

GRAĐEVINSKI FAKULTET
Sveučilišta u Rijeci
DRUŠTVO ZA ODVODNJAVANJE I NAVODNJAVANJE HRVATSKE – ZAGREB

PRIRUČNIK
ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

II. KOLO

NAVODNJAVANJE

KNJIGA 1

OPĆI DIO

Rijeka, 1992.

Sadržaj ove knjige predstavlja rezultat prve godine istraživanja u okviru znanstvenog projekta: Znanstvene osnove za razvoj navodnjavanja u Hrvatskoj, financiranog od Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike Republike Hrvatske. Izdavanje rezultata istraživanja u vidu priručnika u ograničenom broju primjeraka omogućeno je novčanom potporom Javnog vodoprivrednog poduzeća "Hrvatska vodoprivreda".

Organizator izdanja: prof.dr. Zorko Kos

Tiskano kao rukopis

Rijeka, siječanj 1992.

Ministarstvo znanosti tehnologije i informatike
Republike Hrvatske

Projekt: Znanstvene osnove za razvoj navodnjavanja u Hrvatskoj

Šifra: 2-11-059

Voditelj projekta: Prof.dr. Zorko Kos

Istraživači:

Prof. dr. Zorko Kos

Prof. dr. Ognjen Bonacci

Mr. Vladimir Prosen

Prof. dr. Frane Tomić

Prof. dr. Stjepan Mađar

Mr. Davor Romić

Mr. Ivica Plišić

Mladi istraživač:

Suzana Ilić, dipl.inž.grad.

Ostali suradnici:

Dr. Mato Goluža, dipl. inž. grad.

Branko Pejaković, dipl. inž. grad.

Rezultati istraživanja na temi tokom 1991.

Naklada 200 primjeraka

Kompjuterski slog: *STUDIO ARS* - Rijeka

Tisak: GDP *TIPOGRAF* - Rijeka

GRAĐEVINSKI FAKULTET
Sveučilišta u Rijeci

PRIRUČNIK
ZA HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE

II. KOLO

NAVODNJAVANJE

KNJIGA 1

OPĆI DIO

Autori:

Prof. dr. Zorko Kos

Prof. dr. Ognjen Bonacci

Prof. dr. Frane Tomić

Mr. Davor Romić

Rijeka 1992.

III.

PREDGOVOR

Projekt "Znanstvene osnove za razvoj navodnjavanja u Hrvatskoj" odobren je rješenjem Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike Republike Hrvatske od 30. travnja 1991.god., a planiran je kao dugoročni (najmanje pet godina) time što predvideni program istraživanja obuhvaća sve bitne sadržaje za planiranje, projektiranje, razvoj i održavanje natapnih sustava općenito, ali s posebnim osvrtom na prilike, potrebe i mogućnosti Republike Hrvatske.

U svakoj kalendarskoj godini obrađuje se jedna tematska cjelina. Tako su npr. u prvoj godini istraživane opće osnove za mogući razvoj navodnjavanja u pojedinim regijama Hrvatske s povijesnim pogledom razvoja i sadašnjim stanjem gotovo u svim zemljama svijeta. U narednoj godini obraditi će se najprikladnije metode za proračun i izbor potrebe vode za pojedine usjeve i u pojedinim regijama, dakako, uzimajući u obzir naše specifične uvjete. Na taj način će se u narednih nekoliko godina obuhvatiti cjelokupno područje hidrotehničkih melioracija koje se odnosi na navodnjavanje.

S obzirom da je ovako koncipiran dugoročni program neposredno vezan s potrebama prakse, rukovodstvo projekta je odlučilo da rezultate istraživanja tiska u posebnom zborniku svake godine i to pod naslovom "Priručnik za hidrotehničke melioracije" kao nastavak sličnih izdanja u području odvodnjavanja koje je u proteklih desetak godina izdalo Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske.

Progamskom osnovom DONH iz 1981.god bilo je predviđeno da se godišnje tiska po jedan svezak priručnika, što je realizirano u prve tri godine, a nakon toga su se rokovi sve više produžavali. Da je to i realizirano, za što su postojali svi objektivni uvjeti, danas bi program bio pri završetku (12 svezaka u dva kola), a zapravo je tek na polovici. Iako je zadnji, (šesti) svezak prvog kola izašao iz tiska negdje sredinom 1991.god. a radovi bili dovršeni nekoliko mjeseci ranije, nije bila u okviru Društva do sada pokrenuta nikakva akcija za nastavak programa, pa će ovo izdanje popuniti tu prazninu i donekle "popraviti prosjek". Jedan od uzroka za takovo stanje jeste i u tome što priprema izdanja nije se odvijala u okrilju neke znanstvene ili znanstveno-nastavne institucije, što sam i ranije u više navrata naglašavao. Sada je i taj nedostatak uklonjen.

Bilo bi veoma poželjno da se i nadalje Društvo angažira u toj akciji što bi moglo imati povoljan učinak u dva pravca: ubrzanje radova i osposobljavanje šireg kruga stručnjaka u tom uskom segmentu vodoprivrede, koji ima u našoj državi, veliku perspektivu razvoja u neposrednoj budućnosti.

Prilike pod kojima su istraživači ove godine radili bile su specifične i dosta nepovoljne, pa se manji dio programa nije mogao, odnosno nije mogao adekvatno realizirati, ali je opći planirani cilj postignut. Zbog toga kod prikaza sadašnjeg stanja u Republici Hrvatskoj nije detaljnije obrađeno područje istočne Slavonije i Baranje, a od

područja bivše Jugoslavije Kosovo i Makedonija, gdje je navodnjavanje najviše razvijeno.

Zbog veoma ograničenih finansijskih sredstava s kojima je projekt raspolagao, te da se u što kraćem roku Priručnik dostavi onima kojima je namijenjen, odlučeno je da se radovi tiskaju kao rukopisi, tj. bez recenzije i lekture, te da se umnože po najjeftinijem i najbržem postupku.

Rijeka, siječnja 1992. godine

Prof. dr. Zorko Kos

SADRŽAJ:

Prof.dr. Zorko Kos

POVIJESNI PREGLED RAZVOJA NAVODNJAVANJA

1.	UVOD	1
2.	NAVODNJAVANJE U STAROM VIJEKU.....	2
	2.1. Bliski istok.....	2
	2.2. Srednji i Daleki istok	5
	2.3. Sredozemni bazen (nekadašnje Rimsko carstvo).....	7
	2.3.1. Egipat	7
	2.3.2. Zemlje Magreba.....	10
	2.3.3. Libija.....	11
	2.3.4. Italija.....	19
	2.3.5. Grčka.....	20
	2.4. Ostale zemlje.....	21
3.	NAVODNJAVANJE U SREDNJEM I NOVOM VIJEKU TE DANAŠNJE STANJE	21
	3.1. Italija	22
	3.2. Bugarska	26
	3.3. Kina	29
	3.4. Sjedinjenje Američke Države.....	30
4.	ZAKLJUČAK.....	34
5.	JUGOSLAVIJA.....	41
	5.1. Hercegovina	46
	5.2. Ostala područja bivše Jugoslavije.....	48
6.	REPUBLIKA HRVATSKA.....	48
	6.1. Navodnjavanje u Dalmatinskim slivovima	49
	6.1.1. Dalmatinski Rastok.....	49
	6.1.2. Imotsko-Bekijsko polje	50
	6.1.3. Donja Neretva.....	50
	6.1.4. Područje Zadra	51
	6.1.5. Kosovo polje.....	51
	6.1.6. Sinjsko polje.....	51
	6.1.7. Žegarsko polje	52
	6.1.8. Zaključno.....	52
	6.2. Navodnjavanje u Primorsko-istarskim slivovima	52
	6.2.1. Dosadašnji razvoj.....	53
	6.2.2. Sadašnje stanje.....	55
	6.2.3. Zaključno.....	56
7.	OPĆI ZAKLJUČAK.....	57
8.	BIBLIOGRAFIJA.....	59

Prof.dr. Ognjen Bonacci

REGIONALNA HIDROLOŠKA ANALIZA POTREBA NATAPANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

1.	UVOD	61
2.	PRIKAZ OSNOVNIH KLIMATOLOŠKIH ELEMENATA.....	64
3.	METODA BLANEY - CRIDDLE.....	69
4.	PRORAČUN POTREBNIH KOLIČINA VODE ZA NAVODNJAVANJE.....	72
5.	LITERATURA.....	87

Prof.dr. Frane Tomić

Mr. Davor Romić

UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIROD VAŽNIJIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA

1.	UVODNE NAPOMENE.....	89
2.	OSNOVNI PRIKAZ STANJA, POTREBA I MOGUĆNOSTI NAVODNJAVANJA U HRVATSKOJ.....	89
2.1.	Stanje navodnjavanja.....	89
2.2.	Potrebe navodnjavanja.....	90
2.3.	Mogućnosti navodnjavanja.....	91
3.	REGULIRANJE NEDOSTATKA VODE U TLU PRIMJENOM NAVODNJAVANJA.....	93
4.	UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIRODE U POLJSKIM UVJETIMA.....	94
5.	UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIRODE U ZATVORENOM PROSTORU.....	100
6.	DALJNI RAZVOJ NAVODNJAVANJA I PRIJEDLOZI ZA NJEGOVU DALJNJU PRIMJENU.....	109
7.	KORIŠTENA LITERATURA.....	110

Prof.dr. Frane Tomić

ISTRAŽIVAČKI RAD I PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA

1.	UVODNE NAPOMENE.....	113
2.	GEODETSKE PODLOGE ZA ISTRAŽIVAČKU I PROJEKTNU DOKUMENTACIJU.....	113
3.	KLIMATSKI ELEMENTI I POTREBA PRIMJENE NAVODNJAVANJA.....	115
3.1.	Norma navodnjavanja.....	115
3.1.1.	Potrebna voda.....	116
3.1.2.	Raspoloživa voda.....	117
4.	HIDROPEDOLOŠKA ISTRAŽIVANJA.....	120
4.1.	Terenska istraživanja.....	120
4.2.	Laboratorijske analize.....	121
5.	ELEMENTI DOZIRANJA VODE.....	122
5.1.	Obrok navodnjavanja.....	123
5.2.	Trenutak početka navodnjavanja.....	125
6.	Izvor vode i njezin kvalitet.....	134
7.	Izbor metode, načina i sustava navodnjavanja.....	134
8.	Ostali elementi potrebni za izradu projekta navodnjavanja.....	136
8.1.	Broj navodnjavanja.....	136
8.2.	Trajanje navodnjavanja.....	136
8.3.	Hidromodul navodnjavanja.....	137
8.4.	Projektirane potrebne količine vode.....	137
9.	KORIŠTENA LITERATURA.....	138
	PRILOZI.....	141-183

Prof.dr. ZORKO KOS
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Rijeci

1. UVOD

Napori čovjeka za svrsishodnije i potpunije korištenje vodnog bogatstva su jednako stari kao i samo ljudsko društvo. Od najranijih začetaka naše civilizacije voda i vodoprivreda, a posebno navodnjavanje, imale su bitnu, a vrlo često i presudnu ulogu na razvoj proizvodnih snaga, društvenih odnosa, kulturnih dobara i sl. Stoga nije nimalo slučajno da su velike civilizacije staroga vijeka nikle i razvile se upravo u porječjima velikih rijeka bliskog i srednjeg istoka. Vjerojatno su prvi veliki javni radovi organizirani radi uređenja voda i vodotoka za bolju i svrsishodniju upotrebu prvenstveno za opskrbu stanovništva, poljoprivrede (natapanja), plovidbe i sl.

Vjerojatno najstariji zapis o vodi nalazimo u prvom poglavlju Knjige postanka, gdje se nastoji objasniti njeno porijeklo. Prema Bibliji, raj je zamišljen kao mjesto gdje je vode bilo u izobilju. U njemu su izvirale četiri rijeke natapajući polja Staroga svijeta. To je u stvari odraz slike početaka i kolijevke civilizacije koje su se razvile u njihovim aluvijalnim dolinama: Tigrisa i Eufrata u Mezopotamiji, Nila u Egiptu i Jordana u Izraelu. Nije slučajno što su filozofi stare Grčke smatrali vodu jednim od četiri počela (elementa) od kojih je izgrađen svemir, time da su ostala tri zemlja, zrak i vatra.

Danas nema više nikakve dvojbe da su neki osnovni zakoni hidrologije i hidraulike bili poznati na obalama Nila više stoljeća prije Krista. Ta znanstvena dostignuća su kasnije preuzeli Rimljani, dalje ih razvili i usavršili, te primijenili za gradnju poznatih vodovoda, luka, hidrotehničkih melioracija i ostalog. Propašću Rima Zapadni je svijet utonuo u tminu srednjega vijeka, te je većina tih znanja bila zaboravljena. Tek pojavom renesanse, oko tisuću godina kasnije čovječanstvo je počelo tragati za zaboravljenim znanjima i od tada počinje razvoj modernih hidrotehničkih disciplina. Poznata djela iz staroga vijeka u kojima se razmatra pojava vode u prirodi ostavili su: Homer, Thales, Aristotel, Seneka, Plinije i ostali. Izuzetno vrijedna saznanja o stanju vodoprivrednih znanosti u tom razdoblju potječu od Marcusa Vitruviusa koje je on opisao u poznatoj raspravi "Deset knjiga o arhitekturi".

Završetak razdoblja konsolidacije moderne hidrotehničke znanosti možemo locirati negdje u sredinu prošlog stoljeća kada su već bila poznata više-manje sva teoretska saznanja koja se i sada koriste, ali se mnoga nisu mogla još u cijelosti upotrijebiti zbog zaostalosti tehnologije proračuna. Nagli zaokret u primjeni ranijih teoretskih znanja kao i ubrzaniji nadolazak novijih, nastupio je tek

iza 1950-te pojavom računske tehnike velikog kapaciteta i od tada se taj trend kreće uzlaznom spiralom koja je i sada u neprekidnom usponu.

2. NAVODNJAVANJE U STAROM VIJEKU

2.1. Bliski istok

Danas je teško, gotovo nemoguće, sa sigurnošću ustanoviti gdje i u kojoj mjeri se najprije razvilo navodnjavanje, dijelom i s razloga što su osnovne građevine natapnih sustava bile građene uglavnom iz zemljanog materijala, pa su se lako i brzo uništile. Dakako, izuzetak su pisani tragovi na spomenicima i putopisi poznatih pisaca. Što se putopisa tiče, oni također često ne mogu biti pouzdani izvor informacija, jer su podvrgnuti subjektivnom sudu i ocjeni, a vrlo često se iznose podaci o nekim građevinama koje autor nije vidio, odnosno obišao, već je o tome dobio informacije od lokalnog stanovništva (naročito za ono što je postojalo ranije). Osnovni izvori takovih informacija potječu od Diodora, Herodota, Strabona, Ksenofona, Plinija i dr.

Bez obzira na navedene nedoumice gotovo je sigurno da se navodnjavanje u organiziranom obliku (u sustavu) i u većem opsegu pojavilo u porječjima rijeka Tigrisa i Eufrata u Maloj Aziji, ali i u drugim aluvijalnim dolinama (Daleki istok, Egipat), i to približno oko 4.000-5.000 godina pr.n.e. zajedno s procvatom civilizacije u tim područjima.

U poznatom Hamurabijevu zakoniku koji datira oko 2000 godine pr.n.e. ima čitav niz odredbi koje reguliraju navodnjavanje, plovidbu i obranu od poplava iz čega slijedi zaključak da je vodoprivreda u to doba bila jako razvijena. Prema nekim zapisima u porječjima Tigrisa i Eufrata (Mezopotamija) navodnjavanje je bilo veoma razvijeno već oko 3.500 g.pr.n.e. s brojnim derivacijskim kanalima, nasipima i akumulacijama. Ipak najviše podataka ima o poduhvatima vladara Asirskog carstva i to posebno za vladavinu carice Semiramide, Nitokrisa i Nabukodonosara. Semiramida je inače u povijest ušla po poznatim visećim vrtovima, što je poznato, a malo je znano da su i viseći vrtovi (građeni na terasama-stupovima) bogato natapani vodama Eufrata koja je - prema Herodotu - podizana "hidrauličnim strojevima". Nije poznato o kakvim se strojevima radi, ali je vjerojatno da je to tip dolapa. Herodot dalje spominje da je Nitokris dao sagraditi zapadno od Babilona umjetno jezero zapremine gotovo milijardu m³, spojeno velikim kanalima s Eufratom, te da je za punjenje jezera trebalo čitav protok rijeke kroz 22 dana. Prema Herodotu (koji ga je vidio) jezero je navodno izvedeno radi isušnja Eufrata za gradnju velikog mosta u središtu Babilona. U raspoloživim povijesnim spisima ima još mnogo opisa pojedinih građevina i sustava impozantnih dimenzija, koje nema smisla nabrajati. Spomenut ćemo iz ovog područja impozantne građevine vodovodnog sustava građenog u teškim i nepovoljnim geološkim i topografskim uvjetima radi opskrbe vodom glavnog grada Tuspa kraljevine Urartu (danas Van u Turskoj). Dovodni kanal dužine oko 60km, kapaciteta oko 2,5m³/s dijelom isklesan u bazaltnoj stijeni,

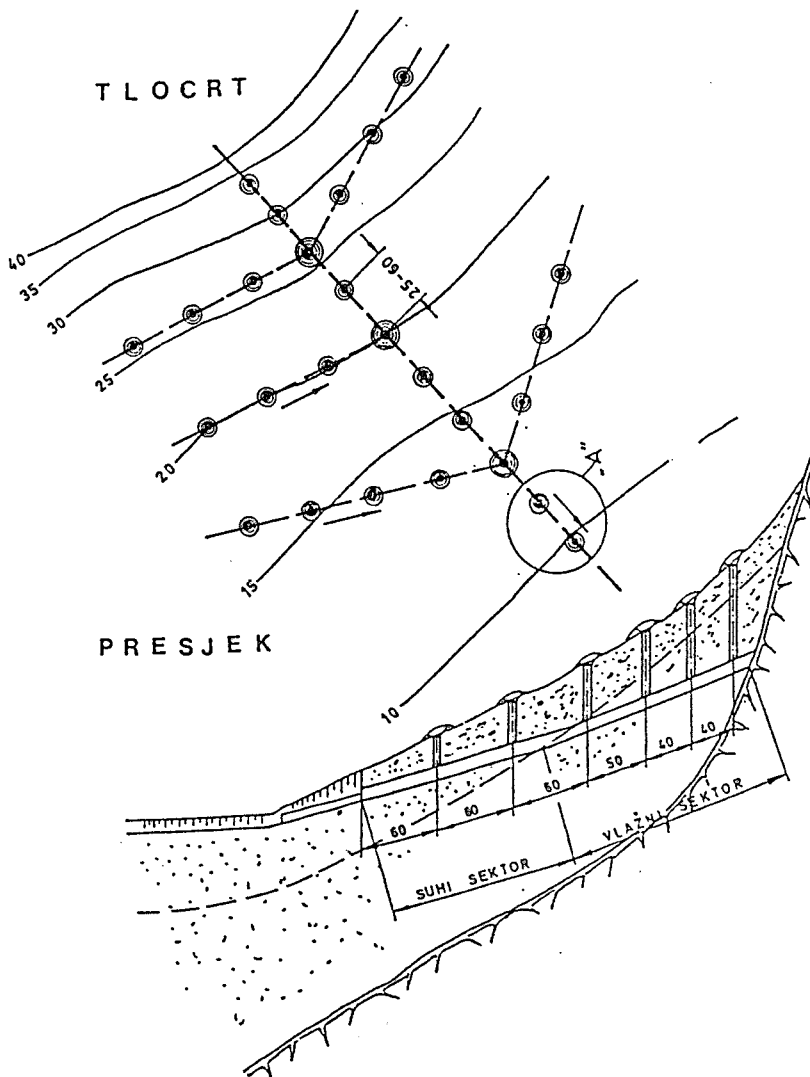
a dijelom na akvaduktima sagradio je u VIII. i VII. stoljeću pr.n.e. car Menua (828-785. pr. n. e.) radi opskrbe vodom stanovništva i navodnjavanja.



sl.1. Mezopotamija u V.stoljeću pr.n.e.

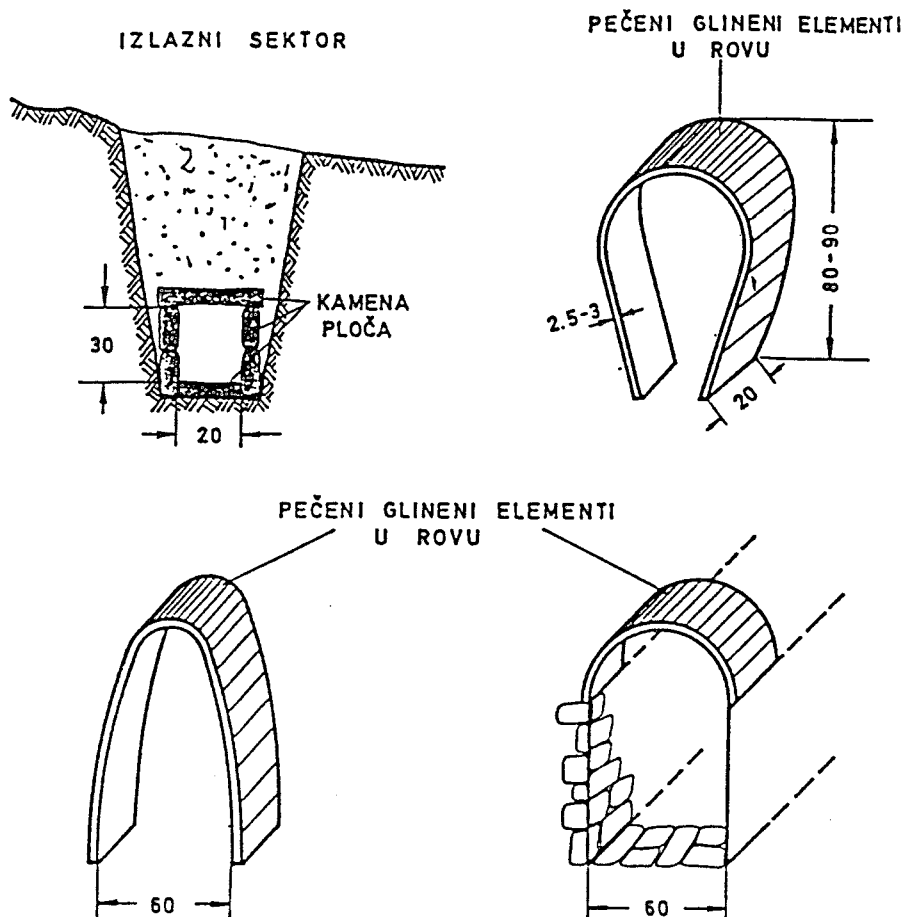
Na području nekadašnje Perzije (današnji Iran), površine 1,648.000km² i sadašnjim brojem stanovnika od oko 32,000.000st. (1974.) razvio se jedinstven i specifičan način opskrbe vodom za potrebe navodnjavanja: radi se o kanatima (ganatima). To je tehnika zahvata podzemnih voda pomoću niza podzemnih vodova spojenih u sustav, po tlocrtu slično drenskoj mreži. Računa se da je u aridnom dijelu Irana, gdje se oborine kreću između 70 i 350mm u proteklih 7000 godina sagrađeno oko 180.000km ovih podzemnih sabirnih mreža koje daju 400-500 m³/s i opskrbljuju vodom za natapanje oko 1,500.000ha, od ukupno natapnih 3,1mil.ha (1970.).

Računa se da su prvi kanatski sustavi na ovom području sagrađeni oko 5.000g.pr.n.e., a iz doba cara Darija sačuvane su neke mreže koje svjedoče o visokom stupnju hidrotehničke kulture toga doba (gradili su hidraulički najpovoljnije presjke). U to davno doba razvila se tehnika gradnje kanata, koja se praktički do danas ni u čemu nije izmjenila. Dapače, proširila se u međuvremenu na mnoge druge krajeve kao što je Afganistan, Turkestan, Cipar, Španjolska, Kina i neke države Južne Amerike. Voda se iz kanata (bunara) najčešće dizala pomoću perzijskog kola, na bazi beskonačne trake pomoću životinjskog pogona. Na sl.2. vidljiv je tlocrt i presjek jednog tipičnog kanatskog sustava, a na sl.3. tipični presjeci podzemnih kolektora.



Sl.2. Tlocrt i presjek tipičnog kanatskog sustava

Kanati se u principu grade na podnožju planina ili na visokim platoima okruženim brdima. Kada se utvrdi postojanje podzemne vode, iskopa se prvi vertikalni rov presjeka 60cm, dubine 10-50m. Nakon toga se utvrdi trasa kanata i počinje iskop tunelskog sabirača s oknima na razmaku od 25-60m radi izvoza iskopa. Nakon dovršenog iskopa sabirni rov se oblaže zidom od opeke ili kamena a poneka vertikalna okna prošire i oblažu kao bunari za crpljenje vode, a ostali zatvore na vrhu kamenim čepom. Ima kanalskih dovoda koji su dugački i do 20km.



Sl.3. Tipični presjeci podzemnih kanatskih kolektora

2.2. Srednji i Daleki istok

Slično kao i u drugim krajevima Staroga svijeta, i u indijskom potkontinentu razvoj navodnjavanja se može pratiti sve do približno petog milenija prije n.e. i to posebno u dolini rijeke Inda, te u "zemlji pet rijeka"- u Pendžabu. Zbog specifičnih meteoroloških prilika - šest mjeseci sušna i šest mjeseci vlažna sezona godišnje - na ovim prostorima je veoma rano počela gradnja čitavog niza

akumulacija, kao i velikih derivacijskih kanala radi opskrbe vodom udaljenijih površina.

Zapisi koji datiraju iz desetog stoljeća pr.n.e. spominju npr. spojni kanal Hifasis-Ganges dužine oko 245km, zatim veliki natapni kanal iz Paniputa do Đamnah dužine 92km koji je natapao pokrajinu Duab. Od akumulacija, kojih je u to doba sagrađeno na stotine kao značajne se spominju Binteni i Kodela (na Šri Lanki) koje još uvijek postoje, te iako bitno zamuljene imaju još dužinu od 13 odnosno 7km. Od značajnijih brana spomena vrijedne su Bagdiri (oko 5km dužine) i Majneri, svega 40m, ali s akumulacijom dugom oko 32km. Za vrijeme vladavine kralja Ferose III. sagrađen je plovni kanal dužine oko 1.600km radi povezivanja rijeke Inda i Gangesa.

Natapanje poljoprivrednih površina je bilo također razvijeno i to pretežno na terasama, u dolinama planinskog lanca Himalaje i posebno u Tibetu, Nepal u Butanu.

Ogromno prostranstvo Kine je posebno zanimljivo sa stanovišta razvoja različitih znanstvenih i kulturnih područja, pa tako i vodoprivrede. S obzirom da u toj zemlji postoji kontinuitet državne vlasti koji se može pratiti od približno 3.460g.pr.n.e. pa do danas(od 2637g.pr.n.e. pa do kraja XIX. stoljeća izmijenile su se 22 dinastije) stvoreni su bili preduvjeti za organizirani rad na većem broju različitih aktivnosti. Zemlja od 9,596.000km² imala je na prijelazu iz stare u novu eru oko 40 milijuna stanovnika, da bi tek sredinom XVI. stoljeća prešla 60 milijuna, sredinom XVIII. st. 200 milijuna, sredinom XIX. 400 milijuna, a danas negdje oko 1,2 milijarde.

Još 2.300. godine započeli su radovi na izgradnji velikog plovnog kanala dugog gotovo 2.300km radi spajanja dviju glavih plovnih rijeka Jang-Kse Kijang (plava rijeka) i Hoang-Hoa (žuta rijeka) i to u smjeru sjever-jug. Kanal se u različitim razdobljima i interpretacijama različito i naziva, ali najčešći nazivi su: Ju-Lang-Ho (kanal koji donosi hranu), Tsao-Ho (kanal proizvodnje), Jun-Ho ili Ju-Ho, što znači carski kanal. Iako je ovaj kanal, prema nekim izvorima završen još 1.283.g.pr.n.e. on je u više navrata i u raznim razdobljima bio rekonstruiran i proširivan, tako da njegove prvotne dimenzije nisu poznate. Iako se obično navodi kao plovni objekt on je imao višenamjensku funkciju i to u prvom redu za navodnjavanje u sušnim predjelima i razdobljima i za odvodnjavanje u doba intenzivnih oborina. Prema nekim izvorima, početkom nove ere širina kanala je varirala između 15 i 50m već prema području kroz koje je protjecao dok je minimalna dubina iznosila oko 2,5m, ali na nekim dionicama je iznosila i preko 6m. U nizinskim, često plavljenim i močvarnim predjelima, imao je veći broj trasa kako bi odvodnjavao cijelu površinu, a jednako tako se granao u dolinama gdje je postojala potreba navodnjavanja većih površina.

Najveći natapni sustav sagrađen u starom vijeku u Kini je Du-Jiang kojeg opskrbljuje vodom istoimena akumulacija, a sagrađen je od Li Binga 256.g.pr.n.e. u doba dinastije Qin. I danas je u pogonu i natapa oko 500.000ha rižinih polja.

Danas je teško sa sigurnošću utvrditi površine koje su u različitim razdobljima navodnjavane u Kini; svakako su one varirale u ovisnosti s općim političkim i gospodarskim stanjem u zemlji, odnosno prema demografskom razvoju. Računa se da su područja s intenzivnom primjenom navodnjavanja omogućavala gustoću naseljenosti i do 1.500st/km². (Danas se u Kini navodnjača oko 50 milijuna ha tla).

U sjevernim dijelovima azijskog kontinenta (današnji Sibir), posebno u donjim tokovima rijeke Amurdarije, Sirdarije i Zaratštan u razdoblju između IV.st.pre.n.e. i II.st.n.e. bio je izgrađen veći broj natapnih sustava. Najnovija istraživanja sovjetskih znanstvenika dokazuju da je u toj oblasti u to doba natapana 3 do 4 puta veća površina nego li je to danas slučaj, tj. 3,5 do 3,8 milijuna ha obradivog tla.

U ostalim zemljama dalekog istoka, posebno u dijelovima današnje Indonezije (Sumatra, Java, Borneo) Malezije, Sijama, Kambodže i drugdje navodnjavanje je bilo razvijeno još u davna vremena. Prakticiralo se uglavnom potapanje radi uzgoja riže, čak i u predjelima s relativno visokim prosječnim godišnjim oborinama. Iz toga doba, također potječu i polja za potapanje građena na brežuljkastoj konfiguraciji, a u svrhu proizvodnje riže.

2.3. Sredozemni bazen (nekadašnje Rimsko carstvo)

U ovom području sustave za navodnjavanje su još u staroj eri počeli graditi Grci i to posebno u Grčkoj, Maloj Aziji i Siciliji. Tu su praksu nastavili u značajnijem opsegu Rimljani i to naročito u Italiji, sjevernoj Africi i na Bliskom istoku. Brojne opise pojedinih sustava i građevina nalazimo u djelima Vergilija, Plinija Starijeg i Mlađeg, Columele i drugih.

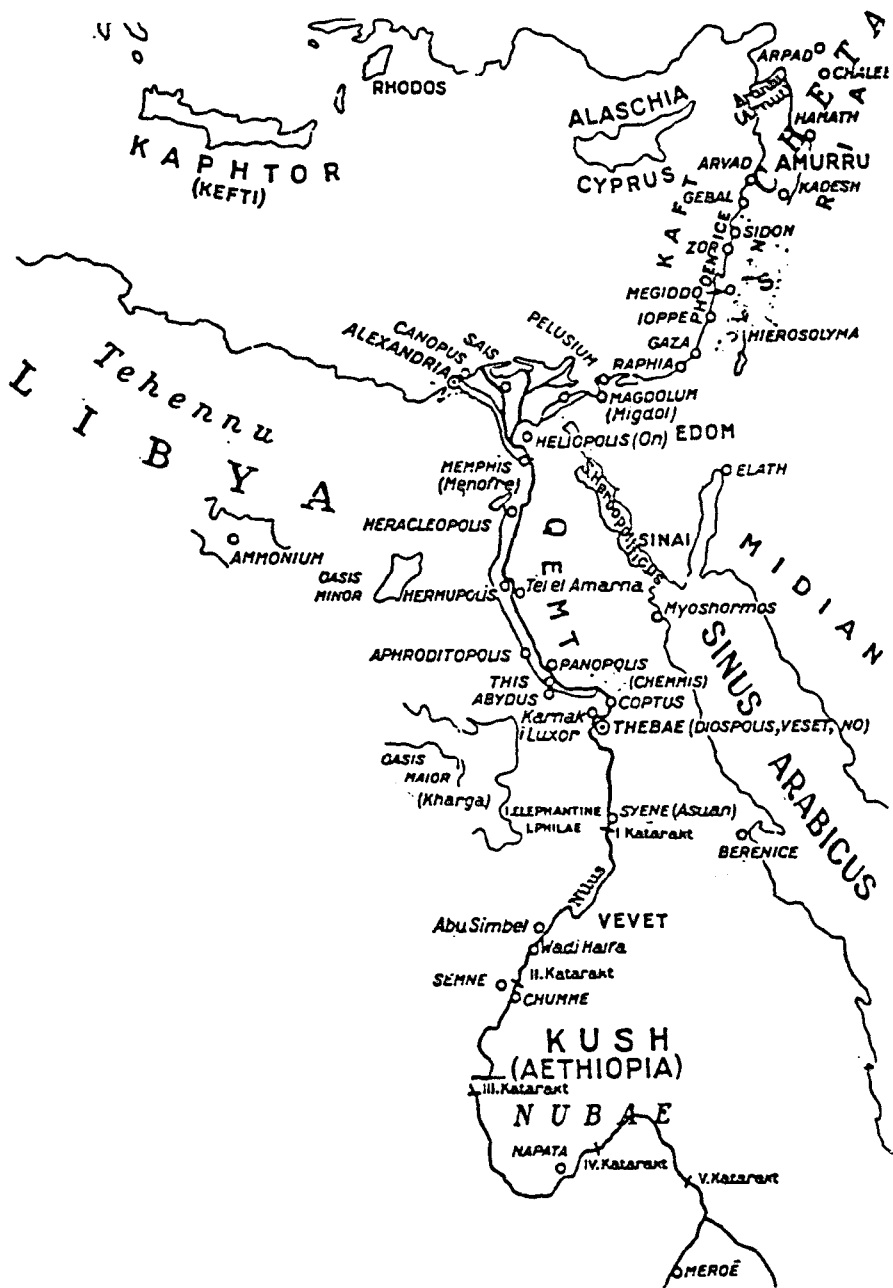
2.3.1. Egipat

Dakako, razvoj vodoprivrede, a posebno navodnjavanja u Egiptu datira davno prije Rimskog carstva. Veliki broj veoma korisnih podataka o stanju vodoprivrede u starom Egiptu nalazimo u hijeroglifskim natpisima brojnih spomenika. To se, naročito, odnosi na razdoblje između 2.500g. pr.n.e. pa na ovamo. Zanimljivi su podaci o organizaciji vodoprivrede. Tako saznajemo da je Egipat u to doba imao ministarstvo za navodnjavanje koje je bilo neovisno od ministarstva za javne radove. U spisima se spominju radna mjesta kao "šef kanalskih radnika", "nadzornik Nilometra", inspektor obrane od poplava", "čuvar nasipa", itd. U to doba svaka provincija i svaki grad imali su upravu za vodoprivredu, tzv. "vodoprivrednu kuću", čiji je rukovodilac upravljao brojnim radnicima spomenutih zanimanja.

Koliko razvoj pojedine privredne grane ovisi o društvenom uređenju i politici zemlje, najbolje se može pratiti na primjeru Egipta i to kontinuirano bar kroz protekla 4 milenija. Iako je još Herodot napisao da je "Egipat dar Nila" što jednako vrijedi i danas, treba naglasiti da Nil "određuje" gornju moguću granicu do koje se može razvijati poljoprivreda, odnosno obradivo tlo. Od davnine pa sve do danas je obradiva površina Egipta jednaka natapanoj, tj. obrađuje se pojas uz Nil

koji se može i natapati, a to znači oko 3,5% ukupnog teritorija, odnosno do 3,5 milijuna hektara. Ovisno o političkim prilikama, zbivali su se u tom pogledu veliki skokovi. Tako je u zemlji u doba cara Augusta natapano oko 2,5 milijuna ha tla, a živjelo je oko 8 milijuna stanovnika. Zemlja je izvozila značajne količine žita u Rim. Već u sedmom stoljeću (doba arapskog osvajanja) obrađena površina je svedena na jednu četvrtinu, a stanovništvo bitno smanjeno. Još početkom XIX. stoljeća obrađivalo se svega 1,25mil.ha, a zemlju je nastanjivalo 2,5mil. stanovnika. 1980. Natapalo se oko 3 mil.ha. uz 40mil. žitelja, a danas (1991.) se natapa oko 3,5 mil., a stanovništvo se približava broji od 60 milijuna.

Prema predaji, osnivač egipatske monarhije i prvi faraon Menes (oko 2.900g.pr.n.e.) izveo je značajne regulacijske radove na Nilu na području Memfisa, tadašnje prijestolnice, u cilju obrane od poplava i osiguranje vode za natapanje na tom sektoru doline. Veoma intenzivni i značajni hidrotehnički zahvati izvedeni su za vrijeme vladavine dinastije Sezostriisa i to gradnjom novih natapnih i plovnih kanala, posebno u gornjem Egiptu. Radove su pretežno izvadali zarobljenici. Ova je dinastija započela vladati negdje u XVIII. stoljeću pr.n.e., a radovi su bili neophodni za osiguranje prehrane za tadašnju novu prijestolnicu Tebu (postala glavni grad 1552. pr.n.e.) koja se voma intenzivno razvijala. Nema nikakve sumnje da je najveći hidrotehnički zahvat starog Egipta gradnja jezera Moeris, koje se nalazilo u jednoj depresiji u blizini grada Faiyuma, a bilo je spojeno s Nilom tzv. velikim prokopom. Jezero, odnosno akumulacija služilo je za skladištenje voda Nila u doba visokog vodostaja i za korištenje vode za natapanje u doba suše, koje su često bitno smanjivale urod. Prema predaji jezero je dao sagraditi faraon Amenemhet III. (1844-1797. pr.n.e.) iz XII. dinastije radi reguliranja navodnjavanja u području Memfisa i u donjem Egiptu. Gotovo svi povjesničari staroga vijeka opisuju to veličanstveno djelo navodeći neke njegove dimenzije. Tako Herodot (484-424. g.pr.n.e.) navodi da je jezero imalo opseg oko 360km s najvećom dubinom od oko 90m. Kasnije i Strabon i Plinije navode slične opise i dimenzije iz čega bi se moglo zaključiti da je jezero imalo zapreminu od oko 450 milijardi kubnih metara što nije vjerovatno, jer prema današnjim (točnim) saznanjima prosječan godišnji protok rijeke Nila iznosi oko 84 milijarde kubnih metara vode godišnje (kod Wadi Halfa-granica Egipat-Sudan), pa se jezero ne bi moglo napuniti niti uz cjelokupni petogodišnji protok rijeke. Bez obzira na to, očigledno je da su radovi bili velikih razmjera. Prema istim izvorima kanal koji je spajao jezero s Nilom bio je širok 100, odnosno 400m, a dugačak oko 80km.



Sl.4. Egipat u starom vijeku

Prema proračunima većeg broja stručnjaka, milenijsko preplavlivanje doline vodama Nila sa znatnim količinama hranjivog mulja povisilo je razinu terena, već prema lokaciji između 6 i 13m. Kolmacija je započela razvojem navodnjavanja i gotovo ravnomjerno se prostirala na području s izgrađenom natapnom mrežom, što je sve više otežavalo prirodno preplavlivanje, dok konačno nije potpuno onemogućeno. M. Girard smatra da je kolmacija u prosjeku iznosila 126mm u jednom stoljeću time da je ovaj proces započeo oko 4800 g.pr.n.e., dok M. de Rosiere smatra da je veličina kolmacije u prosjeku 164mm u jednom stoljeću, a početak procesa smjesta oko godine 3400 pr.n.e. Danas je sasvim pouzdano utvrđeno da Nil u prosjeku godišnje pronosi 110 milijuna tona nanosa kod Wadi Halfa (granica Egipat-Sudan) i 57,6 milijuna tona na presjeku u Kairu.

Još u doba faraona Sezostriisa III. (1878-1844. pr.n.e.) započela je gradnja "Sueskog kanala", odnosno plovnog kanala, koji spaja Nil s Crvenim morem. Radovi su u više navrata nastavljeni i dovršeni tek za vrijeme perzijskog cara Darija I. (558-485. pr.n.e.). Svi poznati povjesničari staroga doba spominju tu građevinu i navode njezine dimenzije koje se dakako međusobno razlikuju. Prema tim izvorima čini se da je kanal bio dug između 100 i 160km, širok 30-50m i dubok oko 5m. Propašću monarhije nakon perzijskog, zatim grčkog (Aleksandar Veliki) i konačno rimskog osvajanja, a iza toga arapskog, nastupa razdoblje dekadencije, zapušta se veći broj ključnih građevina za navodnjavanje i plovidbu, pa su neki, a među njima i polovna veza Nil-Crveno more, potpuno zasuti pustinjskim pijeskom i nestali sa zemljopisne karte.

2.3.2. Zemlje Magreba

Područje sjeverne Afrike između zaljeva Sirte i Atlantskog oceana često se, za prilike staroga doba, naziva Rimska Afrika. Središnji dio te oblasti često se spominje pod nazivom Numidije. U povijesnom razdoblju od protekla tri milenija ovim su područjem vladali Feničani, Kartažani, Rimljani, Vandali i Arapi.

Navodnjavanje u starom vijeku na području današnjeg Alžira najviše se raširilo u doba Rimskoga carstva, iako se ono prakticiralo i ranije za vladavine Feničana i Kartažana. Obalno područje poznato pod nazivom Tell, kao i središnji dio koje zaprema Alžirsko visočje imaju za afričke prilike relativno visoke oborine, uglavnom koncentrirane u jesen i zimi, pa se u to doba uzgajaju usjevi koji mogu uspjevati bez značajnijeg natapanja (žitarije, bob i dr.). Od ranije je bilo rašireno navodnjavanje prelijevanjem, pretežno za vrijeme trajanja oborina, ali i iz akumulacija koje su se gradile na manjim bujičnim vodotocima. U doba Rimskog carstva bilo je izgrađeno nekoliko većih vodovoda za opskrbu vodom većih naselja i navodnjavanje. U južnom dijelu, t.j. u alžirskoj Sahari uglavnom nema raspoloživih površinskih voda bilo koje vrste pa su se za potrebe natapanja i ostale namjene koristile podzemne vode, pretežno iz plitkih bunara.

Na području današnjeg Maroka navodnjavanje se razvijalo na sličan način i pod sličnim uvjetima kao i u ostalim područjima sjeverozapadne Afrike. U području gorja Atlas, posebno Visokog, uslijed razvijene karstifikacije stijena nalazi se veći

broj krških vrela znatne izdašnosti koja su od davnine korištena za opskrbu stanovništva i navodnjavanje. Veći broj vodotoka bujičnog karaktera (vadi) donosi znatne količine vode i nanosa u nizine čime omogućava dobru opskrbu tla u kišno razdoblje (jesen-zima) te uzgoj usjeva u zimskom razdoblju. Treba napomenuti da u području visokog Atlasa prosječne godišnje oborine mjestimice prelaze vrijednost od 1000mm, što je uz znatne snježne oborine zimi uvjetovalo formiranje nekoliko trajnih riječnih tokova.

I na teritoriju današnjeg Tunisa, odnosno drevne Kartage, navodnjavanje se prakticiralo još u drevna vremena. Glavni grad države, Kartaga (osnovan, prema predaji, od Feničana iz Tira 878. g.pr.n.e.) bila je oko sedam stoljeća glavni grad istoimene države-najjača u zapadnom Sredozemlju- dok je nisu osvojili i razorili Rimljani (P. Cornelius Scipion 146. g.pr.n.e.), ali ju je obnovio August 29. g.pr.n.e. i odredio za glavni grad Africae proconsularis, da bi je definitivno Arapi spravili sa zemljom 697.g., imala je značajne hidrotehničke sustave i građevine. Vjerodostojni izvori navode da je samo u rajonu Megara, grad imao 20 vodosprema- u dva reda- dimenzija 33 x 10 x 10m. Odnosno zapremine oko 3.300m³ vode svaka. Ovaj skup vodosprema, a i mnoge druge dobivale su vodu iz velikog dovoda (akvadukta) koji se napajao vodom iz izvorišta na podnožju planine Zagwan u blizini grada Kairouan. Dužina dovoda je bila oko 100km, a kanal je građen iz klesanaca pomno spojenih vapnenim mortom, dimenzije presjeka 1,6 x 1,0, što bi dalo naslutiti da mu je protok iznosio 1,5 do 2,0m³/s. Kod Manoube vodovod je premostio dolinu dugu oko 5km s pomoću 400 lukova-sve građeno iz kamenih klesanaca-a niveleta kanala se mjestimice nalazila iznad terena više od 32m. Navodnjavanje se dakako prakticiralo i u drugim predjelima, a ne samo u pojasu velikih vodovoda. U tim područjima, tj. tamo gdje nije bilo velikih sustava uobičajeni način natapanja je iz plitkih bunara odakle se voda podizala mješinama iz životinjskih koža (deva) pomoću vučne stoke (deve, magarci, mule).

2.3.3. Libija

Danas se često čuju mišljenja da su u starom vijeku u pojedinim područjima klimatske prilike bile povoljnije nego danas. Primjer Libije to najbolje demantira, tj. da su osnovni elementi klime: oborine, temperatura i vjetrovi ostali praktički nepromijenjeni. Da je tome tako svjedoče nam brojni zapisi putopisaca i povjesničara, te ostaci mnogobrojnih hidrotehničkih građevina iz toga doba. Veličina preljevnih organa na ustavama, vrsta i učestalost bujičnih pregrada i ostalih protuerozionih građevina, dužine mostova, položaj i konstrukcija upornjaka, vrsta i visina obaloutvrda, količina i vrsta nanosa, itd.-daju dovoljno podataka za zaključak o količini i intenzitetu oborina, maksimalnim protocima, brzinama i sl. Vrste natapnih građevina i način navodnjavanja (plavljenje u doba kiše), te nevjerojatno veliki broj građevina za uskladištenje vode, čak i u predjelima koja su i danas relativno bogata vodom, jasan su dokaz da nijedan vodni tok nije bio stalan, već da su to bile tipične bujice kao i danas.

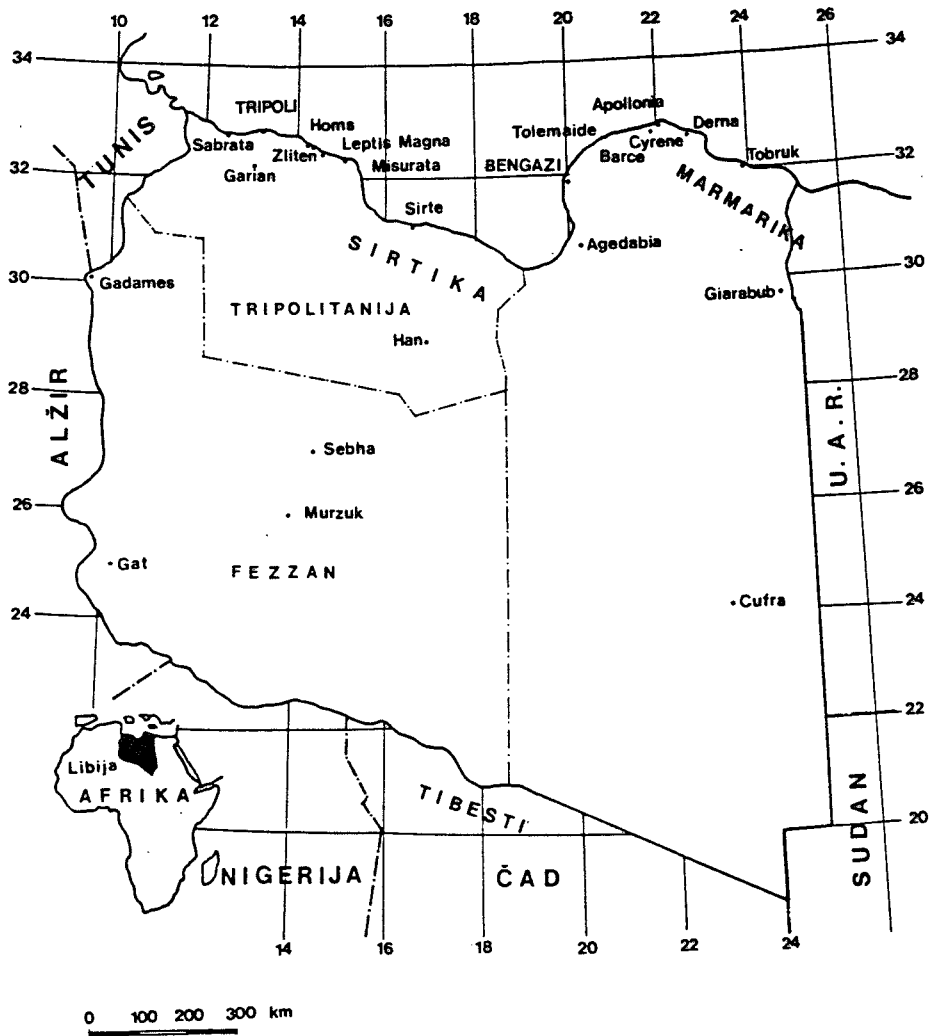
Razdoblje koje se proteže od početka kolonizacije pa do približno kraja V. stoljeća (kraj rimske dominacije) općenito se smatra kao era "dovoljne vlažnosti" s

bujnom florom i faunom i bogatim nasadima. Treba odmah naglasiti da se ovdje ne radi ni o kakvim povoljnijim klimatskim prilikama nego li su danas, već o naslijedenom bogatstvu. Tamo negdje od prvog milenija pr.n.e. počinje intenzivno naseljavanje pospješeno povoljnim prirodnim uvjetima, te je ubrzo "opterećenje područja" stanovništvom postalo mnogo veće nego li su prirodni uvjeti to omogućavali. Pretjerano iskorištavanje prirodnih bogatstava, u prvom redu šuma, u količini daleko većoj nego li je to priraštaj dopuštao, narušilo je stabilitet flore i faune, pospješilo eroziju svih oblika, te u znatnoj mjeri "snizilo vlažnost" područja.

Osnivanjem većih gradova u Tripolitaciji u VII. i VI. stoljeću pr.n.e. i to Sabratha (Abrotorum) Oea (vjerojatno na mjestu današnjeg Tripolia) i Leptis Magna (Neapolis) od strane Feničana iz Tira i Sidona nastala je potreba za gradnju velikih vodovoda. Prvi hidrografski opis područja potječe dakako, od Herodota koji spominje da ovdje postoji samo jedan trajni vodni tok, kojeg naziva Cinifi kasnije poznato kao Ciniphus Flumen- današnji Uadi Kaam), koji se nalazi između Homsa i Zlitena. I Ptolomej daje sličan opis. Treba, međutim, naglasiti da su oba bila u zabludi, jer blizu ušća ovog potoka ima više snažnih trajnih izvora, koji utječu u korito i mogu stvoriti dojam stalnog toka.

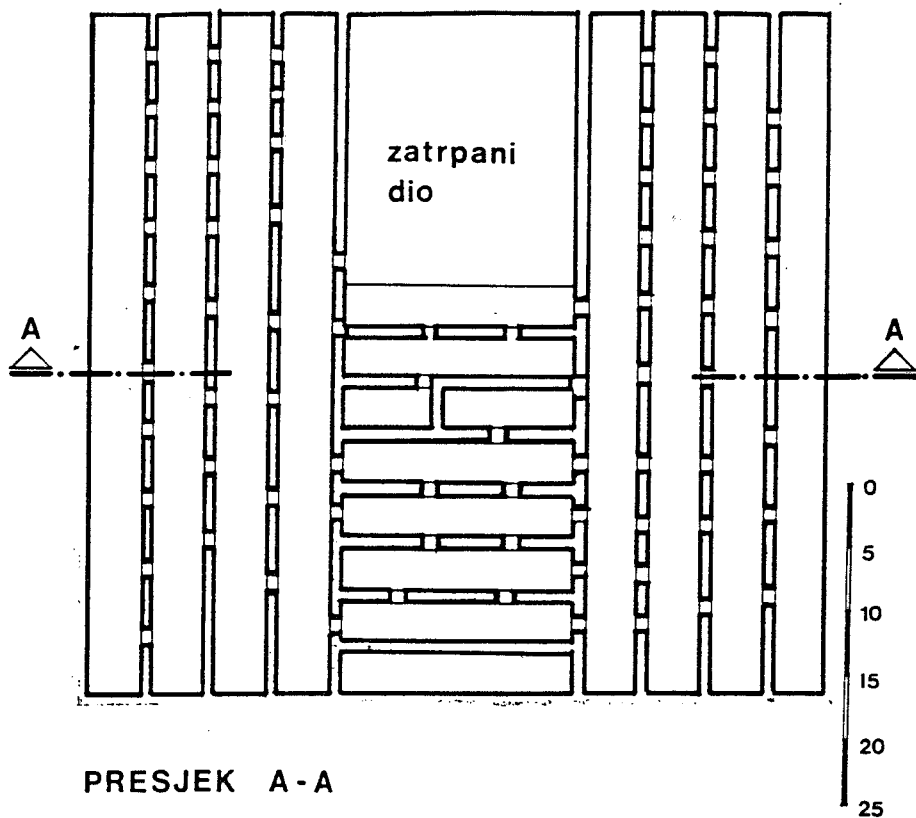
Do nekih bitnijih promjena u hidrografiji središnjeg dijela Libije, čini se, dolazi u nedavnoj prošlosti. Naime mnogi izvori spominju da krajem XV. stoljeća jedan stalni vodni tok koji izvire na južnim granicama Libije u planinskom lancu Tibesti, protječe središnjim dijelom države i utječe u zaljev Sirte. Prema tim izvorima ta je rijeka postojala između 1458. i 1676. i to se razdoblje naziva kao doba "dovoljne vlažnosti", a područje kojim je protjecala, bilo je navodno, veoma plodno, bogato i gusto naseljeno. Treba odmah naglasiti da je to danas jedan od najpustijih predjela Libije, aridan i bezvodan, praktički bez stalnih naseobina, u unutrašnjosti i uz obalu. Ribera 1529. i Mercator 1541. detaljnije opisuju tok i položaj ove rijeke, kao i posljednji Dapper 1676. Po njemu je bila velikih dimenzija, duga oko 800km i u svom porječju natapala velika prostranstva plodne zemlje. Ovako krupne hidrografske promjene mogle su se dogoditi jedino snažnim tektonskim poremećajima u zoni izvorišta.

Dakako, kao i drugdje, najbrojnije su građevine i sustavi za opskrbu vodom gradova, mada često one imaju višenamjensku funkciju. Najstarije građevine nalaze se na području Cyrene, kao značajne grčke, pa rimske kolonije. U doba Augusta sagrađen je novi vodovod s dovodom dijelom iz elemenata od klesanih žljebova, a dijelom isklesan u litici. Vodovod je i danas u pogonu, a voda se koristi za natapanje. Kako je izdašnost kaptiranih izvora Sahat i Hoffra svega 10-tak l/s u doba suše, u okolici je sagrađen veliki broj cisterni za sakupljanje kišnice. Tako je kod sela Saf-Saf u jednoj uvali sagrađena vodosprema od dvije komore širine 9m (s polukružnim svodom iz klesanaca) ukupne dužine oko 300m i netto zapremine oko 8000m³, koja je gotovo u cijelosti sačuvana. Apollonia (luka Cyrene) kao i drugi gradovi u okolici imali su slične vodovode iz kamenih žljebova kao i Cyrene. Na sl. 6 prikazana je jedna vodosprema vodovoda za grad Tolmeta zapremine oko 8.000m³ (8 galerija po 52m i 13 po 18m - ukupno 650m). Edrisi navodi da je ovaj vodovod u XII. stoljeću bio još uvijek u pogonu.

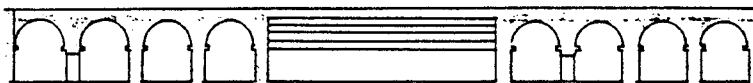


Sl.5. Libija s rimskim naseobinama

TLOCRT



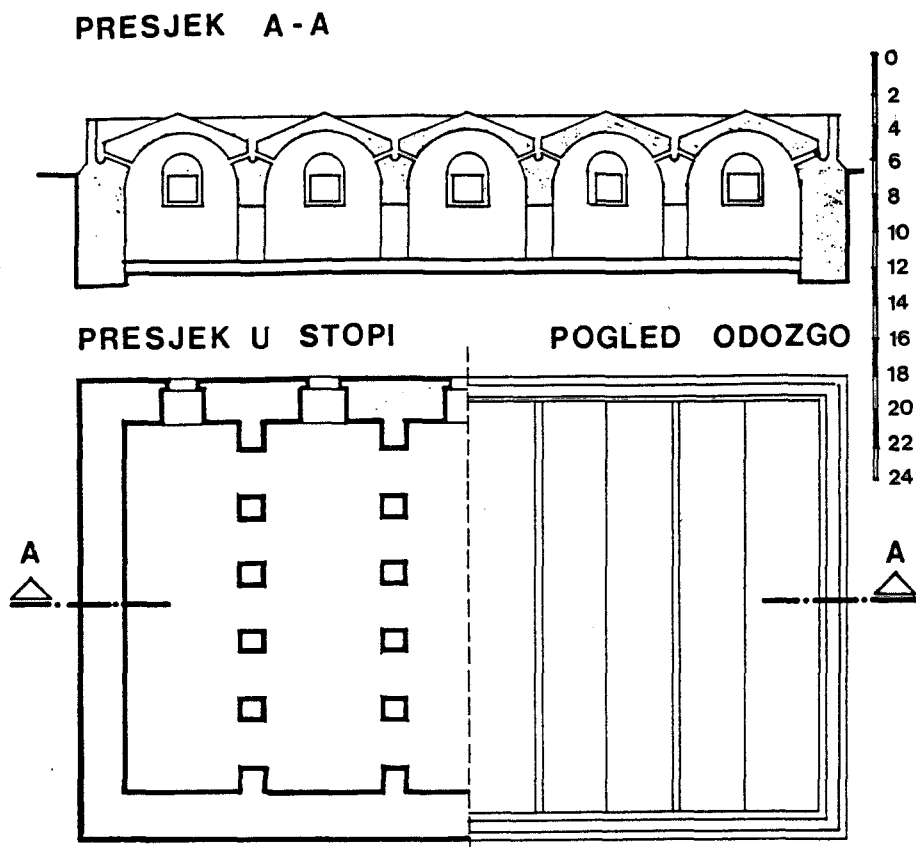
PRESJEK A - A



Sl.6. Vodosprema za grad Tolmeta

U zapadnom dijelu države, Tripolitaniji (po Tripoliju-glavni grad triju gradova-tri polis-Sabratha, Oea i Leptis Magna) bilo je nekoliko vodovoda čiji su ostaci i danas dobro uočljivi. Tako je Leptis Magna imala dva vodovoda, jedan zahvatnom branom na Vadi Kaamu i dovodom od 22km, a drugi na Vadi Lebda s čitavim nizom vodosprema (cisterni). Na sl.7. prikazana je jedna od njih, a poznata je pod nazivom južna vodosprema; potpuno je usčuvana i mogla bi i danas služiti svojoj namjeni kao i prije 2000 godina. Grad Sabratha je smješten u dosta nepovoljnom klimatskom području (prosječne godišnje oborine oko 200mm), bez izvora i vodnih tokova pa je sagrađen vodovod kaptiranjem nekoliko izvora na podnožju Jebela (dužine oko 80km) od kojih je najznačajniji Rabta Scharghia (mjesto poznato po navodnoj gradnji tvornice kemijskog oružja) današnje

izdašnosti oko 10l/s. Ostaci vodovoda su danas vidljivi uzduž trase, a detalj dovoda je prikazan na sl.8.

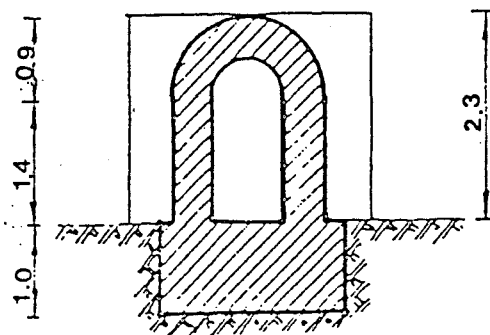


Slika 7. Vodosprema za grad Leptis Magna

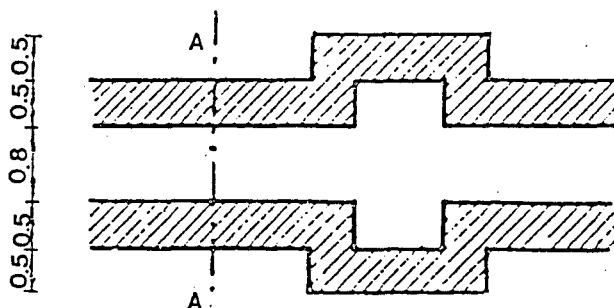
Jedno od najintenzivnijih područja rimskog hidrotehničkog graditeljstva u Libiji predstavlja veliki broj cisterni građenih za opskrbu vodom pučanstva, stoke i za natapanje. Samo u razdoblju od 1957. do 1962. obnovljene su (očišćene) u Cirenajki 1254 cisterne ukupne zapremine 426.000m³, dok je u Tripolitaciji u istom razdoblju osposobljeno 7127 jedinica ukupne zapremnine 570.000m³. Računa se da je u rimsko doba u čitavoj Libiji, u obalnom pojasu, izgrađeno ne manje od 30.000 jedinica s ukupnom korisnom zapreminom od oko 4 milijuna m³. Zapremnina im varira od 30 do 3.000m³, ali je pronađeno primjeraka i od 15.000m³. Redovito su građene tako da je površinski sloj vapnenca debljine 0,5-2,0m služio kao pokrovna ploča. Ona se probila, a ispod se kopao, u mekšim vapnencima, zališni prostor. Kod malih jedinica samo jedna komora, a kod velikih čitav labirint tunela i komora. Po završenom iskopu, stijenske su se žbukale nepropusnim mortom, potom čitav

prostor ispunio granjem koji se spalio da bi žbuka postala što čvršća i dobila nepropusnu glazuru.

PRESJEK



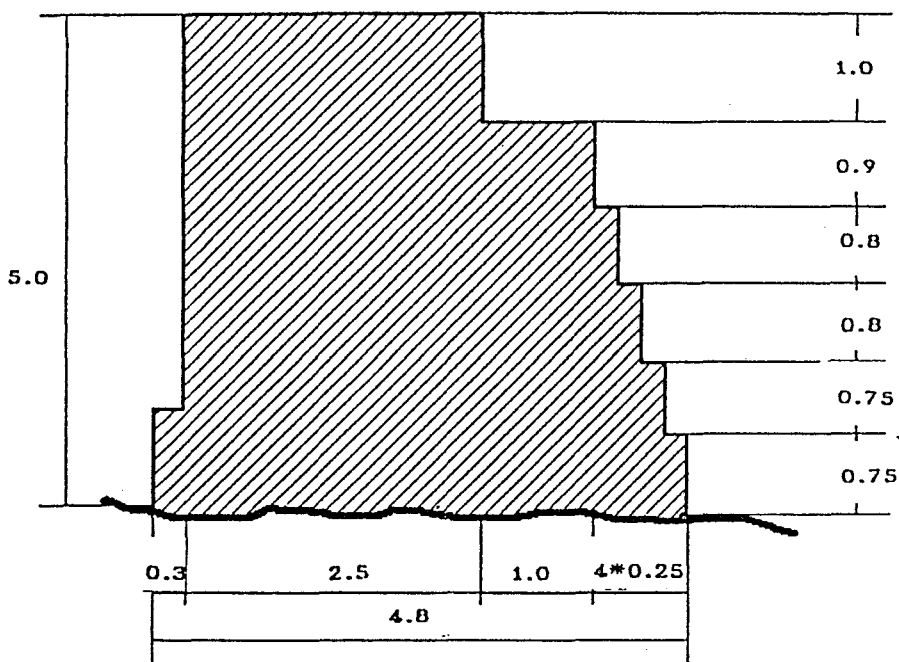
TLOCRT



Sl.8. Detalj dovoda za vodovod Sabrathe

Sustava i građevina samo za navodnjavanje u današnjem smislu, bilo je veoma malo, ali je zato bilo mnogo sustava koji su imali višenamjensku namjenu prvenstveno za zaštitu od erozije i natapanje. Čitava bujična područja su redovito uređivana terasama, građenih po slojnicama, zasijanih usjevima, a u najdonjim potezima bujica građene su usporne i derivacijske brane s brojnim preljevima i razvodnim kanalima za navodnjavanje. U Tripolititaniji je gotovo čitavo brežuljkasto područje sjevernog sliva, počevši od Tripolija pa nešto istočno od Misurate i u dubini od oko 150km, bilo uglavnom uređeno i terasirano. Na sl.9 dat je presjek jedne bujične pregrade na Vadi Kseja, pritok vadi Kaama, koja je bila potpuno uređena, jer postoje ostaci pregrada na svakih 100-300. Na najvećim bujicama ovog područja, Hira, Magenin i Kaam, postoje veoma dobro ušćuvane i prave dolinske pregrade. Naime tada je postojalo pravilo (kao i sada!) da nakon što se sliv i

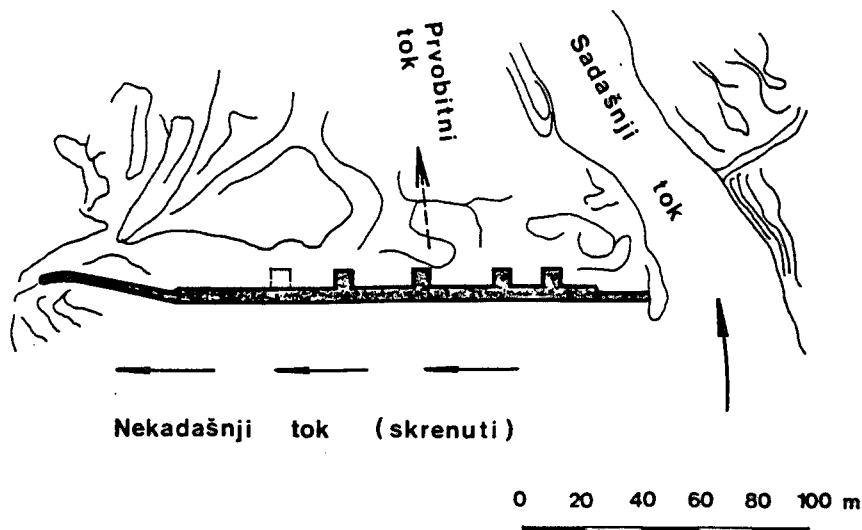
vodotok potpuno uredi, na izlazu vodotoka iz brdskog sliva, korito se pregradi snažnom branom, koja je ima funkciju derivacijske građevine za prebacivanje vode na natapne površine. Na sl.10 dat je tlocrt i presjek jedne takve brane izgrađene na Vadi Lebda u blizini Leptis Magne. Prirodno plavljenje za vrijeme jačih oborina bilo je u to doba jednako popularno kao i danas. Klasičan primjer toga načina nalazimo u Beni Ulidu, gdje se i danas jednako primjenjuje kao i prije 2.000 godina. Ovdje su oborine u prosjeku 100m/m godišnje. Dolina širine 200-300m, dužine oko 20km ima uzvodno sliv oko 50 puta veći od njene površine. Da bi se moglo natopiti i za relativno malim oborinama spriječeno je formiranje bujičnog toka i čitava je dolina pregrađena kamenim suhozidima visine 1-2m na razmaku od 100-150m. Kad kiša padne, onda se voda ne slijeva u korito bujice, već se ravnomjerno raspoređuje po terasama i postupno natapa dolinu. Dakako, ovdje je glavni problem postići ravnomjernu raspodjelu vode po širini doline.



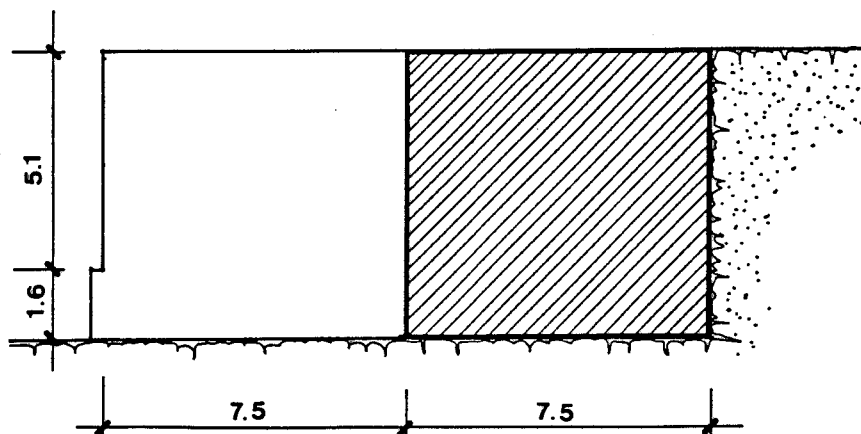
Sl.9. Presjek bujične pregrade na Vadi Kseja

Ipak, na području Cirenajke ima par "pravih" natapnih sustava, građenih u doba Rimljana koji su još uvijek u pogonu. To su sustavi: Derna koji koristi oko 220l/s vode dva jaka izvora u dolini Vadi Derna i sustav izvora Ain Mara-oko 129l/s. Dovodna i razvodna natapna mreža izgrađena je ili iz kamenih žljebova ili uklesana u litici brda.

SITUACIJA



PRESJEK



Sl.10. Tlocrt i detalj brane na Vadi Lebda

Ovdje opisane građevine i metode natapanja karakteristične su i za ostala područja sličnih hidroloških prilika kao i Libija, pogotovo sjeverne Afrike, a prikazali smo ih pod ovom točkom samo zato što za Libiju imamo na raspolaganju

izobilje materijala. To je i razlog da je ova točka ispala nešto duža nego što su ostale.

2.3.4. Italija

Italija je po svom zemljopisnom položaju, kao i klimatskim uvjetima bila predisponirana, da nakon propasti starih civilizacija na Dalekom i Bliskom istoku, postane kolijevka nove civilizacije u središtu europskog kontinenta.



Sl.11. Sredozemlje u rimsko doba

Prvi hidrotehnički zahvati u starom Rimu datiraju iz godine 626.pr.n.e. kada je jedan od sedam kraljeva staroga Rima, Ancus Marcius, sagradio vodovod i doveo u Rim vodu iz jezera Fucino. Zatim su slijedili vodovodi građeni za vrijeme cenzora Appius Claudiusa (312. g.pr.n.e.), te Curiusa Dentatusa koji je 279. g.pr.n.e. doveo u Rim vodu iz rijeke Anio derivacijom u blizini Tivolija. Prema Frontinusu ovaj potonji je vodovod bio dugačak 63,85km. Godine 145.pr.n.e. pretor Marcius rex je, po nalogu senata, troškom od 8,400.008 sestercija sagradio novi vodovod, koji je (prema Pliniju) uzimao vodu iz izvora Pitonia podno brda Pelignorum. Vodovod je bio dug 91.639m od čega 10.298m akvadukata (preko dolina), a dobar dio i u tunelima kroz brda. I, konačno, cenzori Cassius Longinus i Servilius Caepio, su god. 126. pr.n.e. (627. g. po rimskom računanju) doveli vodu na Capitol iz Frascati (Tusculum). Da ne bi dalje pojedinačno opisivali pojedine vodovode, koji su prvenstveno služili za opskrbu stanovništva, ali i za natapanje izdvojenih imanja uglednih ličnosti, vrtova i parkova, spomenuti ćemo da je krajem prvog stoljeća

Rim, imao u pogonu devet vodovoda (neki autori navode brojku od 20, a drugi pak od 14 vodovoda). Prema tim izvorima ukupna dužina dovoda iznosila je 417.716m, od čega tri četvrtine podzemni, većinom tunelski dovodi, te oko 35,5km akvadukta na lučnim nosačima iz kamenih klesanaca. Prema Pliniju vodovodi su u Rimu opskrbljivali 105 javnih fontana, 130 vodosprema, 700 javnih izljeva i 150 javnih (besplatnih) kupališta. Danas je teško ustanoviti koliku su količinu vode ti vodovodi dnevno isporučivali Rimu, ali procjene idu od 700.000 do 2.000.000m³/dan. Kako je tada Rim imao oko pola milijuna stanovnika i uz pretpostavku potrošnje od 500 l/st/dan, moglo se s ostatkom natapati bar 10.000 ha tla.

O gradnji hidrotehničkih sustava u doba Rimskog carstva u Italiji, najviše podataka ima o gradnji vodovoda, posebno Rima, nešto manje podataka o gradnji luka, građevina obrane od poplava i odvodnjavanja, a o gradnji građevina koje su služile isključivo za navodnjavanje u ruralnim područjima zemlje, ima jako malo. Iako su se u to doba masovno gradile građevine za tu namjenu u ostalim dijelovima carstva, posebno u sjevernoj Africi, vjerojatno je u Italiji, isto bilo u manjoj mjeri, posebno u središnjoj i sjevernoj. Prema nekim izvorima navodnjavanje je bilo ipak, relativno, najviše razvijeno na Siciliji koja se smatrala žitnica Rima, posebno u doba republike. Najplodnije zemlje toga otoka (Trinacria) nalazile su se u okolici vulkana Etna, bile su navodnjavane još u doba grčke dominacije, pa su se tu razvili i najveći gradovi (luke) antičkog svijeta kao što su Katanija, Sirakuza, Agrigento, Taormina i Messina.

Ipak u to doba, od europskih zemalja, najrazvijeniju tehniku navodnjavanja, a hidrotehniku posebno, ima Rimsko carstvo, te donekle Grčka u doba prosperiteta. Iz toga doba imamo i priličan broj sačuvanih knjiga i drugih spisa koji prikazuju i detalje pojedinih rješenja. Tako je 120. g.pr.n.e. isušeno jezero Fucino (sjeverno od Rima) probijem tunela presjeka 11m² i dugačkog 5,6km čime je privedeno kulturi 25000ha jezerskog i močvarnog tla. Columella je u knjizi "De re rustica" još 396. g.pr.n.e. detaljno opisao izradu drenova za odvodnju Pontinijskih močvara južno od Rima.

2.3.5. Grčka

Grčka, s obalom intenzivno razvedenom sa stotinama uvala, zaljeva, malih luka, planinskim masivom ispresjecanim malim vodotocima, administrativno podijeljena na mnogo malih država i pokrajina, čiji su stanovnici od davnina bili bolji trgovci od poljodjelaca i bolji ratnici od trgovaca; uvijek naoružani da u drugim zemljama potraže ono što je njima priroda uskratila, nisu u staro doba mnogo marili za razvoj poljoprivrede. Poljoprivredom su se u to vrijeme bavili isključivo robovi, pa to nije privuklo veću pažnju vladajuće klase.

Ipak, navodnjavanje se prakticiralo individualno i to dakako u dolinama manjih vodnih tokova, deriviranjem vode na obrađene površine uz eventualno pregrađivanje korita. Ujedno su se koristila mnogobrojna vrela na podnožju brdskog masiva koja su mogla zadovoljiti potrebe pojedinačnih imanja. Prema postojećim izvorima, čini se, da većih sustava za kolektivno natapanje prostranijih površina nije bilo.

2.4. OSTALE ZEMLJE

I u mnogim drugim europskim zemljama ima pisanih tragova i sačuvanih građevina o razvoju navodnjavanja u starome vijeku. To se posebno odnosi na Bugarsku, Rumunjsku (Tracia), Francusku, Španjolsku, Jugoslaviju i neke druge. Tako je npr. u Rumunjskoj u rimsko doba sagrađen veliki natapni kanal Tara Fagarasulni-derivacijom vode iz rijeke Riul Mare koji je i dandanas u pogonu.

Za američki kontinent nema mnogo pisanih podataka ili sačuvanih tragova ali su novija arheološka istraživanja u Meksiku pokazala da se tamo već oko 800 godina pr.n.e. navodnjavao kukuruz. Isto tako je dokazano da su sjeveroamerička indijanska plemena Yuma, Cocopa, Mojave, Hopi i neka druga, u dolinama rijeka Kolorado, Salt River i drugdje koristili navodnjavanje kod uzgoja kukuruza, graha i dugih usjeva još 500-600 godina pr.n.e. Novija istraživanja dokazuju da se u Peruu navodnjavanje prakticalo već oko 1.000g.pr.n.e.

3. NAVODNJAVANJE U SREDNJEM I NOVOM VIJEKU TE DANAŠNJE STANJE

Iako je srednji vijek uglavnom poznat po stagnaciji pa čak i dekadenciji u pojedinim djelatnostima, to se ne bi moglo reći i za razvoj navodnjavanja, pogotovo ne u pojedinim europskim zemljama. Tako je već u ranom srednjem vijeku zabilježena vrlo značajna aktivnost na polju razvoja navodnjavanja na Iberijskom poluotoku, koja se poklapa s arapskom dominacijom na tom području. Značajan zamah poljoprivredne proizvodnje u to doba treba pripisati, uz razvoj novih metoda i strojeva za natapanje, i uvođenju novih usjeva.

Arapi su najprije Jemen, svoju pradomovinu pretvorili u bogatu i plodnu zemlju uz pomoć navodnjavanja. Zatim su umijeće natapanja prenosili na sve zemlje koje su postupno osvajali, a to je veći dio sredozemnog bazena i balkanski poluotok. Pri tome, im je od velike pomoći bilo izvrsno poznavanje hidraulike i inženjerskih konstrukcija. Tako su u Egiptu djelomično obnovili faraonske hidrotehničke građevine, ali najveći domet u toj domeni postigli su u Španjolskoj, posebno u pokrajinama Valencije, Granade i Andaluzije, gdje su sagradili svoja najpoznatija ostvarenja u oblasti hidrotehnike, posebno navodnjavanja.

Postupno obnavljanje hidromelioracijskih sustava i gradnja prvih glavnih natapnih kanala u Italiji pojavljuje se već u X.stoljeću, i to pretežno u Lombardiji. Do kraja XIV. stoljeća osnovna mreža kanala za navodnjavanje u sjeverozapadnom dijelu države već poprima današnje konture. U kasnijem razdoblju intenzivnije su se razvijale i ostale pokrajine poluotoka. Prve vodne zajednice za navodnjavanje pojavljuju se u Italiji već u XI. stoljeću (Lombardija), od kada datiraju i prve marcite.

Razvoj navodnjavanja u Francuskoj uslijedio je nešto kasnije nego li u Italiji, dijelom i zbog toga, što ovdje nailazimo na velike ravničaste površine, pretežno zamočvarene, pa su prvi veliki radovi usmjereni na odvodnjavanje

(naročito u Flandriji). U južnoj Francuskoj, u oblasti Pirineja izgrađeno je već u ranom srednjem vijeku nekoliko značajnih natapnih sustava koji postoje još i danas i to već u VIII. stoljeću kanal Alaric, u IX. stoljeću Vernet, a u XII. Cairoux. Vrlo značajne ideje i projekti za navodnjavanje prostranih područja, naročito u području Rhone i Durance pojavljuju se u XVI. i XVII. stoljeću, kada je zabilježena i izvedba nekih radova. Treba, međutim, naglasiti, da su najznačajnija ostvarenja na području razvoja navodnjavanja u Francuskoj iz novijeg doba.

I u nekim drugim europskim zemljama možemo razvoj navodnjavanja pratiti više stoljeća unazad. Posebno se to može reći za Bugarsku i SSSR (azijski dio). U Bugarskoj su se prvi sustavi za navodnjavanje modernog tipa pojavili u XV. stoljeću, istodobno s uvođenjem nekih novih usjeva, od kojih je riža najznačajnija.

Vjerojatno je, istodobno kad i u susjednim zemljama, i u nas razvoj navodnjavanja uzeo maha. Nažalost o tome nemamo podataka, izuzev nekoliko navoda u crkvenim listinama. Nema nikave sumnje da su ti rani sustavi ma kakvi bili, najprije izgrađeni u srednjovjekovnoj srpskoj državi, odnosno u današnjem Kosovu i Makedoniji, te u Hercegovini i Dalmaciji.

Iako tehnika navodnjavanja datira iz najstarijih vremena ljudske povijesti razvoj navodnjavanja odvijao se prilično sporo i neujednačeno. Dijelom je tome bio uzrok ograničenost tadašnjih mogućnosti natapanja samo na površinske metode uz gravitacijski dovod vode. Naglim razvojem tehnologije u XX. stoljeću, uz mogućnost jeftinog i brzog prebacivanja velikih količina vode na znatne udaljenosti i visine, stvoreni su svi preduvjeti za pravu eksploziju širenja natapnih površina na svim kontinentima i gotovo na svim zemljopisnim širinama. Kako bi se dobio uvid u razvoj navodnjavanja u novije doba, te današnje stanje u svijetu, u nastavku će se dati takav prikaz za nekoliko karakterističnih zemalja. U opis stanja u svim, ili većine zemalja se neće ići, jer bi nas to odvelo suviše daleko.

3.1. Italija

Nema nikakve dvojbe da je Italija između svih europskih zemalja, a i šire, najpogodnija za praćenje razvoja hidrotehničkog graditeljstva, pa i navodnjavanja bar u trajanju od proteklih 20-tak stoljeća. Nadalje, na tlu ove zemlje, vjerojatno više nego bilo gdje drugdje, ima najviše pisanih dokumenata i ostalih dokaza o tim građevinama u ta davna vremena, što daje mogućnost za neprekidno praćenje. S tim u vezi može se odmah naglasiti da takav pregled daje mogućnost za analizu utjecaja političkih prilika, stabilnosti vlasti i režima vladavine na razvoj sustava za navodnjavanje (hidromelioracija općenito), odnosno poljoprivrede u širem smislu, kao osnove sveopćeg razvoja zemlje.

Dok je u doba Rimskog carstva, u kome je hidraulika i hidrotehničko graditeljstvo, posebno navodnjavanje, bilo na visokom stupnju razvoja, današnju je Italiju nastanjivalo 10-12 milijuna stanovnika (od ukupno 100 u cijelom svijetu), nedugo nakon njegove propasti (Zapadno carstvo), krajem V. stoljeća taj se broj sveo na svega 5-6 milijuna. Taj oštri i drastičan pad pripisuje se, u prvom redu,

zapuštanju hidrotehničkih sustava, zamočvarenju tla i pogoršanju sanitarnih prilika okoline (malaria je iz Afrike uvezena u V. stoljeću).

Izvjerno poboljšanje ovih prilika nastupa tek u X. stoljeću i teče više manje ravnomjerno negdje do kraja XIV. stoljeća. Glavni nosioci razvoja hidrotehničkih melioracija toga doba bili su samostani, dijelom i zbog toga što su seljaci njima bili obavezni dati doprinos u radnoj snazi (kuluk). Tako već nakon godine 1000. bilježimo značajan razvoj navodnjavanja u donjoj Lombardiji i to zaslugom fratara. Ovdje treba posebno napomenuti korištenje Milanske Vettabbie (nekadašnji rimski vodovod), u XII. stoljeću za potrebe natapanja i to od strane fratara opatije Chiaravalle. Vjerojatno su tada nastale i prve marcite. Istovremeno su fratri Nonantole, Pompose i S. Vitale u donjem dijelu padske nizine proveli značajne hidrotehničke zahvate u cilju reguliranja režima voda. U području toskanske Maremme, također zaslugom samostana iz Amiata, Palazzuolo i Monteverdi- i to u XI. i XII. stoljeću-realiziran je veći broj hidrotehničkih sustava radi povećanja fonda obradivog tla.

Nastavno na ovo razdoblje nadovezuje se značajna aktivnost pojedinih općina, a posebno na području Lombardije. Tako općina Milano gradi natapni kanal Naviglio Grande (1179.), derivacija rijeke Ticino i općina Lodi kanal Muzza (1220.), derivacija rijeke Adda. Ovi kanali su i danas u pogonu i svaki pokriva natapnu površinu od po 50.000 ha tla. Nekoliko derivacija sagradile su i općine Bergamo i Brescia. U sjevernoj Italiji je već krajem XIV. stoljeća osnovna natapna mreže poprimila današnje konture. Uvode se i novi usjevi: u XIV. stoljeću uzgoj svilene bube, krajem XV. stoljeća riža, a kratko iza toga i kukuruz. Najveći uspon gospodarstva dostignut je krajem XV. stoljeća, dijelom i zbog razvijene međunarodne trgovine, uz 11-12 milijuna stanovnika, da bi iza toga nastupila stagnacija (premještanje poslovnog središta iz Sredozemlja na Atlantik), zatim pad sve do kraja XVII. stoljeća.

Pojava prvih vodnih zajednica zabilježena je u Lombardiji već u XI. stoljeću, da bi njihov broj narastao krajem XVII. stoljeća samo u Republici Veneciji na 240. Posebnu ulogu u uređenju voda na području republike Venecije od XVI. do XVIII. stoljeća imao je Magistrato alle Acque, neke vrste ministarstva vodoprivrede, koji i danas posluje pod istim imenom. Do kraja su XVII. stoljeća praktički dovršeni i osnovni radovi obrane od poplava i uređenja vodotoka u čitavoj dolini rijeke Po.

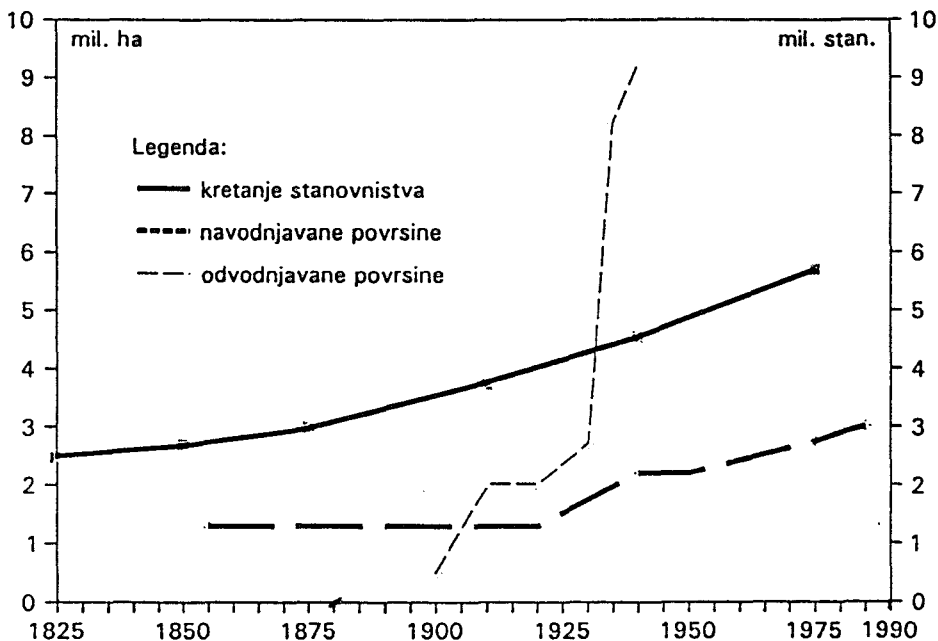
Iza 1700, s već solidnom osnovom uređenja voda, počinje moderni razvoj sustava za navodnjavanje koji je više-manje stalno u usponu sve do danas. To se najbolje uočava na rastu stanovništva, koje je 1700. godine iznosilo 11 milijuna: 1770.god, 16 milijuna; 1860.god, 26 milijuna; 1914.god, 36 milijuna, a danas premašuje 56 milijuna žitelja.

Prema podacima iz doba ujedinjenja (1864.) proizlazi da je od neuređenog režima voda još uvijek ugroženo oko 2,3 mil. ha tla, što čini 17% ukupno obrađenih površina (13,5 mil.ha). Tada su ukupno navodnjavane površine iznosile 1,357.677 ha od čega se 77,7% nalazilo u pokrajinama Piemonte i Lombardija.

Iako je razdoblje od ujedinjenja (1870.) do kraja prvog svjetskog rata u Italiji bilo dosta ekonomski nepovoljno, u tom vremenu bilježimo značajnu aktivnost na realizaciji hidromelioracijskih sustava, posebno natapanja. Radovi su započeli na površini od 1,827.000 ha, a do 1918.god. dovršeno je oko 40%. Raspored je uvijek nepovoljan za nerazvijeni jug: 55% se nalazi na sjeveru, 12% u središnjim pokrajinama, 28% na jugu, a svega 5% na otocima.

Između dva svjetska rata bilježimo najintenzivniju aktivnost svih vidova melioracije tla, posebno na odvodnjavanju i navodnjavanju, dijelom i zbog političkih prilika toga doba. Dok je poljoprivredna površina u hidromelioracijskim područjima 1900.god. iznosila oko 600.000 ha, ona se dalje ovako povećavala:

1900.	600.000 ha
1915.	1,800.000 ha
1922.	1,800.000 ha
1930.	2,750.000 ha
1934.	8,200.000 ha
1938.	9,000.000 ha



Sl. 12. Razvoj hidrotehničkih melioracija u Italiji

Dakako ove su radove pratili i ostali komplementarni u duhu integralne melioracije. Tako je komasacijom bilo obuhvaćeno oko 4,000.000 ha. U tom 15-godišnjem razdoblju (1923-1938.) izgrađeno je više građevina i sustava nego li u bilo kojem prethodnom. Navodimo neke značajnije podatke:

sabirnih kanala za odvodnjavanje	12.942 km
kanala za navodnjavanje	4.855 km
crpnih stanica za odvodnjavanje	118.058 KS
crpnih stanica za navodnjavanje	25.500 KS
povećanje površina pod natapanjem	800.000 ha

U razdoblju iza drugog svjetskog rata, naročito između 1950. i 1960. god. vrlo je intenzivna aktivnost na rekonstrukciji i modernizaciji gotovo svih postojećih hidromelioracijskih sustava, a naročito za navodnjavanje. U to doba isušuje se još nešto preostalih močvara, te se površine uređuju u duhu integralne melioracije (odvodnja, natapanje, prometnice, vodovodi, naselja-stambene i javne zgrade, dugogodišnji nasadi itd.). Zemljani natapni kanali se oblažu ili zamjenjuju betonskim prefabriciranim, te se uvodi moderna tehnika i tehnologija.

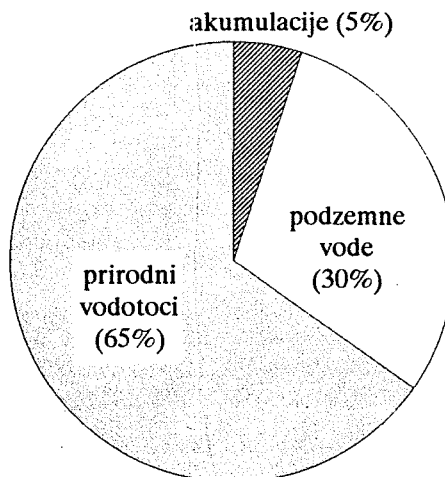
Danas se u Italiji natapa 3 mil.ha (1986.) što čini 20% od obradivih površina (14,8 mil.ha). Natapna mreža se sastoji od preko 100.000km kanala različite veličine i konstrukcije s kapacitetom zahvata od oko 3.000 m³/s vode. Na priloženom grafikonu data je struktura natapnih površina.

Zbog pomanjkanja raspoložive količine vode za navodnjavanje u drugoj polovici ovog stoljeća intenzivno se grade male akumulacije za tu namjenu (zapr. 20-250.000 m³) tako da je njihov broj u 80-tim godinama narasao na oko 8.000kom. Voda za navodnjavanje se dobiva iz slijedećih izvorišta:

- 65% iz prirodnih vodotoka;
- 30% iz podzemnih izvorišta, i
- 5% iz akumulacija.

Raspored natapanja je i dalje neravnomjeran u odnosu na raspoložive poljoprivredne površine i iznosi:

- Sjeverna Italija 70%
- Središnja Italija 10%
- Južna Italija i otoci 20%



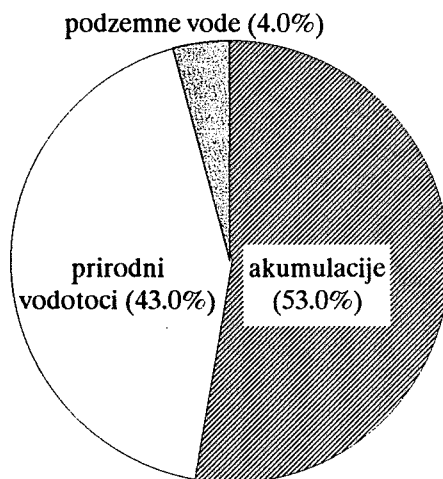
Sl.13. *Struktura porijekla natapne vode*

3.2. Bugarska

Bugarska zaprema površinu od 111.000 km², što je dvostruko više od Hrvatske i nalazi se na istočnom dijelu Balkanskog poluotoka. Dijeli se na dva karakteristična područja-sjeverni između Dunava i Stare Planine (lanac Balkan) i južni, između Stare Planine i Rodopskog masiva (Tracijska dolina).

Poljoprivredna površina zauzima 4,8 milijuna ha tla, ili 43% ukupne površine države, od čega je podobno za navodnjavanje 3,6 mil.ha ili 75% od ukupne poljoprivredne površine. Prosječne godišnje oborine za cijelu zemlju iznose 672m/m, dok se ta vrijednost kreće za glavne poljoprivredne rajone između 400 i 600 m/m, i to pretežno raspoređeno u izvanvegetacijsko razdoblje.

Glavnina vodnog bogatstva zemlje (82%). nalazi se u planinskom području, a kako se pretežni dio vode (64% u 1970.) troši za navodnjavanje, to je neophodno graditi dugačke i skupe kanale za dovod vode iz udaljenih izvorišta. Ukupni godišnji protok, svih vodotoka iznosi 19,4 milijarde m³ vode, od čega najveći dio - 16,8m³ otpada na rijeku Maricu. Naravno najveća rijeka je Dunav, ali ona je granična rijeka s Rumunjskom.



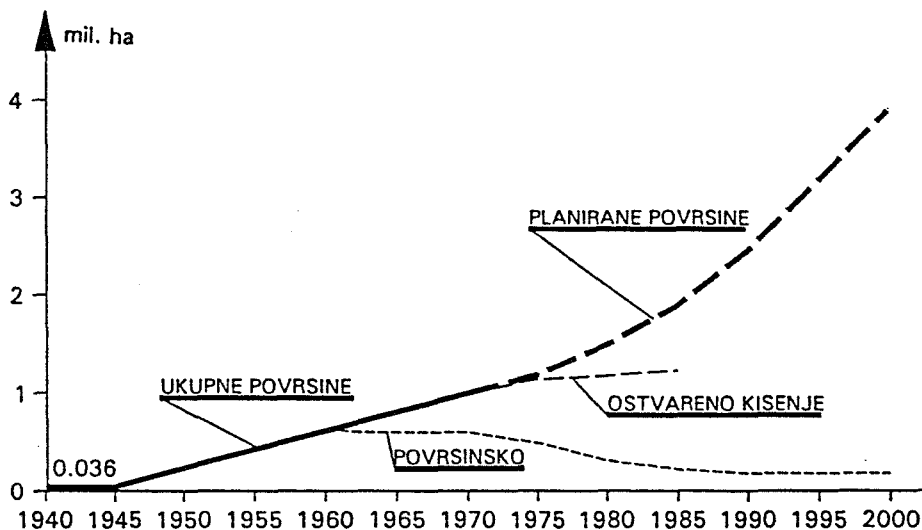
Sl.14. Izvorišta snabdijevanja natapne vode u Bugarskoj (1970.)

Kao i u drugim zemljama tako i ovdje počeci navodnjavanja sežu u najstarije doba povijesti. Međutim, prvi sustavi za navodnjavanje modernog tipa počeli su se graditi u XV. stoljeću. U to se vrijeme počela uzgajati riža i to uglavnom u dolini rijeke Marice, pa je sagrađena prva mreža natapnih kanala dužine oko 500km, koja je opskrbljivala površinu od oko 30.000ha (od čega 5-6.000ha rižišta).

Usprkos tome, još 1944. god. ukupno natapana površina zemlje iznosila je svega 35.700 ha, što je ispod 1% ukupno obradive površine. Od tada pa sve do danas traje vrlo intenzivna i neprekidna izgradnja sustava za navodnjavanje u svim dijelovima zemlje, tako da je već 1970. površina pod navodnjavanjem dostigla jedan milijun ha (21% od ukupne poljoprivredne površine); 1976.god ta je brojka iznosila 1,147.000ha, a 1986.god. već 1,242.000ha. Prema vrsti upotrebljavane vode, stanje je slijedeće:

akumulacije	53%
riječne vode	43%
podzemne vode	4%

Bitnu ulogu u opskrbi vodom poljoprivrede odigrale su akumulacije (pretežno male), kojih je već 1970. bilo preko 2.000, 1980. oko 3.000, a danas se računa da ih ima oko 4.000. Ukupna zapremina akumulacija danas iznosi oko 22 milijarde m³, i mogu navodnjavati oko 60% ukupne površine.



Sl.15. Povijesni i planski podaci o razvoju navodnjavanja u Bugarskoj

Već 1970.god bilo je u pogonu 2.400 crpnih stanica za navodnjavanje, instalirane snage od 370.000kW i kapaciteta od 680m³/s, dok je danas taj kapacitet više nego udvostručen.

Istovremeno s izgradnjom novih natapnih sustava, intenzivno se radi na modernizaciji i automatizaciji postojećih. Noviji se projekti gotovo isključivo temelje na primjeni kišenja, odnosno kapanja. U novoizgrađenim sustavima, kišenje, u strukturi načina natapanja je zastupljeno:

do 1965.	sa 29%
u 1966.	sa 50%
u 1967.	sa 62%
u 1968.	sa 70%
u 1970.	sa 96%

a iza toga pa dalje sa 100%. U novije se vrijeme izuzetna pažnja poklanja izgradnji fiksnih uređaja za natapanje kišenjem. Mnoga se originalna rješenja istražuju, dok su neka već u praktičnoj primjeni.

Najveći kompleks navodnjavanih površina prostire se na sjeveru zemlje i koristi vode rijeke Dunav. Pokriva ukupnu površinu od oko 835.000. U sklopu ovog kompleksa najveći sustav nalazi se u Dobruđi s natapnom površinom od 650.000 ha i crpnom stanicom na Dunavu (Holuk Preslavec) kapaciteta 65 m³/s. Slijedi kompleks Plovdiv-Pazardžik koji pokriva površinu od oko 300.000 ha obradivog tla s 270 crpnih stanica i oko 300 malih akumulacija. U sklopu ovog kompleksa najveći sustav je Topolnica, površine 65.000 ha.

Prema podacima "The Water Encyclopedia", izdanje Lewis Publishers 1990. u Bugarskoj se 1986. godine navodnjavalo ukupno 1,242.000 tla.

3.3. Kina

U uvodnom dijelu ovoga rada dat je detaljniji prikaz povijesnog razvoja navodnjavanja i ostalih hidrotehničkih djelatnosti od najranije prošlosti pa sve do novijeg doba. Zato ćemo se ovdje osvrnuti na neke specifičnosti meteoroloških i hidroloških prilika zemlje kao i na sadašnje stanje razvoja navodnjavanja.

U tako prostranoj zemlji, dakako, i oborine bitno variraju od jednog do drugog kraja i to u rasponu od 100-200m/m na sjeverozapadu do 1.000-2.000m/m u prosjeku godišnje na jugoistoku. U pustinji Xinjiang često nema kiše po čitavu godinu. U sjevernom dijelu zemlje prosječne su oborine oko 600m/m godišnje, ali su svugdje odstupanja od prosjeka veoma izražena, a neravnomjernost tokom godine visoka. Najkišniji mjeseci su srpanj, kolovoz i rujan, tako da nije rijetkost da u to vrijeme padne i do 70-80% od ukupnih godišnjih oborina. Zato se navodnjavanje u Kini i razvilo veoma rano i to kao osnovna i dopunska agrotehnička mjera.

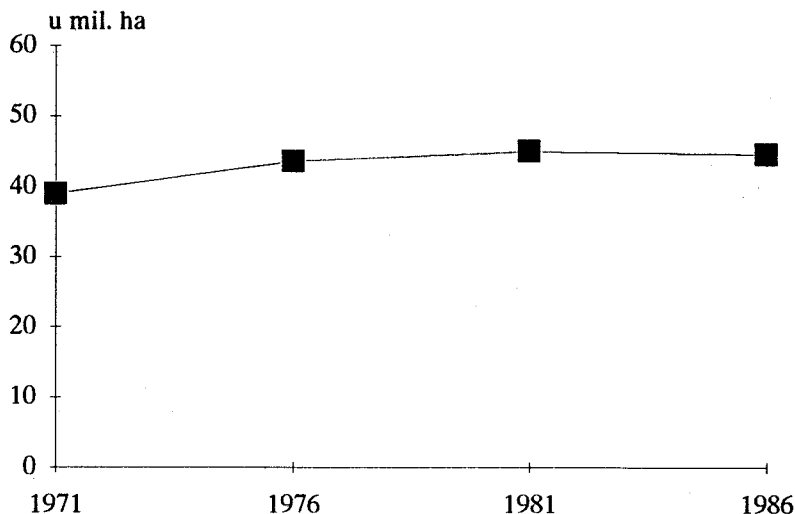
Kina je bogata površinskim vodnim tokovima koji raspoložu velikim količinama vode. Tu se nalaze i dvije često spominje rijeke, Žuta i Plava, koje spadaju među najveće na svijetu. Ukupan prosječni godišnji protok svih vodotoka procjenjuje se na $26.000 \times 10^9 \text{ m}^3$, što se čini jako mnogo, međutim, ako se to izrazi po stanovniku, onda to iznosi svega oko $2.500 \text{ m}^3/\text{god}$, što je relativno malo. Usporedbe radi, računajući samo vlastite slivove, to je dva puta manje nego što ima Jugoslavija, približno kao Italija, ali i dva puta više od Mađarske. Poljoprivreda je 1977. god. utrošila oko 400 milijardi m^3 vode za navodnjavanje što je blizu $9.000 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Slijedeća specifičnost Kine u odnosu na ostali svijet jeste u uzgoju riže na velikim površinama. Prema postojećim podacima, riža se počela uzgajati u Kini približno oko 3.000 godina pr.n.e. Danas se riža uzgaja u svim predjelima, od hladnog sjevera do toplog juga, od aridnog istoka do humidnog jugozapada, ali mu je najznačajnije područje južnije od planinskog lanca Qinling. Godine 1980. ukupna površina zasijana rižom iznosila je preko 35 milijuna ha, što približno čini 25% površina rižišta u cijelom svijetu. Utrošak vode za natapanje po hektaru rižišta iznosi od 9-12.000 m^3 godišnje, dok prinosi variraju od 7-10t/ha.

Kao što je već ranije napomenuto, natapanje se u ovoj zemlji razvija od davnine, ali je razvoj znatno ubrzan u zadnjih 40-tak godina, kao uostalom i u većini drugih zemalja. Zadnjih desetljeća ne samo što se na širokom frontu grade novi sustavi već se rekonstruiraju i moderniziraju stari. Prema postojećim podacima* proizlazi da je 80-tih godina u zemlji bilo oko 150 velikih natapnih sustava od kojih je svaki pokrivao površinu veću od 20.000ha; više od 5.000 srednjih sustava površine

* Prema Zhifrang, Xu; vidi bil.br.16

od 666 do 20.000 ha i jako veliki broj malih sustava s natapnom površinom ispod te vrijednosti. U Kini je tada ukupna natapna površina iznosila 46 mil.ha, što čini 48% od ukupno obrađenog tla. Poljoprivredna proizvodnja s natapnih površina dostiže 2/3 ukupne poljoprivredne proizvodnje zemlje.



Sl.16 Razvoj navodnjavanja u Kini

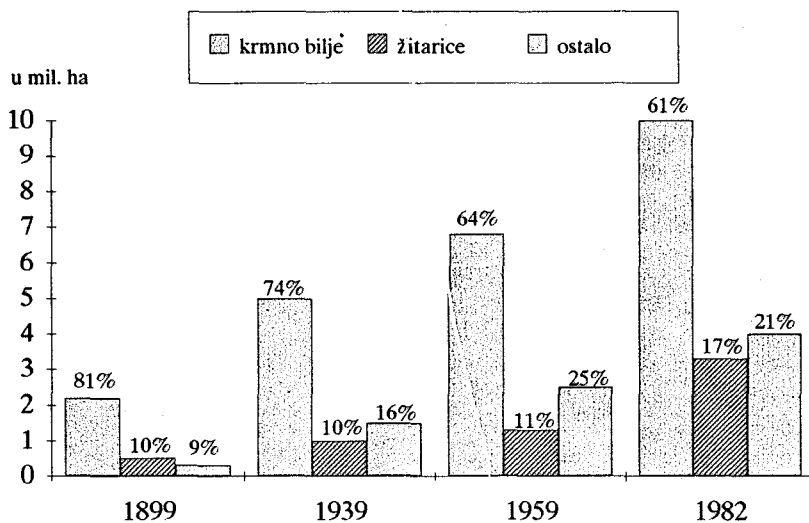
The Water Encyclopedia, drugo izdanje, Lewis Publisher 1990. daje nešto drugačije podatke o stanju i razvoju navodnjavanja u Kini. Prema tom izvoru površine pod navodnjavanjem su se u Kini u zadnjih 15 godina kretale kako slijedi:

1971.god.	39,036.000 ha
1976.god.	43,571.000 ha
1981.god.	44,997.000 ha
1986.god.	44,653.000 ha

3.4. Sjedinjenje Američke Države

Za ovo područje nema mnogo podataka niti za stari, a niti za srednji vijek. Zna se da su Španjolski doseljenici i misionari izgradili više manjih sustava na jugozapadu i to u XVI. i XVII. stoljeću.

Sredinom XIX. stoljeća započinje gradnja modernih natapnih sustava u dolinama vodotoka, a u sklopu naseljavanja zapada. Većina ovih prvih natapnih sustava bila je izgrađena od privatnih investitora. Značajan poticaj u razvoju navodnjavanja kako privatnih poduzetnika, tako i državnih organa uslijedio je donošenjem zakona o pustinjском tlu (Desert Land Act) iz 1847.god. i tzv. Carey-ovog zakona iz 1894. god, a posebno o osnivanju Biroa od Reclamation (Reclamation Act) iz 1902, koji se danas zove Water and Power Resources Service.



Krmno bilje: kukuruz, ječam, zob, sorgum, sijeno, pašnjaci i silaža

Žitarice: pšenica i riža

Ostalo: pamuk, šećerna repa, arahidi, duhan, soja, povrtnjaci i voćnjaci.

Sl.17. Razvoj i struktura navodnjavanja u SAD u zadnjih 80 godina

U zadnjih stotinjak godina značajke razvoja navodnjavanja mogu se sažeti u slijedećoj tablici.

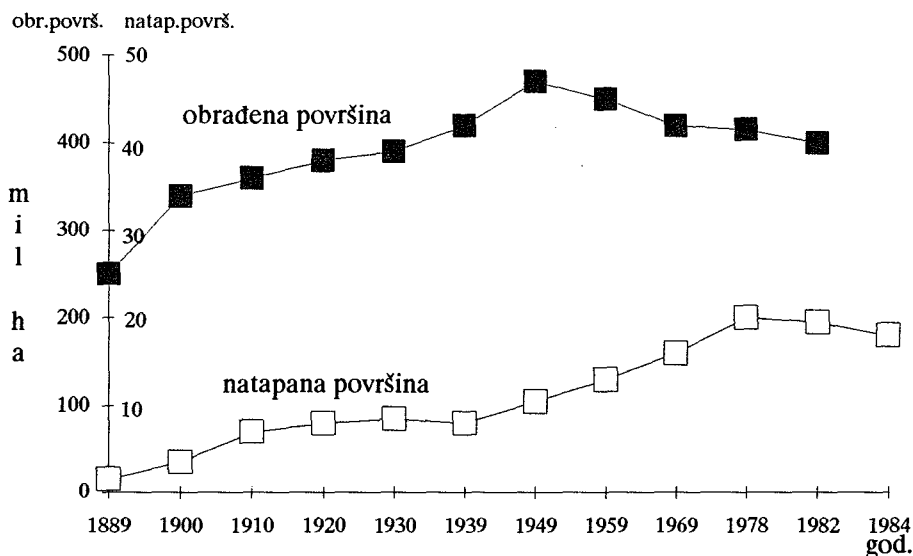
TABLICA 1
RAZVOJ NAVODNJAVANJA U SAD OD 1889. DO 1984.

Godina	poljoprivredna površina u 000 ha		% natapane površine	natapana površina po 1 imanju u ha	prosječan godišnji rast natapane površine
	ukupno	natapana			
1889.	252.000	1.457	0,6	27	-
1900.	339.540	3.035	0,9	28	10,8
1910.	355.730	5.828	1,6	36	9,2
1920.	386.890	7.365	2,0	34	3,3
1930.	399.440	7.892	2,0	30	1,6
1939.	431.005	7.284	1,7	24	-0,8
1949.	469.857	10.441	2,2	34	4,6
1959.	454.478	13.355	3,0	44	2,8
1969.	430.195	15.783	3,7	62	1,8
1978.	410.366	20.364	5,0	68	3,0
1982.	399.439	19.830	4,9	71	-0,5
1984.	-	18.090	-	85	-2,1

Ukupne poljoprivredne površine čine oko 45% nacionalnog teritorija (422,5 mil. ha u 1975.god.), od čega su 23% livade i pašnjaci, te 22% (207,3 mil.ha) oranice.

Brži razvoj navodnjavanja slijedi iza Drugog svjetskog rata. Najveći porast postotka natapanja u zadnjih 20 godina uslijedio je u subhumidnom i humidnom jugu i jugoistoku, ali su najveći porast u natapanoj površini imale države u semiaridnom pojasu centralne i južne ravnice.

Najveće površine natapane kišenjem nalaze se u aridnom pojasu sjeverozapadnog Pacifika i semiaridne Velike Ravnice. u subhumidnom žitnom pojasu (Cornbelt) i u aridnom sjeverozapadnom Pacifiku, 84%, odnosno 53% od ukupno natapanih površina, natapaju se kišenjem. U 1979.god. 32% od ukupno natapanih površina, opskrbljene su uređajima za natapanje kišenjem, dok se ta vrijednost penje na 41% u 1984.god.



Sl. 18. Prikaz razvoja i rasta navodnjavanja u SAD (1889-1984.)

TABLICA 2

STRUKTURA NATAPANIH POVRŠINA
PO REGIJAMA ZA GODINE 1974. I 1979. (u 000 ha)

Regija	ukupno ¹⁾			kišenje ¹⁾			
	1974.	1979.	prom. %	1974.	1979.	prom. %	% od ukupne ²⁾
1. Aridni jugozapad (AZ i CA)	4.010	4.470	+11	651	835	+28	19
2. Aridni sjeveroz. Pacifik (ID, OR i WA)	2.963	3.158	+7	1.006	1.664	+65	53
3. Semiar. centr. Planine (CO, MT, NV, UT i WY)	4.587	4.280	-7	529	559	+6	13
4. Semiaridna središnja i južna velika ravnica (KS, NE, NM, OK i TX)	7.343	8.987	+22	1.766	2.884	+63	32
5. Subhumidni žitni pojas (IL, IN, MN, MO i WI)	261	602	+131	172	504	+193	84
6. Subhumidni jug i jugoistok (AR, FL, GA, LA, MS, NC, i SC)	1.993	2.511	+26	504	799	+59	32

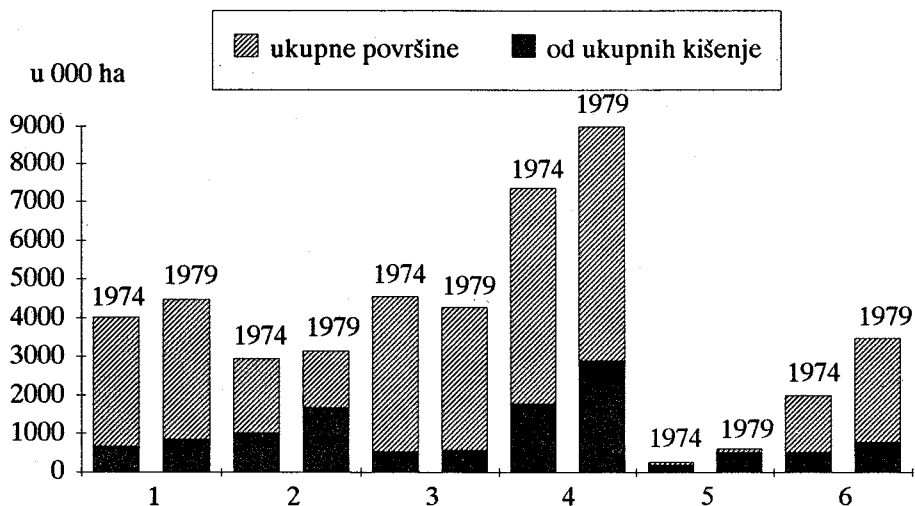
1) Podaci prema Irrigation Journal 1979.

2) Postotak ukupno natapane površine u regiji

Od ukupne količine vode utrošene za navodnjavanje, u 1975.god., 40% dolazilo je iz podzemnih izvorišta, dočim je ta vrijednost u 1929.god. iznosila svega 11%.

Značajnu ulogu u širenju natapanja kišenjem odigrao je uređaj center pivot. Nakon što je bio riješen problem natapanja tala srednje i krupnije teksture 70-tih godina, ovaj se stroj počeo naglo širiti praktički po svim natapanim područjima. Patentiran još 1952.god. on omogućuje automatski rad, kontrolu upotrebjenih količina vode po obrtaju, te ravnomjerno vlaženje.

Statističkih podataka za stanje u poljoprivredi SAD ima iz dva izvora i to US Census of Agriculture, tj. popisa stanja u poljoprivredi koji se provodi povremeno, obično svake 4 godine (npr. 1974, 78, 82. itd.) i od kojeg se podaci objave tek nakon 3-4 godine, i IJ (Irrigation Journal) koji procjenjuje stanje za svaku godinu. Statistički podaci IJ su uvedeni na zahtjev proizvođača opreme i drugih sredstava za poljoprivredu, jer "popis" ne daje na vrijeme i konstantno neophodne podatke za prateću industriju. Podaci ova dva izvora mogu se ponekad dosta razlikovati, što treba imati u vidu kod upotrebe rezultata. Tako npr. za 1978.g. US Census daje podatak da je ukupna natapana površina SAD 20,364.000 ha, dok za istu godinu IJ navodi brojku od 23,834.000ha, tj. razlika iznosi 17%.



1. Aridni jugozapad (AZ i CA)
2. Aridni sjeverozapadni Pacifik (ID, OR, i WA)
3. Semiaridne centralne planine (CO, MT, NV, UT i WY)
4. Semiaridna središnja i južna velika ravnica (KS, NE, NM, OK, i TX)
5. Subhumidni žitni pojas (IL, IN, MN, MO, i WI)
6. Subhumidni i humidni jug i jugoistok (AR, FL, GA, LA, MS, NC i SC)

Sl.19. Struktura natapanih površina po regijama u USA 1974. i 1979.

4. ZAKLJUČAK

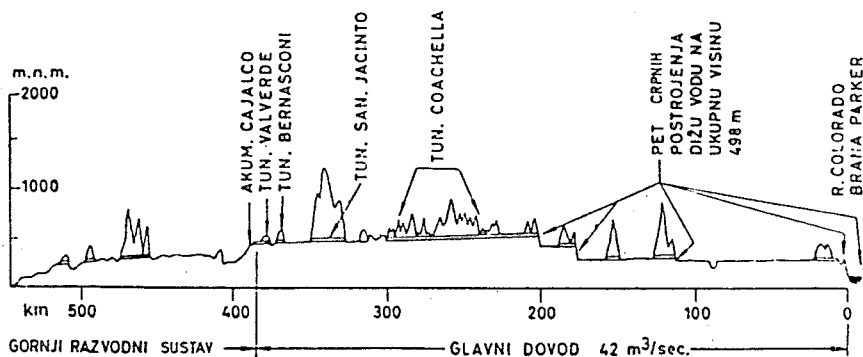
Schmueli ocjenjuje (1973.) da je još na početku prošlog stoljeća ukupno navodnjavana površina na svijetu bila manja od 10 milijuna hektara, da bi se ta vrijednost popela na 40 milijuna ha krajem stoljeća. Već 1950. god. ukupno navodnjavana površina dostiže 160 milijuna hektara, a u 1969. god., oko 200 mil. ha. Organizacija FAO (1977. god.) je procijenila da je ukupno natapna površina na svijetu u 1975. dostigla 223 milijuna ha, te da će do 1990. to iznositi 273 mil. ha. Prema procjenama Buringha (1975.) od ukupne potencijalne poljoprivredne površine na svijetu od 3,419 milijuna ha, 470 milijuna bi se moglo navodnjavati.

U XX. stoljeću sagrađen je veliki broj značajnih vodoprivrednih sustava, najčešće višenamjenskog tipa, od kojih se većina nalazi u SAD i SSSR-u. Spomenut ćemo neke najpoznatije. Za opskrbu vodom područja Los Angelesa sagrađen je vodoprivredni sustav nazvan *Colorado River Aqueduct* - skup akumulacija, hidrelektana, crpnih stanica, otvorenih i zatvorenih dovoda, čime se 42 m³/s vode iz rijeke Kolorado prebacuje u Južnu Kaliforniju na dužinu od oko 500 km (dužina svih dovoda je oko 1000 km) i diže na visinu oko 500 m. Uzdužni presjek i karakteristike glavnih građevina vidljive su na priloženoj skici. Na rijeci Kolorado sagrađeni su akumulacijski prostori jednaki četverostrukome prosječnom godišnjem

protoku (oko 70 milijardi m³). Slijedi *State Water Projects* dužinom dovoda od 1330 km, također u Kaliforniji, *All American Canal*, koji opskrbljuje vodom natapne površine *Imperial Valley* (Kalifornija), kapaciteta 430 m³/s, dužine oko 1300 km s dizanjem vode do 1000 m visine, zatim sustav doline rijeke *Tennessee* (TVA), Kolumbije, itd. U SSSR su poznati *Karakumski kanal* ukupne dužine oko 850 km i kapaciteta 370m³/s koji opskrbljuje natapnom vodom pamučna polja u pustinji *Karakum*, zatim Sjeverokrimski kanal dužine 403 km i protoka oko 300 m³/s kao i mnogi drugi.

Naglo i osjetno povećanje navodnjavanja posljednjih decenija pripisuje se ponajprije osvajanju novih površina, odnosno intenzivnom iskorištavanju tala na područjima koja inače zbog nedovoljne prirodne opskrbljenosti vodom nisu za obradu bila upotrebljiva. Osim toga, u područjima umjerenog klimatskog pojasa navodnjavanje omogućuje znatno povećanje uroda i uvođenje novih, rentabilnijih usjeva.

Katastrofalne klimatske prilike gotovo u svim zemljama svijeta u 1972. godini izazvale su bojazan o mogućoj svjetskoj krizi hrane. To je dalo povoda Generalnoj skupštini UN da sazove Svjetsku konferenciju o hrani u listopadu 1974. Ključni problem koji je na toj sjednici razmatran bio je združeni razvoj zemljišnog fonda i sustava za opskrbu vodom natapanih površina obnovom i rekonstrukcijom postojećih te gradnjom novih natapnih mreža. Tada je, među ostalim, zaključeno da se poradi na tome, da se u narednom desetljeću (1975-85.) natapne površine povećaju za 25 %.



Sl. 20 Akvedukt rijeke Colorado

Statističkih podataka o stopi navodnjavanja u svijetu ima iz nekoliko izvora, pa se oni ponekad međusobno značajno i razlikuju što treba imati u vidu kod njihovog korištenja. Naravno, u prvom redu se koriste službeni podaci zemlje koja se obrađuje, a u pomanjkanju takovih, procjene različitih međunarodnih i nacionalnih organizacija, u prvom redu FAO i ICID. U tablici koja slijedi dati su podaci za najveći broj zemalja svijeta i to za 15-godišnje razdoblje 1971-86., a objavljenih u godišnjaku organizacije FAO za 1987. godinu. Vidljivo je da se, sumarno, ovi podaci donekle razlikuju od takvih podataka koji su ranije navedeni.

TABLICA 3

NAVODNJAVANJE U RAZNIM ZEMLJAMA SVIJETA 1971-86.
(u 000 ha)

Država	1971.	1976.	1981.	1986.
Svijet	172.552	193.933	214.146	227.520
Afrika	9.041	9.645	10.218	10.986
Alžir	239	246	270	345
Benin	3	4	5	6
Bocvana	1	1	2	2
Burkina Faso	6	8	10	14
Burundi	35	48	58	68
Čad	5	6	6	10
Egipat	2.852	2.730	2.470	2.528
Etiopija	155	158	160	162
Gambija	8	10	12	12
Gana	8	8	8	8
Gvineja	53	65	68	70
J.Afrika	1.017	1.040	1.128	1.128
Kamerun	7	10	16	22
Kapverdski o.	2	2	2	2
Kenija	32	42	40	40
Kongo	1	2	3	4
Liberija	2	2	2	2
Libija	180	205	225	236
Madagaskar	350	500	682	860
Malavi	5	15	18	18

Država	1971.	1976.	1981.	1986.
Mali	85	124	159	195
Maroko	950	1.090	1.223	1.250
Mauritanija	8	11	11	12
Mauricijus	15	15	16	17
Mozambik	28	45	70	100
Namibija	4	4	4	4
Niger	18	20	24	25
Nigerija	804	814	830	850
Obala Slonovače	22	36	46	56
Reunion	5	5	5	5
Ruanda	4	4	4	4
Senegal	119	165	170	145
Siera Leone	8	14	22	30
Somalija	115	120	150	190
Sudan	1.640	1.715	1.790	1.860
Svaziland	50	56	58	62
Tanzanija	40	65	120	129
Togo	5	6	6	7
Tunis	95	130	163	260
Uganda	4	4	6	9
Zair	0	2	7	9
Zambija	11	18	19	20
Zimbabve	50	80	130	180
Sjeverna Amerika	21.358	23.291	27.800	25.524
Belize	1	1	2	2
Dominikanska Rep.	125	145	170	200
Guadalupe	2	1	2	3
Guatemala	60	62	70	77
Haiti	65	70	70	70
Honduras	70	80	82	87
Jamajka	30	32	33	34
Kanada	437	517	625	775
Kostarika	26	41	66	110
Kuba	480	650	793	870
Martinik	1	2	5	6
Meksiko	3.750	4.816	5.020	4.900
Nikaragua	45	70	80	83
Panama	20	23	28	30
Portoriko	39	39	39	39

Država	1971.	1976.	1981.	1986.
SAD	16.170	16.690	20.582	18.102
Salvador	20	30	110	112
Sveta Lucija	1	1	1	1
Sveti Vincent	1	1	1	1
Trinidad i Tobago	1	1	1	1
Južna Amerika	5.860	6.784	7.650	8.421
Argentina	1.310	1.477	1.600	1.700
Bolivija	80	120	150	160
Brazil	900	1.400	1.900	2.400
Čile	1.200	1.245	1.257	1.257
Ekvador	470	510	525	542
Gvajana	115	122	125	127
Kolumbija	260	320	420	470
Paragvaj	50	55	60	65
Peru	1.100	1.140	1.170	1.220
Surinam	29	34	43	58
Urugvaj	52	58	85	96
Venecuela	284	303	215	326
Azija	111.768	123.935	133.743	143.975
Afganistan	2.360	2.520	2.660	2.660
Bahrein	1	1	1	1
Bangladeš	1.050	1.406	1.639	2.098
Brunei			1	1
Burma	890	985	1.073	1.059
Cipar	30	30	30	31
Filipini	864	1.070	1.269	1.450
Hong Kong	8	6	3	3
Indija	31.100	34.490	38.805	44.350
Indonezija	4.490	4.900	5.418	7.260
Irak	1.500	1.500	1.750	1.750
Iran	5.251	5.840	5.315	5.740
Izrael	171	187	203	275
Japan	3.364	3.144	3.031	2.950
Jemen, AR	215	230	245	247
Jemen, DNR	52	58	60	62
Jordan	34	36	37	43
Kampučija	89	89	89	90
Kina	39.036	43.571	44.997	44.653
Korea, NDR	500	1.000	1.050	1.150

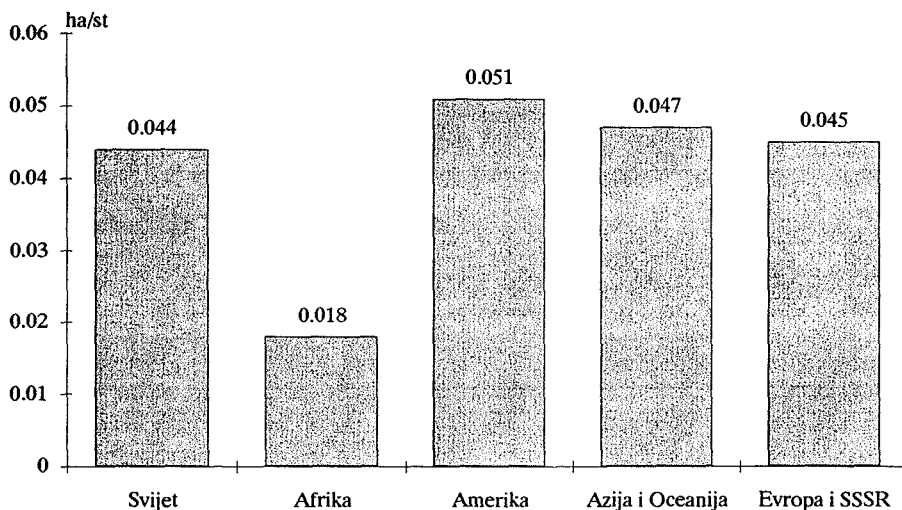
Država	1971.	1976.	1981.	1986.
Korea, Rep.	1.020	1.082	1.160	1.240
Kuvajt	1	1	1	1
Laos	19	50	116	120
Libanon	75	86	86	86
Malezija	279	312	330	336
Mongolija	12	25	35	44
Nepal	117	290	584	650
Oman	30	35	38	41
Pakistan	12.986	13.830	15.300	16.040
Saudijska Arabija	368	378	396	420
Sirija	476	547	567	652
Šri Lanka	439	483	548	607
Tajland	2.106	2.448	3.171	3.900
Ujed.Ar.Emirati	5	5	5	5
Vijetnam	980	1.200	1.650	1.790
Europa	11.451	13.338	14.851	16.266
Albanija	290	340	378	394
Austrija	4	4	4	4
Belgija-Luksemburg	1	1	1	1
Bugarska	1.021	1.147	1.185	1.242
Čehoslovačka	128	138	150	257
Danska	100	201	388	405
Finska	20	45	60	62
Francuska	760	819	1.100	1.180
Grčka	793	939	962	1.110
Italija	2.590	2.750	2.900	3.020
Jugoslavija	134	124	150	148
Mađarska	205	320	184	163
Malta	1	1	1	1
Nizozemska	390	440	490	535
Norveška	35	44	77	92
Njemačka DR	135	140	145	150
Njemačka SR	288	310	315	322
Poljska	202	198	100	100
Portugal	623	628	630	632
Rumunjska	957	1.729	2.350	3.000
Španjolska	2.625	2.854	3.058	3.220
Švedska	37	50	53	48
Švicarska	25	25	25	25
U.K. (Vel. Britanija)	87	91	145	155

Država	1971.	1976.	1981.	1986.
Oceanija	1.591	1.640	1.855	1.881
Australija	1.470	1.475	1.654	1.615
Fidži	1	1	1	1
Novi Zeland	120	164	200	265

TABLICA 4

PER CAPITA NATAPANA POVRŠINA U POJEDINIM
KONTINENTIMA SVIJETA

Kontinent	Natapana površ. 1984.god. u mil. ha	Stanovništvo 1987. u milijunima	Natapana površina ha/stan.
Svijet	219,7	4,997	0,044
Afrika	10,4	589	0,018
Amerike	35,4	691	0,051
Azija i Oceanija	138,8	2,938	0,047
Europa i SSSR	35,1	779	0,045



Sl. 21 Natapna površina po glavi stanovnika u Svijetu

Prema podacima "Journal of Irrigation and Drainage Engineering USA" ili skraćeno IJ, koji se donekle razlikuju od ranije navedenih detaljnih podataka organizacije FAO (tablica 5), od sredine XX. stoljeća do danas natapna se površina na svijetu povećala gotovo trostruko, odnosno od 94 mil. ha u 1950. na 271 mil. ha u

1986. Sadašnja stopa porasta iznosi skoro 5 mil. ha/god. u čemu prednjači Indija sa skoro 1,5 mil. ha godišnje. Tablica 5 prikazuje sumaran prikaz razvoja navodnjavanja u svijetu po kontinentima, a prema podacima IJ.

TABLICA 5

NATAPANA POVRŠINA PO KONTINENTIMA
(u mil. ha)

Kontinent	1950. god.	Pros. god. rast	1960. god.	Pros. god. rast	1970. god.	Pros. god. rast	1986. god
Europa (uključujući dio SSSR)	8	0,4	12	0,8	20	0,6	29
Azija (uključujući dio SSSR)	66	3,4	100	3,2	132	3,3	184
Afrika	4	0,1	5	0,4	9	0,3	13
Sjeverna Amerika	12	0,5	17	1,2	29	0,3	34
Južna Amerika	3	0,2	5	0,1	6	0,2	9
Australija i Pacifik	1	-	1	0,1	2	-	2
UKUPNO:	94	4,6	140	5,8	198	4,6	271

Iz tablice proizlaze veoma zanimljivi podaci da se oko 78 % svih natapanih površina na svijetu nalazi u zemljama Trećeg svijeta, te da je najveći porast natapane poljoprivrede zabilježen u desetogodištu 1960-70., kao i da se daleko najveće površine nalaze na azijskom kontinentu (oko 68 %).

5. JUGOSLAVIJA

Od ukupne površine zemlje (255.804 km²) na poljoprivredna tla otpada oko 143.000 km² (55,9 %), od čega se stvarno obrađuje (zasijava), ovisno o godini - 6 - 7.000.000 ha. Neobrađive površine čine ekstenzivni pašnjaci, te potpuno sterilne utrine, bare i trstici. Zanimljivo je napomenuti da se obrađive površine smanjuju iz godine u godinu, i to ritmom od oko 15.000 ha godišnje (1939.g. bilo je oko 7.900.000 ha oranica). Detaljniji pregled stanja površina od 1935. god. do 1989. god. dat je u tablici 6.

**PREGLED
POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA PREMA KATEGORIJAMA KORIŠĆENJA
(u tisućama ha)**

G o d i n a	SFRJ					RH				
	od toga					od toga				
	U k u p n o	Ob ra di vo	Za si ja no	Paš nja ci	Ba re i rib nja ci	U k u p n o	Ob ra di vo	Za si ja no	Paš nja ci	Ba re i rib nja ci
1935.	14.371	9.941	7.627	4.307	123	nema podataka				
1950.	13.900	9.700	6.630	4.130	89	nema podataka				
1960.	15.000	10.300	7.210	4.670	66	3.339	2.227	1.513	1.086	26
1965.	14.800	10.300	7.050	4.500	75	3.408	2.215	1.452	1.158	35
1970.	14.695	10.153	6.797	4.473	69	3.368	2.192	1.438	1.148	28
1975.	14.470	10.001	6.711	4.387	82	3.284	2.105	1.372	1.147	32
1980.	14.371	9.938	6.351	4.346	87	3.264	2.085	1.491	1.147	29
1985.	14.224	9.841	6.436	4.294	87	3.255	2.051	-	1.149	35
1989.	14.186	9.806	6.417	4.294	87	3.224	2.034	-	1.155	35

Prosječne oborine za cijelu zemlju iznose oko 1000 mm godišnje, što se može smatrati zadovoljavajućim. Dakako, postoje značajna odstupanja od područja do područja, pa tako npr. sliv Vardara ima svega oko 400 mm godišnje, dočim dijelovi Alpa i Dinarida dosižu 2000 i više mm. Velika su odstupanja od godine do godine, kao i od sezone do sezone.

Po bogatstvu površinskim vodama, Jugoslavija spada u sam vrh europskih zemalja pa i šire. U Europi su od nje bogatije samo nordijske zemlje (Island, Finska, Švedska, Norveška).

Iz vlastitih slivova ukupno godišnje prosječno otječe 129 km³ vode, što čini nešto više od 50 % ukupno palih oborina. Izraženo po glavi stanovnika (24-mil.) to iznosi 5.375 m³/st., što je 5-6 puta više nego što ima Belgija ili Mađarska, dva i pol puta više od Rumunjske ili Bugarske, ili dva puta više od Italije. Ako pak u obzir uzmemo i uvozne vode, koje su u najvećoj mjeri i tranzitne, onda raspoloživost po stanovniku dosiže vrijednost od preko 10.000 m³/st., te se ukupno otjecanje izravna s ukupnim oborinama (244 prema 255 km³).

Iako se Jugoslavija nalazi u klimatskom području gdje je navodnjavanje neophodna dopunska mjera za osiguranje adekvatnih prinosa i stabilnosti

proizvodnje kod većine usjeva, ova grana nije u takvoj mjeri i razvijena. I na tom području bitno zaostajemo ne samo za zemljama sa sličnim klimatskim uvjetima, već i iza onih u kojima prilike nisu u tolikoj mjeri nepovoljne za razvoj ove grane melioracija.

Statistički podaci ukazuju na izrazito niski stupanj korištenja raspoloživih kapaciteta, te na stagnaciju razvoja. Primjera radi spominje se da je u 1976. god. u čitavoj zemlji natapnim mrežama bilo opskrbljeno 259.000 tla, odnosno 2,6 % od obradivih površina, dok je stvarno navodnjavano svega 123.000 ha, što čini svega 1,24 % od obradive površine, odnosno da su kapaciteti korišteni s manje od 50 %. Što se pak navodnjavanih površina tiče one se već 40-tak godina vrte oko brojke od 150.000 ha s fluktuacijom oko te vrijednosti u pojedinim godinama od oko 15-tak posto.

Struktura izvorišta korištene vode kao i primjenjeni način natapanja za godinu 1988. vidljivi su na priloženim grafičkim prikazima a natapane površine u zadnjih 16 godina i na grafikonu i u tablici 7.

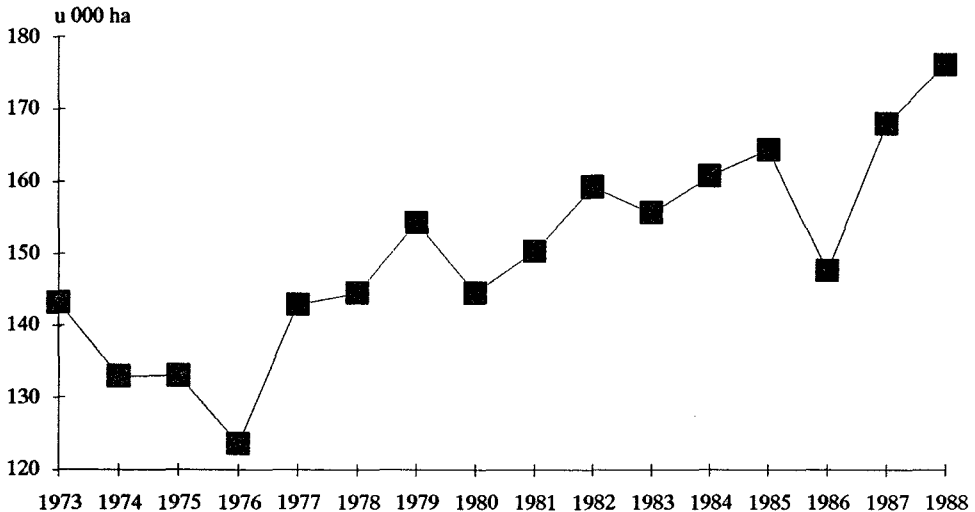
TABLICA 7

**PREGLED
NAVODNJAVANIH POVRŠINA U SFRJ ZA RAZDOBLJE 1973-88.
(u 000 ha)**

Godina	Način navodnjavanja				Kanali km	Kapaci teti m ³ /s	Instalira na snaga MW	Indeks (površine) 1973=100
	Ukupno	Površinski	Kišenje	Kapacitete				
1973.	143,18	95,52	47,66	-	7.470	98	40,70	100,0
1974.	132,93	91,30	41,62	-	5.757	72	41,55	92,8
1975.	133,05	89,26	43,79	-	10.072	88	45,60	92,9
1976.	123,60	82,96	40,64	-	9.959	102	48,33	86,3
1977.	142,87	92,56	50,31	-	10.350	134	52,52	99,8
1978.	144,50	99,77	44,73	-	6.805	181	52,88	100,9
1979.	154,33	104,84	49,49	-	8.081	153	73,30	107,8
1980.	144,51	108,56	35,95	-	9.004	179	79,80	100,9
1981.	150,40	107,70	42,36	0,37	8.070	138	74,40	105,0
1982.	159,30	108,30	48,10	2,86	8.043	123	84,20	111,3
1983.	155,70	98,79	53,85	3,07	7.976	116	83,30	108,7
1984.	160,80	95,16	62,47	3,20	8.052	135	88,10	112,3
1985.	164,40	88,31	74,61	1,46	8.090	195	87,70	114,8
1986.	147,60	71,39	74,17	2,05	8.676	211	96,60	103,1
1987.	168,00	82,54	83,64	1,86	8.604	224	111,40	117,3
1988.	176,20	80,68	93,60	1,92	8.627	174	115,80	123,2

Raspored navodnjavanih površina po republikama i pokrajinama u 1976.god. bio je slijedeći:

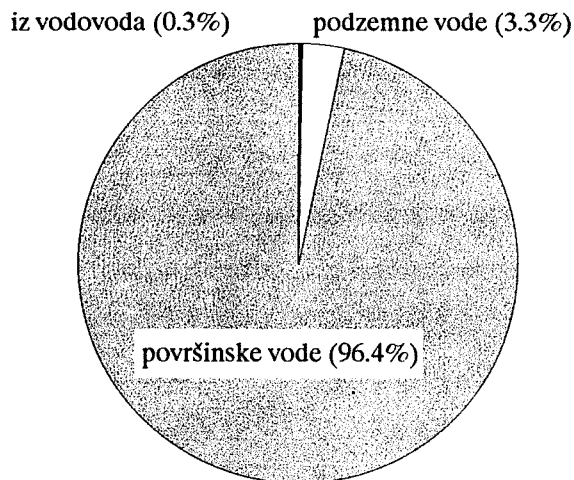
SR Makedonija	49%
SAP Vojvodina	20%
SAP Kosovo	16%
SR Srbija (bez AP)	9%
SR Hrvatska, Slovenija i Bosna i Hercegovina	6%
Svega:	<u>100%</u>



Sl. 22 Navodnjavane površine u Jugoslaviji

Prema podacima za istu 1976. god. ukupno je u toj godini bilo raspoloživo oko 10.000 km kanala za navodnjavanje od čega je 2.520 km činilo osnovnu, a 7.430 km detaljnu mrežu. Istodobno je bilo u pogonu oko 4.400 km cijevnih vodova, i to 800 km osnovne, a 3.600 km razvodne mreže. Iako je pretežni dio sustava bio gravitacijskog tipa, ipak je u pogonu bilo i 830 crpnih stanica kapaciteta oko 102 m³/h i snage 48.337 kW.

Iako po instaliranim kapacitetima sustavi za navodnjavanje u SR Makedoniji obuhvaćaju svega oko jednu trećinu svih kapaciteta u Jugoslaviji, oni su u 1976. god. isporučili poljoprivredi skoro 90 % ukupne količine vode u cijeloj zemlji.



Sl. 23 Izvorišta utrošene natapne vode u Jugoslaviji (1988.god.)

Raspored je zahvata i korištenja vode po slivovima u pojedinim republikama dosta neravnomjeran i neujednačen. Tako se u SR Bosni i Hercegovini za navodnjavanje koriste samo vode rijeke Neretve, a u SR Hrvatskoj sve količine vode upotrijebljene za navodnjavanje zahvaćene su u slivovima Jadranskog mora. U SR Makedoniji za navodnjavanje se koriste uglavnom vode Vardara i Strumice, a u Sloveniji ono nešto malo natapanja što je razvijeno koristi vode Krke i Soče. U SR Srbiji s pokrajinama za navodnjavanje se koriste vode Dunava, Tise, Morave i Ibra.

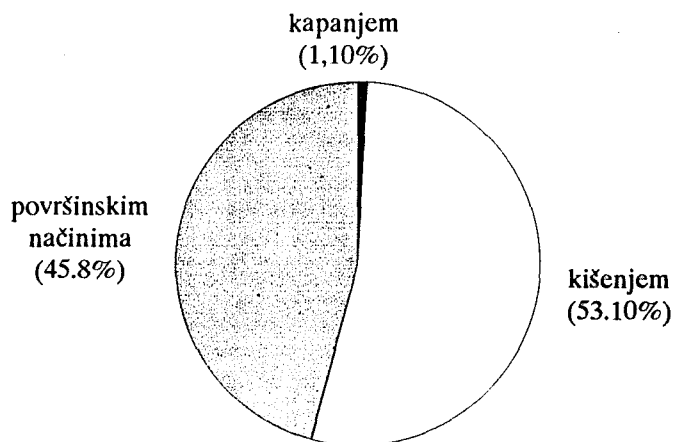
Analizirajući pak razvoj i stanje navodnjavanja po sektorima vlasništva, onda se dolazi do zaključka o očiglednoj zapostavljenosti privatnog sektora. Iako je odnos vlasništva privatnog i društvenog sektora oko 85:15, u 1976. god. stanje natapnih površina iznosilo je: privatni : društveni 41,6 : 58,4. Ako se pak analizira stupanj razvijenosti ove grane u oba sektora, onda je stanje još poraznije. Dok društveni sektor na gotovo 70 % površine primjenjuje kišenje, dotle privatni sektor to čini na jedva 7 % površina.

Svi navedeni podaci koji se odnose na Jugoslaviju uzeti su iz statističkih godišnjaka, što bi trebalo potvrditi njihovu vjerodostojnost. Ipak treba naglasiti da dobar dio tih podataka ne ukazuje na očekivani slijed razvoja. Vrijednosti rastu ili padaju bez nekog logičkog razloga, pa se postavlja pitanje o kvaliteti tih materijala. Tako npr. ako se uspoređuje stanje natapnih površina od 1975. do 1988. u odnosu na kapacitete zahvata i instaliranu snagu onda bi te vrijednosti morale biti međusobno zavisne. Raspoloživi podaci to očigledno demantiraju. To isto vrijedi i za raspored navodnjavanih površina po republikama i pokrajinama. Ranije smo naveli podatke za 1976. god., a u nastavku citiramo to isto za 1980. što bi moralo biti veoma slično s obzirom da su se ukupne površine neznatno promijenile. Kao što se vidi raspored je u nekim dijelovima bitno drugačiji. Evo tih podataka:

TABLICA 8

NAVODNJAVANJE POVRŠINE PO REPUBLIKAMA I
POKRAJINAMA 1980.GOD.

Republika	ha	%
Bosna i Hercegovina	7.516	5,2
Crna Gora	2.568	1,8
Hrvatska	6.483	4,5
Makedonija	68.179	47,2
Slovenija	394	0,2
Srbija -svega	59.372	41,1
-uži dio	3.649	2,5
-Kosovo	44.869	31,1
-Vojvodina	10.827	7,5
SFRJ	144.512	100,0



Sl.24. Načini natapanja u Jugoslaviji (1988.god.)

Specifičnost razvoja pojedinih regija ukratko će se prikazati u nastavku.

5.1. Hercegovina

Vodno područje Hercegovačkih slivova obuhvaća slivove rijeke Neretve i Trebišnjice do Metkovića, te dio sliva rijeke Cetine. Ukupna površina mu iznosi 11.419 km² od čega je obradivo oko 9% (1,034 km²), a smješteno je u kraškim poljima i riječnim dolinama. Polja su visinski, stepenasto poredana u četiri razine, počev od razine mora pa sve do oko 1.500m.n.m.

Iako je po raspoloživim količinama vode (prosječne godišnje oborine oko 1.500mm) ovo jedno od najbogatijih područja Jugoslavije uslijed neravnomjerne raspodjele i velike evapotranspiracije ljeti, redovito se u vegetacijskoj sezoni

pojavljuje suša koja bitno smanjuje urod specifičnih usjeva. S tim u vezi, uslijed nerazvijenog natapanja, zadržali su se tradicionalni usjevi otporni na sušu (vinova loza, duhan), iako postoje svi uvjeti za razvoj veoma rentabilnih usjeva, posebno u voćarstvu i povrtlarstvu.

Prvi počeci razvoja navodnjavanja sežu u doba turske vladavine (1463-1878.) i to izgradnjom nekoliko polja za potapanje u dolini donjeg toka rijeke Trebižat, sredinom XVIII. stoljeća, a radi uzgoja riže. Istovremeno je na više mjesta zabilježeno navodnjavanje povrtlarskih usjeva i rasada, ali sve to sporadično i u manjoj mjeri.

Za vrijeme austrougarske vladavine (1878-1918.) naglo se razvijaju svi vidovi vodoprivrednih djelatnosti: uređuju se ponori i vodotoci, grade se cisterne i zahvati vrela, saniraju se bujična žarišta i grade pregrade i manje brane. Dakako i u domeni navodnjavanja učinjen je vidan korak naprijed. Izgrađena su tri veća hidromelioracijska sustava i uvedeno navodnjavanje i to na području Ljubuškog polja, na nadmorskoj visini 70-80m, na površini od 1.200ha: navodnjavanje u brazde i prelijevanje; zatim u Livanjskom polju (690-720m.n.m.) na površini od 800ha, te na području Gatačkog polja (910-940m.n.m.) na površini od 900ha.

U razdoblju između dva svjetska rata nije učinjen vidan napredak u razvoju hidromelioracija, posebno navodnjavanja. Naprotiv, natapani sustavi u Gatačkom i Livanjskom polju nisu redovito održavani, tako da su potpuno zapušteni i na kraju propali. Sustav u Ljubuškom polju se u tom razdoblju proširio i dostigao površinu od 1.500ha.

Iza Drugog svjetskog rata počeo se intenzivno planirati razvoj vodoprivrede, a u prvom razdoblju prioritet su dobila jednonamjenska rješenja za energetske korištenje voda, te obrane od poplave i odvodnjavanja. Učinak ovih ulaganja na razvoj poljoprivrede, što je bilo i za očekivati, bio je veoma skroman. Ovdje treba naglasiti da je politika građenja jednonamjenskih rješenja, više-manje u čitavoj zemlji, u prva dva desetljeća (a i kasnije!) iza rata prouzročila poljoprivredi velike štete, i to u vrijeme kada je cijeli svijet već odavno utvrdio prednosti kompleksnih rješenja. Ipak je u ovom razdoblju uvedeno navodnjavanje na više lokaliteta u dolini Neretve, zatim u okolici Stoca, Trebinja i Čapljine. Znatno je proširen natapni sustav u Ljubuškom polju, a izgrađen je i prvi sustav za natapanje kišenjem u Popovu polju (1984.) na površini od 900ha. Na više lokaliteta izgrađeni su manji sustavi za natapanje kapanjem i to poglavito u voćarskim nasadima (vinogradi, aktinidije i dr.).

Prema podacima vodoprivredne službe BiH u 1990. god. se na području Hercegovine natapalo ukupno 8.455ha tla i to po klimatskim zonama kako slijedi:

visoka	200 ha
gornja	470 ha
srednja	4780 ha
donja	3005 ha
<hr/> <hr/>	
Svega:	8455 ha

Istovremeno su bili razrađeni planovi da bi perspektivno na ovom području navodnjavanje trebalo razviti na ukupnoj površini od 75.399ha.

5.2. Ostala područja bivše Jugoslavije

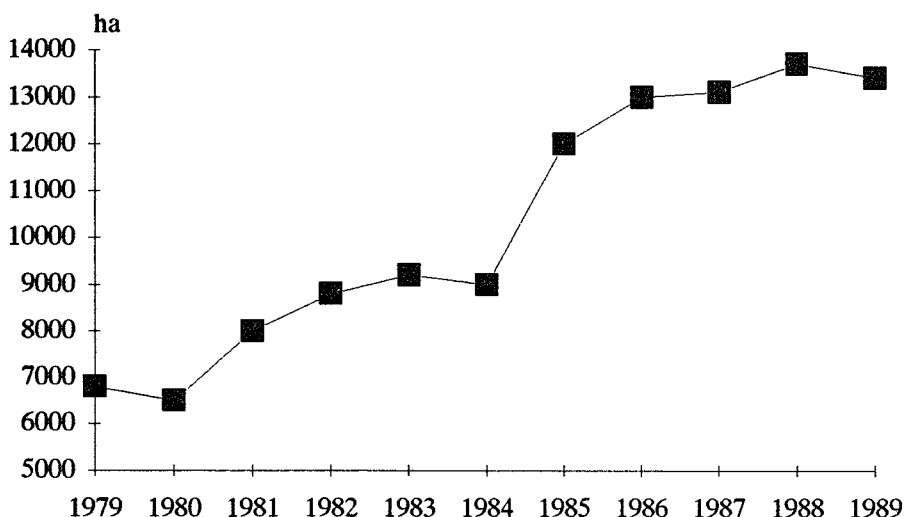
U programu sadržaja ovog poglavlja bilo je planirano, da se od bivše Jugoslavije detaljnije opiše sadašnje stanje navodnjavanih površina u SR Makedoniji i pokrajini Kosovo i to s razloga što su to najsušnija područja države, a s velikim mogućnostima razvoja poljoprivredne proizvodnje. Poznato je da pokrajina Kosovo raspolaže s oko 70.000ha tla prikladnog za navodnjavanje i da su radi realizacije toga cilja u zadnja 3 desetljeća postignuti značajni uspjesi i uložena velika sredstva. S druge pak strane, savezni zakon (i financiranje) o razvoju melioracija u Makedoniji donesen 60-tih godina, omogućio je izgradnju većeg broja akumulacija i natapnih sustava tako da se danas u toj republici natapa oko 50% od ukupnih površina u bivšoj Jugoslaviji.

U cilju ostvarenja toga programa bili su angažirani suradnici s tog područja radi prikupljanja podataka, ali razbuktavanje rata tokom 1991. onemogućilo je realizaciju toga plana.

6. REPUBLIKA HRVATSKA

Prema meteorološkim prilikama u Republici Hrvatskoj postoji potreba navodnjavanja na većem broju regija, ovisno o tipovima tala i vrsti usjeva. U pravilu potrebe se smanjuju od istoka prema zapadu, a učestalost sušnih godina u Slavoniji i Baranji iznosi oko 35 %. U Dalmaciji i Hrvatskom primorju (posebno u Istri) gotovo se redovno pojavljuju suše za vrijeme vegetacijskog razdoblja. Prema Tomiću (1988) nedostatak vlage u ljetnim mjesecima najizraženiji je uzduž obale (od Umaga do Dubrovnika), a zatim u istočnoj Slavoniji (Vinkovci, Osijek). Analiza zadnjeg petogodišta (1985 - 89) za Slavoniju i Baranju pokazuju da su sve te godine bile sušne, s prosjekom godišnjih oborina ispod 600 mm.

Prema statističkim podacima u Hrvatskoj se 1989. god. navodnjavalo ukupno 13.290 ha od čega 56,1 % u društvenom i 43,9 % u privatnom sektoru. U istočnom dijelu republike najveće površine su natapane na imanjima VUPIK-a, Belja, IPK Osijek i PIK Đakovo. Povijesni razvoj, sadašnje stanje i perspektiva razvoja navodnjavanja u obalnom pojasu će se obraditi u posebnim točkama.



Sl. 25 Navodnjavane površine u Hrvatskoj u razdoblju 1979 - 89.

6.1. Navodnjavanje u Dalmatinskim slivovima

Vodno područje dalmatinskih slivova površine 15. 126 km² raspolaže s 44.647 ha melioracijskih površina (ukupno obradivih ima 203.200 ha), a to čini svega oko 2,5% ukupnih melioracijskih površina u RH.

Od ukupne melioracijske površine (44.647 ha) pogodno za navodnjavanje je 36.580 ha ili 81,9%, a sada se navodnjava svega 4.334 ha ili 11,85%, dok je na preostalih 2.892 ha (7,91%) navodnjavanje djelomično provedeno, odnosno, natapni sustavi nisu u punoj funkciji. U nastavku će se dati kratak prikaz razvoja i sadašnjeg stanja najinteresantnijih sustava.

6.1.1 Dalmatinski Rastok

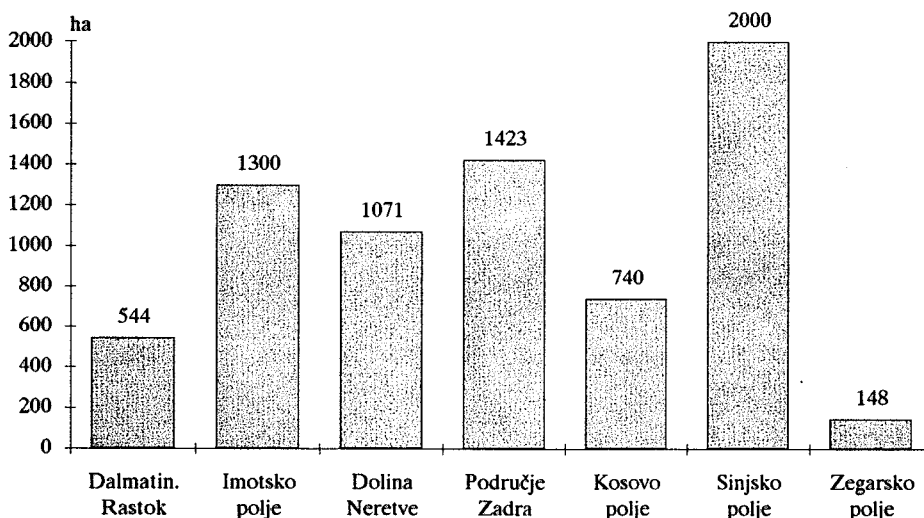
Ovo krško polje ima ukupnu površinu od 970 ha a nalazi se na području dviju republika: Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Hrvatski dio ima površinu od 544 ha (općina Vrgorac), a hercegovački 426 ha (općina Ljubuški).

Natapni sustav infiltracijom (brazde) sagrađen je još u doba Austro-ugarske monarhije, a koristi vode vodotoka Mlada iz kojeg se voda zahvaća u natapni kanal Parilo - Brza dovodne dužine oko 5 km koji se potom grana u kanale nižeg reda i brazdama razvodi po polju. U novije vrijeme na društvenom imanju od oko 35 ha izgrađen je moderni sustav natapanja kišenjem.

6.1.2. Imotsko-Bekijsko polje

Ovo krško polje je presječeno državnom granicom, a od ukupne površine od brutto 9500 ha u RH se nalazi oko 4400 ha a u BiH 5100 ha. U razdoblju od 1953. do 1958. god. izgrađen je natapni sustav na površini od oko 1500 ha (Imotski 1300 ha i Bekijski 200 ha) i to zahvatom vode na izvoru rijeke Vrljike (Opačac) i u koritu također rijeke Vrljike. Sustav je gravitacijskog tipa s razvođenjem vode betonskim kanalima i natapanjem brazdama. U novije doba voda se iz betonskih razvodnih kanala zahvaća crpnim agregatima i natapa kišenjem (jer je mreža oštećena i nefunkcionalna).

Izgradnjom akumulacije na vodotoku Ričica (zapremine oko 40 mil. m³) projektiran je natapni sustav za navodnjavanje kišenjem čitave površine polja (netto 8.133 ha), pa se pretpostavlja da će u najskorije vrijeme ovaj sustav biti i realiziran.



Sl. 26 Raspored navodnjavanih površina na području Dalmacije

6.1.3. Donja Neretva

Uže područje delte rijeke Neretve, s izrazito niskim kotama (od 0 do 2 m.n.m.) ima površinu od 12.425 ha i tlo je veoma pogodno za poljoprivrednu proizvodnju iako je pod utjecajem saliniteta mora. U razdoblju iza drugog svjetskog rata izrađen je projekt navodnjavanja čitave površine. Od 1965. god. kada se natapni sustav počeo graditi, izveden je zahvat uzvodno od utjecaja uspora mora, zatim crpna stanica, dovodni tunel i kanal ukupne dužine oko 10 km i to sve kapaciteta 7 m³/s. Ovaj sustav je planiran za natapanje oko 7000 ha površine.

Do sada je na ovom području izgrađeno natapnih mreža na ukupnoj površini od 1071 ha, uglavnom kišenjem i nešto kapanjem i to:

- a) Luke, površine 247 ha, kišenje polustacionarnog tipa
- b) Koševo - Vrbovci, površine 250ha, isto kao pod a)
- c) Opuzen - ušće, 404 ha kišenje i 70 ha kapanje
- d) Vidrice, 100 ha kišenje polustacionarno.

6.1.4. Područje Zadra

Razvoj navodnjavanja u ovom području u stalnom je usponu negdje iza 70-tih godina, iako je sporadičnih pokušaja bilo i mnogo ranije. U ovom 20-godišnjem razdoblju realizirano je nekoliko značajnijih sustava, uglavnom u organizaciji Agrozadra i to:

a) Na površinama Bokanjačkog Blata (ukupna površina 404 ha) izgrađen je polustacionarni sustav kišenjem sa zahvatom vode iz izvorišta Jezerac, koje se ranije koristilo za opskrbu vodom grada Zadra.

b) Za navodnjavanje Donje Baštice izgrađena je akumulacija Grabovac zapremine $0,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ iz koje se navodnjava polustacionarnim kišnim sustavom površina od 100 ha.

c) Iz akumulacije Baštica, zapremine $1,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ navodnjavaju se tri lokaliteta i to Gornja Baštica površine 257 ha, Smilčić 100 ha i Kašić 50 ha. Sve ove površine su zasađene voćnim nasadima, a navodnjavanje je kišenjem polustacionarnog tipa.

d) Na području Vranskog polja izgrađen je polustacionarni sustav za natapanje kišenjem sa zahvatom vode iz postojećeg vodovoda Kotarka. Sustav pokriva ukupnu površinu od 512 ha a uzgaja se pretežno povrće.

6.1.5. Kosovo polje

U dolini rijeke Krke uzvodno od Knina nalazi se Kosovo polje površine 1940 ha na kome je izgrađen natapni sustav na površini od 740 ha. Sustav je gravitacijskog tipa uz dovod vode betonskim kanalima i natapanjem u brazde, a voda se uzima iz dviju malih akumulacija. Sustav je loše održavan i u zapuštenom stanju.

6.1.6. Sinjsko polje

Na sinjskom polju, površine oko 4000 ha, kroz koji protječe rijeka Cetina, sve do 1988. god. navodnjavala se svega jedna rudina od 250 ha, što je praktički napušteno. U 1988. godini pristupilo se improviziranom natapanju oko 2000 ha površina na desnoj obali Cetine na taj način što je voda u vegetacijsko razdoblje upuštena u odvodnu melioracijsku mrežu u kojoj su razine regulirane ustavama. Ovaj se pokušaj pokazao dosta uspješan, ali za trajno rješenje već je projektiran polustacionarni sustav kišenjem za čitavu površinu polja.

6.1.7. Žegarsko polje

Na Žegarskom polju smještenom u dolini rijeke Zrmanje, a površine oko 270 ha, 1970 godine izgrađen je polustacionarni sustav za natapanje kišenjem na površini od 148 ha. Voda se zahvata iz rijeke Zrmanje. Kako istovremeno sa izgradnjom sustava nisu riješeni imovinsko-pravni odnosi (izgrađeni sustav je na privatnom zemljištu), a nikada po izgradnji sustava nije određen upravljač, to je zbog dugogodišnjeg neodržavanja zapušten i potpuno propao.

6.1.8. Zaključno

Navedeni primjeri realiziranih projekata za navodnjavanje najvrijednijih površina dalmatinskih slivova ni približno ne odražavaju potrebe i mogućnosti. Izradene detaljne studije uz ekonomsku opravdanost ukazuju na potrebu navodnjavanja 36.580 ha površina. Potrebne količine vode za tu namjenu namiriti će se u prvom redu iz planiranih akumulacija na prikladnim presjecima brdskih vodotoka. Pojedinačno se predviđa kako slijedi:

Donja Neretva	7.000 ha
Imotsko polje	4.000 ha
Dalmatinski Rastok	740 ha
Vrgorsko polje	3.000 ha
Sinjsko polje	4.050 ha
Hrvatačko polje	1.500 ha
Vransko polje	3.150 ha
Konavosko polje	1.300 ha
Petrovo polje	3.520 ha
Ostala manja polja na čitavom području	8.320 ha
SVEGA:	36.580ha

6.2. Navodnjavanje u Primorsko-istarskim slivovima

Vodno područje Primorsko-istarskih slivova zauzima površinu od 10.500 km² a obuhvaća 19 općina: cijelu Istru (hrvatski dio), Hrvatsko Primorje, dvije općine u Gorskom Kotaru (Delnice i Čabar) i dvije općine u Lici (Gospić i Otočac).

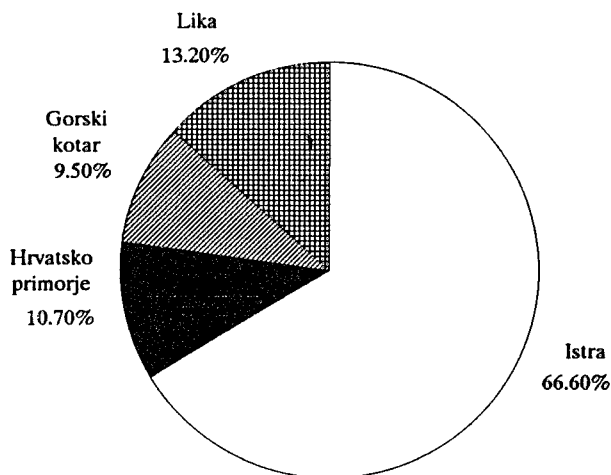
Ukupne melioracijske površine područja iznose 41.000 ha, a raspoređene su u rječnim dolinama, zatvorenim krškim poljima i na platoima.

Grupirane su kako slijedi (brutto površine)

Sliv rijeke Raše i Boljunčice	4.830 ha
Sliv rijeke Mirne	4.700 ha
Ostali slivovi Istre	3.790 ha
Područja zapadne Istre	14.000 ha
Slivovi Hrvatskog primorja	4.400 ha
Slivovi Gorskog kotara	3.880 ha
Slivovi Like	5.400 ha

SVEGA: 41.000 ha

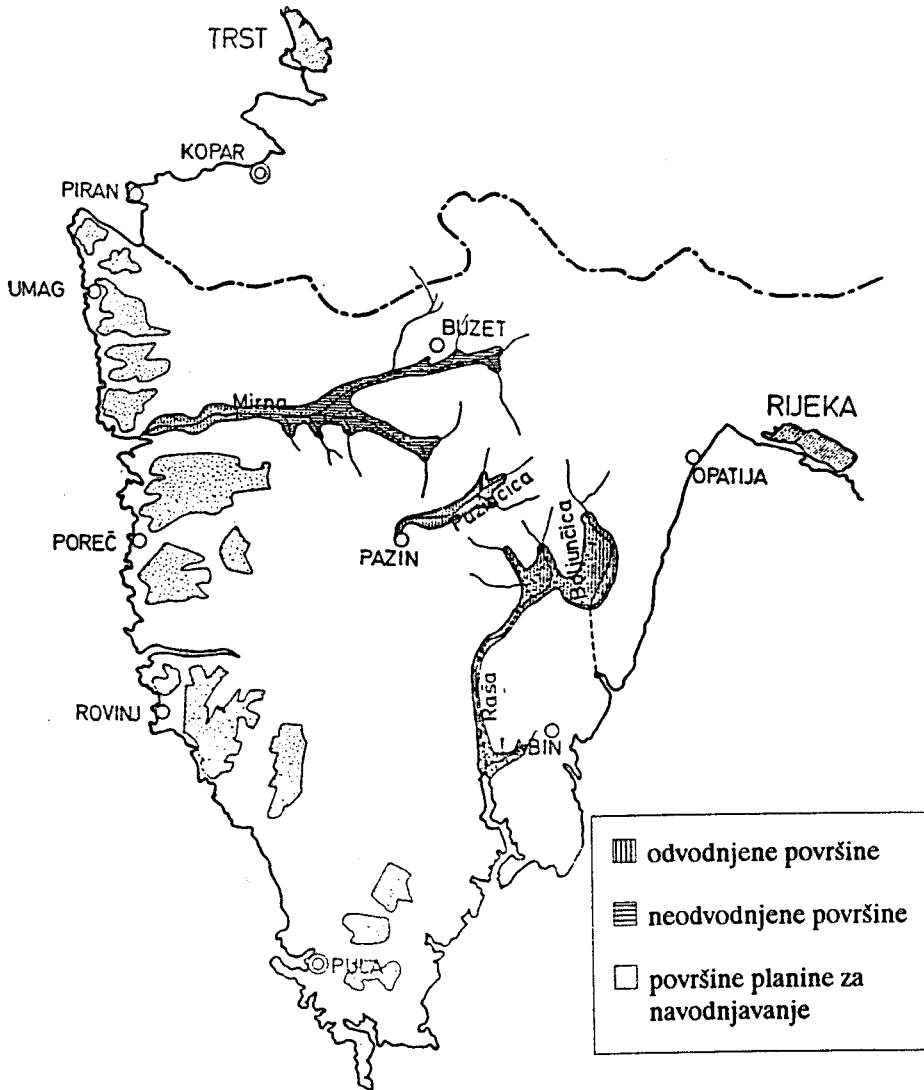
Prema raspoloživim količinama vode, klimatskim prilikama i tehničkim mogućnostima, natapni sustavi bi se mogli realizirati na oko 30.000 ha površine.



Sl. 27 Raspored melioracijskih površina na području Primorsko-istarskih slivova

6.2.1. Dosadašnji razvoj

Za vrijeme talijanske administracije, odnosno prije Drugog svjetskog rata, na ovom je području navodnjavanje bilo tek u začecima i ograničeno na neka imanja u okolici Pule, zapadne Istre i donjeg toka rijeke Raše. Bilo je izrađeno više studija i projekata (neki još u doba Austrije), ali do njihove realizacije nije došlo jer su se forsirali radovi obrane od poplave i odvodnje (isušenje Čepičkog jezera i Donje Raše, te melioracija donje Mirne).



Sl. 28 Melioracijske površine u Istri

Odmah iza Drugog svjetskog rata stvarani su veliki planovi za dovršenje melioracijskih radova, te za razvoj navodnjavanja, ali nakon euforičnog početka, oduševljenje je splasnulo i uglavnom nije učinjeno ništa značajno. Ipak između 1950. i 1960. godine izgrađeni su neki sustavi za natapanje, a neke su se površine natapale pokretnim uređajima. Stanje je u to doba bilo slijedeće:

a) Na desnoj strani doline Donje Mirne, između 1950. i 1955. godine, izgrađen je natapni sustav na površini od 210 ha pomoću prefabriciranih kanaleta tipa Rosa Cometta. Voda se dovodila glavnim natapnim kanalom iz izvora Gradole, a bilo je predviđeno da se natapa prelijevanjem. Kako je sve to izgrađeno dobrim dijelom na privatnim posjedima bez prethodne komasacije i uređenja parcela sustav se nije nikada ni počeo koristiti, već je odmah po dovršenju napušten, a desetak godina nakon toga sve su građevine uglavnom srušene i površine očišćene od otpadnih materijala.

b) Na društvenom imanju Valtura (Pula) gotovo bez prekida se prakticira natapanje kišenjem primjenom bočnih krila i to na površini 30-40 ha, koliko dozvoljava raspoloživa količina vode iz dvaju bušenih bunara lociranih na samom imanju. Natapa se uglavnom krmno bilje i ratarski usjevi. Nedavno je izrađen projekt da bi se natapana površina proširila na 180 ha time što bi se voda crpila cijele godine, te u izvanvegetacijsko razdoblje skladištila u odgovarajućoj akumulaciji.

c) U području rijeke Raše i Boljunčice prakticiralo se natapanje povrtlarskih usjeva na rudini Valeta (Raša) u površini od oko 10 ha i Rakita (Čepić-polje) na površini od oko 40 ha i to pokretnim kišnim agregatima. Natapanje se ne prakticira već više od 20 godina.

d) Za potrebe projekta UNDP/FAO YUG/73/009 o razvoju navodnjavanja u Istri financiranog od UNDP i Vodoprivrede i realiziranog u razdoblju od 1973 - 85. izgrađene su tri pokusno-natapne plohe (Špinel 24 ha, Krvar 25 ha i Savudrija 17 ha) opskrbljene najsuvremenijom opremom za natapanje i svim potrebnim uređajima (bunari, crpne stanice i dr.) na ukupnoj površini od 66 ha.

e) Na otoku Krku, u predjelu jezera Njivice izgrađen je sredinom 50-tih godina stabilan natapni sustav za natapanje nasada bresaka na površini od oko 15 ha. Nasad i natapna mreža su nakon nekoliko godina "eksperimentiranja" napušteni i već odavno nema od toga nikakva traga.

Na pojedinim izdvojenim i manjim površinama povremeno se prakticiralo natapanje kišenjem pokretnim agregatima, pretežno za povrtlarske usjeve, ali je to redovito bilo kratka vijeka.

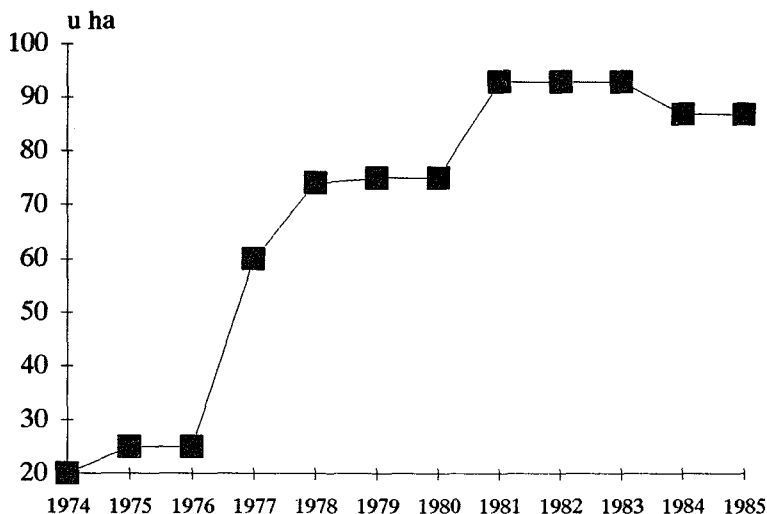
6.2.2. Sadašnje stanje

Iz prethodnog izlaganja je vidljivo da je u raznim periodima poslijeratnog razdoblja na ovom području bilo izgrađeno i povremeno u pogonu natapnih mreža na ukupnoj površini od oko 380 ha. Ti su sustavi gotovo isključivo bili locirani na

području Istre. Od projekata koji su realizirani u razdoblju 1950 -80. godine, danas se natapanje provodi na ne više od 10 % površina. Sve analize koje su do sada provedene ukazuju na zaključak da uzroci takovom stanju nisu ni klimatski ni gospodarski, već očigledno neki drugi.

Statistički podaci za razdoblje od 1974 do 1985. za Zajednicu općina Rijeka (zapravo samo Istra) ukazuju na slijedeće kretanje natapanih površina:

1974.	20 ha
1975.	25 ha
1976.	25 ha
1977.	60 ha
1978.	74 ha
1979.	75 ha
1980.	75 ha
1981.	93 ha
1982.	93 ha
1983.	93 ha
1984.	87 ha
1985.	87 ha



Sl. 29 Kretanje navodnjavanih površina u Istri (1974-85.)

6.2.3. Zaključno

U razdoblju od 1970.god. do danas izrađene su na ovom području dvije veoma značajne i temeljite studije o potrebi i mogućnostima razvoja navodnjavanja i to za dva najznačajnija poljoprivredna rajona regije: Istre i Like (općine Otočac i Gospić).

Plan razvoja natapanja za područje Istre izrađen je veoma detaljno obradom svih bitnih podloga i to u okviru UNDP/FAO projekta YUG/73/009 koji je trajao ukupno 15 godina. Od ukupno raspoloživih 168.000ha poljoprivrednih površina na poluotoku, izdvojeno je 18.600ha tla klase 1 te izrađen detaljan plan podjeljen u šest natapnih sustava koji se opskrbljuju vodom iz osam planiranih akumulacija.

Za područje ličkih slivova gdje se nalazi 14.215ha nizinskih poljoprivrednih površina izrađen je plan natapanja u okviru vodoprivredne osnove i izdvojeno 5.400ha najvrijednijih površina u dolinama Like i Gacke te izrađeno tehničko rješenje za navodnjavanje uz odgovarajuću ekonomsku dokumentaciju.

Kao što je na početku izlaganja naglašeno, na ovom je području u proteklih 40-tak godina učinjen veliki broj pokušaja da se pokrene trend razvoja natapanja, ali nažalost bez ikakvih vidnih rezultata. Stručne pripreme i pokušaji su više-manje bile u skladu s naraslim potrebama, ali je odgovarajuća podrška političkih i upravnih faktora u pravilu zakazala. To se posebno eklatantno odrazilo sredinom 80-tih godina, po dovršenju studije razvoja natapanja u Istri, kada je nekoliko međunarodnih financijskih institucija, na svoju inicijativu, ponudilo sredstva za razvoj, pa je čak jedna delegacija doputovala u Beograd radi pregovora, ali ne samo da to nije prihvaćeno, već se uopće nije mogla pronaći odgovorna osoba ili grupa koja bi s njom mogla pregovarati, pa je jasno neobavljena posla vratila se odakle je i došla. I na kraju kao opći zaključak treba istaknuti, bar što se ovoga područja tiče, osnovni preduvjet za bilo kakav pomak iz stagnacije u pravcu razvoja, jeste radikalna promjena odnosa društva u ovoj domeni, jer ako toga nema, beskorisni su pojedinačni pokušaji kojih je u nedavnoj praksi bilo u povećem broju.

7. OPĆI ZAKLJUČAK

Opća ocjena o stanju navodnjavanja i mjestu u toj grani Republike Hrvatske u svijetu bila bi veoma nepovoljna. Naime, detaljan prikaz povijesnog razvoja i sadašnjeg stanja ove grane gospodarstva u sklopu analize gotovo svih zemalja svijeta ukazuje na činjenicu da Hrvatska ima u prosjeku oko 15 puta natapanih površina manje, računajući u hektarima po glavi stanovnika, od svjetskog prosjeka. Dakako, ovisno o klimatskim uvjetima, gospodarskoj snazi i političkom sustavu postoje u pojedinim zemljama bitna odstupanja od tog općeg prosjeka.

Iz navedenih podataka i konstelacija proizlazi da je neophodno učiniti znatno veće stručne, političke i financijske napore kako bi se povoljne klimatske, pedološke i druge prirodne značajke tala naše zemlje znatno bolje koristile, pored ostaloga izgradnjom i adekvatnim korištenjem odgovarajućih natapnih sustava. Česte i značajne oscilacije prosječnih prinosa i ukupne poljoprivredne proizvodnje, zavisno od sušnosti ili vlažnosti pojedinih godina, koje izazivaju osjetljive poremećaje u unutarnjim gospodarskim prilikama i vanjskotrgovinskoj bilanci,

mogle bi se znatno ublažiti, a možda i sasvim eliminirati, širom primjenom navodnjavanja i manjom ovisnošću od slučajnih prirodnih nepogoda.

Jedan od osnovnih nedostataka politike razvoja hidromelioracijskih zahvata u našoj zemlji jeste odsutnost sustavnog, kontinuiranog i dugogodišnjeg kompleksnog znanstveno-istraživačkog rada o razvoju ove grane gospodarstva u glavnim poljoprivrednim i klimatskim rajonima zemlje. Na temelju takovih analiza dobile bi se ne samo tehničke mogućnosti već i ekonomska opravdanost razvoja hidromelioracijskih sustava, odnosno mjerodavni kriteriji za adekvatno gospodarsko vrednovanje upotrebe vode u poljoprivredi, što čine gotovo sve razvijene zemlje svijeta. Iako nepovoljne političke prilike u bivšoj Jugoslaviji i ratna razaranja u Republici Hrvatskoj momentalno onemogućavaju neposredne akcije u tom pogledu, treba se pripremiti da u neposrednoj budućnosti čim nastupe stabilne političke prilike, započne sistematska aktivnost u toj oblasti koja bi se morala temeljiti na slijedećim postavkama:

a) veličina početne faze razvoja navodnjavanja mora biti ograničena (razvoj po fazama), tj. u početku treba izbjegavati gradnju velikih sustava i skupih građevina. Pri tome treba imati na umu da su to vrlo često ulaganja koja izazivaju dalekosežne društveno-gospodarske promjene, obično preobražaj čitavog kraja, pa je za to potrebna i jača materijalna podrška društva.

b) projektiranju i građenju bilo koje hidrotehničke građevine ili natapnog sustava mora prethoditi izrada detaljne i sustavne poljoprivredno-gospodarske osnove odgovarajućeg područja. Posebno treba proučiti fizičke i kemijske značajke tla, rentabilnost usjeva, koji se planiraju uzgajati, kao i ekonomsku korist od pothvata kao cjeline.

c) I konačno, iako su tehnički, gospodarski i financijski uvjeti povoljni i zadovoljavajući, to još uvijek ne osigurava uspjeh poduhvatu. Bitnu ulogu ima i jedan psihološki moment: poljoprivrednik mora biti upoznat i uvjeren u potrebu i korist koju mu natapanje donosi. Nadalje on mora biti podučen kako da na najbolji način upotrebljava tlo, vodu, raznu opremu i sl. u suprotnom postoji velika vjerojatnost da čitav pothvat doživi neuspjeh, u što smo se, uostalom već nebrojeno puta na više mjesta i uvjerali. Takav promašaj kompromitira akciju i bitno smanjuje mogućnost adekvatnog razvoja u budućnosti.

8. BIBLIOGRAFIJA

1. Buras, N.: *The Need for Education and Training in Geosciences for the Development of Third World Countries*. In: *Water International* Vol.16, No 2 (1991), 59-63.
2. Cattoni, A.: *Guida pratica dell'irrigazione a pioggia*, Edagricole, Bologna 1977; str.183.
3. De Passa, J.: *Recherches sur les Arrosages chez les Peuples Anciens*. Tome I-IV. Editions d'Aujourd'hui, 1981.
4. Goluža, M.: *Povijesni pregled razvoja navodnjavanja u Hercegovini*. Rukopis, str. 7. (1991)
5. Jensen, M.E.: *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. Str. 829 The American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, Michigan 49085, 1981.
6. Kos, Z.: *Razvoj i stanje hidromelioracija u Jugoslaviji i u nekim susjednim zemljama*. U: Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 1. str. 19-59. Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb 1983.
7. Kos, Z.: *Rimske hidrotehničke građevine u Libiji*, Građevinar Zagreb, br. 6, god. XVII., 1965; str. 217-229.
8. Kos, Z.: *Kratak historijski pregled melioracionih radova u dolini Mirne*. Građevinar Zagreb, br. 8, god. XVIII., 1966. str. 315-321.
9. Kos, Z.: *Hidrotehničke melioracije tla. Navodnjavanje*. Udžbenik str. 216. Školska knjiga, Zagreb, 1987.
10. Pejaković, B.: *Navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta na vodnom području Dalmatinskih slivova*. Rukopis, str. 6 (1991.).
11. Van der Leeden, F.: *The Water Encyclopedia*, Second Edition, 1990. Lewis Publishers, 121 South Main Street, Chelsea, Michigan 48118.
12. Stepinac, A.: *Drevni zahvati podzemnih voda*, Građevinar 32 (1980) 2, str. 77-81, Zagreb.
13. Vladisavljević, Ž.: *O vodoprivredi. Pogledi i metode*. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd 1969. str. 387.
14. Vučić, N.: *Navodnjavanje poljoprivrednih kultura*. Udžbenik, str. 439. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1976. god.
15. Zhifang, X.: *Irrigation Water Management in China*, Wuhan, China, 1985.
16. Zhifang, X.: *Irrigation of Rice in China*, Wuhan, China, 1984.

17. Zonn, I.S.: *Irrigation in the World*. In: ICID Bulletin, July 1974., 48, Nyaya Marg, Chankyapuri, New Delhi - 110021 - India.
18. Zonn, I.S.: *A History of Ancient Irrigation in the Soviet Union*. In: ICID Bulletin, July 1981. Vol.30, No 2. 48, Nygaya Marg, Chankyapuri, New Delhi - 110021 - India.
19. x x x : *Irrigation in Bulgaria*. Published on the occasion of the Eighth International Congress on Irrigation and Drainage, Varna, May 1972.

REGIONALNA HIDROLOŠKA ANALIZA POTREBA NATAPANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Prof.dr. OGNJEN BONACCI,
Građevinski fakultet
Sveučilišta u Splitu

1. UVOD

Republika Hrvatska ima površinu od 56538 km². Prema geografskoj podjeli sastoji se od slijedećih 5 velikih geografskih cijelina:

1. Istočna Hrvatska (11090 km²)
2. Središnja Hrvatska (19685 km²)
3. Sjeverno primorje (Istra i Kvarner) (6092 km²)
4. Dalmacija (11758 km²)
5. Gorska Hrvatska (Gorski kotar i Lika) (7913 km²)

Ova geografska podjela tek je jednim dijelom adekvatna za svrhu kojoj je namijenjen ovaj rad. Njegov osnovni zadatak je da izvrši opću regionalnu analizu hidrometeoroloških uvjeta za potrebe natapanja kulturnog bilja u Republici Hrvatskoj. Vrlo je interesantno naglasiti da ovakovih analiza do danas nije bilo, što je u najmanju ruku čudno, ali i zabrinjavajuće. Ovim radom želi se barem definirati metodologija koja će omogućiti sustavno rješavanje ovog inače vrlo složenog, ali i gospodarski izrazito značajnog problema.

Kao prvo pitanje nameće se potreba i mogućnost regionalizacije sa sasvim određenom svrhom, a ta je vezana sa analizom potreba natapanja. U tom smislu značajna su tri faktora:

1. Klimatski
2. Pedološki
3. Vegetacioni

Teško je reći koji je od njih primaran, a još je teže izvršiti potpuno objektivnu regionalizaciju uvažavajući sve navedene faktore uz ispunjavanje uvjeta da ona ne bude previše usitnjena.

U prvoj fazi analize stoga smo se priklonili hipotezi da je ključni faktor vezan s navodnjavanjem klimatološki, te da je od klimatoloških elemenata najbitnija oborina. Za vremensku jedinicu analize uzet je mjesec. Polazeći od gore navedenih postavki, od velike pomoći za regionalizaciju teritorija Republike Hrvatske bio nam je rad Pandžića (1988) u kojem je primjenom faktorske analize analizirani teritorij podijeljen na četiri regije u kojima prema njegovim istraživanjima padaju homogene oborine.

Na slici 1 dat je grafički prikaz ove podjele izvršene na bazi 80 kišomjernih stanica. Prva regija geografski odgovara Istočnoj Hrvatskoj. Druga regija poklapa se sa Središnjom Hrvatskom. Treća regija u biti je sastavljena od Sjevernog primorja, Gorske Hrvatske i dijela Sjeverne Dalmacije do otprilike korita vodotoka rijeke

Krke. Četvrta regija predstavlja Srednju i Južnu Dalmaciju. Na slici 1 prikazani su i oborinski režimi u četiri izabrane regije. Dok u prvoj vlada tipičan kontinentalan režim sa godišnjom oborinom od 600-700 mm i jednim izraženim maksimumom u VI mjesecu, te drugim manje izraženim u XI mjesecu, u drugoj regiji godišnje oborine više su za 100-200 mm. Kontinentalni oborinski režim i ondje je dominantan, ali se utjecaj maritimne mediteranske klime najviše osjeća u izraženom maksimumu u XI mjesecu. Treća regija spada pod bitan utjecaj maritimnog oborinskog režima, ali u njoj postoje i neki utjecaji kontinentalnog režima. Prosječna godišnja oborina iznosi oko 1000 mm. Četvrta regija spada pod isključiv mediteranski oborinski režim s tim da se ovdje godišnje oborine kreću od 1000 mm pa naviše. Izražen je ljetni maksimum i minimum u toku XI mjeseca. Zbog lakšeg lociranja regija prvu ćemo nazvati područjem Slavonije i Baranje, drugu Središnje Hrvatske, treću Gornjeg Jadrana, a četvrtu Južnog Jadrana.

U prvoj fazi obradit će se meteorološki podaci sa slijedećih deset meteoroloških stanica u četiri izabrane regije:

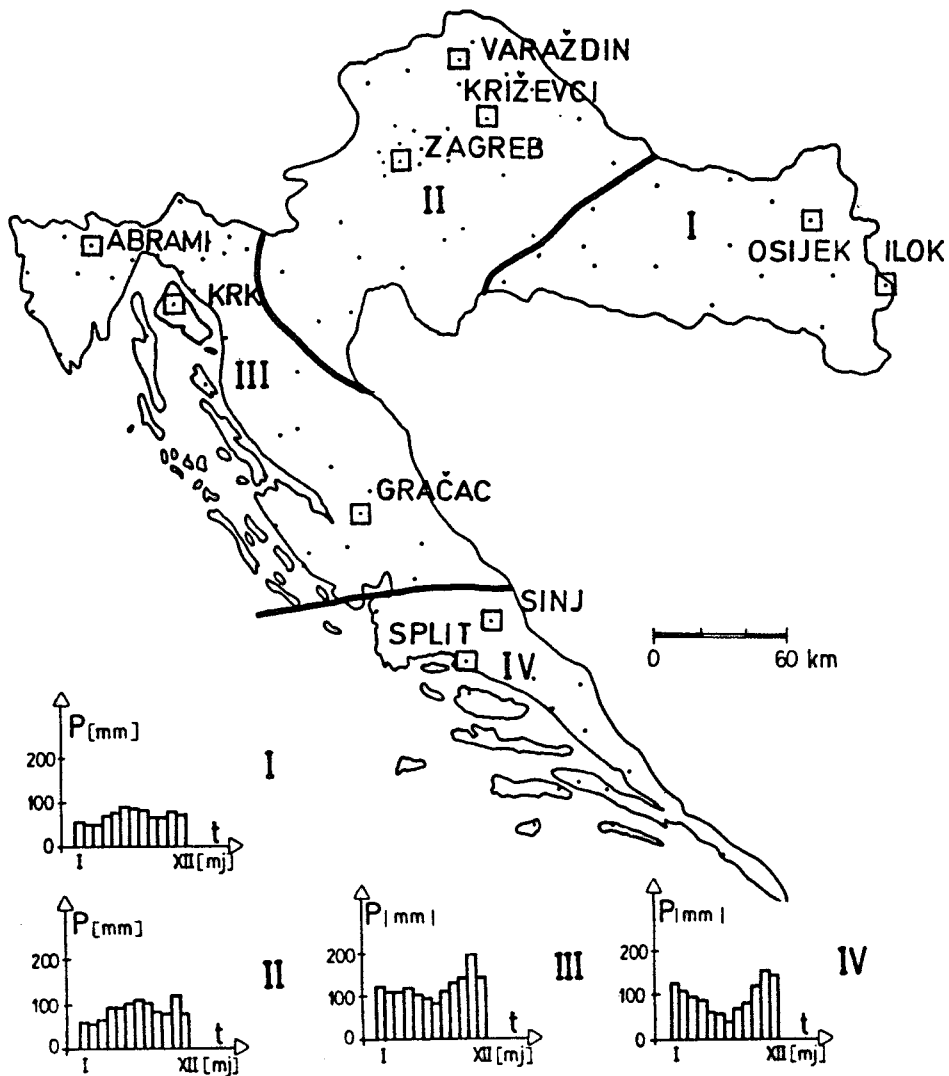
- 1 Slavonija i Baranja - Osijek i Ilok
2. Središnja Hrvatska - Zagreb, Varaždin i Križevci
3. Sjeverni Jadran - Krk, Abrami i Gračac
4. Južni Jadran - Split i Sinj

U tablici 1 navedeni su osnovni pokazatelji izabranih stanica kao i periodi obrađenih podataka. Na slici 1 ucrtan je i upisan položaj pojedine stanice.

TABLICA 1

OSNOVNI PODACI O STANICAMA I OBRAĐENIM
METEOROLOŠKIM ELEMENTIMA I POJAVAMA

Red. broj	Naziv stanice	Koordinate stanice		Nadmorska visina H (mm)	Period obuhvaćen obradom	Izabrana poljopriv. kultura
		φ (N)	λ (E)			
1.	Ilok	45°14'	19°23'	133	1952-1978.	listopadno voće
2.	Osijek	43°32'	18°44'	89	1946-1978.	kukuruz
3.	Križevci	46°02'	16°33'	155	1949-1985.	kukuruz
4.	Varaždin	46°18'	16°21'	169	1949-1978.	listopadno voće
5.	Zagreb(Grič)	45°49'	15°59'	157	1951-1980.	soja
6.	Krk	45°02'	14°35'	12	1952-1979.	vinova loza
7.	Abrami			85	1963-1984.	krumpir
8.	Gračac	44°18'	15°51'	560	1954-1982.	krumpir
9.	Split(Marjan)	43°31'	16°26'	122	1926-1987.	vinova loza
10.	Sinj	43°43'	16°40'	308	1950-1975.	povrće



Slika 1. Raspodjela sektora homogenih kiša u Republici Hrvatskoj definirana primjenom faktorske analize (Pandžić, 1988.)

2. PRIKAZ OSNOVNIH KLIMATOLOŠKIH ELEMENATA

Na već spomenutoj slici 1, a u okviru uvodnog izlaganja data je osnovna karakteristika oborinskog režima u Republici Hrvatskoj.

Od klimatoloških elemenata gradova koji se izučavaju u ovom radu ključnu ulogu igraju naoblaka i insolacija. Na slikama 2 i 3 dati su prikazi srednjaka dnevne naoblake ($0 \leq n \leq 10$) i srednji godišnji broj vedrih dana ($N < 2$) u periodu 1961-1980. Prikazi su uzeti iz rada Poje i sur. (1984). Iz istog rada uzeta je i slika 4 na kojoj je grafički prikazano srednje godišnje trajanje insolacije u satima u periodu 1961-1980. Pošto ne postoji matematički zakon koji izražava fizikalnu međuzavisnost insolacije i naoblake statističkim razmatranjima primjenom linearne regresije uspostavlja se odnos

$$i = a + bN \quad (1)$$

kod čega je

i - srednja dnevna insolacija po mjesecu,

N - srednja dnevna naoblaka po mjesecu

a, b - koeficijenti linearne regresije.

Poje i sur. (1984) definirali su za Hrvatsku linearne koeficijente i konstatirali da se ovi okreću u uskim granicama kako slijedi:

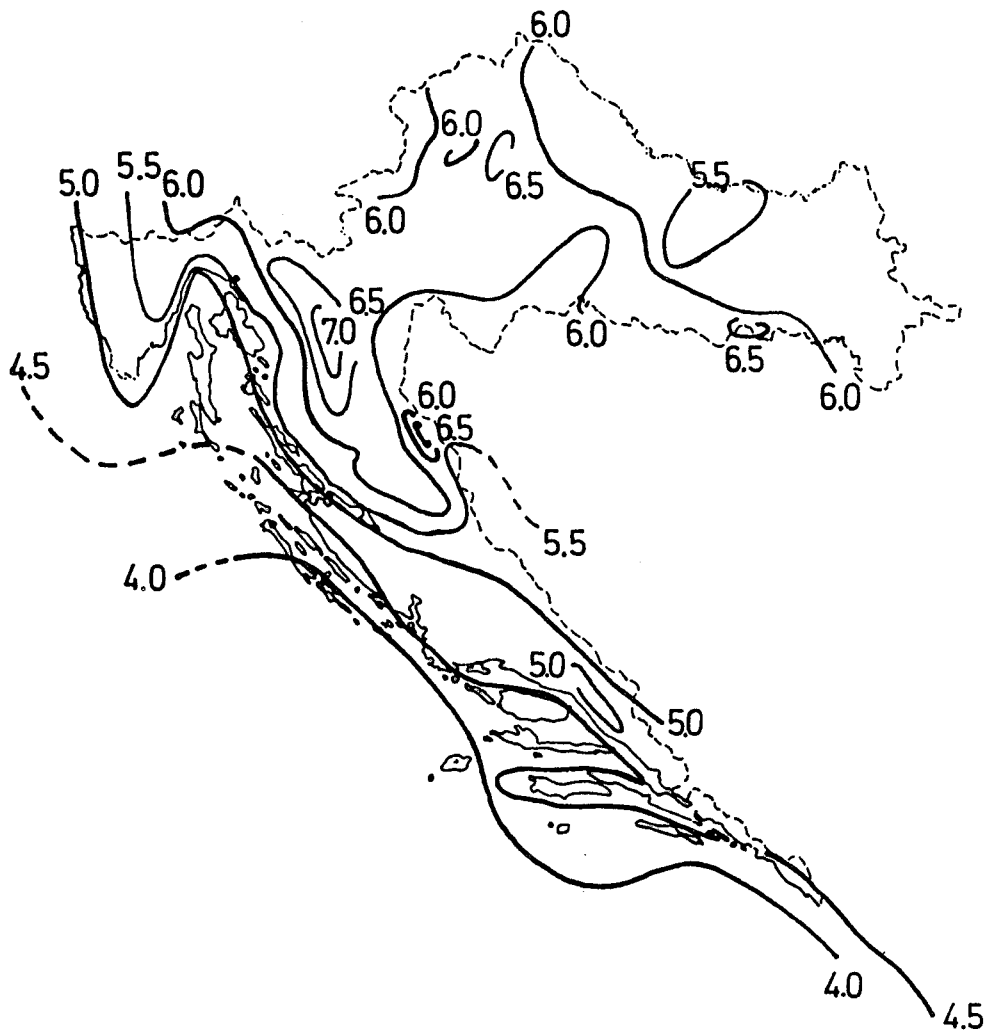
$$a = 9.2 \text{ do } 12.6$$

$$b = 0.71 \text{ do } 1.03$$

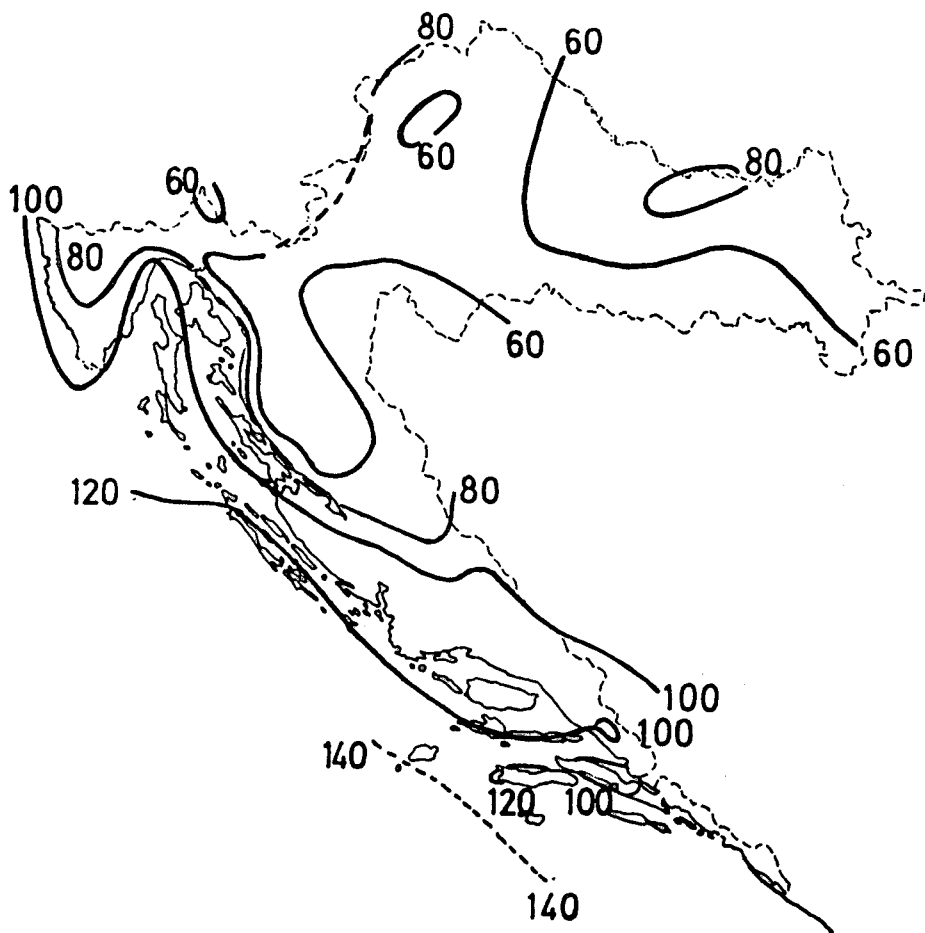
Koeficijenti korelacije između podataka insolacije i naoblake vrlo su visoki i kreću se oko srednje vrijednosti od 0.9.

Vezano s osnovnim analizama temperature na slici 5 dat je dijagram odnosa srednjih godišnjih temperatura i nadmorske visine meteoroloških stanica za regiju Sjevernog i Južnog Jadrana. Vidljiv je nelinearni odnos opadanja temperature zraka s podizanjem nadmorske visine stanice.

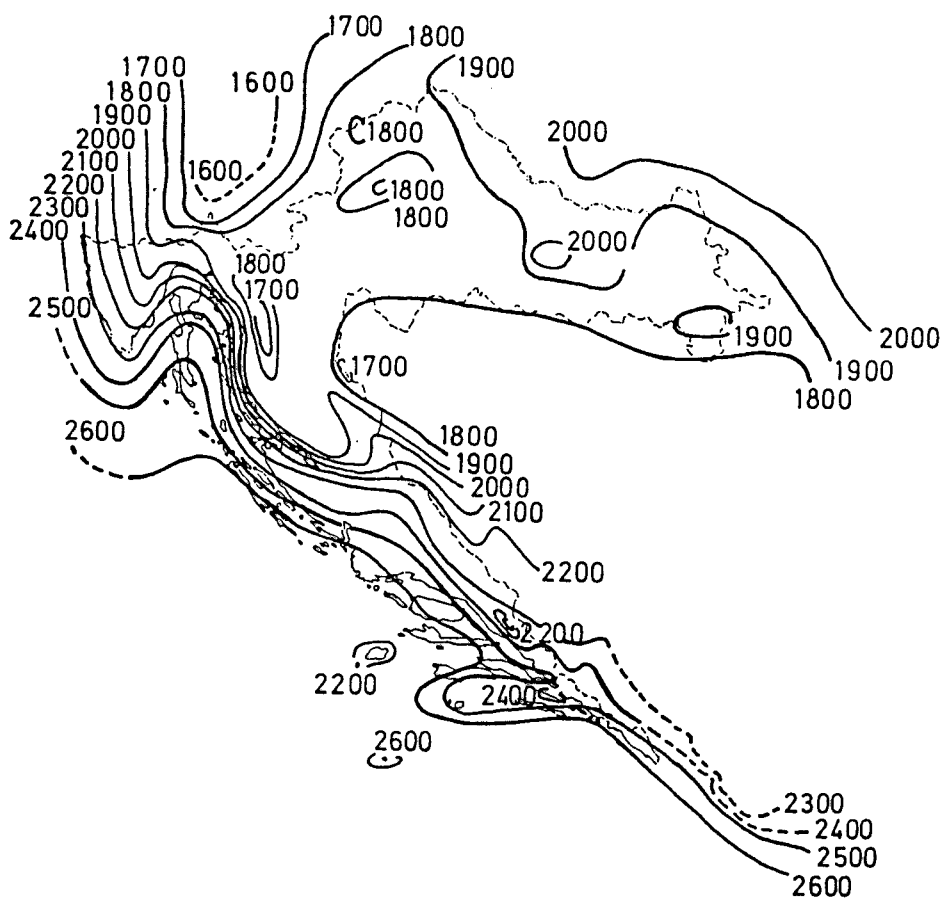
Za svaku od deset meteoroloških stanica navedenih u tablici 1 na priložima 1 i 2 date su tablice mjesečnih oborina (prilog 1.1.-1.10) i mjesečnih temperatura (prilog 2.1-2.10). Sve navedene karakteristike izražene su samo za vegetacioni period, dakle, od IV do IX mjeseca. Izbor kulture koja će se uzgajati u regiji i za koje su računane potrebe vode za navodnjavanje proizvoljan je i može biti podvrgnut kritici i promjenama.



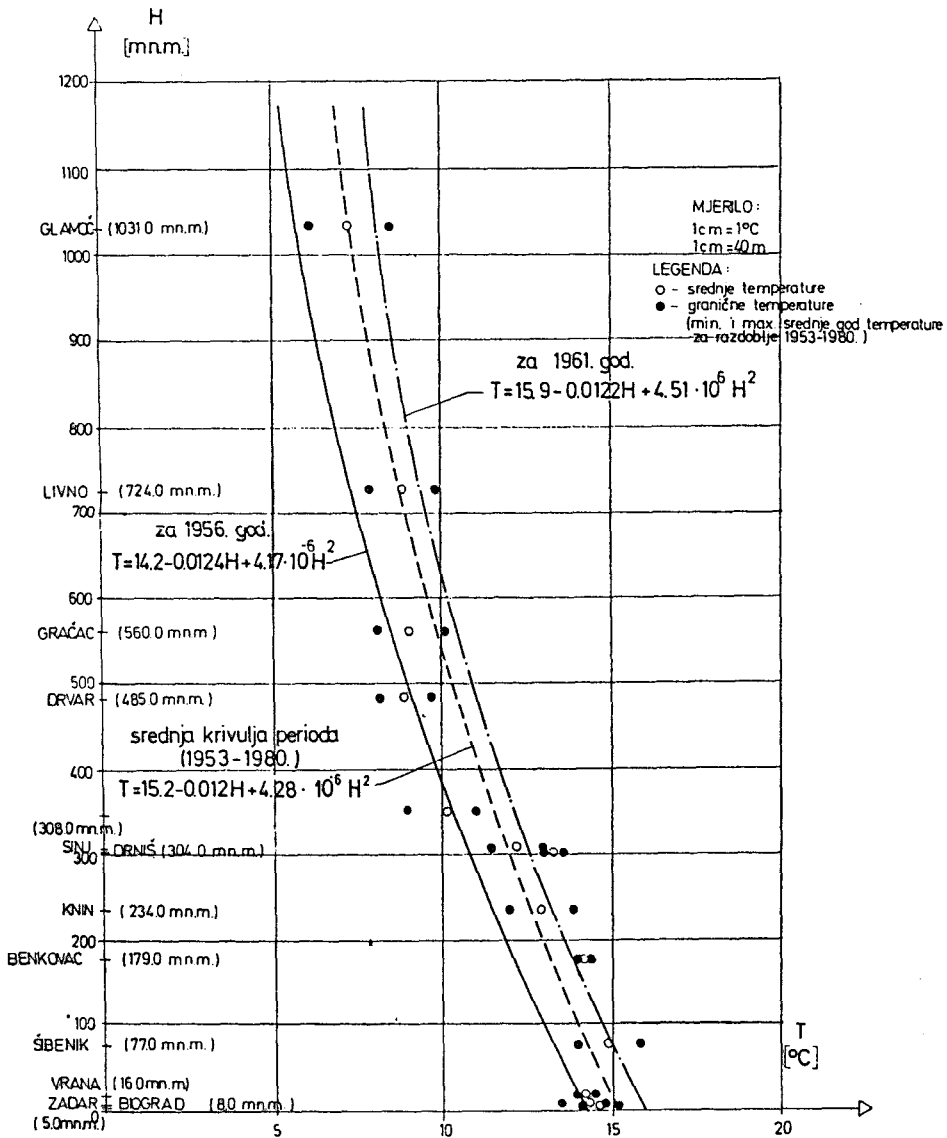
Slika 2. Godišnji srednjak dnevne naoblake ($0 \leq N \leq 10$) (1961-1980) (Poje i sur. 1984)



Slika 3. Srednji broj vedrih dana ($N < 2$). (1961-1980) (Poje i sur. 1984)



Slika 4. Srednje godišnje apsolutno trajanje insolacije (u satima) (1961-1980)(Poje i sur. 1984)



Slika 5. Dijagram odnosa srednjih god. temperatura i nadmorskih visina meteoroloških stanica za regiju Sjevernog i Južnog Jadrana

3. METODA BLANEY - CRIDDLE

Projektiranje sustava za navodnjavanje, efikasnog i ekonomičnog u pogonu, podrazumijeva poznavanje potrebe za vodom pojedinih usjeva za vrijeme vegetacije.

Danas je sa sigurnošću utvrđeno da učestalost i veličina natapanja ovisi o klimatskim uvjetima, vrsti i stadiju rasta biljke, kapacitetu tla za vodu te razvoju korijena bilja što opet ovisi o vrsti bilja, stupnju vegetacije i tlu.

Jedna od najviše korištenih formula širom svijeta za procjenu evapotranspiracije iz klimatskih podataka je formula Blaney-Criddle (Kos, 1978). Sama formula je empirijskog karaktera, vrlo jednostavna a koristi se samo jednim meteorološkim faktorom, tj. temperaturom.

Prema definiciji autora, konzumna potreba (*consumptive use*) koja se često naziva i evapotranspiracija, je količina vode utrošena za razvoj vegetacije određenog područja na: 1. transpiraciju i građu biljnog tkiva, 2. isparavanje s okolnog tla i lisne površine.

Na početku se formula primjenjivala samo za izračunavanje sezonskih potreba vode. Njena upotreba za manje vremenske jedinice je zahtijevala mjerenje utroška za takve intervale. Novija formula je modificirana u slijedećem: 1. uvedeni su klimatski koeficijenti koji su direktno proporcionalni srednjoj temperaturi zraka za svaki kraći period vremena, 2. dopunom izraza s parametrom koji odražava promjenu utroška vode za svaki kraći period vremena.

Konačni oblik formule za mjesečnu evapotranspiraciju glasi:

$$u = 1.42 k_c (t+7.69) (t+17.78) p/100 \quad (2)$$

pri čemu je:

- k_c - koeficijent ovisan o fazi razvoja biljke - obično se predočuje grafički u obliku krivulje (slika 6),
- t - srednja mjesečna temperatura u °C,
- p - mjesečni postotak dnevne svjetlosti od ukupne godišnje sume, ovisan o geografskoj širini.

Dakle, jedan od glavnih elemenata koji uzrokuju promjenu potrošnje vode za vrijeme vegetacione sezone je faza razvoja same biljke (više vode se troši u nekoj višoj razvojnoj fazi nego kod nicanja). Da bi se uzela u obzir ta karakteristika varijacije, uveden je u formulu koeficijent faze razvoja biljke - k_c . On je utvrđen mjerenjem na eksperimentalnim stanicama. Ako se vrijednosti ovog koeficijenta prikažu kao funkcija vremena, tj. faza razvoja biljke dobiju se krivulje koeficijenata faze razvoja prikazane na slici 6 za nekoliko različitih kultura.

Osnovno obilježje je mogućnost upotrebe u gotovo svim klimatskim područjima. Kao lokalni parametar koristi se samo p - trajanje dnevnog svjetla i srednja temperatura zraka. Ostale parametre, vezane za razvoj biljke moguće je prenositi u potpuno drugačije klimatske uvjete bez nekih većih odstupanja.

Radi potpunosti podataka daju se u tablici 2 vrijednosti za p samo za područje naše zemlje. Dužina dana po mjesecima u % od godišnje sume:

TABLICA 2

BROJ SATI DNEVNE SVJETLOSTI

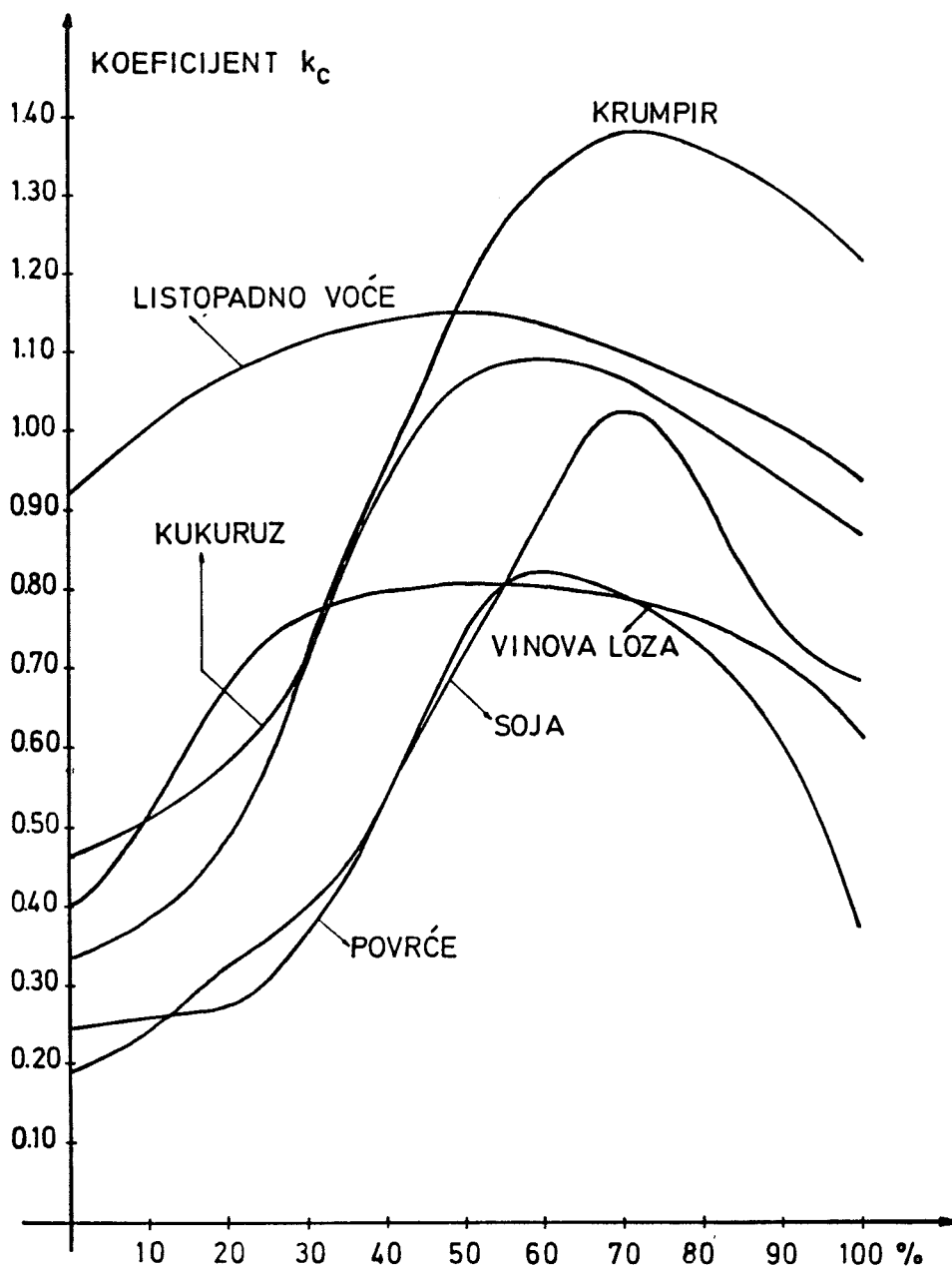
Sjeverna geograf. širina	Mjesec											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
47	6.25	6.45	8.27	9.14	10.45	10.63	10.73	9.44	8.44	7.54	6.32	5.95
46	6.33	6.50	8.28	9.11	10.38	10.53	10.65	9.79	8.43	7.58	6.37	6.05
45	6.40	6.54	8.29	9.08	10.31	10.46	10.57	9.75	8.42	7.61	6.43	6.14
44	6.48	6.57	8.29	9.05	10.25	10.39	10.49	9.71	8.41	7.64	6.50	6.22
43	6.55	6.61	8.30	9.02	10.19	10.31	10.42	9.66	8.40	7.67	6.56	6.31
42	6.61	6.65	8.30	8.99	10.13	10.24	10.35	9.62	8.40	7.70	6.62	6.39
41	6.68	6.68	8.31	8.96	10.07	10.16	10.29	9.59	8.39	7.72	6.68	6.47

Na ovaj način definirani su svi potrebni podaci za proračun evapotranspiracije (kao osnove za proračun potrebne količine vode za navodnjavanje).

Evapotranspiracija ili konzumna potreba je izračunavana za intervale od mjesec dana. Usvojena je dužina vegetacione sezone s početkom prvog travnja do prvog listopada. Dužina dana tj. trajanje svjetla dobijemo linearnom interpolacijom podataka iz gore navedene tablice 2 za pojedine geografske širine.

Vrijednosti za klimatski koeficijent k_c su očitane iz dijagrama (slika 6). Mjesečna potreba vode (evapotranspiracija) izračuna se po formuli (2). Količina jednodnevne potrošnje dobiva se tako da se mjesečna evapotranspiracija podijeli sa brojem dana u mjesecu.

Na prilogima 3.1 do 3.10 date su tablice mjesečne i godišnje potrošnje vode po kulturi (evapotranspiracija) izračunate prethodno opisanim postupkom Blaney - Criddle.



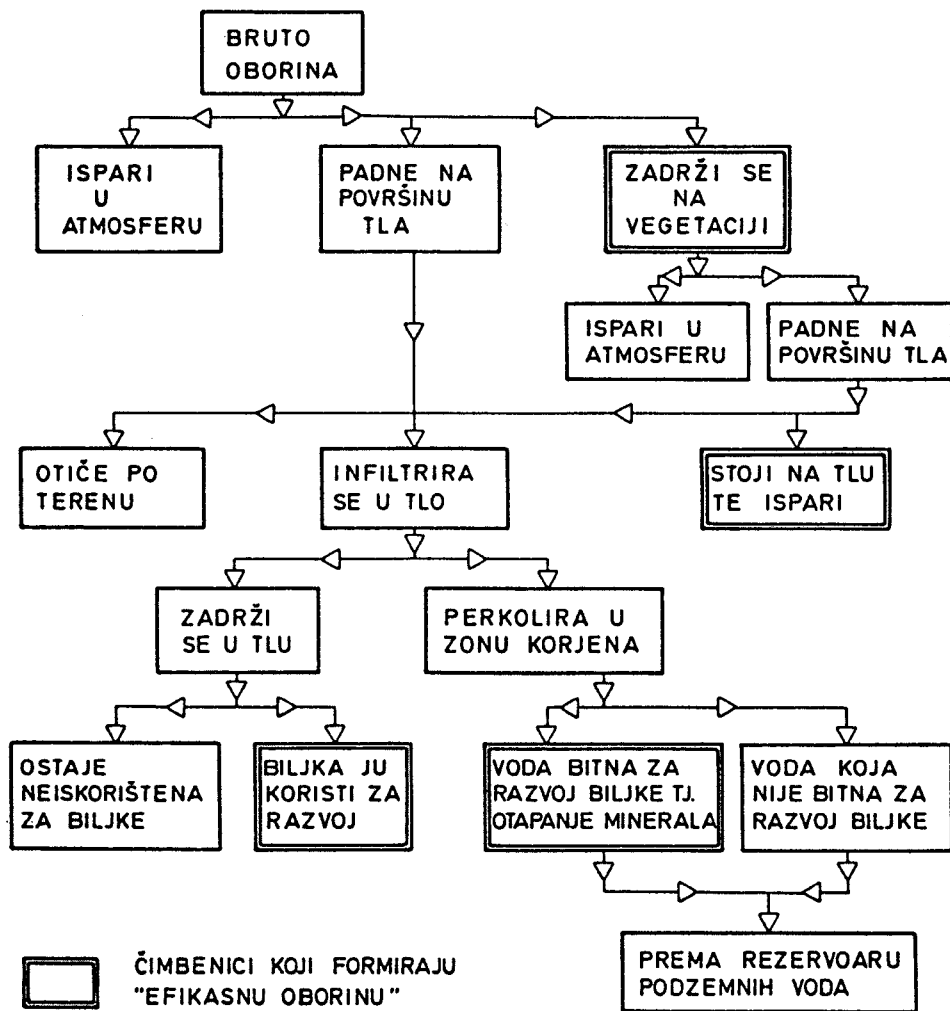
Slika 6. Postotak vegetacione sezone krivulje koeficijenta faze razvoja

4. PRORAČUN POTREBNIH KOLIČINA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Određivanje potrebnih količina vode za navodnjavanje ovisi o nizu faktora od kojih su najvažniji: evapotranspiracija, prihodi vode od efikasnih oborina, te zimska vlaga. Općenito uzevši potrebne količine vode za navodnjavanje su one koje se dobivaju kad se od evapotranspiracije odbiju prihodi vlage iz drugih izvora, a to su efikasna oborina i zimska vlaga.

Efikasna oborina predstavlja onaj dio od ukupno (bruto) pale oborine koji kulturna biljka na bilo koji način iskoristi za svoj razvoj. Na slici 7 data je podjela bruto oborine na dio efikasne i ostale oborine koju biljka ne koristi za svoj razvoj. Pogleda li se koji dijelovi bruto oborine ulaze u efikasnu oborinu može se zaključiti da su tu uključeni i oni segmenti oborine koji na specifičan način doprinose razvoju kulturnog bilja putem pripreme terena, vlaženja tla kao i njegovim rahljenjem, otapanjem minerala, luženjem soli itd.

Na temelju teoretskih ali i brojnih eksperimentalnih istraživanja izrađen je od strane SCS (Dastane, 1977) postupak definiranja efikasne oborine na bazi ukupno izmjerene mjesečne količine oborina. U tablici 3 date su vrijednosti efikasne mjesečne oborine u funkciji ukupno pale mjesečne oborine i ukupne mjesečne potrošnje vode za pojedinu kulturu. Ukupna mjesečna potrošnja vode može se izjednačiti sa transpiracijom izraženom u mm. Tablica 3 preuzeta je iz knjige Z. Kos: *Hidrotehničke melioracije tla - navodnjavanje*, Školska knjiga Zagreb 1987 (str. 52). Sve vrijednosti u tablici 3 važe uz pretpostavku jednog obroka neto norme natapanja od 76 mm. Za drugačije vrijednosti neto norme natapanja u tablici 4 dati su koeficijenti f kojima treba množiti efikasnu oborinu. Razumljivo je da efikasna oborina ne može biti veća od ukupno pale mjesečne oborine a ne može prekoračiti niti mjesečnu potrošnju vode po kulturi.



Slika 7. Definiranje "efikasne oborine" za potrebe navodnjavanja

TABLICA 3
 EFIKASNE MJESEČNE OBORINE U mm

Mjesečna oborina	Mjesečna potrošnja vode po kulturi (mm) - (EVAOTRANSPIRACIJA)												
	25	51	76	102	127	152	178	203	229	254			
25	16.0	16.8	17.8	18.8	19.8	21.1	22.4	23.6	26.0	26.5			
51	25.0	32.2	34.3	36.3	38.3	40.4	42.9	45.2	48.9	51.0			
76		46.5	49.3	52.1	55.1	58.2	61.5	65.0	68.5	74.8			
102		51.0	63.2	66.8	70.9	74.9	79.2	83.6	88.3	95.7			
127			76.0	81.3	85.8	90.7	96.0	101.6	108.4	115.5			
152				95.0	100.3	106.2	112.3	118.6	127.3	136.4			
178				102.0	114.5	121.2	128.0	135.4	143.4	154.4			
203					127.0	135.6	143.5	151.6	159.0	169.0			
229						144.0	151.0	160.0	171.0	182.0			
254						152.0	161.0	170.0	183.0	194.0			
279							171.0	181.0	194.0	205.0			
305							178.0	190.0	203.0	215.0			
330								198.0	213.0	224.0			
356	25.0	51.0	76.0	102.0	127.0	152.0	178.0	203.0	220.0	232.0			

TABLICA 4

KOEFIČIJENT f U FUNKCIJI NETO NORME NATAPANJA

NETTO NORMA mm	19	25.4	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6
KOEFIČIJENT f	0.72	0.77	0.86	0.93	0.97	1.0	1.02

Za daljnje proračune koristit će se koeficijent $f=0.93$ pošto je u našim uvjetima najčešće korištena neto norma natapanja od 50.8mm.

U tablicama 5 do 14 izračunate su mjesečne i sezonske potrebe vode za navodnjavanje za deset izabranih lokacija te za izabrane poljoprivredne kulture (vidi tablicu 1). Jednoobraznosti radi za sve stanice i kulture vegetacioni period izabran je od 1. IV do 30. IX. Razumljivo je da je vegetacioni period nešto kraći te da zavisi o lokaciji kao i o kulturi. Zbog toga je definirana kako neto norma natapanja tako i bruto norma natapanja za dvije varijante trajanja vegetacionog perioda i to: 1) 1.IV - 30.IX; 2) 1.IV - 31.VIII. Pošto se proračuni vršeni u okviru ove faze radova smatraju tek preliminarnim, u slijedećoj fazi radova predviđenoj tokom 1992. godine namjerava se vršiti detaljne proračune uz izbor preciznih datuma početaka i kraja vegetacije, raznih tipova kulturnog bilja kao i primjene računa vjerojatnosti obezbjeđenja bruto i neto normi natapanja. Prema tome podaci dati u tablicama 5 do 14 imaju osnovni cilj izbora pravilne metodologije i definiranja početnih vrijednosti potreba vode za navodnjavanje.

Nastavno će se detaljnije komentirati postupak proračuna vršen u tablicama 5 do 14. U stupcu 1 dati su mjeseci vegetacione sezone. U stupcu 2 data je potrošnja vode po kulturi ET u mm/mj. Vrijednost ET određena je metodom Blaney - Criddle opisanom u poglavlju 3. U stupcu 3 data je prosječna mjesečna oborina P izmjerena u periodu navedenom u naslovu tablice uz stanicu i kulturu. Za Ilok se npr. odnosi na period 1952-1978. U stupcu 4 navedene su efikasne mjesečne oborine EP izračunate SCS metodom opisanom na početku ovog poglavlja (vidi tablice 3 i 4). U stupcu 5 navedeno je potrebno stanje zimske vlage u tlu. Izbor stanja zimske vlage moguće je i varirati u rasponima od 0 do 100 mm, ali on zavisi kako o lokaciji tako i o tipu tla. U ovim proračunima uzeto je neko srednje stanje, koje će u detaljnijim proračunima biti moguće korigirati na bazi stvarnih podataka. U stupcu 6 izvršeno je odbijanje efikasne oborine EP od potrošnje vode po kulturi ET. U slučaju da je $(ET-EP) < 0$ uzima se da je $(ET-EP) = 0$.

U stupcu 7 date su vrijednosti doprinosa zimske vlage DZV u pojedinom mjesecu koji su isključivo funkcija potrebnog stanja zimske vlage datog u stupcu 5.

U stupcu 8 izračunata je neto norma natapanja NNN slijedećim izrazom:

$$NNN = (ET - EP) - DZV \quad (3)$$

U slučaju da je NNN manja od nule uzima se da je jednaka nuli a dio doprinosa zimske vlage iz tog mjeseca prebacuje se u slijedeći. Bruto norma natapanja BNN izračunata je u stupcu 9 tako da je neto norma natapanja u svakom

pojedinom mjesecu djeljiva sa 0.7 (što znači da je množena sa 1.429) kako bi se uključili svi pogonski gubici. Izabran je dosta velik koeficijent sigurnosti koji je moguće korigirati u detaljnim proračunima za pojedine lokalitete.

TABLICA 5

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Ilok - listopadno voće (1952-1978)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	75	59	35	50	40	25	15	21
V	128	73	52	25	76	0	76	109
VI	177	78	58	25	119	0	119	170
VII	191	81	62	25	129	0	129	184
VIII	163	63	48	0	115	25	90	129
XI	100	48	33	0	67	0	67	96
					S (IV - IX)		496	705
					S (IV - VIII)		429	613

TABLICA 6

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Osijek - kukuruz (1946-1978)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	36	54	23	50	13	13	0	0
V	77	59	35	37	42	12	30	43
VI	150	84	59	25	91	0	91	130
VII	186	69	59	25	127	0	127	181
VIII	156	58	42	25	114	25	89	127
XI	96	45	31	0	63	0	63	90
					S (IV - IX)		400	571
					S (IV - VIII)		337	481

TABLICA 7

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE
Križevci - kukuruz (1949-1985)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	32	62	28	50	4	4	0	0
V	68	82	49	46	19	19	0	0
VI	138	94	61	27	77	2	75	107
VII	171	87	64	25	107	0	107	153
VIII	138	74	52	25	86	25	61	87
XI	88	70	44	0	44	0	44	63
					S (IV - IX)		287	410
					S (IV - VIII)		243	347

TABLICA 8
PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE
Varaždin - listopadno voće (1949-1978)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm	
IV	67	73	45	50	22	22	0	0	
V	120	91	63	28	57	3	54	77	
VI	166	94	67	25	99	0	99	141	
VII	181	107	77	25	104	0	104	149	
VIII	148	99	67	25	81	25	56	80	
XI	93	76	46	0	47	0	47	67	
					S (IV - IX)		360		514
					S (IV - VIII)		313		447

TABLICA 9
 PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE
 Zagreb (Grič) - soja (1951-1980)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	17	70	23	50	0	0	0	0
V	43	86	36	50	7	7	0	0
VI	188	101	60	43	28	18	18	26
VII	150	98	68	25	82	0	82	117
VIII	150	89	57	25	93	25	68	97
XI	74	82	46	0	28	0	28	40
					S (IV - IX)		196	280
					S (IV - VIII)		168	240

TABLICA 10

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE
 Krk - vinova loza (1952-1979)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	39	81	37	50	2	2	0	0
V	92	76	46	48	46	23	23	33
VI	131	74	52	25	79	0	79	113
VII	154	65	64	25	90	0	90	129
VIII	132	90	60	25	72	25	47	67
XI	82	113	54	0	28	0	28	40
					S (IV - IX)		267	382
					S (IV - VIII)		239	342

TABLICA 11

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Abrami - krumpir (1963-1984)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	27	91	25	50	2	2	0	0
V	66	99	54	48	12	12	0	0
VI	144	103	66	36	78	11	67	96
VII	221	89	73	25	148	0	148	211
VIII	203	107	82	25	121	25	96	137
XI	132	130	80	0	52	0	52	74
					S (IV - IX)		363	518
					S (IV - VIII)		311	444

TABLICA 12
PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE
Gračac - krumpir (1954-1982)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	21	166	23	50	0	0	0	0
V	56	121	47	50	9	9	0	0
VI	124	110	70	41	54	16	38	54
VII	184	74	57	25	127	0	127	181
VIII	179	101	73	25	106	25	81	116
XI	113	127	77	0	36	0	36	51
					S (IV - IX)		282	402
					S (IV - VIII)		246	351

TABLICA 13

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Split (Marjan) - vinova loza (1926-1928, 1931-1940, 1948-1987)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	44	76	37	50	7	7	0	0
V	101	64	44	43	57	18	29	41
VI	143	51	36	25	107	0	107	153
VII	171	32	24	25	147	0	147	210
VIII	149	42	30	25	119	25	94	134
XI	95	71	44	0	51	0	51	73
					S (IV - IX)		428	611
					S (IV - VIII)		377	538

TABLICA 14

PRORAČUN MJESEČNIH I SEZONSKIH POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Sinj - povrće (1950-1975)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
MJ	ET Potrošnja vode po kulturi mm	P Prosječna oborina mm	EP Efikasna oborina mm	ZV Potrebno stanje zim- ske vlage mm	ET-EP mm	DZV Doprinos od zimske vlage mm	NNN Neto norma natapanja (ET-EP)-DZV mm	BNN Bruto norma natapanja (0.7) mm
IV	19	92	19	50	0	0	0	0
V	37	78	33	50	4	4	0	0
VI	87	94	54	46	33	21	12	17
VII	148	59	51	25	97	0	97	139
VIII	121	80	53	25	68	25	43	61
XI	64	87	48	0	16	0	16	23
					S (IV - IX)		168	240
					S (IV - VIII)		152	217

5. LITERATURA

1. Kos, Z. 1978. *Proračun potrebne količine vode za navodnjavanje metodom Blaney-Cridde*. Građevinar 30 (11), 469-478.
2. Pandžić, K. 1988. *Principal components analysis of precipitation in the adriatic-Pannonian area of Yugoslavia*. Journal of Climatology, Vol. 8, 357-380.
3. Poje, D., Žibrat, Z. i Gajić-Čapka, M. 1984. *Osnovne karakteristike naoblake i insolacije na području SR Hrvatske*. Rasprave 19, 49-74.
4. Dastane, N.G. 1977. *Precipitations efficaces en agriculture irriguee*. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 25, 94 str.
5. Kos, Z. 1987. *Hidrotehničke melioracije tla - navodnjavanje*. Školska knjiga Zagreb, 216 str.

UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIROD VAŽNIJIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA

Prof. dr. FRANE TOMIĆ
Mr. DAVOR ROMIĆ
Fakultet poljoprivrednih znanosti
Sveučilišta u Zagrebu

1. UVODNE NAPOMENE

Pri uzgoju poljoprivrednih kultura krajnji cilj je postići visoke, kvalitetne i stabilne prirode. U tom slučaju se najčešće ostvaruje i ekonomski rentabilna proizvodnja. Ovaj cilj je moguće postići samo onda ako se osiguraju svi vegetacijski faktori u optimalnim iznosima. Osim topline, svjetla, zraka, hranjivih tvari i voda je osnovni vegetacijski faktor. U svrhu održavanja optimalne vlažnosti u tlu za uzgoj biljaka, primjenjuje se melioracijska mjera navodnjavanja. U poljskim uvjetima primjena potrebe navodnjavanja, najviše je ovisila o količini i rasporedu prirodnih oborina. Pri uzgoju kultura u zatvorenom prostoru (staklenici i plastenici), prirodne oborine ne dolaze izravno do izražaja, te se voda u tlu (supstratu) osigurava samo putem navodnjavanja. Metoda i raspored navodnjavanja direktno djeluju na stanje vlage u tlu, a indirektno na edafske faktore koji mijenjaju razvoj korijenovog sustava i njegovu distribuciju u profilu tla što je povezano sa razvojem nadzemnog dijela. Bez obzira da li se navodnjavanje izvodi u poljskim uvjetima ili zatvorenom prostoru, treba vršiti stručno doziranje vode u svrhu održavanja optimalne vlažnosti u tlu (supstratu) kroz cijelo vegetacijsko razdoblje za svaku kulturu.

Nažalost u Hrvatskoj se navodnjavanje malo primjenjuje. Nasuprot toga su potrebe i mogućnosti znatno veće. U ovom radu će se iznijeti ostvareni rezultati uzgoja nekih kultura u uvjetima navodnjavanja, u nas i u svijetu.

Ostajemo u nadi da će ovaj rad pomoći većoj primjeni navodnjavanja, a time izravno doprinijeti unapređivanju poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj.

2. OSNOVNI PRIKAZ STANJA, POTREBA I MOGUĆNOSTI NAVODNJAVANJA U HRVATSKOJ

2.1. Stanje navodnjavanja

Navodnjavanje se u Hrvatskoj slabo primjenjuje, pogotovo u odnosu na potrebe i mogućnosti koje ima. U tablici 1 prikazana je struktura ukupnih i navodnjavanih površina u Republici Hrvatskoj.

TABLICA 1.

NAVODNJAVANE POVRŠINE U HRVATSKOJ (1989.g.)

Vlasništvo	Oranice i nasadi		Navodnjavane površine		% navodnjavanih. površina od oranica i nasada
	000 ha	%	ha	%	
Privatno	1.246	76,5	5.833	43,9	0,46
Državno	382	23,5	7.457	56,1	1,95
Ukupno	1.628	100	13.290	100	

Iz tablice je vidljivo da se ukupno navodnjava 13.200 ha od čega je 5.833 ha u privatnom, a 7.457 ha u društvenom vlasništvu.

Regionalno gledano navodnjavanje se najviše primjenjuje u Dalmaciji (privatne i bivše društvene površine) na poljoprivrednim površinama u okolici Zadra i dolini Neretve, a zatim u Slavoniji i Baranji (uglavnom bivše društvene površine). Na području Istre se navodnjava svega oko 200 ha. U zadnje se vrijeme navodnjavanje počelo dosta primjenjivati na bivšim društvenim gospodarstvima. Radi se isključivo o suvremenim sustavima - kišenju samohodnim uređajima (typhon, bočno kišno krilo i hidromatici - kružni i linijski stroj, koji su instalirani na oko 1500 ha VUPIK-a, Belja, IPK Osijeka i PIK Đakova.

2.2 Potrebe navodnjavanja

Detaljnije analize geografskog položaja, reljefskih i pedoloških prilika, a posebno klimatskih karakteristika, pokazuju da potreba primjene navodnjavanja nije jednako izražena u svim područjima Hrvatske, na svim tipovima tala i za sve vrste biljaka. Po Tomiću (1988) je nedostatak vode u ljetnim mjesecima najizraženiji uzduž jadranske obale (od Poreča do Dubrovnika), a zatim u Istočnoj Slavoniji (Vinkovci, Osijek). U ljetnim mjesecima, zbog nedostatka oborina i visokih temperatura, dolazi do niske relativne vlažnosti zraka (atmosferske suše). U takvim uvjetima se brzo potroši rezerva vode u tlu, pa nastupi i suša tla. Atmosferska suša i suša tla uzrokuju smanjenje prinosa, a u slučaju trajanja suše duže vrijeme, neminovno dolazi do niskih priroda pa čak i do katastrofalnih posljedica u poljoprivrednoj proizvodnji. Analiza petogodišnjeg razdoblja (1985-1989.god.), za Istočnu Slavoniju, pokazuje da su sve te godine bile sušne, s prosjekom godišnjih oborina čak ispod 600 mm. Uspoređujući te podatke s višegodišnjim prosjecima postoji smanjenje oko 60 mm oborina u ljetnom razdoblju, kada su najpotrebnije za uzgajane kulture (Tomić et al 1991). Pogoršanje oborinskog režima u pravcu zasušenja podneblja ukazuje na sve veće potrebe navodnjavanja. Ako se suhim

godinama (ispod 600 mm godišnjih oborina) pribroje umjerene godine (godišnje oborine 600-700 mm), koje također imaju izvjestan nedostatak ljetnih oborina, tada je navodnjavanje potrebno u gotovo 95% slučajeva. Znači da se klasična poljoprivreda (ratarenje) nalaze u krizi i neophodno je tražiti izlaz u izgradnji novih sustava za navodnjavanje (Tomić et al. *ibid.*).

Osim učestalije pojave toplih i suhih godina u posljednje vrijeme, postoje i drugi razlozi za većom primjenom navodnjavanja u svijetu i u nas. Sada se u svijetu navodnjača oko 230 milijuna ha. Na tih oko 15% obradivih površina ostvaruje se poljoprivredna proizvodnja kao na ostalom šest puta većem nenavodnjavanom prostoru. Budući da se stanovništvo svijeta svake godine povećava za oko 70 milijuna ljudi godišnje, a istovremeno zbog urbanizacije se gubi oko 8 milijuna ha, kompenzacija za to je jedino moguća u povećanju poljoprivredne proizvodnje po jedinici površine i apsolutno. U razvijenim zemljama to nastoje ostvariti daljnjim širenjem i razvojem navodnjavanja. Otežavajuća okolnost u tome, za veći broj zemalja, je nedostatak vode i njezino sve veće zagađivanje, ali značaj i potencijali navodnjavanja time se ne uhanjuju.

Navedeni razlozi u svijetu prisiljavaju nas i na veće ulaganje u navodnjavanje. Naime, u Hrvatskoj ima samo 0,44 ha obradivih površina po stanovniku. Broj stanovnika se povećava, a uslijed urbanizacije se dnevno gubi 11 ha obradivih površina u posljednjih 14 godina. U razdoblju 1966. do 1976. godine obradive površine su se smanjivale 29 ha po danu (Tomić et al 1991). Zbog tih razloga je nužno povećati poljoprivrednu proizvodnju apsolutno i relativno po jedinici površine. Za ostvarenje ovog cilja treba se pridružiti mišljenju koje postoji u razvijenim zemljama, te uložiti napore u veću primjenu navodnjavanja. Ova mogućnost, odnosno preporuka, se temelji na tvrdnji svjetske stručne javnosti koju Vučić (1991) citira: "Budućnost poljoprivrede pripada genetici i navodnjavanju". U svakom slučaju mi možemo ostvarivati veće prihode uzgajanih kultura, jer posjedujemo prirodna bogatstva i mogućnosti za proširenjem površina pod navodnjavanjem. U protivnom će se morati problem hrane rješavati kroz uvoz. Pri tome će neminovno nastupiti veće posljedice za našu poljoprivredu i općenito za Hrvatsku.

2.3. Mogućnosti navodnjavanja

Na mogućnost primjene navodnjavanja prvenstveno utječu: tlo, raspoloživost potrebnih količina kvalitetne vode i uređenost proizvodnih površina.

Tlo treba imati povoljna svojstva, a posebno: dobru strukturu, povoljne vodozračne odnose i dobru infiltracijsku sposobnost. Tomić i Marinčić (1987) navode da su u Hrvatskoj mogućnosti, s obzirom na pedološke prilike, velike. Od ukupnih 1.628.000 ha oranica i nasada postoje besprijekorni uvjeti za navodnjavanje na oko 400.000 ha. Na još oko 400.000 ha nalaze se izvjesna ograničenja, koja je moguće otkloniti manjim melioracijskim zahvatima. Posebno su u dobroj mjeri zastupljena dobra tla za navodnjavanje u Slavoniji i Baranji (smeđa tla, degradirani

černozem, aluvijalna tla). U Dalmaciji i Istri su povoljna tla u dolinama rijeka i ona koja se nalaze do 100 m nadmorske visine (aluvijalna, crvenice, smeđa na flišu, aluvijalno-koluvijalna, renzine). Ovih tala ima u Dalmaciji oko 50.000 ha, a u Istri 18.600 ha (tla I klase), pa to dokazuje da postoje dobre pedološke prilike za navodnjavanje u primorskom pojasu. Što se tiče mogućnosti navodnjavanja s obzirom na potrebnu količinu i kvalitet vode, treba istaći da smo u povoljnijoj situaciji od mnogih zemalja koje znatno više od nas navodnjavaju i planiraju daljnji razvoj i širenje njegove primjene. Dovoljno je spomenuti samo Izrael. U toj zemlji se dodaje voda navodnjavanjem pri uzgoju gotovo svake biljke, a istovremeno je prisutna izrazita oskudica vode i njezina loša kvaliteta. U nedavnim našim kontaktima sa stručnjacima Izraela izrazili su čuđenje kako u našim brojnim vodotocima protiču ogromne količine vode povoljne kvalitete, a mi još uvijek ne koristimo to bogatstvo za navodnjavanje. Osim brojnih vodotoka, za navodnjavanje u nas se mogu koristiti lokalni izvori s manjim zahvatima, te manje i veće akumulacije koje postoje ili se mogu izgraditi.

U Istočnoj Hrvatskoj glavni izvori vode su rijeke: Drava, Dunav, Bosut, Vuka, njihovi pritoci, postojeće planirane akumulacije, podzemne vode, a u budućnosti bi se mogao ostvariti i kanal Vukovar - Šamac (Dunav - Sava) koji bi bio od velikog značaja za razvoj navodnjavanja. U Dalmaciji rijeke: Zrmanja, Krka, Čikola, Cetina i Neretva, mogu osigurati veći dio potrebne vode. Ako se tome dodaju postojeće i potencijalne akumulacije na mnogim pritocima navedenih rijeka i bujičnim potocima (dobar primjer predstavlja velika akumulacija u Imotskom i Baštica blizu Zadra, te veći broj mini akumulacija na privatnim parcelama (u Ravnim Kotarima), može se voda osigurati za navodnjavanje znatno većih površina od 50.000 ha. Na području Istre je izrađen plan navodnjavanja, po kojem bi se voda osigurala iz akumulacija za 18.600 ha. Predviđeno je 8 akumulacija, a dvije su do sada izgrađene (Letaj i Butoniga). Uz akumulacije bi se koristili i vodotoci, prvenstveno rijeka Mirna pa čak i Raša te Boljunčica (Kos, 1990). Iz ovog kratkog prikaza o raspoloživim vodama nameće se potreba određenih ulaganja za izgradnju većih i manjih akumulacija.

Pored toga je potrebno voditi brigu o zagađivanju voda. Unatoč toga što se može očekivati da je voda iz većeg broja naših vodotoka pogodna za navodnjavanje, ipak treba imati na umu da je problem zagađenosti voda, ne samo u svijetu, već i u nas svakim danom veći, te da je potrebno da i mi više ulažemo u preventivnu zaštitu, ali i u prečišćavanje već zagađenih voda.

Proizvodne površine trebaju biti uredene kako bi se mogli efikasno primjenjivati suvremeni sustavi navodnjavanja. Tu se prvenstveno misli na isplaniranost površine te povoljnu veličinu i oblik proizvodnih tabli (parcela). Uzimajući sve to skupa pod pojmom uređenost proizvodnih površina može se reći da je povoljnije stanje površina bivšeg društvenog vlasništva (državne površine) u odnosu na privatne. Bivše društvene površine su okrupnjene, na jednoj ili manji broj lokacija. Tla su većim dijelom hidromeliorirana s većim proizvodnim jedinicama ili tablama (najčešće veličine 10-15 ha) i pravilnog geometrijskog oblika (najčešće

pravokutnik). Međutim, proizvodne površine u privatnom vlasništvu su uglavnom neuređene. Osnovna karakteristika privatnih gospodarstava je velika rascjepkanost u parcelice i njihove manje površine. Zbog toga poljoprivredne površine u Hrvatskoj su podijeljene čak u približno 18 milijuna parcela. Prosječna veličina parcele iznosi oko 0,18 ha. Osnovni razlog rascjepkanosti privatnog zemljišta bio je u načinu nasljeđivanja zemlje (Pavlović i Dobronić, 1977). U Hrvatskoj ima ukupno 569.221 poljoprivrednih gospodarstava. Čak 289.006 gospodarstava ili 50,8% su manji od 2 ha. Veći broj malih privatnih gospodarstava, te usitnjenost i disperzija njihovih malih parcelica, ne samo da otežavaju već onemogućavaju primjenu suvremenog navodnjavanja. Zbog toga je prvenstveno potrebno, ali ne samo zbog toga, izvršiti okrupnjavanje privatnih gospodarstava.

3. REGULIRANJE NEDOSTATKA VODE U TLU PRIMJENOM NAVODNJAVANJA

Za reguliranje nedostatka vode u tlu ili supstratu navodnjavanjem, nužno je poznavati odnos biljka - tlo - voda. Biljka koristi vodu, a s njom i hranjive tvari iz tla pomoću korijenovog sustava (korijenčići i korijenove dlačice). Korijenovim dlačicama biljka upija vodu i u njoj otopljene mineralne tvari iz tla na principu difuzije i osmoze čija maksimalna snaga može biti ona koja odgovara tlaku od oko 15 bara. Osmotski i difuzni tlak koncentracije u biljci treba biti 2-5 bara veći u odnosu na snagu držanja vode u tlu. U protivnom voda bi iz korijenovog sustava prelazila u tlo. Zbog toga u tlu treba biti prisutna lako pristupačna voda koja se giba prema korijenovom sustavu biljke. Od količine vode koju biljka primi iz tla putem korijena, jedan manji dio (oko 2 promila) učestvuje u izgradnji vlastite suhe tvari (proces fotosinteze), dok se sva ostala voda gubi putem lišća (transpiracija). Pri držanju vode većim silama za čestice tla biljka povećava osmotski tlak, trudeći se da primi potrebnu vodu usporavajući svoj rast i stvaranje biljne mase. Ako se sila držanja vode u tlu povećava iznad sile koja odgovara tlaku iznad 15 bara dolazi do prestanka rasta i razvoja biljke, pa čak i do njezinog venuća. Zbog toga treba kontrolirati vodni režim tla, i ako je potrebno treba primijeniti navodnjavanje. Pored toga je nužno osigurati potreban odnos vode i zraka u tlu, kao i dovoljnu količinu mineralnih hraniva u pristupačnom obliku.

Ova tri vegetacijska faktora (voda, zrak i hranjiva tvar), a dobrim dijelom i toplina u tlu, mogu se poboljšati hidrotehničkim i agrotehničkim mjerama, pa je upravo u tome važnost ovih mjera pri uzgoju poljoprivrednih kultura.

Kroz vegetacijsko razdoblje vlažnost tla može biti u različitom stanju. Ako se pojavi prekomjerna vlažnost tla pri kojoj su sve pore ispunjene vodom, nastaje nepovoljno stanje za uzgoj biljke i neophodna je primjena odvodnje. U slučaju pojave nedovoljne vlažnosti u tlu, biljka vrlo teško ili uopće ne može koristiti vodu iz tla za svoje fiziološke procese, pa je neophodno dodati nedostatak vode izvođenjem navodnjavanja. Pri reguliranju vlažnosti tla navodnjavanjem treba, u

cijelom vegetacijskom razdoblju, ostvariti njezinu optimalnost u skladu s potrebama uzgajane kulture.

Poznato je da je u principu pristupačna voda za biljke ona koja pripada intervalu između poljskog vodnog kapaciteta i vlažnosti venuća. Snaga držanja vode u tlu se povećava što se vlažnost smanjuje od poljskog vodnog kapaciteta prema vlažnosti venuća. Paralelno s tim biljka troši sve više energije za apsorpiranje vode iz tla. Zbog toga je nastala potreba da se riješi pitanje graničnih vrijednosti optimalnog intervala vlažnosti tla za uzgoj biljaka. Brojni istraživači su razmatrali (eksperimentalno i teoretski) interval pristupačnosti vode tla, a unutar njega i interval optimalne vlažnosti tla. Od njih navodimo: Kohnke (1968), Čerkasov (1950), Alpatiev (1954), Rode (1955, 1960), Izraelsen (1955), Richards (1957), Neugebauer (1960), Vukašinić (1961 i 1964), Vučić (1964 i 1976), Tomić (1973, 1975 i 1988). Navedeni radovi potvrđuju da interval vlažnosti tla, odnosno njegova gornja i donja granica, ovisi o više faktora: tlu, klimi, uzgajanoj kulturi i agrotehničkim mjerama koje se primjenjuju. Zbog toga je potrebno, u svrhu preciznijih saznanja, problematiku optimalne vlažnosti tla i dalje istraživati. Međutim, za praktične svrhe prihvaćeno je mišljenje da je gornja granica optimalne vlažnosti vrijednost poljskog vodnog kapaciteta, a da donja granica odgovara vrijednosti lentokapilarne vlažnosti.

Podsjećamo da se voda u tlu, pri vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta drži silom koja odgovara približno tlaku od 0,33 bara. Pri lentokapilarnoj vlažnosti se voda u tlu drži silom koja odgovara tlaku od 6,25 bara. Prema tome, potrebno je prigodom primjene navodnjavanja u praksi održavati vlažnost tla između tih vodnih konstanti - odnosno u granicama intervala optimalne vlažnosti tla.

4. UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIRODE U POLJSKIM UVJETIMA

U prošlosti, ali i danas, u Hrvatskoj prevladava manje intenzivan način poljoprivrednog gospodarenja. To se posebno odnosi na biljnu proizvodnju u poljskim uvjetima pri uzgoju ratarskih i krmnih kultura, a vrlo često i pri uzgoju povrćarskih i drugih kultura. Na oranicama se uglavnom primjenjuje tradicionalni sustav plodoreda (pšenica - kukuruz ili prirodne trave) posebno na površinama privatnog vlasništva, koje zauzimaju 76,5% u Hrvatskoj. Međutim, uvođenjem navodnjavanja stvaraju se mogućnosti za ostvarivanje intenzivnog sustava biljne proizvodnje prilagođen potrebama industrije i tržišta. Ostvaruje se napredniji uzgoj, te sigurniji, visoki i kvalitetniji prirodni poljoprivrednih kultura.

U uvjetima navodnjavanja Istočne Slavonije, po Tomiću i Mađaru (1989), primjenjuje se struktura sjetve kao što je prikazana u tablici 2.

TABLICA 2.

**ORIJENTACIJSKA STRUKTURA SJETVE U UVJETIMA
NAVODNJAVANJA**

Uzgajana kultura	Učešće u %	
	redovna sjetva	postrna sjetva
Kukuruz sjemenski	35 - 40	-
Šećerna repa i sjem.	10 - 5	15 - 20
Soja	10 - 15	20 - 15
Suncokret	10 - 5	20 - 30
Silažni kukuruz	10 - 15	40 - 30
Povrće (razno)	oko 5	oko 5
Pšenica, ječam	20 - 15	

Prema tome u uvjetima navodnjavanja primjenjuje se i uzgoj kultura u postrnoj sjetvi. Na taj se način počela ostvarivati ideja o primjeni dvije žetve godišnje, koja neminovno dovodi do bolje obradivih površina, te donosi napredniju tehnologiju poljoprivredne proizvodnje. Osim navedene strukture sjetve u ratarsko-povrćarskoj proizvodnji, u uvjetima navodnjavanja se ostvaruje i intenzivnija voćarsko-vinogradarska proizvodnja, te uzgoj dohodovno visokoakumulativnih povrćarskih i cvjećarskih kultura u zatvorenom prostoru. U svakom slučaju se u uvjetima navodnjavanja ostvaruje veća proizvodnja hrane, odnosno veća količina i kvaliteta raznovrsnih poljoprivrednih proizvoda. Ove konstatacije u potpunosti potvrđuju ostvareni rezultati istaknuti od većeg broja autora. Još 1971. godine Pušić i Vidaček (cit. po Tomiću, 1978) navode da su ostvareni 30% veći prinosi kukuruza šećerne repe i lucerne pri upotrebi navodnjavanja u Vinkovcima. Navodnjavanjem rajčice na području Osijeka ostvaren je 44% veći prinos (Tomić et al, 1977). Na jadranskom području navodnjavanja breskve i stolnog grožđa ostvaren je veći prinos za 40%, a pri navodnjavanju kruške čak oko 90% (Pušić et al, 1975).

Dobiveni rezultati istraživanja intervala vlažnosti tla stočnog kelja prikazani su u tablici 3, Tomić (1972).

TABLICA 3.

PRIROD UKUPNE ZELENE MASE STOČNOG KELJA U kg/10 m²

Interval vlažnosti tla	Prosječni prirod	Izračunati "t"	Tablični "t"
100-80% PVK navodnjavan	59,94	7,27	0,20
100-60% PVK nenavodnjavan	55,3	6,07	0,39
Standard nenavodnjavan	48,71		

Dakle, prirodni ukupne zelene mase stočnog kelja su izrazito veći u uvjetima navodnjavanja. Naime, navodnjavanje je vršeno na varijantama s intervalom vlažnosti 100-80% PVK (poljski vodni kapacitet i 100-60% PVK, dok varijanta standard je bila bez navodnjavanja (kontrolna varijanta). Razlika u prirodnima navodnjavanih varijanata i standarda je statistički opravdana. Međutim, koji je interval vlažnosti 100-80% PVK ili 100-60% PVK povoljniji pokazuje njihovo međusobno testiranje (tablica 4).

TABLICA 4.

PRIROD UKUPNE MASE STOČNOG KELJA NA NAVODNJAVANIM VARIJANTAMA U kg 10 m²

Prirod	Interval vlažnosti		Izračunati "t"	Tablični "t"	
	100-80% PVK	100-60% PVK		5 %	1 %
Ukupna zelena masa	59,94	55,33	3,01	2,31	3,36

Rezultati pokazuju da je varijanta na kojoj je održavana vlažnost tla u intervalu 100-80% PVK, statistički signifikantna u odnosu na varijantu s intervalom vlažnosti 100-60% PVK. To znači da je za uzgoj stočnog kelja povoljniji uži interval vlažnosti tla, odnosno stanje veće saturiranosti tla vodom kroz vegetacijsko razdoblje.

U svrhu određivanja povoljnosti intervala vlažnosti, Butorac i Tomić (1974) izvršili su model pokus u vegetacijskim posudama s ozimom pšenicom (tablica 5).

TABLICA 5.

PRIROD OZIME PŠENICE PO VEGETACIJSKOJ POSUDI U gr

Prirod	Interval vlažnosti tla (bara)			LSD	
	0,33-1,0	0,33-6,25	0,33-15,0	5 %	1 %
Zrna	24,00	19,97	21,63	1,76	2,41

Pri intervalu vlažnosti tla 0,33-1,00 bar postignut je statistički opravdan veći prinos u odnosu na održavanje vlažnosti tla u ostala dva intervala vlažnosti. Razlika u prirodu između drugog i trećeg intervala nije signifikantna. Iz toga proizlazi da i za uzgoj pšenice više odgovara uži interval vlažnosti.

Utjecaj navodnjavanja na prirod važnijih ratarskih kultura u Slavoniji i Baranji istraživao je Mađar (1986; 1989).

Rezultate tih istraživanja iznose Tomić i Mađar (1989), tablica 6.

TABLICA 6.

PRIROD RATARSKIH KULTURA PRI NAVODNJAVANJU

Uzgajana kultura	Lokalitet	Godina	Prirod t/ha		Razlika	
			pri navodnjava.	bez navodnjava.	t/ha	%
Sjemenski kukuruz	Belje	1985	3,86	2,73	1,13	41,1
	Belje	1986	4,15	2,87	1,28	44,6
	Vupik	1988	3,06	1,73	1,33	78,5
Šećerna repa	Belje	1985	63,80	48,10	15,70	32,60
Soja	Belje	1985	3,76	2,78	0,98	35,5
	Belje	1986	3,46	2,84	0,62	21,8
	Belje	1988	4,30	2,57	1,73	67,3
	Vupik	1988	3,18	1,28	1,9	148

Dakle, podaci pokazuju da povećanje priroda u uvjetima navodnjavanja dosta varira za sve tri kulture, po lokalitetima i godinama. Međutim, prosječno povećanje priroda pri navodnjavanju ratarskih kultura u Slavoniji i Baranji je vrlo visoko (iznad 50%), pa je to ujedno konkretan dokaz o značaju primjene navodnjavanja za intenziviranje ratarske proizvodnje u nas.

Utjecaj navodnjavanja na prirode povrćarskih i voćarskih kultura te vinove loze pokazuju rezultati višegodišnjih istraživanja koje je Institut za agroekologiju - Zavod za melioracije Zagreb, izvodio u suranji s P.D. "Vrana" na jadranskom području.

U tablici 7 iznose se rezultati utjecaja kontroliranog navodnjavanja u odnosu na njegovo nekontrolirano izvođenje na površinama P.D. "Vrana" - Biograd na moru, pri uzgoju paprike (Tomić et al, 1988).

TABLICA 7.

PRIROD PAPRIKE PRI KONTROLIRANOM I NEKONTROLIRANOM
NAVODNJAVANJU NA 10,4 m²

Prirod paprike	Kontrolirano navodnjavanje	Nekontrolirano navodnjavanje	LSD	
			5 %	1 %
kg/10,4 m ²	25,3	20,4	3,9	5,2

Dakle, pri stručnom navodnjavanju kada se početak navodnjavanja određuje na temelju stanja vlažnosti u zoni rizosfere i održavanja vlažnosti u intervalu lako pristupačne vode u tlu, ostvaruje se statistički opravdan veći prinos u odnosu na stihijsko navodnjavanje (navodnjavanje prema procjeni ili osjećaju proizvođača). Pored većeg prinosa, na varijanti kontroliranog navodnjavanja ostvaruju se i kvalitetniji plodovi paprike, što je također vrlo značajno.

Što se tiče intervala vlažnosti tla za papriku iznose se rezultati istraživanja u tablici 8, također dobiveni na površinama P.D. "Vrana" (Tomić et al, 1990).

TABLICA 8.

PRIROD PAPRIKE PRI RAZLIČITIM INTERVALIMA VLAŽNOSTI TLA,
NA 10,4 m²

Prirod paprike	Interval vlažnosti tla			LSD	
	100-75% PVK	100-65% PVK	Kontrola	5 %	1 %
kg/10,4m ²	31,2	25,7	28,6	4,13	6,25

Rezultati iz tablice 8 pokazuju da je na varijanti s intervalom vlažnosti 100-75% PVK ostvaren najveći prirod paprike. To je dokaz da i paprika zahtjeva uži interval vlažnosti tla. Na varijanti s održavanom većom vlažnosti je postignuta i prosječno veća težina plodova paprike i njezin kvalitet u odnosu na druge dvije varijante.

Od voćarskih kultura, utjecaj navodnjavanja je istraživao pri uzgoju breskve te kruške (Tomić et al, 1987 i 1988, te... 1980).

TABLICA 9.

**PRIROD BRESKVE PRI KONTROLIRANOM I NEKONTROLIRANOM
NAVODNJAVANJU, PROSJEK PO 1 STABLU U kg**

Prirod breskve	Navodnjavanje						Razlika		
	Kontrolirano			Nekontrolirano					
	I Kl.	II Kl.	Ukupno	I Kl.	II Kl.	Ukupno	I Kl.	II Kl.	Ukupno
kg/stablu	25	6	31	13	10	23	12	4	8

Iz tablice 9 rezultati pokazuju da je pri uzgoju breskve vrlo značajno primjenjivati kontrolirano navodnjavanje. Naime, pri mjerenju vlažnosti tla, tj. kod stručne primjene doziranja vode (pravilnog određivanja trenutka početka navodnjavanja i obroka navodnjavanja) ostvaruje se čak za 26% veći ukupni prirod plodova breskve. Osim toga se pri kontroliranom navodnjavanju, na površinama P.K. "Zadar" znatno kvalitetniji plodovi, što je posebno značajno.

Rezultati eksperimentalnog rada na površinama P.K. "Zadar", pri uzgoju krušaka i vinove loze, također pokazuju pozitivan utjecaj kontroliranog navodnjavanja. Dovoljno je istaći da se pri kontroliranom navodnjavanju ostvaruje 22% veći prirod krušaka i 24% stolnog grožđa u odnosu na njegovo nekontrolirano izvođenje (..., 1980).

Metoda i raspored navodnjavanja direktno djeluju na stanje vlage u tlu, a indirektno na edafske faktore koji mijenjaju razvoj biljke i distribuciju korijena u profilu. Marler i Davies (1990) istraživali su u poljskim uvjetima djelovanje režima navodnjavanja na razvoj mlade naranče (sorte "Hamlin"). Režim vlažnosti tla održavan je na tri razine: a) između poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i 80% njegove vrijednosti, b) PVK i 65% vrijednosti, c) PVK i 45% vrijednosti. Rezultati trogodišnjih istraživanja pokazuju da navedeni režim različito djeluje na razvoj mlade biljke. Naime, razvoj nadzemnog dijela biljke (ukupni volumen krošnje, presjek krošnje, lisna površina) je signifikantno manja kod održavanja niske vlage tla (PVK - 45% njegove vrijednosti) u odnosu na dva druga režima između kojih nema statistički opravdanih razlika. Režim navodnjavanja imao je različit efekat na razvoj korjenovog sustava u pojedinim godinama istraživanja. U prvoj godini pokusa postoje signifikantne razlike između pojedinih tretmana. U drugoj godini ukupna masa kao i volumen korjena je signifikantno manji (P - 0,05) kod tretmana PVK - 45% njegove vrijednosti. Rezultati treće godine istraživanja signifikantno su veći kod održavanja visoke vlage tla (PVK - 80% njegove vrijednosti). Rezultati ovih istraživanja slažu se sa istraživanjima Bevingtona i Castle (1982) (citira Marler i Davies, 1990) na naranči sorte "Valencia" uzgajane u komori za istraživanje razvoja korjenovog sustava.

Na temelju ovih rezultata može se istaći da se pojavljuje veća, oscilacija vlažnosti tla u uvjetima nekontroliranog navodnjavanja, pa se to nepovoljno

odražava na uzgajanu kulturu te njezinu količinu i kvalitet priroda. Zbog toga je potrebno da stalno tijekom vegetacije biljka ima na raspolaganju lako pristupačnu vodu. U tu svrhu je značajno kontinuirano mjeriti vlažnost u tlu, te povremeno dodavati određenu količinu vode (obrok navodnjavanja). Dakle, pri uzgoju poljoprivrednih kultura u poljskim uvjetima u nas potrebno je primjenjivati navodnjavanje i to na pravilan - stručni način ili kontrolirano navodnjavanje.

5. UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRIRODE U ZATVORENOM PROSTORU

Pri uzgoju poljoprivrednih kultura u zatvorenom prostoru (staklenici i plastenici) voda se u supstratu¹ osigurava umjetnim putem - navodnjavanjem. Zbog toga nema svrhe dokazivati opravdanost navodnjavanja, ali je značajno da se na temelju istraživanja pronadu najpovoljniji postupci pri navodnjavanju u zatvorenom prostoru. U ovim uvjetima se uzgajaju uglavnom povrćarske i cvijećarske kulture. Radi mogućnosti njihovog kontinuiranog uzgoja u staklenicama i sve većeg zahtjeva tržišta za svježim povrćem (pa i cvijećem) preko cijele godine, može se očekivati da će se ovaj način uzgoja i dalje primjenjivati. Uzgoj u zatvorenom prostoru zahtjeva visoka početna ulaganja pa je potrebno, primjenom naprednije tehnologije, ostvarivati visoke prirode kako bi se u što kraćem vremenskom razdoblju isplatila uložena sredstva. Ovi rezultati se mogu postići samo onda ako se svi faktori proizvodnje stručno reguliraju. Kako je jedan od tih faktora i voda u uzgojnom supstratu, u ovom radu se iznose rezultati koji se ostvaruju pri uzgoju kultura u zatvorenom prostoru primjenom pravilnog (kontroliranog) navodnjavanja u odnosu na njegovo stihijsko tj. nekontrolirano izvođenje. Osim toga se iznose rezultati istraživanja vezana za pronalaženje najpovoljnijeg intervala vlažnosti u supstratu.

Budući da su uvjeti uzgoja biljaka u zatvorenom prostoru specifični, cilj je ovog rada da doprinese razvoju tehnološkog procesa za uzgoj poljoprivrednih kultura u tim uvjetima. Pri uzgoju kultura u staklenicama i plastenicima vrlo važno je utvrditi kolike su, i koje su, prednosti kontroliranog navodnjavanja u odnosu na nekontrolirano. Značaj rezultata ovih istraživanja je tim veći što se još uvijek u praksi stakleničke proizvodnje u nas navodnjavanje uglavnom izvodi prema nahodnju proizvođača. Ovakav nestručan pristup ovoj važnoj agrotehničkoj mjeri neminovno dovodi do nepovoljnog vodnog režima u supstratu, te je upravo vodni režim u supstratu limitirajući faktor za veće prirode, odnosno za unapređenje intenzivnog uzgoja kultura u zatvorenom prostoru. Ovu činjenicu potvrđuju i rezultati u prirodim naših provedenih istraživanja (tablice 10, 11 i 12).

¹ U poljskim uvjetima tlo je uglavnom zadržalo svoja prirodna svojstva, dok su ona u uzgojnom supstratu zatvorenog prostora u većoj mjeri umjetno izmjenjena pa smatramo da je umjesto tlo adekvatniji naziv uzgojni supstrat, u tekstu ovog rada - supstrat.

TABLICA 10.

PRIROD RAJČICE U kg NA 100 m² POVRŠINE

Mjesto staklenik	Kontrolirano navodnjavanje	Nekontrolirano navodnjavanje	LSD	
			5 %	1 %
Split (Jadro)	1095	945	61	93
Biograd (Vrana)	1055	965	58	81
Split (Jadro)	671	598	49	68

Rezultati pokazuju da su postignuti, u sva tri pokusa, značajno veći prirodni rajčice na varijantama s kontroliranim navodnjavanjem u odnosu na nekontrolirani način navodnjavanja. Na varijantama kontroliranog navodnjavanja osigurana je lako pristupačna voda za biljke rajčice, jer je vlažnost u supstratu bila, tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja iznad vrijednosti lentokapilarne vlažnosti, odnosno, unutar optimalnog intervala vlažnosti u supstratu. Suprotno tome, pri nekontroliranom navodnjavanju, dodavanje vode je vršeno od oka i vlažnost u supstratu je znatno oscilirala (spuštala se vlažnost u supstratu i ispod lentokapilarne vlažnosti). Dakle pri kontroliranom navodnjavanju se određuje na stručan način trenutak početka navodnjavanja i obrok navodnjavanja. Međutim, pri nekontroliranom navodnjavanju ne vodi se računa o trenutačnoj vlažnosti u supstratu, a uz to se i obrok navodnjavanja određuje otprilike, tj. prema nahodjenju proizvođača. U tim prilikama vrijeme (početak) primjene navodnjavanja ovisi o vizualnom motrenju izgleda biljaka i supstrata na njegovoj površini. Ovim načinom navodnjavanja doda se premalo ili previše vode, pa je upravo to razlog za neujednačenu dinamiku vlažnosti supstrata koja uzrokuje niz negativnosti u supstratu i fiziologiji biljke.

Utjecaj kontroliranog navodnjavanja na prirod cvjećarskih kultura u zatvorenom prostoru se utvrđivao kroz više eksperimenata.

U tablici 11. prikazani su najvažniji podaci u vezi toga.

TABLICA 11.

PRIROD (BROJ) CVJETOVA NA 100 m² POVRŠINE

Kultura	Mjesto (Staklenik)	Trajanje pokusa	Kontrolirano navodnjavanje	Nekontrolirano navodnjavanje	LSD	
					5 %	1 %
Karanfil	Zagreb- Žitnjak	2	55925	40648	4720	6810
Karanfil	Split-Jadro	1	31835	30525	1106	1480
Karanfil	Zadar- Agrozadar	1.5	36942	31163	1582	1938
Gerber	Split-Jadro	1	16456	14975	1095	1476
Ruža	Zadar- Agrozadar	1.5	17730	15190	1121	1638

Dakle, znatno veći broj cvjetova (statistički signifikantan) karanfila, gerbera i ruža ostvaren je u uvjetima gdje je primjenjivano kontrolirano navodnjavanje u odnosu na varijantu s nekontroliranim navodnjavanjem.

Pri kontroliranom navodnjavanju u zatvorenom prostoru postignuta je i bolja kvaliteta cvjetova. U tablici 12 je prikazan kvalitet cvjetova karanfila.

TABLICA 12.

KVALITET CVJETOVA KARANFILA

Mjesto	Klasa	Kontrolirano navodnjavanje		Nekontrolirano navodnjavanje	
		Broj cvjetova	%	Broj cvjetova	%
Split (Jadro)	I	24927	78,3	20818	68,2
	II	5539	17,4	7662	25,1
	III	1369	4,3	2045	6,7
	Ukupno	31835	100	30525	100
Zadar (Agrozadar)	I	28372	76,8	19041	61,1
	II	7536	20,4	6326	20,3
	III	1034	2,8	5796	18,6
	Ukupno	36942	100	31163	100
Zagreb (Žitnjak)	I	41385	74,0	26324	65,5
	II	11353	20,3	11544	28,4
	III	3187	5,7	2480	6,1
	Ukupno	55925	100	40648	100

U tablici 13 su podaci o kvaliteti cvjetova gerbera i ruže.

TABLICA 13.

KVALITET CVJETOVA GERBERA I RUŽA

Kultura	Mjesto	Klasa	Kontrolirano navodnjavanje		Nekontrolirano navodnjavanje	
			Broj cvjetova	%	Broj cvjetova	%
Gerber	Split (Jadro)	I	8606	52,3	6679	44,6
		II	5628	34,2	5286	35,3
		III	2222	13,5	3010	20,1
		Ukupno	16456	100	14945	100
Ruža	Zagreb (Žitnjak)	Ekstra	4025	22,7	349	2,3
		I	6649	37,5	4556	30,0
		II	4539	25,6	5195	34,2
		III	2517	14,2	5089	33,5
		Ukupno	17730	100	15190	100

Pored visine priroda (broja cvjetova) značajan je i njihov kvalitet, pa je važno poznavati utjecaj kontroliranog navodnjavanja na kvalitet priroda intenzivnih kultura u zatvorenom prostoru. Za cvjećarske kulture u praksi se kvaliteta priroda (cvjetova) određuje uglavnom na temelju dužine stapke cvjetova, njegove svježine, bujnosti, boje, oštećenosti i općeg izgleda. Pored ovih elemenata na kvalitet cvijeta karanfila utječe i pojava puknuća čaške. Tako su cvjetovi karanfila i gerbera klasirani u tri a ruža u četiri klase (tablica 13). Klasificirani cvjetovi, sve tri kulture, pokazuju da je pri kontroliranom navodnjavanju ostvarena znatno bolja kvaliteta cvjetova. Pri nekontroliranom navodnjavanju bila su kraća ili duža razdoblja tijekom vegetacije u kojima biljka nije imala dovoljno vode, odnosno razdoblja s prekomjernom vodom u supstratu. U oba slučaja fiziološki procesi biljke morali bi biti više ili manje oštećeni, što se svakako odrazilo na manji prinos i slabiju njegovu kvalitetu. Tome treba dodati da se pri nekontroliranom navodnjavanju dodavala obično veća količina vode nego što je supstrat rizosfere mogao zadržati, pa se može pretpostaviti da je došlo i do ispiranja hranjiva. Ova su se razdoblja smanjivala s razdobljima nedovoljne vlažnosti supstrata pa se nije mogla odvijati potrebna transformacija i korištenje hranjiva od strane biljke. U uvjetima kontroliranog navodnjavanja pretpostavljamo da te nepovoljnosti nisu dolazile do izražaja pa je i ostvaren ne samo povoljniji broj cvjetova nego i njihova bolja kvaliteta.

U uvjetima zatvorenog prostora vršena su istraživanja intervala vlažnosti tla pri uzgoju karanfila i gerbera. Utjecaj određenih intervala se može vidjeti u tablicama 14, 15 i 16, gdje su iznijeti ostvareni prihodi ili broj cvjetova (Tomić, 1975).

TABLICA 14.

**BROJ CVJETOVA KARANFILA U STAKLENIKU ŽITNJAK-ZAGREB,
NA POVRŠINI 2,62 m²**

Vremensko razdoblje (vegetacija)	Interval vlažnosti supstrata				LSD	
	100-90% PVK	100-75% PVK	100-60% PVK	100-45% PVK	5 %	1 %
Prva godina	524,9	574,6	497,0	458,8	61,1	87,9
Druga godina	651,3	673,9	556,2	517,5	61,2	87,9
Ukupno	1131,1	1393,8	1155,5	1062,4	132,1	189,9

Rezultati pokazuju da je varijanta s intervalom vlažnosti supstrata (100-75% PVK) dala najbolje rezultate. Ovaj interval vlažnosti je u sva tri vremenska razdoblja visoko signifikantan u odnosu na interval 100-45% PVK. U odnosu na interval 100-60% PVK je u dva slučaja visoko signifikantan. Zatim je povoljan i interval vlažnosti 100-90% PVK. On je također statistički opravdan u sva tri razdoblja, u odnosu na interval vlažnosti 100-45% PVK, a u dva slučaja u odnosu na interval 100-60% PVK.

TABLICA 15.

**BROJ UBRANIH CVJETOVA KARANFILA U STAKLENIKU
AGROZADAR NA POVRŠINI 6 m²**

Vremensko razdoblje	Interval vlažnosti supstrata		LSD	
	100-80% PVK	100-60% PVK	5 %	1 %
U prvom mjesecu berbe	676	414	72,5	94,3

Iako se rezultati odnose na prvi mjesec dana berbe cvjetova karanfila, ipak mogu poslužiti za uočavanje izrazito boljeg utjecaja intervala vlažnosti u intervalu 100-60% PVK, pri uzgoju karanfila u zatvorenom prostoru.

TABLICA 16.

BROJ CVJETOVA GERBERA U STAKLENIKU JADRO SPLIT
NA POVRŠINI 9 m²

Vremensko razdoblje	Interval vlažnosti supstrata		LSD	
	100-80% PVK	100-60% PVK	5 %	1 %
U prva tri mjeseca berbe	257	226	19,2	28,0

Broj cvjetova gerbera u prva tri mjeseca berbe pokazuju, da se pri održavanju vlažnosti supstrata u intervalu 100-80% dobije znatno veći broj cvjetova u odnosu na interval 100-60% PVK.

Na pokusnim površinama Zavoda za povrćarstvo, Fakulteta poljoprivrednih znanosti proveden je pokus s ciljem da se utvrdi optimalni interval vlažnosti tla i doza prihrane mineralnim gnojivima pri uzgoju rajčice u plasteniku. Pokus je postavljen po metodi slučajnog rasporeda. Vlažnost tla održavana je u dva intervala:

- V1 - Poljski vodni kapacitet - 80% njegove vrijednosti.
- V2 - Poljski vodni kapacitet - lentokapilarna vlažnost.

Prihrana je vršena sa dvije doze gnojiva:

- P1 - 75 kg KAN_a + 100 kg NPK (7:14:21)/ha.
- P2 - 150 kg KAN_a + 150 kg NPK (7:14:21)/ha.

U tablici 17 prikazana je dobivena visina prinosa i kvaliteta plodova.

TABLICA 17.

DJELOVANJE INTERVALA VLAŽNOSTI NA VISINU PRINOSA I TRŽNU
KVALITETU PLODA

	V1			V2		
	kg/biljci	kg/m ²	%	kg/biljci	kg/m ²	%
Tržni dobri (crveni)	3,689	10,539	87,0	3,007	8,590	88,4
Netržno dobri (zeleni)	0,492	1,404	11,6	0,397	1,082	11,1
Tržno loši (crveni)	0,043	0,124	1,0	0,008	0,023	0,25
Netržno loši (zeleni)	0,016	0,045	0,4	0,008	0,023	0,25
Ukupno	4,240	12,112	100	3,402	9,718	100

Iz priložene tablice vidljivo je da je prinos plodova svih kategorija rajčice veći na varijanti V1, što znači da održavanje užeg intervala vlažnosti povoljno utječe na visinu prinosa. Veći broj tržišno loših plodova na varijanti V1 rezultat je dodavanja vode kod već formiranih tržišno dobrih plodova što je izazvalo pucanje ovojnice. Statističkom analizom utvrđeno je da postoji značajna razlika u prinosu između varijanti. Održavanje intervala vlažnosti između poljskog vodnog kapaciteta i 80 % njegove vrijednosti daje opravdano veći prinos u odnosu na drugu varijantu. Visina prinosa i tržišna kvaliteta plodova s obzirom na dozu prihrane prikazana je u tablici 18.

TABLICA 18.

DJELOVANJE DOZE PRIHRANE NA VISINU PRINOSA I TRŽNU
KVALITETU PLODA.

	P1			P2		
	kg/biljci	kg/m ²	%	kg/biljci	kg/m ²	%
Tržni dobri (crveni)	3,394	9,699	89,2	3,301	9,431	86,1
Tržno loši (crveni)	0,028	0,081	0,8	0,023	0,066	0,6
Netržni dobri (zeleni)	0,357	1,071	9,8	0,495	1,415	12,9
Netržno loši (zeleni)	0,008	0,023	0,2	0,015	0,044	0,4
Ukupno	3,787	10,874	100	3,834	10,956	100

Iz priložene tablice vidi se da je ostvaren veći prinos plodova, tržišno dobrih i loših, dozom prihrane P1. Prinos netržnih plodova veći je kod doze P2. Statistička analiza pokazuje da nema statistički opravdane razlike između doza prihrane. Obrazloženje da prihrana nije djelovala na prinos nalazi se u činjenici da je rajčica uzgajana na vrlo bogato opskrbljenom tlu (supstratu).

Na temelju iznijetih rezultata istraživanja dobivenih pri uzgoju različitih kultura u datim uvjetima značajne su daljnje opće opaske. Tako želimo naglasiti da su u pokusima s karanfilom intervali vlažnosti tla 100-90% PVK, 100-75% PVK i 100-60 % PVK, te s gerberima 100-80% PVK i 100-60% PVK, imali tokom cijelog vegetacijskog razdoblja lako pristupačnu vodu u tlu, ali ne i ispod granice pristupačne vode za biljku. To dokazuje da je i pri uzgoju navedenih kultura u zatvorenom prostoru najpovoljnija vlažnost supstrata u intervalu između poljskog vodnog kapaciteta i 80% odnosno 75% od njegove vrijednosti.

Ako naša istraživanja dovedemo u vezu s mišljenjem Alpatieva (1954), Richardsa (1957), Izraelsena (1955), Rodea (1960), Vučića (1964) i Vukašinića (1964), pojavljuje se izvjesna razlika. Razlika se nazire u vezi donje granice

najpovoljnije vlažnosti tla i supstrata. Vezano s tim i Tomić (1975) iznosi da se voda u tlu i supstratu drži slabijim silama što se stanje vlažnosti približava poljskom vodnom kapacitetu. Ova pojava uvjetuje da voda nije jednako pristupačna za biljku ni unutar intervala lako pristupačne vode, tj. između poljskog vodnog kapaciteta i lentokapilarne vlažnosti. S obzirom da biljka troši više energije za primanje vode dok stanje vlažnosti opada u odnosu na PVK, smatramo da je potrebno u uvjetima suvremene proizvodnje održavati vlažnost u tlu i supstratu bliže vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta. Međutim, ipak, ni u ovom pogledu ne bi smjeli ići u drugu krajnost. Jer zbog dinamičnih promjena fizikalnih svojstava tla (supstrata) kontinuirano stanje visoke vlažnosti može prvenstveno poremetiti optimalan odnos vode i zraka u tlu (supstratu) i nepovoljno utjecati na rast i razvoj uzgajane biljke. U prilog ove konstatacije idu iznijeti rezultati dobiveni u pokusima s karanfilom. Naime, pri održavanju vlažnosti supstrata u intervalu 100-90% PVK ne samo da nije postignut veći prinos, već je broj ubranih cvjetova bio manji u odnosu na varijantu gdje se je vlažnost tla održavala u intervalu 100-75% PVK. Osim toga, treba imati u vidu da je visoka vlažnost u supstratu ili uski interval vlažnosti, zbog njezine velike dinamičnosti i nedovoljno razvijene tehnike u navodnjavanju, praktično vrlo teško održavati. Dakle, navedeni razlozi upućuju da je ne samo nepotrebno već i otežano održavati vlažnost supstrata u neposrednoj blizini poljskog vodnog kapaciteta. Imajući u vidu ovo obrazloženje i uzimajući u obzir naprijed navedene rezultate istraživanja smatramo da bi bilo korisno za donju granicu vlažnosti tla (supstrata) uzimati 75-80% postotnu vrijednost poljskog vodnog kapaciteta.

Što se tiče pitanja gornje granice najpovoljnijeg intervala vlažnosti tla (supstrat) za uzgoj poljoprivrednih kultura mišljenja smo da su je dosadašnja istraživanja zadovoljavajuće riješila, te da se za praksu kao i do sada, koristi vrijednost poljskog vodnog kapaciteta (Rode, 1960; Vučić, 1964). Međutim, za terenska razmatranja i pri daljnjim istraživanjima neophodno je uzimati u obzir i mišljenja drugih autora, kao npr. Neugebauera (1960) i Vukašinića (1964).

Na temelju rezultata istraživanja o intervalu vlažnosti tla u poljskim uvjetima i u uzgojnom supstratu zatvorenog prostora, moguće je donijeti dva osnovna zaključka:

1. Iako su ova istraživanja provedena samo na nekim kulturama i kroz relativno kraća vremenska razdoblja, ipak preporučamo da se u praksi navodnjavanja - za donju granicu intervala vlažnosti koristi 75-80 postotna vrijednost poljskog vodnog kapaciteta, a za gornju granicu, kao i do sada, vrijednost poljskog vodnog kapaciteta.

2. Budući da su granične vrijednosti intervala vlažnosti tla i supstrata, za primjenu navodnjavanja, od velikog značaja mišljenja smo da bi ove vrijednosti trebale biti još određenije (detaljnije) istražene za razne uvjete uzgoja pojedinih poljoprivrednih kultura.

6. DALJNI RAZVOJ NAVODNJAVANJA I PRIJEDLOZI ZA NJEGOVU DALJNJU PRIMJENU

Budući da se u nas navodnjavanje malo primjenjuje, a njegove potrebe su velike uz dobro postojeće mogućnosti, opravdano je inicirati veća ulaganja i brži razvoj navodnjavanja. Međutim, za ostvarivanje razvoja navodnjavanja prije svega je nužno mijenjati dosadašnje shvaćanje, u nas, o navodnjavanju. Zapravo, već smo naveli da je do sada u nas navodnjavanje služilo u svrhu borbe protiv suše. Nije se vodila briga o problemima koji prate navodnjavanje i općenito o suvremenoj poljoprivrednoj tehnologiji. Međutim, temeljna uloga navodnjavanja je ostvarivanje intenzivne poljoprivredne proizvodnje kroz pravilno korištenje ekoloških uvjeta i stručnu primjenu agrotehničkih zahvata. U poljoprivrednoj proizvodnji pod nazivom "Poljoprivreda s navodnjavanjem" moguće je ostvariti strukturu sjetve u kojoj su zastupljene: ratarske, povrćarske i krmne kulture te industrijsko bilje (Vučić, 1991). U tim uvjetima se ostvaruje mješovita poljoprivredna proizvodnja: ratarstvo - stočarstvo - povrćarstvo. U sklopu mješovite proizvodnje, navodnjavanje osigurava ostvarivanje druge žetve i širu proizvodnju krmnog bilja. U skladu s tim su veće mogućnosti za stočarsku proizvodnju, koja preko stajskog gnoja pruža mogućnost održavanja povoljnih svojstava tla, te stvara uvjete da potencijali navodnjavanja dođu do izražaja. Dakle, za razliku od dosadašnje poljoprivredne proizvodnje u nas, gdje je biljna proizvodnja bila odvojena od stočarstva (na društvenim gospodarstvima, privatna gospodarstva su bila uglavnom mala i nemoćna) u budućim gospodarstvima s mješovitom proizvodnjom bit će uska povezanost (simbioza) biljnogojstva i stočarstva, koja će omogućiti pravilno gospodaranje s tlom, te stručnu i racionalnu primjenu navodnjavanja i ostalih agrotehničkih mjera (Buringh, 1982; Milojić, 1987).

Treba konstatirati da se još uvijek u našoj poljoprivrednoj proizvodnji primjenjuje uska struktura sjetve (uglavnom uzgoj nekoliko osnovnih kultura), znatno korištenje kemizacije (mineralna gnojiva, zaštitna sredstva) i teža mehanizacija, uz odbačenu organsku gnojidbu (posebno stajsko gnojivo), te odvojenost biljne i stočarske proizvodnje. Posljedice takve proizvodnje su nastupile: smanjenje humusa u tlu, pogoršanje strukture i ostalih fizikalnih svojstava tla, zbijanje tla i zagađivanje tla.

U takvoj poljoprivrednoj tehnologiji navodnjavanje se nije moglo uklopiti. Ako se je ipak primjenilo, ostvaren je određeni rezultat kroz veći prirod uzgajanih kultura, ali je nažalost - istovremeno i pospješio navedene posljedice (ubrzo negativnu antropogenizaciju tla). U razvijenim državama ove činjenice su već duže vrijeme uočene i pristupile su intenziviranju poljoprivredne proizvodnje primjenjujući modernu tehnologiju tj. poljoprivredu s navodnjavanjem. Uz navodnjavanje, klasičnu agrotehniku, manju upotrebu gnojiva i zaštitnih sredstava, proizvodi se potrebno krmno bilje za adekvatnu stočarsku proizvodnju, a ona preko

stajskog gnoja omogućava održavanje dobrih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla (supstrata).

Prema tome, biljna i stočarska proizvodnja s navodnjavanjem ne iskorištava, već pravilno koristi tlo, pa zbog toga preporučamo da i mi u Hrvatskoj pristupimo intenziviranju poljoprivredne proizvodnje primjenjujući poljoprivredu s navodnjavanjem.

6. KORIŠTENA LITERATURA

1. Alpatiev A.M. (1954): *Blagohorotkulturnih rasteni*, Hidrometioizdata, Leningrad.
2. Buringh P. (1982): *Potencial of world soils for Agricultural production*, 12 th Congress of ISSS, New Delhi.
3. Butorac A., Tomić F. i Turšić I. (1975): *Specifična volumna težina i interval vlažnosti tla kao faktori u uzgoju ozime pšenice*, Agronomski glasnik, br. 7-8, Zagreb.
4. Čerkasov A. (1950): *Melioracije i snabdjevanje poljoprivrednih gazdinstava vodom*, (prijevod s ruskog), Beograd.
5. Izraelsen O.W. (1955): *Irrigation Principles and Practice*, New York.
6. Konhke H. (1968): *Soil Physics*, Mc. Grow - Hill Book Company, New York.
7. Kos Z. (1990): *Stanje i razvoj navodnjavanja na području primorsko - istarskih slivova*, rukopis, Rijeka.
8. Madar S. (1982): *Odlike oborina Istočne Slavonije i njihov utjecaj na biljnu proizvodnju*, Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji, BTZNC, God XII, sv.3.. Osijek.
9. Marle T.E. and Davies F.S. (1990): *Microsprincler Irrigation and Growth of Young "Hamlin" Orange Trees*, Yournal of the American Society for Horticultural Science Vol.115. No.15
10. Milojić B. (1987): *Sistem biološkog ratarenja*, Savremena poljoprivreda, br.3-4, Novi Sad.
11. Neugebauer V. (1960): *Pedologija*, Savez studenata Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad.
12. Pavlović R. i Dobronić D. (1977): *Poljoprivredno zemljište u društveno-ekonomskom sistemu*, Savjetovanje - Problematika poljoprivrednog zemljišta kao dobra od općeg interesa, Zagreb.
13. Richards L.A. and Richards S.J. (1975): *Soil moisture*, Yearbook of agricultural Soils, US Dept. of Agric.

14. Rode A. (1955): *Vodnie svojstv i gruntiv*, Akademia nauk SSSR, Moskva.
15. Rode A.A. (1960): *Metodi izučenja vodnogo režimi počvi*, Akademia nauk SSSR, Moskva.
16. Tomić F. (1972): *Stočni kelj u različitim uvjetima vlage tla*, Jugoslavenski simpozij o krmnom bilju, Kruševac.
17. Tomić F. (1973): *Reguliranje vodnog režima tla za intenzivni uzgoj karanfila*, Zemljište i biljka, Vol.22. br.1., Beograd.
18. Tomić F. (1975): *Interval vlažnosti tla pri uzgoju poljoprivrednih kultura*, Vodoprivreda br.39., Beograd.
19. Tomić F. i Marinčić I. (1987): *Potrebe i mogućnosti primjene navodnjavanja u Hrvatskoj*, Poljoprivredne aktualnosti br. 1-2, Zagreb.
20. Tomić F. (1978): *Potrebe, problemi i orijentacija u izvođenju sistema odvodnje i navodnjavanja u SR Hrvatskoj*, Vodoprivreda br. 52-54, Beograd.
21. Tomić F. i više autora (1987, 1988 i 1990): *Navodnjavanje poljoprivrednih kultura*, Izvještaj SIZ-u za znanstveni rad Hrvatske, Zagreb.
22. Tomić F. i Mađar S. (1989): *Stanje i perspektiva navodnjavanja u Hrvatskoj*, Vodoprivreda 21, str 177-181., Beograd.
23. Tomić F. (1988): *Navodnjavanje*, Udžbenik, Savez polj. inženjera i tehničara Hrvatske i Fakultet poljoprivrednih znanosti Zagreb
24. Tomić F., Kos Z. i Mađar S. (1991): *Navodnjavanje - Dio suvremene poljoprivrede*, Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 39, Br. 3-4, 399-404, Zagreb.
25. Vučić N. (1971): *Bioklimatski koeficijenti i zalivni režim biljke - teorija i praktična primena*, Vodoprivreda, br. 6-8, Beograd.
26. Vučić N. (1976): *Navodnjavanje poljoprivrednih kultura*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
27. Vučić N. (1991): *Navodnjavanje je budućnost poljoprivrede*, Jugoslavenski seminar - Navodnjavanje kao činilac individualnog sektora, Novi Sad.
28. Vukašinić S. (1961): *Visoki prinosi i odnos biljke i vode u zemljištu*, Vodoprivreda Jugoslavije, br. 1-2, Beograd.
29. Vukašinić S. (1964): *Principi navodnjavanja*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
30. (1980): *Utvrđivanje normi i efekta navodnjavanja na kvalitet i prirod breskve, kruške i stolnog grožđa*, Izvještaj o znanstvenom radu, Institut za agroekologiju, Zagreb.

ISTRAŽIVAČKI RAD I PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA

Prof.dr. FRANE TOMIĆ
Fakultet poljoprivrednih znanosti
Sveučilišta u Zagrebu

1. UVODNE NAPOMENE

Pri rješavanju navodnjavanja na određenom lokalitetu u praksi, prvu fazu čini istraživački rad. Iza toga slijedi izrada projekta. Na temelju istraživačko-projektne dokumentacije pristupa se drugoj fazi, koja obuhvaća izvođenje ili izgradnju sustava navodnjavanja. Treća faza je eksploatacija i održavanje instaliranog sustava u praksi i ostvarivanje intenzivne biljne proizvodnje.

Istraživačku i projektnu dokumentaciju moguće je raditi u tri razine: idejno rješenje navodnjavanja, idejni projekt, te glavni ili izvedbeni projekt navodnjavanja. Temeljna razlika istraživačko-projektne dokumentacije navedenih triju razina je u mjerilu geodetske podloge i u broju (gustoći) mjerljivih podataka (elemenata) u studiji i projektu. U ovom radu obradit će se upravo ti elementi i činit će cjelinu istraživačke ili studijske dokumentacije. Međutim, svaka studijska dokumentacija služi kao podloga pri izradi adekvatne razine projektne dokumentacije. U studijskoj dokumentaciji vrši se slijedeće:

- obrada klimatskih elemenata
- određivanje potrebne primjene navodnjavanja
- provedba hidropedoloških, terenskih i laboratorijskih istraživanja
- razrada elemenata doziranja vode
- definiranje izvorišta vode uz provjeru njezine količine i kvalitet za navodnjavanje
- izbor metode, načina i sustava navodnjavanja
- obrada ostalih elemenata potrebnih za izradu projekta navodnjavanja

Analiza ove tematike namjenjena je, ne samo za izradu projekata navodnjavanja, već i za izvođenje sustava navodnjavanja, te njihovu eksploataciju, kao i održavanje u praksi.

Svi elementi koji se obrađuju u sklopu istraživačke i projektne dokumentacije prikazuju se na odgovarajućim geodetskim podlogama, pa je prije svega njih potrebno imati i zbog toga se one na potreban način razmatraju u nastavku.

2. GEODETSKE PODLOGE ZA ISTRAŽIVAČKU I PROJEKTNU DOKUMENTACIJU

Geodetske podloge su u stvari topografski planovi i karte koji se koriste u svim djelatnostima pa i u navodnjavanju. Topografski planovi i karte su zapravo

geodetske snimke manjeg ili većeg dijela površine prikazane na papiru (horizontalna projekcija) u određenom mjerilu. Praktično se planom naziva ona snimka prostora koja je prikazana u krupnijem mjerilu ($M=1:10000$), a karta u sitnijem mjerilu ($M=1:10000$ i više).

Na izbor mjerila utječe namjena plana odnosno karte, zatim površina područja koja se treba snimiti, te potrebna točnost geodetske podloge. Povećanjem mjerila povećava se točnost plana odnosno karte. Time se povećavaju i svi radovi (snimanja i kartiranja) pri njihovoj izradi.

Unutar postojećih propisa najčešće se planovi izrađuju u slijedećim mjerilima: 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:2.500 i 1:5.000, a karte: 1:10.000, 1:25.000 i 1:50.000 se uglavnom koriste pri izradi topografskih vojnih i zemljopisnih karata. Na svim planovima i kartama je prikazana visinska predstava terena slojnicama ili izohipsama. Njihov razmak (ekvidistanca) i mjerilo je uvijek naznačen. Slojnice na planovima i kartama daju informaciju o konfiguraciji terena i nagibu površina terena toliko točno da se može na njima projektirati sustave navodnjavanja.

Razmak slojnica je usklađen s mjerilom. Tako na primjer za mjerilo 1:1.000, razmak slojnica je uglavnom 0,25m, a za mjerilo 1:25.000 slojnice predstavljaju visinsku razliku 1m, 2m ili čak 5m ovisno o razvedenosti terena. Napominje se da je Osnovna državna karta (ODK) Hrvatske izrađena u mjerilu 1:5.000. Razmak slojnica je 0,5 do 1,0m u nizinskim područjima, dok na blago valovitim terenima iznosi 5,0m, a za brdovita i planinska područja visinska razlika slojnica iznosi 10,0m (Vujasinović, 1984.). Za projekte navodnjavanja potrebna je preciznija geodetska podloga, pa je neophodno izraditi ih s dovoljnom točnošću, kako u horizontalnom tako i visinskom smjeru.

Pri rješavanju navodnjavanja na nekom području ili pojedinom poljoprivredno-proizvodnom objektu javlja se potreba za istraživačkim radom (izrada studije), izradom projektne dokumentacije, a zatim izvođenje sustava navodnjavanja. Istraživački rad i izrada studije može se izvesti na različitim razinama. Razlikuje se broj mjerljivih istražnih podataka i broj parametara za pojedine razine projektne dokumentacije koje su najčešće u našoj praksi: idejno rješenje navodnjavanja, idejni projekt i glavni izvedbeni projekt navodnjavanja. Adekvatno razini istraživačko-projektne dokumentacije koriste se i geodetske podloge, tj.:

1. Idejno rješenje navodnjavanja s odgovarajućom razinom istraživačkog rada (studijski dio) se prikazuje na geodetskoj podlozi 1:25.000 ili 1:50.000, uz odgovarajuću visinsku razliku između slojnica. Iznimno se mogu za opći prikaz u okviru šireg područja koristiti i karte 1:100.000.

U sklopu istraživačko-projektne dokumentacije na razini idejnog rješenja, izrađuju se uzdužni profili u mjerilu kao što je mjerilo geodetske podloge ili eventualno 1:10.000

Poprečni presjeci se prikazuju u mjerilu 1:500 i 1:200, a može i krupnijem.

2. Idejni projekt navodnjavanja i odgovarajuća istraživačka dokumentacija (studija) se izrađuju na geodetskoj podlozi 1:10.000. Iznimno se mogu koristiti krupnije mjerilo 1:5.000 ili pak sitnije mjerilo 1:25.000. Uz pojedina mjerila horizontalnog prikaza koriste se adekvatne visinske razlike između slojnica (2,0m, 1,0m, odnosno 0,5m, pa i 5,0m).

Mjerilo uzdužnih presjeka najčešće odgovara mjerilu geodetske podloge ili eventualno nešto krupnije, dok mjerila za poprečne presjeke su najčešće 1:100, a može i krupnije.

3. Istraživačka dokumentacija (studija) za izradu glavnog projekta navodnjavanja se uglavnom prikazuje u mjerilu 1:5.000. Iznimno se može koristiti mjerilo 1:2.500 ili pak sitnije mjerilo 1:10.000. Što se tiče glavnog ili izvedbenog projekta navodnjavanja, koriste se mjerila 1:2.000 i 1:2.500. Ponekad se koriste 1:1.000, pa čak i 1:5000. Za nuždu se ponekad koristi 1:5000. Adekvatno mjerilima horizontalnog prikaza koriste se mjerila za prikaz visinskih odnosa. Ipak je najčešće razmak između slojnica 0,25m, a može se koristiti 0,1m, 0,2m, pa i 0,5m.

Mjerila uzdužnih profila uglavnom odgovaraju mjerilu geodetske podloge (1:5000, 1:1.000, 1:2.000, 1:2.500 ili pak 1:5.000). Poprečni presjeci se uglavnom prikazuju u krupnijem mjerilu 1:2000, 1:100, 1:50, pa i krupnijem mjerilu.

U navedenom opisu vidljiv je pregled potrebnih geodetskih podloga koje su obično u upotrebi pri izradi istraživačke i projektne dokumentacije (studija i projekt) navodnjavanja. Prije pristupa rješavanju navodnjavanja za određeno područje ili manju površinu, potrebne geodetske podloge mogu već postojati. U protivnom neophodno je prije svega njih izraditi. Geodetski planovi i karte rade se po propisnim standardima (zakonima, pravilnicima, uputstvima), (Vujsinović, 1984).

3. KLIMATSKI ELEMENTI I POTREBA PRIMJENE NAVODNJAVANJA

Za izradu projektne dokumentacije navodnjavanja za određeni lokalitet, potrebno je, za najbližu meteorološku stanicu, analizirati klimatske elemente i odrediti potrebu primjene navodnjavanja. Naime, na temelju prosječnih višegodišnjih vrijednosti klimatskih elemenata odredi se ukupni nedostatak (deficit) vode, kao i nedostatak vode po mjesecima za planirani uzgoj poljoprivrednih kultura. Ukupan nedostatak ili deficit vode u vegetacijskom razdoblju je u stvari **norma navodnjavanja**

3.1. Norma navodnjavanja

Ako se od ukupno potrebne količine vode odbije ukupno raspoloživa voda u vegetacijskom razdoblju dobije se norma navodnjavanja:

$$N_n = \sum P_v - \sum R_v$$

N_n = norma navodnjavanja u mm

$\sum P_v$ = ukupna potrebna voda u vegetacijskom razdoblju u mm

$\sum R_v$ = ukupna raspoloživa voda u vegetacijskom razdoblju u mm

Prema tome, norma navodnjavanja je nedostatak vode ili ukupna količina vode koju je potrebno dodati navodnjavanjem za vrijeme vegetacije. Vrijednost N_n je u stvari netto norma navodnjavanja. Zbog gubitka vode pri navodnjavanju (ishlapljivanje, površinsko otjecanje i filtracija), potrebno je netto normu navodnjavanja povećati pomoću koeficijenta iskorištenja vode (y). Dakle, brutto norma navodnjavanja se dobije prema relaciji:

$$N_b = \frac{N_n}{y}$$

N_b = brutto norma navodnjavanja u mm

N_n = netto norma navodnjavanja u mm

y = koeficijent iskorištenja vode pri navodnjavanju

Vrijednost koeficijenta ovisi o više faktora koji utječu na gubitke vode, a najizraženiji su: način dovoda i raspodjele vode po navodnjavanoj površini, klimatske prilike, te način eksploatacije sustava za navodnjavanje. S toga, može iznositi od 0,35 do 0,95. Smatra se da, pri eksploataciji sustava navodnjavanja, vrijednost koeficijenta treba iznositi iznad 0,8.

Vrijednost $\sum P_v$ i $\sum R_v$ dobiju se zbrajanjem mjesečnih potrebnih odnosno mjesečnih raspoloživih količina vode u vegetacijskom razdoblju.

3.1.1. Potrebna voda

Potrebna voda za uzgoj poljoprivrednih kultura u stvari odgovara vrijednosti evapotranspiracije. Evapotranspiracija je zbroj količina vode koja se gubi procesima transpiracije i evaporacije s određene površine u određenom vremenu. Ukupna se potrebna količina vode za evapotranspiraciju može odrediti eksperimentalno (direktno) ili indirektno metodama na temelju klimatskih elemenata. Nažalost, još uvijek nije pronađen način koji odgovara potpuno i za sve uvjete, pa je ovo i dalje predmet istraživanja. Eksperimentalni postupak, međutim, nije jednostavan zbog opreme i održavanja točno određenih uvjeta tokom eksperimenta. Zbog toga se najčešće primjenjuju indirektno metode koje uzimaju u obzir temperaturu zraka (Thorntwait, Ivanov, Šarov, Bouchet), deficit vlažnosti zraka (Alpatjev) veći broj klimatskih elemenata (Turc, Penman), te klimatske elemente s koeficijentima pojedinih kultura (Blaney-Cridle). Budući da su ove metode obrađene u postojećoj i dostupnoj literaturi nema potrebe o njima ovdje govoriti. (Kos 1984; Tomić 1988). Međutim, u vezi raspoložive vode u vegetacijskom razdoblju vrijedi iznijeti postojeće specifičnosti, pa ćemo ih na potreban način u nastavku prikazati.

3.1.2. Raspoloživa voda

Voda u tlu, koja je na raspolaganju biljkama tokom vegetacije, potječe od vode koja se nalazi u tlu na početku vegetacije odnosno mjeseca, od oborinske vode i od podzemne vode koja se kroz kapilare tla podigla do korijenove zone. Prema tome, raspoloživa je voda

$$R = r + h + w$$

- R = raspoloživa voda za biljke - za određeni mjesec ili vegetacijsko razdoblje u mm
- r = rezerva vode u zoni rizosfere na početku mjeseca ili na početku vegetacijskog razdoblja u mm
- h = efektivne oborine koje je upilo tlo u toku mjeseca ili vegetacije u mm
- w = utjecaj podzemne vode na vodu raspoloživu biljkama tokom mjeseca ili vegetacije u mm

Treba naglasiti da postoje poteškoće za precizno utvrđivanje raspoložive vode. Pogotovo je teško točno odrediti efektivne oborine i utjecaj podzemne vode. Obično se korisne oborine određuju prema relaciji

$$h = \beta h_0$$

- h = korisne oborine u određenom mjesecu ili vegetacijskom razdoblju u mm
- h_0 = količina oborina u određenom mjesecu ili vegetacijskom razdoblju u mm
- β = koeficijent iskorištenja oborina.

Koeficijent ovisi o intenzitetu oborine, upijanju, otjecanju, filtraciji u tlu, odnosno o vrsti tla, nagibu terena, svojstvima tla i obraslosti. O načinu određivanja ovog koeficijeta, ili određivanju efektivnih oborina, ima više mišljenja. Vučić (1976), i po njemu citiran Alekseev i sur. smatraju da je dobro isključiti oborine ako je palo manje od 3 mm na dan, odnosno manje od 5 mm na dan u toku ljeta. Njihovo je mišljenje da ove oborine povećavaju vlažnost tla koju biljke mogu izravno koristiti. Međutim, oni ne isključuju druge koristi takvih oborina. One osvježavaju biljke i povećavaju relativnu vlažnost zraka. Prema Velevu i Markovu (cit. po Vučiću, 1976), za projektiranje se može koristiti da je " β "=0,7. Slično ovoj vrijednosti je i koeficijet za izračunavanje efektivnih oborina po Blaney i Criddle (cit. po Kosu 1984). Njegova vrijednost iznosi od 0,65 do 0,99 ovisno o godišnjim oborinama i % zasićenosti tla vodom. Prema tome, ako ne postoje određene vrijednosti koeficijenta β hidrometereološkim istraživanjima može se koristiti srednja vrijednost $\beta = 0,8$.

Utjecaj podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke u pojedinim mjesecima, odnosno tokom vegetacije, ovisi o njezinoj dubini, o dubini korijena i o

klimatskim prilikama. Budući da se ovi elementi tokom vegetacije mijenjaju, mijenja se visina i brzina kapilarnog dizanja vode, pa ne postoji mogućnost sigurnog određivanja utjecaja podzemne vode na količinu ukupne raspoložive vode za biljke. Ovaj utjecaj, ili vrijednost "w" približno se može odrediti izrazom po Šaumijanu (cit. po Vučiću, 1976):

$$W = kw * PET$$

- w= količina raspoložive vode koja potječe od podzemne vode a na raspolaganju je biljkama u mm/mjesec
 PET= potencijalna evapotranspiracija u mm/mj.
 kw= koeficijent utjecaja podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke

Vrijednost koeficijenta "kw" se može odrediti izrazom:

$$kw = \left(1 - \frac{h}{h_1} \right) * \left(1 - \frac{h^2}{h_1^2} \right)$$

- h= dubina podzemne vode u određenom mjesecu u m
 h₁= dubina sa koje utječe podzemna voda u m (za većinu tala iznosi 2-2,5m)

Međutim, približne vrijednosti ovog koeficijeta, s obzirom na vrstu tla i dubinu podzemne vode, po istom autoru nalaze se u tablici 1.

TABLICA 1.

KOEFIKIJET ("kw") UTJECAJA PODZEMNE VODE
 NA RASPOLOŽIVU VODU ZA BILJKE

Vrsta tla	Dubina podzemne vode u m			
	1,0	1,5	75	2,0
Teško tlo	0,25-0,20	0,17-0,15	0,10-0,08	0,05
Srednje tlo	0,20-0,17	0,15-0,10	0,07-0,05	0,02
Lako tlo	0,15-0,12	0,08-0,05	0,03-0,02	0,00

Na temelju obrađene potrebne i raspoložive vode dobije se manjak vode po mjesecima i ukupan deficit vode tokom vegetacije ili norma navodnjavanja. Ova vrijednost nam služi za donošenje zaključaka o potrebi primjeni navodnjavanja. U svrhu toga, u tablici 2 su prikazani rezultati analize klimatskih elemenata za nekoliko mjesta.

TABLICA 2.

REZULTATI ANALIZE KLIMATSKIH ELEMENATA
ZA VEGETACIJSKO RAZDOBLJE I UKUPNO GOD.

Mjesto	Vremensko razdoblje	Metoda	Podaci	Mjeseci							
				IV	V	VI	VII	VIII	IX	God.	
Poreč	1962-1971	Turc	manjak	13	33	79	97	27	-	241	
			višak	-	-	-	-	-	17	343	
Zagreb	1927-1976	Thorntwaite	manjak	-	-	-	2	46	2	50	
			višak	4	-	-	-	-	-	224	
Nova Gradiška	1965-1979	Thorntwaite	manjak	-	18	16	36	32	3	105	
			višak	7	-	18	-	-	-	267	
Vinkovci	1956-1980	Thorntwaite	manjak	-	35	42	57	59	37	230	
			višak	3	-	-	-	-	-	202	
Zadar	1966-1975	Thorntwaite	manjak	-	-	25	130	98	7	260	
			višak	-	-	-	-	-	-	234	
Split	1966-1975	Thorntwaite	manjak	-	-	46	138	128	36	348	
			višak	-	-	-	-	-	-	173	
Dubrovnik	1966-1975	Thorntwaite	manjak	-	-	-	119	123	-	212	
			višak	13	-	-	-	-	-	585	

Podaci pokazuju da je potrebno primjenjivati navodnjavanje na području svih navedenih mjesta.

Osim toga, podaci o normi navodnjavanja ili ukupnom manjku vode u vegetaciji su jedan od elemenata značajnih za izradu projektne dokumentacije navodnjavanja.

4. HIDROPEDOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

U slučaju postojanja potrebe za primjenu navodnjavanja, pristupa se ispitivanju tla na lokalitetu gdje se namjerava primjeniti navodnjavanje. Hidropedološka istraživanja se vrše na terenu i laboratoriju. Razina ovih istraživanja ovisi o stupnju projektne dokumentacije. Naime, normativi su različiti za idejno rješenje, idejni projekt i glavni projekt navodnjavanja.

4.1. Terenska istraživanja

Prije svega izvrši se rekognosciranje terena od strane istraživača. Nakon toga pristupi se sondiranju tla standardnim sondama. Na istraživanoj površini izvrši se sondiranje u prosjeku 1 sonda na 80-100 ha za idejno rješenje, 25-30 ha za idejni projekt i 2-5 ha za glavni projekt. sonda je označena brojem. Dubina sondiranja je uglavnom do 2 m dubine ovisno o stratigrafiji tla.

Za svaku sondu odredi se i zapisnički konstatira:

- mikrolokacija
- uslojenost ili stratigrafija tla s oznakom horizonata
- tekstura tla (procjena "metodom opipa")
- zbijenost, propusnost, osnovna kemijska svojstva (procjena)
- način prevlaživanja (ako postoji)
- naziv pedosistematske jedinice
- određivanje melioracijskog rajona s melioracijskim mjerama koje je eventualno potrebno primjeniti za ostvarivanje postavljenog cilja (primjenu navodnjavanja).

Na temelju poznavanja hidropedološke problematike određene na razini rekognosciranja i sondiranja istraživane površine, odrede se mjesta za iskop pedoloških profila. U prosjeku se iskopa jedan profil na 300 ha za izradu idejnog rješenja, na 100 ha za idejni projekt i 30-40 ha za glavni projekt. Treba imati u vidu da pedosistemsku jedinicu treba obraditi s reprezentativnim pedološkim profilom i u slučaju njezine površine manje od navedenih površina. Dimenzije i način iskopa profila se izvode poznatom metodikom (postoji u svakom pedološkom priručniku). Dubina profila iznosi 1-2 m ovisno o stratigrafskoj građi tla i svrsi terenskih istraživanja.

U svakom pedološkom profilu izvrši se morfološki opis tla. Prilikom morfološkog opisa značajno je definirati:

- uslojenost tla s oznakom horizonta

- dubinu horizonta
- boju tla
- procjena teksturnog sastava, strukture,
- zbitosti, plastičnosti, poroznosti, kapacitet za zrak i vodu, te propusnost tla za vodu, kao i bioloških svojstava
- način i intenzitet prevlaživanja (ako postoji)
- postojanje karbonata
- procjena pH vrijednosti, sadržaja organske tvari
- procjena trenutačnih i potencijalnih proizvodnih vrijednosti
- naziv pedosistematske jedinice
- naznaka melioracijskih mjera i njihovih normativa, koje su eventualno potrebne za uređenje zemljišta u svrhu navodnjavanja, pa u skladu toga određuje se i melioracijski rajon.

Pored morfološkog opisa i navedene obrade tla u profilu, obavezno treba uzeti uzorke tla za laboratorijske analize. Uzorci se uzimaju za svaki horizont u poremećenom (u vrećici) i neporemećenom (cilindri) stanju.

Uzorci tla u cilindrima uzimaju se za svaki horizont, u tri ponavljanja. U vrećicu se stavi 1-3 kg zemlje također iz svakog horizonta. Na svakoj pedosistematskoj jedinici značajno je odrediti infiltracijsku sposobnost tla za vodu. Na temelju infiltracije procjenjuje se sposobnost tla za navodnjavanje, pomaže pri izboru načina i sustava, navodnjavanja, te određuje intenzitet dodavanja vode pri navodnjavanju. Za određivanje infiltracije može se koristiti više metoda. Za praktične svrhe u navodnjavanju najviše koristimo terensko mjerenje infiltrometri- ma (Vučić, 1976, Tomić, 1988). Mjerenje se vrši na svakoj pedosistematskoj jedinici u tri ponavljanja. Lokacija mjerenja je najčešće u blizini pedoloških profila, jer i oni reprezentiraju tlo (pedosistematsku jedinicu) koja se ispituje. Infiltracija se najčešće mjeri četiri sata. Vrijednost infiltracije u četvrtom satu može predstavljati maksimalno dopušten intenzitet dodavanja vode pri navodnjavanju. Uzima se da tlo nije pogodno za navodnjavanje ako je upijanje vode manje od 0,25 cm/h. Inače je maksimalna infiltracija u početku upijanja vode a minimalna se pojavljuje nakon nekog vremena (najčešće 3-4 sata ovisno o tlu) i prelazi u filtraciju. Prema Čerkasovu (1952), infiltracija u prvom satu iznosi: u težim tlima 1-7 cm, u srednje teškim 7-15 cm, a u lakim tlima više od 15.

4.2. Laboratorijske analize

U laboratoriju se odrede potrebna fizikalna i kemijska svojstva tla u poremećenim i neporemećenim uzorcima tla.

U svrhu navodnjavanja potrebno je u neporemećenim uzorcima tla (u cilindrima) odrediti fizikalna svojstva:

- porozitet tla
- kapacitet za vodu
- kapacitet za zrak
- volumnu težinu tla

-propusnost tla za vodu

Poremećeni uzorci tla (u vrećicama) služe za određivanje fizikalnih svojstava:

- teksturnog sastava tla s teksturnom oznakom
- sadržaj strukturnih agregata i njihova stabilnost
- retencija vode pri 0,33; 6,25; i 15,0 bara i kemijskih svojstava:
- reakcija tla (pH vrijednost)
- sadržaj humusa
- sadržaj ukupnog dušika
- sadržaj fiziološki aktivnog kalija i fosfora
- adsorpcijskog kompleksa tla

Pored analize tla, u laboratoriju se izvrši i analiza vode. Uzorak vode od 0,5-1 litre se uzme iz izvora koji će služiti kao izvor vode za navodnjavanje. Za ocjenu njezine kvalitete potrebno je poznavati temperaturu vode u vrijeme navodnjavanja te koncentraciju (s vrstom i dimenzijama) čestica u koliko ih ima u vodi. Osim toga, u uzorku vode se odrede kemijska svojstva:

- sadržaj ukupnih soli
- sadržaj kationa: Ca, Na, K i Mg
- sadržaj aniona: CO₃, HCO₃, Cl, SO₄

Na temelju navedenih svojstava, odredi se kvalitet i ocjena vode za navodnjavanje jednom od postojećih klasifikacija (Irigacijski koeficijent, US Salinity Laboratory, Neugebauerova klasifikacija). Na kraju hidropedoloških istraživanja izrađuje se pedološka karta u mjerilu ovisno o stupnju istraživačko-projektne dokumentacije (točka 2). Na pedološkoj karti su ucrtane granice postojećih jedinica tala, oznake pedoloških profila i sondažnih bušotina, te mjesta mjerenja infiltracije. Na karti (uz legendu) su navedene i površine u hektarima svih pedosistematskih jedinica i ukupno. Ako je površinu potrebno prethodno urediti treba izraditi i kartu melioracijskih rajona uz razradu svake melioracijske mjere i njezinih normativa.

5. ELEMENTI DOZIRANJA VODE

Pomoću fizikalnih svojstava tla (prvenstveno vodnih svojstava) utvrđuje se općenito, sposobnost tla za primjenu navodnjavanja, a zatim se određuju i elementi doziranja vode pri navodnjavanju. U tablici 3 su, kao primjer, prikazana najvažnija svojstva tla i temeljni elementi doziranja vode.

TABLICA 3.

NAJVAŽNIJA SVOJSTVA TLA I ELEMENTI DOZIRANJA VODE

Dubina u cm	Gornja granica vl. tla (0,33 bara) u tež.%	Donja granica vl. tla (6,25 * bara) u tež.%	Razlika gornje i donje granice vlažnosti u tež.%	Gustoća tla (vol.tež.) u g/cm ³	Dubina tla pri navod. u m
0-30	29,08	20,20	8,88	1,3	0,3
30-60	33,39	24,30	9,09	1,4	0,3
0-60	31,24	22,25	8,99	1,35	0,6
0-50	30,8	21,8	9,0	1,34	0,5

Podaci iz tablice 3 pokazuju da tlo ima povoljna osnovna fizikalna svojstva tla i da je sposobno za navodnjavanje. Za pravilno doziranje vode temeljna su dva elementa: obrok navodnjavanja i trenutak kada treba početi navodnjavanjem, pa se posebno oni trebaju obraditi u istraživačko-projektnoj dokumentaciji.

5.1. Obrok navodnjavanja

Količina vode koja se dodaje jednim navodnjavanjem (u m³/ha ili u mm) naziva se obrok navodnjavanja. To je zapravo dio deficita vode tokom vegetacijskog razdoblja ili dio norme navodnjavanja. Obrok navodnjavanja ovisi o dubini tla koja se želi navlažiti, vrsti tala i vlazi u tlu prije navodnjavanja. Dubina tla koju treba navlažiti ovisi o dubini korijenja, odnosno o vrsti kulture i fazi razvoja biljke. Nije, međutim, potrebno navlažiti tlo do dubine do koje dopire korijenje, već samo aktivni sloj tla u kojem se nalazi oko 50% glavne mase korijena. Dubina glavne mase korijenja poljoprivrednih kultura u karakterističnim fazama razvoja vidi se u tablici 4. Obrokom navodnjavanja treba navlažiti tlo do poljskog vodnog kapaciteta do oko 50% dubine koju pokazuje tablica 4. Obrok navodnjavanja ovisi i o vrsti tla. Za lakša (pjeskovita) tla potreban je manji obrok navodnjavanja nego za teža (glinasta) tla. Međutim, pjeskovita tla treba češće navodnjavati nego glinovita, jer biljke trebaju jednake količine vode bez obzira na tlo na kojem se uzgajaju.

TABLICA 4.

DUBINA GLAVNE MASE KORIJENA NEKIH POLJOPRIVRENIH
KULTURA U KARAKTERISTIČNIM FAZAMA RAZVOJA

Kultura	Faza razvoja	Dubina u cm
Kukuruz	5-6 listova	30-40
	metličenje	70-80
	voštana zrioba	90-100
Strnine	busanje	30-40
	vlatanje	50-60
	klasanje	60-70
	voštana zrioba	70-80
Šećerna repa	ukorjenjivanje	40-50
	razvoj lišća	60-70
	razvoj korijenja	80-100
Suncokret	4 lista	40-50
	formiranje glave	60-70
	cvjetanje	80-100
Lucerna	cvjetanje	75-120
	razvoj lišća	40-50
Krumpir	butonizacija	50-60
	razvoj gomolja	60-80
Rajčica	ukorjenjivanje	30-40
	razvoj lišća	40-50
	razvoj plodova	50-60
Grašak	ukorjenjivanje	20-30
	cvjetanje	30-40
	nalijevanje zrna	40-60
Kupus	ukorjenjivanje	20-30
Krastavci	razvoj lišća	30-40
Luk	sazrijevanje	40-50

Budući da tlo treba zasititi do poljskog vodnog kapaciteta, za određivanje obroka navodnjavanja treba poznavati vlažnost tla prije navodnjavanja. Razlika vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta i trenutne vlažnosti tla u stvari predstavlja obrok jednog navodnjavanja. Već prema tome da li su navedene vrijednosti poznate u % mase ili volumnim postocima, u praksi se može obrok svakog navodnjavanja odrediti na dva načina:

$$1) \quad O = 100 \text{ vt h (P - T)}$$

gdje je:

O = obrok navodnjavanja u m³/ha

vt = gustoća tla u g/cm³

h = dubina vlaženja tla u m

P = poljski vodni kapacitet u % mase

T = trenutna vlažnost tla u % mase

Ako su P i T izraženi u volumnim postocima, a ne u % mase, upotrebljava se formula:

$$2) \quad O = 100 h (P - T)$$

Oba se navedena načina računanja obroka navodnjavanja koriste ako je tlo homogeno do dubine vlaženja. Međutim, ako je tlo heterogeno, tada pojedini slojevi tla imaju različite vrijednosti fizikalnih svojstava, te se obrok računa na temelju njihovih prosječnih vrijednosti.

Prema tome, ako se navodnjavanjem vlaži tlo, koje ima tri sloja (0-20 cm, 20-35 cm i 35-40 cm), do dubina 40 cm, u tom je slučaju potrebno izračunati prosječnu vrijednost poljskog vodnog kapaciteta (P sred), gustoće tla (vt sred) i trenutačne vlažnosti tla (T sred) za tri sloja do dubine 40 cm.

Na temelju podataka iz tablice 3, obrok navodnjavanja, pri dubini vlaženja 0,3 m iznosi:

$$O = 100 * h * vt (P - T) = 100 * 0,3 * 1,3 (29,08 - 20,20) = 364 \text{ m}^3/\text{ha}$$

ili 36,4 mm, a pri dubini vlaženja 0,5 m iznosi:

$$O = 100 * 0,5 * 1,34 (30,8 - 21,8) = 60,3 \text{ mm}$$

5.2. Trenutak početka navodnjavanja

Jedan od najznačajnijih elemenata u praktičnoj primjeni navodnjavanja. Ako se trenutak početka navodnjavanja određuje stihijski (po volji tehnologa-proizvođača), neminovno dolazi do neplanskog i neracionalnog dodavanja vode, što može utjecati štetno. Ako se navodnjava češće nego što je potrebno, to obično uzrokuje i veće doziranje vode, a time i narušavanje fizikalnih svojstava tla te ispiranje hraniva iz zone rizosfere. Suprotno tome, ako se rijede navodnjava, odnosno dodaje manja količina vode od normalno potrebne, ne može se postići visoka i kvalitetna proizvodnja, pa je primjena navodnjavanja nerentabilna.

Trenutak početka navodnjavanja može se određivati na nekoliko načina:

1. vanjskim morfološkim promjenama na biljkama
2. procjenjivanje vlažnosti tla
3. kritičnim razdobljem biljke za vodu
4. unutrašnjim fiziološkim promjenama biljke
5. određenim turnusom navodnjavanja
6. mjerenjem trenutačne vlažnosti tla
7. obračunavanjem svakodnevne evapotranspiracije

Da bi se mogao izabrati i detaljno obraditi, pri izradi istraživačko-projektne dokumentacije, jedan od spomenutih načina i zatim ga primjeniti u praksi, u daljnjem tekstu se iznose najvažniji elementi o svakom od njih.

Prvi i drugi način: "Vanjskim morfološkim promjenama na biljkama" i "Procjenjivanjem vlažnosti tla" su nepouzdana, pa ih treba izbaciti iz prakse navodnjavanja. Određena nesigurnost u proizvodnji se može pojaviti i pri određivanju trenutaka početka navodnjavanja pomoću "*kritičnog razdoblja biljke za vodu*", pa i taj način se ne može preporučiti za praksu.

Četvrti način-pomoću "*unutrašnjih fizioloških promjena biljke*", još uvijek nije dovoljno ispitan i usavršen za praksu, pa se odgađa njegova šira primjena u praksi navodnjavanja.

Određivanje trenutaka početka navodnjavanja pomoću turnusa navodnjavanja

Predstavlja vremensko razdoblje (u danima) između dva navodnjavanja. Određuje se:

$$T = \frac{O}{Ud}$$

- T = turnus navodnjavanja u danima (d)
O = obrok navodnjavanja u mm
Ud = dnevni utrošak vode u mm/d

Obrok navodnjavanja je, u stvari, količina fiziološki aktivne vode tla koju biljka može lako koristiti. Dnevni se utrošak vode temelji na poznavanju vrijednosti potencijalne evapotranspiracije. Dobije se dijeljenjem te vrijednosti (za određeni mjesec) brojem dana tog mjeseca. Određivanje trenutka početka navodnjavanja ovom metodom pogodno je samo za aridne prilike (gdje su neznatne količine prirodnih oborina) i za uzgoj kultura u zatvorenom prostoru (u tlu se voda osigurava jedino navodnjavanjem). Izvan tih prilika, pri uzgoju kultura u polju (na otvorenom) moguće je primijeniti modificirani turnus navodnjavanja. Modifikacije turnusa ovisi o količini prirodnih oborina u razdoblju između dva navodnjavanja, odnosno za vrijeme teorijskog turnusa navodnjavanja. U praksi navodnjavanja najčešće se odgađa navodnjavanje za cijeli turnus ukoliko unutar teorijskog određenog turnusa padne više od 25 mm kiše. Pri oborinama ispod 10 mm navodnjavanje se ne odgađa već se obavlja po određenom turnusu (Vučić, 1976).

U našim klimatskim uvjetima iskustva pokazuju da je moguće primijeniti turnus navodnjavanja u zatvorenom prostoru i u polju pri uzgoju postrnih usjeva, kao i pri navodnjavanju kultura koje imaju kraći turnus (povrćarske kulture). Turnus navodnjavanja ima određeno značenje i za veće sustave, jer se na bazi turnusa određuje više važnih elemenata (hidromodul, sinhronizacija doziranja vode općenito) u teorijskom i praktičnom smislu.

Prema tome, iako turnus navodnjavanja nije točan način određivanja trenutka početka navodnjavanja, ipak se za navedene prilike može primijeniti u praksi. Kao primjer iznosim vrijednosti turnusa navodnjavanja, koji je određen po mjesecima za objekt Vlačine kraj Zadra, u tablici 5. Dnevni utrošak vode (Ud)

općenito je dobiven dijeljenjem potencijalne evapotranspiracije s brojem dana u mjesecu.

Tablica 5.

**TURNUS NAVODNJAVANJA PO MJESECIMA
ZA OBJEKT VLAČINE-PODRUČJE ZADRA**

Mjesec	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Potencijalna evapotranspiracija u mm	76,5	115,2	128,1	138,2	126,9	86,5
Dnevni utrošak (potreba) vode u mm/d	2,6	3,7	4,3	4,5	4,1	2,9
Turnus navodnjavanja u danima pri dubini vlaženja tla 30cm i obroka navodnjavanja 34,6mm	13	9	8	8	8	12
Turnus navodnjavanja u danima pri dubini vlaženja tla 50cm i obroku navodnjavanja 60,3mm	23	16	14	13	15	21

Dakle, količina vode koja se dodaje navodnjavanjem (obrok navodnjavanja) izravno utječe na vrijednost turnusa, a obrok ovisi o dubini vlaženja tla. U principu, najmanji turnus navodnjavanja za Vlačine iznosi u srpnju. Treba napomenuti, da ovako određen turnus ima samo teorijsku vrijednost, jer se odnosi na uvjete u kojima bi se sva količina vode osiguravala navodnjavanjem, odnosno u uvjetima bez prirodnih oborina. Osim toga, ovo je njegova općenita vrijednost. Kada bi imali potencijalnu evapotranspiraciju za pojedine kulture, mogli bi odrediti turnus navodnjavanja za svaku od tih kultura. Zaključno se može reći, da vrijednost turnusa navodnjavanja se temelji na kapacitetu fiziološki aktivne vode tla koju biljka može lako koristiti i dnevnoj potrebi vode od strane biljke.

Određivanje trenutka početka navodnjavanja obračunavanjem svakodnevne evapotranspiracije

Ovom se metodom u stvari bilancira voda u tlu na temelju priliva i utroška vode kroz vegetacijsko razdoblje. Bilanciranje vode može se obavljati na nekoliko načina. Međutim, ovdje ću iznijeti "Bioklimatsku metodu" koju je razradio Vučić (1970, 1971, 1973, 1976) i preporučio ju za naše uvjete. Upotreba ove metode temelji se na određivanju bioklimatskog koeficijenta koji predstavlja odnos ukupno utrošene količine vode i zbroja srednjih dnevnih temperatura zraka. Ovaj se odnos načešće određuje po dekadama tako da niz koeficijenata u vegetacijskom razdoblju čini u stvari biološku krivulju. Napominjem da se bioklimatski koeficijent može odrediti dijeljenjem ukupno utrošene količine vode sa zbrojem deficita vlažnosti zraka, radijacijskom bilancom ili bilo kojim drugim klimatskim elementom. Bioklimatski koeficijent se određuje u uvjetima optimalne vlažnosti tla, jer je cilj da se kasnije u praksi, kod njegovog korištenja za određivanje trenutka početka navodnjavanja, održava upravo optimalna vlažnost u tlu kroz cijelo vegetacijsko razdoblje. S obzirom da lokalni uvjeti znatno dolaze do izražaja u utrošku vode,

nužno je za svako područje utvrditi bioklimatske koeficijente odnosno biološki krivulju. U onim područjima gdje su klimatski elementi ustaljeni i nema (ili su male) razlike u pojedinim godinama (posebno se misli na količine i raspored oborina), može se utvrđena biološka krivulja koristiti i za projektiranje (obračun norme navodnjavanja) i u redovnoj praktičnoj primjeni navodnjavanja (određivanje trenutka navodnjavanja i obračun obroka navodnjavanja). Međutim, bolje je, a u područjima s neustaljenim vrijednostima klimatskih elemenata nužno, biološku krivulju formirati svake godine, odnosno: na temelju izmjerenih vrijednosti određenog klimatskog elementa određuje se trenutak početka i obrok navodnjavanja u toku vegetacijskog razdoblja.

Bioklimatski koeficijenti određuju se za određeno područje i određenu kulturu:

$$K = \frac{U_v}{x}$$

k = bioklimatski koeficijent

U_v = utrošena količina vode za određeno razdoblje u m^3/ha ili mm

x = klimatski element (srednja dnevna temperatura zraka ili neki drugi element)

Radi jednostavnosti u praksi se može primijeniti prosječna vrijednost koeficijenta cijeloga vegetacijskog razdoblja, iako se veća preciznost ostvaruje primjenom utvrđenih koeficijenata za svaku fazu razvoja biljke. Po Alpatovu (1966), prosječni koeficijent (na temelju deficita zasićenosti vlažnosti zraka) za kukuruz iznosi 0,56, za lan 0,73, za rajčicu, krumpir i ječam između tih je vrijednosti. Vučić (1976) navodi da su u Istočnoj Gruziji utvrđeni bioklimatski koeficijenti od 0,3-0,6 a u Bugarskoj od 0,33-0,46. Podaci iz SSSR-a pokazuju da postoji prilična izjednačenost vrijednosti koeficijenta po fazama razvoja. Tako za krumpir u prvoj dekadi poslije nicanja iznosi 0,42, zatim do pete dekade raste na 0,68, a nakon toga otpada do devete dekade (0,52). Slična je situacija i kod kukuruza (Vučić, 1976). Vučić i Jocić (1970) su određivali bioklimatske koeficijente na temelju mjerenja srednje dnevne temperature. Za kukuruz prosječna vrijednost koeficijenta iznosi oko 1,5t, izražen u m^3/ha . To znači da se za svaki stupanj srednje dnevne temperature zraka u C° utroši na evapotranspiraciju oko 1,5 m^3 vode po hektaru.

TABLICA 6.

**PROSJEČNE VRIJEDNOSTI BIOKLIMATSKOG
KOEFIČIJETA PO DEKADAMA ZA BRESKVU NA OBJEKTU
BAŠTICA**

Vremesko razdoblje	Prosječna temp. zraka, °C	Utrošak vode u mm/dan	Bioklimatski koeficijent	
		prosječno	mm/l °C	m ³ /l °C/ha
21.VI-30.VI	21,2	2,42	0,114	1,14
1.VII-10.VII	24,8	3,32	0,134	1,34
11.VII-20.VIII	23,4	3,50	0,150	1,50
21.VII-31.VII	24,3	2,67	0,110	1,10
1.VIII-10.VIII	24,3	1,81	0,075	0,75
11.VIII-20.VIII	24,6	1,52	0,062	0,62
21.VIII-31.VIII	20,9	0,97	0,047	0,47
Prosjek 21.VI-31.VIII	23,27	2,31	0,099	0,99

Ovaj način određivanja trenutka početka navodnjavanja smatramo perspektivnim, pa ga preporučamo za praktične svrhe. potrebno je uložiti potrebne napore za određivanje bioklimatskog koeficijenta za svaku kulturu i lokaciju pogotovo tamo gdje se navodnjavaju veće površine.

Određivanje trenutka početka navodnjavanja prema stanju vlažnosti tla

Od svih navedenih načina određivanja trenutaka početka navodnjavanja još se uvijek ovaj najviše koristi u praksi. Način prema stanju vlažnosti tla je dosta točan. Ranije se počinjalo navodnjavanjem kada se vlažnost spustila do vlažnosti venuća. Zbog toga su biljke gubile intenzivnost rasta razvoja odnosno konačan prirod. U novije doba za početak navodnjavanja koristi se stanje kada se sadržaj vode do dubine vlaženja (najaktivnija masa korijenovog sustava) smanji na vrijednost koja odgovara donjoj granici optimalne vlažnosti, odnosno lentokapilarne vlažnosti tla.

Za primjenu racionalnog navodnjavanja potrebno je poznavati vrijednosti lentokapilarne vlažnosti i poljskog vodnog kapaciteta te obavljati mjerenje vlažnosti u određenom sloju. Što se tiče dubine na kojoj treba mjeriti vlagu, postoji više mišljenja. Svakako će ovisiti u kojoj se razvojnoj fazi primjenjuje navodnjavanje, odnosno na kojoj se dubini nalazi najaktivnija masa korijenovog sustava. Neki smatraju da na dubini 20-30 cm najprije nestaje voda (u tom sloju tla većina poljoprivrednih kultura ima najaktivniji dio korijenova sustava) te da je najkorisnije mjeriti vlažnost tla u uvjetima navodnjavanja na toj dubini. Međutim, točnije je ako vlažnost mjerimo u području rizosfere koju vlažimo prilikom navodnjavanja, tj. u

dubini vlaženja. Pravilno je mjeriti po horizontima (ako se razlikuju) ili na svakih 20cm unutar dubine vlaženja. Na temelju prosječne vrijednosti mjerenja, na različitim dubinama, u najmanje tri ponavljanja određuje se trenutak početka navodnjavanja te obračunavanje obroka navodnjavanja.

Mjerenje vlažnosti tla

Ima više načina mjerenja vlažnosti tla. Svi načini se mogu uvrstiti u dvije grupe:

- laboratorijsko mjerenje
- mjerenje na terenu

Laboratorijsko mjerenje

Način mjerenja vlažnosti tla u laboratoriju je dobro poznat (prikazan u pedološkim udžbenicima). Temelji se na uzimanju uzoraka iz tla (najčešće sondom). U odgovarajućim posudicama se uzorci tla prenose u laboratorij i gravimetrijskom metodom (metoda sušenja) se određuje vlažnost tla u težinskim postocima (%mase). Ovaj način mjerenja daje pouzdane rezultate. Međutim, način je nepraktičan i neekspeditivan, pa se u praksi gotovo ne primjenjuje. Može ga se preporučiti za eksperimentalni rad.

Mjerenje vlažnosti tla na terenu vrši se instrumentima. Najpoznatiji su:

- tenziometri
- mjerenje neutronima i gama zrakama
- elektromagnetsko mjerenje
- vlagomjer Agrotest

Mjerenje tenziometrima

Temelji se na mjerenju napona vlažnosti u tlu. Osnovni su tenziometri s vakuum mjerilom i tenziometar sa živom. Unutar njih ima više vrsta. Detaljnije je metoda opisana: Stojičević (1964), Vučić (1976), Tomić (1988). Veliki nedostatak tenziometra je u tome što mogu mjeriti samo onu vlažnost tla koja odgovara naponu do 0,9 bara, tada ulazi zrak u tenziometar i on postaje nekoristan. Budući da se tenziometrima može mjeriti samo manji dio (gornji dio) optimalnog intervala vlažnosti tla, može se reći da je za praksu uglavnom nepogodan.

Mjerenje vlažnosti tla neutronima i gama zrakama daje povoljne rezultate pri mjerenju vlažnosti (Vučić, 1976). Međutim, pri primjeni ovog načina mjerenja vlažnosti tla potrebne su specifične stručnosti i opreznosti. Uz ovlaštenu osobu za rukovanje ovom opremom, potrebno ju je držati na odgovarajućem mjestu i prevoziti s odgovarajućim vozilom. Zbog toga je upotreba ovog načina mjerenja vlažnosti tla u nas još uvijek ograničena.

Elektrometrijsko mjerenje

Vrši mjerenje na principu elektroprovodljivosti tla, koja ovisi o stanju njegove vlažnosti. Oprema se sastoji od konduktometra (s izvorom električne energije iz baterije ili generatora), blokova (mogu biti od gipsa, najlona i fiberglasa)

i vodiča (izolirani žičani vodič od bloka do konduktometra). Opširnije opisano: Stojičević (1964), Vučić (1976), Tomić (1988).

Za praksu je pogodnija od prikazanih mjerenja. Ako se pravilno testira daje povoljne rezultate. Nedostatak ove metode je u tome što je manje precizna pri visokoj vlažnosti tla. Prema našim iskustvima izmjereni rezultati mogu odstupati do 35%. Osim toga je neupotrebljiva za slana i alkalna tla.

Vlagomjer Agrotest

Spada u nove načine mjerenja vlažnosti tla. Vlažnost se može mjeriti u svakom trenutku, pri uzgoju poljoprivrednih kultura. Mjerenje se uspješno vrši na svim tlima (osim na slanim) i na svakoj dubini. Vlagomjer Agrotest je posebno značajan za uvjete navodnjavanja u poljskim uvjetima i pri uzgoju biljaka u zatvorenom prostoru (staklenici, plastenici, klijališta). pomoću njega se može precizno odrediti trenutak kada treba vršiti navodnjavanje.

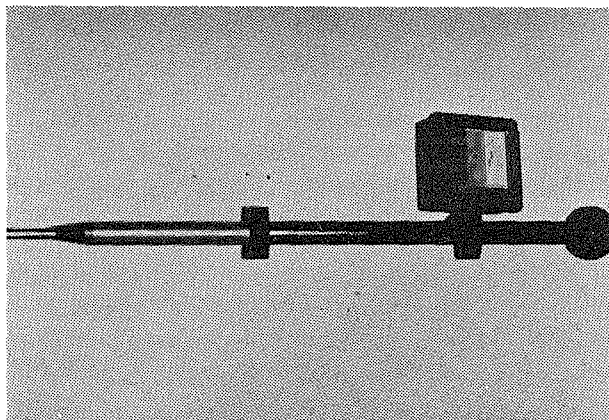
Postoje dva tipa vlagomjera Agrotest i to:

- vlagomjer Agrotest 2100
- vlagomjer Agrotest 3000

Osnovne značajke oba tipa su: mjerenje vrše na principu elektrodnog potencijala, prikladnog su oblika za korištenje, mjerenje vlažnosti je brzo i jednostavno, dugotrajni su i lako se održavaju. Pouzdani su za mjerenje vlažnosti u intervalu od zasićenog tla vodom do niske vlažnosti tla.

Vlagomjer Agrotest 2100

Ovaj tip Agrotesta mjeri vlažnost u površinskom sloju (0-40cm) tla. Oblik i njegovi osnovni dijelovi mogu se vidjeti na slici 1. Najvažniji dijelovi su, sonda i instrument. Međusobno su čvrsto vezani, tako da zajedno sa zaobljenom ručicom za utiskivanje sonde u tlo i prstena za označavanje dubine mjerenja, čine vlagomjer u jednom komadu. Agrotest 2100 je prenosiv i može služiti za mjerenje vlažnosti na više mjesta.



Sl. 1. Agrotest 2100

Način mjerenja i određivanja obroka navodnjavanja

Pomoću zaobljene ručice sonda vlagomjera se utisne u tlo (do oko 40 cm) na mjestu gdje želimo odrediti vlažnost. Prilikom vertikalnog tiskanja sonde rukom, treba nastojati da sonda bude u što prisnijem doticaju s tlom na cijeloj dubini mjerenja vlažnosti (0-40 cm). Nakon što se sonda utisne u tlo, pročita se otklon kazaljke na podjeli instrumenta. Na temelju otklona se odredi, iz priložene tablice, vlažnost tla u % mase (tež. %).

Iz tablice 7 (tablica je priložena na str.139.) je vidljivo da je potrebno održavati vlažnost tla unutar optimalnog intervala. Donja granica optimalnog intervala vlažnosti tla je vodna konstanta - lentokapilarna vlažnost, a njegova gornja granica je vrijednost poljskog vodnog kapaciteta. Naglašava se da je priložena tablica dobivena testiranjem Agrotesta 2100 na antropogeniziranom praškasto - glinasto - ilovastom tlu, na dubini mjerenja 0-30cm (Tomić, 1989). Ovo tlo, do 30 cm dubine, ima vrijednost poljskog vodnog kapaciteta (gornja granica optimalnog intervala vlažnosti tla) 29,3% mase (tež.%), a vrijednost lentokapilarne vlažnosti tla (donja granica optimalnog intervala vlažnosti tla) 19,1% mase. Volumna težina tla, u sloju do 30 cm dubine, je 1,38 g/cm³. Prema tome obrok navodnjavanja ili količina vode koju treba dodati jednim navodnjavanjem pri dubini vlaženja od 30 cm na ovom tlu, iznosi po uobičajenoj formuli (Tomić, 1988) 42,2 mm.

Tablica 7 i podaci o vodnim konstantama, kao i vrijednost obroka navodnjavanja, služe kao primjer i mogu se pouzdano koristiti samo za ovo tlo. Osim toga, mogu se koristiti za orijentacijsko određivanje početka primjene navodnjavanja i vrijednosti njegovog obroka na tlima srednje teškog teksturnog sastava (praškasto - glinasto - ilovastim tlima) općenito. Međutim, za precizno mjerenje vlažnosti tla na drugim tlima, potrebno je prethodno izvršiti testiranje vlagomjera s izradom odgovarajuće tablice i odrediti potrebna fizikalna svojstva tla.

Napominjemo da se može, nakon testiranja, umjesto priložene tablice konstruirati krivulja. Ona je rezultat odnosa izmjenjenog otklona instrumenta i vlažnosti tla. Takav grafički odnos može služiti kao i prikazana tablica 7.

Vlagomjer Agrotest 3000

Već je istaknuto da su osnovne značajke Agrotesta 2100 i Agrotesta 3000 jednake, odnosno zajedničke, a one su već istaknute. Razlika između njih je u tome što su sonda i instrument kod Agrotesta 3000 odvojeni. Sonda se postavlja (ukopa) u tlo. U njemu ostaje kroz cijeli vegetacijski period, a može i neograničeno vrijeme. Dužina sonde može biti različita, pa se može pomoću jedne sonde mjeriti vlažnost tla na jednoj, dvije ili više dubina. Za svaku dubinu mjerenja treba, pri izradi sonde, ugraditi odgovarajući "prsten" (mjerne mjesto). Potrebno je da sonda bude prisno vezana sa tlom. Instrument za mjerenje otklona nije fiksiran za sondu (prikazan na slici 2).



Sl. 2. Instrument za mjerenje otklona

Zbog toga se može jedan instrument koristiti za čitanje otklona (mjerenje vlažnosti tla) na više sondi (i više dubina) postavljenih u tlo na različita mjesta.

Načini mjerenja:

U trenutku mjerenja otklona (vlažnosti tla) donosi se instrument do odgovarajuće sonde. Spajajući instrument sa sondom (pomoću utikača i utičnice) dobije se, na skali instrumenta, otklon za pojedine dubine tla. Na temelju otklona i konstruiranog grafikona (krivulje) odredi se vlažnost tla za konkretnu lokaciju i dubinu tla. Na slici 3 i 4 su prikazane krivulje koje pokazuju funkcionalnu zavisnost između otklona i vlažnosti tla. Ova zavisnost je na principima modela $y = b * \log x$, a dobivena je regresionom analizom primjenom metode najmanjih kvadrata, korištenjem programskog paketa "S:PSS/PC+" (kompjuterska obrada). Testiranje Agrotesta 3000 i izrada krivulja za 25 cm dubine (0-25 cm) i za 50 cm dubine (25-50 cm), izvršili smo na hipoglejnom tlu (Tomić, et. al., 1989. i 1990.).

Ako su uz trenutačnu vlažnost tla, poznata i osnovna fizikalna svojstva tla s vodnim konstantama, u tom slučaju se može uspješno vršiti doziranje vode pri navodnjavanju. Naime, pored uspješnog određivanja trenutka početka navodnjavanja, može se odrediti i obrok navodnjavanja.

Na ovim principima je moguće za svako tlo i potrebnu dubinu mjerenja izvršiti testiranje vlagomjera (izraditi tablicu ili krivulju) i odrediti potrebna fizikalna svojstva tla.

Agrotestom 3000 se, također, može vršiti automatsko mjerenje vlažnosti tla i automatska primjena navodnjavanja. U tu svrhu je potrebno instalirati specifičnu opremu na površini (usjevu) koja se navodnjava. Primjenom Agrotesta ostvaruje se racionalno navodnjavanje i intenzivna biljna proizvodnja.

6. IZVOR VODE I NJEZIN KVALITET

Temeljem poznavanja ukupno potrebne količine vode za navodnjavanje rješava se u istraživačko-projektnoj dokumentaciji pitanje njezinog izvora. Naime, u studijskom dijelu je potrebno definirati, za konkretni slučaj, vrstu izvora, položaj i udaljenost izvora vode u odnosu na proizvodne površine. Izvor vode može biti različit. Najčešće se koriste: prirodni vodotoci, umjetni kanali, prirodna jezera i akumulacije. Osim toga, kao izvor vode mogu biti bunari (koriste se podzemne vode) i otpadne vode.

Posebno treba istaći dokaz, ili procjenu, o raspoloživoj količini vode u izvoru i usporediti je s ukupno potrebnom vodom za navodnjavanje.

U svakom slučaju je potrebno izvršiti analizu vode izvora (kao što je naprijed navedeno), odrediti njezinu kvalitetu i ocijeniti njezinu upotrebnu vrijednost za navodnjavanje koristeći prihvaćene metode (Tomić, 1988).

7. IZBOR METODE, NAČINA I SUSTAVA NAVODNJAVANJA

Budući da je navodnjavanje vrlo stara agrotehnička mjera, u praksi se do sada primjenjivao veći broj metoda, načina i sustava za dodavanje vode u svrhu uzgoja poljoprivrednih kultura.

Prvobitno navodnjavanje, koje su izvodili stari narodi bilo je površinsko. Ovo navodnjavanje primjenjivano je uglavnom blizu vodotoka i u uvjetima koji nisu zahtijevali energiju za distribuciju vode na proizvodnim površinama.

Korištene su samo ljudska i životinjska radna snaga, jer nije bilo energetskih postrojenja, pa su zahvat vode, njezino transportiranje i navodnjavanje obavljali gravitacijski. U vrijeme nailaska industrijske ere dolazi do novih metoda i načina, a posebno se razvijaju različiti sustavi navodnjavanja (s tehničkog gledišta). Danas, uglavnom, postoje četiri metode navodnjavanja. Unutar svake metode ima manji ili veći broj načina navodnjavanja. Unutar pojedinih načina razvili su se sustavi navodnjavanja koji se razlikuju u tehnici, primjeni i drugim specifičnostima. U tablici 8 su prikazane postojeće metode, načini i sustavi navodnjavanja, koji se najčešće primjenjuju u praksi.

TABLICA 8.

METODE, NAČINI I SUSTAVI NAVODNJAVANJA KOJI SE PRIMJENJUJU U PRAKSI

METODE	NAČINI	SUSTAVI
POVRŠINSKO NAVODNJAVANJE	ROMINJANJE ILI PRELJEVANJE	-PRELJEVANJE VODE UZDUŽ PARCELICE -PRELJEVANJE VODE NA DUŽU STRANICU PARCELICE
	PREPLAVLJIVANJE ILI POTAPANJE	-SUSTAV KAZETA -SUSTAV LOKAVA
	BRAZDE	-PROTOČNE BRAZDE -NEPROTOČNE ILI "SLIJEPE BRAZDE"
	SUBIRIGACIJA	
	OTVORENI KANALI	
PODZEMNO NAVODNJAVANJE		
NAVODNJAVANJE KIŠENJEM	KLASIČNI NAČIN KIŠENJA	-PRENOSIVI SUSTAV -POLUSTABILNI SUSTAV -STABILNI SUSTAV
	SAMOHODNI UREĐAJI	-SAMOHODNO BOČNO KIŠNO KRILO -SAMOHODNA KRUŽNA PRSKALICA "BUM" -SAMOHODNA SEKTORSKA PRSKALICA ("TIFON")
	HIDROMATICI	-SAMOHODNI AUTOMATIZIRANI UREĐAJ ZA KRUŽNO KIŠENJE
	NISKO-TLAČNO KIŠENJE (UREĐAJ OD POLJETILENSKOG MATERIJALA)	-SAMOHODNI AUTOMATIZIRANI UREĐAJ ZA LINJSKO KIŠENJE -RAZLIČITE VRSTE MINI RASPRSKIVAČA (MALI DOMET KIŠENJA)
	RAZLIČITI NAČINI POSTAVLJANJAI RASPOREDA POLJETILENSKOG UREĐAJA ZA KAPANJE	-RAZLIČITE VRSTE KAPALJKI

Koja od navedenih metoda, a unutar njih na koji način, odnosno sustav treba izabrati za praksu, ovisit će o više faktora. Pri tome se prvenstveno vodi računa o vrsti uzgajane kulture, svojstvima tla, veličini i obliku proizvodne površine, klimatskim uvjetima, konfiguraciji terena, vrsti i mjestu izvora vode te investicijskim ulaganjima i troškovima održavanja. Svi ovi elementi se trebaju razmotriti pri izradi istraživačko-projektne dokumentacije, te na temelju toga izvršiti izbor metode, načina i sustava navodnjavanja za konkretni slučaj (objekt).

8. OSTALI ELEMENTI POTREBNI ZA IZRADU PROJEKTA NAVODNJAVANJA

8.1. Broj navodnjavanja

Orijentacijski se broj navodnjavanja kroz vegetacijsko razdoblje može dobiti na temelju norme navodnjavanja i obroka navodnjavanja odnosno:

$$\text{Broj navodnjavanja} = \frac{N}{O}$$

N = norma navodnjavanja ili ukupni deficit vode kroz vegetaciju u mm

O = obrok navodnjavanja u mm

Primjer: N = 339,3 mm i O = 60,3 mm

$$\text{Broj navodnjavanja} = \frac{339,3}{60,3} = 5,6 \text{ ili } 5 - 6 \text{ navodnjavanja}$$

Svakako, ovo je orijentacijski broj navodnjavanja, dok će stvarno dodavanje vode ovisiti o stanju vlažnosti tla, pa će s tim biti usko povezana i učestalost dodavanja vode (stvarni broj navodnjavanja) kroz vegetacijsko razdoblje.

8.2. Trajanje navodnjavanja

Trajanje jednog navodnjavanja dobije se na temelju obroka navodnjavanja i intenziteta dodavanja vode tj:

$$t = \frac{O}{I}$$

t = trajanje navodnjavanja u minutama

O = obrok navodnjavanja u mm

I = intenzitet navodnjavanja u mm/min

Primjer: O = 60,3 mm

I = 0,25 mm/min

$$t = \frac{60,3}{0,25} = 240 \text{ min ili } 4 \text{ sata}$$

Za svaki sustav navodnjavanja, uz ostale podatke, postoje podaci o intenzitetu navodnjavanja. Ukoliko se radi o sustavu kišenja, intenzitet kišenja može se odrediti eksperimentalnim putem na temelju protoka kroz rasprskivač i površine po kojoj kiši rasprskivač:

$$I = \frac{q}{P}$$

q = protoka rasprskivača u l/min

P = površina kišenja rasprskivača u m²

I = intenzitet kišenja u mm/min

Značajno je da intenzitet navodnjavanja ne smije biti veći od infiltracijske sposobnosti tla, pa se zbog toga ovo svojstvo tla treba odrediti prije izbora sustava navodnjavanja. Na lokalitetu Vlačine kraj Zadra, prosječna infiltracija nakon 4 sata iznosi čak 93 mm/h, pa je na ovom tlu moguće primjeniti i sustave velikog intenziteta navodnjavanja.

8.3. Hidromodul navodnjavanja

Hidromodul je značajan element u projektiranju sustava navodnjavanja, posebno pri dimenzioniranju sustava. Može se na više načina pristupiti određivanju hidromodula, pa zbog toga mogu i postojati velike razlike u vrijednosti ovog elementa određenih za isti slučaj od različitih autora. Na temelju toga razlikuje se netto hidromodul od radnog hidromodula i od stvarnog radnog hidromodula. Svaki se od ovih hidromodula može odrediti i za svaku uzgajanu poljoprivrednu kulturu (Tomić, 1988).

Ovdje se iznosi način određivanja "stvarnog radnog hidromodula" jer je on najmjerodavniji. Naime, ako se uzme u obzir vrijednost obroka navodnjavanja (60,3mm), turnus navodnjavanja (13 dana) te radno vrijeme navodnjavanja (16 satni radni dan), tada stvarni radni hidromodul iznosi:

$$H_{sr} = \frac{O}{T * 57\ 600}$$

H_{sr} = stvarni radni hidromodul navodnjavanja u l/s/ha

O = obrok navodnjavanja u l/ha

T = turnus navodnjavanja u danima (najmanji turnus navodnjavanja iznosi 16 dana)

$$H_{sr} = \frac{603\ 000}{13 * 57\ 600} = 0,805\ \text{l/s/ha}$$

8.4. Projektirane potrebne količine vode

Ukupne količine vode, koje treba osigurati navodnjavanjem, određuju se za vegetacijskog razdoblja i najveću mjesečnu potrebu. Ove vrijednosti će ovisiti o nedostatku vode (prirodnih oborina) i o površini na kojoj se navodnjava. Primjeri:

a) za vegetacijsko razdoblje

$$P_v \text{ (potreba vode)} = 339,3 \text{ mm} = 3393 \text{ m}^3/\text{ha},$$

odnosno za ukupnu površinu od 200 ha (kao primjer) iznosi:

$$P_v = 3393 * 200 = 678\,600 \text{ m}^3 \text{ vode};$$

b) za najveću mjesečnu potrebu (srpanj)

$$P_{mj} \text{ (mjesečna potreba)} = 100,6 \text{ mm} = 1\,006 \text{ m}^3/\text{ha}, \text{ odnosno za}$$

$$P_{mj} = 1\,006 * 200 = 201\,200 \text{ m}^3 \text{ vode}.$$

Ako su poznate uzgajane kulture i njihova zastupljenost na posjedovnim površinama, poznat deficit vode po kulturama, moguće je odrediti potrebne količine vode po kulturama. Osim toga, može se u svrhu izrade projektne dokumentacije odrediti potrebna količina vode po "Idealnom hektaru".

$$I_{ha} = \frac{P_{vk_1} * P_1 + P_{vk_2} * P_2 + P_{vk_3} * P_3 + \dots + P_{vk_n} * P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

I_{ha} = potreba vode po idealnom hektaru m^3/ha

P_{vk_1} = potreba vode za pojedine kulture u m^3/ha

P_{1-n} = površina pojedinih kultura u ha

Na temelju tih vrijednosti moguće je, dabome, odrediti ukupnu potrebnu vodu za proizvodni objekt ili za cijelo gospodarstvo.

9. KORIŠTENA LITERATURA

1. Alkpatiev A.M. (1966): *Vozrastanie izmenenija isparenija u rasteni i polivnoi režim. Biologičeskikh osnovi orošaemogo zemledelija*, Moskva.
2. Čerkasov A.A. (1952): *Priručnik za praktične radove pri melioracijama* (prijevod sa ruskog), Beograd.
3. Kos Z. (1984): *Potrebe vode kulturnog bilja*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, Knjiga 2, Zagreb.
4. Stojičević D. (1964): *Navodnjavanje*, Beograd.
5. Tomić F., Romić D., Antić N. i Tomić S. (1990): *Mjerenje vlažnosti tla na eksperimentalnom polju u šumi Repaš*, Elaborat, Zagreb.
6. Tomić F. i Romić D. (1990): *Mjerač vlažnosti tla - Agrotest*, Poljoprivredne aktualnosti, Svezak - Vol. 37, Br. 3-4, Zagreb.
7. Tomić F. (1988): *Navodnjavanje*, Savez polj. inž. i teh. Hrvatske i Fakul. polj. znanosti Sveuč. u Zagrebu, Zagreb.

8. Vučić N. (1970): *Prilog određivanju vremena zalivanja kukuruza na osnovu svakodnevnog obračuna utroška vode evapotranspiracijom*, Arhiv za poljoprivredne nauke, Sv. 80, Beograd.
 9. Vučić N. (1973) *Bioclimatical method for scheduling irrigation, Physical aspects of soil water and salts in ecosystems*, Berlin, Heidelberg, New York.
 10. Vučić N. (1976): *Navodnjavanje poljoprivrednih kultura*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
 11. Vujasinović B. (1984): *Topografske i geodetske podloge*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, Knjiga 2, Podloge, Društvo za odvodnju i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb.
- XXX (1971): Priručnik za ispitivanje zemljišta, *Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta*, Knjiga V., Jugoslavensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd.

TABLICA 7

ODNOS VRIJEDNOSTI IZMJERENOG OTKLONA NA AGROTESTU 2100 I
VLAŽNOSTI TLA U DUBINI 0-30 CM ANTROPOGENIZIRANOG
(PRAŠKASTO-GLINASTOG) TLA

Otklon instrumenta	Vlažnost tla u % mase
20	16.7
21	17.0
22	17.3
23	17.6
24	17.9
25	18.2
26	18.5
27	18.8

(nastavak na slijedećoj stranici)

TABLICA 7 (nastavak)

Otklon instrumenta	Vlažnost tla u % mase		
28	19.1	lentokapilarna vlažnost tla	
29	19.5		
30	19.8		
31	20.1		
32	20.5		o
33	20.8		p
34	21.2		t
35	21.6		i
36	21.9		m
37	22.3		a
38	22.7		l
39	23.1		n
40	23.5		i
41	23.9		
42	24.3		i
43	24.7		n
44	25.2		t
45	25.6		e
46	26.0		r
47	26.5		v
48	27.0		a
49	27.4		l
50	27.9		
51	28.4		
52	28.9		
53	29.4		
54	29.9		- poljski vodni kapacitet tla
55	30.4		
56	30.9		
57	31.4		
58	32.0		
59	32.5		
60	33.1		

6. PRILOZI

PRILOG 1.1 DO 1.10

OBORINE

ILOK						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1950	61	17	23	31	34	24
1951	71	26	94	40	35	16
1952	60	63	75	12	16	105
1953	48	81	115	257	73	15
1954	112	88	250	88	250	82
1955	96	55	51	155	108	109
1956	44	143	94	76	40	6
1957	60	179	23	71	112	51
1958	106	24	68	30	75	33
1959	149	103	127	151	102	28
1960	34	59	48	73	32	46
1961	55	118	28	33	8	11
1962	53	12	28	44	4	40
1963	32	36	49	57	89	39
1964	54	44	59	81	40	64
1965	56	96	110	35	47	53
1966	34	42	105	116	28	43
1967	66	71	76	75	11	39
1968	18	44	97	115	103	63
1969	33	28	120	60	110	44
1970	78	93	86	102	55	19
1971	26	32	33	21	40	40
1972	70	38	45	164	151	33
1973	22	163	39	19	36	59
1974	67	103	76	44	43	133
1975	92	92	113	195	39	45
1976	34	117	64	106	51	20
1977	36	34	55	70	93	41
1978	32	111	112	37	10	97
\bar{P}	58.6	72.8	78.0	81.3	63.3	48.2

PRILOG 1.1

OSIJEK						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1946	12	40	48	47	63	17
1947	12	42	56	64	6	0
1948	72	32	127	66	74	40
1949	24	36	77	49	51	27
1950	62	30	22	81	33	55
1951	63	66	104	52	41	34
1952	14	35	39	3	24	96
1953	60	96	83	71	57	21
1954	94	105	215	44	53	43
1955	88	57	59	102	161	59
1956	39	129	77	120	47	4
1957	40	144	16	63	66	35
1958	76	33	83	29	39	19
1959	48	86	155	28	97	34
1960	70	46	54	90	36	79
1961	95	108	61	57	21	4
1962	55	32	41	119	2	36
1963	64	43	38	61	130	45
1964	82	93	96	83	33	75
1965	47	57	117	56	74	91
1966	51	27	132	83	34	21
1967	123	64	76	61	6	72
1968	19	50	111	41	72	138
1969	41	42	143	57	72	20
1970	37	56	59	29	53	48
1971	86	43	48	274	137	26
1972	100	14	96	119	8	26
1973	28	74	158	62	58	57
1974	43	102	69	89	113	9
1975	46	41	102	26	93	92
1976	22	46	91	57	43	42
1977	37	63	93	41	51	49
1978	32	27	37	44	49	62
\bar{P}	54	59.4	84.3	68.7	57.5	44.8

PRILOG 1.2

KRIŽEVCI						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1949	50	108	108	49	69	23
1950	85	11	25	58	22	116
1951	50	100	204	165	45	93
1952	11	26	96	24	57	103
1953	64	62	126	99	133	68
1954	77	168	113	73	88	76
1955	44	105	75	102	130	55
1956	62	81	114	74	65	16
1957	79	84	36	159	82	74
1958	46	47	91	44	54	56
1959	76	126	185	81	126	33
1960	54	45	71	179	80	109
1961	53	131	79	71	27	17
1962	104	109	56	181	12	85
1963	12	31	92	30	143	63
1964	101	116	47	70	60	75
1965	69	116	106	143	100	85
1966	82	79	130	123	115	35
1967	74	88	49	23	24	193
1968	11	51	67	68	111	104
1969	43	63	112	40	182	78
1970	95	55	72	84	122	20
1971	49	77	106	34	81	42
1972	116	193	63	175	99	49
1973	121	43	71	72	17	71
1974	23	154	105	55	53	104
1975	51	86	124	105	71	41
1976	148	46	62	76	45	98
1977	55	21	56	92	31	67
1978	82	110	53	89	60	59
1979	44	20	117	95	67	55
1980	75	83	99	67	48	46
1981	22	69	167	119	56	82
1982	48	35	86	113	80	41
1983	8	143	104	51	33	71
1984	56	104	92	90	46	133
1985	47	66	114	38	74	48
\bar{P}	61.8	82.5	94.1	86.8	73.5	69.8

PRILOG 1.3

VARAŽDIN						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1946	7	40	63	85	36	31
1947	27	80	107	37	26	0
1948	70	82	138	238	59	40
1949	38	111	105	59	100	8
1950	86	7	32	78	73	153
1951	66	109	186	174	43	105
1952	43	30	41	35	56	130
1953	61	99	111	125	110	108
1954	61	186	98	98	47	93
1955	39	139	61	88	133	86
1956	74	71	163	63	72	11
1957	84	113	64	266	136	56
1958	64	29	131	100	45	44
1959	86	131	142	65	107	27
1960	49	62	72	120	92	112
1961	63	121	69	126	34	10
1962	132	82	68	180	31	102
1963	39	45	72	54	190	111
1964	105	164	79	86	129	93
1965	129	141	92	157	97	52
1966	91	129	135	186	163	48
1967	78	91	79	57	45	168
1968	9	65	91	76	170	91
1969	41	103	97	71	156	59
1970	120	88	111	86	148	49
1971	36	45	87	40	56	46
1972	153	123	68	232	142	65
1973	98	21	140	104	38	90
1974	19	129	133	51	258	107
1975	40	91	103	150	106	53
1976	127	61	62	95	44	92
1977	72	12	37	108	70	62
1978	92	124	84	80	66	55
\bar{p}	72.8	91.1	93.8	107	98.9	75.9

PRILOG 1.4

ZAGREB (Grič)						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1951	49.2	85.0	115.2	186.9	12.9	131.8
1952	17.0	32.5	27.4	21.9	50.4	64.8
1953	48.0	100.2	131.0	80.4	90.1	94.9
1954	74.9	146.0	146.0	96.8	81.6	148.8
1955	27.0	126.0	107.5	113.8	129.0	79.1
1956	102.3	74.8	170.1	31.1	72.8	77.0
1957	82.0	138.9	22.9	101.2	79.9	58.4
1958	54.6	55.1	118.9	34.9	60.6	84.8
1959	67.3	86.8	237.2	151.2	119.3	66.3
1960	78.2	46.7	53.3	120.8	91.6	111.1
1961	84.0	135.9	92.8	119.5	35.6	21.7
1962	119.4	83.0	93.8	140.3	7.5	120.7
1963	42.5	78.7	73.3	52.6	176.6	132.6
1964	84.4	109.5	158.4	73.2	94.9	72.9
1965	89.8	118.3	85.1	173.7	88.6	69.6
1966	65.3	89.6	129.4	140.2	111.5	0.2
1967	85.3	72.8	105.6	70.4	30.1	123.9
1968	16.0	46.0	101.4	73.2	119.4	121.9
1969	47.6	95.7	140.8	34.7	186.3	54.6
1970	138.6	68.0	77.3	100.6	174.8	38.2
1971	54.4	41.6	63.2	39.6	131.0	45.9
1972	151.9	140.2	86.2	224.8	61.1	87.7
1973	81.3	74.8	74.5	81.8	32.7	97.3
1974	36.5	198.2	127.2	51.8	117.7	141.5
1975	43.8	71	116.9	103.7	98.9	29.1
1976	92.4	52.3	78.6	122.6	52.4	93.6
1977	90.8	27.8	63.7	109.8	105.1	89.5
1978	53.7	114.4	61.9	115.2	70.3	75.3
1979	46.7	15.9	93.3	118.7	83.7	53.1
1980	74.9	71.3	67.3	66.8	94.4	80.7
\bar{P}	70.0	86.3	100.9	98.5	88.7	82.3

PRILOG 1.5

KRK						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1952	32	27	48	70	181	138
1953	46	63	50	52	106	126
1954	60	130	30	113	30	85
1955	13	100	32	167	70	144
1956	101	101	154	11	65	1
1957	190	40	56	56	44	60
1958	70	2	95	29	46	20
1959	80	113	85	10	69	39
1960	23	16	226	109	64	308
1961	164	48	90	131	107	7
1962	103	89	24	58	0	85
1963	50	117	76	53	81	114
1964	77	56	47	113	187	51
1965	85	101	76	48	100	175
1966	83	63	50	126	154	110
1967	47	75	43	28	35	145
1968	31	50	57	50	241	152
1969	66	98	168	26	195	136
1970	108	42	68	65	105	6
1971	70	85	50	22	25	94
1972	154	208	12	27	93	165
1973	57	11	105	94	9	171
1974	145	119	113	31	40	217
1975	60	127	115	71	82	123
1976	70	36	54	99	112	215
1977	122	113	40	105	64	47
1978	86	99	46	10	84	112
1979	67	6	77	40	144	110
\bar{p}	80.7	76.2	74.5	64.8	90.5	112.8

PRILOG 1.6

ABRAMI						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1961	109	82	96	145	55	15
1962	99	152	33	64	1	80
1963	63	63	164	112	176	170
1964	73	86	67	91	74	117
1965	95	84	82	178	117	245
1966	135	60	81	137	168	51
1967	142	104	96	92	29	333
1968	59	98	111	39	195	142
1969	80	114	94	112	157	154
1970	198	85	72	63	169	89
1971	114	119	145	36	53	159
1972	93	149	81	138	89	134
1973	83	36	90	112	45	153
1974	62	124	165	125	98	105
1975	121	162	97	57	133	84
1976	118	41	97	108	102	150
1977	87	81	105	194	174	46
1978	96	148	79	52	98	79
1979	108	13	125	44	92	147
1980	84	71	142	67	25	51
1981	59	177	94	65	55	162
1982	19	166	106	43	97	60
1983	64	101	81	25	64	72
1984	50	95	87	60	146	145
1985	106	62	95	18	64	7
\bar{P}	91.0	99.0	102.8	88.6	107.1	129.5

PRILOG 1.7

GRAČAC						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1949	22	140	175	25	29	43
1950	279	17	27	12	8	195
1951	138	116	98	56	9	139
1952	48	92	25	66	42	159
1953	139	141	235	89	133	43
1954	103	241	74	92	46	90
1955	48	86	47	124	71	215
1956	270	117	127	40	35	17
1957	154	197	21	53	197	103
1958	323	24	172	24	43	27
1959	264	110	156	30	152	50
1960	68	97	101	167	76	106
1961	107	128	103	88	66	16
1962	127	60	30	55	20	74
1963	102	103	110	77	126	170
1964	135	96	107	83	175	58
1965	170	140	178	41	203	222
1966	130	139	69	110	112	72
1967	132	118	103	47	56	214
1968	34	116	152	30	172	283
1969	171	116	141	61	215	184
1970	301	100	62	124	118	12
1971	258	116	65	9	33	137
1972	192	170	42	103	54	169
1973	158	25	136	78	54	122
1974	204	241	241	60	156	290
1975	230	151	140	48	144	79
1976	206	69	108	156	63	173
1977	149	68	40	138	165	141
1978	192	212	160	39	75	141
1979	204	25	66	98	104	146
1980	191	203	171	63	67	24
1981	58	158	156	75	39	187
1982	134	95	101	43	93	150
\bar{P}	166.0	122.1	109.6	74.4	101.0	126.6

PRILOG 1.8

SPLIT (Marjan)						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1926	45	78	174	114	28	26
1927	16	123	9	0	20	90
1928	91	112	22	4	1	179
1929	94	8	31	1	61	7
1930	89	79	31	12	43	20
1931	102	22	19	19	9	51
1932	99	77	38	91	34	6
1933	18	44	51	37	2	46
1934	66	35	75	17	70	88
1935	43	24	28	17	35	78
1936	66	75	40	35	2	93
1937	144	30	68	14	90	72
1938	33	47	12	11	114	76
1939	19	264	76	20	51	133
1940	23	85	22	83	35	56
1948	94	38	77	19	31	274
1949	1	115	50	7	13	61
1950	35	3	5	3	2	59
1951	15	52	69	26	43	29
1952	17	47	13	4	6	65
1953	71	100	52	81	37	54
1954	52	101	66	30	19	22
1955	2	12	18	29	49	78
1956	32	47	83	56	18	8
1957	93	94	20	59	48	79
1958	138	27	50	43	12	42
1959	85	89	135	4	74	64
1960	112	29	21	66	7	106
1961	112	66	67	29	8	0
1962	61	9	17	1	0	20
1963	32	27	37	44	49	62

PRILOG 1.9

god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1964	52	28	47	18	39	16
1965	127	54	88	17	80	93
1966	37	104	88	32	25	48
1967	97	121	114	62	38	185
1968	33	20	79	26	88	130
1969	46	36	57	27	59	141
1970	103	14	38	50	76	15
1971	79	20	49	6	2	87
1972	121	111	18	30	45	50
1973	56	2	40	20	89	73
1974	22	68	53	18	35	111
1975	60	52	48	32	206	63
1976	98	86	37	98	95	87
1977	29	30	23	68	82	120
1978	74	182	106	3	27	88
1979	72	9	79	52	125	26
1980	59	134	62	1	11	14
1981	49	74	59	13	42	123
1982	17	25	20	84	46	61
1983	38	113	26	5	17	46
1984	61	88	30	6	46	93
1985	78	32	30	10	29	0
1986	100	29	41	81	0	20
1987	64	81	48	4	33	33
\bar{p}	76.4	63.9	50.8	32.5	42.3	70.6

PRILOG 1.9 (nastavak)

SINJ						
TABLICA MJESEČNIH OBORINA [mm]						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1950	110	29	57	15	4	114
1951	35	100	105	79	42	25
1952	26	55	40	17	15	141
1953	77	143	173	181	399	55
1954	93	167	99	31	20	52
1955	6	47	41	35	37	59
1956	71	80	136	59	32	16
1957	131	165	96	102	159	93
1958	163	45	70	27	15	35
1959	119	142	89	59	158	86
1960	95	30	87	82	31	227
1961	107	72	101	76	7	8
1962	98	10	40	28	23	38
1963	48	61	127	121	80	30
1964	92	41	133	71	48	52
1965	134	55	118	19	116	130
1966	88	155	53	101	72	58
1967	98	121	114	49	38	185
1968	39	50	162	45	215	110
1969	80	60	167	22	94	159
1970	170	44	38	43	104	3
1971	114	38	59	9	32	205
1972	194	96	23	75	101	99
1973	72	4	96	70	55	46
1974	45	118	110	76	70	162
1975	87	89	102	41	213	73
1976	136	74	71	219	118	123
1977	64	61	39	53	145	64
1978	159	227	123	9	44	179
1979	113	9	210	69	68	59
1980	84	126	109	70	33	37
1981	84	70	65	69	63	73
1982	62	56	89	103	82	48
1983	25	80	53	23	35	137
1984	74	130	61	19	109	144
\bar{P}	92.0	77.6	94.1	58.9	79.6	87.0

PRILOG 1.10

PRILOG 2.1 DO 2.10

TEMPERATURE

ILOK						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1952	15.0	16.2	20.9	24.2	25.4	17.8
1953	16.2	15.2	20.3	22.6	19.2	19.0
1954	9.6	15.9	21.4	20.5	21.5	19.0
1955	8.4	16.3	19.6	20.1	19.3	17.2
1956	12.0	13.9	18.3	21.6	22.0	18.4
1957	12.6	13.5	22.1	22.4	21.0	17.1
1958	9.4	20.6	19.2	22.8	22.0	17.5
1959	12.2	15.8	18.8	21.3	19.8	15.0
1960	11.7	15.0	19.9	20.0	21.5	16.2
1961	15.0	14.6	20.4	20.8	21.6	18.8
1962	13.0	16.7	18.2	20.4	23.2	16.8
1963	12.8	16.6	21.0	22.8	22.7	16.8
1964	12.2	15.7	22.2	20.5	19.6	16.2
1965	9.9	15.2	19.5	21.5	19.2	18.7
1966	14.1	16.4	19.1	20.5	20.4	17.0
1967	10.6	16.4	19.0	22.4	21.0	18.8
1968	13.2	17.9	21.3	20.6	19.0	16.2
1969	10.7	18.8	17.6	20.0	18.7	16.0
1970	10.9	13.5	19.5	19.5	19.9	15.4
1971	12.2	18.3	18.7	20.9	22.7	14.1
1972	12.2	16.8	21.0	20.7	19.0	13.3
1973	9.8	17.6	19.2	21.0	20.2	17.7
1974	10.1	14.3	18.1	20.5	22.0	17.3
1975	11.3	17.6	18.9	20.8	19.5	19.2
1976	11.6	15.8	18.1	22.0	18.1	16.4
1977	10.5	10.5	18.6	20.1	20.4	14.9
1978	10.5	14.2	18.9	19.7	19.3	15.7

PRILOG 2.1

OSIJEK						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1946	14.0	19.2	21.9	23.6	23.2	18.9
1947	14.2	17.9	21.1	22.7	21.5	19.7
1948	13.1	18.1	18.1	19.7	21.4	17.4
1949	13.4	17.4	17.6	20.7	19.7	18.0
1950	12.6	18.6	21.8	24.1	22.6	17.4
1951	11.4	16.6	20.1	21.2	22.2	18.2
1952	14.6	16.2	20.4	23.9	24.1	16.5
1953	12.5	15.2	20.1	22.5	19.6	17.5
1954	9.2	15.5	21.2	19.7	20.7	18.1
1955	8.3	15.2	19.4	20.4	19.3	16.0
1956	11.0	15.2	18.4	21.4	21.1	17.2
1957	11.4	13.4	21.7	22.2	20.2	15.8
1958	8.9	19.8	18.9	22.2	21.9	16.8
1959	11.4	15.8	18.6	21.8	19.8	14.6
1960	10.8	14.8	19.9	19.5	20.6	15.4
1961	14.4	14.5	20.1	20.1	20.1	17.8
1962	12.5	16.2	18.2	19.7	21.9	15.6
1963	12.3	16.7	21.2	22.7	21.6	17.4
1964	12.0	15.8	22.1	21.0	19.2	16.1
1965	9.7	14.8	19.6	21.5	19.2	17.3
1966	13.3	16.7	19.7	20.6	20.2	17.2
1967	10.4	16.5	19.0	22.6	20.8	18.0
1968	13.5	17.6	20.6	21.0	19.0	16.0
1969	10.7	18.9	18.2	20.6	19.3	17.1
1970	10.8	14.2	20.4	20.6	20.6	15.8
1971	12.1	18.2	19.0	21.4	22.4	14.2
1972	12.2	16.5	20.9	21.2	19.6	13.9
1973	9.6	17.9	19.5	21.0	20.4	17.0
1974	10.3	14.7	17.9	20.4	21.7	16.7
1975	11.1	17.8	19.1	21.0	19.8	19.0
1976	11.7	16.4	18.5	21.7	17.7	15.2
1977	10.0	17.0	19.7	20.2	20.1	14.0
1978	10.3	14.4	18.7	19.6	19.2	15.3

PRILOG 2.2

KRIŽEVCI

TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)

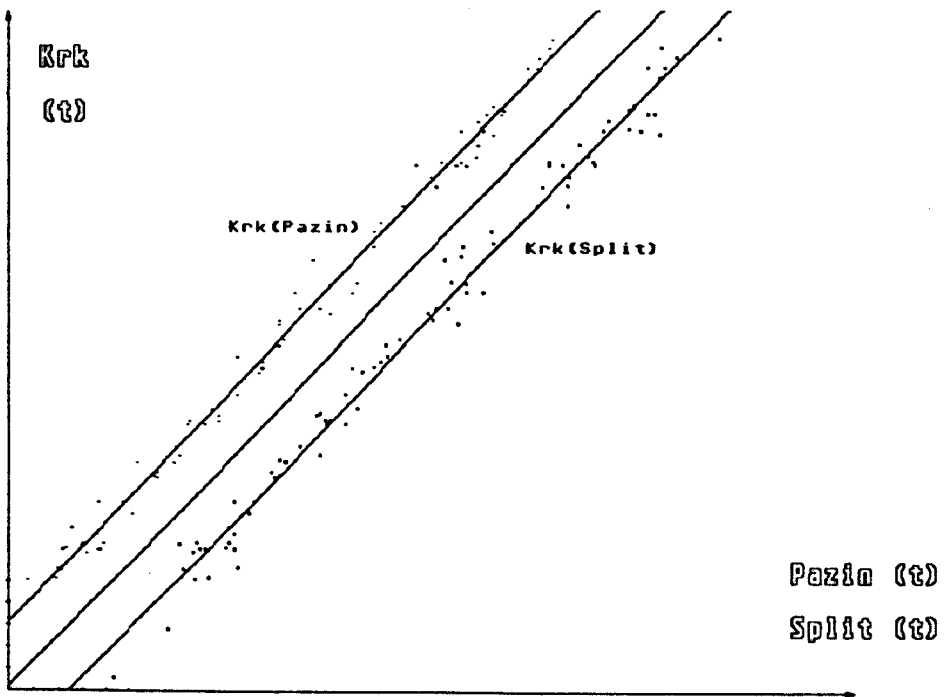
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1949	12.18	15.58	17.0	20.2	18.82	16.52
1950	10.78	17.64	21.17	22.89	21.08	16.09
1951	10.84	15.74	19.12	20.24	21.09	17.53
1952	13.32	15.18	19.93	22.82	22.32	14.50
1953	11.66	14.90	19.61	21.56	18.37	16.41
1954	8.41	14.67	20.53	19.04	19.33	16.73
1955	8.32	13.88	18.09	20.30	19.25	15.51
1956	10.15	15.56	17.47	20.70	19.73	15.99
1957	9.79	12.46	20.87	21.06	18.33	14.80
1958	8.23	18.65	17.89	21.19	20.42	15.39
1959	11.06	14.89	17.72	21.02	18.91	14.04
1960	10.12	14.06	19.37	18.08	19.41	14.51
1961	13.42	13.42	18.73	18.51	18.42	16.21
1962	10.84	13.67	16.18	18.05	19.90	14.16
1963	11.40	14.95	19.48	21.24	20.03	16.05
1964	10.84	14.44	20.22	19.77	17.81	19.00
1965	8.84	13.65	18.09	19.21	17.20	15.70
1966	12.20	14.55	18.60	18.43	18.14	15.48
1967	9.59	15.50	17.72	21.42	18.90	16.43
1968	11.92	15.41	18.63	19.63	18.25	14.88
1969	10.06	16.56	17.34	19.46	17.86	15.59
1970	9.30	12.87	19.26	19.54	19.42	14.81
1971	11.07	16.17	17.35	20.14	20.15	13.14
1972	10.42	14.28	18.76	20.00	18.11	12.52
1973	8.28	15.98	18.33	19.71	19.07	15.48
1974	9.60	13.63	16.67	19.27	20.69	15.30
1975	10.26	16.26	17.05	19.90	18.86	17.62
1976	10.45	14.75	17.80	20.30	16.23	14.29
1977	8.70	8.89	19.04	19.13	18.88	13.04
1978	9.18	12.95	17.52	17.98	17.26	14.17
1979	9.04	15.49	20.35	18.42	17.88	14.95
1980	8.18	12.53	17.69	18.72	19.00	14.73
1981	10.06	14.88	18.55	19.43	18.76	16.10
1982	7.84	15.14	18.99	20.18	18.76	17.81
1983	12.15	16.07	17.54	21.70	19.49	14.99
1984	9.58	13.42	16.64	18.02	17.96	15.20
1985	10.09	15.91	16.16	19.85	19.31	14.69

VARAŽDIN						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1949	11.9	15.1	16.6	19.5	18.0	15.8
1950	10.2	17.2	20.6	22.1	20.0	15.9
1951	10.7	14.8	18.2	19.6	20.3	17.0
1952	13.3	14.7	19.2	21.9	21.6	13.8
1953	17.5	20.5	24.2	26.7	24.8	23.0
1954	8.3	13.9	19.8	18.2	18.6	16.7
1955	8.2	13.7	17.4	19.5	18.2	18.6
1956	9.9	16.1	16.9	20.2	19.2	15.5
1957	9.8	12.1	20.5	20.2	17.9	14.8
1958	7.9	18.6	17.6	20.5	20.0	15.5
1959	11.3	14.4	17.4	20.8	18.6	13.6
1960	10.1	14.0	19.2	18.1	19.4	14.2
1961	13.6	13.8	19.2	18.7	16.9	16.8
1962	10.6	14.0	16.4	18.0	20.2	14.2
1963	11.3	14.9	19.6	21.2	19.6	16.7
1964	11.0	14.7	20.2	20.1	18.3	15.3
1965	8.8	13.8	18.4	19.6	17.2	16.1
1966	12.4	15.1	19.0	18.6	18.1	15.7
1967	9.6	16.0	18.1	21.5	19.2	16.5
1968	12.4	15.8	18.8	19.9	18.3	15.0
1969	10.3	12.5	17.6	19.5	18.0	15.5
1970	9.4	13.4	19.4	19.6	19.4	15.3
1971	11.2	16.7	17.7	20.4	20.6	13.2
1972	10.7	14.8	18.8	20.1	18.2	12.7
1973	8.3	16.3	18.2	19.6	19.1	15.7
1974	9.4	13.9	16.8	19.2	20.4	15.1
1975	10.1	16.1	17.0	19.9	18.7	17.3
1976	10.1	14.8	18.1	20.6	18.3	14.3
1977	8.7	15.2	19.4	19.6	18.6	17.4
1978	8.9	13.0	17.6	17.9	17.2	14.3

PRILOG 2.4

ZAGREB (Grič)						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1951	12.1	16.2	20.1	21.2	22.5	19.2
1952	15.3	16.3	21.1	24.6	24.1	15.9
1953	13.4	16.1	20.0	22.5	20.2	18.0
1954	9.7	15.1	21.0	19.6	20.6	18.2
1955	10.0	15.0	18.8	21.0	19.9	17.4
1956	11.1	17.0	18.3	22.2	20.6	18.5
1957	11.5	13.8	22.1	22.3	20.0	16.4
1958	9.7	20.2	19.2	22.9	22.4	12.9
1959	12.8	16.4	18.9	22.4	20.2	16.0
1960	11.6	15.6	20.7	19.7	21.1	16.3
1961	15.0	15.0	20.2	19.9	20.9	19.3
1962	12.4	15.1	17.6	19.7	22.7	16.4
1963	13.0	16.1	20.5	23.0	21.5	17.9
1964	12.8	16.2	21.4	21.6	19.6	16.7
1965	10.5	14.9	19.6	20.9	18.8	17.1
1966	14.0	16.2	20.4	19.9	19.5	17.5
1967	11.0	17.0	18.8	23.1	21.1	17.9
1968	14.2	16.7	19.5	21.2	19.4	16.2
1969	11.6	18.1	18.2	21.1	19.2	17.3
1970	10.7	14.1	20.7	20.9	20.8	16.9
1971	13.0	17.6	18.7	22.2	22.0	14.8
1972	11.6	15.4	20.0	21.1	19.8	14.1
1973	9.6	17.5	19.7	21.3	21.0	17.4
1974	11.3	15.0	18.0	21.0	22.1	16.8
1975	11.9	17.6	18.4	21.3	20.0	19.3
1976	11.8	16.5	19.2	22.1	17.7	15.5
1977	10.4	16.4	20.3	20.7	20.2	14.7
1978	10.6	14.0	18.8	19.6	19.0	15.8
1979	10.9	17.5	21.5	19.9	19.2	16.8
1980	9.4	13.5	18.9	20.2	20.7	16.5

PRILOG 2.5



PRILOG 2.6

KRK						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1952	15.0	16.9	22.9	26.3	25.2	19.1
1953	13.5	17.4	20.4	24.2	22.5	20.2
1954	11.6	16.0	22.4	22.3	22.5	20.8
1955	11.1	16.4	20.9	23.2	21.6	18.7
1956	11.2	17.1	19.2	23.7	24.5	20.2
1957	13.0	16.8	22.7	24.0	22.8	19.0
1958	10.9	19.7	20.6	24.3	24.3	20.6
1959	12.6	17.0	20.7	25.2	22.3	18.0
1960	12.6	17.3	21.3	20.6	21.8	18.3
1961	14.8	16.0	20.8	22.0	22.6	20.7
1962	12.8	15.5	19.8	21.8	25.5	19.0
1963	13.5	17.5	21.8	24.8	22.6	20.1
1964	12.9	17.0	22.8	23.3	22.0	18.7
1965	10.8	15.7	20.5	23.2	21.4	18.5
1966	14.1	16.9	21.6	22.3	22.7	19.9
1967	11.5	17.4	19.6	24.7	23.8	19.7
1968	14.2	18.0	21.0	23.1	20.8	18.6
1969	11.6	18.6	19.6	22.7	22.0	19.4
1970	11.3	14.9	21.6	23.0	22.8	19.9
1971	13.2	18.3	20.2	23.7	24.8	16.7
1972	12.5	16.4	21.6	23.6	21.6	16.1
1973	10.3	17.9	21.2	23.6	23.6	20.4
1974	11.6	16.1	19.6	23.3	24.4	19.7
1975	12.3	17.9	20.3	23.5	22.3	21.1
1976	11.9	17.3	21.1	23.3	19.4	17.2
1977	11.5	17.3	20.6	23.1	22.1	17.1
1978	11.4	15.0	20.1	22.2	21.4	17.4
1979	10.9	17.9	22.9	22.6	21.7	18.7

PRILOG 2.6

ABRAMI						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1963	12.6	16.4	13.3	22.9	20.9	17.9
1964	11.9	15.3	21.6	22.1	20.2	16.7
1965	9.7	14.5	19.4	20.5	19.5	16.7
1966	13.0	16.6	20.6	20.6	20.6	20.2
1967	10.9	16.4	19.0	22.9	21.6	17.4
1968	13.0	16.5	19.4	21.4	19.2	17.2
1969	10.9	16.4	17.9	21.5	20.3	17.8
1970	10.4	13.8	20.0	21.4	20.7	18.1
1971	12.5	16.0	18.6	21.9	22.8	15.6
1972	11.2	14.6	19.6	21.8	19.2	13.9
1973	9.6	16.0	19.7	21.6	21.3	18.1
1974	10.5	14.1	17.4	20.8	21.5	17.0
1975	11.9	16.7	19.1	21.8	20.6	18.8
1976	11.4	15.8	19.5	20.8	17.6	15.9
1977	9.8	15.0	18.5	20.6	19.2	14.5
1978	9.5	16.2	20.6	20.3	19.6	16.7
1979	9.5	16.2	20.6	20.3	19.6	16.7
1980	8.8	13.9	17.5	19.2	21.1	16.7
1981	11.2	14.1	19.0	20.2	19.9	17.4
1982	9.9	15.9	19.7	22.1	20.9	19.1
1983	11.9	15.6	19.1	24.1	21.3	17.4
1984	11.2	13.5	17.6	20.6	18.8	15.5

PRILOG 2.7

GRAČAC						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1954	7.7	12.4	18.3	18.2	19.1	16.6
1955	7.1	12.9	16.8	19.1	17.3	14.6
1956	8.1	13.6	15.8	19.7	20.6	16.3
1957	8.6	10.8	19.4	19.8	19.3	14.2
1958	6.6	15.8	16.6	19.5	19.8	15.4
1959	9.4	13.3	16.0	19.8	17.3	13.2
1960	8.1	13.0	17.2	17.3	18.4	16.5
1961	12.0	12.1	16.7	17.9	18.0	15.8
1962	9.1	13.4	15.6	18.3	21.7	15.0
1963	9.8	12.8	17.2	19.2	18.8	15.6
1964	9.4	13.3	17.7	18.5	17.3	13.9
1965	7.0	12.1	16.5	19.0	17.7	14.6
1966	10.4	13.0	17.1	17.4	17.4	14.9
1967	7.9	13.5	15.5	19.8	19.2	15.6
1968	11.2	13.9	16.2	16.4	16.7	14.5
1969	7.9	15.3	15.6	17.8	17.8	15.5
1970	8.4	11.4	17.7	18.4	18.7	15.3
1971	10.1	14.4	16.4	19.2	20.8	12.4
1972	9.1	12.6	17.4	19.1	17.4	12.2
1973	6.2	14.6	17.1	19.0	18.5	16.0
1974	7.7	12.3	15.4	18.0	19.1	15.0
1975	9.1	14.0	15.7	18.8	17.7	16.9
1976	7.9	13.3	16.4	18.5	15.0	13.4
1977	8.4	13.0	16.2	18.2	17.5	12.3
1978	7.5	11.5	15.5	17.5	17.3	13.4
1979	7.3	13.9	18.5	17.8	17.8	14.6
1980	5.7	10.3	15.9	17.7	18.8	15.5
1981	10.0	13.7	17.0	18.1	18.5	15.6
1982	6.3	14.4	18.0	19.4	18.6	17.4

PRILOG 2.8

SPLIT (Marjan)						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1926	15.09	17.20	19.70	22.30	23.10	23.10
1927	14.19	18.20	24.60	26.89	26.39	22.10
1928	14.50	15.90	22.39	28.80	27.60	22.50
1931	12.30	19.39	24.70	26.69	25.69	17.89
1932	12.40	18.10	21.20	24.70	26.80	25.10
1933	13.09	16.20	19.00	24.50	25.00	20.00
1934	16.00	20.10	22.10	25.00	24.30	21.70
1935	13.50	17.20	24.70	25.60	24.50	21.50
1936	14.50	18.60	21.80	26.60	24.60	20.39
1937	13.19	19.00	24.39	25.39	24.30	20.70
1938	11.00	16.80	24.89	26.69	24.39	20.10
1939	15.50	16.00	21.50	26.39	25.50	20.70
1940	12.80	17.39	21.00	24.00	22.20	20.89
1945	14.80	21.80	25.80	28.19	25.39	21.70
1946	15.59	20.10	24.10	27.69	27.80	24.50
1947	16.39	20.30	23.89	27.00	26.00	23.10
1948	14.59	19.39	21.00	23.50	25.80	21.60
1949	15.80	19.20	21.20	25.20	24.20	22.39
1950	14.69	20.80	25.60	28.80	27.10	22.50
1951	14.19	19.00	23.70	25.50	25.80	23.00
1952	16.89	18.30	24.60	28.00	27.60	21.89
1953	15.19	18.80	22.30	26.39	24.80	22.30
1954	13.30	17.39	24.10	24.60	24.80	23.10
1955	12.80	18.80	22.70	25.20	23.89	20.89
1956	13.00	18.60	20.80	25.50	27.30	22.70
1957	14.80	17.39	24.60	25.80	24.80	21.00
1958	12.30	21.20	22.00	26.00	25.39	21.50
1959	13.69	18.00	21.50	25.89	23.80	19.20
1960	14.09	18.10	22.70	23.30	25.10	20.39
1961	16.70	17.60	23.00	24.60	25.60	23.20
1962	14.59	18.89	22.20	25.80	28.19	22.20
1963	15.00	19.30	23.60	26.50	25.39	22.30

PRILOG 2.9

god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1964	14.40	18.70	24.50	25.10	24.10	21.00
1965	12.60	17.50	22.20	25.69	23.80	20.80
1966	15.80	18.39	23.00	24.39	25.39	22.50
1967	12.90	19.00	21.20	26.50	26.19	21.70
1968	16.20	20.39	22.70	25.30	22.50	20.50
1969	13.50	20.39	21.30	24.39	24.39	24.10
1970	13.00	16.70	23.10	25.10	25.10	22.39
1971	14.50	20.39	22.10	25.60	27.00	18.70
1972	14.40	18.30	23.89	25.39	23.80	18.60
1973	11.90	20.00	22.70	25.69	25.50	22.50
1974	13.09	17.60	21.50	25.20	26.50	21.80
1975	14.00	19.20	21.70	25.20	24.10	23.00
1976	13.40	18.80	22.50	24.60	21.20	18.89
1977	13.40	19.20	22.30	25.10	24.30	19.70
1978	12.90	16.10	21.70	24.20	23.70	19.00
1979	12.50	19.50	24.60	24.20	23.50	20.70
1980	11.30	15.80	20.89	24.60	25.50	21.80
1981	14.69	18.20	23.00	24.50	24.80	21.10
1982	13.59	19.70	24.80	25.69	25.10	24.00
1983	14.80	19.89	22.10	27.30	24.89	22.00
1984	13.30	16.70	21.39	24.89	24.00	20.70
1985	14.09	19.60	22.30	26.80	25.60	22.89
1986	14.69	21.30	22.50	24.10	26.60	21.80
1987	13.69	16.20	22.00	27.00	25.00	24.30

PRILOG 2.9 (nastavak)

SINJ						
TABLICA SREDNJIH MJESEČNIH TEMPERATURA (°C)						
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1950	14.9	21.0	25.6	28.8	27.3	22.5
1951	11.5	16.2	20.0	22.1	22.1	19.6
1952	14.1	15.1	21.4	25.6	24.4	18.0
1953	12.2	16.0	19.3	22.5	21.4	18.6
1954	13.0	16.0	22.6	23.0	23.5	22.4
1955	9.9	16.0	19.3	22.4	21.0	17.6
1956	10.6	16.2	17.7	22.0	22.8	19.0
1957	12.0	14.1	21.5	22.1	20.8	16.9
1958	9.3	18.3	18.8	22.4	23.2	18.0
1959	11.2	15.3	18.5	22.8	20.4	16.0
1960	11.1	15.6	19.8	20.2	21.3	16.7
1961	13.7	14.8	19.4	16.0	21.6	18.6
1962	11.5	16.2	19.0	22.8	14.6	18.1
1963	11.9	16.2	19.7	22.2	20.6	17.8
1964	11.3	16.0	20.6	21.7	20.3	16.5
1965	9.7	14.7	19.2	22.2	20.2	16.8
1966	12.5	15.1	19.8	20.8	20.9	17.6
1967	10.8	16.3	18.6	23.8	23.7	18.6
1968	14.2	17.9	19.6	22.4	19.5	17.9
1969	11.4	18.7	18.4	21.4	21.3	18.7
1970	10.9	13.9	20.3	22.1	21.7	18.5
1971	12.5	17.2	18.7	22.7	23.4	15.0
1972	12.0	15.3	21.1	22.2	20.7	15.1
1973	9.1	17.6	20.3	22.6	22.4	19.7
1974	10.6	14.6	18.2	21.5	22.8	18.4
1975	11.7	16.7	18.8	22.0	21.1	19.3

PRILOG 2.10

PRILOG 3.1 DO 3.10

**MJESEČNA I GODIŠNJA EVAPOTRANSPIRACIJA
(BLANEY - CRIDDLE)**

ILOK listopadno voće EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1952	96.27	130.15	189.78	228.12	212.48	106.56	963.40
1953	105.07	121.04	182.92	208.42	147.87	115.34	880.69
1954	61.27	127.39	195.60	183.88	170.50	115.34	854.01
1955	54.52	131.08	175.07	179.38	148.82	102.30	791.20
1956	75.90	109.66	160.93	196.55	175.63	110.91	829.60
1957	79.78	106.27	203.88	206.02	165.45	101.60	863.03
1958	60.12	174.09	170.65	210.84	175.63	104.42	895.77
1959	77.18	126.47	166.30	193.05	153.62	87.39	804.04
1960	73.99	119.25	178.41	178.26	170.50	95.38	815.82
1961	96.27	115.72	184.05	187.30	171.52	113.86	868.74
1962	82.43	134.83	159.86	182.75	188.24	99.50	847.65
1963	81.10	133.89	190.94	210.84	182.94	99.50	899.23
1964	77.18	125.56	205.08	183.88	151.70	95.38	838.80
1965	63.02	121.04	173.96	195.38	147.87	113.12	814.40
1966	89.91	132.02	169.56	183.88	159.48	100.90	835.78
1967	67.18	132.02	168.47	206.02	165.45	113.86	853.02
1968	83.77	146.39	194.43	185.02	145.98	95.38	850.99
1969	67.79	155.36	153.55	178.26	143.16	94.03	792.18
1970	69.01	106.27	173.96	172.73	154.59	90.02	766.60
1971	77.18	150.35	165.22	188.44	182.94	81.62	845.77
1972	77.18	135.78	190.94	186.15	145.98	76.65	812.71
1973	62.43	143.46	170.65	189.59	157.52	105.85	829.52
1974	64.20	113.10	158.80	183.88	175.63	103.00	798.65
1975	71.48	143.46	167.38	187.30	150.74	116.84	837.21
1976	73.35	126.47	158.80	201.26	137.60	96.75	794.26
1977	66.58	82.48	164.14	179.38	159.48	86.74	738.82
1978	66.58	112.24	167.38	174.93	148.82	92.01	761.99
$\overline{\text{ET}}$	74.8	127.9	176.9	191.1	163.0	100.5	

PRILOG 3.1

OSIJEK kukuruz EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1946	43.76	92.33	170.28	211.47	181.21	111.22	810.30
1947	44.44	84.77	162.34	200.92	164.13	117.07	773.70
1948	40.76	85.92	134.20	167.66	163.15	100.66	692.37
1949	41.75	81.95	129.77	178.42	146.95	104.82	686.69
1950	39.13	88.80	169.28	217.44	175.09	100.66	790.43
1951	35.37	77.53	152.67	183.92	171.06	106.23	726.81
1952	45.82	75.37	155.54	215.04	190.58	94.56	776.95
1953	38.81	70.09	152.67	198.61	146.02	101.34	707.58
1954	28.93	71.65	163.32	167.66	156.38	105.52	693.50
1955	26.47	70.09	146.07	175.16	143.26	91.26	652.34
1956	34.15	70.09	136.90	186.15	160.23	99.29	686.83
1957	35.37	61.05	168.28	195.17	151.63	89.95	701.48
1958	28.10	95.92	141.45	195.17	168.07	96.57	725.31
1959	35.37	73.24	138.71	190.63	147.88	82.30	668.15
1960	33.55	68.03	150.77	165.55	155.43	87.36	660.72
1961	45.13	66.50	152.67	171.93	150.69	103.42	690.37
1962	38.81	75.37	135.10	167.66	168.07	88.65	673.70
1963	38.18	78.08	163.32	200.92	165.11	100.66	746.29
1964	37.23	73.24	172.30	181.71	142.34	91.91	698.76
1965	30.34	68.03	147.94	187.26	142.34	99.97	675.91
1966	41.42	78.08	148.88	177.33	151.63	99.29	696.65
1967	32.36	76.99	142.37	199.76	157.34	104.82	713.67
1968	42.08	83.08	157.47	181.71	140.52	91.26	696.14
1969	33.25	90.56	135.10	177.33	143.26	98.60	678.12
1970	33.55	65.00	155.54	177.33	155.43	89.95	676.82
1971	37.54	86.49	142.37	186.15	173.07	79.83	705.47
1972	37.86	76.99	160.38	183.92	146.02	78.00	683.20
1973	30.05	84.77	147.01	181.71	153.52	97.92	695.02
1974	32.07	67.52	132.42	175.16	166.10	95.90	669.19
1975	34.45	84.21	143.29	181.71	147.88	111.94	703.51
1976	36.29	76.45	137.80	189.51	128.95	86.09	655.11
1977	31.20	79.73	148.88	173.00	150.69	78.60	662.13
1978	32.07	66.00	139.62	166.61	142.34	86.72	633.39
$\overline{\text{ET}}$	36.2	77.1	149.8	185.5	156.2	96.2	

PRILOG 3.2

KRIŽEVCI							
kukuruz							
EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1949	37.84	72.28	124.89	173.49	139.32	94.70	642.54
1950	33.53	83.54	163.49	203.70	160.53	91.85	736.66
1951	33.71	73.13	143.89	173.92	160.63	101.55	686.85
1952	41.53	70.19	151.49	202.88	172.79	81.68	720.59
1953	36.21	68.74	148.46	188.47	135.27	93.96	671.13
1954	26.80	67.56	157.24	161.20	143.98	96.10	652.90
1955	26.56	63.59	134.50	174.57	143.24	88.07	630.55
1956	31.67	72.18	128.99	178.93	147.68	91.19	650.66
1957	30.63	56.74	160.55	182.89	134.91	83.56	649.30
1958	26.32	89.35	132.71	184.33	154.18	87.30	674.22
1959	34.37	68.69	131.20	182.45	140.13	78.85	635.71
1960	31.58	64.48	146.21	151.35	144.71	81.74	620.11
1961	41.86	61.33	140.29	155.72	135.72	92.64	627.59
1962	33.71	62.55	117.90	151.05	149.27	79.58	594.09
1963	35.40	69.00	147.24	184.89	150.49	91.58	678.63
1964	33.71	66.39	154.26	168.88	130.31	111.94	665.52
1965	27.97	62.45	134.50	162.97	125.01	89.30	602.22
1966	37.90	66.95	139.11	154.91	133.22	87.88	619.99
1967	30.06	71.86	131.20	186.90	140.04	94.10	654.18
1968	37.02	71.39	139.38	167.39	134.20	84.06	633.46
1969	31.41	77.54	127.85	165.60	130.75	88.59	621.76
1970	29.24	58.68	145.19	166.44	144.81	83.62	627.99
1971	34.40	75.43	127.94	172.94	151.62	73.44	635.70
1972	32.46	65.59	140.57	171.34	132.96	69.83	612.76
1973	26.45	74.41	136.66	168.24	141.59	87.88	635.25
1974	30.09	62.35	122.06	136.60	156.77	86.72	621.61
1975	31.99	75.91	125.33	170.27	139.68	102.17	645.37
1976	32.55	67.97	131.91	174.57	116.81	80.38	604.21
1977	27.58	41.17	143.15	162.13	139.86	72.86	586.78
1978	28.91	59.06	129.43	150.35	125.53	79.64	572.94
1979	28.52	71.81	155.50	154.80	130.93	84.50	626.09
1980	26.18	57.07	130.93	157.88	140.95	83.12	596.16
1981	31.41	68.64	138.65	165.28	138.77	91.91	634.69
1982	25.29	69.98	142.68	173.27	138.77	103.49	653.52
1983	37.74	74.89	129.61	190.04	145.45	84.75	662.51
1984	30.03	61.33	121.80	150.75	131.63	86.09	581.65
1985	31.49	74.03	117.73	169.73	143.79	82.87	619.68
$\overline{\text{ET}}$	32.3	68.3	137.7	170.7	137.8	87.8	

VARAŽDIN							
listopadno voće							
EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1949	75.50	120.96	144.41	174.03	137.39	92.79	745.10
1950	65.00	140.54	187.76	203.97	156.36	93.46	847.12
1951	68.01	118.27	161.08	175.14	159.31	101.02	782.86
1952	84.72	117.39	171.96	201.59	172.40	79.83	827.91
1953	115.41	174.19	231.50	262.63	206.78	147.23	1137.77
1954	54.15	110.40	178.65	159.93	142.96	98.93	745.04
1955	53.61	108.69	152.63	174.03	139.23	112.51	740.73
1956	63.23	130.10	147.47	181.86	148.63	90.79	762.10
1957	62.64	95.45	186.61	185.27	136.47	86.19	752.66
1958	51.66	154.39	154.73	185.27	156.36	90.79	793.55
1959	71.71	114.74	152.63	188.71	142.96	78.59	749.37
1960	64.41	111.27	171.96	158.87	150.55	82.35	739.42
1961	86.76	109.55	171.96	165.29	127.46	99.62	760.66
1962	67.41	111.27	142.39	157.81	158.33	82.35	719.57
1963	71.71	119.17	176.40	193.34	152.47	98.93	812.05
1964	69.85	117.39	183.17	180.73	140.16	89.46	780.79
1965	56.92	109.55	163.23	175.14	130.13	94.82	729.81
1966	78.74	120.96	169.75	164.21	138.31	92.12	764.11
1967	61.47	129.17	160.02	196.86	148.63	97.55	793.72
1968	78.74	127.33	167.57	178.49	140.16	87.49	779.79
1969	65.60	98.68	154.73	174.03	137.39	90.79	721.24
1970	60.32	106.15	174.17	175.14	150.55	89.46	755.81
1971	71.09	135.75	155.78	184.13	162.29	76.13	785.19
1972	68.01	118.27	167.57	180.73	139.23	73.11	746.95
1973	54.15	131.19	161.08	175.14	147.68	92.12	762.17
1974	60.32	110.40	146.44	170.73	160.30	88.15	736.37
1975	64.41	130.10	148.49	178.49	143.89	103.13	768.54
1976	64.41	118.27	160.02	186.41	140.16	82.98	752.28
1977	56.36	121.86	174.17	175.14	142.96	103.83	774.34
1978	57.48	102.80	154.73	156.76	130.13	82.98	684.90
$\overline{\text{ET}}$	67.4	120.4	166.1	180.6	147.9	92.6	

PRILOG 3.4

ZAGREB (Grič)							
soja							
EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1951	17.62	43.11	89.80	148.44	167.66	87.14	553.78
1952	22.66	43.42	95.48	180.38	183.56	69.62	595.14
1953	19.59	42.80	89.24	160.29	146.04	80.54	538.53
1954	14.24	39.79	94.91	134.46	149.70	81.63	514.74
1955	14.64	39.50	82.66	146.65	143.33	77.34	504.15
1956	16.17	45.60	79.99	157.52	152.47	83.26	535.03
1957	16.74	36.04	101.34	158.44	144.23	72.15	528.97
1958	14.24	56.25	84.82	164.03	166.69	55.35	541.41
1959	18.67	43.73	83.20	159.36	146.04	70.12	521.14
1960	16.89	41.28	93.19	135.32	154.33	71.64	512.67
1961	22.16	39.50	90.36	137.03	152.47	87.70	529.23
1962	18.07	39.79	76.32	135.32	169.61	72.15	511.28
1963	18.98	42.80	92.05	164.97	158.08	80.01	556.91
1964	18.67	43.11	97.22	152.04	140.64	73.69	525.40
1965	15.33	39.20	87.02	145.77	133.60	75.77	496.70
1966	20.54	43.11	91.49	137.03	139.75	77.87	509.81
1967	16.03	45.60	82.66	165.91	154.33	80.01	544.56
1968	20.86	44.66	86.47	148.44	138.86	71.13	510.44
1969	16.89	49.14	79.46	147.54	137.10	76.82	506.97
1970	15.60	36.89	93.19	145.77	151.54	74.73	517.74
1971	18.98	47.52	82.12	157.52	162.83	644.20	533.19
1972	16.89	40.68	89.24	147.54	142.43	60.87	497.68
1973	14.10	47.19	87.57	149.33	153.39	77.34	528.97
1974	16.45	39.50	78.41	146.65	163.79	74.21	519.04
1975	17.32	47.52	80.52	149.33	144.23	87.70	526.64
1976	17.18	44.04	84.82	156.60	124.20	67.63	494.48
1977	15.19	43.73	90.92	144.00	146.04	63.72	503.62
1978	15.47	36.60	82.66	134.46	135.34	69.12	473.67
1979	15.89	47.19	97.81	137.03	137.10	74.21	509.25
1980	13.84	35.20	83.20	139.62	15.62	72.66	495.16

\overline{ET} 17 43.0 87.9 149.6 149.7 74.4

PRILOG 3.5

KRK vinova loza EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1952	48.34	91.81	146.45	180.70	151.17	81.822	700.31
1953	43.15	95.10	126.56	161.49	130.33	87.86	644.51
1954	36.77	86.04	142.61	145.07	130.33	91.24	632.09
1955	35.18	88.58	130.18	152.95	123.85	79.67	610.44
1956	35.65	93.12	117.14	156.97	145.82	87.86	636.58
1957	41.17	90.76	144.75	159.42	133.03	81.21	650.36
1958	34.46	110.02	127.76	162.98	144.70	89.82	669.77
1959	40.17	92.03	128.54	170.21	128.50	76.04	635.52
1960	39.85	94.59	134.11	130.74	125.52	77.57	602.40
1961	47.37	85.76	130.12	142.21	130.75	90.37	626.61
1962	40.50	83.31	121.56	140.54	153.56	81.21	620.71
1963	43.19	95.24	138.16	166.58	130.75	87.09	661.02
1964	40.91	92.47	145.59	153.39	126.88	79.94	639.21
1965	34.24	84.47	127.76	152.95	122.35	78.61	600.40
1966	44.91	91.49	135.91	145.50	131.88	86.47	636.18
1967	36.61	94.77	120.24	166.08	140.16	85.09	642.97
1968	45.44	98.78	131.40	152.06	117.53	79.14	624.38
1969	37.26	102.87	120.24	148.55	126.88	83.44	619.27
1970	35.97	79.53	135.91	151.18	132.66	86.47	621.75
1971	41.94	100.82	124.96	156.97	148.68	69.62	643.01
1972	39.57	88.26	136.32	156.07	123.85	66.90	611.01
1973	32.69	98.44	132.62	156.52	138.96	89.26	648.52
1974	36.77	86.99	120.63	153.84	145.41	85.36	629.02
1975	38.90	98.44	125.76	155.62	129.18	92.95	640.88
1976	37.75	94.11	132.21	153.39	107.83	72.39	597.70
1977	36.45	94.44	128.16	152.06	127.65	71.63	610.41
1978	36.13	79.84	124.57	144.64	121.98	73.41	580.58
1979	34.71	98.44	146.88	148.11	124.61	79.94	632.71
$\overline{\text{ET}}$	39.1	92.5	131.4	154.2	132.0	81.8	

PRILOG 3.6

ABRAMI krumpir EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1963	30.31	71.53	96.47	242.30	210.56	140.12	791.32
1964	28.59	66.06	170.66	231.32	201.68	129.06	827.41
1965	23.50	62.22	148.94	210.12	193.00	129.06	766.87
1966	31.32	72.54	160.56	211.41	206.73	162.54	845.16
1967	26.22	71.53	145.17	242.30	219.62	135.46	840.32
1968	31.32	72.03	148.94	221.92	189.33	133.62	797.20
1969	26.22	71.53	135.02	223.26	202.94	139.18	798.17
1970	25.07	58.95	154.70	221.92	208.00	142.01	810.68
1971	30.07	69.51	141.44	228.62	235.58	119.31	824.55
1972	26.92	62.70	150.85	227.27	189.33	104.97	762.07
1973	23.28	69.51	151.81	224.59	215.71	142.01	826.94
1974	25.30	60.34	130.53	214.02	218.31	131.79	780.31
1975	28.59	73.05	146.11	227.27	206.73	148.71	830.49
1976	27.39	68.52	149.90	214.02	170.36	121.93	752.15
1977	23.72	64.61	140.51	211.41	189.33	109.93	739.54
1978	25.07	58.03	134.12	198.63	186.91	118.44	721.22
1979	23.06	70.52	160.56	207.54	194.23	129.06	784.99
1980	21.55	59.41	131.42	193.62	213.13	129.06	748.22
1981	26.92	60.34	145.17	206.25	197.94	135.46	772.11
1982	23.94	69.02	151.81	231.32	210.56	151.63	838.31
1983	28.59	67.53	146.11	259.24	215.71	135.46	852.66
1984	26.92	57.58	132.32	211.41	184.50	118.44	731.19
$\overline{\text{ET}}$	26.5	66.4	144.3	220.8	202.8	132.1	

PRILOG 3.7

GRAČAC krumpir EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1954	19.22	52.31	137.61	179.84	187.35	128.01	704.36
1955	18.04	54.50	124.28	189.52	166.23	110.63	663.22
1956	20.03	57.64	115.76	198.19	205.88	125.32	722.85
1957	21.06	45.59	147.81	199.44	189.77	107.30	711.01
1958	17.07	68.06	122.55	195.69	195.89	117.44	176.73
1959	22.77	56.28	117.44	199.44	166.23	99.20	661.39
1960	20.03	54.94	127.77	169.24	178.99	127.11	678.11
1961	28.74	51.02	123.41	176.27	174.30	120.91	674.68
1962	22.12	56.73	114.09	181.04	220.02	114.01	708.03
1963	23.64	54.06	127.77	191.98	183.74	119.17	700.38
1964	22.77	56.28	132.20	183.44	166.23	104.84	665.79
1965	17.84	51.02	121.69	189.52	170.82	110.63	661.54
1966	24.99	54.94	126.89	170.41	167.37	113.16	657.79
1967	19.62	57.19	113.26	199.44	188.56	119.17	697.26
1968	26.83	59.01	119.13	158.96	159.46	109.80	633.22
1969	19.62	65.62	114.09	175.09	171.97	118.30	664.71
1970	20.65	48.06	132.20	182.24	182.55	116.57	682.29
1971	24.31	61.33	120.83	191.98	208.42	92.94	699.84
1972	22.12	53.18	129.53	190.75	167.37	91.40	654.38
1973	16.32	62.27	126.89	189.52	180.17	122.67	697.87
1974	19.22	51.88	112.43	177.46	187.35	114.01	662.37
1975	22.12	59.47	114.92	187.08	170.82	130.72	685.15
1976	19.62	56.28	120.83	183.44	141.03	100.80	622.04
1977	20.65	54.94	119.13	179.84	168.52	92.17	635.27
1978	18.82	48.48	113.26	171.57	166.23	100.80	619.18
1979	18.43	59.01	139.44	175.09	171.97	110.63	674.60
1980	15.41	43.58	116.58	173.91	183.74	118.30	651.57
1981	24.09	58.10	126.02	178.65	180.17	119.17	686.21
1982	16.51	61.33	134.89	194.45	181.36	135.30	723.87
$\overline{\text{ET}}$	20.8	55.6	123.9	184.2	178.7	113.4	

PRILOG 3.8

SPLIT (Marjan) vinova loza EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1926	48.23	92.49	119.52	143.23	133.73	104.01	641.23
1927	45.05	98.96	159.33	184.16	160.02	98.17	745.70
1928	46.10	84.40	140.76	202.53	170.15	100.48	744.45
1931	38.70	107.00	160.20	182.27	154.25	75.44	717.88
1932	39.02	98.30	131.11	163.95	163.36	116.18	711.95
1933	41.32	86.24	114.29	162.17	148.58	86.44	639.07
1934	51.50	111.83	138.32	166.64	143.02	95.88	707.21
1935	42.66	92.49	160.20	172.08	144.60	94.74	706.79
1936	46.10	101.61	135.90	181.33	145.39	88.62	698.97
1937	41.65	104.29	157.59	170.25	143.02	90.27	707.10
1938	34.62	89.96	161.95	182.27	143.81	86.98	699.61
1939	49.67	85.01	133.50	179.46	152.62	90.27	690.55
1940	40.32	93.77	129.54	157.76	126.96	91.38	639.76
1945	47.16	124.00	169.93	196.64	151.81	95.88	785.43
1946	50.03	111.83	155.01	191.79	171.87	112.46	793.01
1947	52.99	113.23	153.30	185.10	156.71	104.01	765.36
1948	46.45	107.00	129.54	153.42	155.06	95.31	686.80
1949	50.77	105.64	131.11	168.44	142.23	99.90	698.12
1950	46.80	116.77	168.14	202.53	165.89	100.48	800.64
1951	45.05	104.29	151.60	171.16	155.06	103.41	730.60
1952	54.88	99.62	159.33	194.69	170.15	97.02	775.71
1953	48.58	102.94	139.95	179.46	146.98	99.32	717.26
1954	41.98	93.77	155.01	163.06	146.98	104.01	704.84
1955	40.32	102.94	143.23	168.44	139.89	91.38	686.23
1956	40.98	101.61	127.97	171.16	167.59	101.65	710.99
1957	47.16	93.77	159.33	173.91	146.98	91.93	713.10
1958	38.10	119.63	137.51	175.75	151.81	94.74	718.16
1959	43.24	97.65	133.50	174.83	139.11	82.16	670.61
1960	44.71	98.30	143.23	151.69	149.38	88.62	675.96
1961	54.12	95.05	145.72	163.06	153.43	104.60	716.01
1962	46.45	103.61	139.13	173.91	175.33	98.74	737.20
1963	47.87	106.32	150.75	180.40	151.81	99.32	736.48

PRILOG 3.9

god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1964	45.75	107.27	158.46	167.54	141.45	91.93	707.43
1965	39.67	94.41	139.13	172.99	139.11	89.72	675.06
1966	50.77	100.28	145.72	161.29	151.81	100.48	710.36
1967	40.65	104.29	131.11	180.40	158.36	95.88	710.71
1968	52.25	113.93	143.23	169.35	129.20	89.17	697.15
1969	42.66	113.93	131.91	161.29	141.45	95.88	687.13
1970	40.98	89.34	146.55	167.54	149.38	99.90	693.72
1971	46.10	113.93	138.32	172.08	165.04	79.55	715.05
1972	45.75	99.62	153.30	170.25	139.11	79.03	687.09
1973	37.42	111.13	143.23	172.99	152.62	100.48	717.90
1974	41.32	95.05	133.50	168.44	160.85	96.45	695.63
1975	44.36	105.64	135.09	168.44	141.45	103.41	698.43
1976	42.32	102.94	141.58	163.06	119.65	80.59	650.16
1977	42.32	105.64	139.95	167.54	143.02	84.82	683.32
1978	40.65	85.62	135.09	159.52	138.34	81.11	640.37
1979	39.34	107.68	159.33	159.52	136.79	90.27	692.96
1980	35.54	83.80	128.75	163.06	152.62	96.45	660.24
1981	46.80	98.96	145.72	162.17	146.98	92.49	693.15
1982	43.00	109.06	161.07	172.99	149.38	109.40	744.93
1983	47.16	110.44	138.32	187.95	147.78	97.59	729.27
1984	41.98	89.34	132.70	165.74	140.67	90.27	660.72
1985	44.71	108.37	139.95	183.21	153.43	102.82	732.52
1986	46.80	120.36	141.58	158.64	161.68	96.45	725.54
1987	43.34	86.24	137.51	185.10	148.58	111.23	712.02
$\overline{\text{ET}}$	44.3	100.9	142.7	171.4	149.0	94.8	

bez 1945-1947

PRILOG 3.9 (nastavak)

SINJ povrće EVAPOTRANSPIRACIJA (BLANEY-CRIDDLE) [mm]							
god.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Ukupno
1950	24.70	50.24	121.55	207.79	161.06	83.01	648.37
1951	18.80	36.65	88.05	145.24	121.30	69.63	479.70
1952	23.25	33.83	95.93	176.55	138.21	62.74	530.53
1953	19.95	36.13	84.23	148.66	116.37	65.28	470.67
1954	21.31	36.13	102.95	153.00	131.46	82.53	527.41
1955	16.29	36.13	84.23	147.80	113.60	61.07	459.16
1956	17.37	36.65	75.82	144.39	126.33	67.01	467.59
1957	19.62	31.37	96.50	145.24	112.23	58.21	463.19
1958	15.39	42.34	81.56	147.80	129.25	67.24	479.12
1959	18.32	34.34	79.97	151.26	109.50	54.62	448.04
1960	18.16	35.10	86.95	129.50	115.68	57.40	442.81
1961	22.53	33.08	84.77	97.83	117.77	65.28	421.30
1962	18.80	36.65	82.62	151.26	139.73	63.16	492.25
1963	19.46	36.65	86.40	146.09	110.86	61.90	461.40
1964	18.48	36.13	91.39	141.85	108.83	56.60	453.30
1965	15.99	32.84	83.69	146.09	108.16	57.80	444.60
1966	20.46	33.83	86.95	134.37	112.91	61.07	449.63
1967	17.68	36.92	80.50	160.07	132.95	65.28	493.42
1968	23.43	41.23	85.86	147.80	103.50	62.32	464.16
1969	18.64	43.47	79.45	139.34	115.68	65.71	462.31
1970	17.84	30.88	89.71	145.24	118.47	64.86	467.03
1971	20.46	39.31	81.03	150.39	130.72	50.77	472.71
1972	19.62	34.34	94.21	146.09	111.54	51.15	456.98
1973	15.10	40.40	89.71	149.53	123.45	70.07	488.28
1974	17.37	32.59	78.40	140.17	126.33	64.43	459.32
1975	19.13	37.97	81.56	144.39	114.29	68.31	465.67
\overline{ET}	19	36.7	87.5	147.6	121.2	63.7	

PRILOG 3.10