

UDK 630* 233

UTICAJ UGLA NAGIBA KOSNIH POVRŠINA DEPONIJE PEPELA NA STABILNOST
KOSINA I USPEH REKULTIVACIJE*

Radoslav FILIPOVIĆ¹, Ratimir ČMILJANIĆ², Ljubiša NEŠIĆ³,
Stevan SIMIĆ⁴, Mihajlo DJOKIĆ⁵

IZVOD

U ovom radu su razmatrane kose površine deponije pepela u Junkovcu (Kolubara) i mogućnosti njegove biološke rekultivacije. Pepero je prikazan kao substrat u glavnim komponentama: hemijski sastav, granulometrijski sastav, aerozagadjenje pepelom pri blagim strujanjima vazduha, erodibilnost pepela sa kosih površina, kao i postavljanje repera.

ABSTRACT

The effect of the angle of incline of sloping surfaces of ash deposits on the stability of the slopes and the success of recultivation.

The inclined ash deposits in Junkovac (Kolubara) and the possibilities of their biological recultivation have been considered in this paper. Ash was presented as the substrate in the main components, namely, the following was given: chemical composition, granulometric composition, air pollution by ash at slight air currents, erodability of ash from the inclined surfaces, and the placing of fixed reference points.

*Ova istraživanja finansirali su TE "Kolubara", Veliki Crljani, i Regionalna zajednica nauke, Beograd.

¹viši naučni saradnik, dr.polj.n., dipl. fiz. hem., INEP, Zemun

²naučni saradnik, dr. polj. n., dipl. ing. agr., INEP, Zemun

³naučni saradnik, mr.zašt.živ.sred., dipl.ing.tehn., TE "Kolubara"

⁴naučni saradnik, dr.šum.n., dipl. ing. šum., INEP, Zemun

⁵asistent, dipl. ing. šum., INEP, Zemun

UVOD

Izučavanje ovih problema je od posebnog interesa za očuvanje životne sredine, a naročito za sprečavanje eolske (vazdušne) i vodne erozije. Hemijski sastav pepela je relativno promenljiv i orijentaciono se sastoji iz oksida: SiO_2 oko 57%, Al_2O_3 oko 28%, Fe_2O_3 oko 7%, CaO oko 4%, MgO oko 1% i drugi (pepeo uglja "Kolubare").

Ugalj pre korišćenja u TE se priprema (melje se) da aktivna površina čestica bude veća pri sagorevanju. Kao rezultat toga nastaju vrlo fine čestice pepela približno reda veličine (uglavnom) ispod $10 \cdot 10^{-6}$ m, a manji procenat (oko 20%) je veći. Pepeo (uglja "Kolubare") je izrazito rastresit materijal, jer nema minerala gline, organo-mineralne i organske vezivne komponente. Zato je slobodna površina pepela i pri malim vazдушnim strujanjima izvor znatnog aerzagadjenja i to naročito kada je pepeo suv, jer nema athezionih sila vode da u izvesnom stepenu vezuju čestice pepela.

U Junkovcu "Kolubari" formirana je deponija pepela (kupastog oblika - dužine 2 km) kipanjem pepela iz TE "Kolubara" vazdušno pomoću žičare. Posle završene eksploatacije konfiguracija deponije pepela je nešto izmenjena (od prvobitnog oblika), na taj način što je povećana površina platoa i smanjen nagib kosih površina deponije pepela u cilju bolje biološke rekultivacije. U mehaničkom pogledu kose površine deponije pepela treba posmatrati kao strme ravni, pa prema tome i rezultatu dejstvujućih sila, kao i ravnotežu sila (spoljne - zemlj. teža i unutrašnje - otpor i trenje), koje deluju na svako telo na strmoj ravni. Uslov ravnoteže između spoljnih i unutrašnjih sila postavio je Coulomb:

$$\tau \leq C + \sigma \tan \varphi$$

τ - smičući napon tla
 C - kohezija
 σ - normalni napon površine klizanja
 φ - ugao unutrašnjeg trenja

Ovaj rad treba shvatiti kao početak istraživanja gde su zahvaćeni neki aspekti ispitivanja stabilnosti kosina i mogućnosti biološke rekultivacije istih u zavisnosti od stepena nagiba kosih površina deponije pepela i izbora biopokrivača.

METOD RADA I MATERIJAL

Da bi se dobila predstava o veličini i distribuciji čestica pepela obradjen je granulometrijski sastav pepela, a što je veoma značajno sa aspekta aerzagadjenja. Granulometrijski sastav pepela je odredjen pomoću mikroskopske analize pepela, koji je bio razmućen u ksilolu (pri uyećanju od 250 puta), a na osnovu broja čestica po površini dobijen je odnos veličine čestica pepela izražen u procentima u μm . Greška pri ovom merenju je oko $\pm 10\%$ u odnosu na svaku granulaciju.

U skladu sa programom istraživanja u prvoj fazi (1979/80) izvršen je izbor četiri parcele različitog ugla nagiba na kosinama deponije pepela TE "Kolubara" u Junkovcu. Na svakoj određenoj parceli kose površine izvršeno je šest puta merenje na raznim tačkama da bi se pouzdanije odredio ugao (stepen) nagiba kose površine svake parcele veličine 30 x 20 m i dobivene su sledeće srednje vrednosti za svaku oglednu parcelu:

Parcela br. 1 = 63+5%
Parcela br. 2 = 36+3%
Parcela br. 3 = 69+3%
Parcela br. 4 = 27+3%

U prvoj fazi (1979/1980) izvršena je ručna setva smeše trava sa odgovarajućim tretmanom djubrenja. Pored toga izvršena je sadnja topola i bagrema sa rastojanjem medju sadnicama i redovima od 2 m. Pre setve i sadnje određene su agrohemijske osobine pepela u cilju izbora optimalnog tretmana djubrenja. Ukupni azot je određen po metodi Bremnera (1965), a pristupačni fosfor i kalijum su određeni po AL-metodi. Na parcelama br. 1 i 3 (sa velikim nagibom) postavljeni su pleteri sa medjurastojanjem od 5 m, u cilju sprečavanja klizanja slojeva pepela i erozije. U drugoj fazi (1980/1981) izvršena je dopunska setva trava i sadjenje sadnica bagrema i kiselog drveta sa odgovarajućim prihranjivanjem celog biopokrivača. Parcela br. 3 ima najveći nagib (69+3) kose površine, što je uslovalo klizanje slojeva pepela, veliku erodibilnost i odnošenje biljnog pokrivača. U cilju sprečavanja daljeg klizanja slojeva pepela u gornjem delu ove parcele postavljen je ojačan pleter od vrbovog kolja i grana, koje su se kasnije i primile. Pored ovih radova izvršena je i hidrotehnička zaštita cele kose strane deponije pepela u dužini od 2 km. Izvršeno je kopanje kanala u podnožju kose strane deponije pepela i postavljen je pleter prema kosini pepela, što je znatno ublažilo klizanje slojeva pepela (naročito kod parcela sa većim nagibom) i omogućilo razvitak biopokrivača.

U cilju praćenja erodibilnosti pepela sa oglednih parcela postavljeni su sakupljači erodiranog pepela u podnožju svake parcele. Sakupljači erodiranog pepela su bili od lima dužine 10 m. Izvršeno je merenje erodiranog pepela sa svake parcele, u vremenu intenzivnih padavina u trajanju od 3 meseca.

U drugoj fazi vršeno je košenje travnog pokrivača na oglednim parcelama i određen prinos suve mase (kg/m^2) kao i sadržaj pojedinih hranljivih materija u pokošenoj biomasi.

Pored pomenutih istraživanja u drugoj fazi rada postavljen je izvestan broj fiksnih repera na kosim površinama pepela i van njih na čvrstom terenu a u cilju osmatranja stabilnosti i konsolidacije kosih površina pepela.

REZULTATI I DISKUSIJA

Odredjeni granulometrijski sastav pomoću mikroskopske analize ima sledeće vrednosti za pojedine čestice ($\mu\text{m}=10^{-6}\text{ m}$) i njihovu distribuciju:

- čestice < 10 / μm \approx 80%
- čestice 10-20 / μm \approx 9%
- čestice 20-30 / μm \approx 6%
- čestice > 30 / μm \approx 5%

Dobijeni rezultati pokazuju da je najveći broj čestica pepela (80%) ispod 10 μm , što ukazuje na veliki sadržaj malih čestica pepela koje podležu aerodinamičkim strujanjima i pri malim vazдушnim kretanjima, a to dovodi do velikog aerozagadjenja okoline.

Rezultati o sadržaju pojedinih makroelemenata u pepelu neophodnih za ishranu biljaka pokazuju da je ukupni sadržaj azota (0,05%) nedovoljan za normalnu ishranu biljaka. Zbog toga je pored osnovnog đubrenja u toku setve trava vršeno i prihranjivanje (dva puta godišnje) azotnim đubrivima. Sadržaj lakopristupačnog fosfora je bio oko 6 mg P_2O_5 na 100 g pepela, što je ispod donje granice snabdjevenosti biljaka. Međutim, sadržaj lakopristupačnog kalijuma je visok i veći je od 30 mg K_2O na 100 g pepela. Prema tome, dodavanje ovog elementa putem đubrenja nije potrebno. Pored toga ispitivanja su pokazala da je povećan sadržaj nekih mikroelemenata kao što su: kobalt, molibden, bor, i dr.

Rezultati o prinosu biomase u I i II fazi istraživanja na oglednim parcelama prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Prinos₂ biomase u I i II fazi na oglednim parcelama u kg/m^2 .

Table 1. Yield of biomass on the₂ experimental plots during phases I and II in kg/m^2 .

Broj parcele Number of plot	Stepen nagiba Angle of incline o/o	Prinos biomase kg/m^2 Yield of biomass	
		I faza-Phase I	II faza-Phase II
1	63 \pm 5	0,42	0,63
2	36 \pm 3	0,98	1,15
3	69 \pm 3	0,55	0,70
4	27 \pm 3	1,38	1,98

Kao što se vidi iz prikazanih rezultata prinos biomase je bio uslovljen stepenom nagiba kosine. Naime, kod kosina sa većim nagibom nadjen je manji prinos biomase, odnosno pokrovnost je bila slabija, ali nije bila manja od 90%. Za razliku od ovih površina, površine sa manjim nagibom su dale veći prinos biomase i može se reći da je pokrovnost bila oko 100%.

Pored prinosa biomase odredjen je i sadržaj pojedinih hranljivih materija u biomasi (Tabela 2).

Izneti rezultati pokazuju da sadržaj pojedinih hranljivih materi-

ja u biomasi pokošenoj sa površine različitog stepena nagiba nije bio uslovljen stepenom nagiba. Naprotiv, moglo bi se reći da su ovi rezultati više uslovljeni botaničkim sastavom biomase koji se donekle razlikovao na ravnim i kosim površinama deponije pepela.

Tabela 2. Sadržaj pojedinih hranljivih materija i elemenata u travnom pokrivaču deponije pepela sa površina različitog ugla nagiba.

Table 2. The content of certain nutrient matters and elements in the grass covering the ash deposits of different angles of incline.

Hranljive materije u % suve materije Nutrient matter in % of dry matter	Broj parcele i stepen nagiba Number of plot and angle of incline		Ravan deo deponije Flat part of ash dep.
	1 (63+5)	4 (27+3)	
Vlaga - Moisture	6,90	7,30	8,71
Ukupni azot Total nitrogen	2,33	2,16	2,06
Neprot. azot Nonprot. nitrogen	0,58	0,57	0,48
Sirovi proteini Crude proteins	14,59	13,49	12,88
Sirova celuloza Crude cellulose	31,68	31,82	27,38
Pepeo - Ash	8,48	8,19	8,32
P ₂ O ₅	0,45	0,44	0,44
K	0,10	0,12	0,12

U ispitivanom periodu (dve godine) praćena je erodibilnost pepela na odabranim kosim površinama (parcelama). Kako je u prvoj godini ispitivanja i pored setve smeše trava i sadnje drveća kao i postavljanja pletera od vrbovog pruća zapažena nešto veća erodibilnost na površinama sa većim nagibom, preduzete su dopunske mere u smislu setve smeše trava i sadnje drveća kao i postavljanja pojačanog pletera na gornjoj ivici parcele i izgradnje hidrotehničkog regulacionog kanala u podnožju kosine sa pleterom prema kosini deponije.

U toku dve godine praćena je erodibilnost pepela sa odabranih kosih površina. Rezultati su izneti u tabeli 3.

Iz priloženih podataka se vidi da je utvrđena erodibilnost u direktnoj funkciji sa stepenom nagiba kose površine. Zatim, da su izvedene dopunske mere promenile napred navedene uslove i uslovile znatno manju erodibilnost pepela i što je najvažnije povećale stabilnost kosina i sprečile klizanje površinskih slojeva pepela. Pored pomenutih radova izvršena su ispitivanja stabilnosti i konsolidacije kosih površina pomoću postavljenih repere na kosim površinama pepela i van njih na stabilnom zemljištu. Reperi su postavljeni na sledećim kotama: R₁-124,31; R₂-124,21; R₃-125,66; R₄-124,19; R₅-123,34; R₆-123,71 mm. Postavljeni repere biće posmatrani u narednom periodu.

Tabela 3. Rezultati o erodibilnosti pepela sa površina različitog stepena nagiba.

Table 3. Ash erodability from surfaces of different angles of incline.

Broj parcele Number of plot	Stepen nagiba Angle of incline %	Erodirani pepeo Eroded ash mg/m ²	
		I faza - Phase I	II faza - Phase II
1	63±5	6,0	3,3
2	36±3	2,0	1,8
3	69±3	9,0	4,4
4	27±3	0,5	0,2

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih ispitivanja mogu se izvući sledeći zaključci:

- U pepelu uglja "Kolubare" najviše ima čestica manjih od 10 μm, odnosno oko 80%, što uslovljava znatno aerzagadjenje i erodibilnost.

- Pepeo uglja "Kolubare" je siromašan u pogledu sadržaja ukupnog azota i pristupačnog fosfora, dok je sadržaj pristupačnog kalijuma zadovoljavajući. Zbog toga je pored osnovnog đubrenja potrebno i prihranjivanje biljaka u toku vegetacionog perioda naročito azotom.

- Uspeh rekultivacije (pokrovnost biomasom) kosih površina deponije pepela zavisi u velikoj meri od stepena nagiba kosih površina. Ukoliko je stepen nagiba veći od 30%, a maksimalno 40%, moraju se preduzimati dopunske mere (pleteri od pruča) da bi se ovakve površine mogle rekultivisati (pokriti biomasom).

- Sadržaj pojedinih hranljivih materija u biomasi sa površina različitog stepena nagiba nije uslovljen stepenom nagiba površine, već botaničkim sastavom.

- Erodibilnost je uslovljena stepenom nagiba kosina i pokrovnošću biomasom. Površine koje nisu pokrivene biomasom podložne su velikoj erodibilnosti i aerzagadjenju okoline.

- Iz dobijenih rezultata osmatranjem pomoću repera zaključuje se o konsolidaciji i stabilnosti kosih površina.

THE EFFECT OF THE ANGLE OF INCLINE OF SLOPING SURFACES OF ASH DEPOSITS ON THE STABILITY OF THE SLOPES AND THE SUCCESS OF RECULTIVATION

R. Filipović, R. Cmiljanić, Lj. Nešić¹, S. Simić and Djokić M.

Institute for the Application of Nuclear Energy in Agriculture, Veterinary Medicine and Forestry, Zemun

¹Thermoelectric Power Plant, Veliki Crljani

SUMMARY

Experiments were performed on inclined ash deposits in Junkovac (near Lazarevac). The aim of the experiment was to establish the possibilities for biological recultivation of the ash and for the prevention of erosion and air pollution depending on the angle of incline of the slopes. Four plots of the following angle of incline were chosen: $\alpha_1=63\%$, $\alpha_2=36\%$, $\alpha_3=69\%$, $\alpha_4=27\%$. Blended grass was sown by hand and black locusts, poplars and trees of heaven were planted on the experimental plots.

The results obtained over a course of two years imply that it is possible to biologically recultivate inclined ash deposits and to prevent ash erosion and air pollution. It has also been established that the angle of incline of the slopes should not be greater than 40% in order to achieve successful recultivation, i.e. cover the slope with biomass.

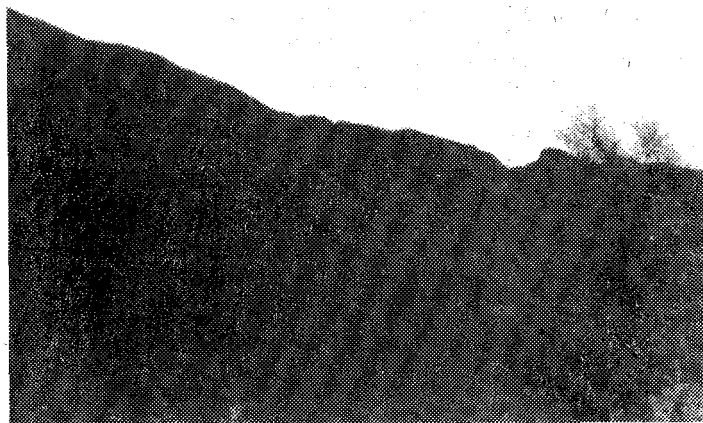
P R I L O G:



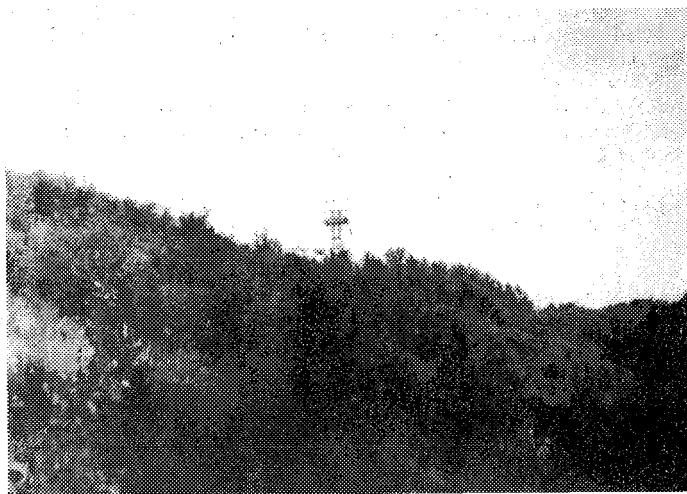
Sl. 1. Izgled kose površine deponije pepela pre rekultivacije.
Fig.1. Inclined ash deposit before recultivation.



Sl. 2. Izgled kose površine deponije pepela posle rekultivacije.
Fig.2. Inclined ash deposit after recultivation.



Sl. 3. Izgled kose površine deponije pepela pre rekultivacije.
Fig.3. Inclined ash deposit before reclamation.



Sl. 4. Izgled kose površine deponije pepela posle rekultivacije.
Fig.4. Inclined ash deposit after reclamation.

LITERATURA

Winteringham, P. and LaDonin, V. (1978): Agroecosystem-chemical interactions with particular references to nitrogen. FAO/IAEA Coordination Meeting. Piracicaha, Brazil.

FAO/UNEP (1978): Environmental chemicals: Criteria for the protection of non-human biota in the context of agriculture. Roma.

Filipović, R. (1980): Fertilizer-nitrogen residues: Useful conservation and pollutant potential under maize. Printed in "Soil Nitrogen as Fertilizer or Pollutant", IAEA, Vienna.

Resulović, H., Vlahinić, M. i Marušić, M. (1975): Neracionalno korišćenje poljoprivrednih zemljišta u nepoljoprivredne svrhe. Jugoslovenski simpozijum o racionalnom korišćenju zemljišta *Prilika*.

Filipović, R., Stojanović, D., Kotlajić, M. i Lazarević, M. (1980): Istraživanja na zemljištima oštećenim rudarskim radovima rudnika Kolubara u cilju izbora najpodesnijih kultura i optimalnih doza đubriva radi postizanja maksimalnih prinosa. Zemljište i biljka, vol. 29, no. 2, Seria A, Beograd.

Filipović, R., Čmiljanić, R., Nešić, Lj., Simić, S. i Djokić, M. (1981): Uticaj ugla nagiba kosih površina deponija pepela na stabilnost kosina i uspeh rekultivacije. Rad saopšten na IV Jugoslovenskom simpozijumu "Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite", 14-16 oktobar, Lipice.

Filipović, R., Simić, S. i Djuknić, P. (1981): Utvrdjivanje najpovoljnijih melioracija i navodnjavanja pepela za intenzivnu ratarSKU proizvodnju važnijih kultura. Saopšten na IV Jugoslovenskom simpozijumu "Oštećenje zemljišta i problemi njegove zaštite", 14-16 oktobar, Lipice.

Simić, S. et al. (1976): Rekultivacija zemljišta oštećenih rudarskim radovima i deponovanjem pepela termoelektrana. Studija za Združeno elektroprivredno preduzeće SRS.

Simić, S. i Filipović, R. (1976): Sanacioni program rekultivacije deponije pepela termoelektrane "Kolubara". Dokumentacija INEP-a i TE "Kolubara".

Simić, S., Filipović, R. i Lazarević, M. (1980): Mogućnosti proizvodnje sadnica topole i tamariksa na deponijama pepela uz istovremenu zaštitu deponije. Zemljište i biljka, vol. 29, no 2, Seria A, Beograd.

Bremner, J. M. (1965): Chemical and Microbiological Properties. Part 2. In: Methods of Soil Analysis (Black, C. A. et al., eds), Am. Soc. Agric., Madison.

Fried, M. and Rean, L.A. (1953): A concept concerning the measurement of available soil nutrient. Soil Sci. 73, 263.