

Generowanie Modeli Koron Drzew z zastosowaniem fuzji danych GEDI (NASA) oraz Sentinel-1,-2 (ESA) – możliwości aplikacyjne w modelu polskiego leśnictwa



Wojciech Krawczyk, Piotr Wężyk

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny
Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi

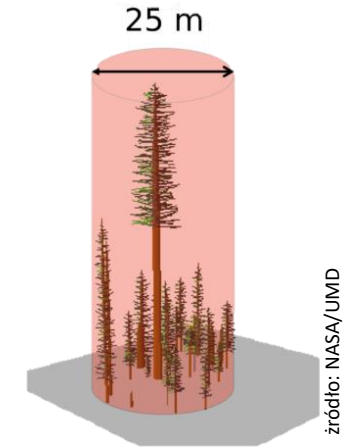
Wprowadzenie – misja GEDI

GEDI – Global Ecosystem Dynamics Investigation, to misja satelitarnego skanowania laserowego (SLS) full-waveform operowana przez NASA, której celem są precyzyjne pomiary wysokości i struktury pionowej drzewostanów w skali globalnej.

- instrument umieszczony na **Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS)**,
- niemal globalny zasięg pomiarów: **51.6° N – 51.6° S**,
- pomiary wykonywane w okresie **03.2019 – 03.2023** oraz od **04.2024** (**ponad rok przerwy w pozyskiwaniu danych**), planowane zakończenie pozyskiwania danych w 2030 r.

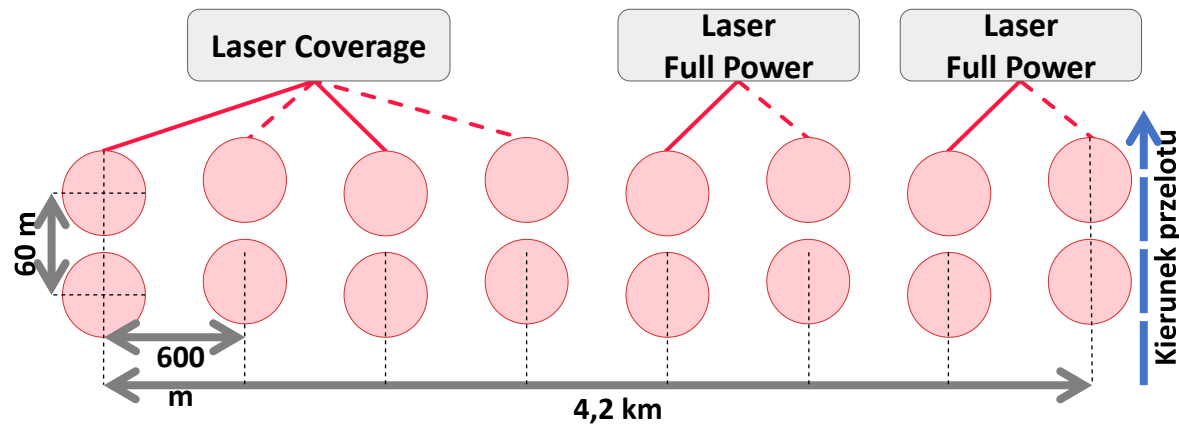


źródło: NASA/UMD

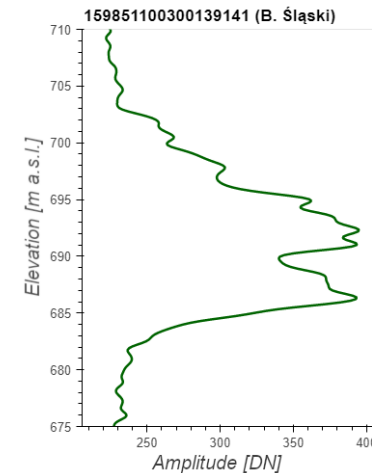


źródło: NASA/UMD

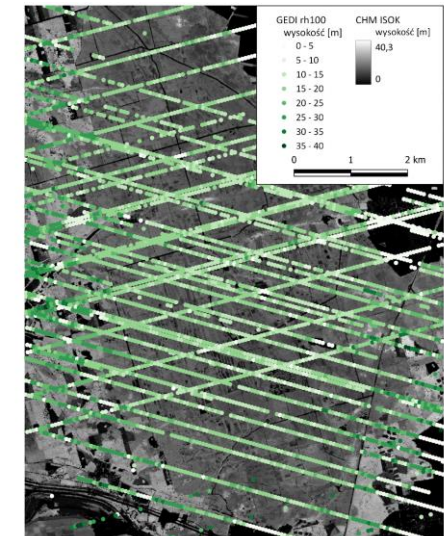
Wielkość plamki GEDI na gruncie: $d = 25.0 \text{ m}$



Schemat rozmieszczenia plamek GEDI na gruncie



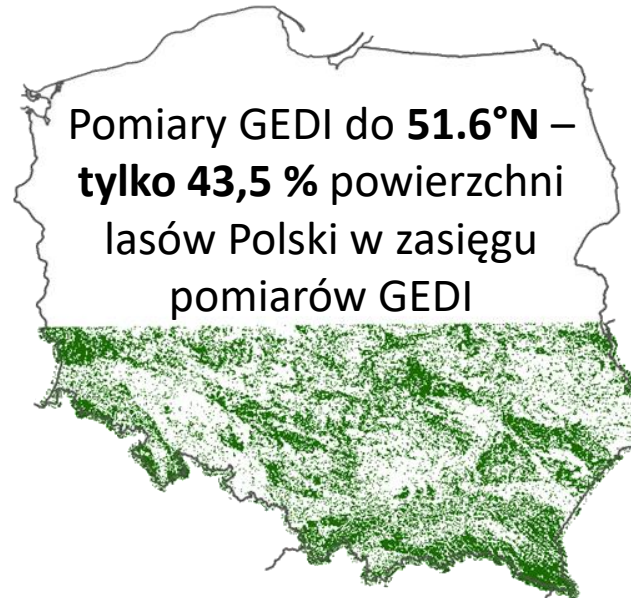
Krzywa odbicia GEDI – produkt L1B



Wprowadzenie – misja GEDI

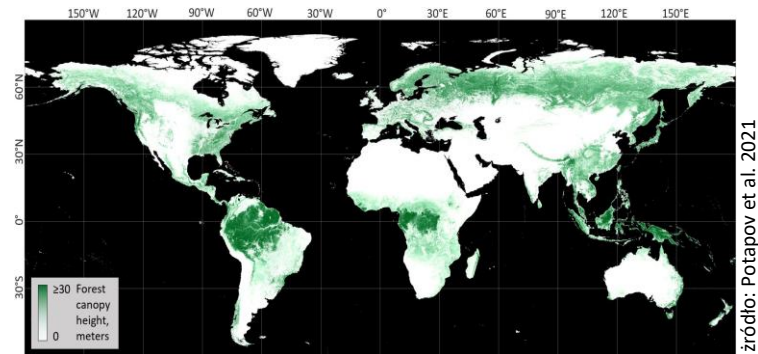
Misja GEDI – dostępne produkty

Kod	Opis	Format danych	Rozdzielczość
L1A	Nieprzetworzone krzywe odbicia	wektor	25 m (pojedynczy pomiar)
L1B	Krzywe odbicia po geolokalizacji	wektor	25 m (pojedynczy pomiar)
L2A	Metryki wysokości roślinności	wektor	25 m (pojedynczy pomiar)
L2B	Metryki struktury przestrzennej wysokości	wektor	25 m (pojedynczy pomiar)
L3	Zagregowane metryki poziomu L2	raster	1 km
L4A	Biomasa nadziemna roślinności	wektor	25 m (pojedynczy pomiar)
L4B	Zagregowana biomasa nadziemna roślinności	raster	1 km



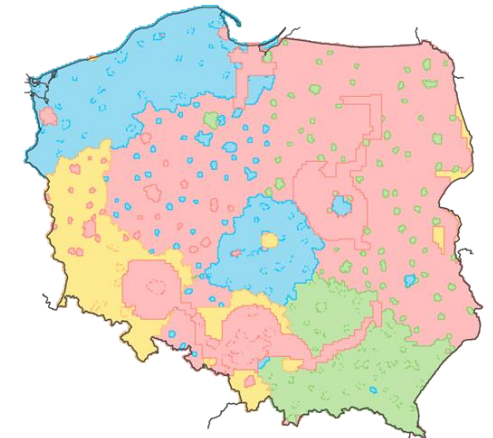
Zalety misji GEDI

- cykliczne pomiary w ~1 tygodniowym interwale
- globalny zasięg



Mankamenty misji GEDI

- błąd geolokalizacji pomiaru
- jakość pomiarów uzależniona o warunków atmosferycznych
- dane punktowe
- mniejsza dokładność pomiarów w stosunku do pomiarów ALS

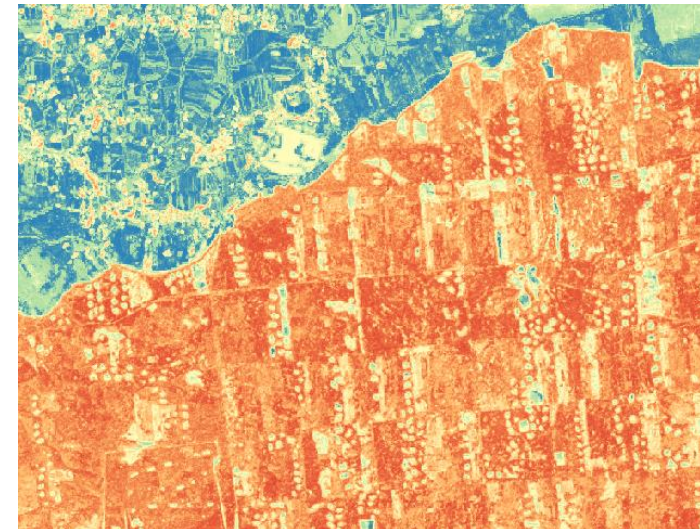
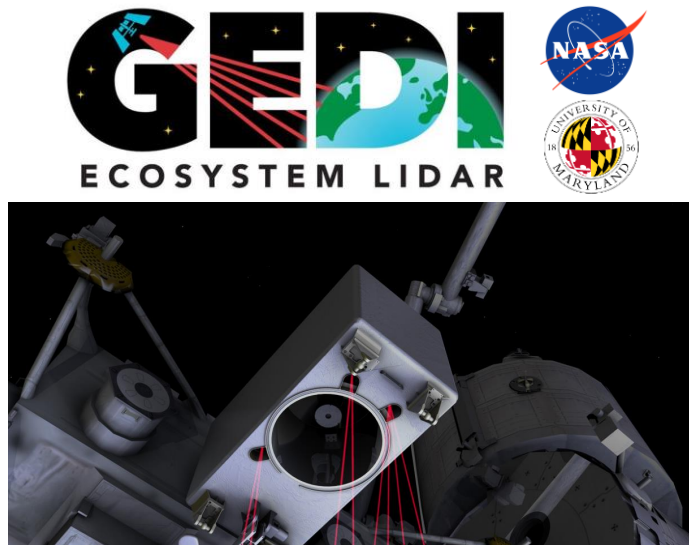


Dostępność danych ALS w Polsce

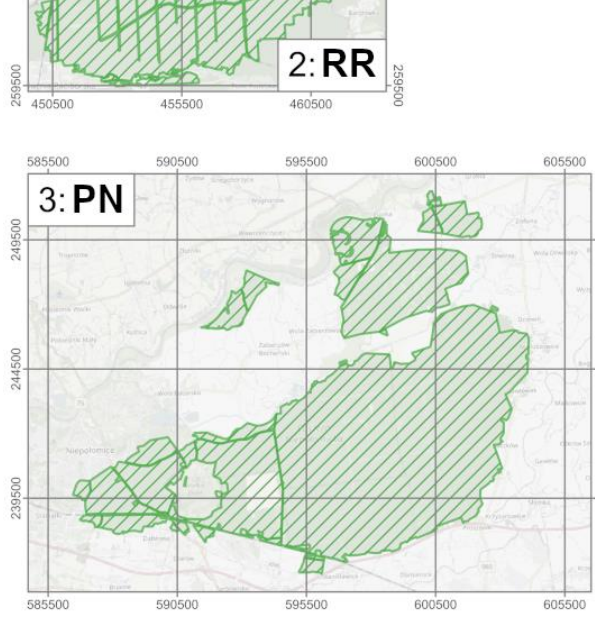
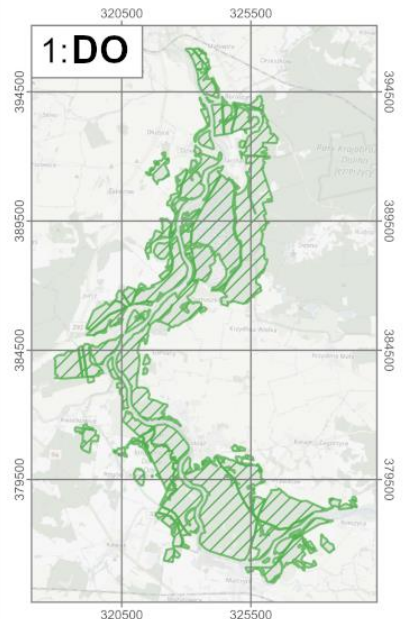
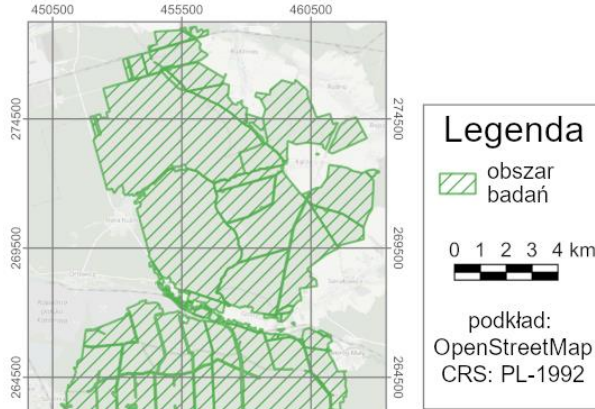
Cel badań

Celem przeprowadzonych badań było:

- opracowanie **Modelu Koron Drzew (MKD, ang. CHM – Canopy Height Model)**, na drodze fuzji pomiarów **full-waveform SLS GEDI** oraz zobrazowań satelitarnych misji **Sentinel-1** i **Sentinel-2** (ESA),
- ocena **możliwości wykorzystania** wygenerowanych produktów w świetle potrzeb **polskiego leśnictwa**.



Obszar badań



3 kompleksy leśne w południowej Polsce:

- 1. Dolina Odry k. Prochowic** – Nadleśnictwa: Wołów, Legnica, Miękinia,
- 2. Obszar dawnego pożarzyska w Rudach Raciborskich** – Nadleśnictwa Rudy, Kędzierzyn, Rudziniec,
- 3. Puszcza Niepołomicka** – Nadleśnictwo Niepołomice.

Obszar badań	Powierzchnia [ha]	Skład gatunkowy	Średni wiek d-stanu	Średnia wysokość d-stanu [m]	Średnia wysokość terenu [m n.p.m.]	Średnie nachylenie stoku [°]
DO	4699,52	63% <i>Quercus</i> sp., 30% <i>P. sylvestris</i>, 2% <i>Tilia</i> sp., 5% inne	60	23,52	96,74	0,63
RR	13126,92	67% <i>P. sylvestris</i>, 21% <i>B. pendula</i>, 4% <i>L. decidua</i>, 4% <i>A. glutinosa</i>, 2% <i>Quercus</i> sp. 2% inne	57	22,45	212,07	0,93
PN	10467,47	67% <i>P. sylvestris</i>, 17% <i>Quercus</i> sp., 11% <i>A. glutinosa</i>, 2% <i>F. sylvatica</i> 2% inne	76	28,39	196,34	0,71

Wykorzystane dane



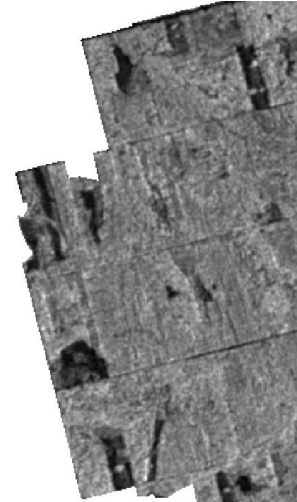
- produkt **L2A V002** – metryki wysokości względnej (*relative height, rh*) rh95, rh98, rh99,
- pomiary wykonane w **2019 r.** (dla obszaru PN również 2020).



Obszar badań	liczba pomiarów GEDI [n]	liczba pomiarów GEDI (qf= 1) [n]	gęstość pomiarów GEDI (qf = 1) [n/ha]
1. Dolina Odry	4 192	2 499	0,53
2. Rudy Raciborskie	8 758	3 288	0,25
3. Puszcza Niepołomska	9 219	2 228	0,21



- zobrażenia **Sentinel-1 GRD** (*Ground Range Detected*), rozdzielczość przestrzenna 10 m:
 - polaryzacja **VH** oraz polaryzacja **VV**,
 - orbita **wstępująca** oraz orbita **zstępująca**,
- zobrażenia wykonane w **2019 r.** (dla obszaru PN również 2020),



- zobrażenia **Sentinel-2 L2A** (*Surface Reflectance*):
 - kanały o rozdzielczości przestrzennej **10 m**,
 - kanały o rozdzielczości przestrzennej **20 m**,
- zobrażenia wykonane w **2019 r.** (dla obszaru PN również 2020),



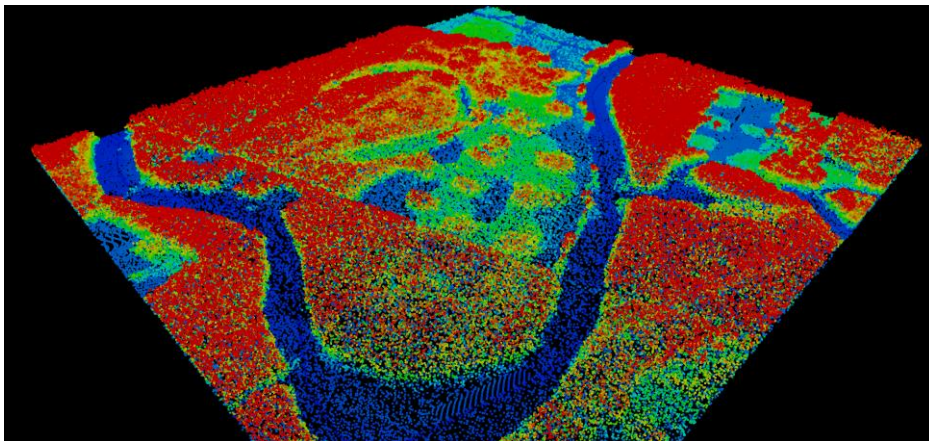
Wykorzystane dane

Dane referencyjne



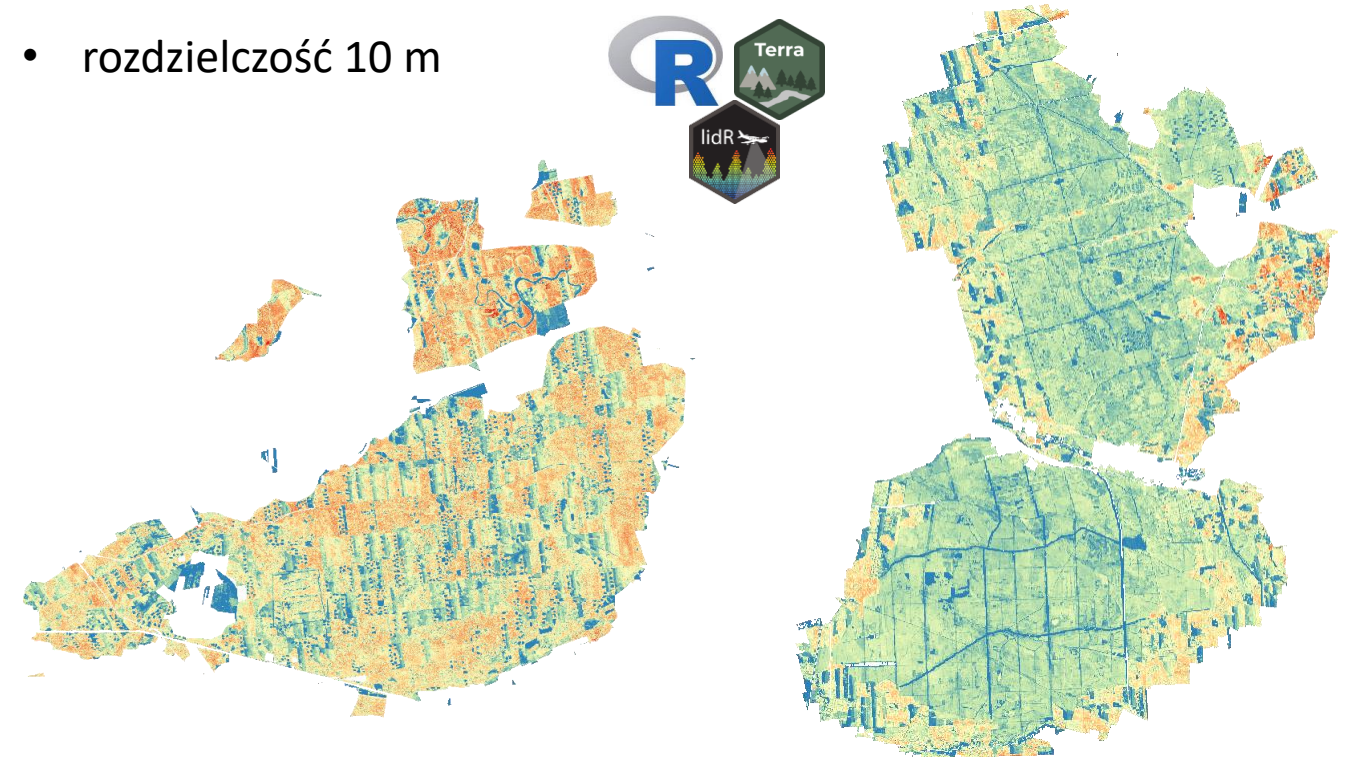
Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej
geoportal.gov.pl

- chmury punktów ALS LiDAR z zasobów pzgik;
- gęstość chmury punktów: 4 pkt/m², dane pozyskane w 2019 r.

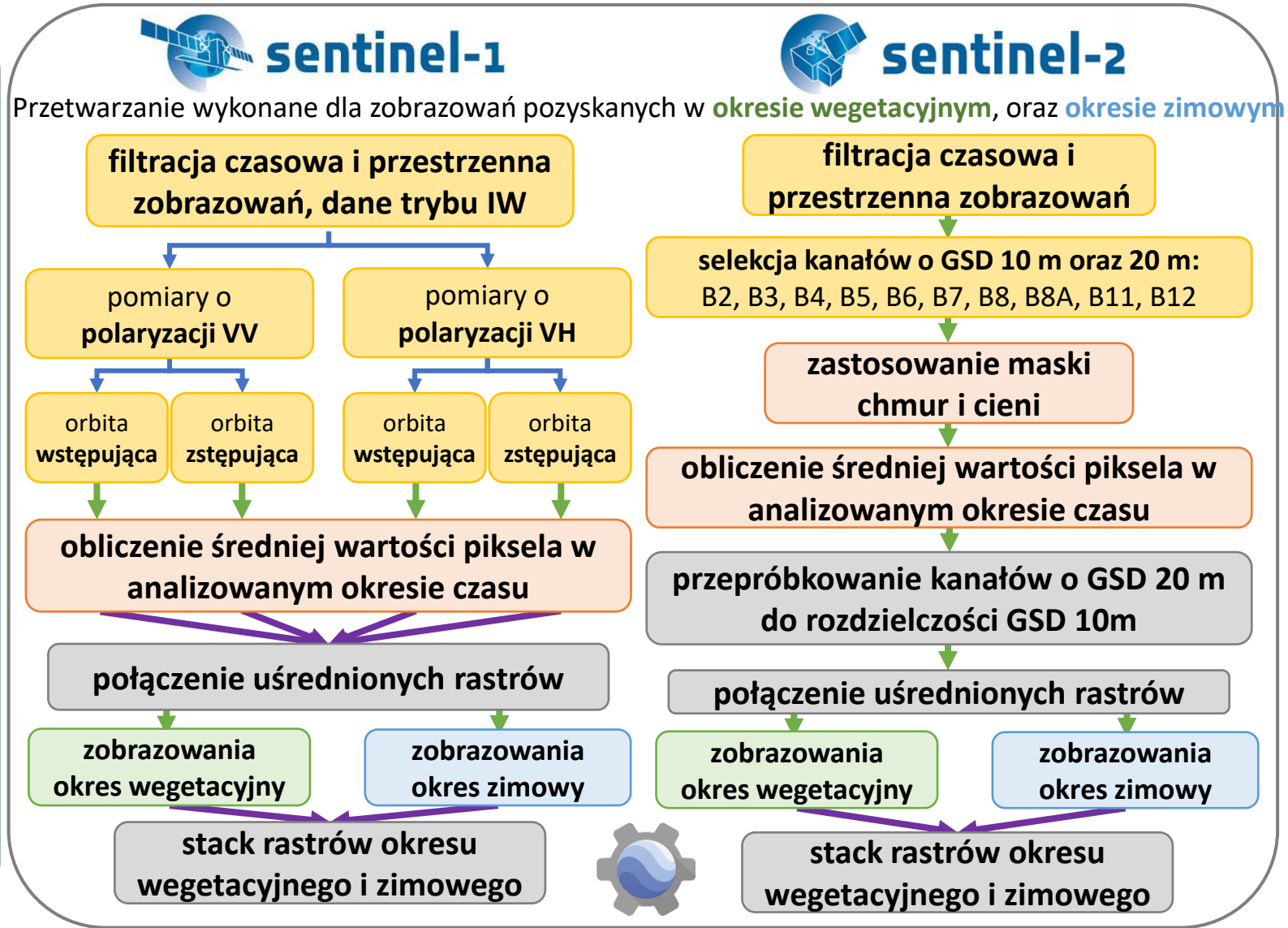
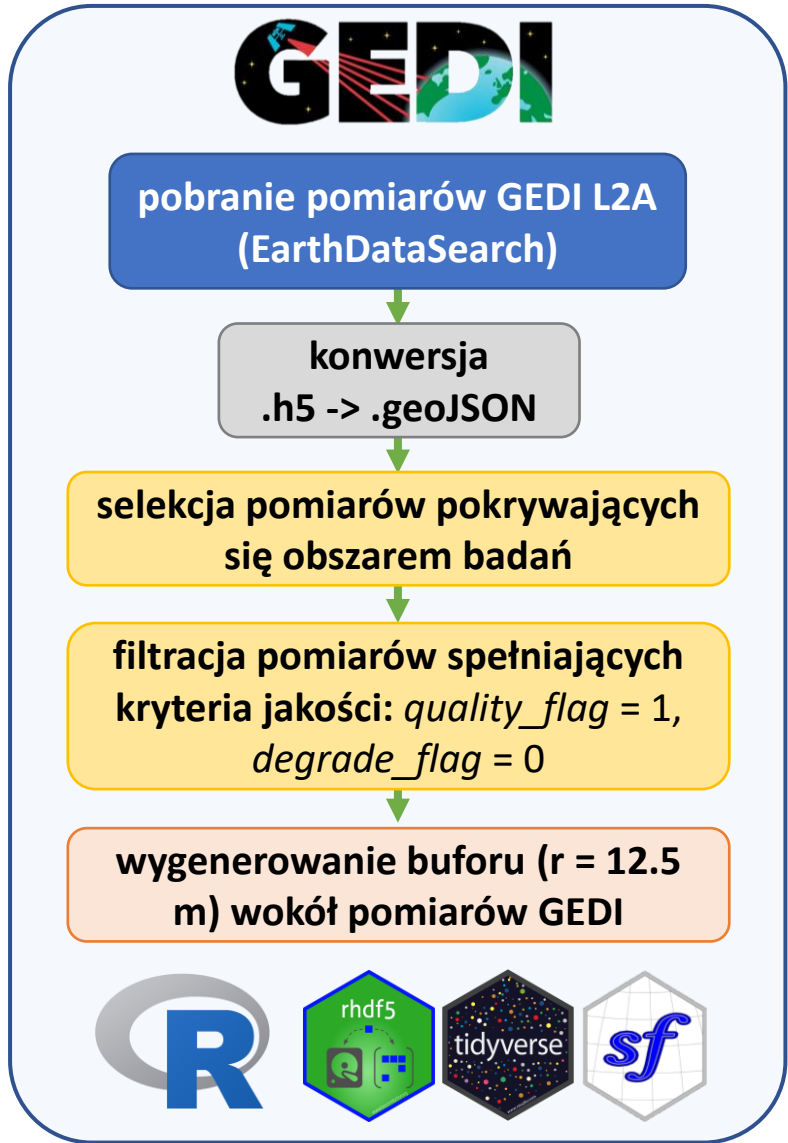


Referencyjne Modele Koron Drzew wygenerowane na podstawie znormalizowanych chmur punktów ALS LiDAR:

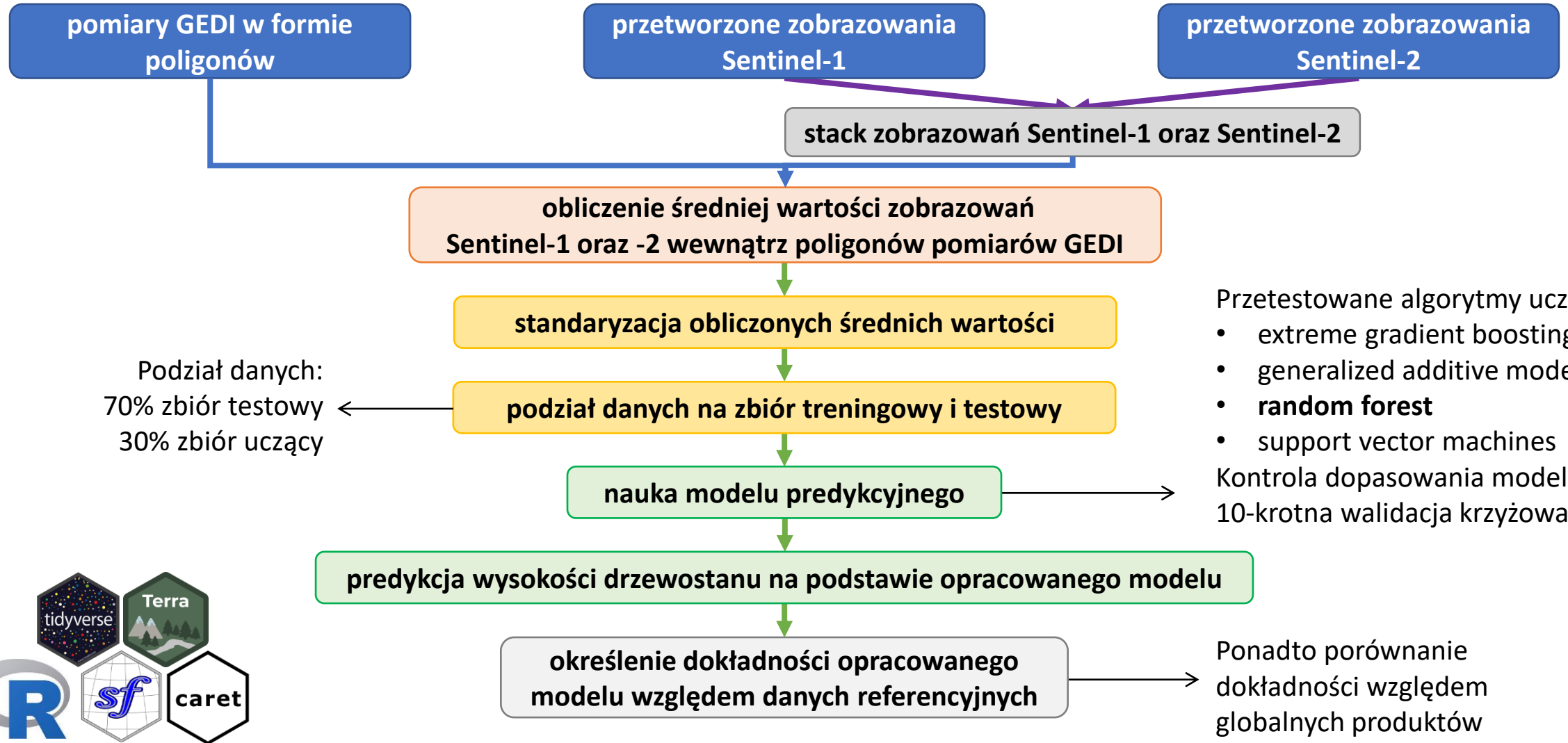
- algorytm point to raster,
- rozdzielczość 10 m



Metodyka. Preprocessing danych



Metodyka. Integracja danych



Wyniki

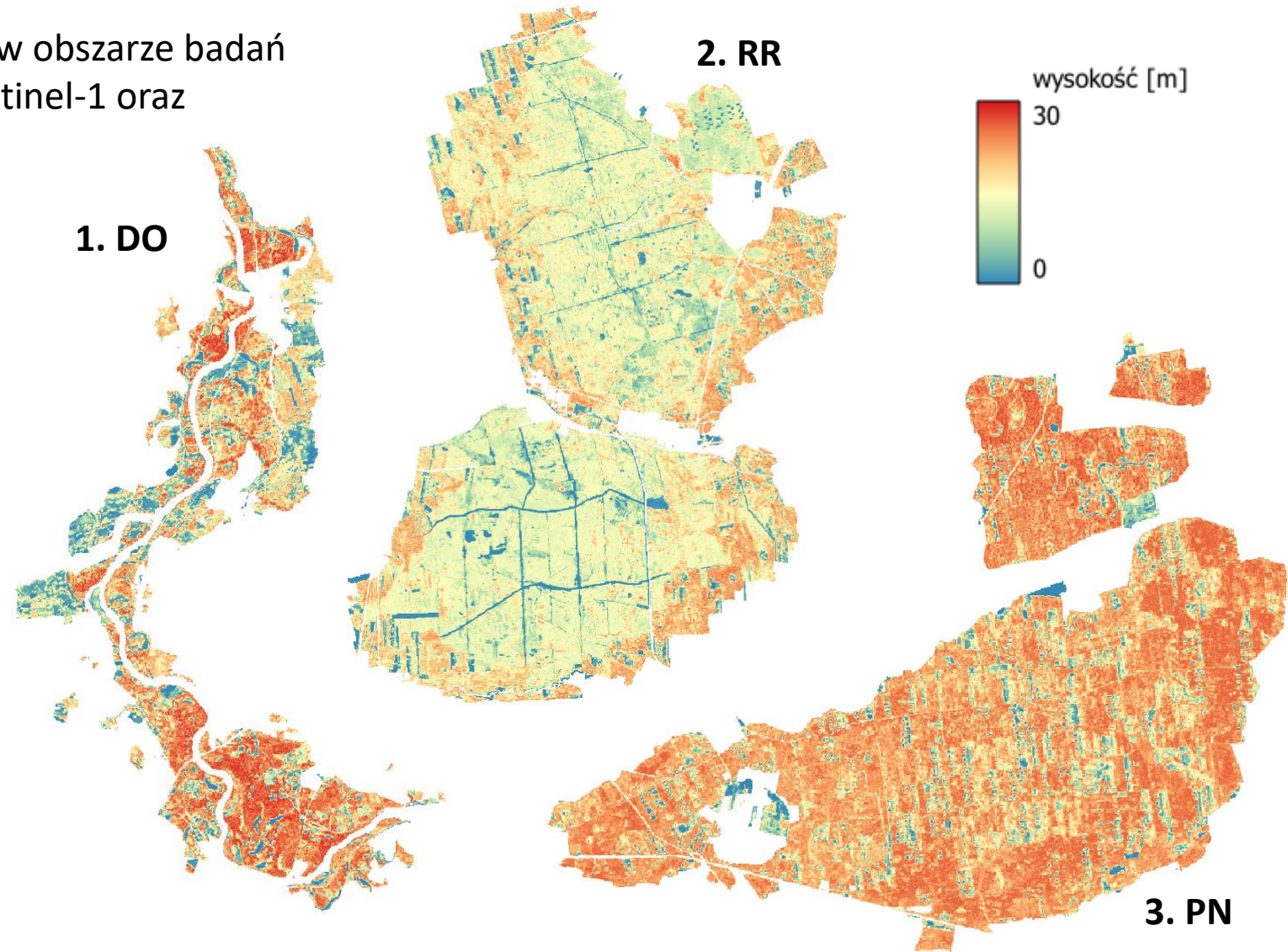
Predykcja wysokości drzewostanu w 2019 r. w obszarze badań na podstawie integracji pomiarów GEDI, Sentinel-1 oraz Sentinel-2

Błędy określenia wysokości drzewostanu w stosunku do referencyjnych danych CHM ALS

Obszar badań	R ²	RMSE	Bias
DO	0.67	8.09	-2.39
RR	0.62	9.92	-1.33
PN	0.67	7.42	-2.36

Model **Random Forest**

Dokładność modelu na zbiorze testowym: **R²= 0.76**

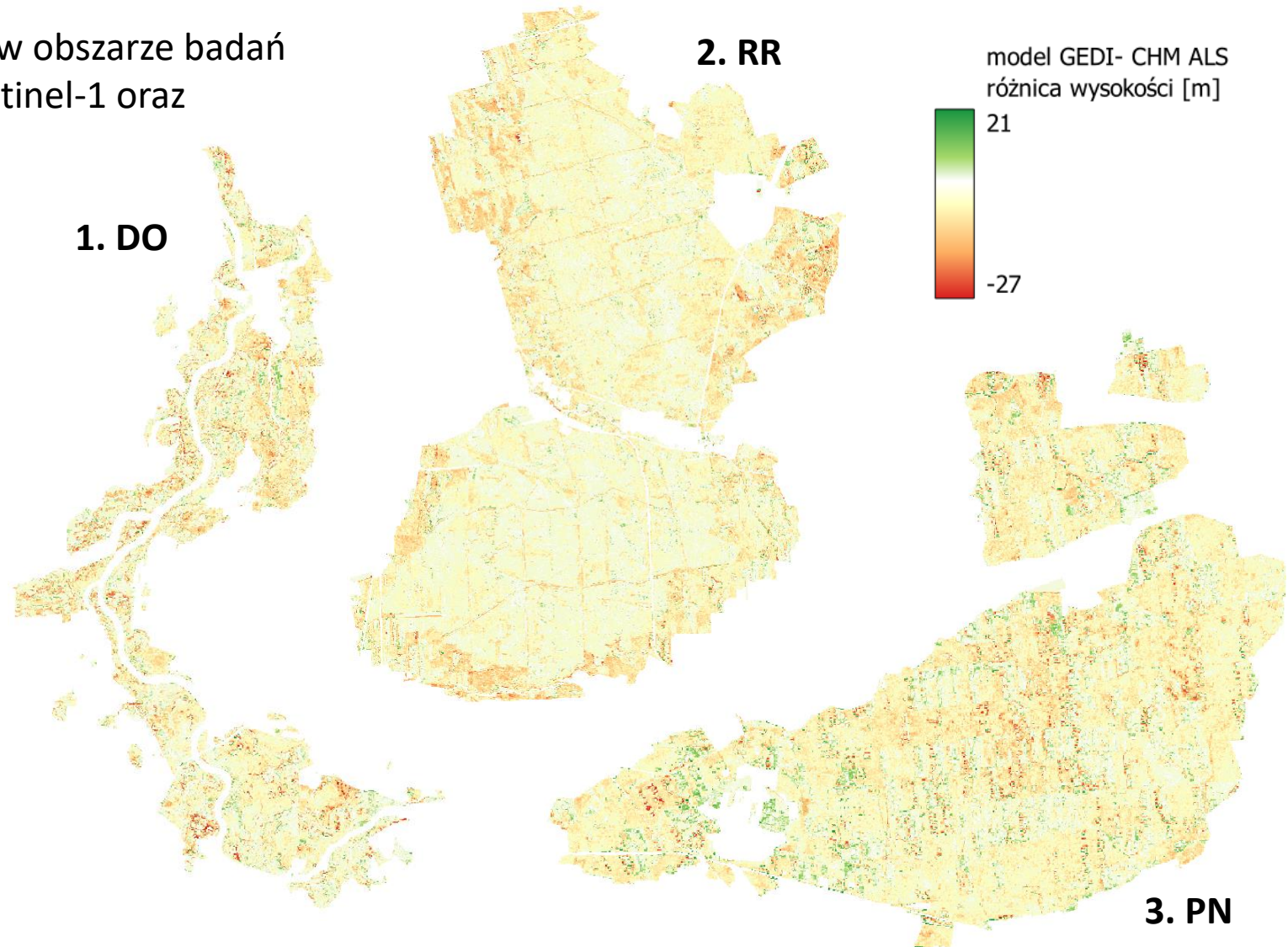


Wyniki

Predykcja wysokości drzewostanu w 2019 r. w obszarze badań
 na podstawie integracji pomiarów GEDI, Sentinel-1 oraz
 Sentinel-2

Błędy określenia wysokości drzewostanu w
 stosunku do referencyjnych danych CHM ALS

Obszar badań	R ²	RMSE	Bias
DO	0.67	8.09	-2.39
RR	0.62	9.92	-1.33
PN	0.67	7.42	-2.36



Wyniki. Porównanie globalnego modelu

nature ecology & evolution



Article

<https://doi.org/10.1038/s41559-023-02206-6>

A high-resolution canopy height model of the Earth

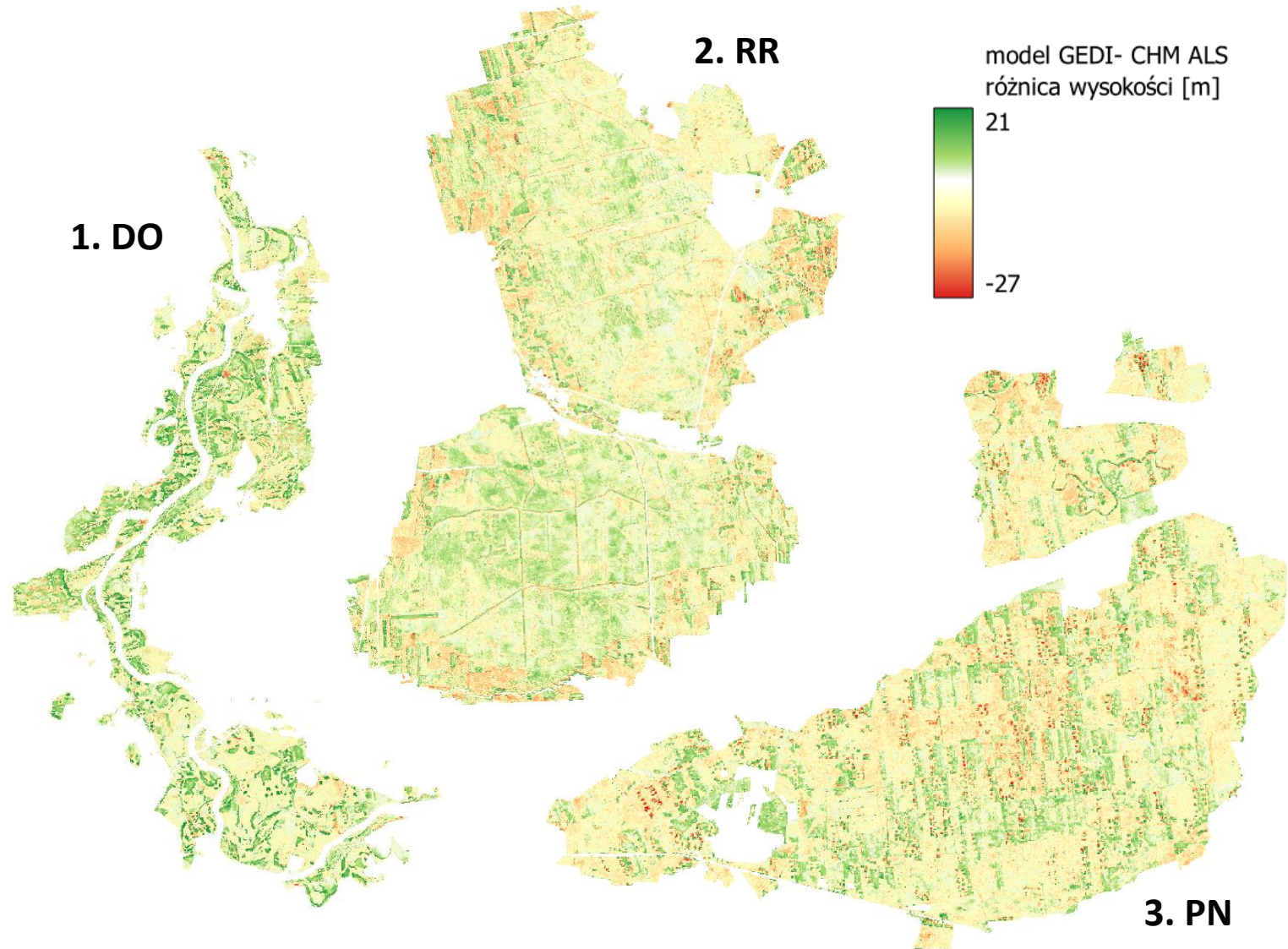
Received: 9 June 2023

Nico Lang^{1,2}, Walter Jetz³, Konrad Schindler¹ & Jan Dirk Wegner^{1,4}

Globalny model wysokości lasów o rozdzielczości 10 m wykorzystujący dane GEDI oraz Sentinel-2

Błędy określenia wysokości drzewostanu globalnego modelu w stosunku do referencyjnych danych CHM ALS

Obszar badań	R ²	RMSE	Bias
DO	0.50	12.15	3.37
RR	0.44	10.58	5.28
PN	0.42	12.04	3.35



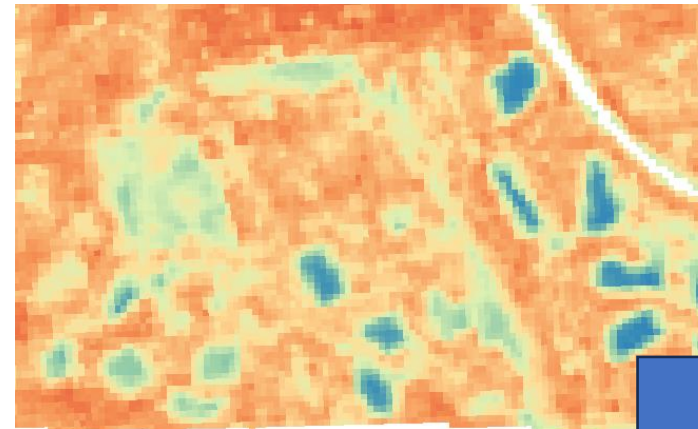
Wyniki. Monitoring cięć rębnych

Detekcja zrębów oraz gniazd wykonanych w roku 2020

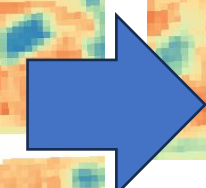
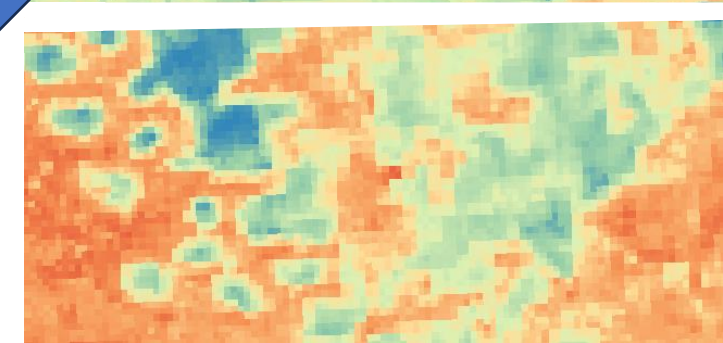
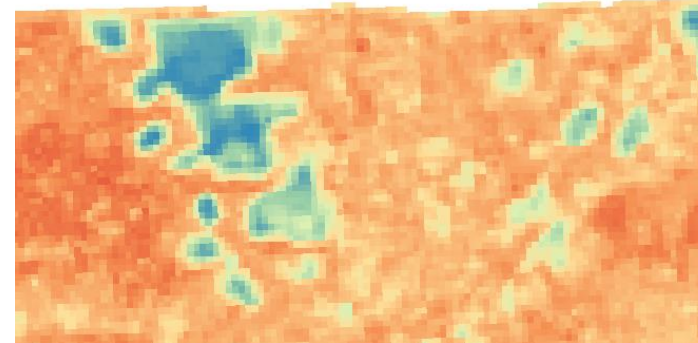
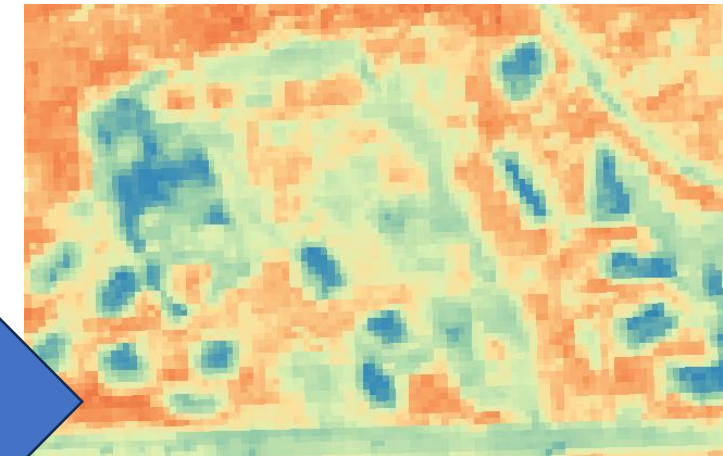
Analiza przeprowadzona na obszarze Puszczy Niepołomickiej. Wykonane zręby oraz gniazda zwektoryzowano na podstawie zobrażenia Sentinel-2.

liczba zrębów/gniazd ogółem	poprawnie wykryto [n]	poprawnie wykryto [%]
88	kryterium: średnia wysokość wewnątrz poligonu < 4 m	
	10	11,3
	kryterium: spadek wysokości wewnątrz poligonu o ponad 50%	
	59	67

2019



2020



Wnioski

Opracowane w wyniku integracji danych GEDI oraz Sentinel wysokościowe Modele Koron Drzew **nie oferują satysfakcjonującej dokładności** określenia wysokości drzewostanu.

Modele **lokalne** charakteryzują się **lepszą dokładnością** w stosunku do produktów o zasięgu **globalnym** (Lang et al. 2023).

Rozszerzenie zbioru treningowego opracowanego modelu predykcyjnego, ma szansę polepszyć jego dokładność.

Modele wykorzystujące dane GEDI **mogą być przydatne w monitoringu** postępu cięć związanych z użytkowaniem **rębnym**, czy w przypadku zdarzeń o charakterze **klęskowym**.

W Polsce podstawowym źródłem informacji o **strukturze przestrzennej lasów** powinny być **ALS LiDAR**, pomiary misji GEDI w zależności od potrzeb mogą stanowić ich uzupełnienie.

Dziękuję za uwagę!



Wojciech Krawczyk

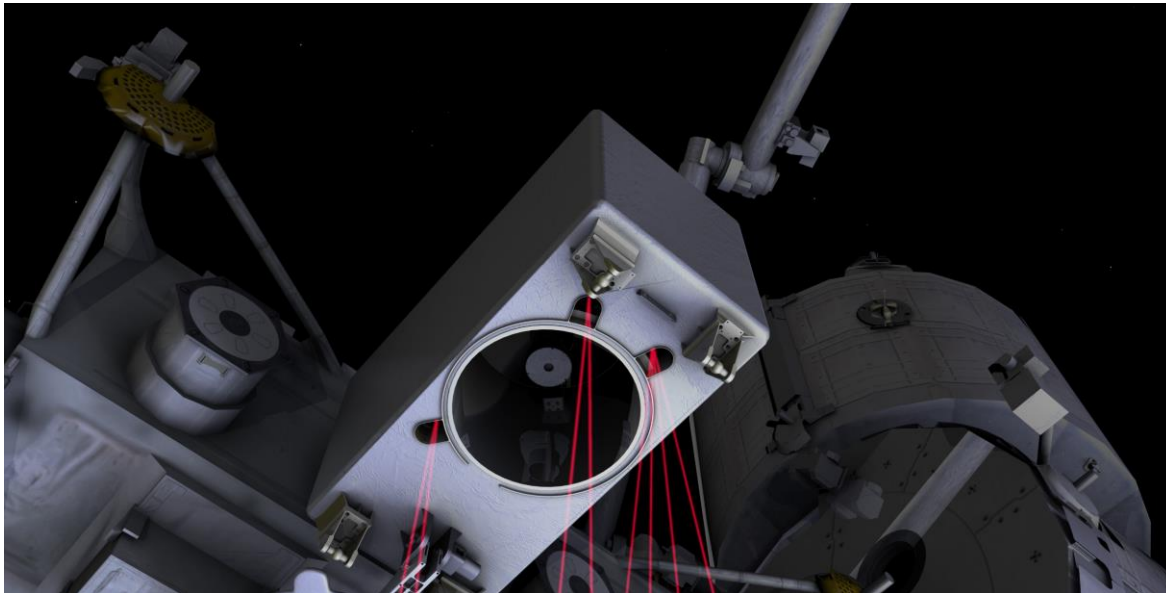
doktorant

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

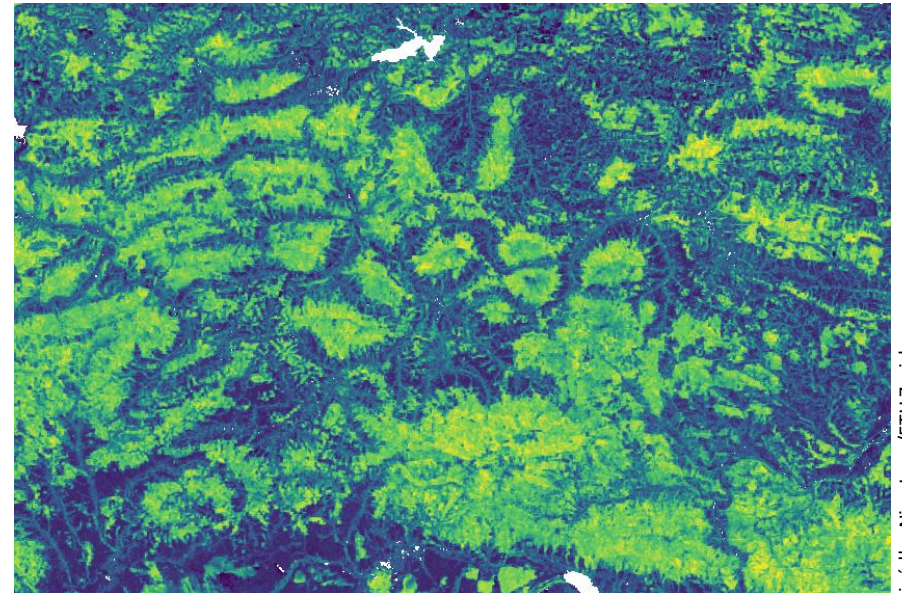
Wydział Leśny

Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi

wojciech.krawczyk@student.urk.edu.pl



źródło: NASA/UMD



źródło: Nico Lang/ETH Zurich