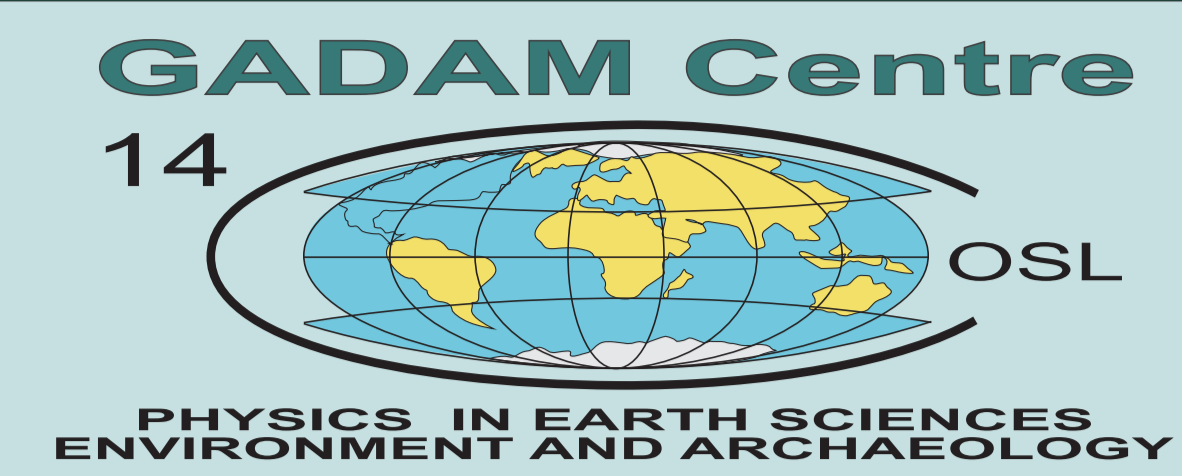


Zastosowanie dat radiowęglowych w badaniach zmian paleośrodowiska

Danuta J. Michczyńska, Adam Michczyński

Centrum Doskonałości GADAM, Instytut Fizyki - CNd,
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 22B

e-mail: danuta.michczynska@polsl.pl, adam.michczynski@polsl.pl



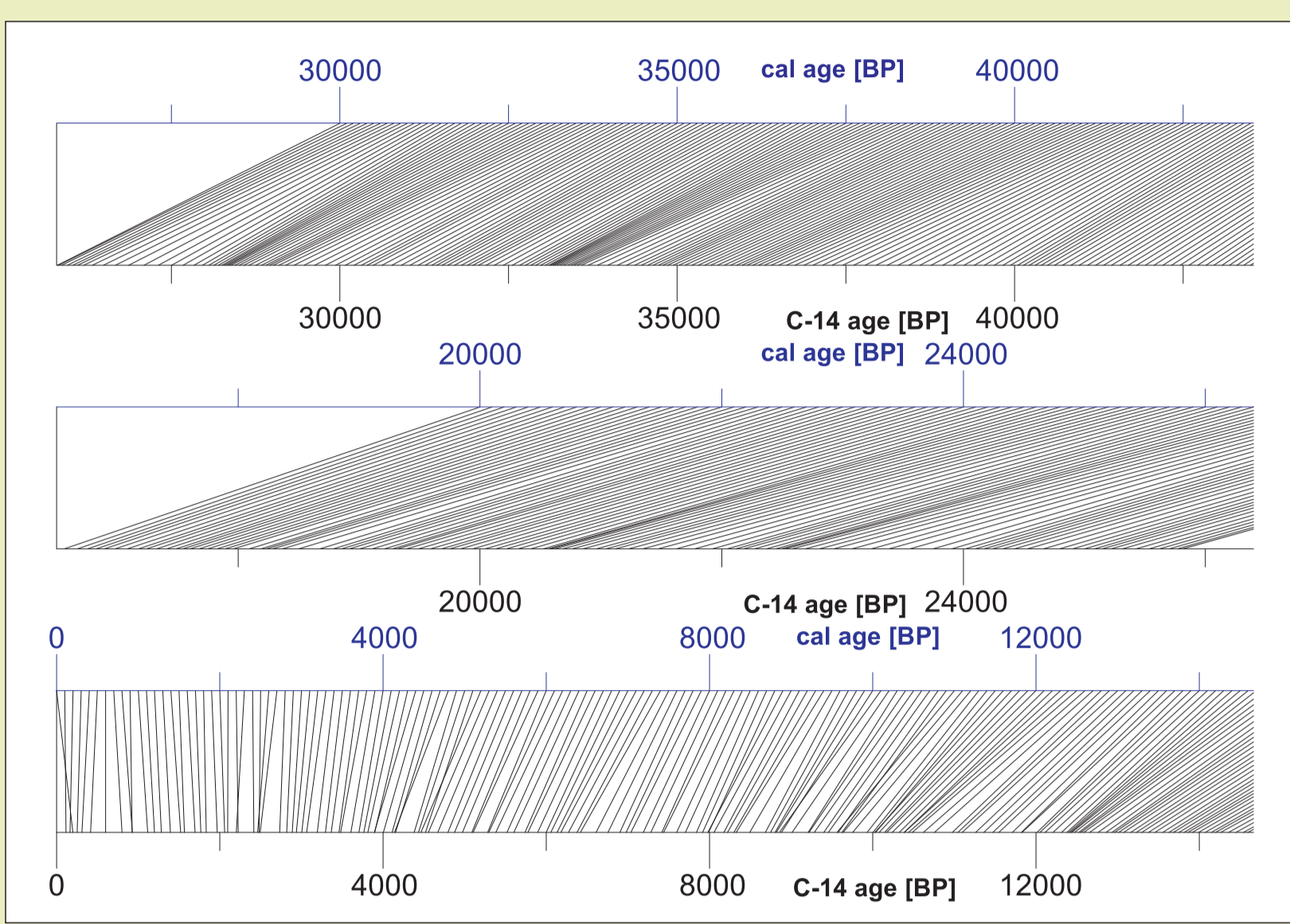
PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ ANALIZ GRUP DAT RADIOWĘGLOWYCH

Dostępność programów kalibracyjnych sprzyja upowszechnieniu prezentowania wyników w skali lat kalendarzowych. Co więcej, obecne programy umożliwiają również bardziej zaawansowane analizy statystyczne. Należy do nich tworzenie modeli wiek-głębokość i analizy sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa.

1. Tworzenie chronologii bezwzględnej dla rdzeni osadów – modele wiek-głębokość.

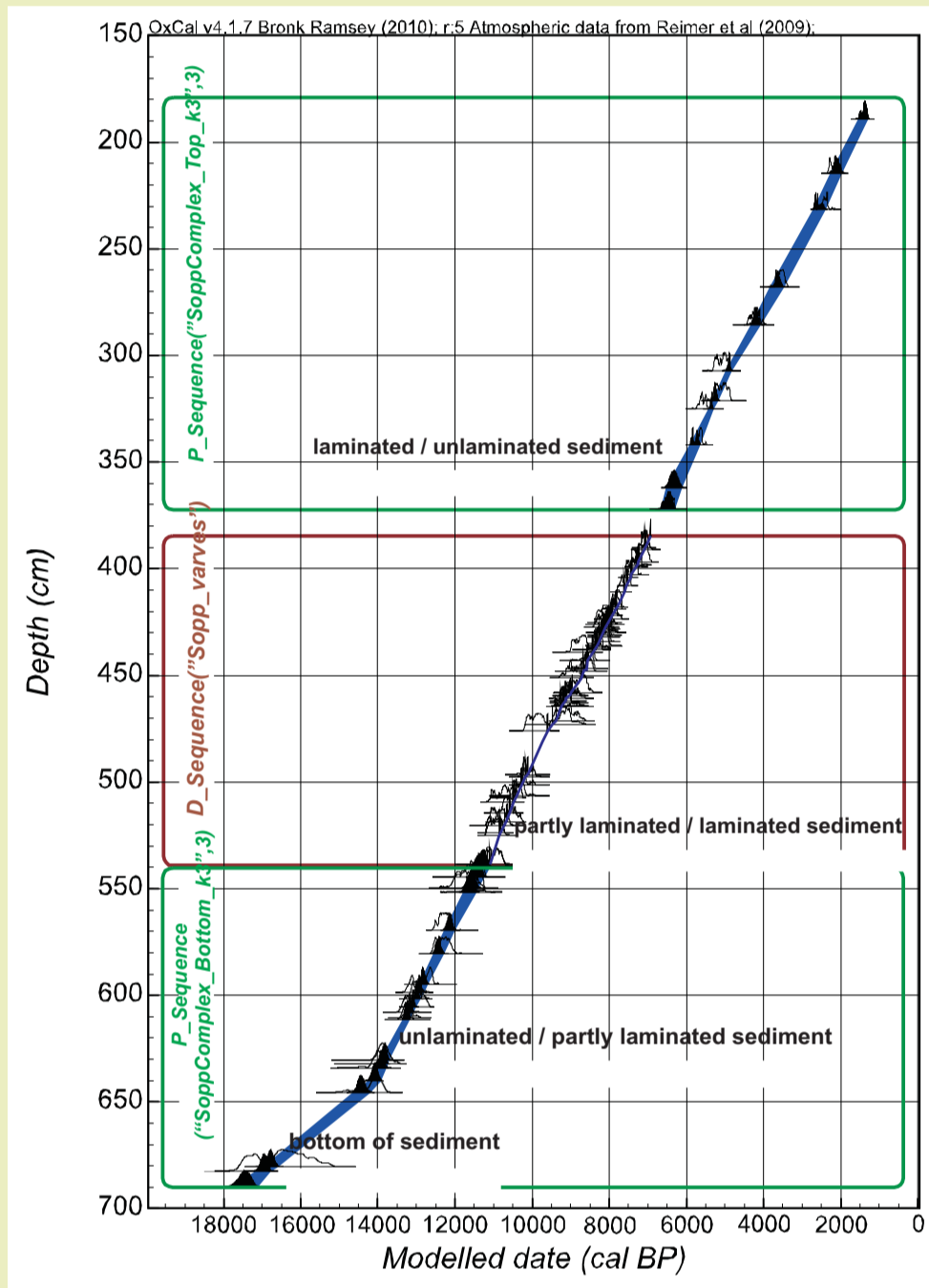
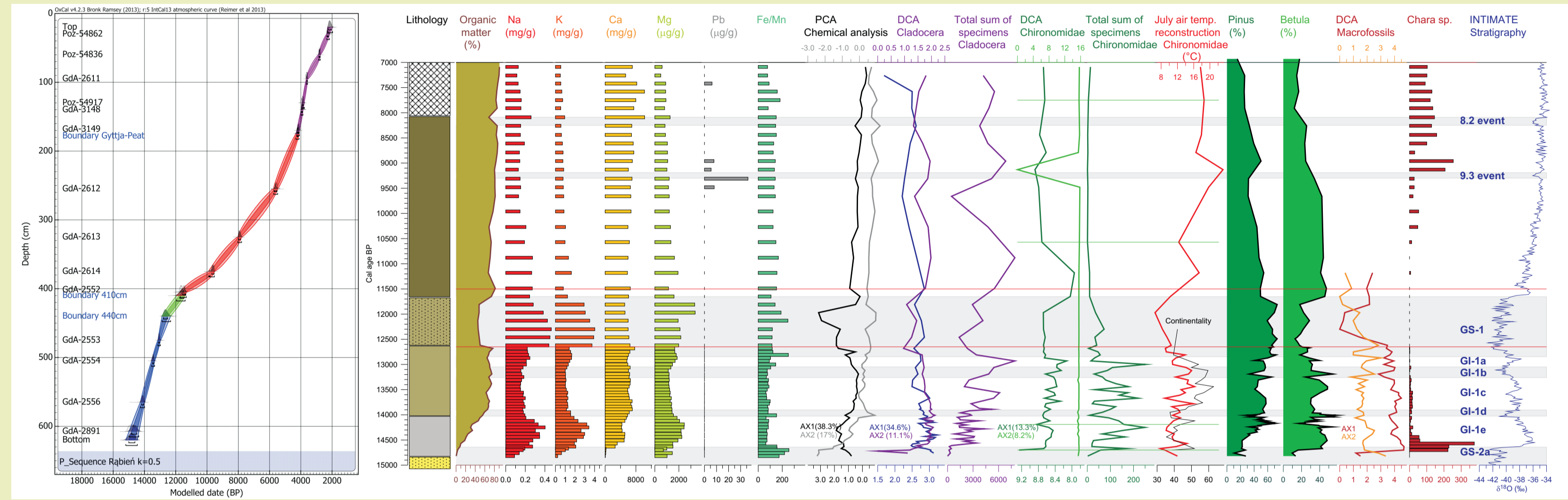
W modelach takich można uwzględnić szereg dodatkowych informacji. Typowe przykłady to:

- informacja stratygraficzna – podanie głębokości, z których były pobrane próbki do datowania,
- informacja o zmianach typu osadu, z którą może wiązać się zmiana tempa sedymentacji – poprzez wprowadzenie informacji o miejscach, gdzie krzywa wiek-głębokość może zmieniać nachylenie,
- informacja o datach bezwzględnych – np. uzyskanych metodą luminescencyjną, ołowiową, cezową, czy też z chronologii warwowej,
- informacja o tzw. markerach – np. poprzez podanie wieku warstwy pyłu wulkanicznego związanej z epizodem LST,
- informacja o występującym hiatusie.



Rycina 1. Zależność między wiekiem kalendarzowym a radiowęglowym dla przedziału 50 tysięcy lat. Na osi lat kalibrowanych wybierano punkty w równomiernych odstępach co 100 lat i zaznaczano jaka wartość wieku radiowęglowego odpowiada danemu wiekowi kalendarzowemu. W ten sposób powstały ukośne odcinki łączące oś czasu kalendarzowego i oś czasu radiowęglowego. Widać wyraźnie, że „czas radiowęglowy” nie płynie jednostajnie. Zegar radiowęglowy raz przyspiesza, raz spóźnia, a czasami nawet cofa się. Nieliniowość skali radiowęglowej może być przyczyną mylnego wrażenia synchronizacji zdarzeń, błędnego oszacowania długości jakiegoś epizodu, jego intensywności czy też tempa sedymentacji → konieczność kalibracji dat radiowęglowych.

Rycina 2. Stanowisko Rąbień. Przykład modelu wiek-głębokość i wybranych wyników analiz wielo-wskaźnikowych prezentowanych w funkcji wieku kalendarzowego (Michczyńska i in. 2013)



Rycina 3. Wyniki kompleksowego modelu chronologii dla jeziora Soppensee w Szwajcarii. Celem powstania modelu było wykorzystanie jak największej liczby posiadanych danych. Model łączy w sobie dwa typy dostępnych informacji chronologicznych: - pływającą chronologię warwową skonstruowaną dla laminowanego odcinka rdzenia (540-360cm) „zakotwiczoną” metodą wiggle-matching z wykorzystaniem dat radiowęglowych dla tego odcinka oraz krzywej kalibracyjnej IntCal09 - wyniki datowania radiowęglowego dla nielaminowanego oraz częściowo laminowanego odcinka rdzenia, w oparciu o które konstruowane są modele wiek-głębokość dla tych odcinków.

Tabela po prawej przedstawia daty dla wybranych epizodów zarejestrowanych w rdzeniu. (Hajdas, Michczyński 2010; Michczyński 2011)

Events dated based on complex statistical model of the Soppensee chronology	Depth	Calendar age	
		1 σ interval (cal BP)	Median (cal BP)
Upper boundary of the laminated part of sediments	362 cm	6425 - 6230	6325
Vasett / Kilian Tephra (VKT)	474 cm	9570 - 9455	9515
End of Younger Dryas *	534 cm	11075 - 10955	11015
Boundary between partly laminated and distinctly laminated part of sediments	540 cm	11430 - 11180	11310
Onset of Younger Dryas *	583 cm	12570 - 12440	12500
Laacher See Tephra (LST)	593 cm	12830 - 12720	12770
Bottom boundary of the laminated part of sediments	640 cm	14150 - 14000	14080
Bottom of sediments – formation of lake	690 cm	17610 - 17280	17450

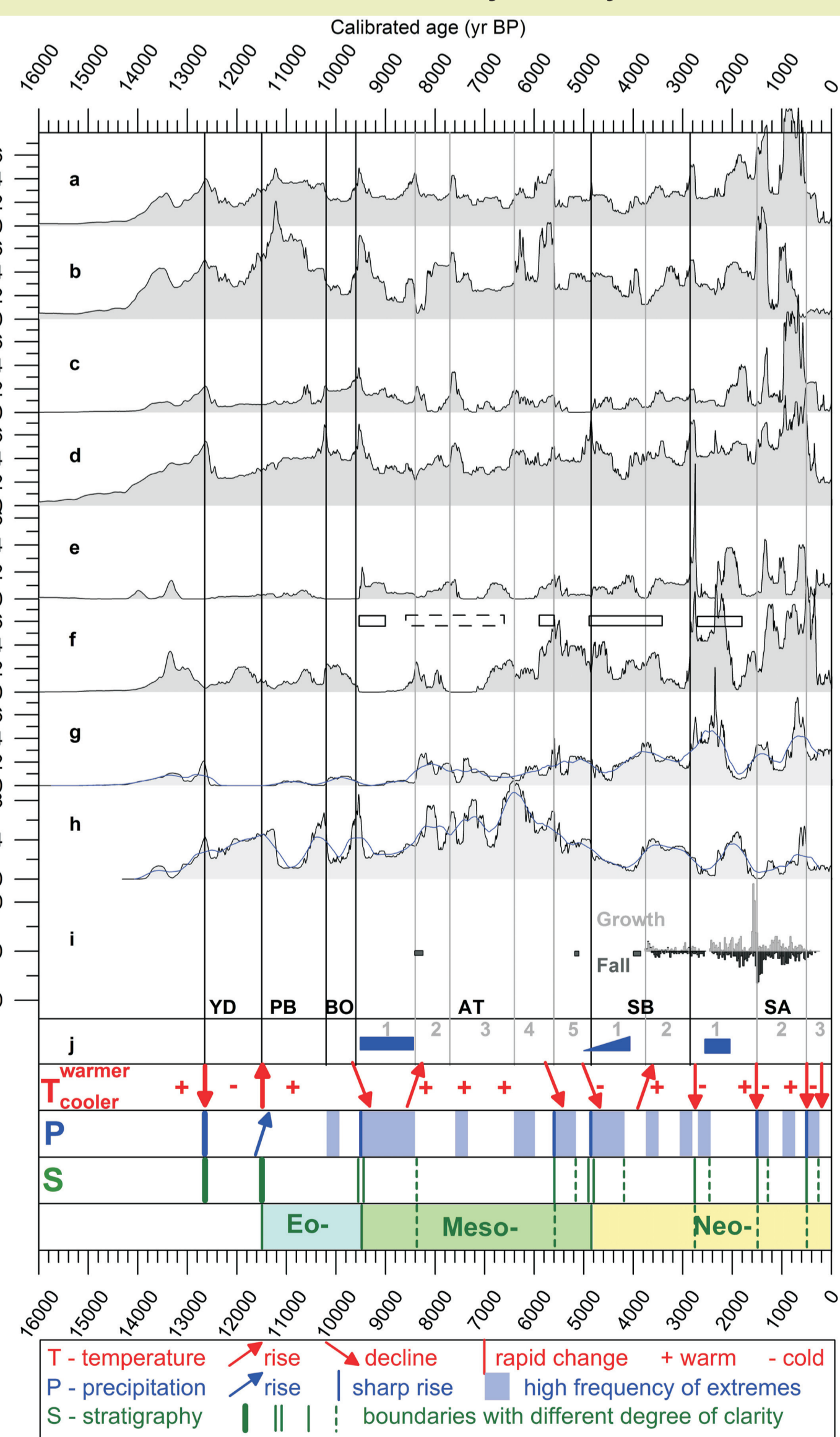
* based on pollen analysis (Hajdas 1993)

Analizy sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa (ang. probability density functions - PDF)

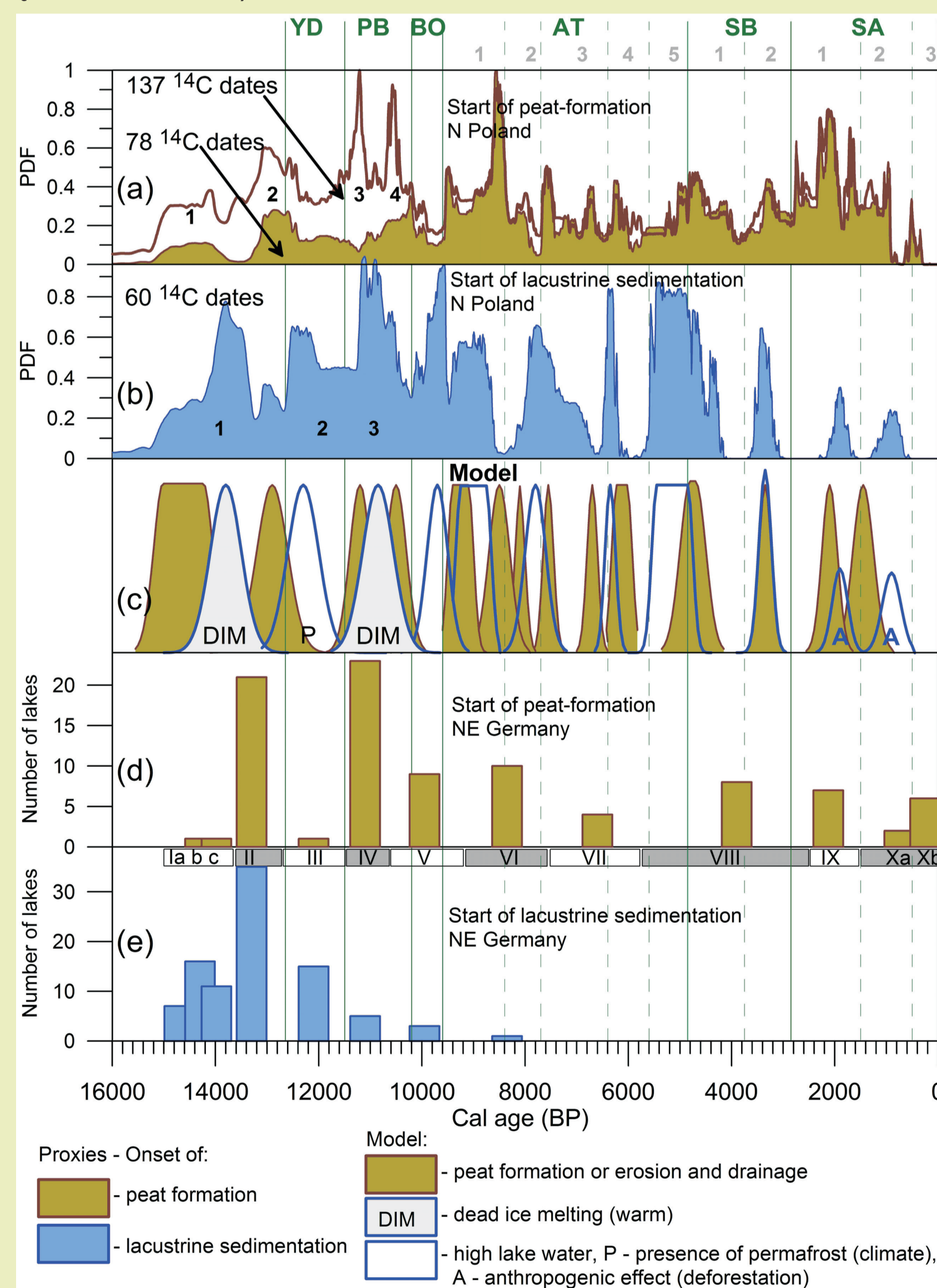
Analizy rozkładów częstości dat radiowęglowych są wykorzystywane w analizach zmian środowiska od lat 70 ubiegłego wieku. W początkowych opracowaniach analizowane były rozkłady częstości na skali lat radiowęglowych (Geyh i Streif 1970, Geyh 1980, Pazdur i Pazdur 1986, Goździk i Pazdur 1987). W opracowaniach tych rozkłady normalne dat radiowęglowych były przybliżane histogramami. Opracowanie powszechnie akceptowanych krzywych kalibracyjnych i rozwój technik komputerowych umożliwił dokonywanie analiz z wykorzystaniem pełnych rozkładów prawdopodobieństwa dat kalibrowanych (np. Michczyńska i Pazdur 2004, Macklin i in. 2006, Michczyńska i in. 2007, Starkel i in. 2006).

Przykłady wykorzystania analiz sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa do:

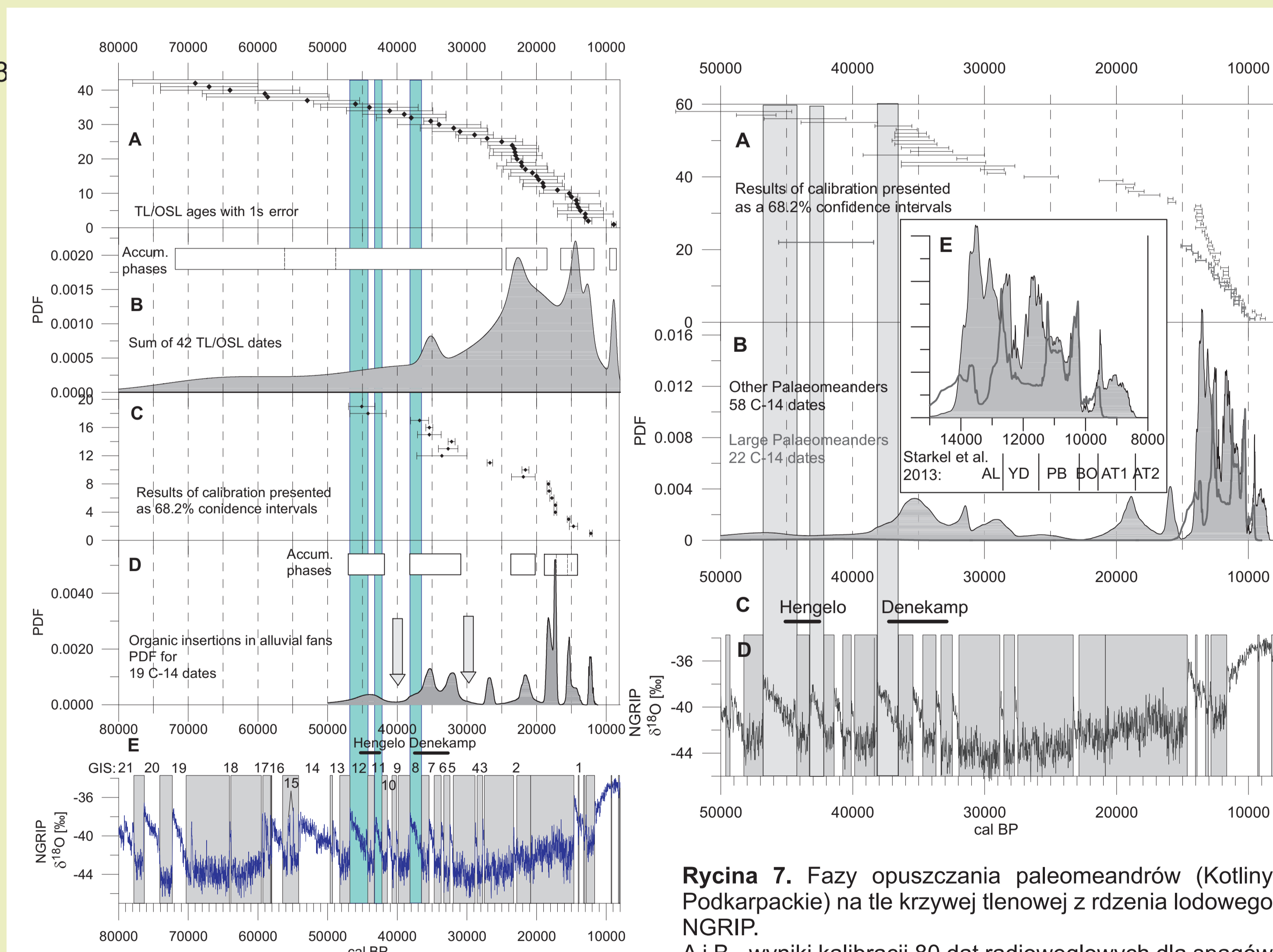
- opracowania chrono-klimatostratygrafii holocenu obszaru Polski w skali lat kalendarzowych (Starkel i in. 2013),
- odtwarzania zmian hydrologicznych w strefie młodoglacjalnej w późnym glacie i holocenie (Michczyńska i in. 2013)
- badania historii fluwialnej Kotliny Sandomierskiej (Gębica i in. 2015)



Rycina 4. Granice chronostratygraficzne dla obszaru Polski zdefiniowane na podstawie analizy sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa dla danych fluwialnych (a-c), torfowych (d), osuwisk (e-f), nacieków (g), martwic wapiennych (h) oraz danych dendrochronologicznych (Starkel i in. 2013)



Rycina 5. Rozkłady PDF przedstawiające początek sedymentacji torfowej (a) oraz jeziornej (b) dla strefy młodoglacjalnej Polski oraz N-E Niemiec (d-e). (Michczyńska i in. 2013)



Rycina 6. Fazy akumulacji pokryw i stożków na przedpolu gór (Kotlina Podkarpackie) na tle krzywej tlenowej z rdzenia lodowego NGRIP.

A i B – wyniki kalibracji 80 dat radiowęglowych dla spągów organicznych wypełnień paleomeandrów przedstawione w formie odcinków reprezentujących przedziały 68,2% ufności (A) oraz sumarycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa pojedynczych dat (B). PDF dla 22 dat pochodzących z wypełnień dużych paleomeandrów zaznaczono pogrubioną szarą linią, a dla pozostałych 58 dat jako zacielenia na szaro wykres. Dla porównania zaprezentowano również przedziały wieku odpowiadające interstadiałom Hengelo i Denekamp (C), krzywą tlenową dla rdzenia NGRIP (Blockley et al. 2012). Dodatkowo zaprezentowano wykresy dla przedziału 15-8 tys. lat BP w powiększeniu (E). Dla przedziału tego zaznaczano granice chronozon wg Starkel et al. 2013.

LITERATURA:
Geyh MA. 1980. Holocene sea-level history: case study of the statistical evaluation of 14C dates. Radiocarbon 22(3): 695–704.
Geyh MA, Streif H. 1970. Studies on coastal movements and sea-level changes by means of the statistical evaluation of 14C-data. Proceedings of the "Symposium on Coastal Geodesy", Munich, 20–24 July 1970: 599–611.
Gębica P., Starkel L., Michczyńska D.J., 2015. Fluvial history of Subcarpathian Basins (Poland) during the last cold stage (60-8 cal ka BP). Quaternary International, accepted
Goździk J., Pazdur MF., 1987. Frequency distribution of 14C dates from Poland in the time interval 12–45 kyr BP and its palaeogeographical implications. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Matematyka-Fizyka, z. 56, Geochronometria 4: 27–42.
Hajdas I., Michczyńska A., 2010. Age-depth model of Lake Soppensee (CH) based on the high-resolution 14C chronology compared with varve chronology. Radiocarbon 52(2): 1027–1040.
Macklin MG, Benito C, Gregory KJ, Johnstone E, Lewin J, Michczyńska DJ, Soja R, Starkel L, Thorndycraft VR, 2006. Past hydrological events reflected in the Holocene fluvial record of Europe. CATENA 66: 145–154.
Michczyńska DJ, Pazdur A., 2004. Shape analysis of cumulative probability density function of radiocarbon dates set in the study of climate change in Late Glacial and Holocene. Radiocarbon 46(2): 733–44.
Michczyńska DJ, Forysiak J, Pawłowski D, Płociński M, Borówka RK, Witkowski A, Obremska M, Słowiński M, Żurek S, Brooks SJ, Michczyńska A., 2013a. The environment changes and chronology of the Late Vistulian (Weichselian) sediments in the Rąbień mire. [W:] Piotrowska N. (red.) 11th International Conference "Methods of Absolute Chronology", 15–18th May 2013, Podlesie, Poland. Abstracts and Programme: 79.
Michczyńska DJ, Starkel L, Nalepka D, Pazdur A., 2013b. Hydrological changes after the last ice retreat in northern Poland using radiocarbon dating. Radiocarbon 55(2-3): 1712–1723.
Michczyńska A., 2011. Tworzenie chronologii bezwzględnych na podstawie datowania metodą radiowęglową. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
Pazdur A, Pazdur MF, 1986. Radiocarbon chronology of the Late Glacial period in Poland. Acta Interdisciplinaria Archaeologia 4: 61–71.
Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Grootes PM, Guilderson TP, Hatfieldson H, Hajdas I, Hatt C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney GSM, van der Plicht J., 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon 55(4): 1869–1887.
Starkel L, Soja R, Michczyńska DJ., 2006. Past hydrological events reflected in Holocene history of Polish rivers. CATENA 66(1–2): 24–33.
Starkel L., Michczyńska D.J., Krapiec M., Margielewski W., Nalepka D., Pazdur A. 2013. Progress in the Holocene chrono-climatostratigraphy of Polish territory. Geochronometria 40(1): 1-21.