Analiza klimatskih elemenata na području Like u svrhu određivanja potrebe navodnjavanja

Vašarević, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:078729

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU LIKE U SVRHU ODREĐIVANJA POTREBE NAVODNJAVANJA

DIPLOMSKI RAD

ANTONIO VAŠAREVIĆ

Zagreb, listopad 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Poljoprivredna tehnika: usmjerenje Melioracije

ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU LIKE U SVRHU ODREĐIVANJA POTREBE NAVODNJAVANJA

DIPLOMSKI RAD

Antonio Vašarević

Mentor: prof. dr. sc. Ivan Šimunić

Zagreb, listopad 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Antonio Vašarević**, JMBAG 01780922287, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU LIKE U SVRHU ODREĐIVANJA POTREBE NAVODNJAVANJA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, primjereno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj završni rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnoga ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor
- da sam upoznat s odredbama Etičkoga kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19.).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Antonia Vašarevića**, JMBAG 01780922287, naslova:

ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU LIKE U SVRHU ODREĐIVANJA POTREBE NAVODNJAVANJA

ocijenjen i obranjen ocjenom _____, dana _____ .

Povjerenstvo:		potpisi
1. Prof. dr. sc. Ivan Šimunić	mentor	_____
2. Doc. dr. sc. Danijela Jungić	član	_____
3. Izv. prof. Nina Toth	član	_____

SADRŽAJ

SAŽETAK
SUMMARY
1. UVOD I CILJ 1
2. PREGLED LITERATURE 3
2.1 Klimatske značajke područja 3
2.1.1. Oborine 5
2.1.2 Temperatura zraka 9
2.1.3 Relativna vlaga zraka 10
2.1.4 Brzina vjetra 11
2.1.5 Sijanje sunca (insolacija) 12
2.1.6 Evapotranspiracija 12
Referentna evapotranspiracija (ETo) 12
Odnos referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina 13
2.2. Pedološke značajke područja 16
2.3. Poljoprivredne kulture 17
2.3.1 Krumpir 18
Uzgoj krumpira 18
Navodnjavanje krumpira 19
2.3.2 Kupus 20
Uzgoj kupusa 20
Navodnjavanje kupusa 21
2.3.3 Kelj 21
Uzgoj kelja 22
Navodnjavanje kelja 22
2.4. Sustavi navodnjavanja 22
3. MATERIJALI I METODE 28
4. REZULTATI I RASPRAVA 29
4.1. Potrebe kulture za vodom 29
4.1.1 Bilanca vode u tlu 30
4.1.2 Norma navodnjavanja 35
4.1.3 Obrok navodnjavanja 35
4.1.4 Određivanje početka navodnjavanja 37
Određivanje početka navodnjavanja prema izgledu biljke 37
Određivanje početka navodnjavanja prema unutarnjim fiziološkim promjenama biljke 38
Određivanje početka navodnjavanja prema turnusima navodnjavanja 38
Određivanje početka navodnjavanja prema kritičnom razdoblju biljke za vodu 39
Određivanje početka navodnjavanja prema procjeni vlažnosti tla 39
Određivanje početka navodnjavanja prema stanju vlažnosti tla 39
5. ZAKLJUČAK 40
6. LITERATURA 41
ŽIVOTOPIS

SAŽETAK

Diplomskog rada studenta **Antonia Vašarevića**, naslova

ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU LIKE U SVRHU ODREĐIVANJA POTREBE NAVODNJAVANJA

Za vrijeme vegetacije, navodnjavanjem se biljci dodaje voda za optimalan rast i razvoj, ako je tijekom vegetacije deficit vode u tlu. U današnje vrijeme, bavljenje poljoprivredom kao djelatnošću gotovo je neostvarivo bez navodnjavanja, pogotovo u sušnijim mjesecima i sušnijim godinama. Na nedostatak vode posebice su osjetljive povrćarske kulture od kojih se na području Like najviše uzgajaju krumpir, kupus i kelj za koje se preporuča navodnjavanje kišenjem i to najčešće Typhon uređajem. Voda koja se koristi u navodnjavanju mora zadovoljavati odgovarajuća svojstva, a na području Like rijeke Gacka i Lika predstavljaju izdašniji izvor vode. Na temelju analize klimatskih elemenata (temperatura zraka, oborine, vlaga zraka, brzina vjetra, insolacija i evapotransporacija) utvrditi potrebu navodnavanja i količine vode za navedene kulture. Rezultati istraživanja pokazuju da na području Like postoji potreba za navodnjavenjam krumprira, kupusa i kelja, što je pogotovo izraženo u sušnijim godinama.

Ključne riječi: evapotranspiracija, norma navodnjavanja, krumpir, kelj, kupus

SUMMARY

Of the master's thesis – student **Antonio Vašarević**, entitled

ANALYSIS OF CLIMATE ELEMENTS IN THE AREA OF LIKA TO DETERMINING THE NEED FOR IRRIGATION

During vegetation, adding water to plants by irrigation for optimal growth and development if during the vegetation there is a lack of water in the soil. Nowadays, dealing with agriculture as an activity is virtually unattainable without irrigation, especially in the warmer seasons and all the way through dry years. Vegetable crops are specially sensitive to lack of wather, and in the Lika area are most grown potatoes, cabbages and kale and for them are recommended rainwater irrigation, most often with Typhon device. The water used in irrigation has to please the appropriate properties, and in the Lika area, Gacka and Lika rivers represent a more generous source of water. Based on the analyses of climatic elements (air temperature, precipitation, air humidity, wind speed, insolation and evapotransporation), the irrigation needs and the amount of water of these cultures have to be determined. The research results show that there is a need for irrigation for potato, cabbage and kale, in the Lika area, which is specially expressed in dry years.

Key words: evapotranspiration, irrigation rate, potato, kale, cabbage

1. UVOD I CILJ

Navodnjavanje je u osnovi uzgojna mjera u biljnoj proizvodnji kojom se tlu dodaje količina vode potrebna za optimalni rast i razvoj biljke. Osnovna svrha navodnjavanja je kompenzacija tekućine koju biljka upija kroz korijen i lišće, a gubi transpiracijom. Navedena kompenzacija je neophodna ako se želi sačuvati ravnoteža vlažnosti i hranjivosti tla koja je jako bitna za život biljaka (Pokos-Nemec, 2007).

Najistaknutiju ulogu navodnjavanje ima u poljoprivrednoj proizvodnji, iako se koristi i u druge svrhe kao što su desalinizacija tla, fertirigacija i zaštita biljaka od mraza (Dragojević i sur., 2006).

Potreba za navodnjavanjem na nekom području ovisi o količini oborina i njihovom rasporedu tijekom vegetacijskog razdoblja. Ispravno i pravovremeno navodnjavanje donosi višestruku korist. Ima pozitivan učinak na fizikalne, kemijske i biološke procese u tlu, otapa hranjive tvari u zemljištu koje biljke mogu usvojiti korijenovim sustavom, sudjeluje u procesu fotosinteze prenoseći hranjive tvari iz korijena do lista, poboljšava mikroklimu i mikrofloru tla, smanjuje temperaturu biljaka te time regulira njihov toplinski režim, povećava prinose (Dragojević i sur., 2006). Navodnjavanje omogućuje intenziviranje poljoprivredne proizvodnje, raznovrsnu biljnu prozvodnju orijentiranu prema zahtjevima tržišta i potrebama prerađivačke industrije, te posljedično tome stabilizaciju proizvodnje i podizanje standarda te socijalnog stanja stanovništva, kao i zapošljavanjanje nove radne snage.

Međutim, ukoliko se navodnjavanje primjenjuje nestručno, bez poznavanja osnovnih svojstava tla, vode i sustava za navodnjavanje, najćešće dolazi do slabih, pa i negativnih rezultata, kako u očekivanome prinosu uzgajane kulture tako i do mogućih pogoršanja svojstava tla (Tadić i sur., 2013).

Problemi koji se mogu javiti pri nestručnom navodnjavanju mogu se podijeliti u 5 osnovnih skupina:

1) ispiranje hranjiva i osiromašivanje obradivog sloja tla
2) pogoršanje fizikalnih svojstava tla i erozija tla
3) zamočvarivanje tla
4) zaslanjivanje tla
5) utjecaj na opremu za navodnjavanje

Prema Zakonu o vodama (NN 153/2009), ovakav način navodnjavanja može se spriječiti tako što se svaka voda koja se koristi za navodnjavanje treba ispitati da bi se znalo s kakvom se vodom raspolaže i što se od takve vode može očekivati.

U ovom radu analizirani su klimatski elementi potrebni za optimalan rast i razvoj krumpira, kupusa i kelja na području Like. Od navedenih kultura, krumpir ima najveću potrebu za vodom (400-800 mm), dok kupus i kelj trebaju nešto manje vode (380-550 mm).

U skladu s datim klimatskim i okolišnim uvjetima određenog područja te poznatih zahtjeva navedenih kultura za vodom, određuju se količine vode za navodnjavanje.

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati klimatske elemente na području Gospića i Ličkog Lešća te bilancom vode u tlu utvrditi potrebu navodnjavanja, odnosno utvrditi postoji li deficit vode u povoljnim i nepovoljnim hidrološkim godinama pri uzgoju povrtnih kultura, krumpira, kupusa i kelja.

2. PREGLED LITERATURE

U osnovi biljne proizvodnje, poljoprivredno tlo je kao prirodno tijelo u kojem se odvijaju svi životni procesi kulturnih biljaka. Dobro uređeno tlo je temeljni proizvodni uvjet za dobru poljoprivredu i život čovjeka. Tlo i voda su nerazdvojni i čimbenici biljnog, životinjskog i ljudskog postojanja. Na poljoprivrednim tlima koja nemaju dovoljno vode za uzgoj poljoprivrednih kultura, tijekom cijele vegetacije ili samo u određenom razdoblju rasta i razvitka, voda se dodaje na umjetni način (Dragojević i sur., 2006).

Lošim upravljanjem vodom, negativno se utječe na njenu količinu i kakvoću, ali pravilnim metodama i tehnikama spriječava se štetno djelovanje vode (Šimunić, 2013).

Klimatske značajke područja (oborine, temperatura zraka, vlaga, brzina vjetra, insolacija i evapotransporacija) uvelike određuju uspješnost u poljoprivrdnoj proizvodnji. Svaki klimatski element ima odgovarajući utjecaj u proizvodnji, ali najvažnija je evapotranspiracija, isparavanje vode s tla te transpiracija kroz biljku, pa ovaj proces čini važnu komponentu u hidrološkom ciklusu (Husnjak i Šimunić, 2007).

Područje Like okruženo je kršnim poljima, tkz. luvisol (Vukadinović, 2017). Takva vrsta tla pogodna je za uzgoj krumpira, kupusa i kelja jer uz prosječnu godišnju temperaturu zraka i oborina, pozitivno utječuj na rast biljaka.

Mađar i Šoštarić (2009) ukazuju na pravilan postupak navodnjavanja povrtnih kultura analiziranih u radu (krumpir, kupus i kelj) kao i mogućnost određivanja pravovremenog početka navodnjavanja. U uvjetima uzgoja krumpira, kupusa i kelja preporuča se navodnjavanje kišenjem (Josipović i sur, 2013), a najpoznatiji uređaj koji se koristi za takvu vrstu navodnjavanja naziva se Typhon uređaj (Sito i sur., 2005).

2.1. Klimatske značajke područja

Prirodni čimbenici o kojima ovisi navodnjavanje su tlo, voda i klima. Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.100.000 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta, od toga je 244.000 ha pogodno za navodnjavanje i 500.000 ha je s manjim ograničenjima (Tomić i sur., 1993) i raspolaže s količinom od 35.000 m^3 obnovljive vode godišnje po stanovniku (Kos, 2004).



Slika 2.1. Ličko-senjska županija

Izvor: webhosting-wmd.hr

Na slici 2.1. Prikazan je položaj Ličko-senjske županije na karti Republike Hrvatske.

Reljef Ličko-senjske županije je vrlo dinamičan i raznovrstan, a čine ga tri posebne cjeline. Prva je Velebitski planinski niz koji se pruža 100 km kroz županiju s visinom od 1757 metara. Druga je reljefna cjelina zapadnolička zavala, smješta između Velebita, Kapele i Ličkog sredogorja,a treća otok Pag. Prostori raspored tih triju cjelina uvjetuje da poprečni profil županije ima izgled galerije. Primorski refeljni niz čine otok Pag, niži pojas velebitske padine s podgorskim podom te njezin srednji dio s udolinskim pregibom između 800 i 900 metara nadmorske visine. Lički niz čine polje Gacka (ispod 450 metara nadmorske visine), zaravni srednje Like (ispod 550 metara nadmorske visine) i velebitska padina.

Značajke tla, režim voda i klimatske značajke, te njihov međusobni odnos koji je vrlo promijenjiv i složen, definiraju uspješnost biljne proizvodnje jer je veliki dio naše biljne proizvodnje koncentriran na području gdje se povremeno pojavljuje suša. Taj problem se može bar djelomično riješiti dovođenjem potrebne, deficitarne vode primjenom navodnjavanja. Svaki klimatski element ima većeg ili manjeg utjecaja na biljnu proizvodnju. Međutim, vodeni i temperaturni režim tla su dominantni pri čemu stanje voda u tlu značajno određuju oborine i isparavanje te površinske i podzemne vode (Turšić, 2004).

Klimatske i hidrološke značajke područja dio su neophodnih pokazatelja kod planiranja navodnjavanja nekog područja. Potrebu navodnjavanja, a posebno po razdobljima unutar vegetacije, za odabrane povrtne kulture, najbolje pokazuju klimatska razmatranja.

Na temelju klimatskih elemenata (temperatura zraka, oborine, vlaga zraka, brzina vjetra, insolacija i evapotransporacija) prema Husnjak i Šimunić (2007), područje Otočca, Ličkog Lešća i Gospića imaju humidnu klimu (Kf=121,3; Ff=129,6; Kf=158,5). Značajke klime prikazauju se kroz klimatske elemente područja, a za izračunavanje klimatskih indeksa najčešće se uzimaju dva klimatska elementa:

$$\text{Langov kišni faktor} = \frac{\text{srednja godišnja količina oborina (mm)}}{\text{srednja godišnja temperatura (°C)}}$$

2.1.1. Oborine

Obrine imaju značajan utjecaj na vodni režim tla i na bilancu vode dostupne biljkama - poljoprivrednim kultrama. Voda u tlo dolazi iz raznih izvora, a isto tako na razne načine i napušta tlo. Za naše klimatske prilike glavni izvor vode u tlu čine oborine pa se za potrebe navodnjavanja prvenstveno razmatraju podaci o oborinama. Količina i raspored oborina unutar godine neizostavan je element u planiranju biljne proizvodnje. Za fiziološke potrebe biljaka u tlu sačuva se samo dio oborina. Taj dio ovisi o mnogo čimbenika, prvenstveno o kapacitetu tla za vodu, konfiguraciji terena i geološkoj građi, te količini, intenzitetu i trajanju oborina. U vrućem i vjetrovitom vremenu slabe kiše izgube se isparavanjem. Kod velikih kiša najveći dio vode se gubi otjecanjem.

Godišnja količina oborina, njihova razdioba po mjesecima i godišnjim dobima ili pak maksimalne jednodnevne oborine određuju bitnu značajku klime. Oborine većeg intenziteta su nepovoljne, jer je moguće povećano zbijanje tla, pojava erozije, kraće ili duže stangiranje vode na ravnim površinama i na tlima s malom infiltracijom i filtracijom, a moguća su nepoželjna oštećenja mladih biljaka (Radeljak, 2012).

Mjesečne i godišnje količine oborina za 45-godišnje razdoblje (1961-2005), za meteorološku postaju (MP) Gospić i klimatološku postaju (KP) Ličko Lešće prikazane su u tablicama 2.1, odnosno 2.2. U istim tablicama prikazane su i količine oborina u vegetacijskom (IV-IX mjesec) i vanvegetacijskom razdoblju (X-III mjesec).

Tablica 2.1. Mjesečne i godišnje količine oborina (mm), 1961. - 2005. god., MP Gospić

GOD	I	II	III	**IV**	V	VI	VII	VIII	**IX**	X	XI	XII	GOD	IV-IX	X-III
1961	104,1	30,7	44,6	134,7	89,7	58,1	76,7	33,4	21,4	336,2	212,7	112,5	1255	414	841
1962	84,0	72,0	205,1	125,5	108,3	35,5	82,5	0,0	87,9	38,0	413,7	132,7	1385	440	946
1963	153,6	129,2	85,5	56,4	62,4	110,7	98,3	106,2	96,9	69,2	157,5	162,9	1289	531	758
1964	1,4	43,3	128,6	118,1	93,1	55,3	107,4	123,6	56,8	375,9	117,9	318,6	1540	554	986
1965	120,8	19,0	132,8	123,8	113,7	101,7	32,2	178,7	182,0	0,0	346,8	239,3	1591	732	859
1966	93,9	116,0	117,7	81,2	158,9	60,0	77,8	171,0	44,8	320,1	355,5	171,1	1768	594	1174
1967	69,4	35,5	42,7	117,2	90,2	72,2	79,0	64,0	185,8	65,2	200,1	176,0	1197	608	589
1968	95,0	101,4	37,7	17,9	118,4	141,6	32,0	220,5	155,6	23,0	196,8	117,7	1258	686	572
1969	120,8	224,9	69,1	112,9	79,1	118,2	52,3	220,3	138,9	0,5	241,3	133,7	1512	722	790
1970	189,8	171,0	223,0	116,1	77,7	78,3	152,1	93,4	16,6	69,0	110,8	154,8	1453	534	918
1971	196,6	43,0	108,3	108,6	110,1	78,6	15,6	13,9	123,8	27,5	206,8	58,0	1091	451	640
1972	174,2	167,0	45,7	152,1	214,3	50,2	70,6	160,2	178,5	61,3	148,8	36,6	1460	826	634
1973	55,1	128,3	21,8	123,9	30,5	168,1	75,3	42,6	158,7	114,7	96,4	133,2	1149	599	550
1974	72,2	119,4	70,0	82,8	143,6	75,8	62,5	159,4	199,4	461,7	110,0	47,9	1605	724	881
1975	19,7	18,9	108,5	107,6	120,1	76,2	55,9	94,9	69,2	217,4	164,7	82,0	1135	524	611
1976	45,8	68,4	130,6	110,6	60,1	90,7	106,9	99,3	177,8	207,9	158,9	357,1	1614	645	969
1977	133,3	159,3	103,9	86,9	118,7	40,4	140,6	110,1	102,2	93,5	171,7	100,6	1361	599	762
1978	198,2	96,6	147,7	161,2	135,7	128,1	59,8	103,9	129,3	67,9	44,4	180,8	1454	718	736
1979	153,8	143,1	136,0	109,1	14,4	40,8	114,3	112,3	77,8	118,1	215,1	207,1	1442	469	973
1980	171,8	47,2	159,3	148,5	156,7	83,8	26,7	60,5	34,1	242,4	382,2	109,5	1623	510	1112
1981	50,2	121,5	84,1	58,3	116,7	202,0	53,0	82,3	193,1	137,4	63,3	390,7	1553	705	847
1982	51,1	12,6	122,1	112,5	98,1	57,6	62,2	77,2	84,2	271,7	68,3	235,0	1253	492	761
1983	42,2	204,4	84,9	76,8	113,5	43,8	14,4	81,1	103,1	50,6	18,2	77,0	910	433	477
1984	176,5	186,4	76,9	83,6	239,6	131,3	16,1	116,6	376,3	140,9	135,8	24,1	1704	964	741
1985	141,5	90,9	181,1	82,1	117,4	80,0	5,2	62,7	12,7	52,9	255,1	60,1	1142	360	782
1986	148,6	241,6	94,3	140,3	53,4	174,7	79,6	88,2	101,9	114,5	85,5	63,0	1386	368	748
1987	199,2	170,1	61,4	94,4	154,7	76,6	51,0	55,8	49,4	118,9	236,7	51,4	1320	482	838
1988	128,2	138,4	167,2	113,4	82,4	109,2	4,6	120,4	81,1	76,3	105,8	118,4	1245	511	734
1989	1,5	110,6	78,9	132,3	94,0	130,1	90,9	157,1	128,7	42,5	103,8	48,5	1119	733	386
1990	18,3	22,2	61,0	138,8	56,3	79,4	92,2	24,6	175,9	176,2	247,8	162,2	1255	567	688
1991	69,6	85,0	58,6	121,9	191,4	66,1	86,8	40,6	66,1	252,9	284,7	30,1	1354	573	781
1992	64,7	37,7	184,9	67,0	36,4	137,3	74,0	17,9	82,6	505,9	229,1	132,4	1570	415	1155
1993	13,6	20,1	87,9	96,0	19,9	33,8	53,7	102,3	186,2	259,1	288,1	236,5	1397	492	905
1994	95,0	67,4	37,4	132,6	69,6	66,3	54,8	91,0	177,6	141,4	63,2	124,9	1121	592	529
1995	149,4	146,4	131,2	67,2	103,3	289,5	36,7	131,0	210,1	16,4	168,7	305,0	1755	838	917
1996	93,2	75,8	46,2	96,8	151,1	75,9	31,9	128,0	283,2	138,0	237,5	162,1	1520	767	753
1997	148,0	50,6	54,2	108,9	99,8	114,7	106,3	94,5	52,6	75,7	350,1	157,9	1413	577	837
1998	98,5	11,0	19,9	181,8	126,8	56,3	30,0	21,3	318,8	174,3	120,7	96,6	1256	735	521
1999	103,5	132,8	76,1	95,9	133,2	71,7	50,1	39,1	91,3	147,7	225,9	239,4	1407	481	925
2000	39,4	46,4	114,6	75,1	89,3	33,1	89,1	3,9	185,7	188,3	274,9	227,8	1368	476	891
2001	156,9	40,9	206,4	91,7	73,1	81,6	17,4	29,1	190,0	54,8	172,4	91,7	1206	483	723
2002	24,4	164,3	27,9	207,9	100,7	84,7	111,4	157,8	308,0	173,2	193,7	107,1	1661	971	691
2003	160,3	37,0	8,2	50,8	39,7	44,2	25,0	7,6	131,8	351,7	162,6	79,8	1099	299	800
2004	105,2	149,3	127,0	161,3	73,6	80,4	29,2	44,4	79,4	161,7	152,7	192,1	1356	468	888
2005	36,4	110,1	82,9	127,7	108,4	16,3	77,2	156,4	152,1	121,1	183,6	240,1	1412	638	774
min	1,4	11,0	8,2	17,9	14,4	16,3	4,6	0,0	12,7	0,0	18,2	24,1	910	299	386
sred	**101,5**	**97,9**	**97,6**	**109,1**	**103,1**	**88,9**	**63,6**	**91,1**	**134,7**	**152,3**	**188,5**	**148,6**	**1377**	**590**	**786**
max	199,2	241,6	223,0	207,9	239,6	289,5	152,1	220,5	376,3	505,9	413,7	390,7	1768	971	1174

Izvor: Šimunić I., 2007.

Tablica 2.2. Mjesečne i godišnje količine oborina (mm), 1961. - 2005. god., KP Ličko Lešće

GOD	I	II	III	**IV**	V	VI	VII	VIII	**IX**	X	XI	XII	GOD	IV-IX	X-III
1961	98,3	35,2	34,3	89,9	76,6	42,3	91,0	47,9	8,8	184,2	101,4	169,6	980	357	623
1962	104,8	97,4	187,2	120,9	115,5	54,7	64,5	0,0	60,4	25,3	401,4	134,9	1367	416	951
1963	136,9	95,9	80,8	96,6	99,4	61,9	64,9	113,4	53,5	66,4	102,4	112,5	1085	490	595
1964	0,0	31,5	126,7	120,8	66,4	96,8	84,9	138,5	51,6	344,6	97,6	185,0	1344	559	785
1965	122,4	20,8	142,3	77,6	76.7	43,0	32,0	125,9	216,1	0,0	302,5	145,8	1305	571	734
1966	85,1	117,1	63,4	137,7	94,9	42,2	77,8	93,4	54,1	221,8	270,7	129,6	1388	500	888
1967	62,2	47,8	52,3	83,6	88,9	61,9	73,4	25,9	167,8	27,9	166,9	144,1	1003	502	501
1968	74,9	86,4	30,9	24,7	91,0	76,5	71,1	236,1	126,8	6,3	146,4	106,4	1078	626	451
1969	122,1	191,3	53,1	79,4	58,2	100,8	56,4	119,8	68,1	1,6	156,3	103,9	1111	483	628
1970	137,3	154,7	213,5	110,4	47,0	111,2	71,4	73,3	16,2	56,0	65,5	114,7	1171	430	742
1971	134,7	29,1	52,2	97,8	102,6	111,7	54,6	22,8	98,4	20,2	186,3	50,0	960	488	473
1972	138,8	153,1	42,7	152,8	230,8	43,6	55,0	135,7	137,3	44,4	167,3	31,0	1333	755	577
1973	64,6	98,6	30,8	102,4	21,8	171,6	57,1	31,9	93,8	83,3	81,8	106,3	944	479	465
1974	50,3	98,5	50,6	128,1	137,6	118,4	48,3	102,1	168,4	396,6	84,5	33,2	1417	703	714
1975	23,2	18,8	97,9	102,5	80,9	54,5	114,4	133,5	54,2	125,5	136,4	76,0	1018	540	478
1976	29,1	65,5	98,6	95,7	67,9	105,8	107,1	102,8	130,4	122,3	146,0	299,2	1370	610	761
1977	145,9	136,1	73,4	105,3	41,9	47,7	141,7	114,0	70,7	62,5	144,2	118,6	1202	521	681
1978	149,5	111,5	144,0	104,4	138,0	59,1	66,2	68,6	103,4	58,9	37,3	113,9	1155	540	615
1979	169,2	144,1	138,6	101,8	3,9	44,4	101,7	87,7	86,4	88,8	185,5	162,7	1315	426	889
1980	111,0	54,9	151,1	113,3	84,8	74,2	48,4	52,4	67,2	262,1	337,1	111,6	1468	440	1028
1981	54,5	82,4	83,1	43,4	89,2	160,8	46,1	117,7	195,0	88,6	75,4	324,7	1361	652	709
1982	35,5	9,0	97,6	70,1	93,9	38,4	32,2	69,1	64,5	189,9	42,1	174,9	917	368	549
1983	31,4	152,7	106,4	57,9	88,2	48,7	17,0	68,8	76,6	83,5	13,4	62,3	807	357	450
1984	169,2	158,2	88,6	95,4	184,2	88,8	40,1	53,6	282,6	126,4	113,5	26,9	1428	745	683
1985	90,2	50,8	167,1	115,5	78,7	70,0	23,2	46,5	12,6	32,1	225,7	49,9	962	347	616
1986	118,8	175,8	60,3	101,2	48,5	130,5	47,1	71,9	59,4	108,0	72,4	64,4	1058	459	600
1987	140,9	148,6	66,0	55,3	146,9	52,2	54,5	38,6	35,8	51,5	183,3	37,0	1011	383	627
1988	122,9	180,3	148,5	58,3	62,1	106,0	16,1	111,9	55,0	44,2	58,8	63,7	1028	409	618
1989	1,2	126,4	57,4	124,7	68,2	98,6	112,8	128,5	58,3	28,0	71,2	22,1	897	591	306
1990	27,6	22,2	53,6	106,4	72,5	44,4	87,4	25,0	164,9	141,3	169,0	140,5	1055	501	554
1991	37,8	85,6	36,9	84,4	155,3	33,7	73,6	29,5	76,9	138,3	175,8	24,5	952	453	499
1992	34,7	27,0	149,7	44,3	29,3	103,1	59,9	16,9	43,8	350,2	167,2	94,6	1121	297	823
1993	11,2	8,5	54,1	67,8	43,4	75,4	23,5	93,8	198,6	285,0	215,8	245,6	1323	503	820
1994	75,8	69,1	47,9	128,1	46,9	151,4	27,4	138,3	108,5	144,5	82,6	88,4	1109	601	508
1995	151,8	143,9	98,6	46,3	101,0	159,0	66,2	86,6	199,3	12,2	81,9	194,6	1341	658	683
1996	90,5	72,1	35,3	99,2	122,9	85,4	40,0	85,0	226,0	118,3	220,3	148,1	1343	659	685
1997	110,7	60,1	67,4	71,9	73,4	70,3	47,4	92,8	37,0	54,9	256,1	161,7	1104	393	711
1998	101,6	5,4	21,8	110,8	94,3	73,2	46,7	45,7	233,2	184,4	113,2	77,3	1108	604	504
1999	77,3	135,1	89,0	118,4	83,2	91,5	70,0	34,7	127,8	124,6	156,1	198,5	1306	526	781
2000	34,2	44,9	123,7	42,8	33,1	12,5	68,0	35,6	96,5	165,5	154,5	186,7	998	289	710
2001	141,6	68,2	175,8	107,4	82,7	105,8	9,2	8,4	158,3	70,5	166,3	85,0	1179	472	707
2002	35,6	120,3	22,5	163,9	87,6	44,7	58,1	151,5	201,6	101,5	180,3	86,5	1254	707	547
2003	151,5	70,7	19,4	66,1	23,3	86,2	2,4	14,5	104,5	226,1	129,8	77,1	972	297	675
2004	132,0	125,6	97,8	135,4	101,7	84,7	30,9	40,4	85,6	127,5	137,2	234,3	1333	479	854
2005	76,1	106,8	66,6	104,6	91,8	41,7	98,5	214,4	110,4	111,9	180,7	215,1	1419	661	757
min	0,0	5,4	19,4	24,7	3,9	12,5	2,4	0,0	8,8	0,0	13,4	22,1	807	289	306
sred	**89,2**	**89,7**	**86,7**	**94,8**	**85,0**	**79,5**	**59,6**	**81,0**	**107,7**	**117,9**	**150,2**	**123,0**	**1164**	**508**	**657**
max	169,2	191,3	213,5	163,9	230,8	171,6	141,7	236,1	282,6	396,6	401,4	324,7	1468	755	1028

Izvor: Šimunić I., 2007.

Iz tablica je razvidno da se količina oborina povećava s povećanjem nadmorske visine, pa prosječno veća količina oborina padne na području Gospića, nego na području Ličkog Lešća. Prosječno u razdoblju vegetacije (travanj-rujan) padne manje od 50 % oborina, od ukupnih godišnjih oborina. Mjesečni oborinski maksimumi su uglavnom u proljetnim i jesenskim mjesecima. Na temeju višegodišnjeg prosjeka i rasporeda količina oborina, može se zaključiti da je on povoljan za uzgoj kultura, ali u sušnijim godinama poljoprivredna proizvodnja je vrlo rizična bez melioracijske mjere navodnjavanja.

Vjerojatnost pojave oborina izračunata je prema formuli HAZEN-a (Husnjak i Šimunić, 2007):

$$Fa = \frac{2\mathrm{n} - 1}{2} \text{ x } 100$$

Fa= vjerojatnost pojave (%)
n= broj istovrsnih osmatranja
y= ukupan broj osmatranja

Povratni period ili povratno razdobolje neke pojave izračunato je za MP Gospić (tablica 2.3), za razdoblje 1961.-2005. godinu, a izračunato je prema izrazu (Husnjak i Šimunić, 2007):

$$P = \frac{\mathrm{y}}{\mathrm{n}}$$

P= povratni period
y= ukupan broj pojava ili osmatranja
n= broj istovrsnih pojava ili osmatranja

Tablica 2.3. Povratno razdoblje godišnjih suma oborina, 1961. – 2005. god., MP Gospić

Razred	Oborine (mm)	Broj istovrsnih pojava (n)	Povr. razdoblje u god. (P)
I	1800-1700	3	15
II	1700-1600	4	11
III	1600-1500	6	7,5
IV	1500-1400	7	6,4
V	1400-1300	8	5,5
VI	1300-1200	8	5,5
VII	1200-1100	6	7,5
VIII	1100-1000	2	22,5
IX	1000-900	1	45

Izvor: Šimunić I., 2007.

Vjerojatnost pojave godišnje sume oborina u 50% slučajeva iznosi 1385 mm, dok vjerojatnost pojave u 75 % slučajeva iznosi 1253 mm. Iz tablice 2.3 je razvidno da su navedene godišnje sume oborina razrstane u V i VI razred i da je njihova pojedinačna pojava svakih 5-6 godina (5,5 godina). Količina oborina koja se pojavljuje u manje od 75 % slučajeva, razvrstana je u VII, VIII i IX razred, a to je 9 istovrsnih pojava (9 godina) u promatranih 45 godina, a to znači da se deficit oborina javlja svakih 5 godina, ako se tome dodaju oborine razvrstane u VI razred te se veći deficit oborina javlja svake treće godine.

2.1.2. Temperatura zraka

Uz količinu oborina, najvažniji meteorološki činitelj biljne proizvodnje je temperatura zraka. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za 45-gdišnje razdoblje (1961.-2005.) za MP Gospić i KP Ličko Lešće prikazane su u tablicama 2.4 i 2.5.

Tablica 2.4. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C), 1961. - 2005., MP Gospić

1961-2005	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Min	-8,8	-4,5	-1,2	4,5	9,4	14,5	16,7	13,9	10,5	4,6	-0,1	-4,8	7,5
Sred	-1,4	0,2	3,9	8,2	13,1	16,5	18,5	17,9	13,7	9,3	4,4	-0,3	8,7
Max	3,8	5,5	9,1	11,3	16,3	21,4	21,2	22,9	16,7	12,9	10,2	3,9	10,5

Izvor: Šimunić I., 2007.

Tablica 2.5. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C), 1961. - 2005., KP Ličko Lešće

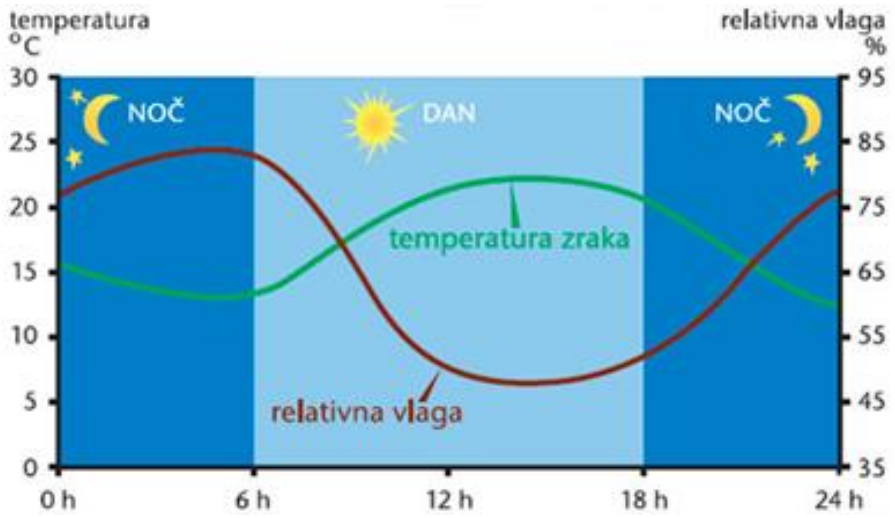
1961-2005	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Min	-8,1	-3,9	-0,4	5,3	10,0	14,7	16,3	14,1	11,1	5,8	0,2	-5,0	7,8
Sred	-0,9	0,8	4,5	8,7	13,3	16,5	18,4	18,1	14,2	9,8	4,9	0,2	9,0
Max	4,4	6,6	9,5	11,9	16,0	20,8	21,2	22,7	17,5	13,5	11,0	4,5	10,8

Izvor: Šimunić I., 2007.

Na temelju srednjih mjesečnih temperatura zraka (Husnjak i Šimunić, 2007) razvidno je da područje Ličkog Lešća i Gospića pripradaju umjereno toploj klimi (vrijednost srednjih godišnjih temperatura zraka su u granici 8 ˚C- 12 ˚C). Temperatura zraka i temperatura tla utječu na izbor kultura i rokove agrotehničkih zahvata. U proljetnim kasnim i jesenskim ranim danima za poljoprivredne kulture vrlo je opasna temperatura zraka ispod 0 °C, odnosno pojava mraza. Na kontinentalnom području pojava mraza seže sve do kraja svibnja, a najranija pojava moguća je već u kolovozu.

2.1.3. Relativna vlaga zraka

Relativna vlaga zraka ovisi o temperaturi zraka (slika 2.2). Kada je temperatura zraka niža onda je zrak gušći i može primiti manje vlage, pa se relativna vlaga povećava, a kad je temperatura viša, zrak je lakši pa može primiti više vlage.



Slika 2.2. Utjecaj temperature zraka na relativnu vlagu zraka

Izvor: www.modrijan.si

Prema Husnjaku i Šimuniću (2007) relativna vlaga zraka je omjer količine vlage koju zrak sadrži i količine koju bi mogao maksimalno sadržavati pri datoj temperaturi. Ona utječe na evaporaciju vode iz tla i transpiraciju vode iz biljaka, te pojavu bolesti i štetnika na biljkama. Što je veća relativna vlaga zraka, to je evapotransporacija manja. S klimatskog stajališta smatra se da je zrak vrlo suh ako je relativna vraga zraka ispod 55 %, ukoliko je relativna vlaga zraka između 55 i 74 %, zrak se smatra suhim, ukoliko je vlaga zraka u rasponu 75-90 %, zrak je umjereno vlažan, a preko 90 % vlage zrak je vro vlažan.

U tablicama 2.6 i 2.7 prikazane su srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka za 45-godišnje razdoblje MP Gospić i KP Ličko Lešće.

Tablica 2.6. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka (%), 1961. - 2005. god., MP Gospić

1961-05	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Min	72	65	60	57	55	56	51	50	64	71	69	74	64
Sred	83	79	75	72	72	71	69	72	78	81	83	85	77
Max	92	88	86	83	84	82	78	84	86	88	94	92	82

Izvor: Šimunić I., 2007.

Tablica 2.7. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka (%), 1961. - 2005. god., KP Ličko Lešće

1961-05	Mjeseci												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Min	73	73	68	62	65	69	63	63	71	73	73	76	74
Sred	83	80	76	73	74	75	73	75	79	81	83	85	78
Max	91	92	93	85	80	81	80	83	86	88	92	93	82

Izvor: Šimunić I., 2007.

Iz tablica je razvidno da područje istraživanja ima visoku relativnu vlažnost zraka. Prosječno najniže vrijednosti relativne vlage zraka zabilježene su u ljetnim, a najviše u zimskim mjesecima. Niska relativna vlaga zraka u kombinaciji s visokim temperaturama zraka može izazvati nepoželjne posljedice na nekim kulturama (palež).

2.1.4. Brzina vjetra

Pojava vjetra, njegova brzina i učestalost imaju veliki značaj u poljoprivrednoj proizvodnji, poglavito u uvjetima navodnjavanja. O pojavi i brzini vjetra ovisi količina vlage u tlu, odnosno, evapotranspiracija. Jaki vjetar može prouzročiti oštećenja i polijeganje usjeva.

Srednje mjesečne i godišnje brzine vjetra za razdoblje 1961.-2005. prikazane su u tablici 2.8, MP Gospić.

Tablica 2.8. Srednje mjesečne i godišnje brzine vjetra (m/s), 1961. - 2005. god., MP Gospić

1961-2005	Mjeseci												Sred
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sred.	1,4	1,6	2,1	2,4	1,6	1,3	1,1	0,9	0,9	1,4	1,4	1,7	1,3

Izvor: Šimunić I., 2007.

Iz tablice je razvidno da se brzina vjetra kreće u rasponu od 0.9 m/s u kolovozu i rujnu do maksimalnih 2,4 m/s u travnju. Takva brzina vjetra nema štetan utjecaj na izbor kultura i izbor sustava navodnjavanja.

2.1.5. Sijanje sunca (insolacija)

Dužina trajanja sijanja sunca i suma ukupnih temperatura izravno utječu na izbor kultura u plodoredu. Prosječne mjesečne vrijednosti insolacije (h) za 45-godišnje razdoblje prikazane su u tablici 2.9.

Tablica 2.9. Srednja mjesečna i godišnja insolacija (h), 1961. - 2005. god., MP Gospić

1961-05	Mjeseci												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Min	18,1	37,1	87,8	98,9	124,6	188,3	205,6	194,7	121,2	52,6	27,9	10,6	1601
Sred	69,0	103,6	151,0	166,8	230,9	254,8	306,3	274,2	189,4	129,2	70,8	54,8	1993
Max	126,7	174,7	244,5	224,2	306,4	359,5	353,4	357,8	282,7	201,2	142,7	104,6	2435

Izvor: Šimunić I., 2007.

Iz tablice je vidljivo kako je prosjek sijanja sunca u promatranom razdoblju 1993 sata, a najveće vrijednosti zabilježene su u kolovozu (306,3 h), dok su najmanje zabilježene u siječnju (69,0 h).

Podaci o insolaciji za KP Ličko Lešće uzeti su sa MP Gospić.

2.1.6. Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je hidrološki proces kojim se voda vraća natrag u atmosferu te predstavlja značajnu komponentu hidrološkog ciklusa (Šimunić, 2013).

Referentna evapotransporacija

Referentna evapotranspiracija je zbroj vode koja se gubi procesima transpiracije i evaporacije s određene površine u određenom vremenu, odnosno to je vrijednost evapotranspiracije zelenog travnog pokrivača (visine 8-15 cm) koji potpuno zasjenjuje površinu te ne oskudijeva u vodi (Husnjak i Šimunić, 2007).

Rezultati izračunate referentne evapotranspiracije za MP Gospić i KP Ličko Lešće u višegodišnjem razdoblju prikazani su u tablicama 2.10 i 2.11.

Tablica 2.10. Referentna evapotranspiracija, 1961. - 2005. god., MP Gospić

Mjesec	T (°C)	RVx (%)	Brzina vjetra(m/s)	Insolacija (h/dan)	Sol.radij. MJ/m^2/dan	ETo (mm/dan)
I	-1,4	83	121	2,2	4,7	0,4
II	0,2	79	138	3,7	7,7	0,7
III	3,9	75	181	4,9	11,9	1,3
IV	8,2	72	207	5,6	15,6	2,1
V	13,1	72	138	7,5	20,0	3,0
VI	16,5	71	112	8,5	22,1	3,6
VII	18,5	69	95	9,9	23,6	4,0
VIII	17,9	72	78	8,8	20,3	3,4
IX	13,7	78	78	6,3	14,3	2,2
X	9,3	81	121	4,2	9,0	1,2
XI	4,4	83	121	2,4	5,2	0,7
XII	-0,3	85	147	1,8	3,9	0,5
Godišnje	8,7	77	128	5,5	13,2	703

Izvor: Šimunić I., 2007.
Tumač kratica: T=temperatura (°C)
RV=relativna vlaga zraka u vegetacijskom razdoblju (%)
ETo=referentna evapotranspiracija

Tablica 2.11. Referentna evapotranspiracija, 1961. - 2005. god., KP Ličko Lešće

Mjesec	T (°C)	RVx (%)	Brzina vjetra(m/s)	Insolacija (h/dan)	Sol.radij. MJ/m^2/dan	ETo (mm/dan)
I	-0,9	83	121	2,2	4,7	0,4
II	0,8	80	138	3,7	7,7	0,7
III	4,5	76	181	4,9	11,9	1,3
IV	8,7	73	207	5,6	15,6	2,1
V	13,3	74	138	7,5	20,0	2,9
VI	16,5	75	112	8,5	22,1	3,6
VII	18,4	73	95	9,9	23,6	3,9
VIII	18,1	75	78	8,8	20,3	3,3
IX	14,2	79	78	6,3	14,3	2,2
X	9,8	81	121	4,2	9,0	1,3
XI	4,9	83	121	2,4	5,2	0,7
XII	0,2	85	147	1,8	3,9	0,5
Godišnje	9,0	78	128	5,5	13,2	697

Izvor: Šimunić I., 2007.
Tumač kratica: T=temperatura (°C)
RV=relativna vlaga zraka u vegetacijskom razdoblju (%)
ETo=referentna evapotranspiracija

Iz tablica je razvidno kako je referentna evapotranspiracija bila najveća u srpnju (3,9 mm/dan za Gospić i 4,0 mm/dan za Ličko Lešće), a najmanja u siječnju, samo 0,4 mm/dan.

Odnos referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina

Pod pojmom efektivnih oborina smatra se dio oborina koje biljke koriste za fiziološke procese, a nalaze se u području rizosfere. Pojam je uveden iz razloga što sve izmjerene oborine nisu efektivne. Naime, jedan dio oborina se gubi površinskim otjecanjem ili

perkolacijom u dublje slojeve, dok se drugi zadržava na biljkama i izravno isparava. Smatra se kako je vrijednost efektivnih oborina oko 85 % ukupno palih oborina, što ovisi o više čimbenika, kao što su fizikalna i kemijska svojstva tla, količina i raspored oborina itd.

Odnos između referentne evapotranspiracije, višegodišnjeg prosjeka oborina, efektivnih oborina, kao i navedenih podataka u vegetacijskom razdoblju prikazan je za MP Gospić i KP Ličko Lešće u tablicama 2.12 i 2.13. Za izračun efektivnih oborina korištena je USBR Soil Conservation Service metoda (Husnjak i Šimunić, 2007).

Tablica 2.12. Mjesečna evapotransporacija (ETo), srednje mjesečne oborine i srednje mjesečne efektivne oborine (Ef) pri srednjim vrijednostima oborina, 1961.-2005., MP Gospić

Mjesec	ETo	ETo u vegetaciji	Višegodišnji prosjek				Fa= 75%			
			Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji	Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji
	A	A1	B	C	B1	C1	D	E	D1	E1
I	12,4		102,0	85,4			51,0	46,8		
II	19,6		98,0	82,6			43,0	40,0		
III	40,3		98,0	82,6			59,0	53,4		
IV	63,0	63,0	109,0	90,0	109,0	90,0	84,0	72,7	84,0	72,7
V	93,0	93,0	103,0	86,0	103,0	86,0	74,0	65,2	74,0	65,2
VI	108,0	108,0	89,0	76,3	89,0	76,3	58,0	52,6	58,0	52,6
VII	124,0	124,0	64,0	57,4	64,0	57,4	32,0	30,4	32,0	30,4
VIII	105,4	105,4	91,0	77,8	91,0	77,8	43,0	40,0	43,0	40,0
IX	66,0	66,0	135,0	105,8	135,0	105,8	79,0	69,0	79,0	69,0
X	37,2		152,0	115,0			65,0	58,2		
XI	19,6		189,0	131,8			118,0	95,7		
XII	15,5		149,0	113,5			82,0	71,2		
God.	704,0	559,4	1379,0	1104,4	591,0	493,3	788,0	695,5	370,0	329,9
Razlika			B-A=675	C-A= 400,4	B1-A1= 31,6	C1-A1= -66,1	D-A=84	E-A=-8,5	D1-A1= -189,4	E1-A1= -229,5

Izvor: Šimunić I.
Tumač kratica: Fa= vjerojatnost pojave oborina

Tablica 2.13. Mjesečna evapotransporacija (ETo), srednje mjesečne oborine i srednje mjesečne efektivne oborine (Ef) pri srednjim vrijednostima oborina, 1961.-2005., KP Ličko Lešće

Mjesec	ETo	ETo u vegetaciji	Višegodišnji prosjek				Fa= 75%			
			Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji	Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji
	A	A1	B	C	B1	C1	D	E	D1	E1
I	12,4		89,0	76,3			38,0	35,7		
II	19,6		90,0	77,0			48,0	44,3		
III	40,3		87,0	74,9			52,0	47,7		
IV	63,0	63,0	95,0	80,6	95,0	80,6	72,0	63,7	72,0	63,7
V	89,9	89,9	85,0	73,4	85,0	73,4	62,0	55,8	62,0	55,8
VI	108,0	108,0	80,0	69,8	80,0	69,8	48,0	44,3	48,0	44,3
VII	120,9	120,9	60,0	54,2	60,0	54,2	40,0	37,4	40,0	37,4
VIII	102,3	102,3	81,0	70,5	81,0	70,5	39,0	36,6	39,0	36,6
IX	66,0	66,0	108,0	89,3	108,0	89,3	58,0	52,6	58,0	52,6
X	40,3		118,0	95,7			52,0	47,7		
XI	19,6		150,0	114,0			85,0	73,4		
XII	15,5		123,0	98,8			76,0	66,8		
God.	699,2	550,1	1166,0	974,6	509,0	437,8	670,0	606,0	319,0	290,4
Razlika			B-A= 466,8	C-A= 275,4	B1-A1= -41,1	C1-A1= -112,3	D-A= -29,2	E-A= -93,2	D1-A1= -231,1	E1-A1= -259,7

Izvor: Šimunić I.
Tumač kratica: Fa= vjerojatnost pojave oborina

Tablica 2.14. Višegodišnja prosječna evapotranspiracija (ETo) i višegodišnja prosječna evapotranspiracija u vegetacijskom razdoblju, višegodišnji prosjek oborina i efektivnih oborina, višegodišnji vegetacijski prosjek oborina i efektivnih oborina u vegetaciji i vjerojatnost pojave oborina (Fa) i efektivnih oborina u vegetacijskom razdoblju, 1961.-2005.

Mjesto	ETo	ETo u vegetaciji	Višegodišnji prosjek				Fa= 75%			
			Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji	Oborine (mm/mj)	Ef. oborine (mm/mj)	Oborine u vegetaciji (mm/mj)	Ef. oborine u vegetaciji
	A	A1	B	C	B1	C1	D	E	D1	E1
Ličko Lešće	699,2	550,1	1166	974,6	509,0	437,8	670,0	606,0	319,0	290,4
			B-A=466,8	C-A=275,4	B1-A1= -41,1	C1-A1= -112,3	D-A= -29,2	E-A= -93,2	D1-A1= -231,1	E1-A1= -259,7
Gospić	704,0	559,4	1379,0	1104,4	591,0	493,3	788,0	695,5	370,0	329,9
			B-A=675	C-A= 400,4	B1-A1= 31,6	C1-A1= -66,1	D-A=84	E-A=-8,5	D1-A1= -189,4	E1-A1= -229,5

Izvor: Šimunić I., 2007.

U tablici 2.14 razvidno je da su u višegodišnjem prosjeku efektivne oborine na oba područja veće od referentne transpiracije (stupci A i C). Usporedbom 75 %-ne vjerojatnosti pojave oborina (sušnijim godinama) sa ETo, vidljiv je manjak oborina na području Ličkog Lešća (93,2 mm), dok je na području Gospića manjak bio 8,5 mm. Promatrajući efektivne oborine i ETo, na čitavom istraživačkom području, u vegetacijskom razdoblju, vidljiv je veći nedostatak vode, odnosno veća je evapotranspiracija nego količina palih oborina (stupci E1 i A1). Nedostatak vode na području Ličkog Lešća iznosio je 259,7 mm, a na području Gospića 229,5 mm.

Na temelju odnosa referentne evapotranspiracije i efektivnih oborina u sušnijim godinama (Fa=75%) nameće se potreba za navodnjavanjem kao nužnom hidrotehničkom mjerom.

2.2. Pedološke značajke područja

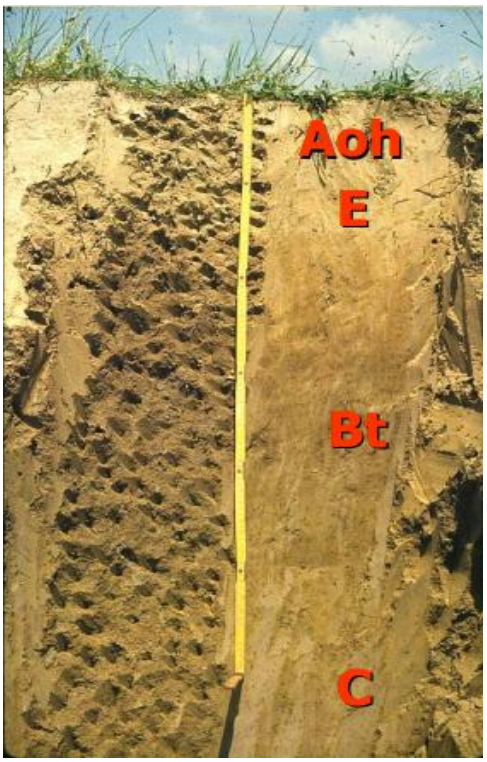
Tla su u Lici određena vapnenačkom podlogom, većim nagibom zemljišta i vlažnijom klimom. Raširena su isprana kisela tla, te smeđa i crna tla. Na vapnencima i dolomitima tla su plitka i slabe kakvoće što pogoduje rastu šuma i livada.

Prema podacima iz geografskog informacijskog sustava tala (Bogunović i sur., 1997) Republike Hrvatske može se izdvojiti pet klasa pogodnosti tala prema FAO kriterijima vrednovanja tala: tla dobre pogodnosti (P1), tla umjerene pogodnosti (P2), tla ograničene pogodnosti (P3), privremeno nepogodna tla (N1) te trajno nepogodna tla (N2).

Čak petinu krških polja čine tla ograničene pogodnosti čiji je glavni ograničavajući faktor kiselost tla, a javlja se kod distričnog kambisola, akričnog luvisola i distričnog rankera, koja su ujedno i najrasprostranjenija poljoprivredna tla unutarnjih Dinarida u našem kršu. Na oraničnim površinama ovih tipova tala uspijevaju kulture kao što su krumpir, kupus i kelj (Bogunović i Bensa 2005).

Tipično tlo krških polja je luvisol koje je prema Vukadinović (2017) slabo do umjereno kiselo tlo, s Aoh ili Aum (rijetko organičnim ispod kojeg slijede): eluvijalni horizont, E, siromašan glinom te iluvijalni, argiluvični Bt horizont. Lesivirana tla nastaju u uvijetima semihumidne do humidne klime s vise od 650 mm oborina godišnje i prosječnom godišnjom temperaturom zraka od 8-11 °C. Reljef je ravan do valovit, a najviše luvisola je u pojasu 100-700 m.m. Prirodna vegetacija je listopadna ili miješana šuma, a danas su to oranice te vrlo malo livada i pašnjaka.

Matični supstrati su različiti. Najčešće su duboki, rastresiti, ilovasti (>10% gline), nekarbonatni ili umjereno karbonatni i dobre propusnosti za vodu. Lesivirana tla u sušnijim područjima dolaze u kompleksima s kambičnim tlima - intenziviranje debazifikacije, acidifikacije i ispiranja. U humidnijem klimatu luvisoli su u kompleksima s pseudoglejnim tlima – gdje dolazi do procesa pseudooglejavanja.



Slika 2.3. Lesivirano tlo

Izvor: Vukadinović V., 2017.

Građa tla je najčešće: A-E-Bt-C

A humusno-akumulativni horizont debljine 5-7 cm u prirodnih tala, a pod travama i do 15 cm, slabo zasićen bazama, sadržaj humusa je 2-4%. U planinskim područjima iznad A je Oh horizont (moder humus), a u akričnom varijetetu je umbrični, nezasićen bazama i dubok.

E eluvijalni, debljine 20-30 cm, izbljeđen sivo-žute boje, lakše teksture, slabije stabilne graškaste do orašaste strukture ili bestrukturan, kisele reakcije pH 5-6.

Bt iluvijalni, debljine 30-50 cm, smeđe, rude ili crvenkaste boje, teksturno teži (1,5 do 3 puta više gline od E) te orašaste do sitno grudaste strukture.

2.3. Poljoprivredne kulture

Među povrtnim kulturama s dugom tradicijom uzgoja na području Like ističu se krumpir, kupus i kelj, zbog povoljnih agroekoloških uvjeta te rastuće potrebe za ovim povrćem na hrvatskom tržištu.

2.3.1 Krumpir

Nakon Kolumbovog otkrića Amerike 1492. godine, krumpir se raširio po cijelom svijetu pa tako i po Hrvatskoj. Važan je izvor hrane pa je u prošlosti u mnogim zemljama predstavljao, uz mlijeko, jedinu hranu.



Slika 2.4. Biljka krumpira

Izvor: www.val-znanje.com

Godišnja svjetska proizvodnja krumpira premašuje proizvodnju kukuruza i pšenice, a zadnjih 20 godina njegova seproizvodnja udvostručila (Cromme i sur., 2010).

Uzgoj krumpira

Krumpir se uzgaja kao jednogodišnja biljka jer ciklus od nicanja do formiranja novih gomolja traje jednu godinu. Gomolji krumpira su krajnja zadebljanja podzemne stabljike. Nadzemna stabljika je zeljasta, visine 0,5 do 1 m. Listovi su nepravilno perasto razdijeljeni s jajolikim listićima i malim palistićima. Cvjetovi su ovisno o sorti krumpira bijele do ljubičaste boje. Plod je žućkasto-bijelo-zelenkasta boba. Razmnožavanje krumpira je vegetativno gomoljima. Vrijeme cvatnje je u srpnju i kolovozu, a kod ranijih sorti već i u svibnju. Sirovi krumpir sadrži 13-37 % suhe tvari, 0,7-4,6 % proteina te 13-30 % ugljikohidrata (Paradžiković, 2002).

Krumpir kao kultura s relativno malim zahtjevima prema toplini bolje uspjeva u hladnijim krajevima, ali se uzgaja i u kontinentalnom dijelu Hrvatske kao i u Dalmaciji. Iako nije zahtjevan prema toplini, prema vodi ima velike zahtjeve, osobito u fazi zametanja gomolja. Suša i visoke temperature kao stres u to vrijeme utječu na visinu priroda, a suša u

vrijeme rasta gomolja izaziva njegovo proraštanje pa je natapanje osobito važna mjera njege u sušnijim područjima. Najpogodniji su lakši tipovi tla; propusna, rastresita, pjeskovito-humusna i pjeskovito-ilovasta tla s mrvičastom strukturom, bogata mineralnim i organskim tvarima, s povoljnim vodozračnim obilježjima.

Na području Republike Hrvatske naročito je poznat krumpir proizveden na području Like koji je na tržištu prepoznatljiv pod nazivom 'Lički krumpir'. 'Lički krumpir' se tradicionalno uzgaja na području krških polja Like. Veličina gomolja je minimalno promjera 35 mm, a oblik gomolja je duguljasto ovalan. Za njegovu proizvodnju najviše se koriste udomaćene sore 'Dessire', 'Bintjel' i 'Viktorija', te slične sorte koje odlikuje svojstvo od minimalno 19 % suhe tvari (visok sadržaj škroba). Na svojstva ličkog krumpira utječu specifičnosti tla i klime (povoljne dnevno-noćne temperature, topao i osunčan dan, svježije noći).

Navodnjavanje krumpira

Prema Lešić i sur. (2002) za rast krumpira treba ukupno 400-800 mm vode, ovisno o klimatskim uvjetima i duljini vegetacije. Kod sklopa od 40 000 biljaka/ha, to iznosi 100-200 l po biljci u vegetacijskom razdoblju. Nasad zatvorenog sklopa u punom porastu transpirira 20 000-100 000 l/ha na dan. Kod sklopa od 40 000 biljaka/ha to iznosi 0,5-2,5 l/biljci na dan. Dobro razvijeni nasad treba 120-150 mm vode mjesečno. U zoni korijena od 50 cm dubine u pjeskovitom, ilovastom i glinenom tlu ima 30, 100 i 85 mm vode, uz pretpostavku kako je od ukupno dostupne vode biljci pristupačno 50 % prije pojave stresa i prestanka rasta. S dnevnim utroškom od 5 mm vode na dan, usjev će na pjeskovitom tlu trebati navodnjavati svakih 6, 20 i 17 dana, ukoliko u tom razdoblju nije bilo potrebne količine oborina. Ravnomjernim navodnjavanjem može se smanjiti temperatura tla za 5-10 °C i tako spriječiti pojavu sekundarnog rasta gomolja. U sušnim područjima i na lakšim i plićim tlima, ako nasad potpuno ovisi o dodanoj vodi, tj. ako je nedovoljna količina oborina, preporuča se manji sklop i dublja sadnja. U ekstremnim slučajevima kada je nasad potrošio svu vodu prije dozrijevanja, uklanjanje lišća će spriječiti gubitak vode iz gomolja. Od velike je važnosti pravovremeno utvrditi nastanak potrebe za navodnjavanjem. Ukoliko nisu dostupni elementi za utvrđivanje vlage u tlu, može se poslužiti tzv. metodom šake. Ako se od tla (iz zone korijenova sustava) koje se uzme u ruku, nakon otvaranja šake oblikuje gruda, tada još nije potrebno natapati. Ako se ilovasto-glinasto tlo dobro mijesi u ruci, nije potrebno natapati. U vrijeme suše laganija tla treba navodnjavati svakih 6-8 dana s 20-25 L/m^2 vode (200-250 m^3 vode/ha).

2.3.2. Kupus

Kupus je u Republici Hrvatskoj važna i vrlo rasprostranjena povrtna kultura. Prema podacima DZS (2016), u 2015. proizvedeno je 33.654 tone kupusa. Za ljetnu i ranu jesensku proizvodnju povoljnija su brdsko planinska područja zbog nižih ljetnih temperatura.



Slika 2.5. Kupus

Izvor: www.plantea.com.hr

Kupus se proizvodi za potrošnju u svježem stanju i za preradu kiseljenjem i sušenjem. Glavice kupusa beru se u tehnološkoj zrelosti kada razvije veličinu i masu prema karakteristikama sorte. Berba kupusa najčešće se obavlja ručno, stoga nije potrebna mehanizacija.

Uzgoj kupusa

Kupus je dvogodišnja zeljasta biljka iz porodice Brassicaceae. Prve godine stvara vegetativne organe, a druge cvjetnu stabljiku i sjeme. Korijenov sustav se razvija površinski, a glavni korijen prodire i do 1 m. Nadzemni dio, tj. glavica ovisi o sorti i težini i može biti u promjeru od 30-50 cm. Sadrži u prosjeku 6-10 % suhe tvari, 4-6 % ugljikohidrata, 1-2 % proteina te 3.50 mg vitamina C (Paradžiković, 2002). Najbolje uspijeva u prohladnom i vlažnom podneblju, optimalna temperatura za rast je 15 – 18 ºC i na toj temperaturi sjeme klija i niče za 3 - 4 dana. Visoke temperature, iznad 25 ºC, djeluju štetno na rast i razvoj glavice, naročito ako su praćene zemljišnom i zračnom sušom. U fazi rozete izdrži temperaturu od –3 do –5 ºC, a neke sorte i do –8 ºC. Starije biljke bolje podnose niske temperature, bez štetnih posljedica mogu izdržati do –12 ºC pa i niže temperature. Prema svjetlosti ima umjerene zahtjeve, ali ne podnosi jako zasjenjivanje, naročito u fazi

presađivanja te savijanja i porasta glavice. S obzirom na klimatske uvjete, kupus se obavezno navodnjava, a najpovoljnija su blago kisela do neutralna tla pH vrijednosti 6,0-6,5. Optimalna vlažnost je oko 85 % poljskog kapaciteta tla za vodu. Najveće potrebe za vodom kupus ima u fazi formiranja glavice.

Navodnjavanje kupusa

Kupus ima veliki transpiracijski koeficijent. Za svaki kilogram suhe tvari troši 500 do 580 kg vode. To se ne odnosi samo na glavicu, već i na ostale dijelove biljke. Mnoga obiteljska gospodarstva uzgajaju jesenski kupus bez navodnjavanja, sadeći ga poslije kiše. Kasnije, rast ovisi o količini i rasporedu oborina. U dolinama rijeka, gdje je visoka razina podzemne vode i viša vlaga zraka češće se postižu dobri prinosi. Ukoliko dođe do izostanka ljetnih oborina, biljke će stagnirati u rastu te će razviti malu rozetu lišća, a u jesen kada su oborine obilnije, glavice će ostati sitne i rahle jer se neće uspijeti ispuniti. Navodnjavanjem je potrebno osigurati 60-120 mm vodenog taloga, a u zoni korijena (do dubine tla od 30 cm), potrebno je vlažnost tla održavati na 60 % poljskog vodnog kapaciteta (Lešić i sur., 2002).

2.3.3. Kelj

Kelj potječe iz istih područja kao i kupus (Paradžiković, 2002). Dvogodišnja je zeljasta biljka. Od kupusa se razlikuje samo po strukturi lišća. Zbog intenzivnijeg razvoja parenhimskog tkiva plojki, površina lista djeluje mjehurasto, što je vidljivo i na vrlo mladim listovima. Listovi ne prilježu tako čvrsto jedan na drugi pa glavica nije toliko tvrda kao kod kupusa. Ostala morfološka svojstva jednaka su kao kod kupusa. Postoje sorte koje se zbog dekorativnog izgleda koriste kao ukrasno bilje.



Slika 2.6. Kelj

Izvor: www.zdrav-zivot.club

Uzgoj kelja

Kelj je izdržljiviji od kupusa te bolje podnosi visoke temperature i sušu, baš kao niske temperature i mraz. Zbog toga je idealan za uzgoj u priobalju gdje bez problema prezimljuje. Kelj se uzgaja na manjim površinama u obiteljskim gospodarstvima, a može uspijevati na gotovo svakom tipu tla, pod uvjetom da je duboko, strukturno i da ima dobar kapacitet za vodu i zrak, uz pH 6-6,5, dakle blago kiselo tlo. Za proljetnu sadnju i proizvodnju povoljnija su tla lakšega mehaničkog sastava, koja se brzo griju. U povoljnim uvjetima tla i klime te izborom odgovarajućih hibridnih kultivara, proizvodi se rani kelj na otvorenu prostoru (Paradžiković i sur., 2011).

Navodnjavanje kelja

Tijekom uzgoja kelja potrebno je navodnjavanje u tijeku toplih ljetnih mjeseci jer pomanjkanje vlage onemogućuje pravilan razvoj biljke. Tijekom rasta redovno se obavlja navodnjavanje, međuredna kultivacija i jedna prihrana. Navodnjavanje kelja je neophodno zbog velike nadzemne mase, a manje razvijenog korijena. Potreba za vodom je uvjetovana sortom i vremenom uzgoja. Zato se u ranoj proizvodnji navodnjavanje obavlja tri do četiri puta u prosjeku s 30-40 L/m^2 vode. Na lakšim tlima obroci navodnjavanja su manji, ali češći. Ravnomjernim navodnjavanjem spriječava se neželjeno pucanje glavica kelja, koje se javlja kad se navodnjavanje obavlja nakon izrazito sušnog perioda. U slučaju nedostatka vode dobivaju se niži prinosi, glavice su sitnije, a lišće ima jače izraženu voštanu prevlaku. Navodnjavanje kapanjem je jedno od boljih riješenja koja se mogu primjeniti pri uzgoju kelja.

2.4. Sustavi navodnjavanja

Brojni načini navodnjavanja koji su se razvili tijekom vremena mogu se svrstati u četiri metode, a to su površinsko navodnjavanje, podzemno navodnjavanje, navodnjavanje kišenjem te lokalizirano navodnjavanje. U slučaju uzgoja kelja, kupusa i krumpira preporuča se navodnavanje kišenjem, i to klasičnim načinom i uređajima (opremom) samohodna sektorska prskalica, bila s jednim rasprskivačem „top“ ili kišnim krilom (Romić, 1995).



Slika 2.7. Površinsko navodnjavanje

Izvor: lmf.hr



Slika 2.8. Podzemno navodnjavanje

Izvor: bsb-agro.com

Navodnjavanje kišenjem je metoda koja se počela uvoditi s razvojem učinkovitih strojeva i crpki, te rasprskivača, početkom prošlog stoljeća. Ova naprednija tehnička oprema omogućila je dovođenje vode na navodnjavanu površinu simulirajući prirodnu kišu. Voda je u sustavu kišenja pod tlakom te izlazeći kroz mlaznicu prska tlo i/ili biljke.

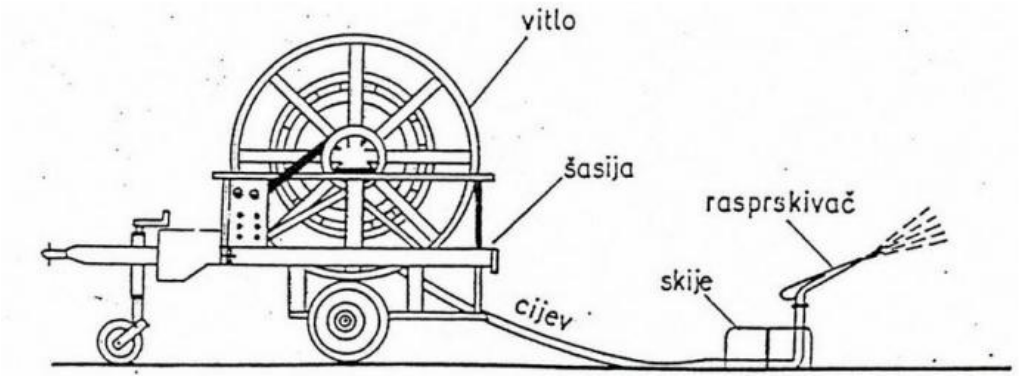
Prema Josipovć i sur. (2013) umjetno kišenje danas zauzima velike površine u poljoprivrednoj proizvodnji i po zastupljenosti je odmah iza sustava površinskog navodnjavanja. Ima tendenciju brzoga širenja te će uskoro biti najrasprostranjeniji način navodnjavanja. Širi se na novim površinama, ali sve više zamjenjuje površinske i klasične načine navodnjavanja pri modernizaciji tehnologije sustava i povećava udjel u strukturi navodnjavanih površina. Ovaj je način navodnjavanja vrlo povoljan za kulturnu biljku i njeno stanište jer se navodnjavanje približava prirodnim prilikama tj. oborinama. Sve vrste kultura se mogu navodnjavati umjetnom kišom od ratarskih, krmnih, voćarskih, povrćarskih te vinograda i kultura u staklenicima i plastenicima. Može se primijeniti na ravnim i nagnutim terenima u različitim topografskim uvjetima. Ne zahtjeva posebnu pripremu terena, učinkovito koristi vodu koja se može točno dozirati u norme i obroke navodnjavanja prema uzgajanoj kulturi, a tlo je manje izloženo pogoršanju fizikalnih svojstava. Pored niza prednosti ovaj način navodnjavanja ima i svoje nedostatke. Cijene uređaja i suvremene opreme su vrlo visoke, pogonski troškovi (gorivo, električna energija) su također znatni, neravnomjerna je raspodjela vode pri jakom vjetru, javljaju se gubici vode isparavanjem, intenzivnija pojava biljnih bolesti.

Prema načinu izgradnje i korištenja elemenata te organizacije rada, sustavi za navodnjavanje kišenjem mogu biti:

- nepokretni ili stabilni;
- polupokretni ili polustabilni;
- pokretni ili prijenosni;
- samopokretni ili samohodni.

Navodnjavanje poljoprivrednih kultura krumpira, kupusa i kelja, najbolje je pogodan samopokretni ili samohodni sustav navodnjavanja jer se kulture svake godine izmjenjuju te nije moguće primjenjivati stalan sustav, a prenosiv sustav zahtjeva više radne snage.

Samohodni sektorski rasprskivači „Typhon“ sastoje se od vitla s namotanim plastičnim crijevom i jednog rasprskivača velikoga intenziteta i dometa. On se nalazi na pomičnom postolju („skije“ ili kotači) i kiši samo određeni sektor površine, a ne cijeli krug što mu omogućava kretanje naprijed i po suhom tlu. Na početku navodnjavanja postolje sa rasprskivačem se odvlači na kraj parcele. Tijekom rada vitlo se lagano okreće, namata crijevo s kojim se istovremeno povlači rasprskivač. Prednosti ovakvog sustava su laka i brza pokretljivost, jedan djelatnik može upravljati sa nekoliko typhona, praktična primjena i dobar učinak te primjena na širokom spektru kultura, dok su nedostaci vrlo veliki intenzitet kišenja, potreban veliki tlak, potrošnja velike količine energije, povećani gubitci vode, velika potrošnja vode u kratkome vremenu, krupnoća kapljica prevelika za neke kulture (rane faze razvijanja povrća) te narušavanje strukture tla (Sito i sur., 2005).



Slika 2.9. Shema Tifon uređaja

Izvor: Bekić D., 2011.

Samohodni automatizirani uređaji za linijsko ili kružno navodnjavanje su jedinice velikih radnih zahvata, a pogodne su za navodnjavanje velikih proizvodnih površina. Sastoje se od kišnog krila podignutoga na posebnim pokretnim tornjevima. Na krilu su postavljeni brojni rasprskivači različitih intenziteta kišenja, koji s visine od 2 m do 3 m iznad zemlje navodnjavaju poljoprivredne kulture. Širina zahvata uređaja je različita, a kreće se od 300 m do 500 m s jedne, a isto toliko s druge strane uređaja. Ovi strojevi obavljaju navodnjavanje tijekom kretanja koje može biti linijsko u smjeru naprijed-nazad ili kružno. Pomoću njih se mogu navodnjavati gotovo sve poljoprivredne kulture, niske ili visoke, ali pretežito na ravnim terenima. Linijski strojevi za automatizirano navodnjavanje kreću se pravolinijski uzduž table koju kiše, a kao izvorište vode služi im otvoreni natapni kanal koji se na različite načine dopunjuje vodom. Mogu zahvatiti tablu širine 2 x 500 m i dužine do 2.000 m, što znači da jedan uređaj navodnjava površinu od oko 200 ha. Uređaj se sastoji od više tornjeva koji su na međusobnom razmaku između 32 m do 56 m. Tornjevi (ili „kule“) se kontrolirano i zasebno pokreću pomoću elektromotora, što je automatikom sinkronizirano sa svim ostalim susjednim tornjevima, čime su isključeni lomovi i kvarovi.

Na osnovnom se podvozju koje se kreće uz otvoreni kanal nalazi pogonska, crpna i upravljačka (programator) jedinica. Radni pritisci su relativno mali (do 2 bara), te se primjenom ovih uređaja postižu velike energetske uštede na distribuciji vode. Intenziteti kišenja su također mali (5 mm/h do 15 mm/h), te se njima mogu zadovoljiti potrebe biljaka za vodom, a da se ne naruši vodo-zračni režim zemljišta. Obroci i intenziteti kišenja se određuju na programatoru uređaja. Kružni uređaji za automatizirano navodnjavanje („centar pivot“) fiksirani su u središnjem dijelu kišnog krila koje rotira i navodnjava kružno površinu. Izvorište vode se nalazi u središtu sustava, a obično je to hidrant ili pumpni agregat (Josipović i sur., 2013).

Dužina kišnog krila koje rotira kod ovih sustava je od 300 do 500 m, te može navodnjavati kružnu površinu veličine 40 ha do 90 ha. Između pojedinih jedinica ostaju nekišene površine, što je nedostatak ovih strojeva. Oni se, također, programiraju na zadani intenzitet i obrok navodnjavanja, te samostalno rade bez prisutnosti čovjeka. Okretanje kišnog krila se obavlja individualnim kretanjem svakog tornja, a njihove su brzine usklađene elektronikom. Uređaj se sastoji od više tornjeva koji su na međusobnom razmaku između 32 m do 56 m. Tornjevi (ili „kule“) se kontrolirano i zasebno pokreću pomoću elektromotora, što je automatikom sinkronizirano sa svim ostalim susjednim tornjevima, čime su isključeni lomovi i kvarovi.



Slika 2.10. Samohodni vučeni rasprskivač (Tifon) s kišnim krilom, navodnjavanje pokusa

Izvor: www.agrointer.rs



Slika 2.11. Samohodni vučeni rasprskivač (Tifon) s ″topom″, navodnjavanje sjemena

Izvor: www.youtube.com

Lokalizirano navodnjavanje je metoda kojom se voda pod manjim tlakom dovodi na poljoprivrednu površinu gdje se vlaži samo jedan dio ukupne površine. Vlaži se samo mjesto gdje se razvija glavna masa korijena. Najviše se koristi u područjima gdje su zalihe vode za navodnjavanje ograničene (Romić, 1995).

Prednosti u odnosu na ostale metode navodnjavanja je ta što se može primijeniti na svim tlima, topografskim prilikama, na parcelama raznih oblika i dimenzija te za sve kulture u poljskim uvjetima i zaštićenim prostorima, sustavi štede vodu i pogonsku energiju te vrlo precizno doziraju vodu i vrlo su pouzdani i tehnički funkcionalni (Bekić, 2011).

Metoda lokaliziranog navodnjavanja se primjenjuje na dva načina:

- navodnjavanje kapanjem („kap po kap“)
- navodnjavanje mini rasprskivačima (mali rasprskivači)



Slika 2.12. „Kap po kap“

Izvor: ratarstvo.net



Slika 2.13. Mini rasprskivači

Izvor: Bekić D., 2011.

Za navodnjavanje su potrebne značajne količine vode. Za izračun ukupnih količina vode za navodnjavanje koje treba osigurati navodnjavanjem potrebno je vrijednost norme navodnjavanja pomnožiti sa veličinom površine koju želimo navodnjavati, odnosno potrebno je projektirati sustav, a naročito izvor vode koji će biti izdašan i osigurati potrebne količine vode (Mađar i Šoštarić, 2009).

3. MATERIJALI I METODE

Rad se temeljio na analizi klimatskih komponenti za 45-to godišnje razdoblje s MP Gospić (44°33' N, 15°23' E, n.v. 564 m) i KP Ličko Lešće (44°48' N, 15°19' E, n.v. 463 m), a nakon toga se izračunala referentna evapotranspiracija pomoću kompjuterskog programa ″Cropwat″ (Smith, 1992). Evapotranspiracija kultura koja se uzgajala, izračunata je iz umnoška referentne evapotranspiracije i koeficijenta kulture. Izračunavanjem bilance vode u tlu utvrdio se eventualni deficit vode i njezina količina.

Za izradu rada koristili se podaci iz postojećih studija i projekata Zavoda za melioracije, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i drugi dostupni izvori u pisanom i elektronskom obliku.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Potrebe kulture za vodom

Potrebe kulture za vodom – evapotranspiracija kulture izračunat je pomoću izraza:

Etk=ETo x kc

Etk= evapotranspiracija kulture
ETo= referentna evapotranspiracija
kc= koeficijent kulture

Za potrebe navodnjavanja važna su četiri stadija (faze) razvoja kultura, kao što su:

1. Početni stadij kulture, koji počinje od nicanja do pokrivenosti tla oko 10%.
2. Razvojni stadij kulture, nastavlja se na početni stadij i traje do pokrivenosti tla oko 70-80%.
3. Središnji stadij kulture, nastavlja se na razvojni stadij i traje do početka sazrijevanja, što se obično očituje u promijeni lišća ili opadaju lišća.
4. Kasni stadij kulture, traje od kraja središnjeg stadija pa do završetka sazrijevanja, odnosno berbe (Šimunić, 2013).

Prosječno trajanje pojedinog stadija za navedene kulture prikazano je u tablici 4.1.

Tablica 4.1. Trajanje određenog stadija kulture

Kultura	Trajanje određenog stadija (faze) kulture			
	Početni	Razvojni	Središnji	Kasni
Krumpir	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz
Kupus i kelj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan

Izvor: Šimunić I., 2007.

Koeficijent kulture održava fiziologiju usjeva, stupanj pokrivenosti tla (stadij razvoja biljke) i ETo. Koeficijenti kultura za pojedine stadije razvoja prikazani su u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Koeficijenti kultura

Kultura	Koeficijenti kulture u razvojnim stadijima			
	Početni	Razvojni	Središnji	Kasni
Krumpir	0,35	0,6	1,05	0,7
Kupus i kelj	0,4	0,9	0,95	0,8

Izvor: Šimunić I., 2007.

4.1.1. Bilanca vode u tlu

Kvantitativni (količinski) izraz za vodni režim tla ili količinski izraz za višak, odnosno manjak vode je bilanca vode u tlu (Špoljar, 2017).

Prosječna vrijednost vodnih konstanti tla za ilovastu teksturu tla (Šimunić, 2013):

PKv=201 mm (0-60 cm); PKv_1=33,5 mm (0-10 cm); PKv_2=167,5 mm (10-60 cm),
Tv= 87 mm,
FAv= PKv-Tv=201 mm-87 mm =114 mm,
FAv=Zuk=114 mm; Z_1=19 mm; Z_2=95 mm

Bilanca vode u tlu za različite kulture (na različitim lokacijama) i kod višegodišnjeg prosjeka oborina i vjerojatnosti oborina u 75% slučajeva prikazana je u tablicama od 4.3a do 4.6b, dok je sumarni pregled manjka vode prikazan u tablici 4.7.

Bilanca vode u tlu za područje Gospića (za višegodišnjih efektivnih oborina):

Tablica 4.3a. Bilanca vode za krumpir za područje Gospića

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	85,4	12	0,0	0,0	0,0	73,0	12,4	11,4	102,6	104,0	0,0
II	82,6	20	0,0	0,0	0,0	63,0	19,6	11,4	102,6	104,0	0,0
III	82,6	40	0,0	0,0	0,0	42,3	40,3	11,4	102,6	104,0	0,0
IV	90,0	63	0,0	0,0	0,0	27,0	63,0	11,4	102,6	104,0	0,0
V	86,0	33	0,0	0,0	0,0	53,5	32,6	11,4	102,6	104,0	0,0
VI	76,3	65	0,0	0,0	0,0	11,5	64,8	11,4	102,6	104,0	0,0
VII	57,4	130	11,4	31,3	0,0	0,0	100,	0,0	71,3	71,3	30,1
VIII	77,8	74	0,0	0,0	4,0	0,0	73,8	4,0	71,3	75,3	0,0
IX	105,8	66	0,0	0,0	38,7	1,1	66,0	11,4	102,6	104,0	0,0
X	115,0	37	0,0	0,0	0,0	77,8	37,2	11,4	102,6	104,0	0,0
XI	131,8	21	0,0	0,0	0,0	110,	21,0	11,4	102,6	104,0	0,0
XII	113,5	16	0,0	0,0	0,0	98,0	15,5	11,4	102,6	104,0	0,0
Godišnje	1104	576	11	31	43	558	546				**30,1**
U veget.	493	430	11	31	43	93	400				30,1
Van veget.	611	146	0	0	0	465	146				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981
Tumač kratica:

G1= gubitak vode iz površinskog sloja
G2= gubitak vode iz potpovršinskog sloja
Pu= punjenje tla vodom
OT= otjecanje vode
AE= aktualna evapotranspiracija
Z1= zaliha u površinskom sloju
Z2= zaliha u potpovršinskom sloju
FAV= fiziološki akivna voda

Tablica 4.3b. Bilanca vode za kupus i kelj za područje Gospića

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	85,4	12	0,0	0,0	0,0	73,0	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	82,6	20	0,0	0,0	0,0	63,0	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	82,6	40	0,0	0,0	0,0	42,3	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	90,0	63	0,0	0,0	0,0	27,0	63,0	11,4	102,6	114,0	0,0
V	86,0	93	7,0	3,7	0,0	0,0	93,0	4,4	102,6	107,0	0,0
VI	76,3	43	0,0	0,0	7,0	26,1	43,2	11,4	102,6	114,0	0,0
VII	57,4	112	11,4	21,8	0,0	0,0	90,6	0,0	80,8	80,8	21,0
VIII	77,8	100	0,0	9,0	0,0	0,0	86,8	0,0	70,8	70,8	13,4
IX	105,8	53	0,0	0,0	42,2	10,8	52,8	11,4	92,6	104,0	0,0
X	115,0	37	0,0	0,0	0,0	77,8	37,2	11,4	102,6	114,0	0,0
XI	131,8	21	0,0	0,0	0,0	110,8	21,0	11,4	102,6	114,0	0,0
XII	113,5	16	0,0	0,0	0,0	98,0	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	1104	610	18	31	49	529	575				**34,3**
U veget.	493	464	18	31	49	64	429				34,3
Van veget.	611	146	0	0	0	465	146				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Bilanca vode u tlu za područje Gospića (za vjerojatnost pojave oborina u 75% slučajeva-Fa=75%)

Tablica 4.4a. Bilanca vode za krumpir za područje Gospića

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-AE
mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	46,8	12	0,0	0,0	0,0	34,4	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	40,0	20	0,0	0,0	0,0	20,4	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	53,4	40	0,0	0,0	0,0	13,1	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	72,7	63	0,0	0,0	0,0	9,7	63,0	11,4	102,6	114,0	0,0
V	65,2	33	0,0	0,0	0,0	32,7	32,6	11,4	102,6	114,0	0,0
VI	52,6	65	11,4	0,4	0,0	0,0	64,4	0,0	101,2	102,2	0,4
VII	30,4	130	0,0	50,7	0,0	0,0	81,1	0,0	51,5	51,5	49,1
VIII	40,0	74	0,0	8,6	0,0	0,0	48,6	0,0	42,8	42,8	25,1
IX	69,0	66	0,0	3,4	3,0	0,0	66,0	3,0	42,8	45,8	0,0
X	58,2	37	0,0	0,0	21,0	0,0	37,2	11,4	55,4	66,8	0,0
XI	95,7	21	0,0	0,0	47,2	27,5	21,0	11,4	102,6	104,0	0,0
XII	71,2	16	0,0	0,0	0,0	55,7	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	695	576	11	60	71	193	502				**74,6**
U veget.	330	430	11	60	3	42	356				74,6
Van veget.	365	146	0	0	68	151	146				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Tablica 4.4b. Bilanca vode za kupus i kelj za područje Gospića

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-AE
mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	46,8	12	0,0	0,0	0,0	34,4	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	40,0	20	0,0	0,0	0,0	20,4	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	53,4	40	0,0	0,0	0,0	13,1	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	72,7	63	0,0	0,0	0,0	9,7	63,0	11,4	102,6	114,0	0,0
V	65,2	93	11,4	8,4	0,0	0,0	85,0	0,0	94,2	94,2	8,0
VI	52,6	43	0,0	0,0	9,4	0,0.	43,2	9,4	94,2	103,6	0,0
VII	30,4	112	9,4	33,7	0,0	0,0	73,5	0,0	60,6	60,6	38,1
VIII	40,0	100	0,0	18,1	0,0	0,0	58,1	0,0	42,4	42,4	42,0
IX	69,0	53	0,0	0,0	16,2	0,0	52,8	11,4	47,2	58,6	0,0
X	58,2	37	0,0	0,0	21,0	0,0	37,2	11,4	68,2	79,6	0,0
XI	95,7	21	0,0	0,0	34,4	4,3	21,0	11,4	102,6	114,0	0,0
XII	71,2	16	0,0	0,0	0,0	55,7	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	695	610	60	60	81	174	522				**88,2**
U veget.	330	464	60	60	26	10	376				88,2
Van veget.	365	146	0	0	55	164	146				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Bilanca vode u tlu za područje Ličkog Lešća (za višegodišnjih efektivnih oborina):

Tablica 4.5a. Bilanca vode za krumpir za područje Ličkog Lešća

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	66,8	12	0,0	0,0	0,0	54,4	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	69,8	20	0,0	0,0	0,0	50,2	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	69,0	40	0,0	0,0	0,0	28,7	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	74,9	63	0,0	0,0	0,0	11,9	63,0	11,4	102,6	114,0	0,0
V	71,2	27	0,0	0,0	0,0	44,2	27,0	11,4	102,6	114,0	0,0
VI	70,5	65	0,0	0,0	0,0	5,7	64,8	11,4	102,6	114,0	0,0
VII	53,4	127	11,4	31,7	0,0	0,0	96,5	0,0	70,9	70,9	30,4
VIII	72,0	72	0,0	0,0	0,4	0,0	71,6	0,4	70,9	71,3	0,0
IX	86,7	66	0,0	0,0	20,0	0,0	66,0	11,4	80,6	92,0	0,0
X	92,6	40	0,0	0,0	22,0	30,3	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
XI	107,5	21	0,0	0,0	0,0	86,5	21,0	11,4	102,6	114,0	0,0
XII	90,6	16	0,0	0,0	0,0	75,1	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	925	568	11	32	43	387	538				**30,4**
U veget.	429	419	11	32	21	62	389				30,4
Van veget.	496	149	0	0	22	325	149				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Tablica 4.5b. Bilanca vode za kupus i kelj za područje Ličkog Lešća

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	66,8	12	0,0	0,0	0,0	54,4	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	69,8	20	0,0	0,0	0,0	50,2	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	69,0	40	0,0	0,0	0,0	28,7	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	74,9	63	0,0	0,0	0,0	11,9	63,0	11,4	102,6	114,0	0,0
V	71,2	90	11,4	3,7	0,0	0,0	86,3	0,0	98,9	98,9	3,6
VI	70,5	43	0,0	0,0	15,1	12,2	43,2	11,4	102,6	114,0	0,0
VII	53,4	109	11,4	22,5	0,0	0,0	87,3	0,0	80,1	80,1	21,5
VIII	72,0	97	0,0	10,0	0,0	0,0	82,0	0,0	70,1	70,1	15,1
IX	86,7	53	0,0	0,0	33,9	0,0	52,8	11,4	92,6	104,0	0,0
X	92,6	40	0,0	0,0	10,0	42,3	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
XI	107,5	21	0,0	0,0	0,0	86,5	21,0	11,4	102,6	114,0	0,0
XII	90,6	16	0,0	0,0	0,0	75,1	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	925	604	23	36	59	361	564				**40,3**
U veget.	429	455	23	36	49	24	415				40,3
Van veget.	496	149	0	0	10	337	149				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Bilanca vode u tlu za područje Ličkog Lešća (za vjerojatnost pojave oborina u 75% slučajeva-Fa=75%)

Tablica 4.6a. Bilanca vode za krumpir za područje Ličkog Lešća

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-AE
mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	33,9	12	0,0	0,0	0,0	21,5	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	39,2	20	0,0	0,0	0,0	19,6	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	47,7	40	0,0	0,0	0,0	7,4	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	60,6	63	2,4	0,0	0,0	0,0	63,0	9,0	102,6	111,6	0,0
V	55,8	27	0,0	0,0	2,4	26,4	27,0	11,4	102,6	114,0	0,0
VI	50,2	65	11,4	1,6	0,0	0,0	63,2	0,0	101,0	101,0	1,6
VII	33,0	127	0,0	47,2	0,0	0,0	80,2	0,0	53,8	53,8	46,8
VIII	39,2	72	0,0	8,7	0,0	0,0	47,9	0,0	45,1	45,1	23,7
IX	51,0	66	0,0	3,4	0,0	0,0	54,4	0,0	41,7	41,7	11,6
X	50,2	40	0,0	0,0	9,9	0,0	40,3	9,9	41,7	51,6	0,0
XI	73,4	21	0,0	0,0	52,4	0,0	21,0	11,4	92,6	104,0	0,0
XII	49,3	16	0,0	0,0	10,0	23,8	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	584	568	14	61	75	99	485				**83,7**
U veget.	290	419	14	61	2	26	336				83,7
Van veget.	294	149	0	0	72	72	149				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Tablica 4.6b. Bilanca vode za kupus i kelj za područje Ličkog Lešća

								Zaliha FAV			
Mjesec	O eff.	ET0/ETk	G1	G2	Pu	OT	AE	Z1	Z2	Z=Z1+Z2	ET-AE
mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	33,9	12	0,0	0,0	0,0	21,5	12,4	11,4	102,6	114,0	0,0
II	39,2	20	0,0	0,0	0,0	19,6	19,6	11,4	102,6	114,0	0,0
III	47,7	40	0,0	0,0	0,0	7,4	40,3	11,4	102,6	114,0	0,0
IV	60,6	63	2,4	0,0	0,0	0,0	63,0	9,0	102,6	111,6	0,0
V	55,8	90	9,0	12,8	0,0	0,0	77,6	0,0	89,8	89,8	12,3
VI	50,2	43	0,0	0,0	7,0	0,0.	43,2	7,0	89,8	96,8	0,0
VII	33,0	109	7,0	30,7	0,0	0,0	70,7	0,0	59,0	59,0	38,1
VIII	39,2	97	0,0	17,0	0,0	0,0	56,2	0,0	42,0	42,0	41,0
IX	51,0	53	0,0	0,4	0,0	0,0	51,4	0,0	41,6	41,6	1,4
X	50,2	40	0,0	0,0	9,9	0,0	40,3	9,9	41,6	51,5	0,0
XI	73,4	21	0,0	0,0	52,4	0,0	21,0	11,4	92,5	103,9	0,0
XII	49,3	16	0,0	0,0	10,1	23,7	15,5	11,4	102,6	114,0	0,0
Godišnje	584	604	18	61	79	72	511				**92,7**
U veget.	290	455	18	61	7	0	362				92,7
Van veget.	294	149	0	0	72	72	149				0,0

Izvor: Metoda Palmer W.C., korigirao Vidaček Ž., 1981

Tablica 4.7. Nedostatak vode za krumpir, kupus i kelj na područjima Gospića i Ličkog Lešća

Mjesto	Uzgajana kultura	Nedostatak vode (mm)	
		Pri višegodišnjem prosjeku oborina (Oef)	Pri 75%-noj vjerojatnosti pojave oborina (Of)
Ličkog Lešća	Krumpir	30,4	83,7
	Kupus i kelj	40,3	92,7
Gospić	Krumpir	30,1	74,6
	Kupus i kelj	34,3	88,2

Izvor: Šimunić I., 2007.

Ukratko, područje s nižom nadmorskom visinom ima veći koeficijent nedostatka vode, tj. područje Ličkog Lešća ima nižu nadmorsku visinu od područja Gospića te gledano pri višegodišnjem prosjeku oborina, usporedbom ta dva područja, nedostatak vode za krumpir na području Ličkog Lešća je veći za 0,3 mm nego na području Gospića, a za kupus i kelj, nedostatak vode je veći za 6 mm. S druge strane, usporedbom ta dva područja, pri 75%-noj vjerojatnosti pojave oborina, nedostatak vode za krumpir na području Ličkog Lešća je veći nego na području Gospića za 9,1 mm, dok za kupus i kelj, nedostatak vode je veći za 4,5 mm.

4.1.2. Norma navodnjavanja

Norma navodnjavanja je osnovni element i prvi korak kod određivanja elemenata navodnjavanja, a predstavlja ukupni nedostatak (deficit) vode u vegetaciji jedne kulture.

Prema definiciji izvedena je i formula za izračun norme navodnjavanja. Pojednostavljeno, norma navodnjavanja određuje se tako da se od ukupno potrebne vode oduzme ukupno raspoloživa voda u vegetaciji (Mađar i Šoštarić, 2009).

U matematičkom obliku:

$$Nn = \sum Pv - \sum Rv$$

Nn = norma navodnjavanja (mm)
$\sum Pv$ = ukupno potrebna količina vode biljci u vegetaciji (mm)
$\sum Rv$ = ukupno raspoloživa voda u vegetaciji (mm)

4.1.3. Obrok navodnjavanja

Obrok navodnjavanja podrazumijeva količinu vode koja se dodaje u jednom navratu, u trenutku kad je biljkama potrebna za optimalan rast, a izražava se u mm ili m^3/ha. Najčešće je on dio ukupnog nedostatka vode ili norme navodnjavanja u vegetacijskom razdoblju koje se dodaje u određenim vremenskim razmacima. Količina vode koja se dodaje kroz obrok ovisi o dubini korijena biljke, razvojnom stadiju biljke, zalihi količine vlage u tlu prije navodnjavanja i fizikalnim značajkama tla. Za dubinu vlaženja tla određuje se dubina smještaja glavne mase korijenja, a ne dubina pojedinačnog korijena. Od fizikalnih značajki tla važan je podatak o teksturi tla; na lakšim (pjeskovitim) i težim (glinovitim) tlima preporuča se obrok navodnjavanja razdijeliti u dva manja obroka ili više njih, najčešće u razmacima dva do tri dana. Naime, ako bi se na laganijim tlima u jednom navratu dodala sva količina vode, dio vode bi se, zbog malog kapaciteta tla za vodu, procijedio u dublje slojeve te ne bi bila na raspolaganju biljci. Teža tla imaju manju infiltracijsku sposobnost te bi se dio vode na ravnim površinama zadržao na površini i gubila bi se isparavanjem, a na terenima i s manjim padom pojavilo bi se površinsko otjecanje vode. Bez obzira na značajke tla i podjelu obroka navodnjavanja, biljkama uvijek treba dodati potrebnu količinu vode (Šimunić, 2013).

Tlo se vlaži do poljskog kapaciteta za vodu (PKv) i vlažnost tla trebala bi se održavati između vrijednosti poljskog kapaciteta za vodu i lentokapilarne vlažnosti (60 % - 70 % PKv). Kad se trenutačna vlažnost tla spusti do lentokapilarne vlažnosti, pristupa se navodnjavanju.

Obrok navodnjavanja računa se prema izrazu:

$$O= 10 \times d \times (PKv-Tv),$$

O = obrok navodnjavanja (mm),
d = dubina vlaženja tla (m)
PKv= poljski vodni kapacitet tla, do dubine vlaženja (vol. %)
Tv = trenutačna vlažnost, do dubine vlaženja (vol. %), odnosno Lkv (60-70% Pkv)

Za ovu namjenu obroci navodnjavanja izračunati su za krumpir, kelj i kupus tako da su u razmatranje uzete dvije različite dubine. Prva dubina odnosi se na početni stadij razvoja, a druga dubina za sve ostale stadije (faze) razvoja (razvojna, središnja i kasna).

Dubina vlaženja u početnom stadiju razvoja = 0,15m
Dubina vlaženja u ostalim stadijima = 0,25 m
PKv (prosječno) = 33,5 vol%
Tv (prosječno) = 14,5 vol %
O= 10 x d x (PKv-Tv),
O= 10 x 0,15 (33,5 – 14,5)
O= 28,5 mm

Obrok navodnjavanja za početni stadij iznosi 28, 5 mm.

O = 10 x d x (PKv-Tv),
O = 10 x 0.25 (33,5 – 14,5)
O = 47,5 mm

Obrok navodnjavanja za ostale stadije razvoja iznosi 47,5 mm.

Pri izračunatim obrocima navodnjavanja treba imati u vidu teksturu tla. Kao što je već spomenuto, na teksturno laškim tlima (pjeskovitijim) treba navodnjavati manjim obrokom, ali češće (obrok razdijeliti na dva manja obroka). Na težim (glinovitijim) tlima treba voditi računa o sposobnosti infiltracije tla, tj. potrebno je uskladiti intenzitet navodnjavanja s infiltracijom tla.

4.1.4. Određivanje početka navodnjavanja

Ako s navodnjavanjem počnemo prije nego što je to potrebno i ako navodnjavamo prečesto, nepotrebno ćemo potrošiti veće količine vode i energije, što će financijski opteretiti proizvodnju. Osim toga, narušit će se fizikalna svojstva tla, hranjive tvari će se ispirati u dublje slijeve i biti će slabije pristupačna biljci, što također ima za posljedicu negativan ekonomski i ekološki učinak (Mađar i Šoštarić, 2009).

Danas se u praksi trenutak početka navodnjavanja može odrediti na nekoliko načina:

- prema izgledu biljke
- prema unutarnjim fiziološkim promjenama biljke
- prema turnusima navodnjavanja
- prema kritičnom razdoblju biljke za vodu
- prema procjeni vlažnosti tla
- prema stanju vlažnosti tla

Određivanje početka navodnjavanja prema izgledu biljke

To je najstariji način određivanja trenutka početka navodnjavanja. Temelji se na procjeni promjena na biljkama – promjeni boje i izgleda lišća (uvelost). Međutim sve biljke ne reagiraju jednako na nedostatak vode. Kada kod nekih biljaka nedostatak vode postane vidljiv to može značiti da je biljka već pretrpjela ozbiljne štete i dodavanje vode nakon tih vidljivih simptoma neće pomoći biljci da se u potpunosti oporavi. Šteta je već nastupila. Kod nekih biljaka, na primjer kod suncokreta, pojava uvelosti lišća i smanjenje turgora je oblik borbe biljke protiv suše jer se time smanjuje gubitak vode u toplom dijelu dana. Tijekom noći, biljka nema simptome uvelosti lišća. Prema vidljivim znakovima venuća izgledalo bi da treba početi sa navodnjavanjem, a ustvari navodnjavanje još nije potrebno. Ovakav način

određivanja trenutka navodnjavanja je nesiguran i treba ga izbjegavati jer su moguće greške u procjeni, a navodnjavanje je skupa investicija da bi se dozvolilo mogućnost česte pogreške.

Određivanje početka navodnjavanja prema unutarnjim fiziološkim promjenama biljke

Ovakav način određivanja trenutka početka navodnjavanja je dosta složen, a bazira se na tome da promjena sadržaja vode u tlu ima za posljedicu i promjenu u koncentraciji staničnog soka u listovima. Za određivanje koncentracije staničnog soka koristi se refraktometar.

Određivanje početka navodnjavanja prema turnusima navodnjavanja

Turnus navodnjavanja je vremensko razdoblje (u danima) između dva navodnjavanja. Teoretski se turnus izračunava tako da se obrok navodnjavanja podjeli sa dnevnim utroškom vode od strane biljke.

$$T = O : Du$$

T = turnus navodnjavanja u danima
O = obrok navodnjavanja (mm)
Du = dnevni utrošak vode (mm/danu)

Za određivanje dnevnog utroška vode potrebno je poznavati mjesečnu vrijednost evapotranspiracije koja se podjeli sa brojem dana za koji se mjesec određuje (30 ili 31 dan). Izračunati turnusi navodnjavanja ne mogu se kruto primjenjivati, već se korigiraju s oborinama. Primjerice, ukoliko padne više od 25 mm oborina turnus se produžava za još jedan cijeli turnus. Ako između dva turnusa padne 10 do 25 mm oborina navodnjavanje se odgađa za pola turnusa, a oborine manje od 10 mm se zanemaruju i ne odgađaju turnus navodnjavanja. Iz navedenog se može zaključiti da je ovakav način određivanja trenutka navodnjavanja pogodan za sušna (aridna) područja gdje izostaju oborine. Osim toga, trenutak navodnjavanja pomoću turnusa, pogodan je za zaštićene prostore gdje nema priliva prirodnih oborina. Turnusi navodnjavanja se primjenjuju i na otvorenom uzgoju, na velikim površinama koje se podijele na manje parcele. Tada rasporede navodnjavanje treba uskladi sa turnusima

na taj način da završetkom navodnjavanja zadnje parcele treba početi navodnjavati parcelu koja je bila prva navodnjavana.

Određivanje početka navodnjavanja prema kritičnom razdoblju biljke za vodu

Ovakav način određivanja trenutka početka navodnjavanja bazira se na poznavanju faza razvoja određene kulture i njezine potrebe za vodom. Nije u potpunosti pouzdan jer grubo određuje navodnjavanje u onoj fazi razvoja biljke koja je vrlo kritična, ne uvažavajući mogućnost navodnjavanja prije ili nakon završetka kritične faze ako to zahtijevaju nepovoljne klimatske prilike.

Određivanje početka navodnjavanja prema procjeni vlažnosti tla

Temelji se na proizvoljnoj procjeni vlažnosti tla. Za određivanje trenutka početka navodnjavanja ova metoda je neprihvatljiva, ali može imati određenu vrijednost kod iskusnih agronoma, ali za određivanje trenutka za početak obrade tla (jer se njime utvrđuje plastičnost tla) ili neke druge agrotehničke radnje.

Određivanje početka navodnjavanja prema stanju vlažnosti tla

Ovaj način određivanja trenutka početka navodnjavanja se najviše primjenjuje u praksi. Prema stanju vlažnosti tla sa navodnjavanjem treba početi kada je sadržaj vode u tlu na dubini koju želimo navodnjavati jednak vrijednosti lentokapilarne vlažnosti tla. Teoretski izgleda vrlo jednostavno, ali javlja se problem određivanja trenutačnog sadržaja vlažnosti tla, odnosno poznavanje vrijednosti lentokapilarne vrijednosti i poljskog vodnog kapaciteta.

Postoji više načina mjerenja vlažnosti tla, a može se obaviti izravno na terenu ili posredno u laboratoriju. Laboratorijsko mjerenje vlažnosti tla je preciznije ali sporo i nepraktično, jer zahtjeva uzimanje uzoraka tla i obradu u laboratoriju. Mjerenje na terenu obavlja se raznim instrumentima, a rezultati o stanju vlažnost tla se utvrđuju trenutno i moguće je vrlo brzo intervenirati sa navodnjavanjem.

5. ZAKLJUČAK

Analizom klimatskih elemenata na području Like za meteorološke postaje Gospić i Ličko Lešće u svrhu određivanja potrebe navodnjavanja može se zaključiti sljedeće:

1. U višegodišnjem razdoblju (1961.- 2005.) za obje meteorološke postaje utvrđena je veća količina efektivnih oborina od referentne evapotranspiracije, dok je u vrijeme vegetacije deficit vode na području Gospića iznosio 66,1 mm, a na području Ličkog Lešća 112,3 mm.
2. U sušnijim godinama (vjerojatnost pojave oborina Fa ≤ 75%) utvrđen je manjak oborina, i to za područje Gospića u vrijednosti 8,5 mm, a Ličkog Lešća u vrijednosti 93,2 mm, dok je u vegetacijskom razdoblju utvrđen puno veći nedostatak vode i to za područje Gospića u iznosu od 229,5 mm, a na području Ličkog Lešća od 259,7 mm.
3. U prosječnim je godinama na području Gospića utvrđen manjak vode za krumpir u iznosu od 30,1 mm, a kupus i kelj od 34,3 mm. Na području Ličkog Lešća u prosječnim godinama manjak vode u tlu za krumpir iznosio je 30,4 mm, dok je za kupus i kelj bio 40,4 mm.
4. Bilancom vode u tlu u sušnijim godinama utvrđen je na području Gospića manjak vode za krumpir u vrijednosti od 74,6 mm, a za kupus i kelj u vrijednosti od 88,2 mm. Na području Ličkog Lešća u sušnijim godinama manjak vode u tlu za uzgoj krumpira iznosio je 83,7 mm, dok je za kupus i kelj iznosio 92,7 mm.
5. Na temelju izračunatih manjkova vode može se zaključiti da postoji potreba za navodnjavanjem navedenih kultura na području Like, pogotovo ako se planira sigurnija i viša proizvodnja.
6. U ovom slučaju za navodnjavanje krumpira, kelja i kupusa preporuča se metoda kišenja, pomoću samohodnog sektorskog rasprskivača („Typhon“ uređaj) ili vodenih topova.

6. LITERATURA

1. Bekić D. (2011): Hidrotehničke melioracije, Zavod za hidrotehniku, Građevinski fakultet u Zagrebu, str. 10-21
2. Bogunović M., Bensa A. (2005). Tla krša - temeljni čimbenik biljne proizvodnje
3. Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M. (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. Agronomski glasnik, 5-6, str. 369-399
4. Cromme N., Prakash A.B., Lutaladio N., Ezeta F. (2010): Strengthening potato value chains. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Common Fund for Commodities. Roma.
5. Dragojević S., Maksimović L., Radojević V., Cicimil M.(2006). Navodnjavanje u biljnoj proizvodnji
6. Državni zavod za statistiku
7. Husnjak S, Šimunić I: (2007): Studija navodnjavanja na području Ličko-senjske županije
8. Josipović M., Kovačević V., Rastija D., Tadić L., Šoštarić J., Plavšić H., Tadić Z., Dugalić K., Marković M., Dadić T., Šreng Ž., Ljikar Ž. (2013): IRRI – Projekt navodnjavanja, Poljoprivredni instittut Osijek, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku, str. 4-10
9. Jug D. (2015): Agrotehnika u ekološkoj proizvodnji, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, str. 2.
10. Kos, Z. (2004): Hrvatska i navodnjavanje. Hrvatska vodoprivreda, 142: str. 30-41
11. Lešić R., Borošić J., Butorac I., Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2002). Povrćarstvo
12. Mađar S., Šoštarić J. (2009): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, str. 47-53
13. NN (153/2009): Zakon o vodama, Narodne novine RH
14. Paradžiković, N. (2002). Osnove proizvodnje povrća
15. Paradžiković, N. i suradnici (2011). Osnove proizvodnje povrća, Koprivnica
16. Pokos Nemec V. (2007): Navodnjavanje vrtova i parkova
17. Radeljak I. (2012): Studija o utjecanju na okoliš za zahvat sustav navodnjavanja poljoprivrednih površina Petrovije (550 ha), Osijek, str. 122
18. Romić, D. (1995): Navodnjavanje

19. Sito S. , Kušec V. , Šket B. , Grubor M. , Koren M. , Maletić I , Šket M. (2005.): Oprema na navodnjavanje u uzgoju povrća
20. Smith M. (1992.): CROPWAT, A computer program for irrigationplanning and management, FAO, Roma
21. Šimunić, I. (2013). Uređenje voda, Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
22. Špoljar, A. (2007): Tloznanstvo i popravak tla, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, str. 51.
23. Tadić L., Josipović M., Plavšić H.; Dadić T. (2013.): Posljedice nestručnog navodnjavanja i utjecaji navodnjavanja na okoliš, Poljoprivredni institut Osijek, str. 107-111.
24. Tomić, F., Marušić, J., Buntić, Z. (1993): Uređenje poljoprivrednih površina u Hrvatskoj. Hrvatske vode, 1: str. 51-60.
25. Turšić I. (2004): Proizvodnja paprike sustavom kap po kap u Podravini, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za opću proizvodnju bilja, str. 18.
26. Vidaček Ž. (1981): Metoda Palmer W.C.
27. Vukadinović V.(2017): Kambična tla, Zavod za pedologiju, str. 38-44.

Popis korištenih poveznica:

1. Agrointer
   http://www.agrointer.rs/asortiman/tifoni/ (11.07.2017.)
2. Agrostandard
   https://www.youtube.com/watch?v=WOPS5cCsmSw (11.07.2017.)
3. BSB-Agro Machinery
   http://bsb-agro.com/subirigacija-podzemno-navodnjavanje/ (11.07.2017.)
4. LMF Trade
   http://lmf.hr/kanali-za-povrsinsku-odvodnju/ (14.07.2017.)
5. Modrijan
   http://www.modrijan.si/slv/content/search/(offset)/5200?SearchText=&SubTreeArray=2 (27.07.2017.)
6. Poslovna zona
   https://webhosting-wmd.hr/licko-senjska/ (16.10.2017.)
7. Priroda i biljke
   http://www.plantea.com.hr/kupus/ (03.09.2017.)
8. Ratarstvo
   http://ratarstvo.net/
9. Turistička zajednica Ličko-senjske županije
   http://www.lickosenjska.com/index.php/hr/upoznajte-nas/reljef (30.09.2017.)
10. Val – znanje
    https://www.val-znanje.com/index.php/ljekovite-biljke/1102-krumpir-solanum-tuberosum-l (03.09.2017.)
11. Zdrav život
    http://www.zdrav-zivot.club/kelj-kako-ga-ispravno-pripremati/ (03.09.2017.)

ŽIVOTOPIS

Antonio Vašarević je rođen 23.07.1993. u Münchenu. Osnovnu školu završio je u Ličkom Lešću, a Opću gimnaziju u Otočcu koju je upisao 2008. godine, a maturirao 2012. godine. Akademske godine 2012./13. upisuje Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Preddiplomski studij Poljoprivredna tehnika. Obrana završnog rada bila je u srpnju 2015. godine. Završni rad je naslova „Potrebe vode za navodnjavanje krumpira, kupusa i kelja na području Gacke doline". Ak. godine 2015./16. upisao je Diplomski studij na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Poljoprivredna tehnika, usmjerenje Melioracije. Tjekom svog školovanja stjecao je mnoga iskustva, komunikacijske vještine i gajio timski duh.