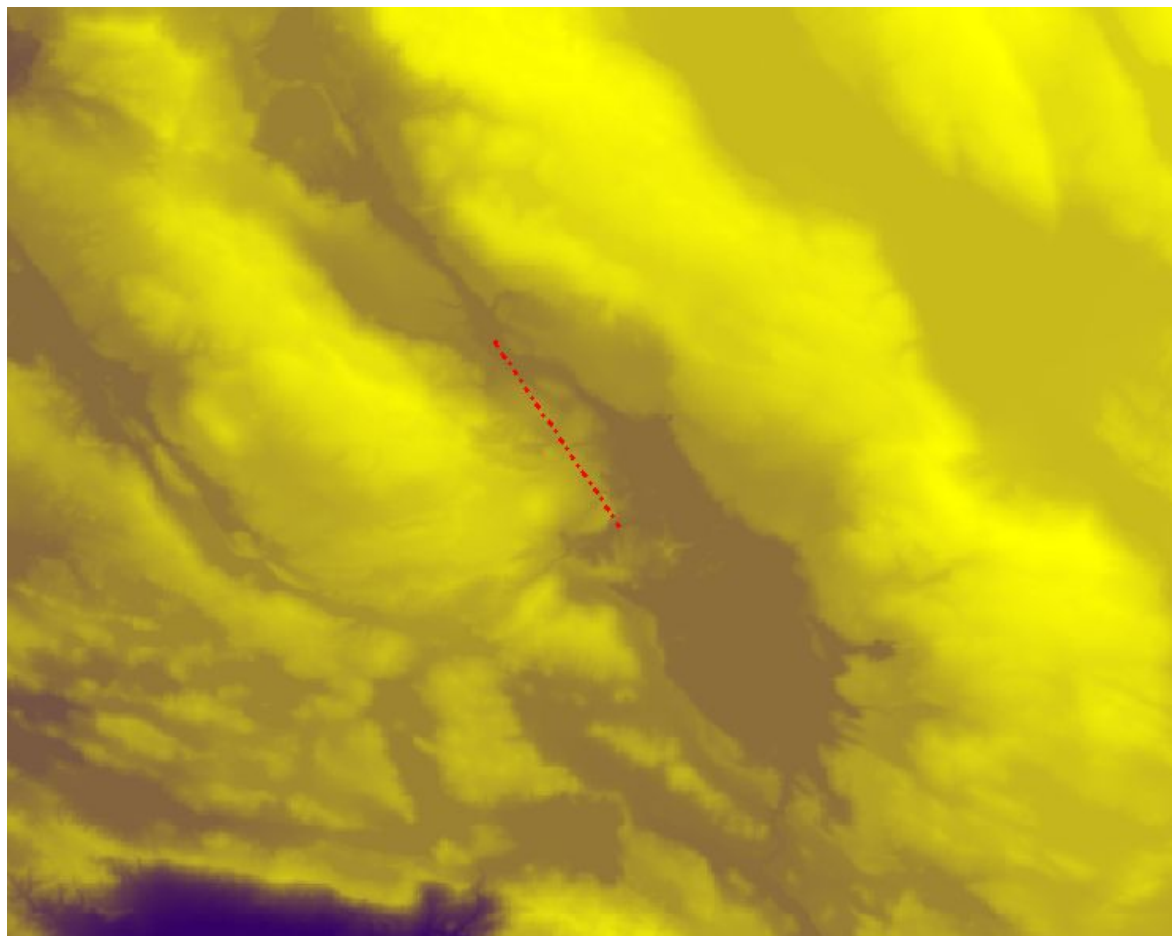
Na Slika 45. je prikazan sloj Blended_cetina.mfm. Ovaj sloj je dobiven iz dva sloja, Shaded_cetina, Fill Depressions_cetina, koji su preklopljeni.



Slika 45. Prkaz reljefa stapanjem slojeva (Blending)

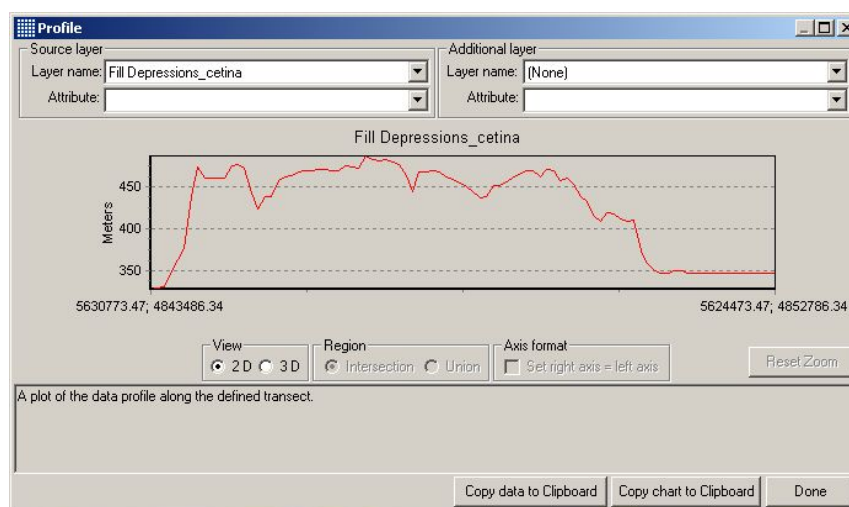
Profil

Moguće je prikazati profil između bilo kojih točaka nekog sloja (Slika 46.) Moramo povući te tako odabiremo profil.



Slika 46. Odabir profila

Na Slika 47. je prikazan profil uzduž linije između proizvoljno odabranih točaka.

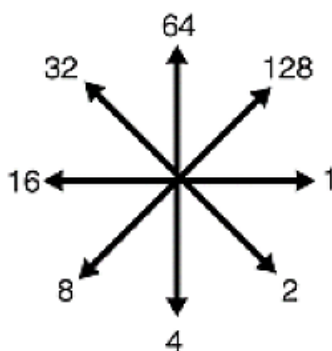


Slika 47. Uzdužni profil

6.3. Određivanje riječne mreže i razvođa

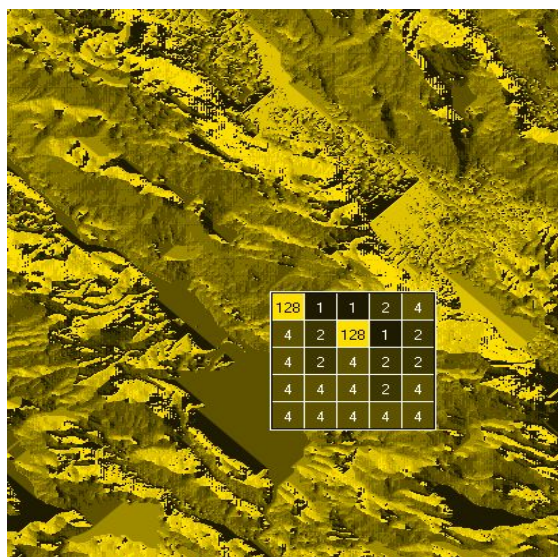
Downhill Path

Ovom naredbom dobiva se novi sloj (Downhill Path_cetina.mfm) u kojemu svaka ćelija prikazuje smjer najstrmijeg nagiba, odnosno smjer toka. Vrijednost ćelije dodjeljuje se prema shemi prikazanoj na Slika 48. Ćelija u kojoj nema pada poprima vrijednost 0.

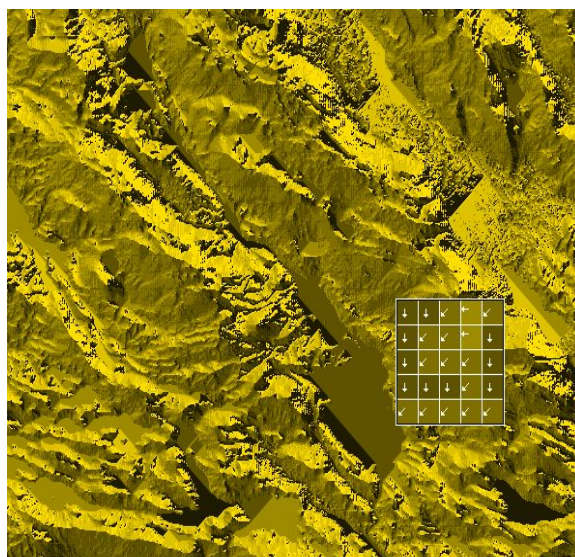


Slika 48. Smjer toka

Naredbom *Downhill Path* dostupna su dva algoritma *Flow Direction* i *Hydrological Flow*. Korišten je *Hydrological Flow* koji je korišten za daljnje hidrološke analize (*Downhill Accumulation*, *Segmentation* i *Sub-Basin Delineation*). Na Slika 49. je prikazan sloj Downhill Path_cetina.mfm u prozoru za editiranje, pod a) je smjer toka prikazan bojama, a pod b) strelicama.



a)

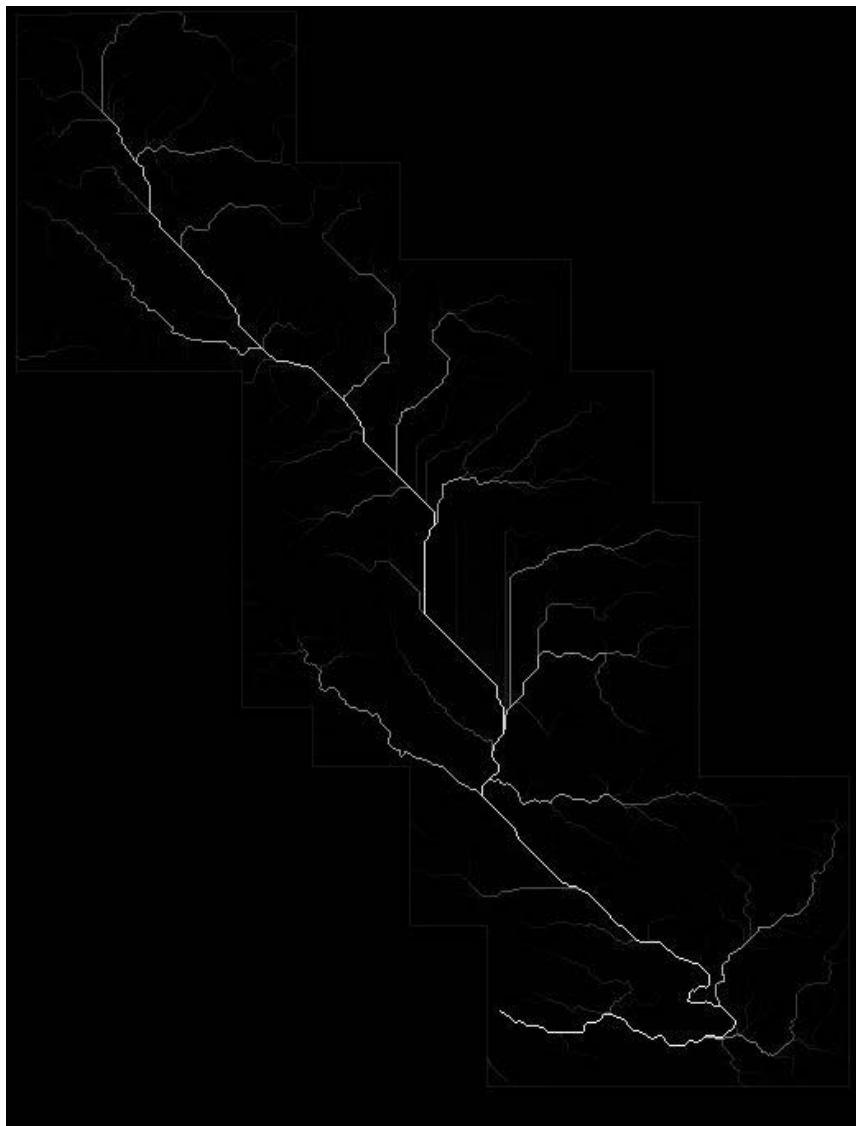


b)

Slika 49. Prikaz smjera toka

Downhill Accumulation

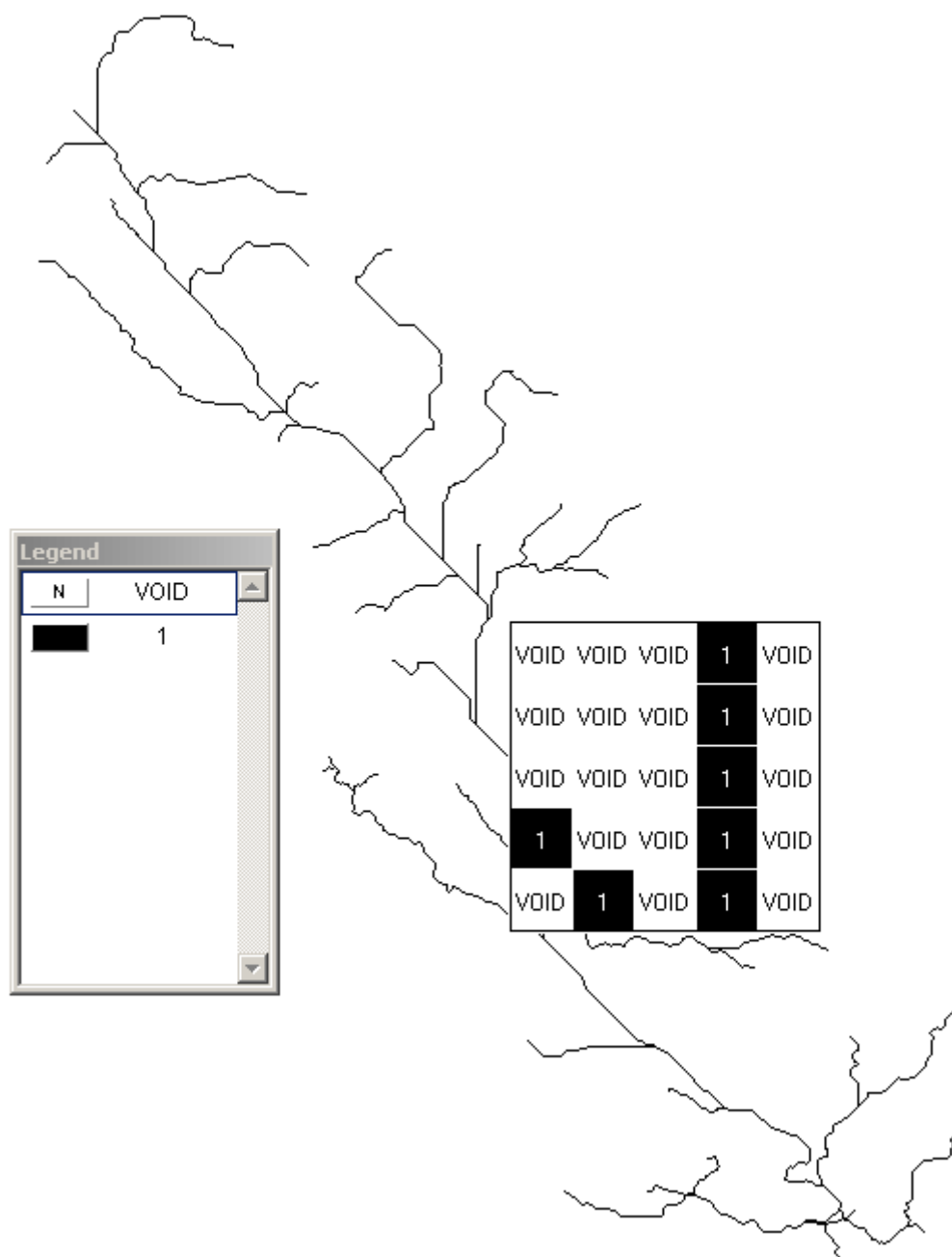
Ovom naredbom dobivamo novi sloj izveden iz sloja Downhill Path_cetina.mfm. Vrijednost ćelije u sloju je ukupan broj ćelija koje se nalaze uzvodno od pojedine ćelije. Na Slika 50. je prikazan sloj Downhill Accumulation_cetina.mfm. Ovaj sloj koristimo za određivanje glavnog toka.



Slika 50. Akumulacija

Recode

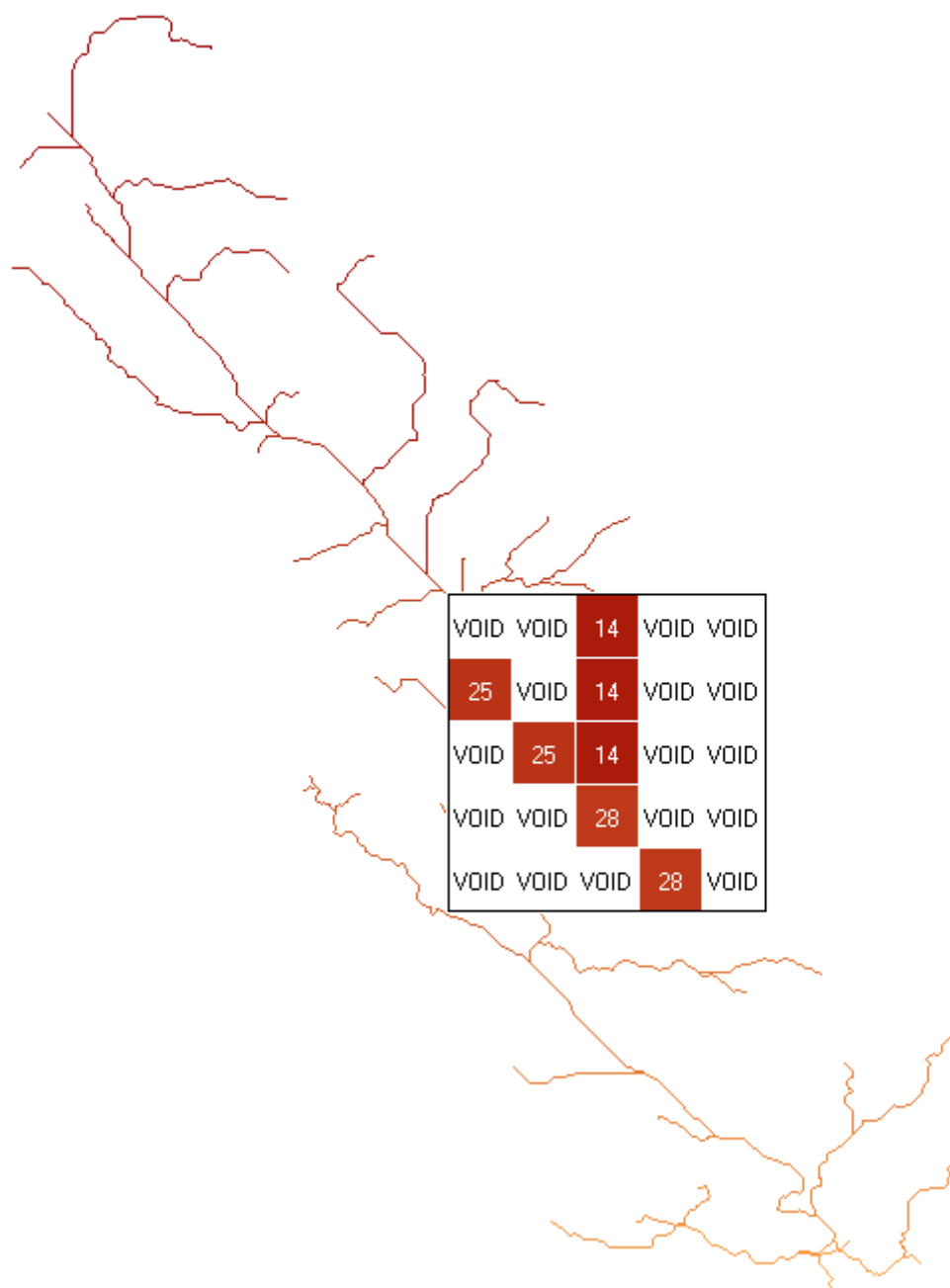
Ovom naredbom pridružujemo ćelijama iz sloja Downhill Accumulation_cetina.mfm, koje predstavljaju glavne tokove, vrijednost 1, a sve ostale ćelije imaju vrijednost VOID, Slika 51. Rezultat je novi sloj Recode_cetina.mfm s glavnim tokovima.



Slika 51. Glavni tokovi

Segmentation

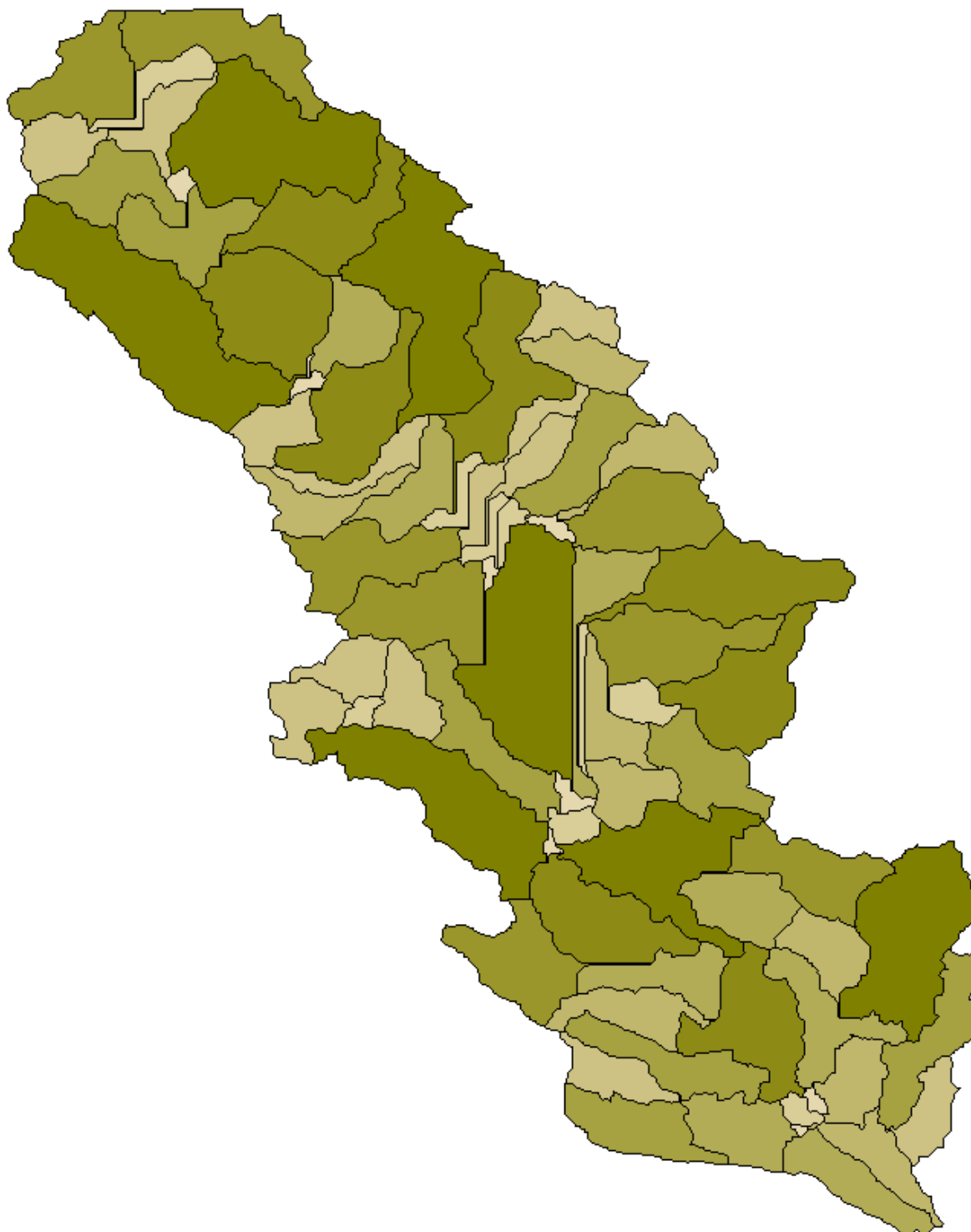
Naredbom *Segmentation* svakom segmentu riječne mreže pridružuje se jedinstvena vrijednost. Za ovu naredbu potrebna su dva sloja, smjer toka (Downhill Path_cetina.mfm) i sloj s mrežom glavnih tokova (Recode_cetina.mfm). Slika 52. prikazuje dobiveni sloj Segmented_cetina.mfm u prozoru za editiranje. Svakom segmentu riječne mreže pridružena je jedinstvena vrijednost.



Slika 52. Segmenti riječne mreže

Sub - Basin Delineation

Ovom naredbom definiraju se razvođa svih segmenta riječne mreže iz sloja sa segmentima mreže (Segmented_cetina.mfm) i smjera toka (Downhill Path_cetina.mfm). Slika 53. prikazuje razvođa svih pritoka rijeke Cetine.



Slika 53. Razvođa

Da bi se segmenti rječne mreže i razvođa mogla analizirati potrebno ih je transformirati u vektorski oblik (*Features*) naredbom *Vektorize to Feature Class*. Kada su slojevi vektorizirani na podacima je moguće izrađivati različite upite unutar GeoMedia-e Professional.

6.4. Analize i upiti (GeoMedia Professional)

Svaki objekt (*Feature*) je definiran objektnom vrstom (*Feature Class*). Atributi (*attributes*) su dodatne opisne informacije o svakom objektu kojima je on pobliže opisan. Objekt može geometrijski biti predstavljen točkom (*point*), linijom (*line*), površinom (*area*), njihovom kombinacijom (*compound*) ili tekstom (*text*). Objekti su u prozoru za grafički prikaz (*Map Window*) prikazani geometrijom, a u prozoru za prikaz podataka (*Data Window*) atributima. Ova dva prozora su povezana, što znači da se promjena u jednom odražava na model u drugom prozoru.

Legenda (*legend*) je interaktivni kontrolni centar pomoću kojeg se određuje što će biti prikazano u prostoru prikaza. Putem legende upotpunjuje se sadržaj prozora prikaza i kontrolira prikaz karakteristika samih objekata, uzimajući u obzir njihov stil i prioritet prikazivanja. U legendi se mogu mijenjati svojstva prikaza objekata u vidu promjene boje, veličine slova, fonta, debljine linija, prikaza neovisno o prikazu mjerila.

Upit (*query*) je zahtjev za informacijom iz baze podataka. Upiti se mogu raditi na temelju objektnih vrsta ili na temelju drugih upita. GeoMedia Professional prema definicije upita, ali ne i same rezultate upita. To znači da svaki put kada se pozove upit, rezultati se ponovno kreiraju na osnovi trenutnih podataka u bazi. Preporučljivo je upitu dodijeliti opisno ime zbog lakšeg kasnijeg snalaženja.

Nakon prebacivanja rasterskih slojeva u vektorski oblik, dobivene su objektno vrste *SegmentationCetina* i *Sub BasinCetina*. Objekte u objektnoj vrsti *SegmentationCetina* geometrijski predstavljaju linije (*line*), a u *Sub BasinCetina* površine (*area*). Objekti imaju svoje opisne attribute. Tako npr. objekti unutar vrste *Sub BasinCetina* imaju atribut površinu (Tablica 1.), a objekti vrste *SegmentationCetina* duljinu pojedinog segmenta (Tablica 2.). Tablično prikazivanje atributa pojedine objektno vrste ostvaruje se u prozoru za prikaz podataka (*Data Window*).

Tablica 1. Površine objekata objektne vrste Sub Bas

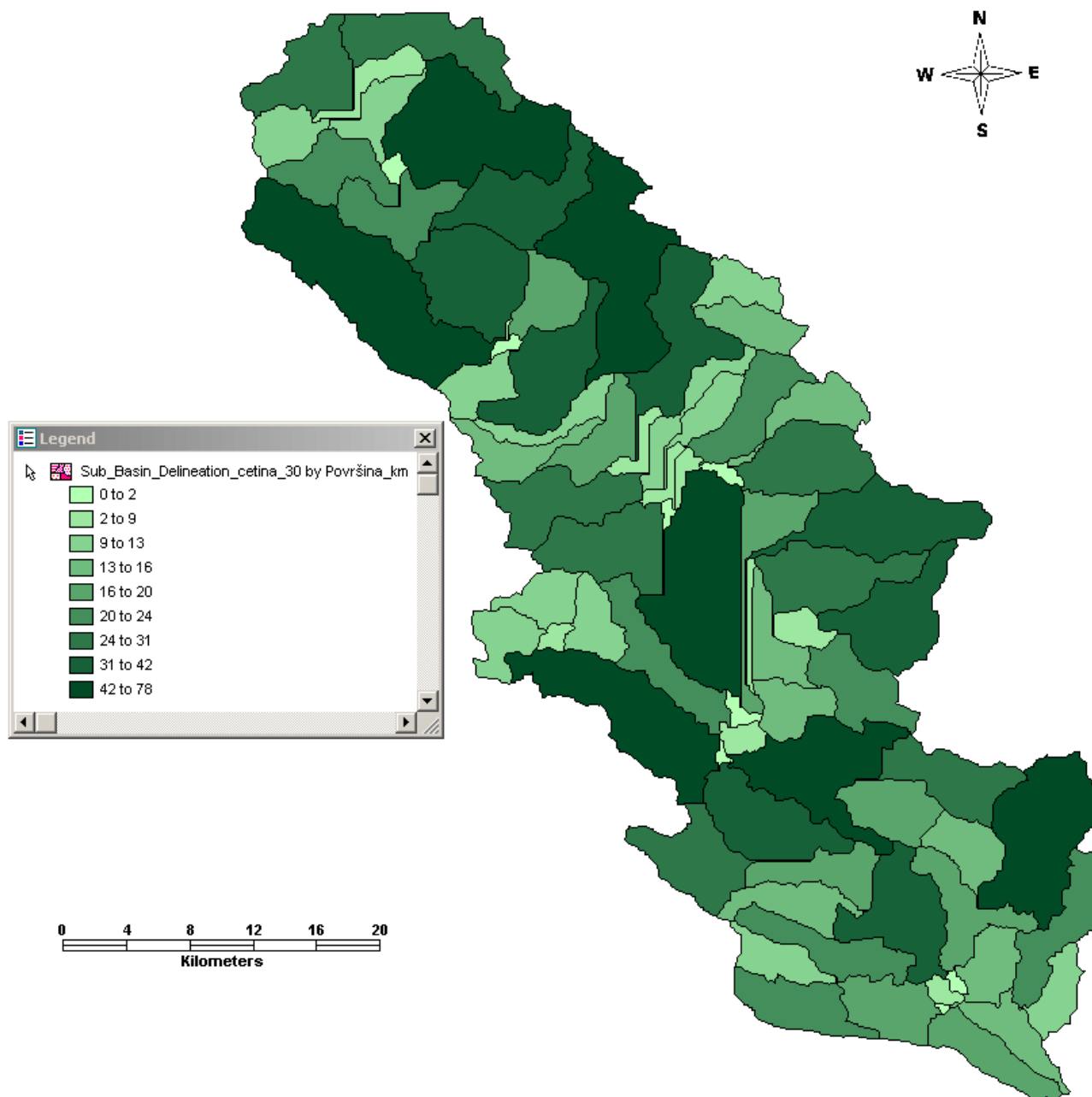
ID	Površina km ²	ID	Površina km ²
12	78	67	16
9	63	29	15
35	63	62	15
4	62	18	14
51	51	43	14
58	50	52	14
54	43	70	14
36	42	77	14
13	39	5	13
14	36	6	13
17	35	21	13
7	33	45	13
40	33	47	13
64	33	69	13
59	32	22	12
1	31	44	12
39	31	71	12
41	31	16	11
30	30	24	10
34	29	26	10
61	27	3	9
2	26	48	7
56	25	28	5
46	24	55	5
11	23	31	4
23	22	32	3
50	22	42	3
66	22	49	3
8	21	75	3
68	21	10	2
72	21	20	2
65	20	33	2
60	19	38	2
74	19	53	2
15	18	57	1
27	18	73	1
37	18	19	0
79	18	76	0
63	17	78	0
25	16		



Tablica 2. Duljine objekata objektne vrste Segmentation

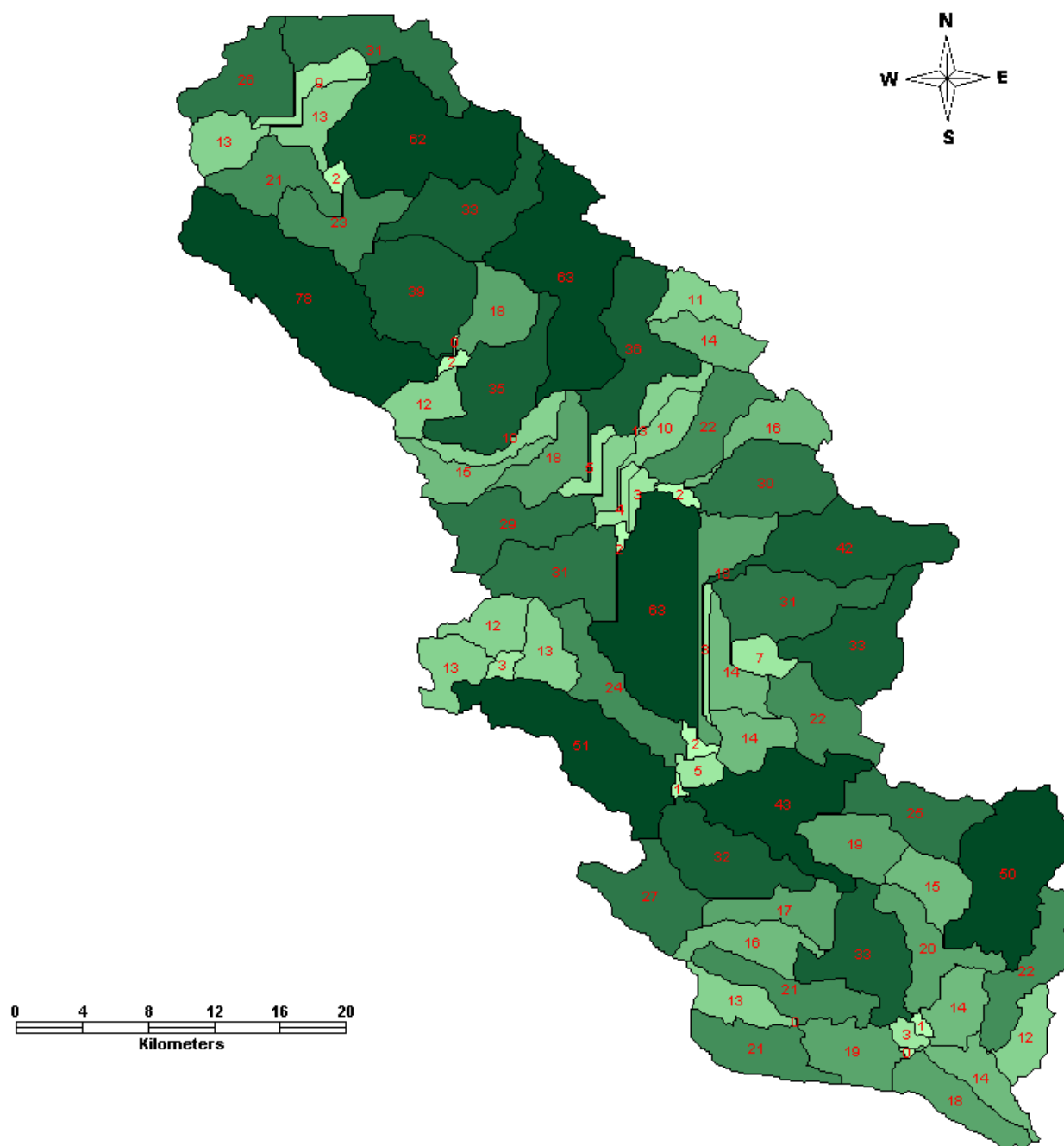
ID	Duljina m	ID	Duljina m	ID	Duljina m
38	18606	35	1748	58	100
11	17791	2	1656	57	100
10	17005	20	1566	60	100
51	15508	34	1507	63	100
1	13417	33	1473	66	100
14	12738	79	1248	69	100
91	10455	28	1190	72	100
101	10438	90	1166	75	100
6	10242	19	1007	105	100
119	10189	176	1007	112	100
12	8683	137	807	104	100
40	8287	140	783	107	100
13	8246	3	766	106	100
50	8090	44	766	113	100
92	7911	54	724	109	100
123	7569	94	683	114	100
41	7179	42	624	108	100
135	7159	138	566	111	100
39	6883	136	541	115	100
120	6786	93	500	132	100
103	6638	52	483	127	100
97	6286	171	241	133	100
24	6117	18	200	126	100
118	5703	88	200	129	100
37	5648	78	200	128	100
25	5645	110	200	134	100
21	5294	131	200	130	100
116	5042	125	200	96	100
47	4803	144	200	99	100
46	4721	151	200	95	100
32	4521	163	200	98	100
23	4452	142	200	156	100
102	4420	153	141	146	100
155	4269	154	141	157	100
29	4031	36	100	145	100
8	3828	15	100	148	100
117	3538	81	100	147	100
4	3531	84	100	158	100
48	3438	87	100	150	100
5	3404	86	100	149	100
7	3390	80	100	159	100
26	3287	83	100	152	100
121	3255	82	100	160	100
31	3048	85	100	161	100
9	3045	56	100	162	100
16	3014	59	100	165	100
17	2914	62	100	164	100
43	2848	65	100	172	100
27	2600	68	100	167	100
22	2597	71	100	173	100
175	2597	74	100	166	100
53	2521	77	100	169	100
30	2307	67	100	168	100
124	2290	76	100	174	100
45	2273	64	100	170	100
89	2231	55	100	139	100
100	2155	61	100	141	100
122	1814	70	100	143	100
49	1790	73	100		

Zbog bolje vizualizacije, vrijednost pojedinog atributa objekata možemo prikazati u *Map Window*-u dodjeljivanjem različitih boja pojedinom objektu. Legenda prikazuje vrijednost objekata označenih nekom bojom. Na Sliku 54. su prikazana razvođa (objekti vrste Sub BasinCetina). Na legendi vidimo vrijednost (površinu) koju opisuje pojedina boja.



Slika 54. Površine razvođa

Nadalje, na prethodni prikaz možemo dodati oznake (*Labels*). Oznake označavaju vrijednost nekog atributa objekata. Na Sliku 55., osim bojama, vrijednost atributa (površine u km²) prikazana je i oznakama.



Slika 55. Razvođa s oznakama

7. Zaključak

Cilj ovog diplomskog rada bio je razmotriti izradu informacijskog sustava za upravljanje slivnim područjem rijeke Cetine uporabom aplikacije GeoMedia Grid. U tu svrhu su korišteni SRTM podaci radarske interferometrije za izradu digitalnog modela reljefa. Na tom modelu su aplikacijom GeoMedia Grid vršene hidrološke analize.

Sve bolja hardware i software dostignuća uvelike olakšava rukovanje i manipulaciju prostornim podacima, te je moguće sve potrebne podatke za hidrološke analize smjestiti u jedan informacijski sustav. Taj sustav sadrži digitalni model reljefa i datoteke vezane uz model koje opisuju sliv i njegove atribute. Izborom raznih naredbi i vizualizacija unutar aplikacije je znatno olakšan pregled prostornih podataka, a analize su gotovo potpuno automatizirane. GeoMedia Grid se pokazala dovoljno prilagodljiva za unos podataka digitalnog modela reljefa.

Najveći problem je taj što kod izrade i analiza informacijskih sustava sliva je veliki broj raznih formata zapisa ulaznih datoteka. Zato je ulazne SRTM podatke (u .hgt formatu) prvo trebalo konvertirati uz pomoć Global Mapper aplikacije (u .XYZ format). Također jedan od nedostataka GeoMedia Grid taj što ne prihvaća unos nekvadratnog rastera.

Mnoge su prednosti korištenja GeoMedia-e Grid. Primjerice moguće je upotpunjavanje modela postojećim podacima koji se nakon toga mogu zajedno analizirati. Kreiranjem modela unutar GIS okruženja moguće je koristiti klasične atributne, prostorne upite, te ih kombinirati. Time je omogućena izrada velikog broja različitih analiza i tematskih prikaza modeliranog područja.

Uz sve dobre strane, pri računalnom analiziranju slivova krških područja, kojima pripada i rijeka Cetina javljaju se problemi zbog šupljikavosti krša dolazi do velikih odstupanja, te je otežano ispravno određivanje razvođa korištenjem samo digitalnih modela.

7.1. Sadržaj priloženog medija (DVD-a)

RB. 1	Mapa/ Datoteka 2	Sadržaj 3
1.	Diplomski_iduhovic.doc	Tekst diplomskog rada
2.	N43E016.hgt	SRTM podaci
3.	cetina.xyz	Ulazni podaci
4.	cetina.gws	Radni prostor
5.	cetina.csf	Koordinatni sustav
6.	cetina.mdb	Spremište
7.	cetina_Grids	*.mfm - rasterski slojevi izrađeni tijekom izrade ovog diplomskog rada

Literatura:

- Bačić - Deprato, I. (2000): Integracija prostornih podataka Geomediom, diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Čavlek, E. (1992): Osnove hidrologije, knjigovežnica Karusel, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Goić, R. (1999): Mogućnosti efikasnijeg operativnog planiranja rada i vođenja hidroenergetskog sustava rijeke Cetine , 4. savjetovanje Hrvatskog komiteta međunarodne konferencije za velike električne sisteme, Cavtat
- Keigan Systems Inc. (2005.): Learning to Use GeoMedia Grid, Introductory Tutorial.
- Keigan Systems Inc. (2005.): Learning to Use GeoMedia Grid, Mini-Tutorial: DEM to Watershed.
- Narodne novine br. 55/01, Pravilnik o načinu topografske izmjere i o izradbi državnih zemljovida, članak 4.
- Poslončec - Petrić, V. (2002): Uspoređivanje programskih paketa za automatsko sjenčanje reljefa, magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Tomić, H. (2003): Prostorno orijentirana baza sliva Cetine, diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Čarapar, I. (2005): Informacijski sustav za upravljanje slivnim područjem Zrmanje, diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb
- Tutić, D., Vučetić, N., Lapaine, M. (2002): Uvod u GIS, interna skripta, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Čavlek, E. (1992): Građa za postdiplomski studij iz melioracija u vezi s komasacijama, Geodetski fakultet, Zagreb.

POPIS URL-ova:

- URL 1. <http://www.crorivers.hr>, (rujan, 2005.)
- URL 2. <http://www.keigansystems.com/software/geomediagrid/>, (rujan, 2005.)
- URL 3. <http://imgs.intergraph.com/ggrid/>, (listopad, 2005.)
- URL 4. <http://geografija.hr>, (listopad, 2005.)
- URL 5. <ftp://e0mss21u.ecs.nasa.gov/srtm/>, (rujan, 2005.)
- URL 6. <http://www1.unep.org/icarm/cetina/>, (listopad, 2005.)
- URL 7. <http://www.duv.hr>, (listopad, 2005.)

ŽIVOTOPIS

EUROPEAN CURRICULUM VITAE FORMAT



OSOBNE OBAVIJESTI

Ime	IVAN DUHOVIĆ
Adresa	CVJETNO NASELJE 41, 20260, Korčula, Hrvatska
Telefon	020/715-393 098-716-156
Faks	020/716-280
E-pošta	ivand@geof.hr
Državljanstvo	hrvatsko
Datum rođenja	02. SIJEČNJA, 1981.

ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

- | | |
|---|--|
| • Datum (od – do) | RUJAN 1995. - LIPANJ 1999. |
| • Naziv i vrsta obrazovne ustanove | 'OPĆA GIMNAZIJA – SREDNJA ŠKOLA KORČULA' KORČULA |
| • Osnovni predmet /zanimanje | |
| • Naslov postignut obrazovanjem | |
| • Stupanj nacionalne kvalifikacije
(ako postoji) | |
| • Datum (od – do) | RUJAN 1987. – LIPANJ 1995. |
| • Naziv i vrsta obrazovne ustanove | OSNOVNA ŠKOLA |
| • Osnovni predmet /zanimanje | |
| • Naslov postignut obrazovanjem | |
| • Stupanj nacionalne kvalifikacije
(ako postoji) | |

OSOBNOSTNE VJEŠTINE I SPOSODBNOSTI

*Stechene radom/životom, karijerom, a
koje nisu potkrijepljene potvrđama i
diplomama.*

MATERINSKI JEZIK

HRVATSKI

DRUGI JEZICI

ENGLESKI

- sposobnost čitanja
- sposobnost pisanja
- sposobnost usmenog izražavanja

izvrsno
dobro
dobro

NJEMAČKI

- sposobnost čitanja
- sposobnost pisanja
- sposobnost usmenog izražavanja

dobro
dobro
dobro

TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSODBNOSTI

*S računalima, posebnim vrstama
opreme, strojeva, itd.*

POZNAVANJE RADA U RAZLIČITIM CAD (AUTODESK, BENTLEY) I GRAFIČKIM APLIKACIJAMA (ADOBE),
TE MS OFFICE APLIKACIJE

VOZAČKA DOZVOLA

DA, B