

Wpłynęło 29.10.2012 r.
Zrecenzowano 04.03.2013 r.
Zaakceptowano 12.03.2013 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ROZPRASZANIE SKŁADNIKÓW NAWAZOWYCH Z ŻYWNOŚCI TRAKTOWANEJ JAKO ODPAD

Andrzej SAPEK ^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Streszczenie

Środki spożywcze wytworzone w rolnictwie są tylko częściowo konsumowane przez człowieka. Raport Komisji Europejskiej przyjmuje, że łącznie w handlu i gospodarstwach domowych krajów Unii Europejskiej ok. 11% masy towarowej żywności przeznaczonej do spożycia ulega zmarnowaniu i jako odpad jest wyrzucana. Inne źródła podają, że udział wyrzucanej żywności jest jeszcze większy i wynosi do 50% gotowych wytworów z rolnictwa. Do wyprodukowania żywności, która jest następnie wyrzucana, potrzebne są dodatkowo odpowiednie ilości wody, energii i materiałów. Aby wyprodukować w 27 państwach Unii Europejskiej w 2010 r. ok. 30% marnowanej żywności niezbędne było nawożenie mineralne odpowiadające w przybliżeniu w mln t r⁻¹: 3,2 N, 0,47 P i 1,1 K. Odpady wyrzucone na wysypisko śmieci lub do kanalizacji rozkładają się, co wiąże się z uwalnianiem azotu i fosforu, które ulegają rozproszeniu do środowiska.

Słowa kluczowe: gospodarstwo domowe, nawożenie, odpady żywności, rolnictwo, składniki nawozowe

WSTĘP

W raporcie Dyrektoriatu Przemysłu Komisji Europejskiej [European Commission... 2010] wykazano, że w 27 państwach Unii Europejskiej powstaje rocznie ok. 90 mln t opadów żywności, co odpowiada 179 kg na mieszkańca. W dokumencie tym nie określono jednak, od którego momentu w obiegu żywności owe odpady pochodzą, gdyż zaliczono do nich zarówno padłe zwierzęta, jak i przeterminowane środki spożywcze oraz resztki jedzenia (popłuczki z naczyń). Nie określono również stosowanych sposobów zagospodarowania lub utylizacji tych odpadów. Składowanie ich na wysypiskach śmieci stanowiłoby znaczną część masy odpadów bio-

logicznych. Odpady te, bez wątpienia, są określonym zagrożeniem dla środowiska. W raporcie jednak zagrożenia te dostrzeżono wyłącznie w odniesieniu do zakwaszenia środowiska dwutlenkiem siarki oraz pogłębienia efektu cieplarnianego w wyniku dodatkowej emisji dwutlenku węgla. Obydwa tlenki powstają w procesie biologicznego lub termicznego rozkładu materiału organicznego, stanowiącego główną masę omawianych odpadów. Nie rozważano natomiast innego zagrożenia, zwłaszcza większego i rzeczywistego, jakim są ilości składników nawozowych rozpraszanych do środowiska z nawozów użytych do wyprodukowania zmarnowanej żywności i wyrzuconej z odpadami oraz ilości składników nawozowych uwolnionych w trakcie biologicznego lub termicznego rozkładu odpadów.

Celem opracowania było wykazanie ilości składników nawozowych rozpraszanych do środowiska z odpadów żywności w świetle zagadnień przedstawionych w raporcie Komisji Europejskiej.

ŻYWNOSĆ I ODPADY

Żywność to wszelkie produkty pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które bezpośrednio lub po obróbce przemysłowej bądź kulinarnej stanowią pokarm człowieka. Produkty pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego to płody rolne, które można uzupełnić o ryby morskie i słodkowodne oraz dziczyznę i runo leśne. Produkty te są pierwszym ogniwem łańcucha pokarmowego człowieka, którego dalszymi ogniwami są przemysł spożywczy, handel i składowanie oraz usługi kulinarne, polegające na przygotowywaniu porcjowanej, gotowej do spożycia żywności (ang. catering) oraz usługi zbiorowego żywienia, a końcowym, najważniejszym ogniwem jest gospodarstwo domowe. W każdym ogniwie powstają straty żywności w wyniku swoistych, nie zawsze odmiennych czynników. Zmarnowana żywność, w tym jej odpady, to według definicji FAO [GUSTAVSSON i in. 2011], różnica między jadalną masą zawartą w wytworzonych w rolnictwie produktach żywnościowych, a masą niespożytą przez ludność.

Na świecie marnotrawi się ok. 1/3 wyprodukowanej żywności. Najwięcej marnotrawią jej Amerykanie, którzy rocznie wyrzucają do śmieci ok. 40% żywności, o łącznej wartości ponad 165 mld dolarów [GUNDERS 2012]. W Polsce marnuje się rocznie ok. 9 mln t żywności, co odpowiada 10% środkom spożywczym wyrzuconych z odpadami w krajach Unii Europejskiej; więcej od nas wyrzucają tylko Brytyjczycy, Niemcy, Holendrzy i Francuzi (tab. 1).

W raporcie UE [European Commission... 2010] wydzielono i omówiono trzy ogniwa powstawania odpadów: przemysł spożywczy, gospodarstwa domowe i inne (tab. 1). Do innych zaliczono handel, usługi kulinarne i żywienie zbiorowe. Pomiędzy natomiast rolnictwo, w którym podczas ich przetwarzania i przechowywania również są tracone jadalne części płodów rolnych, powstające odpady pozostają jednak w gospodarstwie rolnym, a zawarte w nich składniki nawozowe trafiają na

Tabela 1. Ogniwa powstawania i masa odpadów żywności w 27 państwach Unii Europejskiej**Table 1.** Total food waste generation in 27 EU member states

Kraj członkowski Member state	Ogółem Total	Przemysł spożywczy Food industry	Gospodarstwo domowe Household	Usługi kulinarne Catering
	mln t·r ⁻¹		mln t·y ⁻¹	
Razem UE27	89,30	34,80	37,70	16,80
Austria Austria	1,86	0,57	0,78	0,50
Belgia Belgium	4,19	2,31	0,93	0,95
Bułgaria Bulgaria	0,67	0,36	0,29	0,03
Cypr Cyprus	0,26	0,19	0,05	0,02
Czechy Czech	0,73	0,36	0,25	0,11
Dania Denmark	0,64	0,10	0,49	0,05
Estonia Estonia	0,36	0,24	0,08	0,04
Finlandia Finland	1,01	0,59	0,21	0,21
Francja France	9,08	0,63	6,32	2,13
Niemcy Germany	10,4	1,85	7,68	0,86
Grecja Greece	0,49	0,07	0,41	0,00
Węgry Hungary	1,86	1,16	0,39	0,31
Irlandia Ireland	1,05	0,47	0,29	0,29
Włochy Italy	8,78	5,66	2,71	0,41
Łotwa Latvia	0,22	0,13	0,08	0,01
Litwa Lithuania	0,58	0,22	0,11	0,25
Luksemburg Luxembourg	0,10	0,00	0,06	0,03
Malta Malta	0,03	0,00	0,02	0,00
Holandia The Netherlands	9,46	6,41	1,84	1,21
Polska Poland	8,97	6,57	2,05	0,36
Portugalia Portugal	1,39	0,63	0,39	0,37
Rumunia Romania	2,27	0,49	0,70	1,09
Słowacja Slovakia	0,59	0,35	0,14	0,11
Słowenia Slovenia	0,18	0,04	0,07	0,06
Hiszpania Spain	7,70	2,17	2,14	3,39
Szwecja Sweden	2,05	0,60	0,91	0,55
Wielka Brytania United Kingdom	14,40	2,59	8,30	3,50
Udział, % Per cent of total	100	39,0	42,2	18,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie: European Commission... [2010].

Source: own elaboration based on: European Commission... [2010].

ogół do gleby i dlatego odpady te należy włączać do bilansu nawozów w gospodarstwie. Rolnictwo w 27 państwach UE produkuje rocznie 766 mln t masy towarowej żywności, co przeciętnie odpowiada 1360 kg na mieszkańca, w tym mięsa 85,8 kg na osobę (tab. 2). Zgodnie z danymi Raportu, w krajach Unii powstaje rocznie 89,3 mln t masy odpadów żywności, przeciętnie 180 kg na mieszkańca [European Com-

Tabela 2. Masa odpadów żywności w 27 państwach Unii Europejskiej w przeliczeniu na mieszkańca, kg·osoba⁻¹**Table 2.** Per capita amount of food wastes in 27 UE member states, kg per capita

Państwo Member state	Ludność Population mln	Odpady na mieszkańca kg·r ⁻¹ Waste per capita kg·y ⁻¹	Odpady z gospo- darstw do- mowych Household waste %	Spożycie mięsa kg·osoba ⁻¹ Meat con- sumption kg per capita	Nawożenie azotem kg N·osoba ⁻¹ Nitrogen fertilization kg per capita
Razem EU27	493,2	11,1	42	85,8	22,1
Austria Austria	8,3	15,4	42	103,1	10,4
Belgia Belgium	10,5	17,9	22	82,3	23,8
Bułgaria Bulgaria	7,7	4,2	43	45,3	37,3
Cypr Cyprus	0,8	8,8	19	82,1	11,1
Czechy Czech	10,3	3,5	35	85,2	24,9
Dania Denmark	5,4	10,0	77	97,8	32,9
Estonia Estonia	1,3	9,2	23	58,8	21,3
Finlandia Finland	5,3	7,9	21	72,4	40,2
Francja France	63,2	13,4	70	88,7	32,4
Niemcy Germany	82,4	10,4	74	87,7	21,7
Grecja Greece	11,1	3,7	85	74,8	13,1
Węgry Hungary	10,1	6,9	21	80,1	27,9
Irlandia Ireland	4,2	13,8	28	94,1	88,5
Włochy Italy	58,8	5,3	31	91,4	8,5
Łotwa Latvia	2,3	3,9	37	60,7	25,5
Litwa Lithuania	3,4	10,6	19	77,0	31,4
Luksemburg Luxemburg	0,5	18,0	64	136,5	45,0
Malta Malta	0,4	5,0	88	88,5	0,7
Holandia The Netherlands	16,3	18,7	19	71,3	13,3
Polska Poland	38,2	6,3	23	76,4	33,9
Portugalia Portugal	10,0	7,6	28	92,9	12,7
Rumunia Romania	21,6	8,3	31	62,7	14,2
Słowacja Slovakia	5,4	4,6	23	58,8	16,8
Słowenia Slovenia	2,0	6,5	40	83,8	13,5
Hiszpania Spain	43,8	12,6	28	110,2	21,5
Szwecja Sweden	9,0	16,2	44	78,7	18,6
Wielka Brytania United Kingdom	60,4	19,5	58	85,8	17,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie: European Commission... [2010].

Source: own elaboration acc. to European Commission... [2010].

mission... 2010], to ostatnie jest pozytywnie skorelowane z konsumpcją mięsa przez mieszkańców ($r = 0,49^{**}$).

Część odpadów stanowią niejadalne fragmenty żywności, odrzucane w przetwórstwie i gospodarstwie domowym. Odrzuty te są nie do uniknięcia, a mimo to zalicza się je do traconych środków spożywczych. Inną grupę odpadów tworzą trudne lub niemożliwe do wykorzystania odrzuty i resztki powstające w przetwórstwie i podczas czynności kulinarnych. Większe jednak straty żywności lub jej marnowanie wynikają z niespożycia potraw przygotowanych w przetwórstwie, gastronomii lub domu, które ostatecznie trafiają do pojemników na śmieci lub kanalizacji. Do tej grupy zalicza się również popłuczyny z mytych naczyń. Największe natomiast straty żywności nie są związane bezpośrednio z jej konsumpcją, lecz powstają w wyniku wyrzucania zepsutych lub przeterminowanych środków spożywczych lub też nietrafionej produkcji oraz nadmiernych zakupów i zapasów.

Różne są losy odpadów żywności. Wyrzucanie odpadów na wysypiska śmieci lub zrzucanie do kanalizacji jest łatwiejsze i tańsze niż ich wtórne wykorzystywanie, to ostatnie ponadto jest ograniczane surowymi przepisami sanitarnymi. Najwięcej odpadów żywności trafia na wysypiska śmieci, w których stanowią główną masę odpadów organicznych, co stwarza istotny problem w środowisku. Zrzucone do kanalizacji zachowują się podobnie, jak inne składniki ścieków. Bliżej nieokreślona ilość żywności jest rozrzucana w otoczeniu, bezmyślnie lub jako dokarmianie zwierząt. Część z niej trafia na wysypisko razem z odpadami komunalnymi.

W raporcie UE [European Commission... 2010] pochodzenie odpadów przypisano przemysłowi w 39%, a gospodarstwom domowym w ok. 42% całości. Ocena ilości odpadów z przetwórstwa, zestawiona w Raporcie, pozostawia niejaki wątpliwości. Podane ilości odpadów w niektórych krajach są nieproporcjonalnie duże, a ponieważ nie wiadomo, czy we wszystkich zachowano podobne procedury oceny, dlatego wszelkie porównania należy wykonywać krytycznie, w tym dotyczące Polski, której przypisano, w porównaniu z innymi państwami, powstawanie największej ilości odpadów w przetwórstwie i stosunkowo bardzo małej w gospodarstwach domowych (tab. 1).

Według innych zasad oceniono straty żywności w opracowaniu FAO [GUSTAVSSON i in. 2011] oceną objęto wszystkie części świata, szacując procentowe straty poszczególnych kategorii żywności, powstające w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego. Najwięcej odpadów żywności powstaje w Ameryce Północnej i Europie, a najmniej w Afryce i Azji Południowo-Wschodniej. W opracowaniu tym wydzielono całą Europę, łącznie z Rosją. Największy udział w stratach żywności przypisano sektorowi rolnictwa i konsumpcji, a bardzo mały sektorowi przetwórstwa (tab. 3). Udział rolnictwa nie był rozważany w owym opracowaniu. Ziemniaki, warzywa i owoce stanowią główną masę odpadów powstających w handlu i gospodarstwie domowym, w obu tych sektorach najbardziej drastyczne jest jednak marnotrawstwo chleba i przetworów mącznych. W gospodarstwach domowych powstają ponad 10-procentowe straty produktów bogatych w białko – mięsa i ryb, lecz mniejsze produktów mlecznych. Straty w przetwórstwie oceniono, jako niewielkie zakładając, że powstające tam odpady są wtórnie wykorzystywane.

Tabela 3. Procentowe straty żywności w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego w krajach europejskich**Table 3.** Percent wastes in subsequent links of the food supply chain in European countries

Produkty Products	Przetwórstwo Processing	Handel Trade	Spożycie Consumption
Zboże Cereals	10	2	25
Okopowe Tubers	15	7	17
Oleiste Oilseeds	5	1	4
Owoce i warzywa Fruits and vegetables	2	10	19
Mięso Meat	5	4	11
Ryby Fish	6	9	11
Mleko Milk	1,2	0,5	7

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUSTAVSSON i in. [2011].

Source: own elaboration based on: GUSTAVSSON *et al.* [2011].

Wyraźnie większe straty żywności wykazano wspólnie w wybranych czterech najbogatszych krajach anglosaskich: Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Australii i Nowej Zelandii [GUNDERS 2012]. Największe straty stwierdzano w gospodarstwach domowych i gastronomii, a mniejsze w handlu. Niewielkie straty w rolnictwie wynikają z wykorzystywania na miejscu produktów odpadowych. Duże straty owoców i warzyw oraz owoców morza wynikają z ich nietrwałości. Stosunkowo duże straty produktów zbożowych, mięsnych i mlecznych wynikają nie tylko z beztroski konsumentów, lecz także przepisów regulujących przeterminowanie produktów spożywczych (tab. 4).

Tabela 4. Procentowe straty żywności w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego¹⁾**Table 4.** Percent wastes in subsequent links of the food supply chain¹⁾

Wytwór Products	Rolnictwo Agricultural production	Traktowanie pożniwne Postharvest handling and storage	Przerób i opakowanie Processing and packaging	Handel Distribu- tion and retail	Spożywca Consumer	Straty całkowite Total food loss
Zbożowe i chleb Grain products	2	2	10	2	33	38
Owoce morza Seafood	11	0,5	0,5	9,5	28	50
Owoce i warzywa Fruits and vegetables	20	3	1	12	12	52
Mięso Meat	3	2	4	4	27	22
Mleczne Dairy products	3	0,25	0,5	0,25	17	20

¹⁾ Obliczone wspólnie dla USA, Kanady, Australii i Nowej Zelandii.

¹⁾ Percentages calculated collectively for USA, Canada, Australia and New Zealand.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: GUNDERS [2012].

Source: own elaboration based on: GUNDERS [2012].

Dane zawarte w wymienionych powyżej opracowaniach różnią się w ocenie procentowych strat żywności. Według raportu UE [European Commission... 2010] przeciętne straty w krajach UE wynoszą 11,7%, według opracowania FAO [GUSTAVSSON i in. 2011] wynoszą one co najmniej 30%, a zgodnie z opracowaniem Rady Ochrony Zasobów naturalnych osiągają aż 50% w przypadku łatwo psujących się produktów [GUNDERS 2012].

POWSTAWANIE I LOS ODPADÓW

Przemysł spożywczy. Technologia produkcji chemicznej zakłada, że będzie ona opłacalna tylko wtedy, gdy celowo zostaną wykorzystane wszystkie produkty uboczne – odpady. Te same zasady obowiązują w przemyśle spożywczym, w którym tylko część płodów jest przetwarzana na żywność, część stanowi odpad użyteczny, a pozostałość nie zawsze można traktować jako zmarnowaną żywność.

W trakcie przerobu produktów roślinnych powstają odpady nieużyteczne i użyteczne w łańcuchu pokarmowym człowieka. Użyteczne, w zależności od rodzaju płodu rolnego, to głównie wytloki buraczane, makuchy ziarna roślin oleistych, otręby zbożowe itp.; wracają one do rolnictwa jako pasza, stanowią, więc odpady użyteczne, czyli surowce wtórne. Pozostałe nieużyteczne odpady są jednak częściej kompostowane, niż wyrzucane na wysypisko. Większy jednak problem stanowią odpady z produktów zwierzęcych, gdyż tradycyjne przeznaczenie ich na paszę jest obecnie dozwolone tylko w ograniczonym zakresie. Powstawanie pewnych odpadów, jak kości, niejadalne organy zwierząt oraz padlina, jest nieuniknione, jednak nie są one żywnością. Natomiast rzeczywiste odpady żywności powstają w przemyśle na skutek nadmiernej lub nietrafionej produkcji, zepsucia lub zanieczyszczenia wytworów oraz strat podczas pakowania, składowania lub transportu.

Hurtownie i handel. W obrocie i handlu żywnością straty powstają przede wszystkim w wyniku niedoskonałej organizacji oraz nadmiernych zapasów, co powoduje przeterminowanie i psucie żywności, oraz strat na skutek zniszczenia opakowań. W tym ogniwie ważną pozycję stanowi żywność przeterminowana, która w większości trafia na wysypiska śmieci. Kwestie związane z żywnością przeterminowaną, podobnie jak z odpadami domowymi, są w Polsce słabo rozpoznane, choć są ważnym zagadnieniem.

Gospodarstwa domowe. W nich powstaje największa masa odpadów środków spożywczych, stanowiąca ok. 76 kg na mieszkańca Unii i 54 kg na mieszkańca Polski [European Commission... 2010]. Są one wyrzucane wraz ze stałymi śmieciami lub trafiają do kanalizacji. Powstawanie części tych odpadów, jak obierki, ścinki, popłuczki z mycia naczyń itp., jest nieuniknione. Problemem są jednak odpady niespożytej żywności, kupionej w nadmiarze, niesmacznej, zepsutej lub przeterminowanej. Niektóre odpady żywności są nieuniknione, inne są zwykłym marnotrawstwem. Ilość odpadów powstających w trakcie czynności kulinarnych zależy

od gospodarności kucharzujących. Nasze babki i prababki skutecznie unikały marnowania żywności; współcześnie dominuje jednak nastrój konsumpcyjny, a pełne zagospodarowanie kupionych półproduktów i produktów uważa się za zbędny wysiłek. Właśnie ten konsumpcyjny nastrój jest przyczyną marnotrawienia pożywienia w gospodarstwie domowym w wyniku wyrzucania zakupionej i niespożytej żywności, w gastronomii niezamawianych potraw, a w handlu i przetwórstwie produktów przeterminowanych, których nieskonsumowany nadmiar trafia ostatecznie do kosza na śmieci lub do ścieków. Ważną przyczyną marnowania żywności jest wybujała zachęta do konsumpcji, kierowana do „kociego oka i wilczego gardła” klienta, wzmagana nachalną reklamą oraz agresywną promocją w galeriach handlowych i marketach, a także kiepska trwałość niektórych produktów lub ich smaku, nieodpowiadającemu gustom spożywczy, co ostatecznie sprzyja nadmiernym zakupom, zwłaszcza w okresie świątecznym. Skupianie obecnie całego handlu detalicznego w wielkich marketach nie tylko zachęca, lecz nawet często zmusza klientów do zakupu żywności z przeznaczeniem jej do spożycia po kilku dniach, a nawet tygodniach. Przechowywana żywność traci swoją smakowitość, ulega zepsuciu lub często staje się zbędna przed następną wyprawą po zakupy. Jeszcze większą masę odpadów stanowi żywność przeterminowana, powstająca w wyniku nietrafionej produkcji w przetwórstwie, zbyt wielkich zapasów w hurtowniach, a zwłaszcza w handlu detalicznym; w ten sposób marnuje się w Polsce ok. 500 tys. t żywności rocznie [BYCZYŃSKI 2012]. Przed 1989 r. żywności było zawsze za mało, trzeba było ją szanować, oszczędzać i planować jej optymalne wykorzystanie. Dziś żywność produkowana jest w nadmiarze, kupowana też w nadmiarze oraz częściej niż potrzeba. Znaczna część osób dziś dorosłych wychowywała się w czasach większego szacunku dla żywności.

Odpady żywności a ochrona środowiska. W Raporcie [European Commission... 2010] specjalną uwagę poświęcono nie tyle społecznemu znaczeniu marnowania tak dużej masy żywności, co szkodom w środowisku, polegającym zwłaszcza na wzmaganiu się zjawisk związanych z ociepleniem klimatu i zakwaszaniem środowiska, wynikających z ułatwiania się dwutlenku węgla i dwutlenku siarki w czasie biologicznego lub termicznego rozkładu odpadów żywności. Są to twierdzenia naiwne i nieprawdziwe, a ponadto wprowadzające w błąd opinię publiczną. Zwiększenie stężenia dwutlenku węgla w atmosferze może powstawać tylko w wyniku utlenienia nieodnawialnych zasobów węgla w przyrodzie, tak kopalnych, jak i zawartych w glebowej materii organicznej oraz lasach. Biologiczny obieg węgla jest natomiast zrównoważony. Ilości węgla asymilowanego przez rośliny są równoważne z uwalnianymi w procesie ich rozkładu. Powstawanie tak dużych ilości odpadów żywności przyczynia się natomiast do większego zużycia energii i poboru wody, a szczególnie zwiększonego obiegu składników nawozowych w przyrodzie, przede wszystkim w wyniku stosowania nawozów sztucznych, zwłaszcza azotowych, pochodzących głównie z przemysłowej syntezy i fosforu oraz potasu z zasobów kopalnych. Niezależnie jednak od sposobów ich zagospoda-

rowania odpady żywności ulegają rozkładowi z uwolnieniem składników nawozowych, które ostatecznie ulegają rozproszeniu do środowiska, powodując znane ujemne skutki.

ROZPRASZANIE SKŁADNIKÓW NAWOZOWYCH

Nieodzowną składową żywności są składniki mineralne, zwłaszcza azot, fosfor, siarka, potas, wapń i magnez, które są zaliczane do składników nawozowych. Są one uwalniane w czasie rozkładu odpadów żywności i stanowią dodatkowe źródło ich rozpraszania w środowisku. Ponadto do wyprodukowania żywności trafiającej do odpadów potrzebne jest dodatkowe nawożenie upraw. Ujemne skutki rozpraszania w środowisku azotu i fosforu są wyczerpująco opisane w literaturze przedmiotu.

MAGIT i in. [2006] zestawili udział składników nawozowych w diecie człowieka z lat 90. ubiegłego wieku, na przykładzie gospodarstw domowych ze średniej wielkości miasta w Danii. Do gospodarstwa domowego wnosi się z żywnością rocznie przeciętnie 6 kg azotu, 1 kg fosforu i 2 kg potasu na osobę, w tym niemałe ilości fosforu ze środkami czystości (tab. 5). Ilość składników w odchodach fizjologicznych człowieka odpowiadała ilości spożytej. Niefizjologiczne odpady ciekłe i stałe obejmują jadalne i niejadalne resztki powstające w trakcie sporządzania posiłków, a także niespożyte potrawy oraz popłuczki. Te ostatnie są częściowo zaliczane do ścieków szarych, aczkolwiek część zawartego w nich fosforu pochodzi ze środków czystości. Powyższe rozliczenie nie obejmuje jednak żywności nabytej, lecz niespożytej i wyrzuconej do odpadów z uwagi na nietrafiony lub nadmierny zakup, a także z uwagi na jej zepsucie lub utratę smaku. Szacunek wykonany na podstawie masy produktów sprzedanych z rolnictwa wykazał podobne spożycie składników nawozowych przez mieszkańców Polski (tab. 6) [SAPEK 2010].

Tabela 5. Przeciętna ilość składników nawozowych z odchodów i odpadów żywności w gospodarstwie domowym, $\text{kg} \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$

Table 5. Mean amount of nutrients in household wastes, $\text{kg} \cdot \text{capita}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$

Składnik Nutrient	Ogółem w gospodarstwie Total in household	Odchody fizjologiczne Physiological waste	Odpady żywności Food waste		Szare ścieki Grey sewerage
			ciekłe liquid	stałe solid	
Azot N	6,0	4,37	0,37	0,62	0,37
Fosfor P	1,0	0,73	0,07	0,11	0,11
Potas K	2,0	1,28	0,15	0,15	0,15

Źródło: opracowanie własne na podstawie: MAGIT i in. [2006].

Source: own elaboration based on MAGIT *et al.* [2006].

Tabela 6. Składniki nawozowe w łańcuchu pokarmowym człowieka w Polsce**Table 6.** Nutrients in human food chain in Poland

Ogniwo łańcucha Chain link	Składnik, kg·osoba ⁻¹ ·r ⁻¹ Nutrient, kg·person ⁻¹ ·y ⁻¹		
	N	P	K
Sprzedaż z rolnictwa produktów roślinnych i zwierzęcych Sold plant and animal products	7,26	1,66	1,24
Produkty sprzedane ludności Products sold to population	6,05	1,45	1,05
Produkty spożyte przez ludność Products consumed by population	5,13	1,13	0,61
Wysypisko śmieci Garbage dumping place	1,05	0,32	0,18

Źródło: opracowanie własne na podstawie: SAPEK [2010].

Source: own elaboration based on: SAPEK [2010].

Przybliżona zawartość składników nawozowych w masie towarowej żywności wynosi ok. 0,5% azotu (N), 0,1% fosforu (P) i 0,2% potasu (K). Azot i fosfor spożywane są głównie z mięsem i jego przetworami oraz produktami mlecznymi, a potas z owocami i jarzynami. Przeciętne spożycie azotu z mięsem w krajach Unii wynosi 3,4 kg N na mieszkańca, w Polsce 3,06 kg (tab. 2). W szacunku spożycia żywności, wykonanym na podstawie masy produktów sprzedanych z rolnictwa, nie bierze się jednak pod uwagę składników mineralnych dodawanych w przetwórstwie do gotowych produktów spożywczych. Ilości azotu, dodawane w głównej mierze w postaci azotanów oraz potasu w postaci soli poprawiających smak potraw są niewielkie i można je pominąć w bilansie. Duże, nawet bardzo duże, są dodatki fosforanów dodawanych w ilościach często większych niż ich zawartość w produkcie (tab. 7), co ma wpływ na zawartość tego składnika w odpadach.

Prawie cała ilość nawozów stosowanych w rolnictwie jest przeznaczona do produkcji żywności. Do wytworzenia żywności wyrzuconej z odpadami potrzebne jest stosowanie nawozów w ilości większej o ok. 30% od zalecanego i o tyle też jest większe zagrożenie środowiska, pomijając fakt, że ani wzrost plonów, ani ujemne skutki w środowisku nie są liniowo, lecz wykładniczo zależne od poziomu nawożenia. Następnym zagrożeniem środowiska są składniki nawozowe rozprzyskane z rozkładających się odpadów żywności.

Nawożenie azotem jest najważniejszym zabiegiem służącym do uzyskania odpowiedniego plonu produktów roślinnych. Tylko niecałe 20% azotu w płodach rolnych, przeznaczonych do spożycia przez ludność, stanowią produkty roślinne, pozostała ilość jest zawarta w bogatych w białko produktach zwierzęcych. Do wyprodukowania 1 kg jadalnego azotu w mięsie, jajach i przetworach mlecznych potrzeba ok. 7 kg azotu w paszy. Zużycie nawozów azotowych w krajach Unii Europejskiej wyniosło w 2010 r. 10,1 mln t N rocznie, co odpowiada 24 kg N na osobę i rok (tab. 2). Według oceny Rady Ochrony Zasobów Naturalnych (Natural Resources Defense Council – (NRDC) – an international nonprofit environmental or-

Tabela 7. Dopuszczalny dodatek fosforu do żywności w przeliczeniu na świeżą masę handlową, g P·kg⁻¹**Table 7.** Permitted phosphorus addition to fresh mass of commercial food, g P·kg⁻¹

Wyszczególnienie	Zawartość naturalna Natural content	Dopuszczalny dodatek Acceptable supplement	Zawartość z dodatkiem Content with supplement
Mięso i przetwory Meat and meat products	2,1	2,2	4,3
Mleko UHT Milk UHT	0,1	0,44	0,54
Śmietana UHT Creams UHT	0,1	2,2	2,3
Sery topione Melt cheese	–	8,7	–
Zabielacze do napojów Creamers	–	13	–
Mąka Flour	1,3	8,8	10,1
Płynna masa jaja Liquid egg mass	0,2	4,4	2,64
Przetwory ziemniaczane Potatoes products	0,05	2,2	2,25
Napoje alkoholowe Alcoholic liquor	–	0,87	–
Napój kawa z automatu Coffee from a slot machine	–	0,87	–
Napoje bezalkoholowe Refreshments	0,00	308 mg P·dm ⁻³	308 mg P·dm ⁻³

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rozporządzenie MZ... [2003].

Source: own elaboration based on: Rozporządzenie MZ... [2003].

ganization) [GUNDERS 2012] straty żywności wynoszą do 50% produktów sprzedanych z rolnictwa, największe jarzyn i owoców, a najmniejsze przetworów mlecznych. Można więc przyjąć, że ok. 30% produkcji rolnej trafia do odpadów. Zgodnie z tą oceną, w krajach UE do wyprodukowania traconych płodów, trzeba zastosować rocznie z nawozami sztucznymi 320 tys. t azotu (N), 48 tys. t fosforu (P) i 94 tys. t potasu (K), co odpowiada na mieszkańca odpowiednio 7,2 kg N, 0,41 kg P oraz 2,0 kg K. Podobna ocena wynika z danych zawartych w Raporcie [European Commission... 2010], jeśli pominiemy ilości tracone w przemyśle spożywczym, to w krajach UE powstaje 54,5 mln odpadów żywności rocznie, z którymi traci się rocznie 270 tys. t azotu (N), 55 tys. t fosforu (P) oraz 110 tys. t potasu (K), przy spodziewanej przeciętnej zawartości w masie towarowej żywności, wynoszącej 0,5% azotu (N), 0,1% fosforu (P) i 0,2% potasu (K). Zgodnie z danymi zestawionymi w tabelach 3. i 4., ok. 30% produktów spożywczych pochodzących z rolnictwa jest marnowana lub wyrzucana, a wymaga takiego samego nawożenia, jak część skonsumowana. Do wyprodukowania tej części w 27 krajach UE w 2010 r. potrzebne było zastosowanie nawożenia mineralnego odpowiednio w ilości w mln t·r⁻¹: 3,2 N, 0,47 P i 1,1 K, są to bardzo duże ilości (tab. 8).

Losy odpadów żywności i ich zagospodarowanie nie są jednak dostatecznie rozpoznane. Przeterminowana i zepsuta żywność z handlu i gospodarstw domowych trafia głównie na wysypiska śmieci, a mniejsze ilości do kanalizacji. Podob-

Tabela 8. Ilość składników nawozowych potrzebnych do wyprodukowania odpadów żywności w 27 krajach UE i w Polsce

Table 8. Amount of fertilizers needed to produce wasted food in 27 UE member states and Poland

Składnik Nutrient	UE-27		Polska Poland	
	masa towarowa tys. t·r ⁻¹ bulk mass thousand t·y ⁻¹	kg·mieszkaniec ⁻¹ kg per capita	masa towarowa tys. t·r ⁻¹ bulk mass thousand t·y ⁻¹	kg·mieszkaniec ⁻¹ kg per capita
Azot N	3173	6,0	388	10,1
Fosfor P	140	0,29	22	0,57
Potas K	488	1,0	79	2,1

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

ne są losy odpadów kulinarnych z gospodarstw domowych i gastronomii. Straty w postaci gazowej są niewielkie i można je pominąć. Jakaś część odpadów środków spożywczych jest wtórnie wykorzystywana lub utylizowana, odpowiednie dane są jednak niepełne i trudno dostępne. Prowadzone są badania nad spalaniem odpadów żywności w celach energetycznych lub otrzymywania biogazu. Niezależnie od sposobu zagospodarowania wszystkie te odpady ulegają biologicznemu lub termicznemu rozkładowi, w trakcie którego uwalniane są zawarte w nich składniki nawozowe, które mogą ulec rozproszeniu do środowiska. Odpady żywności stanowią główną masę odpadów organicznych na wysypiskach śmieci, a zrzucone do kanalizacji zwiększają w ściekach ładunek substancji organicznych oraz azotu i fosforu.

PODSUMOWANIE

Według danych z raportu Komisji Europejskiej [European Commission... 2010] w krajach Unii Europejskiej powstaje rocznie 90 mln t odpadów żywności, w tym 55 milionów t w gospodarstwach domowych lub zakładach wytwarzających potrawy gotowe do spożycia, ta ostatnia masa odpowiada ponad 12% wyprodukowanych, jadalnych środków spożywczych. Dane FAO [GUSTAVSSON i in. 2011] podają jeszcze większy odsetek strat, bliski 30%. Największą obecnie masę odpadów stanowi żywność przeterminowana, wyrzucana przez zakłady przemysłu przetwórczego, handel i gastronomię. Podobnie dużą ilość niespożytej żywności wyrzuca się z gospodarstw domowych. Najczęściej są to pokarmy zepsute, niesmaczne, a zwłaszcza kupione niepotrzebnie lub w nadmiarze. Do wyprodukowania wyrzucanej żywności trzeba ponieść takie same nakłady materiałowe, energetyczne i finansowe, jak w przypadku skonsumowanej. Marnowanie i wyrzucanie pokarmów zwiększa zużycie nawozów mineralnych, które jest współmiernie większe o część niespożytej żywności, co znacznie przyczynia się do eutrofizacji środowi-

ska. Mieszkańcy Stanów Zjednoczonych wyrzucają z odpadami rocznie ok. 40% swojej żywności, o łącznej wartości ponad 165 miliardów dolarów [GUNDERS 2012]. W Polsce marnuje się rocznie ok. 9 mln t żywności, co odpowiada 10% żywności wyrzucanej z odpadami łącznie w krajach Unii Europejskiej; więcej od nas wyrzucają tylko Brytyjczycy, Niemcy, Holendrzy i Francuzi (tab. 1). Materiał organiczny w żywności wyrzuconej na wysypisko śmieci lub do kanalizacji ulega rozkładowi połączonemu z uwalnianiem składników nawozowych, zwłaszcza azotu i fosforu, proporcjonalnie do ich zawartości w odpadach i stosowanej technologii utylizacji.

Rada Ochrony Zasobów Naturalnych Stanów Zjednoczonych, na podstawie przeprowadzonych studiów stwierdziła, że w Stanach oraz Kanadzie, Australii i Nowej Zelandii marnuje się ok. 20% żywności wyrzucanej w większości na wysypiska śmieci, co znaczy, że do wyprodukowania w tych krajach marnowanej żywności przeznaczona się 25% zużycia świeżej wody i 2% energii oraz olbrzymie ilości nawozów mineralnych i innych chemikaliów. Ponadto, z rozkładających się odpadów ulegają rozproszeniu składniki nawozowe, a tylko w Stanach Zjednoczonych ok. 25% emitowanego metanu pochodzi z tego źródła. W świetle powyższych danych dziwny wydaje się pogląd przedstawiony w Raporcie [European Commission... 2010], że głównym zagrożeniem dla środowiska jest ocieplenie klimatu spowodowane emisją dwutlenku węgla z rozkładu odpadów żywności. Węgiel zawarty w biologicznym materiale odpadów żywności pochodzi właśnie z reakcji dwutlenku węgla z wodą w procesie fotosyntezy.

Historia ludzkości obejmuje liczne okresy głodu, a zawsze, przynajmniej do niedawna, niedostatku pożywienia, co było główną siłą napędową rozwoju cywilizacji. Ograniczony zasób dostępnej żywności nauczył ludność spożywania wszystkiego, co tylko jest jadalne. Na tej bazie powstały tradycyjnie najlepsze kuchnie świata: chińska lub francuska. Zielona rewolucja, zapoczątkowana w połowie zeszłego wieku, pozwoliła opanować głód w większości krajów świata, a tam, gdzie jeszcze występuje, to wynika on z rabunkowej gospodarki globalistycznej. Zielona rewolucja, jak każda rewolucja, otworzyła również puszkę Pandory – wprowadzenie GMO, stosowanie chemicznych środków ochrony, nasilenie eutrofizacji w wyniku nadmiernego stosowania nawozów sztucznych i nasilenie innych zagrożeń dla środowiska, zwiększyła także spożycie żywności, a zwłaszcza mięsa, którego produkcja wymaga kilkakrotnie większego nakładu energii i zużycia nawozów sztucznych niż do wytworzenia produktów roślinnych. Dostatek żywności w bogatszych krajach świata spowodował często przesadne spożycie pokarmów, z równoczesnym ich marnowaniem, przede wszystkim przez wyrzucanie nadających się do spożycia potraw, a nawet chleba, i to *w kraju, gdzie kruszynę chleba podnoszą z ziemi przez uszanowanie dla darów Nieba...* (K.C. Norwid).

LITERATURA

- BYCZYŃSKI J. 2012. Nowa era utylizacji [online]. Gazeta Polska. Nr 35. [Dostęp 29.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.gazetapolska.pl>
- European Commission (DG ENV), Directorate C – Industry 2010. Preparatory study on food waste across EU 27. Contract #: 07.0307/2009/540024/SER/G4. Final Report ss. 213.
- GUNDERS D. 2012. Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill [online]. The Natural Resources Defense Council (NRDC). Issue paper, August 2012. iP:12-06-B. [Dostęp 29.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.nrdc.org/food/files/wasted-food-IP.pdf>
- GUSTAVSSON J., CEDERBERG CH., VAN OTTERDIJK U.S.R., MEYBECK A. 2011. Global food losses and food waste. Study conducted for the International Congress SAVE FOOD! at Interpack 2011. Düsseldorf. Food and Agriculture Organization of the United Nation ss. 28.
- KOMILIS D.P., HAM R.K. 2006. Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste. Waste Management. Vol. 26 s. 62–70.
- MAGID J., EILERSEN A.M., WRISBERG S., HENZE M. 2006. Possibilities and barriers for recirculation of nutrients and organic matter from urban to rural areas: A technical theoretical framework applied to the medium-sized town Hillerød, Denmark. Ecological Engineering. Vol. 28 s. 44–54.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 marca 2003 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania. Dz.U. 2003. Nr 87 poz. 805.
- SAPEK A. 2010. Rolnictwo polskie i ochrona jakości wody, zwłaszcza wody Bałtyku. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 1(29) s. 175–200.

Andrzej SAPEK

DISPERSION OF NUTRIENTS FROM FOODSTUFF TREATED AS WASTE

Key words: *agriculture, fertilisation, food waste, household, nutrient*

S u m m a r y

Foodstuff produced in agriculture is only partly consumed by humans. A report of European Commission (DG ENV) stated that about 11% of food designed for human consumption is wasted in retail and household and thrown away to dumping places or to sewerage. Other sources estimate food losses at up to 50% of trade mass. To produce food which is then wasted in 30%, adequate amount of water, energy and materials should be used. For this purpose, 3.2 million t N, 0.47 million t P and 1.1 million t K in fertilizers were applied in 27 member countries of the EU in the year 2010. Food wastes thrown to dumping places or sewerage decompose and release nitrogen and phosphorus that are dispersed in the environment.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. A. Sapek, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn; tel. + 48 22 735-75-65, e-mail: A.Sapek@itep.edu.pl