

# Jerzy Śleszyński

## Footprinting, czyli mierzenie śladu pozostawionego w środowisku



---

UNIwersYTET WARSZAWSKI  
**Wydział Nauk Ekonomicznych**

---

# Agenda

- Rozwój trwały i zrównoważony
- Wskaźniki „śladu”
- Ecological Footprint (EF)
- Carbon Footprint (CF)
- Silne i słabe strony wskaźników
- Wnioski



# Definicja trwałego rozwoju



- Rozwój, który pozwala zaspokoić obecne potrzeby w sposób nie ograniczający możliwości zaspokojenia potrzeb przez przyszłe pokolenia („Brundtland Report”)
- W obszarze zainteresowań pozostają podstawowe sfery ludzkiej działalności: ekonomiczna, społeczna, środowiskowa
- Kryterium rozstrzygającym jest zdolność do trwania – biosfery, ekosystemów, układu społecznego, wzrostu dobrobytu, rozwoju gospodarczego

# Trzy filary trwałego rozwoju



- **Gospodarka**
  - zapewnienie wzrostu dobrobytu oraz trwałe podnoszenie poziomu i jakości życia
- **Środowisko**
  - poprawa stanu i jakości środowiska oraz gospodarowanie zasobami odnawialnymi i nieodnawialnymi w sposób racjonalny i trwały
- **Społeczeństwo**
  - zapewnienie trwałości struktur społecznych i realizacja idei sprawiedliwości społecznej (również w odniesieniu do przyszłych pokoleń)

# Wskaźniki trwałego rozwoju



- Wskaźniki przekrojowe – zbiór wskaźników zorientowanych celowo: dziedzinowych, problemowych, sektorowych, określonych przestrzennie lub administracyjnie itd.
- Wskaźniki syntetyczne – dotyczą rozwoju społeczno-gospodarczego, dobrobytu, stanu środowiska, presji na środowisko
- Wskaźniki dla społeczności lokalnych – odzwierciedlające specyfikę miejsca poprzez uwzględnianie aspiracji, preferencji i czynnego udziału lokalnych mieszkańców

# Definiowanie śladu ekologicznego

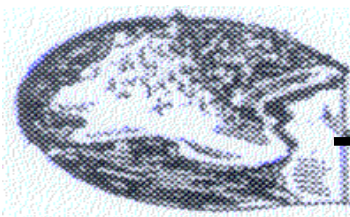
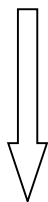
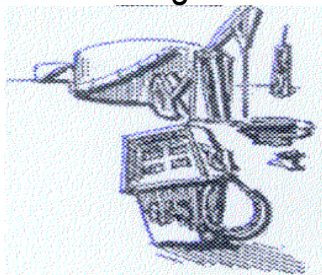


Pierwotna definicja  
(Wackernagel & Rees, 1994):

*Ecological Footprint* (EF) - „ślad ekologiczny” jest to całkowita ilość biologicznie produktywnej powierzchni ziemi niezbędna do zaspokojenia potrzeb konsumpcyjnych danej populacji oraz asymilacji zanieczyszczeń i odpadów przez nią wytwarzanych

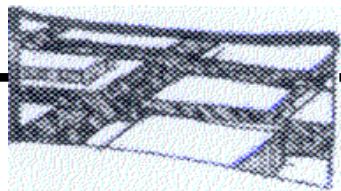
# Obszary Ecological Footprint

konsumpcja nośników energii



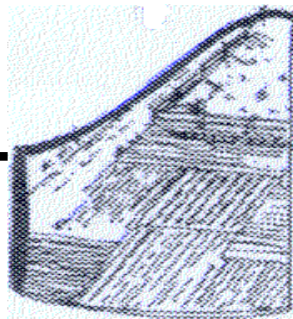
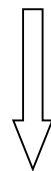
obszary energetyczne

tereny przemysłowe i miejskie



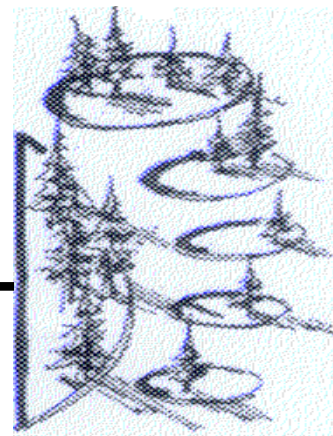
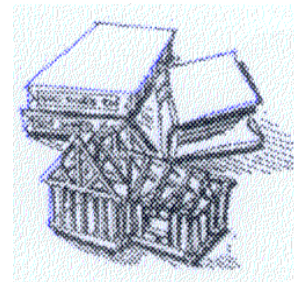
obszary zabudowane

produkcja żywności



obszary rolnicze

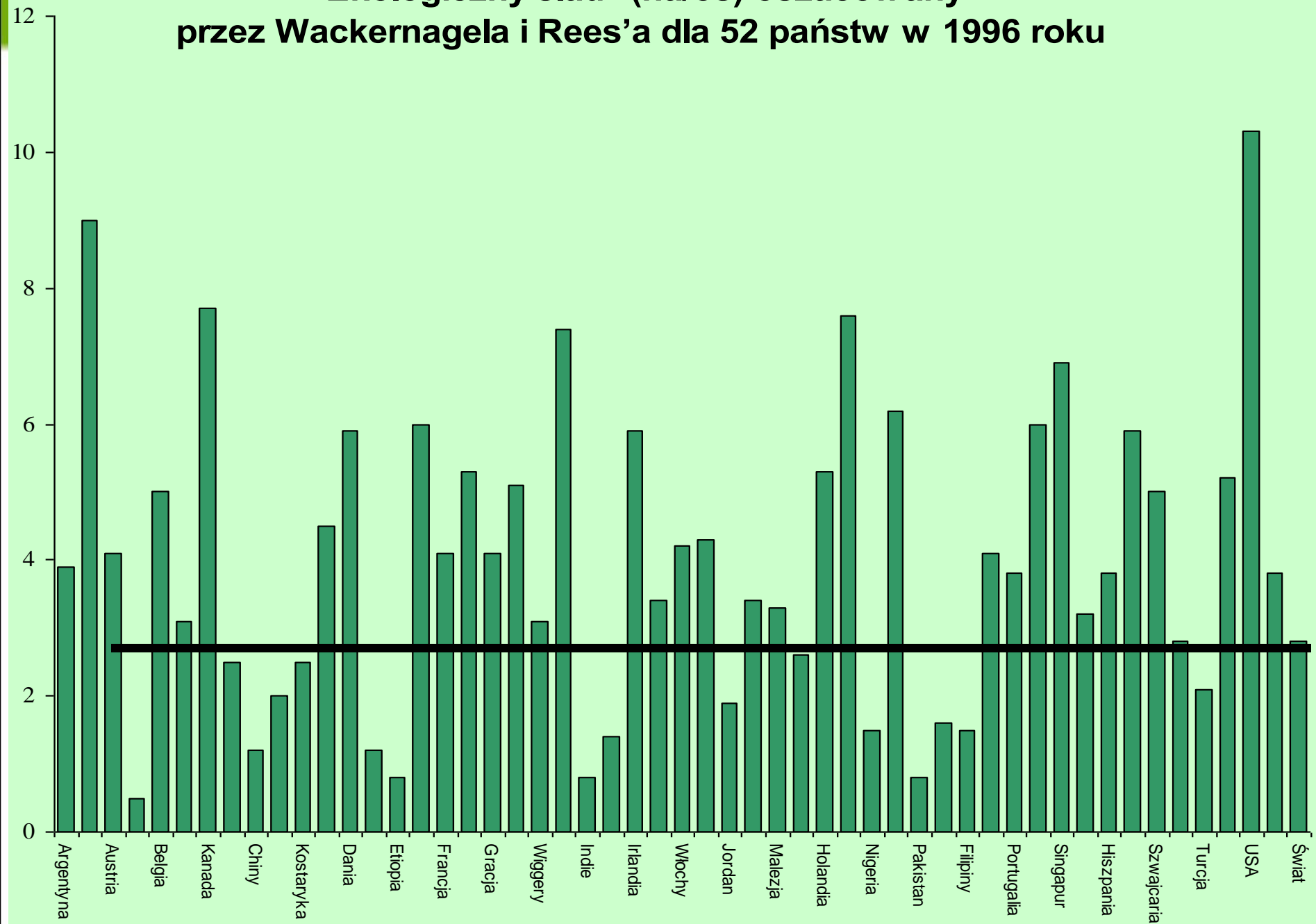
produkcja drewna



obszary leśne



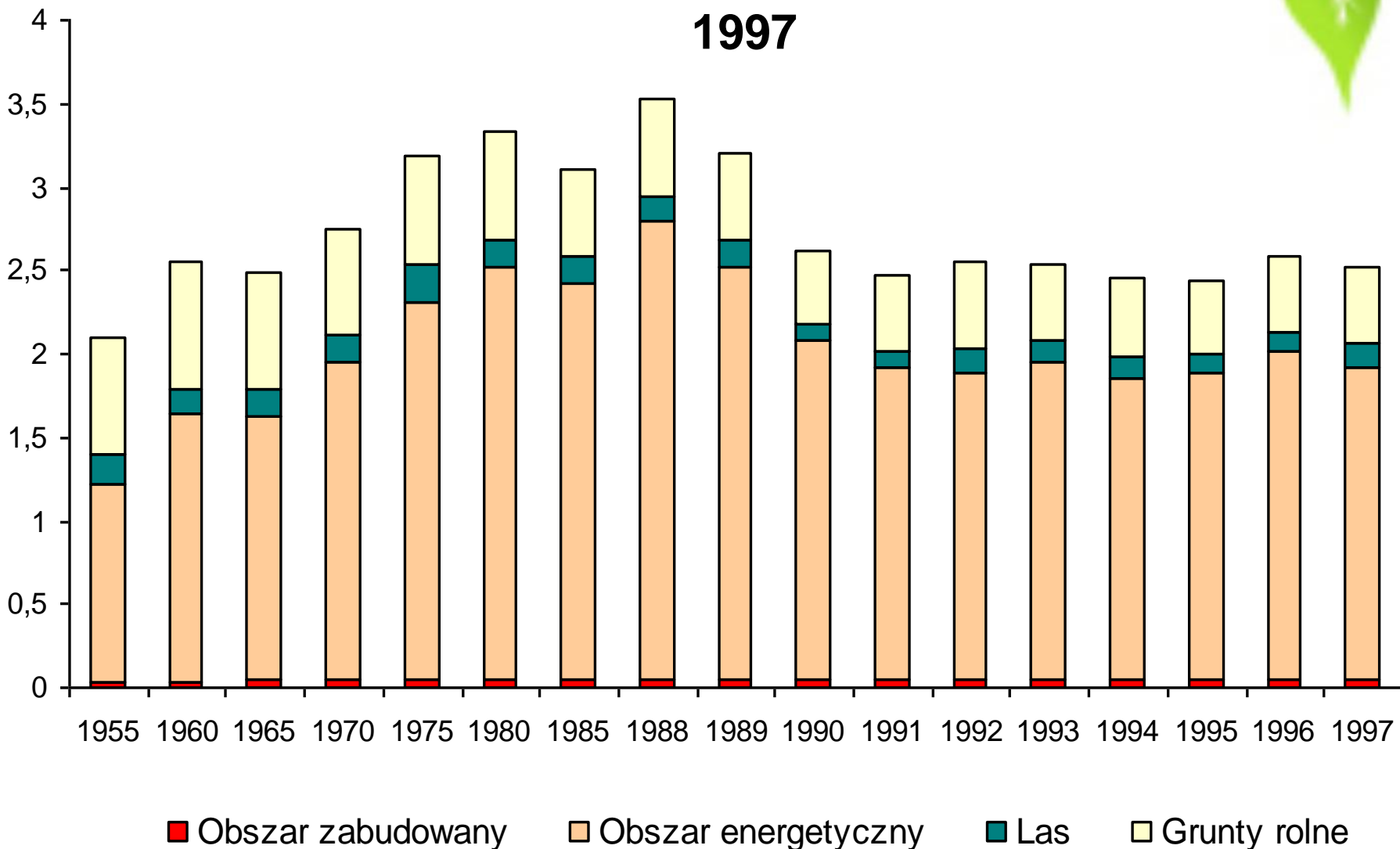
# "Ekologiczny ślad" (ha/os) oszacowany przez Wackernagela i Rees'a dla 52 państw w 1996 roku



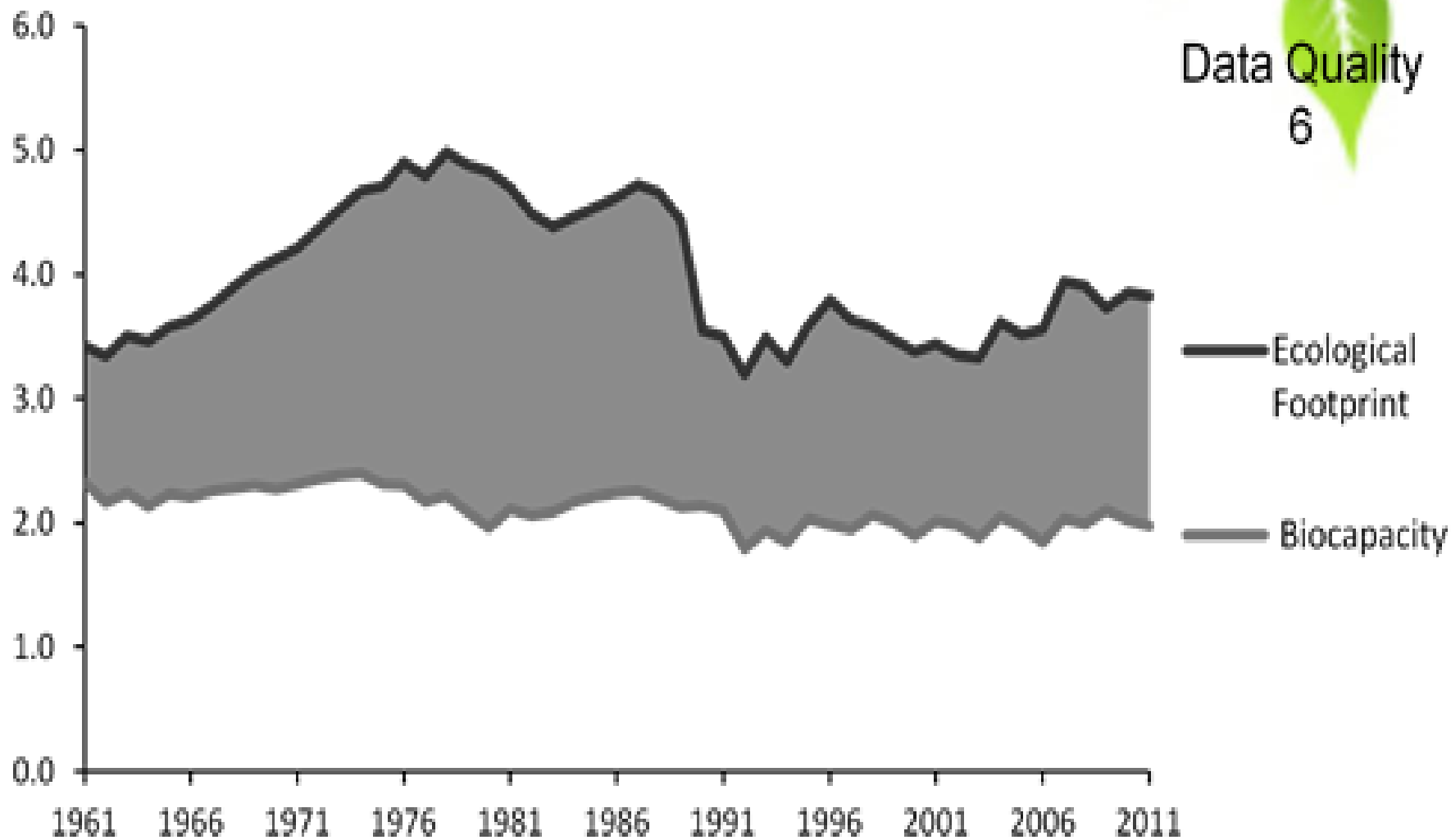


# Pierwsze obliczenia EF dla Polski

## Zmiany oraz struktura EF w Polsce w latach 1955-1997



# Oszacowania EF dla Polski



Source: Living Planet Report 2014, WWF

# Analiza z wykorzystaniem EF



- W komunikacji społecznej i w porównaniach funkcjonuje głównie przedstawienie EF w przeliczeniu na jednego mieszkańca
- Wyliczenie EF pozwala na identyfikację długookresowych trendów
- Analiza może skupiać się na strukturze EF z uwzględnieniem różnych kategorii obszarów
- Zestawienie EF z dostępną pojemnością środowiska (*biocapacity*) umożliwia wyznaczenie ekologicznego deficytu
- Metodyka EF jest jednak mocno krytykowana

# Krytyka kategorii obszarów EF



- Takie samo traktowanie (brak wag) obszarów należących do różnych kategorii obszarów EF podczas tworzenia zagregowanego miernika wyrażonego jedną liczbą
- W ramach tej samej kategorii obszarów EF presja wywierana na środowisko może być bardzo zróżnicowana
- Dopiero niedawno włączono do rozważań obszary wodne
- Nie uwzględnia się innych rodzajów presji na środowisko poza emisją CO<sub>2</sub>

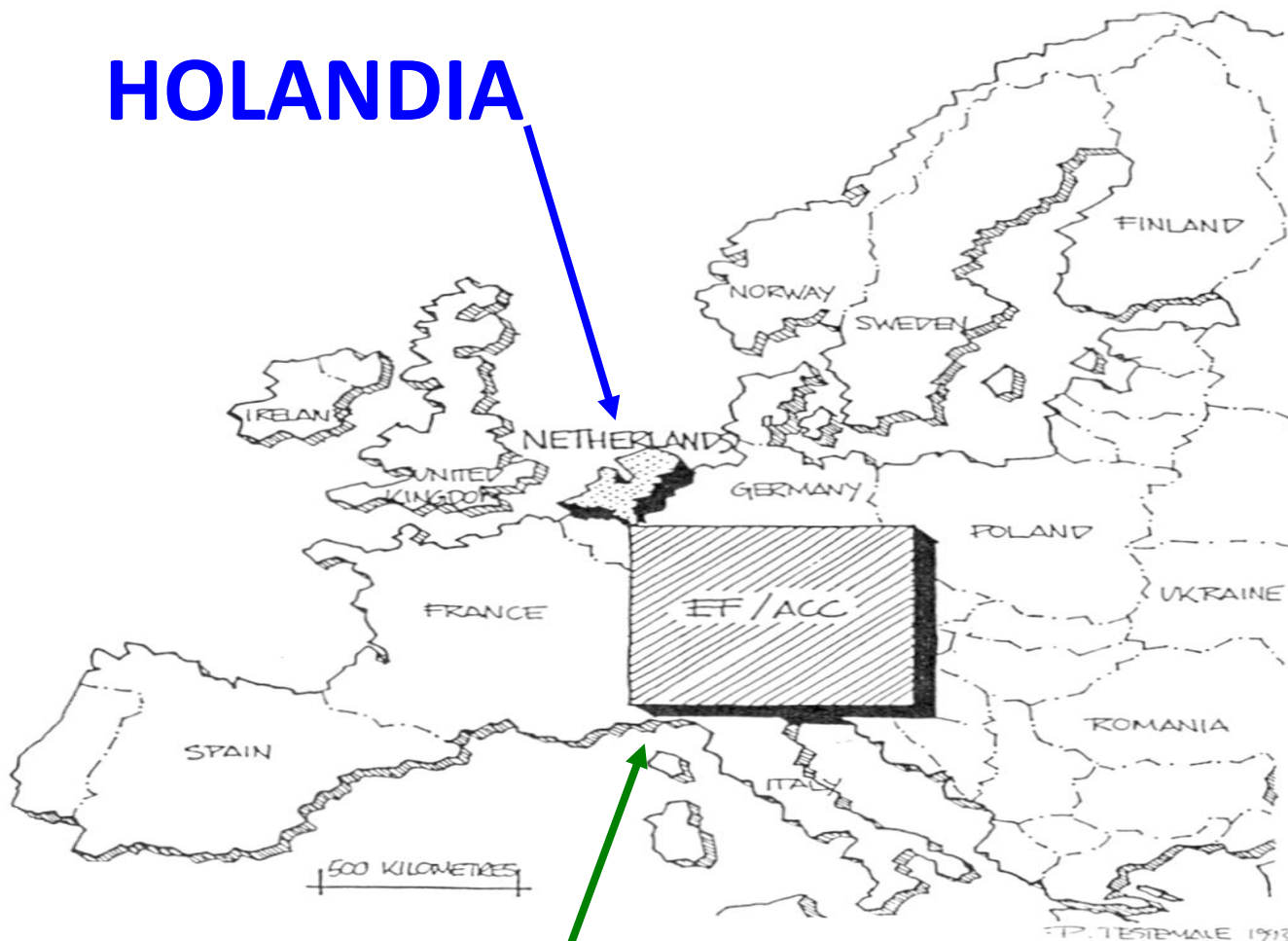
# Krytyka obszaru energetycznego EF



- Najwięcej kontrowersji wzbudza metodyka obszaru energetycznego
  - Poziom odniesienia (czyli powierzchnia pochłaniająca CO<sub>2</sub>) jest nierealistyczny
  - Pochłanianie emisji CO<sub>2</sub> nie jest ani jedyną, ani najtańszą opcją polityki klimatycznej
  - Tylko pochłanianie CO<sub>2</sub> jest rozważaną funkcją ekologiczną lasów
  - Wielkość obszaru energetycznego determinuje wartość wskaźnika EF
- Zalesianie ogranicza powierzchnię przeznaczoną na produkcję żywności

# Znaczenie powierzchni kraju

**HOLANDIA**



**ECOLOGICAL FOOTPRINT**

# Krytyka kryteriów oceny wg EF



- Wysoki poziom EF i ekologicznego deficytu nie implikuje złego gospodarowania zasobami naturalnymi
- Konstrukcja wskaźnika jest niekorzystna dla krajów o dużej liczbie ludności i małej powierzchni
- Duży udział w handlu zagranicznym źle wpływa na ocenę za pomocą EF
- Miasta i obszary wysokiej koncentracji pracy i kapitału uzyskują niekorzystne oceny EF

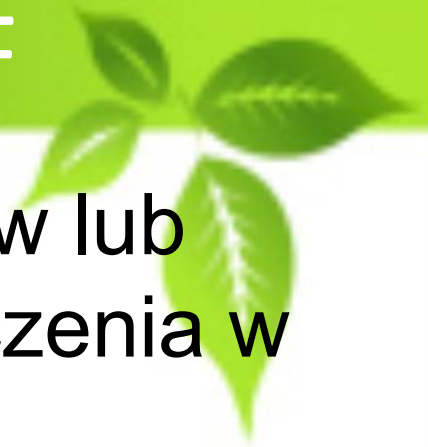
# Popularna interpretacja EF



Potrzebujemy  
powierzchni równej  
powierzchni trzech  
planet, żeby  
dostаточно  
funkcjonować, a  
przecież mamy tylko  
jedną Ziemię...



# Krytyka publicystyki EF



- Dokonywanie pomiaru EF dla państw lub innych obszarów nie mających znaczenia w ekologicznej ich interpretacji
- Ze względu na wielkość obszaru energetycznego analiza składowych EF jest z reguły mocno ograniczona
- Komentarze i interpretacje pomijają kwestię jednostki rachunku, którą jest hipotetyczny hektar (global hectare)
- Powszechne szermowanie argumentem „braku powierzchni życiowej”

# Footprinting



- Podejście, którego celem jest konstrukcja mierników w jednostkach fizycznych pokazujących intensywność użytkowania dóbr i zasobów środowiska w procesach produkcji i konsumpcji
- Po doświadczeniach z obszarami EF jest to podejście mniej ambitne, a za to znacznie bardziej pragmatyczne i praktyczne
- Starano się uniknąć zarzutów formułowanych pod adresem metodyki EF

# Rodzina wskaźników „śladu”



- Powstaje coraz więcej wskaźników wyraźnie ukierunkowanych i służących monitorowaniu określonych celów polityki: klimatycznej, produktowej, uczciwego handlu itd.
- Przykładowe zastosowania rachunku „śladu” pozostawianego przez ludzką aktywność:
  - Footprint zużywanej energii
  - Footprint używanych zasobów wodnych
  - Footprint konsumowanej żywności
  - Footprint importowanych dóbr i usług

# Wskaźnik śladu węglowego



- Wskaźnik śladu węglowego, *Carbon Footprint* (CF), czyli w praktyce emisje GHG
- Pomiar w jednostkach fizycznych, którymi są ekwiwalentne jednostki emisji CO<sub>2</sub>
- Emisje przeliczane są per capita, na jednostkę PKB, na obiekt analizy, na jednostkę wytworzonego produktu lub dostarczonej usługi
- Wskaźnik promowany w ramach programów realizujących politykę klimatyczną

# Współczynniki przeliczeniowe

## Global Warming Potential (GWP) coefficients for GHG

GHG	GWP <sub>100</sub>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>1</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>21</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>310</b>
<b>HFCs</b>	<b>124 – 14800</b>
<b>PFCs</b>	<b>739 – 12200</b>
<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>22800</b>

# Metodyka Carbon Footprint



- Podstawą jest norma: ISO 14067 i jej techniczna specyfikacja ISO/TS 14067 z maja 2013 roku
- Uwzględnia się bezpośrednio emisje gazów szklarniowych (GHG) powstające w badanym obiekcie oraz pośrednie emisje powstające poza nim w wyniku użytkowanej przez obiekt energii
- Emisje GHG ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFCs, PFCs,  $\text{SF}_6$ ) ważone są współczynnikami przyczyniania się do efektu cieplarnianego i po zsumowaniu wyrażone w jednostkach  $\text{CO}_2$
- Rachunek CF jest istotnym elementem audytów ekologicznych i energetycznych służących poprawieniu efektywności użytkowania energii

# Studium przypadku



- Budynek oddany do użytku 23 czerwca 1939
- Powierzchnia budynku: 17 701 m<sup>2</sup>
- Gabaryty budynku: 63 658 m<sup>3</sup>
- Wysokość: 3 kondygnacje i piwnica
- Charakter: chemiczne laboratoria, techniczne wyposażenie, praca badawcza, duża liczba pracowników (294) i studentów (650)

# Zastosowana metodyka CF



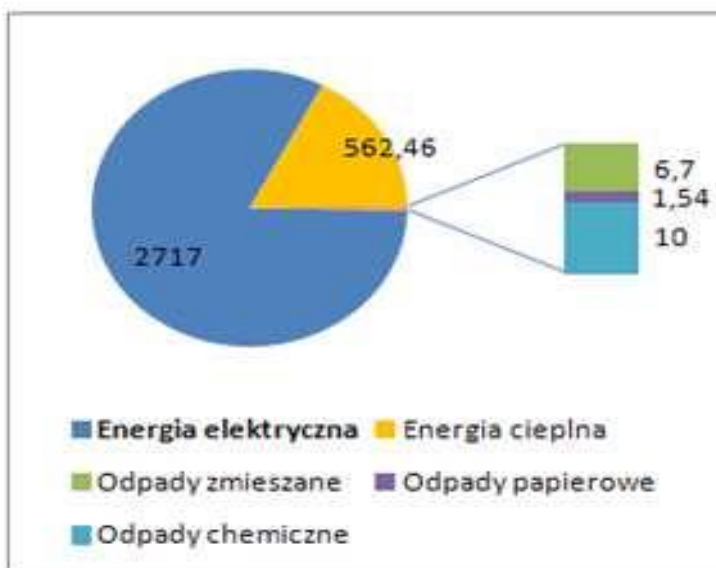
- Uwzględniono emisje CO<sub>2</sub>:
  - Bezpośrednie emisje (ogrzewanie)
  - Pośrednie emisje (energia elektryczna, spalanie odpadów)
- Pominięto emisje innych gazów oraz emisje powstałe wyniku przemieszczania się pracowników i studentów
- Emisje wyrażono w przeliczeniu na budynek Wydziału Chemii, na jedną osobę i w ciągu jednego roku
- Wykorzystano dane dla lat 2011-2013



# Emisje i CF dla Wydziału Chemii

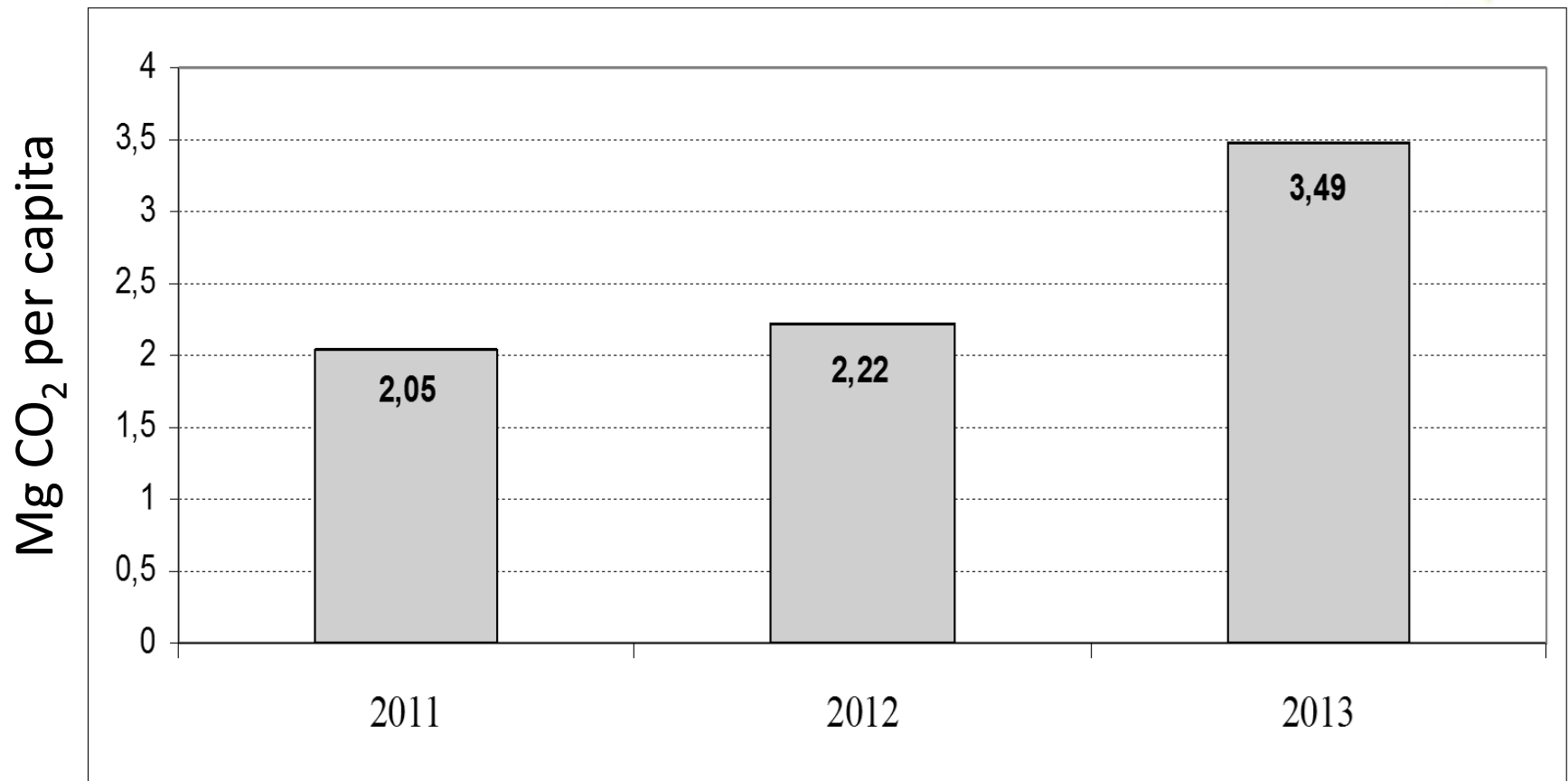
## Obliczenia dla roku 2013

Media	Surowiec	Emisja w Mg CO <sub>2</sub>	Razem Mg CO <sub>2</sub>
Energia elektryczna	Energia	2717	3297,70
Energia ciepła	Gaz ziemny	562,46	
Odpady	Zmieszane	6,7	
	Papier	1,54	
	Plastik	0	
	Szkło	0	
	Odpady chemiczne	10	



Emisja w przeliczeniu na 1 studenta	5,07
Emisja w przeliczenia na 1 osobę (studenci + pracownicy)	3,49
Emisja w przeliczeniu na 1 mieszkańca Warszawy (1 726 581 mieszkańców)	0,002

# CF dla Wydziału Chemii UW



# Badanie termograficzne

- Dokładna identyfikacja strat energii z powodu konstrukcji budynku wymagała zastosowania termowizyjnej kamery
- Badanie wskazało miejsca odpowiedzialne za wysokie straty energii cieplnej i niską efektywność użytkowania energii w budynku



# Użytkowanie energii



- Konsumpcja energii elektrycznej powoduje największe zużycie energii, a więc największą emisję CO<sub>2</sub>, a tym samym ma największy udział w CF
- Wentylacja pomieszczeń i system wentylacyjny w laboratoriach pochłania 40% całkowitej konsumpcji prądu w budynku
- Utrata energii cieplnej rzędu 45-60% wszystkich strat następuje poprzez ściany i dach budynku
- Nie zastosowano oszczędnych rozwiązań obniżających zużycie energii w systemie oświetleniowym budynku

# Podsumowanie badania



- CF dla budynku Wydziału Chemii UW wynosił **3,49 Mg CO<sub>2</sub> na osobę w roku 2013** i znacznie wzrósł w porównaniu z latami 2012 i 2011
- Specyfika użytkowania budynku implikuje wysoką energochłonność, ale konsumpcja energii była wysoka w porównaniu z innymi zbadanymi budynkami publicznymi, a badanie termograficzne ujawniło wysokie straty energii
- Analiza użytkowania energii zapoczątkowana rachunkiem CF pozwoliła sformułować zalecenia poprawiające

# Wnioski



- Popularność, interpretacje i znaczenie wskaźnika EF są przesadzone
- Wskaźnik EF spełnia rolę informacyjną i edukacyjną, natomiast w małym stopniu może wspierać politykę trwałego rozwoju
- Wyznaczenie CF nie wymaga wyjątkowych danych i trudnych do uzasadnienia przeliczeń
- Wskaźnik CF spełnia ważną funkcję praktyczną, ponieważ pomaga w identyfikacji niskiej efektywności użytkowania energii

# „Calculate your own CF”

## Przykładowa strona internetowa


'The Carbon Footprint Calculator' (C:\CLARION5\CARBON\Example.cfc)

File Data Report Help

### Transportation Section

Total distance you drive in 1 year:  
 miles

Enter the fuel efficiency for your car:  
 mpg




Additional Cars

Total distance you fly in 1 year:  
 miles

Distance traveled by rail:  
 miles

Distance traveled by bus:  
 miles



### Energy Section


State where you live:

Number of people who live in your house:

Electricity used monthly:  kWh


Natural Gas used monthly:  kWh

Fuel Oil used monthly:  gallons




### Results Section

**Total Carbon Footprint**  
**20.23 tons**



Details





Save

Units  
English

### Recycling and Activities Section

Total trash you generate:


Percent of trash that you recycle:



### Food Section

Amount of food eaten each day:

Percent of food that is local:





Dziękuję za uwagę!  
[sleszynski@wne.uw.edu.pl](mailto:sleszynski@wne.uw.edu.pl)

