



**Rozkłady częstości dat  $^{14}\text{C}$   
jako źródło informacji o  
zmianach środowiska w  
przeszłości**

Madej, Marek

# Główne źródła pośrednich danych wykorzystywanych w rekonstrukcjach paleoklimatycznych



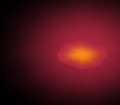
## 1. Glacjologiczne

- Geochemia (skład izotopowy tlenu i wodoru)
- Skład gazów w pęcherzykach powietrza
- Koncentracja pierwiastków śladowych
- Fizyczne cechy (np. Struktura lodu)

## 2. Geologiczne

### a) Morskie (rdzenie osadów oceanicznych)

- Osady organiczne:
  - skład izotopowy tlenu
  - rozpowszechnienie flory i fauny
  - zmiany morfologiczne
  - alkeny
- Osady nieorganiczne
  - skład mineralogiczny i tekstura powierzchni
  - szybkość akumulacji oraz rozkład pyłu
  - lądowego i gruzu skalnego przynieszonego przez góry lodowe



## b) Lądowe

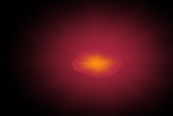
- Osady glacialne i cechy erozji glacialnej
- Właściwości peryglacialne
- Właściwości glacialno-eustatyczne (linie brzegowe)
- Osady eoliczne (lessy i wydmy piaszczyste)
- Osady jeziorne
- Właściwości pedologiczne (gleby kopalne)
- Nacieki (wiek, skład izotopów stabilnych)



## 3. Biologiczne

- Pierścienie rocznych przyrostów drzew (szerokość, gęstość, skład izotopów stabilnych)
- Pyłki roślin (gatunek, względne rozpowszechnienie, absolutna koncentracja)
- Makroszczałki roślinne (wiek, dystrybucja)
- Owady (nagromadzenia)
- Korale (geochemia)
- Okrzemki, małżoraczki i inne organizmy żywe w osadach jeziornych
- Współczesne populacje (reliktowe populacje roślin i zwierząt)

4. Historyczne
- Źródła pisane o zjawiskach meteorologicznych
  - Dane fenologiczne



# Metody badań

Metody izotopowe stosowane powszechnie w badaniach osadów czwartorzędowych, wykorzystujące naturalne, długożyciowe izotopy promieniotwórcze



Nazwa metody	Zastosowanie	Zasięg [lat]
Uranowo-torowa $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Nacieki jaskiniowe, rafy kolarowe, martwice wapienne, czyste węglany, kalcyt, aragonit	600 000
Uranowo-uranowa $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	Morskie węglany	1000 000
Uranowo-protaktynowa $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$	Morskie węglany	150 000
Potasowo-argonowa $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$	Muskowit, biotyt, hornblenda, flogopit, glaukonit, sanidyn, cała skała wulkaniczna, sylwin, arkoza, piaskowiec	$10^5\text{-}T_z$

# Powszechne stosowane metody datowania związane z krótkożyciowymi izotopami promieniotwórczymi



Nazwa metody Półokres rozpadu	Zastosowanie	Zasięg [lat]
Radiowęglowa $^{14}\text{C}$ $T_{1/2}=5730$ lat	Szczałki i osady organiczne, osady węglanowe	50 000
Trytowa $^3\text{H}$ $T_{1/2}=12,41$ lat	Wody	Kilkadziesiąt
Ołowiowa $^{210}\text{Pb}$ $T_{1/2}=22,26$	Osady jeziorne, morskie, rzeczne, torfowiska	150

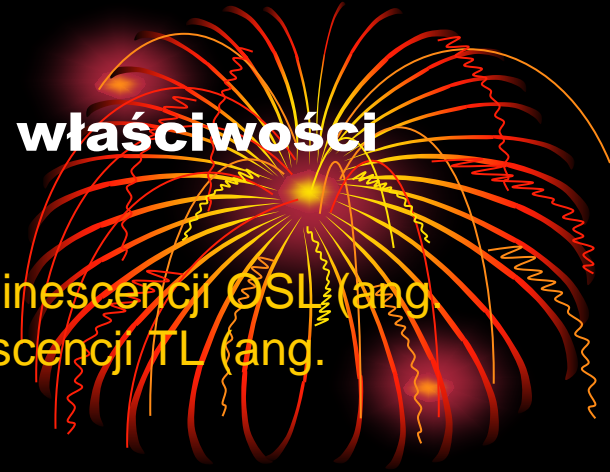
# Metody wykorzystujące dozymetryczne właściwości datowanych minerałów

Metody luminescencyjne: optycznie stymulowanej luminescencji OSL (ang. Optically Stimulated Luminescence) i termoluminescencji TL (ang. Thermoluminescence)

Metoda elektronowego rezonansu paramagnetycznego EPR (ang. Elektron Paramagnetic Resonance lub Electron Spin Resonance – ESR)

Metoda śladów spontanicznego rozszczepienia FT (ang. Fission-Track).

Dendrochronologia - > crossdating



## Rozkład częstości dat $^{14}\text{C}$



1986 – A. Pazdur i M.F. Pazdur – zbiorczy histogram 121 dat z przedziału 10-15 tys. lat BP.

1987 – J. Goździk i M.F. Pazdur – dyskusja rozkładu częstości 193 dat  $^{14}\text{C}$  z przedziału 12-45 tys lat BP.

Wyróżnione zostały 3 przedziały czasu charakteryzującego się odmiennymi warunkami:

- 45-21 tys. lat BP – warunki klimatyczne w przybliżeniu jednakowe z pewnymi okresami ich polepszenia,
- 21-15 tys. lat BP – drastyczny spadek częstości dat  $^{14}\text{C}$ , niesprzyjające warunki klimatyczne,
- 15-10 tys. lat BP – szybki wzrost częstości dat  $^{14}\text{C}$ , zwłaszcza dla okresu 12-10 tys. lat BP.

1996 – D. Michczyńska – artykuł do konstrukcji rozkładów częstości dat  $^{14}\text{C}$  wykorzystujący pełne rozkłady prawdopodobieństwa poszczególnych dat => 458 próbek torfów i 119 próbek gytji => dobra zgodność z podziałem chronostratygraficznym Halocenu (L. Starkl)





1999 – A. Tomczak, Artykuł => statystyczne analizy dat  $^{14}\text{C}$  próbek osadów organicznych ze strefy brzegowej i polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku => określenie ram czasowych najważniejszych zmian środowiska tego obszaru:

- 45-22 tys. lat BP – okres interpleniglacjału,
- 22-14,5 tys. lat BP – brak dat  $^{14}\text{C}$  związany z obecnością pokrywy lodowej
- 14500-5000 lat BP – okres deglacjacji południowego Bałtyku i rozwój tego obszaru w warunkach lądowych,
- 8800-5000 lat BP – okres transgresji morza litorynowego,
- 3000 – do współczesności – okres rozwoju procesów wydmywających, a następnie glebotwórczych w obszarach mierzejowych współczesnego brzegu.

# Torfowiska jako źródła danych paleoklimatycznych

W pokładach torfu zapisana jest historia klimatu i roślinności ostatnich tysiącleci.

Założenia rekonstrukcji klimatycznych opartych na analizie torfów:

- W odpowiedzi na zmiany klimatu zmienia się poziom lustra wody, co z kolei prowadzi do zmian w środowisku roślinnym torfowiska,
- Szczątki kopalne roślin zachowane na torfowisku są źródłem dokładnych informacji o roślinności porastającej torfowisko w okresie depozycji torfu
- Stopień rozłożenia torfu zależy od stopnia wilgotności powierzchni torfowiska – większy stopień rozłożenia charakteryzujący się ciemniejszą barwą i mniejszą ilością identyfikowalnych szczątków roślin występuje w okresach suchszych,
- Możliwe jest wiarygodne określenie wieku dla poszczególnych poziomów profilu torfowego



Typowe wartości niepewności laboratoryjnych dla próbek torfu są rzędu 100 lat => mało zadawalająca dokładność.

1989 - B. Van Geel i W.G Mook => procedura wiggle-matching => wykorzystuje fakt, że zmiany koncentracji izotopu  $^{14}\text{C}$  w atmosferze są również zapisane w osadach torfu.

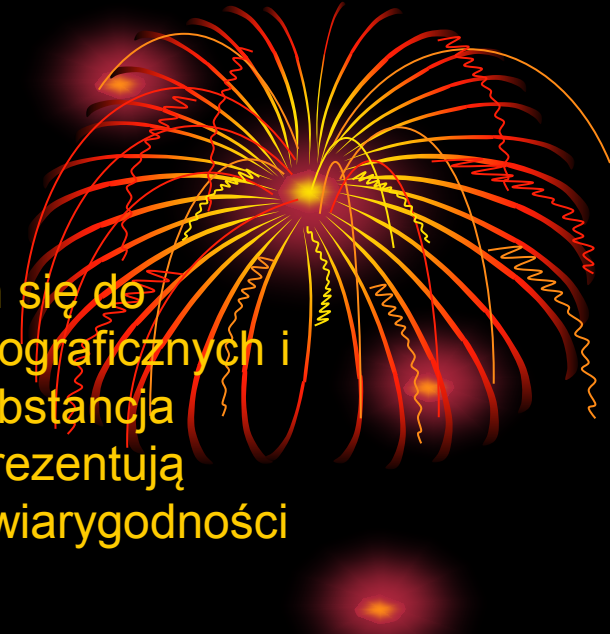
Konieczność stosowania datowania AMS => niepewności mniejsze niż 30 lat => profil torfowy dopasowywany jest do krzywej kalibracyjnej  $^{14}\text{C}$  => uzyskanie precyzyjnych wieków kalendarzowych.

Dla niektórych rejonów geograficznych, jako źródło precyzyjnych wskaźników lat kalendarzowych wykorzystywane są poziomy pyłu wulkanicznego w profilach torfowych => stanowiska w Szkocji i Irlandii => (wulkan Hekla 1104 i 1510 AD)



# Datowanie $^{14}\text{C}$ Torfów

Torfy należą do próbek organicznych znakomicie nadających się do datowania metodą  $^{14}\text{C}$ . Występują na wielu obszarach geograficznych i charakteryzują się dużą zawartością węgla. Datowana substancja organiczna ma charakter autogeniczny, zatem próbki reprezentują niemal wyłącznie osady in situ. Fakt ten decyduje o dużej wiarygodności uzyskiwanych dat i ich przydatności do rekonstrukcji paleośrodowiskowych.



Oznaczenia wieku próbek torfu z terenu Polski  
**wykonane w Laboratorium Radiowęglowym w**  
Gliwicach

**W Laboratorium wykonano oznaczenia wieku około 1000**  
**próbek torfu z terenu Polski dla okresu późnego glacjału i**  
holocenu. (dane z 2003)



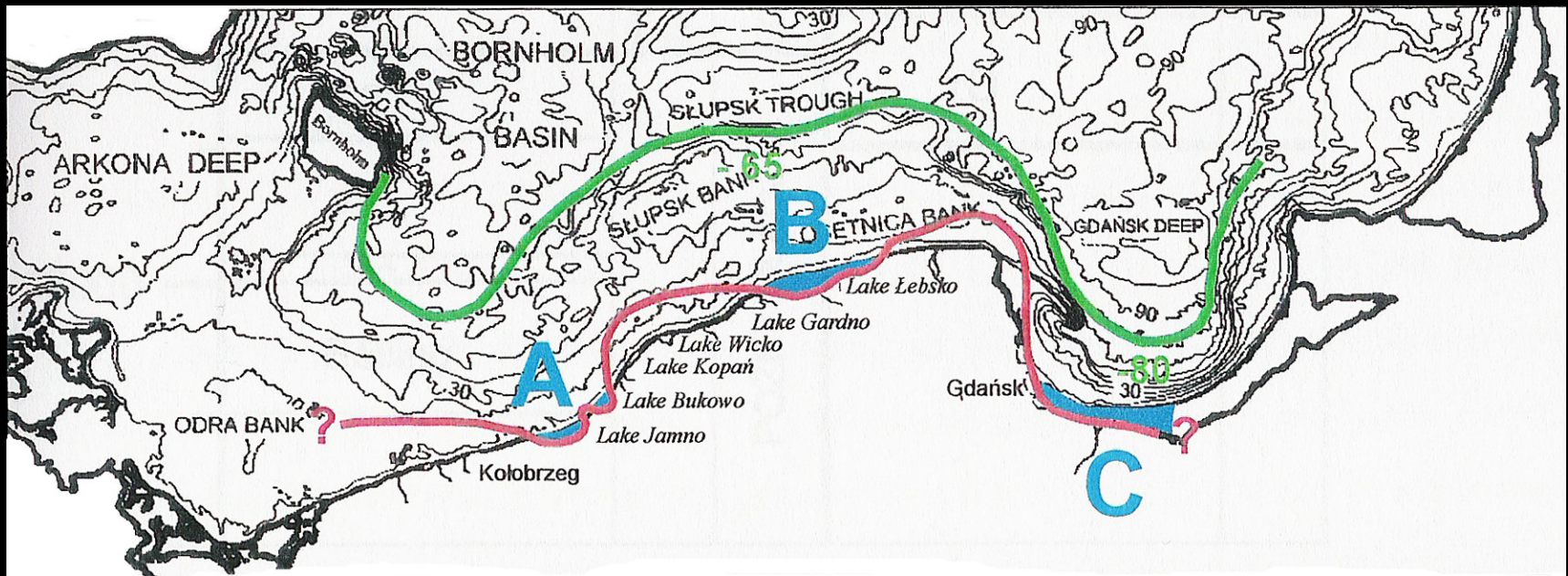
Lokalizacja  
225  
stanowisk  
(torfowisk,  
w których  
zachodzi  
akumulacja  
torfu lub  
przykrytych  
**warstwą**  
osadów  
**cieńszą niż**  
50cm)



# Liczba stanowisk i dat radiowęglowych dla poszczególnych krain geograficznych



Kraina geograficzna	Liczba stanowisk	Liczba dat <sup>14</sup> C
Pobrzeże Bałtyckie (łącznie)	97	389
Pobrzeże B i C	55	234
Okolice Zlewu Szczecińskiego	6	35
Reszta	36	120



# Liczba stanowisk i dat radiowęglowych dla poszczególnych krain geograficznych



Kraina geograficzna	Liczba stanowisk	Liczba dat <sup>14</sup> C
Pojezierza (łącznie)	126	301
Pomorskie	41	102
Mazurskie	31	62
Wielkopolskie	54	137
Niziny Środkowopolskie	55	126
Wyżyny	28	97
Kotliny Podkarpackie	51	82
Góry	30	59
Razem	384	1054



# Skala czasu dla zmian środowiska zapisanych w jednym profilu torfowym

**Przykładem tego typu jest profil torfowy ze stanowiska Kluki znajdującego się w pobliżu wsi Kluki na nizinie Gardnieńsko-Łebskiej.**

**Stanowisko to zostało włączone do sieci wzorcowych stanowisk Międzynarodowego Programu Korelacji Geologicznej (IGCP).**

**Badania naukowe prowadzone na tym stanowisku objęły geologie torfowiska, badania palinologiczne, badania roślinnych i zwierzęcych znalezisk makroskopowych, analizy geochemiczne i oznaczania wieku radiowęglowego.**

**Wiek Radiowęglowy wyznaczony został dla 20 próbek torfu. Daty  $^{14}\text{C}$  dostarczyły skali czasu, na której opierały się wszystkie rekonstrukcje.**



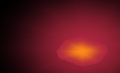
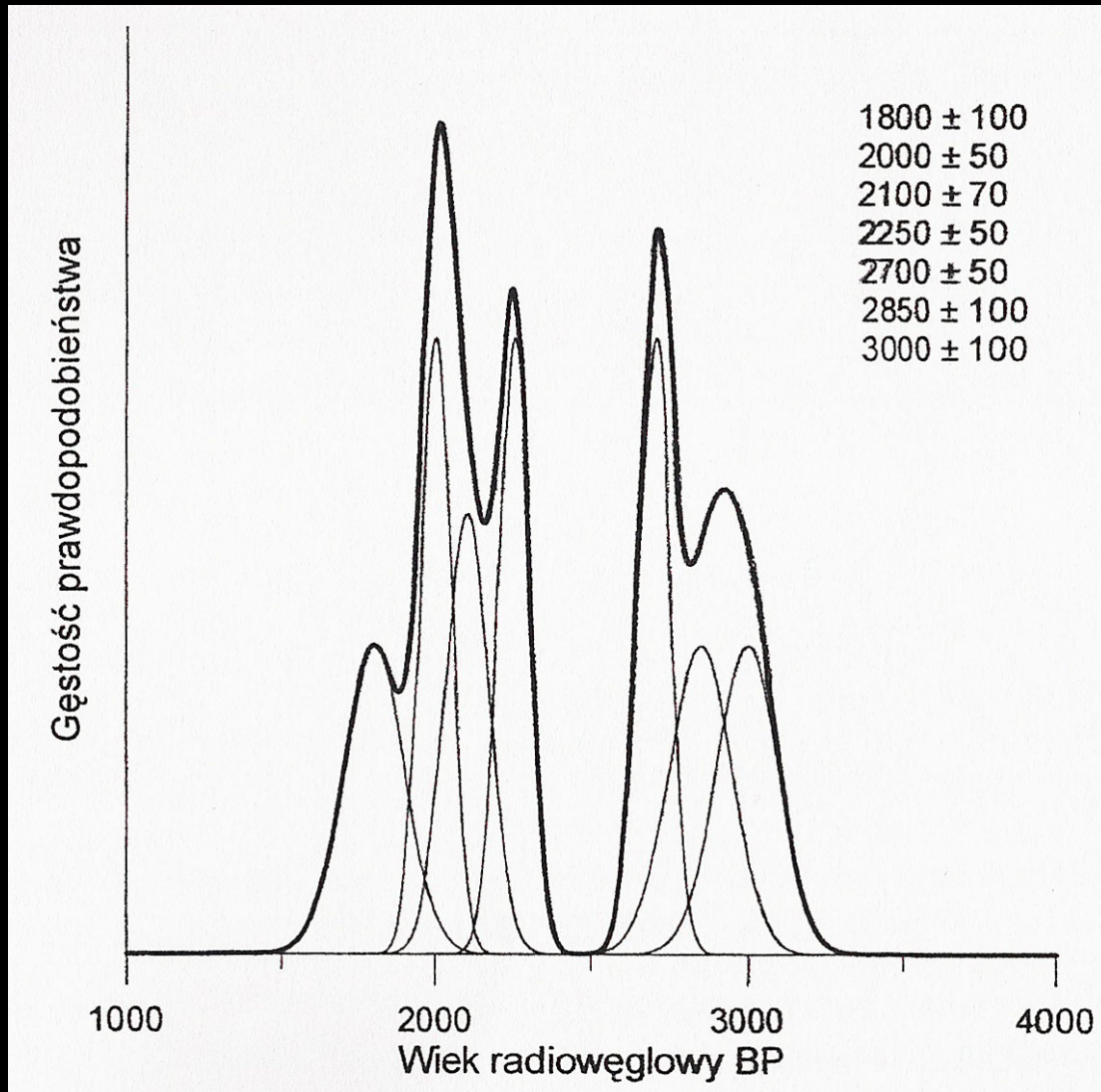
## Podstawy analizy rozkładów częstości dat <sup>14</sup>C



**Daty radiowęglowe zebrane dla znacznego obszaru w czasie (późny glacjał i holocen) oraz przestrzeni (cała Polska) posłużyły do skonstruowania rozkładu gęstości prawdopodobieństwa dat poprzez sumowanie rozkładów normalnych związanych z poszczególnymi datami. Funkcja sumarycznego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa dana jest wzorem:**

$$f(\tau) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_i} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\tau - T_i}{\sigma_i} \right)^2 \right]$$

# Obrazowy sposób tworzenia sumarycznego rozkładu gęstości prawdopodobieństwa dla 7 lat $^{14}\text{C}$



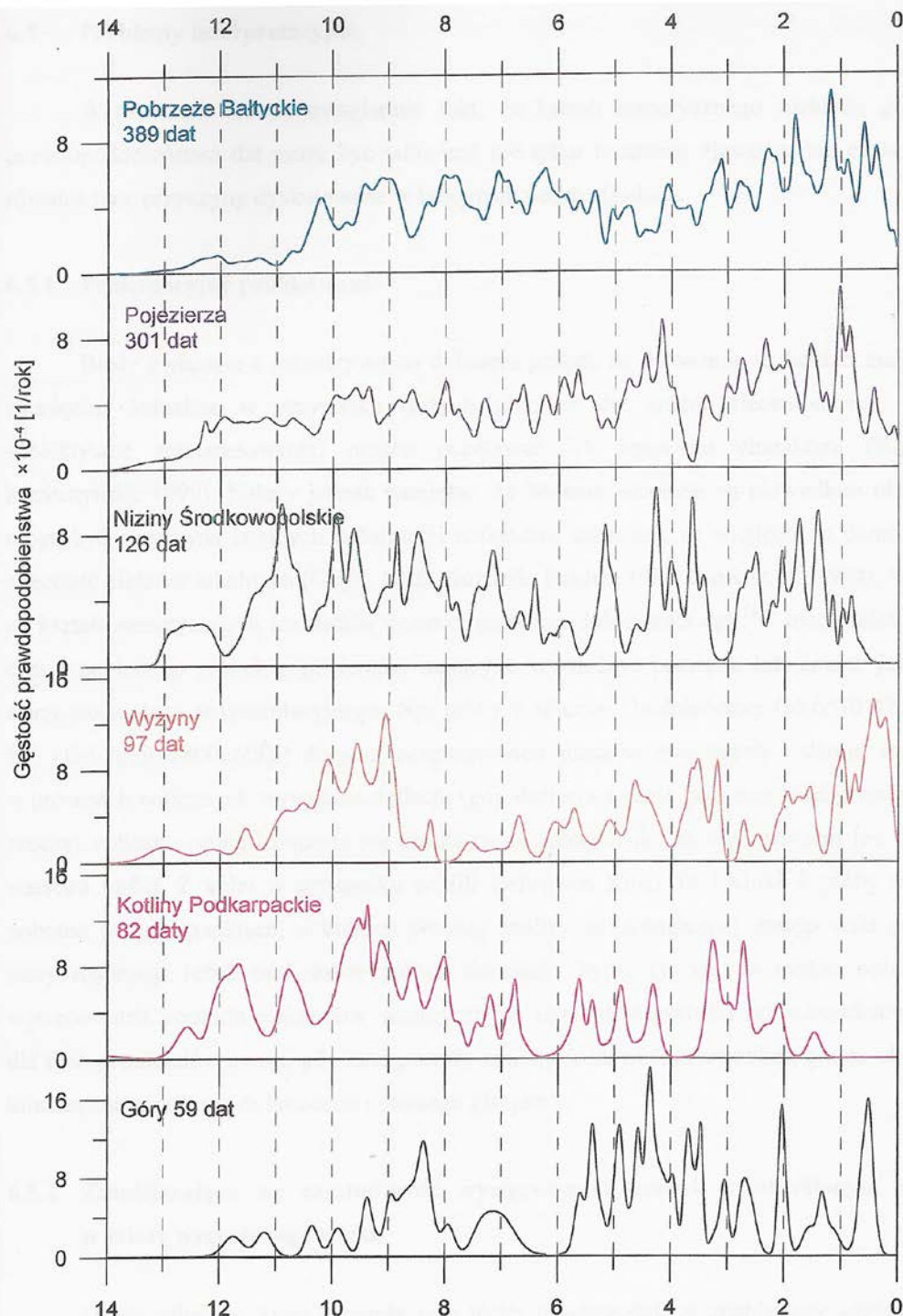
# Tworzenie (SRGP) sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa

**Do tego celu służy program „SumGauss” stanowiący jeden z elementów pakietu programów SANDRA napisanego specjalnie na użytek rozprawy doktorskiej Dr. Danuty Michczyńskiej i wykorzystywanego do Statystycznej ANalizy Dat RAdiowęglowych.**

**Analizy opierają się na dwóch podstawowych założeniach:**

- 1. Całkowita ilość materii organicznej zdeponowanej w osadach zależy od własności środowiska w momencie sedymentacji osadu.**
- 2. Liczba lat radiowęglowych jest proporcjonalna do ilości materii organicznej zdeponowanej w osadach w rozważanych przedziałach czasu, tzn., że wybrany zestaw dat radiowęglowych jest reprezentatywny dla odzwierciedlenia rzeczywistego rozkładu częstości rzeczywistych wieków materii organicznej.**

**Sumaryczne rozkłady  
gęstości  
prawdopodobieństwa  
899 dat  $^{14}\text{C}$  dla  
poszczególnych krain  
geograficznych**



**Prezentacja została w całości opracowana na**  
podstawie pracy doktorskiej Pani Dr. Danuty  
**Michczyńskiej:**



"STATYSTYCZNA ANALIZA DANYCH  
**RADIOWĘGLOWYCH W BADANIACH ZMIAN  
ŚRODKOWISKA NATURALNEGO W PRZESZŁOŚCI**"

Gliwice 2003