

Tomasz BRANDYK, Piotr HEWELKE

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Piotr DUCZYŃSKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

Zasady czystszej produkcji w ochronie środowiska

Wstęp

Z punktu widzenia ochrony środowiska rolnictwo stanowi specyficzną dziedzinę, bowiem samo będąc producentem zanieczyszczeń jest silnie narażone na skażenia powietrza, wody i gleby, pochodzące z innych gałęzi gospodarki. W zapobieganiu postępującej w wyniku całokształtu działalności człowieka degradacji środowiska rysują się aktualnie dwie podstawowe koncepcje. Pierwszą z nich jest usuwanie negatywnych skutków oddziaływania procesów produkcyjnych i konsumpcyjnych na otoczenie, natomiast drugą stanowi minimalizacja odpadów. Typowym przykładem pierwszego podejścia, określanego "rozwiązaniem na wylocie" (end of pipe solution), jest budowa oczyszczalni ścieków, instalacji do oczyszczania gazów, bezpiecznych składowisk odpadów, ekranów oraz pasów pyło- i dźwiękochłonnych. Ideałem koncepcji usuwania skutków jest utrzymywanie ilości wprowadzanych do środowiska zanieczyszczeń poniżej dopuszczalnych norm. Normy te często uwzględniają jedynie bieżące skutki działalności człowieka, pomijając ich długofalowe oddziaływanie na ekosystem. Manewrowanie normami zanieczyszczeń i opłatami za korzystanie ze środowiska — w sensie legislacyjnym — jest zjawiskiem, które w Polsce ze szczególnym nasileniem pojawiło się na przełomie lat 1992/1993.

Proces ten wynika głównie z realizacji egoistycznych i krótkoterminowych celów politycznych oraz nacisków silnych finansowo lobby przemysłowych.

Dla inżynierów melioracji i inżynierii środowiska jest oczywiste, że większość metod opierających się jedynie lub głównie na usuwaniu skutków jest zazwyczaj mało efektywna. Metody te powinny stanowić zatem końcowe ogniwo całości działań, których strategiczny cel wyznaczają przyczyny negatywnego zjawiska. Z tego powodu idea ochrony środowiska realizowana poprzez zasadę minimalizacji odpadów, tj. likwidowanie przyczyn ich powstawania na drodze modyfikacji procesów produkcyjnych, musi być uznana jako nadrzędna w stosunku do koncepcji usuwania skutków. Idea ta, określana również nazwą czystszej produkcji (cleaner production), jest szczególnie popierana w USA, Holandii, Wielkiej Brytanii oraz krajach skandynawskich i znajduje swoje odbicie w polityce, systemie prawnopodatkowym oraz bankowym tych krajów. Strategia ochrony środowiska, uwzględniająca interesy wszystkich jego użytkowników, polega na podjęciu działań w odpowiedniej kolejności:

1. Redukowanie ilości odpadów u źródła, poprzez ingerencję w procesy produkcji.
2. Recykulacja odpadów dla celów pierwotnych lub innych, jak np. odzyskiwanie surowców lub produkcja energii.

3. Oczyszczanie i neutralizacja odpadów.
4. Bezpieczne składowanie przy redukcji objętości.
5. Kontrolowane odprowadzanie z uwzględnieniem wrażliwości ekosystemu.

Dwie pierwsze opcje, tj. redukcja u źródła i recykulacja, są preferowane w filozofii czystszej produkcji i odpowiadają w pełni założeniom koncepcji ochrony środowiska poprzez minimalizację odpadów.

Należy podkreślić, że zastosowanie programu minimalizacji odpadów, oprócz ochrony środowiska i bezpieczniejszych warunków pracy, przynosi również bieżące korzyści w postaci obniżenia kosztów produkcji. Obniżenie kosztów produkcji uzyskuje się poprzez redukcję kosztów oczyszczania i składowania odpadów, opłat za korzystanie ze środowiska oraz zmniejszone zużycie surowców i energii.

Popularyzacją i wdrażaniem programu CP w Polsce zajmuje się Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich SITMP NOT, Oddział w Gliwicach. Działalność dydaktyczna jest realizowana w ramach Norwesko-Polskiego Programu Czystszej Produkcji, sponsorowanego przez rząd Norwegii. Szkolenie kadr odbywa się w formie wykładów, seminariów i zajęć praktycznych mających na celu zaznajomienie uczestników z istotą nowych zasad zarządzania środowiskiem. Integralnym elementem procesu nauczania jest wykonanie i wdrożenie projektu minimalizacji odpadów dla konkretnego zakładu. W efekcie szkolenia absolwenci szkół CP uzyskują międzynarodowy certyfikat eksperta projektanta w dziedzinie stosowania "Technik Czystszej Produkcji" zgodnych z metodyką Agencji Ochrony Środowiska USA. Aktualnie Program CP w Polsce wkracza w trzeci rok realizacji i w ramach 13 szkół objął swoim zasięgiem ponad 200 inżynierów i techników różnych branż. Wdrożenia projektów CP dają w Polsce nadspodziewanie dobre wyniki. Potwierdza to słuszność koncepcji minimalizacji odpadów, ale rów-

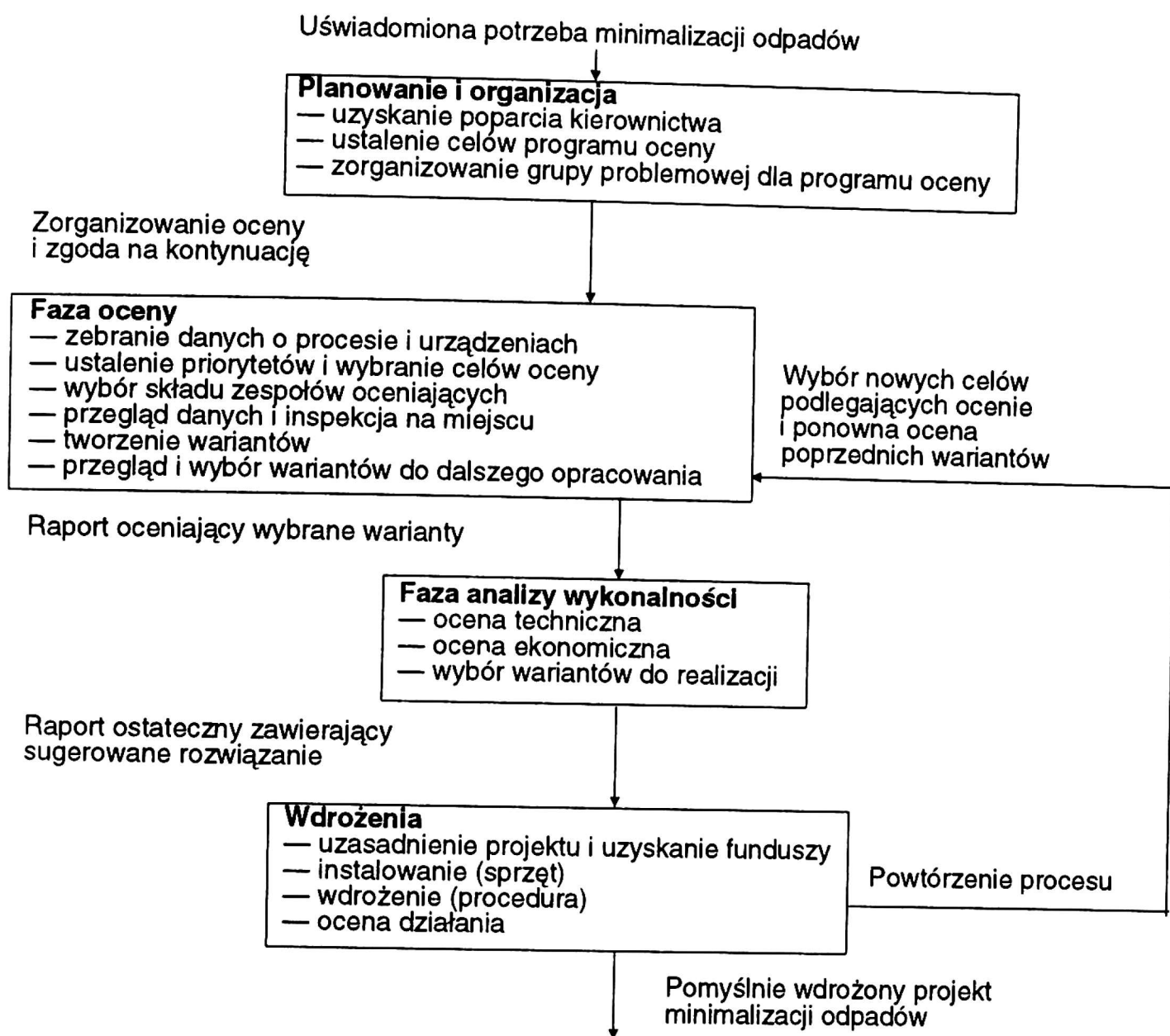
nież uwidacznia rozrzućną gospodarke zasobami, brak społecznej odpowiedzialności i daleko idące zaniedbania w działaniach dla ochrony środowiska.

Zasady czystszej produkcji

Metoda redukcji odpadów oparta na systematycznej ingerencji i ciągłej kontroli procesów produkcyjnych została opracowana i jest ciągle rozwijana przez Agencję Ochrony Środowiska USA. Ogólne zasady postępowania w procesie minimalizacji odpadów przedstawiono na schemacie — rysunek 1.

Należy podkreślić, że w procesie minimalizacji odpadów, po pomyślnym przygotowaniu i wdrożeniu jednego projektu, powraca się do fazy oceny, gdzie następuje wybór nowych celów i ponowna ocena zastosowanych wcześniej rozwiązań. Tak więc ocena możliwości minimalizacji odpadów nie jest działaniem jednorazowym, lecz ma charakter ciągły. Zakłady, których pracownicy uczestniczyli w szkoleniu "Cleaner Production", podpisują kartę uczestnictwa w tym programie i zobowiązane są do okresowych, corocznych sprawozdań z działalności i wyników w tym zakresie.

W metodzie minimalizacji odpadów badany jest każdy strumień surowców wchodzących do produkcji oraz wszystkie miejsca, w których powstają odpady. W ten sposób, punkt po punkcie, zwiększa się efektywność zużycia surowców i likwiduje przyczyny powstawania odpadów. Schematyczny podział technik stosowanych przy minimalizacji odpadów przedstawiono na rysunku 2. Do najskuteczniejszych technik zalicza się stosowanie obiegów zamkniętych i powrót odpadów do procesu pierwotnego. Bardzo obiecujące są zmiany produktu, używanych surowców i technologii, które często pozwalają całkowicie ograniczyć powstawanie określonych zanieczyszczeń.

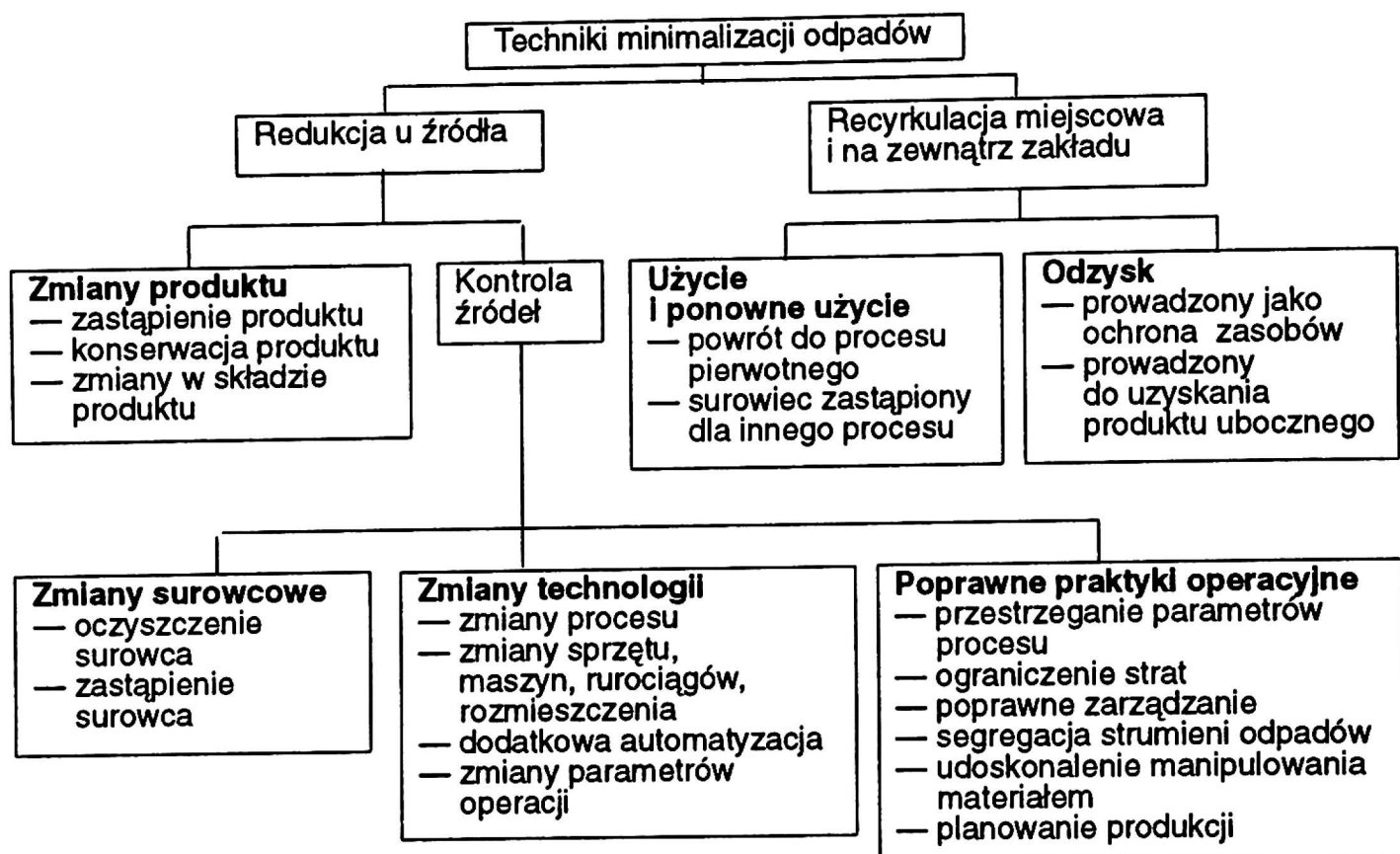


Rys. 1. Procedura oceny minimalizacji odpadów

Przykładowe zastosowania zasad czystszej produkcji w zakładach przemysłowych

Interesującym przykładem efektów wdrażania programu CP są Zakłady Celulozy i Papieru w Świeciu "Celuloza" SA [4, 7]. W zakładzie tym powstała Grupa Ekologiczna, a sztab jej tworzą: dyrektor ds. produkcji, kierownik postępu technicznego, kierownik wydziału gospodarki wodno-ściekowej i kierownik wydziału ochrony środowiska. W wydziałach produkcyjnych pod kierunkiem kierowników wydziałów i technologów działają zespoły, w których skład wchodzi pracownicy z nowa-

torskim spojrzeniem na problemy produkcyjne i świadomi zasad programu CP. Praca zespołów polega na ciągłym analizowaniu stanu istniejącego, a wszystkie pomysły powstające w trakcie obserwacji procesu produkcyjnego i dyskusji są zapisywane i oceniane. Pomysły (warianty) mające wstępną szansę realizacji są poddawane tzw. analizie wykonalności, czyli szczegółowej ocenie pod względem technicznym i ekonomicznym. Działania techniczne na rzecz programu CP podjęte w latach 1991/1992 przez zakład "Celuloza" SA miały charakter głównie prostych i niskonakładowych usprawnień w procesie produkcyjnym. Polegały one przede wszy-



Rys. 2. Techniki minimalizacji odpadów

stkim na zamykaniu obiegów, wprowadzaniu sygnalizacji i blokad, segregacji strumieni odpadów oraz wprowadzaniu dodatkowych technologii pomocniczych. Przykładowo, wprowadzenie chemizacji procesów sedymentacji zawiesin w ściekach papierniczych podniosło sprawność osadników do 85%, a w przypadku ścieków pokorowalnych pozwoliło na ujęcie ich prawie w całości w obieg zamknięty.

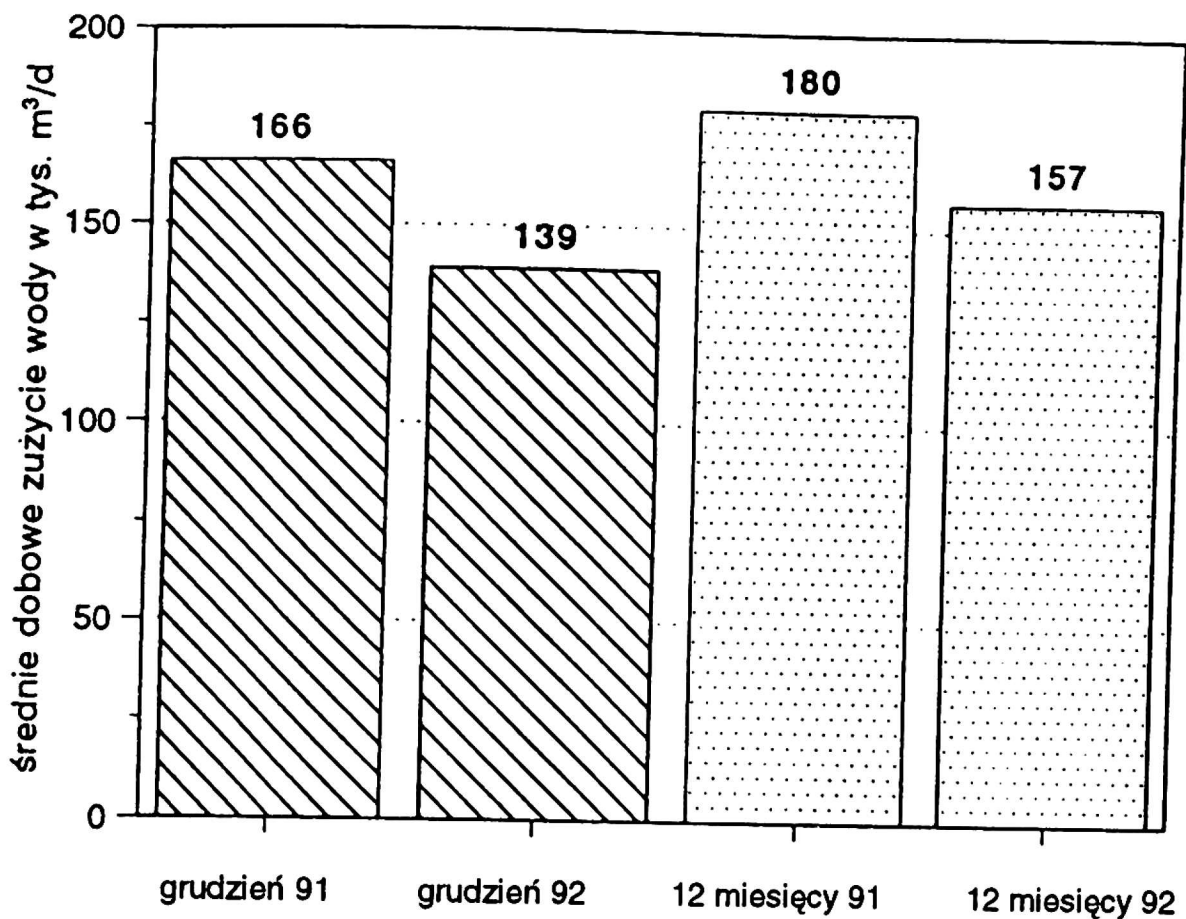
Zaangażowanie licznego zespołu pracowników, świadomie realizujących ideę CP, przyniosło m.in.:

- zmniejszenie zużycia wody świeżej (rys. 3) [5],
- zmniejszenie ChZT i ilości zawiesiny w odprowadzanych ściekach (rys. 4 i 5) [5].

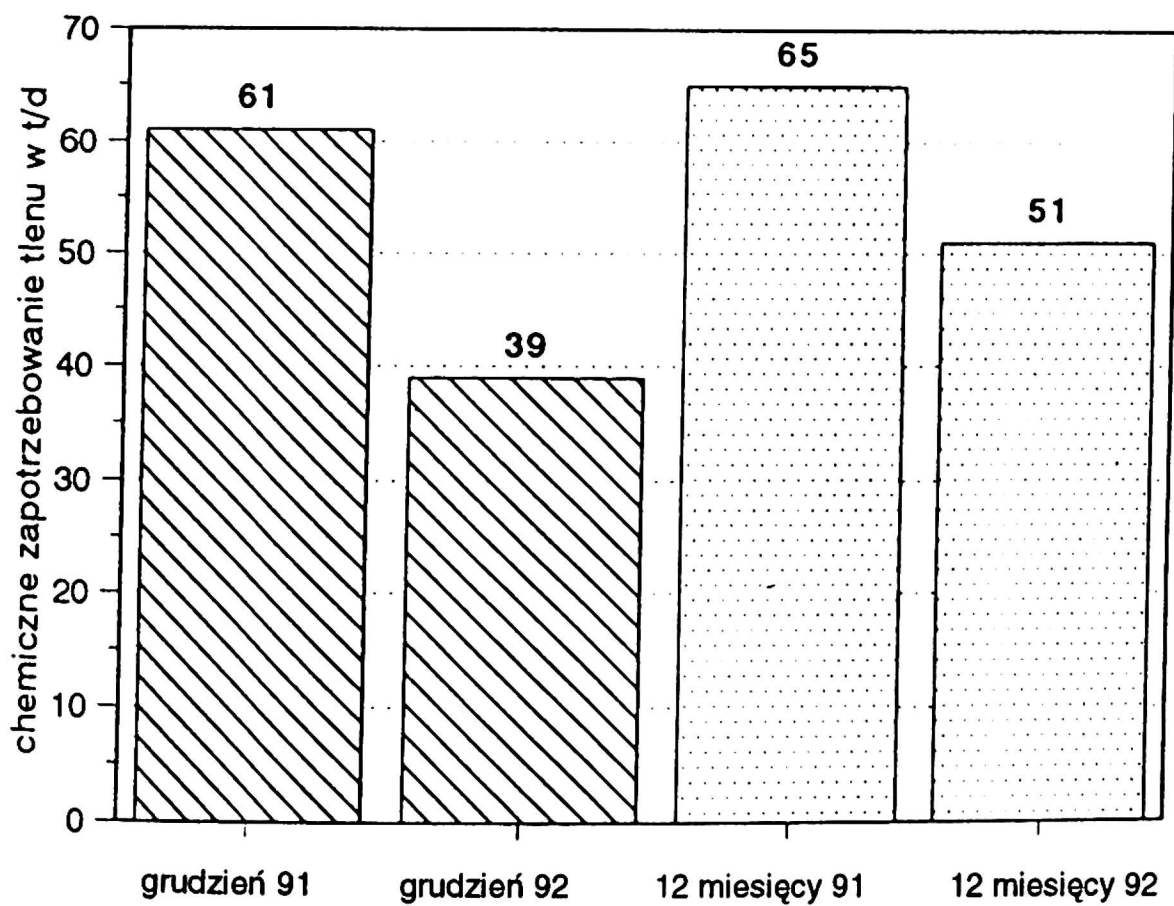
Ponadto zmiany w technologii zagęszczania ługów pozwoliły na obniżenie emisji siarkowodoru i merkaptanów o 76%, a dwutlenku siarki — prawie o 50%. Podstawowy rodzaj odpadów stałych przy

produkcji celulozy i papieru stanowi kora i trociny powstające w procesie mokrego korowania papierówki i rozdrabniania surowca na zrąbki. Znaczna część tych odpadów znalazła zastosowanie w rekultywacji gleb oraz jako podłoże w produkcji kwiatów i warzyw. Pozostała masa jest wykorzystywana do celów energetycznych bezpośrednio lub w postaci brykietów. Do celów rolniczych pozyskiwane są również w całości szlamy pokaustyczne, osady pokoagulacyjne i podekarbonizacyjne oraz osady biologiczne stanowiące łącznie 27% odpadów stałych, znajdując zastosowanie do nawożenia i odkwaszania gleb.

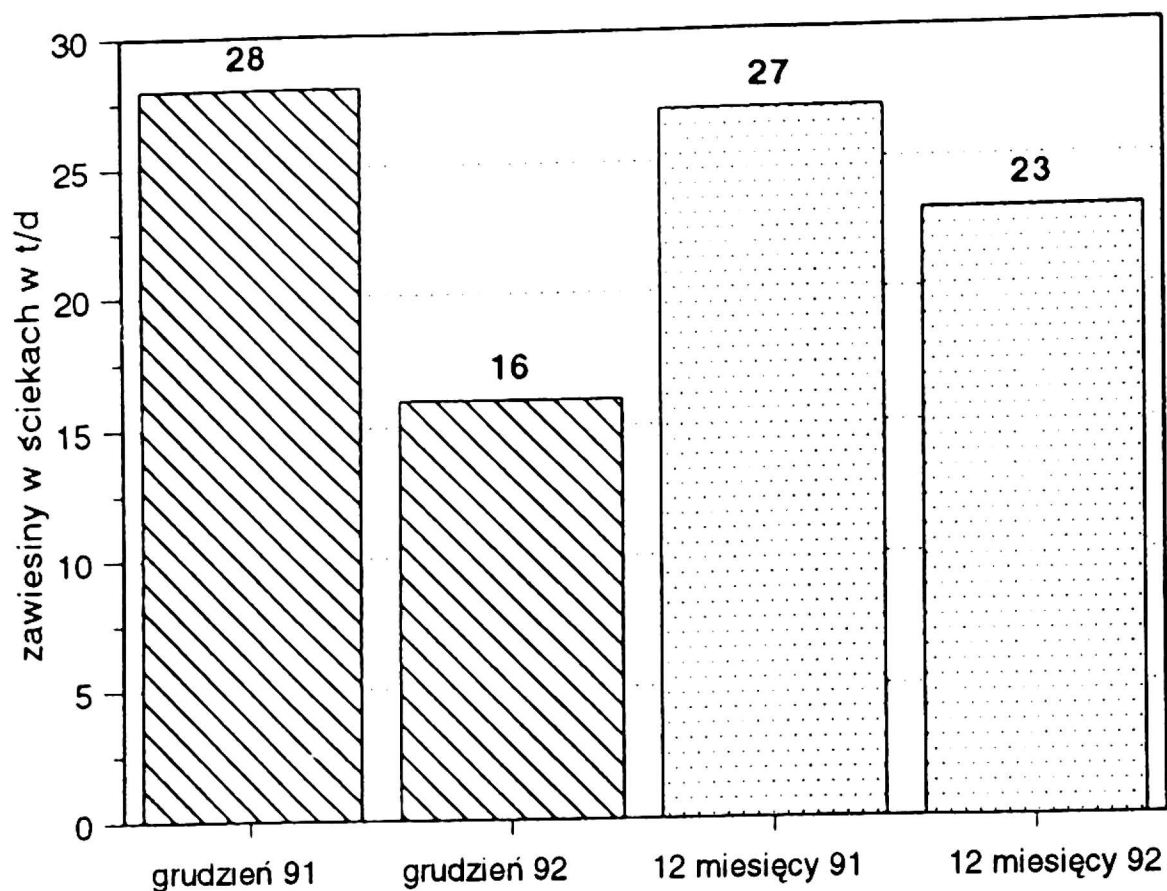
Pomimo niewątpliwych sukcesów, jakie Zakład osiągnął w zakresie ochrony środowiska dzięki zastosowaniu programu CP, pozostaje jeszcze wiele problemów wymagających rozwiązania. Należy jednak podkreślić, że program ten zyskał powszechną aprobatę i zrozumienie oraz stał się stałym elementem zarządzania zakładem.



Rys. 3. Zużycie wody świeżej (w tys. m³/d) w ZPiC "Celuloza" SA w Świeciu w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991



Rys. 4. Zmniejszenie chemicznego zapotrzebowania tlenu (w t O₂/d) ścieków odprowadzanych z ZPiC "Celuloza" SA w Świeciu w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991



Rys. 5. Zmniejszenie ilości zawiesiny w ściekach (w t/d) w ZPiC "Celuloza" SA Świecie w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991

Działania metodą CP podjęły również m.in.: Huta "Częstochowa" [2], Przedsiębiorstwo "Polskie Odczynniki Chemiczne" SA w Gliwicach [11], Fabryka Papieru PERGAM w Łomnicy [1], Huta "Batory" w Chorzowie [8] i Janikowskie Zakłady Sodowe [6].

Zakłady Sodowe w Janikowie, podobnie jak Zakłady Celulozy i Papieru w Świeciu, zużywają do produkcji znaczne ilości wody, które przy zastosowaniu metody Solwaya wynoszą ok. 100 m³ na 1 t sody. W celu zmniejszenia jej zużycia, głównie w procesie chłodzenia, wprowadzono etapowe usprawnienia polegające na:

etap 1 — rozdzieleniu strumieni wody z chłodnic w celu niezależnej ich kontroli i sterowania,

etap 2 — instalacji nowego systemu kontrolno-pomiarowego pozwalającego na ciągły pomiar i optymalizację temperatury wody wchodzącej i wychodzącej z chłodnic,

etap 3 — wymianie chłodnic na urządzenia o większej sprawności i podłączenie systemu kontrolno-pomiarowego do sieci komputerowej.

W wyniku wprowadzenia 1 i 2 etapu zaplanowanych działań uzyskano ok. 9% oszczędności zużycia wody, co odpowiada 4,9 mln m³ na rok. Oszczędności te spowodowały spadek kosztów produkcji prawie o 1700 mln zł/rok, co przy poniesionych kosztach modyfikacji systemu chłodzenia (ok. 400 mln) pozwala na zwrot kosztów inwestycyjnych w okresie trzech miesięcy.

Wybrane aspekty zastosowania zasad czystszej produkcji w rolnictwie

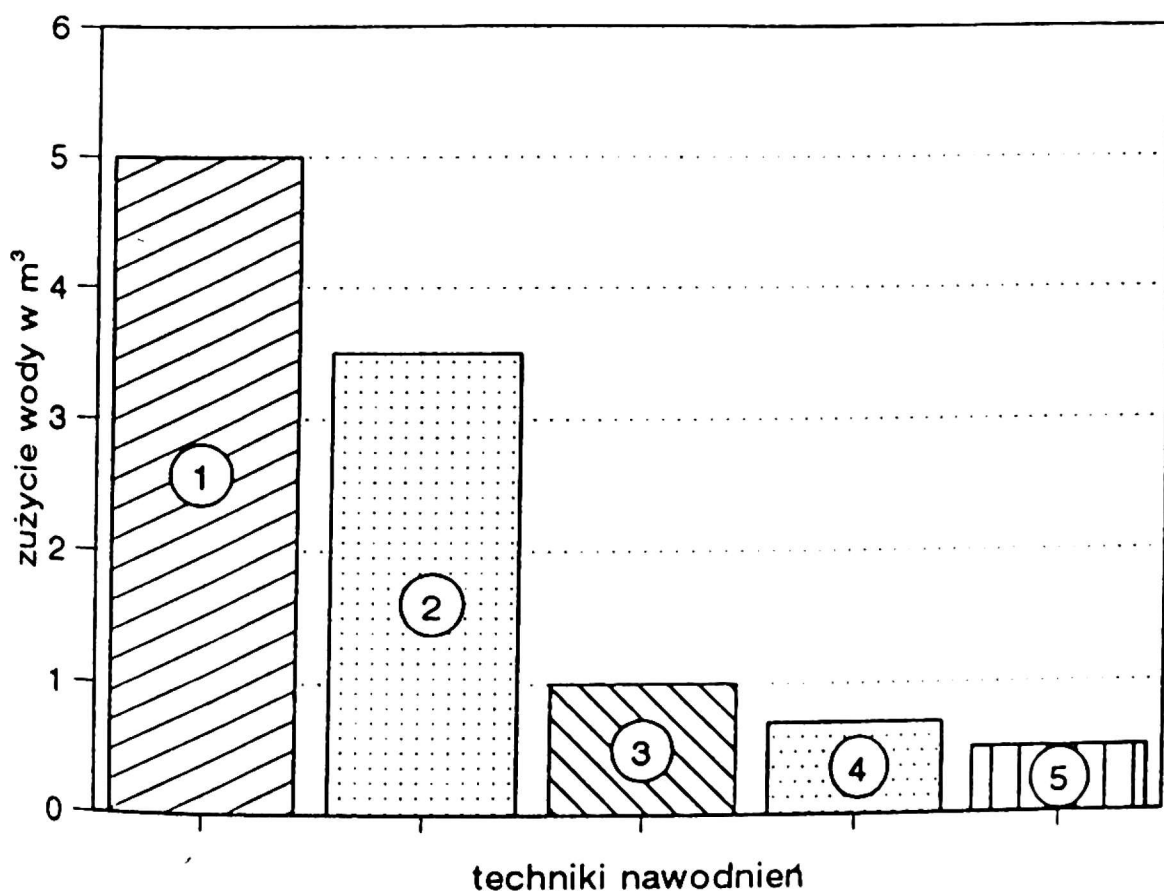
Dobre wyniki uzyskane w przemyśle skłaniają do refleksji, na ile metody CP są możliwe do zastosowania w rolnictwie. Zmniejszenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko zależy od racjonalnego wykorzystania takich czynników produkcji, jak: woda, energia, nawozy i przestrzeń.

Racjonalne gospodarowanie wodą w produkcji rolniczej jest podstawowym warunkiem zarówno do uzyskania odpowiednio wysokich plonów, jak i do zachowania zrównoważonego rozwoju użytkowanego ekosystemu. Z uwagi na dynamiczny charakter zasobów wodnych oraz różnorodność ich użytkowników, wymagają one szczególnej ochrony i efektywnego wykorzystania. W rolnictwie nawadnianym funkcjonuje wiele technik nawadniających, o różnej efektywności wykorzystania wody (rys. 6) [10]. Do najbardziej oszczędnych należy zaliczyć nawodnienia kropłowe, wgłębne i mikrodeszczowniane, które pozwalają na doprowadzenie wody bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin. Oprócz racjonalnego gospodarowania wodą w procesie produkcyjnym, niezwykle istotne jest sterowanie zasobami wody w skali obszarowej. W szczególności powinno ono uwzględniać zatrzymywanie tzw. okresowego nadmiaru wody w celu późniejszego jej wykorzystania w okresach niedoboru.

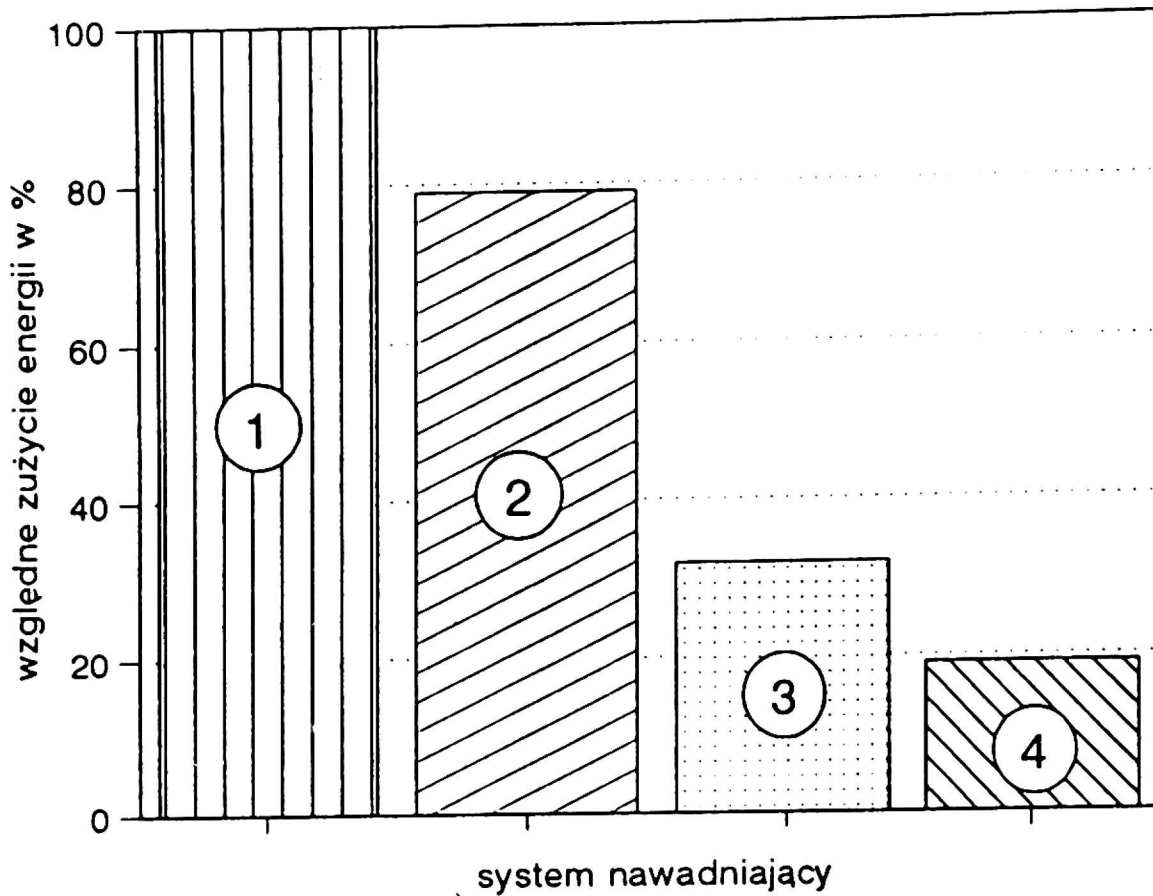
Znaczne źródło oszczędności energetycznych tkwi w zabiegach uprawnych, które powinny być ściśle dostosowane pod względem technicznym i technologicznym do rodzaju uprawianej rośliny i gleby. Właściwy dobór środków technicznych i technologii uprawy — oprócz oszczędności energetycznych — może zapobiegać procesom erozji, jak również zdecydowanie szkodliwemu efektowi zagęszczania gleby. W uprawach wymagających nawodnień niezwykle istotną decyzją jest wybór systemu nawadniającego.

Przedstawione na rysunku 7 [9] porównanie zapotrzebowania energetycznego dla różnych systemów nawadniających wskazuje, że szczególne oszczędności energii w nawodnieniach mechanicznych można uzyskać poprzez zastosowanie systemów mikronawodnień. Systemy te, oprócz oszczędności zużycia energii, cechują się małymi nakładami siły roboczej (rys. 8) [3].

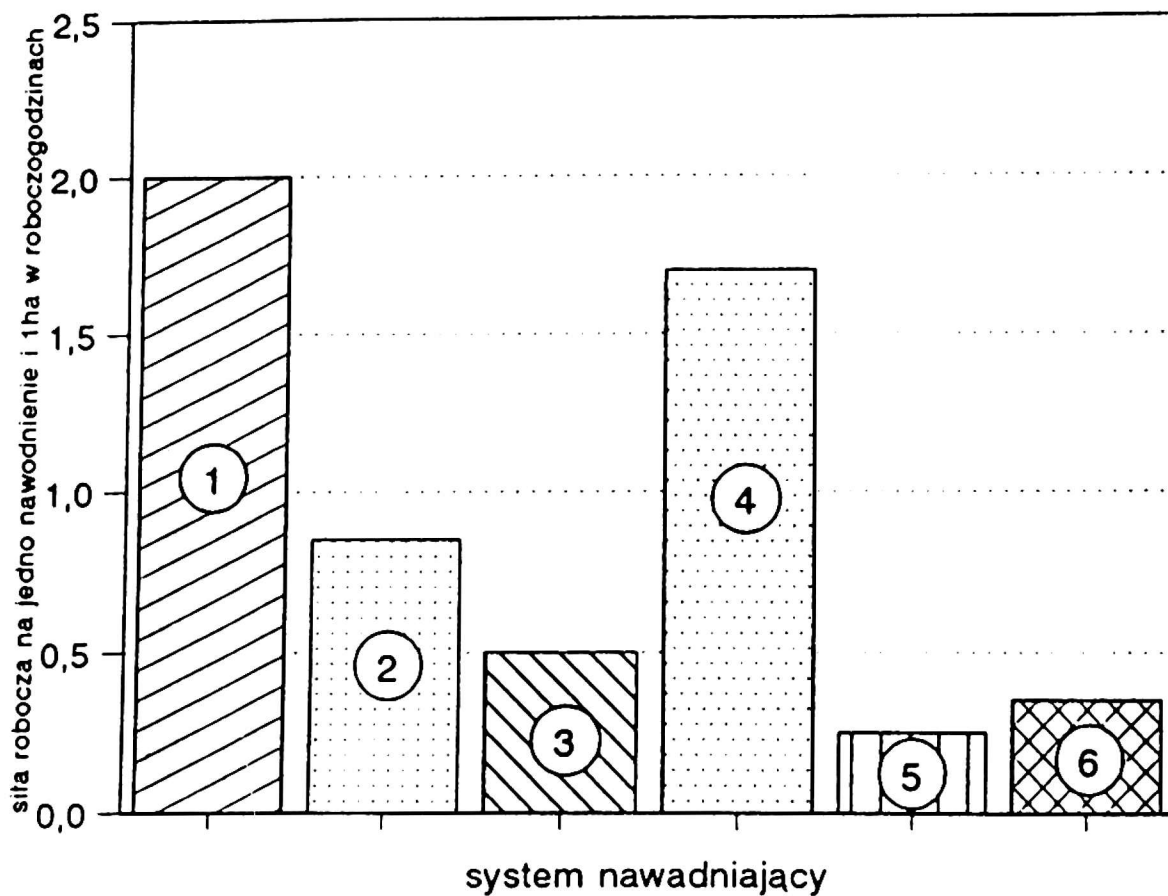
Jednym z najpoważniejszych źródeł skażeń powierzchniowych azotem i fosforem są nawozy mineralne. Z tego też



Rys. 6. Równoważne w efektach ilości wody przy nawodnieniach różnymi technikami: 1 — nawodnienia stokowe, 2 — nawodnienia bruzdowe, 3 — deszczownie, 4 — mikrodeszczownie, 5 — nawodnienia kropłowe



Rys. 7. Względne zapotrzebowanie energetyczne w różnych systemach nawadniających: 1 — deszczownie ze zraszczaczami dalekiego zasięgu, 2 — deszczownie stałe i ruchome, 3 — mikrodeszczownie, 4 — nawodnienia kropkowe



Rys. 8. Zapotrzebowanie siły roboczej w różnych systemach nawadniających: 1 — nawodnienia brzdowe, 2 — nawodnienia stokowe, 3 — nawodnienia zalewowe, 4 — deszczownie przenośne, 5 — deszczownie stałe, 6 — nawodnienia kropkowe

względu ich podawanie powinno być ściśle kontrolowane i dostosowane do właściwości i zasobności gleby oraz zapotrzebowania roślin. Najskuteczniejszym sposobem uzyskania wysokiej efektywności wykorzystania składników pokarmowych oraz zabezpieczenia gleby i wód gruntowych przed skażeniem jest utrzymywanie stanu ustalonego pomiędzy podawanymi nawozami i bieżącymi potrzebami roślin. Utrzymanie takiego stanu jest możliwe przy zastosowaniu technik nawodnień kropłowych, wglębnych lub mikrodeszczowni, w których składniki pokarmowe podawane są bezpośrednio do strefy korzeniowej w formie roztworu w trakcie nawodnienia. Łączne podawanie wody i nawozów przynosi również istotne oszczędności energetyczne. We wszelkich zabiegach rolniczych należy kierować się ideą spowolnienia entropii ekosystemów, co można uzyskać głównie poprzez spowolnienie przechodzenia substancji z obiegu biologicznego do obiegu geologicznego.

Przestrzeń, jako podstawowy zasób dla wszystkich form działalności człowieka, musi być postrzegana w sposób wielofunkcyjny, tak aby mogły być zaspokojone różnorodne potrzeby człowieka zarówno obecnie, jak i w przyszłości. Przestrzeń wymaga zatem szczególnej ochrony zarówno pod względem jej ilości, jak i jakości, bowiem podobnie jak inne zasoby jest dobrem wyczerpywalnym. Dobrze wykorzystanie powierzchni w rolnictwie uzyskuje się poprzez zastosowanie zasady różnorodności, prawidłowe płodozmiany, agrotechnikę i nawożenie, jak również poprzez działania zapobiegające utracie plonu, polegające na stosowaniu środków ochrony roślin oraz właściwym jego zbiorze i przechowywaniu.

Podsumowanie i wnioski

1. Zasady czystszej produkcji wykorzystujące redukcję ilości odpadów u źródła — poprzez ingerencję w procesy

produkcji — i recykulację odpadów — poprzez odzyskiwanie surowców lub produkcję energii są stosunkowo prostą do zastosowania metodą, która oprócz ochrony środowiska i bezpieczniejszych warunków pracy przynosi również bieżące korzyści w postaci obniżenia kosztów produkcji.

2. Zasady czystszej produkcji wykorzystujące metody minimalizacji odpadów znalazły już w naszym kraju różnorodne zastosowanie i zostały wdrożone w wielu zakładach przemysłowych, gdzie przyczyniły się do wydatnej redukcji negatywnego wpływu tych zakładów na środowisko.

3. Zasady czystszej produkcji powinny znaleźć zastosowanie w rolnictwie, gdzie mogą przyczynić się do racjonalnego gospodarowania ograniczonymi zasobami wody, oszczędności zużycia energii, ograniczenia negatywnego wpływu nawozów i środków ochrony roślin na jakość wód podziemnych i powierzchniowych oraz racjonalne wykorzystanie użytkowanej rolniczo przestrzeni.

Literatura

- [1] CZERWONKA J., BIAŁKOWSKI E., FARBIA SZ W., ZYNER M., WNUK E. 1993: *Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej maszyny papierniczej pod kątem ograniczenia ilości zrzucanych ścieków i zmniejszenia zanieczyszczeń w tych ściekach*. Projekt minimalizacji odpadów w Fabryce Papieru PERGAM w Łomnicy.
- [2] DUDZIŃSKA M., KRAJEWSKI M., JANECKA M., STELMACHOWSKI M. 1993: *Redukcja hałasu pochodzącego z elektrofiltrów stalowni oraz optymalizacja procesu chłodzenia w oddziale powlekalni rur*. Projekt minimalizacji odpadów w Hucie "Częstochowa".
- [3] JURRIENS M., BOS M. G. 1980: *Developments in planning of irrigation projects*. ILRI Publication 27; 99–112.
- [4] LEWANDOWSKA B., BABIAK J., BRANDYK T., HEWELKE P., STREUSEL J. 1993: *Minimalizacja odpadów przy produkcji masy półchemicznej*. Projekt minimalizacji odpadów w Zakładach Celulozy i Papieru "Celuloza" SA w Świeciu.
- [5] LIBECKI E. 1993: *Problematyka ochrony środowiska w ZCiP "Celuloza" SA Świecie*. Przegląd Papierniczy nr 2.

- [6] MANIAKOWSKI B., KALKAJ., DUCZYŃSKI J. P. 1993: *Gospodarka wodą chłodzącą na instalacji sody*. Projekt minimalizacji odpadów w Janikowskich Zakładach Sodowych.
- [7] MICHAŁOWSKI J. 1993: *Experiences from Clean Technology Program in Pulp and Paper Mill at Świecie "Celuloza" Co*. Seminar in Ostrawa.
- [8] Miodońska A., Borycka K., Gajewski K., Bajerska-Polich M. 1993: *Minimalizacja odpadów wprowadzanych do środowiska poprzez analizę pracy pieca elektrołukowego Nr 4 oraz optymalizację instalacji odciągowo-odpylającej*. Projekt minimalizacji odpadów w Hucie "Batory".
- [9] Moser E. 1980: *Energy and water saving irrigation systems in special crops*. Proc. of the Symp. on Drip Irrigation in Horticulture, Skiernewice; 111–125.
- [10] Pierzgański E., Jeznach J. 1993: *Stan, potrzeby i kierunki rozwoju mikronawodnień*. W: *Współczesne problemy melioracji* pod red. C. Somorowskiego. Wyd. SGGW; 35–42.
- [11] Prygiel J., Sorotowicz Z. 1993: *Zmniejszenie emisji chloru gazowego przy produkcji chlorków cyny i tlenku cynowego*. Projekt mini-

malizacji odpadów w Przedsiębiorstwie Przemysłowo-Handlowym "Polskie Odczynniki Chemiczne" SA.

Summary

Principles of cleaner production in environment protection. Industrial processes are serious source of the pollution of agricultural areas. The paper presents principles of cleaner production which is very effective method for the protection of the environment. The authors presented the results of the application of the minimalization of wastes method using the pulp and paper mill "Celuloza S. A." at Świecie as an example. The paper indicates also the possibility of the use of wastes minimalization method in agricultural production.

Authors' address

T. Brandyk, P. Hewelke, P. Duczyński
 Warsaw Agricultural University
 ul. Nowoursynowska 166
 02-766 Warszawa