

UDK 631.879

MOŽNOSTI GNOJENJA Z INDUSTRIJSKIMI IN KOMUNALNIMI  
ODPADKI V KMETIJSKI PROIZVODNJI

Franc Lobnik<sup>x</sup>, Janez Štupar<sup>xx</sup>, Peter Stegnar<sup>xx</sup>

POVZETEK

V delu so opisani kriteriji za oceno vrednosti komunalnih in industrijskih odpadkov za uporabo v kmetijstvu. Poleg hranilnih vrednosti je vsebnost toksičnih elementov največkrat najpomembnejši kriterij, ki omejuje uporabo teh odpadkov kot gonjilo. V tej študiji je obravnavano blato iz Domžaleske čistilne naprave. Ugotovljene so prekomerne količine kroma, živega srebra in cinka v blatu, kar omejuje njegovo uporabo v kmetijstvu. Podane so druge možnosti tretiranja in odlaganja blata.

POSSIBILITIES OF THE USE OF EFFLUENTS AND SEWAGE SLUDGE AS  
FERTILIZERS IN AGRICULTURE

SUMMARY

The quality of effluents and sewage sludge from the point of view of their agricultural use is considered. In addition to nutrients, toxic elements are most frequently the decisive factor limiting the land application of these waste materials. In this study, sewage sludge from the Domžale waste water treatment plant is considered and its nutrient as well as toxic characteristics are evaluated. Excessively high levels of chromium, mercury and zinc were found, which excluded the use of this sludge in agriculture. The possibilities of alternative sewage sludge treatment and its disposal are also discussed.

<sup>x</sup>VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo,  
Ljubljana

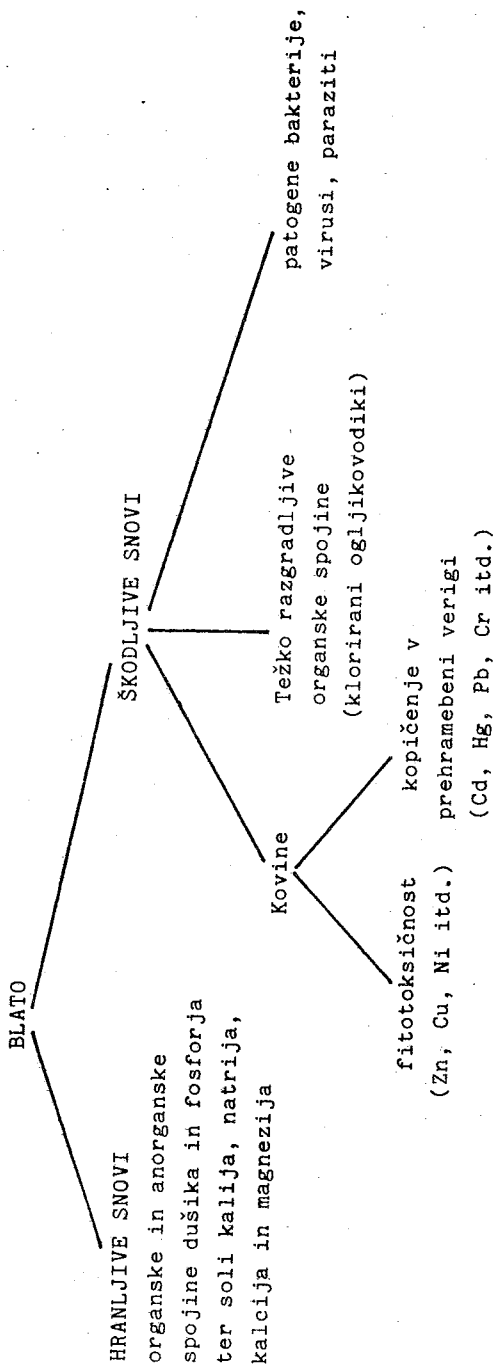
<sup>xx</sup>Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja,  
Ljubljana

## UVOD

Komunalni odpadki, mestne smeti ter nekateri industrijski odpadki so v bivalnih in industrijskih okoliših nujno zlo, ki ga moramo reševati kljub zahtevnim finančnim sredstvom. Način odstranjevanja in eventualnega izkoriščanja odpadkov je lahko različne in je mnogokrat odvisen od lokalnih specifičnosti.

Tako se pojavlja blato kot stranski produkt pri čiščenju komunalnih in industrijskih odplak. Zaradi naraščajočega števila čistilnih naprav je blata vse več in pojavlja se vprašanje deponiranja. Raziskave v svetu<sup>(1,2,3)</sup> so pokazale, da je najbolj ekonomična rešitev problema v uporabi blata kot gnojila v kmetijske namene. Blato iz čistilnih naprav ima namreč zaradi visokega odstotka dušika, fosforja in drugih rastlinam potrebnih elementov dobre hranilne sposobnosti. Seveda pa tako blato ne sme vsebovati prevelikih množin toksičnih elementov, težko razgradljivih organskih spojin in patogenih bakterij. Shematski prikaz sestavin pregnitega blata je podan na sliki 1. Pri nanosu blata na površino tal se strupene snovi v zemlji vežejo odkoder se s padavinami izpirajo v podtalnico, dostopne pa postanejo tudi rastlinam, preko njih pa ogrožajo zdravje ljudi. Vsebnost toksičnih elementov v blatu čistilne naprave je v večini primerov najpomembnejši kriterij za oceno kvalitete blata s stališča njegove uporabe v kmetijstvu. V primeru, ko so koncentracije le-teh v blatu previsoke, je edina alternativna možnost odlaganje blata v morje (za čistilne naprave ob morju) oziroma sežig in odlaganje v jame. Pri tem je seveda potrebna izbira take lokacije, da ne bi bilo ogroženo zdravje ljudi in živali (voda).

Tipična elementarna sestava blata iz čistilnih naprav v ZDA (povprečje 200 vzorcev) je prikazana v tabeli 1<sup>(1)</sup>.



Slika 1: Shematični prikaz sestavin pregnitega blata gledano s stališča uporabe v kmetijstvu

Tabela 1: Sestava blata iz čistilnih naprav v ZDA  
(toksični elementi) v  $\mu\text{g/g}^x$

Element	minimum	maximum	median
Zn	101	27800	1740
Cu	84	10400	850
Ni	2	3515	82
Cr	10	99000	890
Mn	18	7100	260
Cd	3	3410	16
Pb	13	19730	500
Hg	1	10600	5
Co	1	18	4
Mo	5	39	30
Ba	21	8980	162
As	6	230	10
B	4	757	33

Sestava blata iz čistilnih naprav v ZDA  
(glavne komponente v  $\%$ )<sup>x</sup>

Element		minimum	maximum	median
Ogljik	organski	6,5	- 48,0	30,4
	anorganski	0,3	- 4,0	1,4
Dušik	organski	0,2	- 9,6	2,3
	anorganski	0,2	- 7,2	1,1
Fosfor	organski	0,1	- 11,9	0,7
	anorganski	0,1	- 2,4	1,6
Žveplo		0,6	- 1,5	1,1
Kalcij		0,10	- 25,0	3,9
Magnezij		0,03	- 2,0	0,4
Aluminij		0,10	- 13,5	0,4
Železo		0,10	- 15,3	1,1
Kalij		0,02	- 2,6	0,3
Natrij		0,02	- 3,1	0,2

<sup>x</sup> računano na suho snov

Kot toksične elemente v splošnem smatramo tiste, ki imajo veliko afiniteto tvorbe kompleksov oziroma kelatov s skupinami (na primer thiolna skupina), ki sestavljajo biološke molekule. Relativna toksičnost posameznih elementov je direktno proporcionalna njihovi afiniteti do tvorbe takih spojin. Te povzročajo razne motnje oziroma spremembe v metabolismmu in delovanju posameznih encimov. V to skupino sodijo elementi: Cd, Hg, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Ag, V, Zn, Al, Sb, As, Pb, Se in Sn. Zaradi tega so države, kjer se blato iz čistilnih naprav že nekaj časa uporablja v kmetijske namene predpisale ustrezne norme o zgornjih dopustnih koncentracijah nekaterih od naštetih elementov. Le te so odvisne od množine uporabljenega blata (t/ha leto), od vrste zemlje (kationska izmenjalna kapaciteta) in vrste pridelkov, ki jih na teh površinah gojimo (trava, pašniki, poljščine in intenzivne kmetijske kulture). Večina držav je tu postopala zelo rigorozno, saj bi eventualno večje nakopičenje toksičnih kovin v tleh imelo trajne in nepopravljive posledice. V tabeli 2 so zbrane maksimalne dopustne koncentracije nekaterih toksičnih elementov v blatu, ki ga lahko uporabljajo kot gnojilo na Nizozemskem, v Zahodni Nemčiji in nekaterih Skandinavskih državah pri letni porabi 1-4 tone/ha<sup>(4,5)</sup>.

Tabela 2: Maksimalno dovoljene koncentracije (kg/t)<sup>x</sup> nekaterih toksičnih elementov v blatu, namenjenem za uporabo v kmetijstvu

Država	Zn	Pb	Cu	Cr	Ni	Hg	Cd	As
Nizozemska	2,0	0,5	0,6	0,5	0,1	0,01	0,01	0,01
Z.Nemčija	3,0	1,2	1,2	1,2	0,2	0,025	0,03	-

<sup>x</sup> računano na suho snov

Predmet opisane raziskave je ovrednotenje blata Domžalske čistilne naprave s stališča njegove uporabe v kmetijstvu. Ker je to pri nas prva taka študija, je njen pomen toliko večji in zahteva vso pozornost in razumevanje.

### Rezultati in diskusija

Primarna naloga je bila ugotovitev toksičnih sestavin blata. Za določanje koncentracije toksičnih elementov smo uporabili sodobne analitske metode, kot so AAS<sup>(6,7)</sup> (atomska absorpcijska spektroskopija) in NAA (nevtronska aktivacijska analiza). Vzorce blata smo vzeli iz silosov čistilne naprave v Domžalah večkrat v daljšem časovnem razdobju. Blato je bilo pred odvzemom iz silosa premešano. V takem stanju vsebuje od 3-9 % suhe snovi. Določali smo 16 elementov, katerih vsebnosti so podane v tabeli 3.

Tabela 3: Sestava blata iz čistilne naprave Domžale  
(toksični elementi v  $\mu\text{g/g}$ )

Element	minimum	maksimum	f
Zn	5120	12000	3,2
Cu	230	340	0,33
Ni	150	250	1,1
Cr	8800	14620	13,8
Mn	1100	2086	-
Cd	4	8	0,37
Pb	564	803	0,75
Hg	128	172	8,5
Co	12	22	-
Ba	286	310	-
As	10	12	1,1

f = razmerje dejanske in dovoljene koncentracije elementa v blatu računano na suho snov

Poleg toksičnih elementov smo v blatu določili tudi vsebnost glavnih hranljivih komponent za kar smo uporabili standardne metode, ki se uporabljajo v kmetijskih laboratorijih za preiskavo vzorcev tal, gnojil itd. Rezultati so prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: Sestava blata (suha snov) iz čistilne naprave Domžale (koristna hranila v %)

štev. vzorca	%N <sub>2</sub>	%P	%K	%Na	%s.sn.	žaro-izguba	% net. ost.
1	11,85	0,87	1,75	3,83	8,97	40,71	13,07
2	10,14	1,14	2,42	6,19	4,54	44,12	4,33

Rezultati analize kažejo, da so omenjeni elementi v blatu prisotni večinoma v težko topni obliki, vendar se pri pogojih v tleh (redukcijsko-oksidacijski procesi) lahko pretvorijo v rastlinam dostopno obliko. Primerjava vrednosti v tabelah 3 in 2 pokaže, da koncentracije nekaterih toksičnih elementov v blatu čistilne naprave Domžale znatno presegajo mednarodno dogovorjene vrednosti. Iz tabele 3 je razvidno, da so koncentracije Hg in Cr v blatu kar za red velikosti (10x) nad dovoljenimi mejami, pa tudi vsebnost Zn je mnogo previsoka (faktor 3). Koncentracije Pb, Ni in As so še v mejah dovoljenega, medtem ko Cu in Cd trenutno še ne predstavljata posebne nevarnosti.

Ugotovitev, ki iz omenjene preiskave sledi je, da blato v sedanjem stanju ni primerno za uporabo v kmetijstvu ne glede na rezultate bakteriološke preiskave.

Nadaljnja raziskava vzrokov prekomernega onesnaženja blata čistilne naprave v Domžalah je pokazala na malomaren odnos nekaterih naših industrijskih obratov (Lek - Hg, Titan - Zn, Utok - Cr) do čiščenja lastnih industrijskih odpadnih vod.

Na osnovi omenjene študije so bile določene smernice za nadaljnja dela in sicer:

- 1) Preureditev in optimizacija delovanja čistilnih naprav v omenjenih industrijskih obratih
- 2) Ponovna kontrola blata
- 3) V kolikor blato tudi potem ne bi ustrezalo kriterijem, ki dovoljujejo uporabo v kmetijstvu, bo potrebno iskati primerno zaščiteno deponijo.

Ugotovitve pri opisani raziskavi nas vodijo k naslednjim možnim rešitvam:

#### 1. Sanacija pri polutantu (reciklacija):

V primeru oporečnosti blata v čistilni napravi, je potrebno ugotoviti vir polucije ter pri polutantu zagotoviti sanacijo. Zagotovitev kvalitetnega predčiščenja oziroma reciklacije, ter odgovornost in disciplina priključnikov na čistilno napravo je bistvenega pomena za nemoteno delovanje naprave. V Domžalah so priključeni najmanj trije polutanti, ki onesnažujejo blato s Hg, Cr in Zn do take mere, da blato ni primerno kot gnojilo v kmetijski proizvodnji.

#### 2. Izločitev polutanta:

Ko ni mogoče zagotoviti sanacije pri polutantu ali izboljšati predčiščenja, moramo takšne polutante izključiti iz kroga uporabnikov čistilne naprave. Strošek deponiranja oziroma izvedba drugih primernih ukrepov je mnogo manjši pri polutantu kot v čistilni napravi.



### 3. Deponiranje blata iz ČN (dehidracija, sežiganje):

Ko polucija doseže čistilno napravo (neučinkovito predčiščenje, slaba kontrola, malomarnost pri priključniku) je kontaminirano več tisoč m<sup>3</sup> blata, ki je nekoristno za kmetijsko proizvodnjo. V tem primeru je potrebno poskrbeti za ustrezno deponijo takšnega blata, ob predhodnem zmanjšanju volumna (dehidracija, sežiganje). Na tih deponijah, ki morajo biti izbrana na nepropustnih zemljiščih, zagotovimo ustrezne varnostne ukrepe.

Mnogo strokovnjakov si postavlja vprašanje ali je sploh umestno uporabljati blato iz čistilnih naprav v kmetijstvu.

Reith (1969) ugotavlja, da doživlja vsebnost mikroelementov v tleh dva trenda. V kmetijskih področjih se delež kovin v tleh zmanjšuje zaradi intenzivne kmetijske proizvodnje. V urbanih področjih pa se delež nekaterih mikroelementov močno zvišuje zaradi onesnaževanja okolja.

Srednje vrednosti dostopnih elementov v sledovih (ppm) v tleh kmetijskih rajonov in urbanih področjih (David Purves 1977)

Tla	Vodotopen B	EDTA Cu	Ekstr. v Pb	očetni Zn	Cd	Celokupni Hg
Kmetijska področja	0,07	2,3	0,7	2,9	0,13	0,11
Urbana področja	1,81	15,8	11,2	52,4	0,31	0,64

Tla, ki jih gnojijo z blatom iz čistilnih naprav pa dosega tudi do 77,6 ppm Zn in 34,7 ppm Cu in več. Za primer navajamo podatke Pattersona (1966), ko so v Somersetu (Anglija) gnojili z 8 tonami blata letno v obdobju 30 let. Tla vsebujejo 1000 ppm Zn in 1500 ppm svineca, vegetacija pa kaže mnoge znake toksičnosti. Ponavljajoče gnojenje z oporečnim blatom povzroči

trajno toksičnost tal in predstavlja v prehranski verigi veliko nevarnost. Predvsem svinec, nikelj, kadmij in živo srebro v tleh lahko porušijo ali preprečujejo nekatere biokemične reakcije v rastlinah, živalih in človeku.

Vse rastline ne sprejemajo enakih količin mikroelementov. Sprejem je odvisen od vrste poljščine in fizikalno kemičnih procesov v tleh (težka glinasta tla, lahka peščena tla) in od oksidacijskega stanja elementov v tleh in njihove vezave z drugimi. Večina rastlin sprejema omejene količine bakra in ni nujno, da se s povečanjem celokupnega bakra in cinka proporcionalno povečuje sprejem v rastlinah. Za bor in cink pa je značilno, da ga rastline sprejemajo v znatno večjih količinah. Pri tem velja poudariti, da se cink akumulira predvsem v zelenih delih rastlin in ga je v zrnju (koruza) in gomoljih (krompir) manj.

Veliko nevarnost predstavljajo poljščine, ki se zelene uporabljajo v prehrani človeka (zelje, ohrovt, radič itd.)

## ZAKLJUČKI

1. Pomembno je, da uporabljamo v kmetijstvu kot gnojilo samo kemijsko in sanitarno neoporečne odpadke.
2. Blato je najprimerneje uporabljati na specializiranih posestvih, ki imajo dovolj strokovnega kadra ter pridelujejo poljščine, ki se ne uporabljajo v direktni prehrani človeka ter industrijske rastline. Blato se lahko uporablja še za gnojenje gozdnih drevesnic in gozdov.
3. Blato iz čistilnih naprav mora imeti ustrezeni atest, ugotovljeno hranilno vrednost in prikazane eventualne nevarnosti za tla, rastline in človeka.
4. Z ustreznimi zakoni in odloki je treba precizirati način rabe in kontrole odpadnega blata ter kvalitete pridelkov.
5. Predvsem pa je potrebno zagotoviti dobro predčiščenje v industriji, za nevarne odpadke pa zagotoviti ustrezna odlagališča oziroma reciklacijo.

## LITERATURA

- (1) R.H.Dowdy, R.E.Larson and E.Epstein, Sewage sludge and effluent use in agriculture, EAS-Seminar "Agricultural use of sewage sludge", Basel, 24-26 September, 1980, str.138.
- (2) L.M. Walsh, M.E.Sumner and R.B.Corey, Consideration of soils for accepting plant nutrients and potentially toxic nonessential elements, Basel, 24-26 September 1980.
- (3) R.M. Sterritt and J.N.Lester, The value of sewage sludge to agriculture and effects of the agricultural use of sludges contaminated with toxic elements, The Science of the Total Environment 16, 55 (1980).
- (4) T.W.G. Hucker, United Kingdom guidelines on the disposal of sewage sludge, EAS-Seminar "Agricultural use of sewage sludge", Basel, 24-26 September 1980, str. 1.4-1.
- (5) Ir.H.M.J.Scheltinga, Basic principles in the Netherlands, EAS-Seminar "Agricultural use of sewage sludge", Basel, 24-26 September 1980, str. 1.3-1.
- (6) K.C.Thompson and K.Wagstaff, Simplified method for the determination of cadmium, chromium, copper, nickel and zinc in sewage sludge using atomic-absorption spectrophotometry, Analyst, Sept. 1980, Vol.105, str.883-896.
- (7) G.E.P.Elliot, B.W.Marshall and A.C.Smith, Aspects of the analysis of selenium in water treatment wastes, Anal.Proc. February 1981, 64-67.
- (8) J.W.S.Reith, Soil factors influencing the trace element content of herbage, Proceedings of WAAP/IBP International Symposium, Aberdeen, Scotland, pp.410-412, 1969.
- (9) D.Purvis, Contamination of soil and food by toxic elements waterwater renovation and reuse, New York, 1977.
- (10) J.B.E.Patterson, Metal toxicities arising from industry, NAAS "Open Conference of soil scientists, MAFF, SC/O/89, London, 1966.