

FELIKS BIAŁKIEWICZ

## Niektóre aspekty oczyszczania i wykorzystania ścieków miejskich pod uprawami leśnymi i plantacyjnymi

Некоторые аспекты очищения и использования городских стоков  
под лесными и плантационными культурами

Some aspects of the cleaning and utilization  
of municipal sewage under forest plantations

**W**ysoką produkcję drewna można uzyskać nie tylko na siedliskach bardzo żyznych, ale również na glebach średnio żyznych, a nawet ubogich, pod warunkiem doprowadzenia wody i składników nawozowych do gleby. Tego rodzaju kompleksowym zabiegiem melioracyjnym jest nawadnianie roślin drzewiastych ściekami pochodzenia organicznego. Ścieki te dostarczają równocześnie wody i składników pokarmowych dla upraw roślinnych.

Wraz ze wzrostem rozmiaru nawożenia mineralnego w rolnictwie i leśnictwie zwiększa się również ilość wypłukiwanych z gleby składników biogennych, powodujących eutrofizację wód powierzchniowych. Znacznie korzystniejsze w skutkach dla środowiska przyrodniczego jest doprowadzenie do gleby nawozów w postaci niektórych rodzajów ścieków. Zawarta w nich substancja organiczna stopniowo ulega mineralizacji, a uwolnione składniki nawozowe są pobierane przez uprawy roślinne.

W relacji: wody ściekowe — tereny leśne wyłaniają się trzy ściśle ze sobą powiązane zagadnienia — poprawa żyzności ubogich siedlisk leśnych, zwiększenie produkcji drewna i ochrona wód przed zanieczyszczeniem.

W końcu lat sześćdziesiątych Zakład Gospodarki Wodnej Instytutu Badawczego Leśnictwa rozpoczął badania nad leśnym oczyszczaniem i wykorzystaniem ścieków. Zorganizowano Stację Hydrologiczno-Leśną IBL w Puczniewie koło Łodzi oraz obiekt doświadczalny w Osobowicach koło Wrocławia. Do współpracy nad próbą rozwiązania tego złożonego zagadnienia włączyło się kilka specjalistycznych instytutów SGGW-AR w Warszawie, AR we Wrocławiu oraz Zakład Ochrony Przyrody — Stacja Sudecka PAN we Wrocławiu.

### 1. CEL I ORGANIZACJA BADAŃ

Celem badań była próba określenia możliwości oczyszczania ścieków miejskich w środowisku lekkich gleb leśnych oraz równoczesnego ich wykorzystania do nawodnienia i nawożenia upraw leśnych i plantacyjnych.

Badania przeprowadzono na stacji lizymetrycznej w Pucznieniu, na uprawach leśnych i plantacyjnych w Puczniewie i Osobowicach oraz w istniejącym lesie w Puczniewie.

Na stacji lizymetrycznej w Puczniewie prowadzono badania w 455 lizymetrach, o objętości od 40 litrów do 15 m<sup>3</sup> i głębokości profilu glebowego od 25 do 150 cm. W lizymetrach prowadzono doświadczenia z sosną pospolitą, modrzewiem europejskim, wierzbą amerykańską, dębem szypułkowym, świerkiem pospolitym, olszą czarną, topolą 'Robusta' i jesionem wyniosłym. W lizymetrach małych prowadzono 3-letnie cykle doświadczeń, w lizymetrach średnich i dużych 10-letnie cykle doświadczeń. Nawodnienia ściekami miejskimi wykonywano w okresie wegetacyjnym, w okresie całorocznym i w okresie pozawegetacyjnym, w odstępach tygodniowych, w jednorazowych dawkach polewu 12,5, 25, 50, 100 i 200 mm, a więc w okresie wegetacyjnym (od maja do września) sumaryczna dawka wynosiła od 250 do 4000 mm, a w okresie pozawegetacyjnym od 350 do 5600 mm. Przed rozpoczęciem doświadczeń lizymetrycznych i po zakończeniu cyklu badań wykonywano analizy fizyko-chemiczne i mikrobiologiczne gleby oraz morfologiczne i chemiczne roślin. Określano bilanse wodne, pokarmowe i toksyczności ścieków i odcieków oraz stan sanitarny ścieków i odcieków. Wykonywano pomiary wysokości i rocznego przyrostu wysokości, grubości i miąższości uprawianych roślin.

Na uprawach leśnych i plantacyjnych oraz w istniejącym lesie w Puczniewie i Osobowicach prowadzono nawodnienia w okresie wegetacyjnym, całoroczne i w okresie pozawegetacyjnym, o częstotliwości co tydzień, dwa razy w miesiącu, raz w miesiącu i raz na dwa miesiące. Jednorazowa dawka nawodnienia była bardzo zróżnicowana, uzależniona od grawitacyjnego smuzno-stokowego nawadniania i czasu dojścia ścieków do końca kwatery, a więc od spadku kwatery, rodzaju gleby i intensywności wzrostu roślinności zielnej. Dawka ta wynosiła od około 100 do około 400 mm ścieków. Na uprawach określano coroczne przyrosty na wysokość i grubość, a w istniejącym lesie w okresach 5-letnich grubość i wysokość drzew. Oceniano zdrowotność upraw i drzewostanów, kierunek sukcesji roślinności mszystej, zielnej i krzaczastej. Oznaczano stan sanitarny i skład chemiczny wód gruntowych na kwaterach nawadnianych ściekami miejskimi.

## WYNIKI BADAŃ

### a. Charakterystyka przyrodnicza obiektu Puczniew

Na podstawie wieloletnich (1951—1976) danych obserwacyjnych ze stacji klimatycznej IMiGW w Puczniewie średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 521 mm, suma opadów w okresie wegetacyjnym (V—IX) 300 mm, suma opadów lipca 86 mm, marca 25 mm. Przeciętna roczna liczba dni z opadem 144. Średnio w wieloleciu jedną trzecią stanowią lata mokre, jedną trzecią lata suche, w pozostałych latach opady są zbliżone do wartości przeciętnych. Długość okresu wegetacyjnego o średniej dobowej temperaturze +10°C wynosi 157 dni, zaczyna się średnio 1 maja i trwa do 5 października. Średnio pierwsze przymrozki występują 5 października, a ostatnie 15 maja.

Skład chemiczny i wartość nawozowa ścieków Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej w rejonie Puczniewa (30 km na zachód od Łodzi) odznaczają się dużym zróżnicowaniem w poszczególnych miesiącach roku, jak też w poszczególnych latach. Najczęściej występujące ilości związków chemicznych w wodach ściekowych Neru w przekroju Puczniewa stwierdzono w przedziałach: suchej pozostałości 1100—1200 mg/dcm<sup>3</sup>, azotu ogółem 20—25 mg/dcm<sup>3</sup>, fosforu 3—4 mg/dcm<sup>3</sup>, potasu 15—20 mg/dcm<sup>3</sup>, wapnia 50—60 mg/dcm<sup>3</sup>, sodu 200—250 mg/dcm<sup>3</sup>, chlorków 100—150 mg/dcm<sup>3</sup>, siarczanów 100—150 mg/dcm<sup>3</sup>. Stwierdzono tendencję obniżania się z biegiem lat zawartości azotu ogółem, potasu i sodu oraz tendencję wzrostu ilości wapnia. Jednak tylko w wypadku sodu i wapnia występujące tendencje zostały udowodnione statystycznie. Wartość nawozowa ścieków w Puczniewie, wyrażona sumą podstawowych składników nawozowych, tj. azotu ogólnego, fosforu i potasu, wahała się w badanym okresie od 0,016 do 0,113 kg NPK/m<sup>3</sup>, a średnio rocznie wynosiła 0,055 kg NPK/m<sup>3</sup>. Najuboższe w składniki nawozowe były ścieki w lipcu — 0,047 kg NPK/m<sup>3</sup>, a najbardziej żyzne w październiku — 0,064 kg NPK/m<sup>3</sup> (2).

Gleba w lizymetrach i na obiekcie doświadczalnym w Puczniewie wytworzona jest z rzecznych utworów starych tarasów akumulacyjnych, o składzie mechanicznym piasków luźnych, ze znaczną domieszką części szkieletowych, (o małej pojemności wodnej — 20% porowatości), oraz o niewielkiej zasobności w składniki pokarmowe. Gleby znajdują się w początkowej fazie procesu bielicowania. Dawka wody użytecznej dla roślin wynosi 9,4% porowatości, tj. 37 mm wody w 1-metrowym profilu gleby. Gleba wykazuje słabą aktywność biologiczną. Kilkadziesiąt procent drobnoustrojów bakteryjnych znajduje się w glebie w formie przetrwalnikowej, a więc biologicznie nieaktywnej.

Obiekt doświadczalny w Puczniewie pokryty jest sztucznymi jednogatunkowymi uprawami sosnowymi bez podszytów, a runo składa się głównie z mchów i porostów świadczących o dużym stopniu degeneracji siedliska. Na badanym obszarze występują dwa zbiorowiska leśne: *Leucobryo — Pinetum* Mat. 1962 i *Pino — Quercetum* Kozł. 1925, które odpowiadają siedliskowym typom boru świeżego (Bśw) i boru mieszanego świeżego (BMśw). Z uwagi na różny stopień degeneracji oraz różnice w stosunach ekologicznych siedliska, w ramach zespołu *Leucobryo — Pinetum* wyróżniono dwie postacie: *Leucobryo — Pinetum* f. z *Entodon Schreberi* — Bśw i *Leucobryo — Pinetum* f. z *Cetraria islandica* (1).

#### **b. Zmiany właściwości wodnych, chemicznych i mikrobiologicznych gleb nawadnianych ściekami miejskimi**

Właściwości wodne gleb badano na kwaterach z uprawą sosny, nawadnianych ściekami miejskimi przez cały rok, w okresie wegetacyjnym i na kwaterach nie nawadnianych. Określono porowatość gleby, pojemność kapilarną (pF = 0), połowę pojemność wodną (pF = 2,2), wodę glebową dostępną dla roślin (pF od 2,2 do 4,2) oraz wodę glebową łatwo dostępną dla roślin (pF od 2,2 do 3,0).

Po 5 latach nawodnień pojemność wodna połowa na kwaterze nawadnianej cały rok była większa o 50 do 83%, a na kwaterze nawadnia-

nej w okresie wegetacyjnym była większa o 61 do 96% od połowej pojemności wodnej gleby na kwaterze kontrolnej. Zawartość wody łatwo dostępnej dla roślin na kwaterze nawadnianej cały rok była wyższa o 49 do 92%, a na kwaterze nawadnianej w okresie wegetacyjnym była większa o 54 do 99% niż na kwaterze nie nawadnianej. Na glebach lekkich nawadnianych ściekami stwierdzono zatem niemal dwukrotnie większą pojemność wodną oraz dwukrotnie większą zawartość wody łatwo dostępnej dla roślin niż na lekkich glebach nie nawadnianych. Wyższe wartości właściwości wodnych gleby stwierdzono na kwaterach nawadnianych ściekami w okresie wegetacyjnym (5).

Gleby nawadniane ściekami miejskimi wykazują znacznie wyższą aktywność biologiczną niż gleby nie nawadniane. Wyraża się to wyższą liczbą komórek bakterii i promieniowców, bardzo niskim procentem form w stanie przetrwalnikowym, niskim mianem drobnoustrojów czynnych przy przemianie związków azotu (amonifikatorów, nityfikatorów, denityfikatorów) oraz w większej aktywności dehydrogenaz. Przy dawce polewowej 50 mm ścieków tygodniowo stwierdzono większą ilość różnych grup drobnoustrojów i ich większą aktywność biologiczną niż w glebach nawadnianych niższą dawką (25 mm ścieków tygodniowo) lub wyższą dawką ścieków (100 i 200 mm ścieków tygodniowo). Dawka ścieków 100 mm tygodniowo, a więc 2000 mm ścieków w okresie wegetacyjnym, mimo że nie jest jeszcze wyraźnie szkodliwa, wydaje się stanowić zbyt duże przeciążenie dla gleby (7).

W lizymetrach dużych nawadnianych ściekami miejskimi zwiększyła się suma zasad i pojemność sorpcyjna, głównie w wierzchnich warstwach gleby. Pojemność sorpcyjna, a co za tym idzie i powierzchnia właściwa gleby uległa zwiększeniu dzięki dostarczeniu ze ściekami dużej ilości substancji organicznej. Analizując procentowy udział kationów zasadowych i ich zawartość w glebie okazuje się, że dawka 50 mm ścieków tygodniowo w okresie wegetacyjnym w pełni zaspakaja potrzeby pokarmowe upraw drzew. Dawka ta jest również najkorzystniejsza z punktu widzenia oczyszczania ścieków w środowisku lekkich gleb leśnych. Zwiększenie dawki polewowej do 100 i 200 mm ścieków tygodniowo stwarza niebezpieczeństwo przedostania się związków chemicznych do wód gruntowych. I tak np. w lizymetrach nawadnianych ściekami zawartość sodu wzrosła **2—8-krotnie** w porównaniu z glebami nie nawadnianymi. Przy dawce polewu 100 i 200 mm ścieków tygodniowo następuje zatrzymanie się w glebie sodu w ilości ponad 5% udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym gleby. Zawartość  $P_2O_5$  w glebie nawadnianej ściekami wzrosła ponad dwukrotnie, zwłaszcza w wierzchniej warstwie. Zawartość żelaza ruchomego w glebie nawadnianej ściekami jest mała, gdyż nie gromadzi się ono w glebie, a jest wymywane z gleby lub gromadzone w roślinie, z powodu okresowej anaerobiozy i przechodzenia tego składnika w formy dwuwartościowe rozpuszczalne w wodzie (8).

### **c. Oczyszczanie się ścieków miejskich i odzysk wody czystej w środowisku gleb lekkich**

Stopień oczyszczania się ścieków określano na podstawie doświadczeń w lizymetrach dużych, o profilu glebowym 150 cm i wielkości dawki polewu od 25 do 200 mm ścieków tygodniowo, tj. od 500 do 4000 mm ścieków

w okresie wegetacyjnym. Wyniki analiz chemicznych porównywano z normami czystości wód obowiązującymi u nas od 1975 r. (10).

Analizy wykazały, że zawartość w odciekach chlorków, azotu amonowego, żelaza ogólnego, detergentów oraz wielkość pH odpowiadają I klasie czystości dla wód powierzchniowych. To samo dotyczy azotu azotanowego przy niższych dawkach polewu (25, 50 i 100 mm tygodniowo), natomiast przy dawce 200 mm ścieków tygodniowo odciek wykazywał II klasę czystości. W II klasie czystości mieści się również ładunek BZT<sub>5</sub>, zawartość siarczanów przy niskiej dawce polewu (25 mm). Odnośnie do manganu niskie dawki polewu (25—50 mm ścieków) zapewniały odciek w II klasie czystości, wyższe — zaledwie III klasę czystości.

Stan sanitarny ścieków i odcieków określano wskaźnikową bakterią *Escherichia coli*. Przy dawkach 25 i 50 mm ścieków tygodniowo odciek znajdował się w I klasie czystości, przy dawce 100 mm — w II kl., a przy dawce 200 mm ścieków tygodniowo — w III klasie czystości.

Przy nawadnianiu ściekami miejskimi gleb pod uprawami leśnymi i plantacyjnymi, gdzie lustro wody gruntowej znajdowało się na głębokości 210 do 540 cm, uzyskiwano odciek w I klasie czystości, przy czym był on 11—100 razy czystszy niż odciek I klasy czystości przy stosowaniu niskich dawek polewu w lizymetrach dużych o sztucznym 150-centymetrowym profilu glebowym.

Badania fizyko-chemiczne i mikrobiologiczne gleby wykazały, że przy stosowaniu dawki polewu 50 mm tygodniowo, tj. 1000 mm ścieków w okresie wegetacyjnym, uzyskiwano odciek w I—II klasie czystości, w ilości 35% przychodu wilgoci do gleby (ścieki + opad atmosferyczny), a więc w ilości 450 mm w okresie wegetacyjnym. Wody te zasilają wody gruntowe pierwszego horyzontu, bądź wody powierzchniowe wód płynących lub stojących, położonych poniżej obszarów nawadnianych (3). Również przy tej dawce aktywność biologiczna gleby była najbardziej korzystna.

#### **d. Efekty produkcji biomasy roślin drzewiastych na glebach lekkich nawadnianych ściekami miejskimi**

W lizymetrach dużych przez 7 lat nawadnianych ściekami miejskimi, sucha masa liści wierzby amerykańskiej była większa o 117% przy dawce polewu 25 mm i 192% przy dawce polewu 200 mm ścieków tygodniowo niż w lizymetrze nie nawadnianym (9). Masa prętów wierzby amerykańskiej w lizymetrze kontrolnym wyniosła 33,74 kg, natomiast w lizymetrach nawadnianych ściekami była większa o 205% przy dawce 25 mm i 348% przy dawce 200 mm ścieków tygodniowo. Miąższość 8-letniej uprawy sosnowej w lizymetrze kontrolnym wyniosła 40,88 dcm<sup>3</sup>, zaś w lizymetrach nawadnianych ściekami, dawką od 25 do 200 mm tygodniowo, była większa o 40—110%. Miąższość 8-letniej uprawy modrzewia w lizymetrze kontrolnym wyniosła 46,53 dcm<sup>3</sup>, zaś w lizymetrach nawadnianych ściekami była większa o 96—210%, z tym że najwyższą miąższość stwierdzono przy dawce polewu 50 mm ścieków tygodniowo.

Na uprawach leśnych i plantacyjnych na siedlisku borów świeżych 7-letnie uprawy sosnowe nie nawadniane uzyskały wysokość 141—160 cm, natomiast nawadniane przez 5 lat ściekami miejskimi były wyższe o 24—

—37%. Uprawy kontrolne modrzewia w wieku 8 lat miały wysokość 253—276 cm, natomiast nawadniane ściekami przez 5 ostatnich lat były wyższe o 38—79%. W przypadku nawodnień w okresie wegetacyjnym uzyskano lepsze efekty wzrostowe niż przy nawodnieniu całorocznym.

Drzewostan sosnowy w wieku 66 lat na siedlisku boru świeżego, w IV klasie bonitacji, w wyniku 5-letniego nawadniania ściekami miejskimi miał o 63% większy 5-letni przyrost pierśnicowej grubości w porównaniu do drzewostanu nie nawadnianego.

Na nadodrzańskich madach lekkich i średnich, w wyniku 4—6-letnich nawodnień ściekami miejskimi Wrocławia, w porównaniu do kontroli, uzyskano zwiększenie wysokości topoli 'Robusta' o 120% i pierśnicowej grubości o 254%. Topola galderlandzka nawadniana ściekami miała wysokość większą o 98%, a pierśnicową grubość o 198% większą niż topola na działce kontrolnej. Jesion wyniosły uzyskał wysokość większą o 143%, a pierśnicową grubość o 227% większą niż jesion nie nawadniany. Modrzew europejski nawadniany był dwukrotnie wyższy od kontrolnego (4).

#### e. Zdrowotność i kierunek sukcesji roślinności na lekkich glebach leśnych nawadnianych ściekami miejskimi

Zdrowotność upraw leśnych i plantacyjnych oraz drzewostanów sosnowych nawadnianych ściekami miejskimi nie uległa pogorszeniu w porównaniu z powierzchniami nie nawadnianymi. Procent posuszu powstałego na wszystkich kwaterach mieści się w granicach naturalnego wydzielania się typowego dla drzew poszczególnych gatunków i drzewostanów sosnowych oraz ich wieku. Zespół i liczebność owadów szkodników wtórnych, jak również skład gatunkowy owadów i grzybów oraz ich nasilenie występowania na uprawach plantacyjnych i w drzewostanach sosnowych nawadnianych ściekami miejskimi był podobny jak na kwaterach nie nawadnianych. Zarysował się jedynie minimalny wzrost ilościowy grzybów o wyższych wymaganiach wilgotnościowych (6).

Ubogie siedliska leśne boru świeżego, po 5 latach nawodnień ściekami miejskimi, przypominają zbiorowisko roślinne łąkowe topolowo-wierzbowe. Powstała bujna warstwa krzewów *Sambucus nigra*, *S. racemosa* i wysokie runo z *Rubus idaeus*, *Galium aparina*, *Solanum dulcamara*, *Urtica dioica* i in. (11).

Na powierzchniach nawadnianych przez 5 lat ściekami miejskimi (Bśw), w uprawach sosnowych wystąpiło ponad 4-krotnie więcej roślin dna lasu, w uprawach modrzewiowych 13-krotnie, a w uprawach jesionowych ponad 10-krotnie więcej niż w uprawach nie nawadnianych. W starszych drzewostanach sosnowych od 5 lat nawadnianych ściekami, pojawiło się ponad 3-krotnie więcej roślinności zielnej niż w drzewostanie nie nawadnianym.

Samorzutnie pojawiająca się roślinność zielna w uprawach leśnych i plantacyjnych nawadnianych ściekami miejskimi spełnia ważną rolę sanitarną w środowisku glebowym leśnej oczyszczalni ścieków. Roślinność ta m. in. pobiera z gleby makro- i mikroelementy, występujące w nadmiarze, których nie przyswoiła sobie roślinność drzewiasta, będąca celem produkcji.

### 3. MOŻLIWOŚCI OCZYSZCZANIA I WYKORZYSTANIA ŚCIEKÓW MIEJSKICH POD UPRAWAMI LEŚNYMI I PLANTACYJNYMI

Naturalna leśna lub plantacyjna oczyszczalnia ścieków jest działalnością człowieka zgodną z prawami ochrony środowiska przyrodniczego. Dotychczasowe ściśle badania lizymetryczne oraz na uprawach leśnych i plantacyjnych wykazały, że środowisko lekkich gleb piaszczystych jest bardzo dogodnym miejscem pełnego fizycznego a następnie biochemicznego oczyszczania ścieków. Znaczny procent oczyszczonych wód poza produkcją roślinną jest oddawany środowisku przez zasilanie wód gruntowych lub niżej położonych wód powierzchniowych. Ubogie gleby mineralne nawadniane ściekami podnoszą znacznie swe zdolności produkcyjne, następuje intensywny wzrost upraw plantacyjnych, co prawdopodobnie umożliwi skrócenie cyklu produkcyjnego. Zwiększony wzrost biomasy na tego rodzaju naturalnej oczyszczalni powoduje zwiększony pobór, a tym samym oczyszczanie atmosfery z dwutlenku węgla w procesie asymilacji z równoczesnym zwiększonym natlenieniem środowiska przyrodniczego. Naturalna oczyszczalnia leśna zatem nie zmniejsza, ale zwiększa naturalne zasoby przyrodnicze środowiska.

Dotychczasowe jednak badania nie dają jeszcze podstaw do opracowania zasad zakładania na skalę gospodarczą naturalnych leśnych oczyszczalni. Zarówno okres jak i zakres tematyczny badań jest jeszcze niepełny. Badania biochemiczne środowiska glebowego, badania morfologiczno-fizjologiczne roślin drzewiastych nawadnianych ściekami wskazują, że przemiany w środowisku glebowym ciągle trwają. Badaniem objęto 5—8 lat życia roślin drzewiastych, co jest zbyt krótkim czasem w wieloletnim cyklu produkcyjnym życia drzew. Zbyt mały asortyment gatunków uwzględniono w badaniach. Również do tej pory nie przebadano techniki kierowania ścieków na obszary zadrzewione, aby ścieki te w pełni oczyścić i jednocześnie w pełni wykorzystać.

Dotychczasowe badania dają podstawę do stwierdzenia, że najbardziej odpowiednim sposobem rozprowadzenia ścieków na naturalnej plantacyjnej oczyszczalni byłby system deszczowniany. System ten umożliwia stosowanie dowolnie niskich dawek polewowych i równomierne rozprowadzenie ścieków na całej powierzchni, co może zapewnić bardzo dokładne oczyszczenie ścieków i równoczesne uzyskanie wysokich efektów produkcji masy drewna. Jest to szczególnie ważne w przypadku oczyszczania ścieków przemysłu rolno-spożywczego, czy drzewnego, które są kilka — kilkunastokrotnie bardziej toksyczne od ścieków bytowo-gospodarczych.

Obecnie stosowane zasady zakładania upraw leśnych utrudniają, a niekiedy uniemożliwiają stosowanie nawodnień systemem deszczownianym. Dlatego też zakładanie nowych upraw leśnych czy plantacyjnych powinno być realizowane w maksymalnie dopuszczalnej rzadkiej więźbie. Tego rodzaju uprawa w pierwszych kilku latach wymaga szczególnej opieki pielęgnacyjnej, aby nie dopuścić do zagłuszenia upraw przez bardzo intensywnie rozwijającą się roślinność zielną i krzaczastą. Z punktu widzenia leśnego tego rodzaju obszar oczyszczalni będzie terenem upraw plantacji drzew o szczególnie intensywnej produkcji drewna.

Obszar leśnego oczyszczania powinien stanowić ostatnie, ale jedno-

cześniej jedno z najważniejszych ogniw produkcyjnych danego zakładu czy zakładów odprowadzających dany rodzaj ścieków o zanieczyszczeniu organicznym. Wszelka działalność organizacyjna, inwestycyjna i eksploatacyjna powinna należeć do regulaminowego zakresu pracy i kosztów producenta ścieków. Przy prawidłowej eksploatacji naturalnej leśnej oczyszczalni ścieków m. in. powinni być zatrudnieni:

— technolodzy, specjaliści do sprawnego funkcjonowania technicznych urządzeń doprowadzających i rozprowadzających ścieki;

— biochemicy, specjaliści do analizowania przemian biologicznych gleby oraz określania stanu fizyko-chemicznego i mikrobiologicznego gleby i wody;

— leśnicy, specjaliści do prawidłowego zakładania i pielęgnowania upraw plantacyjnych, fitosocjologicznego analizowania kierunku sukcesji roślinności zielnej, analizowania zdrowotności i wzrostu drzew na leśnej oczyszczalni.

Na terenie leśnej oczyszczalni powinno funkcjonować kontrolne laboratorium, którego zadaniem powinna być bieżąca kontrola sprawności działania naturalnej plantacyjnej oczyszczalni. W ramach laboratorium powinny funkcjonować urządzenia lizymetryczne z zapleczem laboratoryjnym analiz fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych. W odpowiednio dużych lizymetrach o profilu glebowym zbliżonym do utworów glebowych oczyszczalni gospodarczej, powinny być hodowane te same uprawy plantacyjne oraz stosowane te same zasady nawadniania jak w naturalnej oczyszczalni gospodarczej. W urządzeniach lizymetrycznych powinien być na bieżąco kontrolowany przebieg zmian biochemicznych w środowisku glebowym, jak również stopień oczyszczania ścieków. Wszelkie rozbieżności między ustalonymi i zaplanowanymi zabiegami na naturalnej oczyszczalni i w lizymetrach a faktycznymi, stwierdzonymi laboratoryjnie w lizymetrach, powinny być na bieżąco korygowane. Dotyczy to szczególnie pełnego oczyszczania ścieków, aby odciek poniżej strefy korzeniowej uprawianych roślin drzewiastych stanowił wodę oczyszczoną. Dotyczy to również śledzenia stanu biologicznego gleby, aby przez cały czas trwania nawodnień oczyszczalnia była sprawna biologicznie, aby nie zachodziło w niej niebezpieczne odkładanie się związków, które po pewnym czasie mogą zadziałać toksycznie na środowisko glebowe. Ponadto w naturalnej plantacyjnej oczyszczalni powinna być śledzona sukcesja roślinności zielnej, krzewiastej i drzewiastej, celem korygowania zaplanowanych przez człowieka gatunków uprawy plantacyjnej z gatunkami drzew, które ewentualnie wskaże nam nowo wytworzone siedlisko na terenie oczyszczalni.

Leśna oczyszczalnia ścieków w pierwszej kolejności powinna być lokalizowana na nieużytkach wydmowych, na lekkich glebach piaszczystych, o stosunkowo głęboko położonym lustrze wody gruntowej. W dalszej kolejności na oczyszczalnię mogą być przeznaczane grunty orne najniższych klas żyzności, a z obszarów leśnych siedliska borów suchych i uboższej części borów świeżych. W przypadku oczyszczania ścieków na wieloprzestrzennej oczyszczalni, powinny być zakładane zróżnicowane uprawy roślinne, o nieskomplikowanym cyklu produkcyjnym i w miarę możliwości jednorodnym wieloletnim sposobie rozprowadzania ścieków. Najlepszą w takim przypadku wydaje się być naturalna oczyszczalnia leśno-łąkowa.



## LITERATURA

1. Białkiewicz F., Konecka-Betley K., Rytel Z., Zaręba R. — Inwentaryzacja hydrologiczno-leśna obiektu doświadczalnego w zakresie wodno-nawożeniowym w Nadleśnictwie Bogdańce. IBL Warszawa 1971, maszynopis.
2. Białkiewicz F., Rytel Z. — Zawartość składników pokarmowych w wodach rzeki Ner w latach 1957—1974. „Zeszyty Naukowe SGGW-AR”. Melioracje Rolne, 15, Warszawa 1976.
3. Białkiewicz F. — Leśne oczyszczanie i wykorzystanie ścieków miejskich na przykładzie doświadczeń lizymetrycznych i polowych. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.
4. Białkiewicz F., Boćko J., Nowiński S. — Dynamika wzrostu upraw leśno-plantacyjnych nawadnianych ściekami miejskimi. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.
5. Czepińska-Kamińska D., Sobczyk R. — Właściwości wodno-powietrzne gleb piaszczystych nawadnianych ściekami miejskimi pod uprawami sosnowymi. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.
6. Dominik J., Ważny J. — Obserwacje nad zdrowotnością drzewostanów i nowo założonych upraw nawadnianych ściekami miejskimi w obiekcie doświadczalnym IBL w Puczniewie. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.
7. Kermen J. — Badania mikrobiologiczne gleb leśnych nawadnianych ściekami miejskimi w warunkach doświadczeń lizymetrycznych w Puczniewie. Sprawozdanie z okresu badań 1969—1975. IBL, Warszawa 1976, maszynopis.
8. Konecka-Betley K. — Zmiany właściwości chemicznych gleb nawadnianych ściekami w warunkach doświadczeń lizymetrycznych w Puczniewie w latach 1969—1975. IBL, Warszawa 1976, maszynopis.
9. Kozińska M., Golla G. — Wpływ nawodnień ściekami miejskimi na niektóre cechy morfologiczne i właściwości fizjologiczne sosny, modrzewia i wierzby amerykańskiej na przykładzie doświadczeń lizymetrycznych. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.
10. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 XI 1975 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków. DzUPRL nr 41, Warszawa 13 XII 1975, poz. 214.
11. Zaręba R. — Kierunki naturalnej sukcesji roślinności na leśnych glebach lekkich nawadnianych ściekami miejskimi. „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1977, t. 204.

Z Zakładu Gospodarki Wodnej  
Instytutu Badawczego Leśnictwa

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 15 lipca 1977 r.

### Краткое содержание

В работе представлены результаты опытов по лесному и плантационному очищению стоков Лодзкой городской агломерации. Исследования реализовались в 500 лизиметрах объемом с 40 литров до 15 м<sup>3</sup>, а также в более чем 200 участках с плантационными культурами в условиях местопроизрастания бора свежего, легких и средних наносных почв, а также в сосновом насаждении IV класса бонитета в условиях местопроизрастания бора свежего. Проводились физико-химические и микробиоло-

гические исследования почв, степень очищения стоков в почвенной среде, определялось использование воды на эвапотранспирацию и отток, определялось увеличение высоты, толщины и объема выращиваемых древесных растений, направление сукцессии растительности на наводняемых площадях, здоровосостояние культур и насаждений.

Констатировано отчетливое увеличение биологической активности наводняемых почв, двукратно увеличенные способности задерживания почвой легкодоступной для растений воды. При дозе наводнения 50 мм стоков еженедельно, в полуторамет ровом почвенном профиле под культурами древесных растений получено около 35% оттока воды I класса чистоты. В лизиметрах получен рост объема 7-летней сосны на 110%, лиственницы на 210%, американской ивы на 340% по сравнению с контрольными культурами. В условиях местопроизрастания боров культуры сосны достигали высоту на 36%, а культуры лиственницы на 74% больше, чем контрольные культуры. Сосновое насаждение в возрасте 66 лет после 5 лет наводнения достигло прирост толщины на 63% больше, по сравнению с насаждением не наводняемом. Условия местопроизрастания бора свежего после 5 лет наводнения приобрели характер условий местопроизрастания пойменного песа ивово-тополевого. На наводняемых стоками культурах получено 3—12-кратно больше моховой, травянистой и кустарниковой растительности по сравнению с контрольными участками. На наносных легких и средних почвах культуры тополей «Робуста» и «Гельрика» наводняемые стоками, по сравнению с контрольными культурами достигли высоту в два раза больше, толщина диаметра на высоте груди в 3 раза больше, а культуры ясеня высоту и толщину в два раза больше. В заключительной части работы представлены возможности очищения и производственного использования городских стоков на легких песчаных почвах под культурой плантаций древесных пород.

## Summary

The paper presents results of experiments on the cleaning and utilization of sewage from the Łódź Municipal Agglomeration under forest plantations. The studies were carried out in about 500 lysimeters with the capacity varying from 40 litres to 15 m<sup>3</sup>, as well as on more than 200 plots with plantations on the site of fresh coniferous forest, light and medium warp soils and in the pine stand with site index IV on the site of fresh coniferous forest. Studies included physico-chemical and microbiological soil analyses, determination of the cleaning of sewage by the soil environment, water consumption for evapotranspiration and outflow, height, diameter and volume growth of woody plantations, direction of the succession of vegetation in irrigated areas, and health status of plantations and stands.

Obvious improvement in biological activity of irrigated soils and by twice increase in the capability of retaining water easily accessible for plants by soil was found. About 35% of water outflow in the 1st purity class was obtained in 1.5 m soil profile under woody plantations receiving 50 mm of sewage weekly. An increase in volume was attained by 110% for 7 years old pine, by 210% — for larch, and by 340% — for basket willow in lysimeters when compared to control plantations. Pines were by 36% and larches by 74% higher on the site of fresh coniferous forest when compared to control plantations. The 66 years old pine stand had diameter growth by 63% bigger after 5 years of irrigation than that of unirrigated stand. The site of fresh coniferous forest following to 5 years of irrigation acquired features of the willow-poplar marshy site. Mossy, herbaceous and shrubby vegetation was by 3—12 times more abundant in irrigated plantations when

compared to control plots. Plantations of Robusta and Gelrica poplars irrigated with sewage on light and medium warp soils were by twice higher, had d.b.h. three times greater and ash plantations had height and diameter by twice greater than those of control plantations. The final part of the paper presents possibilities of cleaning and productive utilization of municipal sewage on light sandy soils under the cultivation of woody plantations.

## Wspomnienie o mgr inż. Stanisławie Godyniu

Воспоминание о маг. инж. Станиславе Годные

Stanisław Godyń, M. Sc. Eng., Obituary

**10** IV 1978 r. zmarł w Niepołomicach mgr inż. Stanisław Godyń, zast. nadleśniczego nadl. Niepołomice.

S. Godyń urodził się dnia 2 IV 1917 r. we wsi Czerna, woj. Kraków, w rodzinie chłopskiej. Szkołę średnią typu staroklasycznego ukończył w I Gimnazjum im. Nowodworskiego w Krakowie w 1937 r.

Służbę wojskową odbył w latach 1937/38 na Kursie Podchorążych Rezerwy w Jarosławiu. Po ukończeniu służby wojskowej zapisał się na Wydział Prawa Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. W kampanii wrześniowej uczestniczył ochotniczo (wobec niepowołania). Pod koniec września przeszedł granicę węgierską i przebywał w obozie internowanych do stycznia 1940 r.

Drogą przez Jugosławię przedostał się do Francji, gdzie w lutym 1940 r. został wcielony do I dywizji piechoty Polskiej Armii we Francji. Brał udział w walkach dywizji na francuskim froncie i pod Drieuz dostał się do niewoli niemieckiej w czerwcu 1940 r. — jako plutonowy podchorąży.

W okresie niewoli w Stalagu X A. Schleswig-Holstein zatrudniony przymusowo w różnych miejscach pn. Niemiec należał do francusko-belgijskiego ruchu oporu.

Po wyzwoleniu w maju 1945 r. przebywał w Hamburgu i pracował tam w Związku Polaków w Niemczech do czasu powrotu do kraju w lipcu 1946 r.

Po powrocie do kraju początkowo pracował w Muzeum Przemysłu w Krakowie i jednocześnie rozpoczął studia na Wydziale Leśnym UJ.

W listopadzie 1950 r. rozpoczął pracę w nadl. Kalwaria jako adiunkt. W 1953 r. zostaje przeniesiony do Rejonu Lasów Państwowych w Zakopanem, a w 1957 r. do RLP w Żywcu na stanowisko kierownika technicznego i w tymże roku objął stanowisko dyrektora RLP w Żywcu.

Po reorganizacji alp od 1959 r. pracował jako kierownik Zespołu Składnic w Żywcu do 1963 r., kiedy to został przeniesiony na stanowisko nadleśniczego do Niepołomic, na którym to stanowisku pracował do ko-

