

**OPASNOST OD EROZIJE TLA VODOM NA
POLJOPRIVREDNOM ZEMLJIŠTU U AGROREGIJAMA
HRVATSKE**

**RISK OF SOIL EROSION BY WATER ON AGRICULTURAL LAND
IN AGRICULTURAL REGIONS OF CROATIA**

S. Husnjak, M. Bogunović

SAŽETAK

U cilju realnije prosudbe proizvodnih kapaciteta poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj, u radu su prikazani rezultati kartografskih istraživanja opasnosti od erozije tla vodom u odnosu na pogodnost tih tala za obradu. U okviru toga utvrđena je površina i prostorna rasprostranjenost klasa rizika od erozije tla vodom u odnosu na pojedine klase pogodnosti tla za obradu u agroregijama Hrvatske.

U istraživanjima su korištene sljedeće digitalne karte mjerila 1:300 000: karta pogodnosti tla za obradu; karta rasprostranjenosti šuma; karte stvarnog rizika od erozije tla vodom i karta agroregija Hrvatske. Istraživanja su izvršena metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa.

Ukupna površina pogodnih tala za obradu na kojima je utvrđena visoka i umjerena stvarna opasnost od erozije tla vodom, iznosi 238 268 ha u Panonskoj regiji, zatim 142 190 ha u Gorskoj regiji te 244 028 ha u Jadranskoj regiji. Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se gotovo sva pogodna tla u Panonskoj regiji obrađuju, te da se u Gorskoj i Jadranskoj regiji obrađuje veći dio, utvrđena površina ukazuje na veliku opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu. Kako bi se takva kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje. Ovi podaci kao i mogućnost njihovog kartografskog prikaza, pružaju potpuniju

sliku o proizvodnim kapacitetima poljoprivrednih tala u Hrvatskoj, te mogu poslužiti za planiranje korištenja i zaštite poljoprivrednog zemljišta u agoregijama Hrvatske.

Ključne riječi: erozija, rizik, poljoprivredno zemljište, agoregije

ABSTRACT

Aimed at a more realistic estimate of the production capacities of agricultural land in Croatia, the paper presents the results of cartographic research into soil erosion by water with respect to soil suitability for cultivation. The area and spatial distribution of the risk classes of soil erosion by water were determined with respect to particular classes of soil suitability for cultivation in agricultural regions of Croatia.

The following digital maps, scale 1:300 000, were used: map of soil suitability for cultivation; forest distribution map; maps of real risk of soil erosion by water and the map of Croatian agricultural regions. Research was conducted by the method of digital map integration using the GIS tools of the NT Arc Info program package.

The total area of suitable soils on which high or moderate risk of soil erosion by water was determined is 238 268 ha in the Pannonian region, 142 190 ha in the Mountainous region and 244 028 ha in the Adriatic region. As it can be assumed with certainty that almost all suitable soils in the Pannonian region are cultivated, and most of such soils in the Mountainous and Adriatic regions, the recorded area points to a great risk of soil erosion by water on agricultural land. Protection of such good soils from further degradation primarily requires careful management and then application of adequate protective measures against erosion as part of regular plant production. These data as well as the possibility of their cartographic presentation provide a more complete picture of the production capacity of agricultural soils in Croatia and can serve for planning the use and protection of agricultural land in Croatian agricultural regions.

Keywords: erosion, risk, agricultural land, agricultural regions

1. UVOD

Poznato je da u svijetu, a tako i u nas dolazi do razmjerno naglog smanjenja proizvodnih kapaciteta tala zbog raznih vrsta oštećenja, koja se pored ostalog manifestiraju i kao trajni gubitak tla. Istovremeno broj stanovnika ubrzano se povećava. Jasno je da je zbog toga potrebno povećati produktivnost po jedinici površine, međutim trenutno je daleko važnije zaštititi postojeće zemljišne resurse od svake vrste oštećenja.

Za stvaranje tla potrebna su stoljeća, mileniji ili još duža vremenska razdoblja, a za uništenje godina, mjesec, dan pa čak i sekunda, što je izuzetno mali trenutak u usporedbi s vremenom potrebnim za povratak na prethodno stanje, ako ga je uopće i moguće ostvariti.

Od kolike je važnosti poljoprivredno tlo i njegova zaštita od daljnjeg oštećenja ukazuje i poznata činjenica da osnovno ograničenje za razvitak čovječanstva u budućnosti neće biti energija, rudna sirovina ili suvremena tehnologija, kao što se uobičajeno misli, već upravo neoštećeno poljoprivredno tlo.

Oštećenje tla erozijom danas se ubraja među najozbiljnije globalne probleme na našoj planeti. Erozijska tla vodom, zasigurno predstavlja najznačajniji i najopasniji proces oštećenja tala u Hrvatskoj. Posljedice erozije tla vodom od bitne su važnosti za sveukupni gospodarski razvoj, posebice za poljoprivredu i šumarstvo. Primarni učinci javljaju se kao gubitak tla, to jest odnošenje oraničnog sloja tla na obradivim površinama ili površinskog humusnog ili/nižih horizonata na ostalim površinama, čime se smanjuje produktivnost i prinosi, smanjuju se površine za biljnu proizvodnju, dolazi do oštećenja usjeva, smanjuje se dubina tla, itd. Sekundarni učinci javljaju se kao porast čestica praha u kanalima, rijekama, jezerima i akumulacijama, zagađenje površinskih i podzemnih voda prouzročeno odnošenjem gnojiva i pesticida s česticama tla. Oštećenjem vegetacijskog pokrova i promjenama u lokalnoj klimi uz češće pojave dužih sušnih razdoblja, potenciraju se dezertifikacijski procesi. Jednom odnešeno tlo predstavlja zauvijek izgubljeno prirodno bogatstvo zatrpano u koritima rijeka, jezerima, morima i oceanima. Stoga jedna od temeljnih zadaća u okviru aktualne politike održivog gospodarenja mora biti snažnije preuzimanje brige o tlu kao nacionalnom blagu - neumnoživom i neobnovljivom prirodnom resursu Hrvatske.

Kao prilog navedenom, a u cilju realnije zaštite proizvodnih kapaciteta poljoprivrednih tala u Hrvatskoj, u radu prikazujemo rezultate kartografskih

istraživanja opasnosti od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u odnosu na agoregije Hrvatske.

2. METODIKA ISTRAŽIVANJA

U istraživanjima su korištene sljedeće digitalne karte:

- karta pogodnosti tla za obradu mjerila 1:300 000 (Bogunović i sur. 1996)
- karta rasprostranjenosti šuma mjerila 1:300 000 (Husnjak, 1998)
- karte stvarnog rizika od erozije tla vodom mjerila 1:300 000 (Husnjak 2000)
- karta poljoprivrednih (agro) regija Hrvatske (Bašić i sur., 2001)

Istraživanja su izvršena metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa (ESRI, 1998). Naime, ovaj programski paket omogućuje integriranje digitalnih karata s izuzetno velikim brojem poligona te složenim operacijama izdvajanje pojedinih klasa pogodnosti poljoprivrednog ili šumskog zemljišta u odnosu na pojedine klase potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom, kao i spajanje istih poligona u nove klase te novi izračun površina.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Pogodnost tla za obradu poljoprivrednog zemljišta u agoregijama Hrvatske

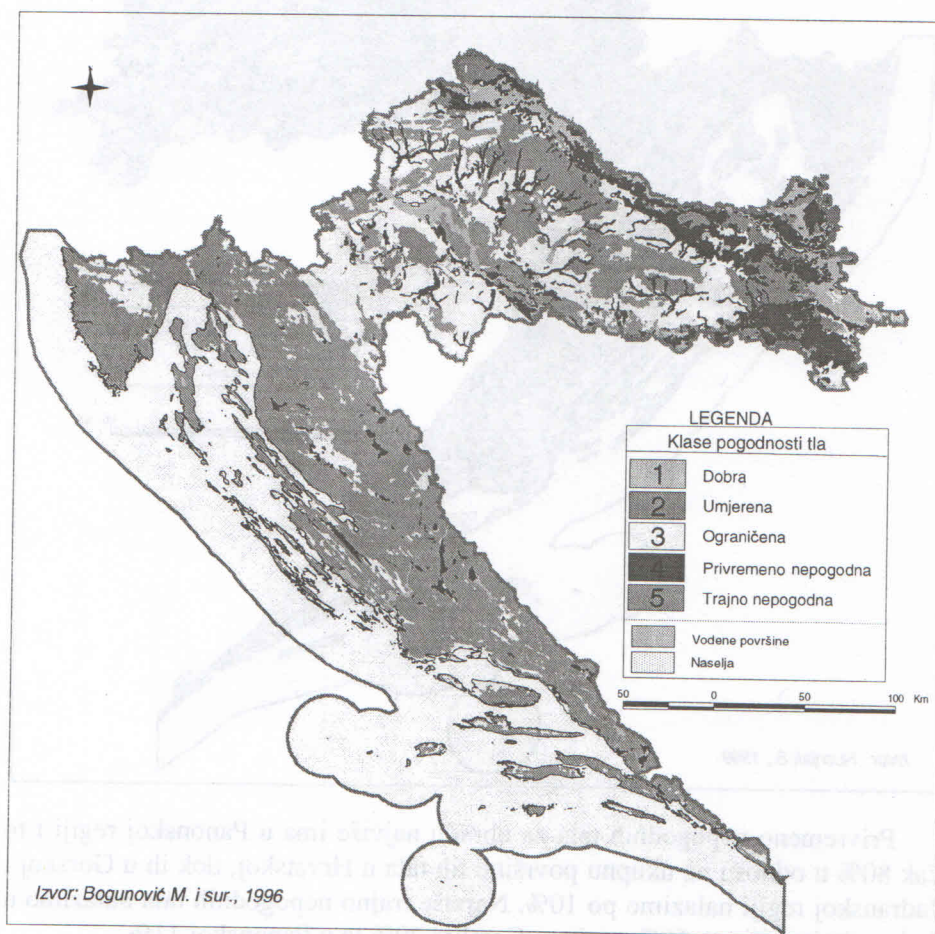
Integracijom digitalnih karti pogodnosti tla za obradu (slika 1) i rasprostranjenosti šuma (slika 2) izrađena je karta pogodnosti tla za obradu izvan šuma odnosno u poljoprivredi.

Integracijom te karte s kartom agoregija (slika 3) utvrđena je površina pojedinih klasa pogodnosti prema pojedinim regijama, što se prikazuje na tablici 1.

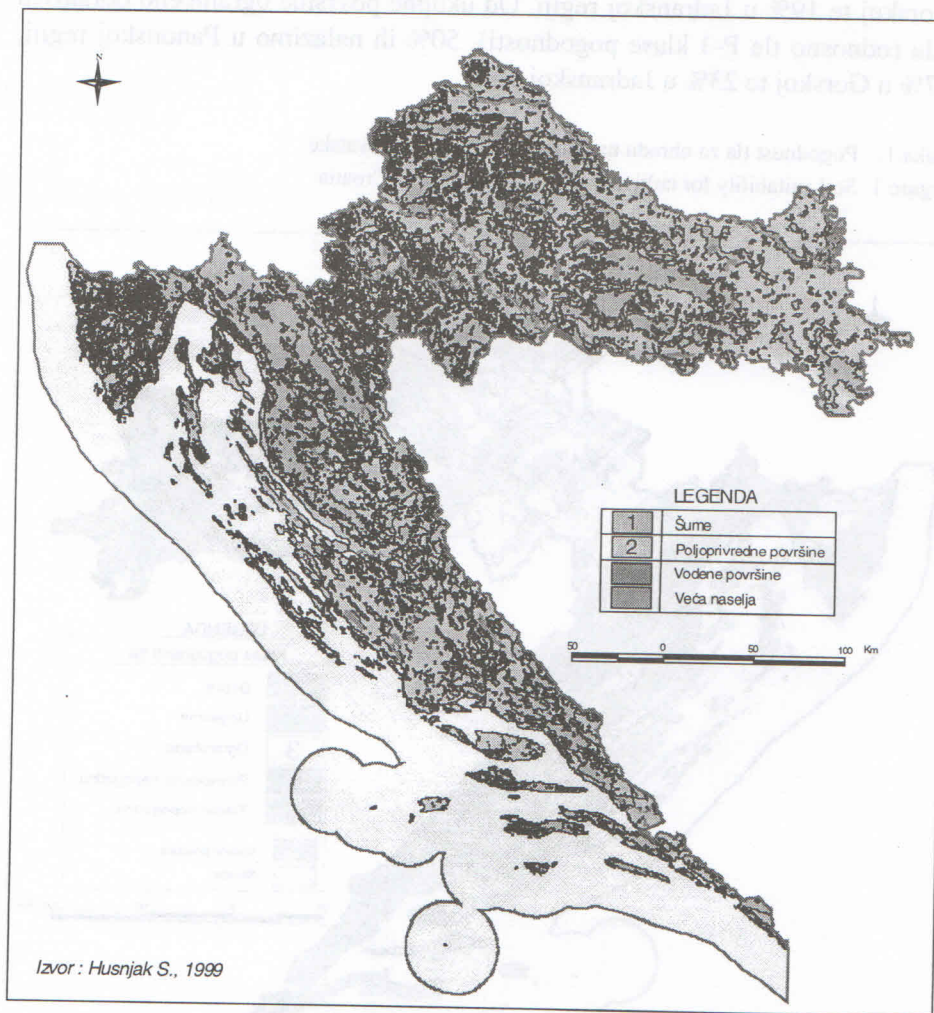
Daljnjom obradom tih karata i inventarizacijom površina utvrđeno je da se od ukupne površine dobro obradivih tala (ili tla P-1 klase pogodnosti) najveći dio nalazi u Panonskoj regiji i to čak 94%, zatim 2% u Gorskoj te 4% u

Jadranskoj regiji. Umjereno ograničeno obradivih tala (ili tla P-2 klase pogodnosti) najviše ima također u Panonskoj regiji i to 77%, dok 4% ima u Gorskoj te 19% u Jadranskoj regiji. Od ukupne površine ograničeno obradivih tala (odnosno tla P-3 klase pogodnosti), 50% ih nalazimo u Panonskoj regiji, 27% u Gorskoj te 23% u Jadranskoj.

Slika 1. Pogodnost tla za obradu na području Republike Hrvatske
Figure 1. Soil suitability for cultivation in the Republic of Croatia



Slika 2. Način korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj
Figure 2. Land use in the Republic of Croatia



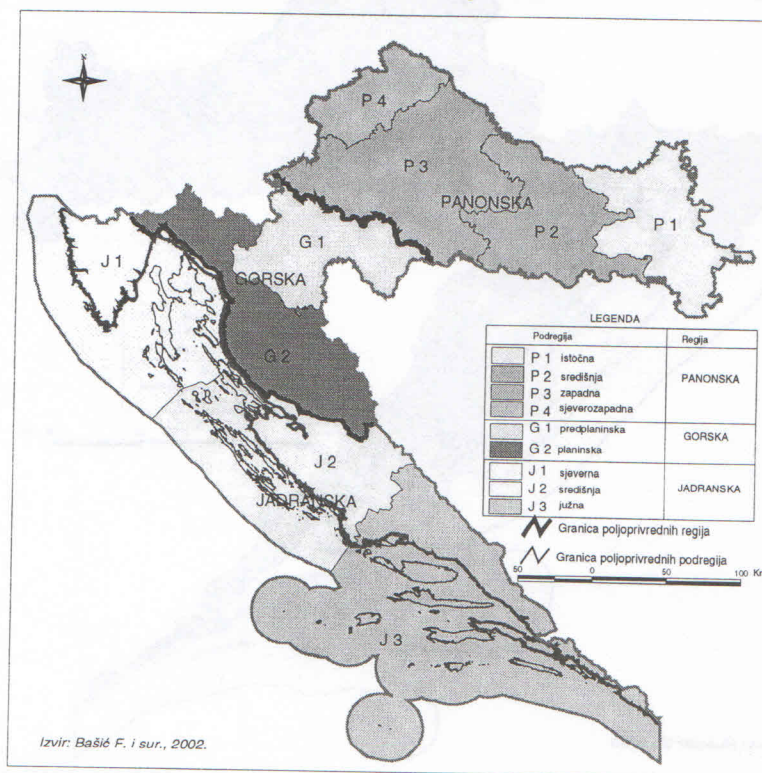
Privremeno nepogodnih tala za obradu najviše ima u Panonskoj regiji i to čak 80% u odnosu na ukupnu površinu tih tala u Hrvatskoj, dok ih u Gorskoj i Jadranskoj regiji nalazimo po 10%. Najviše trajno nepogodnih tala nalazimo u Jadranskoj regiji i to 69%, zatim u Gorskoj 20% te u Panonskoj 11%.

S. Husnjak et al.: Opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u agroregijama Hrvatske

Tablica 1. Površina i zastupljenost klasa pogodnosti tla za obradu u odnosu na agroregije Hrvatske

Klase pogodnosti tla za obradu	Poljoprivredne regije							
	Panonska		Gorska		Jadranska		Ukupno	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Dobro obradiva tla (P-1)	253059,3	15,4	5862,3	1,1	10516,9	1,0	269438,5	8,4
Umjereno ograničeno obradiva tla (P-2)	400116,0	24,4	18099,6	3,4	102417,3	9,9	520632,9	16,2
Ograničeno obradiva tla (P-3)	467696,0	28,5	254157,0	47,8	209349,5	20,2	931202,5	29,0
Privremeno nepogodna tla (N-1)	415098,2	25,3	50665,4	9,5	49847,6	4,8	515611,2	16,1
Trajno nepogodna tla (N-2)	107003,2	6,5	202810,0	38,2	665595,7	64,1	975409,0	30,4
Ukupno	1642972,7	100	531594,3	100	1037727,0	100	3212294,1	100

Slika 3. Poljoprivredne regije i podregije u Republici Hrvatskoj
Figure 3. Agricultural regions and subregions in the Republic of Croatia

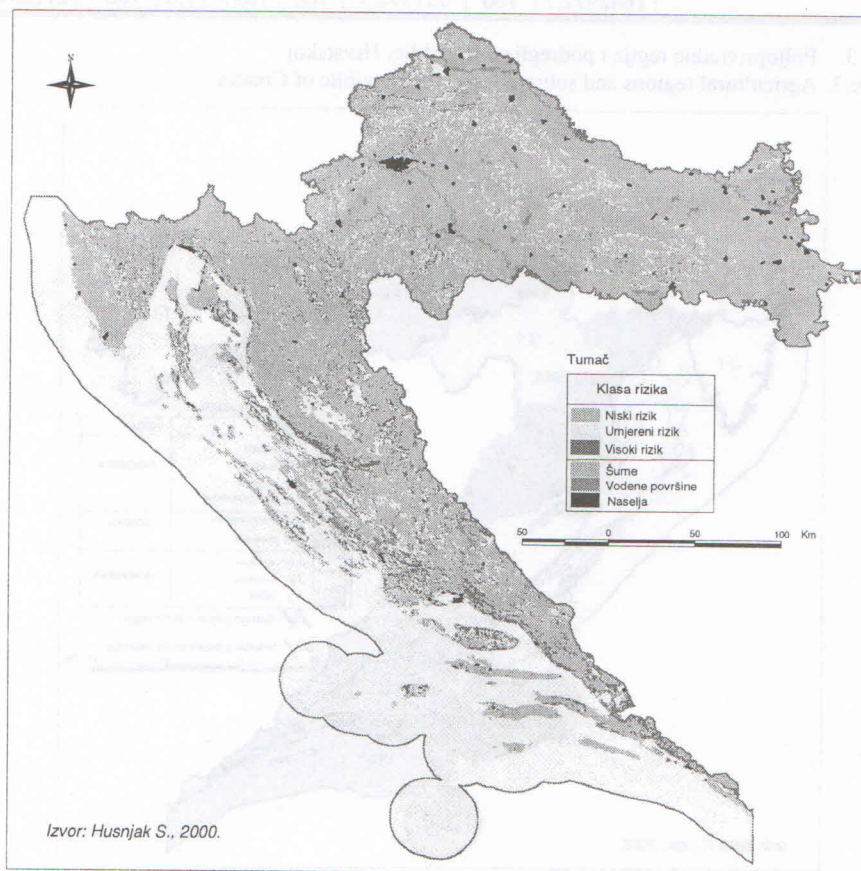


3.2. Odnos klasa pogodnosti tla za obradu i klasa potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom u Panonskoj agoregiji

Integriranjem karte pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta i karte stvarnog rizika od erozije (slika 4) s kartom Panonske regije (slika 3), moguće je izraditi više tematskih karata na kojima se onda mogu izdvojiti i prikazati pojedine klase stvarnog rizika od erozije tla vodom u ovisnosti o pojedinoj klasi pogodnosti tla za vodu.

Slika 4. Stvarni rizik od erozije tla vodom u Republici Hrvatskoj

Figure 4. Actual soil erosion risk in the Republic of Croatia



Na temelju takve integrirane karte izvršena je inventarizacija površina klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom za pojedine klase pogodnosti tla za obradu, tablica 2.

Tablica 2. Odnos površina klasa pogodnosti tla za obradu i klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u Panonskoj agoregiji

Klase pogodnosti tla za obradu	Klase stvarnog rizika od erozije							
	Niski rizik		Umjereni rizik		Visoki rizik		Ukupno	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Dobro obradiva tla (P-1)	250192,3	18,2	2864,1	1,6	2,9	0,0	253059,3	15,4
Umjereno ograničeno obradiva tla (P-2)	314248,2	22,9	82942,6	45,8	2925,2	3,2	400116,0	24,4
Ograničeno obradiva tla (P-3)	318162,9	23,2	76451,4	42,2	73081,7	80,7	467696,0	28,5
Privremeno nepogodna tla (N-1)	397834,1	29,0	16752,5	9,2	511,7	0,6	415098,2	25,3
Trajno nepogodna tla (N-2)	90686,6	6,6	2229,1	1,2	14087,5	15,5	107003,2	6,5
Ukupno	1371124,1	100	181239,6	100	90609,1	100	1642972,7	100

Na najvećem dijelu ili na 83% poljoprivrednog zemljišta Panonske regije utvrđen je niski stvarni rizik od erozije, na 11% umjereni te na 6% visoki. Niski rizik utvrđen je podjednako kod tala pogodnih i nepogodnih za obradu, dok je najveći dio umjerenog (84,6%) i visokog rizika (84%) utvrđen na tlima pogodnim za obradu.

Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se sva pogodna tla za obradu u ovoj regiji obrađuju, utvrđena površina pogodnih tala s umjerenim i visokim rizikom, a iznosi 238 268 ha, ukazuje na veliku opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu. Kako bi se takva kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, njima treba, prije svega, obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

3.3. Odnos klasa pogodnosti tla za obradu i klasa potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom u Gorskoj agoregiji

Integriranjem karte pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta i karte stvarnog rizika od erozije (4) s kartom Gorske regije (slika 3), utvrđeno

je da na 43% poljoprivrednog zemljišta postoji niski rizik od erozije, zatim na 22% umjereni te na 35% visoki rizik, tablica 3.

Najveći dio niskog rizika javlja se kod ograničeno pogodnih tala za obradu (53%) i nepogodnih tala (40%). Najveći dio umjerenog rizika postoji kod ograničeno pogodnih (57%) i trajno nepogodnih (31%) tala, dok je najveći dio visokog rizika kod trajno nepogodnih tala (60%) i ograničeno pogodnih tala (36%).

Tablica 3. Odnos površina klasa pogodnosti tla za obradu i klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u Gorskoj regiji

Klase pogodnosti tla za obradu	Klase stvarnog rizika od erozije							
	Niski rizik		Umjereni rizik		Visoki rizik		Ukupno	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Dobro obradiva tla (P-1)	5652,2	2,5	207,8	0,2	2,3	0,0	5862,3	1,1
Umjereni ograničeno obradiva tla (P-2)	9970,3	4,4	7303,1	6,3	826,2	0,4	18099,6	3,4
Ograničeno obradiva tla (P-3)	120305,9	52,7	65897,0	56,9	67954,1	36,2	254157,0	47,8
Privremeno nepogodna tla (N-1)	38117,5	16,7	6094,8	5,3	6453,1	3,4	50665,4	9,5
Trajno nepogodna tla (N-2)	54174,7	23,7	36215,1	31,3	112420,2	59,9	202810,0	38,2
Ukupno	228220,7	100	115717,8	100	187655,9	100	531594,3	100

Kako je za pretpostaviti da se veći dio pogodnih tala za obradu i u ovoj regiji obrađuje, utvrđena površina pogodnih tala s umjerenim i visokim rizikom, a iznosi 142 190 ha, ukazuje na veliku opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu i ove regije te na potrebu za vrlo obazrivim gospodarenjem na ovim tlima.

3.4. Odnos klasa pogodnosti tla za obradu i klasa potencijalnog i stvarnog rizika od erozije tla vodom u Jadranskoj agoregiji

Integriranjem karte pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta i karte stvarnog rizika od erozije (4) s kartom Jadranske regije (slika 3), na 20% poljoprivrednog zemljišta utvrđen je niski rizik od erozije, zatim na 39%

umjereni te na 41% visoki rizik. Najveći dio niskog rizika javlja se kod trajno nepogodnih (59%) i umjereno pogodnih tala za obradu (36%). Najveći dio umjerenog rizika postoji kod trajno nepogodnih tala (65%) i ograničeno pogodnih tala (21%). Najveći dio visokog rizika također postoji kod trajno nepogodnih (66%) kao i ograničeno pogodnih tala (29%), tablica 4.

Tablica 4: Odnos površina klasa pogodnosti tla za obradu i klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu u Jadranskoj regiji

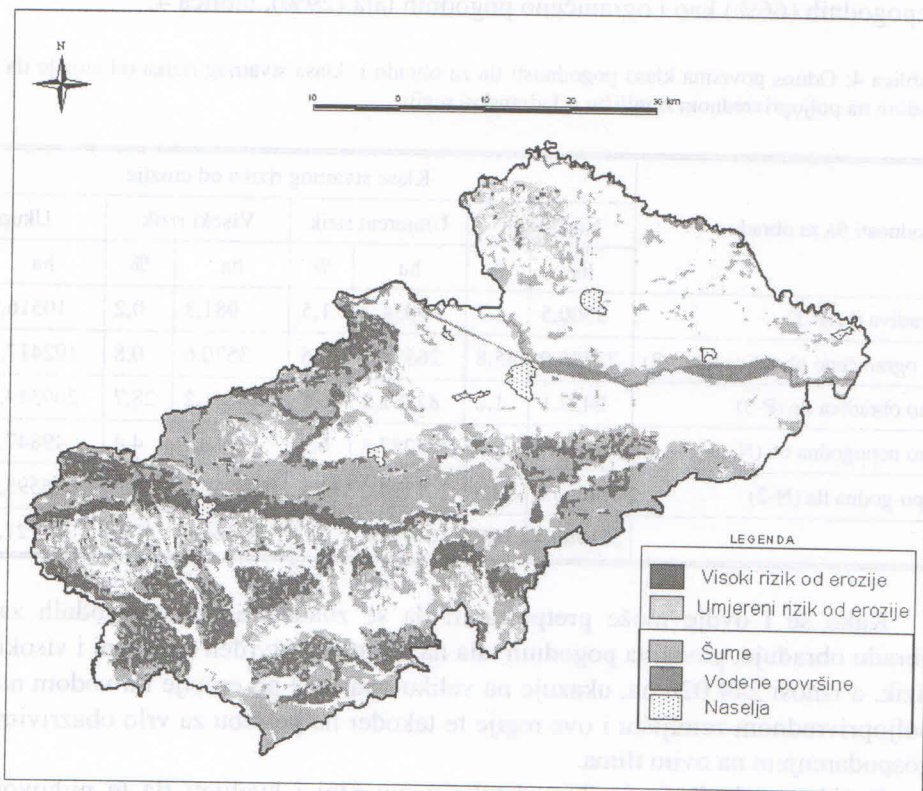
Klase pogodnosti tla za obradu	Klase stvarnog rizika od erozije							
	Niski rizik		Umjereni rizik		Visoki rizik		Ukupno	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Dobro obradiva tla (P-1)	3500,5	1,7	6034,7	1,5	981,8	0,2	10516,9	1,0
Umjereno ograničeno obradiva tla (P-2)	72328,0	35,8	26518,6	6,6	3570,6	0,8	102417,3	9,9
Ograničeno obradiva tla (P-3)	2427,1	1,2	82281,2	20,5	124641,2	28,7	209349,5	20,2
Privremeno nepogodna tla (N-1)	5647,4	2,8	25287,3	6,3	18912,9	4,4	49847,6	4,8
Trajno nepo-godna tla (N-2)	118065,5	58,5	261274,0	65,1	286256,2	65,9	665595,7	64,1
Ukupno	201968,5	100	401395,8	100	434362,8	100	1037727,0	100

Kako se i ovdje može pretpostaviti da se znatan dio tala pogodnih za obradu obrađuje, površina pogodnih tala na kojima je utvrđen umjereni i visoki rizik, a iznosi 244 028 ha, ukazuje na veliku opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu i ove regije te također na potrebu za vrlo obazrivim gospodarenjem na ovim tlima.

Pored navedenih korisnih podataka o površini i kvaliteti tla te njihovoj ugroženosti erozijskim procesima važnim za planiranje zaštite tla, zahvaljujući GIS tehnologiji moguće je na kartama prikazati odnosno izdvojiti pojedine klase pogodnosti tla za obradu u odnosu na pojedine klase rizika od erozije tla vodom, kako bismo mogli ustanoviti prostornu rasprostranjenost ugroženih tala i poduzeti odgovarajuće mjere zaštite od daljnje degradacije. Kao primjer navedenog, ovdje prikazujemo kartu s visokim i umjerenim rizikom od erozije na tlima koja su pogodna za obradu na području sjeverozapadne Panonske poljoprivredne podregije (slika 5).

Slika 5. Pogodna tla s visokim i umjerenim rizikom od erozije tla vodom na području sjeverozapadne Panonske poljoprivredne podregije

Figure 5. Soil suitable for cultivation with high and moderate risk os erosion in the area of northwest Pannonian agricultural subregion



4. ZAKLJUČAK

U cilju realnije zaštite proizvodnih kapaciteta poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj, u radu su prikazani rezultati kartografskih istraživanja opasnosti od erozije tla vodom u odnosu na pogodnost tih tala za obradu. U okviru toga utvrđena je površina i prostorna rasprostranjenost pojedinih klasa pogodnosti poljoprivrednog zemljišta po pojedinim agoregijama Hrvatske. Za navedene

klase pogodnosti utvrđena je zatim opasnost od erozije tla vodom na temelju čega je izvršena inventarizacija površina po pojedinim agroregijama.

Ukupna površina pogodnih tala za obradu na kojima je utvrđena visoka i umjerena stvarna opasnost od erozije tla vodom, iznosi 238 268 ha u Panonskoj regiji, zatim 142 190 ha u Gorskoj regiji te 244 028 ha u Jadranskoj regiji. Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se gotovo sva pogodna tla u Panonskoj regiji obrađuju, te da se u Gorskoj i Jadranskoj regiji obrađuje veći dio, utvrđena površina ukazuje na veliku opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu. Kako bi se takva kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

Zahvaljujući GIS tehnologiji moguće je na kartama prikazati odnosno izdvojiti pojedine klase rizika od erozije u odnosu na klase pogodnosti tla za obradu. Kao primjer toga u radu je prikazana karta s visokim i umjerenim rizikom od erozije na tlima koja su pogodna za obradu na području sjeverozapadne Panonske podregije te s kojima je nužno obazrivo gospodariti.

Ovi podaci kao i mogućnost njihovog kartografskog prikaza, pružaju potpuniju sliku o proizvodnim kapacitetima poljoprivrednih tala u Hrvatskoj, te mogu poslužiti za planiranje korištenja i zaštite poljoprivrednog zemljišta, kako u poljoprivredi, tako i u vodnom gospodarstvu, šumarstvu i zaštiti čovjekova okoliša, u skladu s održivim razvojem na nacionalnoj i regionalnoj razini.

5. LITERATURA

- Bašić, F.**, i sur. (2002): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za opću proizvodnju bilja.
- Bogunović, M.**, i sur. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. Agronomski glasnik, 5-6, str.363-399.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 1998: NT ArcInfo – The Arc Info Method Understanding GIS. Environmental Systems Research Institute (ESRI) Inc., Redlands, San Diego, CA, USA, 1998.
- Husnjak, S.** (1999): Digitalna karta rasprostranjenosti šuma u Republici Hrvatskoj mjerila 1:300 000. CD, arhiva Zavoda za Pedologiju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Husnjak, S., i sur. (2000): Istraživanje rizika od erozije tla vodom u Hrvatskoj
- II faza: Potencijalni i stvarni rizik. Hrvatske vode, godina 9, br. 34, str.
31-45, Zagreb.

Husnjak, S. (2000): Procjena rizika erozije tla vodom metodom kartiranja u
Hrvatskoj. Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 142 str.

Adresa autora - Author's address:

Primljeno: 10. 08. 2002.

Stjepan Husnjak

Matko Bogunović

Zavod za pedologiju

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

LITERATURA

- Bešlić, V., i sur. (2002): Regionalizacija u zaštiti poljoprivrede. Agencija
za zaštitu okoliša i prirode, Zagreb. Zbornik radova o zaštiti okoliša i prirode
u Hrvatskoj, 1999. godine, Zagreb, str. 107-110.
- Bogunović, M., i sur. (1996): Regionalna pedologija. Hrvatska
akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str. 107-110.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 1992. NT Atlas - The
Digital Atlas of the World. ESRI, Redlands, CA, USA, 1992.
- Husnjak, S. (1999): Digitalna karta procjene rizika od erozije tla vodom u
Hrvatskoj. Zbornik radova o zaštiti okoliša i prirode u Hrvatskoj, 1999. godine,
Zagreb, str. 107-110.
- Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu