

Bibliid: **0350-2953 (2015) 41(1): 9-16**
UDK: **616-089.48**

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**ANALIZA DRENAŽNIH KRITERIJUMA KAO USLOV MELIORACIJA
VIŠESLOJNIH ZEMLJIŠTA ARIDNIH REGIONA
ANALYSIS OF DRAINAGE CRITERIA AS A BASIS FOR LAND
RECLAMATION OF ANIZOTROPIC SOILS IN ARID REGIONS**

Žeželj Branislav¹, Sekulić Petar², Hojka Zdravko³, Ninkov Jordana²

¹Meling doo, 11080 Beograd, Goce Delčeva 13, R. Srbija,

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo, 21000 Novi Sad, Maksima Gorkog 30, R. Srbija,

³Fakultet za Bioframing, 24300 Bačka Topola, M.Tita 39, R.Srbija.

E-mail: melingzezelj@gmail.com

SAŽETAK

U ovom radu prikazana je detaljna analiza parametara za determinaciju osnovnih kriterijma poljske-cevne drenaže, obzirom da desalinizacija (Land Reclamation) i poboljšanje degradiranih zaslanjenih zemljišta i njegova kontrola, zahteva postojanje adekvatne podzemne drenaže.

Za potrebe drenaže, urađena su pedološka istraživanja i merenja hidrauličkog konduktiviteta izdvojenih horizonata. Poljska merenja su rađena standardnom Auger-hole metodom u saturisanom zemljišnom ekstraktu, ispod nivoa podzemne vode, za različite dubine do 5 m. Kao finalni rezultat istraživanja, sačinjena je karta hidrauličkog konduktiviteta, kako na osnovu merenih, tako i na osnovu procenjenih-sračunatih vrednosti. Vrednosti K (m/dan), svrstane su u % kategorija (od 0,5 do > 4,0 m/dan). Drenažne količine, jednake su dodatnoj količini vode eng. "leaching requirements", za održavanje željenog nivoa saliniteta (4 mmhos/cm), sa 25-30% od ukupnih irgacionih zahteva.

Na osnovu ukupnih, potrebnih količina vode za navodnjavanje i odvodnjavanje, drenažni hidromodul koji treba koristiti za dimenzionisanje sistema je $q = 2\text{mm/dan}$.

Bitan činilac podzemne-cevne drenaže je dubina i oscilacije novoo podzemne vode u period vegetacije. Analizom je verifikovano, da drenažni sistem, može zadovoljiti temporarne drenažne zahteve u fazi inicijalnog ispiranja. Dubina poljske drenaže mora biti veća od minimalne dubine podzemne vode, sa ciljem da se obezbedi hidraulički pritisak koji uslovljava kretanje podzemne vode ka drenu. Usvojena dubina poljske drenaže je od 2,0-2,5 m.

Kao finale rezultata primenjenih metoda, a na osnovu hidro-pedoloških karakteristika zemljišta i analize istih, za proračun rastojanja poljskih drenova, korišćena je modifikovana Houghout-Ernst jednačina. Koristeći pomentu metodu proračuna, usvojena drenažna rastojanja su: 45m, 60m, 75m, 90m, 105m i 120m, dok je prosečna dubina drenaže 2,3 m.

Ključne reči: hidraulički konduktivitet, poljska drenaža, infiltracija, transbilitet, hidromodul drenaže, desalinizacija.

1. UVOD

Dobro je poznato da reklamacija (rasoljavanje) i poboljšanje zaslanjenih zemljišta i njihova kontrola, zahteva adekvatnu podzemnu-cevnu drenažu. U projektovanju takvih drenažnih sistema moraju se poznavati i analizirati različiti faktori i njihova međuzavisnost, da bi se pravilno odredili parametri: DUBINE, RASTOJANJA i MODULA, drenaže.

U ovoj studiji prikazana je detaljna analiza parametara za determinaciju osnovnih kriterijuma poljske drenaže i to: hidropedološka ispitivanja i rezultati, hidromodul drenaže, dubina i fluktuacije-oscilacije podzemnih voda, dubina instaliranja poljske-cevne drenaže, a sve u cilju utvrđivanja metoda proračuna poljske drenaže.

2. MATERIJAL I METOD

U okviru pedoloških istraživanja za potrebe drenaže, urađena su detaljna poljska istraživanja i merenja hidrauličkog konduktiviteta svakog izdvojenog horizonta zemljišta. Poljska merenja vrednosti urađena su standardnom Auger-hole metodom u saturisanom zemljištu, ispod nivoa podzemne vode, posebno za dubine: 0-2,5 m - K_1 , 2,5-3,5 m - K_2 i 3,5-5,0 m - K_3 (Beltron, 1978).

Za horizonte iznad nivoa podzemne vode, kao i za slučajeve kada je podzemna voda ispod dubine bušenja, vrednosti K su sračunata na osnovu sledećih faktora:

- teksture zemljišta datog horizonta,
- prosečnog konduktiviteta saturisanog zemljišta određenih teksturnih klasa, što je dobijeno testom infiltracije,
- prosečnog koeficijenta filtracije određene teksturne klase iz neporemećenih zemljišnih uzoraka (100 ccm Kopecki),
- inverzne metode (pumpanjem vode u Auger-hole).

Vredost K za horizonte od 0-2,5 m i 2,5-3,5 m dubine su sračunate na osnovu koncepta transmisibiliteta korišćenjem sledeće formule:

$$K_p = \sum_{i=1} K_i D_i / D$$

gde je:

- K_p – prosečni hidraulički konduktivitet horizonata od 0-2,5 m i 2,5-3,5 m dubine,
- K_i – konduktivitet svakog zemljišnog sloja (horizonta),
- D_i – debljina (moćnost) horizonta,
- D – ukupna debljina horizonta za koji je računata vrednost K (

Na osnovu hidro-pedoloških karakteristika zemljišta tretiranog područja i analize istih, za proračun rastojanja poljskih drenova, korišćena je modifikovana Houghoudt-Ernst jednačina, koja ima sledeći oblik:

$$L^2 + 8/\pi L KD/K_2 \ln aD_2/u - 8 KD h/q = Q$$

gde je:

- L – rastojanje drenova.
- h – hidraulički pritisak = visina nivoa voda na sredini između dva drena.

KD – suma proizvoda permeabiliteta (K) i debljine (D) različitih slojeva za horizontalni tok, prema hidrauličkoj situaciji. Jedan propusni sloj ispod dubine drena KD = $K_1O_1 + K_2D_2$ i dva propusna sloja KD = $K_1D_1 + K_2D_2 + K_3D_3$.

K_1 – hidraulički konduktivitet zemljišta iznad nivoa drenaže (m/dan).

K_2 – hidraulički konduktivitet prvog sloja zemljišta ispod nivoa drenaže (m/dan).

K_3 – hidraulički konduktivitet drugog propusnog sloja ispod nivoa drenaže (m/dan).

q – drenažni modul (m/dan).

D_1 – dubina propusnog sloja iznad nivoa drenaže u (m), uzeto kao 0,5 h.

D_2 – debljina (moćnost) propusnog sloja ispod nivoa drenaže (m).

U – Okvašeni obim drena = r = 4r.

a – $F \times (k_0 \times L_2 \times D_3/D_2)$, geometrijski faktor radijalnog toka u zavisnosti od hidrauličkih uslova.

a = 1, u slučaju jednog propusnog sloja ispod dužine drenaže. Ova jednačina je u upotrebi kada je: $K_3 > K_2$ ili $K_2 < K_3$, ali da je $K_3 > 0,1 K_2$ (James Luthin, 1973.).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Hidro-pedološke podloge

Kao finalni rezultat istraživanja hidro-pedoloških parametara, sačinjena je karta hidrauličkog konduktiviteta zemljišnih horizonata. Karta je sačinjana na osnovu mernih i procenjenih-sračunatih vrednosti. Vrednosti K (m/dan), za ovu svrhu, svrstane su u nekoliko kategorija (FAO paper no.16):

- A. < 0,5 m/dan, prosek 0,25.
- B. < 0,5 – 1,0 m/dan, prosek 0,75.
- C. < 1,0 – 2,0 m/dan, prosek 1,50.
- D. < 2,0 – 4,0 m/dan, prosek 3,00.
- E. > 4,0 m/dan, prosek 6,00.

Karta prikazuje površine različitih kombinacija K_1 (prvo slovo) i K_2 vrednost (drugo slova), dok su K_3 vrednosti upisane direktno na mernoj lokaciji. Generalna analiza hidrauličkog konduktiviteta pokazuje da zemljišni profil do dubine od 3-5 m sadrži srednje propustljiv horizont sa prosečnim vrednostima K od 0,75 – 1,50 m/dan, ispod koga je nepropusni sloj

Analiza pokazuje velike promene K vrednosti i pojavu jako propusnih nižih horizonata na dubini 3,5-5,0 m, u blizini postojećeg irigacionog kanala.

Desalinizacija-reklamacija zemljišta sprovodi se u toku dva perioda:

- Period u toku koga se ispira višak soli iz zemljišnog profila – inicijalno ispiranje
- Period u toku koga se gajenjem određenih tolerantnih reklamativnih kultura održava

postigniti vodno-soni bilans u zemljištu, postignut tokom prve faze.

Treća faza mogla bi se nazvati fazom redovne proizvodnje, koju karakterišu permanentni zahtevi kultura za vodom na već reklamiranom (meliorisanom) zemljištu.

Sasvim je jasno, da drenažni sistemi moraju biti projektovani za potrebe treće faze. To znači da se drenažne količine definišu kao količine vode koje je potrebo sprovesti kroz drenažni sistem u datom period, da bi se salinitet rizosfere održao na željenom nivou.

Količine vode koje se dreniraju (drainage water requirements), jednake su dodatoj količini vode "leaching requirement" za održavanje željenog nivoa saliniteta (oko 3-4 mmhos/cm, sa 25-30% od ukupnih irigacionih zahteva).

Sračunate ukupne količine vode za navodnjavanje i odvodnjavanje kultura predviđenih setvenom strukturom prikazane su u tab. 1. (Dieleman, 1973.).

Tab. 1. Potrebne količine vode za navodnjavanje i odvodnjavanje

Tab. 1. Irrigation and drainage water quantities

Mesec Month	NAVODNJAVANJE IRRIGATION (mm)		ODVODNJAVANJE DRAINAGE (mm)	
	Po ideal. ha Per ideal ha	Za lucerku For alfalfa	Po idel. ha Per ideal ha	Za lucerku For alfalfa
1	53,1	58,0	11,0	12,0
2	76,5	84,0	15,0	17,0
3	130,4	140,0	26,0	28,0
4	147,7	157,0	29,0	31,0
5	56,2	300,0	11,0	60,0
6	69,5	420,0	14,0	84,0
7	104,5	510,0	21,0	102,0
8	104,5	484,0	21,0	97,0
9	79,2	354,0	10,0	71,0
10	69,5	224,0	14,0	45,0
11	75,5	121,0	15,0	24,0
12	60,0	67,0	12,0	13,0
Godišnje Year	1026,6	2919,0	199,0	584,0
Prosek Average	85,5	243,0	17,0	49,0

Posebno su izdvojene potrebe u vodi za lucerku, kulturu sa najvećim zahtevima za vodom i najdubljim korenovim sistemom.

Kao što je navedeno u tab. 1., drenažne količine vode po mesecima kreću se od 0,4 do 3,4 mm/dan za površine pod lucerkom. Pod pretpostavkom da ukupni irigacioni gubitci tj. 1,30% od ukupnih irigacionih zahteva, predstavljaju ukupne zahteve za drenažom, dat je proračun drenažnih količina u mm u tab. 2.(Blaney Criddle,1962.).

Drenažni zahtevi variraju od 0,5 do 1,5 mm/dan za celu površinu i od 0,6 do 5,1 mm/dan, za površine pod lucerkom. Godišnji proseci su: po idealnom hektaru od 0,6 do 1,6 mm/dan, a za površine pod lucerkom od 0,8 do 2,4 mm/dan.

Ovakva variranja stvaraju problem u projektovanju. Naime, ako se projektuje prema maksimalnom zahtevu letnjeg perioda, sistem će biti predimenzionisan za zimske potrebe i biće skuplji. Ako se pak projektuje prema minimalnim zahtevima zimskog perioda, sadržaj soli će prevazići dozvoljeni limit u toku letnjeg perioda. Imajući u vidu napred rečeno, odnosno diskusije koja sledi, drenažni hidromodul koji se preporučuje za dimenzionisanje sistema je $q = 2$ mm/dan (USDA, T.C.21,1970.).

Tab. 2. Proračun drenažnih količina (mm)

Tab. 2. Drainage quantities estimation (mm)

Mesec Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	God. Year	Prosek Average
Ideal. ha	16	23	39	44	17	21	31	31	24	21	23	18	308	26
Lucerka														
Alfalfa	18	25	42	47	90	126	153	146	106	67	36	20	876	73

Napominje se da izvršena istraživanja pokazuju, da ni prirodna drenaža, niti prirodno podhranjivanje podzemnih voda sa okoline nisu bili značajni za ovaj proračun.

3.2. Dubina podzemne drenaže

Minimalna dozvoljena dubina podzemne vode određuje vrednost aeracije i razvoj korenovog sistema biljaka, odnosno ima uticaj na redukciju veličine evaporacije u toku perioda ugara, kada postoji podzemno podhranjivanje kao rezultat proceđivanja vode iz irigacionih kanala, ili usled navodnjavanja sa okolnih parcela.

Količine drenažnih voda variraju u zavisnosti od perioda godine-sezone. Ovde će biti analizirano (tab. 3), kako varira nivo podzemne vode u zavisnosti od količine drenažnih voda i karakteristika zemljišta. Za ovu svrhu, izvršen je proračun dubine podzemne vode za sledeće uslove:

- Propusni slojevi do 3,5 m dubine,
- Vrednosti hidrauličkog konduktiviteta od 0,75 – 1,50 m/dan,
- Predpostavljena dubina poljske drenaže 2,4 m,
- Dijametar drenažne cevi 80 mm,
- Predpostavljeno rastojanje između dva drena 60-80 m.

Tab. 3. Drenažni hidromodul i dubina podzemne drenaže

Tab. 3. Depth and drainage hydromodul

Hidromodul (mm/dan) Hydromodule (mm/day)	1	2	3	4	5	6	7
Hidraul. pritisak (m) Hydraulic head (m)	0,50	0,90	1,20	1,50	1,75	1,9	2,4
Dubina p. vode (m) Ground water depth (m)	1,90	1,80	1,20	0,90	0,65	0,50	0,00

Kako drenažni modul u toku godine varira u granicama od 0,5 do 5,1 mm/dan, minimalna dubina podzemne vode (u sredini između dva drena) će oscilirati između 2,0 m i 0,6 m, dok će prosečna dubina podzemne vode u parcelama biti u granicama vrednosti od 2,10 m do 1,20 m.

Predhodna analiza pokazuje, da sa takvim drenažnim sistemom i pod sličnim uslovima, nivo podzemne vode neće imati suprotnog i negativnog efekta za normalan razvoj korena kultura, niti će predstavljati limit postizanja planiranih prinosa.

Kada je pak u pitanju opasnost od salinizacije zemljišta usled ascendentnih-kapilarnih tokova podzemne vode, opasnost ne postoji, ukoliko se isti održava na razumnoj dubini. Kako je nivo podzemne vode ispod 2 m u toku perioda van navodnjavanja, realno je očekivati da neće biti opasnosti od procesa sekundarne salinizacije.

Od izuzetne je važnosti da se verifikuje da li drenažni sistem, projektovan za permanentne potrebe druge faze-redovne proizvodnje, može zadovoljiti veće temporarne drenažne zahteve u fazi početnog perioda reklamacije zemljišta. Sve dok je zemljište jako zaslanjeno, podzemna voda blizu površine zemljišta nema negativnog uticaja. To znači, da ako je drenažni sistem projektovan da održava nivo podzemne vode na određenoj dubini, sistem će dozvoliti veće ispirne norme, nego što su količine vode potrebne za

navodnjavanje, da bi se održao postignuti stepen saliniteta i posle perioda reklamacije zemljišta. (Christianse, 1943). Analizirajući rezultate prikazane u tab. 3, uočava se, da izdizanje podzemne vode do površine zemljišta odgovara kapacitetu drenaže od 8 mm/dan, što odgovara aplikaciji maksimalne norme, u toku perioda inicijalnog ispiranja.

3.3. Dubina i rastojanje poljske drenaže

Dubina poljske drenaže mora biti veća od minimalne dubine podzemne vode, da bi se obezbedio dovoljan hidraulički pritisak koji bi uslovio kretanje podzemne vode ka drenu.

Dubina drenaže znači veće rastojanje i obrnuto. Slično ovome, poznato je da je koštanje drenažnog sistema uglavno obrnuto proporcionalno drenažnom rastojanju. Dubina drenaže zavisi od stratigrafije i veličine hidrauličkog pritiska. Ovo je ograničeno dubinom kolektora i glavnih drenažnih kanala, što opet zavisi od dispozicije drenažnog sistema, te metoda evakuacije drenažnih voda van branjenog područja.

Analizirajući vrednosti hidrauličkog konduktiviteta, propisani slojevi se nalaze na dubini 0-2,5m, 2,5 – 3,5 m, u nekim slučajevima čak i 5,0 m. Analiza drenažnog modula i fluktuacija nivoa podzemnih voda pokazuju, da je osnovno održavati hidraulički pritisak na 1,7 m, tako da je prosečna – minimalna dubina podzemne vode između 1,0 – 1,2 m, ispod površine zemljišta.

Na osnovu gornjih razmatranja, može se zaključiti, da bi dubina poljske drenaže bila 2,0 – 2,5 m.

Tab.4. Proračun drenažnog rastojanja i dubine za različite dubine podzemne vode
Tab. 4. Depth and drain spacing calculation for various ground water depths

Br. No.	Kolektor dren (stacionaža) Collector drain (stationary)	Klasa konduktiviteta po dubini (m) Conductivity class by depth (m)	USVOJENA ADOPTED		Primerba Note
			Dubina drena (m) Drain depth (m)	Rastojanje drena (m) Drain spacing (m)	
1	D-4-0-5 Lokacija 1 Site 1	B, C, A	2,20	60	Nepropusni sloj na 5 m Impervious layer at 5 m
	Lokacija 2 Site 2	C, A, B	2,20	75	
2	D-4-0-8 Lokacija 1 Site 1	B, C, C	2,20	60	,,
	Lokacija 2 Site 2	C, B, C	2,20	75	

Da bi se pojednostavila analiza i izbor drenažnog rastojanja i dubine za različite dubine podzemne vode, izrađeni su nomografi za različite kombinacije tj. hidrauličke uslove prvog i drugog propusnog sloja i sve klase hidrauličkog konduktiviteta. Proračun je izvršen za vrednosti drenažnog hidromodula $q = 0,002$ m/dan i $u = 0,16$ m.

Na osnovu karte hidrauličkog konduktiviteta i nomografa, analizirano je nekoliko otvorenih kolektora, a na bazi usvojene dubine i rastojanja (položaja drenažnih izliva u njima), dimenzije drenažne mreže sistema u celini.

Radi boljeg razumevanja gornje diskusije, daje se tabelarni primer analize i proračuna za jednu užu lokaciju kao reprezentativnu (tab. 4.).

4. ZAKLJUČAK

Poljska merenja hidrauličkog konduktiviteta K , urađena su standardnom Augher-hole metodom u saturisanom zemljištu ispod nivoa podzemne vode, za dubine podzemne vode: 0-2,5 m (K_1), 2,5-3,5 (K_2) i 3,5-5,0 (K_3).

Proračun drenažnog rastojanja urađen je na osnovu karte hidrauličkog konduktiviteta, gde su vrednosti K svrstane u klasa:

A manje od 0,5 m/dan; B od 0,5-1,0 m/dan; C od 1,0-2,0 m/dan; D od 2,0-4,0 m/dane; E više od 4,0 m/dan.

Hidromodul drenaže, sračunat je na osnovu ukupnih irigacionih zahteva kultura i to po idealnom hektaru, kao i lucerku, kulturu sa najrazvijenijim korenovim sistemom. Sračunata vrednost je $q = 2$ mm/dan.

Koristeći modifikovanu Houghouth-Ernt jednačinu, usvojena drenažna rastojanja su: 45 m, 60 m, 75 m, 90 m, 105 m i 120 m, dok je prosečna dubina ukopane-poljske-cevne drenaže 2,3 m.

Dobijeni rezultati drenažnih hidromodula, korišćeni su za dimenzionisanje kolektorske mreže sa drenažnim izlivima, kao i drenažnog sistema u celini.

5. LITERATURA

- [1]. Beltron, J.J.: Drainage and Reclamation of Salt affected Soils of Rardenas area. International Institute for Land Reclamation, Wageningen, 1978.
- [2]. James.N.Luthin.: Drainage Engineering, Robert E. Krieger Publication Comp.Huntington,N.Y.,1973.
- [3]. Blaney, H.F. I Criddle, W. D.: Determining consumptive use and irrigation water requirements USDA (ARS) Tech.Bull. 1275, 59p, 1962.
- [4]. Christianser, J.E.: Ground-Water Studies in Relation to Drainage. Agr.Eng., Vol.24.1943.
- [5]. Ćirić, M.: Pedologija, Svjetlost, Sarajevo, 1991.
- [6]. Dieleman, P.J.: Reclamation of salt effected soils in Iraq . Internat. Inst.for Land reclamation and Improvement, Wageningen, 175p, 1973.
- [7]. FAO – Drainage of Salty Soils. Paper N° 16, Rome, 1973.
- [8]. FAO/UNESCO- Irrigation, Drainage and Salinity. An International Source book, Hutchinson, 1973.
- [9]. Irrigation Water Requirements, USDA Technical Realise co. 21 of Soil Conservation Service, U.S. Dept.of Agriculture, 1970.

ANALYSIS OF DRAINAGE CRITERIA AS A BASIS FOR LAND RECLAMATION OF ANIZOTROPIC SOILS IN ARID REGIONS

Branislav Žeželj¹, Petar Sekulić², Zdravko Hojka³, Jordana Ninkov²

SUMMARY

This study gives a detailed analysis of parameters for determination of basic criteria for field-pipe drainage, since desalinisation (Land Reclamation) and amelioration of degraded saline soils and its control require the existence of adequate ground drainage.

For the purposes of drainage, pedological study was conducted and hydraulic conductivity measured in the selected horizons. Field measurements used standard augerhole method in saturated soil extract, below ground water level, for various depths to 5 m. For layers above ground water level and below it (if it was below drill depth), K-values were calculated based on: soil texture, average conductivity, via infiltration test, average filtration coefficient (100 ccm Kopecki), inverse augerhole method, while K-values for horizons of 0-2.5 and 2.5-3.5 were calculated based on the concept of transmissibility. The map of hydraulic conductivity was produced as the final result of the study, based on measured and estimated-calculated values. K-values (m/day) were classified into percentage categories (from 0.5 to > 4.0 m/day). Since soil desalinisation has three phases (initial leaching, reclamation-transitional production of tolerant crops, and regular crop production), it is clear that the drainage systems are projected for the third phase, therefore drainage quantities are defined as those that need to go through the drainage system in a given time in a given period, in order to maintain the rhizosphere salinity at the desired level. Drainage water quantity is the same as added water quantity (leaching requirements) in order to maintain the desired salinity level (4 mmhos/cm), with 25-30% of the gross irrigation requirements.

Based on the gross irrigation and drainage requirements, the drainage hydromodule was determined at $q = 2$ mm/day.

Important factors for subsurface-pipe drainage are depth and oscillations of ground water level in the growing period, or the minimum depth, which determines the aeration value and development of plant rhizosphere. The analysis verified that the drainage system designed for permanent requirements in the regular production phase can satisfy temporary drainage requirements at the initial leaching phase.

Finally, field drainage depth must be higher than minimum depth of ground water, so that hydraulic head is provided which causes movement of ground water towards the drain. Adopted field drain depth is 2.0-2.5 m.

As the final result of the applied methods, and based on hydro-pedological soil properties and their analyses, the modified Hooghoudt-Ernst equation was used to calculate field drain spacing. By using the aforementioned calculation method, the drainage spacing is adopted as follows: 45 m, 60 m, 75 m, 90 m, 105 m, and 120 m, while average drainage depth is 2.3 m.

Key words: hydraulic conductivity, field drainage, infiltration, transmissibility, drainage, desalinisation.