

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW NA UŻYTKACH ZIELONYCH

*Józef Boćko*Instytut Melioracji Rolnych i Leśnych
Akademii Rolniczej we Wrocławiu

W Polsce jest produkowanych przeszło 11 mld m³ ścieków* rocznie, co stanowi ponad 20⁰/o całego odpływu w roku normalnym, a w roku suchym przekracza 30⁰/o. W rejonach bardziej uprzemysłowionych naszego kraju stosunek ten jest jeszcze bardziej niekorzystny, a w wielu przypadkach np. na Górnym Śląsku, Łódzkim Okręgu Przemysłowym ścieki przeważają nad naturalnym zasilaniem wód płynących. Szczególnie krytyczna sytuacja powstaje w czasie niżówek, gdy praktycznie rzekami płyną same ścieki. Mało już jest czystych rzek w Polsce, których woda nadawałaby się do zaopatrzenia ludności i przemysłu. Również źródła wód wglębnych ulegają ograniczeniu z powodu ich wyczerpania. Kraj nasz stoi przed rosnącym deficytem wody, szczególnie wody czystej.

W związku z intensyfikacją rolnictwa wzrastają potrzeby wodne, przede wszystkim do nawodnień użytków zielonych. Mimo wprowadzenia do płodozmianów roślin pastewnych w uprawie polowej rola trwałych użytków zielonych w bilansie paszowym nie maleje. Wynika to nie tylko z rosnących potrzeb paszy dla rozwijającej się hodowli bydła. Czynniki podnoszące plonowanie roślin na trwałych użytkach zielonych (nawożenie, zabiegi pielęgnacyjne) w mniejszym stopniu zagrażają zachowaniu równowagi środowiska przyrodniczego niż na gruntach ornym [11]. Dzięki właściwościom trwałych użytków zielonych mogą one również poprzez nawodnienie zużytymi wodami odegrać poważną rolę w oczyszczaniu ścieków, a więc w ochronie wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem. Jak wiadomo oczyszczanie ścieków na sztucznej oczyszczalni biologicznej sprowadza się zasadniczo do ich mineralizacji. Miernikiem sprawności sztucznych oczyszczalni biologicznych jest redukcja biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT). Pozostające w ściekach składniki biogenne, głównie azot i fosfor, odprowadzane do wód powierzchniowych powodują ich eutrofizację, ze wszystkimi skutkami zanieczyszczenia wtórnego. W

* Ilość odnosi się do 1975 r.

miarę wzrostu ilości ścieków i ich stężenia, coraz groźniejszy staje się proces eutrofizacji wód powierzchniowych. Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowym, a szczególnie na użytkach zielonych w dużym stopniu ogranicza eutrofizację wód. Należy tutaj dodać, że wzrost poziomu nawożenia mineralnego gleb przyczynia się również w określonym stopniu do zanieczyszczenia wód [11]. Dlatego też wykorzystanie siły nawozowej ścieków w produkcji roślinnej, ogranicza potrzebę stosowania nawozów sztucznych, a więc także pośrednio przyczynia się do ochrony wód przed zanieczyszczeniem.

MOŻLIWOŚĆ OCZYSZCZANIA POSZCZEGÓLNYCH RODZAJÓW ŚCIEKÓW NA TRWAŁYCH UŻYTKACH ZIELONYCH

Pod względem przydatności do nawodnień rolniczych wody zużyte można podzielić na 3 grupy:

- ścieki żyźne,
- ścieki ubogie w składniki nawozowe, ale zawierające wysoki ładunek substancji organicznej (BZT),
- ścieki toksyczne

W skład pierwszej grupy wchodzi ścieki miejskie, przemysłu rolno-spożywczego i gnojowica. W zasadzie na nawodnienie ściekami z pierwszej grupy reagują dodatnio wszystkie rośliny uprawne. Jednakże użytki zielone w porównaniu do roślin w uprawie polowej odznaczają się nie tylko wysokim współczynnikiem wykorzystania siły nawozowej, ale są przy tym mniej wrażliwe na nie w pełni zrównoważony wzajemny stosunek składników pokarmowych dostarczonych w ściekach do gleby. Np. nadmiar azotu doprowadzony na trwałe użytki zielone nie jest groźny, ale w przypadku zbóż powodując wyleganie, może przyczynić się do całkowitego zniszczenia plonu ziarna. Ścieki pierwszej grupy w większości posiadają nadmiar potasu i azotu w stosunku do fosforu, co właśnie predysponuje je do nawożenia użytków zielonych. W miarę obciążenia ściekami wzrastają do pewnej granicy plony i równocześnie zmienia się skład chemiczny roślin [2, 13, 14, 16, 19, 21, 27, 29]. Zwiększa się zawartość białka ogólnego, którego ilość dochodzić może w młodym poroście do 28% w suchej masie. W ogólnej ocenie jest to zjawisko korzystne ponieważ pobieranie dużej ilości azotu z gleby przyspiesza jej samooczyszczenie i równocześnie daje zbiory białka ogólnego przekraczające niekiedy 2 tony/ha. Przy wysokiej zawartości białka w roślinie gromadzą się równocześnie mineralne formy azotu w postaci azotanów, które jeśli występują w większej ilości w paszy są trujące dla zwierząt [13, 14]. Zjawisko to jednak występuje jeszcze w większym stopniu przy nawożeniu azotowym mineralnym. Przy nawożeniu ściekami bogatymi w potas (roszarni-

cze, krochmalnicze, drożdżownicze i gorzelni melasowych) poważnym problemem jest nadmierne gromadzenie potasu w roślinach, którego ilość może przekraczać nawet 5⁰/₀ K₂O w przeliczeniu na suchą masę plonu. Równocześnie stwierdzono w tych roślinach niedostatek fosforu, wapnia i magnezu. Badania wykazały, że wapnowanie gleby nie wywiera istotnego wpływu na zawartość wapnia w roślinach [5, 27]. Zjawisko to tłumaczy się intensywnym pobieraniem azotu i potasu przez rośliny w młodym wieku fizjologicznym, a więc i dużym przyrostem masy plonu przy nie nadążaniu pobierania wapnia i magnezu z gleby.

Większe efekty nawodnień ściekami użytków zielonych w porównaniu do roślin polowych wynikają także z tego, że trawy posiadają zdolność pobierania azotu z gleby obok azotanowej także w postaci amonowej. W ściekach miejskich niezmineralizowanych w ogólnej ilości azotu w przybliżeniu połowa jest związana w połączeniach organicznych, a druga połowa stanowi postać amoniakalną. Azotany praktycznie w ściekach surowych nie występują. Także w glebie nawadnianej ściekami ze względu na napięty bilans tlenowy wskutek dużego zużycia tlenu na procesy biochemiczne (mineralizacja zanieczyszczeń ścieków) są gorsze warunki powstawania azotanów w porównaniu do gleb nienawadnianych. A więc trawy, dzięki swej większej aktywności biologicznej w różnych warunkach ekologicznych, przyczyniają się do szybszego samooczyszczania się gleb nawadnianych ściekami niż rośliny w uprawie polowej.

W związku z budową dużych bezściólkowych ferm zwierząt domowych powstaje poważny problem sanitarny unieszkodliwienia gnojowicy. Gnojowica nie rozcieńczona posiada około 100 razy wyższe stężenie zanieczyszczeń od przeciętnych ścieków miejskich. Równocześnie gnojowica jest wszechstronnym pełnowartościowym, bogatym w składniki pokarmowe nawozem naturalnym. Stąd też niezależnie od stosowanych metod wstępnej jej obróbki właściwym miejscem oczyszczania gnojowicy może być tylko środowisko glebowe. Przemawiają za tym nie tylko względy ekonomiczne, ale przede wszystkim ekologiczne. Poza nielicznymi przyczynkami, dotychczas w Polsce badań nad oczyszczaniem gnojowicy w glebie nie prowadzono [15]. Wszystkie te problemy, które dotyczą ścieków miejskich i przemysłu rolno-spożywczego odnosić się będą również do gnojowicy, z tym jednak, że będą one zwielokrotnione. W badaniach nad rolniczą utylizacją gnojowicy powinien być uwzględniony sposób wstępnej jej obróbki. Np. licencja węgierska przewiduje przy oczyszczaniu wstępnym gnojowicy świńskiej stosowanie koagulatora siarczanu glinu, który jak wiadomo w środowisku kwaśnym jest związkiem toksycznym dla roślin. Należy sądzić, że użytki zielone powinny odegrać podstawową rolę w unieszkodliwianiu gnojowicy [15].

Ścieki grupy drugiej charakteryzują się znikomą zawartością skład-

ników nawozowych, ale równocześnie posiadają dużą ilość związków organicznych. Typowym przedstawicielem takich wód zużytych są ścieki fabryki płyt pilśniowych, które zawierają tylko od kilku do kilkunastu mg/l poszczególnych składników pokarmowych, ale BZT₅ tych ścieków przekracza 2000 mg O₂ [20]. Rolnictwo bezpośrednio nie jest zainteresowane przyjęciem tych ścieków, ponieważ z powodu szerokiego stosunku węgla do składników biogenych w tych ściekach, powodują one w glebie immobilizację składników pokarmowych, szczególnie azotu, z ujemnymi skutkami dla plonowania roślin [20]. Na trwałych użytkach zielonych przy równocześnie stosowanym intensywnym nawożeniu mineralnym zapewnia się dokładne oczyszczenie tych ścieków i odpowiednio wysokie plonowanie obiektu nawadnianego [20]. Należy tutaj zaznaczyć, że obecnie nie ma innej dokładniejszej metody oczyszczania tego rodzaju ścieków, poza oczywiście zmianą technologii produkcji.

Ścieki trzeciej grupy zawierają związki toksyczne produkowane głównie przez przemysł chemiczny, zasadniczo nie mogą być stosowane do nawodnień rolniczych, a powinny mieć opracowane własne technologie dostosowane do specyfiki rodzaju zanieczyszczeń. Niektóre jednak ścieki przemysłowe np. zawierają fenole i mogą być z dobrym skutkiem oczyszczone w środowisku glebowym. Przy nawadnianiu trwałych użytków zielonych ściekami zawierającymi fenol w stężeniu do 600 mg/l uzyskiwano odciek z głębokości 140 cm całkowicie pozbawiony tego szkodliwego związku [22]. Przeprowadzone badania wazonowe wykazały, że trawy są znacznie bardziej odporne na działanie toksyczne ścieków przemysłowych od roślin polowych [6]. Dla znalezienia pełnej odpowiedzi co do możliwości oczyszczania ścieków zawierających związki toksyczne poprzez nawadnianie poszczególnych użytków, są konieczne badania kompleksowe uwzględniające kumulację związków szkodliwych w glebie i jakość wyprodukowanych plonów na tych glebach.

CIĄGŁOŚĆ ODBIORU ŚCIEKÓW I DOKŁADNOŚĆ ICH OCZYSZCZANIA W GLEBIE

Główną przeszkodą szerokiego rozwoju rolniczego wykorzystania ścieków są trudności z zapewnieniem ciągłego odbioru ścieków przez rolnictwo. Na trwałych użytkach zielonych dzięki możliwości zastosowania zielonej taśmy jest znacznie łatwiejszy nieprzerwany odbiór wód zużytych niż przy nawadnianiu pozostałych użytków rolnych. Przy zainstalowaniu suszarni ciepłikowej do suszenia trawy i produkcji suszu, trwałe użytki zielone mogą zagwarantować przyjęcie wszystkich ścieków w ciągu całego okresu wegetacyjnego [17]. Np. na wrocławskich łąkach nawadnianych ściekami miejskimi koszenie traw rozpoczyna się w roku przecięt-

nym przy końcu kwietnia i trwa nieprzerwanie do połowy listopada. Przy czym zbiera się średnio 5 pokosów. Łąki te są wprost idealnym zapleczem surowcowym dla suszarni, ponieważ pozwalają na utrzymanie ciągłości ruchu suszarni przez około 7 miesięcy (wysoka efektywność ekonomiczna samej suszarni). Suszarnia ciepłikowa nie tylko ułatwia pośrednio ciągły odbiór ścieków, ale dzięki uzyskaniu znacznie wyższych zbiorów masy plonu, szczególnie białka na łąkach często nawadnianych, zwiększa przepustowość gleby jako oczyszczalni ścieków.

Dużo większe trudności odbioru ścieków przez obiekty nawadniane napotyka się w okresie pozawegetacyjnym. Ze względu na niską temperaturę otoczenia jest uciążliwa sama obsługa nawodnień. Trwałe użytki zielone jeszcze do niedawna w ogóle nie były brane pod uwagę przy planowaniu nawodnień zimowych, z obawy przed zniszczeniem roślinności. Rozpoczęte eksperymenty z nawodnieniem zimowym łąk obaliły ten pogląd. W nielicznych tylko przypadkach stwierdzono częściowe uszkodzenie roślin przez nawodnienia w okresie niskich temperatur [26]. W sumie jednak plony traw na łąkach nawadnianych zimą były zawsze wyższe niż na kwaterach kontrolnych [10, 24, 25, 26]. Przy tym jednak bezwzględnie musi być spełniony podstawowy warunek — nie można dopuścić do stagnacji ścieków na powierzchni łąki lub pastwiska, ponieważ grozi to całkowitym wyduszeniem roślinności. Z tego też powodu trwałe użytki zielone mogą być nawadniane ściekami w okresie zimy tylko na glebach dobrze odwodnionych i o dużej odciekalności, a więc na glebach lekkich o odpowiednio nisko położonym zwierciadle wody gruntowej. Biorąc pod uwagę, że do nawodnień ściekami, niezależnie od sposobu rolniczego użytkowania powinno się w pierwszym rzędzie przeznaczać gleby piaszczyste. Ten warunek w większości przypadków jest z reguły spełniony.

Trwałe użytki zielone, a szczególnie łąki kośne wymagają wyższego uwilgotnienia gleby niż rośliny na gruntach ornym. Przy tym roślinność łąkowa jest również stosunkowo najmniej wrażliwa na pewien nadmiar wilgoci w glebie. Tym samym łąki znoszą dość dobrze wysokie obciążenie hydrauliczne ściekami, dochodzące na glebach lekkich do kilku tysięcy mm rocznie, bez obawy zachwiania równowagi biologicznej gleby [7, 8, 10, 12, 25, 26, 29]. Rzutuje to na procesy oczyszczania ścieków w glebie i na wysokość plonowania roślin. W warunkach polskich dobre efekty zarówno oczyszczania ścieków w glebie, jak również w postaci plonowania łąki uzyskuje się przy normie nawodnienia ściekami miejskimi w granicach 500-1000 mm rocznie [3, 8, 13, 21, 29]. Przy tym obciążeniu plony traw kształtują się na poziomie 80-120 q/ha w przeliczeniu na suchą masę. Przy wyższych obciążeniach szczególnie na glebach lekkich plony jeszcze wzrastają, jednak wolniej — nieproporcjonalnie do ilości

ścieków. Tym samym zmniejsza się współczynnik wykorzystania składników nawozowych i spada dokładność oczyszczania wód brudnych w glebie [7]. Na łąkach nawadnianych ściekami stosunkowo niewysokimi dawkami np. ściekami miejskimi 500-1000 mm rocznie tj. 5000-10000 m³/ha uzyskuje się redukcję BZT₅ w granicach 95-100%, zawiesin 100%, bakterii 98-100%, jaj robaków 100% i składników biogenych 90-100% [1, 4, 7, 8, 12, 21, 23]. Takiej dokładności oczyszczania ścieków nie jest w stanie zapewnić żadna biologiczna oczyszczalnia sztuczna o klasycznym rozwiązaniu [8, 9].

PODSUMOWANIE

Nasilenie prac badawczych nad rolniczym wykorzystaniem ścieków przypada w Polsce głównie na okres powojenny. Mimo, że miały one głównie charakter przyczynarski wniosły one istotny wkład naukowy w dziedzinie nawodnień ściekami mające duże znaczenie dla praktyki.

Prawidłowo realizowane rolnicze wykorzystanie ścieków spełnia jednocześnie dwa zadania:

- a — podnosi wyraźnie plonowanie roślin,
- b — zapewnia wysoki stopień oczyszczania ścieków.

Tak więc swym znaczeniem społeczno-gospodarczym wykracza poza ramy zainteresowań rolnictwa.

Do nawodnień ściekami najlepiej nadają się trwałe użytki zielone.

a — znoszą stosunkowo dobrze wysokie obciążenie zużyтыми wodami i dają duże przyrosty biomasy roślinnej,

b — są bardziej tolerancyjne na różny skład chemiczny ścieków od roślin w uprawie polowej,

c — zapewniają ciągłość odbioru ścieków przez możliwość utworzenia zielonej taśmy, która z kolei stanowi najodpowiedniejsze zaplecze dla suszarni ciepłikowej produkującej susz sienny.

Na trwałych użytkach zielonych dzięki dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu, aktywnemu przez cały sezon wegetacyjny uzyskuje się lepsze oczyszczanie ścieków niż przy podobnych obciążeniach ściekami gruntów ornych. Na tle innych obiektów rolniczego wykorzystania ścieków trwałe użytki zielone najlepiej pełnią rolę dokładnej oczyszczalni ścieków 3 stopnia.

LITERATURA

1. Bałicka N., Sobieszcański J.: Badania terenów nawadnianych ściekami pod względem higieniczno-sanitarnym, VIII. Wpływ korzeni niektórych roślin i ich mikroflory korzeniowej na *Escherichia coli*. Acta. Mikr. Pol. 1961 T. 10.

2. Biernacka E.: Wpływ nawadniania wodami ściekowymi na zawartość mikroelementów w roślinach łąk i w sianie. Roczn. Nauk. rol. S. F. T. 77 z. 4, 1970.
3. Boćko J.: Wpływ deszczowania miejskimi wodami ściekowymi na plonowanie łąki i niektóre zjawiska biochemiczne gleby. Zesz. Nauk. WSR we Wrocławiu Mel. z. 1, 1956.
4. Boćko J.: Biologiczna aktywność gleby nawadnianej ściekami. Gaz, Woda i Techn. San. 10, 1956.
5. Boćko J.: Trebut li izvestkowanija počvy orašaemye stočnymi wodami. Doklady międzynarodowej konferencji po ispozovaniju stočnych vod dla orešenija. Bucuresti 1965.
6. Boćko J., Leończyk A.: Rozwój roślin nawadnianych ściekami przemysłu barwników w warunkach wazonowych. R. N. R. S. F. T. 76 z. 2, 1965.
7. Boćko J.: Gleba jako środowisko oczyszczania ścieków. Roczn. Gleb. T. 15, z. 2, 1965.
8. Boćko J.: Pola nawadniane jako oczyszczalnie ścieków. Gosp. Wod. nr 8-9, 1970.
9. Boćko J.: W sprawie radykalnej ochrony wód w Sudetach. Gosp. Wod. 7, 1973.
10. Brandyk T.: Nawadnianie łąk ściekami cukrowniczymi. R. N. R. S. F. T. z. 7, 1970.
11. Commoner B.: Zamykający się krąg. Tłum. z ang. PWE W-wa 1974.
12. Czyżyk W.: Wstępne badania nad oczyszczaniem ścieków celulozowych posiarzynowych na polach nawadnianych. Gosp. Wod. nr 11, 1964.
13. Czyżyk W., Kutera J.: Możliwości rolniczego wykorzystania ścieków krochmalniczych w Polsce. Zesz. probl. Post. Nauk rol. z. 47, 1964.
14. Karaś J., Karaś W.: Wartość pokarmowa siana z łąk nawadnianych ściekami rzeki Neru. R. N. R. S. B. T. 87 z. 4, 1966.
15. Kiełpiński J.: Wpływ rozcieńczenia gnojowicy na plony siana z łąki górskiej R. N. R. 76 F-3 1965.
16. Kurhański M.: Oczyszczanie i wykorzystanie ścieków rozszarniczych w środowisku gleb nawadnianych R. N. R. S. F. Z. 77 z. 4, 1970.
17. Kutera J.: Rola suszarni zielonek w eksploatacji obiektów rolniczego wykorzystania ścieków. Wiad. Mel. nr 1, 1966.
18. Kutera J., Rusak.: Plonowanie pastwiska deszczowanego wodami ściekowymi. Wiad. IMUZ. T. 7, 1968.
19. Kutera J., Czyżyk W.: Rolnicze wykorzystanie ścieków przemysłu ziemniaczanego. Wiad. IMUZ nr 27, 1968.
20. Leończyk A.: Badania przydatności ścieków z przemysłu płyt pilśniowych do nawodnień użytków zielonych. Praca dokt. SGGW 1967.
21. Majdowski F.: Bilans wodno pokarmowy łąki na glebie lekkiej nawadnianej miejskimi wodami ściekowymi na podstawie badań lizymetrycznych. Wiad. IMUZ T. 7, z. 4, 1968.
22. Majdowski F., Pruszyński C.: Wpływ fenolu na rośliny polowe i szybkość rozkładu jego w glebie. Gaz, Woda Techn. San. 1970.
23. Marcilonek S., Meks-Burmecka H.: Oczyszczanie ścieków miejskich w glebie z punktu widzenia sanitarnego. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. z. 47, 1974.
24. Multan H.: Nawodnienie zimowe łąk ściekami w dolinie rz. Ner. Zesz. SGGW Mel. z. 5, 1962.
25. Multan H.: Możliwości całorocznego wykorzystania ścieków łódzkich do nawodnienia łąk w dolinie rz. Ner. Wiad. Mel. Łąk. nr 3, 1962.

26. Rytel Z.: Wstępne wyniki badań nad wykorzystaniem wód ściekowych do pozawegetacyjnych nawodnień użyźnianych łąk w dolinie Neru. RNR T. 76 F-2 1965.
27. Szerszeń L.: Wpływ nawozów wapniowych na niektóre właściwości chemiczne gleby i roślinności łąk nawadnianych wodami ściekowymi. Zesz. Nauk. WSR we Wrocławiu nr 12, 1958.

Ю. Боцько

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ЛУГОПАСТБИЦНЫХ УГОДИЯХ

Резюме

В Польше, ввиду скудости водных ресурсов, существует необходимость тщательной очистки сточных вод. Одновременно, в наших климатических и почвенных условиях выступает дефицит воды в сельском хозяйстве, который будет увеличиваться по мере интенсификации сельскохозяйственного производства. Для орошения культурных растений, а особенно лугопастбищных угодий, могут использоваться прежде всего городские сточные воды, сточные воды пищевой промышленности и навозная жижа. Орошение сточными водами даёт самые хорошие результаты на постоянных лугопастбищных угодьях. В результате комплексного увлажнительного и удобрительного действия можно получить на лугах 4-5 укосов сена общим урожаем превышающим 100 ц/га в пересчёте на сухую массу.

Постоянные лугопастбищные угодья, благодаря возможности создания „зелёной ленты” обеспечивают постоянный приём сточных вод, особенно тогда, когда находятся на лёгких почвах. На фоне других объектов сельскохозяйственного использования сточных вод постоянные лугопастбищные угодья лучше всего исполняют роль тщательного очистителя сточных вод 3 степени.

J. Bośko

PURIFICATION OF SEWAGE IN GRASSLAND

Summary

In Poland, because of short water resources, the sewage must be carefully purified. At the same time, under these actual climatic and soil conditions, the water deficit in agriculture is going to increase as the agricultural production gets intensified. Irrigation of cultivated plants, and particularly grassland, can be done with use of first of all the municipal and food industry sewage as well as liquid manure. The irrigation with sewage gives best effects in permanent grassland. In result of the complex action of sewage, which is both moistening and fertilizing, there are obtained as many as four to five crops of total yield going beyond 100 q/ha (as converted into dry matter). Permanent grassland, particularly that situated on light soils, is capable of a continuous reception of sewage. In comparison with other objects of agricultural utilization of sewage, permanent grassland best acts as a thorough sewage treatment plant of 3rd degree.