

Andrzej Krowiak, Damian Grela, Krystyna Nowakowska

MODEL EKONOMICZNY SZACOWANIA NAKŁADÓW, KOSZTÓW I KORZYŚCI Z ZASTOSOWANIA SELEKTYWNEJ ZBIÓRKI ODPADÓW KOMUNALNYCH

Streszczenie

Artykuł zawiera opis metody budowy modelu matematycznego pozwalającego na symulację efektów ekonomicznych zastosowania selektywnej zbiórki odpadów komunalnych.

Economic model for assessment of outlays, costs and benefits arising from selective communal waste collection

Summary

In this paper the principles were presented of a mathematical model enabling to assess economic effects of selective collection of communal waste

1. WPROWADZENIE

Selektywna zbiórka odpadów komunalnych i w następstwie tego odzyskiwanie części surowców wtórnych ma nie tylko aspekt ekologiczny i społeczny. Problem ten należy rozpatrywać również pod kątem relacji ekonomicznych, gdyż wyniki analiz mogą być pomocne przy podejmowaniu decyzji nie tylko o samym wdrożeniu systemu, ale również przy określaniu technik selekcji i organizacji tego procesu.

W artykule przedstawiono jedną z form odzysku surowców wtórnych z odpadów komunalnych, tzw. selektywną zbiórkę „u źródła” – czyli segregowanie poszczególnych odpadów (frakcji) i wrzucanie ich do odpowiednio opisanych pojemników lub worków plastikowych. Dokonano analizy ekonomicznej nakładów, kosztów i korzyści stosowania selektywnej zbiórki odpadów komunalnych w porównaniu z nakładami, kosztami i korzyściami wynikającymi z bezpośredniego wywozu całości odpadów na wysypisko. Sporządzono modele matematyczne obliczeń (z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego) oraz przeprowadzono rachunek nakładów, kosztów i korzyści dla danych modelowych.

W opracowaniu opisano uniwersalne narzędzie obliczeniowe do wielokrotnego zastosowania z wykorzystaniem różnych zestawów danych źródłowych i założeń oraz dokonano symulacji wyników dla określonej populacji mieszkańców i różnego charakteru zabudowy. Obliczenia symulacyjne prowadzono dla dwóch wariantów:

- variant A* – odpady wytwarzane przez mieszkańców zabudowy wielorodzinnej zwartej,
- variant B* – odpady wytwarzane przez mieszkańców zabudowy jednorodzinnej rozproszonej.

Poszczególne warianty analizowano w dwóch układach (rys. 1):
układ I – całość odpadów kierowana bezpośrednio na wysypisko,
układ II – częściowa selekcja odpadów komunalnych, ze wzrastającym udziałem tej selekcji w czasie.

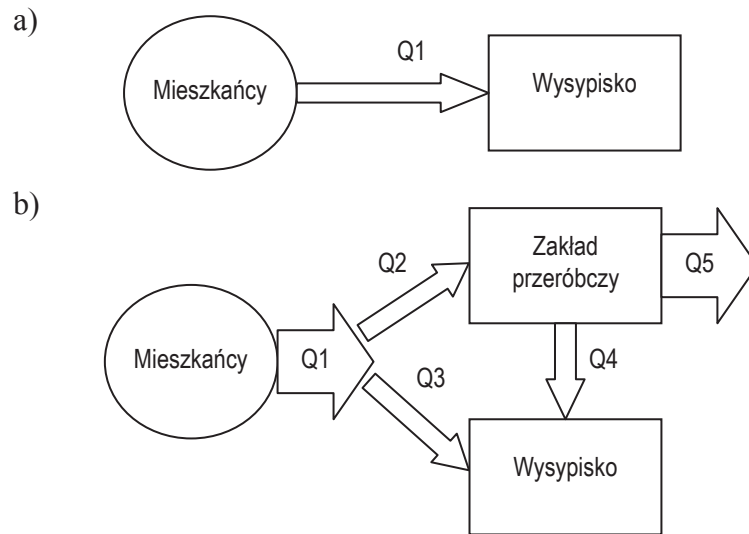
Analiza obejmowała populację 10 000 mieszkańców – w obydwu wariantach.

Uwzględniono w niej czas, a także dynamiczne zmiany założonych ilości wytwarzanych odpadów komunalnych oraz dynamiczne zmiany stopnia selekcji odpadów. Czas analizy obejmuje lata 2001–2005.

W obliczeniach przyjęto hipotezę stałych cen i kosztów, traktując jako bazowe dane z 2001 roku.

2. BILANS MAS

Bilanse strumieni odpadów przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Model usuwania odpadów: a – całość odpadów kierowana bezpośrednio na wysypisko, b – częściowa selekcja odpadów ze wzrastającym udziałem selekcji w czasie

Fig. 1. Model of waste removal: a – total volume of waste is delivered directly to the waste dump, b – partial selection of waste with an increasing share of selection in time

- dla układu I:
– strumień odpadów Q_1 kierowany jest bezpośrednio i w całości na wysypisko;
- dla układu II rozkład strumieni przedstawia się według zależności:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3,$$

$$Q_2 = Q_4 + Q_5,$$

gdzie:

Q_1 – strumień odpadów wytwarzanych przez mieszkańców,

- Q₂ – strumień wyselekcjonowanych odpadów kierowany do zakładu przeróbki,
 Q₃ – strumień części odpadów kierowany na wysypisko, wynikający z częściowego wdrożenia selektywnej zbiórki odpadów,
 Q₄ – strumień odpadów reszkowych z zakładu przeróbki kierowany na wysypisko,
 Q₅ – strumień surowców wtórnych odzyskanych z odpadów, przeznaczony do sprzedaży.

3. ZAŁOŻENIA

Do obliczeń symulacyjnych przyjęto następujące założenia:

a) Skład morfologiczny odpadów dla obu układów:

Rodzaj odpadów (frakcje)	MODEL A – budownictwo wielorodzinne skoncentrowane, % wag	MODEL B – budownictwo jednorodzinne rozproszone, % wag
Papier, tektura, tekstylia	25,4	13,4
Tworzywa sztuczne	8,7	7,9
Szkło	7,3	8,7
Metale	2,5	3,5
Odpady organiczne	36,9	23,9
Odpady mineralne i pozostałe	19,2	42,6
Łącznie	100,0	100,0

Źródło: Dane opracowane przez mgr inż. A. Rejman-Burzyńską.

b) wskaźnik zanieczyszczeń:

- system pojemnikowy – 20%,
- system workowy – 5%;

c) wskaźniki nagromadzenia odpadów:

- model A – 260 kg/rok w przeliczeniu na jednego mieszkańca,
- model B – 226 kg/rok w przeliczeniu na jednego mieszkańca;

d) dynamika wzrostu ilości odpadów w czasie

- zawarta jest w tablicach 1.1 i 1.2;

e) dynamika wskaźnika odzysku odpadów (procent odpadów podlegających selektywnej zbiórce) zawarta jest w tablicach 2.1.2 i 2.2.2;

f) koszty jednostkowe zakupu pojemników, worków i zestawów workowo-wieszakowych:

- pojemniki – 600 zł/szt.,
- worki – 0,51 zł/szt.,
- zestawy workowo-wieszakowe – 10 zł/szt.;

- g) pojemności:
- pojemnik – 1,1 m³,
 - worek – 0,1 m³;
- h) zapotrzebowanie na pojemniki:
- zestaw 4 pojemników na 500 mieszkańców;
- i) proporcje rodzaju metali w odpadach:
- aluminium i inne metale kolorowe – 20%,
 - metale żelazne – 80%;
- j) stawki opłat ekologicznych za składowanie odpadów:
- tworzywa sztuczne – 22,80 zł/t,
 - metale – 13,80 zł/t,
 - papier i tektura – 22,80 zł/t,
 - szkło – 18,30 zł/t,
 - odpady organiczne – 22,80 zł/t,
 - odpady mineralne i pozostałe – 22,80 zł/t;
- k) przychody jednostkowe ze sprzedaży surowców wtórnych
- tworzywa sztuczne – 300 zł/t,
 - metale (średnio) – 120 zł/t,
 - papier i tektura – 100 zł/t,
 - szkło – 50 zł/t;
- l) koszty odbioru i transportu:
- wariant A: przewóz odpadów bezpośrednio na wysypisko – 145 zł/t,
 - wariant A: przewóz zawartości pojemników do zakładu przeróbki – 101 zł/kurs,
 - wariant A: przewóz odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko – 35 zł/t,
 - wariant B: przewóz odpadów bezpośrednio na wysypisko – 155 zł/t,
 - wariant B: przewóz worków do zakładu przeróbki – 115 zł/kurs,
 - wariant B: przewóz odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko – 35 zł/t.

4. MODEL EKONOMICZNY

Model ekonomiczny do prowadzenia symulacji został sporządzony na podstawie wzajemnie powiązanych tablic – w arkuszu kalkulacyjnym EXCEL. Zastosowano odpowiednią symbolikę numeracji tych tablic. Na przykład w tablicy x.y.z: x oznacza numer tablicy, y = 1 – dane dotyczące Wariantu A, y = 2 – dane dotyczące Wariantu B, z = 1 – dane dotyczące układu I, z = 2 – dane dotyczące układu II.

W **tablicach 1.1 oraz 2.1: Strumień wytworzonych odpadów** – podano wynikające z założeń ilości odpadów wytwarzanych przez daną populację mieszkańców

i w danym wariantcie – z podaniem wartości wagowych i objętości. W tablicy tej założono również dynamikę przyrostu ilości odpadów w czasie, z podziałem na rodzaje.

W **tablicach 5.1.1. oraz 5.2.1: Koszty transportu i zagospodarowania odpadów kierowanych na składowisko** – zawarto dane o kosztach dla układu I, tj. wywozu całości odpadów bezpośrednio na wysypisko. Układ ten został potraktowany jako odniesienie do porównań nakładów i korzyści wynikających z wdrożenia systemu selektywnej zbiórki odpadów.

W **tablicach 2.1.2 oraz 2.2.2: Strumień odpadów selekcjonowanych kierowanych do zakładu przeróbki** – podano ilości tych odpadów wstępnie selekcjonowanych „u źródła” i przewożonych do dalszej selekcji i konfekcjonowania w zakładzie przeróbki.

W **tablicach 3.1.2 oraz 3.2.2: Strumień surowców odzyskanych do sprzedaży** – wyliczono ilości surowców wtórnych odzyskanych w zakładzie przeróbki z wstępnie wyselekcjonowanych odpadów.

W **tablicach 4.1.2 oraz 4.2.2: Bilans odpadów kierowanych na składowisko** – zawarto dane o masie odpadów kierowanych bezpośrednio na składowisko z tytułu częściowego wdrożenia systemu selektywnej zbiórki odpadów oraz masę odpadów kierowanych na wysypisko z zakładu przeróbki.

W **tablicach 5.1.2 oraz 5.2.2: Koszty odpadów kierowanych na składowisko** – zawarto dane o kosztach wywozu części odpadów, które nie podlegają selekcji „u źródła”, bezpośrednio na wysypisko.

W **tablicach 6.1.2 oraz 6.2.2: Przychody ze sprzedaży surowców wtórnych** – podano prognozowane przychody ze sprzedaży wyselekcjonowanych i konfekcjonowanych frakcji odpadów.

W **tablicy 7.1.2: Zapotrzebowanie na pojemniki** – wyliczono zapotrzebowanie na krotność rotacji pojemników w ciągu roku. Wielkości te zostały dalej wykorzystane do wyliczania kosztów transportu wstępnie poselekcjonowanych odpadów do zakładu przeróbki. Odpowiednio w **tablicy 7.2.2: Zapotrzebowanie na worki i zestawy workowo-wieszakowe** – wyliczono roczne zapotrzebowanie na worki plastikowe oraz zestawy do ich zawieszania.

W **tablicach 8.1.2 oraz 8.2.2: Koszty transportu surowców wtórnych do zakładu przeróbki** – zawarto wyliczenia tych kosztów.

W **tablicach 9.1.2 oraz 9.2.2: Koszty dodatkowego sortowania i przygotowania do sprzedaży** – podano wyliczenia kosztów przeróbki, dodatkowego sortowania oraz konfekcjonowania surowców wtórnych.

W **tablicach 10.1 oraz 10.2: Bilanse nakładów, kosztów i korzyści** – zawarto dane służące do porównania układów I i II. W pozycji saldo kosztów i korzyści podano w wymiarze kosztowym, na ile układ II jest ekonomicznie korzystniejszy (lub niekorzystny) od układu I.

5. WNIOSKI

Końcowym wynikiem analizy jest strumień pieniądza będący różnicą między nakładami i kosztami zagospodarowania odpadów w ramach układów I i II. W układzie II przyjęto, że przychody ze sprzedaży surowców wtórnych są korzyścią, czyli pomniejszają koszty realizacji przedsięwzięcia.

1. Skumulowane saldo strumieni pieniężnych dla wariantu A (zabudowa wielorodzinna skoncentrowana) wyniesie: 120 587 zł do końca 2005 roku. Oznacza to, że wdrożenie systemu selektywnej zbiórki odpadów, przy podanych założeniach, jest ekonomicznie opłacalne.
1. Skumulowane saldo strumieni pieniężnych dla wariantu B (zabudowa jednorodzinna rozproszona) wyniesie: (-) 43 020 zł do końca 2005 roku. Oznacza to, że przyjęcie w ostatnim roku analizy maksymalnego procentu selektywnej zbiórki odpadów w wysokości 40% jest niewystarczające do uzyskania pozytywnego efektu ekonomicznego.
2. W wariacie B zrównanie efektów ekonomicznych układów I i II następuje dopiero przy wdrożeniu stopnia selektywnej zbiórki odpadów w wysokości 76%.
3. W wariacie A, przy wskaźniku wdrożenia selektywnej zbiórki odpadów w wysokości 7% uzyskuje się ujemny strumień pieniądza. Dodatni strumień uzyskuje się, gdy wskaźnik ten wynosi 20%.
4. Koszty zastosowania worków do selektywnej zbiórki odpadów są o około 20% większe od kosztów zastosowania pojemników.

Tablica 1.1. Strumień wytworzonych odpadów (dla budownictwa wielorodzinnego)

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Bilans wagowy, t						
1.	Papier, tektura, tekstylia	660,4	673,6	687,1	700,8	714,8	3 436,7
2.	Tworzywa sztuczne	226,2	233,0	240,0	247,2	254,6	1 200,9
3.	Szkło	189,8	193,6	197,5	201,4	205,4	987,7
4.	Metale	65,0	65,7	66,3	67,0	67,6	331,6
5.	Odpady organiczne	959,4	978,6	998,2	1 018,1	1 038,5	4 992,8
6.	Odpady mineralne i pozostałe	499,2	509,2	519,4	529,8	540,4	2 597,9
7.	Inne zanieczyszczenia	520,0	530,7	541,7	552,9	564,3	2 709,5
	RAZEM	3 120,0	3 184,3	3 250,0	3 317,1	3 385,6	16 257,1
	Bilans objętościowy, m ³						
8.	Papier, tektura, tekstylia	6 003,6	6 123,7	6 246,2	6 371,1	6 498,5	31 243,2
9.	Tworzywa sztuczne	5 655,0	5 824,7	5 999,4	6 179,4	6 364,8	30 023,2
10.	Szkło	998,9	1 018,9	1 039,3	1 060,1	1 081,3	5 198,6
11.	Metale	331,6	334,9	338,3	341,7	345,1	1 691,7
12.	Odpady organiczne	2 741,1	2 796,0	2 851,9	2 908,9	2 967,1	14 265,0
13.	Odpady mineralne i pozostałe	832,0	848,6	865,6	882,9	900,6	4 329,8
14.	Inne zanieczyszczenia	3 312,5	3 389,4	3 468,1	3 548,8	3 631,5	17 350,3
	RAZEM	19 874,8	20 336,2	20 808,8	21 292,9	21 788,8	104 101,6
	Dynamika zmian, %						
15.	Papier tektura, tekstylia	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
16.	Tworzywa sztuczne	100,0%	103,0%	103,0%	103,0%	103,0%	
17.	Szkło	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
18.	Metale	100,0%	101,0%	101,0%	101,0%	101,0%	
19.	Odpady organiczne	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
20.	Odpady mineralne i pozostałe	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	

WARIANT A

Układ I

Tablica 5.1.1. Koszty transportu i zagospodarowania odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Koszty	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Oplata za składowanie	171 600	175 138	178 752	182 441	186 209	894 140
1.	Papier, tektura, tekstylia	36 322	37 048	37 789	38 545	39 316	189 021
2.	Tworzywa sztuczne	12 441	12 814	13 199	13 595	14 002	66 051
3.	Szkło	10 439	10 648	10 861	11 078	11 300	54 325
4.	Metale	3 575	3 611	3 647	3 683	3 720	18 236
5.	Odpady organiczne	52 767	53 822	54 899	55 997	57 117	274 602
6.	Odpady mineralne i pozostałe	27 456	28 005	28 565	29 137	29 719	142 882
7.	Inne zanieczyszczenia	28 600	29 190	29 792	30 407	31 035	149 023
	Oplata ekologiczna	71 136,0	72 602,8	74 100,7	75 630,2	77 192,1	370 661,8
1.	Papier, tektura, tekstylia	15 057	15 358	15 665	15 979	16 298	78 358
2.	Tworzywa sztuczne	5 157	5 312	5 471	5 636	5 805	27 381
3.	Szkło	4 327	4 414	4 502	4 592	4 684	22 520
4.	Metale	1 482	1 497	1 512	1 527	1 542	7 560
5.	Odpady organiczne	21 874	22 312	22 758	23 213	23 677	113 835
6.	Odpady mineralne i pozostałe	11 382	11 609	11 842	12 078	12 320	59 231
7.	Inne zanieczyszczenia	11 856	12 100	12 350	12 605	12 865	61 777
	Koszty transportu	452 400	461 728	471 254	480 981	490 915	2 357 279
1.	Odpady zmieszane	452400	461 728	471 254	480 981	490 915	2 357 279
	RAZEM	695 136	709 470	724 106	739 053	754 316	3 622 081

Założenia:

Oplata za składowanie	55 zł/t,
Koszty transportu (średnio)	145 zł/t (22,76 zł/m ³),
Oplaty ekologiczne	
Papier, tektura, tekstylia	22,8 zł/t,
Tworzywa sztuczne	22,8 zł/t,
Szkło	18,3 zł/t,
Metale	13,8 zł/t,
Odpady organiczne	22,8 zł/t,
Odpady mineralne i pozostałe	22,8 zł/t.

WARIANT A

Układ II

2.1.2. Strumień odpadów selekcyjowanych kierowanych do zakładu przeróbki

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2009	Razem
	Bilans wagowy, t						
1.	Papier tektura, tekstylia	46,2	1347	171,8	210,2	285,9	848,9
2.	Tworzywa sztuczne	15,8	466	60,0	74,2	101,8	298,4
3.	Szkło	133	38,7	49,4	60,4	82,2	244,0
4.	Metale	4,6	13,1	16,6	20,1	27,1	81,4
	RAZEM	79,9	233,2	297,7	364,9	497,0	1 472,7
	Bilans objętościowy, m ³						
7.	Papier, tektura, tekstylia	420,3	1 224,7	1 661,5	1 911,3	2 599,4	7 717,3
8.	Tworzywa sztuczne	395,9	1 164,9	1 499,8	1 853,6	2 545,9	7 460,3
9.	Szkło	69,9	2038	259,8	318,0	432,5	1 284,1
10.	Metale	23,2	67,0	84,6	102,5	138,0	415,3
	RAZEM	909,2	2 660,4	3 405,8	4 185,7	5 715,9	16 877,0
	Wskaźnik odzysku surowców wtórnych						
	Papier, tektura, tekstylia	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Tworzywa sztuczne	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Szkło	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Metale	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	

Tablica 3.1.2. Strumień surowców odzyskanych do sprzedaży

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Bilans wagowy, t						
1.	Papier tektura, tekstylia	41,6	122,6	159,7	199,7	277,4	801,0
2.	Tworzywa sztuczne	14,3	424	55,8	70,4	98,8	281,7
3.	Szkło	12,0	35,2	45,9	57,4	79,7	230,2
4.	Metale	4,1	11,9	15,4	19,1	26,2	76,8
	RAZEM	71,9	212,2	276,9	346,7	482,1	1 388,7
	Bilans objętościowy, m ³						
7.	Papier tektura, tekstylia	378,2	1 114,5	1 452,2	1 815,8	2521,4	7 282,2
8.	Tworzywa sztuczne	356,3	1060,1	1 394,9	1 761,1	2 489,5	7041,9
9.	Szkło	629	185,4	241,6	302,1	419,5	1 211,7
10.	Metale	20,9	61,0	78,7	97,4	133,9	391,6
	RAZEM	818,3	2421,0	3 167,4	3 976,4	5544,4	15 927,5
	Wskaźnik odzysku surowców wtórnych						
	Papier tektura, tekstylia	0,90	0,91	0,83	0,95	0,97	
	Tworzywa sztuczne	0,90	0,91	0,93	0,95	0,97	
	Szkło	0,90	0,91	0,93	0,95	0,97	
	Metale	0,90	0,91	0,93	0,95	0,97	

Tablica 5.1.2. Koszty odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Bilans wagowy, t						
	Oplata za składowanie	167601	163364	163444	163 324	159669	817403
1.	Papier, tektura, tekstylia	34008	30246	28957	27531	24047	144 789
2.	Tworzywa sztuczne	11 649	10461	10114	9710	8564	50 488
3.	Szkło	9774	8693	8322	7912	6911	41613
4.	Metale	3347	2948	2794	2631	2275	13996
5.	Odpady organiczne	52767	53822	54899	55997	57117	274602
6.	Odpady mineralne i pozostałe	27456	28005	28565	29137	29719	142882
7.	Inne zanieczyszczenia	28600	29190	29792	30407	31 035	149 023
	Oplata ekologiczna	69478	67722	67755	67705	66 190	338 851
1.	Papier, tektura, tekstylia	14098	12538	12004	11 413	9969	60 022
2.	Tworzywa sztuczne	4829	4337	4193	4025	3550	20 934
3.	Szkło	4052	3603	3450	3280	2865	17 250
4.	Metale	1 388	1 222	1 158	1 091	943	5 802
5.	Odpady organiczne	21 874	22312	22758	23213	23677	113 835
6.	Odpady mineralne i pozostałe	11 382	11 609	11 842	12078	12320	59 231
7.	Inne zanieczyszczenia	11 856	12100	12350	12605	12866	61 777
	Koszty transportu odpadów bezpośrednio na wysypisko	440815	427 919	428087	428069	418849	2 143 738
	Odpady zmieszane	440815	427919	428087	428 069	418849	2 143 738
	Koszty transportu odpadów do zakładu przeróbki	7263	21430	27964	35014	48692	140362
	Koszty transportu odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko	252	668	678	607	506	2711
1.	Odpady zmieszane	252	668	678	607	506	2711
	RAZEM	685 409	681 104	687 927	694719	693906	3443065

Założenia:

Oplata za składowanie

55 zł/t,

Koszty transportu (średnio) odpadów bezpośrednio na wysypisko

145 zł/t,

Koszty transportu odpadów do zakładu przeróbki

101 zł/kurs,

Koszty transportu (średnio) odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko	35 zł/t,
Oplaty ekologiczne	zł/t,
Papier, tektura, tekstylia	22,8 zł/t,
Tworzywa sztuczne	22,8 zł/t,
Szkło	18,3 zł/t,
Metale	13,8 zł/t,
Odpady organiczne	22,8 zł/t,
Odpady mineralne i pozostałe	22,8 zł/t,
Inne zanieczyszczenia	22,8 zł/t.

Tablica 4.1.2. Bilans odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Odpady kierowane bezpośrednio						
		3 040,1	2 951,2	2952,3	2952,2	2888,6	14 784,4
1.	Papier, tektura, tekstylia	614,2	538,9	515,3	490,6	428,9	2587,8
2.	Tworzywa sztuczne	210,4	186,4	160,0	173,0	152,8	902,5
3.	Szkło	176,5	154,9	148,1	141,0	123,3	743,8
4.	Metale	60,5	52,5	49,7	46,9	40,6	250,2
6.	Odpady organiczne	959,4	978,6	998,2	1 018,1	1 038,5	4992,8
6.	Odpady mineralne i pozostałe	499,2	509,2	519,4	529,8	540,4	2597,9
7.	Inne zanieczyszczenia	520,0	530,7	541,7	552,9	564,3	2709,5
	Odpady kierowane z zakładu przeróbki						
		7,2	19,1	19,4	17,3	14,5	77,5
	Papier tektura tekstylia	4,2	11,0	11,2	10,0	8,3	44,7
	Tworzywa sztuczne	14	3,8	3,9	3,5	3,0	15,8
	Szkło	1,2	3,2	3,2	2,9	2,4	12,8
	Metale	0,4	1,1	1,1	1,0	0,8	4,3
	RAZEM	3047,3	2 970,3	2 971,7	2969,5	2903,1	14 861,9

WARIANT A

Układ II

Tablica 6.1.2. Przychody ze sprzedaży surowców wtórnych

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	4 161	12 260	15 975	19 973	27 736	80 104
2.	Tworzywa sztuczne	4 275	12 721	16 738	21 133	29 634	84 502
3.	Szkło	598	1 762	2 296	2 870	3 986	11 511
4.	Metale	491	1 434	1 850	2 290	3 149	9 215
	RAZEM	9 525	28 176	36 858	46 267	64 505	185 332

Założenia:

Ceny jednostkowe sprzedaży surowców wtórnych:

Papier, tektura, tekstylia	100 zł/t,
Tworzywa sztuczne	300 zł/t,
Szkło	50 zł/t,
Metale	120 zł/t.

Tablica 7.8.2. Zapotrzebowanie na pojemniki (krotność) i koszt ich zakupu

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	462	1 347	1 718	2 102	2 859	8 489,0
2.	Tworzywa sztuczne	435	1 281	1 650	2 039	2 800	8 206,4
3.	Szkło	77	224	286	350	476	1 412,5
4.	Metale	26	74	93	113	152	456,9
5.	Koszt zakupu pojemników, zł	48 000	4 800	4 800	4 800	4 800	67 200

Założenia:

Pojemność pojemnika na surowce wtórne, 1,1 m³,

Liczba zakupionych pojemników w 2001: 80.

Tablica 8.9.2. Koszty transportu surowców wtórnych do zakładu przeróbki

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	7 365	21 464	27 366	33 496	45 555	135 247,0
2.	Tworzywa sztuczne	6 937	20 416	26 285	32 488	44 617	130 743,9
3.	Szkło	1 225	3571	4 554	5 573	7 580	22 503,8
4.	Metale	407	1 174	1 482	1 796	2 419	7 278,6
	RAZEM	15 934,7	46 624,9	59 687,2	73 354,8	100 171,7	295 773,3

Założenia:

Koszt transportu 15,93 zł/m³.**Tablica 9.1.2. Koszty dodatkowego sortowania i przygotowania do sprzedaży zakładowi przeróbki**

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	3 404	10 031	13 070	16 342	22 693	65 540
2.	Tworzywa sztuczne	4 988	14 841	19 528	24 656	34 573	98 586
3.	Szkło	503	1 484	1 933	2 417	3 356	9 693
4.	Metale	146	427	551	682	937	2 742
	RAZEM	9 041	26 782	35 082	44 096	61 560	176 562

Założenia:

Wskaźniki kosztów jednostkowych, zł/m³,

Papier, tektura, tekstylia 9,

Tworzywa sztuczne 14,

Szkło 8,

Metale 7.

PORÓWNANIE – WARIANT A

Tablica 10.1. Bilans nakładów kosztów i korzyści, zł

Lp.	Wyszczególnienie	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Układ I: Brak selektywnej zbiórki odpadów (koszty)	695 136	709 470	724 106	739 053	754 316	3 622 081
1.	Opłata za składowanie	171 600	175 138	178 752	182 441	186 209	894 140
2.	Opłata ekologiczna	71 136	72 603	74 101	75 630	77 192	370 662
3.	Koszty transportu	452 400	461 728	471 254	480 981	490 915	2 357 279
	Układ II: Selektywna zbiórka odpadów (koszty)	742 450	712 687	727 809	743 615	760 266	3 686 826
4.	Opłata za składowanie	167 601	163 364	163 444	163 324	159 669	817 403
5.	Opłata ekologiczna	69 478	67 722	67 755	67 705	66 190	338 851
6.	Koszty transportu bezpośrednio na wysypisko	440 815	427 919	428 087	428 069	418 849	2 143 738
7.	Koszty transportu do zakładu przeróbki odpadów	7 263	21 430	27 964	35 014	48 692	140 362
8.	Koszty dodatkowego sortowania i przygotowania do sprzedaży	9041	26 782	35 082	44 096	61 560	176 562
9.	Koszt zakupu pojemników	48 000	4 800	4 800	4 800	4 800	67 200
10.	Koszt transportu z zakładu przeróbki na składowisko odpadów	252	668	678	607	506	2711
	Korzyści wynikające ze sprzedaży surowców wtórnych	9 525	28 176	36 858	46 267	64 505	185 332
11.	Przychody ze sprzedaży	9 525	28 176	36 858	46 267	64 505	185 332
	Saldo kosztów i korzyści	-37 789	24 959	33 156	41 705	58 555	120 587

Tablica 1.2. Strumień wytworzonych odpadów (budownictwa jednorodzinnego)

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
Bilans wagowy, t							
1.	Papier, tektura, tekstylia	302,8	308,9	315,1	321,4	327,8	1 576,0
2.	Tworzywa sztuczne	178,5	183,9	189,4	195,1	200,9	947,9
3.	Szkło	196,6	200,6	204,6	208,7	212,8	1 023,2
4.	Metale	79,1	79,9	80,7	81,5	82,3	403,5
5.	Odpady organiczne	540,1	550,9	562,0	573,2	584,7	2 810,9
6.	Odpady mineralne i pozostałe	962,8	982,1	1 001,7	1 021,7	1 042,2	5 010,4
7.	Inne zanieczyszczenia	113,0	115,3	117,7	120,1	122,5	588,6
	RAZEM	2 373,0	2 306,2	2 353,4	2 401,6	2 450,7	11 885,0
Bilans objętościowy, m ³							
8.	Papier, tektura, tekstylia	2 753,1	2808,2	2 864,3	2 921,6	2 980,0	14 327,2
9.	Tworzywa sztuczne	4 463,5	4 597,4	4 735,3	4 877,4	5 023,7	23 697,3
10.	Szkło	1 034,8	1 055,5	1 076,6	1 098,2	1 120,1	5 385,4
11.	Metale	403,6	407,6	411,7	415,8	420,0	2 058,6
12.	Odpady organiczne	1 543,3	1 574,1	1 605,6	1 637,7	1 670,5	8 031,2
13.	Odpady mineralne i pozostałe	1 604,7	1 636,8	1 669,5	1 702,9	1 736,9	8 350,7
14.	Inne zanieczyszczenia	590,1	604,0	618,2	632,7	647,6	3 092,5
	RAZEM	12 393,1	12683,6	12 981,2	13 286,3	13 598,8	64 942,9
Dynamika zmian, %							
15.	Papier, tektura, tekstylia	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
16.	Tworzywa sztuczne	100,0%	103,0%	103,0%	103,0%	103,0%	
17.	Szkło	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
18.	Metale	100,0%	101,0%	101,0%	101,0%	101,0%	
19.	Odpady organiczne	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	
20.	Odpady mineralne i pozostałe	100,0%	102,0%	102,0%	102,0%	102,0%	

WARIANT B

Układ I

Tablica 5.2.1. Koszty transportu i zagospodarowania odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Koszty	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Oplata za składowanie	13 0517	133 185	135 909	138 690	141 529	679 830
1.	Papier, tektura, tekstylia	16 656	16 989	17 329	17 676	18 029	86 680
2.	Tworzywa sztuczne	9 820	10 114	10 418	10 730	11 052	52 134
3.	Szkło	10 814	11 030	11 251	11 476	11 706	56 277
4.	Metale	4 351	4 394	4 438	4 482	4 527	22 192
5.	Odpady organiczne	29 708	30 302	30 908	31 526	32 157	154 600
6.	Odpady mineralne i pozostałe	52 954	54 013	55 093	56 195	57 319	275 575
7.	Inne zanieczyszczenia	6 215	6 342	6 472	6 604	6 739	32 373
	Oplata ekologiczna	54 105	55 211	56 340	57 493	58 670	281 821
8.	Papier, tektura, tekstylia	6 905	7 043	7 184	7 327	7 474	35 933
9.	Tworzywa sztuczne	4 071	4 193	4 319	4 448	4 582	21 612
10.	Szkło	4 483	4 573	4 664	4 757	4 852	23 329
11.	Metale	1 803	1 822	1 840	1 858	1 877	9 200
12.	Odpady organiczne	12 315	12 561	12 813	13 069	13 330	64 089
13.	Odpady mineralne i pozostałe	21 952	22 391	22 839	23 295	23 761	114 238
14.	Inne zanieczyszczenia	2 576	2 629	2 683	2 738	2 794	13 420
	Koszty transportu	367 822	357 466	364 777	372 241	379 862	1 842 168
15.	Odpady zmieszane	367 822	357 466	364 777	372 241	379 862	1 842 168
	RAZEM	552 444	545 863	557 026	568 424	580 061	2 803 819

Założenia:

Oplata za składowanie	55 zł/t,
Koszty transportu (średnio)	155 zł/t (27,5 zł/m ³),
Oplaty ekologiczne	
Papier, tektura, tekstylia	22,8 zł/t,
Tworzywa sztuczne	22,8 zł/t,
Szkło	18,3 zł/t,
Metale	13,8 zł/t,
Odpady organiczne	22,8 zł/t,
Odpady mineralne i pozostałe	22,8 zł/t,
Inne zanieczyszczenia	22,8 zł/t.

WARIANT B

Układ I

Tablica 2.2.2. Strumień odpadów selekcyjowanych kierowanych do zakładu przeróbki

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2009	Razem
Bilans wagowy, t							
1.	Papier tektura, tekstylia	21,2	61,8	78,8	96,4	131,1	389,3
2.	Tworzywa sztuczne	12,5	36,8	47,4	58,5	80,4	235,5
3.	Szkło	13,8	40,1	51,1	62,6	85,1	252,7
4.	Metale	55	16,0	20,2	24,4	32,9	99,1
	RAZEM	53,0	154,6	197,4	242,0	329,6	878,6
Bilans objętościowy, m ³							
5.	Papier, tektura, tekstylia	192,7	561,6	716,1	876,5	1 192,0	3 538,9
6.	Tworzywa sztuczne	312,4	919,5	1 183,8	1 463,2	2 009,5	9 888,5
7.	Szkło	72,4	211,1	269,2	329,5	448,1	1 330,2
8.	Metale	28,3	81,5	102,9	124,7	168,0	505,4
	RAZEM	605,9	1 773,7	2 272,0	2 793,9	3 817,5	11 263,0
Wskaźnik odzysku surowców wtórnych							
	Papier, tektura, tekstylia	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Tworzywa sztuczne	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Szkło	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	
	Metale	0,07	0,20	0,25	0,30	0,40	

Tablica 3.2.2. Strumień surowców odzyskanych do sprzedaży

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2009	Razem
Bilans wagowy, t							
1.	Papier tektura, tekstylia	17,0	51,3	67,0	83,9	118,0	337,1
2.	Tworzywa sztuczne	10,0	30,5	40,3	50,9	72,3	204,0
3.	Szkło	11,0	33,3	43,5	54,5	76,6	218,8
4.	Metale	4,4	13,3	17,1	21,3	29,6	85,7
	RAZEM	42,4	128,4	167,8	210,5	296,6	845,7
Bilans objętościowy, m ³							
7.	Papier, tektura, tekstylia	154,2	466,2	608,7	762,5	1 072,8	3064,3
8.	Tworzywa sztuczne	250,0	763,2	1006,3	1 273,0	1 808,5	5100,9
9.	Szkło	58,0	175,2	228,8	286,6	403,3	1 151,8
10.	Metale	22,6	67,7	87,5	108,5	151,2	437,5
	RAZEM	484,7	1 472,2	1 931,2	2 430,7	3 435,8	9754,6
Wskaźnik odzysku surowców wtórnych							
	Papier, tektura, tekstylia	0,80	0,83	0,85	0,87	0,90	
	Tworzywa sztuczne	0,80	0,83	0,85	0,87	0,90	
	Szkło	0,80	0,83	0,85	0,87	0,90	
	Metale	0,80	0,83	0,85	0,87	0,90	

Tablica 5.2.2. Koszty odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Bilans wagowy, t						
	Oplata za składowanie	128069	125 880	126434	126886	125 035	632304
1.	Papier, tektura, tekstylia	15677	14071	13549	12973	11 467	67736
2.	Tworzywa sztuczne	9 242	8377	8 145	7 875	7029	40669
3.	Szkło	10178	9136	8797	8423	7445	43978
4.	Metale	4 095	3639	3470	3290	2879	17373
5.	Odpady organiczne	29708	30302	30908	31526	32157	154600
6.	Odpady mineralne i pozostałe	52 954	54013	55093	56195	57319	275 575
7.	Inne zanieczyszczenia	6215	6342	6472	6 604	6 739	32373
	Oplata ekologiczna	53090	52183	52413	52600	51833	262119
1.	Papier, tektura, tekstylia	6499	5833	5617	5378	4753	28080
2.	Tworzywa sztuczne	3831	3473	3 377	3265	2 914	16859
3.	Szkło	4219	3787	3647	3492	3086	18231
4.	Metale	1 697	1 509	1 436	1 364	1 184	7202
5.	Odpady organiczne	12315	12561	12813	13069	13330	64089
6.	Odpady mineralne i pozostałe	21 952	22391	22839	23295	23761	114238
7.	Inne zanieczyszczenia	2576	2629	2 683	2733	2794	13420
	Koszty transportu odpadów bezpośrednio na wysypisko	359 607	351 369	352413	353345	347774	1 764509
	Odpady zmieszane	359 607	351 369	352413	353345	347774	1 764 509
	Koszty transportu odpadów do zakładu przeróbki	4 876	14 761	19 299	24211	34109	97256
	Koszty transportu odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko	4876	14761	19299	24211	34109	97256
1.	Odpady zmieszane	297	764	881	958	1038	3938
	RAZEM	297	764	881	958	1 038	3 938
		549939	544957	551441	558000	559 789	2 760 124

Założenia:

Oplata za składowanie	55 zł/t,
Koszty transportu (średnio) odpadów bezpośrednio na wysypisko	155 zł/t,
Koszty transportu odpadów do zakładu przeróbki	115 zł/kurs,
Koszty transportu (średnio) odpadów z zakładu przeróbki na wysypisko	35 zł/t,
Oplaty ekologiczne	zł/t,
Papier, tektura, tekstylia	22,8 zł/t,
Tworzywa sztuczne	22,8 zł/t,
Szkło	18,3 zł/t,
Metale	13,8 zł/t,
Odpady organiczne	22,8 zł/t,
Odpady mineralne i pozostałe	22,8 zł/t,
Inne zanieczyszczenia	22,8 zł/t.

Tablica 4.2.2. Bilans odpadów kierowanych na składowisko

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Odpady kierowane bezpośrednio						
		2 320,0	2 266,9	2 273,6	2 273,6	2 243,7	11 383,9
1.	Papier, tektura, tekstylia	281,6	247,1	236,3	225,0	1967	1 186,7
2.	Tworzywa sztuczne	166,0	147,1	142,1	136,6	120,6	712,4
3.	Szkło	182,9	160,4	153,4	146,1	127,7	770,5
4.	Metale	73,6	63,9	60,5	57,0	49,4	304,4
6.	Odpady organiczne	540,1	550,9	562,0	573,2	584,7	2 810,9
6.	Odpady mineralne i pozostałe	982,8	982,1	1 001,7	1 021,7	1 042,2	5 010,4
7.	Inne zanieczyszczenia	113,0	115,3	117,7	120,1	122,5	588,6
	Odpady kierowane z zakładu przeróbki						
		8,5	21,8	25,2	27,4	29,7	112,5
	Papier tektura tekstylia	3,4	8,7	10,0	10,9	11,8	44,9
	Tworzywa sztuczne	2,0	5,2	6,0	6,6	7,2	27,1
	Szkło	2,2	5,7	6,5	7,1	7,7	29,1
	Metale	0,9	2,3	2,6	2,8	3,0	11,4
	RAZEM	2 328,5	2 288,7	2 298,8	2 307,0	2 273,4	11 496,4

WARIANT B

Układ II

Tablica 6.2.2. Przychody ze sprzedaży surowców wtórnych

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	1 696	5 128	6 695	8 388	11 801	33 708
2.	Tworzywa sztuczne	2 999	9 158	12 075	15 276	21 702	61 211
3.	Szkło	551	1 665	2 173	2 723	3 831	10 942
4.	Metale	532	1 591	2 058	2 552	3 556	10 289
	RAZEM	5 777	17 542	23 002	28 939	40 890	116 150

Założenia:

Ceny jednostkowe sprzedaży surowców wtórnych:

Papier, tektura, tekstylia 100 zł/t,

Tworzywa sztuczne 300 zł/t,

Szkło 50 zł/t,

Metale 120 zł/t.

Tablica 7.2.2. Zapotrzebowanie na worki i zestawy workowo-wieszakowe

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	1 927	5 616	7 161	8 765	11 920	35 389,2
2.	Tworzywa sztuczne	3 124	9 195	11 838	14 632	20 095	58 884,6
3.	Szkło	724	2 111	2 692	3 295	4 481	13 302,2
4.	Metale	283	815	1 029	1 247	1 680	5 054,2
5.	Zapotrzebowanie na zestawy	140	400	500	600	800	2 440

Założenia:

Pojemność worka na surowce wtórne, – 0,1 m³.

Tablica 8.2.2. Koszty transportu surowców wtórnych do zakładu przeróbki

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	37 098	108 114	137 845	168 723	229 463	681 242,1
2.	Tworzywa sztuczne	60 146	177 000	227 888	281 669	386 826	1 333 529
3.	Szkło	13 944	40 638	51 814	63 420	86 251	256 067,8
4.	Metale	5 438	15 693	19 812	24 012	32 337	97 292,5
	RAZEM	116 626,2	341 445,1	437 358,8	537 824,1	734 876,2	2 168 130,4

Założenia:

Koszt transportu 19,25 zł/m³.**Tablica 9.2.2. Koszty dodatkowego sortowania i przygotowania do sprzedaży zakładu przeróbki**

Lp.	Rodzaj odpadów	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
1.	Papier, tektura, tekstylia	1 542	4 662	6 087	7 625	10 728	30 643
2.	Tworzywa sztuczne	3 749	11 448	15 094	19 095	27 128	76 514
3.	Szkło	522	1 577	2 059	2 580	3 629	10 367
4.	Metale	181	541	700	868	1 209	3 500
	RAZEM	5 993	18 227	23 939	30 168	42 695	121 023

Założenia:

Wskaźniki kosztów jednostkowych, zł/m³:

Papier tektura, tekstylia 10,

Tworzywa sztuczne 15,

Szkło 9,

Metale 8.

PORÓWNANIE – WARIANT B**Tablica 10.2. Bilans nakładów kosztów i korzyści, zł**

Lp.	Wyszczególnienie	2001	2002	2003	2004	2005	Razem
	Układ I: Brak selektywnej zbiórki odpadów (koszty)	552444	545863	557026	568424	580 061	2803819
1.	Opłata za składowanie	130517	133 185	135909	138690	141 529	679 830
2.	Opłata ekologiczna	54105	55211	56340	57493	58670	281 821
3.	Koszty transportu	367 822	357 466	364 777	372 241	379 862	1 842 168
	Układ II: Selektywna zbiórka odpadów (koszty)	556422	576 230	591 968	608417	629 953	2 962 989
4.	Opłata za składowanie	128069	125 880	126434	126886	125035	632 304
5.	Opłata ekologiczna	53090	52 183	52413	52600	51 833	262119
6.	Koszty transportu bezpośrednio na wysypisko	359 607	351 369	352413	353 345	347 774	1 764 509
7.	Koszty transportu do zakładu przeróbki odpadów	4876	14761	19299	24211	34109	97256
8.	Koszty dodatkowego sortowania i przygotowania do sprzedaży	5993	18227	23939	30168	42695	121 023
9.	Koszt zakupu pojemników	4490	13046	16587	20249	27469	81 841
10.	Koszt transportu z zakładu przeróbki na składowisko odpadów	297	764	881	958	1 038	3938
	Korzyści wynikające ze sprzedaży surowców wtórnych	5777	17542	23002	28939	40890	116150
11.	Przychody ze sprzedaży	5777	17542	23002	28939	40890	116150
	Saldo kosztów i korzyści	1800	-12826	-11940	-11053	-9 001	-43020

Recenzent: dr inż. Jacek Grabowski