

# Koncepcja wykorzystania wysypiska odpadów miasta Słupska w Bierkowie do budowy kompleksowego zakładu utylizacji odpadów

*Jerzy Jakowczyk, Tadeusz Piecuch  
Politechnika Koszalińska*

## 1. Wstęp

Niezależnie od stanu gospodarczego i stopnia rozwoju kraju, problem odpadów nie może być zostawiony „sam sobie” na tej zasadzie, że w końcu sam się jakoś rozwiąże – gdyż bardzo szybko ujawni się on w bardzo przykry sposób jako zagrożenie ekologiczne a warunki bytowania staną się nieznośne.

Celem rozwiązań zawartych w niniejszej publikacji jest właśnie projekt stworzenia Zakładu, który prowadziłby działalność związaną z transportem, sortowaniem, wykorzystaniem i unieszkodliwianiem odpadów które powstają w wyniku działalności człowieka.

Publikacja ma zatem charakter projektu koncepcyjnego. W rozwiązaniach na temat utylizacji odpadów wykorzystano literaturę zwartą, chociaż oparto się również na najnowszych artykułach prasowych, ustawodawstwie oraz materiałach empirycznych udostępnionych przez przedsiębiorstwo PGK Spółka z o.o. w Słupsku.

## 2. Zadania Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej Słupsk i wysypiska odpadów komunalnych w Bierkowie – stan obecny

### 2.1. Zadania przedsiębiorstwa i zakres świadczonych usług

Podstawowymi zadaniami jakie ma do wypełnienia przedsiębiorstwo jest wywóz nieczystości stałych i płynnych, oraz eksploatacja i modernizacja wysypiska w Bierkowie. Dodatkowo PGK świadczy takie usługi jak mechaniczne i ręczne oczyszczanie miasta, zimowe utrzymanie dróg i placów miejskich, dystrybucja i obsługa odbiorców gazu bezprzewodowego.

Przedsiębiorstwo objęło wywozem miasto Słupsk i cały powiat słupski. Dla lepszego zobrazowania w poniższych tabelach przedstawiono liczby zawieranych umów z podziałem na zleceniodawców oraz na poszczególne gminy objęte wywozem.

**Tabela 1.** Zawarte umowy na wywóz nieczystości z miasta Słupsk z podziałem na zleceniodawców w latach 1997÷2000

**Table 1.** Agreements concerning waste removal from Słupsk reached between 1997 and 2000, differentiated as regards customers

Lp.	ZLECENIODAWCY	1997	1998	1999	2000
1.	Umowy indywidualne	2581	2620	2640	2666
2.	Przedsiębiorstwa	788	850	890	1045
3.	Gospodarka mieszkaniowa	42	45	46	49
	Ogółem	3411	3515	3576	3750

**Źródło:** Opracowane na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku

**Tabela 2.** Zawarte umowy na wywóz nieczystości z poszczególnych gmin w latach 1997÷2000

**Table 2.** Agreements concerning waste removal from individual communes reached between 1997 and 2000

Lp.	GMINA	1997	1998	1999	2000
1.	SŁUPSK	1461	1502	1498	1483
2.	KOBYLNICA	351	466	480	797
3.	DĘBNICA KASZUBSKA	98	129	136	180
4.	DAMNICA	-	146	363	366
5.	GŁÓWCZYCE	-	-	85	157
6.	USTKA	-	-	-	148

**Źródło:** Opracowane na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku

Wzrastająca liczba zawieranych umów w ostatnich latach w zakresie wywozu nieczystości stałych świadczy o wzrastającym standardzie proponowanych usług przez PGK.

Do gromadzenia odpadów ustawionych jest na terenie miasta i gmin (rys. 1):

- 6011 sztuk pojemników SM 110 o objętości 110 dm<sup>3</sup> każdy,
- 461 sztuk pojemników SM 120 o objętości 120 dm<sup>3</sup> każdy,
- 269 sztuk pojemników SM 240 o objętości 240 dm<sup>3</sup> każdy.

- 1056 sztuk pojemników SM 1100 o objętości 1100 dm<sup>3</sup> każdy (rys. 2),
- 540 sztuk kontenerów SPW – 1, o objętości 10 m<sup>3</sup> każdy (rys. 3),
- 363 sztuk pojemników (typu dzwon, igło) do selektywnego gromadzenia surowców typu szkło, makulatura, puszki aluminiowe (rys. 4),
- 180 sztuk pojemników ażurowych o pojemności 1,5 m<sup>3</sup> i 153 sztuk pojemników ażurowych o pojemności 2,5 m<sup>3</sup> do gromadzenia tworzyw sztucznych (rys. 5).

Wywóz odpadów odbywa się przy użyciu:

- 9 pojazdów bezpylnych typu ciężkiego (rys. 6),
- 14 pojazdów kontenerowych – bramowych typu średniego (rys. 7),
- 2 zestawów ciągnikowych + przyczepa,
- 3 pojazdów z żurawiem do rozładunku i wywozu selektywnie gromadzonych surowców,
- 2 pojazdu typu „BAJADERA” do opróżniania koszy ulicznych.



**Rys. 1.** Pojemniki do gromadzenia odpadów typu SM 110, 120, 240

**Fig. 1.** Waste collection bins of SM 110, 120, 240 types



**Rys. 2.** Pojemnik do gromadzenia odpadów typu SM 1100

**Fig. 2.** Waste collection container of SM 1100 type



**Rys. 3.** Kontener do gromadzenia odpadów typu SPW – 1

**Fig. 3.** Waste collection container of SPW – 1 type



**Rys. 4.** Pojemnik typu Dzwon - Igloo do gromadzenia surowców  
**Fig. 4.** Container of Bell – Igloo type for recycled materials



**Rys. 5.** Pojemnik ażurowy do gromadzenia tworzyw sztucznych  
**Fig. 5.** Open-work container for plastics collection



**Rys. 6.** Samochód bezpylny do opróżniania pojemników typu SM 110, 120, 240, 1100  
**Fig. 6.** Dustless lorry for emptying bins and containers of SM 110, 120, 240, 1100 types



**Rys. 7.** Samochód bramowy do przewozu kontenerów z odpadami i surowcami z żurawiem do rozładunku  
**Fig. 7.** Gate lorry for transportation of containers with waste and recycled materials with attached crane for unloading

**Tabela 3.** Odpady dostarczone na wysypisko przez poszczególnych przewoźników w latach 1997÷2000 (w tys. m<sup>3</sup>)

**Table 3.** Waste delivered to landfill site by individual hauliers between 1997 nad 2000 (in thousands of m<sup>3</sup>)

Lp.	NAZWA PRZEWOŹNIKA	1997	1998	1999	2000
1.	PGK Spółka z o.o.	214,8	229,3	237,9	244,6
2.	ZGK Ustka	26,1	22,8	14,3	23,3
3.	Firma „KING” Słupsk	20,6	22,0	23,1	21,5
4.	Firma „ŁAD” Słupsk	3,8	3,7	4,3	4,3
5.	Wjazdy obce (prywatni)	6,0	11,4	19,6	17,2
OGÓŁEM		271,3	289,2	299,2	310,9

**Źródło:** Opracowane na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku

Na podstawie danych z tabeli 3 można określić udział w rynku poszczególnych przewoźników świadczących usługi w zakresie wywozu nieczystości stałych. Przedstawiono to w tabeli poniżej.

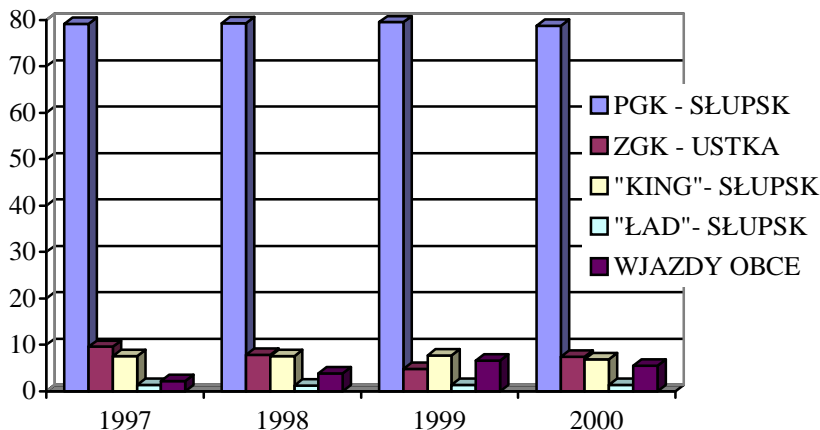
**Tabela 4.** Udział w rynku poszczególnych przewoźników świadczących usługi w zakresie wywozu nieczystości w latach 1997÷2000 (w %)

**Table 4.** Share in the market of individual hauliers removing waste between 1997 and 2000

Lp.	Ogółem dostarczonych odpadów w tys. m <sup>3</sup>	1997	1998	1999	2000
		271,3	289,2	299,2	310,9
1.	PGK Spółka z o.o.	79,2%	79,3%	79,5%	78,7%
2.	ZGK Ustka	9,6%	7,9%	4,8%	7,5%
3.	Firma „KING” Słupsk	7,6%	7,6%	7,7%	6,9%
4.	Firma „ŁAD” Słupsk	1,4%	1,3%	1,4%	1,4%
5.	Wjazdy obce (prywatni)	2,2%	3,9%	6,6%	5,5%
RAZEM		100%	100%	100%	100%

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku

Dane z tabeli 4 można również przedstawić w postaci wykresu.



**Wykres 1.** Udział w rynku poszczególnych przewoźników świadczących usługi w zakresie wywozu nieczystości w latach 1997÷2000

**Chart 1.** Share in the market of individual hauliers removing waste between 1997 and 2000

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku.

## 2.2. Zbiórka surowców

Oprócz wywozu śmieci i składowania odpadów, PGK od połowy 1995 roku konsekwentnie realizuje selektywną zbiórkę surowców wtórnych, która jest jednym z elementów planu porządkowania gospodarki odpadami w rejonie Słupska. Tabela 5 przedstawia odzysk surowców wtórnych w latach 1997÷2000.

Główne źródło pozyskiwania surowców stanowią rozstawione w mieście i na terenie obsługiwanych gmin pojemniki na surowce wtórne w ilości:

- pojemniki „igloo” (dzwony) na szkło – 263 szt.
- pojemniki „igloo” (dzwony) na makulaturę – 57 szt.
- pojemniki „igloo” (dzwony) na puszki aluminiowe – 41 szt.
- pojemniki „druciaki” na tworzywa sztuczne – 333 szt.

Ponadto pewne ilości surowców są wysortowywane z odpadów komunalnych dostarczanych na wysypisko (rys. 8 i 9).



**Tabela 5.** Zestawienie odzyskanych surowców wtórnych w latach 1997+2000

**Table 5.** Breakdown of recycled materials between 1997 and 2000

Lp.	Rodzaj surowców	1997		1998		1999		2000	
		tony	m <sup>3</sup>	tony	m <sup>3</sup>	tony	m <sup>3</sup>	tony	m <sup>3</sup>
1.	Tworzywa sztuczne	83,2	1 189	114,7	1 639	109,0	1 557	130,78	1868
2.	PCV i inne tworzywa	-	-	-	-	-	-	66,8	650
3.	Sztuczka szklana	38,5	30	103,2	80	128,7	99	265,65	204,34
4.	Makulatura	1,0	10	5,5	28	24,0	120	104,37	521,85
5.	Opony	85,0	370	80,2	350	85,3	371	85,8	400
6.	Złom aluminiowy	-	-	-	-	1,7	25	5,95	87,5
7.	Odpady wielkogabarytowe	-	-	-	-	-	-	-	1200
8.	Gruz mieszany	-	-	-	-	-	-	-	615

**Zródło:** Opracowane na podstawie danych udostępnionych przez PGK Spółka z o.o. w Słupsku



**Rys. 8.** Chemia gospodarcza

**Fig. 8.** Household chemistry



**Rys. 9.** Szkło  
**Fig. 9.** Glass



**Rys. 10.** Odzyskane surowce typu „PET” sprasowane waga kostki około 75 kg  
**Fig. 10.** Pressed recycled materials of PET type, cube weight of about 75 kg

W ramach pomocy i wsparcia z funduszu PHARE, Wojewódzkiego Gminnego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz środków własnych, Spółka w ostatnich latach dokonała zakupu specjalistycznego sprzętu służącego do selektywnej zbiórki surowców. Zakupiono samochód specjalistyczny marki Jelcz z wysięgnikiem do opróżniania pojemników na surowce wtórne, pojemniki, prasy do prasowania i paczkowania tworzyw sztucznych oraz dwie rodrabniarki do rozdrabniania tworzyw. Z uwagi na duży odzysk surowców, Spółka na zapleczu technicznym wysypiska pobudowała dwie wiaty sortownicze do sortowania surowców.

### **2.3. Edukacja ekologiczna**

Bardzo ważnym elementem w prowadzeniu zbiórki surowców wtórnych jest zakrojona na szeroką skalę edukacja ekologiczna społeczeństwa, a przede wszystkim dzieci i młodzieży. W 1998 roku przedstawiciele PGK aktywnie uczestniczyli w spotkaniach z młodzieżą z Technikum Ochrony Środowiska (TOŚ) nt. „Segregacja to nie wariacja”, a w 1999 roku wraz z Ruchem Proekologicznym „Źródło” działającym przy TOŚ rozpoczęli realizację „Programu Puszkowego”. Jego celem było kształtowanie świadomości ekologicznej wśród młodzieży i wyrobienie nawyku selektywnej zbiórki odpadów poprzez segregację puszek aluminiowych. Konkurs dotyczył szkół podstawowych i gimnazjów. Ogólnie zebrano 7 ton puszek.

W roku 2000 zorganizowane zostały trzy konkursy:

1. „Błyskawiczny konkurs na zbiórkę makulatury”. Organizatorem konkursu było Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. w Słupsku oraz Wydział Oświaty Urzędu Miejskiego w Słupsku.

Do udziału w konkursie zaproszono szkoły podstawowe i gimnazja z terenu Słupska. Trwał on od 15.04. do 15.05.2000 r. Udział w nim wzięło 5457 uczniów. Celem konkursu tak jak poprzednich było kształcenie świadomości ekologicznej młodych ludzi, wdrażanie nawyku selektywnej zbiórki odpadów. Odbiorem, ważeniem i przygotowaniem makulatury do dalszego przetworu zajmowało się Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Słupsku, natomiast edukację prowadzili nauczyciele w szkołach. Łącznie szkoły zebrały 16024,5 kg makulatury.

2. II edycję konkursu „Recykling puszek aluminiowych” połączono równolegle z trwającym konkursem na zbiórkę makulatury. Oba trwały od 15.09 do 31.03.2001 r.

Program składał się z dwóch części: edukacji i konkursów. Jego celem było kształtowanie świadomości ekologicznej dzieci i młodzieży oraz wyrobienie nawyku selektywnej zbiórki odpadów m.in. przez segregację puszek alumi-

niowych i zbiórkę makulatury. Szkoły podstawowe i gimnazja, które zgłosiły się do udziału w akcji otrzymały specjalne pojemniki, w których gromadziły puszki po napojach.

Ważeniem, odbiorem i przygotowaniem surowca do dalszego przerobu zajmowało się Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Słupsku. Część edukacyjną prowadzili nauczyciele w oparciu o materiały Fundacji na Rzecz Odzysku Opakowań Aluminiowych „RECAL” oraz materiały przygotowane przez młodzież z Ruchu Proekologicznego „Źródło”, działającego przy Technikum Ochrony Środowiska w Słupsku.

W konkursie udział wzięło 12 szkół (około 8000 uczniów). Łącznie zebrano 2531,8 kg aluminium tj. około 127000 szt. puszek oraz 55510 kg makulatury.

Oba konkursy, oprócz bardzo ważnej roli edukacji ekologicznej młodych ludzi, przyniosły efekty również w zakresie ochrony środowiska. Na wysypisku dzięki zbiórce surowców nie trafiło około 74 tony odpadów.

#### 2.4. Opis techniczny stanu istniejącego

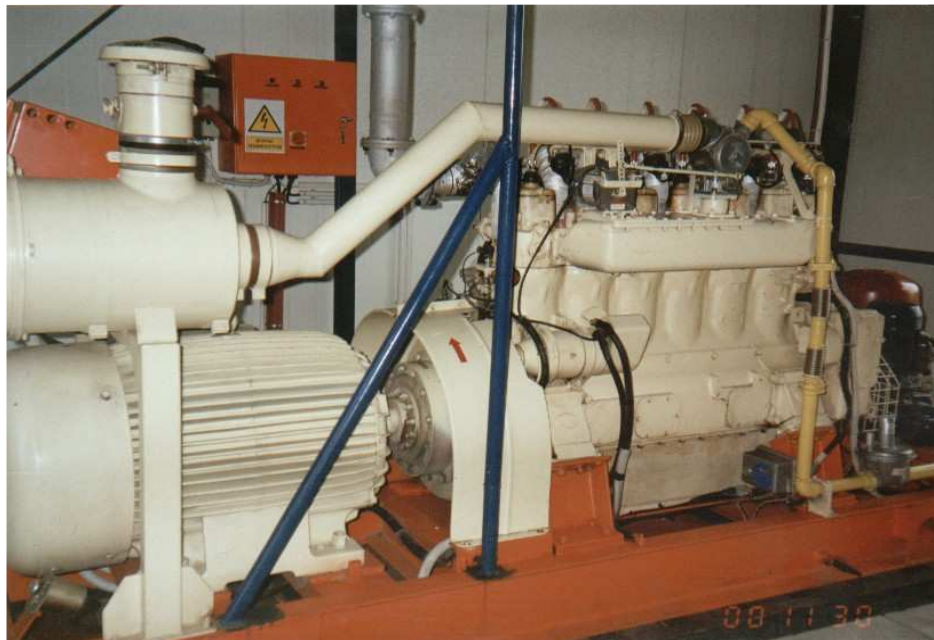
W chwili obecnej wysypisko zajmuje powierzchnię 18,35 ha z czego 10,11 ha jest eksploatowane. Stara część wysypiska o powierzchni 3,50 ha jest zamknięta i zrehabilitowana. Ilość odpadów tam zgromadzonych szacuje się na około 600 tys<sup>3</sup> m<sup>3</sup>. Na jej powierzchni wykonano 19 odwiertów do odbioru gazu wysypiskowego (biogazu) (rys. 11).



**Rys. 11.** Odwiert z fragmentem instalacji odgazowującej

**Fig. 11.** Bore-hole with part of degas installation

Odwierty zostały spięte gazociągiem zbiorczym, który został doprowadzony do budynku w którym jest zainstalowany zespół prądotwórczy o mocy 100 kW z silnikiem przystosowany do spalania gazu wysypiskowego produkcji PZL WOLA (rys. 12).



**Rys. 12.** Generator z silnikiem spalinowym przystosowanym do spalania biogazu  
**Fig. 12.** Generator with internal combustion engine adapted for biogas combustion

**Tabela 6.** Zestawienie energii elektrycznej wyprodukowanej przez zespół prądowrczy w Bierkowie za rok 2000  
**Table 6.** Breakdown of electric energy produced by generator in Bierkovo in the year 2000

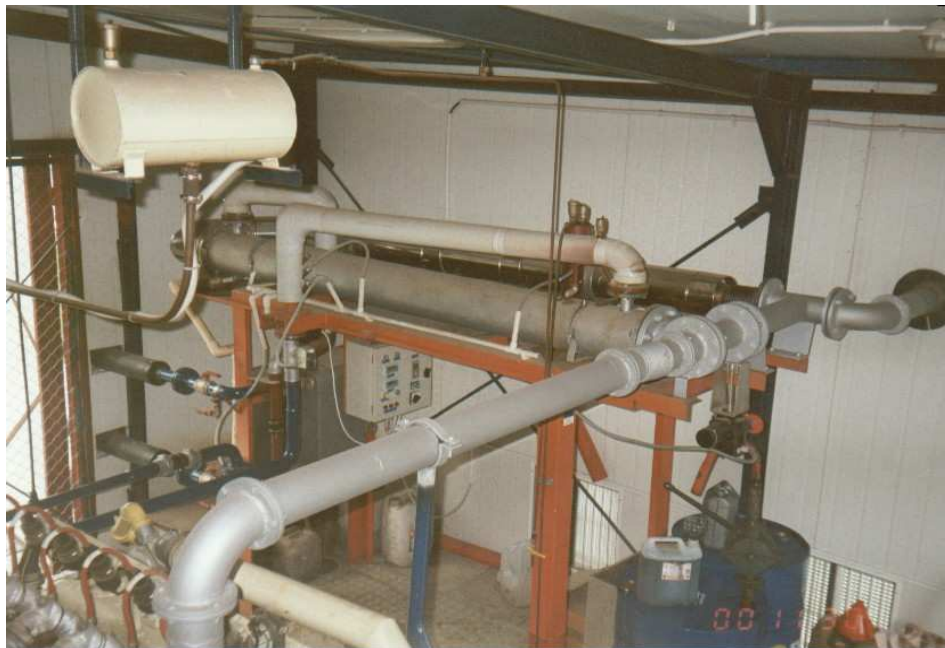
	Styczeń	Luty	Marzec	<i>I kwartał</i>	Kwiecień	Maj	Czerwiec	<i>II kwartał</i>	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	<i>III kwartał</i>	Październik	Listopad	Grudzień	<i>IV kwartał</i>	<i>Razem Rok</i>
Ilość gazu zużytego [m <sup>3</sup> ]	50313	24932	26818	102063	30419	34797	35718	100934	32493	32732	31171	96396	31025	23932	27478	82435	<b>381828</b>
Wyprodukowana energia [kWh]	30740	32956	39272	102968	39432	42016	46336	127784	37292	37296	49180	123768	46892	33872	40382	121146	<b>475666</b>
Energia zużyta na potrzeby wł. [kWh]	4127	5140	5455	14722	4391	2819	3004	10214	2636	4022	4734	11392	5172	5047	5100	15319	<b>51647</b>
Energia sprzedana do Z.E. [kWh]	26613	27816	33817	88246	35041	39197	43332	117570	34656	33274	44446	112376	41720	28825	35282	105827	<b>424019</b>
Wartość sprzed. energii [zł]	6544	6840	8315	21700	8616	9638	10655	28910	8806	8454	11293	28554	10601	7324	8964	26889	<b>106053</b>

Wskaźnik zużycia gazu na produkcję 1 kWh.: **I kw.** 0,9912 [m<sup>3</sup>/1kWh]; **II kw.** 0,7899 [m<sup>3</sup>/1kWh];

**III kw.** 0,7788 [m<sup>3</sup>/1kWh]; **IV kw.** 0,6804 [m<sup>3</sup>/1kWh];

Dodatkowo w pomieszczeniu generatora zamontowano moduł ciepły o mocy 150 kW z wymiennikiem ciepła typu woda – woda, spaliny – woda (rys. 13).

Energia elektryczna wykorzystywana jest na potrzeby wysypiska a nadwyżka sprzedawana do sieci Zakładu Energetycznego, ciepło odzyskane z układu chłodzenia silnika lub spalin do ogrzewania budynków socjalnych i biurowych.



**Rys. 13.** Blok ciepły – wymiana ciepła w układzie woda-woda lub spaliny-woda  
**Fig. 13.** Heat block – heat exchange in water-water or combustion gases-water system

W okresie od 01.02.1999r. do 30.04.2001r. Zespół Prądotwórczy w Bierkowie:

- zużył biogazu – 1137410 m<sup>3</sup>,
- wyprodukował energii elektrycznej – 970837 kWh,
- wartość wyprodukowanej energii elektrycznej – 252106 zł,
- energia elektryczna zużyta na potrzeby własne – 101526 kWh,
- energia elektryczna sprzedana do ZE Słupsk – 869311 kWh,
- wartość sprzedanej energii elektrycznej – 216380 zł
- ilość przepracowanych mtg. przez zespół prądotwórczy – 17379 mtg.

Nowa część wysypiska o powierzchni 3,40 która jest w chwili obecnej eksploatowana ma dno wyłożone folią (rys. 14) zapewnia to szczelność zbiornika.



**Rys. 14.** Dno zbiornika wyłożone folią typu PEHD gr. 1,5 mm „geomembrana”

**Fig. 14.** Bottom of the landfill covered with PEHD foil, 1.5 mm thick, geomembrane

Nowa część wysypiska wyposażona jest w drenaż, na starej części wykonane są odwierty do odpompowania odcieków z dna składowiska. Odcieki są odpompowywane do stawu stabilizacyjnego o powierzchni 0,22 ha i pojemności 5 tys m<sup>3</sup> (rys. 15) a następnie służą do zraszania starej części wysypiska w celu poprawy mineralizacji odpadów.

Wysypisko wyposażone jest w stałe zaplecze socjalne i techniczne. Na terenie zaplecza wysypiska znajduje się:

- warsztat do naprawy sprzętu obsługującego wysypisko,
- dwie wiaty gdzie prowadzone jest konfekcjonowanie selektywnie gromadzonych surowców odpadowych (podział na frakcje, mycie szkła i tworzyw sztucznych oraz ich rozdrabnianie, zgniatanie i paczkowanie makulatury i butelek PET, itp.) (rys. 16),
- myjnia płytowa odkryta środków transportowych i pojemników do zbiórki i transportu odpadów,
- budynek socjalno-biurowy dla załogi obsługującej wysypisko,

Zaplecze wyposażone jest w energię elektryczną, własne ujęcie wodne (dwie studnie głębinowe) wraz z instalacją wodno-kanalizacyjną, budynek socjalno-biurowy posiada instalację c.o. i c.w.u.





**Rys. 15.** Staw stabilizacyjny na odcieki wysypiskowe  
**Fig. 15.** Stabilization pond for landfill leachates



**Rys. 16.** Wiaty do segregacji  
**Fig. 16.** Segregation shelters

Na wysypisku znajduje się system dróg technologicznych i placów manewrowych, modyfikowanych i przebudowywanych w miarę potrzeb eksploatacyjnych.

Teren całego wysypiska ogrodzony jest ogrodzeniem z siatki stalowej ocynkowanej zawieszanej na słupkach stalowych.

Na terenie wysypiska na stałe zatrudnionych jest 21 pracowników, a bezpośrednio przy eksploatacji wysypiska 15 osób.

Prawidłowość eksploatacji wysypiska zapewniają:

- koparki (KM 251, CAT 428) (rys. 17),
- spycharki (DT 75 – 2 sztuki, CAT D5H – 2 sztuki) (rys. 18),
- kompaktory (CAT 814 – 2 sztuki) (rys. 19),

Ponadto w eksploatacji znajdują się:

- rozdrabniarki – 2 sztuki do tworzyw sztucznych (rys. 20),
- belownice – 2 sztuki do prasowania tworzyw sztucznych (głównie butelek PET – nacisk 24 tony, na jeden pakiet składający się z około 1300 butelek, co pozwala uzyskać ciężar pakietu około 75 kg) i makulatury (rys. 21).



**Rys. 17.** Koparko-ładowarka CAT 428 B

**Fig. 17.** Excavator-loader CAT 428 B



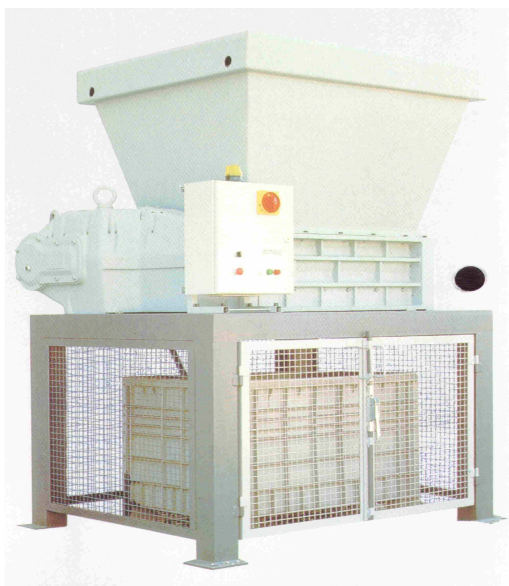
**Rys. 18.** Spychacz gąsienicowy CAT D5H

**Fig. 18.** Caterpillar bulldozer CAT D5H



**Rys. 19.** Ubijarko-spycharka „Kompaktor” ciężar 28 ton

**Fig. 19.** Compactor-bulldozer, weight 28 tons



**Rys. 20.** Rozdrabniarka do tworzyw, drewna, itp.  
**Fig. 20.** Plastic, wood etc. shredder



**Rys. 21.** Prasa do prasowania surowców – belownica  
**Fig. 21.** Recycled materials press

### **3. Koncepcja wykorzystania wysypiska jako jednego z węzłów technologicznych kompleksowej technologii utylizacji odpadów**

#### **3.1. Założenia ogólne**

Składowanie odpadów na wysypisku jest najstarszą i do dzisiaj najbardziej rozpowszechnioną metodą unieszkodliwiania odpadów stałych. Przy zachowaniu odpowiednich reżimów technologicznych można bezpiecznie składować zarówno stałe odpady komunalne, jak i odpady przemysłowe, w pewnym bezpiecznie ograniczonym zakresie.

Należy podkreślić, że bez względu na przyjętą technologię unieszkodliwiania stałych odpadów komunalnych (kompostowanie, spalanie), składowanie na wysypisku występuje zawsze albo jako metoda uzupełniająca, albo jako końcowy element procesu zagospodarowania z uwagi na występowanie odpadów technologicznych (żuźle, twarde części mineralne itp.).

Na przykład z procesu kompostowania pozostaje około 40÷50% (wagowo) odpadu technologicznego, a z procesu spalania około 20÷50% odpadu wymagającego składowania na wysypisku.

Współczesne wymogi ochrony środowiska i sanitarne narzucają konieczność budowy, a przede wszystkim eksploatacji, wysypisk w sposób ograniczający do minimum emisję zanieczyszczeń. Z tego też względu nastąpiła zmiana w podejściu do wyboru lokalizacji i budowy wysypiska. Pierwotnie wystarczyło wyznaczenie odpowiedniego terenu, ewentualnie ogrodzenie go i przystąpienie do składowania odpadów. Obecne wymagania powodują, że wysypisko jest obiektem inżynierskim, o stosunkowo dużym nasyceniu uzbrojenia i wyposażenia technologicznego.

Do elementów technicznych, charakteryzujących nowoczesne wysypisko należy zaliczyć:

- zabezpieczenie wód gruntowych i powierzchniowych przed wpływem składowania odpadów,
- przechwycenie i oczyszczenie wód opadowych infiltrujących przez odpady (odcieki) lub rozdeszczowanie i poprzez odparowanie zmniejszenie ich objętości,
- ujęcie i zagospodarowanie gazu wytwarzającego się w złożu składowanych odpadów (biogazu), dotyczy wysypisk w których składowany odpad nie został wcześniej ustabilizowany,
- zabezpieczenie odpowiedniej ilości i jakości sprzętu technologicznego do obróbki odpadów,
- wyposażenie wysypiska w odpowiednie zaplecze techniczno-socjalne,
- prowadzenie właściwej eksploatacji obiektu,
- objęcie wysypiska stałą kontrolą wpływu na środowisko (monitoring),
- rekultywacja terenu po zakończeniu eksploatacji wysypiska.

Należy podkreślić, że obecny oraz przyszły stan regulacji prawnych w dziedzinie środowiska w Polsce jest i będzie kształtowany przez prawo i politykę Wspólnoty Europejskiej.

Dotyczy to również postępowania z odpadami komunalnymi.

Dyrektywa Rady UE 75/442 zwana także „ramową”, stanowi fundament wspólnotowego prawa o odpadach. W Artykule 3 formułuje ona podstawowe cele gospodarki odpadami. Należą do nich: zapobieganie powstawaniu odpadów, zmniejszenie ich ilości i szkodliwości (m. in. poprzez ograniczenie ilości substancji organicznych składowanych na wysypiskach), odzyskiwanie i powtórne wykorzystanie odpadów. Zapis ten w sposób znaczący ogranicza możliwości składowania na wysypiskach nieprzetworzonych (nie poddanych wcześniejszemu unieszkodliwianiu poprzez kompostowanie czy spalanie) odpadów komunalnych, które szczególnie w warunkach polskich charakteryzują się dużą zawartością ogólnej substancji organicznej.

Unieszkodliwianie odpadów w świetle ustawy o odpadach z 27 czerwca 1997r. oznacza poddanie odpadów procesom przekształcenia biologicznego, fizycznego lub chemicznego w celu doprowadzenia ich do stanu, który nie będzie stwarzał zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzi oraz dla środowiska.

Przyjmuje się, że odpady komunalne obejmują następujące grupy:

- odpady domowe związane z bytowaniem ludzi, odpady z obiektów użyteczności publicznej, infrastruktury społeczno-gospodarczej, w tym z obiektów administracji, oświaty, kultury, służby zdrowia, handlu i usług itp. co stanowi około 85%,
- odpady z terenów otwartych – odpady uliczne z koszy, zmiotki, z placów targowych, cmentarzy, zieleńców itp. co stanowi około 5%,
- odpady wielkogabarytowe – zużyte meble, sprzęt gospodarstwa domowego, zużyty sprzęt elektryczny, opakowania przestrzenne itp. około 5%,
- odpady budowlane – urobek ziemny, gruz rozbiórkowy, oraz odpady bytowo-gospodarcze (komunalnopodobne) z rzemiosła i obiektów przemysłowych około 5%.

Na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1996÷1997 przez Przedsiębiorstwo Inżynieryjno Usługowe „Inżynierię Pro-Eko” Spółka z o.o. z Warszawy, określono wskaźnik nagromadzenia odpadów komunalnych (objętościowo i wagowo) oraz wskaźniki charakteryzujące właściwości technologiczne odpadów komunalnych powstających na terenie Słupska i okolic i przedstawiono jako wartości średnie, dla stanu obecnego oraz programowane dla okresu perspektywnego.

Badaniami objęto trzy charakterystyczne dla miasta rejony obsługi (w zakresie wywozu i unieszkodliwiania odpadów komunalnych) środowiska – typu zabudowy:

- zabudowa miejska wielorodzinna nowoczesna – osiedlowa – w pełni wyposażona w instalacje techniczno-sanitarne z ogrzewaniem centralnym zdalczynym,
- zabudowa miejska wielorodzinna stara, zwarta, o zróżnicowanym wyposażeniu w instalacje techniczno-sanitarne, ze zdecydowaną przewagą ogrzewania piecowego lub centralnego typu etażowego opalanego węglem lub innym rodzajem paliwa,
- zabudowa jednorodzinna, o zróżnicowanym wyposażeniu w instalacje techniczno-sanitarne, z przewagą ogrzewania lokalnego (piece, ogrzewanie etażowe).

Ponadto, do badań przyjęto środowisko zabudowy wiejskiej obsługiwane przez PGK-Słupsk, z którego to środowiska odpady kierowane są do wspólnego unieszkodliwiania z odpadami komunalnymi usuwanymi ze Słupska:

- zabudowa wiejska o charakterze mieszanej zabudowy zagrodowej i jednorodzinnej, o zróżnicowanym wyposażeniu w instalacje techniczno-sanitarne oraz ogrzewaniu indywidualnym.

Dodatkowo do badań przyjęto takie środowisko specjalne jak **targowisko miejskie**. Zakres badań obejmował:

- ustalenie średniorocznych objętościowych i wagowych wskaźników nagromadzenia oraz średniej gęstości odpadów komunalnych dla poszczególnych typów zabudowy i średnio dla miasta Słupska,
- ustalenie średniorocznych objętościowych i wagowych wskaźników nagromadzenia oraz średniej gęstości odpadów komunalnych dla zabudowy wiejskiej,
- ustalenie średniorocznych objętościowych i wagowych wskaźników nagromadzenia oraz średniej gęstości odpadów komunalnych dla targowiska miejskiego,
- wykonanie analizy frakcyjnej dla poszczególnych środowisk z podziałem na trzy frakcje:
  - do 10 mm,
  - 10÷100 mm,
  - powyżej 100 mm,
- wykonanie analizy składu grupowego dla poszczególnych środowisk (analiza składu morfologicznego)
- oznaczenie wskaźników charakteryzujących właściwości nawozowe (zawartość ogólnej substancji organicznej, zawartość węgla organicznego, azotu, fosforu oraz potasu),
- oznaczenie wskaźników charakteryzujących właściwości paliwowe (zawartość wilgoci, zawartość składników palnych i niepalnych, zawartość

składników lotnych, ciepło spalania, wartość opałowa robocza, zawartość składników agresywnych oraz skład elementarny części palnych),

- oznaczenie zawartości wybranych składników oddziaływujących szkodliwie na środowisko (badanie wyciągów wodnych – oznaczanie składników wymywalnych – odczyn, chlorki, siarczany, ogólna zawartość części rozpuszczalnych) – badania wykonywane dla każdego środowiska raz w kwartale dla jednej, środkowej próby średniej,
- oznaczenie zawartości wybranych metali ciężkich (Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Ni, Hg, Mn). Oznaczenia wykonane dla danego środowiska, dla jednej próby średniej jeden raz w kwartale.

Badania te spowodowały, że określono skład morfologiczny odpadów zwożonych z terenu Słupska i okolic:

- odpadów organicznych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego jest 44,1%,
- odpadów nieorganicznych frakcja 0÷10 mm oraz odpady mineralne (popiół, żużel, gruz) jest 12,3%,
- odpadów użytkowych (papier, tworzywa, tekstylia, szkło, metal) jest 43,6%.

Analiza frakcyjna odpadów wykazała, że udział wynosi:

- frakcji drobnej 7÷8%,
- frakcji średniej 10÷100 mm, 50÷60%,
- frakcji grubej powyżej 100 mm, 30÷40%.

Analizując skład morfologiczny odpadów można powiedzieć, że jest bardzo złożony. Podane wielkości są wielkościami uśrednionymi, jednak skład ich jest zmienny w czasie i uzależniony od wielu czynników. Przykładem mogą być miesiące letnie i zimowe. Latem wzrasta ilość odpadów a szczególnie organicznych a zimą maleje. Związane jest to ze specyfiką klimatyczną i kulturową, (latem jest większa dostępność warzyw i owoców, zimą nie). Taki skład morfologiczny wymusza określone procesy, przetwarzania i unieszkodliwiania odpadów komunalnych:

- minimalizowaniu ilości wytwarzanych odpadów poprzez edukację,
- docelowe objęcie zorganizowanym usuwaniem i unieszkodliwianiem odpadów 100% mieszkańców,
- gromadzeniu i zbieraniu odpadów posegregowanych na składniki jednorodne,
- maksymalnym wykorzystaniu odpadów poprzez selektywną zbiórkę i recycling,
- optymalizacja systemów wywozu,



- unieszkodliwianie odpadów według sprawdzonych technologii najnowszej generacji (kompostowanie, spalanie lub piroliza),
- kierowaniu na wysypisko odpadów tylko mało aktywnych chemicznie i biologicznie.
- segregację w centralnych zakładach segregacji i konfekcjonowania surowców odpadowych + składowanie pozostałości na wysypisku,
- segregację w centralnych zakładach segregacji i konfekcjonowania surowców odpadowych + przerób biochemiczny (kompostowanie) + składowanie pozostałości na wysypisku,
- segregację w centralnych zakładach segregacji i konfekcjonowania surowców odpadowych + przeróbka termiczna + składowanie pozostałości na wysypisku.

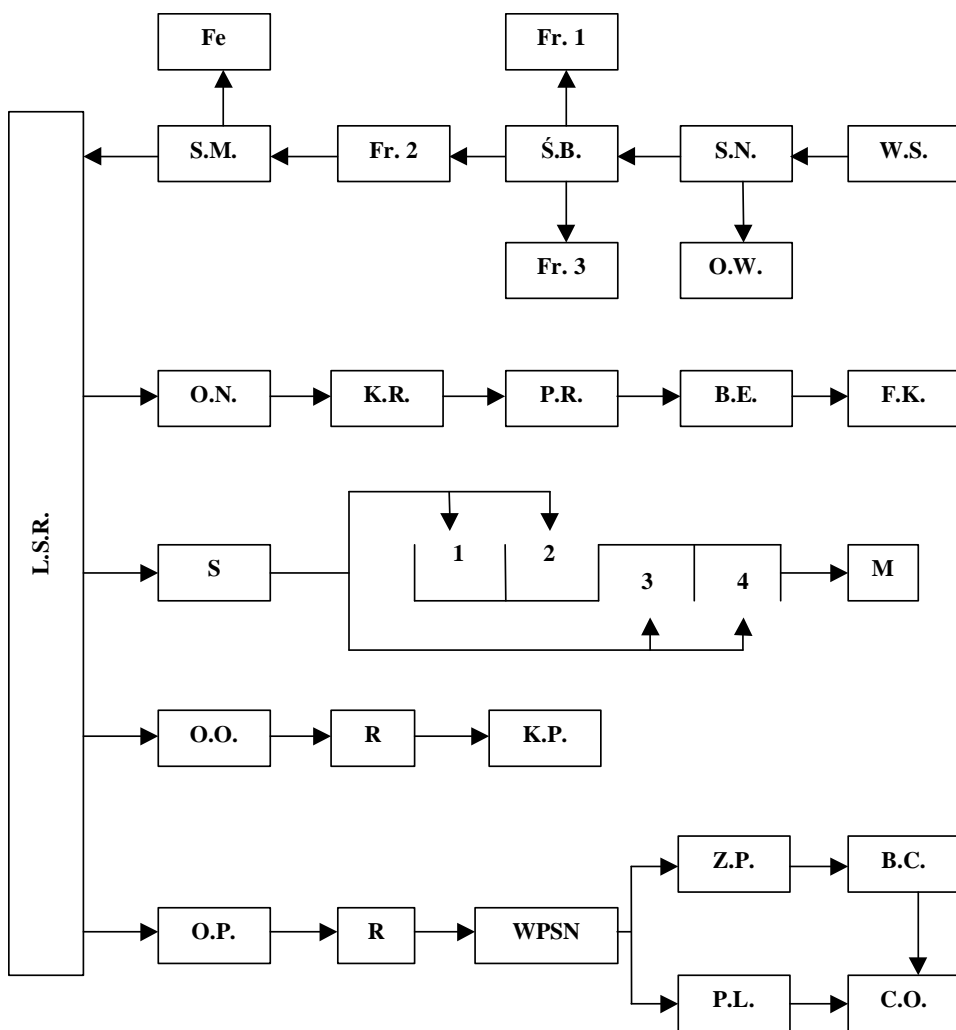
### 3.2. Schemat blokowy technologiczny i maszynowy

W konkretnych warunkach Słupska rozpatrywać można jedynie technologię łączącą wszystkie te procesy, tzn.: **Segregację w centralnych zakładach segregacji i konfekcjonowania surowców odpadowych + kompostowanie** (przeróbka biochemiczna wyselekcjonowanych odpadów organicznych) + **przeróbka termiczna** (utyliczator odpadów WPSN 2500) + **składowanie na wysypisku** (jako element końcowy).

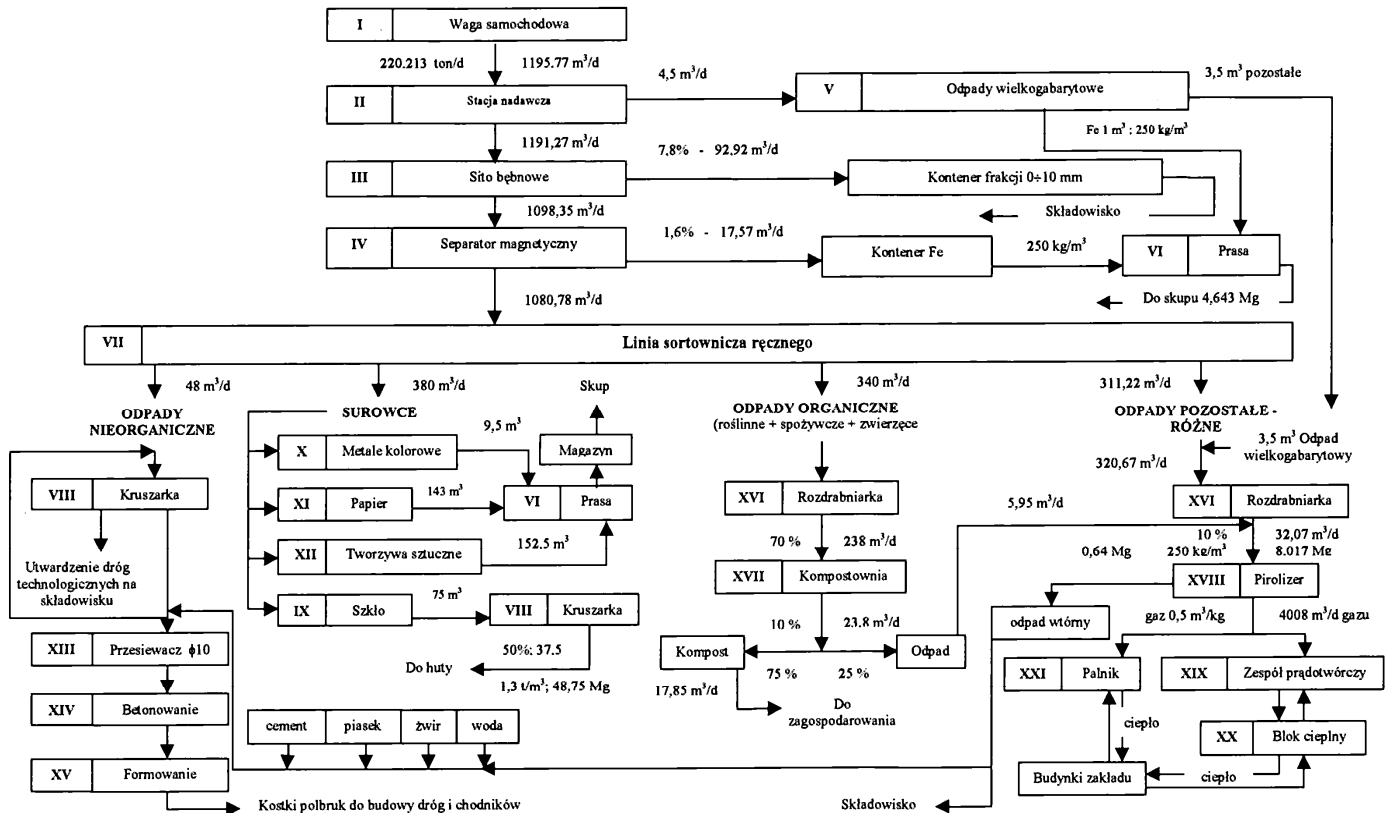
Na rys. 22. przedstawiono schemat blokowy Zakładu Utylizacji Odpadów, schemat technologiczny rys. 23, schemat maszynowy rys. 24.

Opis schematu na rysunku 22: 1.2.3.4. – boksy (metale kolorowe, papier, tworzywa sztuczne, szkło), B.C. – blok cieplny, B.E. – betoniarnia, C.O. – instalacja centralnego ogrzewania, F.K. – formowanie kostek, Fe – boks stali, Fr. 1 – frakcja odpadów 0÷10mm, Fr. 2 – frakcja odpadów 10÷100mm, Fr. 3 – frakcja odpadów pow. 100mm, K.P. – kompostownia, K.R. – kruszarka, L.S.R. – taśma sortowania ręcznego, M. – magazyn, O.N. – odpady nieorganiczne, O.O. – odpady organiczne, O.P. – odpady pozostałe, O.W. – odpady wielkogabarytowe, P.L. – palnik, P.R. – przesiewacz, R – rozdrabniarka, S surowce, S.M. – separator magnetyczny, S.N. – stacja nadawcza, Ś.B. sito bębnowe, WPSN – utyliczator pirolityczny, W.S. – waga samochodowa, Z.P. – zespół prądotwórczy.

Opis schematu na rysunku 24: I – waga samochodowa, II – stacja nadawcza, III – sito bębnowe, IV – separator magnetyczny, V – odpady wielkogabarytowe, VI – prasa, VII – linia sortowania ręcznego, VIII – kruszarka, XIII – przesiewacz, XIV – betoniarnia, XV – formiarnia, XVI – rozdrabniarka, XVII – kompostownia, XVIII – utyliczator WPSN, XIX – zespół prądotwórczy, XX – blok cieplny, XXI – palnik.

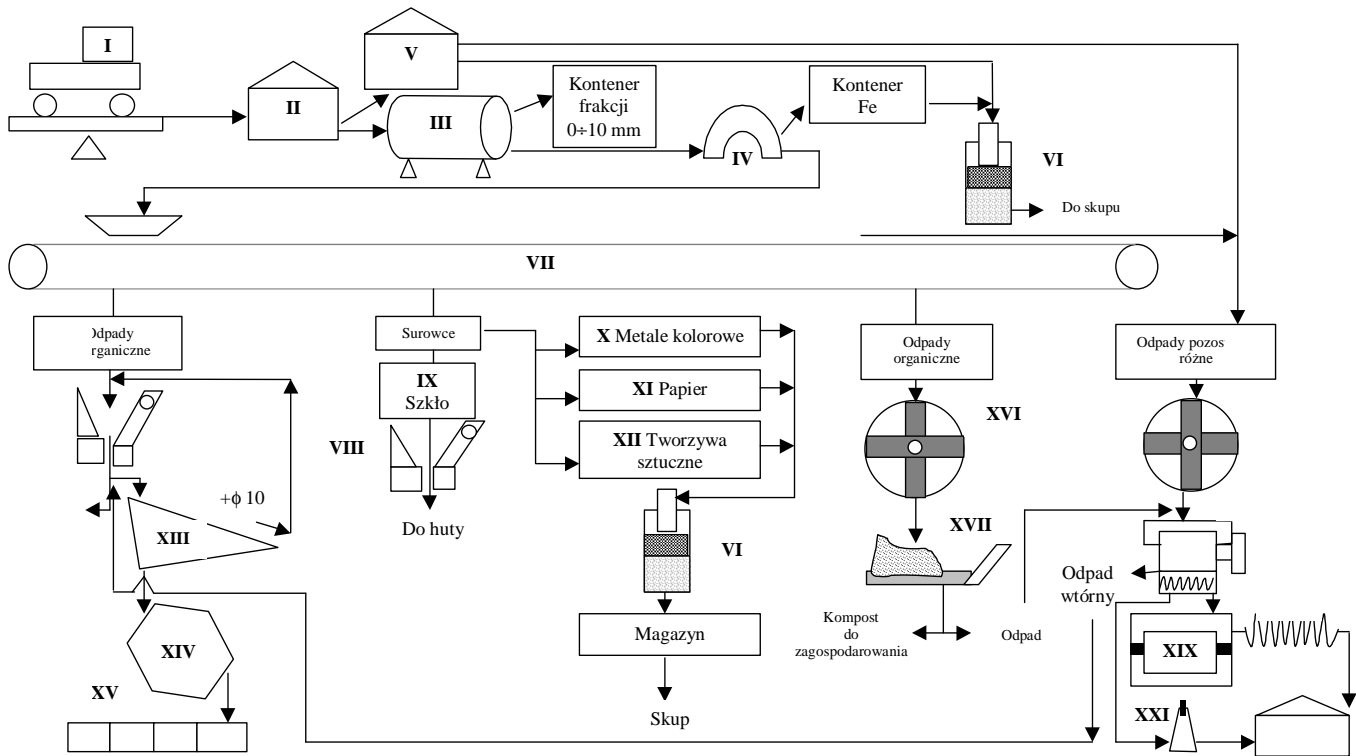


Rys. 22. Schemat blokowy Zakładu Utylizacji Odpadów  
 Fig. 22. Block diagram of Waste Utilization Plant



Rys. 23. Schemat technologiczny z szacunkowym bilansem Zakładu Utylizacji Odpadów

Fig. 23. Technological diagram of Waste Utilization Plant with estimated balance



Rys. 24. Schemat maszynowy Zakładu Utylizacji Odpadów  
 Fig. 24. Machine diagram of Wastes Utilization Plant

Odpady przed wwiezieniem na teren Zakładu Utylizacji Odpadów trafiają na wagę elektroniczną gdzie są ważone (*węzeł I*). System komputerowy rejestruje ilość i rodzaj ważonych odpadów. Odpady nie wymagające sortowania np. odpady nieorganiczne trafiają na kruszarkę (*węzeł VIII*), następnie do boksów gdzie będą oczekiwać na użycie w zależności od potrzeb: utwardzenie dróg dojazdowych, lub produkcję kostki polbruk.

Odpady wymagające sortowania trafiają do stacji nadawczej (*węzeł II*) gdzie następuje ich rozładunek. W stacji nadawczej oddzielane są odpady wielkogabarytowe i przekazywane do (*węzła V*). W (*węzle V*) oddzielone zostają elementy stalowe i przekazane na prasę (*węzeł VI*), natomiast pozostałe materiały typu (drewno, płyta stolarska, tekstylia, pianki poliuretanowe, tworzywa sztuczne itp.) zostają przekazane na rozdrabniarkę układu pirolitycznego (*węzeł XVI*). Odpady w dalszej kolejności ze stacji nadawczej trafiają przy pomocy ładowarki kołowej na ciąg załadowczy składający się z zespołu przenośników taśmowych płaskich tzw. poziomego kanałowego oraz wznoszącego. Zespół załadowczy dostarcza odpady do wnętrza sita bębnowego (*węzeł III*). W wyniku pracy sita bębnowego zostają wydzielone trzy frakcje (drobną, średnią i grubą).

- frakcja drobna o wielkości 0÷10 mm jest usuwana jako pierwsza. Jej skład opiera się w głównej mierze na fragmentach szkła, ceramiki, gruzu, popiołów, żużlu, drobnych elementów organicznych.
- frakcja średnia o ziarnistości zawierającej się w przedziale wielkości 10÷100 mm. Skład tej frakcji to drobne opakowania papierowe, odpady organiczne, tekstylia szkło drewno.
- frakcja gruba o ziarnistości przekraczającej rozmiar 100 mm. Składa się w głównej mierze z opakowań z tworzyw sztucznych, folii opakowaniowych, tekstyliów, odpadów organicznych, drewna.

Pierwsza z wymienionych czyli frakcja drobna gromadzona będzie w pojemnikach zbiorczych zlokalizowanych bezpośrednio pod sitem bębnowym. Ze względu na dużą zawartość drobnej frakcji mineralnej i zanieczyszczeń stałych, frakcja ta zostanie w całości zdeponowana na składowisku jako balast.

Proces segregacji ręcznej realizowany w stacji segregacji ma za zadanie odseparowanie przede wszystkim frakcji inertyjnej (o opóźnionym rozkładzie) zalegającej w masie odpadów o ziarnistości średniej i grubej. Strumienie te trafiają na linię sortowniczą (*węzeł VII*) gdzie zostają podzielone na cztery grupy odpadów:

- odpady nieorganiczne,
- odpady organiczne,
- surowce,
- odpady pozostałe (różne)

Fracja średnia z sita bębnowego dostarczana jest przez przenośnik przesyłowy do ciągu segregacji ręcznej, który stanowi przenośnik sortowniczy. Nad przenośnikiem przesyłowym zostanie zainstalowany separator elektromagnetyczny (*węzeł IV*). Zadaniem separatora elektromagnetycznego jest usunięcie odpadu stalowego ze średniej frakcji. Odpad stalowy zostaje umieszczony w kontenerze KP-6 a następnie sprasowany w prasie (*węzeł VI*). Po sprasowaniu kostki złomu stalowego zostaną sprzedane do punktu skupu lub odstawione bezpośrednio do huty. Frakcja średnia poddana zostanie sortowaniu w celu wybrania odpadów które można zagospodarować lub surowców wtórnych. W tym przypadku będzie wydzielane 6 różnych rodzajów surowców (odpady nieorganiczne, odpady organiczne, szkło, metale kolorowe, papier, tworzywa sztuczne). Pozostałe odpady które nie znajdują przeznaczenia trafią jako odpady różne na rozdrabniarkę układu pirolitycznego (*węzeł XVI*).

Fracja gruba przekazywana jest z sita bębnowego na przenośnik przesyłowo-sortowniczy gdzie podlega sortowaniu ręcznemu. Tutaj podobnie jak dla frakcji średniej znajdują się stanowiska sortownicze na których można wydzielić 6 różnych rodzajów odpadów lub surowców.

Ciąg segregacji ręcznej czyli przenośniki sortownicze frakcji średniej i grubej, są umieszczone na trybunie sortowniczej, wyposażonej w pojedyncze i podwójne stanowiska segregacji ręcznej. Cały proces sortowania ręcznego odbywa się w kabinie sortowniczej która jest ogrzewana i posiada wentylację potrzebną do usuwania gazów wydzielających się z sortowanych odpadów.

Po wysortowaniu surowców wtórnych pozostały strumień odpadów kierowany do rozdrabniarki układu pirolitycznego (*węzeł XVI*).

Odpady i surowce które zostały wysortowane w linii sortowniczej (*węzeł VII*) należy dodatkowo konfekcjonować lub przygotować do zagospodarowania.

➤ **odpady nieorganiczne** (gruz budowlany i betonowy) należy skierować na kruszarkę (*węzeł VIII*).

Gruz budowlany (cegłany) rozdrabniany będzie na kruszarce (*węzeł VIII*) na wymiar  $\phi 50$  mm, wykorzystywany będzie do utwardzania dróg technologicznych na terenie wysypiska.

Gruz betonowy po rozdrobnieniu na kruszarce (*węzeł VIII*) na wymiar  $\phi 10$  mm, przesiewamy kontrolnie na przesiewaczu (*węzeł XIII*) i kierujemy na betoniarnie, gdzie zostanie wymieszany w odpowiednich proporcjach z cementem, piaskiem, żwirem i wodą. Ziarna powyżej  $\phi 10$  mm zawracane będą ponownie do kruszenia. Gotowy beton zostaje umieszczony w formach do produkcji kostek polbruku (*węzeł XV*).

Oprócz gruzu betonowego do produkcji kostki należy wykorzystać odpad stały (grysik) po pirolizie.

Kostka ta będzie służyła do utwardzenia placów wokół budowanych obiektów.

Na podstawie opracowania [4] przyjmuje się, że w skład wyjściowej mieszanki betonowej (**węzeł XIV**) wchodzi kruszywo, które zawiera 1% ziaren poniżej 0,125 mm i 25% ziaren powyżej 8 mm.

Na podstawie receptury wyjściowej tj.:

- cement 0,45t = 0,15 m<sup>3</sup>,
- piasek 0,76t = 0,45 m<sup>3</sup>,
- żwir 1,06t = 0,62 m<sup>3</sup>,
- woda 0,30t = 0,30 m<sup>3</sup>.

można utworzyć mieszaniną betonową zawierającą odpadowy pył.

W pierwszym przypadku zmiennymi są proporcje popiołu lotnego i cementu, a parametrami stałymi ilość piasku, żwiru i wody. Masa cementu zastępowana jest w pewnych ilościach popiołem lotnym.

**Tabela 7.** Zestawienie wyników badań na ściskanie [MPa] kostek typu polbruk [4] (częściowe zastąpienie cementu popiołem lotnym)

**Table 7.** Breakdown of results of test on compression strength [MPa] of “polbruk” cubes

Rodzaj mieszanki	Stosunek masy popiołów lotnych do masy cementu w recepturze mieszanki wejściowej					
	0%	2%	4%	6%	8%	10%
Mieszanka C	21,88	21,24	20,52	20,16	19,20	17,94

W drugim przypadku zmiennymi są proporcje popiołu lotnego i piasku, a parametrami stałymi ilość żwiru, cementu i wody. Masa piasku była zastąpiona w pewnych ilościach popiołem lotnym.

**Tabela 8.** Zestawienie wyników badań na ściskanie [MPa] kostek typu polbruk [4] (częściowe zastąpienie kruszywa popiołem lotnym)

**Table 8.** Breakdown of results of test on compression strength [MPa] of “polbruk” cubes

Rodzaj mieszanki	Stosunek masy popiołów lotnych do masy kruszywa w recepturze mieszanki wejściowej					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Mieszanka C	21,88	16,68	16,67	14,90	13,20	11,50

Przy użyciu kruszywa C uzyskano odpowiadające normie dla typu polbruk tzw. chodnikowych to znaczy co najmniej 20 MPa wytrzymałości na ściskanie dla prób, w których proporcje popiołu lotnego do cementu wynosiły 2%, 4% i 6%. Dla proporcji 6%, a więc z możliwym jeszcze maksymalnym udziałem

tem popiołów lotnych parametr nasiąkliwości wynosi 5% czyli jest w górnej granicy dopuszczalności.

W Katedrze Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej przeprowadzono badania nad możliwością produkcji kostek typu polbruk przy zastosowaniu dodatku wtórnego odpadu pirolitycznego pochodzącego z pirolitycznej utylizacji wybranych grup odpadów [5]. Badania te przeprowadzono w dwóch seriach. W serii I część masy cementu została zastąpiona pewną ilością wtórnego odpadu popirolitycznego. W serii II część masy kruszywa zastąpiona jest wtórnym odpadem popirolitycznym.

W tabeli 9 przedstawione zostały wyniki wytrzymałości na ściskanie kostek betonowych typu polbruk w serii I.

**Tabela 9.** Wyniki badań wpływu popiołu po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów na wytrzymałość na ściskanie kostek polbruk w serii I [5]

**Table 9.** Results of research on influence of secondary waste after pyrolytic wastes neutralization on compression strength of “polbruk” cubes in series I

Rodzaj odpadu	Procent udziału	Próba 1 [MPa]	Próba 2 [MPa]	Próba 3 [MPa]	$\sigma_{sr}$ [MPa]
Farby akrylowe	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	21,5	28,0	23,7	24,4
	4	22,9	20,6	21,2	21,6
	6	24,5	23,7	14,3	20,9
	8	16,6	18,2	17,0	17,3
Farby ftalowe	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	29,7	29,0	29,4	29,4
	4	27,2	29,5	24,7	27,2
	6	28,9	19,8	29,9	22,8
	8	20,6	19,8	11,2	17,2
Plastyki	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	24,8	22,3	24,3	23,8
	4	21,2	19,5	19,3	20,0
	6	18,5	18,0	17,2	17,9
	8	14,3	15,1	16,5	15,3

Analizując wyniki serii I można spostrzec, że zakładany warunek wytrzymałości danej próby na ściskanie – 20 MPa przy optymalnym (największym) udziale popiołu do cementu spełniają popirolityczne odpady farb ftalowe



wych. Wytrzymałość kostek typu polbruk na ściskanie w granicach 20 MPa jest zachowana przy udziale popiołu po pirolitycznym unieszkodliwianiu farb ftalowych zamiast cementu w ilości 7%. Wytrzymałość na ściskanie spada dość gwałtownie dla prób z coraz większym udziałem odpadu, tj. 4%, 6%, 8%. Charakterystyczna jest tu zwłaszcza próba 2% udziału popiołu w mieszance, której wytrzymałość jest niższa od wytrzymałości próby „zerowej” tylko o 0,7 MPa.

Analogiczny wynik osiągnięto również w przypadku popiołów po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów farb akrylowych. Procentowy udział popiołu w mieszance w miejscu cementu dla tej grupy odpadów, przy założeniu granicznej wymaganej wartości wytrzymałości na ściskanie 20 MPa kompozytów cementowych wynosi 6,75%. Taką ilość cementu CP 45 w mieszance możemy zastąpić popiołami z utylizatora typu WSP, przy którym spełnione będą jeszcze wymagania normy wytrzymałości na ściskanie (PN-88/B-06250). Spadek wytrzymałości na ściskanie kostek następuje w sposób gwałtowny już w granicach próby – udziału popiołu w mieszance już w ilości tylko 2% i osiąga najniższą wartość 17,3 MPa dla próby 8%.

Optymalny udział procentowy popiołów po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów plastikowych zamiast cementu, przy którym zachowane są wymagania normy wytrzymałościowej jest najniższy w serii I i wynosi 4% udziału w mieszance. Wynik ten jest więc niższy o około 3% od najwyższych udziałów, (czyli optymalnych) dla wyników wytrzymałości z dodatkiem popiołów po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów farb akrylowych i ftalowych. Na tej podstawie można stwierdzić, że popioły z odpadów plastikowych w mniejszym stopniu opłaca się utylizować jako wsad do mieszanki betonowej niż popioły dwóch pozostałych grup.

Tabela 10 przedstawia wyniki wytrzymałości na ściskanie mieszanki betonowej w serii II. Analizując wyniki serii II, można zauważyć, że zakładany warunek wartości wytrzymałości na ściskanie – 20 MPa przy optymalnym (maksymalnym) udziale popiołu do kruszywa spełniają popirolityczne odpady farb ftalowych. Wytrzymałość na ściskanie kostek wykonanych na bazie tych popiołów w granicach 20 MPa jest zachowana przy wszystkich udziałach. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie dla prób 2%, 4%, 6%, 8% są tylko nieznacznie niższe od próby zerowej, której wartość wyniosła 30,1 MPa.

Gwałtowny spadek wytrzymałości na ściskanie polbruku zauważamy analizując wyniki udziału popiołów po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów farb akrylowych i odpadów plastikowych zamiast kruszywa. Przy zachowaniu granicznej wytrzymałości na ściskanie wynoszącej 20 MPa udziały optymalne wynosiły 2% i 3%. Na podstawie uzyskanych wyników wytrzymałościowych możemy stwierdzić, że już niewielki udział popiołów zastępujących w mieszance betonowej kruszywo powoduje duże obniżenie wytrzymałości na ściskanie.

**Tabela 10.** Wyniki badań wpływu popiołu po pirolitycznym unieszkodliwianiu odpadów na wytrzymałość na ściskanie kostek polbruk w serii II [5]

**Table 10.** Results of research on influence of secondary waste after pyrolytic wastes neutralization on compression strength of “polbruk” cubes in series II

Rodzaj odpadu	Procent udziału	Próba 1 [MPa]	Próba 2 [MPa]	Próba 3 [MPa]	$\sigma_{sr}$ [MPa]
Farby akrylowe	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	22,2	20,0	20,1	20,8
	4	12,6	12,0	10,8	11,8
	6	7,6	7,2	7,4	7,4
	8	5,1	5,2	6,1	5,5
Farby ftalowe	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	25,7	27,0	28,1	26,9
	4	28,5	23,5	27,3	26,4
	6	26,4	24,4	24,2	25,0
	8	20,3	19,0	27,3	22,2
Plastyki	0	33,0	30,1	27,1	30,1
	2	22,3	23,7	25,7	23,9
	4	15,6	14,2	15,5	15,1
	6	10,1	9,5	8,0	9,2
	8	6,5	6,6	7,0	6,7

Na podstawie przedstawionych wyników badań wpływu udziału popiołów do cementu wykonanych w serii I i wpływu udziału popiołów do kruszywa wykonanych w serii II można zaryzykować stwierdzenie, że najlepszym odpadem do utylizacji przez zestalenie są popioły z pirolitycznego unieszkodliwiania farb ftalowych. W mieszance betonowej możliwe jest zastąpienie cementu tego typu odpadem w ilości 7% lub kruszywa w ilości około 9%. Dla tych wartości zachowana jest norma wytrzymałości – 20 MPa.

Wyniki te mogą służyć jako wytyczne do formowania kostek typu polbruk o wymiarach 10cm x 10cm x 10cm, zgodnie z PN 84/N 03264 – jeśli chcemy likwidować termicznie odpady farb. Inne badania wskazują, że przy termicznej likwidacji w procesie pirolizy odpadów organicznych takich jak: plastyki, gumy, drewno, trociny, papier czy kosmetyki ten wymierny udział wtórnych odpadów popirolitycznego nie może być większy niż około 2%, co w skali bezwzględnej pozwala przyjąć tylko około 1% tego typu odpadów i dosypania do mieszanki betonowej. Jest to poważny problem ekonomiczny i techniczno-organizacyjny.

- **szkło (węzeł IX)** należy najpierw podzielić na białe i kolorowe, następnie należy oddzielnie skierować na kruszarkę (**węzeł VIII**). Po rozdrobnieniu szkło trafia do boksów gdzie będzie oczekiwać na wywóz do huty. Wywóz odbywa się transportem samochodowym należącym do huty.
- **metale kolorowe (węzeł X)** po podzieleniu na rodzaje-gatunki (aluminium, miedź) zostaną skierowane na prasę (**węzeł VI**), po sprasowaniu do magazynu gdzie będą oczekiwać na wywóz do punktu skupu.
- **makulatura (węzeł XI)** należy podzielić na karton i pozostałą a następnie skierować na prasę (**węzeł VI**), po sprasowaniu do magazynu gdzie będzie oczekiwać na wywóz do punktu skupu.
- **tworzywa sztuczne (węzeł XII)** po podzieleniu na rodzaje zostaną skierowane na prasę (**węzeł VI**), po sprasowaniu do magazynu gdzie będą oczekiwać na wywóz, Wywóz odbywa się transportem samochodowym należącym do odbiorcy
- **odpady organiczne** (żywnościowe, zwierzęce, roślinne, drewno bez środków konserwujących) zostaną skierowane na rozdrabniarkę (**węzeł XVI**). Po rozdrobnieniu zostaną spryzmowane na płycie kompostowej (**węzeł XVII**), gdzie ulegną rozkładowi i biostabilizacji. Po przesianiu na przesiewaczu bębnowym gotowy kompost zostanie skierowany do zagospodarowania (zakładanie nowych trawników i zieleńców na terenie miasta, użyczenie istniejących terenów zielonych, produkcja kwiatów w tunelach foliowych). Kompost który po przejściu przez sito bębnowe zostanie odrzucony zostanie skierowany do pirolizera (**węzeł XVIII**).
- **odpady pozostałe** są to odpady które w całym procesie rozdziału (sortowania) nie zostały zagospodarowane. Trafiają one w całości na rozdrabniarkę (**węzeł XVI**) w celu zmniejszenia ich wymiarów a co zatem idzie i objętości. Rozdrobnione odpady organiczne zostaną poddane utylizacji w ośmiu utylizatorach o działaniu ciągłym typu WPSN 2500 (**węzeł XVIII**).

Utylizator odpadów WPSN 2500 przeznaczony jest do unieszkodliwiania odpadów takich jak:

- odpady z tworzyw sztucznych,
- odpady z malarni i lakierni, przeterminowane farby, lakiery i rozpuszczalniki,
- odpady z gumy, kauczuku, zużyte ogumienie,
- zanieczyszczone czyściwo, zaolejone szmaty i trociny,
- zużyte smary, oleje, filtry olejowe,
- zużyte i przeterminowane kleje, żywice, utwardzacze,
- odpady przemysłu mięsnego – szczecina, mierzwa, konfiskata,
- odpady przemysłu tytoniowego – acetat, bobina, kurz tytoniowy,
- odpady medyczne i weterynaryjne.

Utylizator odpadów typu WPSN pracuje w oparciu o zasadę pirolizy, czyli działania na odpady wysoką temperaturą bez dostępu tlenu.

W pierwszej fazie, do pustej komory pirolitycznej ładowana jest odpowiednia ilość sorbentu i wody. Następnie komora jest hermetycznie zamykana i rozgrzewana do temperatury 599°C. Po osiągnięciu tej temperatury następuje włączenie podajnika odpadów i rozpoczyna się proces pirolizy. W zależności od rodzaju odpadów może istnieć konieczność dozowania sorbentów wraz z podawaniem odpadów. Proces ten prowadzony jest w sposób ciągły przez 5÷14 dni, bez konieczności wyłączania instalacji.

Prowadzenie procesu unieszkodliwiania odpadów na drodze pirolizy powoduje rozkład złożonych związków organicznych na gaz pirolityczny oraz węgloną część, z którą zostają trwale związane wszystkie szkodliwe substancje.

Powstały gaz pirolityczny przechodzi przez strefę przegrzania, a dalej kierowany jest do palnika gdzie ulega spalaniu. Powstałe spaliny są schładzane na wymienniku ciepła i po rozrzedzeniu powietrzem są wyrzucane przewodem kominowym do atmosfery.

Produktami pozostającymi po pirolizie odpadów są:

- gaz pirolityczny 0,5 m<sup>3</sup>/kg,
- odpad stały do 8% ogólnej masy wsadu.

Gaz pirolityczny przed spalaniem jest oczyszczany na złożu wapieno-węglowym, co pozwala na skuteczną eliminację z jego składu związków szkodliwych.

Przeznaczone do utylizacji odpady organiczne są termicznie i beztlenowo rozłożone na gaz oraz materiał stały. Przy zastosowaniu odpowiednich sorbentów w trakcie wyprażania chlor pozostaje związany z materiałem stałym, a odpowiednia temperatura wyprażania zapewnia rozłożenie benzenu na wodór i węgiel. W taki sposób wytworzony podczas beztlenowego wyprażania gaz przeznaczony do spalania pozbawiony jest składników tworzących dioksyny i furany oraz podobnie jak gaz ziemny może być spalany bez obawy zatrucia atmosfery.

Większość szkodliwych związków - stosując tę technologię unieszkodliwiania odpadów – zostaje trwale związana z węglem i wapnem. Po przeprowadzeniu serii badań zalecane są następujące sposoby zagospodarowania tych pozostałości:

- wykorzystanie jako wypełniacza masy do produkcji płyt drogowych, chodnikowych itp.,
- składowanie na wysypisku.

W trakcie procesu pirolizy z 1 kg odpadów powstaje około 0,5 m<sup>3</sup> wysokokalorycznego gazu, który należy wykorzystać paliwo alternatywne (dane przyjęto z oferty przedsiębiorstwa „EKOFORMA”).

➤ **zespół prądotwórczy (węzeł XIX)** jest to układ silnik spalinowy i generator. Powstający w wyniku pirolizy gaz pirolityczny jest spalany w silniku spalinowym gazowym który napędza generator. W wyniku takiego wykorzystania gazu otrzymamy energię elektryczną którą można sprzedać lub wykorzystać na potrzeby własne. Na wyprodukowanie 1 kWh energii potrzeba około 0,81 m<sup>3</sup> gazu (dane podano na podstawie opracowań zakładowych PGK).

➤ **blok cieplny (węzeł XX)** dodatkowo można wykorzystać ciepło spalin powstałe podczas spalania gazu w silniku gazowym. Służy do tego wymiennik ciepła – blok cieplny produkowany przez GAZTERM – GESKO w Warszawie. Wymiennik ciepła może pracować w układzie woda – woda lub spaliny – woda.

Wymiana ciepła woda – woda polega na odebraniu ciepła z układu chłodzenia silnika spalinowego i przekazaniu przez wymiennik do instalacji c.o. ogrzewającej budynki lub c.w.u. Moc tego układu około 120 kW.

Wymiana ciepła spaliny – woda polega na odzyskaniu ciepła spalin. Temperatura spalin wynosi 500÷600°C. Spaliny przepływając przez wymiennik ogrzewają wodę znajdującą się w wymienniku. Ogrzana woda przekazana zostaje poprzez instalację c.o. do ogrzewania budynków lub c.w.u. Moc tego układu 150 kW.

➤ **palnik (węzeł XXI)** jako zabezpieczenie na wypadek awarii generatorów i braku możliwości spalania gazu zainstalowano dwa palniki do spalania gazu pirolitycznego. Będą one pracować również w okresach nadprodukcji gazu. Dodatkowo mogą służyć jako wymienniki ciepła do ogrzewania pomieszczeń budynku socjalnego i sortowni.

Na podstawie danych przedstawionych przez „EKOFORMA” w Policach [8] oraz danych PGK w Słupsku wynika, że:

➤ w trybie pracy ciągłej w ciągu doby można utylizować **1200 kg** odpadów. Przy założeniu, że do utylizacji będzie trafiać 9,580 Mg odpadów potrzeba 8 szt. utylizatorów typu WPSN 2500.

➤ w ciągu doby można uzyskać **600 m<sup>3</sup>**, 25 m<sup>3</sup>/h gazu pirolitycznego z jednego pirolizera, z 8 szt. około 4790 m<sup>3</sup>/d.

➤ można z tego gazu wyprodukować w generatorze około **5913 kWh** w ciągu doby, przy założeniu, że zużycie gazu będzie wynosiło 0,81 m<sup>3</sup>/kWh.

➤ można pozyskać z jednego wymiennika spaliny – woda około **4600 kW** ciepła w ciągu doby.

Jeżeli zostaną zainstalowane 3 sztuki pirolizerów to następnie można zainstalować generator o mocy 100 kWh, będzie to moc wystarczająca do zabezpieczenia pracy urządzeń w sortowni, z bloku ciepłego będzie można wówczas pozyskać 150 kW ciepła, a to wystarczy na ogrzanie sortowni. Zainstalowanie 8 sztuk pirolizerów pozwoli na instalację 3 zespołów prądotwórczych wraz z blokami cieplnymi, a to spowoduje, że zakład będzie prawie samowystarczalny jeżeli chodzi o energię (w razie nie wykorzystania energii nadwyżka będzie sprzedawana do sieci krajowej) i będzie posiadać dużą nadwyżkę ciepła.

- **transport** na terenie sortowni oraz zakładu utylizacji oraz wywóz surowców na zewnątrz będzie realizowany przez dwa samochody marki JELCZ P-422 K. Pierwszy samochód bramowy z żurawiem do przewozu kontenerów, drugi samowładowczy z żurawiem do wywozu surowców na zewnątrz.

W związku z tym proponuje się następujące procesy technologiczne realizować przez maszyny i urządzenia produkowane przez n/w producentów:

- ważenie (**węzeł I**) dokonywane będzie na elektronicznej wadze samochodowej typ DFT-E2 18 x 3 m, produkowanej przez SCHENCK POLSKA Sp. z o.o. [9]
- przemieszczanie odpadów w stacji nadawczej (**węzeł II**) odbywać się będzie przy pomocy koparko-ładowarki TO-49, dystrybutor P.U.P. „ZNM-R” Sp. z o.o.
- sortowanie ręczne dokonywane będzie na linii sortowniczej (**węzeł VII**) produkcji „HORSTMANN” Budowa Urządzeń i Technika Ekologiczna Sp. z o.o. [10]
- kruszenie (**węzeł VIII**) prowadzone będzie w kruszarce szczękowej typ 44.42, produkcji Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” [11]
- przesiewanie (**węzeł XIII**) prowadzone będzie na przesiewaczu wibracyjnym  $\phi 10$  typ 30.87, produkcji Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” [11]
- prasowanie (**węzeł VI**) prowadzone będzie w prasie typ PR 40 Sa, produkcji Rocznik Recykling System Prasy Sp. z o.o. [12]
- transport na terenie wysypiska i poza nim realizowany będzie przy użyciu dwóch samochodów marki JELCZ. Jeden z samochodów to samochód bramowy, drugi to samochód samowładowczy-wywrotka typ P-422 K produkcji Zakładów Samochodowych „JELCZ” S.A. [13]
- rozdrabnianie (**węzeł XVI**) prowadzone będzie w rozdrabniarce typ K/25 wersja K10/25, produkcji Satrind S.r.l. Włochy [14]
- proces kompostowania (**węzeł XVII**) odbywać się będzie na płycie kompostowej – koncepcja zaczerpnięta z literatury [7]

- proces pirolizy (*węzeł XVIII*) realizowany będzie w pirolizerach typ WPSN 2500, produkcji EKOFORMA Sp. z o.o. [8]
- spalanie gazu i produkcja energii (*węzeł XIX*) realizowane będzie w Zespole Prądotwórczym 100 kW, produkcji Zakładów Mechanicznych „PZL – WOLA” S.A. [15]
- wymiana ciepła (*węzeł XX*) odbywać się będzie w bloku cieplnym przystosowanym do współpracy z zespołem prądotwórczym, gazowym o mocy 150kW. Producentem bloku cieplnego jest GAZTERM s.c. [16]

### **3.3. Opis zastosowanych urządzeń**

#### *3.3.1. Wagi samochodowe (węzeł I) [9]*

Do ważenia odpadów przywiezionych na wysypisko będą służyły dwie elektroniczne wagi samochodowe (wjazdowa i wyjazdowa) typu DFT-E2 18 x 3, z pomostami betonowym do statycznego ważenia pojazdów o nośności 60 t każda, wymiary pomostu 18 m x 3 m, Producentem wag jest SCHENCK POLSKA Sp. z o.o. w Warszawie ul. Połczyńska 10. Wagi będą wyposażone w wskaźnik masy wewnętrzny i zewnętrzny, czytnik kart magnetycznych, dwukolorowe światło drogowe oraz komputer z oprogramowaniem do ewidencji ilościowej i jakościowej ważonych odpadów.

#### *3.3.2. Stacja nadawcza (węzeł II)*

Do przemieszczania odpadów komunalnych w stacji nadawczej służyć będzie koparko-ładowarka kołowa (import z Białorusi) dystrybutor P.U.P. „ZNMR” Sp. z o.o. Żary ul. Słowackiego 49 (rys. 6).

Koparko-ładowarka została zabudowana na podwoziu ciągnik MTZ-82 (napęd 4x4), typ silnika D-240 (82 KM), pojemność łyżki ładującej 0,5 m<sup>3</sup>, pojemność łyżki kopiącej 0,3 m<sup>3</sup>, max głębokość kopania 4 m, wysokość podnoszenia 3,4 m, masa eksploatacyjna 6,5 Mg.

#### *3.3.3. Sortownia odpadów komunalnych (węzeł III; IV; VII) [10]*

Do sortowania odpadów komunalnych będzie służyć sortownia odpadów komunalnych, produkowana przez HORSTMANN – Budowa Urządzeń i Technika Ekologiczna Sp. z o.o. w Wągrowcu ul. Koyńska 100.

System ten jest powiązaniem dwóch technik sortowania odpadów: sortowania mechanicznego i ręcznego. Proces segregacji mechanicznej ma charakter rozdziału strumienia odpadów ze względu na wielkość ziarna i elementów ferromagnetycznych. Dodatkowo dzięki segregacji mechanicznej następuje dekompresja (rozbitcie zbryleń) dostarczanych odpadów. Proces sortowania ręcznego to podział odpadów wcześniej podzielonych według wielkości, na konkretne frakcje ze względu na ich własności fizyko-chemiczne. W sortowni

można segregować odpady pochodzące ze wstępnej selekcji (u źródła), oraz bez selekcji wstępnej, tzw. mieszane odpady komunalne.

Sortowanie rozpoczyna rozładunek odpadów z pojazdu dostawczego. Odpady są gromadzone w stacji nadawczej, jest to strefa buforowa pomiędzy miejscem dostarczaniem odpadów, a właściwym ciągiem segregacji.

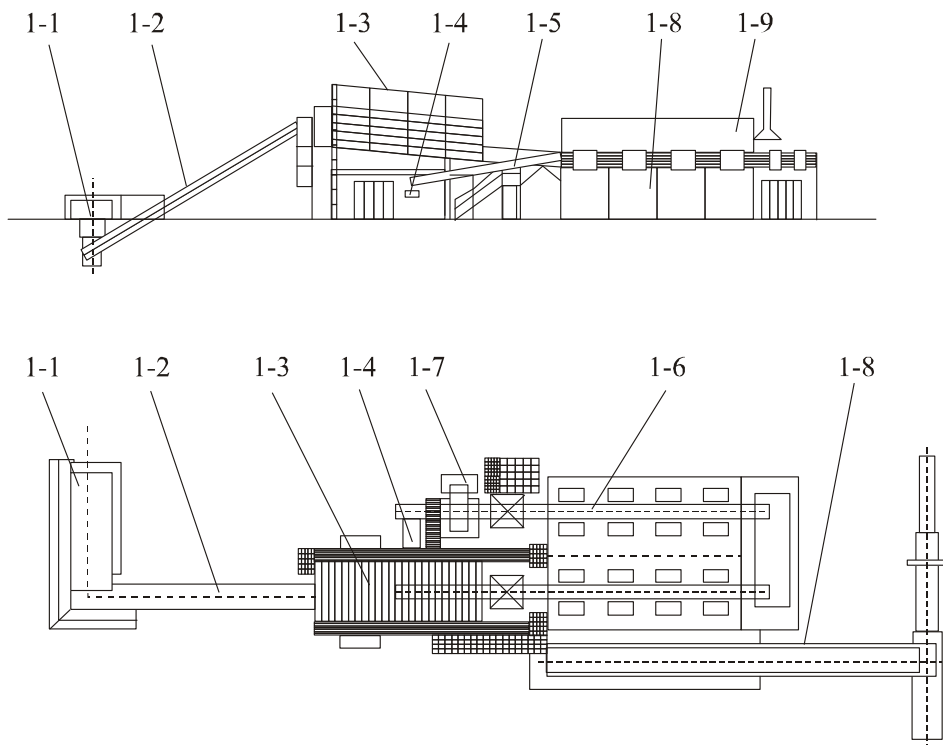
Na schemacie (rys. 25) sortowni odpadów komunalnych pokazana jest droga odpadów od wprowadzenia na przenośnik (transporter) kanałowy do momentu opuszczenia materiału – surowca wyselekcjonowanego. Przy użyciu koparko-ładowarki kołowej odpady trafiają na przenośnik poziomy kanałowy Poz. 1-1 a następnie wznoszący Poz. 1-2. Zespół załadowniczy dostarcza odpady do wnętrza sita bębnowego Poz. 1-3 gdzie następuje podział na trzy frakcje drobną, średnią i grubą. Drobną trafia do kontenera i jest wywożona na składowisko. Frakcja średnia dostarczana jest poprzez przenośnik przesyłowy Poz. 1-4 do ciągu segregacji ręcznej, który stanowi przenośnik sortowniczy Poz. 1-6. Nad przenośnikiem Poz. 1-4 zainstalowany jest separator elektromagnetyczny Poz. 1-7 eliminuje on złom stalowy-żelazny. Frakcja gruba przekazywana jest z sita bębnowego na przenośnik przesyłowo-sortowniczy Poz. 1-5, gdzie podlega sortowaniu ręcznemu.

Ciąg segregacji ręcznej czyli przenośniki sortownicze frakcji średniej Poz. 1-6 i grubej Poz. 1-5, są umieszczone na trybunie sortowniczej Poz. 1-8, wyposażonej w odpowiednią ilość podwójnych stanowisk segregacji ręcznej. Cały proces sortowania ręcznego odbywa się w kabinie Poz. 1-9, umieszczonej nad trybuną. Kabina sortownicza stanowi integralną całość wyposażenia sortowni. Wykonana jest jako lekka konstrukcja stalowa malowana od zewnątrz, ocieplona i wyciszona od środka. Dodatkowo kabina jest wyposażona w instalację grzewczą oraz wentylacyjną która gwarantuje zmniejszenie emisji gazów odlotowych do atmosfery i poprawę warunków pracy personelu. Cała instalacja zlokalizowana jest w hali, uniezależnia to pracę linii od aury pogodowej.

Dane techniczne hali i linii do segregacji odpadów:

1. Powierzchnia hali sortowniczej – 2000 m<sup>3</sup>,
  2. Długość linii sortowniczej – 56 m,
  3. Szerokość linii sortowniczej – 20 m,
  4. Wysokość linii sortowniczej – 10,5 m,
  5. Zapotrzebowanie na energię elektryczną – 110 kW,
  6. Oświetlenie naturalne i sztuczne,
  7. Zatrudnienie:
    - operator ładowarki – 1,
    - sortowacze – 16,
    - obsługa samochodu – 1,
    - obsługa wózka widłowego – 1,
- Razem na jedną zmianę 19 osób.





**Rys. 25.** Schemat sortowni odpadów komunalnych – opis powyżej

**Fig. 25.** Diagram of municipal waste sorting plant

### 3.3.4. Odpady wielkogabarytowe (węzeł V)

Odpady wielkogabarytowe takie jak: pralki, lodówki, kuchnie, meble itp. należy poddać wstępnej obróbce, polegającej na pocięciu, rozdrobnieniu i odzyskaniu surowców wtórnych.

Odbywać to się będzie na hali sortowni. Celem prawidłowego prowadzenia procesu demontażu i rozdrabniania odpadów wielkogabarytowych należy stanowisko wyposażyć w komplet elektronarzędzi jak: szlifierki kątowe, piły, młotki, obcęgi i wyciągacze do gwoździ, w razie konieczności instalacją do odzysku freonu z agregatów chłodniczych, lodówek i zamrażarek.

Po rozdrobnieniu elementów i posegregowaniu surowców należy, złom metali kolorowych oraz stalowy skierować do boksów na surowce wtórne, drewno czyste bez środków konserwujących i zabezpieczających należy skierować na rozdrabniarkę drewna i wykorzystać do produkcji kompostu.

Natomiast odpady nie nadające się do przetworzenia jak, drewno konserwowane i malowane, tekstylia, gąbki poliuretanowe, folie itp. należy skierować rozdrabniarkę układu pirolitycznego (węzeł XV).

### *3.3.5. Kruszarka (węzeł VIII) [11]*

Ze względu na to iż kruszarka będzie rozdrabniać dwa rodzaje materiałów o różnej grubości ziarna zastosowano kruszarkę szczękową typu 44.42 produkowaną przez Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” S.A. w Bydgoszczy ul. Leśna 11-19.

Kruszarka szczękowa przeznaczona jest do rozdrabniania materiałów twardych i średniotwardych, jak np. bazalt, granit, rudy metali, kwarc, stłuczka szklana, wapń, piaskowiec, klinkier ceramiczny, itp. Materiały te nie mogą jednak posiadać zanieczyszczeń ilasto-gliniastych więcej jak 5% oraz wilgotności większej niż 10%.

### *3.3.6. Przesiewacz (węzeł XIII) [11]*

Jako przesiewacz zastosowano przesiewacz typu 30.87 produkowany przez Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” S.A. w Bydgoszczy ul. Leśna 11-19.

Jest to przesiewacz wibracyjny jednopokładowy rozdzielający ziarna na dwie grupy 0÷10 mm i powyżej 10 mm.

### *3.3.7. Prasa (węzeł VI) [12]*

Prasowanie surowców odbywać się będzie w prasie typ PR40Sa produkcji Rocznik Recykling System Prasy Sp. z o.o. Wilkanowo ul. Piaskowa 5.

Jest to zautomatyzowana prasa o dużej wydajności. Ręcznie wykonuje się tylko czynności wrzucania odpadów i wiązania. Uruchomienie prasy w cyklu automatycznym powoduje zginiatanie odpadów i powrót płyty tłocznej w górne położenie. Po związaniu paczka jest usuwana z komory prasy przez urządzenie wyrzucające.

Służy do zginiatania i paczkowania:

- kartonów, makulatury,
- tworzyw sztucznych, folii, butelek PET,
- starej odzieży,
- dowolnych, miękkich odpadów poprodukcyjnych,
- pojemników i beczek o pojemności do 200 litrów (φ700 x 1250 mm),
- zużytych obudów pralek, lodówek, kuchenek elektrycznych i gazowych.

### *3.3.8. Samochód kontenerowy-bramowy [13]*

Do przewozu kontenerów z surowcami na terenie Zakładu Utylizacji służyć będzie samochód bramowy produkcji Zakładów Samochodowych „JELCZ” S.A. Jelcz-Laskowice ul. Inżynierska 3.

Samochód jest wyposażony w silnik WS Mielec SW 170/230 kW/KM, turbo. Dopuszczalna masa całkowita 16 Mg, nośność podwozia 8,75 Mg. Wyposażony jest w nadbudowę NKR 70 o udźwigu 7 Mg z wysuwanymi ramionami przeznaczoną do załadunku, przewożenia, wyładunku oraz opróżniania kontenerów. Dodatkowo został zamontowany żuraw zakabinowy typu F 60 „Fassi” o udźwigu 3 Mg do załadunku surowców i materiałów z pojemników niewymiarowych.

### *3.3.9. Samochód samowyładowczy*

Do wywozu surowców z terenu Zakładu Utylizacji służyć będzie samochód samowyładowczy produkcji Zakładów Samochodowych „JELCZ” S.A. Jelcz-Laskowice ul. Inżynierska 3.

Samochód jest wyposażony w silnik WS Mielec SW 191/260 kW/KM, turbo. Dopuszczalna masa całkowita 16 Mg, nośność podwozia 8,75 Mg. Skrzynia ładunkowa samowyładowcza trzystronna. Dodatkowo został zamontowany żuraw zakabinowy typu „Hella” o udźwigu 3 Mg do załadunku surowców i materiałów z pojemników niewymiarowych.

### *3.3.10. Rozdrabniarka (węzeł XVI) [14]*

Do rozdrabniania odpadów organicznych przeznaczonych do kompostowania i pozostałych służyć będzie rozdrabniarka typ K/25 wersja K 10/25 produkcji SATRIND S.r.l. Milano – Włochy.

Rozdrabniacz K/25 jest uniwersalnym urządzeniem do rozdrabniania różnych materiałów np. tworzywa sztuczne, odpady roślinne, zwierzęce, radio-techniczne, opakowania metalowe, drewniane, palety EURO itp.

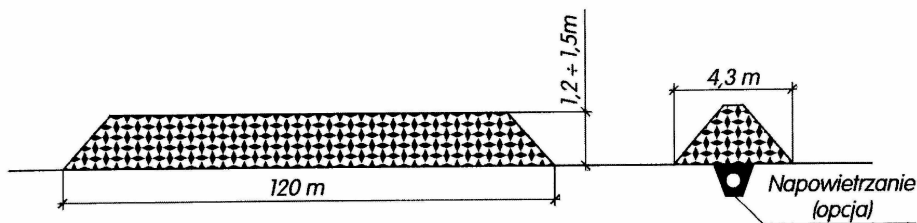
Rozdrabnianie odbywa się przy pomocy kilkunastu noży z umieszczonymi na obwodzie ostrzami. Noże umieszczone są na obracających się wałach napędzanych przez silnik za pośrednictwem dwustopniowych reduktorów. Dzięki zastosowaniu odpowiedniej wielkości noży uzyskujemy granulaty o wymiarach 30 x 33 mm. Po rozdrobnieniu materiał trafia do kontenera.

### *3.3.11. Kompostownia (węzeł XVII) [7]*

Kompostownia składać się będzie z wiaty z płytą betonową o powierzchni 1000 m<sup>2</sup>, wyposażoną w instalację odcieków, napowietrzającą, zraszającą oraz z płyty leżakowania kompostu. Dodatkowo kompostownia zostanie wyposażona w urządzenie do przymowania i przerzucania kompostu, rozdrabniarkę do drewna, taśmociąg z sitem bębnowym i separatorem metali.

Urządzenie przyzmujące przyczepiane z tyłu do ciągnika, bocznie frezujące przyzmę kompostu za pomocą tarcz frezujących. Masa urządzenia 3,7 Mg, długość 1844 mm, szerokość 2950 mm, wysokość 3030 mm, wysokość sypania przyzm 2,8 m, wydajność 300÷500 m<sup>3</sup>/h. Ciągnik ciężar wyrównawczy przodu 1,5 Mg, moc 180÷260 KM.

Kompostowanie będzie prowadzone metodę przyzmową (rys. 26). Polega ona na usypaniu przyzm z materiału przeznaczonego do kompostowania. Przyzmę należy napowietrzać. Odbywać się to będzie przez wysysanie powietrza z kanału znajdującego się pod przyzmą.



Rys. 26. Schemat przyzmy kompostowniczej

Fig. 26. Diagram of composting pile

Dodatkowo w celu poprawienia procesu kompostowania należy przyzmę okresowo przetrzucać. Należy przestrzegać zasady, że materiał do kompostowania może mieć wilgotność (uwodnienie) 40÷60%. Powyżej 60% uwodnienia kompostowanie ustaje, może wystąpić proces beztlenowy (metanowy), proces niepożądany.

W celu zwiększenia ilości produkowanego kompostu można dodać osady ściekowe. Powinny to być osady nadające się do wykorzystania przyrodniczego, tzn. o niskiej zawartości metali ciężkich oraz zanieczyszczeń specyficznych ograniczających możliwość jego wykorzystania. Najlepiej stosować osady pochodzące z lokalnych oczyszczalni gminnych. Uwodnienie masy kompostowej 40÷60%. Ciepło potrzebne w procesie kompostowania 55÷60°C, zostanie pozyskane poprzez podniesienie zawartości związków rozkładających np. tlenku wapnia lub wodorotlenku. Zastosowanie takiej mieszaniny spowoduje wzrost odczynu do pH > 12 oraz ogrzanie do temperatury około 70°C. Dwa te czynniki odczyn i temperatura powodują, że w kompoście następuje proces dezynfekcji i parowanie (osuszania kompostu).

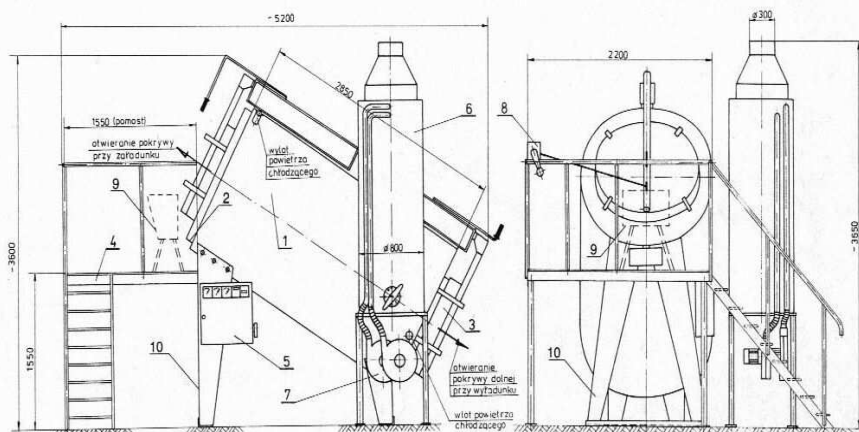
Czas kompostowania wynosi min. 21 dni, czas dojrzewania kompostu, zazwyczaj 10÷30 dni.

### 3.3.12. Konwencjonalny utylizator odpadów typu WPSN 2500 (węzeł XVIII) [8]

Do utylizacji odpadów organicznych zastosowano konwencjonalny utylizator odpadów typu WPSN 2500 produkcji EKOFORMA Sp. z o.o. w Policach (rys. 27).

Utylizator odpadów WPSN 2500 przeznaczony jest do unieszkodliwiania odpadów takich jak:

- odpady z tworzyw sztucznych,
- odpady z malarni i lakierni, przeterminowane farby, lakiery i rozpuszczalniki,
- odpady z gumy, kauczuku, zużyte ogumienie,
- zanieczyszczone czyściwo, zaolejone szmaty i trociny,
- zużyte smary, oleje, filtry olejowe,
- zużyte i przeterminowane kleje, żywice, utwardzacze,
- odpady przemysłu mięsnego – szczecina, mierzwa, konfiskata,
- odpady przemysłu tytoniowego – acetat, bobina, kurz tytoniowy,
- odpady medyczne i weterynaryjne.



**Rys. 27.** Utylizator odpadów typ WPSN 2500 [8]

**Fig. 27.** Waste utilizer of type WPSN 2500 [8]

Utylizator typu WPSN 2500 składa się z następujących podzespołów:

1. - komora pirolityczna
2. - pokrywa górna
3. - pokrywa dolna
4. - pomost obsługowy
5. - skrzynka sterowania
6. - komora spalania gazu pirolitycznego
7. - zespół wentylatorów

8. - wyciągarka pokryw
9. - podajnik odpadów
10. - konstrukcja nośna

Utylizator odpadów typu WPSN pracuje w oparciu o zasadę pirolizy, czyli działania na odpady wysoką temperaturą bez dostępu tlenu.

W pierwszej fazie, do pustej komory pirolitycznej ładowana jest odpowiednia ilość sorbentu i wody. Następnie komora jest hermetycznie zamykana i rozgrzewana do temperatury 599°C. Po osiągnięciu tej temperatury następuje włączenie podajnika odpadów i rozpoczyna się proces pirolizy. W zależności od rodzaju odpadów może istnieć konieczność dozowania sorbentów wraz z podawaniem odpadów. Proces ten prowadzony jest w sposób ciągły przez 5÷14 dni, bez konieczności wyłączania instalacji.

Prowadzenie procesu unieszkodliwiania odpadów na drodze pirolizy powoduje rozkład złożonych związków organicznych na gaz pirolityczny oraz węgloną część, z którą zostają trwale związane wszystkie szkodliwe substancje.

Powstały gaz pirolityczny przechodzi przez strefę przegrzania, a dalej kierowany jest do palnika gdzie ulega spaleni. Powstałe spaliny są schładzane na wymienniku ciepła i po rozrzedzeniu powietrzem są wyrzucane przewodem kominowym do atmosfery.

Produktami pozostającymi po pirolizie odpadów są:

- gaz pirolityczny ca 85÷92%,
- odpad stały ca 8÷10%.

Gaz pirolityczny przed spalaniem jest oczyszczany na złożu wapieno-węglowym, co pozwala na skuteczną eliminację z jego składu związków szkodliwych.

Przeznaczone do utylizacji odpady organiczne są termicznie i beztlenowo rozłożone na gaz oraz materiał stały. Przy zastosowaniu odpowiednich sorbentów w trakcie wyprażania chlor pozostaje związany z materiałem stałym, a odpowiednia temperatura wyprażania zapewnia rozłożenie benzenu na wodór i węgiel. W taki sposób wytworzony podczas beztlenowego wyprażania gaz przeznaczony do spalania pozbawiony jest składników tworzących dioksyny i furany oraz podobnie jak gaz ziemny może być spalany bez obawy zatrucia atmosfery.

Większość szkodliwych związków - stosując tę technologię unieszkodliwiania odpadów – zostaje trwale związana z węglem i wapnem. Po przeprowadzeniu serii badań zalecane są następujące sposoby zagospodarowania tych pozostałości:

- wykorzystanie jako wypełniacza masy do produkcji płyt drogowych, chodnikowych itp.,
- składowanie na wysypisku.

Utylizator typu WPSN 2500 może w ciągu doby przerobić do 1,2 Mg odpadów. W trakcie procesu pirolizy z 1 kg odpadów powstaje około  $0,5 \div 0,8 \text{ m}^3$  wysokokalorycznego gazu, który należy wykorzystać jako paliwo alternatywne (dane przyjęto z oferty przedsiębiorstwa „EKOFORMA”).

### *3.3.13. Komora spalania gazu pirolitycznego – palnik (węzeł XXI) [8]*

Do spalania gazu pirolitycznego służy komora spalania gazu pirolitycznego wyposażona jest w palnik, w którym zamontowany jest zawór grawitacyjny, utrzymujący stałe ciśnienie w komorze pirolizatora. Gaz wypływający z zaworu mieszany jest z powietrzem i przegrzewany płomieniem spalonego gazu. Regulacja wlotu powietrza do palnika odbywa się za pomocą regulatora umieszczonego na obudowie wentylatora. Palnik posiada stałe pracujący iskrownik, którego zadaniem jest odpalenie gazu. Rura doprowadzająca gaz do palnika jest wyposażona w skrobak, który może być obracany w trakcie pracy, co pozwala na udrożnienie przewodu gazowego. Komora spalania wyposażona jest w wymiennik ciepła. Powłoka zewnętrzna palnika jest chroniona przed nagraniem poprzez ekran z wymuszonym przepływem powietrza.

### *3.3.14. Zespół prądotwórczy (węzeł XIX) [15]*

Ze względu na to, że spalanie gazu pirolitycznego w palniku pirolizera powoduje jedynie pozyskanie ciepła w wymienniku, zostaną zamontowane dwa zespoły prądotwórcze o mocy 100 kW produkcji Zakładów Mechanicznych PZL-WOLA w Warszawie.

Zespoły prądotwórcze wykonywane są w wersji stacyjnej – bez obudowy i przenośnej – z obudową, która pozwala na pracę zespoły na otwartej przestrzeni.

W wyniku takiego wykorzystania gazu otrzymamy energię elektryczną którą można sprzedać lub wykorzystać na potrzeby własne. Na wyprodukowanie 1 kWh energii potrzeba około  $0,81 \text{ m}^3$  gazu (dane podano na podstawie opracowań zakładowych PGK).

### *3.3.15. Blok cieplny (węzeł XX) [16]*

Ze względu na możliwość wykorzystania ciepło powstałego podczas spalania gazu w silniku gazowym zostanie zakupiony blok cieplny produkowany przez GAZTERM – GESKO w Warszawie.

Wymiennik ciepła może pracować w układzie woda – woda lub spaliny – woda. Wymiana ciepła woda – woda polega na odebraniu ciepła z układu chłodzenia silnika spalinowego i przekazaniu przez wymiennik do instalacji c.o. ogrzewającej budynków lub c.w.u. Moc tego układu około 120 kW.

Wymiana ciepła spalin – woda polega na odzyskaniu ciepła spalin. Temperatura spalin wynosi  $500 \div 600^\circ\text{C}$ . Spaliny przepływają przez wymiennik

ogrzewają wodę znajdującą się w wymienniku. Ogrzana woda przekazana zostaje poprzez instalację c.o. do ogrzewania budynków lub c.w.u. Moc tego układu 150 kW.

#### 4. Analiza techniczno-ekonomiczna

##### 4.1. Zestawienie kosztów inwestycyjnych (ceny dotyczą roku 2000)

Wszystkie koszty inwestycyjne zestawiono w tabeli 11. W tabeli tej zestawiono wszystkie maszyny i urządzenia jakie należy zakupić aby Zakład Utylizacji Odpadów zaczął funkcjonować. W tabeli podano nazwy urządzeń, cenę netto, ilość sztuk, wartość netto z montażem (cen brutto nie podano ze względu na odliczanie podatku vat). Podano dodatkowo producentów u których planowane są zakupy ww. urządzeń.

**Tabela 11.** Zestawienie kosztów inwestycyjnych  
**Table 11.** Breakdown of investment costs

Lp.	Urządzenie	Cena netto [zł]	Ilość [szt.]	Wartość netto + montaż	Producent
1.	Waga samochodowa (węzeł I)	120.000	2 szt.	389.000	Wagi-sprzedaż, serwis, naprawa; SCHENCK POLSKA Sp. z o.o. Warszawa ul. Połczyńska tel. (0 22) 665 40 11
2.	Koparko-ładowarka kołowa (węzeł II)	200.000	1 szt.	200.000	import Białoruś Dystrybutor P.U.P. „ZNMR” Sp. zo.o. Żary ul. Słowackiego 4 tel. (0 68) 374 35 01
3.	Linia sortownicza (węzeł VII)	7.000.000	1 szt.	8.400.000	„HORSTMANN” Budowa Urządzeń i Technika Ekologiczna Sp z o.o. Wągrowiec ul. Kcyńska 100 tel. (0 67) 262 01 65
4.	Kruszarka szczękowa typ 44.42. (węzeł VIII)	120.000	1 szt.	144.000	Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” S.A. Bydgoszcz ul. Leśna 11 tel. (0 52) 341 20 51
5.	Przesiewacz $\phi$ 15 typ 30.87 (węzeł XIII)	140.000	1 szt.	165.000	
6.	Prasa typ PR 40 Sa (węzeł VI)	30.100	2 szt.	72.000	Roczniak Recykling System Prasy Sp. z o.o. Świdnica-Wilkanowo ul. Piaskowa 5 tel. (0 68) 327 31 01



*Koncepcja wykorzystania wysypiska odpadów miasta Słupska w Bierkowie ...*

7.	Samochód bramowy z żurawiem typ JELCZ P-422K (węzeł XIV)	280.000	1 szt.	280.000	Zakłady Samochodowe „JELCZ” S.A. Jelcz-Laskowice ul. Inżynierska 3 tel. (0 71) 381 68 53
8.	Samochód samowyladowczy z żurawiem typ JELCZ P-422K (węzeł XIV)	230.000	1 szt.	230.000	Zakłady Samochodowe „JELCZ” S.A. Jelcz-Laskowice ul. Inżynierska 3 tel. (0 71) 381 68 53
9.	Rozdrabniarka typ K/25 wersja K 10/25 (węzeł XV)	110.000	2 szt.	260.000	„Hellmann Moritz International Rorwarders Sp. z o.o. Nowy Tomyśl o. Sękowo tel. (0 61) 442 23 37
10.	Przerzucarka kompostu DU 265 „Panda” (węzeł XVI)	250.000	1 szt.	250.000	MOTRAC PRO EKO Paczkowo ul. Poznańska 5 tel. (0 61) 81 72 165
11.	Konwekcyjny Utylizator Odpadów WPSN 2500 (węzeł XVII)	180.000	8 szt.	1.656.000	EKOFORMA Sp. z o.o. Police ul. Piotra i Pawła 9 tel. (0 91) 312 21 60
12.	Zespół Prądotwórczy 100kW (węzeł XIX)	160.000	3 szt.	576.000	Zakłady Mechaniczne PZL-WOLA S.A. Warszawa ul. Fort wola 22 tel. (0 22) 634 40 00
13.	Blok Ciepłny 150 kW (węzeł XX)	120.000	2 szt.	276.000	GAZTERM S.C. Warszawa-Międzylesie ul. Al. Dzieci Polskich 19A tel. (0 02) 815 60 32
14.	Hala sortowni	800 zł/m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	1.600.000	Przedsiębiorstwo STOLREM Koszalin, ul. Gwardii Ludowej 13/11 tel, fax. (0 94) 3417938
15.	Płyta kompostowa	500 zł/m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	500.000	
16.	Remont kapitalny istniejących budynków	-	-	2.500.000	
<b>Razem:</b>		<b>17.498.000</b>			-

*Źródło: Opracowanie własne*

## 4.2. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych

Tabela 12. przedstawia zestawienie głównych parametrów potrzebnych do wyliczenia kosztów eksploatacyjnych. Zawiera liczbę pracowników potrzebnych do obsługi poszczególnych urządzeń lub na stanowiskach pracy oraz moce silników tych urządzeń.

**Tabela 12.** Zestawienie danych dotyczących eksploatacji Zakładu Utylizacji

**Table 12.** Breakdown of data concerning exploitation of Utilization Plant

Lp.	Urządzenie	Moc	Liczba zatrudnionych pracowników/dobę
1.	Waga samochodowa	2 kW x 2 = 3 kW	2
2.	Ładowarka	-	2
3.	Odpady wielkogabarytowe	-	1
4.	Linia sortownicza	110 kW	34
5.	Kruszarka	30 kW	2
6.	Przesiewacz	11 kW	
7.	Prasa	10 kW x 2 = 20 kW	3
8.	Samochód bramowy	-	2
9.	Samochód samowyładowczy	-	1
10.	Rozdrabniarka	18 kW x 2 = 36 kW	2
11.	Przerzucarka kompostu	-	1
12.	Kompostownia	40 kW	1
13.	Utylizator	27 kW x 7 = 189 kW	3
14.	Zespół prądotwórczy	3 kW	-
15.	Blok ciepły	3 kW	-
16.	Dz. Gł. mech.	-	Mechanik 2; elektryk-konserw. 2
17.	Obsługa biura	-	Kierownik 1; z-ca kierownika 1; klasyfikator 2.
	<b>RAZEM</b>	<b>445 kW</b>	<b>Kierownik 1; Z-ca kierownika 1; pracownicy obsługi 60.</b>

## 4.3. Wyliczenie wskaźnika kosztów jednostkowych eksploatacyjnych.

Wskaźnik jednostkowy kosztów eksploatacyjnych można obliczyć z następującego wzoru:

$$K_j = \frac{\sum_{j=1}^n k_j}{P} \quad [\text{zł/m}^3]$$

gdzie:

$k_j$  – koszt jednostkowy [zł/rok}

$P$  – wielkość produkcji (ilość odpadów) [m<sup>3</sup>/rok]

#### 4.3.1. Wyszczególnienie kosztów jednostkowych

##### ➤ $k_1$ – amortyzacja

- maszyny 2.509.000 zł/6 lat = 2.084.833,33 zł/rok

- budynki i budowle 4.989.000 zł/20 lat = 249.450,00 zł/rok  
2.334.283,33 zł/rok

##### ➤ $k_2$ – energia

- waga samochodowa 3 kW x 16 h = 48 kW

- linia sortownicza 110 kW x 14 h = 1540 kW

- kruszarka 30 kW x 6 h = 180 kW

- przesiewacz 11 kW x 6 h = 66 kW

- prasa 20 kW x 6 h = 120 kW

- rozdrabniarka 36 kW x 14 h = 504 kW

2458 kW x 260 dni = 639080

- kompostownia 40 kW x 5 h = 200 kW

- utylizator 189 kW x 24 h = 4536 kW

- zespół prądowórczy 3 kW x 24 h = 72 kW

- blok ciepły 3 kW x 12 h = 36 kW

4844 kW x 365 dni = 1768060

**Razem:** zapotrzebowanie na energię 2.407.140 kW

Współczynnik jednoczesności

zapotrzebowania na energię 0,75 1.805.355 kW

produkcja własna energii - 2.158.245 kW

można sprzedać do Z.E. 248895 kW

x 0,25 zł

wartość sprzedanej energii **88.222,50 zł**

##### ➤ $k_3$ – robocizna

- kierownik 3.000 zł brutto x 1 x 12 m-cy = 36.000 zł

- z-ca kierownika 2.500 zł brutto x 1 x 12 m-cy = 30.000 zł

- klasyfikator; wagowy 2.000 zł brutto x 4 x 12 m-cy = 96.000 zł

- operatorzy i gł. mech. 2.000 zł brutto x 10 x 12 m-cy = 240.000 zł

- obsługa 1.700 zł brutto x 46 x 12 m-cy = 938.400 zł

**Razem: 1.340.400 zł**

➤ **k<sub>4</sub> – transport**

Założono, że samochód bramowy przejedzie miesięcznie 1000 km, w ciągu roku 12000 km. Średnie zużycie paliwa 60 dm<sup>3</sup>/100 km. W ciągu roku pojazd zużyje 7.200 dm<sup>3</sup> x 2,50 zł/dm<sup>3</sup> = **18.000 zł/rok.**

Założono, że samochód samowładowczy przejedzie miesięcznie 2500 km, w ciągu roku 30.000 km. Średnie zużycie paliwa 30 dm<sup>3</sup>/100 km. W ciągu roku pojazd zużyje 9.000 dm<sup>3</sup> x 2,50 zł/dm<sup>3</sup> = **22.500 zł/rok.**

**Razem:** 18.000 + 22.500 = **40.500 zł**

➤ **k<sub>5</sub> – remonty bieżące**

Na remonty bieżące przyjęto 5 % inwestycji - **874.900 zł/rok**

➤ **k<sub>6</sub> – remonty średnie**

Na remonty średnie przyjęto 10 % inwestycji - **1.749.800 zł/rok**

➤ **P – wielkość produkcji** (ilość przetwarzanych odpadów) wynosi: **310.900 m<sup>3</sup>/rok**

**Wskaźnik jednostkowy K<sub>j</sub>:**

$$K_j = \frac{\sum_{j=1}^n k_j}{P} = \frac{k_1 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6}{P}$$

$$K_j = \frac{2.334.283 + 1.340.400 + 40.500 + 874.900 + 1.749.800}{310.900}$$

$$K_j = \frac{6.339.883}{310900} = 20,39 \text{ [zł/m}^3\text{]}$$

**Koszt utylizacji 1 m<sup>3</sup> odpadów wynosi 20,39 zł.**

Jeżeli na sfinansowanie tej inwestycji zostanie wzięty kredy oprocentowany 18 % w skali roku to koszt utylizacji 1 m<sup>3</sup> wyniesie:

$$17.498.000 \times 18 \% = 3.149.640 \text{ zł}$$

$$K_j = \frac{3.149.640 + 6.339.883}{310.900} = 30,52 \text{ [zł/m}^3\text{]}$$

Dla porównania przedstawiono ten wskaźnik dla innych tego typu inwestycji na terenie Pomorza Środkowego – tabela 13; różnice wartości wskaźnika wynikają z różnych warunków eksploatacji istniejącego wysypiska i jego infrastruktury.

#### 4.3.2. Pomniejszenie kosztów związanych z eksploatacją

Ze względu na to, że zakład będzie pozyskiwać surowce z odpadów i po segregacji sprzedawać należy uwzględnić sumę otrzymaną za sprzedaż i pomniejszyć o nią koszt utylizacji 1 m<sup>3</sup> odpadów.

#### **Ilości i ceny surowców wtórnych:**

- tworzywa sztuczne	594.750 kg/rok x 0,45 zł/kg = 267.637 zł/rok
- papier	743600 kg/rok x 0,11 zł/kg = 81.796 zł/rok
- metale kolorowe	16.796 kg/rok x 4,00 zł/kg = 67.184 zł/rok
- szkło	48.750 kg/rok x 0,07 zł/kg = 3.412 zł/rok
- złom stalowy	<u>4.643 kg/rok x 0,7 zł/kg = 3.250 zł/rok</u>
Razem:	<b>423.279 zł/rok</b>

**Kompost** 1365 m<sup>3</sup>/rok x 70 zł/m<sup>3</sup> = **95.550 zł/rok**

**Sprzedana energia** **88.222 zł/rok**

#### **Ogrzewanie** – norma 2,9 kg/m<sup>3</sup>

- biurowiec	1.048 m <sup>3</sup> x 2,9 x 6 = 18.235 kg x 1,68 zł = 30.635 zł/rok
- budynek socjalny	2.635 m <sup>3</sup> x 2,9 x 6 = 45.849 kg x 1,68 zł = 77.026 zł/rok
- sortownia	2.000 m <sup>3</sup> x 2,9 x 6 = 34.800 kg x 1,68 zł = 58.464 zł/rok
- pomieszczenia techniczne	<u>960 m<sup>3</sup> x 2,9 x 6 = 16.704 kg x 1,68 = 28.062 zł/rok</u>
Razem:	<b>194.187 zł/rok</b>

**Razem pomniejszenie kosztów eksploatacji:** **801.238 zł/rok**

**Tabela 13.** Zestawienie niektórych wskaźników techniczno-ekonomicznych w projektach zakładów kompleksowej utylizacji odpadów komunalno-przemysłowych z zastosowaniem pirolizy zlokalizowanych przy istniejących wysypiskach odpadów; projekty wykonano w Katedrze Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej pod kierunkiem i według koncepcji prof. Tadeusza Piecucha. Cena z lat 1997÷2000

**Table 13.** Breakdown of selected technical and economical indexes in projects of comprehensive municipal and industrial waste utilization plants with application of pyrolysis, located by existing landfills; projects made in Department of Water, Wastewater and Waste Technology, Technical University of Koszalin under guidance and according to conception of Prof. Tadeusz Piecuch. Prices of 1997÷2000

Lp.	Wykonawcy obliczeń ekonomicznych oraz technicznych wg koncepcji prof. Tadeusza Piecucha	Miejscowość – gmina, w której przy wysypisku odpadów jest zlokalizowany zakład utylizacji odpadów	Koszt inwestycji – nakłady $K_1$ [zł]	Koszt eksploatacyjny $K_E$ [zł/rok]	Procent odpadów możliwych do termicznej utylizacji – w procesie pirolizy $P_1$ [%]	Wskaźnik jednostkowy kosztów eksploatacyjnych (brutto) $k_j$ [zł/m <sup>3</sup> ]	Roczny przerób odpadów w Zakładzie $P$ [m <sup>3</sup> /rok]
1.	Grzegorz Czachorowski	Ustronie Morskie - wysypisko Kukinia	1167000	417572	39,0	47,21	8845,0
2.	Elżbieta Kasztelan	Kołobrzeg - wysypisko Nowogard	5871320	2161762	40,5	69,80	30970,8
3.	Zbigniew Lorenc	Karlino i Białogard - wysypisko Krzywopłoty	2895585	1736480	36,6	54,10	32097,6
4.	Iwona Szymańska	Miastko - wysypisko Miastko	3111978	1608359	40,2	85,77	18752,0
5.	Małgorzata Kelm	Jastrowie - wysypisko Jastrowie	3118230	1478188	38,5	91,62	16133,9
6.	Matylda Soroko	Koszalin – Sianów - wysypisko Sianów	5682199	2126853	15,94	34,77	61155,7
7.	Jerzy Jakowczyk	Słupsk - wysypisko Bierkowo	17498000	9489523	26,03	30,52	310900,0

**Koszt jednostkowy utylizacji 1 m<sup>3</sup> odpadów po odjęciu zysków wynikających z działalności zakładu może wynieść:**

bez kredytu

$$K_j = \frac{6.339.883 - 801.238}{310.900} = 17,82 \text{ [zł/m}^3\text{]}$$

z kredytem

$$K_j = \frac{9.489.523 - 801.238}{310.900} = 27,95 \text{ [zł/m}^3\text{]}$$

## **5. Podsumowanie – wnioski końcowe**

1. Dla warunków istniejącego wysypiska odpadów w Bierkowie k. Słupska koszt jednorazowy wykonania inwestycji wyniesie około 17,5 mln zł. W zakładzie przetwarzanych będzie 310 tys. m<sup>3</sup> odpadów w ciągu roku. Koszt przetworzenia 1 m<sup>3</sup> odpadów powinien wynieść około 17,82 zł.
2. Uwzględniając konieczność pozyskania kredytu na analizowaną inwestycję, wykazano, że koszt utylizacji 1m<sup>3</sup> odpadów może wynieść 27,95 zł przy założeniu sprzedania pozyskanych surowców. W przeciwnym wypadku koszt utylizacji 1m<sup>3</sup> odpadów wyniesie 30,52 zł.
3. Przy prawidłowo zaprojektowanym schemacie działania i strukturze organizacyjnej, może stać się zakładem utylizacji samo finansującym się, lub nawet dochodowym.
4. Uwzględniając kryteria ekonomiczne oraz ekologiczne proponowany zakład utylizacji uważa się za rozwiązanie w obu przypadkach korzystne. Zakład przynosić będzie zatem nie tylko korzyści związane z ochroną środowiska, ale także korzyści materialne.

### **Resume:**

**Zdaniem autorów nie są to wysokie koszty przetwarzania odpadów, natomiast wdrażanie technologii może doprowadzić do uzyskania ogromnych korzyści dla środowiska przyrodniczego. Również sprzedaż surowców wtórnych a także pomniejszone koszty eksploatacyjne związane z produkcją energii i ciepła zostaną uzyskane po wdrożeniu proponowanego rozwiązania.**

## Literatura

1. **Piecuch T.:** Termiczna utylizacja odpadów i ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1998.
2. **Piecuch T.:** Termiczna utylizacja odpadów, Rocznik Ochrony Środowiska, Tom 2. rok 2000, Koszalin 2000.
3. **Piecuch T.:** Utylizacja odpadów przemysłowych, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin Wyd. I – 1996, Wyd. II – 2000.
4. **Piecuch T., Szyroczyński R., Macieik L., Koszel B.:** Wskazania możliwości utylizacji pyłów lotnych MEC Kołobrzeg, **Piecuch T., Rapacz A.:** Analiza techniczno-ekonomiczna możliwości uruchomienia produkcji kostek typu polbruk przy wykorzystaniu pyłów lotnych MEC Kołobrzeg. Zeszyt Naukowy Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 11, Seria Inżynierii Środowiska Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1996.
5. **Czachorowski G., Zieliński S., Piecuch T., Dąbrowski T.:** Propozycja kompleksowej gospodarki odpadami w Gminie Ustronie Morskie. Zeszyt Naukowy Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 15, Seria Inżynierii Środowiska Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1999.
6. **Piecuch T., Waluś J., Cierpisz Z., Knapke P.:** Opinia o przydatności tzw. Konwekcyjnych Utylizatorów typu WPS 350 i 1000 pod kątem możliwości ich ekologicznie konkurencyjnego zastosowania na terenie woj. koszalińskiego. Praca Nr BZ-501.01.710, Katedra Wody, Ścieków i Odpadów, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Koszalińska, Koszalin 1998.
7. **Kempa E.S.:** Gospodarka odpadami miejskimi, Arkady, Warszawa 1983.
8. Oferta katalogowa EKOFORMA Sp. z o.o. ul. Piotra i Pawła 9 72-015 Police
9. Oferta katalogowa SCHENCK POLSKA Sp. z o.o. ul. Połczyńska 22 Warszawa
10. Oferta katalogowa HORSTMAN Budowa Urządzeń i Technika Ekologiczna Sp. z o.o. ul. Kcyńska 100 Wągrowiec
11. Oferta katalogowa Pomorskie Zakłady Budowy Maszyn „MAKRUM” S.A. ul. Leśna 11 Bydgoszcz
12. Oferta katalogowa Rocznik Recykling System Prasy Sp. z o.o. ul. Piaskowa 5 Świdnica-Wilkanowo
13. Oferta katalogowa Zakłady Samochodowe „JELCZ” S.A. ul. Inżynierska 3 Jelcz-Laskowice
14. Oferta katalogowa MOTRAC PRO EKO ul. Poznańska 5 Paczkowo
15. Oferta katalogowa Zakłady Mechaniczne PZL-WOLA S.A. ul. Fort Wola 22 Warszawa
16. Oferta katalogowa GAZTERM S.C. ul. Al. Dzieci Polskich 19A Warszawa-Międzyzlesie
17. Badania strukturalne stałych odpadów komunalnych w Słupsku – Raport końcowy, Wykonawca Przedsiębiorstwo Inżynieryjno-Usługowe „Inżynieria Pro-Eko” Spółka z o.o.



## **Conception Of Using Landfill In Bierkowo For Building Comprehensive Waste Utilization Plant**

### **Abstract**

Regardless of economical state and country's development level, problem of wastes cannot be left without solution. Very quickly it will come back as an ecological danger which makes impossible comfortable living.

The aim of solutions described in this article is creation of a Comprehensive Waste Utilization Plant, which will carry out activities including transportation, sorting, utilization and neutralization of wastes which are always connected with almost any activity of a human being.

This paper has a character of a conceptional project. During work on this project, especially solutions concerning wastes utilization professional literature was used but also the latest articles from periodicals and legislation were used as well as empirical materials made available by Wastes Management Company Ltd in Słupsk.

Final conclusions are:

1. For the conditions of the existing wastes landfill in Bierkowo near Słupsk, single cost of the construction will sum up to 17.5 million zloty. Waste Utilization Plant will process 310 thousands of cubic meters of wastes during one year. The cost of processing 1 cubic meter of wastes should come to about 17.82 zloty.
2. Taking into account necessity of gaining an investment credit for this construction, it is proved that the cost of utilization of 1 cubic meter of wastes may come to 27.95 zloty, assuming that recycled materials will be sold. Otherwise the cost of utilization of 1 cubic meter of wastes will come to 30.52 zloty.
3. When the operation pattern and organizational structure are correctly designed, the Waste Utilization Plant may be a self-financing plant or even profitable one.
4. Taking into account economical and ecological criteria, the proposed Waste Utilization Plant is considered to be profitable.

**In Authors' opinion the costs of waste utilization in this project are not very high. But this project may bring great profits for the environment. Also sale of recycled materials, production of energy and heat, included in this project, will bring economical profits.**