

# MOGUĆNOSTI NAVODNJAVANJA PODZEMNIM VODAMA U HRVATSKOJ

## POSSIBILITIES FOR IRRIGATION IN CROATIA BY USING GROUNDWATER RESERVES<sup>1</sup>

ANA PEJDO, ŽELJKA ŠILJKOVIĆ

Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru / *Department of Geography, University of Zadar*

UDK 626.8:551.44(497.5)

Primljeno / *Received*: 2007-10-08

Pregledni članak

*Review*

Podzemne vode na teritoriju Republike Hrvatske iznimno su važan, ali nedovoljno iskorišten vodni potencijal. U usporedbi s ostalim europskim zemljama Hrvatska je jedna od najbogatijih prema količini podzemnih voda i ukupnih obnovljivih vodnih resursa. Unatoč tomu, sustavi za navodnjavanje izgrađeni su na približno 0,5% površine ukupnoga poljoprivrednog zemljišta. Kako je u Hrvatskoj tijekom posljednjeg desetljeća sve češća pojava sušnih razdoblja, nedostatak navodnjavanih površina postaje jedno od ključnih pitanja hrvatske poljoprivrede. S druge strane, primjena nedovoljno učinkovitih tehnika pri navodnjavanju, nedostatak ili loše održavanje sustava navodnjavanja uz neadekvatno uključivanje struktura vlasti, može uzrokovati onečišćenje podzemnih voda.

**Ključne riječi:** podzemne vode, navodnjavanje, poljoprivreda, krš, Hrvatska

Groundwater is an important but under-utilized water resource in Croatia. If compared to other European countries Croatia is one of the richest regarding groundwater and total renewable reserves. In spite of that, water management systems have been built only on approximately 0.5 per cent of the total arable land. As Croatia has been affected by more frequent and longer droughts in the last decade, the scarcity of irrigated areas has become one of the vital issues in Croatian agriculture. On the other hand predominance of inefficient irrigation techniques, lack or no maintenance of irrigation systems coupled with the absence of adequate government involvement can result in groundwater pollution.

**Key words:** groundwater, irrigation, agriculture, karst, Croatia

### Uvod

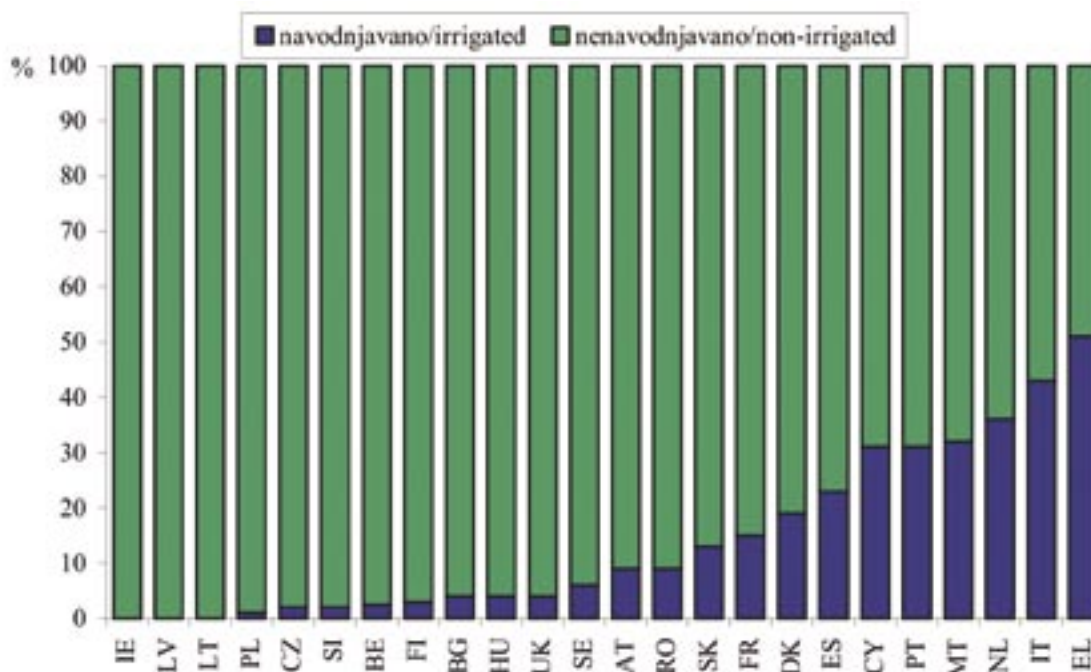
Nakon stjecanja nezavisnosti 1991. godine Hrvatska je prošla politički proces tranzicije iz realsocijalističkoga do poduzetničko-tržišnog gospodarstva. Domovinski rat razorno je utjecao na hrvatsku poljoprivredu, tako da zemlja od izvoznika poljoprivrednih proizvoda postaje uvoznikom. Nizinski prostor kontinentalnog dijela Hrvatske karakteriziraju plodne površine na kojima dominiraju usjevi pšenice, kukuruza i suncokreta, dok u primorskoj regiji dominira vinogradarstvo, uzgoj voća i maslinarstvo, te pašnjaci u planinskim prostorima. Najveći dio poljoprivrednih posjeda u privatnom je vlasništvu, dok su na velikim poljoprivrednim kombinatima nastalim u vrijeme realsocijalizma u tijeku procesi privatizacije i restrukturiranja. Hrvatskom poljoprivrednom

### Introduction

Since it gained its independence in 1991 Croatia has undergone a political process of transition from real-socialist planned to market free economy. The Homeland war had a devastating effect on the Croatian agriculture, changing the country from an exporter of agricultural products to an importer. Agriculturally rich lowlands located in the Continental part of Croatia are dominated by the cultivation of wheat, corn and sunflower crops, while viti-culture, fruit and olive growing prevail in the coastal region, with pasture land in the mountainous areas. Most agricultural land is privately owned, and the large cooperatives created during the real-socialist era are being privatized and restructured. Croatian agricultural production is dominated by small farms. In the Republic of

proizvodnjom dominiraju mala poljoprivredna gospodarstva. Na teritoriju Republike Hrvatske izdvajamo tri osnovne poljoprivredne regije: panonsku s četiri, planinsku s dvije i jadransku s tri podregije (BAŠIĆ I DR., 2006.). S poljoprivrednoga gledišta, plodno zemljište i pogodni klimatski uvjeti te potrebna količina vode osnovni su preduvjeti za osiguranje visoko kvalitetnih usjeva. Prema količinama vlastitih voda Hrvatska se ubraja među bogatije europske zemlje s prosječnom količinom vlastitih vodnih resursa od oko 5880 m<sup>3</sup>/st./god. Ako se pribroje tranzitne vode, koje većim dijelom prolaze hrvatskim teritorijem (bez Dunava i Neretve), količine raspoloživih voda po stanovniku prelaze 16 400 m<sup>3</sup>/st./god. Pogodni klimatski uvjeti, bogati vodni resursi i poljoprivredno zemljište stvorili su kvalitetne uvjete za razvoj sustava za navodnjavanje. Unatoč tome, ako se Republika Hrvatska uspoređi sa zemljama članicama EU, ona se nalazi pri dnu ljestvice prema udjelu navodnjavanih površina. Godine 2005. ukupno navodnjavanog zemljišta u EU-25 (izuzevši Njemačku) bilo je oko 15,6 milijuna ha, što je otprilike 13,5% ukupnoga obradivog poljoprivrednog zemljišta (EUROSTAT, 2007.). Zbog klimatskih karakteristika prostora najveći

Croatia there are three main agricultural regions; Pannonian with four, Mountain with two and Adriatic with three subregions (BAŠIĆ ET AL., 2006). From the agricultural standpoint, fertile land, in conjunction with favourable climate conditions and the necessary amount of water are the main prerequisites for assuring high-quality crops. According to the available water resources Croatia is among the wealthiest European countries with average amount of inner water resources around 5,880 m<sup>3</sup>/inhabitant/year. If transit waters are added, that in their larger part cross the Croatian territory (without Dunav and Neretva Rivers) the amount of available water resources exceeds 16,400 m<sup>3</sup>/inhabitant/year (IZVJEŠĆE O STANJU OKOLIŠA U REPUBLICI HRVATSKOJ, 2007). Suitable climate, rich water resources, affluent soil and agricultural land have created quality preconditions for the development of irrigation management systems. In spite of that, if compared to EU member countries the Republic of Croatia is at the very bottom of the list of areas under irrigation. In 2005 the total irrigable area in EU-25 (excluding Germany) was around 15.6 million ha, which is approximately 13.5% of the total arable



Slika 1. Udio navodnjavanih površina po državama, udio ukupnog obradivog zemljišta uključujući stalne usjeve, 2005.  
Figure 1 Share of irrigable area by country, share of total arable area including permanent crops, 2005

Izvor / Source: EUROSTAT, 2007

udio navodnjavanih površina imaju mediteranske zemlje: Grčka (51%), Portugal, Malta i Cipar (oko 30%) (Sl. 1.). Premda je navodnjavanje na prostoru nekih država aktivnost koja negativno utječe na brojne društveno-geografske funkcije i vrijednosti praćene širenjem površina pod usjevima i pretjeranom ispašom (ARGYRIOS, KIRIAKI, 1998.), razvoj poljoprivrede bez sustava za navodnjavanje bio bi nemoguć.

S obzirom na hidro-pedološke, topografske i hidro-geografske značajke Hrvatska ima pogodne uvjete za gradnju sustava za navodnjavanje na 680 000 ha (TOMIĆ, MARUŠIĆ, 1994.). Kontrolirana primjena vodnih resursa u svrhu razvoja poljoprivrede izgradnjom vodoopskrbnih sustava može osigurati stabilne usjeve te zajamčiti ekonomsku dobit. Nakon 50 godina kolektivizacije, neke države Srednje i Istočne Europe i Zajednice Neovisnih Država uspješno su provele proces pretvorbe velikih državnih poljoprivrednih posjeda u privatno vlasništvo, a kao posljedica tog procesa došlo je do usitnjavanja zemljišnih posjeda, što je izravno utjecalo na privatne i javne investicije, održivi ekonomski rast i društveni razvoj. U regijama koje su se našle u nepovoljnijem položaju te u gospodarski nerazvijenim regijama, s ekonomijama koje su još uvijek ovisne o poljoprivredi, došlo je do negativnih stopa rasta nezaposlenosti i do ruralnog siromaštva. Sve je to uzrokovalo proces društvene i ekonomske dezintegracije, što onemogućuje provedbu razvojnih strategija ruralnih prostora, programa i projekata usmjerenih na poboljšanje

agricultural area (EUROSTAT, 2007). Due to climate conditions share of the irrigable area is the highest in the Mediterranean countries: Greece (51%), Italy (43%), Portugal, Malta and Cyprus (around 30%) (Fig. 1). Even though irrigation in some countries represents activity negatively influencing numerous socio-geographic functions and values, followed by cropland expansion and overgrazing (ARGYRIOS, KIRIAKI, 1998), agriculture without irrigation management would be impossible.

According to hydro-pedological, topographical and hydro-geographical features Croatia has favourable conditions for construction of irrigation systems on 680,000 ha (TOMIĆ, MARUŠIĆ, 1994). Controlled application of water resources for agricultural purposes through water supply systems can provide stable crops and ensure profits. After 50 years of collectivization, countries in Central and Eastern Europe (CEE) and the Commonwealth of Independent States (CIS) have made significant progress in the devolution of state-owned real estate to private urban and rural ownership. Land fragmentation has emerged as a side-effect, with detrimental implications for private and public investments, sustainable economic growth and social development. Less-favoured and least-developed regions with economies still dependent on agriculture have experienced negative growth rates, unemployment and rural poverty, resulting in serious social and economic disintegration. This hampers the implementation of rural regional development policies, programmes and projects aimed to improve rural livelihoods (REMBOLD,

Tablica 1. Raspoloživi vodni resursi u Republici Hrvatskoj  
Table 1 Available water resources in the Republic of Croatia

Sljjev	Površina (km <sup>2</sup> )	Količina vlastite vode (m <sup>3</sup> /s)	Količina ulazne vode (m <sup>3</sup> /s)	Oborine (mm)	Obnovljive zalihe podzemne vode (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god)	
					Aluvijalni vodonosnici	Karbonatni vodonosnici
Catchment	Surface (km <sup>2</sup> )	Average annual inner water runoff (m <sup>3</sup> /s)	Transit water runoff (m <sup>3</sup> /s)	Precipitation (mm)	Renewable groundwater resources (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr)	
					Alluvial aquifers	Carbonate aquifers
Jadranski Adriatic	21 407	451	435	1426	-	3 831,31
Crnomorski Black Sea	35 131	376	395	1001	1 198,3	653,8
Hrvatska Total Croatia	56 538	827	4 130	1162	1 198,3	4 485,11

Izvor / Source: HRVATSKE VODE, 2007.

životnih uvjeta u ruralnim sredinama (REMBOLD, 2003.). Prosječna veličina obrađenog zemljišta na obiteljskim posjedima iznosi 1,9 ha, dok je prosječna veličina parcele 0,46 ha.

Općenito govoreći, podzemnu vodu iskorišćujemo za navodnjavanje, kao vodu za piće i ostale javne uporabe te za opskrbu domaćinstava vodom za pojedince do čijih domova nije izgrađena javna vodovodna mreža. U članku autori obrađuju dostupne resurse podzemnih voda u Hrvatskoj i mogućnosti njihove uporabe za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta. Problem dostupnosti vode nastaje kada potražnja za vodom u poljoprivredi prelazi količinu vode dostupnu tijekom određenog razdoblja. Najveći dio Hrvatske obilježava jedan od dva osnovna vodonosnika; aluvijalni i karbonatni. U Hrvatskoj nalazimo izdašne resurse podzemnih voda koji čine oko 70% pitke vode, dok je njihova uporaba za navodnjavanje gotovo zanemariva (HRVATSKE VODE, 2007.). Raspoloživi vodni resursi u Republici Hrvatskoj prikazani su u Tab. 1.

### Resursi podzemnih voda u Republici Hrvatskoj

Količina i raspored podzemnih voda u Hrvatskoj uvjetovani su geološkom građom, klimatskim i hidrološkim uvjetima te hidrogeografskim značajkama pojedinih područja (MAYER, 2003, Mayer, Bačani, 2003.). Ako se uzmu u obzir geološke i hidrogeološke značajke, Hrvatska se može podijeliti na dvije različite regije, Sjevernu i Istočnu Hrvatsku koje su najvećim dijelom izgrađene od klastičnih sedimentnih stijena različita granulometrijskog sastava i različita stupnja konsolidacije, te Zapadnu i Južnu Hrvatsku građene pretežito na čvrstim karbonatnim stijenama različita stupnja trošenja i okršavanja (Sl. 2.).

Kvaliteta podzemne vode i njezin prostorno-vremenski raspored iznimno su važni za pitku vodu, navodnjavanje i vodoopskrbu industrije kao i za održivost ekologije jezera, rijeka i močvara. Iako su u usporedbi s ostalim vodnim resursima podatci o podzemnim vodama nedostatni, njezina se važnost ne može zanemariti. Kao posljedica nedovoljnih podataka i poradi brojnih problema tijekom istraživanja ne postoje precizni podatci; stoga Tablica 2 prikazuje minimalnu i maksimalnu procjenu obnovljivih resursa podzemnih voda. U bliskoj budućnosti potrebno je provesti daljnja istraživanja resursa podzemnih voda kako bi se utvrdile njihove točne količine.

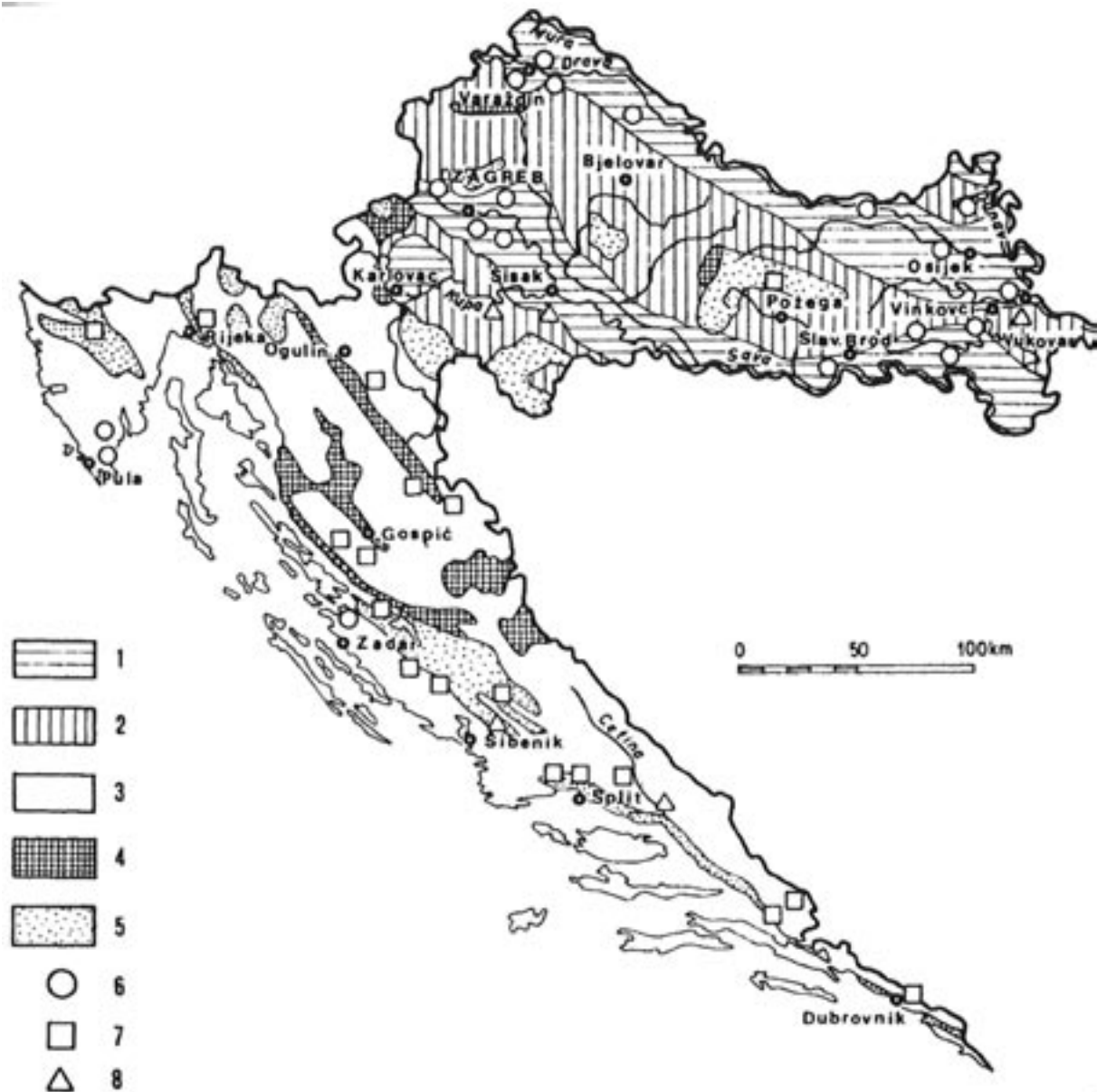
2003). In Croatia the average size of cultivated land on family farms is 1.9 ha, whereas the average size of the plot is 0.46 ha.

Generally speaking main uses of groundwater include irrigation, drinking-water and other public uses, and for supplying domestic water to people who do not receive public-supply water. The authors will deal with the available groundwater resources in Croatia and the potentials for their use in irrigation of agricultural land. Water availability problem occurs when the demand for water in agriculture exceeds the amount available during a certain period. Most areas of Croatia are underlined by one of the two major aquifers; alluvial and carbonate one. Croatia has extensive groundwater resources providing for about 70 per cent of drinking water while their use in irrigation is almost negligible (HRVATSKE VODE, 2007). Available water resources in the Republic of Croatia are shown in Table 1.

### Groundwater resources in the Republic of Croatia

The quantity and the distribution of groundwaters in Croatia are the result of geology, climate and hydrogeology of a certain area (Mayer, 2003, Mayer, Bačani, 2003). If geological and hydrogeological features are taken into consideration Croatia can be divided into two different regions; Northern and Eastern Croatia predominantly on clastic sedimentary rocks of different granulometric composition and of different degree of consolidation, and Western and Southern Croatia dominated by solid carbonate rocks of different weathering and karstification rate (Fig. 2).

Groundwater quality and its spatio-temporal distribution are highly important for drinking water, irrigation, and industrial water supply as well as for sustaining the ecology of lakes, rivers and wetlands. Although the importance of groundwater cannot be overstated, if compared to other water resources there are no adequate data. As a consequence of insufficient records and due to the numerous problems encountered while researching groundwater there are no precise data; hence Table 2 shows minimal and maximal assessment of the renewable groundwater resources. In order to determine the exact groundwater quantity it is necessary to conduct further researches concerning groundwater resources in the forthcoming period.



Slika 2. Hidrogeološka karta Republike Hrvatske

1 – aluvijalne naslage, šljunci i pijesci, visoko produktivni vodonosnici; 2 – pjeskovite i šljunkovite naslage obično zaglinjene, srednje do nisko produktivni vodonosnici; 3 – vapnenci i dolomiti masivni i uslojeni, jako okršeni, vrlo propusni; 4 – dolomiti i vapnenci srednje do slabo okršeni, srednje do slabo propusni; 5 – čvrste i kompaktne stijene i glinovite naslage, praktično nepropusni tereni; 6 – bušeni zdenci (grupe zdenaca) velike izdašnosti; 7 – izvori velike izdašnosti; 8 – vodozahvati površinske vode

Figure 2 Hydrogeological map of the Republic of Croatia

1 – alluvial deposits, gravels and sands, highly productive aquifers; 2 – sandy and gravel deposit usually clayed, medium to low productive aquifers; 3 – solid and well-bedded limestones and dolomites, very karstified, very permeable; 4 – medium to low karstified limestones and dolomites, medium to low permeable; 5 – solid compact rocks and clay layers, almost completely impermeable layers; 6 – drilled wells (groups of wells) of high discharge; 7 – a spring of high discharge; 8 – waterworks for surface water

Izvor / Source: MAYER, 2004

Tablica 2. Obnovljive zalihe podzemnih voda u Hrvatskoj, minimalna i maksimalna procjena  
 Table 2 Renewable groundwater resources in Croatia, minimal and maximal assessment

Vrsta		Minimalna procjena		Maksimalna procjena	
		m <sup>3</sup> /s	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god.	m <sup>3</sup> /s	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /god.
Type		Minimal assessment		Maximal assesement	
		m <sup>3</sup> /s	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr	m <sup>3</sup> /s	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr
<b>I. Vodno područje slijeva Save</b>	<b>I Aquifer area of the Sava River drainage area</b>				
1. Aluvijalni akviferi	1. Alluvial aquifers	36,21	1 141,9	221	6 969
2. Krški akviferi	2. Karst aquifers	15,27	481,6	144	3 590
3. Arteški i sl. akviferi	3. Artesians and similar aquifers	2,49	78,5	4	140
<b>Ukupno vodno područje slijeva Save</b>	<b>Total aquifer area of the Sava River drainage area</b>	<b>53,97</b>	<b>1,702.0</b>	<b>339</b>	<b>10,699</b>
<b>II. Vodno područje sljevova Drave i Dunava</b>	<b>II Aquifer area of the Drava and Dunav Rivers drainage areas</b>				
1. Aluvijalni akviferi	1. Alluvial aquifers	14,79	466,4	17	536
2. Arteški i sl. akviferi	2. Artesians and similar aquifers	1,02	32,2	1	20
<b>Ukupno vodno područje sljevova Drave i Dunava</b>	<b>Total aquifer area of the Drava and Dunav Rivers drainage areas</b>	<b>15,81</b>	<b>498,6</b>	<b>18</b>	<b>556</b>
<b>III. Vodno područje primorsko-istarskih sljevova</b>	<b>III Aquifer area of the Littoral-Istrian rivers drainage areas</b>				
1. Krški akviferi	1. Karst aquifers				
Izvori	Sources	35,64	1 123,9	182	5 755
Vodnosnik	Aquifer	11,45	361,1	58	1 817
<b>Ukupno vodno područje primorsko-istarskih sljevova</b>	<b>Total aquifer area of the Littoral-Istrian rivers drainage areas</b>	<b>47,09</b>	<b>1 485,0</b>	<b>240</b>	<b>7 572</b>
<b>IV Vodno područje dalmatinskih sljevova</b>	<b>IV Aquifer area of the Dalmatian rivers drainage areas</b>				
1. Krški akviferi	1. Karst aquifers				
Izvori	Sources	46,32	1 460,7	275	8 682
Vodnosnik	Aquifer	14,88	469,3	87	2 742
<b>Ukupno vodno područje dalmatinskih sljevova</b>	<b>Total aquifer area of the Dalmatian rivers drainage areas</b>	<b>61,20</b>	<b>1 930,0</b>	<b>362</b>	<b>11 424</b>
<b>Ukupno Hrvatska</b>	<b>Total Croatia</b>	<b>178,07</b>	<b>5 615,6</b>	<b>959</b>	<b>30 251</b>

Izvor / Source: GEREŠ, 1997.

Usmjerenim zalaganjem poljoprivrednika, industrije, zajednice, grupa za zaštitu okoliša i lokalnih vlasti potrebno je zaštititi kvalitetu resursa podzemnih voda. Budući da različiti načini uporabe zemljišta imaju presudan učinak na kvalitetu podzemne vode, upravljanje njihovom kvalitetom zahtijeva jedinstven pristup na području slijeva. Iako društvo ne može opstati bez poljoprivrednih aktivnosti, one su osnovni razlog zagađenja i degradacije kvalitete podzemne vode. U Republici Hrvatskoj monitoring razine podzemne vode provodi se na oko 1000 mjernih lokacija. Na području porječja Drave postoji osnovna mreža, te mreže mjernih postaja uspostavljenih za potrebe izgrađenih i planiranih hidroenergetskih objekata.

A concerted effort by farmers, industry, the community, environmental groups and local governments is required to protect the quality of our groundwater resources. Managing groundwater quality requires a drainage-based approach as different land uses have a major effect on the quality of groundwater resources. Although society can not endure without agricultural activities they are the main reason for contaminating and degrading groundwater quality. In the Republic of Croatia monitoring of groundwaters is conducted on about 1,000 locations. In the Drava River drainage area there is the basic network, and measuring stations networks established for public water supply needs (wider Zagreb area) and networks for constructed

Na slijevu Save uspostavljene su mreže za potrebe javne vodoopskrbe (šire područje Zagreba) i mreže mjernih postaja za planirane hidroenergetske objekte. Na krškim je područjima uspostavljena mreža mjernih postaja za potrebe vodnoga gospodarstva u zapadnoj i južnoj Istri, kojom je pokriven manji dio poluotoka. Na ostalim krškim područjima ne postoji monitoring, osim lokalnih mreža (HRVATSKE VODE, 2007.). Na prostoru Primorske i Gorske Hrvatske, koje karakteriziraju vodonepropusni reljefni oblici, prijeko je potrebno proširiti praćenje podzemnih voda na veće područje. Krške prostore obilježavaju vodonosnici koji mogu osigurati velike zalihe vode, dok i najmanji ljudski utjecaj na takve reljefne oblike znatno ugrožava floru i faunu, koje su najbolji pokazatelji ekološkog stanja. Učinkovitost programa zaštite podzemnih voda ovisi o sveobuhvatnom, usmjerenom praćenju. Cjelovita područja porječja, riječnih bazena ili zaštićenih prostora moraju biti ograničena i označena radi učinkovitog očuvanja tla, vode i šuma. To će zahtijevati okrupnjavanje čestica i parcela, jasna i transparentna vlasnička prava te stoga jasne i transparentne dužnosti i obveze. Uz mehanizaciju i genetski inženjering, kemizacija je jedna od osnovnih osobina poljoprivrede današnjice. Kemikalije u uporabi u poljoprivredi, poput pesticida, najveća su prijetnja zaštiti podzemne vode jer mogu utjecati na korijenje biljki dovodeći do stalne opasnosti ako pesticidi prodru do razine podzemne vode (MAYER, 2004.). Osim pesticida, negativan utjecaj na kvalitetu podzemne vode imaju cestovna infrastruktura, promet te distribucija nafte i naftnih derivata, proizvodni pogoni i mnoge druge ljudske djelatnosti.

#### Uporaba podzemne vode za navodnjavanje – trenutno stanje

Službene statistike o navodnjavanju u Republici Hrvatskoj nisu niti dostatne niti cjelovite. Godine 1980. u Hrvatskoj se navodnjavalo približno 6483 ha uz tendenciju rasta do 7999 ha 1987. godine. Maksimalno područje pod navodnjavanjem zabilježeno je 1989. godine, kada su se sustavi za navodnjavanje prostirali na preko 13 290 ha poljoprivrednog zemljišta (2,1% ukupnog poljoprivrednog zemljišta) (TOMIĆ, MARINČIĆ, 1987., KOS, 1992.). Od ukupno 13 290 ha navodnjavanog zemljišta čak 7 500 ha nalazilo se na obiteljskim gospodarstvima, dok je ostatak bio unutar velikih poljoprivrednih kombinata, također poznatih pod nazivom PIK (Poljoprivredno-

and planned hydropower facilities. In karst areas a measuring stations network is established for the needs of water management in western and eastern Istria, which covers a smaller part of the peninsula. In the other karst areas there is no monitoring, other than local networks (HRVATSKE VODE, 2007). One of the immediate requirements is to expand groundwater monitoring on a larger area, especially in Littoral and Mountainous Croatia that are characterized by water permeable karst relief forms. Karst regions contain aquifers that are capable of providing large supplies of water and even the slightest human influence on such relief forms can significantly endanger flora and fauna that are the best indicators of ecological setting. The effectiveness of groundwater protection programme relies on a comprehensive, targeted monitoring. Entire watersheds area, river basins or protected areas have to be delineated and demarcated in order to make soil, water and forest conservation effective. This will require consolidation of plots and parcels, clear and transparent ownership rights and, hence, clear and transparent duties and responsibilities. Together with mechanization and genetic engineering, chemisation is one of the prominent features of the modern agriculture. Agricultural chemicals such as pesticides are a major concern for groundwater protection. Overuse of pesticides influences plants root creating permanent danger in case they reach groundwater level (MAYER, 2004). Besides pesticides, road infrastructure, transport and distribution of oil and oil products, manufacturing plants and many other human activities have a negative impact on the groundwater quality.

#### Usage of groundwater for irrigation – current state

Official statistic concerning irrigation in the Republic of Croatia is neither sufficient nor complete. In 1980 around 6,483 ha of agricultural land were irrigated in Croatia, with the tendency of growth up to 7,999 ha in 1987. Maximal area under irrigation was recorded in 1989 when irrigation systems spread over 13,290 ha of agricultural land (2.1 per cent of total agricultural land) (TOMIĆ, MARINČIĆ, 1987, KOS, 1992). Out of total 13,290 ha of irrigated land, as much as 7,500 were located on private farms, while the rest were a part of big state agricultural conglomerates, also known as PIK (Agro-industrial Conglomerates). During the Homeland War a part of the irrigation

industrijski kombinati). Tijekom Domovinskog rata uništen je dio sustava za navodnjavanje ili se još uvijek nalazi pod minama, tako da je 1995. godine navodnjavano svega 3046 ha (Tab. 4.). Iako je danas velik dio sustava za navodnjavanje ponovno u funkciji, površina pod navodnjavanjem još uvijek nije dosegla razinu iz razdoblja prije Domovinskog rata.

Kao posljedica nedostatnih podataka uzrokovanih neprimjerenom metodologijom prikupljanja podataka javljaju se problemi pri određivanju površina pod navodnjavanjem. Trenutno postoje dva službena izvora podataka o hrvatskoj poljoprivredi: Popis poljoprivrede 2003. godine i Statistički ljetopis, koji izlazi godišnje. Popis poljoprivrede nastao je na osnovi podataka prikupljenih na terenu i ispunjavanja upitnika, dok je Statistički ljetopis kompilacija podataka prikupljenih iz statističkih izvješća poljoprivredne industrije, a podatci o obiteljskim gospodarstvima rezultat su službenih procjena. U svom radu iznesenom na 3. hrvatskoj konferenciji o vodama Josipović i dr. iznijeli su podatke o navodnjavanju u Republici Hrvatskoj kao rezultat istraživanja

systems were destroyed or are still under land mines, so in 1995 only 3,046 ha were irrigated (Tab. 4). Although today a large portion of the irrigation systems is once again back in function, the surface under irrigation still has not reached the level from before the Homeland War.

While determining the irrigated areas a great problem is encountered as a result of the insufficient records caused by the inadequate methodology of data collecting. At this moment, there are two official data sources on Croatian agriculture; Agricultural Census from 2003 and Statistical Yearbook published annually. Agricultural Census is based on information gathered by a questionnaire on the field, whereas information in the Statistical Yearbooks is the compilation of data gathered by means of statistical reports made by agricultural industry, while data on family farms are based on formal assessments. In the paper presented at the 3<sup>rd</sup> Croatian Conference on Waters Josipović et al. offered information on irrigation in the Republic of Croatia based on surveys conducted in all counties in order to gather data on irrigation on family and state-owned farms. According to data gathered by



Slika 3. Navodnjavane površine u republici Hrvatskoj u razdoblju od 1993. do 2004., u hektarima  
Figure 3 Irrigated areas in the Republic of Croatia in the period from 1993 to 2004., in ha  
Izvor / Source: STATISTIČKI LJETOPIS, 2005



provedenih u svim županijama i vezanih uz navodnjavanje na obiteljskim gospodarstvima kao i na onima u vlasništvu države. Prema tim podacima navodnjavane površine u Hrvatskoj 2002. godine iznosile su 7159,5 ha (0,49% obradivog zemljišta i vrtova). Njihov najveći udio nalazio se pod povrćem (65%), pretežno na području Zadarske, Istarske i Dubrovačko-neretvanske županije. Budući da dio poljoprivredne proizvodnje na otvorenom, u staklenicima i polietilnim staklenicima u privatnom vlasništvu nije obuhvaćen istraživanjem koje je proveo Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu 2002. godine, navodnjavane površine potrebno je uvećati za 300 do 500 ha (JOSIPOVIĆ ET AL., 2005.). Prema podacima Poljoprivrednog popisa 2003. navodnjavano je 9264 ha ili 0,46% ukupnog poljoprivrednog zemljišta, dok je prema podacima Statističkog ljetopisa navodnjavana površina iznosila 11 175 ha (Sl. 3.).

Da bi se biljci osigurala potrebna količina vode, moguće je primijeniti razne metode navodnjavanja, od kojih su tri najčešće: površinsko navodnjavanje, navodnjavanje orošavanjem i navodnjavanje kap po kap. Prema podacima iznesenim u Statističkom ljetopisu 2005. godine (Tab. 3.) u Republici Hrvatskoj u uporabi je najčešće metoda površinskog navodnjavanja, ali možda je najprikladniji način kap po kap; takvo je navodnjavanje, naime, pogodno za voće i povrće,

Josipović et al. the irrigation area in Croatia in 2002 was 7,159.5 ha (0.49 per cent of arable land and gardens). The highest portion of irrigated areas was under vegetables (65 per cent) mainly in Zadar, Istria and Dubrovnik-Neretva counties. Due to the fact that a part of the agricultural production on open, in the greenhouses and in the polyethylene greenhouses for personal use was not included in the survey conducted by the Croatian Agricultural Extension Institute in 2002, the irrigated area in the Republic of Croatia should be increased for 300 up to 500 ha (JOSIPOVIĆ ET AL., 2005). In 2003, according to the Agricultural Census, there were 9,264 ha or 0.46 per cent of all agricultural land under irrigation, while according to the Statistical Yearbook the irrigated area was 11,175 ha (Fig. 3).

In order to supply the plant with the necessary amount of water various methods of irrigation can be used. Three most frequently used ones are: surface irrigation, sprinkler irrigation and drop by drop irrigation. According to the information presented in the Statistical Yearbook, 2005 (Tab. 3) surface irrigation is the most frequently used in the Republic of Croatia. Perhaps the most appropriate way of irrigation is drop by drop irrigation that is suitable for vegetables and fruit, tree and wine crops, since the water is brought directly to the root zone. Sadly, the areas under such irrigation systems are scarce due to the high capital costs

Tablica 3. Navodnjavane površine u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1993. do 2004. godine, u hektarima  
Table 3 Irrigated areas in the Republic of Croatia in the period from 1993 to 2004, in ha

Godina	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.
Year												
Navodnjavana površina	3 616	1 554	3 046	2 291	2 326	3 483	3 095	2 786	4 481	5 138	11 175	11 697
Irrigation area												
Površinskim	3 334	235	2 932	2 244	2 252	2 862	2 644	2 612	4 153	4 936	10 801	11 596
On surface												
Orošavanjem	276	1 319	114	47	74	621	451	171	307	255	355	74
By sprinkling												
Kap po kap	6	-	-	-	-	-	-	3	21	19	19	27
Drop by drop												
Oranice i vrtovi	3 588	954	3 046	2 291	2 042	3 095	3 095	2 786	3 640	1 744	10 327	10 849
Arable land and gardens												
Ostalo	28	600	-	-	284	-	-	-	841	3 394	848	848
Other												

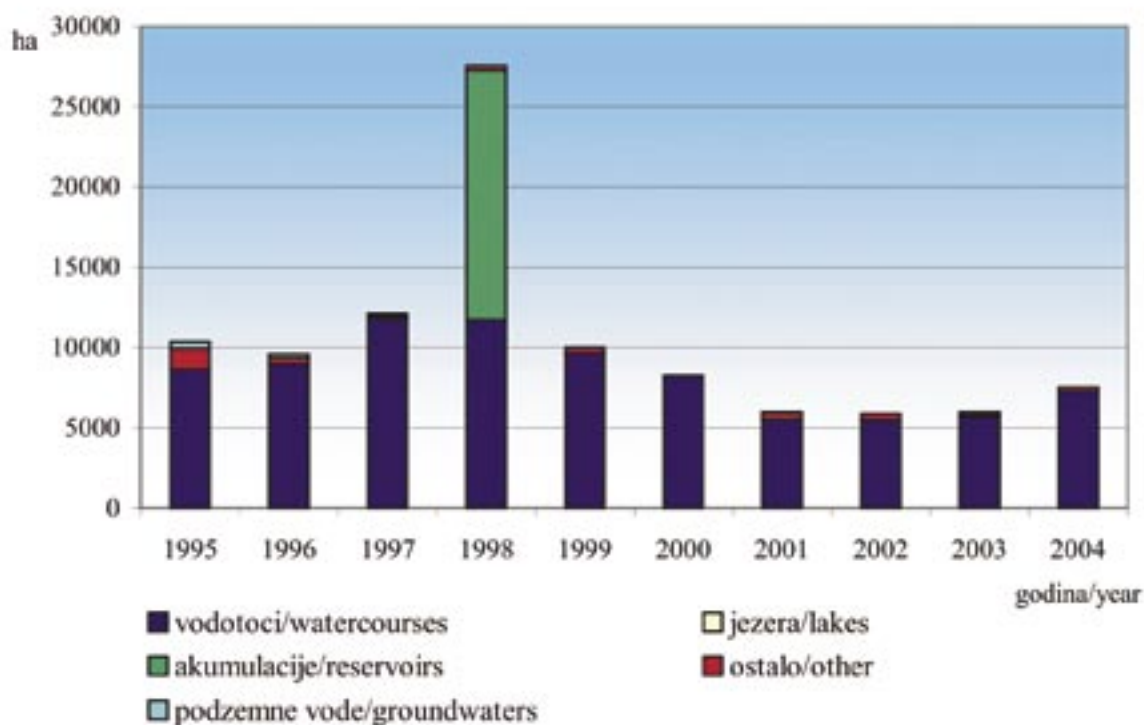
Izvor / Source: Statistički ljetopis, 2005.

voćnjake i vinograde, jer voda dolazi direktno do korijenske zone. Na žalost, zbog visokih troškova izgradnje udio površina pod takvim sustavima za navodnjavanje iznimno je malen. Ta je metoda skuplja u odnosu na ostale metode i najčešće se primjenjuje na područjima s usjevima koji donose veću zaradu (EUROSTAT, 2007.).

Na najvećem dijelu navodnjavanoga poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj osnovni izvor vode čine vodotoci (Sl. 4.). Osim njih, manji udio vode za navodnjavanje otpada na akumulacije koje su u većoj mjeri bile u uporabi samo 1998., kada je poljoprivreda još uvijek dijelom bila pod utjecajem posljedica nastalih kao rezultat Domovinskog rata. Kao što je već rečeno, površine za navodnjavanje u tom razdoblju smanjene su na svega 3000 ha. Iako su jezera važan vodni resurs, ne koriste se za navodnjavanje. Neka od njih nalaze se pod određenim stupnjem zaštite i kao takva ne mogu se iskoristiti za bilo

of installation. Drop by drop irrigation is more expensive than the other irrigation methods and it tends to be concentrated in areas with high value crops (EUROSTAT, 2007).

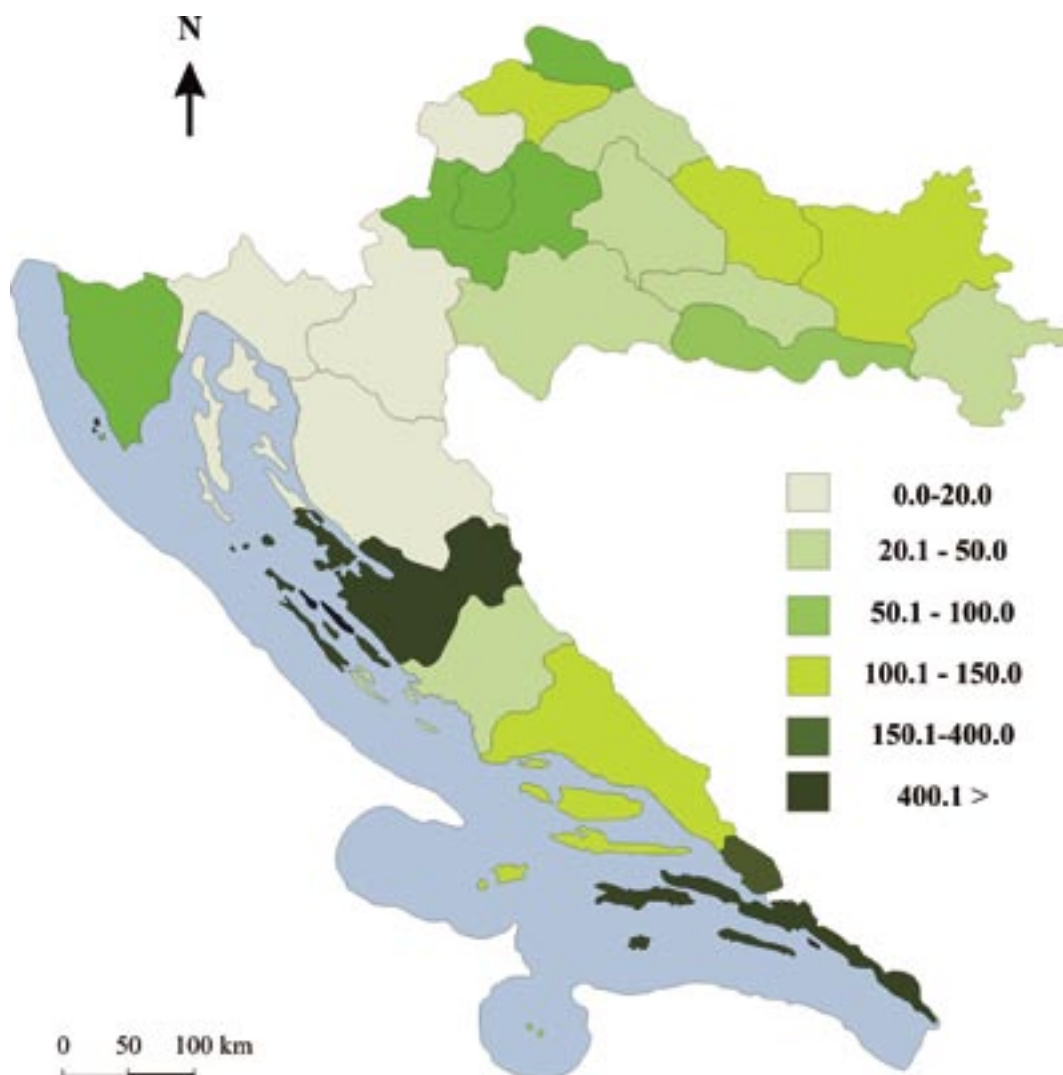
On most of the agricultural land that is being irrigated in the Republic of Croatia watercourses represent the main source of water (Fig. 4). Aside from watercourses, small share goes to reservoirs that were to a larger extent in use only in 1998 when agriculture was still affected by the consequences resulting in Homeland War activities. As it was already mentioned in that period irrigation areas were reduced to only 3,000 ha. Although they represent an important water resource potential, lakes are not used for irrigation. Some of them are under a certain degree of protection and as such cannot be used for any kind of economic activities that may cause their degradation. There is also an initiative that all the natural lakes in the Republic of Croatia become protected areas so in the long-



Slika 4. Korištenje vode za navodnjavanje u Republici Hrvatskoj prema izvoru vode, u razdoblju od 1995. do 2004., u postocima

Figure 4 Usage of water for irrigation in the Republic of Croatia according to the source of water in the period from 1995 to 2004, in %

Izvor / Source: STATISTIČKI LJETOPIS, 2005



Slika 5. Navodnjavanje podzemnim vodama po županijama u Republici Hrvatskoj, 2003. godine, u hektarima  
 Figure 5 Groundwater irrigation by counties in the Republic of Croatia, in 2003, in ha  
 Izvor / Source: POPIS POLJOPRIVREDE, 2003

kakvu vrstu ekonomskih aktivnosti koje bi mogle dovesti do njihove degradacije. Također postoji inicijativa kojom bi sva prirodna jezera u Republici Hrvatskoj postala zaštićena područja te stoga nisu dugoročno siguran izvor vode za navodnjavanje (NAVAP, 2005.).

U usporedbi s ostalim vodnim resursima podzemna voda koristi se za navodnjavanje samo na malom udjelu poljoprivrednog zemljišta s tendencijom opadanja u razdoblju od 1995. do 2004. godine (Sl. 4.). U Hrvatskoj nalazimo dva osnovna tipa vodonosnika; aluvijalni (porječja rijeka Drave, Save i Dunava) i karbonatni (porječja istarskih i dalmatinskih rijeka). Procijenjeni iskoristivi resursi vodonosnika su:

term they do not represent reliable source of water for irrigation (NAVAP, 2005).

In comparison to other water resources groundwater is used for irrigation purposes only on small portion of agricultural land with the tendency of decrease in the period from 1995 to 2004 (Fig. 4). In Croatia there are two basic types of aquifers; alluvial (The Drava, Sava and Dunav Rivers drainage area) and carbonate (Istrian and Dalmatian rivers drainage area). Estimated exploitable resources of aquifers are:

- The Sava River drainage area: from 0.4 to 15 m<sup>3</sup>/s,
- The Drava and Dunav Rivers drainage area: from 0.25 to 7.30 m<sup>3</sup>/s and

- porječje rijeke Save: od 0,4 do 15 m<sup>3</sup>/s
- porječja rijeka Drave i Dunava: od 0,25 do 7,30 m<sup>3</sup>/s
- za porječja primorsko-istarskih rijeka takve procjene još uvijek nisu učinjene, dok je procjena za porječja dalmatinskih rijeka učinjena samo za porječje rijeke Zrmanje (30 m<sup>3</sup>/s) i nekoliko manjih sljevova (NAVAP, 2005.).

Najveće površine pod navodnjavanjem nalaze se u Primorskoj Hrvatskoj, poglavito na prostoru Dalmacije, u dolini delte Neretve i u okolici Zadra i Biograda u Sjevernoj Dalmaciji, a osim spomenutih prostora značajan dio područja pod navodnjavanjem nalazi se na prostoru županija Osječko-baranjske i Virovitičko-podravске, dok se svega se dvije županije, Zadarska i Dubrovačko-neretvanska, koriste podzemnim vodama za navodnjavanje na preko 400 ha (Sl. 5.). Prodiranje slane vode jedan je od najvećih problema s kojim se susreću područja u priobalnoj zoni. Naime, ako se izvorima podzemnih voda ne upravlja na pravilan način, prodiranje slane vode izravno može narušiti njihovu kvalitetu, posebice u krškim područjima.

#### Daljnje mogućnosti navodnjavanja korištenjem podzemnih voda

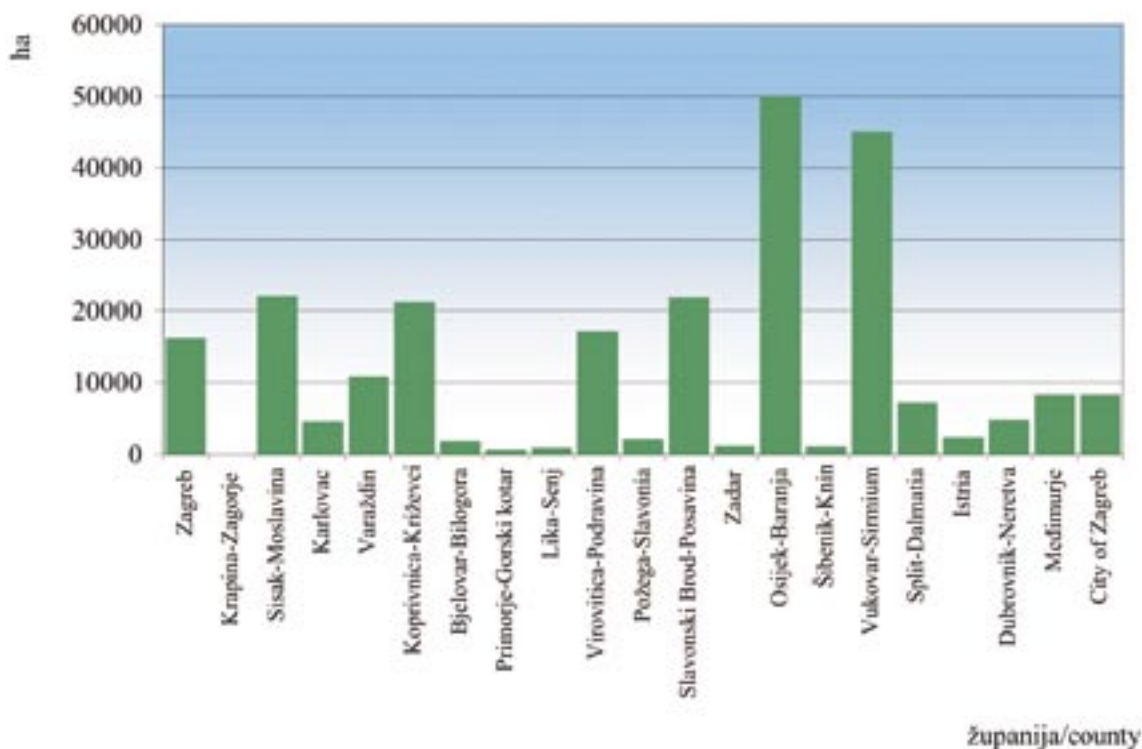
Pojava suše jedan je od osnovnih razloga zbog kojih bi se u Hrvatskoj trebale povećati površine pod navodnjavanjem. Kapacitet sustava za navodnjavanje mora biti u mogućnosti zadovoljiti potrebe za vodom u trenutcima najveće potražnje, odnosno za vrijeme suše, koja se redovito pojavljuje svakih tri do pet godina te ovisno o intenzitetu i trajanju može umanjiti urod za od 20 do 92% (MAĐAR I DR., 1998., NAVAP, 2005.). Posljednje tri značajnije suše dogodile su se 2000., 2003. i 2007. uzrokujući ekonomske i društvene probleme te probleme okoliša u brojnim hrvatskim županijama, tako da je poradi značajnih poljoprivrednih gubitaka nekoliko županija proglasilo stanje elementarne nepogode uzrokovano sušom. Tijekom spomenutih godina količina oborina pala je znatno ispod uobičajene količine potrebne za rast biljaka, i bila je praćena temperaturama višim od prosjeka. Ozbiljnost suše ovisi o stupnju nedostatka vlage, vremenu trajanja i veličini pogođenog područja. Količina vode prijeko potrebna za rast usjeva ovisi o mnogim čimbenicima, kao što su tip tla, dubina i mjera njihove pogodnosti za navodnjavanje. Tla pogodna za navodnjavanje ne posjeduju nikakve zapreke u pogledu mogućnosti izgradnje sustava

- for Littoral-Istrian drainage area such estimations have not been done yet, while for the Dalmatian drainage areas estimation has been done only for the Zrmanja River drainage area (30 m<sup>3</sup>/s) and only some smaller drainage areas (NAVAP, 2005).

The largest groundwater irrigated areas are in the Littoral Croatia, namely Dalmatia, in the Neretva River valley and in the vicinity of Zadar and Biograd in Northern Dalmatia. Aside from mentioned a significant portion of areas under irrigation are located in the Osijek-Baranja and Virovitica-Podravina counties. Only two counties, Zadar and Dubrovnik-Neretva, use groundwaters on over 400 ha for irrigation purposes (Fig. 5). One of the main problems facing areas in the coastal zone is the possible threat of the saltwater intrusion. If groundwater resources are not properly managed they represent immediate danger to the quality of groundwaters, especially in the karst areas.

#### Future possibilities for irrigation by using groundwater

Occurrence of drought is one of the key reasons why Croatia should increase agricultural land under irrigation. Irrigation system must have the capacity to meet peak water demand. Drought regularly appears every three to five years and depending on its intensity and duration it can minimize crop production from 20 to 92 per cent (MAĐAR ET AL., 1998, NAVAP, 2005). Last three serious droughts appeared in 2000, 2003 and 2007 causing economic, social, and environmental problems in numerous Croatian counties. Due to severe agricultural losses several counties declared a natural disaster caused by the drought. During the above mentioned years rainfall dropped far below the normal amount necessary for the plants grow, accompanied by the temperatures higher than average. The severity of drought depends upon the degree of moisture deficiency, the duration and the size of the affected area. The actual water requirement of crops depends on many factors such as soil type, depth and its suitability for irrigation. Soils suitable for irrigation have no limitations regarding construction of water management systems. In Croatia there are 244,150 ha of soils suitable for irrigation, and 588,163 ha of soils moderately suitable for irrigation (TOMIĆ ET AL., 2007). Mentioned soils are dominant in Osijek-Baranja and Vukovar-Sirmium counties that were among the counties mostly affected by the 2007 drought (Fig. 6).



Slika 6. Područje pod tlima pogodnim za navodnjavanje po županijama, u hektarima

Figure 6 Area of soils suitable for irrigation, by Counties, in ha

Izvor / Source: TOMIĆ I DR., 2007.

za navodnjavanje. U Hrvatskoj se nalazi 244 150 ha tala pogodnih za navodnjavanje i 588 163 ha tala umjereno pogodnih za navodnjavanje (TOMIĆ I DR., 2007.). Spomenuta tla dominiraju prostorom Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije, koje su bile među najpogođenijim županijama za vrijeme suše 2007. godine (Sl. 6.).

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime Hrvatskom dominira klima tipa C i njezina tri podtipa: Cfa, Cfb and Csa.<sup>1</sup> Uzevši u obzir klimatske uvjete, navodnjavanje na prostoru Kontinentalne Hrvatske potrebno je provoditi kao dodatnu metodu samo u slučaju pojave suše, dok bi poljoprivreda Primorske Hrvatske trebala biti zasnovana na učinkovitim sustavima za navodnjavanje. Primorska Hrvatska poznata je po vlastitoj proizvodnji voća i povrća,

<sup>1</sup> Jadranska obala južno od Lošinja i zapadno od Paga ima klimu tipa Csa ili "klimu masline". Prosječna temperatura u srpnju iznosi 22 °C, dok prosječna temperatura u siječnju varira od 5 °C do 9 °C. Klima tipa Cfa dominira područjem kvarnerskog primorja, otoka Krka, Raba, Paga, Cres, Lošinj i zaleđa Srednje Dalmacije. Gorska Hrvatska i unutrašnjost Istre, Panonska i Peripanonska Hrvatska imaju klimu tipa Cfb ili "klimu bukve". Najviši dijelovi Hrvatske imaju vlažnu borealnu klimu (ŠEGOTA, 1996.).

According to Köppen's climate classification Croatia is dominated by climate type C and its three subtypes: Cfa, Cfb and Csa<sup>1</sup>. Considering climate conditions Continental part of Croatia needs irrigation as supplementary method only in case of drought appearance while agriculture in Littoral Croatia should be based on the efficient irrigation management systems. Littoral Croatia is well-known for its fruit and vegetable production, but also for the shortage of precipitation during the warmest period of the year. Different meteorological conditions have various characteristics in terms of intensity, extent and dynamics of appearance, which certainly influence the hydrological response of the drainage areas. Among factors affecting the volume and seasonal flow of the rivers, the most

<sup>1</sup> Adriatic coast south of Lošinj and west of Pag has Csa climate or "the climate of olive". The average July temperature is  $\geq 22$  °C, while the average January temperature varies from 5 °C to 9 °C. Cfa climate dominates Quarner Littoral, the Islands of Krk, Rab, Pag, Cres, Lošinj and Central Dalmatian hinterland. Mountainous Croatia and Istrian inland, Pannonian and Peripanonsian Croatia have Cfb climate or "the climate of the beech". The highest parts of Mountainous Croatia have a humid boreal climate (ŠEGOTA, 1996.).

ali i po nedostatku oborina tijekom najtoplijeg dijela godine. Različiti vremenski uvjeti posjeduju različite značajke s obzirom na intenzitet, vrijeme trajanja i dinamiku pojavljivanja, što zasigurno utječe na hidrološke pojave porječja. Među čimbenicima koji utječu na opseg i sezonski tijek rijeka, najznačajniji je raspored oborina na prostoru porječja. Prosječna godišnja količina oborina u Primorskoj je Hrvatskoj između 500 i 1200 mm te nije ravnomjerno raspoređena tijekom godine. Glavni sustav niskog tlaka zraka koji dolazi s Atlantika i donosi veću količinu oborina, nad Hrvatskom se nalazi tijekom proljeća i jeseni. Najveći je problem, posebice na prostoru južnog dijela Primorske Hrvatske, mala količina oborina tijekom ljeta. Kao posljedica, kišna zona počinje u listopadu te traje do travnja ili svibnja, nakon čega slijede četiri mjeseca sušnog razdoblja (od sredine travnja do sredine kolovoza). Dominantna je značajka mediteranskog krajolika aridnost, koja u velikoj mjeri određuje klimatske, hidrografske, fitogeografske te čak i morfološke karakteristike cijele regije. Ljetne su suše slabijeg intenziteta na sjeveru nego na jugu, te na zapadu nego na istoku (HOUSTON, 1964.). Panonski i peripanonski dio Hrvatske imaju znatno pogodniji raspored oborina tijekom godine, uz veći udio oborina u toplijem dijelu godine. Količina oborina općenito raste od zapada prema istoku (Karlovac, 1116 mm, Lipovljani, 885 mm, Đakovo, 826 mm, Vukovar, 646 mm) (ŠEGOTA, 1996.).

Ako se usporede podatci prikupljeni na tri meteorološke postaje (jedna u Srednjoj Dalmaciji – Split-Marjan, jedna u Sjeverozapadnoj Hrvatskoj – Zagreb-Maksimir i jedna u Osijeku – Istočna Hrvatska), uočuje se znatan porast prosječnih godišnjih temperatura i pad prosječne godišnje količine oborina u razdoblju od 1951. do 2000. godine (tab. 4. i 5.). U Srednjoj Dalmaciji suša se pojavljuje tijekom 18 od 50 godina, a u Istočnoj Hrvatskoj svake druge godine, i u njoj je vidljiva stalna nestašica vode od 167 mm za proizvodnju nekih usjeva (JOSIPOVIĆ I DR., 2005.). Dok suša nanosi sve veću štetu hrvatskoj poljoprivredi, u zemlji s bogatim vodnim resursima područja pod navodnjavanjem pokazuju trend opadanja (SIJERKOVIĆ, ČAPKA, 1994., MARUŠIĆ, 2003.). U razdoblju od 1996. do 2002. štete uzrokovane sušom varirale su od 51 do 212 milijardi \$ ovisno o težini suše tijekom određene godine. Najozbiljnije suše javile su se tijekom 2000. i 2003. godine, kada su gotovo sve županije proglasile stanje elementarne nepogode (ROMIĆ I DR., 2003.). Neprihvatljivo je da čak i usjevi u županijama bogatim vodnim

significant is the rainfall regime in the drainage area. Average annual precipitation in Littoral Croatia is between 500 and 1.200 mm, and it is not equally distributed throughout the year. The main low-pressure systems coming from the Atlantic Ocean and bringing large quantity of rain circulate over Croatia in autumn and spring. That is why these seasons register the largest quantity of rain in coastal Croatia. The biggest problem, predominantly in southern coastal Croatia, is the small quantity of rain during the summer. Consequently, wet season starts in October ending in April or May followed by four months of arid period (from mid-April to mid-August). The seasonal aridity represents the dominant feature of the Mediterranean landscapes, to a large extent contributing to climatic, hydrographic, phytogeographic and even morphologic characteristics of the entire region. Summer drought is less severe in the north than in the south, in the west than in the east (HOUSTON, 1964). Pannonian and Peripannonian part of Croatia have much more favourable distribution of rainfall throughout the year with a larger share of precipitation in the warmer part of the year. The amount of precipitation generally decreases from the west to the east (Karlovac, 1,116 mm, Lipovljani, 885 mm, Đakovo, 826 mm, Vukovar, 646 mm) (ŠEGOTA, 1996).

If data gathered on three meteorological stations (one in Central Dalmatia – Split-Marjan, one in northwest Croatia – Zagreb-Maksimir and one in Osijek – Eastern Croatia) are compared, they show evident increase in average annual temperatures and decrease in average annual precipitation in the period from 1951 to 2000 (Tab. 4 and 5). In Central Dalmatia drought appeared in eighteen out of fifty years while in Eastern Croatia drought appeared every second year and there is a constant water shortage of 167 mm for the production of some crops (JOSIPOVIĆ ET AL., 2005). While drought causes more and more damage to the Croatian agriculture, in the country with the abundant water resources, area under irrigation show a constant decrease (SIJERKOVIĆ, ČAPKA, 1994, MARUŠIĆ, 2003). In the period from 1996 to 2002 damages caused by drought ranged from 51 to 212 billions \$ depending on the severity of the drought in the exact year. One of the most severe droughts were in 2000 and 2003 when almost all the counties pronounced the state of a natural disaster (ROMIĆ ET AL., 2003). It is unacceptable that even the crops in counties rich with water resources, especially groundwater, experience water shortage during the vegetation period.

resursima, posebice podzemnim vodama, nemaju dovoljnu količinu vode tijekom vegetacijskog razdoblja.

Općenito gledano, navodnjavanje podzemnim vodama produktivnije je u usporedbi s navodnjavanjem korištenjem površinskih voda. Voda se osigurava na mjestu uporabe, potrebno je zadovoljiti minimalne zahtjeve transporta vode, poljoprivrednicima omogućuje navodnjavanje "na zahtjev", što je osobina malog broja sustava za navodnjavanje površinskih vodama. Budući da uporaba sustava za navodnjavanje podzemnim vodama zahtijeva znatne dodatne troškove izgradnje, poljoprivrednici štede pri njegovoj uporabi koristeći se tim sustavom maksimalno učinkovito (SHAH I DR., 2000.).

Trenutno se podzemne vode eksploatiraju kaptažama izvora, kopanim zdencima i bušenim zdencima. Uzevši u obzir hidrogeološke značajke Zapadne i Istočne Hrvatske te svjetska iskustva na polju navodnjavanja, najbolje je služiti se metodom bušenih zdenaca (MAYER, BAČANI, 2003.). U razmatranju moguće uporabe podzemnih voda na prostoru krških vodonosnika potrebno je obratiti pozornost na sljedeće probleme: Krš je tip reljefa nastalog u lako propusnim karbonatnim stijenama (dolomitima i vapnencima) koje prekrivaju gotovo polovicu teritorija Hrvatske. Problemi vodnih resursa na prostoru krša su brojni: jedan od najvažnijih jest problem vodoopskrbe, problem kontrole poplava, problemi vezani uz

If compared to surface water irrigation, irrigation from groundwater is generally more productive. It is produced at the point of use, needing little transport, it offers individual farmer irrigation "on demand" that few surface systems can offer, but since its use entails significant incremental cost of lift, farmers tend to economize on its use and maximise application efficiently (SHAH ET AL., 2000). At the moment, all groundwater is exploited by using well captures, dug and drilled wells. Considering hydrogeological features of Western and Southern Croatia and world experiences in the field of irrigation, it is best to use drilled wells (MAYER, BAČANI, 2003). While discussing the possible usage of groundwaters on the area of karst aquifer one should address the problems that may be encountered in the process. Karst is a type of landscape formed in easily permeable carbonate rocks (dolomites and limestone) that cover almost half of the Croatian territory. Water resources problems in karst are numerous; the most important being water supply, flood control, irrigation and hydro-power utilisation and the protection of environment. Due to the specific karst features all possible irrigation systems need to be planned with special attention since even the slightest disturbance may change the groundwater flow.

In the report titled *Water Resources Management in South Eastern Europe* published by the World Bank in 2003 Croatia was compared to other countries in the region. In selected countries in

Tablica 4. Prosječne godišnje temperature (°C) i trend u razdoblju od 1951. do 2000.  
Table 4 Average annual temperatures (°C) and trend in the period from 1951 to 2000

Meteorološka postaja	Temperatura (°C)	°C/50 god.
Meteorological station	Temperature (°C)	°C/50 yrs
Split-Marjan	16,2	0,2
Zagreb-Maksimir	10,9	1,0
Osijek	11,1	0,6

Tablica 5. Prosječna godišnja količina oborina (mm) i trend u razdoblju od 1951. do 2000.  
Table 5 Average annual precipitation (mm) and trend in the period from 1951 to 2000

Meteorološka postaja	Oborine (mm)	mm/50 god.	%/50 god.
Meteorological station	Precipitation (mm)	mm/50 yrs	%/50 yrs
Split-Marjan	733	-110,5	-13,4
Zagreb-Maksimir	847	-49,2	-5,8
Osijek	654	-47,2	-7,3

Izvor / Source: NAVAP, 2005.



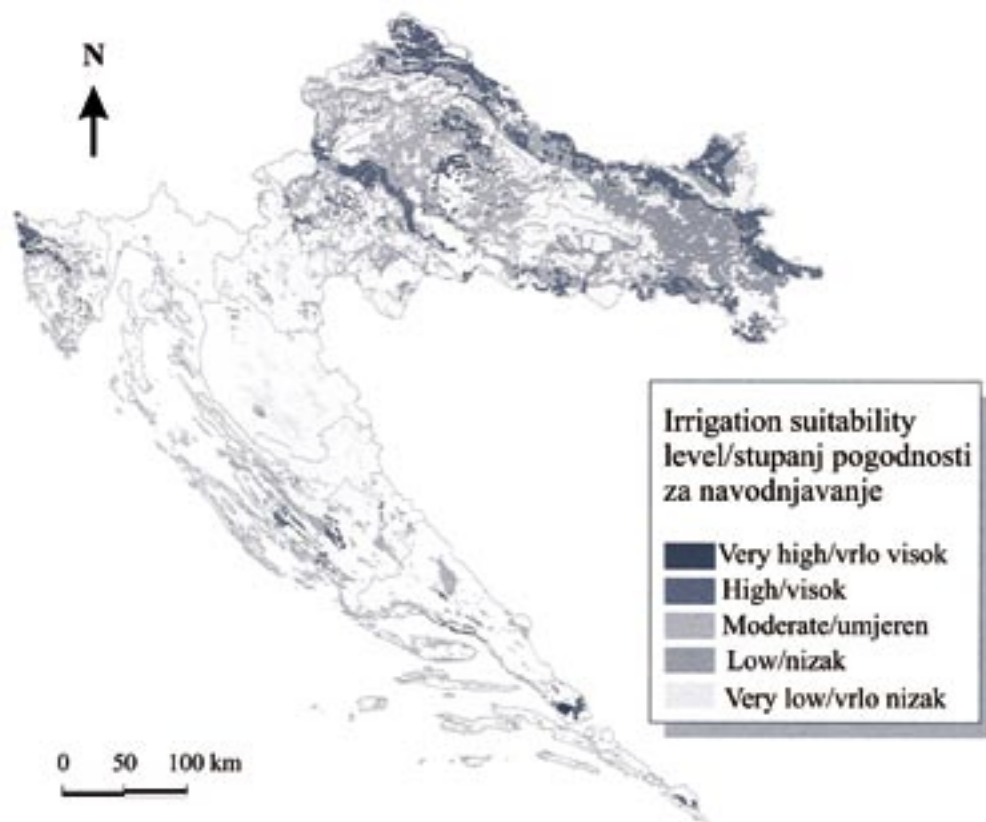
navodnjavanje te korištenje hidroenergije i zaštita okoliša. S obzirom na specifične značajke krša svi mogući sustavi za navodnjavanje moraju biti iznimno pomno planirani jer i najmanji poremećaj može dovesti do skretanja tijeka podzemnih voda.

U izvješću naslovljenom *Upravljanje vodnim resursima na prostoru Jugoistočne Europe*, koje je 2003. objavila Svjetska banka, Hrvatska je uspoređena s ostalim državama u regiji. U izabranim zemljama Jugoistočne Europe čak 30% ukupnih obnovljivih vodnih resursa čine podzemne vode, dok se u svim promatranim državama podzemna voda u maloj mjeri koristi za potrebe poljoprivrede (isključujući Albaniju). Zbog visoke koncentracije nitrata u nekim mjestima u Bugarskoj, Rumunjskoj i Hrvatskoj podzemna se voda ne može koristiti za piće (Water Resources Management in South Eastern Europe, 2003.).

Iako potreba za navodnjavanjem postoji na teritoriju gotovo cijele Hrvatske, grupa je stručnjaka procijenila gdje i u kojoj mjeri je moguće

the SEE groundwater represent as much as 30 per cent of total renewable water resources, and in all observed countries groundwater is rarely used for agriculture (excluding Albania). In some places in Bulgaria, Romania and Croatia, groundwater cannot be used as a source of drinking water because of high nitrate concentrations (WATER RESOURCES MANAGEMENT IN SOUTH EASTER EUROPE, 2003).

Although there is a need for irrigation in almost all parts of Croatia, a team of experts made an assessment where and to what extent irrigation is possible. The most prominent need for irrigation is present in Littoral Croatia, especially islands. They represent areas with highly unfavourable water balance and low degree of possibility for irrigation even with building of sophisticated water management systems. Croatian islands are built of limestone and dolomites with average amount of precipitation of 760 mm, which is not sufficient for constant agricultural production. Water is mainly



Slika 7. Stupanj pogodnosti za navodnjavanje u Republici Hrvatskoj  
Figure 7 Irrigation suitability level in the Republic of Croatia  
Izvor / Source: NAVAP, 2005.



navodnjavanje. Najpotrebnije je na prostoru Primorske Hrvatske, poglavito otoka. Oni su područja s iznimno nepovoljnom vodnom bilancom i niskim stupnjem mogućnosti navodnjavanja, čak i uz izgradnju modernih sustava za tu svrhu. Hrvatski su otoci građeni od vapnenaca i dolomita, uz prosječnu količinu padalina od 760 mm, što nije dovoljno za poljoprivrednu proizvodnju. Voda se najvećim dijelom infiltrira u krško podzemlje, koje karakterizira cirkulacija podzemne vode. Od ukupne količine oborina, 18% se infiltrira u podzemlje, 75% se gubi evapotranspiracijom, a svega 7% odlazi na površinske vode u kršu. Tla najpogodnija za natapanje smještene su na prostoru Međimurja i Baranje, kao i pokraj rijeka Dunava, Drave, Mure, Save, Une i Kupe (Sl. 7.). Ta područja obiluju površinskim kao i podzemnim vodnim resursima.

### Zaključak

Navodnjavanje je iznimno važno za daljnji razvoj hrvatske poljoprivrede jer je gotovo u svim dijelovima Hrvatske tijekom godine zamjetan nedostatak vode za postizanje maksimalne proizvodnje usjeva. Nakon proglašenja nezavisnosti 1991. Hrvatska je prošla teško razdoblje obilježeno Domovinskim ratom, koji je trajao od 1991. do 1995., a posljedice su mu vidljive i danas. Rascjepkanost poljoprivrednog zemljišta jedan je od najvećih problema s kojim se susreće hrvatska poljoprivreda. Prosječna veličina obrađenog zemljišta na obiteljskim gospodarstvima iznosi 1,9 ha, dok prosječna veličina parcele iznosi 0,46 ha. Radi povećanja produktivnosti, učinkovitosti kao i natjecateljskoga karaktera u poljoprivrednom sektoru, provođenje mjera preraspodjele i okrupnjavanja čestica mora postati ključan dio procesa restrukturiranja.

Osnovni resursi podzemnih voda nalaze se na krškom području Zapadne i Sjeverne Hrvatske te na području porječja rijeka Save i Drave. Trenutno stanje gospodarstva i promjene utjecaja na okoliš prijete kvaliteti podzemnih voda te stvaraju poteškoće u procjeni trenutne i buduće distribucije podzemnih voda. Premda bi se podzemne vode trebale u većoj mjeri koristiti za navodnjavanje nego je to trenutno slučaj, moramo biti svjesni problema koji se mogu javiti kao posljedica poljoprivrednih aktivnosti praćenih pretjeranom uporabom kemikalija. Pravilno upravljanje resursima podzemnih voda u krškim područjima prijeko je potrebno za budući ekonomski rast kao i za ljudsko zdravlje. Da bi navodnjavanje postalo jednim od imperativa hrvatske poljoprivrede,

infiltrated in the karst underground, which is characterised by groundwater circulation. Out of total share of precipitation, 18 per cent is infiltrated in the underground, 75 per cent is lost through evapotranspiration and only 7 per cent goes to surface waters on karst. The highest irrigation suitability level can be found in Međimurje and Baranja as well as beside Dunav, Drava, Mura, Sava, Una and Kupa Rivers (Fig. 7). These areas have profuse surface as well as groundwater resources.

### Conclusion

To a different degree almost all parts of the Republic of Croatia show water deficiency throughout the year for maximum crop production, therefore irrigation is exceptionally important for the future development of agriculture. Since it gained independence in 1991, Croatia has undergone a difficult period marked by the Homeland War lasting from 1991 to 1995 and its consequences are still visible today. One of the main problems confronting Croatian agriculture is the division of agricultural land into small lots. Average size of cultivated land on family farms is 1.9 ha, whereas the average size of the plot is 0.46 ha. With the purpose of increasing productivity, efficiency and hence competitiveness in the agriculture sector, measures regarding land re-parcelling and consolidation should become the vital part of the restructuring process.

Principal resources of groundwater are found in karst area of Western and Northern Croatia and in the Sava and Drava Rivers drainage area. Present economic state and changes in environmental pressure threaten groundwater quality and complicate the assessment of its present and future distribution. Although groundwater should be used for irrigation to a larger extent than it is the case at the moment one should be aware of the problems that could be caused by the agricultural activities followed by the overuse of chemicals. Proper groundwater resources management in karst areas and groundwater protection is vital for the future economic growth as well as for the human health. In order that irrigation may become one of the imperatives in Croatian agriculture it is necessary to educate farmers, develop and implement into practice conception of surface and groundwater meliorations by building modern water management systems. NAVAP is an important step towards that goal.

potrebno je obrazovati poljoprivrednike, razviti i u praksi primijeniti koncept navodnjavanja površinskim i podzemnim vodama gradnjom modernih sustava za navodnjavanje. Značajan korak prema tom cilju je NAVAP. Jedno je od mogućih rješenja uvođenje organske poljoprivrede navodnjavane podzemnim vodama. Obnova postojećih sustava za navodnjavanje i izgradnja novih mogla bi pridonijeti revitalizaciji ruralnih prostora koje trenutno obilježavaju negativni procesi deagrarizacije, deruralizacije i demografske regresije.

One of the solutions could be the introduction of organic agriculture irrigated by the groundwater resources. Restoration of the existing irrigation systems and building of new ones could contribute to the revitalisation of rural areas in which the presence of negative processes, such as deagrarization, deruralisation and demographic regression is evident.

## LITERATURA / LITERATURE

- ARGYRIOS G., KIRIAKI K., (1998): *Agricultural activities affecting the functions and values of Ramsar wetland sites of Greece*, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 70, Issues 2-3, 119-128
- BAŠIĆ, F., BOGUNOVIĆ, M., HUSNJAK, S., KISIĆ, I., MESIĆ, M., MIROŠEVIĆ, N., ROMIĆ, D., JURIC, I., ŽUGEC, I. (2006): *Regionalizacija hrvatske poljoprivrede*, Uloge tla u okolišu, X. kongres hrvatskog tloznanstvenog društva, Hrvatsko tloznanstveno društvo, Šibenik
- GEREŠ, D. (1997): *Raspoloživost vode u Republici Hrvatskoj*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. Kolo, Navodnjavanje, Rijeka, 93-123.
- HOUSTON, J. M. (1964): *The Western Mediterranean World - an Introduction to its Regional Landscapes*, Longmans, London, 245
- JOSIPOVIĆ, M., MADJAR, S., KOVAČEVIĆ, V., ŠOŠTARIĆ, J., PLAVIŠIĆ, H., KOLAR, D. (2005): *Značenje i potreba navodnjavanja za poljoprivrednu proizvodnju na području Istočne Hrvatske*, Hrvatske vode, 13 (2005) 50, 15-25.
- KOS, Z. (1992): *Povijesni pregled razvoja navodnjavanja*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II. Kolo, Navodnjavanje, Rijeka, 1-60
- MADAR, S., ŠOŠTARIĆ, J., TOMIĆ, F., MARUŠIĆ, J. (1998): *Neke klimatske promjene i njihov utjecaj na poljoprivredu Istočne Hrvatske*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem, Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama, Zagreb, 127-135.
- MARUŠIĆ, J. (2003): *Suša – prirodna pojava (elementarna nepogoda) i posljedice zanemarivanja preporuka struke i znanosti*, Hrvatske vode, 135-143.
- MAYER, D. (2004), *Voda – od nastanka do upotrebe*, Prosvjeta, Zagreb, 207.
- MAYER, D., BAČANI, A. (2003), *Navodnjavanje i podzemne vode*. Hrvatske vode, 11 (2003) 45, 531-540.
- Rembold, F. (2003): *Land fragmentation and its impact in Central and Eastern European countries and the Commonwealth of Independent States*, Land Reform, Land Settlement and Cooperatives, Fao, 82-90.
- ROMIĆ, D., CIBILIC, A., JOSIPOVIĆ, M., ONDRAŠEK, G. (2003): *Navodnjavanje – mjera suvremene poljoprivrede*, Hrvatske vode, 525-530.
- ŠEGOTA, T. (1996): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb
- SHAH, T., MOLDEN, D., SAKTHIVADIVEL, R., SECKLER, D. (2000): *The global groundwater situation: Overview of opportunities and challenges*, Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute
- SIJERKOVIĆ, M., ČAPKA, B. (1994): *Prirodne katastrofe, poljodjelstvo i gospodarenje vodama*, Znanstveni skup Poljoprivreda i gospodarenjem vodama, 487-497.
- TOMIĆ, F., MARINČIĆ, I. (1987): *Potrebe i mogućnosti primjene navodnjavanja u Hrvatskoj*, Poljoprivredne aktualnosti, 1-2

TOMIĆ, F., MARUŠIĆ, J. (1994): *Stanje i perspektive melioracija u Hrvatskoj*, Znanstveni skup Poljoprivreda i gospodarenjem vodama, priopćenja, Bizovačke toplice, 41-53.

TOMIĆ, F., ROMIĆ, D., MAĐAR, S., (2007): *Stanje i perspektive melioracijskih mjera u Hrvatskoj*, Zbornik radova znanstvenog skupa Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora s težištem na Nacionalni projekt navodnjavanja, Zagreb, 7-20

## IZVORI / SOURCES

*Strategija upravljanja vodama – nacrt*, Hrvatske vode, 2007.

*Izvešće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj*, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2007.

*Agriculture, Main statistics 2005-2006*, Eurostat, pocketbooks, ISSN 183-463X, Eurostat, European Commission, 2007.

*Statistički ljetopis 2005.*, Državni zavod za statistiku, Republika Hrvatska, Zagreb

*Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj*, NAVAP, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, voditelj projekta, prof. dr. sc. Davor Romić, Zagreb

*Water Resources Management in South Easter Europe*, Volume II, Country Water Notes and Water fact Sheets, World Bank, 2003

*Broj poljoprivrednih kućanstava prema upotrebi sredstava za zaštitu bilja i gnojiva, s navodnjavanjem površinama, prema izvorima vode za navodnjavanje te u pripremi za ekološku poljoprivredu (1. lipnja 2002. – 31. svibnja 2003.)*, Popis poljoprivrede 2003., Državni zavod za statistiku, Republika Hrvatska, Zagreb

