

ANDRZEJ KOSTURKIEWICZ

Rolnicze wykorzystanie ścieków a las

Сельскохозяйственное использование городских сточных вод и лес

Utilization of Effluents for Agriculture and Silviculture Purposes

Jednym z poważnych problemów, które będą musiały być rozwiązane w przyszłości, a które już obecnie sprawiają duże trudności, jest oczyszczanie i odprowadzenie ścieków miejskich i przemysłowych.

W roku 1975 ogólna ilość ścieków wyniesie około 6 mld m³ rocznie, co stanowi około 11% rocznego odpływu naszych rzek do Morza Bałtyckiego. Ta ilość ścieków zagraża naszym rzekom i jeziorom i jest niebezpieczna zarówno ze względów gospodarczych i sanitarnych, jak i z punktu widzenia ochrony przyrody.

Już obecnie bardzo często są trudności z uzyskaniem odpowiedniej ilości wody zdatnej do użytku dla ludności oraz dla przemysłu. Problem ten występuje nie tylko u nas. Na przykład w Stanach Zjednoczonych przewiduje się tak znaczny wzrost ścieków odprowadzanych do rzek, że w 2 000 roku woda tych rzek nie będzie się nadawać do celów gospodarczo-przemysłowych. Wobec tego projektują pokrycie całego kraju siecią rurociągów dostarczających wodę morską, którą będzie łatwiej przystosować do użytku niż zanieczyszczone wody powierzchniowe. Ścieki według tego projektu byłyby tylko oczyszczone w stopniu nie powodującym cuchnięcia wody rzek i jezior (10).

U nas Skoraszewski, zakładając wzrost ilości ścieków w roku 2 000 do około 12 mld m³, a w tym wzrost przede wszystkim ścieków przemysłu chemicznego twierdzi, że nie uda się nam uratować wód Odry i Wisły tak, by były one zdatne do użytku dla ludności. Przy niskich bowiem przepływach w naszych rzekach stosunek ilości prowadzonych przez nie wód do ilości ścieków miałyby się jak 1 : 1. W związku z powyższym proponuje on jako przyszłe źródła dobrej wody dla Warszawy i Łodzi — Bug i Narew. Aby uchronić przynajmniej te rzeki od zanieczyszczeń, zaleca on już obecnie przy rozbudowie przemysłu odpowiednią jego lokalizację. Nie dyskutując na temat konieczności i celowości takiego rozwiązania, a trudno nam się w tej chwili z nim pogodzić, stwierdzić trzeba, że nasi sąsiedzi musieliby dbać o to, by w przyszłości nie zanieczyszczali Bugu i Narwi. Jak wiemy już z dotychczasowej praktyki na podstawie stanu wód, które przychodzą do nas z terenu Czechosłowacji, raczej nie można się spodziewać takiej troski o nasze wody. Musimy jed-

nak myśleć o najbliższej przyszłości i starać się o taki stopień oczyszczania ścieków, by nie zagrażały one florze i faunie naszych wód powierzchniowych i nie czyniły tej wody niezdatną do dalszego użycia.

Sztuczne oczyszczenie ścieków jest bardzo kosztowne. Wysokość potrzebnych nakładów inwestycyjnych przy sztucznym oczyszczaniu 6 mld m³ ścieków (przewidywana ilość ścieków w 1975 roku), według obliczeń fachowców dochodzi do 25 mld zł, a roczny koszt eksploatacji tych urządzeń — do 2,3 mld zł. Dla porównania można dodać, że ogólny koszt melioracji zabagnionych gruntów leśnych o pow. 1 mln ha, łącznie z zagospodarowaniem tych terenów, obliczony jest na 2,3 mld zł (11). Mimo tak wysokich nakładów na sztuczne oczyszczanie nie może ono całkowicie ochronić naszych wód powierzchniowych, ponieważ metody oczyszczania nie są tak doskonałe i oczyszczone ścieki zawierają jeszcze duże ilości związków rozpuszczalnych i koloidów oraz bakterii chorobotwórczych, które przy małych przepływach w rzekach, gdy brak jest wody na rozcieńczenie oczyszczonych ścieków, mogą spowodować zachwianie równowagi biologicznej rzek.

Jednym ze sposobów oczyszczania ścieków, który u nas obecnie zaczyna się rozwijać, jest ich rolnicze wykorzystanie. Przy tym sposobie oczyszczania ścieki miejskie lub przemysłowe używane są do nawadniania upraw rolnych, ogrodniczych i łąk. Po przesączeniu się ścieków przez glebę, dzięki sorbcji mechanicznej i fizyko-chemicznej oraz działalności bakterii glebowych i innych procesów zachodzących w glebie, ścieki te są praktycznie uwolnione od zanieczyszczeń. Bardzo poważną zaletą tego sposobu oczyszczania ścieków jest wykorzystanie ich wartości nawozowej. W 1 m³ miejskich wód ściekowych znajduje się przeciętnie 80 g azotu (N), 60 g potasu (K₂O) i 20 g fosforu (P₂O₅).

Prof. W i e r z b i c k i (12), przyjmując dla roku 1958 odpływ ścieków miejskich w wys. 438 mln m³ (dla 12 mln mieszkańców), tak oblicza ich wartość (tab. 1):

T a b e l a 1

Składniki pokarmowe	R o c z n i e		Równowartość sztucznych nawozów			C e n a: 1 tony zł	Wartość milionów zł
	na 1 mieszkańca kg	dla 12 milionów w milionach ton	nazwa	zawartość składników pok. w %	miliony ton		
N	2,92	0,0350	azotniak	20,5	0,171	1 800	307,8
K ₂ O	2,19	0,0262	sól potasowa	40,0	0,065	1 080	70,2
P ₂ O ₅	0,73	0,088	superfosfat	18,0	0,049	960	47,0
			Ogółem		0,285		425,0

Wartość nawozowa przemysłowych wód ściekowych oceniana jest w tym okresie na 175 mln zł, czyli łączna wartość nawozowa ścieków wyniesie 600 mln zł. Po uwzględnieniu korzyści połączonych z dostarczeniem wilgoci, próchnicy, ciepła i działaniem stymulującym, które prof. Wierzbicki ocenia przeciętnie na 125% wartości nawozowej, liczba ta wzrośnie do 1 350 mln zł.

Drugą bardzo poważną zaletą rolniczego wykorzystania ścieków jest uzupełnienie wilgoci w glebie, a to z uwagi na zarysowujący się u nas deficyt wody w zakresie gospodarki rolnej. Szczególnie wyraźnie niedobór wody występuje w środkowej części Polski na glebach lekkich, które są predystynowane do nawodnień ściekami. Prof. Skibniewski (9) prowizorycznie oblicza, że przy użytkowaniu rolniczym 7 mld m³ ścieków przyrost retencji zwiększyłby się w takim stopniu jak przy ogólnym wzroście opadów o 10%. Naturalnie są to liczby dyskusyjne, lecz jako przykład podaje on za Wierzbickim miasto Bielefeld położone na zboczach lasu Teutoburskiego. Otóż władze wodne sprzeciwiły się budowie piątego z kolei ujęcia wody w zlewni Amizy, w której dał się wyraźnie odczuć spadek poziomu wody wskutek tyłu ujęć. Na budowę zezwolono pod warunkiem wyrównania przez miasto niedoboru wody przez odprowadzenie oczyszczonych ścieków do zlewni. Po założeniu pól irygacyjnych o pow. 600 ha, nawadnianych ściekami z Bielefeld, niedobór wody ustąpił. Podobne przykłady podniesienia się poziomu wody gruntowej przytoczono z okolic Lipska.

Powierzchnia gruntów wymagających nawodnień wodą obcą jest w Polsce oceniana na 1 500 000 ha. Prof. Wierzbicki zakłada możliwość rolniczego wykorzystania połowy ilości wszystkich ścieków miejskich i przemysłowych w roku 1975, tzn. około 3 mld m³. Pozwoliłoby to według niego na objęcie nawodnieniami przy dawce 480 mm powierzchni 625 000 ha, z czego 12% pow. leśnej.

K. Matul (5) przewidując trudności ze znalezieniem odpowiedniego terenu do nawodnień, zwłaszcza przy wielkich miastach zakłada możliwość wykorzystania w roku 1975 tylko 2 mld m³ ścieków, co przy dawce 600—800 mm pozwoliłoby według niego na nawodnienie 300 000 ha i uniknięcia nakładów inwestycyjnych na budowę oczyszczalni biologicznych w wys. 8—9 mld zł, przy rocznym koszcie eksploatacji dochodzącym do 1 mld zł.

Podobną powierzchnię do nawodnień ściekami proponują autorzy referatu pt. „Potrzeby rolnictwa w zakresie gospodarki wodnej“ (2), przewidując czysty dochód z ha w wysokości 2 000 zł. Są to wszystko liczby realne i powinniśmy dążyć do ich urzeczywistnienia. W Niemczech Ministerstwo Rolnictwa i Apropowizacji już w roku 1935 zakazało budowy gminnych zakładów oczyszczania ścieków, jeżeli nie została przedtem zbadana możliwość ich rolniczego zużytkowania (8).

Przed kilkudziesięciu laty założono pola irygacyjne nawadniane ściekami Paryża, Berlina. Obecnie jest w opracowaniu projekt wykorzystania ścieków Moskwy do nawadniania powierzchni 220 tys. ha. U nas powierzchnia nawadniana ściekami wynosiła w roku 1958 około 9 000 ha.

Przy rolniczym użytkowaniu ścieków może zachodzić niebezpieczeństwo zakażenia przewodu pokarmowego zarazkami chorobotwórczymi lub jajami pasożytów przy spożywaniu produktów rolnych z pól nawadnia-

nych. Jest to najpoważniejszy zarzut wysuwany przeciwko tej metodzie oczyszczania ścieków. Ustawodawstwo poszczególnych krajów określa, na jakich warunkach można ścieki użytkować rolniczo.

W Niemczech można użytkować ścieki komunalne, wstępnie oczyszczone w osadnikach, do nawodnień upraw buraków pastewnych i cukrowych, ziemniaków konsumcyjnych i przemysłowych, roślin oleistych oraz łąk i pastwisk. Dla każdego gatunku podane są dozwolone terminy nawadnień. Warzyw spożywanych w stanie surowym nie wolno nawadniać wodami mogącymi zawierać zarazki chorobotwórcze. Wyjątkowo, za specjalnym zezwoleniem władz, można nawadniać warzywa spożywane po ugotowaniu.

Nawadnianie w celu zwiększenia przyrostu drzew jest dozwolone w lasach — za zgodą właściwych władz, poza lasami — bez ograniczeń.

W ZSRR jest dopuszczalne nawadnianie nawet kapusty, ogórków i pomidorów, pod warunkiem jednak kilkakrotnego płukania przed wprowadzeniem ich do sprzedaży.

W USA dozwolone jest nawadnianie ściekami wstępnie oczyszczonymi jedynie łąk.

U nas wydano rozporządzenie określające, jakim warunkom powinny odpowiadać ścieki wpuszczane do wód powierzchniowych i gruntowych; nie określono warunków, w jakich powinno się odbywać rolnicze wykorzystanie ścieków. Państwowy Zakład Higieny w swym zaleceniu co do rolniczego wykorzystania ścieków dopuszcza nawadnianie wszelkiego rodzaju kultur rolniczych z zastrzeżeniem zachowania warunków dotyczących stopnia oczyszczania ścieków. Wykluczone jest jedynie nawadnianie ściekami warzyw i jagód spożywanych na surowo.

Ze względów higienicznych należałoby dążyć raczej do eliminowania nawadniania ściekami upraw warzyw i upraw rolnych, nawet gdyby prawdopodobieństwo zakażenia ludzi było bardzo małe, a ograniczyć się raczej do nawadniania łąk i pastwisk, które bardzo dodatnio reagują na nawodnienie ściekami (wzmożenie plonowania wynosi około 100 q siana) oraz zapewniają dobre oczyszczenie ścieków (1).

Ostatnio daje się zauważyć wzrost zainteresowania terenami leśnymi jako ewentualnymi powierzchniami odpowiednimi do nawodnień. W opracowanych obecnie projektach rolniczego wykorzystania ścieków Nowych Tych, Tomaszowa Mazowieckiego, Zielonej Góry, Gliwic i innych miast, do nawodnienia przewidziane są także powierzchnie leśne.

Zwolennicy wykorzystania terenów leśnych do nawodnień wodami ściekowymi kładą duży nacisk na fakt, że odpada tu niebezpieczeństwo zakażenia konsumenta, a z niebezpieczeństwem tym trzeba się zawsze liczyć przy nawadnianiu upraw rolnych lub warzywnych. Wskutek tego rolnicze użytkowanie ścieków ma dużo przeciwników. Przy nawadnianiu terenów leśnych zakładana jest także możliwość użycia do tego celu ścieków surowych (nie oczyszczanych wstępnie na osadnikach), przez co zmniejszyłby się koszt nakładów inwestycyjnych oraz eksploatacji, a zwiększyłaby się wartość nawozowa ścieków i związane z tym dochody.

Jako druga bardzo ważna zaleta nawadniania terenów leśnych wymienia się możliwość całorocznego użytkowania ścieków do nawodnień. Jedną ze słabszych stron rolniczego wykorzystania ścieków jest fakt, że przeważająca większość ścieków odpływa na ogół równomiernie w ciągu

całego roku i nie zawsze zachodzi możliwość wykorzystania ich na polach nawadnianych. Wód ściekowych nie można kierować na użytki rolne czy pastwiska przez cały rok bez przerwy. W okresie wegetacyjnym, w czasie długotrwałych śłot, dodatkowe nawodnienie mogłoby przynieść szkodę ze względu na nadmierne zawilgocenie gleby.

Nie można też nawadniać pól w okresie pilnych prac polowych (sianokosów, siewów, żniw) oraz w okresie świąt z uwagi na to, że urządzenia nawadniające wymagają obsługi. W związku z powyższym, w celu zapobieżenia zrzutom nie oczyszczonych ścieków do odbiorników (rzek), trzeba projektować rezerwowe pola filtracyjne, na które można kierować ścieki w wymienionych okresach. Przepisy sanitarne w ZSRR przewidują nawet wielkość takich pól na 25—30% wielkości powierzchni pól nawadnianych lub zalecają budowę rezerwowej oczyszczalni dla biologicznego oczyszczania wód ściekowych. Tak duże inwestycje obniżyłyby znacznie rentowność rolniczego wykorzystania ścieków, dlatego specjaliści projektują nawadnianie terenów leśnych w okresach, gdy jest uniemożliwione nawadnianie upraw rolnych lub łąk.

Wybitny specjalista w tej dziedzinie prof. Wierzbicki uważa, że dobrze zorganizowane nawadnianie pól powinno obejmować 60—80% łąk i pastwisk, 10—30% gruntów orných oraz 7—20% powierzchni uprawy drzew (12).

Ponieważ, jak to już było powiedziane, do roku 1975 przewiduje się wykorzystanie rolnicze ścieków na powierzchni około 300 000 ha, co jest ze względów gospodarczych całkowicie uzasadnione, oraz w związku z obecnymi tendencjami do objęcia nawodnieniami terenów leśnych, co znalazło już częściowe zastosowanie w praktyce (Nowe Tychy, Tomaszów Mazowiecki, Zielona Góra, Gliwice) należałoby rozpatrzyć te sprawy z punktu widzenia gospodarki leśnej.

Jak zareaguje las na nawodnienie ściekami? Czy nawodnienie ściekami nie jest szkodliwe dla drzew leśnych i biocenozy? Czy opłaca się nawadniać tereny leśne? Które gatunki drzew leśnych nadają się najlepiej do nawodnień. Jak wielkie dawki nawodnień można stosować bez szkody dla drzewostanu? Jakie gleby są najodpowiedniejsze do nawodnień? I wreszcie, jak pogodzić nawodnienie terenów leśnych ze względami estetycznymi, ochroną przyrody i rolą lasu jako miejsca wypoczynku i turystyki? Z tych ostatnich względów z dużym sprzeciwem spotkał się projekt generalny wykorzystania rolniczego ścieków Warszawy w rejonie Puszczy Kampinoskiej, mimo że przewidywano nawodnienie tylko terenów sąsiadujących z projektowanym tu parkiem narodowym.

Chcąc odpowiedzieć wyczerpująco na postawione powyżej pytania, należałoby oprzeć się przede wszystkim na doświadczeniach z tej dziedziny zebranych na naszym terenie, tych jednak nie mamy dużo. W Polsce systematycznych nawadnień terenów leśnych do tej pory nie przeprowadzano. Okresowo kierowano wody ściekowe na tereny leśne sąsiadujące z polami irygacyjnymi Strzelc Opolskich oraz Ostrowa Wlkp. Są także wzmianki w literaturze o okresowym nawadnianiu terenów leśnych ściekami krochmalnianymi w Sokółce. Bardzo cenne są doświadczenia prowadzone od kilku lat pod kierunkiem prof. J. Wierzbickiego we Wrocławskim Terenowym Ośrodku Badawczym IMUZ nad nawadnianiem ściekami plantacji topolowych.

W Strzelcach Opolskich nawadniano okresowo miejskimi wodami ściekowymi 50-letni drzewostan sosnowy przylegający do pól irygacyjnych, założonych w roku 1909 na specjalnie w tym celu wylesionej powierzchni (18 ha). Glebę omawianego drzewostanu stanowi luźny, głęboki piasek, o poziomie wody gruntowej poniżej 2 m. Wody ściekowe kieruje się do lasu przez kilka lub kilkanaście dni w zależności od czasu trwania sianokosów, które z kolei uzależnione są od przebiegu pogody. W okresie deszczowym sianokosy trwają dłużej i las nawadniany jest dużą ilością ścieków. Gdy sianokosy wypadną w okresie posuszonym, drzewostan w ogóle nie jest nawadniany. Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto następujące wnioski (3).

1. Bezpośredni zalew drzewostanu sosnowego wysokimi dawkami wód ściekowych, pozostającymi przez kilka dni na powierzchni, działa zabójczo na drzewa i powoduje wylesienie terenu.

2. Przyrost drzewostanu sosnowego położonego w bezpośrednim sąsiedztwie terenu zalewanego zwiększył się wyraźnie pod wpływem przesiąkania wód ściekowych. Zasięg oddziaływania wód ściekowych dał się stwierdzić wyraźnie na pasie szerokości 20 m. Wpływ ten zanika zupełnie w odległości 40 m od terenu zalewanego. Różnica w bonitacji drzewostanu na obu polach dochodziła do jednej klasy bonitacji, mimo jednakowych warunków siedliskowych.

3. Zmianom przyrostu drzew towarzyszą zmiany roślinności dna lasu i poziomu próchnicznego w sensie polepszenia procesu próchnicowania.

K u t e r a i C z y ż y k (4) podają, że drzewostan dębowy nawadniany ściekami z krochmalni w Sokółce podobnie zareagował. W obniżeniach terenu, gdzie ścieki dłuższy czas pozostawały na powierzchni, drzewa wyginęły, a w sąsiedztwie, tam gdzie drzewostan był nawadniany podsiąkowo, drzewa w porównaniu z drzewostanem nie nawadnianym wykazywały lepszy przyrost, miały bardziej żywo zielone zabarwienie liści i obficie obrodziły żołędzie.

S c h w a p p a c h (7) w czasie badań, przeprowadzonych na polach irygowanych pod Berlinem w latach 1908—1910, nawadniał ściekami 40-letni drzewostan sosnowy. Nawodnienia przeprowadzał w maju, czerwcu i lipcu 400 mm dawką w ciągu jednej doby. Tak wysoka dawka (średni roczny opad w Poznaniu wynosi 517 mm) spowodowała po 4 latach wyschnięcie 40% ilości drzew i drzewostan trzeba było usunąć. Obumarcie drzewostanu, zdaniem S c h w a p p a c h a, nie było wynikiem ujemnego działania ścieków, lecz nastąpiło wskutek zalania wodą strefy korzeniowej i uduszenia z powodu braku dostępu powietrza.

M i e r i g (6) omawia wyniki osiągnięte w Niemczech przez jedną z fabryk słodyczy i pochodnych krochmalu przy oczyszczaniu ścieków fabrycznych i bytowych (osiedle 700 osób) na terenach leśnych. Nawadnianie terenów leśnych podjęte zostało z konieczności, ponieważ dotychczasowe sposoby oczyszczania i odprowadzania ścieków (studnie filtracyjne, osadniki, stawy do oczyszczania) nie dawały zadowalających wyników. Cieki przepływające przez tereny fabryczne prowadziły zbyt mało wody, by przyjąć tak oczyszczone ścieki.

Gleby nawadnianych tam terenów leśnych są lekkie, piaszczyste; od 10—30 cm występuje w nich warstwa orsztynu, poziom wody gruntowej 0,8—1,4 m poniżej terenu. Panujące gatunki drzew w drzewostanach:

sosna i świerk w wieku 10—70 l. W skład nowych upraw wchodzi: modrzew japoński, topola, buk i świerk. Nawodnienie ściekami wynosiło przeciętnie 200 mm na rok, w 4—8 dawkach. Przy tak prowadzonych nawodnieniach dąb, buk i świerk nie poniosły godnych uwagi strat, drzewostany miały dobry wygląd i nie stwierdzono opanowania przez szkodniki. W nowych uprawach, poza topolą, najlepiej przyrastały modrzew japoński i świerk. W miejscach, gdzie ścieki pozostawały na powierzchni przez kilka dni, drzewa szybko obumierały, zwłaszcza świerki i sosny. Na uwagę zasługują pomyślne wyniki osiągnięte przy nawadnianiu topoli, która dobrze znosiła dawki w wysokości 600 mm rocznie.

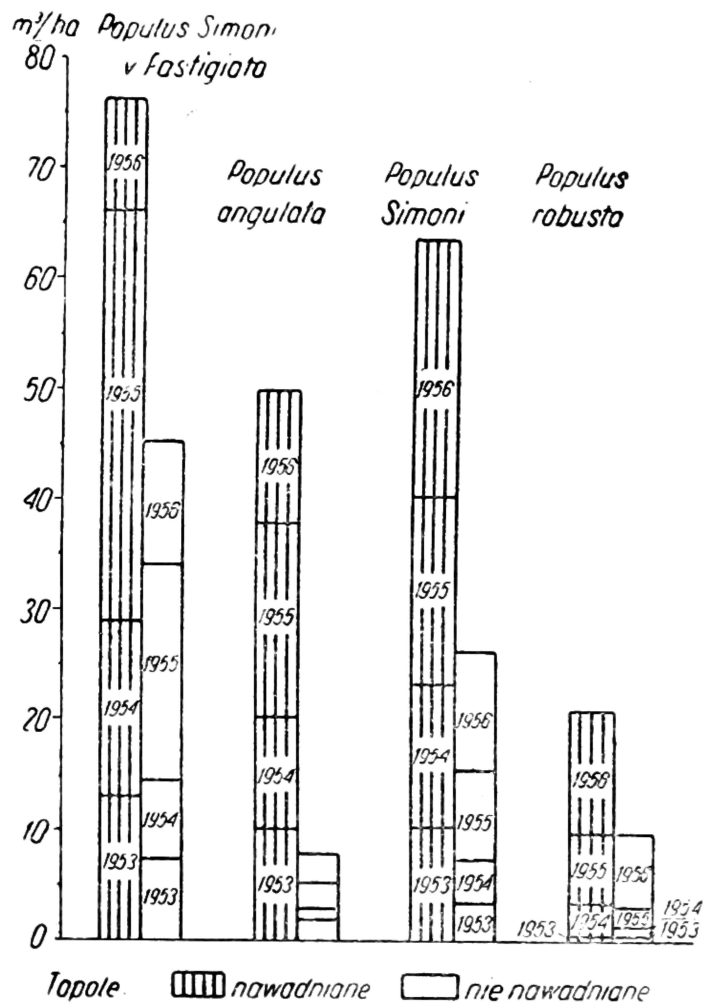
Topole były tam posadzone na lekkich glebach piaszczystych z warstwą orsztynu kilkudziesięciu cm grubości, którą kruszono w czasie uprawy. Jak wynika z opisu, drzewostany sosnowe na tych powierzchniach miały przed wyrębem III/IV bonitację. W czasie długotrwałych upałów nawadniane uprawy, zwłaszcza modrzewiowe, zaczęły wykazywać objawy spowodowane działaniem suszy i braku wilgoci tak, że musiano je nawadniać w celu uratowania przed wyschnięciem. Widocznie system korzeniowy nawadnianych drzew płytko się rozwijał.

Jak to już było wspomniane, doświadczenia z nawadnianiem topoli ściekami zostały u nas zainicjowane przez prof. Wierzbickiego i dały bardzo pomyślne wyniki (13).

Są one prowadzone od roku 1949 w dwóch miejscowościach równocześnie. W Puczniewie nad Nerem plantacja topoli (*Populus angulata*, *Populus Simonii*, *Populus Simonii* var. *fastigiata*) nawadniana jest ściekami Łodzi i Pabianic w ilości 500 mm rocznie w okresie IV—IX, w 4—6 dawkach. W Rędzinie plantacja topoli (*Populus robusta*) nawadniana jest ściekami miejskimi Wrocławia

przy wzroście ilości ścieków od 200 mm w dwóch dawkach w roku 1951 do 1 600 mm i w siedmiu dawkach w roku 1955 i 1956. Wyniki pomiarów przedstawione na ryc. 1 wykazują znaczną różnicę pomiędzy przyrostami topoli na działkach nawadnianych i nie nawadnianych.

Różnica w przyroście 5-letniej topoli niekłańskiej wynosiła 6,3 m³/ha rocznie. Największy przyrost osiągały 7-letnie topole chińskie piramidalne (*Populus Simonii* v. *fastigiata*). Różnica w przyroście drzew nawadnianych i nie nawadnianych wynosiła 16,5 m³/ha. W roku 1956 plantacje *Populus simonii* var. *fastigiata* przemarzły i dlatego brak różnicy w przyroście.



Ryc. 1. (Według Wierzbickiego i Draguna)

Przybliżoną wartość pieniężną różnic przyrostów rocznych dla topól, przy przeciętnej cenie 430 zł/1 m³ papierówki, przedstawiono w tab. 2.

Dodatkowy dochód może być uzyskany jeszcze ze zbioru siana. W Rędzinie w latach 1953—1956 otrzymano dodatkowo 30 q/ha siana rocznie z plantacji nawadnianych, co stanowi około 1 800 zł z ha na rok.

Jak widać z przedstawionych powyżej danych, doświadczenia z nawodnieniem ściekami topoli wypadły u nas bardzo pomyślnie. Na uwagę

Tabela 2*)

Odmiana	Wiek drzew (lat)	Przyrost roczny drewna topól nawad. w m ³ /ha	Różnica przyrostu w m ³ /ha drewna topól nawadnianych i nie-nawadnianych	Wartość przyrostu drewna topól nawadnianych zł	Wartość różnicy przyrostu drewna zł
<i>Populus robusta</i>	4	6,46	3,38	2 778	1 453
	5	11,10	6,47	4 773	2 782
<i>Populus Simonii</i> <i>v. fastigiata</i>	6	36,28	16,53	15 600	7 108
	7	10,02	—	4 308	—
<i>Populus Simonii</i>	6	17,10	8,85	7 353	3 805
	7	23,30	12,85	10 019	5 525
<i>Populus angulata</i>	6	17,58	15,22	7 559	6 545
	7	12,10	9,42	5 203	4 050

*) wg Wierzbickiego i Draguna

zasługują także pomyślne wyniki nawadniania ściekami topól w NRF, przedstawione w pracy E. Mieriga. Topole były tam sadzone na glebach bardzo słabych. Jeżeli obecnie szacuje się u nas powierzchnię nieużytków pod zalesienie na około 900 000 ha (wliczając w to 400 000 ha słabych gruntów orných), to pewna część tych nieużytków mogłaby się nadawać na plantacje topoli nawadnianych ściekami.

Duże możliwości rozwoju mogą także mieć plantacje wierzby. We Wrocławiu były przed wojną próby nawadniania wierzby koszykarskich, lecz z uwagi na złą jakość wyprodukowanego materiału (kruchość) zaprzestano doświadczeń. Teraz, gdy są inne możliwości zużytkowania wierzby koszykarskich, nawadnianie plantacji wikliny z uwagi na jej duże przyrosty może być nadal aktualne.

Można także zakładać na nieużytkach plantacje świerka na choinki. Mierig stwierdził w swojej pracy, że przy odpowiednich dawkach świerk znosi dobrze nawodnienie ściekami.

Do omówienia pozostaje bardzo ważna kwestia — wkraczania ze ściekami na tereny leśne. Z przytoczonych wyników doświadczeń widać, że odpowiednio przeprowadzone nawodnienie terenów leśnych może być bardzo korzystne, zwłaszcza na gruntach słabszych, przepuszczalnych. Dodatkowo działanie składników nawozowych potęguje się tutaj dzięki temu, że nawozy są dawane w roztworze wodnym, w związku z czym znacznie ułatwione jest przemieszczanie się tych składników w głąb gleby i umożliwione pobieranie ich przez korzenie drzew.

Mimo że rolnicze wykorzystanie ścieków od kilkudziesięciu lat jest już stosowane z bardzo pomyślnymi wynikami na uprawach rolnych i łąkowych, to w leśnictwie jest to jeszcze zagadnienie nowe i w związku z tym mogą wynikać pewne uprzedzenia. Leśnik, rozpatrujący możliwość nawodnienia ściekami terenów leśnych z punktu widzenia ochrony przyrody od razu odpowie: nie. Takie samo stanowisko zajmie szeroka rzesza turystów, która na szlakach swych leśnych wędrowek nie chciałaby spotkać niezbyt estetycznych obiektów melioracyjnych. Wprawdzie Z a k r z e w s k i (14) podaje, że mieszkania przy ulicach sąsiadujących z polami nawadnianymi ściekami Berlina są poszukiwane z uwagi na bliskość zieleni tych pól oraz, że według badań avifauna pól nawadnianych jest bogatsza od pól nie nawadnianych, lecz w lasach, gdzie zieleni jest dosyć. Obecność pól nawadnianych jest cechą raczej ujemną ze względów estetycznych. Jednakże za wykorzystaniem ścieków na terenach leśnych przemawiają względy gospodarcze, z którymi musimy się liczyć.

Przy rolniczym wykorzystaniu ścieków otrzymujemy wysokie dochody, a inwestycje amortyzują się w ciągu kilku lat. Gdybyśmy założyli, że cała ilość ścieków będzie oczyszczona sztucznie kosztem stałych nakładów finansowych, to byłoby większość naszych rzek z góry skazana na zamarcie, ponieważ zbyt wielkie ilości nawet oczyszczonych ścieków byłoby zabójcze dla flory i fauny naszych wód, a tej sprawy ochrona przyrody też nie może pomijać.

Wydaje się jednak, że można pogodzić te dwa przeciwstawne punkty widzenia: ochronę przyrody i estetykę z jednej strony, a względy gospodarcze z drugiej. Główny nacisk należałoby położyć na zakładanie plantacji topolowych, które mogą stanowić minimum powierzchni zajętej pod uprawę drzew, zalecanej przez specjalistów ściekowców jako teren na ewentualne zrzuty wód ściekowych w okresach, gdy nie mogą one być kierowane na pola nawadniane.

Administracja leśna powinna przede wszystkim sugerować takie rozwiązanie i okazać tu pomoc. Powinna ona dopomóc do zagospodarowania powierzchni przystosowanej do nawodnień przez miasto lub fabrykę, a następnie zapewnić odpowiedni nadzór i pielęgnację. Na takich nowozałożonych plantacjach topoli inwestor (użytkownik całości pól nawadnianych) nie byłby w zasadzie krepowany co do ilości ścieków kierowanych na nie oraz terminów tych nawadnień.

Jeżeli projekty obejmować będą tereny leśne, należałoby zwracać uwagę na odpowiednie dobranie terenu, a następnie na ustalenie odpowiedniej wysokości dawek oraz terminów i sposobów nawadnień. Do nawadniania ściekami powinniśmy raczej przeznaczać małe odrębne obiekty leśne, a unikać nawadniania terenów wchodzących w skład dużych kompleksów leśnych. Tereny tak wybrane mogą być łatwo wyłączone z ruchu

turystycznego, ze względów sanitarnych można także nie dopuścić do zbierania na obiektach nawadnianych jagód i grzybów. Przy takim postawieniu sprawy ruch turystyczny i z tym związane względy estetyczne nie poniosłyby uszczerbku.

Bardzo ważnym czynnikiem, na który należy przede wszystkim zwrócić uwagę przy doborze odpowiedniego obiektu leśnego do nawodnień, są gleby. Gleby nawadnianych drzewostanów powinny być przepuszczalne, o niskim poziomie wód gruntowych. Na głębokich piaskach, praktycznie biorąc, nie zachodzi obawa, nawet przy wysokich dawkach ścieków, dłuższego ich utrzymania się na powierzchni. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można stwierdzić, że najbardziej niebezpieczne dla drzew jest stagnowanie ścieków na powierzchni. Już kilkudniowy trwały zalew może spowodować wyschnięcie drzew. Ścieki dzięki swym składnikom pokarmowym działać mogą dodatnio na wzrost drzew, jednakże tlen zawarty w wodach ściekowych jest bardzo szybko zużywany przy rozkładzie związków organicznych i drzewa przy długotrwałym zalewie duszą się z powodu braku tlenu.

Z podanych wyżej powodów ważna jest też przy wyborze konfiguracja terenu. Na polach lub łąkach nawadnianych teren możemy odpowiednio przystosować do nawodnień, w lesie tego już nie zrobimy. Wszystkie drzewa rosnące w lokalnych obniżeniach terenu narażone byłyby na wyschnięcie przy wadliwym rozprowadzaniu ścieków i przy zbyt wysokich dawkach. Rozprowadzenie ścieków po nawadnianym terenie musi być takie, by wykluczało nierównomierne zalewanie ściekami, powodujące stagnowanie ich w pewnych miejscach. Niebezpieczeństwo to będzie szczególnie występować na glebach słabo przepuszczalnych oraz w terenie bogato urzeźbionym, a specjalnie w kotlinkach bezodpływowych.

Bardzo ważną kwestią przy nawadnianiu terenów leśnych jest ustalenie wysokości i ilości dawek w mm/rok oraz terminów nawodnień. Naturalnie im bardziej wysokość dawek się zmniejsza, a ilość ich w ciągu roku wzrasta, tym większą mamy pewność, że drzewostan nie będzie uszkodzony.

E. M i e r i g stwierdził, że wysokość dawek 200 mm/rok nie była szkodliwa dla sosny, dębu, świerka i buka mimo niepomyślnych warunków glebowych (warstwa orsztynu, poziom wody gruntowej 0,8—1,4 m). Jednakże w miejscach, gdzie ścieki stały na powierzchni kilka dni, powstały szkody. Topole znosiły na tym gruncie dawki 400—600 mm, a na bardziej przepuszczalnych gruntach w Rędzinie (13) nawet 2 400 mm/rok, z tym że w ostatnim przypadku ilość dawek dochodziła do siedmiu i ścieki przy zalewie zalegały na powierzchni najwyżej przez kilka godzin. Jak widać, wysokość dawek zależy w dużym stopniu od przepuszczalności gleby. W każdym razie należy przyjąć za zasadę, że wielkość dawek i ich ilość musi być taka, by nie dopuścić do dłuższego stagnowania ścieków na powierzchni terenu. Wydaje się, że podawana w przytoczonych uprzednio prowizorycznych obliczeniach rolniczego wykorzystania ścieków w roku 1975 przeciętna dawka roczna w wysokości 500—600 mm, przy odpowiednio dobranych terenach, nie powinna zagrażać drzewostanom.

Nie można jednak godzić się bez zastrzeżeń z takim projektem nawodnień, w którym lasy będą rezerwą na zrzuty wód ściekowych w okresach

niepożądanych dla nawodnień upraw rolnych czy łąk, a więc np. w okresie długotrwałych deszczów, gdy gleba jest przepojona wilgocią i uprawy rolne czy łąkowe poniosłyby szkody. Nawadnianie w tym okresie większymi ilościami ścieków byłoby szkodliwe dla lasów, o czym świadczy stan drzewostanu sosnowego w Strzelcach Opolskich, który w miejscach, gdzie wody ściekowe tworzyły trwałe kilkudniowy zalew, jest zniszczony, mimo że gleby nawadniane są przepuszczalne. Wody ściekowe były kierowane do lasu właśnie w czasie długotrwałych deszczów. Jeszcze jednym przykładem może tu być drzewostan dębowy nawadniany ściekami krochmalnianymi w Sokółce. Mimo że nawodnienie odbywa się tu ze względu na okresowość produkcji tylko w czasie późnej jesieni i wczesnej zimy, czyli nie w okresie wegetacji, drzewostan został zniszczony tam, gdzie ścieki stały przez dłuższy czas na powierzchni.

Rzecz prosta, że przytoczone przykłady Strzelc Opolskich i Sokółki dotyczą powierzchni, które nie były nawadniane regularnie, lecz stanowiły jedynie miejsce zrzutów nadmiaru ścieków, tak że obciążenie mogło tam przekraczać w niektórych miejscach kilka tysięcy mm. Przy odpowiednim rozkładzie i wysokości dawek efekt nawodnień prawdopodobnie byłby tu też dodatni.

W Niemczech obecnie zalecają nawodnienie ściekami nawet w okresie deszczowym, a to z uwagi na wysoką wartość nawozową wód ściekowych. Naturalnie jest to możliwe tylko na glebach przepuszczalnych. Przeprowadzane są także ostatnio próby nawadniania w okresie zimowym. Wydaje się, że proponowane przez meliorantów zimowe nawadnianie ściekami terenów leśnych na słabych siedliskach sosnowych mogłoby przynieść dobre rezultaty pod warunkiem odpowiedniego rozprowadzenia ścieków — przez wzbogacanie zubożałej gleby leśnej w cenne składniki pokarmowe. Przy tym sposobie nawodnień w dużej mierze odpadną zarzuty wysuwane przeciwko wprowadzeniu ścieków na tereny leśne z punktu widzenia turystyki, estetyki oraz ze względów sanitarnych.

Przy nawadnianiu lasów musi obowiązywać naczelna zasada: tereny leśne przy projektowaniu rolniczego wykorzystania ścieków muszą być traktowane co najmniej na równi z terenami łąkowymi czy uprawami rolnymi. Ponieważ gdy jest okresowy nadmiar ścieków, to lepiej zmniejszyć, a nawet stracić jednoroczny plon, niż zniszczyć drzewostan, który rósł kilkadziesiąt lat i wymagał w ciągu tego okresu dużego nakładu pracy i kosztów. Teoretycznie można założyć, że w przypadku, gdy nawadniane łąki i uprawy rolne będą miały gleby ciężkie, a las gleby lżejsze, wówczas pewien nadmiar przy ściśle określonych dawkach maksymalnych wód ściekowych będzie mógł być kierowany na tereny leśne, lecz powinno to być w projekcie każdorazowo uzasadnione.

Wydaje się, że administracja leśna przy wyrażaniu zgody na objęcie projektem nawodnień terenów leśnych powinna zwracać uwagę na podane powyżej zagadnienia i że w chwili obecnej, dopóki nie znamy dokładnie reakcji poszczególnych gatunków drzew na nawodnienia ściekami miejskimi bądź przemysłowymi, należy być ostrożnym przy ustalaniu wysokości i ilości dawek oraz zwracać uwagę na odpowiedni dobór terenu, gleby i sposobu nawodnień. Należy jeszcze raz podkreślić, że wszystkie te czynniki muszą być tak dobrane, by nie zachodziło niebezpieczeństwo stagnowania ścieków przez dłuższy czas na powierzchni gruntu. •

Przy tak przeprowadzonych nawodnieniach, oprócz wielkich korzyści, jakie się osiągnie dzięki dobremu oczyszczeniu ścieków i ochronie naszych wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem, gleby leśne na nawadnianych powierzchniach zostaną wzbogacone w cenne składniki pokarmowe i uzupełnią swe, czasami zbyt szczupłe, zapasy wilgoci.

LITERATURA

1. Boćko J. — Wpływ deszczowania miejskimi wodami ściekowymi na plonowanie łąki i niektóre zjawiska biochemiczne gleby. „Zeszyty Naukowe“ IV WSR we Wrocławiu — Melioracja, t. I.
2. Jacyniak K., Kocan T., Rogowski K., Służewski A. — Potrzeby rolnictwa w zakresie gospodarki wodnej. Referat na konferencję naukowo-techniczną S.N.I.T.W.M.
3. Kosturkiewicz A., Nowiński S. — Badania wpływu nawodnienia miejskimi wodami ściekowymi na wzrost drzewostanu sosnowego. „Zeszyty Naukowe WSR we Wrocławiu — Melioracja“, t. III.
4. Kuter J., Czyżyk W. — Wyniki badań nad rolniczym wykorzystaniem ścieków krochmalni ziemniaczanych. „Gospodarka Wodna“, 1958 r., nr 11.
5. Matul K. — Warunki rozwoju gospodarki wodnej w Polsce na tle rozwoju gospodarki narodowej. „Gospodarka Wodna“, 1957 r., nr 6.
6. Mierig E. — Abwassererrieselung im Walde. „Allgemeine Forstzeitschrift“, 1957 r., nr 46.
7. Schwappach — Die Verwendung städtischer Abwässer und von Hausmühl zur Forstdüngung. „Zeitschrift für Forst und Jagdwesen“, 1915 r.
8. Skibniewski L. — Wpływ rolniczego wykorzystania ścieków na stosunki hydrologiczne. „Gospodarka wodna“ 1958 r., nr 1.
9. Skibniewski L. — Rolnicze wykorzystanie ścieków miejskich i przemysłowych. Warszawa 1951 r.
10. Skoraszewski W. — Rzeki czy ścieki. „Gaz, Woda i Techn. San.“ 1956 r., nr 11.
11. Szczuka J., Ostrowski S., Babiński S. — Postulaty leśnictwa w zakresie gospodarki wodnej. Referat na konferencję naukowo-techniczną S.N.I.T.W.M.
12. Wierzbicki J. — Rolnicze wykorzystanie ścieków. Wrocław 1958.
13. Wierzbicki J., Dragun W. — Wykorzystanie wód ściekowych do nawadniania plantacji topolowych. R. N. R., t. 72-F, 1958 r. nr 4.
14. Zakrzewski J. — Rolnicze wykorzystanie ścieków a urbanistyka i ochrona przyrody. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna“, 1957 r. nr 8.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 28 marca 1959