

*Wanda Wilczyńska-Michalik, Karolina Świder*

## **Założenia koncepcji Ekologicznego Śladu i przykłady obliczeń dla dużych miast**

### **Wstęp**

W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję Ekologicznego Śladu – ilościowego wskaźnika wpływu człowieka na środowisko. Wskaźnik ten obrazuje wielkość obszaru biologicznie produktywnego (łądów, mórz i oceanów) niezbędnego do wytworzenia zasobów i produktów konsumowanych przez jego użytkowników (populację zamieszkującą dany obszar) wraz z powierzchnią obszaru niezbędnego do składowania odpadów i absorpcji emitowanych zanieczyszczeń. Do wdrażania omawianej koncepcji, uwzględnianej w wielu krajach (Lenzen i Murray 2001; Barrett i in. 2002, 2004; City Limits, a resource flow and ecological footprint analysis of Greater London 2002; Sharratt i Wackernagel 2003; Vergoulas i in. 2003), niezbędna jest znajomość i precyzyjne definiowanie wielu terminów z zakresu ekologii, geografii, techniki, ekonomii. Zostały one wyjaśnione w słowniku pojęć.

Naukowcy na całym świecie od dawna badają, jaki wpływ na środowisko i na zasoby Ziemi ma intensywna ekspansja człowieka (np. Mesarović i Pestel 1977; Meadows i in. 1995), a obecnie rządy wielu państw zmierzają w kierunku gospodarowania cechującego się trwałością – gospodarowania ekologicznie bezpiecznego i ekonomicznie satysfakcjonującego. W XXI w., gdy tyle mówi się o zrównoważonym rozwoju rozumianym jako rozwój społeczno-gospodarczy, który godzi prawa ekologii i ekonomii, w szkole od najniższych szczebli edukacji powinno się uczyć racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody.

### **Koncepcja Ekologicznego Śladu**

Nieustanne dążenie społeczeństw do podwyższania wskaźnika ludzkiego dobrobytu, zmiana stylu życia na bardziej konsumpcyjny oraz związane z tym zapotrzebowanie na surowce i energię, są powodem niepokoju o ilość i jakość zasobów przyrody, z których będą korzystały następne pokolenia. Naukowcy poszukują metod ograniczenia presji człowieka na środowisko. Tworzone są różne wskaźniki i mierniki ilościowe. Jednym z nich jest Ekologiczny Ślad (EŚ).

Według wielu źródeł (m.in. Rees i Wackernagel 1996), zaspokojenie konsumpcji populacji ludzkiej na wysokim poziomie przekracza możliwości planety. Wyżej wymienieni autorzy stworzyli podstawy teoretyczne oraz wzory, za pomocą

których w sposób ilościowy określa się konsumpcję oraz możliwości produkcyjne (produkcja pierwotna) poszczególnych obszarów Ziemi. Pierwsza publikacja na ten temat (na poziomie akademickim) ukazała się w roku 1992 (Rees 1992). Bardziej szczegółowe i uaktualnione informacje przedstawione zostały w pracy *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts* (Ewing i in. 2008).

Ekologiczny Ślad (ang. *Ecological Footprint*), wskaźnik nazywany także ekologicznym odciskiem stopy (Wackernagel i in. 2005), jest jednym ze stosunkowo nowych mierników pozwalających na ocenę presji człowieka na środowisko poprzez wielkość konsumpcji dóbr i usług. Wartość Ekologicznego Śladu określa powierzchnię obszaru biologicznie produktywnego, jaki jest niezbędny do zaspokojenia potrzeb życiowych populacji ludzkiej z uwzględnieniem stylu życia. Ekologiczny Ślad stał się w wielu krajach popularną koncepcją zarówno w dziedzinie planowania przestrzennego jak i edukacji ekologicznej (Aall i Thorsen-Norland I. 2002).

W Polsce wskaźnik ten jest mało znany i niewiele osób umie obliczać jego wielkość. W polskojęzycznych zasobach internetowych można już znaleźć informacje, które krótko omawiają ten termin (np. Wikipedia wolna encyklopedia, <http://pl.wikipedia.org/wiki/>), a nawet udostępniają ankietę pod tytułem „W jaki sposób obliczyć swój footprint?” (Twój ślad na Ziemi, [http://www.eko.org.pl/pie/edu\\_twoj\\_slad.shtml](http://www.eko.org.pl/pie/edu_twoj_slad.shtml)). Artykuły bądź inne polskie opracowania są sporadyczne (np. Markowski 2003).

Ekologiczny Ślad to przeliczenie działań gospodarczych motywowanych zaspokajaniem ludzkich potrzeb na wyrażone obszarowo funkcje ekologiczne, które te działania umożliwiają lub ściśle warunkują. Przeliczenie wymaga oszacowania obszaru zajmowanego bezpośrednio lub wykorzystywanego przy danej technologii, niezbędnego do uzyskiwania zasobów potrzebnych do życia jednostce, społeczeństwu lub dowolnej badanej populacji. Ekologiczny Ślad (EŚ) został zdefiniowany przez Reesa (1992) jako obszar produktywnych ekosystemów lądów i mórz, niezbędnych do wyprodukowania zasobów wykorzystywanych przez ludzkość oraz do asymilacji odpadów przez nią wygenerowanych, przy czym obszary te są ściśle powiązane między sobą.

Nie można zapominać, że tylko część powierzchni Ziemi jest możliwa do zamieszkania przez człowieka. Jedynie 29.2% powierzchni planety to obszary lądowe (148 940 000 km<sup>2</sup>), ale, jak wcześniej wspomniano, człowiek nie jest w stanie żyć w każdych warunkach. 11% powierzchni lądowej (16 383 400 km<sup>2</sup>) to subekumeny, do których zalicza się pustynie, obszary pokryte lodem lub wieczną zmarzliną, nienadające się do stałego przebywania i użytkowania (Makowski 2007). Zatem powierzchnia możliwa do zamieszkania wynosi około 132 556 600 km<sup>2</sup>. Nadzwyczajnym zagrożeniem dla osadnictwa są klęski żywiołowe, a wśród nich trzęsienia ziemi i zjawiska atmosferyczne związane ze zmianami klimatu i ich hydrologicznymi konsekwencjami. Należy też podkreślić, iż trwałość gospodarowania wyklucza w dłuższym okresie czasu eksploatacyjne zajmowanie powierzchni większej niż ta, która jest aktualnie dla ludzi dostępna (Śleszyński 2000). Większość ludzi w codziennym życiu nie myśli o tym, ile z zasobów Ziemi czerpie każdego dnia.

W roku 1996 Rees i Wackernagel spopularyzowali koncepcję Ekologicznego Śladu w publikacji pod tytułem *Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth*. Od tego czasu wskaźnik ten staje się coraz bardziej popularny na świecie

i często jest wykorzystywany w edukacji na rzecz kształtowania środowiska w warunkach ekorozwoju.

Ekologiczny Ślad liczony jest dla konkretnego przedziału czasowego (najczęściej dla jednego roku), dla określonej populacji (w skali globalnej, regionalnej, w skali miasta czy dla pojedynczej osoby). Szczegółowe i precyzyjne obliczenia nie są jednak proste i wymagają wielu danych statystycznych, nie zawsze dostępnych.

Wskaźnik ten może być interpretowany w dwojaki sposób. W jednym przypadku jest miarą tzw. kosztu ekologicznego wynikającego z konsumpcji dóbr i usług przez człowieka. Jego obliczenie wymaga wówczas zastosowania procedury stosowanej do oceny ilościowej, np. Cyklu Życia Produktu (LCA). Druga interpretacja Ekologicznego Śladu nawiązuje do pojemności ekologicznej środowiska wyznaczającej maksymalną ilość osobników danego gatunku przypadających na jednostkę objętości (lub powierzchni), które mogą żyć w danym środowisku (zapewniającym odpowiednią ilość materii i energii do przeżycia i podtrzymania tej populacji). Zbyt duża liczebność populacji może spowodować ograniczenie dostępnego pokarmu oraz innych zasobów środowiska i stopniową utratę zdolności ekosystemów do regeneracji z powodu przeciążenia ładunkiem zanieczyszczeń.

Obecnie 3% powierzchni Ziemi zajmują miasta. Jest to o 50% więcej niż przewidywano na początku nowego tysiąclecia. Liczba mieszkańców miast rośnie. Szacuje się, że miasta powiększają swoją populację o 1 milion osób tygodniowo. Z przewidywań ONZ wynika, że w roku 2030 aż 82% populacji na świecie będzie mieszkać na obszarach miejskich. Konsolidacja gruntów i polityka państwowa zachęcająca do intensyfikacji rolnictwa także sprzyja migracjom do miast. Na podkreślenie zasługuje także fakt, że udział miast w globalnej emisji CO<sub>2</sub> ocenia się na 80% (Living Planet Report, 2010... 2010).

Wynika z tego wprost, że mieszkańcy miast, aby zaspokoić swoje potrzeby konsumpcyjne i usunąć odpady, potrzebują powierzchni znacznie większej aniżeli ta, na której mieszkają.

Zobaczmy zatem, jak kształtuje się populacja mieszkańców Ziemi, ilu nas Ziemi jest i jaką powierzchnię mamy do dyspozycji. W grudniu 2005 r. na naszej planecie żyło 6 453 628 000 ludzi, obecnie planetę zamieszkuje 6 882 286 064 ludzi (stan na 18. 11. 2010) (U.S. Census Bureau, <http://www.census.gov/>).

Według danych z Living Planet Report 2010... (2010) w roku 2009 całkowita powierzchnia Ziemi możliwa do zagospodarowania przez ludzi wynosiła około 18 gha (globalnych hektarów), co po przeliczeniu zgodnie z metodą stosowaną w obliczeniach Ekologicznego Śladu daje na osobę powierzchnię około 2,7 gha. Jednak jedynie około 66% tego obszaru to obszary uważane za biologicznie produktywne: pola uprawne i pastwiska (około 46%) oraz lasy i łowiska morskie (około 20%). Biorąc to pod uwagę, otrzymujemy następujące wartości: całkowita powierzchnia obszaru biologicznie produktywnego na Ziemi wynosiła około 11,9 miliardów gha, a więc na osobę przypadało jedynie 1,8 gha. Mimo spadku tempa przyrostu naturalnego powierzchnia ta będzie systematycznie maleć wraz ze wzrostem liczby ludności.

W roku 2009 w krajach należących do OECD (31 krajów o wysoko rozwiniętej gospodarce), Ekologiczny Ślad (powierzchnia zajmowana przez osobę) kształtował się na poziomie powyżej 5,5 gha. Jak wynika z danych, przeciętny Amerykanin do

zaspokojenia potrzeb życiowych zgodnie ze swoim stylem życia potrzebował aż 9,2 gha. Dla kontrastu, mieszkańcowi Konga wystarczyło 0,5 gha. Przeciętny Polak potrzebował obszaru o powierzchni 4,0 gha, czyli około dwa razy więcej niż Ziemia ma do zaoferowania. W czołówce krajów, których Ekologiczny Ślad był największy i przekraczał 7 gha, oprócz USA znalazły się Zjednoczone Emiraty Arabskie, Kuwejt, Dania, Australia i Kanada. Są to kraje wysokorozwinięte, w których wartość PKB/os jest wysoka. Zapotrzebowania na powierzchnię (gha) na poziomie niższym od średniej globalnej cechuje mieszkańców takich krajów, jak Iran, Sudan, Brazylia, Albania. W grupie krajów, których Ekologiczny Ślad jest mniejszy aniżeli 2,1 gha, nie znajdziemy rozwiniętych bogatych krajów z Europy. Kraje, które nie korzystają z zasobów Ziemi w nadmiarze, to np. Gabon, Kenia, Togo, Malawi, Senegal czy Etiopia. Wartość Ekologicznego Śladu dla wybranych krajów świata w roku 2005 przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Wartość Ekologicznego Śladu dla wybranych krajów Świata w 2005 roku

**Tab. 1.** The Ecological Footprint value for selected countries in the world in 2005

Lp.	Kraj	Ekologiczny Ślad (gha)	Lp.	Kraj	Ekologiczny Ślad (gha)
1.	Zjednoczone Emiraty Arabskie	9,5	20.	Polska	4,0
2.	USA	9,4	21.	Rosja	3,7
3.	Kuwejt	8,9	22.	Botswana	3,6
4.	Dania	8,0	23.	Łotwa	3,5
5.	Australia	7,8	24.	Meksyk	3,4
6.	Nowa Zelandia	7,7	25.	Ukraina	2,7
7.	Kanada	7,1	26.	Sudan	2,4
8.	Norwegia	6,9	27.	Brazylia	2,4
9.	Estonia	6,4	28.	Ekwador	2,2
10.	Irlandia	6,3	29.	Świat (średnio)	2,1
11.	Grecja	5,9	30.	Tajlandia	2,1
12.	Hiszpania	5,7	31.	Boliwia	2,1
13.	Urugwaj	5,5	32.	Uzbekistan	1,8
14.	Czechy	5,3	33.	Peru	1,6
15.	Wielka Brytania	5,3	34.	Somalia	1,4
16.	Francja	4,9	35.	Wietnam	1,3
17.	Japonia	4,9	36.	Jamajka	1,1
18.	Włochy	4,8	37.	Kenia	1,1
19.	Słowenia	4,5	38.	Angola	0,9

Źródło: Living Planet Report, 2008

Każdy kontynent posiada inną liczbę mieszkańców, inne wskaźniki rozwoju społecznego i ekonomicznego. USA oraz Kanada mają bardzo duży ślad ekologiczny, dlatego też kontynent, na którym się znajdują, zajmuje pierwsze niechlubne miejsce w rankingu wartości Ekologicznego Śladu (od wartości najwyższych do

najniższych) (średnio 9.2 gha na osobę w 2009 r.). Afryka znajduje się na ostatnim miejscu (1,4 gha na osobę), zaraz za nią plasuje się Azja Pacyficzna, którą zamieszkuje najwięcej ludzi, a mimo to wartość Ekologicznego Śladu na osobę wynosi tu tylko 1,6 gha. Wynika to ze słabego rozwoju gospodarczego tej części świata. Warto jednak zadać sobie pytanie, dlaczego tak duże dysproporcje widoczne są w zestawieniach i co by było, gdyby gospodarka całego świata stała na wysokim poziomie, tak jak w Stanach Zjednoczonych czy wysokorozwiniętych krajach Europy? Ile planet wtedy potrzebowałiby ludzie, aby zaspokoić swoje życiowe potrzeby?

Ślad ekologiczny pojedynczej osoby, zgodnie z metodą Wackernagela i in. (2005), jest sumą sześciu różnych elementów (obszarów) wyróżnianych w zagospodarowaniu terenu:

- obszaru ziemi uprawnej, potrzebnej do uzyskania plonów niezbędnych do wyprodukowania pokarmów roślinnych zjadanych przez osobę,
- obszaru pastwisk, niezbędnych do wyhodowania zwierząt w celu wyprodukowania żywności,
- obszaru lasów, niezbędnych do produkcji drewna i papieru,
- obszaru morskich łowisk, niezbędnych do pozyskania żywych zasobów morskich i oceanów,
- obszaru, który jest zajęty pod budownictwo i drogi,
- obszaru zieleni, niezbędnego do asymilacji dwutlenku węgla powstałego w wyniku zużytej energii.

## Ekologiczny Ślad Krakowa i Warszawy

Jak wcześniej wspomniano, ponad połowa ludności świata (średnio ok. 51%) żyje w miastach (w Polsce ok. 62%). Ich mieszkańcy wywierają znaczący wpływ na środowisko. Im większy pod względem terytorialnym i gęstości zaludnienia jest ośrodek miejski i im bardziej żyjący w nim mieszkańcy są nastawieni na wysoką konsumpcję dóbr i usług, tym presja wywierana na środowisko (abiotyczne i biotyczne) jest większa.

Przedstawione wyniki pochodzą z niepublikowanych prac magisterskich (Maj 2007; Rudnicka 2007) wykonanych pod kierunkiem W. Wilczyńskiej-Michalik w Instytucie Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego.

## Metoda

Przy obliczeniu wartości Ekologicznego Śladu w przypadku miast należy wziąć pod uwagę wielkość konsumpcji dóbr i usług oraz wielkość powierzchni obszarów niezbędnych do zaspokojenia konsumpcji populacji żyjącej w danym mieście.

Do obliczania wielkości Ekologicznego Śladu, jaki wywierali na środowisko w roku 2005 mieszkańcy Krakowa i Warszawy, posłużono się metodą przedstawioną w pracy *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method* (Wackernagel i in. 2005). W celu oszacowania wielkości powierzchni, która była niezbędna do zaspokojenia konsumpcji populacji mieszkańców tych miast, zastosowano wzory przedstawione poniżej. Wielkość powierzchni przedstawiono w globalnych hektarach (gha). Z uwagi na niedostępność wielu danych

statystycznych (szczególnie dotyczących wielkości konsumpcji) proces kalkulacji EŚ uproszczono. Zgodnie z przyjętą w literaturze metodą (Wackernagel i in. 2005), dla zachowania bioróżnorodności omawianych obszarów do obliczonej powierzchni Ekologicznego Śladu dodano obszar stanowiący 12% powierzchni obszaru danego miasta (obszar wyłączony z użytkowania).

Zastosowany wzór

$$E\dot{S} \text{ (gha)} = O \text{ (ha)} \times WR \text{ (gha/ha)}$$

gdzie:

EŚ – Ekologiczny Ślad

O – obszar

WR – współczynnik równoważności

## Wyniki

Wyniki uzyskane w toku przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 2 oraz na rycinie 1.

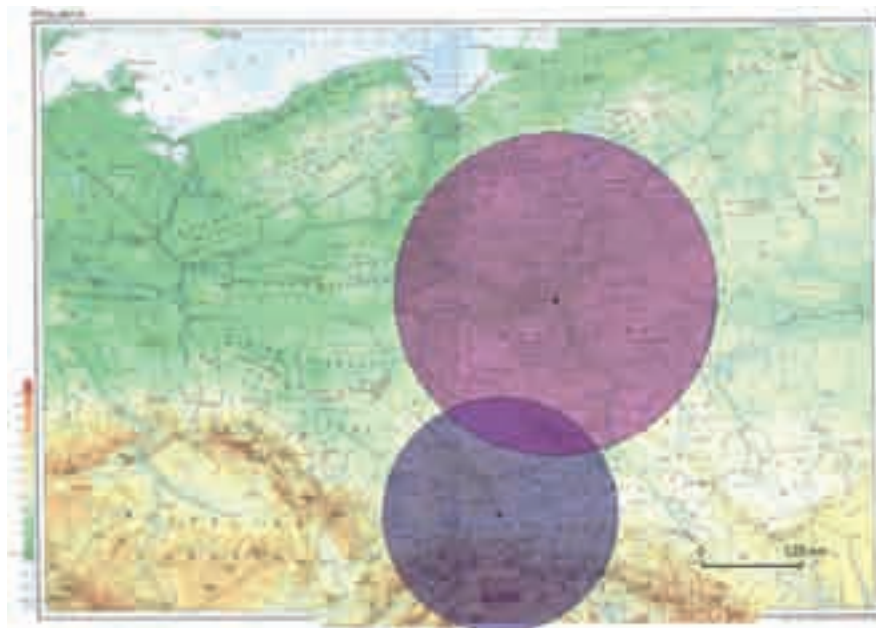
Wielkość Ekologicznego Śladu Warszawy w 2005 roku kształtowała się na poziomie 11 106 135,86 globalnych hektarów (gha). Obszar Warszawy wynosi 51 989 ha, czyli Ekologiczny Ślad wywierany przez mieszkańców tego miasta jest około 213 razy większy niż jego terytorium. Ekologiczny Ślad obliczony dla Krakowa wyniósł w tym samym roku 5 813 428,1 globalnych hektarów (gha) a więc był około 183 razy większy od rzeczywistej powierzchni miasta. Przeliczając EŚ na jednego mieszkańca otrzymujemy następujące wartości: dla mieszkańca Warszawy 6,5 gha, a dla mieszkańca Krakowa 7,67 gha (średnia globalna/os – 2,1 gha).

## Wnioski

Mieszkańcy Warszawy i Krakowa poprzez konsumpcję dóbr i usług wywierają znaczącą presję na środowisko i pogłębiają ekologiczny deficyt Ziemi. Ekologiczny Ślad jest dobrym wskaźnikiem ilustrującym zapotrzebowania człowieka na zasoby przyrody. Wskaźnik ten powinien być szeroko wykorzystany w edukacji na rzecz ekorozwoju. Uświadamia on, jak duże koszty związane z życiem i gospodarowaniem ludzi ponosi planeta, stymulując tym samym zrozumienie konieczności zmiany nadkonsumpcyjnego stylu życia. Wskaźnik ten to dobry, obrazowy sposób kształtowania świadomości ekologicznej.

**Tab. 2.** Obliczenia Ekologicznego Śladu Warszawy i Krakowa  
**Tab. 2.** Ecological Footprint (EF) assessment of Warsaw and Krakow

Rodzaj obszaru	Powierzchnia rzeczywista [ha]		Współczynnik równoważności [gha/ha]	Ekologiczny Ślad [gha]	
	Kraków	Warszawa		Kraków	Warszawa
Obszar rzeczywisty	Grunty orne	14122	11478	31209,62	25366,38
	Łąki i pastwiska	1500	2787	735	1365,63
	Obszary zadrzewione	1716	9208	2299,44	12338,72
	Wody	77463	1596	27886,60	574,56
	Obszary zabudowane	14761	26650	32621,81	58896,50
Obszar konieczny do pochłonięcia wyemitowanego CO <sub>2</sub>	3423535	6293639,58	1,34	4587536,90	8433477,04
Obszar dodatkowy	Obszar zajęty pod uprawy owoców (innych niż poniżej), roślin włókniстых (materiały tekstylne) i lasy przemysłowe	842688,06	1910446,03	1129202	2559997,68
	Orzechy ziemne	-	827,97	-	1829,81
	Banany i pomarańcze	-	1248,16	-	1672,54
	Cytryny	1,94	-	2,59	-
	Jabłka	4,69	-	6,28	-
	Pomarańcze	4,76	-	6,38	-
				Suma EŚ + 12% [gha]	5813428,10
			EŚ na mieszkańca [gha/os]	7,67	6,50



**Ryc. 1.** Graficzne przedstawienie wielkości Ekologicznego Śladu mieszkańców Warszawy (różowe koło) i mieszkańców Krakowa (jasnofioletowe koło) w 2005 roku

**Fig. 1.** Graphical view of Ecological Footprint for Warsaw citizens (rose circle) and Krakow (light violet circle) in 2005

### Słownik terminów stosowanych w obliczeniach Ekologicznego Śladu

Słownik zawiera terminy znajdujące się w wielu publikacjach związanych z omawianym tematem, a przede wszystkim w projekcie Ecological Footprint Standards (2006), opublikowanym przez Global Footprint Network, Advancing the Science and Sustainability (publikacja dostępna jest na stronie internetowej: <http://www.footprintnetwork.org>). Do zdefiniowania terminów wykorzystano informacje zawarte m.in. w pracy Weinerja (2005) *Życie i ewolucja biosfery, Kompendium wiedzy o ekologii* (2003) i *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method* (Wackernagel i in., 2005) oraz zasobach internetowych, np. Global Footprint Network <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>.

**Analiza Cyklu Życia Produktu (LCA)** (*Live Cycle Assessment Analysis*) – ilościowa analiza pozwalająca na oszacowanie wpływu produktu (lub procesu) na środowisko w ciągu jego całego okresu „życia”. W przypadku produktu jest to okres od pozyskania surowców niezbędnych do produkcji, do czasu gdy produkt stanie się bezużyteczny („od kołyski do grobu”). Analiza LCA obejmuje m.in. wpływ produktu na środowisko poprzez oszacowanie zużytych na poszczególnych etapach (wytworzenie produktu, jego montaż, dystrybucja, użytkowanie, likwidacja) surowców i energii, a także ilość wyemitowanych zanieczyszczeń. Pozwala to na oszacowanie wartości potencjałów degradacji zasobów biosfery (np. potencjał zakwaszający, potencjał niszczenia warstwy ozonowej, potencjał eutrofizacyjny, potencjał



ocieplający), w tym także zagrożenia dla zdrowia człowieka w związku z analizowanym wyrobem (Kulczycka 2001).

**Analiza I-O (Analiza Wejście–Wyjście)** (*Input-Output Analysis*) – narzędzie matematyczne stosowane w ekonomii do analizy przepływu dóbr i usług pomiędzy różnymi działami gospodarki przy użyciu tabel I-O (Tabele Wejście–Wyjście). Analiza ta opiera się na założeniu, że wyroby produkowane w jednej gałęzi przemysłu są konsumowane w innych gałęziach lub przez ostatecznego konsumenta. Na tej podstawie przepływy konsumpcji mogą zostać zidentyfikowane. Jeżeli są dostępne odpowiednie dane, analiza I-O może być wykorzystana do śledzenia i oceny ilościowej zarówno materiałowych jak i finansowych przepływów (strumieni przepływów). Połączone modele ekonomiczno-środowiskowe używają analizy I-O do śledzenia bezpośrednich i pośrednich oddziaływań działalności przemysłowej (z uwzględnieniem wszystkich ogniw łańcucha produkcyjnego) na środowisko lub do przypisania tych oddziaływań do określonych wymogów (ostatecznych) kategorii. W badaniach Śladu Ekologicznego (*footprint studies*) analiza może być użyta do oddzielnego określenia wielkości śladu dla wybranej kategorii (działalności produkcyjnej), jak również do poszerzenia zakresu (rozbudowy) Macierzy Konsumpcji Użytkowania Terenu (*Consumption Land Use Matrix*) (Ecological Footprint Standards 2006).

**Analiza konsumpcji** (*Consumption analysis*) – analiza (kalkulacja) Ekologicznego Śladu wykonana na podstawie danych statystycznych dotyczących konsumpcji dóbr i usług w odniesieniu do populacji zamieszkującej określoną jednostkę terytorialną (Ecological Footprint Standards 2006).

**Biosfera** (*Biosphere*) – (z gr.: bios – życie; sphaira – kula) przestrzeń, w której występuje życie; strefa kuli ziemskiej zamieszkała przez organizmy żywe. Większość organizmów żyje do około: 100 metrów ponad powierzchnią Ziemi (w troposferze), 150 metrów w głąb wody (w hydrosferze), 3 metry w głąb gleby (w litosferze). Granice (zasięg) biosfery nie są jednoznacznie określone, a podane powyżej granice bywają znacznie przekraczane (Weiner 2005). Pojęcie biosfery zostało wprowadzone przez geologa Eduarda Suessa w 1875 r. W ekologii pojawiło się w latach 20. XX w. i poprzedza ono pojęcie ekosystemu, które wprowadził Arthur Tansley w roku 1935 r.

**Cykl geochemiczny** (*Geochemical cycle*) – ruch materii od skał do gleb, do rzek, do oceanów i ponownie do skał. Równowaga powstała w wyniku cyklu geochemicznego nosi nazwę równowagi geochemicznej (bilansu geochemicznego). Powstanie wielu surowców (np. paliw kopalnych, rud metali, surowców skalnych) jest wynikiem cyklicznych procesów geologicznych. Wykorzystywanie jakichkolwiek zasobów naturalnych (np. wyręb lasów, uprawa pól, eksploatacja surowców mineralnych i rud metali, spalanie węgla, spalanie paliw płynnych) powoduje zmiany w przebiegu naturalnych cykli geochemicznych (Craig i in. 2003).

**Deficyt/zapas ekologiczny** (*Ecological deficit/reserve*) – różnica między pojemnością biologiczną a Ekologicznym Śladem kraju, regionu lub miasta. Deficyt ekologiczny ma miejsce wówczas, gdy wielkość Ekologicznego Śladu populacji zamieszkującej dany obszar przewyższa pojemność biologiczną tego obszaru (pojemność biologiczną powierzchni ujmowanej do obliczeń, o określonej różnorodności biologicznej). Ekologiczny deficyt w skali kraju może być łagodzony poprzez handel z krajami o dużych rezerwach (o dużej pojemności biologicznej przewyższającej wielkość Ekologicznego Śladu ich mieszkańców). W przypadku deficytu ekologicznego w skali globalnej nastąpiłoby „przestrzelenie” – ilość konsumowanych zasobów i usług oraz emisja zanieczyszczeń i gromadzenie odpadów przewyższyłoby zdolność ekosystemów do regeneracji i absorpcji odpadów. Deficyt lub zapas ekologiczny mogą być szacowane w odniesieniu do produkcji lub konsumpcji pierwotnej (Wackernagel i in. 2005). Na obszarze kraju posiadającego ekologiczny zapas może jednak wystąpić lokalne „przestrzelenie” (np. w przypadku miast).

**Drugorzędne czynniki konwersji** (*Secondary conversion factors*) – czynniki konwersji stosowane do przekształcenia ilości konsumowanych produktów pochodnych (*Daughter product*) na wielkość obszaru niezbędnego do ich wytworzenia; dokonuje się tego poprzez zastosowanie iloczynu: zrównujący czynnik konwersji produktu macierzystego (mnożna)  $\times$  stopień ekstrakcji (mnożnik). Do obliczeń stosunku ilości produktów pochodzących ze źródeł pierwotnych do produktów pochodnych stosuje się różnorodne metody, takie jak: analizy *input-output* (wejścia i wyjścia), Środowiskową Ocenę Cyklu Życia Produktu (LCA), przepisy produkcyjne (technologiczne) itp.

**Ekologia** – jedna z dziedzin biologii, jako nauka zajmuje się wzajemnymi oddziaływaniami pomiędzy osobnikami jednego lub różnych gatunków, oddziaływaniami pomiędzy organizmami a środowiskiem, a także zjawiskami zachodzącymi w całej biosferze i jej fragmentach (ekosystemach, biocenozach). Delimitacja ekologii jest nieostra i jej problematyka wnika do innych nauk, np. zoologii, botaniki, mikrobiologii, biogeografii, geochemii, a nawet do ekonomii. Do typowych problemów, jakimi zajmuje się ekologia, należą m.in.: dynamika liczebności populacji, interakcje międzygatunkowe, funkcjonowanie i warunki stabilności ekosystemów, przepływ energii i krążenie materii w ekosystemach i całej biosferze, powstawanie i utrzymywanie się różnorodności gatunkowej. Osiągnięcia ekologii znajdują szerokie zastosowanie w praktyce (rolnictwo, leśnictwo, rybołówstwo, reintrodukcja gatunkowa, rekultywacja gruntów, przeciwdziałanie eutrofizacji, oczyszczanie ścieków i in.). Szczególne jest znaczenie ekologii dla gospodarki zasobami naturalnymi, w ochronie przyrody i dla ochrony środowiska człowieka (*Kompendium wiedzy...* 2003; Weiner 2005). Wiedzę z zakresu ekologii wykorzystali Rees i Wackernagel (1996) do opracowania koncepcji Ekologicznego Śladu.

**Ekologiczny Ślad** (*Ecological Footprint*) – wartość (wyrażona w gha) obrazująca wielkość obszaru biologicznie produktywnego (łądów, mórz i oceanów) niezbędnego do wytworzenia zasobów i produktów konsumowanych przez jego użytkowników (populację zamieszkującą dany obszar) wraz z powierzchnią obszaru

niezbędnego do składowania odpadów i absorpcji emitowanych zanieczyszczeń powstających w wyniku działalności życiowej mieszkańców tego obszaru. Termin jest w Polsce rzadko używany. „Ekologiczny” oznacza najogólniej, ‘obliczony zgodnie z prawami ekologii’, ‘ślad’ – inaczej ‘odcisk, piętno’, to presja, jaką wywiera człowiek na środowisko. Wielkość Ekologicznego Śladu wyrażana w globalnych hektarach (gha) obrazuje także intensywność zużywania surowców i energii (zasobów odnawialnych i nieodnawialnych) oraz emisję zanieczyszczeń i ilość deponowanych odpadów przez populację żyjącą na danym terenie. Wynik obliczeń wskazuje, jaka powierzchnia obszaru biologicznie produktywnego Ziemi jest niezbędna do zaspokojenia ludzkich potrzeb wynikających z przyjętego stylu życia przy aktualnie dostępnych technologiach i stosowanych metodach zarządzania w gospodarce. Ponieważ społeczeństwa żyjące w różnych krajach zużywają surowce i produkty pochodzące z całego świata (np. w Polsce konsumujemy banany, pomarańcze, ananasy, które tu nie rosną), dlatego też przy obliczaniu wielkości Ekologicznego Śladu uwzględnia się zarówno import jak i eksport. Ekologiczny Ślad (EŚ) obrazujący zapotrzebowanie pojedynczej osoby na surowce i usługi na danym terenie można porównać z powierzchnią obszaru biologicznie produktywnego Ziemi w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Uzyskamy wówczas wynik, który pozwala odpowiedzieć na pytanie – czy do zaspokojenia naszych potrzeb wystarczy jedna planeta Ziemia? Przestrzeń ta (szczególnie jej część biologicznie produktywna) jest wymierna i ograniczona. Człowiek konsumuje zasoby przyrody, przetwarza je i produkuje odpady. Tym samym znacząco przekształca środowisko przyrodnicze (kapitał naturalny), a co najistotniejsze, wpływa na przebieg procesów biogeochemicznych zmieniając naturalne cykle, np. cykl hydrologiczny, cykl obiegu węgla i in. (Rees, Wackernagel 1996; Wackernagel i in. 2005; Ecological Footprint Standards 2006).

**Ekologiczny Ślad pierwotnej produkcji** (*Primary Production Footprint*) – w przeciwieństwie do Ekologicznego Śladu konsumpcji, Ekologiczny Ślad pierwotnej produkcji na poziomie kraju (państwa) obejmuje: zbiory i odpady powstające wewnątrz kraju, określa wielkość biologicznie produktywnego obszaru, który jest niezbędny do uzyskania zbiorów podstawowych produktów na analizowanym obszarze (<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**Ekwiwalent (równoważnik) ropy naftowej** (*Oil Equivalent*) – wskazuje ilość ropy naftowej niezbędnej do wytworzenie takiej samej ilości energii, jaką można uzyskać z węgla kamiennego, gazu ziemnego, a także z innych źródeł energii: energetyka wodna, energetyka atomowa etc. (Grudziński 2006). Przykładowo:

1 baryłka ropy =  $158,99 \text{ dm}^3 = 136,4 \text{ kg}$  (w przybliżeniu),

1 baryłka ropy jest równoważna 220 kg węgla,

1 baryłka ropy jest równoważna  $6,0 \cdot 10^9 \text{ J}$ ,

1 tona węgla jest równoważna  $27,2 \cdot 10^9 \text{ J}$ ,

1 W =  $1 \text{ J/s} = 1,341 \text{ KM}$ ,

1 kWh =  $3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

**Ekwiwalent (odpowiednik, równoważnik) Ziemi** (*Planet Equivalent*) – Ekologiczny Ślad przypadający na jednego mieszkańca Ziemi obliczony na podstawie

wielkości powierzchni ziemskiego obszaru biologicznie produktywnego w stosunku do aktualnej liczby ludności zamieszkującej Ziemię (wartość liczbowa). Wartość ta wynosiła wg danych z raportu WWF – Living Planet Report 2010... (2010) 2.7 gha w 2008 r. Obliczona wartość pozwala porównać wielkość Ekologicznego Śladu mieszkańca określonej jednostki terytorialnej (lub pojedynczej osoby) do Ekologicznego Śladu przypadającego na jednego mieszkańca Ziemi. Gdyby obie wartości były równe, ekwiwalent Ziemi wyniósłby 1. Na tej podstawie można stwierdzić, czy styl życia mieszkańców danej jednostki terytorialnej lub pojedynczej osoby przekracza wielkość ekwiwalentu Ziemi. Przykładowo w 2008 r. średnia światowa wartość Ekologicznego Śladu (obliczona na podstawie rzeczywistych danych dotyczących konsumpcji i wytworzonych odpadów) na 1 mieszkańca Ziemi wynosiła 2.7 gha, co oznacza, że aby zaspokoić przeciętne potrzeby jednego Ziemiańszczyzny, potrzebna była powierzchnia biologicznie produktywna przekraczająca tę, która aktualnie była na Ziemi dostępna. Z powyższych danych wynika, że ekwiwalent Ziemi wynosił wówczas około 0.4. Wystąpił zatem tzw. deficyt ekologiczny (Wackernagel i in. 2005; Living Planet Report 2008).

**Globalny hektar (gha)** (*global hectare, gha*) – jeden hektar biologicznie produktywnego łądu lub wód o średniej światowej produktywności. Zgodnie z FAO, w 2004 r. na Ziemi znajdowało się 11.4 mld hektarów biologicznie produktywnych powierzchni, co mniej więcej odpowiada 25% powierzchni planety, z czego 2.3 mld ha to oceany, 3.5 mld ha pastwiska, 1.5 mld ha to obszary rolnicze, 3.8 mld ha lasy i 0.2 mld ha to powierzchnia zabudowana. Jednostka ta jest używana do przedstawiania informacji dotyczących pojemności biologicznej (*biological capacity lub bicapacity*) na Ziemi oraz pojemności biologicznej wymaganej przez człowieka do zaspokojenia jego potrzeb życiowych (Ekologiczny Ślad). Globalny hektar jest normalizowany w stosunku do średniej produktywności biologicznej łądów i wód z uwzględnieniem rodzaju (wagi) obszarów. Podstawę stanowi zawsze pomiar produkcji pierwotnej. Jednym z motywów badań produktywności naturalnych i sztucznych ekosystemów była troska o wyżywienie ludzkości. Człowiek wykorzystuje część energii słonecznej, którą pobiera z biosfery jako pożywienie, paliwo i inne surowce. Różne obszary łądowe mają różną produktywność biologiczną. Dlatego wartość wyrażona przez globalne hektary (gha) dla pól uprawnych będzie wartością mniejszą niżeli dla obszarów o mniejszej produktywności biologicznej, np. dla pastwiska (większa powierzchnia pastwisk jest potrzebna, aby osiągnąć taką samą pojemność biologiczną jak obszar upraw). Ponieważ produktywność obszarów łądowych i wodnych na Ziemi jest zmienna w czasie, wartość wyrażona w gha różni się nieznacznie w różnych latach (Wackernagel i in. 2005).

**Ekologiczny Ślad państw** – (*Footprint of Nations; FoN*) – wielkość Ekologicznego Śladu państw obliczana na podstawie prace studialnych i metodologii Wackernagela i in. (2005). FoN przedstawia Ekologiczny Ślad i pojemność biologiczną 52 krajów świata. Metodę kalkulacji na poziomie kraju można pobrać ze strony internetowej The International Development Research Centre, <http://www.rprogress.org/programs/sustainability/ef>

**Hektar (ha)** (*hectare*) – jednostka pola powierzchni stosowana w pomiarach gruntu ( <http://encyklopedia.pwn.pl/haslo.php?id=3910750>).

1 ha = 1/100km<sup>2</sup> (kwadrat o boku 100 × 100 m) jest to obszar o wielkości 100 arów lub 2,471 akra. 1 hektar (ha) to obszar, jaki w przybliżeniu zajmuje boisko do piłki nożnej.

**Import netto** (*net import*) – wielkość importu pomniejszona o eksport. Jeśli wielkość eksportu jest większa niż wielkość importu, wtedy wielkość importu netto będzie ujemna (<http://dictionarist.com/net+imports>).

**Kapitał naturalny** (*natural capital*) – wszystkie surowce i naturalne cykle obiegu materii i energii w przyrodzie, w tym: cykle życiowe, cykl hydrologiczny i cykle biogeochemiczne na Ziemi. W analizie Ekologicznego Śladu brany jest pod uwagę jeden kluczowy komponent, jakim jest kapitał przyrodniczy rozumiany jako kapitał podtrzymujący życie biologiczne w środowisku. Kapitał ten definiuje się jako zasoby przyrody, które są podstawą do zaspokojenia potrzeb życiowych człowieka w sposób ciągły. Kapitał naturalny umożliwia proces produkcji i dekompozycji biomasy, wykorzystując do tego energię i podtrzymując cykl obiegu pierwiastków. Do głównych funkcji, jakie ma zapewnić kapitał naturalny, zalicza się produkcję biologiczną, absorpcję CO<sub>2</sub>, procesy dekompozycji na lądach i w wodach (dekompozycja odpadów), podtrzymanie różnorodności biologicznej biosfery, stabilność klimatu (Craig i in. 2003; Weiner 2005).

**Komponenty (składniki) konsumpcji (kategorie konsumpcji)** (*consumption components; consumption categories*) – w analizie Ekologicznego Śladu poszczególne składniki wpływające na jego wielkość są podzielone według kategorii konsumpcji. Najczęściej jest to 5 komponentów: żywność, mieszkanie, transport (mobilność), towary (konsumpcja towarów), usługi (konsumpcja usług). Podział ten umożliwia porównanie wielkości Ekologicznego Śladu konsumpcji każdego człowieka (w poszczególnych krajach, regionach i innych jednostkach terytorialnych). Całkowita wartość Ekologicznego Śladu jest sumą wszystkich komponentów. Aby uniknąć podwójnego przeliczania, należy upewnić się, że produkty konsumowane zostały zakwalifikowane tylko do jednego z komponentów (Ecological Footprint Standards 2006; A Project of the Global Footprint Network Standards Committees; <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**LPR (Living Planet Report)** – cyklicznie ukazujący się raport (uzupełniany co dwa lata) przedstawiający wyniki analizy Ekologicznego Śladu i pojemność biologiczną dla 152 krajów na świecie. Raporty wydawane są przez WWF (*World Wildlife Fund*), dostępne na stronach internetowych <http://www.footprintnetwork.org> i <http://www.panda.org/> w formie plików pdf

**Nadmierna presja - „przestrzelenie”** (*overshoot*) – konsumpcja dóbr i usług oraz emisja odpadów (emisje zanieczyszczeń do powietrza, wody, gleby oraz odpady stałe i ciekłe) związane z funkcjami życiowymi, gospodarczymi i kulturowymi społeczeństw, przekraczające produktywność biosfery (ekosystemów) i powodujące

dewastację ekosystemów (naruszenie równowagi dynamicznej w ekosystemach i uniemożliwienie mechanizmów samoregulacji). Nadmierna presja („przestrzelenie”) może prowadzić do wyczerpania „kapitału naturalnego Ziemi” w skali globalnej, regionalnej lub lokalnej. Jednak nawet dobre poznanie produktywności ekosystemów nie musi skutkować w przyszłości uniknięciem głodu i zmniejszeniem negatywnego wpływu „przestrzelenia” na gospodarkę. Uczynić to można jedynie dzięki wiedzy z zakresu ekologii, połączonej z korzystnymi dla środowiska przyrodniczego działaniami politycznymi, ekonomicznymi i demograficznymi (Śleszyński 2000).

#### **Neutralny lub negatywny Ekologiczny Ślad** (*Footprint Neutral or Negative*)

– wartość obliczona dla konkretnego przypadku konsumpcji zasobów, produktów i usług, która charakteryzuje się brakiem wzrostu lub nawet redukcją wielkości Ekologicznego Śladu. Można to prześledzić na następującym przykładzie: działalność polegającą na ocieplaniu domu pozostawia Ekologiczny Ślad wynikający z wykorzystania i montażu materiałów izolacyjnych. W rezultacie na skutek zastosowania izolacji zmniejszona zostaje ilość energii potrzebnej do ogrzewania lub chłodzenia budynku. Jeśli jednak redukcja Ekologicznego Śladu poprzez ograniczenie ilości energii jest równa lub nawet większa niż pierwotny Ślad Ekologiczny (przed ociepleniem budynku), co może wynikać z rodzaju materiału izolacyjnego i zastosowanej technologii ocieplania, to mówimy odpowiednio o neutralnym lub negatywnym oddziaływaniu (neutralny lub negatywny Ekologiczny Ślad). Należy zwrócić uwagę na fakt, iż budowanie nowego, energooszczędnego budynku nie musi spowodować, że obiekt ten będzie charakteryzował się neutralnym Śladem Ekologicznym. Neutralny lub sprzyjający zachowaniu równowagi Ekologicznej Ślad musi wynikać z redukcji innych, cząstkowych wpływów (np. redukcji poboru wody, segregacji odpadów itp.) (Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**Ochrona różnorodności biologicznej w analizie Ekologicznego Śladu** – (*Biodiversity Buffer; Ecological Footprint Account*) – od lat 80. XX w. problem powstrzymania kurczenia się różnorodnych form życia na Ziemi zaczęto postrzegać jako jedno z najważniejszych zadań stojących przed ludzkością. Należy jednak pamiętać, iż rozważanie znaczenia różnorodności gatunkowej dla biosfery (dla jej funkcjonowania) jest rzeczą niezmiernie skomplikowaną. Do przyczyn zagrożenia gatunków w związku z działalnością człowieka należą m.in. bezpośrednie tępienie, przejmowanie coraz większej powierzchni terenów pod rolnictwo, przemysł i urbanizację, emisja zanieczyszczeń i produkcja odpadów. Wszystkie wymienione wyżej przyczyny są nierozzerwalnie związane ze stylem życia człowieka. Potrzebę pilnej ochrony zachowania różnorodności gatunkowej na Ziemi należy więc rozważać przede wszystkim z punktu widzenia partykularnych interesów człowieka (np. 25% leków wypisywanych przez lekarzy zawiera naturalne składniki roślinne; dla sporej grupy ludzi sproszkowany róg nosorożca – gatunku zagrożonego, jest towarem o dużym znaczeniu handlowym). W analizie Ekologicznego Śladu określa się zatem wielkość powierzchni niezbędnej do zaspokojenia tych potrzeb człowieka, które wymagają zachowania różnorodności biologicznej na wysokim poziomie.

Według przewodniczącej Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju (World Commission on Environment and Development – WCED) – Gro Harlem Brundtland (*Our Common Future*, 1987) dla zachowania różnorodności biologicznej i zachowania trwałości układów ekologicznych mogących zaspokoić potrzeby ludzkości należałoby wyłączyć z użytkowania około 12% powierzchni obszaru, na którym żyje określona populacja. Twórcy koncepcji Ekologicznego Śladu sugerują zatem, aby w obliczeniach do obszaru zajmowanego przez populację dodać 12% powierzchni w celu ochrony różnorodności biologicznej (Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**Osobisty Ekologiczny Ślad** (*Personal Ecological Footprint*) – Ekologiczny Ślad (gha), którego wartość obliczana jest na poziomie indywidualnym na podstawie odpowiedzi na kilka prostych pytań zawartych w ankiecie. Pytania dotyczą konsumpcji zasobów, produktów i usług. Każdej odpowiedzi przypisana jest określona liczba punktów (Wackernagel i in. 2005). Do ankiety dołączony jest „kalkulator” (ang. *The Personal Ecological Footprint Calculator*), który automatycznie przelicza punkty na wyrażone obszarowo funkcje środowiskowe (gha). Po udzieleniu odpowiedzi na pytania, otrzymujemy wynik, który jest wartością powierzchni zajmowanego obszaru niezbędnego do zaspokojenia indywidualnych potrzeb. Wynik ten można porównać do wielkości Ekologicznego Śladu przypadającego średnio na jednego mieszkańca Ziemi. Ankieta, na podstawie której można obliczyć osobisty Ekologiczny Ślad, dostępna jest między innymi na stronach internetowych:

- Footprint calculator, <http://footprint.wwf.org.uk>;
- Best foot forward, <http://www.ecologicalfootprint.com>;
- Fundacja GAP Polska <http://www.gappolska.org>

**Pierwotne współczynniki konwersji** (*Primary conversion factors*) – czynniki używane do przeliczenia wielkości produktu pierwotnego (np. drewno dla obszarów leśnych, zboża dla obszarów uprawnych, łososie dla obszarów łowisk), na obszar wyrażony w globalnych hektarach (gha) niezbędny do wytworzenia tego produktu. Pierwotne współczynniki konwersji są wyrażane w tonach produktu pierwotnego wytworzonego w ciągu roku na powierzchni jednego globalnego hektara (w przypadku drewna – roczna produkcja w m<sup>3</sup>/gha, w przypadku energii roczna produkcja w MJ/gha) (Global Footprint Network, [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/application\\_standards/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/application_standards/)).

**Plon** (*Yield*) – masa użytkowej części roślin (część wyprodukowanej biomasy), np. masa części roślin wykorzystywanych w celach spożywczych (ziarno zbóż, bulwy ziemniaczane i in.), paszowych lub przemysłowych (liście tytoniu i in.), zebrana z jednostki powierzchni. Plon wyrażany jest w t/ha/rok (Flis, 1986; Wackernagel i in. 2005).

**Podwójne liczenie** (*Double counting*) – aby nie wyolbrzymiać wielkości ludzkiego zapotrzebowania w stosunku do zasobów przyrodniczych, podczas obliczenia Ekologicznego Śladu unika się podwójnego liczenia lub liczenia tego samego obszaru kilkakrotnie. Np. dane ekonomiczne (dane statystyczne z zakresu gospodarki) kraju,

w którym uprawiana jest pszenica, która mielona jest na mąkę, z której piecze się chleb, będą przedstawiać wszystkie trzy produkty (pszenica, mąka, chleb) w swoich statystykach gospodarczych i finansowych. Jednakże uwzględnia się wtedy to samo ziarno pszenicy, które jest przetwarzane i ostatecznie konsumowane. Dlatego, gdy mierzy się krajowy Ekologiczny Ślad, pszenica powinna być liczona tylko w jednym etapie procesu przetwarzania (Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>; Wackernagel i in., 2005).

**Pojemność siedliska** (*Carrying habitat capacity*) – pojemność siedliska (przestrzeni, w której występuje określony gatunek) określa potencjalnie maksymalną liczbę osobników, która może żyć w siedlisku bez spowodowania jego degradacji i bez ograniczania zdolności do życia. Jednak należy pamiętać, że pojemność siedliska może być niezależna od liczby osobników (np. jeśli wyznacza ją liczba dziupli, w których będą mogły zagnieździć się ptaki leśne, w warunkach dużego zagęszczenia może też dojść do zmniejszenia wielkości osobników). Ograniczenie liczby gatunków w danym siedlisku uwarunkowane jest nie przestrzenią, lecz niszą ekologiczną każdego z nich. W przypadku ludzi, pojemność siedliska zależy od warunków naturalnych i kulturowych (Weiner 2005).

**Pojemność środowiska** (*Carrying capacity*) – maksymalna wielkość populacji danego gatunku, jaka może występować w siedlisku ([http://sloownik.ekologia.pl/leksykon\\_ekologii\\_iochrony\\_srodowiska](http://sloownik.ekologia.pl/leksykon_ekologii_iochrony_srodowiska)); lub zdolność środowiska przyrodniczego do ponoszenia obciążeń związanych z życiem organizmów, w tym z działalnością człowieka. W tym ostatnim przypadku najczęściej oznacza maksymalną ilość zanieczyszczeń (np. ścieków), jaką można wprowadzić do ekosystemu (np. do rzeki) bez zachwiania równowagi ekologicznej (czyli tyle, ile system zdoła usunąć w procesach samooczyszczania). Ekosystemy przeciążone tracą stopniowo zdolność do regeneracji i ulegają degradacji (What is carrying capacity, <http://www.gdrc.org/uem/footprints/carrying-capacity.html>).

**Pojemność biologiczna** (biopojemność) (*Biocapacity*) – ilość zasobów przyrody występujących na danym obszarze biologicznie produktywnym, które mogą być pozyskiwane przez człowieka przy zastosowaniu dostępnych technologii. Wielkość pojemności biologicznej obszaru dla potrzeb obliczeń Ekologicznego Śladu otrzymuje się przez pomnożenie wielkości badanego obszaru przez wskaźnik wydajności plonów i odpowiedni wskaźnik równoważności. Pojemność biologiczna jest w tym przypadku wyrażana w globalnych hektarach i zależy od możliwości produkcyjnych obszaru oraz dostępnych technologii. Np. Francja posiada urodzajne gleby oraz stosuje nowoczesne technologie, dlatego wielkość plonów przewyższa średnią światową. Pojemność biologiczna jest wielkością wskaźnikową pokazująca zdolność środowiska do ponoszenia obciążeń antropogenicznych (Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>, Biocapacity, <http://www.worldmapper.org/posters>).

**Pojemność biologiczna na osobę** (*Biocapacity per capita*) – jest to iloraz biologicznie produktywnego łądu i morza oraz wielkości populacji (aktualnej dla



danego roku). Według Living Planet Report 2010 (2010) w roku 2008 wynosiła ona 2,2 gha. Biologicznie produktywny ląd i morze (*biologically productive land and sea*) to całkowita suma biologicznie produktywnych powierzchni lądu oraz morza. W roku 2008 biologicznie produktywna powierzchnia wynosiła 11,4 miliarda ha (w przybliżeniu). Wielkość ta nie uwzględnia obszarów marginalnych (pustynie, lodowce) oraz biomasy, która nie jest wykorzystywana przez ludzi (Ecological Footprint Standards, <http://www.footprintstandards.org>).

**Produkcja biologiczna pierwotna** (*Primary production*) – intensywność syntezy materii organicznej przez organizmy autotroficzne (szybkość gromadzenia energii promieniowania słonecznego w postaci energii chemicznej) w materii organicznej. Wielkość produkcji pierwotnej wykazuje duże zróżnicowanie w skali globalnej, zależna jest bowiem od danego typu ekosystemu (np. biomu). Produkcja pierwotna ogólna (albo brutto), nazywana również szybkością fotosyntezy lub całkowitą fotosyntezą, to całkowita wytworzona materia organiczna, łącznie z tą, którą producenci zużywają w procesach oddychania. Produkcja pierwotna czysta (albo netto) to szybkość magazynowania materii organicznej w tkankach roślin, czyli materia niezużyta przez rośliny na oddychanie w badanym czasie. Jest to energia potencjalnie dostępna dla organizmów heterotroficznych. Produkcja czysta stanowi zwykle około 80–90% produkcji ogólnej (*Kompendium wiedzy...* 2003; Weiner 2005).

**Produkcja biologiczna wtórna** (*Secondary production*) – to szybkość magazynowania energii w tkankach organizmów heterotroficznych (*Kompendium wiedzy...* 2003) lub materia organiczna wraz ze zmagazynowaną w niej energią, gromadzoną na różnych poziomach troficznych ekosystemu przez konsumentów i reducentów. Na kolejnych poziomach troficznych produkcja biologiczna wtórna jest coraz niższa w wyniku jej straty na różne procesy, np. oddychanie (Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**Produkt pierwotny** (*Primary product*) – najczęściej jest to nieprzetworzony surowiec pochodzenia biologicznego, np. drewno, mleko, ryby (<http://www.gfinance.com/dictionary/primaryproduct>).

**Produkt pochodny** (*Daughter product*) – produkt będący efektem przetwarzania produktu pierwotnego (Ecological Footprint Standards, <http://www.footprintstandards.org>).

**Produktywność** (*Productivity*) – produktywność pierwotna oznacza w ekologii tempo, w jakim producenci przekształcają energię słoneczną w procesie fotosyntezy w energię chemiczną materii organicznej, stanowiącą potencjalne źródło pokarmu konsumentów. Produktywność pierwotną mierzy się w jednostkach biomasy lub w kaloriach na jednostkę powierzchni i jednostkę czasu (np. kg/ha/rok) (Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>).

**Produktywność wtórna** – tempo wiązania energii wytworzonej przez producentów przez konsumentów w danym ekosystemie. W kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego produktywność wtórna jest coraz mniejsza na skutek utraty energii przy każdym przejściu na wyższy poziom troficzny (*Kompendium wiedzy...*, 2003, Weiner, 2005).

**Rozwój zrównoważony (ekorozwój)** (*Sustainable development*) – rozwój gospodarczy, który godzi prawa ekologii i prawa ekonomii, nie narusza w sposób istotny i nieodwracalny środowiska życia człowieka. Społeczeństwo realizujące ideę ekorozwoju uznaje nadrzędność wymogów ekologicznych, których nie należy zakłócać przez wzrost cywilizacji oraz rozwój kulturowy i gospodarczy, respektuje oszczędną produkcję i konsumpcję oraz recykling odpadów. Termin został wprowadzony w czasie konferencji ONZ w Sztokholmie w roku 1972. Twórcy terminu podkreślają, iż dobra jakość środowiska pozwala na życie w godności i dobrobycie (Kozłowski 2007).

**SGA** (*Sub-National Geographical Area*) – dowolny obszar powierzchni wewnątrz kraju, np. miasto, gmina, powiat, województwo lub inny region administracyjny, wydzielony ze względu na potrzeby badawcze.

**Standaryzacja dla badań Ekologicznego Śladu** (*Standards for footprint Studies*) – kryteria wyznaczające metody zarządzania źródłami danych, które są zazwyczaj używane w badaniach nad Ekologicznym Śladem. Standardy te (wyznaczniki) zostały ustanowione przez Komitety Ogólnosiwiatowej Sieci Standardów Śladu Ekologicznego, składające się z naukowców i badaczy (biologów, geografów, ekonomistów, inżynierów) z całego świata, którzy pracują nad rozwojem i wdrażaniem metody Ekologicznego Śladu. Wyznaczniki te służą tworzeniu przejrzystych, wiarygodnych i wzajemnie porównywalnych wyników badań. Tam, gdzie wskaźniki nie są wystarczające (np. z powodu braku danych statystycznych), wytyczne do obliczeń Ekologicznego Śladu powinny zostać rozważone przez odpowiednie instytucje na poziomie krajowym lub lokalnym (Global Footprint Network, Footprint standards, <http://www.footprintstandards.org/>).

**Stopień ekstrakcji** (*Extraction rate*) – czynnik pozwalający na porównanie ilości produktu macierzystego z ilością produktu pochodnego, np. pszenica, mąka (Footprint Standards, <http://footprintstandards.org>).

**Surowce mineralne** (*Mineral raw materials*) – kopalina wydobyta przeznaczona do użytkowania, a także użyteczne produkty przeróbki (uszlachetniania, wzbogacenia) kopaliny oraz użyteczne produkty odpadowe przetwarzania surowców mineralnych. Właściwości surowców mineralnych są modyfikowane w różnych procesach technologicznych.

**Tabele I-O** (*Input-Output tables*) – tabele zawierające dane wykorzystywane w analizach wejście – wyjście (<http://odce.org/documents>).

**Tona** (*tonne*) – miara wagowa w systemie metrycznym odpowiadająca 1000 kg lub 2205 funtom; 1 [t] = 2205 [lbs] i 1 [lb] = 0.453 [kg] (Convertworld, <http://www.convertworld.com/pl/masa/Tona.html>).

**Typy obszarów** (*Area type*) – w analizie Ekologicznego Śladu ze względu na sposób zagospodarowania terenu wydzielono pięć typów obszarów: pola uprawne, pastwiska, lasy, obszary połowu ryb, obszary zabudowane (Wackernagel i in., 2005).

**Współczynnik naturalnych (przyrodniczych) strat** – (*Natural loss factor*) – współczynnik pozwalający na oszacowanie ilości uszkodzonego drewna w celu obliczenia efektywnego plonu lasu (Wackernagel i in. 2005).

**Współczynnik plonów** (*Yield factor*) – czynnik określający, ile razy produktywność danego kraju jest mniejsza lub większa od średniej produktywności w skali globalnej. Pozwala on na określenie różnic pomiędzy krajami ze względu na produktywności i rodzaj gruntów (Green Chip Stocks, <http://greekchipstocks.com/glossary>)

**Współczynniki przetwórcze** (*Processing factors*) – wskaźniki wykorzystywane do wyznaczenia wielkości plonu w celu obliczenia ilości biologicznego materiału utraconego (lub pominiętego) pomiędzy zbiorem a ostateczną konsumpcją (FAO, <http://fao.org/codex>).

**Współczynnik równoważności** (*Equivalence factor*) – służy do przekształcenia powierzchni określonego typu obszaru (np. obszaru uprawnego lub leśnego) w uniwersalną jednostkę powierzchni obszaru biologicznie produktywnego, czyli hektar globalny (Global Footprint Network, <http://footprintnetwork.org/glossary>).

**Współczynnik strat** (*Waste factor*) – używany do obliczenia efektywnego plonu z pól uprawnych (Global Footprint Network, Footprint Standards, [footprintstandards.org](http://footprintstandards.org)).

**Współczynnik strat plonu** (*Harvest loss factor*) – używany do obliczeń efektywnego (rzeczywistego) plonu (FAO, <http://www.FAO.org/inpho/contact>).

**Współczynnik zasiewu** (*Seed factor*) – pozwala na wyliczenie ilości ziarna przeznaczonego do zasiewu, używany do obliczenia efektywnego plonu z upraw (Global Footprint Network, Footprint Standards, <http://www.footprintstandards.org>).

**Wtórne współczynniki konwersji** (*Secondary Conversion Factors*) – używane do wyliczenia obszaru potrzebnego do wytworzenia wtórnego lub pochodnego produktu (np. papier z drewna dla obszarów leśnych, chleb ze zboża dla obszarów uprawnych, mrożone krokiety z łososia dla obszarów rybołówstwa). Wtórne współczynniki konwersji wyrażane są w wielkości rocznej produkcji w tonach/gha albo innej rocznej jednostce/gha, np. roczna wartość produktów w \$/gha. Do oceny ilościowej wkładu pierwotnych zasobów do wtórnego produktu używane są

inne metody obliczeń (np. analiza LCA, Analiza Wejście–Wyjście) (Global Footprint Network, <http://footprintnetwork.org/glossary>).

**Wyniki oszacowania Ekologicznego Śladu (baza danych dla wybranych krajów świata)** (*National Footprint Accounts*) – centralna zbiorcza baza danych zawierająca szacunkowe dane na temat wielkości Ekologicznego Śladu i pojemności ekologicznej około 150 krajów o liczbie ludności większej niż 1 mln mieszkańców w latach 1961–2003. Ciągły rozwój bazy danych śladu ekologicznego jest koordynowany przez Global Footprint Network i jej ponad 40 partnerów (Global Footprint Network, <http://footprintnetwork.org/en/index.php>).

**Zasoby przyrodnicze** (*Natural resources*) – całkowita ilość surowców mineralnych i energetycznych na określonym obszarze oraz biomasy taksonów, które mogą być przetwarzane na produkty użyteczne, a także obszary chronione wraz z ich walorami faunistycznymi, florystycznymi i geologicznymi. Zasoby złóż kopalin (np. surowców mineralnych i energetycznych) to koncentracje występujących w stanie naturalnym w skorupie ziemskiej lub na jej powierzchni substancji stałych, ciekłych lub gazowych w takiej formie i ilości, że wydobycie surowca jest ekonomicznie uzasadnione obecnie lub w przyszłości. Z ok. 90 znanych pierwiastków chemicznych co najmniej 86 jest w różny sposób obecnie wykorzystywanych. Niekiedy sposób ich wykorzystania jest oczywisty (np. żelazo – stal do produkcji statków czy samolotów lub prętów zbrojeniowych dla potrzeb budownictwa, sód i chlor – sól kamienna spożywcza), innym razem wymaga wiedzy z zakresu technologii produkcji (np. stop wanadu z żelazem – używany jest do produkcji stali specjalnych, pierwiastki ziem rzadkich – cer, lantan i in. wykorzystuje się do produkcji barwnych luminoforów i odbiorników telewizyjnych) (Craig i in. 2003).

## Literatura

- Aall C., Thorsen-Norland I., 2002, *Report no. 11/02, The Ecological Footprint of the City of Oslo – Results and Proposals for the Use of the Ecological Footprint in Local Environmental Policy*, Western Norway Research Institute ProSus, Sogndal, University of Oslo, 1–38, [www.prosus.uio.no/english/sus\\_dev/tools/ecofootprint\\_oslo.htm](http://www.prosus.uio.no/english/sus_dev/tools/ecofootprint_oslo.htm)
- Barret J., Vallack H., Jones A., Haq G., 2002, *A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York Technical Report*, Stockholm Environment Institute, s. 1–109.
- Barrett, J., Birch, R., Cherret, N., Simmons, C., 2004, *An Analysis of the Policy and Educational Applications of the Ecological Footprint – A report to WWF Scotland*, Stockholm Environment Institute York and Best Foot Forward.
- City Limits, a resource flow and ecological footprint analysis of Greater London, 2002, Best Foot Forward Ltd, 1–72, [www.citylimitslondon.com](http://www.citylimitslondon.com)
- Craig J.R., Vaughan J., Skinner J., 2003, *Zasoby Ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 14.
- Ecological Footprint Standards, 2006, A Project of the Global Footprint Network Standards Committees, s. 1–34.
- Ewing B., A. Reed, S.M. Rizk, A. Galli, M. Wackernagel, J. Kitzes. 2008. *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2008 Edition*. Oakland: Global Footprint Network, s. 1–19.

- Grudziński Z., 2006, *Tendencje zmian cen energii elektrycznej w latach 2002–2005*, Polityka Energetyczna, t. 9, z. 1. Wyd. Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, s. 45–60.
- Flis J., 1986, *Szkolny słownik geograficzny*, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 24.
- Kompendium wiedzy o ekologii*, 2003, Strzałko J., Mossor-Pietraszewska T. (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kozłowski S., 2007, *Przyszłość ekorozwoju*, Wydawnictwo KUL, Lublin, s. 45–180.
- Kulczycka J., 2001, *Ekologiczna ocena cyklu życia (LCA) nową techniką zarządzania środowiskowego*, Wydawnictwo Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, s. 8.
- Lenzen, M., Murray, S. A., 2001. *A modified ecological footprint method and its application to Australia*, *Ecological Economics* 37, s. 229–255.
- Living Planet Report 2008 (2008 WWF), for a living planet, [http://assets.panda.org/downloads/living\\_planet\\_report\\_2008.pdf](http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report_2008.pdf)
- Living Planet Report 2010, Biodiversity, biocapacity and development, 2010, [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/2010\\_lpr/pdf](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2010_lpr/pdf)
- Maj G., 2007, *Ekologiczny Ślad miasta Warszawy*, maszynopis pracy magisterskiej wykonanej pod kierunkiem naukowym Wilczyńskiej-Michalik W., Archiwum UP, s. 1–213
- Makowski J., 2007, *Geografia fizyczna świata*, PWN, Warszawa, s. 302.
- Markowski J., 2003, *Zarządzanie antropopresją*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań, s. 72–73.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., 1995, *Przekraczanie granic. Globalne załamanie czy bezpieczna przyszłość?*, Centrum Uniwersalizmu przy Uniwersytecie Warszawskim, Polskie Towarzystwo Współpracy z Klubem Rzymskim, Warszawa, s. 1–270.
- Mesarović M., Pestel E., 1977, *Ludzkość w punkcie zwrotnym? Drugi Raport dla Klubu Rzymskiego*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, s. 1–212.
- Our Common Future*, 1987, G.H. Brundtland (red.), The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, s. 1–400.
- Rees W., 1992, *Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out?*, *Environment and Urbanisation*, Vol. 4, no 2.
- Rees W., Wackernagel M., 1996, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Vancouver, s. 1–178.
- Rudnicka K., 2007, *Ekologiczny Ślad Krakowa*, maszynopis pracy magisterskiej wykonanej pod kierunkiem naukowym Wilczyńskiej-Michalik W., Archiwum UP, s. 1–100.
- Sharratt P., Wackernagel M., 2003, *Towards a Sustainable London: Reducing the Capital's Ecological Footprint Phase 1 Report: Determining London's Ecological Footprint and priority Impact Areas for Action*, WSP Environmental Ltd & Natural Strategies LLC, s. 1–41.
- Śleszyński J., 2000, *Ekonomiczne problemy ochrony środowiska*, Agencja Wydawnicza ARIES, Warszawa, s. 1–416.
- Vergoulas G., Levis K., Jenkins N., 2003, *An ecological footprint analysis of Angus – Scotland*, Angus Council, Best Foot Forward Ltd, Oxford, ss. 1–38, [www.bestfootforward.com](http://www.bestfootforward.com)
- Wackernagel M., Monfreda Ch., Moran D., Wermer P., Goldfinger S., Deumling D., Murray M., 2005, *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method*, Global Footprint Network, Oakland, 1–33, [www.footprintnetwork.org/](http://www.footprintnetwork.org/)
- Weiner J., 2005, *Życie i ewolucja biosfery*, Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 29–30.

Zasoby internetowe:

Best foot forward , <http://www.ecologicalfootprint.com>

Biocapacity, <http://WWW.worldmapper.org/posters>

Convertworld, <http://www.convertworld.com/pl/masa/Tona.html>

Environment Agency, <http://www.environment-agency.gov.uk>

FAO, <http://fao.org/codex>

Footprint calculator, <http://footprint.wwf.org.uk>

Footprint Network , <http://www.footprintnetwork.org/glosary>

Footprint standards, <http://www.footprintstandards.org>

Fundacja GAP Polska <http://www.gappolska.org>

Global Footprint Network, [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/application\\_standards/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/application_standards/)

Green Chip Stocks, <http://greekchipstocks.com/glossary>

<http://www.rprogress.org/programs/sustainability/ef>

<http://www.citylimitslondon.com/downloads/Complete%20report.pdf>

<http://dictionarist.com/net+imports>

<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary>

[http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/2010\\_lpr/pdf](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2010_lpr/pdf)

Research Institute ProSus, Sogndal

[www.prosus.uio.no/english/sus\\_dev/tools/ecofootprint\\_oslo.htm](http://www.prosus.uio.no/english/sus_dev/tools/ecofootprint_oslo.htm)

The Global development Research Center, <http://www.gdrc.org/uem/footprints/index.html>;

The International Development Research Centre

Twój ślad na Ziemi, [http://www.eko.org.pl/pie/edu\\_twoj\\_slad.shtml](http://www.eko.org.pl/pie/edu_twoj_slad.shtml)

U.S. Census Bureau, <http://www.census.gov>

What is carrying capacity, <http://www.gdrc.org/uem/footprints/carrying-capacit.html>

Wikipedia, wolna encyklopedia, <http://pl.wikipedia.org/wik>

## **Principles of the Ecological Footprint Analysis and examples of its calculation for cities**

### **Abstract**

The article presents the concept of Ecological Footprint (EF), which is a quantitative indicator of human impact on the environment. The idea of EF has originated from the concept of carrying capacity. The Ecological Footprint measures how much of the land and water area a human population requires to produce the resource it consumes and to absorb its wastes, using the prevailing technology. The methodology was developed by Rees and Wackernagel (1996).

The Ecological Footprint Assessment is a common supporting tool in planning and development of cities, subnational geographical regions and states. EF is important in ecological education at the primary and higher educational level, also including academic grade.

At the beginning of the 21st century, requirements of the population in some countries (e.g. U.S., United Arab Emirates, Kuwait, Denmark, Australia, Canada) already exceed the planetary limits and ecological assets are becoming more critical.

Implementation of the EF concept demands precise definition of many terms taken from ecology, geography, technology, or economy. The most important terms are explained in the glossary.

More than half the global population (on average about 51%) live in cities (in Poland about 62%). Their inhabitants have a substantial impact on the environment. The EF value for inhabitants of the capital city of Poland – Warsaw – in 2005 was 6.5 gha per capita, for the inhabitants of Cracow – 7.67 gha per capita. The average EF worldwide value in 2005 was approximately 2,1 gha per capita, and in 2007 1.8 gha per capita.

The inhabitants of Warsaw and Cracow, through consumption of goods and services, exert significant pressure on the environment and aggravate the ecological deficit of the Earth.

Key words: Ecological Footprint, Cracow, Warsaw

Wanda Wilczyńska-Michalik  
Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej  
Instytut Geografii  
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków  
e-mail: wmichalik@up.krakow.pl

Karolina Świder  
Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej  
Wydział Geograficzno-Biologiczny, kierunek geografia  
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków  
e-mail: Karolina.swider@gmail.com