

KOLOKWIUM HABILITACYJNE

Nauki o Ziemi i środowisku, Uniwersytet Jagielloński

Sylwester Arabas

TEMATYKA BADAŃ: MODELOWANIE OBLICZENIOWE CHMUR

...1917 NA UJ: RUDZKI I SMOLUCHOWSKI

DR M. P. RUDZKI

PROFESOR UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO,
DYREKTOR OBSERWATORYUM ASTRONOMICZNEGO W KRAKOWIE.

ZASADY METEOROLOGII

ROZDZIAŁ 1. Atmosfera, para, chmury 1 — 24

- § 1. Budowa atmosfery.
- § 2. Skład powietrza.
- § 3. Para wodna.
- § 4. Ilość pary nasycającej przestrzeń. Mierzenie wilgotności powietrza.
- § 5. Psychrometr i hygrometr.
- § 6. Skroplenie.
- § 7. Spadanie kropel.
- § 8. Kropelki w obłokach.
- § 9. Łączenie się kropelek w większe krople. Deszcz.

Wszystko, co dotychczas pomiedzieliśmy, odnosi się jeno do samotnych kropel. Tymczasem, jak to słusznie zauważył M. Smoluchowski zwykle spada nie jedna kropla, ale całe mnóstwo.

$$\dot{c}_{\mathbf{x},t}(r) = \frac{1}{2} \int_0^r a(r', r-r') c_{\mathbf{x},t}(r') c_{\mathbf{x},t}(r-r') dr' - c_{\mathbf{x},t}(r) \int_0^\infty a(r', r) c_{\mathbf{x},t}(r') dr'$$

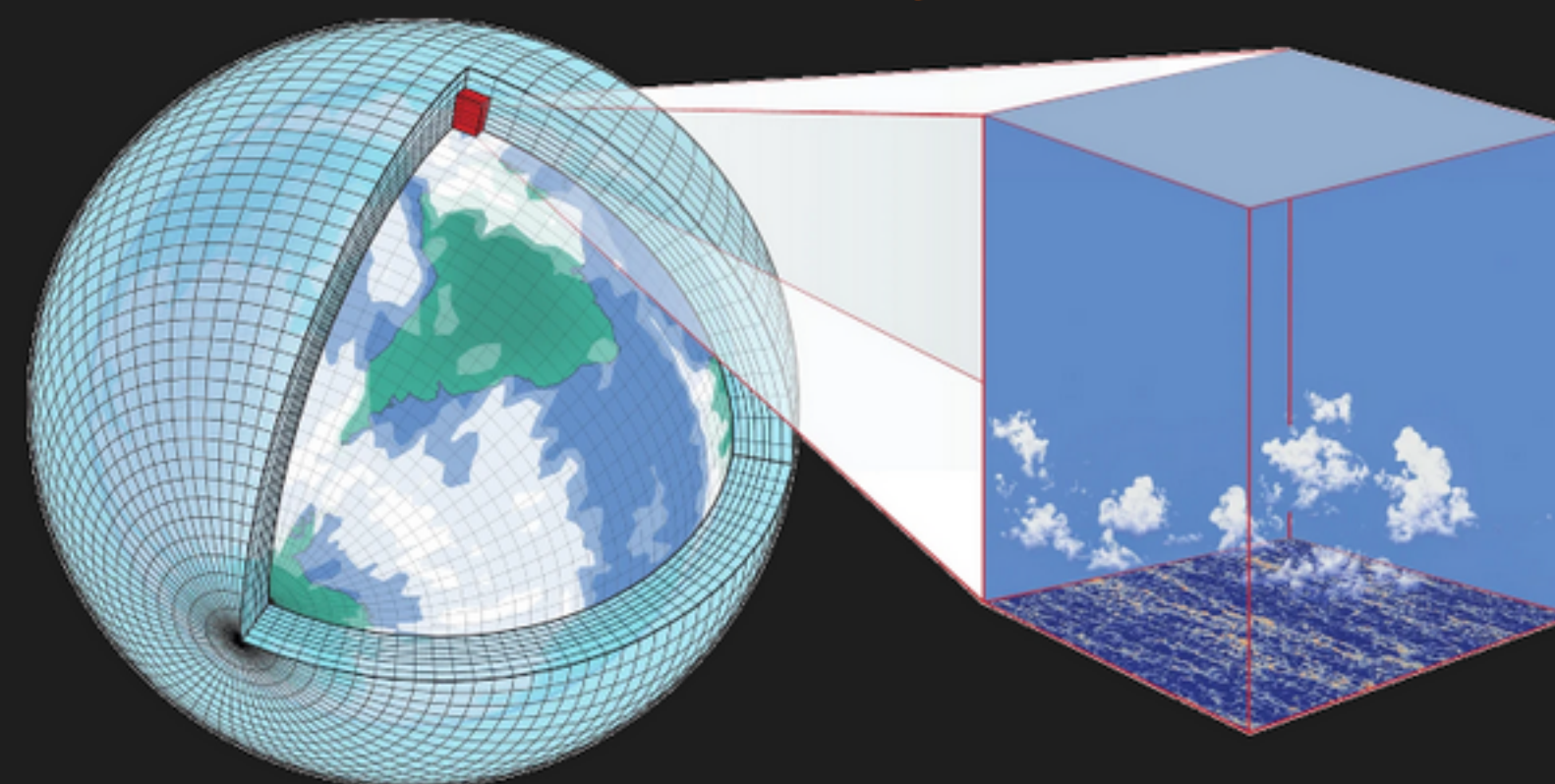
$c_{\mathbf{x},t}(r)$: koncentracja kropel o rozmiarze r w punkcie $\mathbf{x}$ w chwili t

$a(r_1, r_2) \rightsquigarrow$ tempo koagulacji



„Cloud and ship, view from Ai-Petri, Crimea, Ukraine” (Y. Timashov/Nat. Geographic)

...SCHNEIDER I IN. 2017 (NAT. CLIM. CHANG.)



Grid cells in a global climate model and a large-eddy simulation of shallow cumulus

$$\partial_t c + \nabla \cdot (\mathbf{u}c) = \dot{c}$$

CYKLE PUBLIKACJI:

A: Metody i narzędzia modelowania mikrofizyki chmur w atmosferze

A1: Arabas i Pawlowska 2011 (GMD): „Adaptive method of lines for multi-component aerosol condensational growth...”

A2: Arabas i Shima 2013 (JAS): „Large-eddy simulations of trade wind cumuli using particle-based microphysics...”

A3: Arabas, Jaruga i in. 2015 (GMD): „libcloudph++ 1.0: a single-moment bulk, double-moment bulk, and particle-based...”

A4: Arabas i Shima 2017 (NPG): „On the CCN (de)activation nonlinearities”

A5: Olesik... i Arabas 2022 (GMD): „On numerical broadening of particle-size spectra: a condensational growth study...”

A6: de Jong... i Arabas 2023 (GMD): „Breakups are complicated: an efficient representation of collisional breakup...”

A7: Arabas i in. 2025 (JAMES): „Immersion freezing in particle-based aerosol-cloud microphysics: a probabilistic perspective...”

B: Implementacja i zastosowania Multidimensional Positive Definite Advection Transport Algorithm (MPDATA)

B1: Jaruga, Arabas i in. 2015 (GMD): „libmpdata++ 1.0: a library of parallel MPDATA solvers ...”

B2: Arabas i Farhat 2020 (JCAM): „Derivative pricing as a transport problem: MPDATA solutions to Black-Scholes...”

B3: Derlatka... i Arabas 2024 (SoftX): „Numba-MPI v1.0: Enabling MPI communication within Numba/LLVM JIT-compiled Python...”

WYKSZTAŁCENIE:

2002-2008:  studia magisterskie na Fizyce UW (obrona VI '08)

2008-2013:  studia doktoranckie na Fizyce UW (obrona XII '13)

ZATRUDNIENIE:

2014-2015:  Instytut Geofizyki UW (grupa prof. Pawłowskiej)

2015-2017:  Chatham Financial, Kraków (zespół „Models”)

2017-2018:  Aethon, Ateny (UE/H2020 „industrial postdoc”)

2018-2023:  Instytut Inform. i Mat. Obl. UJ (FNP „POWROTY”)

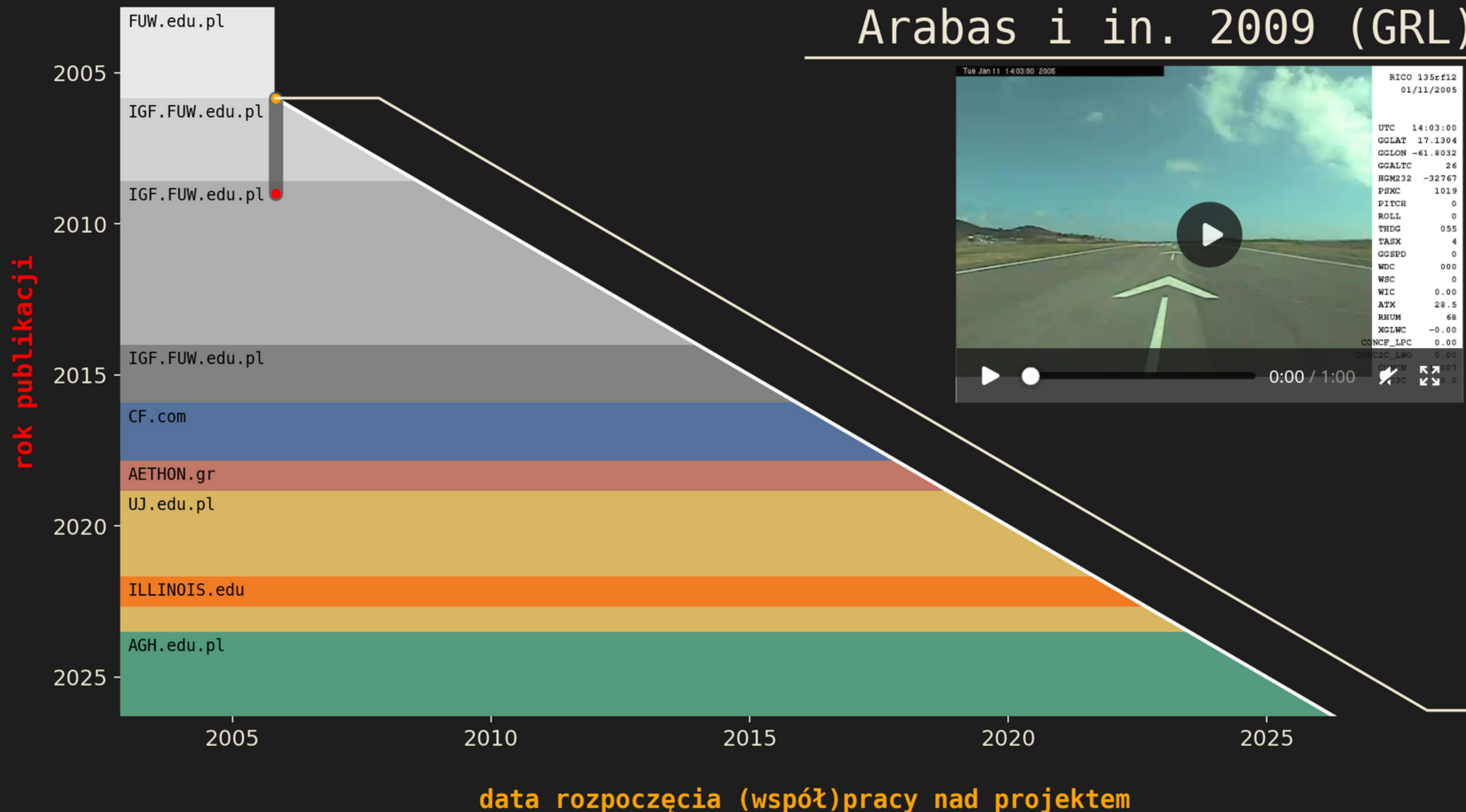
2021-2022:  University of Illinois (grupa prof. Riemer)

2023- :  Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH

(NCN „SONATA”, zespół prof. Wachniewa)



Arabas i in. 2009 (GRL)



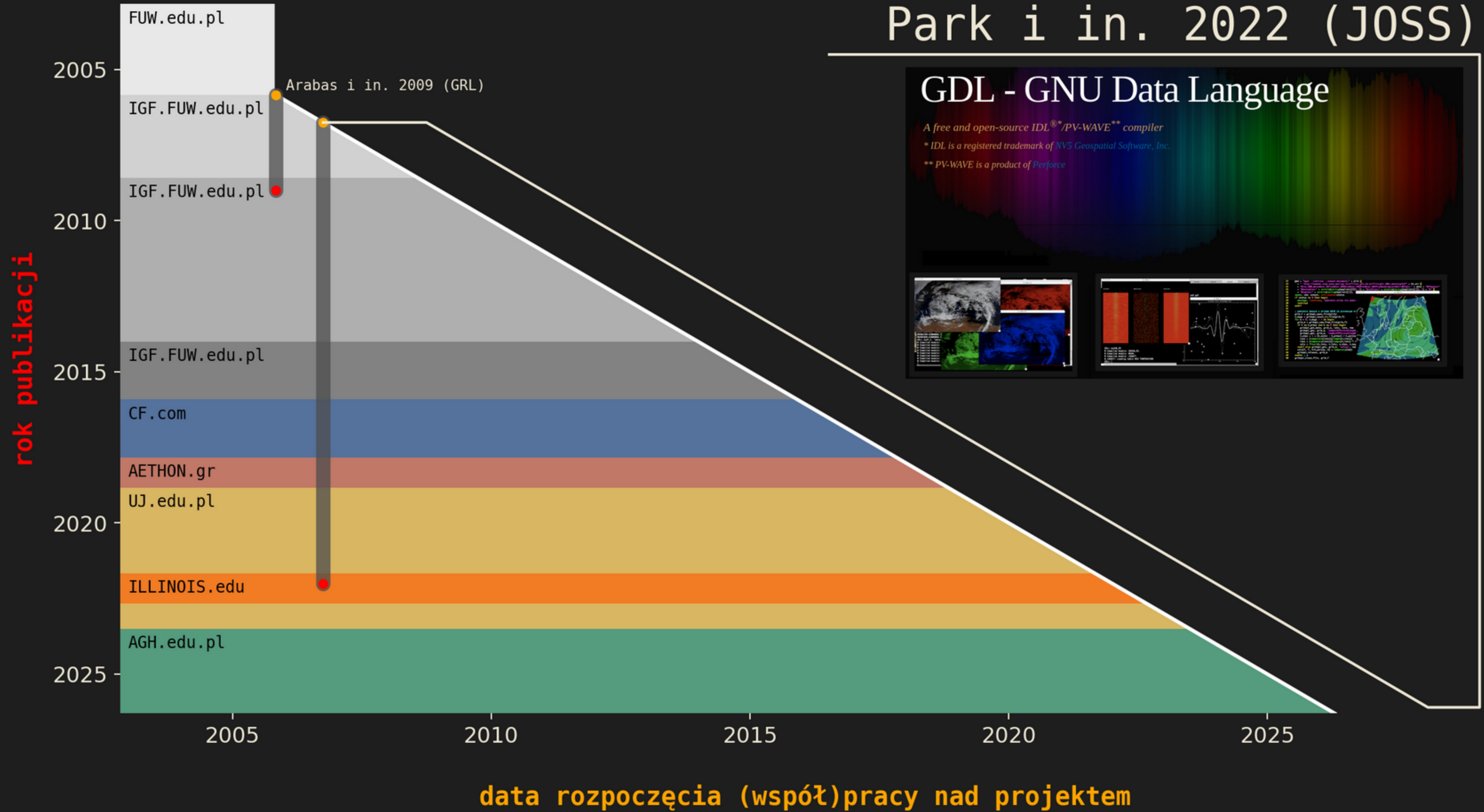
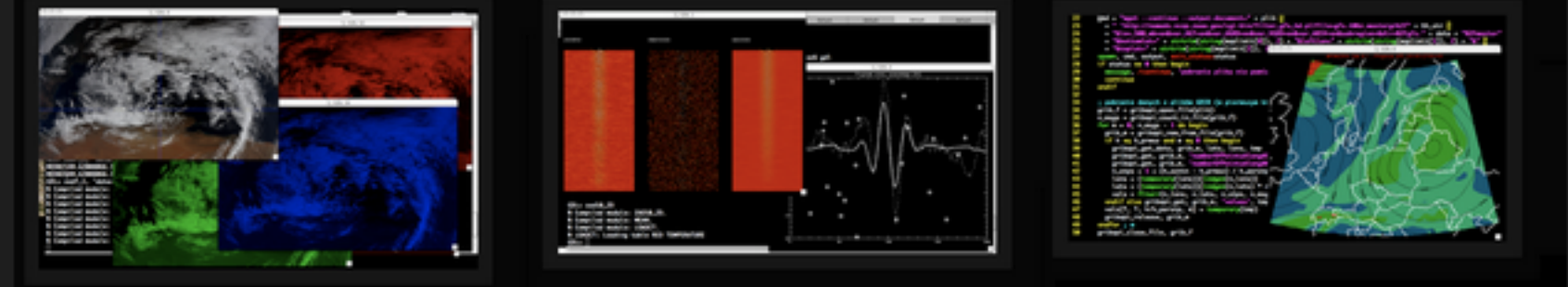
Park i in. 2022 (JOSS)

GDL - GNU Data Language

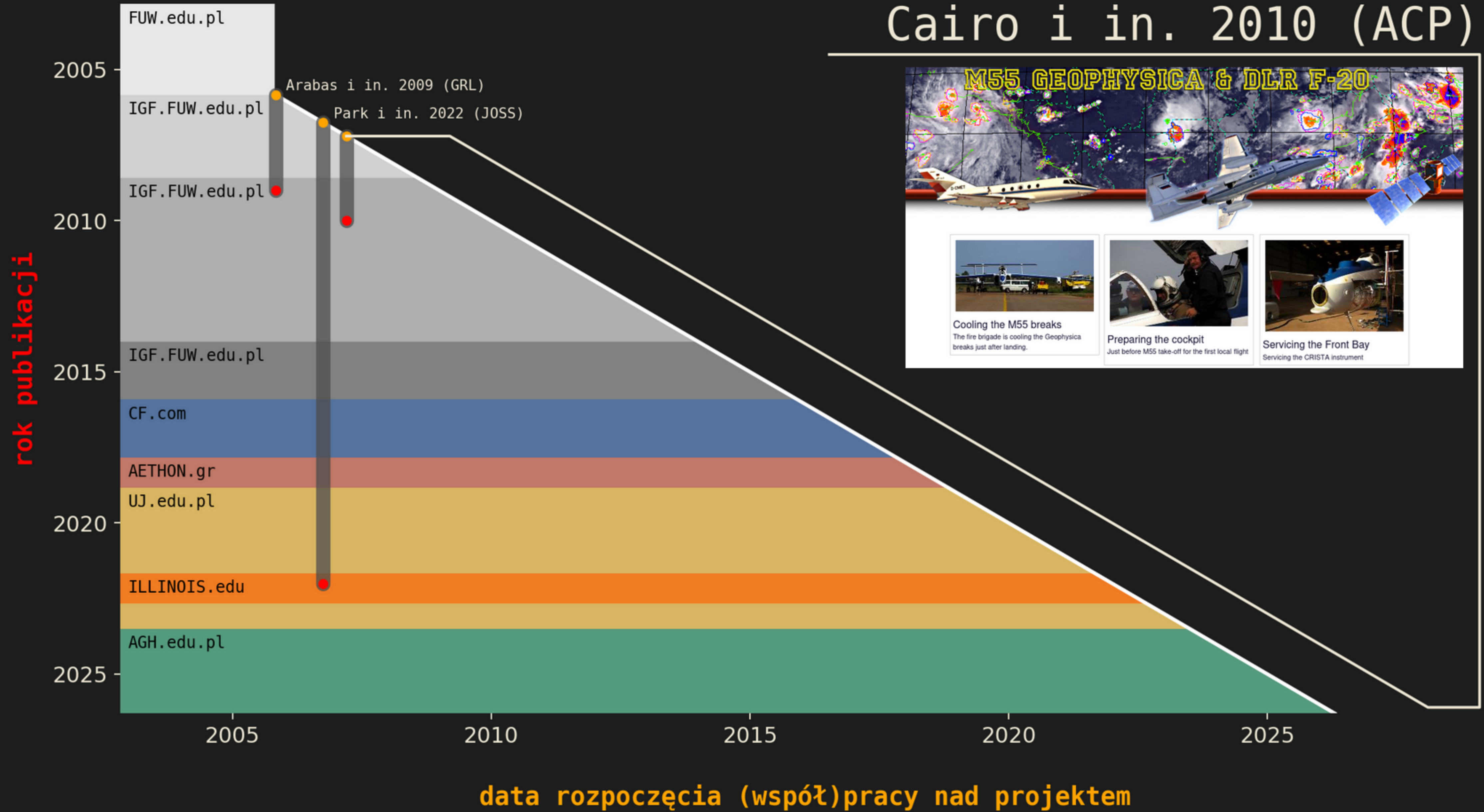
A free and open-source IDL®/PV-WAVE** compiler

* IDL is a registered trademark of NV5 Geospatial Software, Inc.

** PV-WAVE is a product of Perforce



Cairo i in. 2010 (ACP)



Kulmala i in. 2011 (ACP)

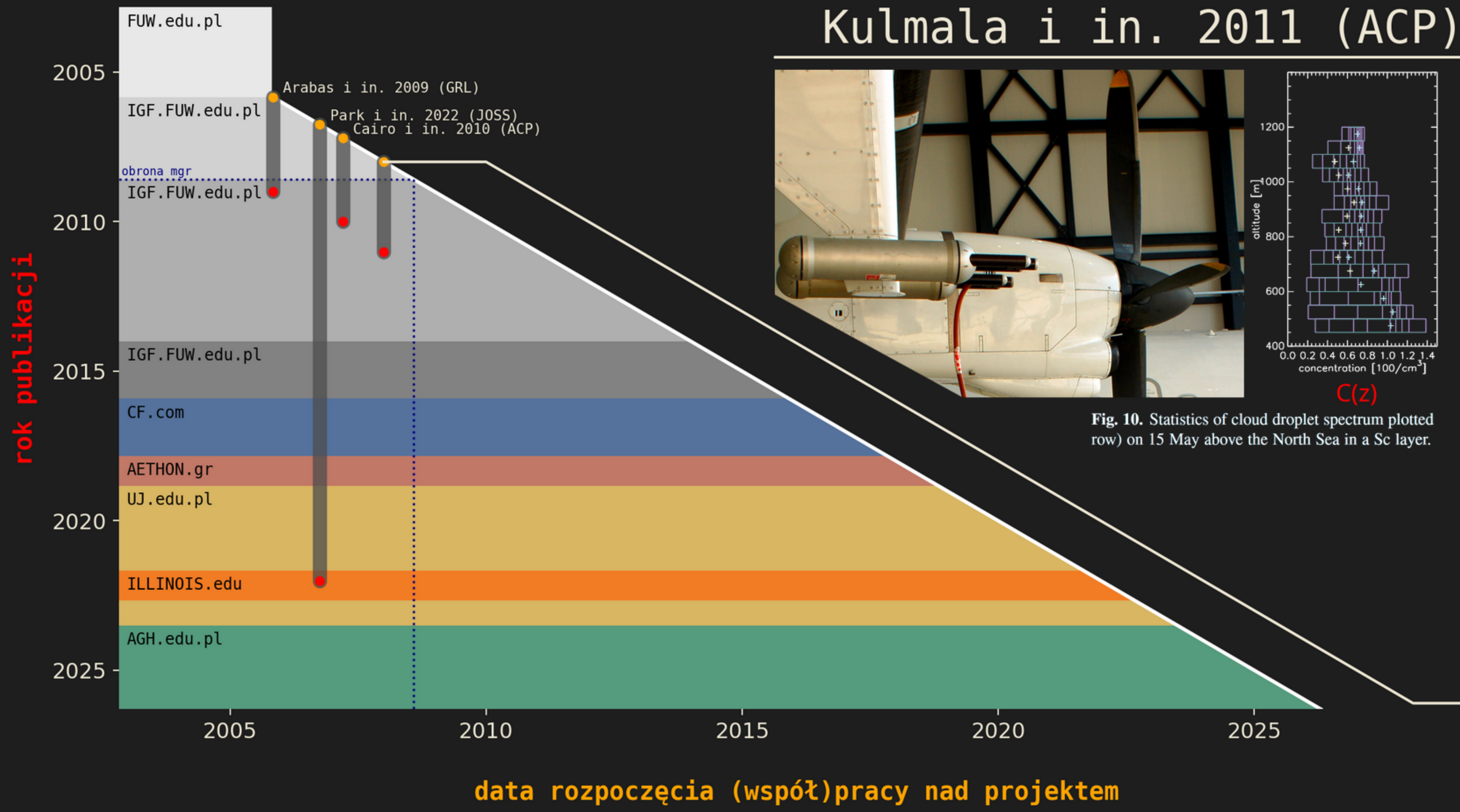
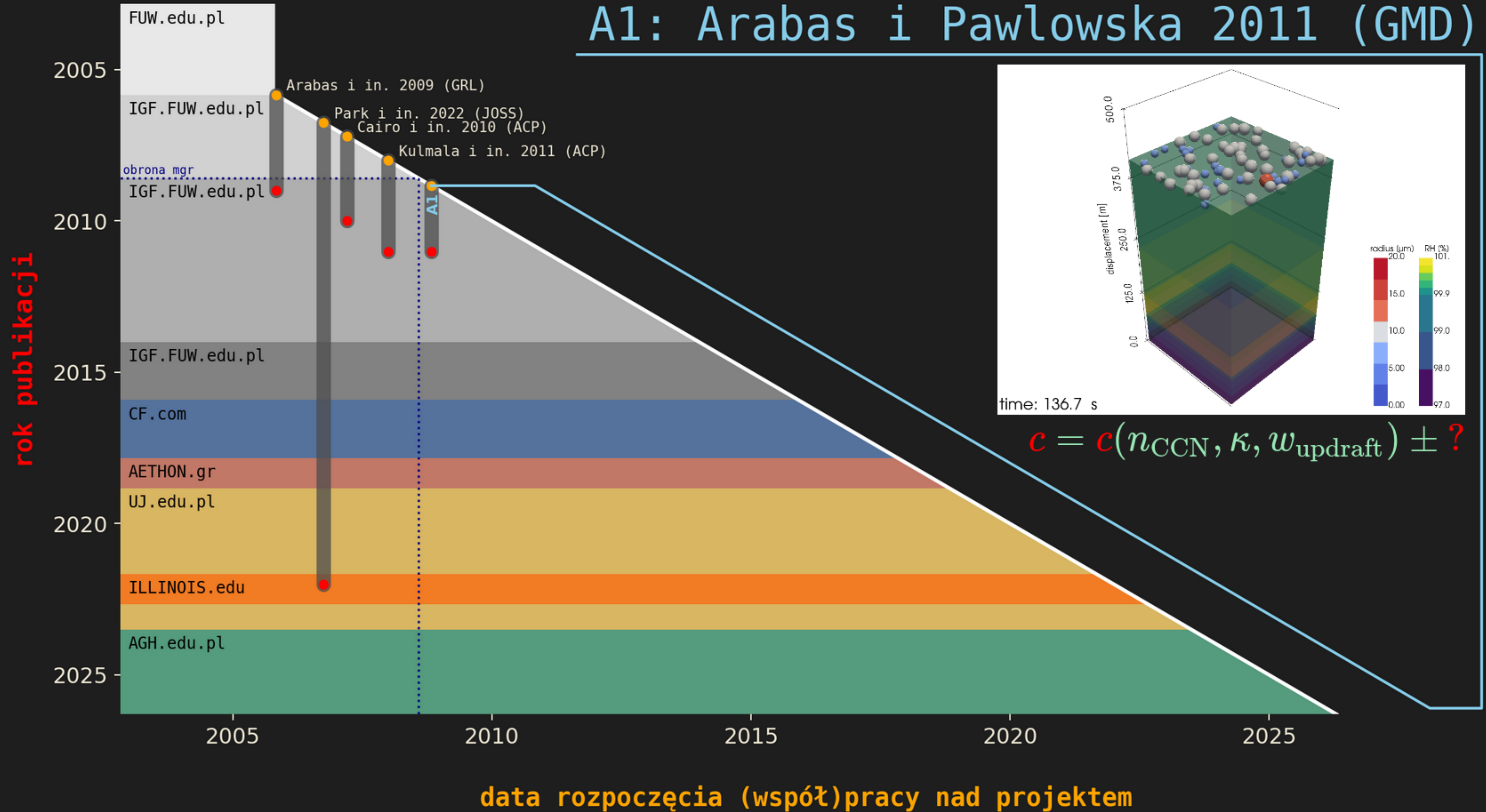


Fig. 10. Statistics of cloud droplet spectrum plotted row) on 15 May above the North Sea in a Sc layer.

A1: Arabas i Pawłowska 2011 (GMD)



Geoscientific Model Development

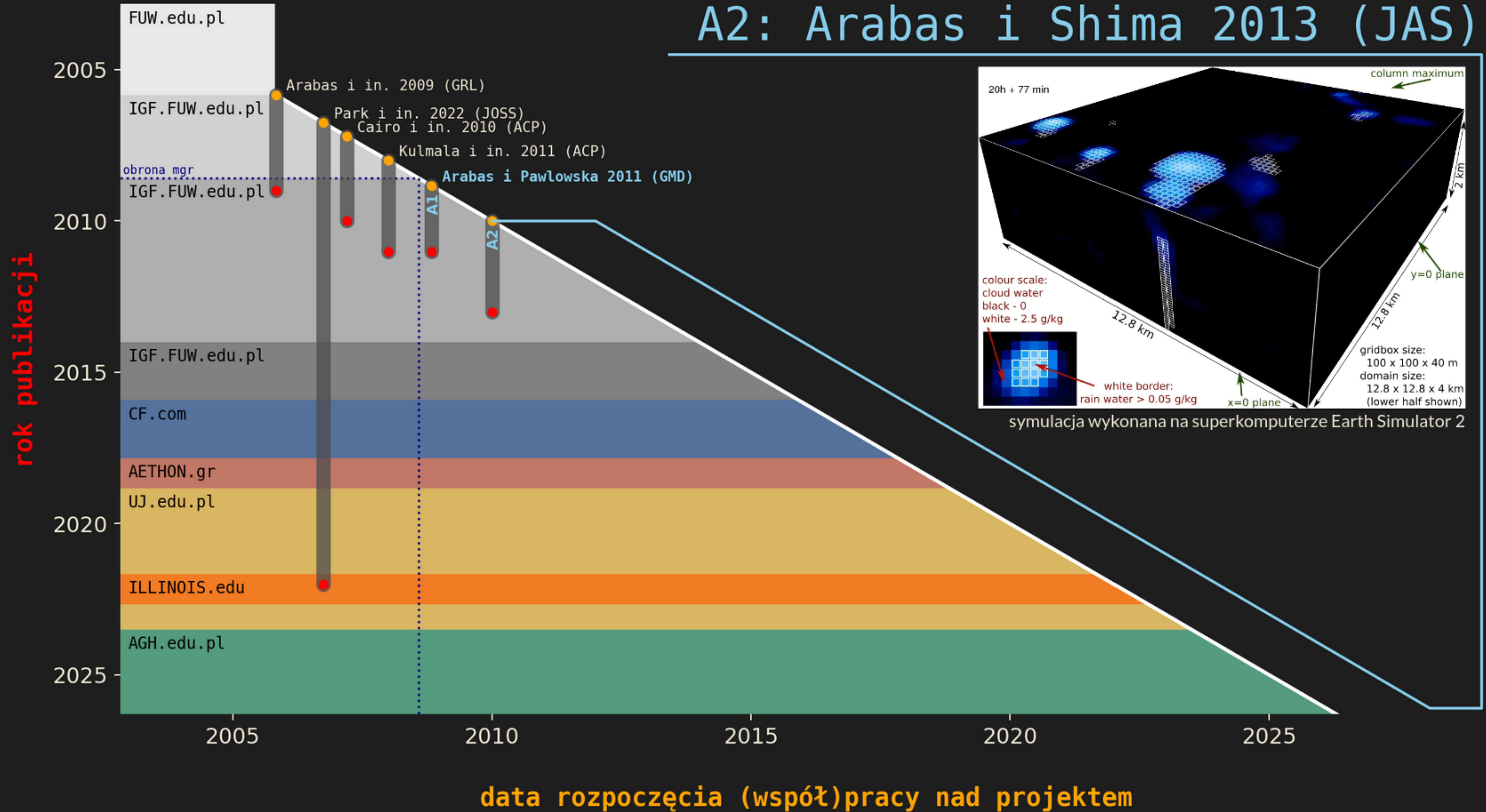
Open Access



Wybrane zasady publikacji w GMD (v1.2):

- **3.1 Source code is necessary but not sufficient**
“... all of the steps which were taken from raw data to points on graphs or numbers in tables.”
- **3.2 Manual processing considered harmful**
“... no manual processing of the data: models are run by a script, and all pre- and post-processing is scripted.”
- **3.4 Embargoes**
“... if the code is not ready, then neither is the manuscript.”
- **3.5 Archive on submission**
“... full archival requirements must be met by manuscripts on submission.”

A2: Arabas i Shima 2013 (JAS)





(11) EP 1 847 939 A3

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(88) Date of publication A3:
07.01.2015 Bulletin 2015/02

(51) Int Cl.:
G06F 17/50 (2006.01) G01W 1/10 (2006.01)
G01W 1/14 (2006.01)

(43) Date of publication A2:
24.10.2007 Bulletin 2007/43

(21) Application number: 07008132.8

(22) Date of filing: 20.04.2007

(84) Designated Contracting States:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR
Designated Extension States:
AL BA HR MK RS

(72) Inventors:
• Shima, Shinichiro
Kanagawa, 237-0061 (JP)
• Sugiyama, Toru
Kanagawa, 237-0061 (JP)
• Kusano, Kanya
Kanagawa, 237-0061 (JP)
• Kawano, Akio
Kanagawa, 237-0061 (JP)
• Hirose, Shigenobu
Kanagawa, 237-0061 (JP)

(30) Priority: 20.04.2006 JP 2006117064

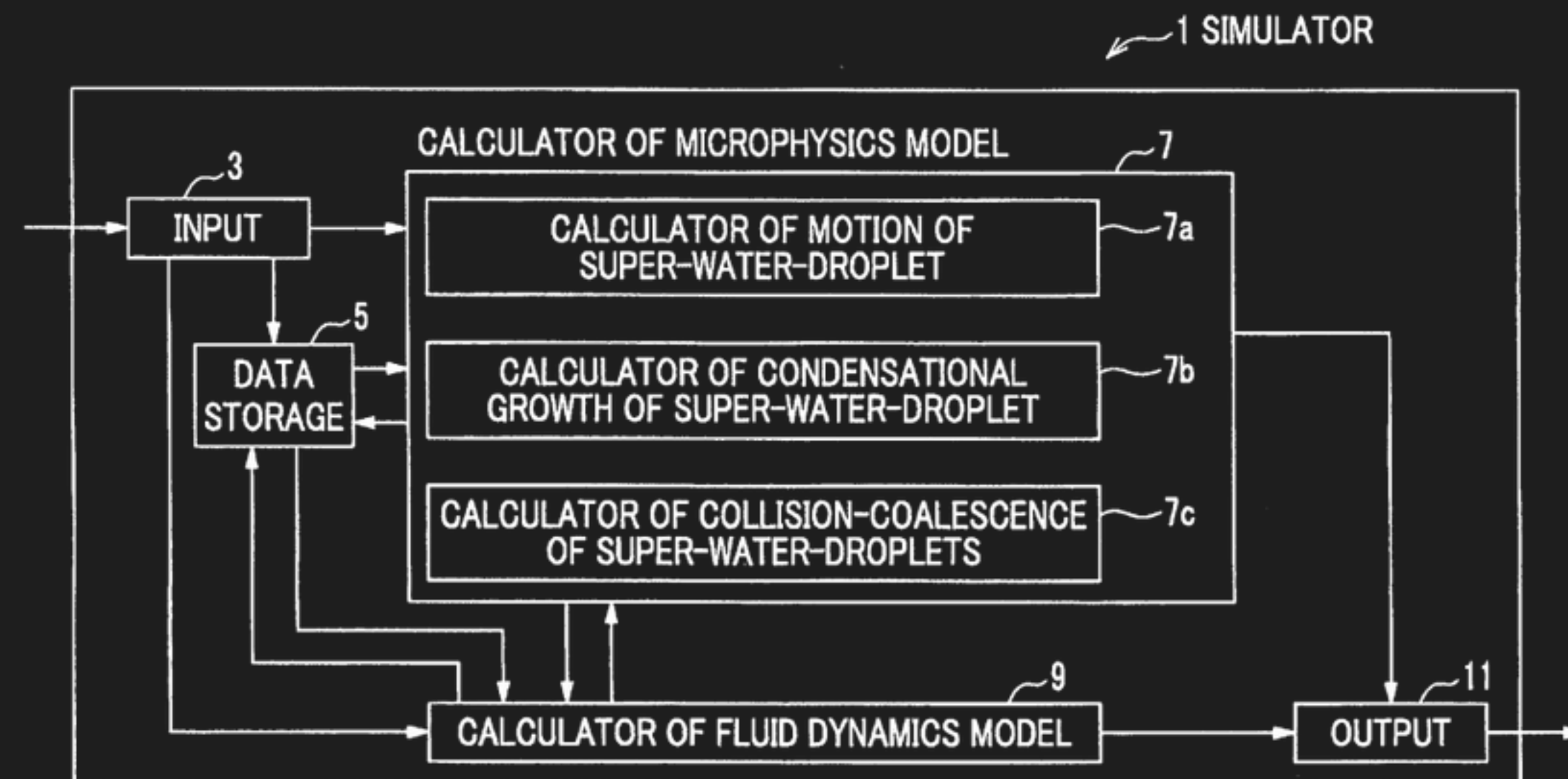
(71) Applicant: Japan Agency for Marine-Earth Science
and
Technology
Yokosuka-shi
Kanagawa
237-0061 (JP)

(74) Representative: Thun, Clemens
Mitscherlich PartmbB
Patent- und Rechtsanwälte
Sonnenstraße 33
80331 München (DE)

(54) Simulation method, simulation program, and simulator

(57) A simulator is provided for simulating a real-water-droplet for an arbitrary simulation time in an entire space to be observed in which the real-water-droplets collide by a certain probability within a predetermined volume in a predetermined time interval, and in which the real-water-droplet is specified by a group of an arbitrary number of attributes and position coordinates at an initial time in one of divided spaces into which the entire space is divided, a super-water-droplet representing a

group of an arbitrary number of the real-water-droplets which have a predetermined identical group of the attributes, when the multiplicity which is the arbitrary number of the real-water-droplets represented by the super-water-droplet changes when the super-water-droplet collides with another by a probability based on the certain probability and the multiplicity, calculating data about the super-water-droplet to output data about the real-water-droplet after the arbitrary simulation time elapses.



chmura jako koloid

- faza rozproszona: model lagranżowski

- faza rozpraszająca: model eulerowski

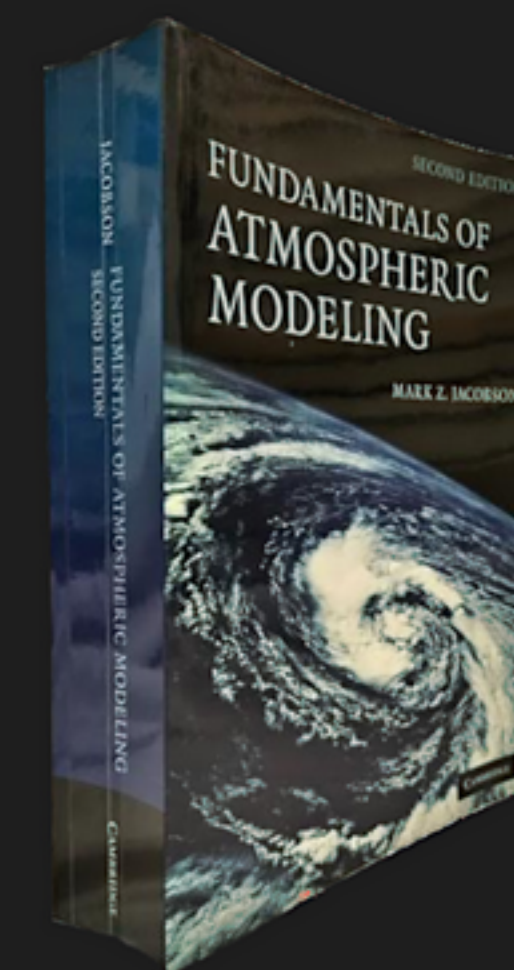
state-of-the-art w 2005 r.

„advantage of the full-moving size structure is that core particle material is preserved during growth ... second advantage ... it eliminates numerical diffusion ... [but] nucleation, coagulation ... cause problems ... full-moving structure is not used in 3D models”

przełom: Super Droplet Method (SDM)

- schemat Monte-Carlo, 2D PoC: Shima i in. 2009

- potwierdzenie w 3D LES: Arabas i Shima 2013



KIERUNEK: UNIVERSITY OF WARSAW LAGRANGIAN CLOUD MODEL (UWLCM)

(grant NCN „HARMONIA” prof. Pawłowskiej i prof. Smolarkiewicza)

RDZEŃ MIKROFIZYCZNY: LIBCLOUDPH++

- nowa (pierwsza otwarta) implementacja schematu **Monte-Carlo SDM** (jako alternatywa do modelu Smoluchowskiego)
- wsparcie dla obliczeń na CPU i GPU (w tym w trybie „GPU-resident SDM”)

RDZEŃ DYNAMICZNY: LIBMPDATA++

- nowa (pierwsza otwarta) implementacja schematu adwekcyjnego Smolarkiewicza (**MPDATA**)
- wykorzystanie współdzielenia pamięci przez wątki (wielordzeniowe CPU)

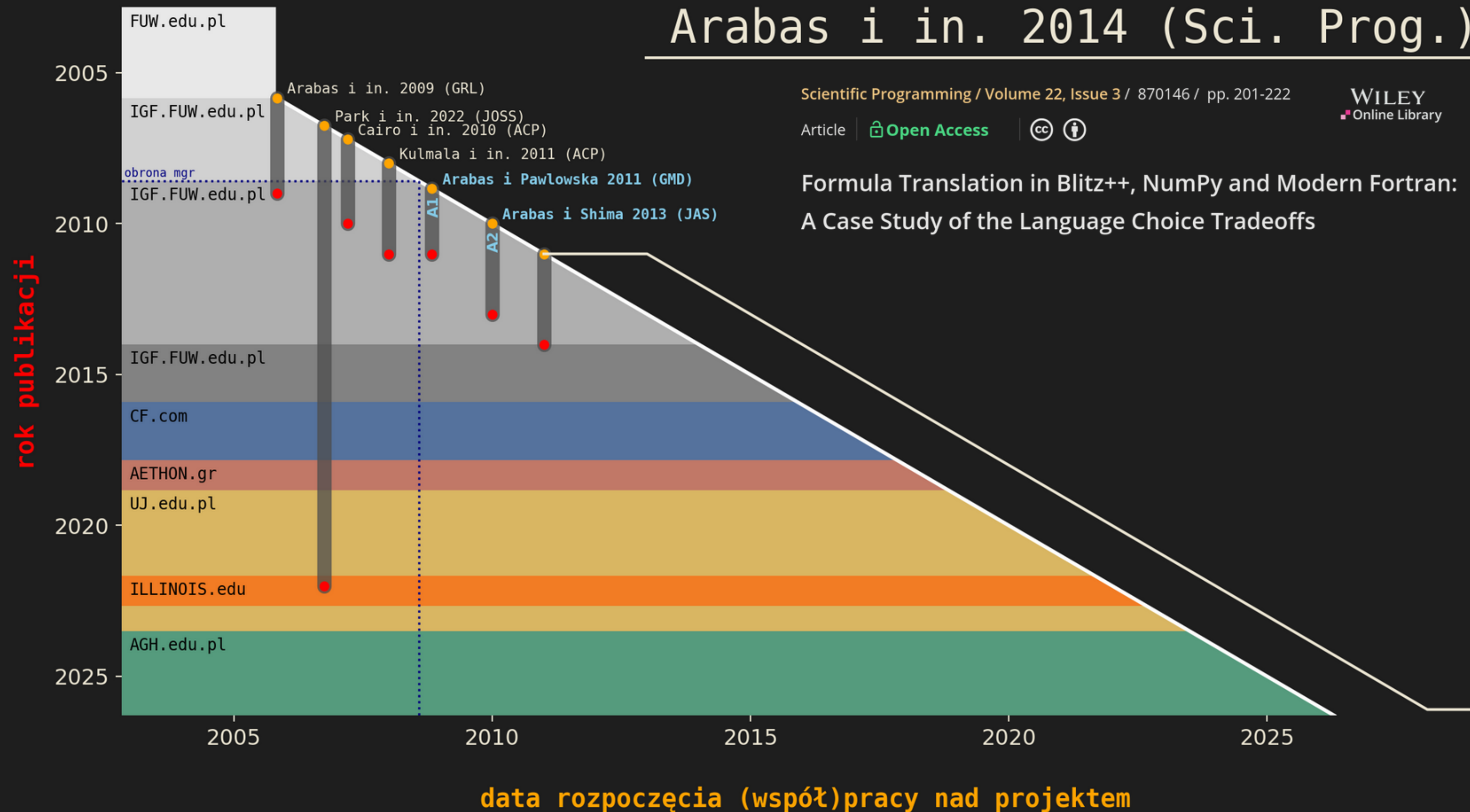
Arabas i in. 2014 (Sci. Prog.)

Scientific Programming / Volume 22, Issue 3 / 870146 / pp. 201-222

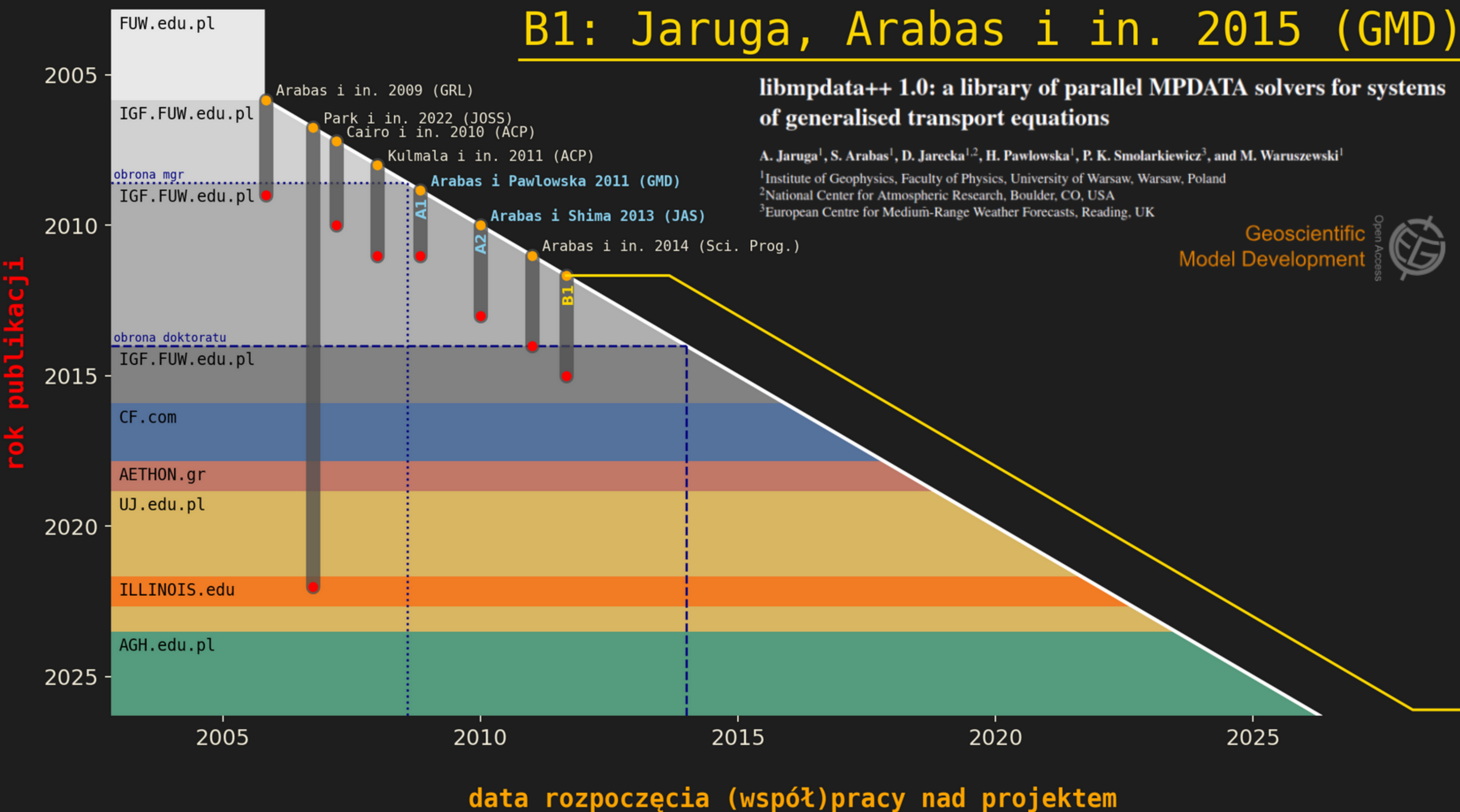
WILEY
Online Library

Article | [Open Access](#) |  

Formula Translation in Blitz++, NumPy and Modern Fortran:
A Case Study of the Language Choice Tradeoffs



B1: Jaruga, Arabas i in. 2015 (GMD)



A3: Arabas, Jaruga i in. 2015 (GMD)

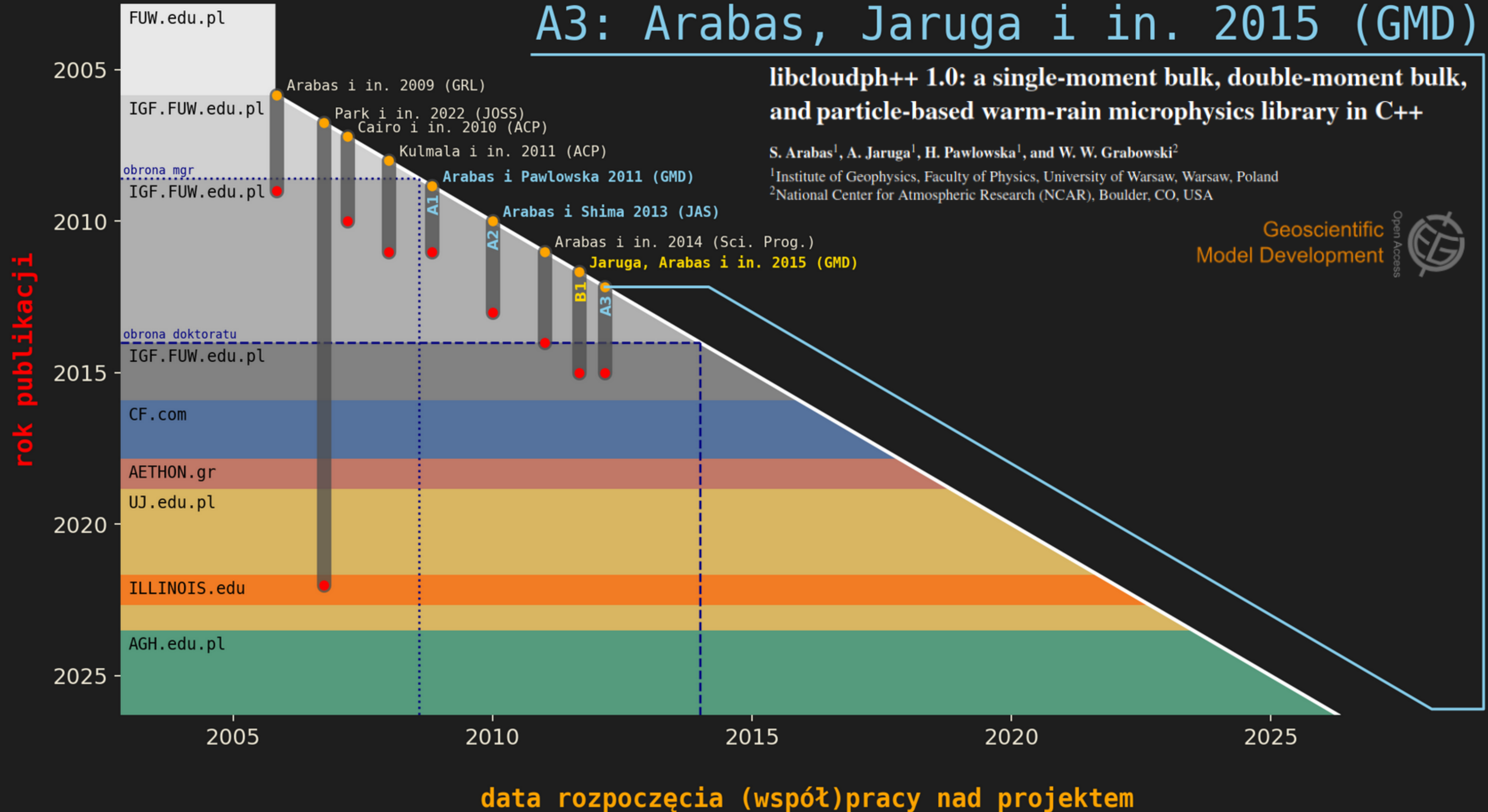
libcloudph++ 1.0: a single-moment bulk, double-moment bulk, and particle-based warm-rain microphysics library in C++

S. Arabas¹, A. Jaruga¹, H. Pawłowska¹, and W. W. Grabowski²

¹Institute of Geophysics, Faculty of Physics, University of Warsaw, Warsaw, Poland

²National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, CO, USA

Geoscientific
Model Development



Hill i in. 2023 (JAS)

Toward a Numerical Benchmark for Warm Rain Processes

ADRIAN A. HILL,^a ZACHARY J. LEBO,^b MIROSLAW ANDREJCZUK,^a SYLWESTER ARABAS,^{c,d} PIOTR DZIEKAN,^e
PAUL FIELD,^{a,f} ANDREW GETTELMAN,^g FABIAN HOFFMANN,^h HANNA PAWLOWSKA,^e RYO ONISHI,ⁱ AND BENOIT VIE^j

^a Met Office, Exeter, United Kingdom

^b School of Meteorology, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma

^c University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois

^d Jagiellonian University, Kraków, Poland

^e Institute of Geophysics, Faculty of Physics, University of Warsaw, Warsaw, Poland

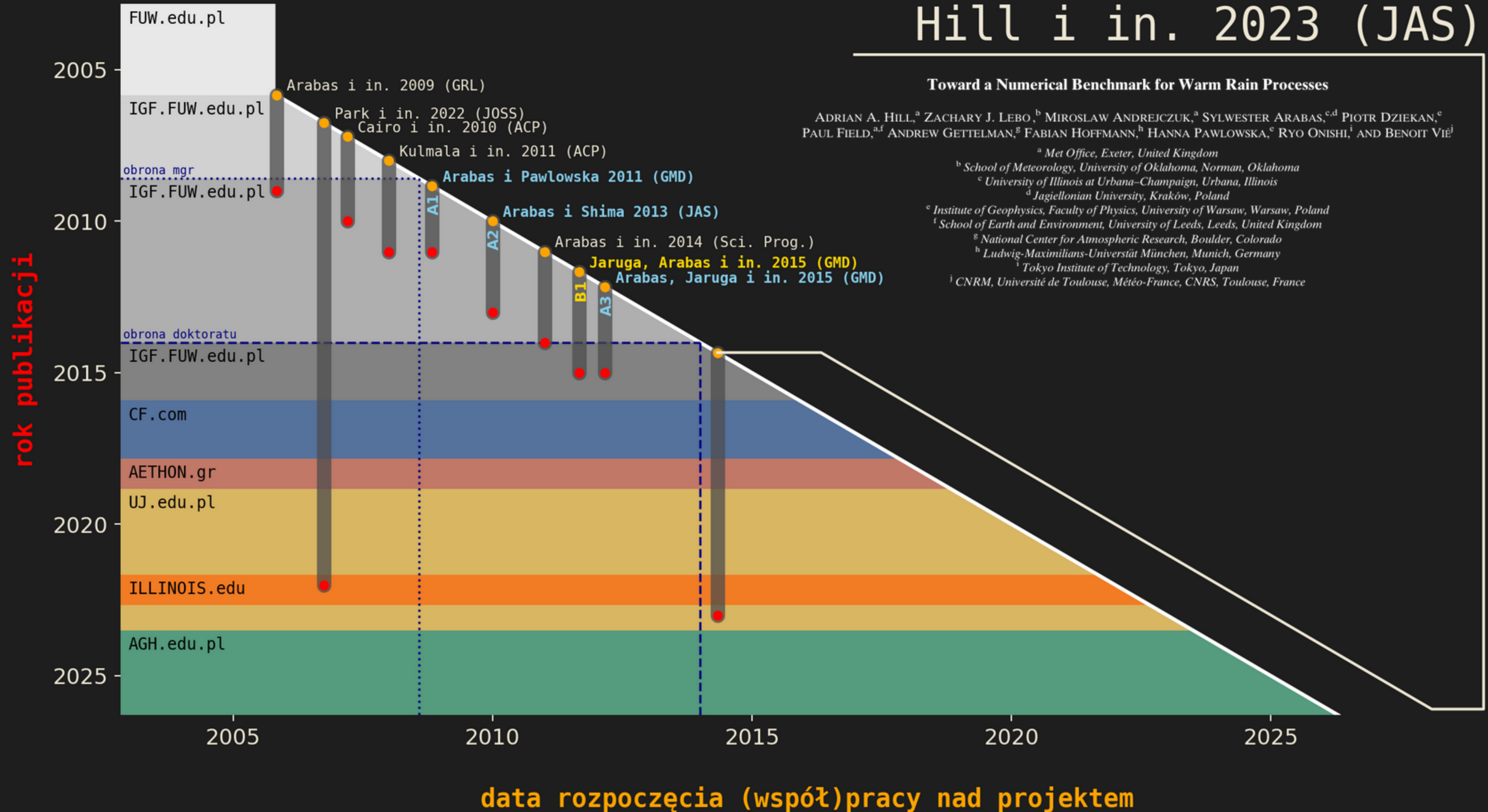
^f School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, United Kingdom

^g National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

^h Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany

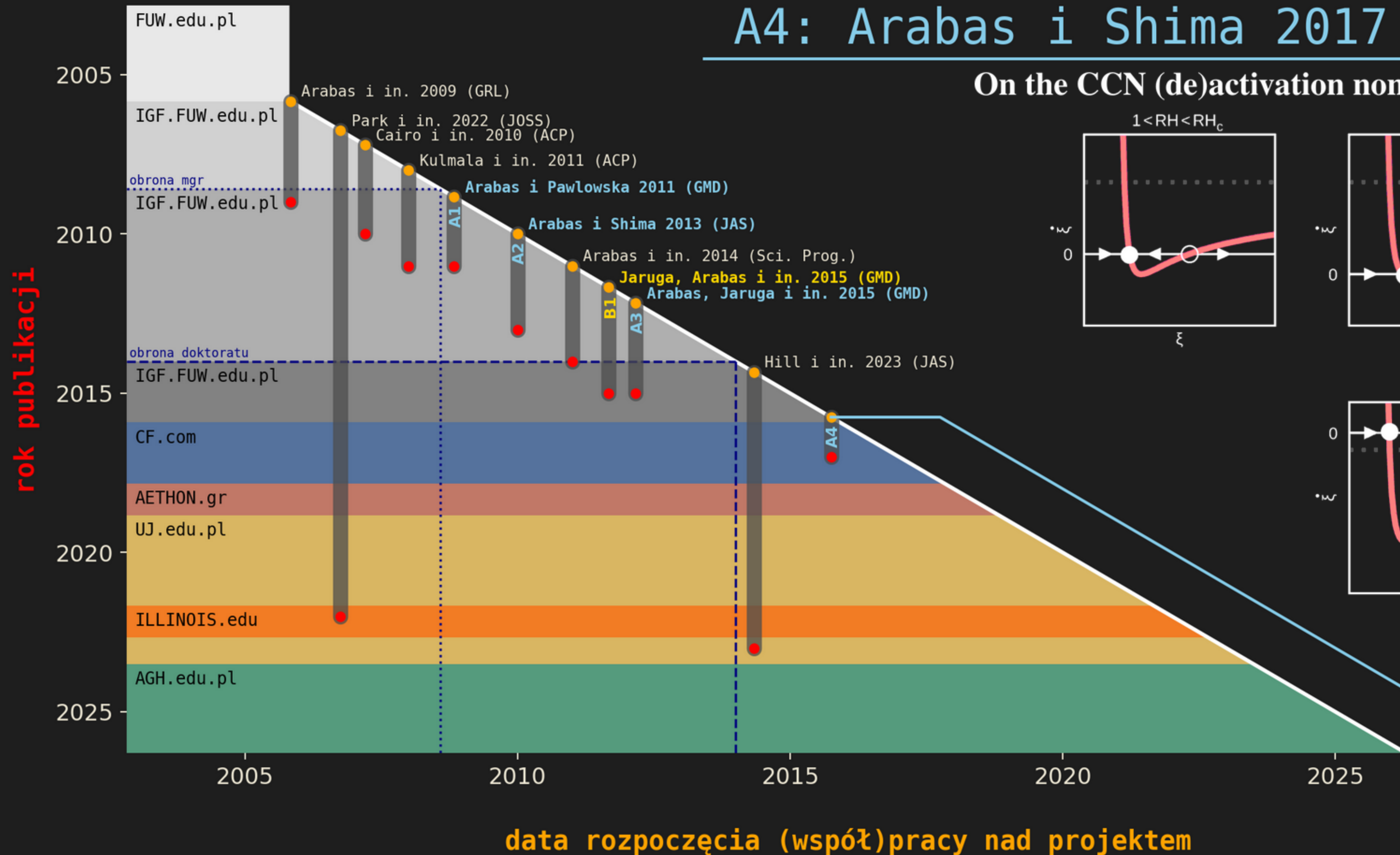
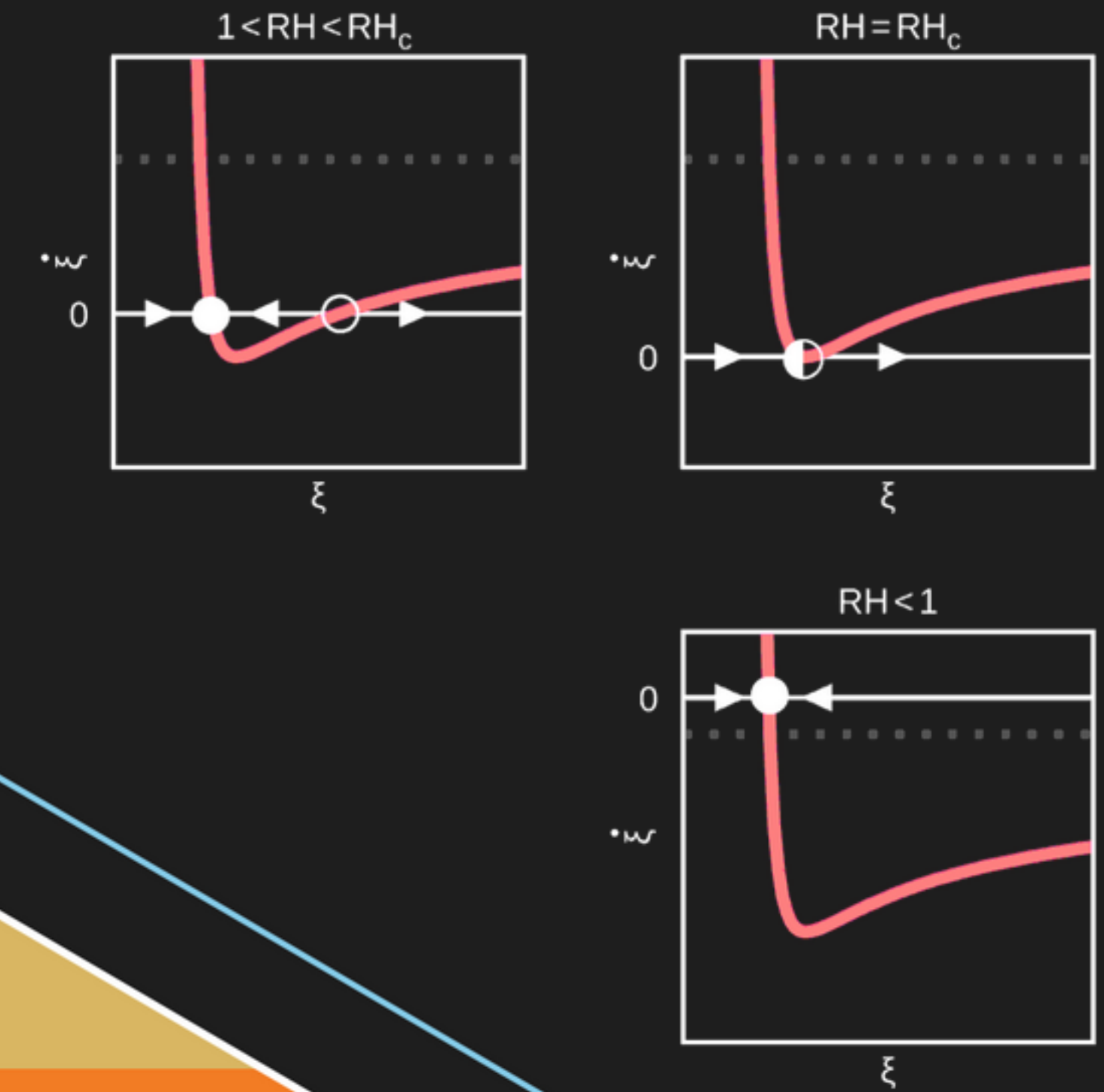
ⁱ Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

^j CNRM, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, Toulouse, France



A4: Arabas i Shima 2017 (NPG)

On the CCN (de)activation nonlinearities



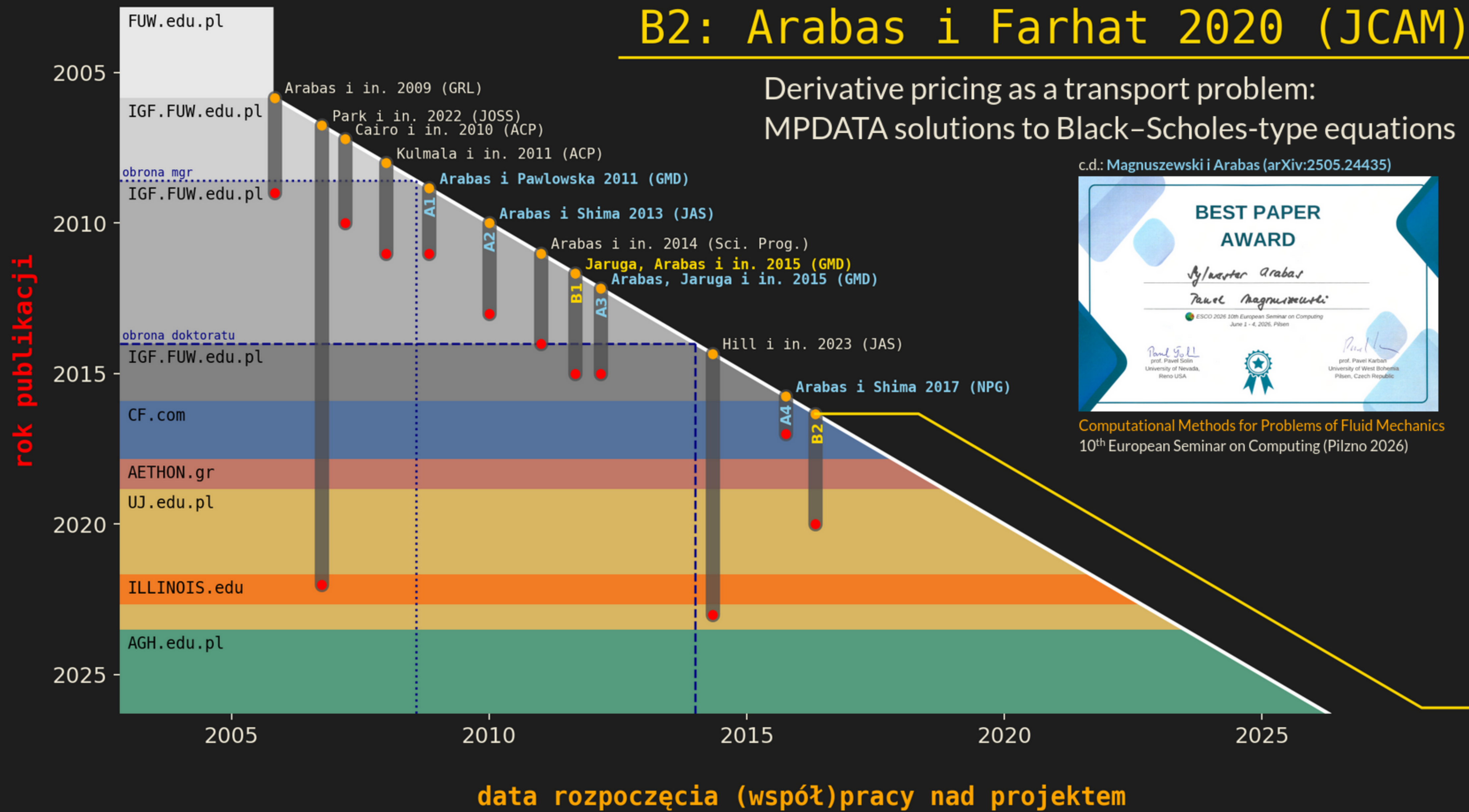
B2: Arabas i Farhat 2020 (JCAM)

Derivative pricing as a transport problem:
MPDATA solutions to Black-Scholes-type equations

c.d.: Magnuszewski i Arabas (arXiv:2505.24435)



Computational Methods for Problems of Fluid Mechanics
10th European Seminar on Computing (Pilzno 2026)



Zarys Fizyki Chmur 2023 (Wyd. UJ)

<https://wuj.pl/ksiazka/zarys-fizyki-chmur>

Przekład: Rafał Koryciński

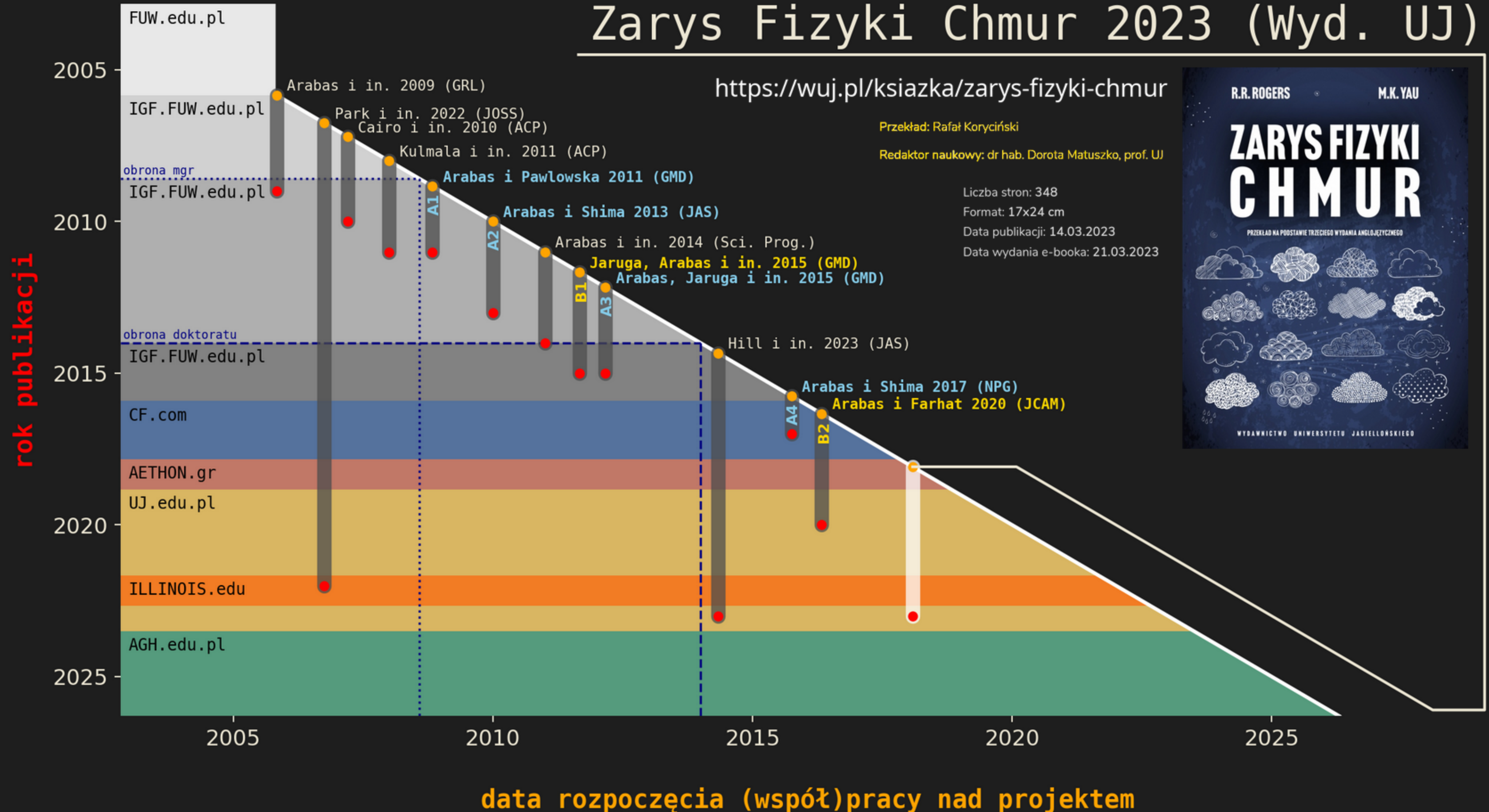
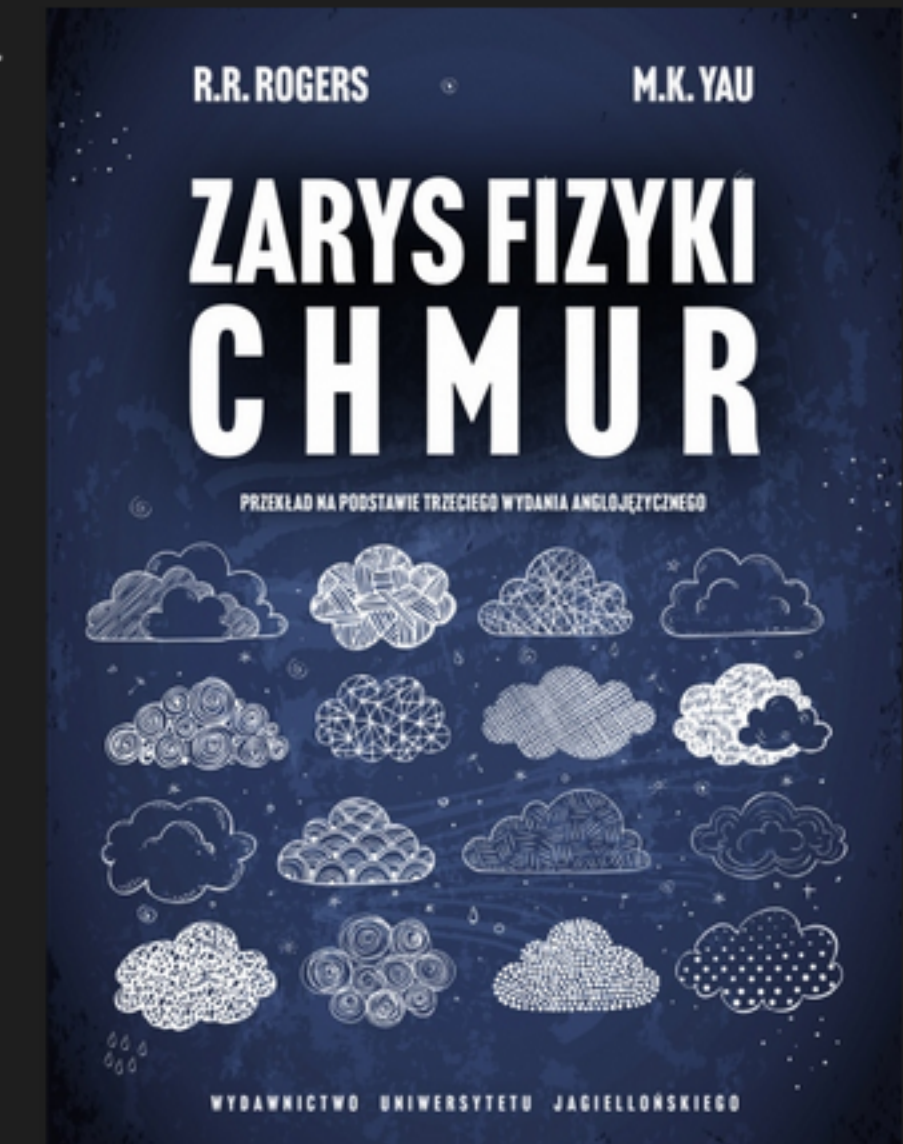
Redaktor naukowy: dr hab. Dorota Matuszko, prof. UJ

Liczba stron: 348

Format: 17x24 cm

Data publikacji: 14.03.2023

Data wydania e-booka: 21.03.2023



Redaktorzy inicjujący: dr Mateusz Chaberski, dr Magdalena Czech

Redaktor prowadzący: Mirosław Ruszkiewicz

Redaktorka koordynująca: Magda Mierzejewska

Korekta: Klaudia Król

Skład i łamanie (L^AT_EX): dr Sylwester Arabas

Przygotowanie tekstu do druku: Paweł Noszkiewicz



Wersja oryginalna nosi tytuł
**A Short Course in Cloud
Physics, Third Edition.**
Niniejszy przekład opublikowano
na mocy umowy z Elsevier.



korespondencji dowiedział się o istnieniu polskiego wojskowego tłumaczenia radzieckiego wydania książki). Po śmierci Profesora pozostajemy w kontakcie z jego żoną – Mary Rogers, której jesteśmy wdzięczni za przekazane informacje. Dziękujemy za wsparcie przedsięwzięcia i gościnę w Montrealu prof. Peterowi Yau oraz prof. Isztarowi Zawadzkiemu. Dziękujemy Dyrekcji Wydawnictwa UJ za otwartość, wsparcie naszego przedsięwzięcia, pomoc prawną i obsługę wydawniczą. Pragniemy również podziękować Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za pośrednie wsparcie finansowe.

Kraków, luty 2023

Sylwester Arabas
(adiunkt, Wydział Matematyki i Informatyki UJ)

Magdalena Czech
(redaktorka, Wydawnictwo UJ)

Rafał Koryciński
(tłumacz, współpracownik dydaktyczny w Katedrze Przekładoznawstwa UJ)

Dorota Matuszko
(profesor, Zakład Klimatologii, Wydział Geografii i Geologii UJ)

NOWY KIERUNEK: GRUPA **OPEN-ATMOS-KRK** (GRANT FNP „POWROTY”)

RDZEŃ MIKROFIZYCZNY: **PySDM**

- **kompilowana Just-In-Time** otwarta implementacja schematu **Monte-Carlo SDM**

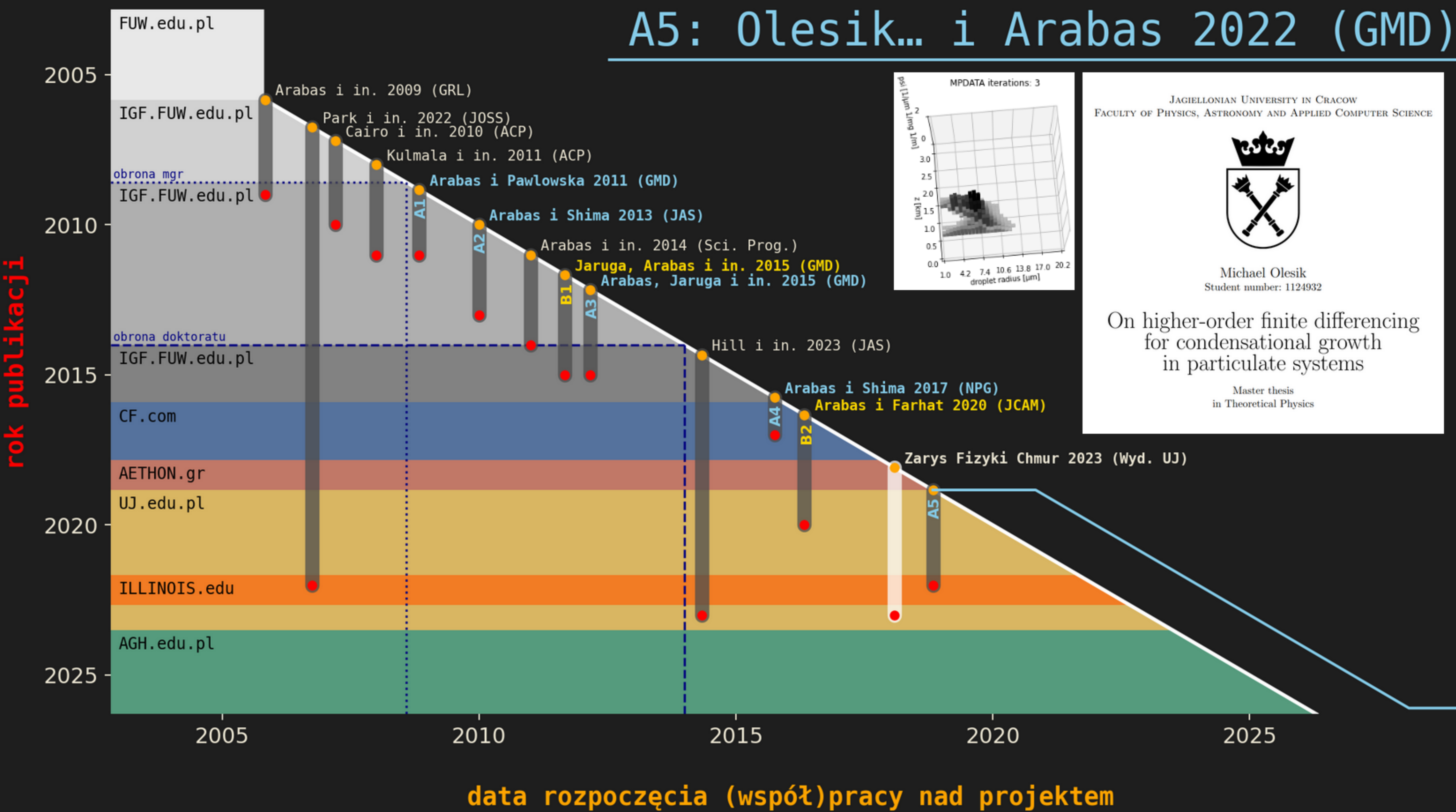
RDZEŃ DYNAMICZNY: **PyMPDATA**

- JIT-kompilowana MPDATA z hybrydową **współbieżnością (wątki + MPI)**

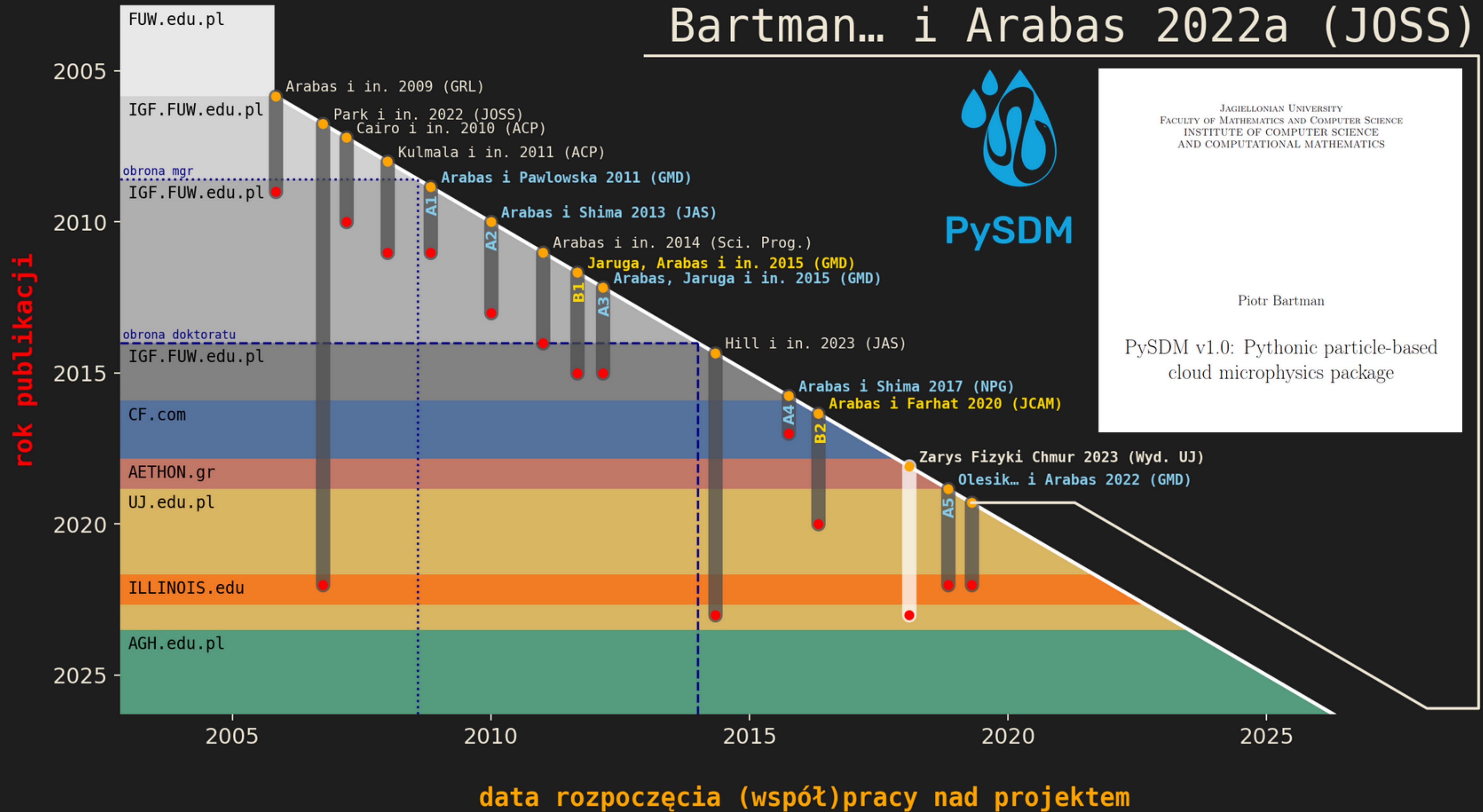
PRIORYTETY:

- minimalizacja bariery wejścia dla **nowych współtwórców i użytkowników**
- **clouds in the cloud!**

A5: Olesik... i Arabas 2022 (GMD)



Bartman... i Arabas 2022a (JOSS)



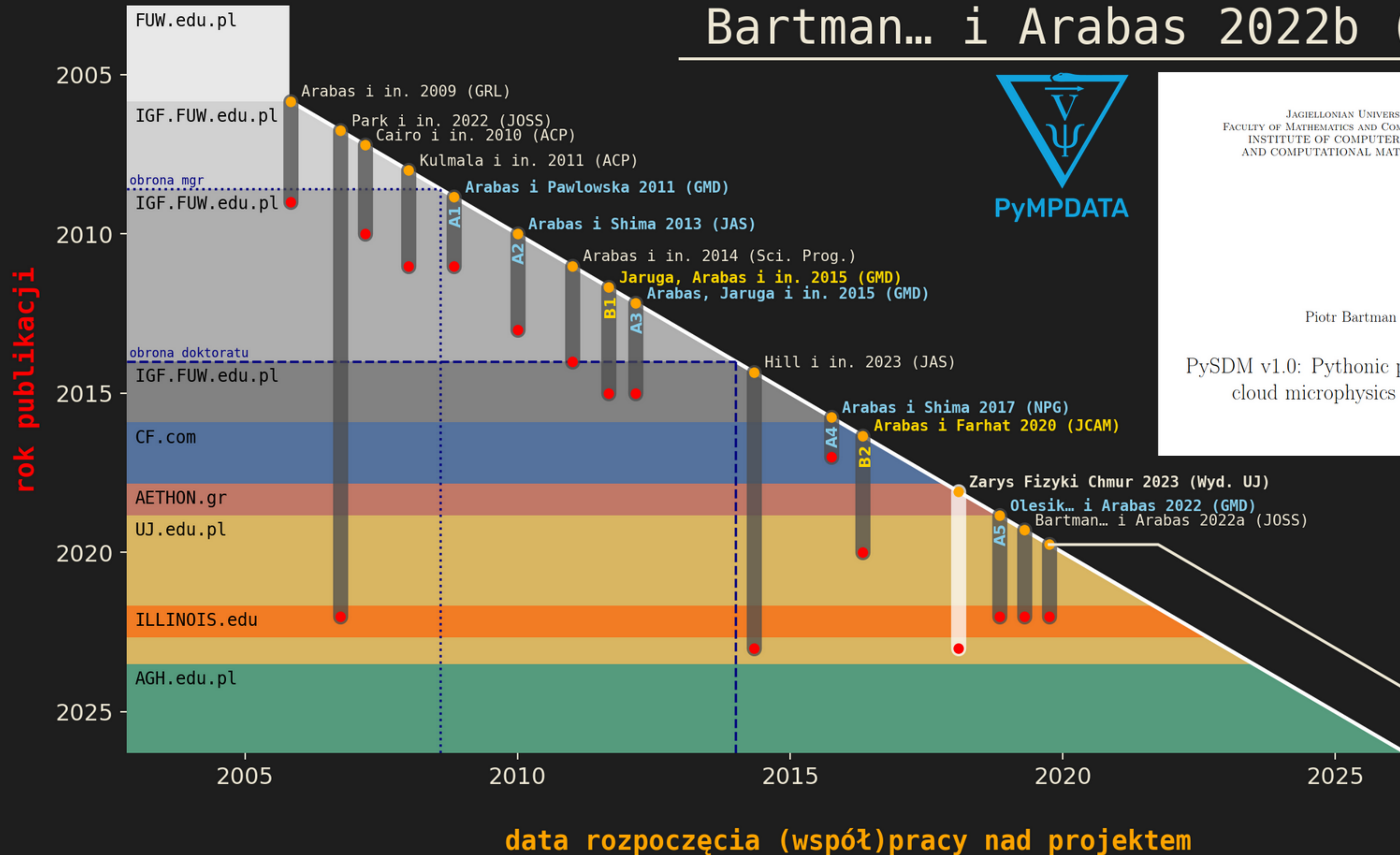
Bartman... i Arabas 2022b (JOSS)



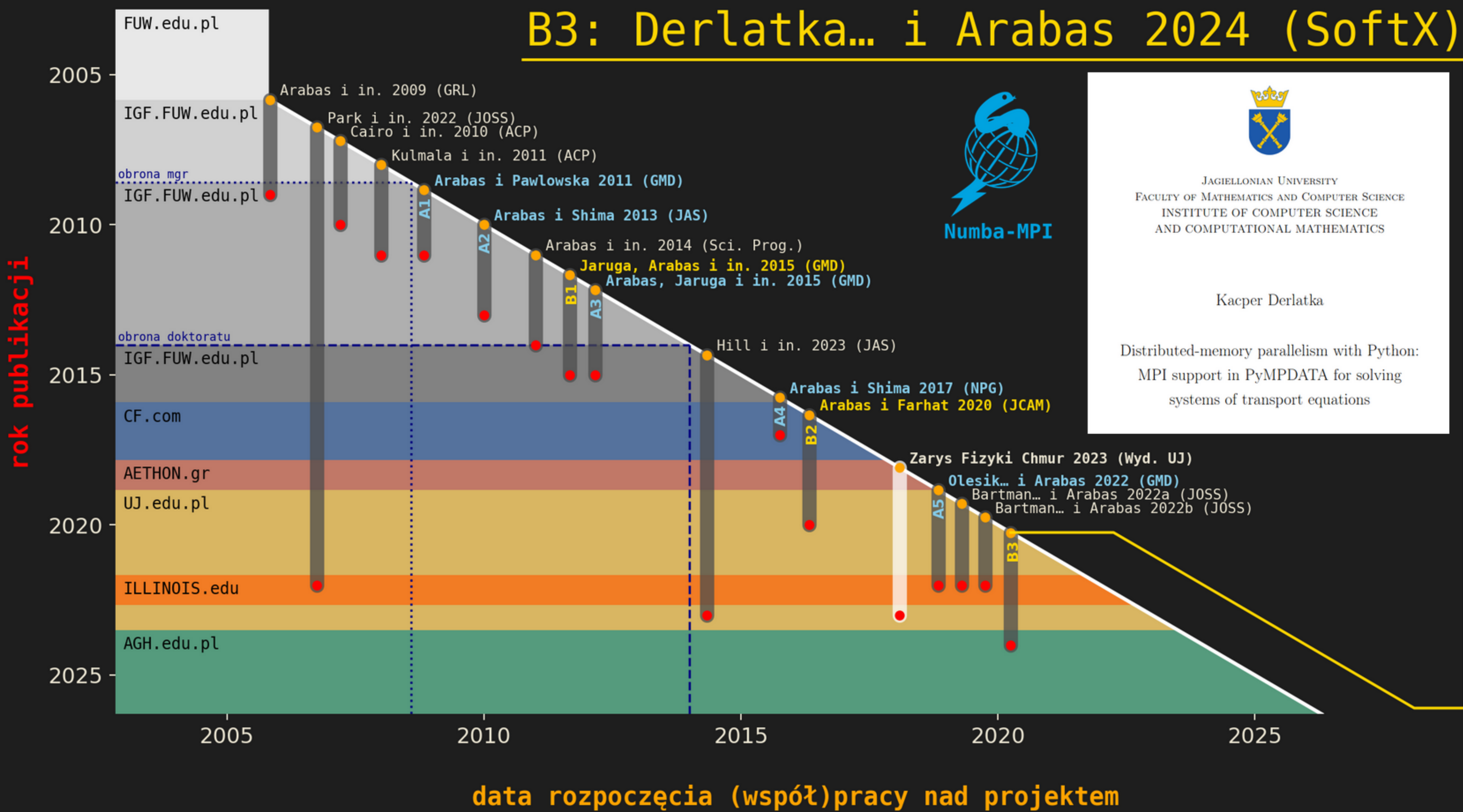
JAGIELLONIAN UNIVERSITY
FACULTY OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE
INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE
AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS

Piotr Bartman

PySDM v1.0: Pythonic particle-based
cloud microphysics package



B3: Derlatka... i Arabas 2024 (SoftX)



A6: de Jong..., Bulenok... i Arabas 2023 (GMD)

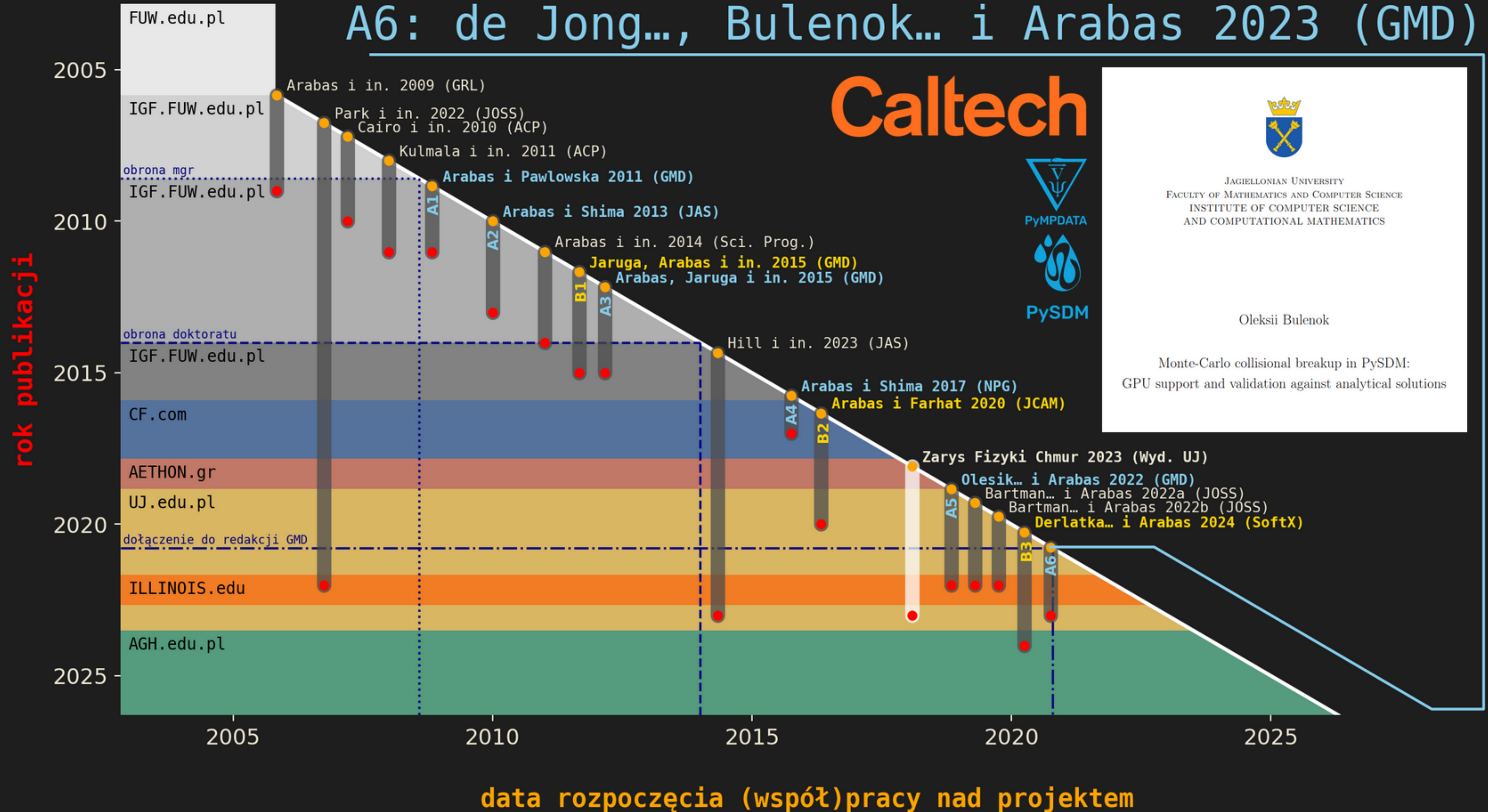
Caltech



JAGIELLONIAN UNIVERSITY
FACULTY OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE
INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE
AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS

Oleksii Bulenok

Monte-Carlo collisional breakup in PySDM:
GPU support and validation against analytical solutions

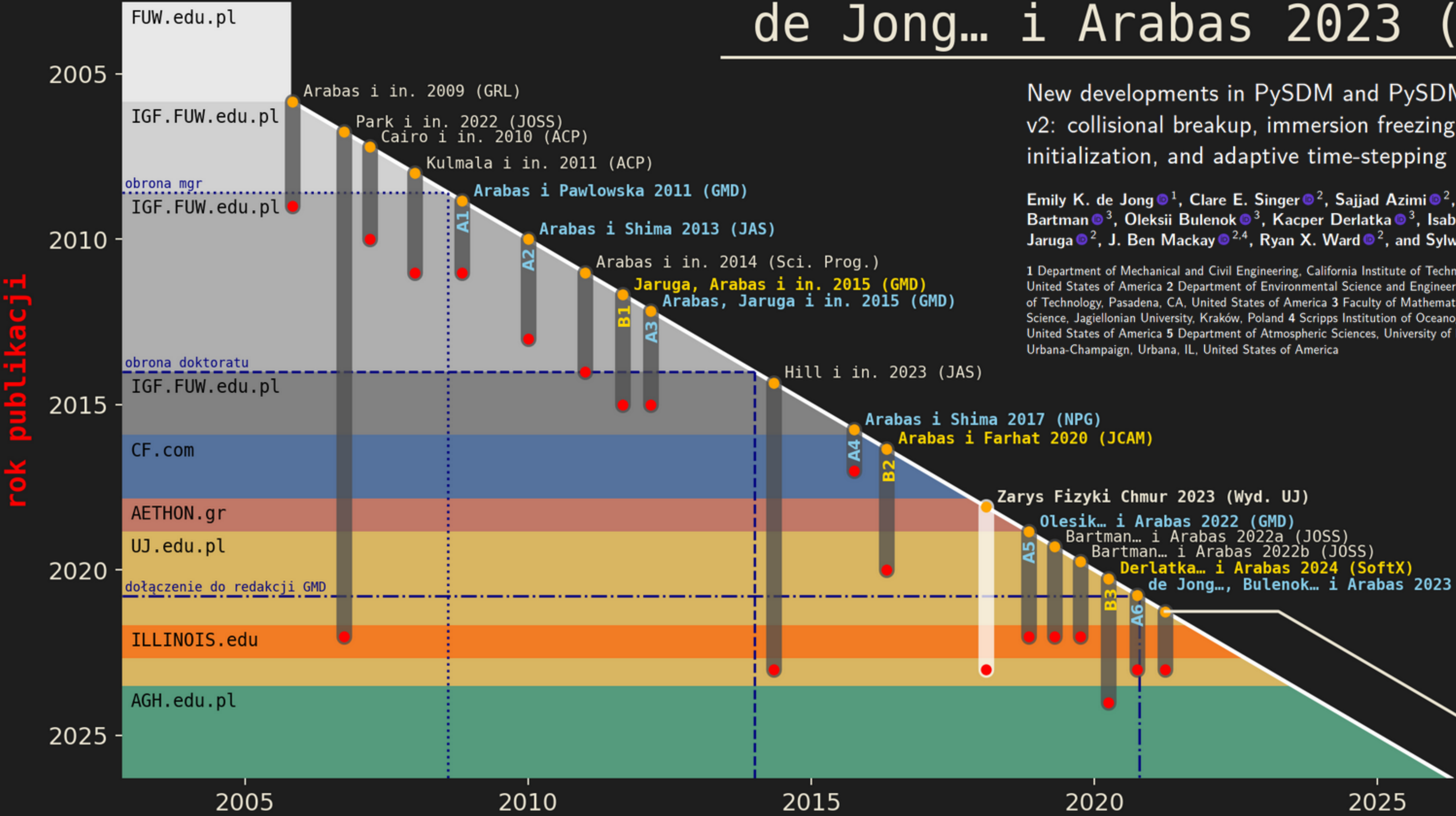


de Jong... i Arabas 2023 (JOSS)

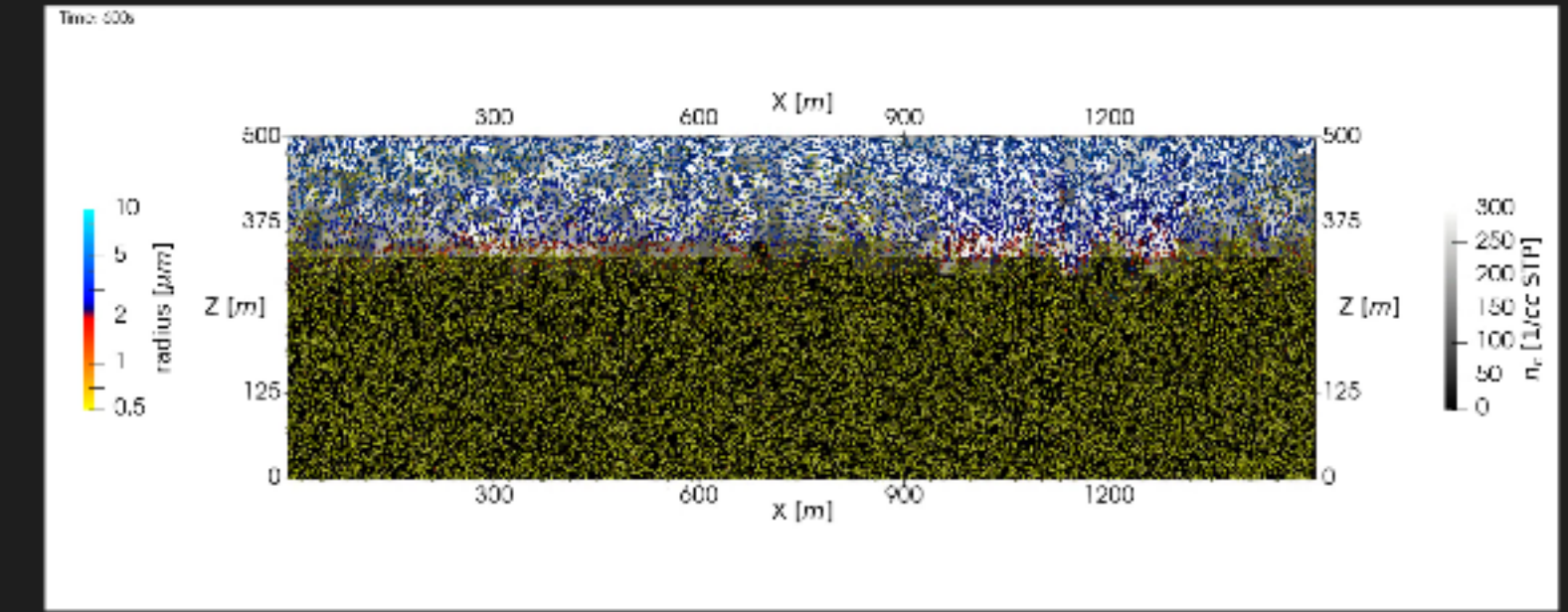
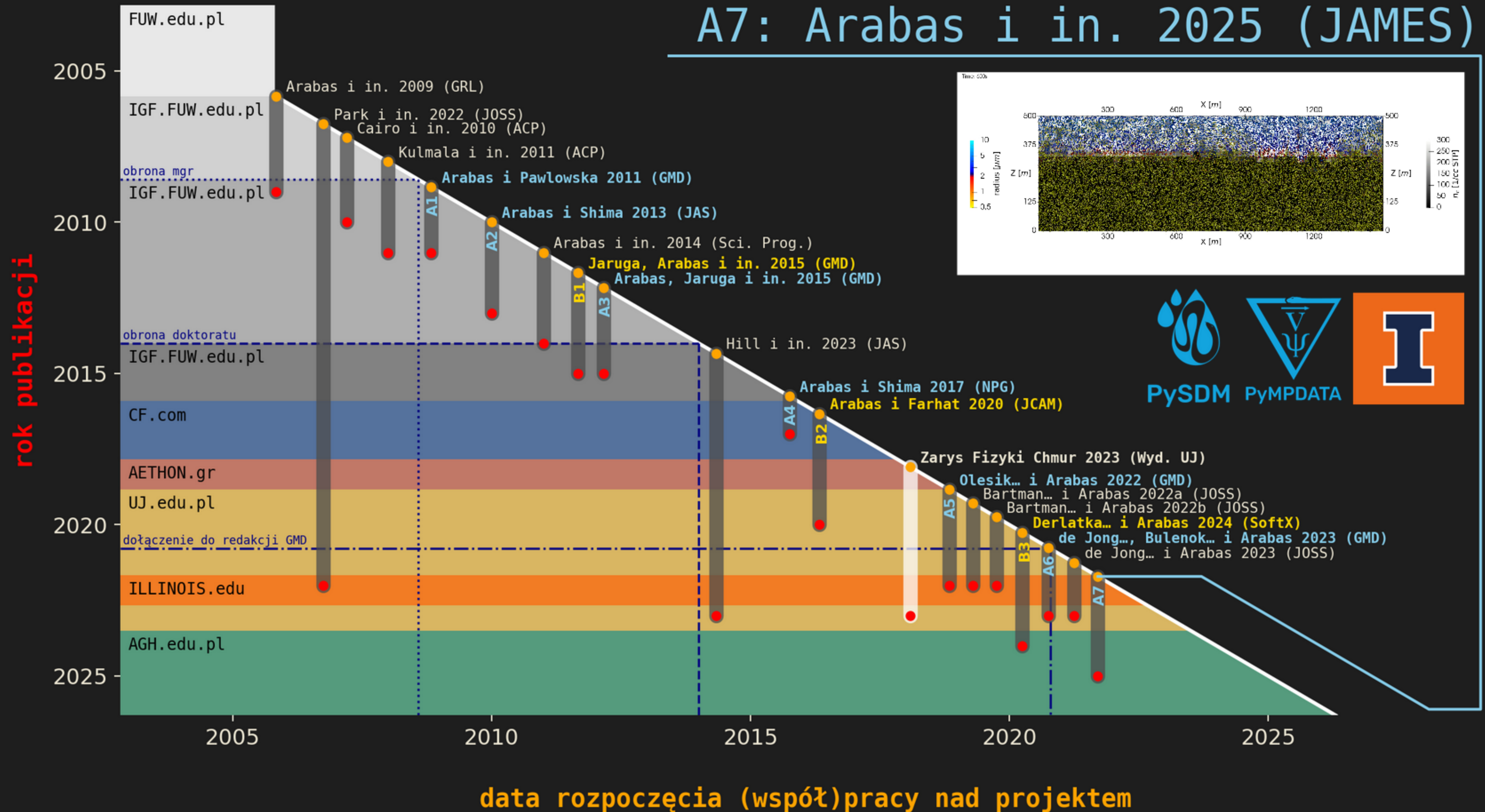
New developments in PySDM and PySDM-examples v2: collisional breakup, immersion freezing, dry aerosol initialization, and adaptive time-stepping

Emily K. de Jong¹, Clare E. Singer², Sajjad Azimi², Piotr Bartman³, Oleksii Bulenok³, Kacper Derlatka³, Isabella Dula², Anna Jaruga², J. Ben Mackay^{2,4}, Ryan X. Ward², and Sylwester Arabas^{3,5}

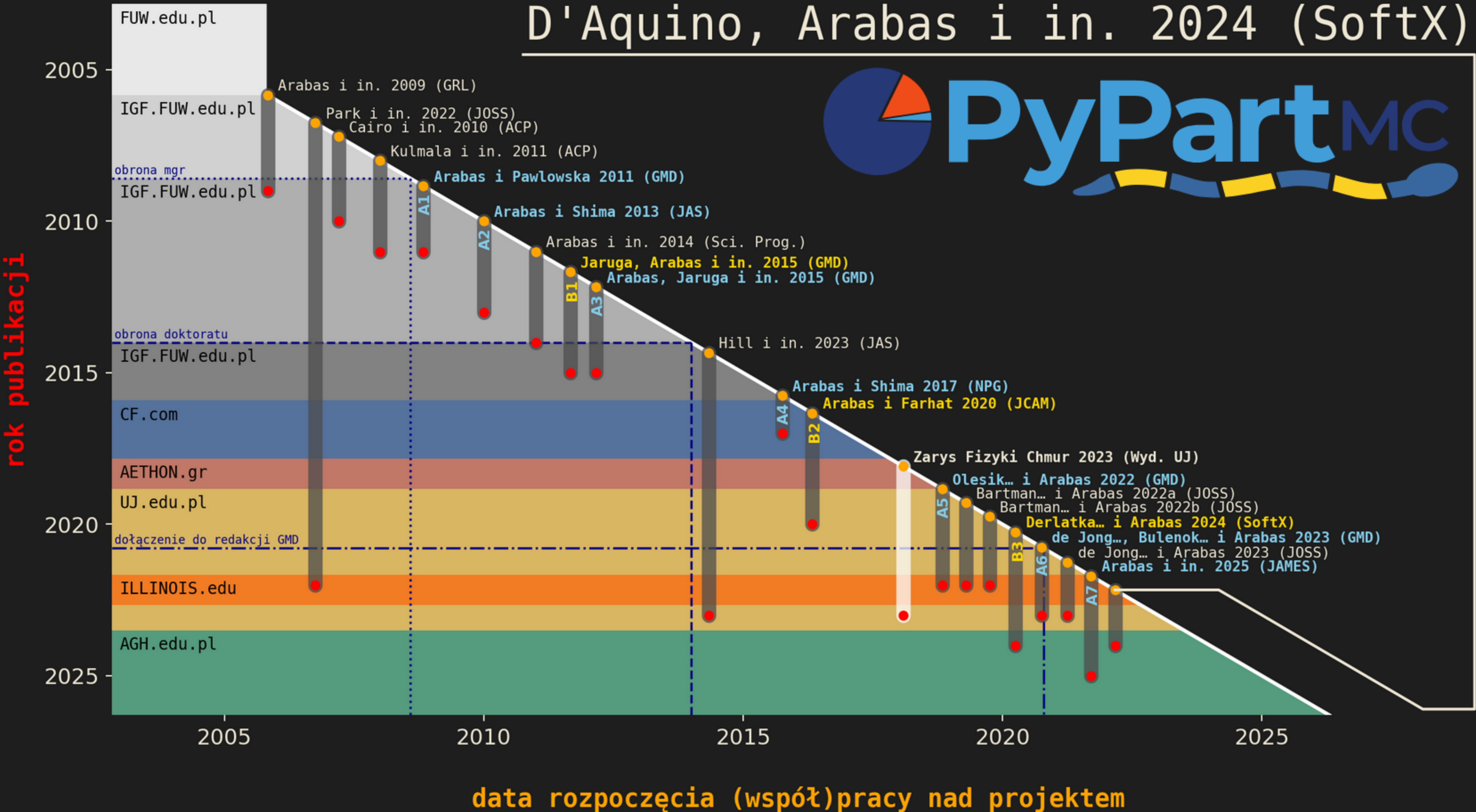
¹ Department of Mechanical and Civil Engineering, California Institute of Technology, Pasadena, CA, United States of America ² Department of Environmental Science and Engineering, California Institute of Technology, Pasadena, CA, United States of America ³ Faculty of Mathematics and Computer Science, Jagiellonian University, Kraków, Poland ⁴ Scripps Institution of Oceanography, San Diego, CA, United States of America ⁵ Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, United States of America



A7: Arabas i in. 2025 (JAMES)



D'Aquino, Arabas i in. 2024 (SoftX)



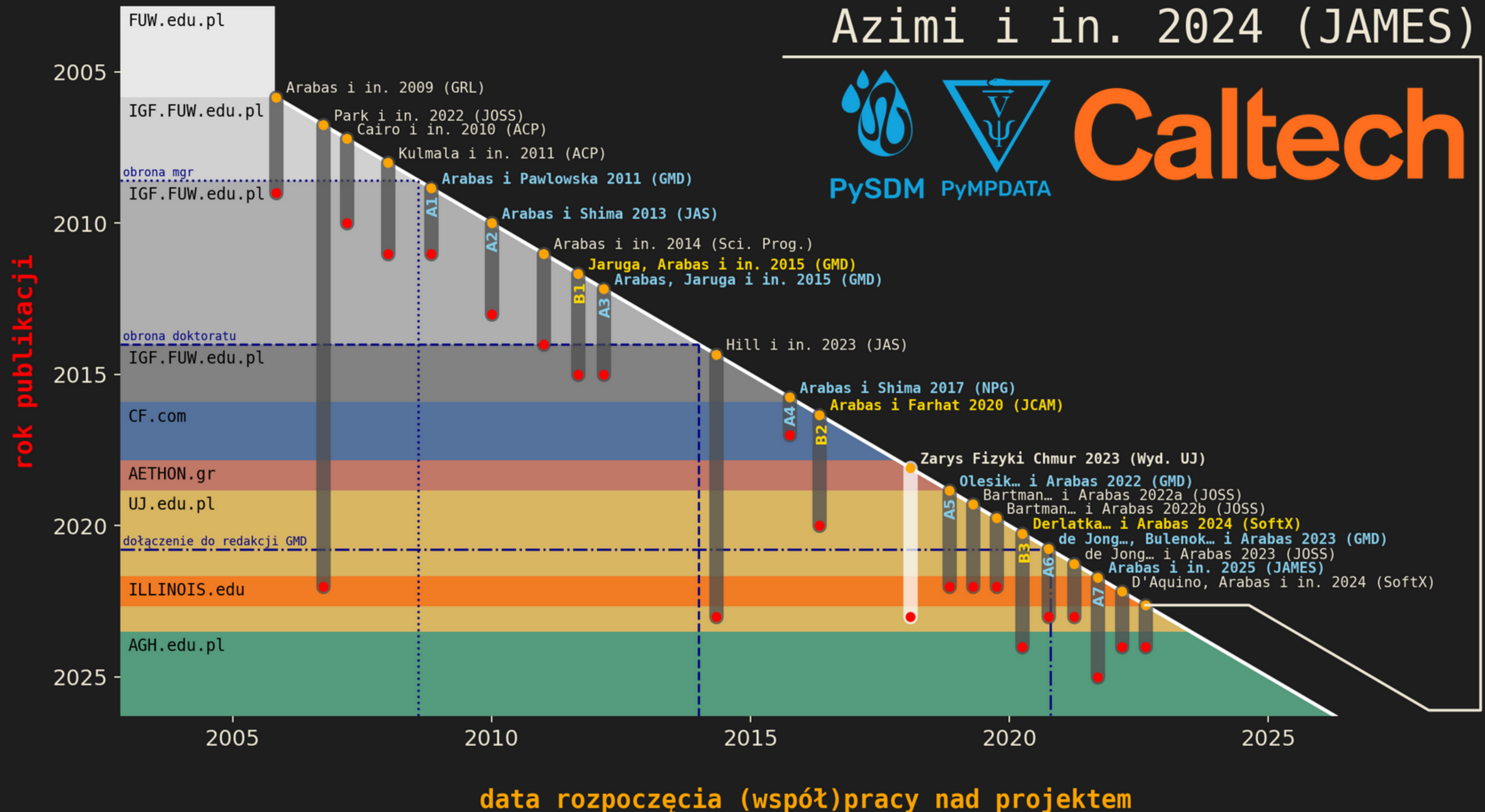
Azimi i in. 2024 (JAMES)



PySDM PyMPDATA



Caltech



Ware, Bartman-Szwarc... 2026 (JAMES)



PySDM

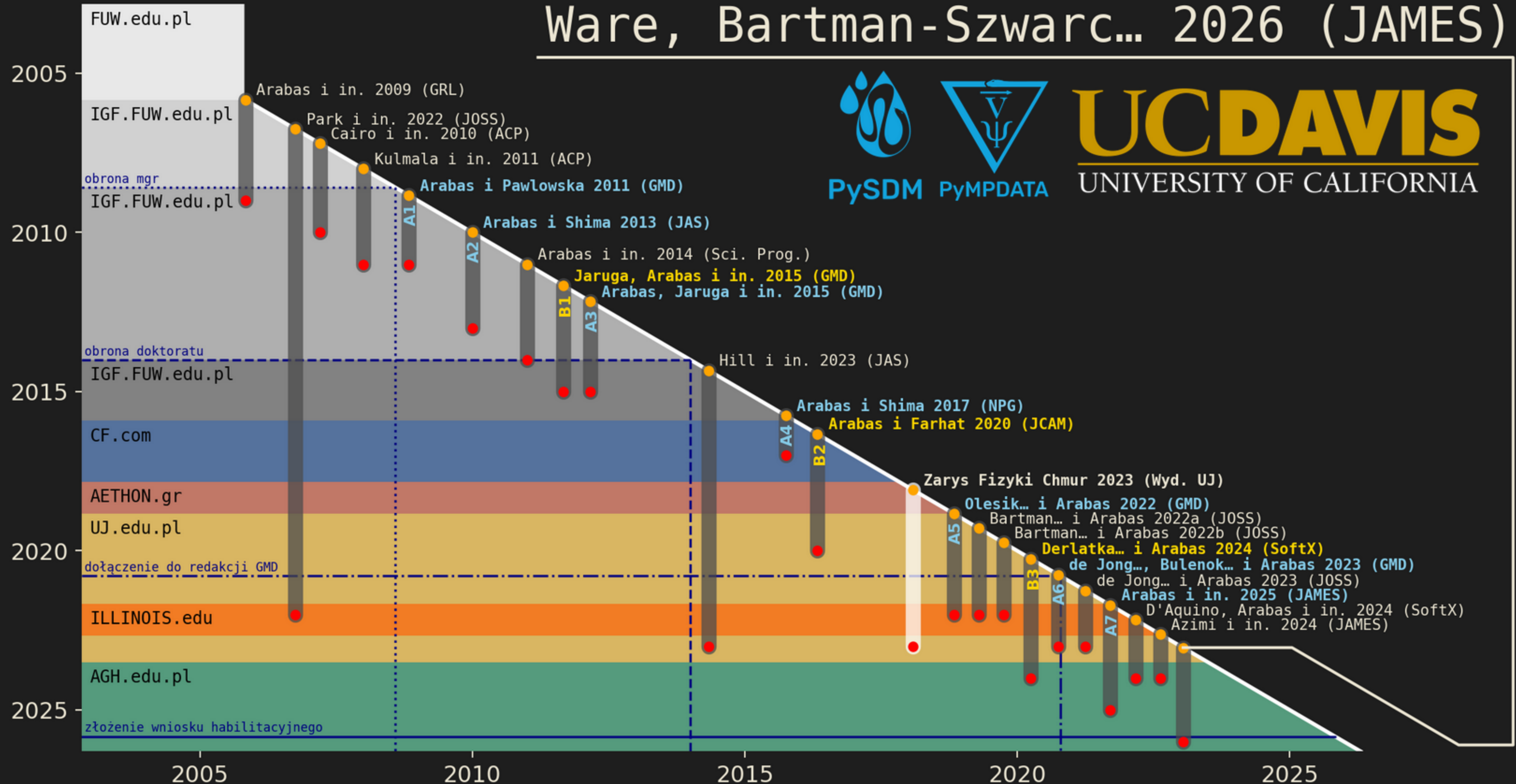


PyMPDATA

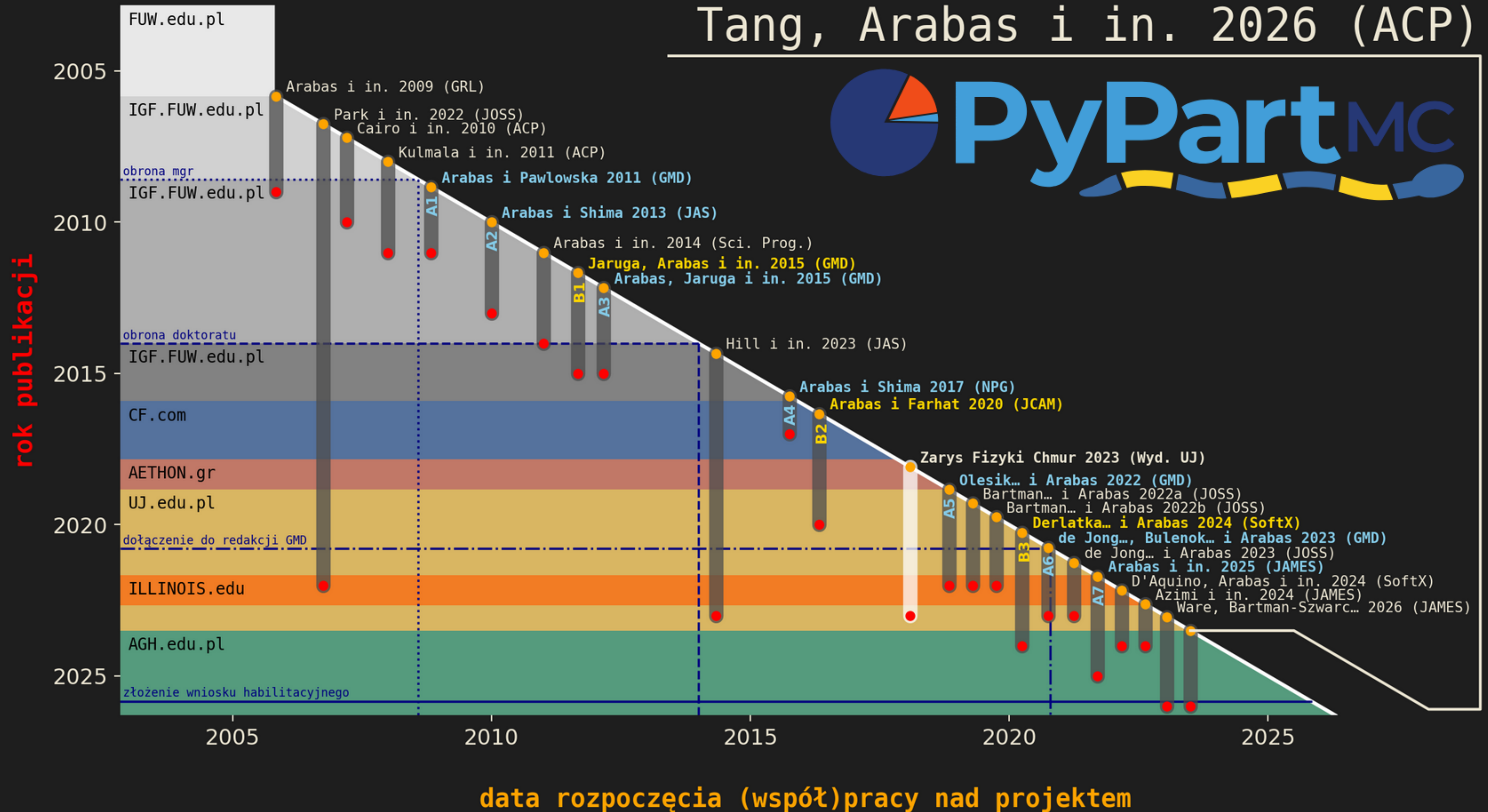
UC DAVIS

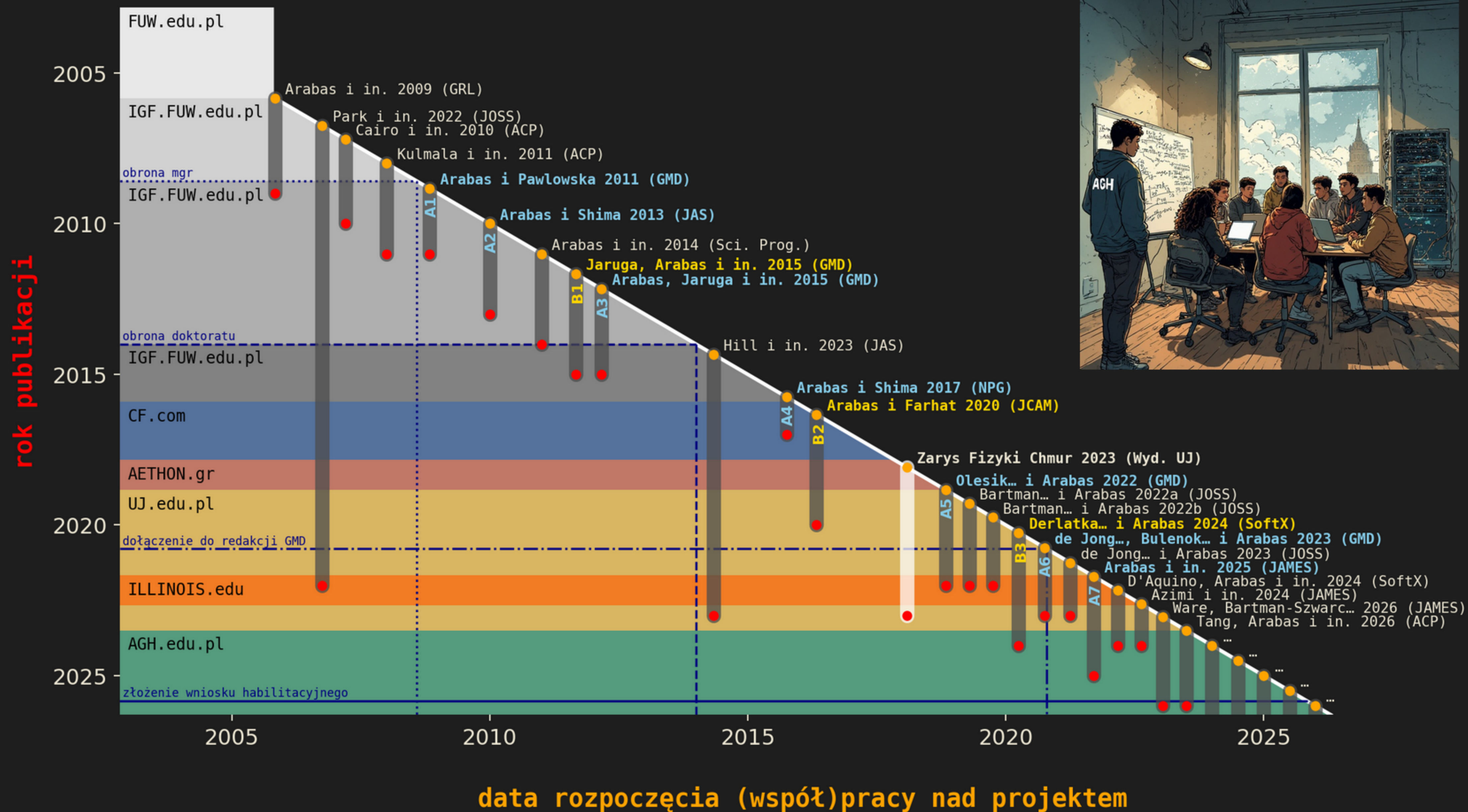
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

rok publikacji



Tang, Arabas i in. 2026 (ACP)





PODZESPÓŁ OPEN-ATMOS-KRK (W ZESPOLE FIZYKI ŚRODOWISKA AGH)

 <https://open-atmos-krk.github.io>

Undergraduate Students (@[fis.agh.edu.pl](#))



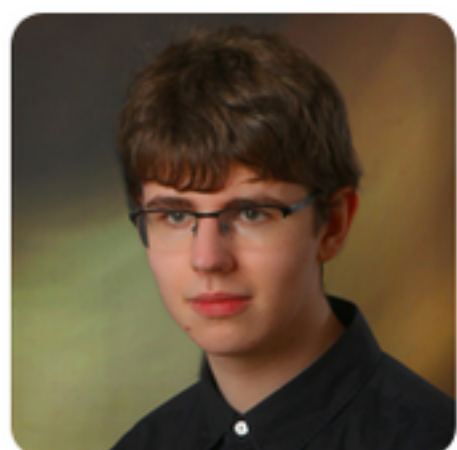
[Gracjan Adamus](#)

Ongoing BEng project (major: Applied Computer Science, AGH)



[Alicja Jagielska](#)

Ongoing BEng project (major: Computer Physics, AGH)



[Rafał Oszajca](#)

Ongoing BEng project (major: Applied Computer Science, AGH)



You?

Alumni (@[agh.edu.pl](#) & @[uj.edu.pl](#))



[Aleksandra Strzabała](#)

Completed BEng project in 2026 (major: Micro- and Nanotechnologies in Biophysics, AGH)



[Michał Wroński](#)

Completed BEng project in 2026 (major: Micro- and Nanotechnologies in Biophysics, AGH)



[Emma Ware](#)

Completed Erasmus+ traineeship in 2024/25 at AGH (from U. California Davis)



[Paweł Magnuszewski](#)

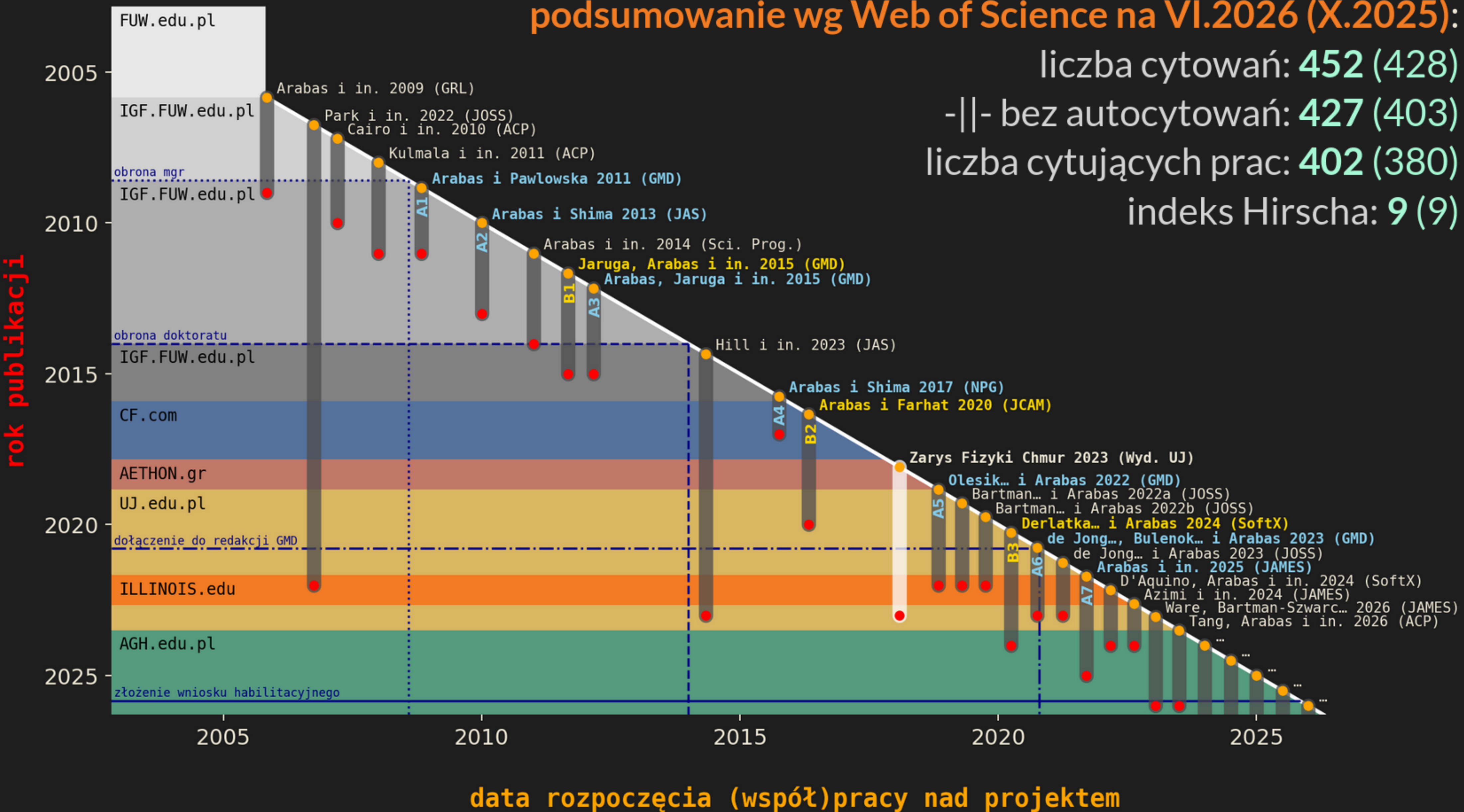
podsumowanie wg Web of Science na VI.2026 (X.2025):

liczba cytowań: 452 (428)

-||- bez autocytowań: 427 (403)

liczba cytujących prac: 402 (380)

indeks Hirscha: 9 (9)



WPŁYW NA AKTUALNY STAN WIEDZY - NOWE METODY W MODELOWANIU:

- ☁ dyfuzyjnej dynamiki rozmiarów kropeł ([A1](#), [A4](#), [A5](#))
- ☁🌧 kolizyjnej dynamiki rozmiarów kropeł ([A2](#), [A3](#), [A6](#))
- ☁❄ zamarzania kropeł ([A7](#))
- 🌀 adwekcji-dyfuzji płynów ([B1](#), [B2](#), [B3](#))

NOWE OTWARTE NARZĘDZIA DO OBLICZEŃ W NAUKACH O ZIEMI:

- 🎲 lagranżowska μ -fizyka Monte-Carlo: [libcloudph++](#) i [PySDM](#)
- 🌊 współbieżne solwery MPDATA: [libmpdata++](#) i [PyMPDATA](#)
- 🕸 JIT-kompilowany Python na superkomputerach: [Numba-MPI](#)

Dziękuję za uwagę!

