Polska Agencja Kosmiczna

Dane satelitarne dla administracji publicznej

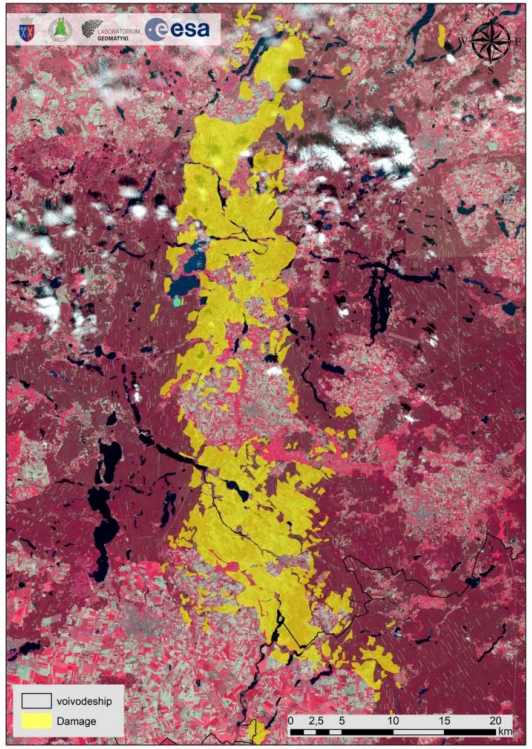
Przykłady zastosowań obrazów satelitarnych w leśnictwie

dr hab. inż. Piotr Wężyk
prof. URK

© ESA/ATG medialab

Plan prezentacji

- Przydatność poszczególnych systemów obrazowania satelitarnego w procesie podejmowania decyzji w leśnictwie aspekcie kryterium ich rozdzielczości terenowej (LR, MR, HR, VHR).
- Wykorzystanie technologii satelitarnych w kartowaniu lasów w skali globalnej (Forest Global Watch, Forest Global Change).
- Przykłady kartowania zniszczeń lasów od wiatru (zobrazowania optyczne i radarowe).
- Wykorzystanie zobrazowań do monitorowania skutków pożarów leśnych.
- Monitoring stanu zdrowotnego lasów w oparciu o obrazy satelitarne:
  - czynniki biotyczne: gradacji owadów,
  - czynniki abiotyczne: gradobicie,
  - czynniki antropogeniczne: negatywny wpływ immisji przemysłowych.
- Wykorzystanie zobrazowań wysokorozdzielczych w hodowli i urządzaniu lasu.
- Nowe technologie SLS w określaniu biomasy lasów.
- Podsumowanie.



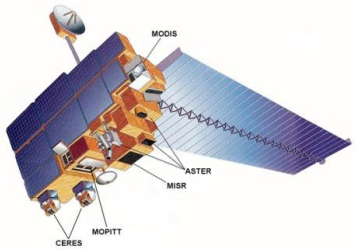
Kompozycja CIR obrazu Sentinel-2 z obszarem (żółty poligon) huraganu stulecia w Borach Tucholskich

Potencjalne zastosowania danych satelitarnych w leśnictwie (LR)

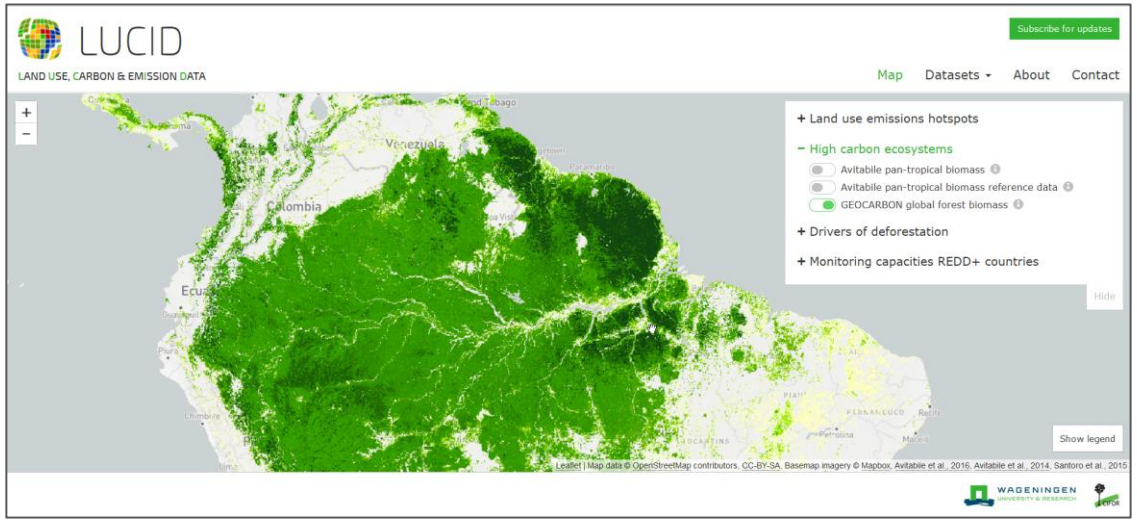
Zobrazowania satelitarne w zależności od rozdzielczości przestrzennej sensora mogą być wykorzystywane w leśnictwie na różnych szczeblach podejmowania decyzji .

Zastosowanie obrazów o małej rozdzielczości (LR – ang. *Low Resolution*: np. 500-1000 m GSD; NOAA, MODIS, MetOp):

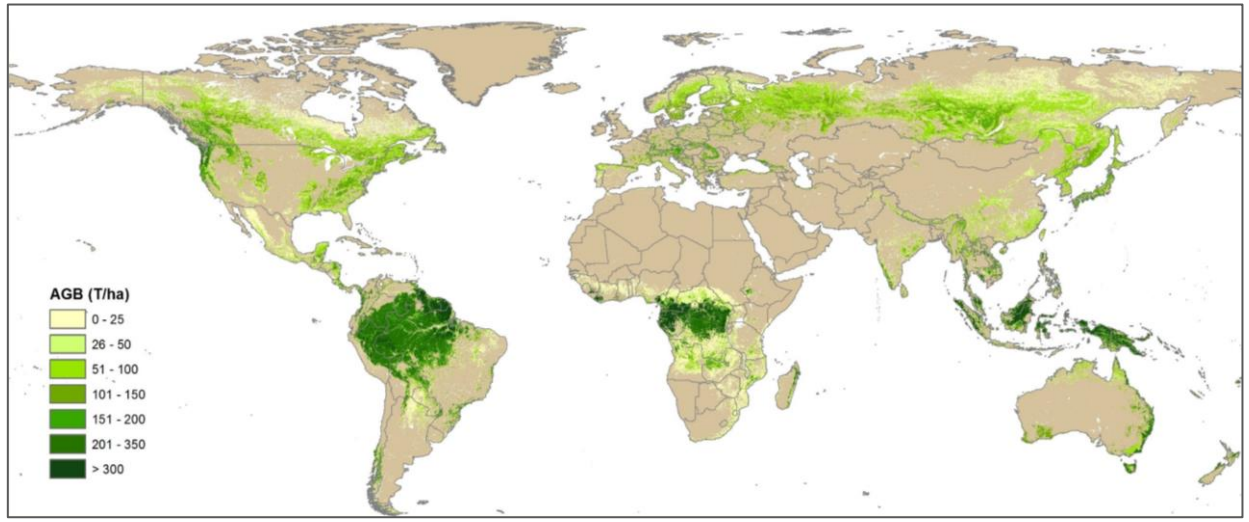
- monitoring globalny zasięgu biomów leśnych;
- modelowanie biomasy i sekwestracji węgla (kartowanie zmian biomasy na podstawie NDVI);
- modelowanie zmian klimatu (obserwacje przy wykorzystaniu satelitów meteorologicznych np. MetOp);
- detekcja pożarów leśnych (np. przy wykorzystaniu sensorów MODIS na satelitach Terra/Aqua NASA);
- detekcja rabunkowej gospodarki w lasach (np. lasy deszczowe w Amazonii, Afryce).



MODIS



Portal LUCID – Land Use, Carbon, Emission Data



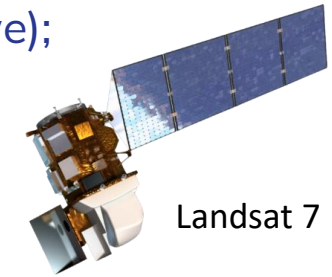
Mapa biomasy nadziemnej lasów (ABG) – t/ha

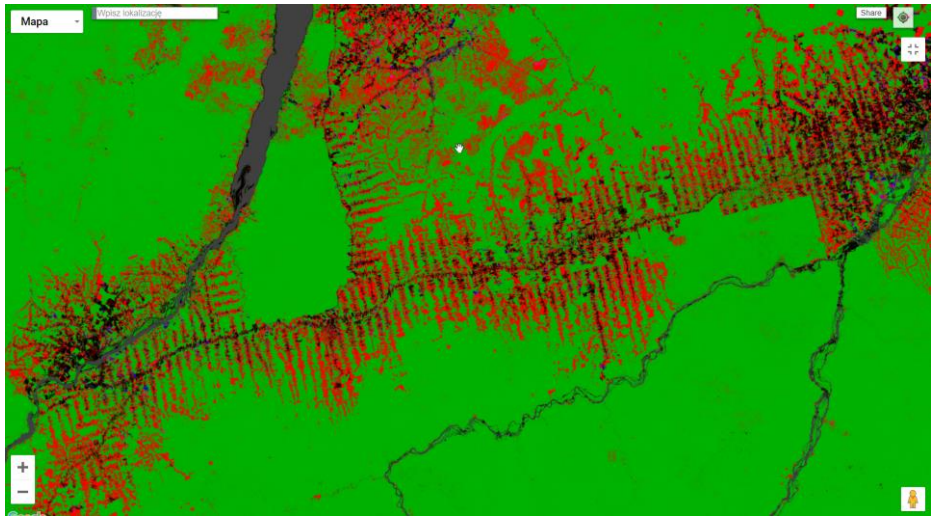
Źródło: Avitabile i in. 2016, Wężyk, 2019; Santoro i in. 2015

Potencjalne zastosowania danych satelitarnych w leśnictwie (MR)

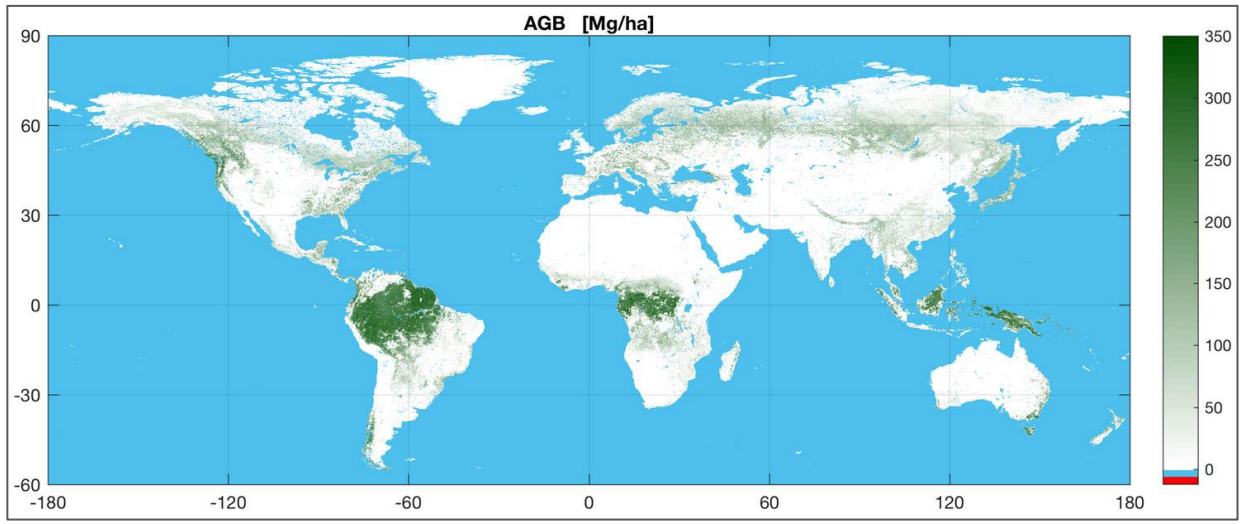
Zastosowanie obrazów o średniej rozdzielczości (MR – ang. *Medium Resolution*: np. 30,0 m MS GSD Landsat 7 ETM+; 10,0 m GSD Sentinel-2):

- określanie typu drzewostanów (iglaste, liściaste, mieszane) bądź też ich składu gatunkowego;
- monitoring stanu zdrowotnego (zamieranie lasów, pożary, gradacje owadów, immisje przemysłowe);
- określanie faz rozwojowych (wieku) i monitoring faz fenologicznych;
- globalne mapowanie wylesień i zalesień (np. serwis Forest Global Change);
- określanie dynamiki przekształceń krajobrazów: leśnych na rolnicze lub odwrotnie;
- detekcja procesów wtórnej sukcesji leśnej na gruntach porolnych.





Portal Forest Global Change



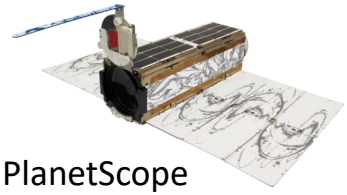
Mapa biomasy nadziemnej lasów (ABG) – t/ha (ESA)

Źródło: Hansen i in. 2013; Wężyk, 2019, ESA 2020

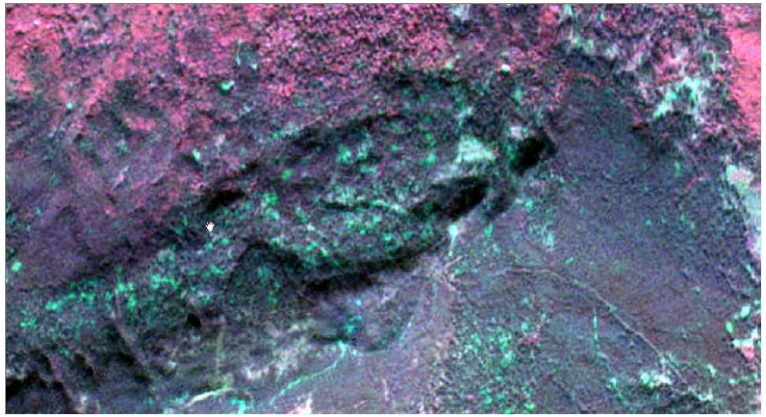
Potencjalne zastosowania danych satelitarnych w leśnictwie (HR)

Wykorzystanie obrazów o wysokiej rozdzielczości (HR – ang. *High Resolution*: np. RapidEye 5,0 m GSD; PlanetScope Dove 3,0 m GSD, SPOT 2,5 m GSD):

- tworzenie map przemian lasów w skali: państw, regionów i kontynentów;
- obserwacje zabiegów hodowlanych (np. trzebieże) i cięć rębnych (np. automatyczna detekcja nielegalnych zrębów czy obszarów degradacji);
- monitoring stanu zdrowotnego lasów (np. zmian wskaźników roślinności pod wpływem żerów foliofagów - np. brudnica mniszka czy szkodników wtórnych – np. kornika drukarza);
- określanie dynamiki przemian klas pokrycia terenu (precyzyjne mapowanie obszarów zdegradowanych, wylesień, zalesień);
- monitoring zieleni wysokiej w mieście i jej usług ekosystemowych (Urban Forestry; UF).

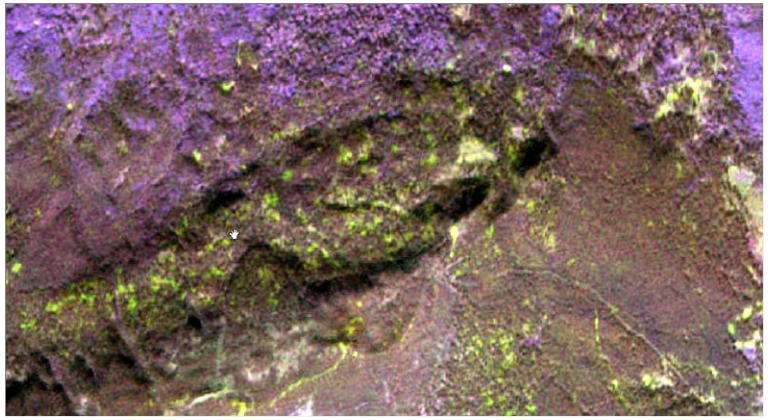


PlanetScope Dove



RapidEye CIR (532) BgPN 2012

RapidEye RGB (321) BgPN 2012



RapidEye (235) BgPN 2012

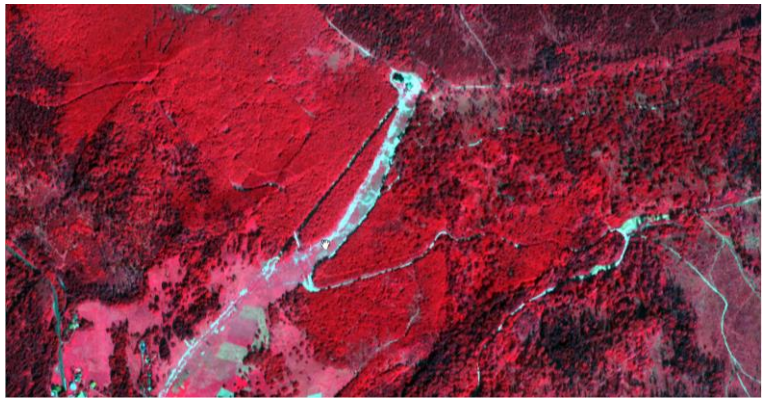
Źródło: Wężyk, 2020, Planet 2019

Potencjalne zastosowania danych satelitarnych w leśnictwie (VHR)

Wykorzystanie obrazów o bardzo wysokiej rozdzielczości (VHR – ang. *Very High Resolution*: np. < 1,0 m GSD WorldView-3 Maxar):

- segmentacja pojedynczych koron drzew (starszych klas wieku) i zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni;
- mapy zwarcia poziomego drzewostanów, określanie typu drzewostanów (iglaste, liściaste, mieszane);
- określanie form zmieszania lasu i fazy rozwojowej (detekcja biogrup; wykorzystanie tekstury obrazu);
- weryfikacja podziału powierzchniowego i określanie składu gatunkowego (wykorzystanie kanałów wielospektralnych);
- monitoring dynamiki zamierania drzewostanów (np. wykrywanie gniazd kornikowych, analizy pojedynczych koron);
- monitoring aktywności pożarów (w paśmie SWIR), określanie fazy rozwojowej (wieku) i fenologicznej (fizjologia);
- określanie dynamiki przekształceń krajobrazów (leśnych na rolnicze lub odwrotnie – stadia sukcesji leśnej);
- analizy zieleni miejskiej (UF) w tym lasów miejskich i wartości usług ekosystemowych (ang. ES).

WorldView-2 PAN BgPN 11.09.2005



WorldView-2 CIR 432 BgPN 11.09.2005

WorldView-2 RGB 321 BgPN 11.09.2005

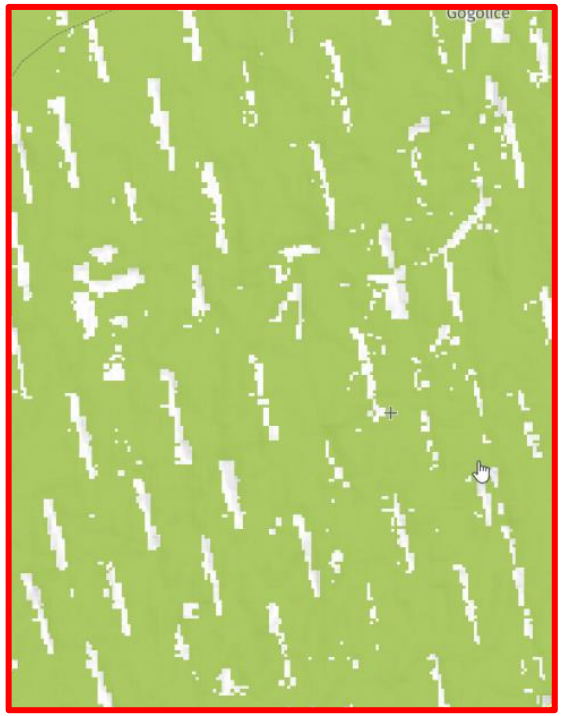
Źródło: Wężyk, 2019, EUSI 2005

Global Forest Watch – wieloczasowe obserwacje lasów w skali globalnej

Informacje o zasobach leśnych w skali globalnej są kluczowe dla modelowania procesów związanych z: obserwacjami zmian klimatu i modelowaniem biomasy, sekwestracją węgla, zagrożeniami bioróżnorodności, ochroną gleb, zarządzaniem wodami opadowymi czy łagodzeniem negatywnych skutków zmian klimatu.

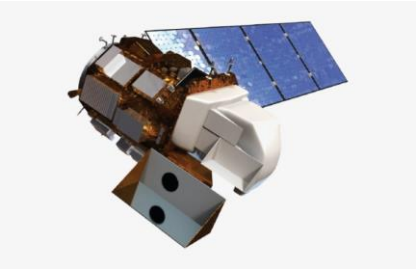
Portal Global Forest Watch – NGO bazujący na analizie obrazów satelitarnych Landsat (National Aeronautics and Space Administration, NASA)

Źródło: Hansen et al. 2013, https://www.globalforestwatch.org

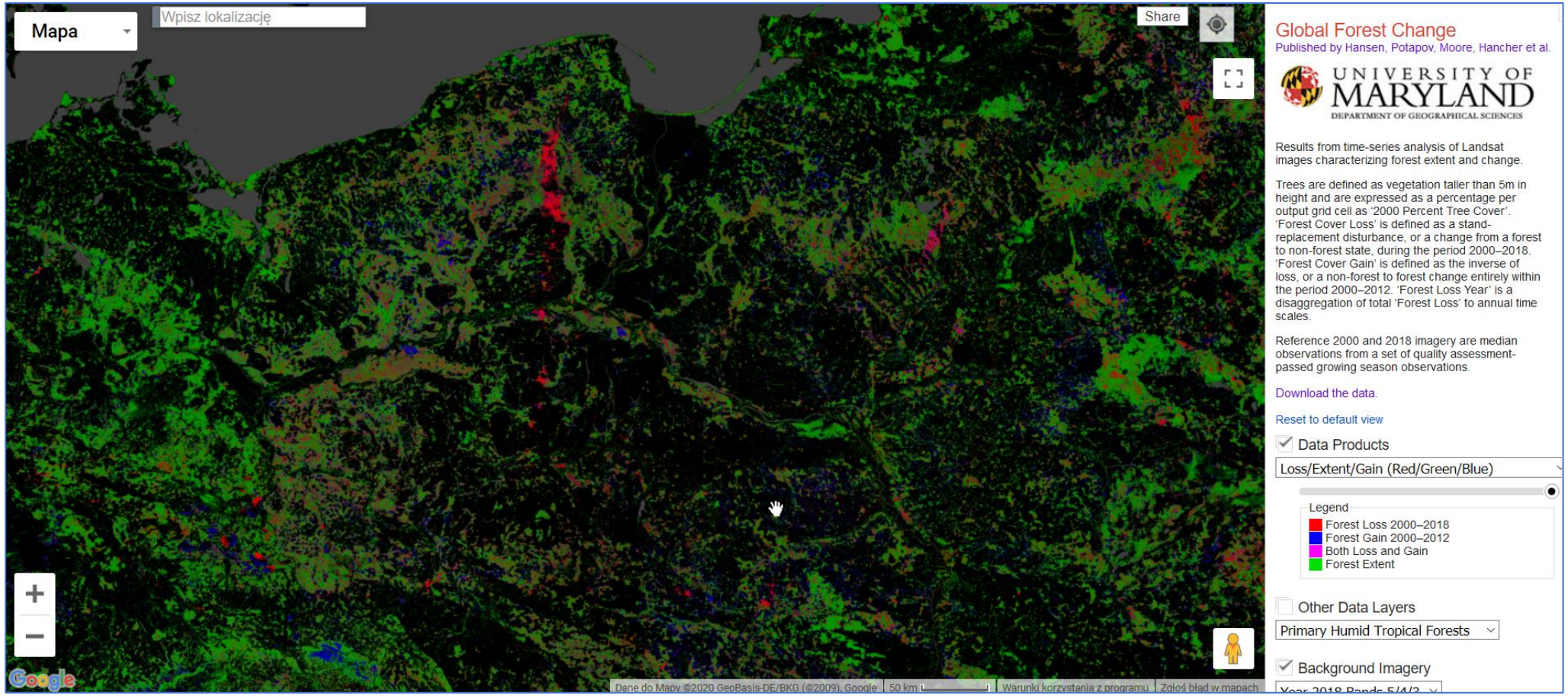


Źródło: Hansen et al. 2013, https://www.globalforestwatch.org

Serwis mapowy Forest Global Change (FGC)



Serwis mapowy Forest Global Change (FGC) bazuje na analizach serii wieloczasowych zobrazowań serii satelitów Landsat (NASA) zarejestrowanych w okresie 2000-2018.

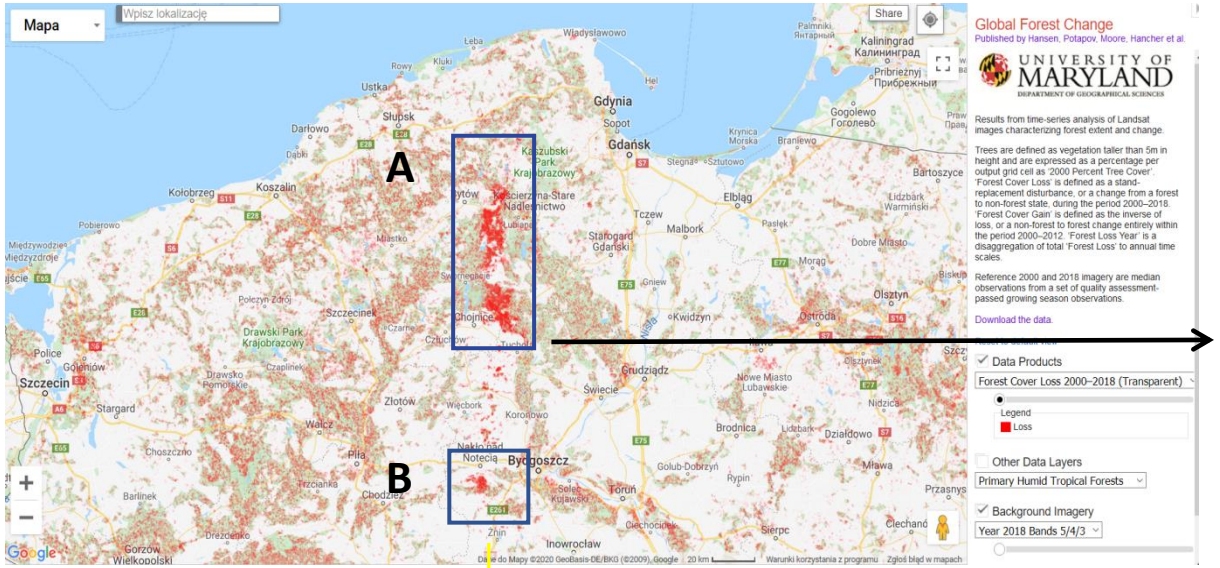


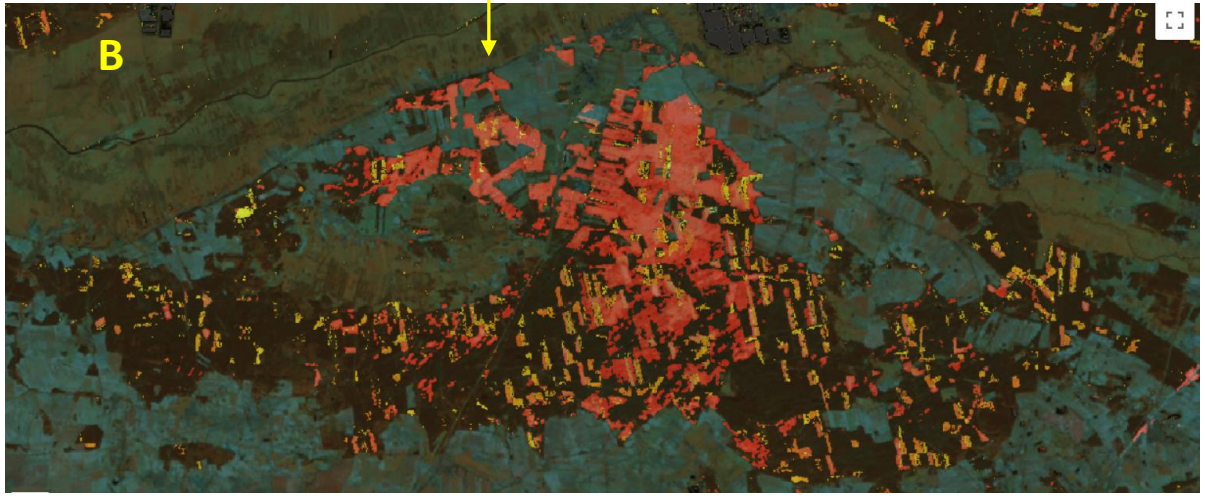
Źródło: Hansen i in. 2013, http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest

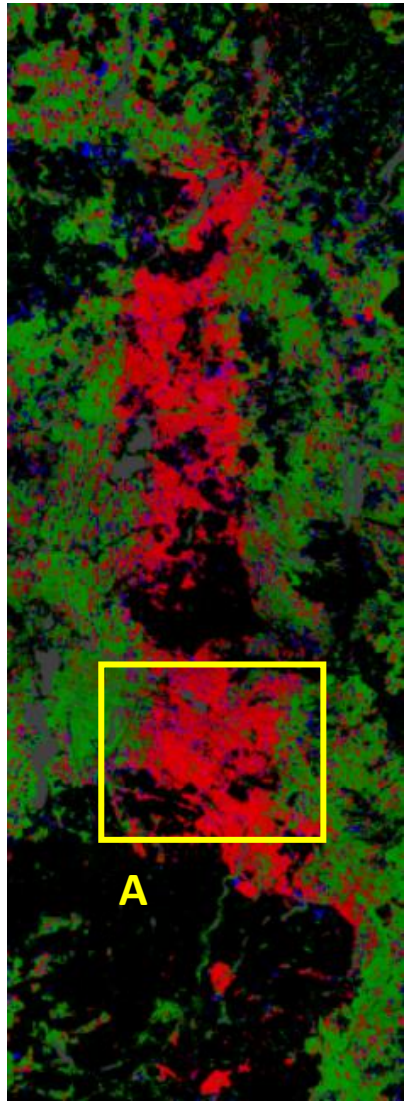
Czynniki abiotyczne
Wiatr: nawałnice, huragany, tornada, halny

Źródło: Barlewiczki, Polska/ YouTube Tornado, 14.07.2012

Forest Global Change (FGC) – nawałnica 11/12.08.2017 (Bory Tucholskie)

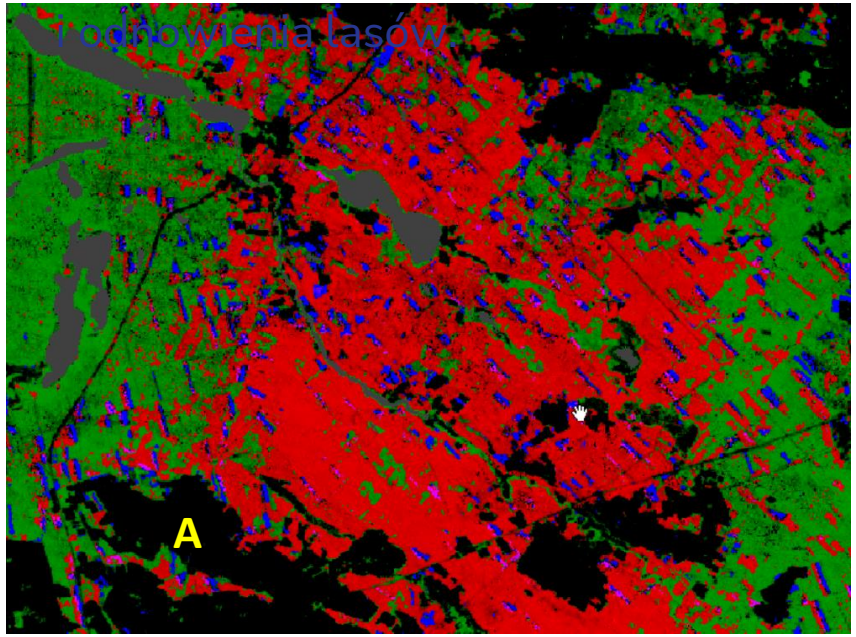






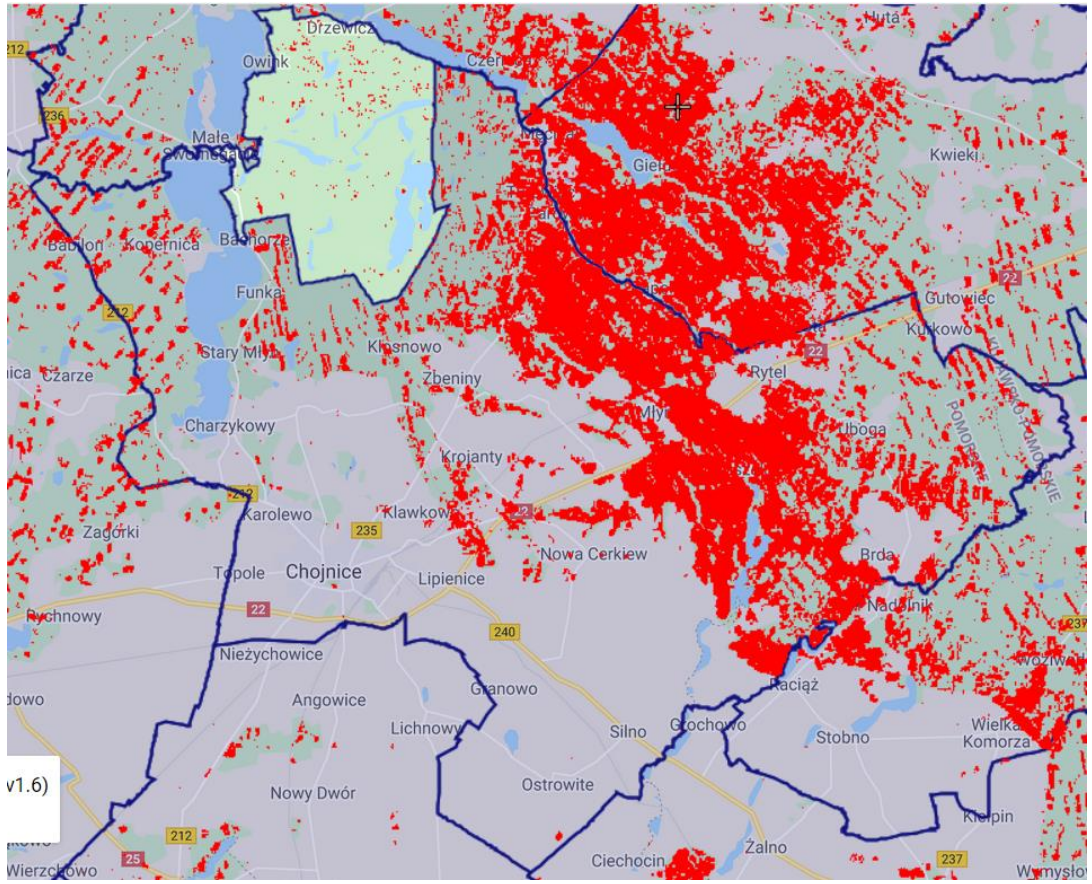
Obrazy po lewej u góry i po prawej na dole:

- A - Wylesienia spowodowane nawałnicą 11/12.08.2017 w Borach Tucholskich 2000-2018;
- B - Okolice Bydgoszczy;
  Kolor czerwony i pomarańczowy - wylesienia; kolor niebieski – zalesienia



Źródło: FGC 2020

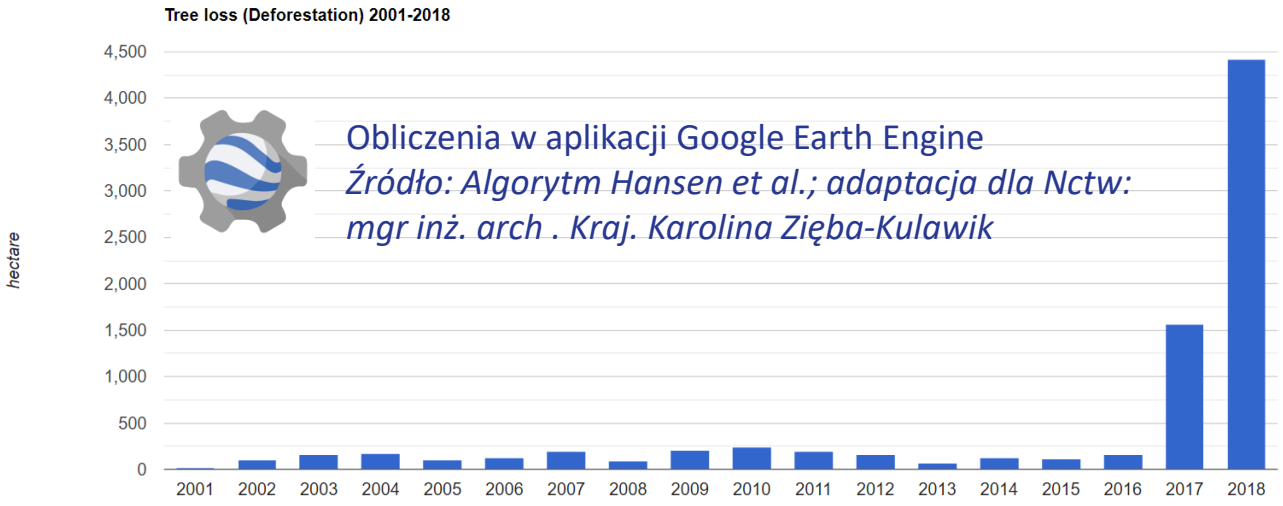
Analiza w GEE (algorytm Hansen et al.)
Nawałnica 100-lecia: 11/12.08.2017 (Bory Tucholskie)



Kolor czerwony – zniszczone drzewostany w wyniku nawałnicy 11/12.08.2017 na obszarze N-ctwa Rytel (GEE 2020)

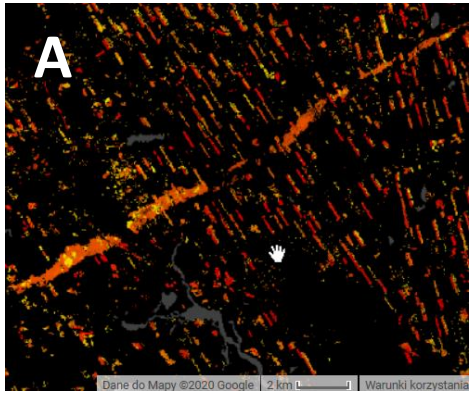
Zniszczenia drzewostanów w N-ctwie Rytel (RDLP Toruń)

Obóz harcerski (L-ctwo Suszek) N-ctwo Rytel (RDLP Toruń)



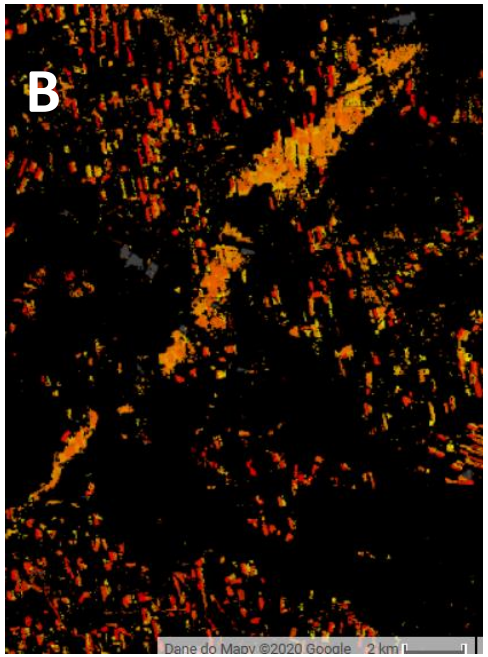
Ubytki w powierzchni leśnej N-ctwa Rytel (RDLP Toruń)

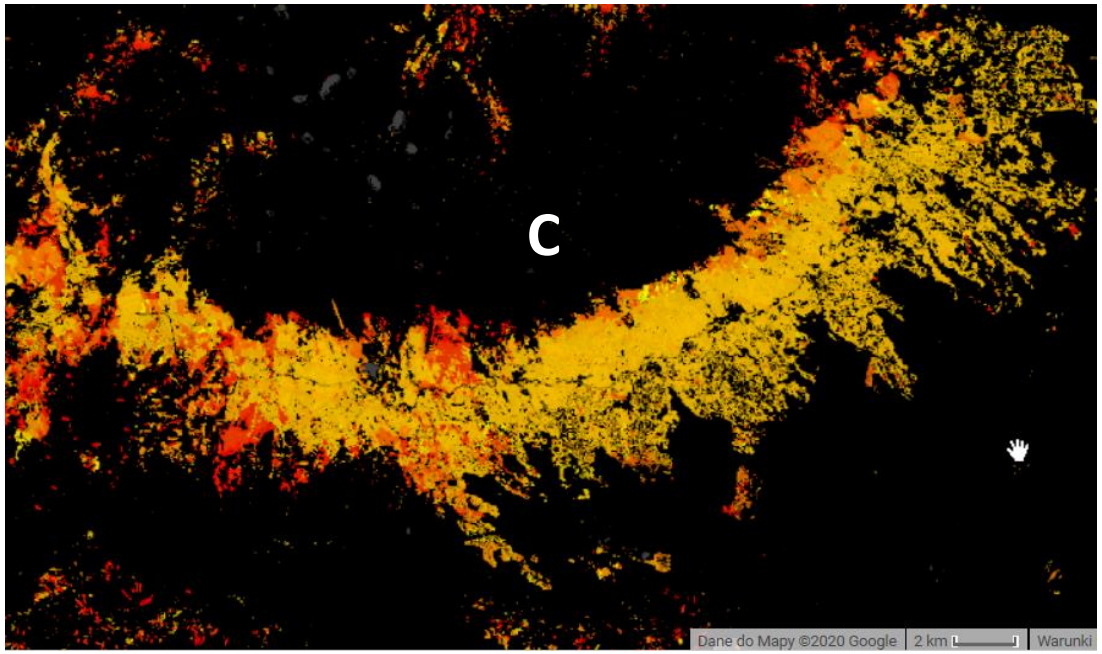
Forest Global Change (FGC) – uszkodzenia od wiatru (zobrazowania Landsat)

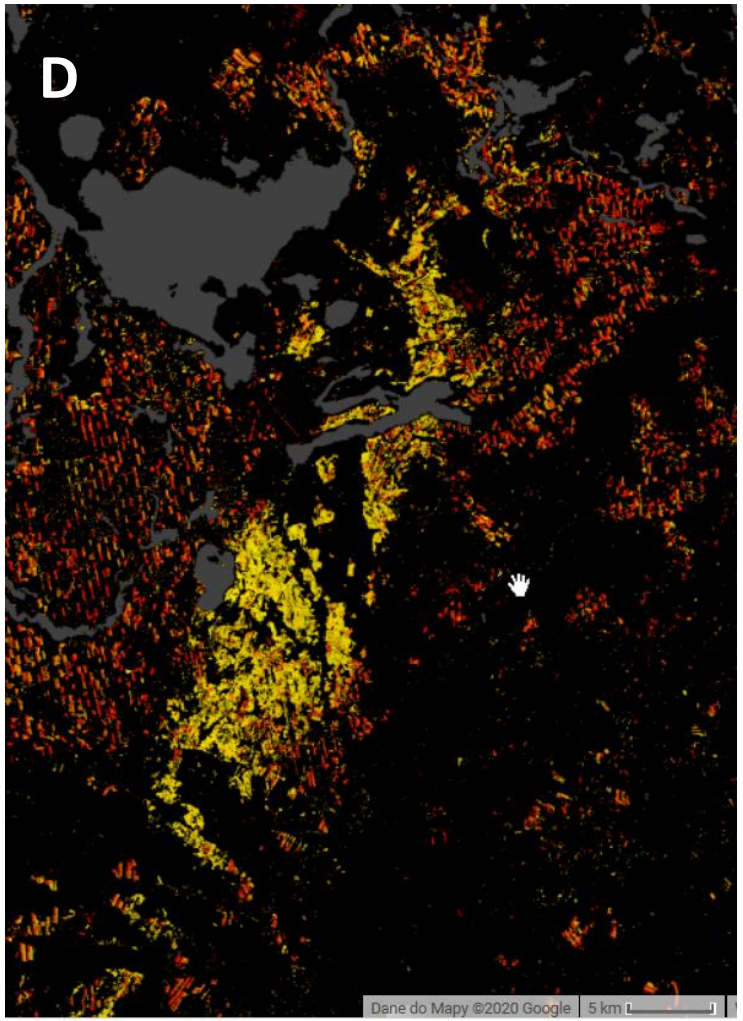


Zniszczenia drzewostanów spowodowane przez wiatr:

- A – trąba powietrzna w Tleniu (15.07.2012) – 500 ha;
- B – trąba powietrzna Koszęcin – Lubliniec (15.08.2008).
- C – Velka Kalamita w Tatrach Słowackich (19.11.2004).
- D – huragan w Puszczy Piskiej – ok 30.000 ha (04.07.2002).

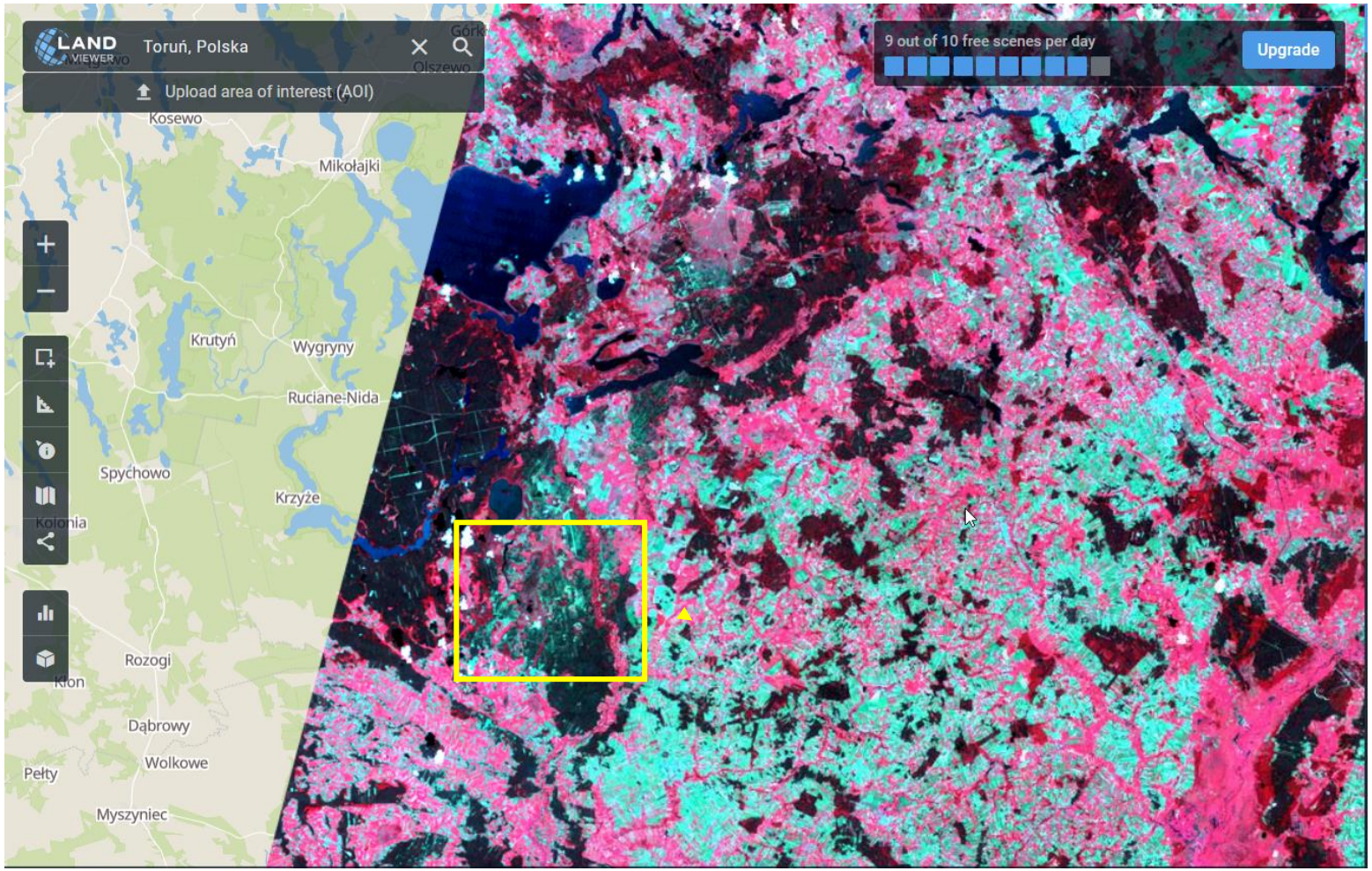




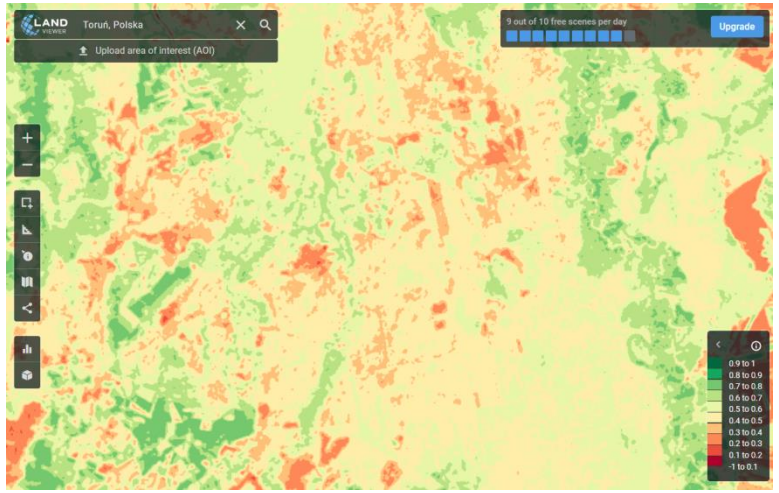


Źródło: FGC 2020

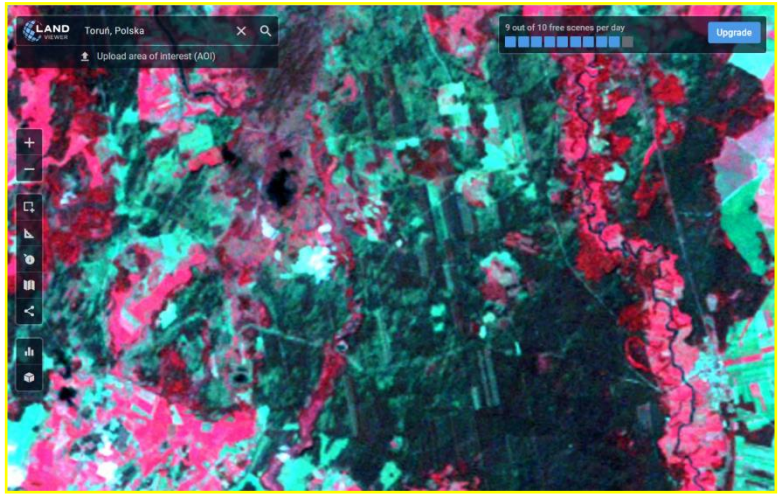
Puszcza Piska uszkodzenia od huraganu z 2002 roku



Kompozycja CIR 432 Landsat 5 TM (NASA) - 2 lata po huraganie (07.08.2004)



Wskaźnik NDVI (brak roślinności <0,3)

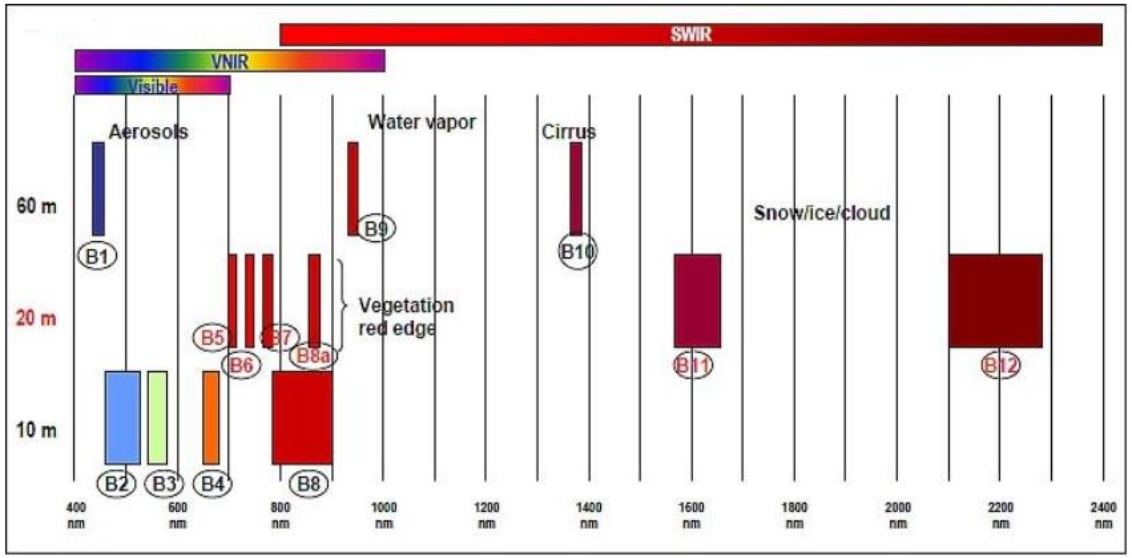


Kompozycja CIR (4,3,2)

Źródło: EOS LAndViewer 2020

Charakterystyka Sentinel-2 (ESA; Copernicus)

- Satelita Sentinel-2A (ESA) – umieszczony na orbicie 23.06.2015.
- Satelita Sentinel-2B (ESA) – umieszczony na orbicie 07.03.2017.
- Orbita okołobiegunowa (polarna): 786 km.
- Rozdzielczość przestrzenna Sentinel-2 (ESA):
  - GSD 10,0 m RGB,NIR (B2, B3, B4, B8),
  - GSD 20,0 m (B5, B6, B7, B8a, B11, B12),
  - GSD 60,0 m (B1, B9, B10).
- Rozdzielczość czasowa: 5 dni Sentinel-2 (A i B).



13 Kanałów spektralnych Sentinel-2 (ESA)

Wylesienia lasów deszczowych na Borneo i zakładanie plantacji palm oleistych (ESA, Sentinel-2)

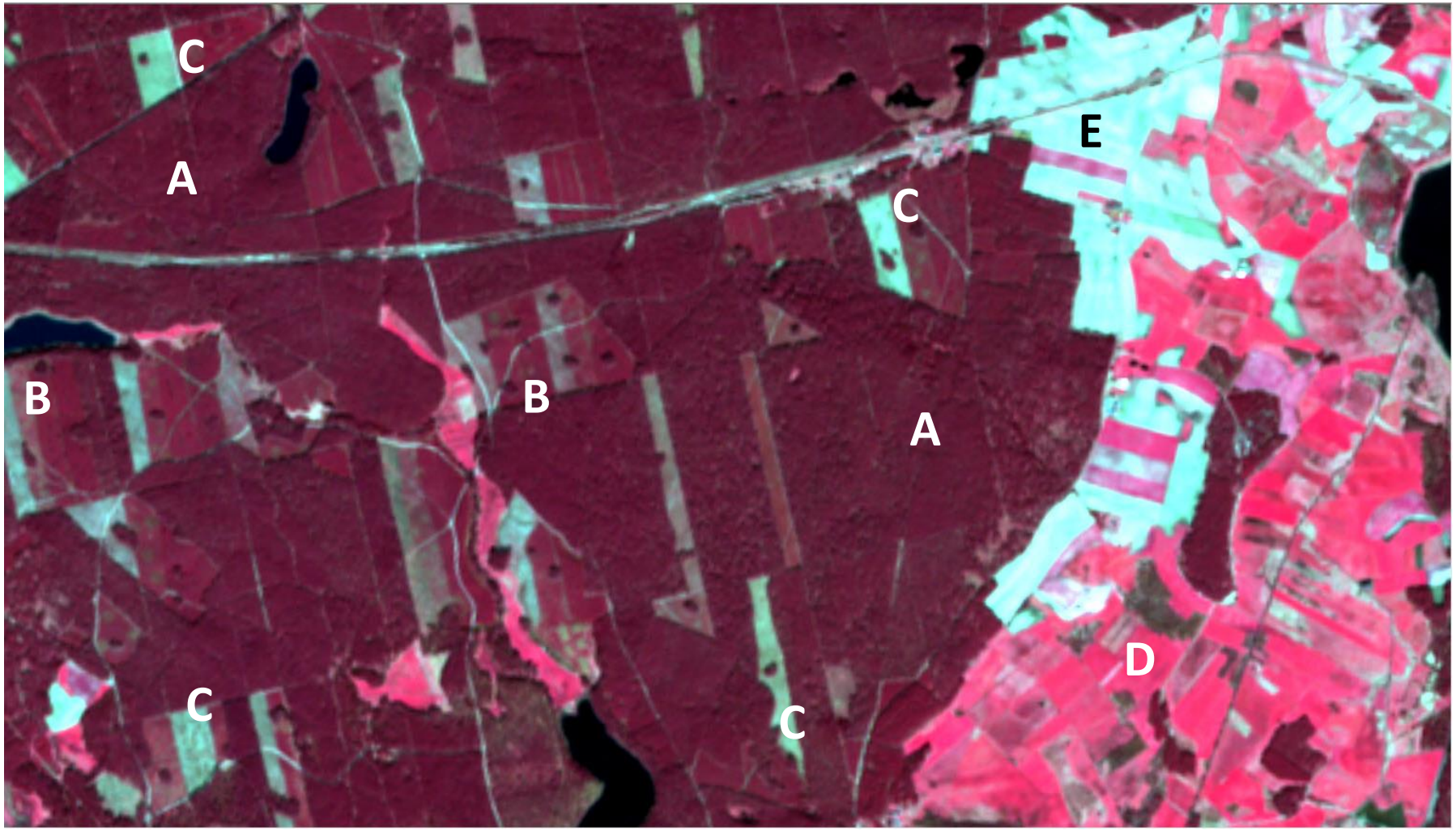
Źródło: ESA, 2020

Sentinel-2 (ESA) – Bory Tucholskie przed nawałnicą (01.05.2017)

Kompozycja CIR (B8,B4,B3) Sentinel-2 (ESA) z dnia 01.05.2017 (fragment drzewostanów RDLP Gdańsk, Bory Tucholskie).

Obiekty na kompozycji z prawej:

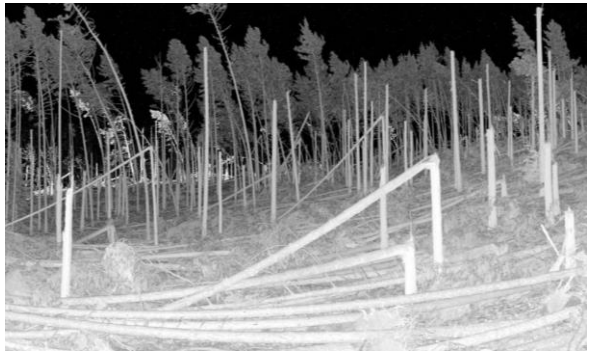
- drzewostany sosnowe w starszych klasach wieku (A),
- młodszych klas wieku (B); zręby zupełne (C),
- oziminy lub inne uprawy rolnicze (D),
- brak pokrywy roślinności na uprawach rolniczych (E).



Źródło: ESA, 2020

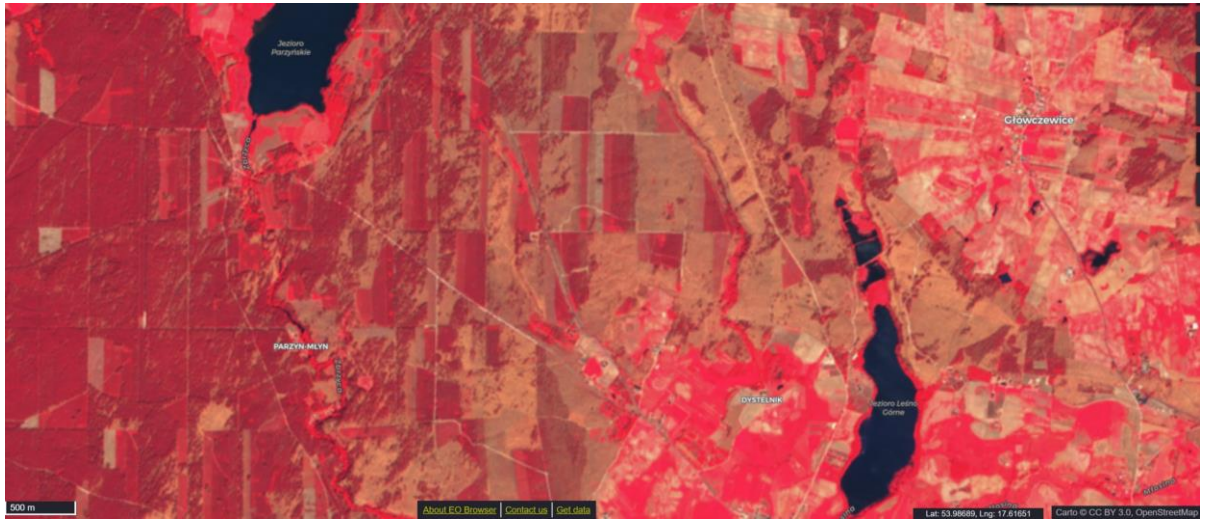
Sentinel-2 (ESA) – Bory Tucholskie nawałnica 100-lecia

Obrazy referencyjne BSP (SGGW; dr inż. M. Brach; dr inż. P. Szymański) – listopad 2017 (GSD 5 cm)



Zdjęcia naziemne i naziemny skaning laserowy TLS (UR Kraków – P. Wężyk, prof. URK

Sentinel-2 (CIR) z dnia 08.07.2017

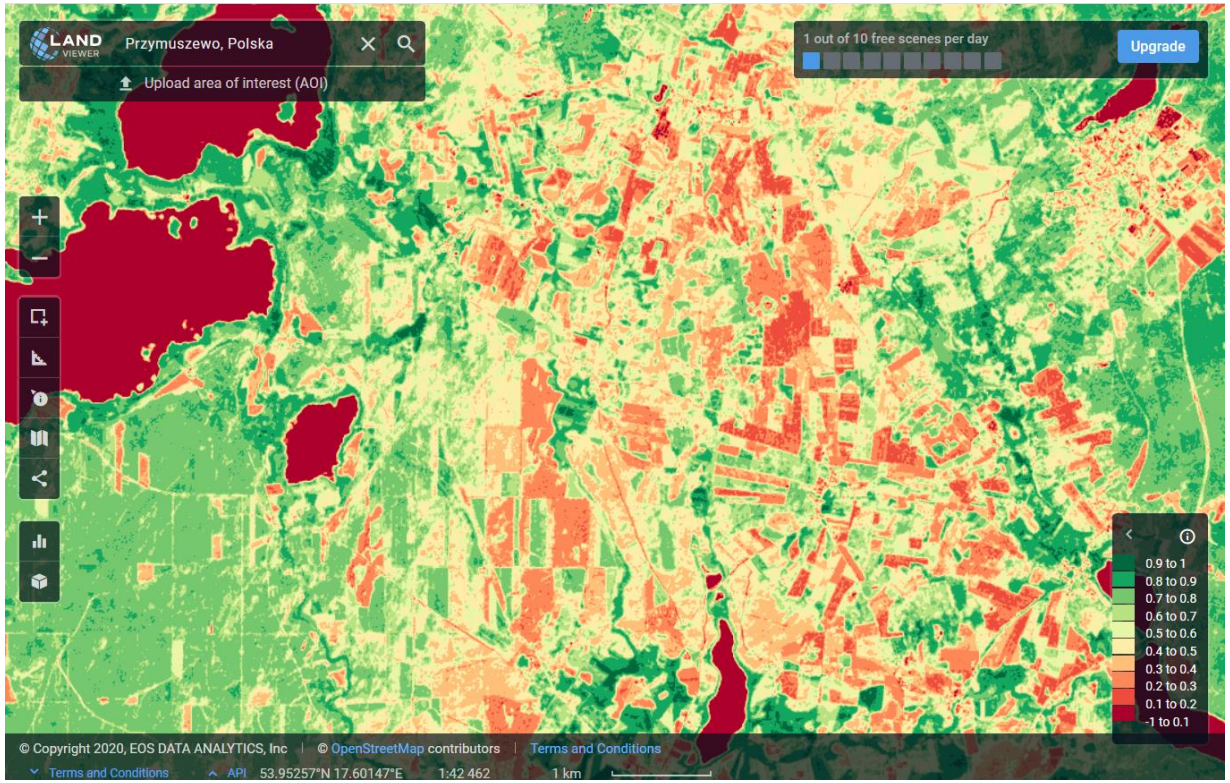


Sentinel-2 (CIR) z dnia 05.07.2018

Źródło: ESA, 2017, 2018

Sentinel-2 (ESA) – Bory Tucholskie 2018 po nawałnicy

Kompozycja CIR (8,4,3) Sentinel-2 (N-ctwo Przymuszewo)
27.08.2019



Mapa wskaźnika NDVI (Sentinel-2, N-ctwo Przymuszewo)
27.08.2019

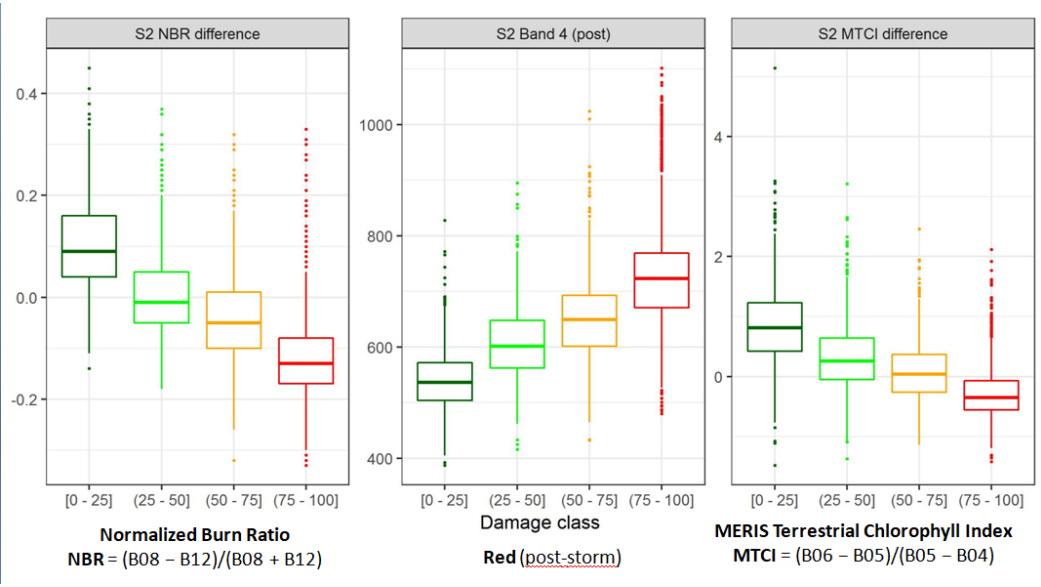
Źródło: EOS 2020; ESA, 2020

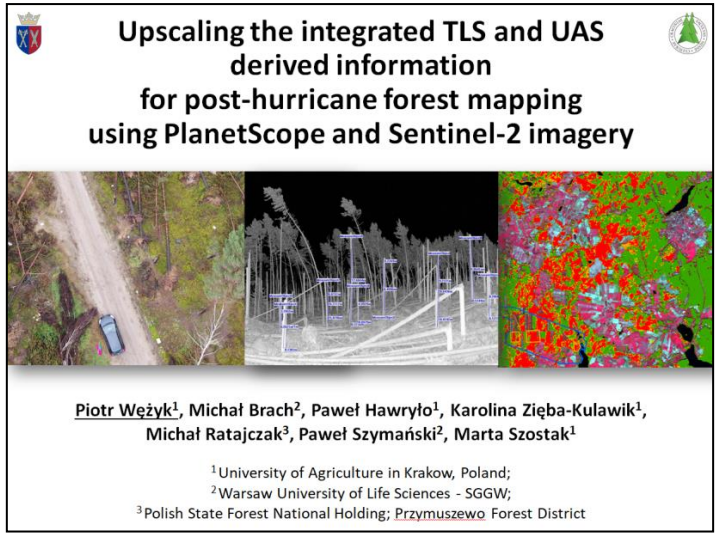
Sentinel-2 (ESA)
– wynik klasyfikacji uszkodzeń drzewostanów przez nawałnicę

Zmienne oraz ich ważność przy budowie modelu predykcyjnego uszkodzeń:

- średnia wartość w kanałach Sentinel-2: B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 oraz B12;
- NDVI = (B08 – B04)/(B08 + B04);
- Normalized Burn Ratio (NBR) = (B08 – B12)/(B08 + B12);
- MERIS: MTCI = (B06 – B05)/(B05 – B04);
- GNDVI = (B08 – B03)/(B08 + B03).

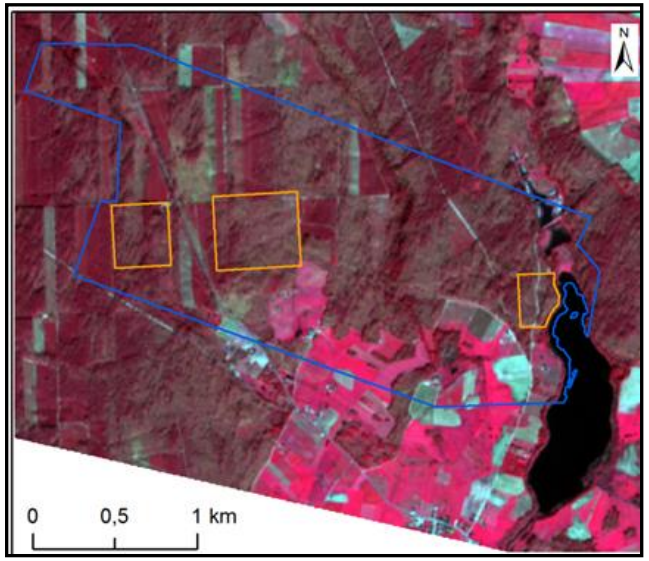
Zmienna objaśniająca (predyktor)	Względna ważność
S2_NBR_diff	100,0
S2_B4_post	98,6
S2_MTCI_diff	63,7
S2_B2_diff	59,9
S2_B7_diff	21,9
S2_B8_pre	20,5
S2_B2_pre	19,7
S2_GNDVI_post	17,2
S2_MTCI_pre	16,5
S2_GNDVI_diff	13,4
S2_NBR_pre	13,0
S2_GNDVI_pre	0,0





Źródło: Wężyk P. i in., 2018

Sentinel-2 (ESA)
– wynik klasyfikacji uszkodzeń drzewostanów przez nawałnicę

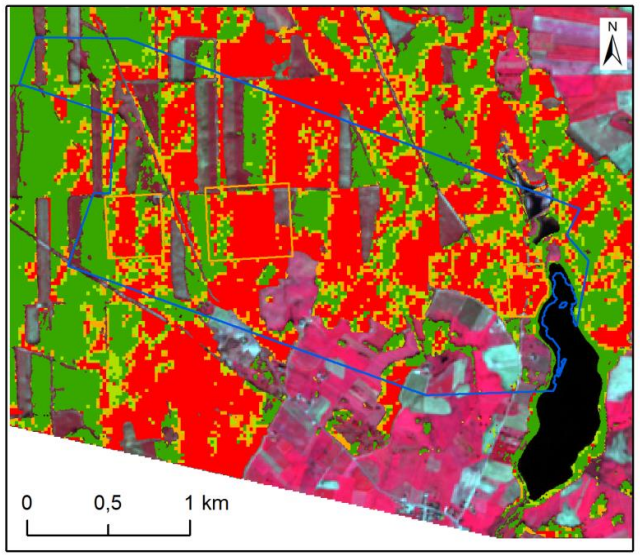


Klasy uszkodzeń

Referencja

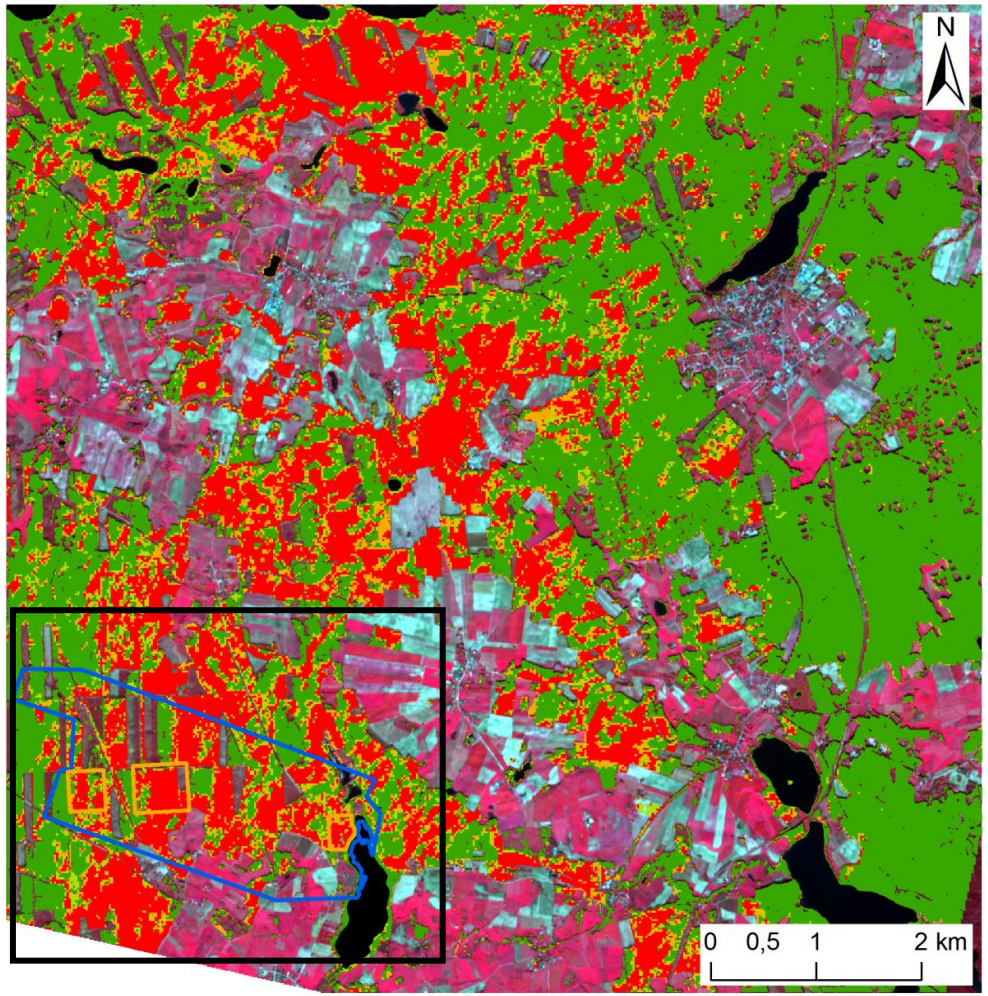
Klasyfikacja	[0 - 25]	(25 - 50]	(50 - 75]	(75 - 100]
(75 - 100]	21	90	239	1230
(50 - 75]	37	78	93	68
(25 - 50]	43	63	46	37
[0 - 25]	749	117	60	23

Freq: 1200, 900, 600, 300



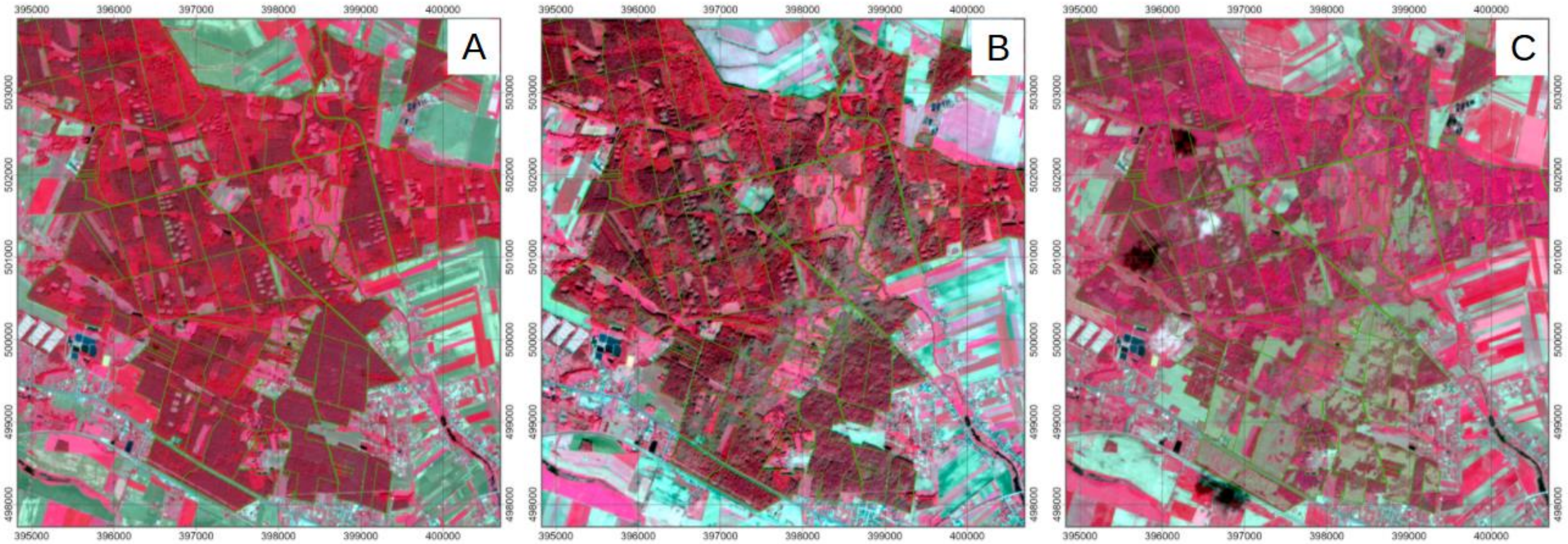
Sentinel prediction [%]

- [0 -25]
- (25 -50]
- (50 - 75]
- (75 - 100]
- Naloty BSP
- Obszar referencyjny



Źródło: Wężyk P. i in., 2018

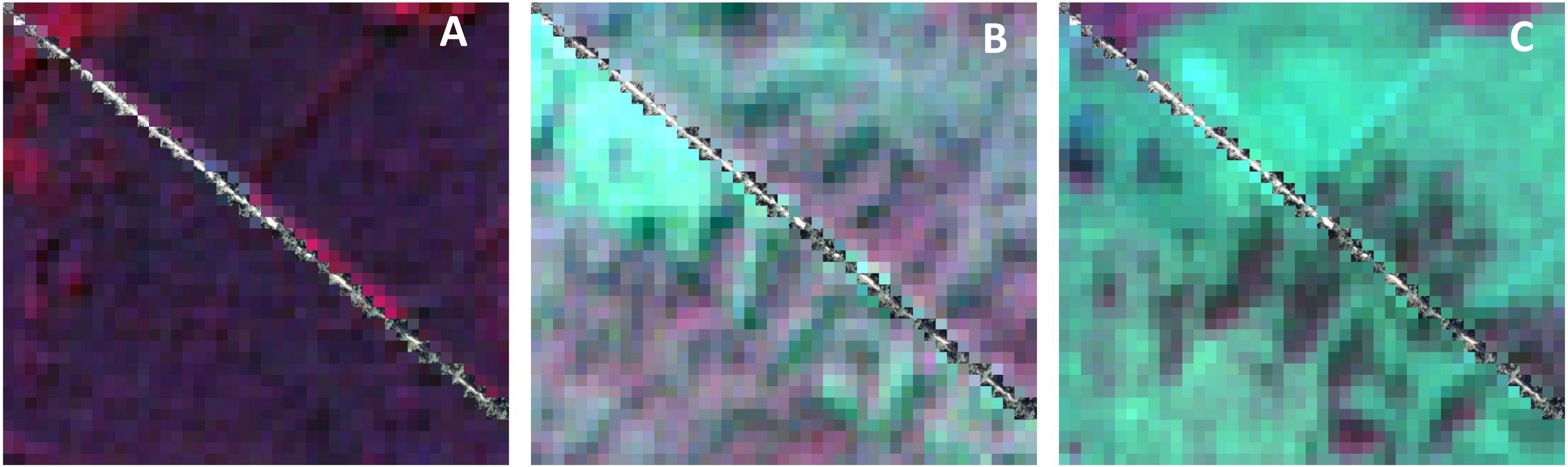
Sentinel-2 (ESA)
– monitoring postępu prac uprzątających



Fragment Nadleśnictwa Czerniejewo na zobrazowaniach Sentinel-2 (ESA):
A - przed huraganem (30.07.2017); B - po huraganie (28.09.2018); C - po uprzątnięciu zniszczonych drzewostanów

Źródło: Krawczyk W., Wężyk P. i in., 2020

Sentinel-2 (ESA)
– monitoring postępu prac uprzątających



Fragment Nadleśnictwa Czerniejewo na zobrazowaniach Sentinel-2 (ESA):
A - przed huraganem (30.07.2017); B - po huraganie (28.09.2018); C - po uprzątnięciu zniszczonych drzewostanów

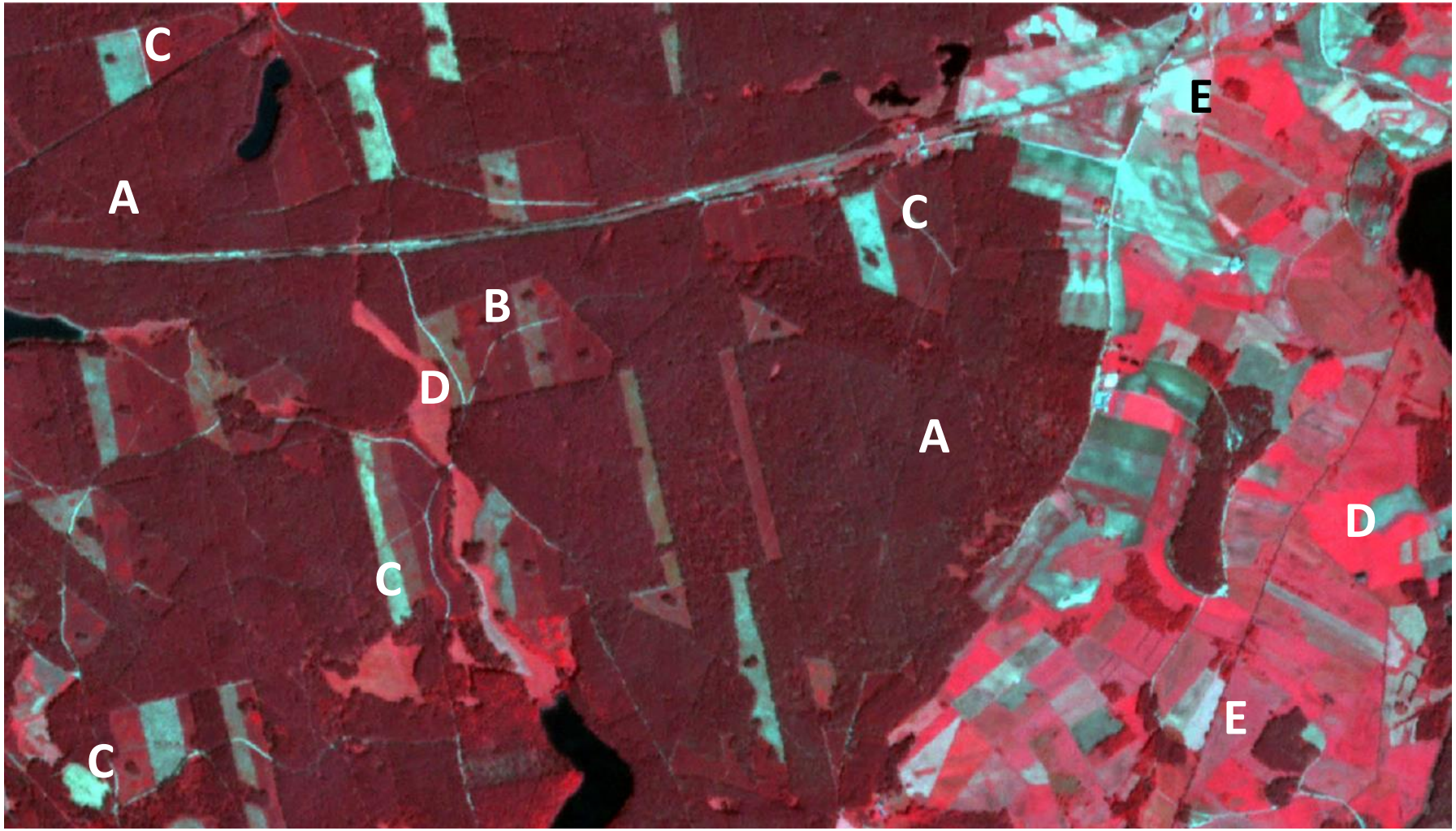
Źródło: Krawczyk W., Wężyk P. i in., 2020

PlanetScope Dove – Bory Tucholskie przed nawałnicą (01.05.2017)

Po prawej kompozycja CIR (4,3,2) obrazu satelitarnego PlantScope Dove (GSD 3,0 m) fragment drzewostanów RDLP Gdańsk (Bory Tucholskie).

Obiekty na kompozycji CIR:

- drzewostany sosnowe starszych klas wieku (A), młodszych klas wieku (B);
- zręby zupełne (C);
- użytki zielone i uprawy rolnicze (D);
- brak pokrywy roślinnej na uprawach rolniczych (E).



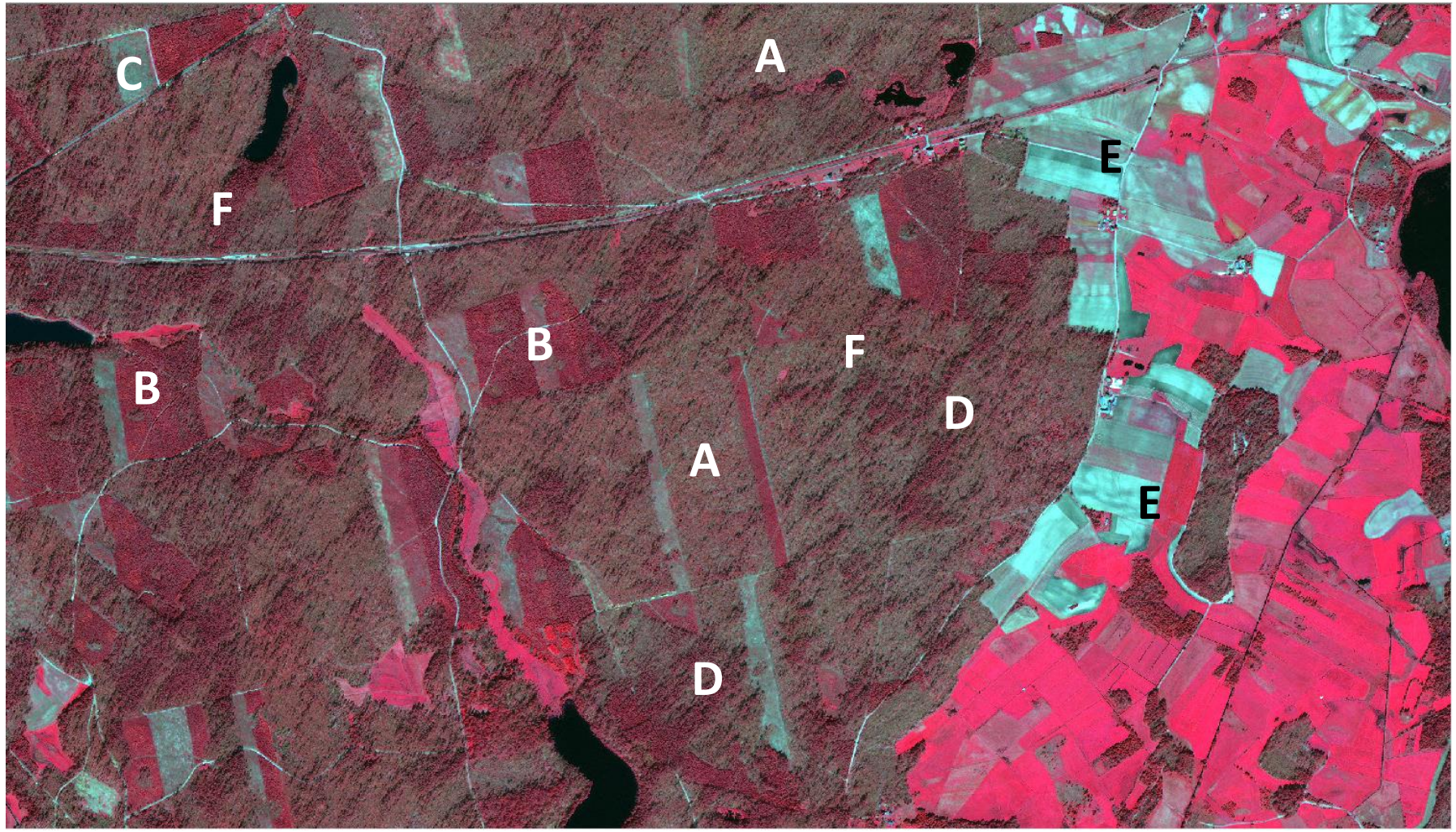
Źródło: ProGea 4D, Planet 2020

PlanetScope Dove – Bory Tucholskie 3 dni po huraganie (15.08.2017)

Po prawej kompozycja CIR (4,3,2) obrazu PlantScope Dove (GSD 3,0 m) fragment drzewostanów RDLP Gdańsk, Bory Tucholskie.

Obiekty na kompozycji CIR:

- całkowicie zniszczone dst. sosnowe starszych klas wieku (A), młodszych klas wieku (B);
- zręby zupełne (C);
- użytki zielone i uprawy rolnicze (D);
- brak pokrywy roślinnej na uprawach rolniczych (E);
- smugi biogrup drzew, które przetrwały, wyznaczają kierunek nawałnicy (F).



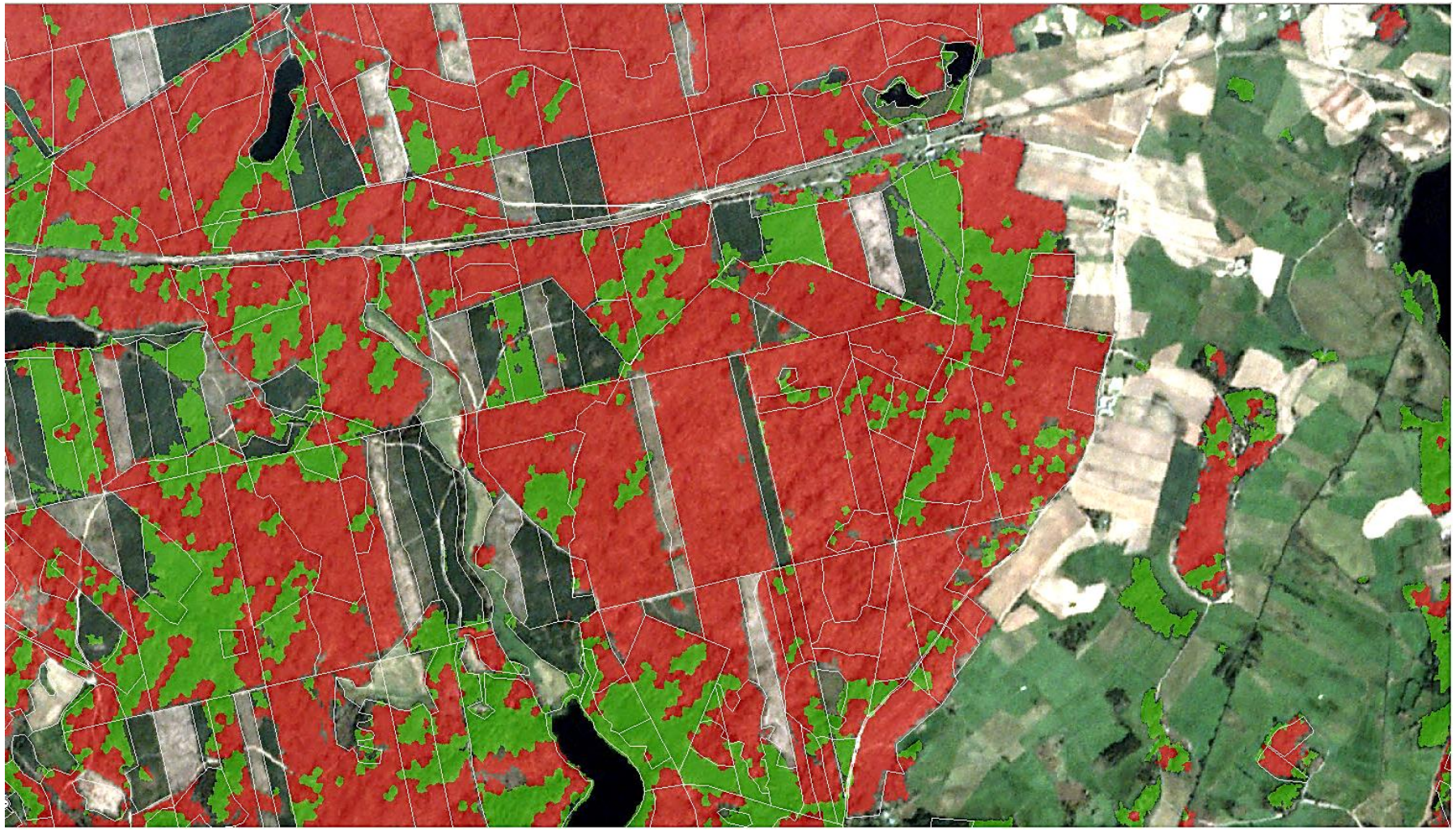
Źródło: ProGea 4D, Planet 2020

Analiza obiektowa GEOBIA – PlanetScope Dove

Wynik analizy GEOBIA zobrazowań PlanetScope Dove (GSD 3,0 m; 4 kanały spektralne) z nałożonym wektorem Leśnej Mapy Numerycznej. Zastosowano algorytm segmentacji obrazu SLICO (eCognition) – automatyzacja procesu generowania obiektów oraz ich klasyfikacji.

Kolory segmentów GEOBIA:

- drzewostany uszkodzone całkowicie;
- drzewostany nieuszkodzone lub lekko uszkodzone.

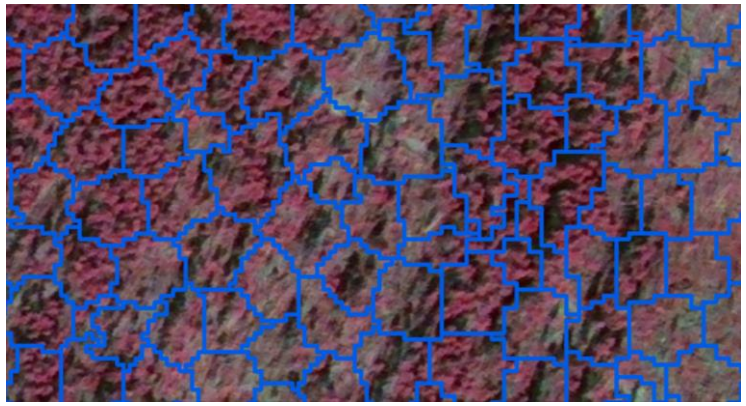


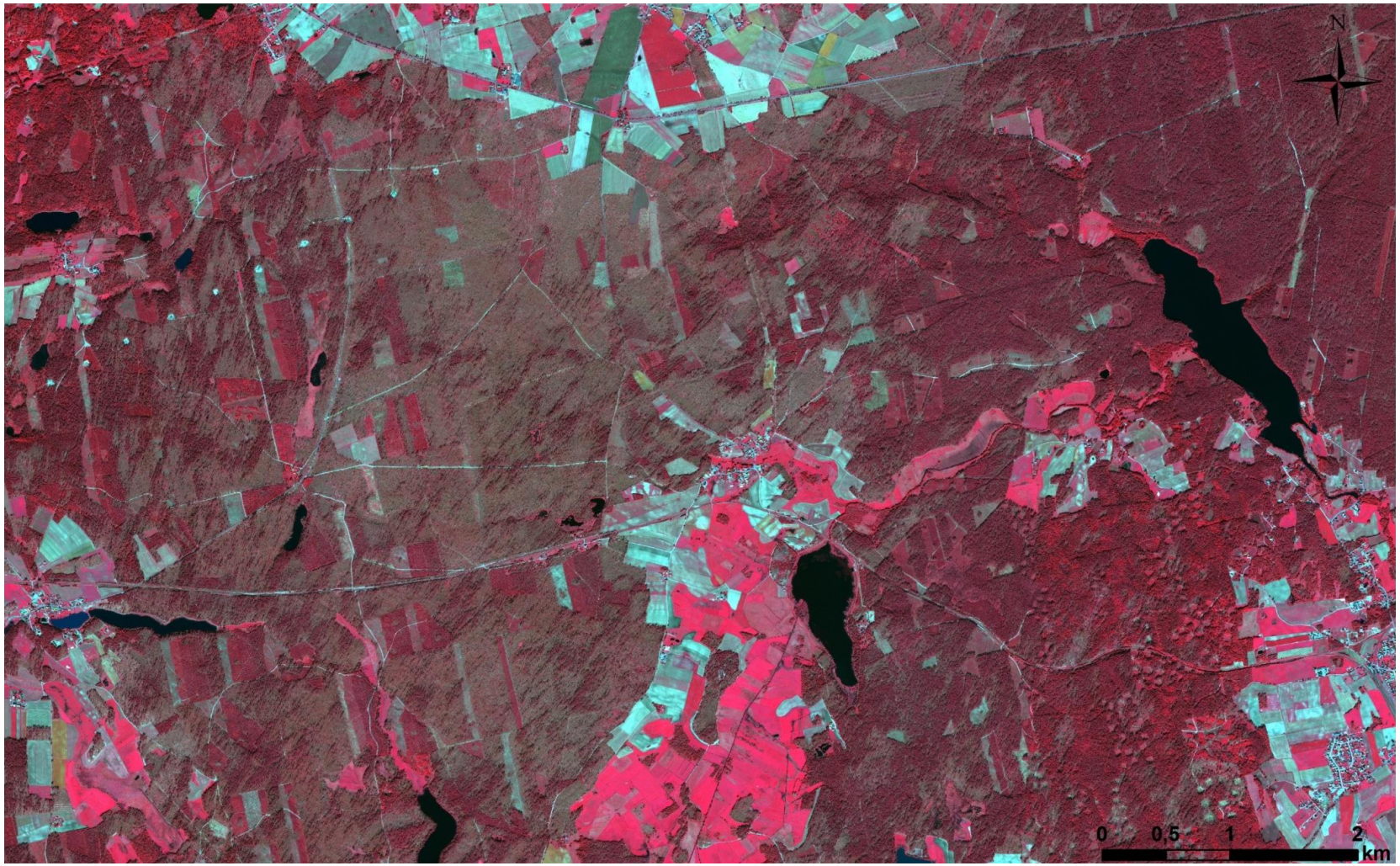
Źródło: Wężyk, Hawryło UR 2018; Planet 2020

KOMPSAT-3 – Bory Tucholskie uszkodzenia po nawałnicy

Kompozycja CIR obrazu KOMPSAT-3 (SIIS) 4 kanały spektralne (MS 2,8 m GSD) oraz kanał panchromatycznym (PAN 0,7 m GSD). Obraz pozyskany 18 dni po nawałnicy (30.08.2017). Wyraźne, całkowite uszkodzenia drzewostanów sosnowych (brązowo-szare obszary).

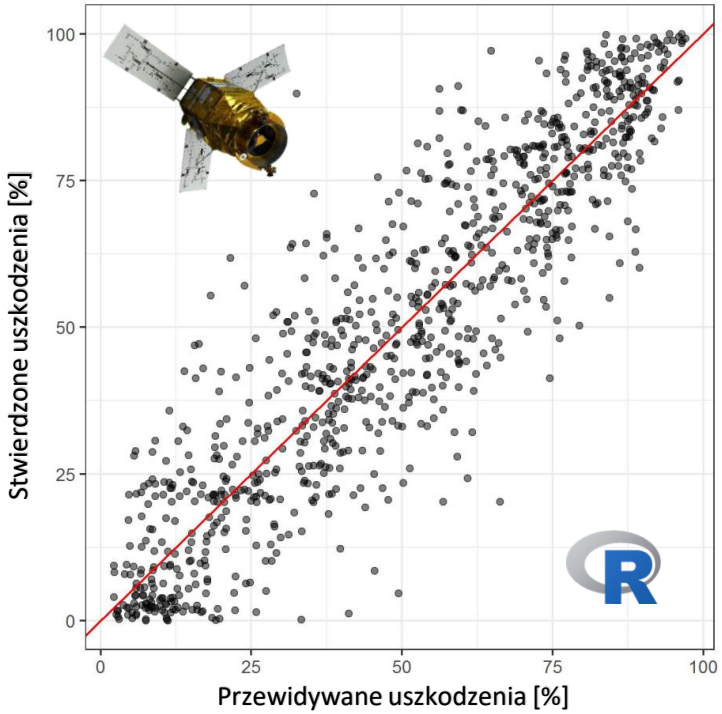
U dołu segmenty obrazu utworzone przez algorytm SLICO w oprogramowaniu eCognition (Trimble).



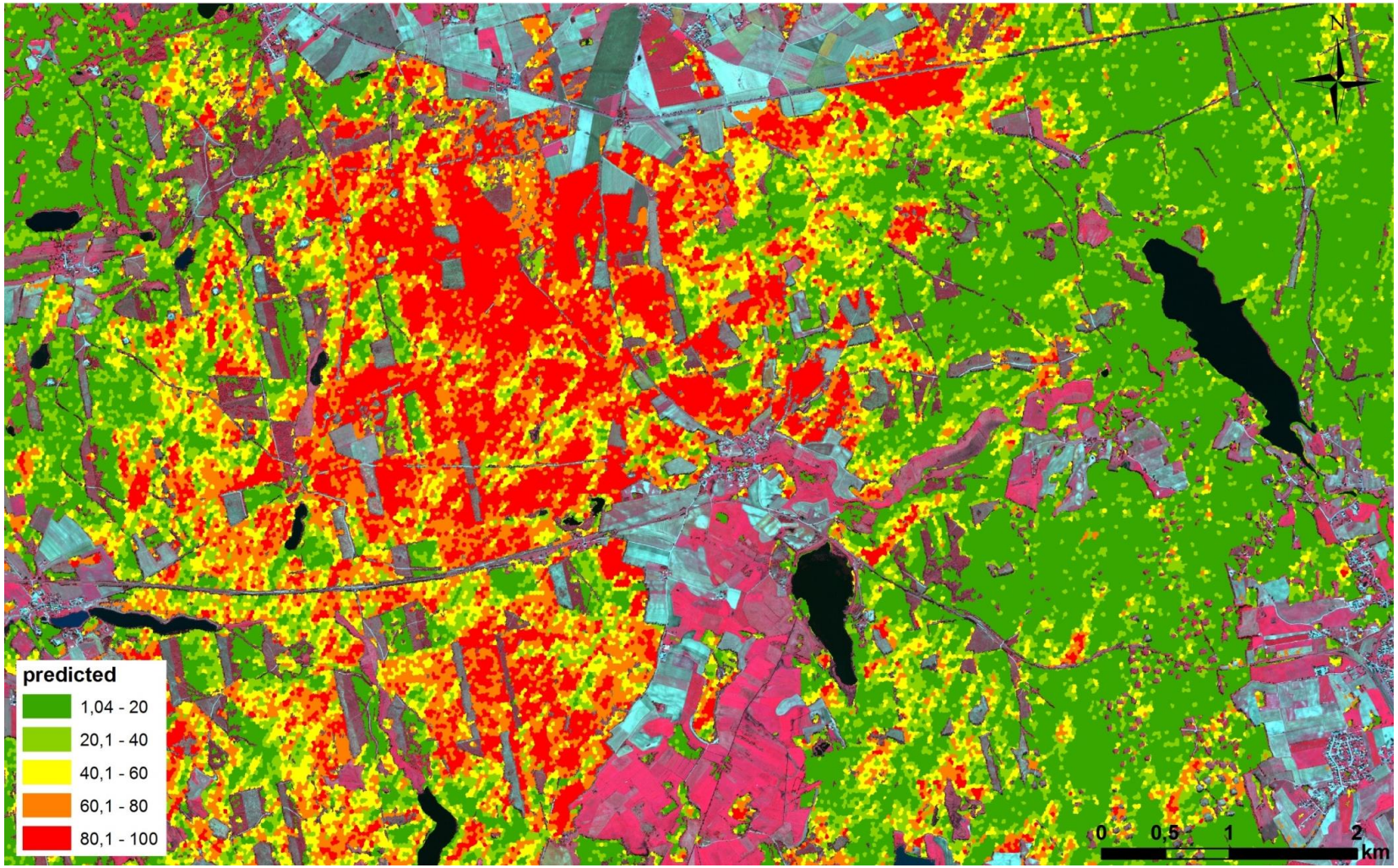


Źródło: ProGea 4D/ SIIS

KOMPSAT-3 – wynik klasyfikacji uszkodzeń przez nawałnicę



KOMPSAT-3	RMSE	R^2
Poziom segmentów	12,68	0,82

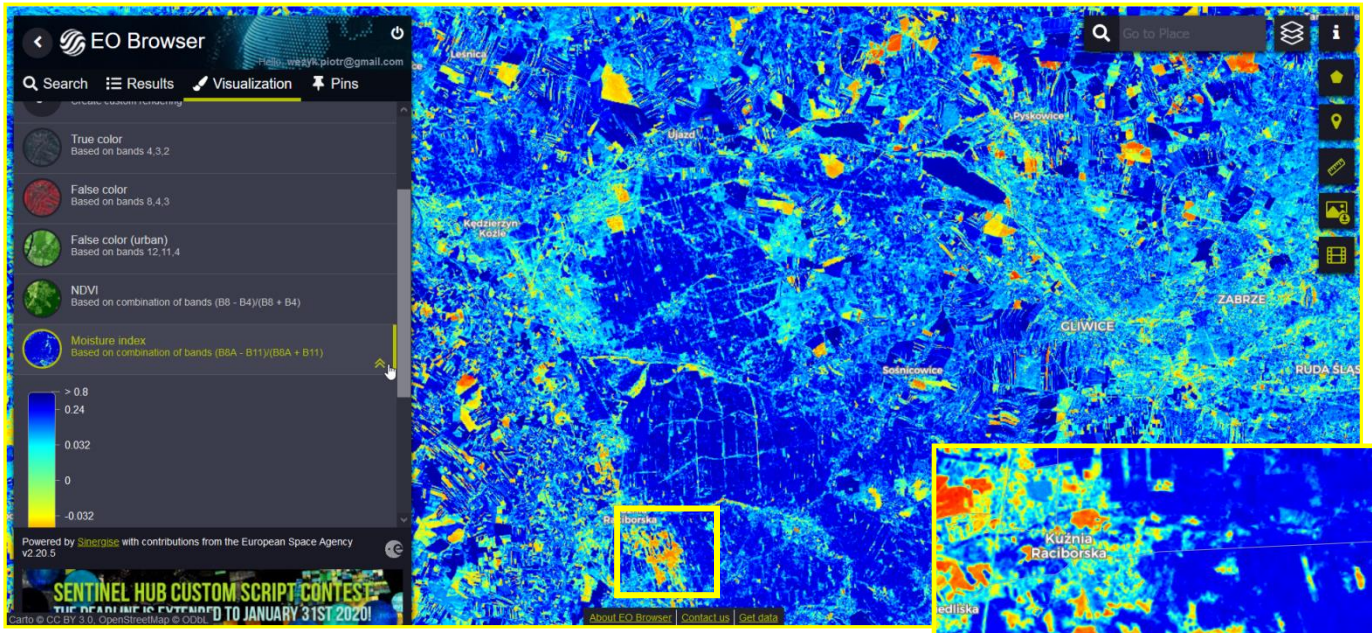


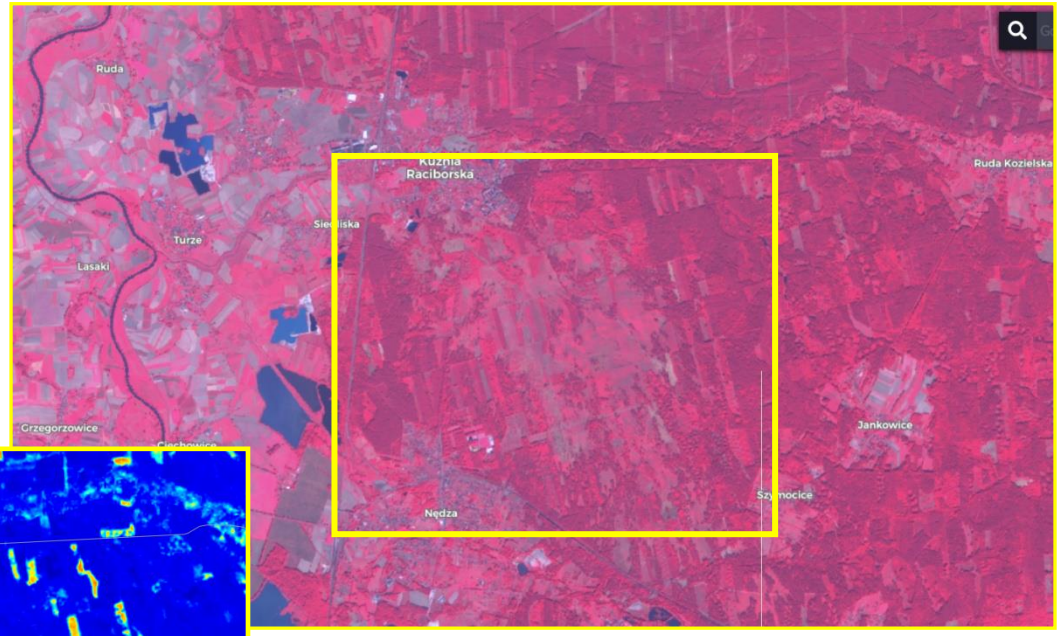
Źródło: Wężyk i in. 2018

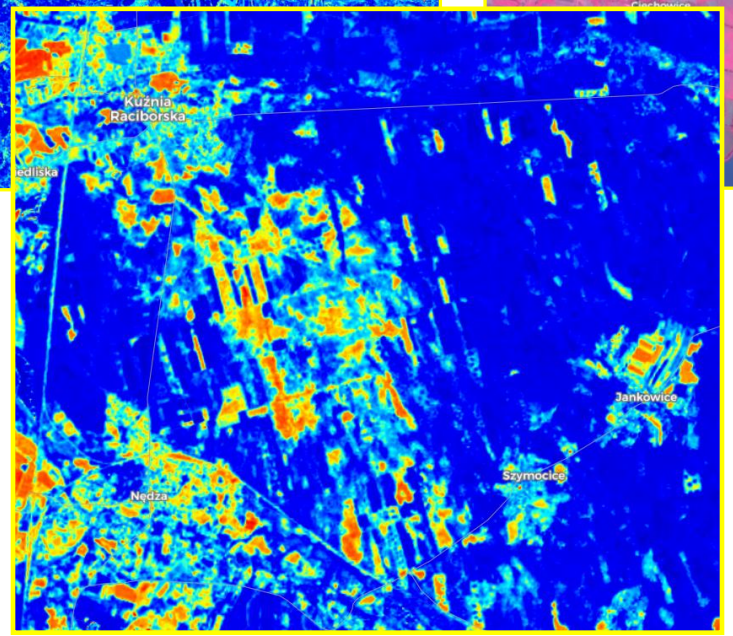
Sentinel-2 (ESA) – Rudy Raciborskie (RDLP Katowice) huragan 2017

Źródło: Wężyk 2018; EOS ESA 2018

Sentinel-2 (ESA) Rudy Raciborskie (20.09.2018) 14 miesięcy po huraganie





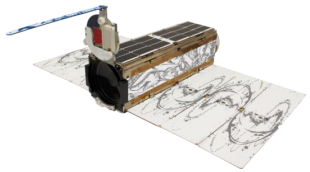


- Indeks wilgotności (Moisture Index). Kombinacja kanałów Sentinel-2 (B8A - B11)/(B8A + B11)
- Wyraźnie obniżona wilgotność zrębów oraz zniszczonych i wciąż nieuprzątniętych drzewostanów.

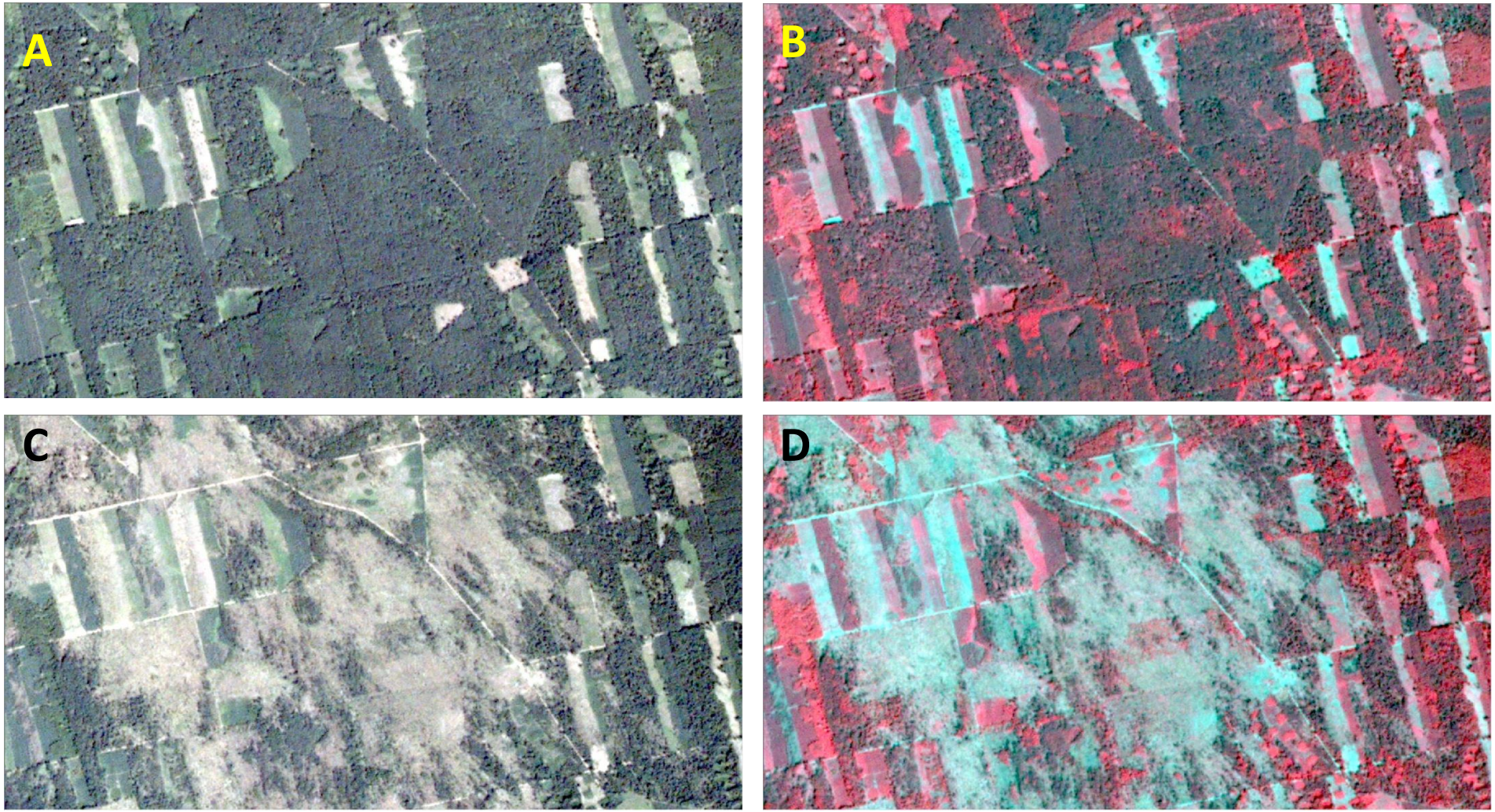
Kompozycja CIR (B8,B3,B2) satelity Sentinel-2 (ESA). Około 14 miesięcy po huraganie w Kuźni Raciborskiej

Źródło: Wężyk 2019; Synergise 2020

PlanetScope Dove (GSD 3,0 m) – Rudy Raciborskie (RDLP Katowice) huragan 2017

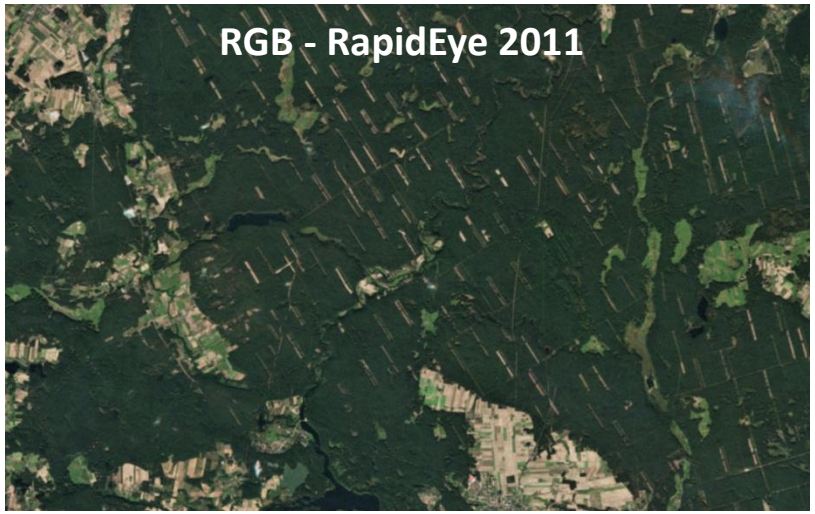


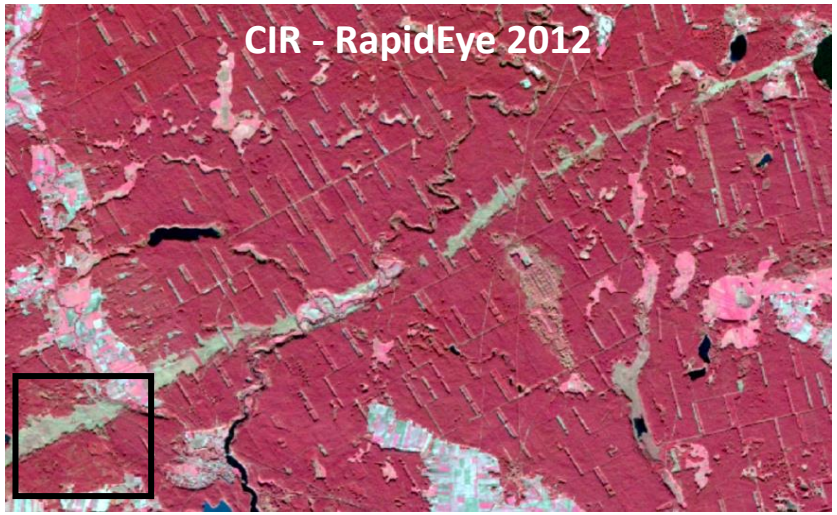
- Obraz PlanetScope Dove (GSD 3,0 m) w górnym rzędzie: kompozycje RGB (A) oraz CIR (B) – przed huraganem w lipcu 2017 roku.
- W dolnym rzędzie kompozycje obrazów RGB (C) oraz CIR (D) zarejestrowanych kilka miesięcy po huraganie.

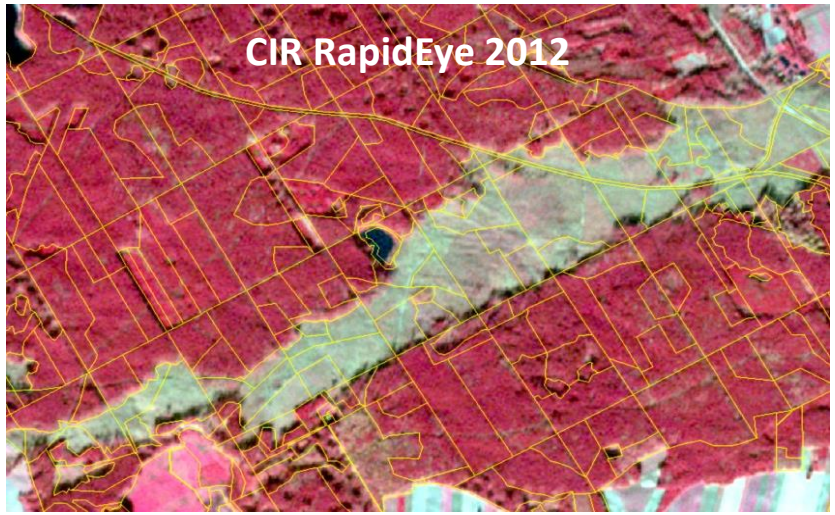


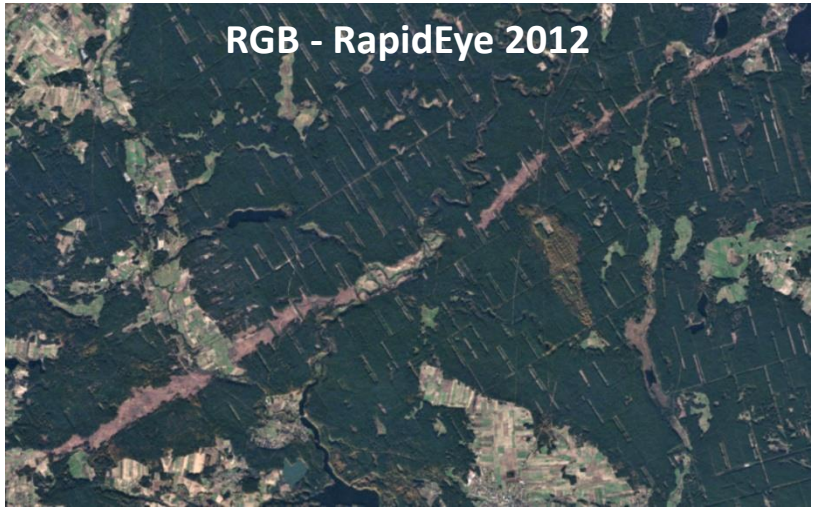
Źróło: ProGea 4D; Planet 2019

RapidEye (Planet) – tornado Tleń (14.07.2012)

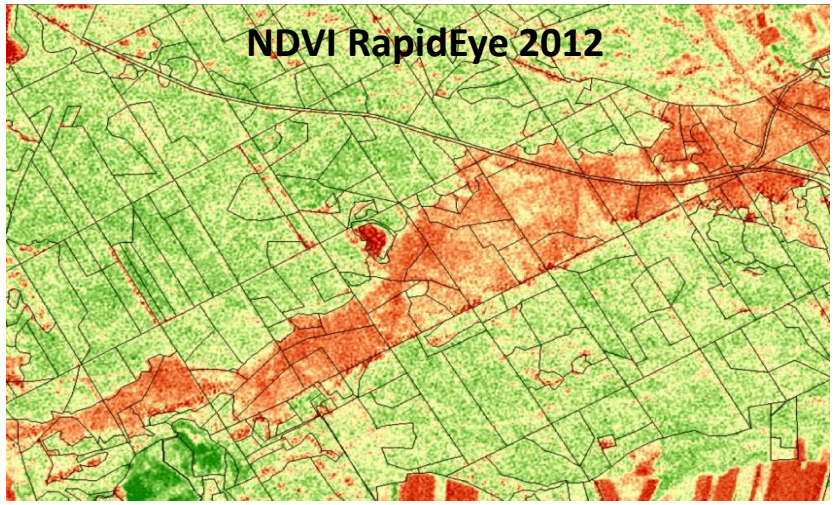






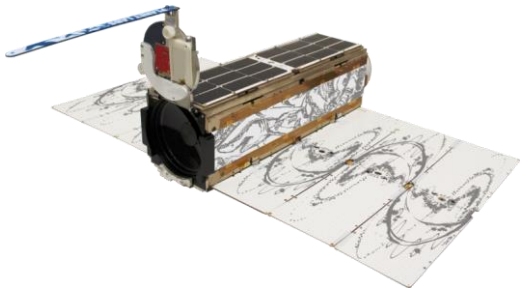


Tornado, 14.07.2012
Barlewiczki, Polska

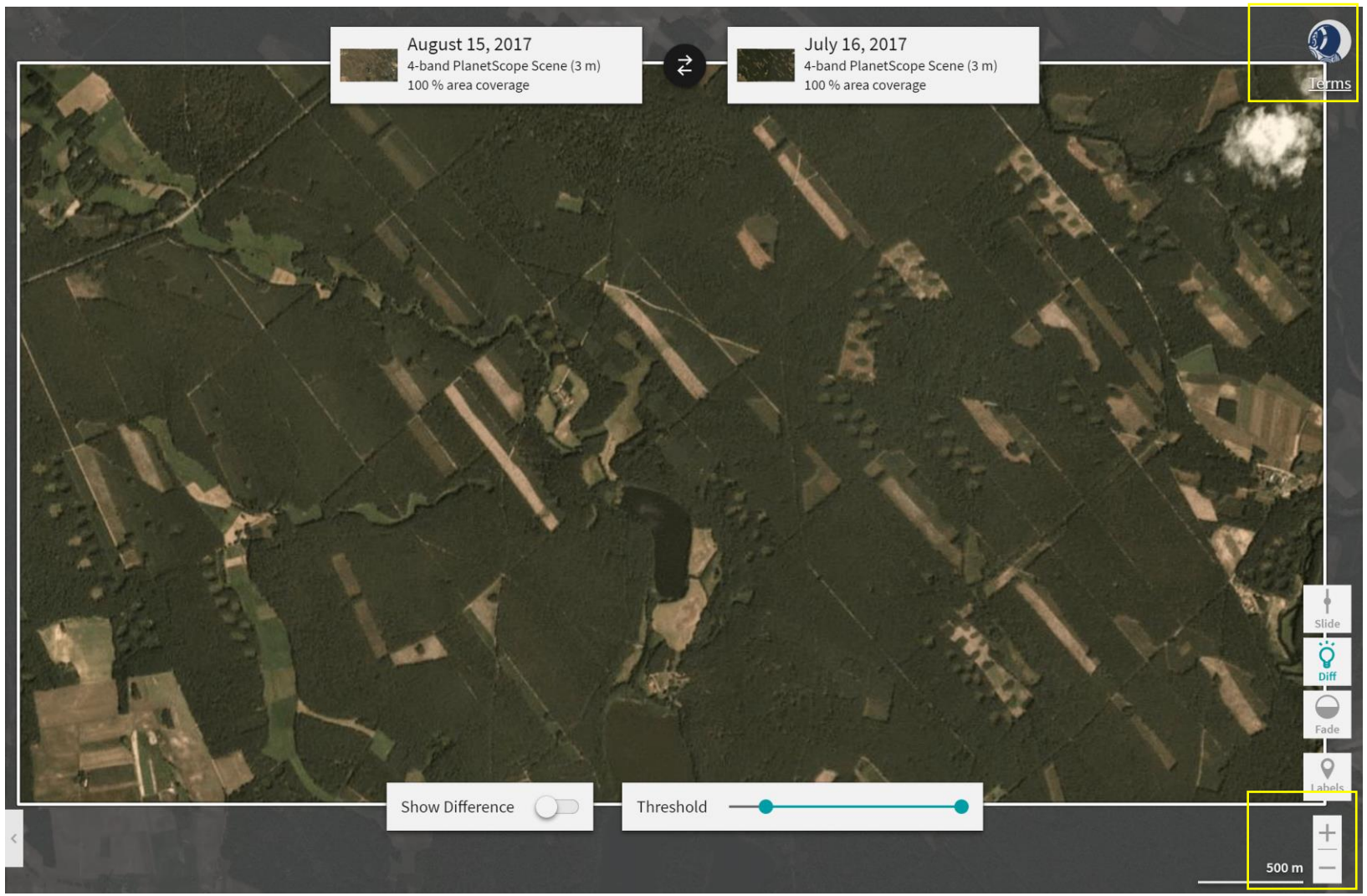


Źródło: ProGea 4D, 2019

PlanetScope Dove – zniszczenia lasów po nawałnicy 100-lecia

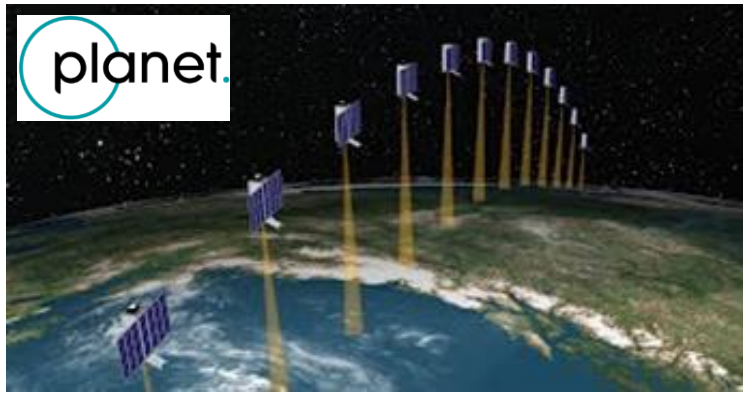


- Przeglądarka Planet Explorer umożliwia porównywanie ze sobą wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych PlanetScope Dove.
- Kompozycja RGB z 15.08.2017 roku Bory Tucholskie (RDLP Toruń).
- Archiwum Planet zawiera poza PlanetScope Dove również obrazy RapidEye oraz SkySat. Archiwum Sentinel-2 również jest dostępne z poziomu archiwum Planet Explorer.



Źródło: ProGea 4D, 2019

PlanetScope Dove – detekcja uszkodzeń po nawałnicy



- Kompozycja RGB Dove (PlanetScope) 3 dni po nawałnicy (15.08.2017).
- Kolor: brunatne powierzchnie reprezentują kompletnie zniszczone przez wiatr d-stany sosnowe (A).
- Drzewostany częściowo uszkodzone przez wiatr tworzą charakterystyczne smugi poprzerywanych stojących drzew (B).
- Obszar N-ctwa Rytel (RDLP Toruń).

Źródło: ProGea 4D, 2019

PlanetScope Dove – detekcja uszkodzeń po nawałnicy

- Obraz z prawej: wynik analityki porównania 2 obrazów (16.07.2016 oraz 15.08.2017) w chmurze obliczeniowej Planet. Drzewostany sosnowe uszkodzone przez nawałnicę w kolorze czerwonym.
- Scena PlanetScope Dove zarejestrowana 3 dnia po huraganie.

Źródło: Wężyk, 2019

Sentinel-1 (ESA)
– detekcja wiatrołomów oraz rozwoju gradacji kornika drukarza

remote sensing

MDPI

Article

Rapid Detection of Windthrows Using Sentinel-1 C-Band SAR Data

Marius Rüetschi [1,*], David Small [2] and Lars T. Waser [1]

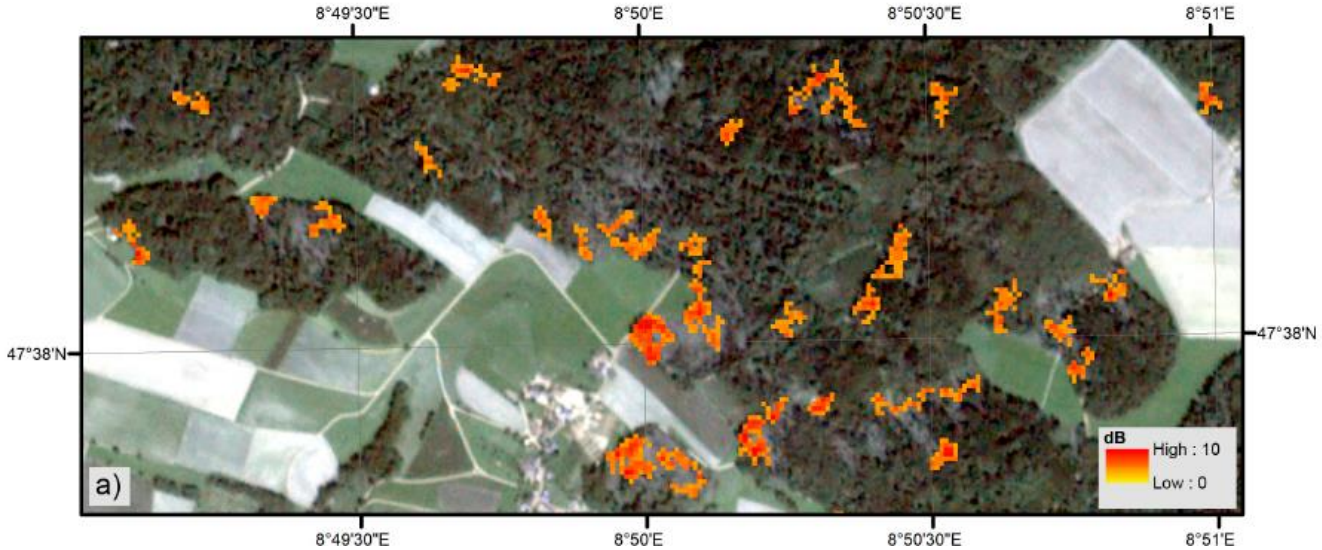
1 Department of Land Change Science, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Switzerland; waser@wsl.ch

2 Remote Sensing Laboratories (RSL), University of Zürich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich, Switzerland; david.small@geo.uzh.ch

* Correspondence: marius.rueetschi@wsl.ch; Tel.: +41-44-739-2894

Received: 8 November 2018; Accepted: 4 January 2019; Published: 10 January 2019

check for updates



Analiza sygnału radarowego Sentinel-1 w celu detekcji zmian po wystąpieniu wiatrowałów

Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse

ELSEVIER

Detection of windthrows and insect outbreaks by L-band SAR: A case study in the Bavarian Forest National Park

Mihai A. Tanase[a,b,*], Cristina Aponte[b], Stéphane Mermoz[c], Alexandre Bouvet[c], Thuy Le Toan[c], Marco Heurich[d,e]

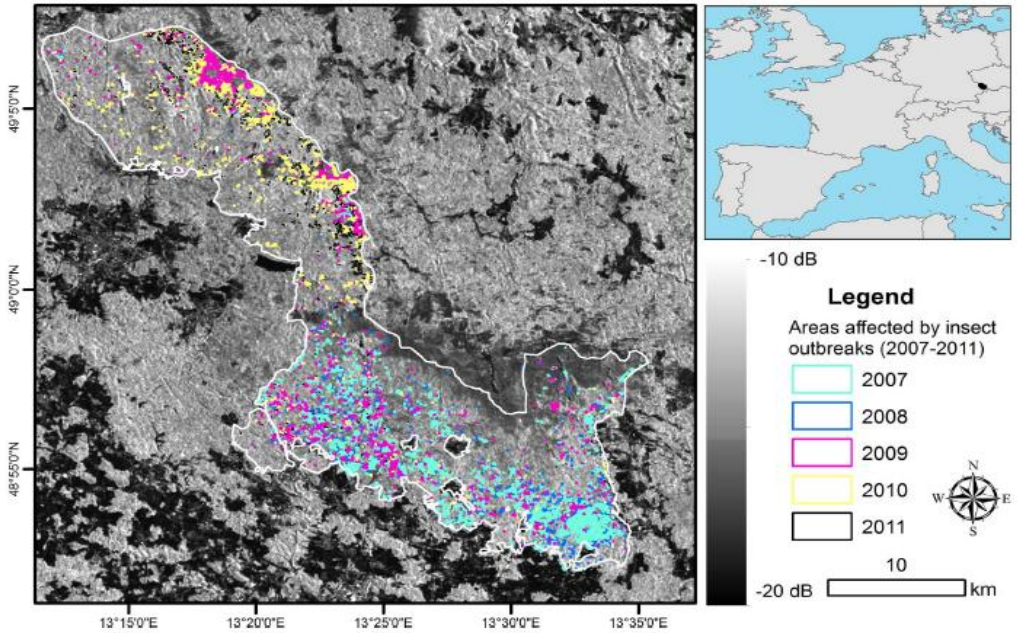


Fig. 1. Location of the Bavarian Forest National Park (white polygon) and the areas affected by insect outbreaks between 2007 and 2010 derived by aerial imagery inte background is represented by HV-polarized ALOS backscatter acquired on August 11, 2007.

Źródło: Ruetschi i in. , 2019; Tanase i i n., 2018

Czynniki abiotyczne
Pożary lasów

Źródło: K. Kotlarski 2019 (N-ctwo Wolsztyn)

Pożary lasów – zdjęcia z Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS)

Wyoming USA, 2012

West Fork Complex, Colorado, USA, 2013

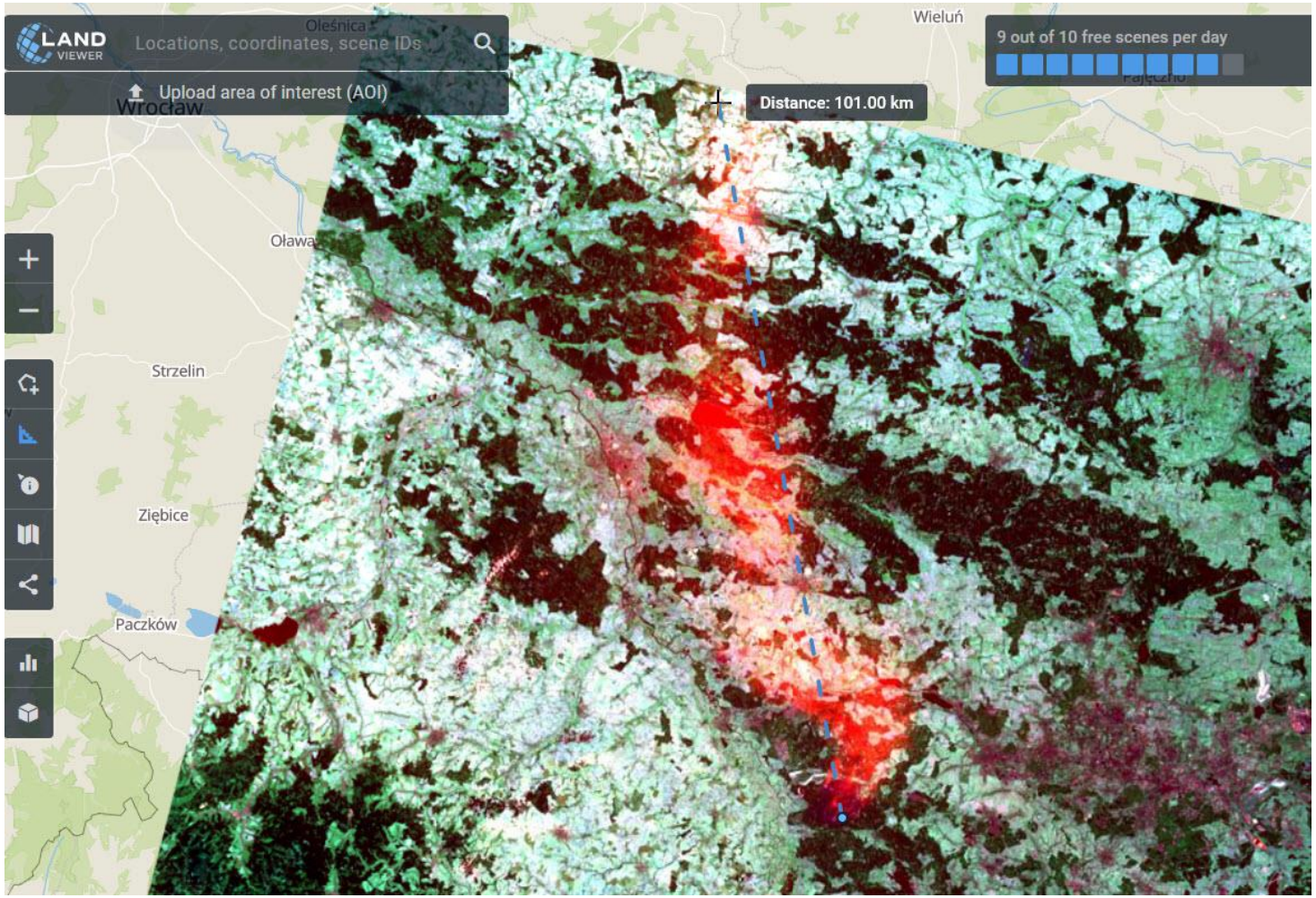
Źródło: NASA 2018

Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (28.08.1992) największy pożar lasu w Polsce

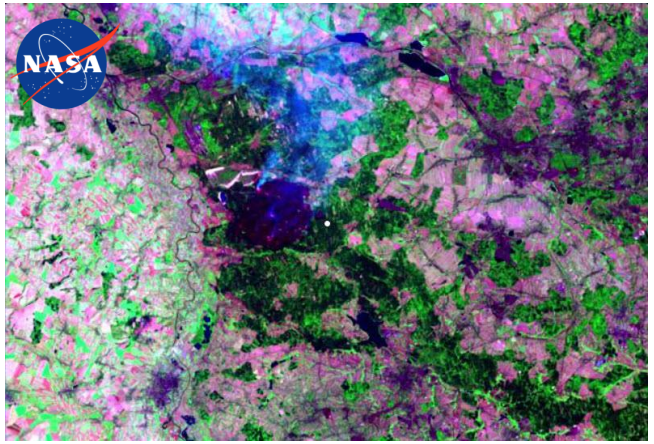
Stan na 28.08.1992: 2 dni od rozpoczęcia pożaru lasu. Na kompozycji RGB (321) widoczne ciemniejsze szaro-czarne spalone drzewostany oraz w części NE zauważalna smuga dymu

Źródło: Wężyk 2018; USGS 2020

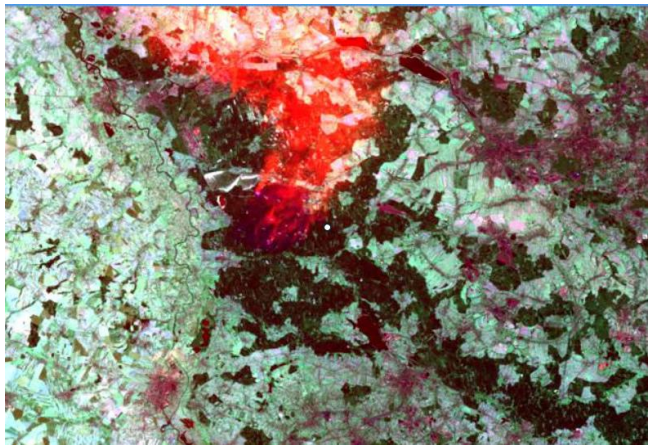
Landsat 5 TM
– Kuźnia Raciborska (28.08.1992) największy pożar lasu w Polsce



Zasięg dymu z pożaru drzewostanów osiąga 100 km (kompozycja: B1, B5, B7)



Kompozycja CIR (432) – widoczny dym

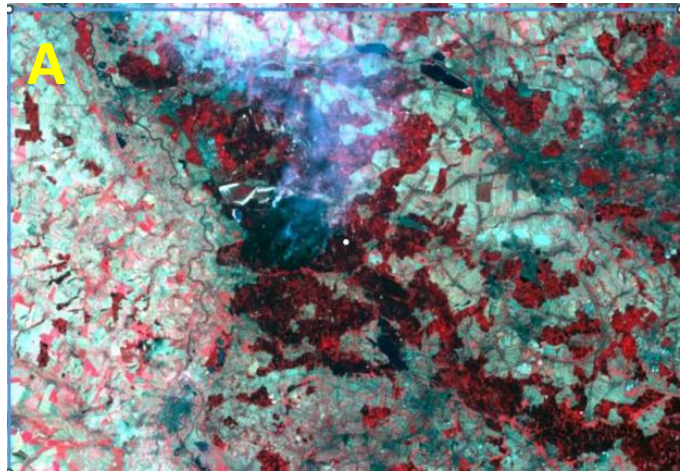


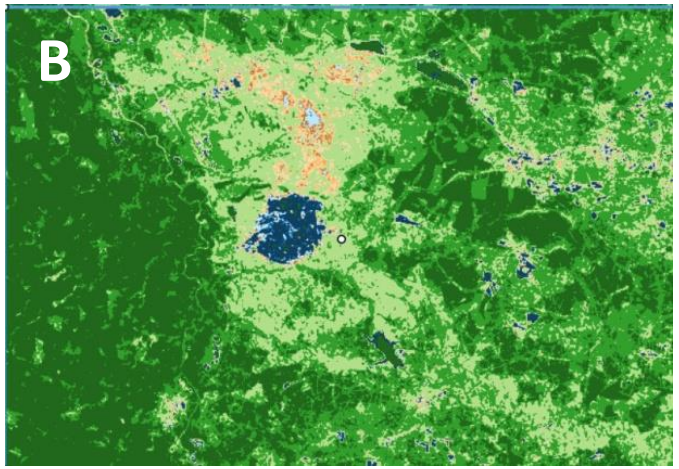
Kompozycja CLOUDS (B1, B5, B7)

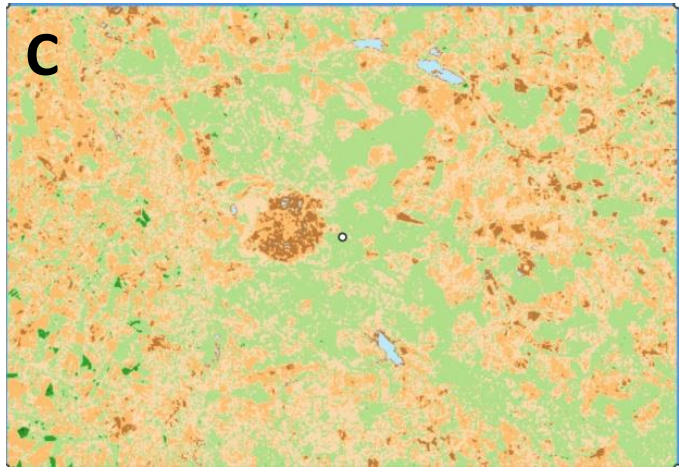
Źródło: Wężyk 2018; USGS 2020

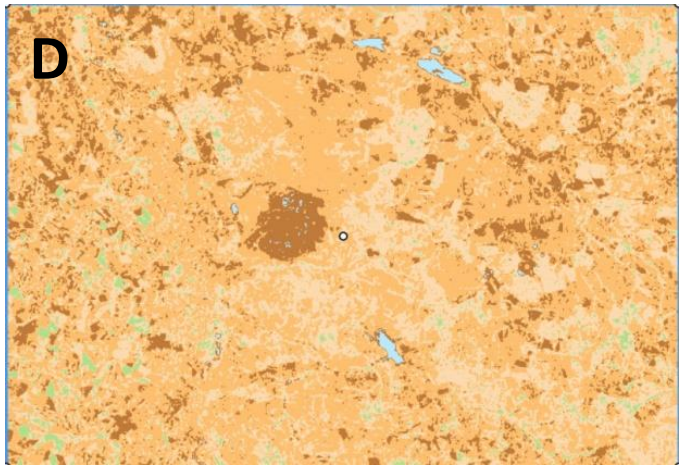
Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (28.08.1992) największy pożar lasu w Polsce

- Największy pożar lasów w historii Polski.
- Spłonęło 9 000 ha, zginęły 3 osoby.
- Po prawej: Kompozycje kanałów spektralnych Landsat 5TM (NASA):
  - CIR (B4, B3, B2) – A;
  - wskaźnik SIPI = (B4 - B1)/(B4 - B3) – B
  - wskaźnik EVI = 2.5*((B4 - B3)/((B4 + 6*B3-7.5*B1) + 1)) – C;
  - wskaźnik SAVI 1.5*(B4-B3)/(B4+B3+0.5) – D.









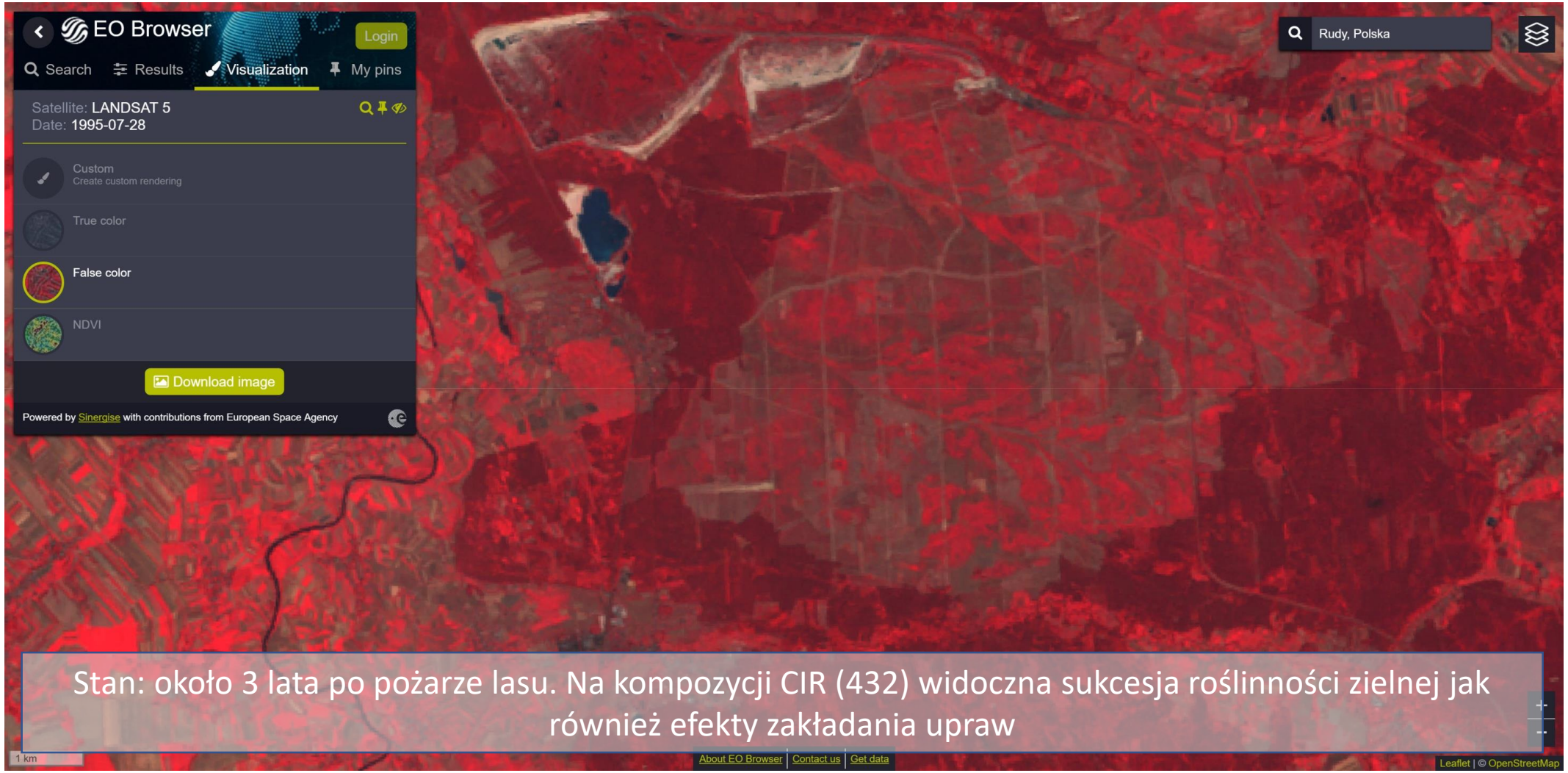
Źródło: Wężyk 2018; USGS 2020

Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (08.09.1993) 21 miesięcy po pożarze

Stan: około 21 miesięcy po pożarze lasu. Na kompozycji CIR (432) widoczne jaśniejsze wydzielenia, na których uprzątnięto już pozostałości pożaru i przygotowano glebę pod zalesienia

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (28.07.1995) 3 lata po pożarze



Stan: około 3 lata po pożarze lasu. Na kompozycji CIR (432) widoczna sukcesja roślinności zielnej jak również efekty zakładania upraw

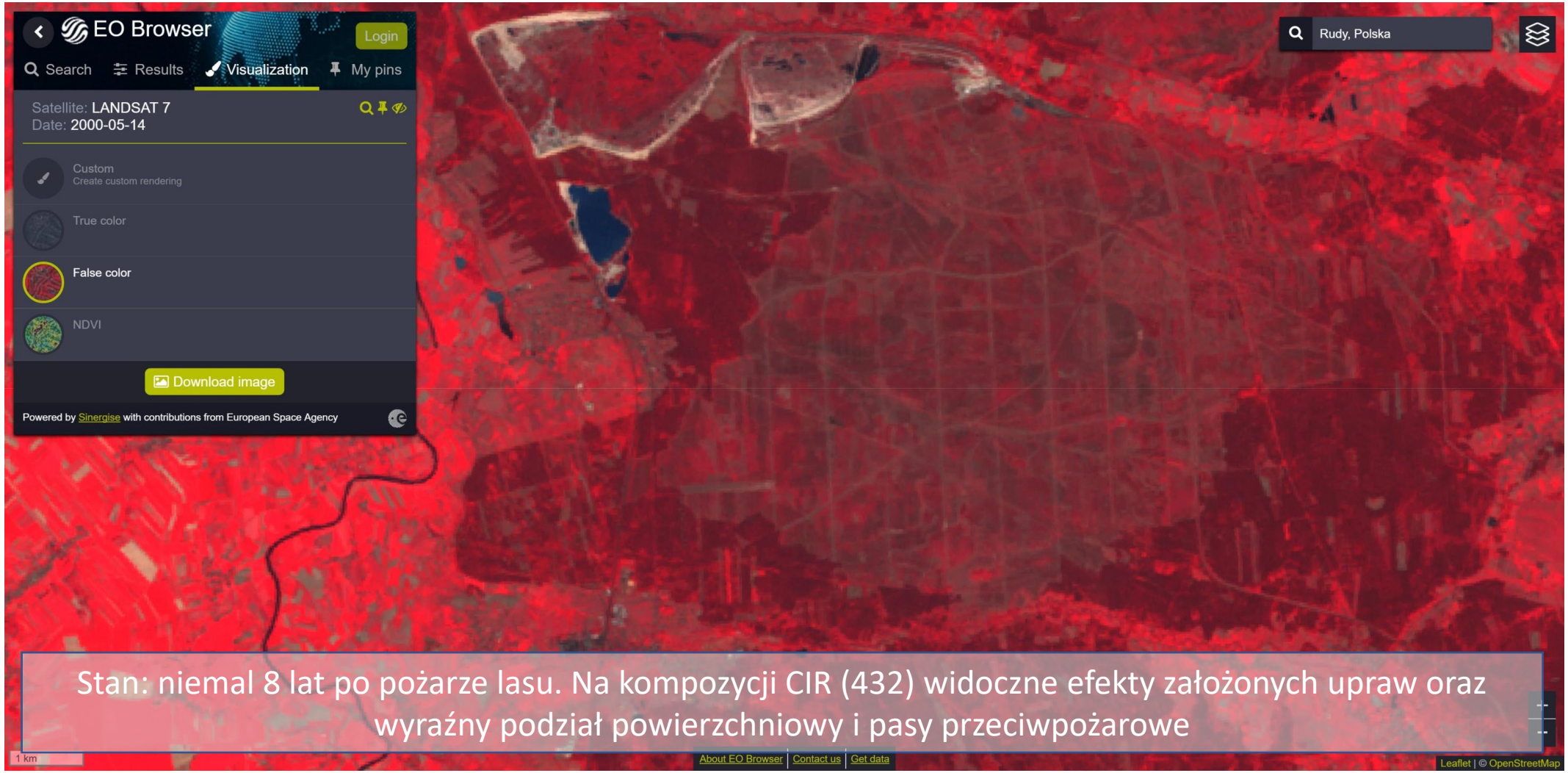
Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (11.03.1997) 5 lat po pożarze

Stan: około 5 lat po pożarze lasu. Na kompozycji CIR (432) widoczne efekty zakładania upraw

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Landsat 7 TM – Kuźnia Raciborska (14.05.2000) 8 lat po pożarze



Stan: niemal 8 lat po pożarze lasu. Na kompozycji CIR (432) widoczne efekty założonych upraw oraz wyraźny podział powierzchniowy i pasy przeciwpożarowe

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Landsat 7 TM – Kuźnia Raciborska (17.03.2002) 10 lat po pożarze

Stan: około 10 lat po pożarze lasu. Wciąż widoczne pożarzysko (jaśniejszy kolor). Ze względu na wczesny okres wiosenny gatunki liściaste (brzoza) charakteryzują się szarym kolorem.

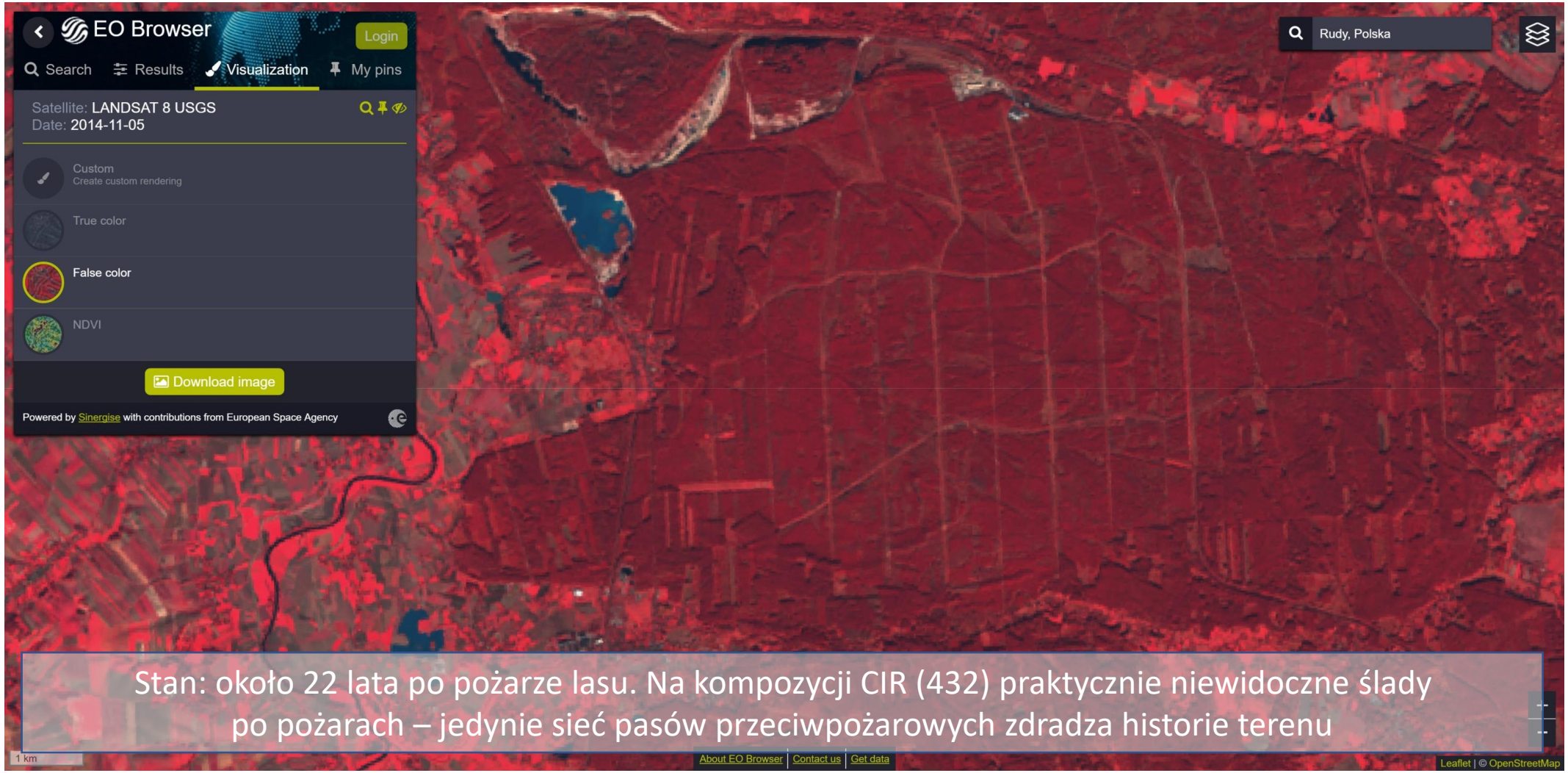
Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Landsat 5 TM – Kuźnia Raciborska (09.09.2005) 13 lat po pożarze

Stan: około 13 lat po pożarze lasu. Na kompozycji NDVI niemal jednakowe wartości wskaźnika dla młodszych drzewostanów sosnowych. Wyraźne pasy przeciwpożarowe pozbawione roślinności

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

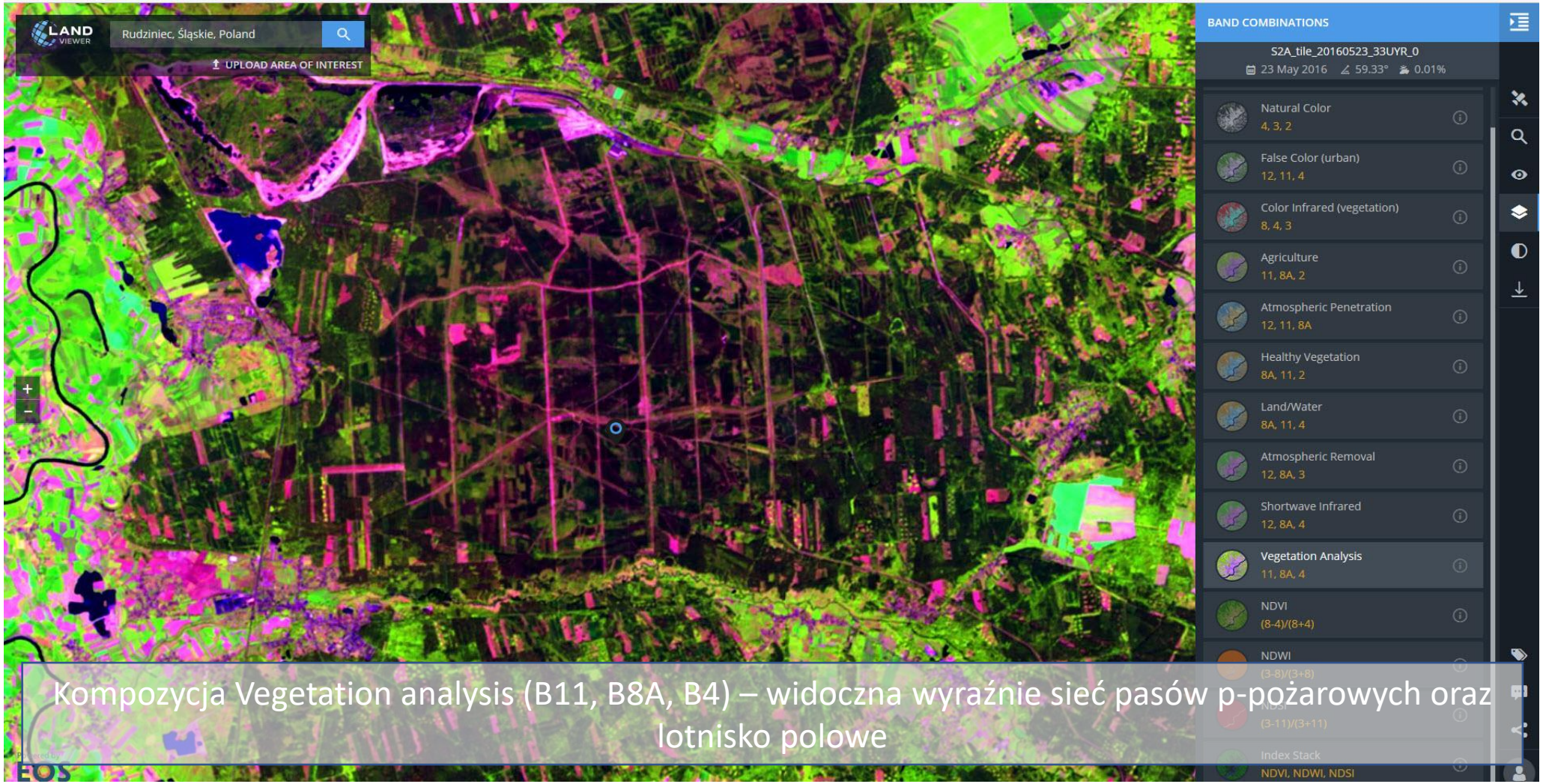
Landsat 8 OLI – Kuźnia Raciborska (05.11.2014) 22 lata po pożarze



Stan: około 22 lata po pożarze lasu. Na kompozycji CIR (432) praktycznie niewidoczne ślady po pożarach – jedynie sieć pasów przeciwpożarowych zdradza historie terenu

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993; Synergise 2020

Sentinel-2 (ESA) – Kuźnia Raciborska (23.05.2016) 24 lata po pożarze



Kompozycja Vegetation analysis (B11, B8A, B4) – widoczna wyraźnie sieć pasów p-pożarowych oraz lotnisko polowe

Źródło: Wężyk 2019; EOS 2020

Sentinel-2 (ESA) – Kuźnia Raciborska (09.09.2021) 29 lata po pożarze

Kompozycja Vegetation analysis (B11, B8A, B4) – widoczna wyraźnie sieć pasów p-pożarowych oraz lotnisko polowe, część drzewostanów przepadła i została usunięta (żółty okrąg)

Źródło: Wężyk 2021 EOS 2021

Landsat 5 TM – Puszcza Notecka (10.08.1992) pożar drzewostanów

Kompozycja CIR (432 GSD 30 m; Landsat 5TM) z 1991 r.

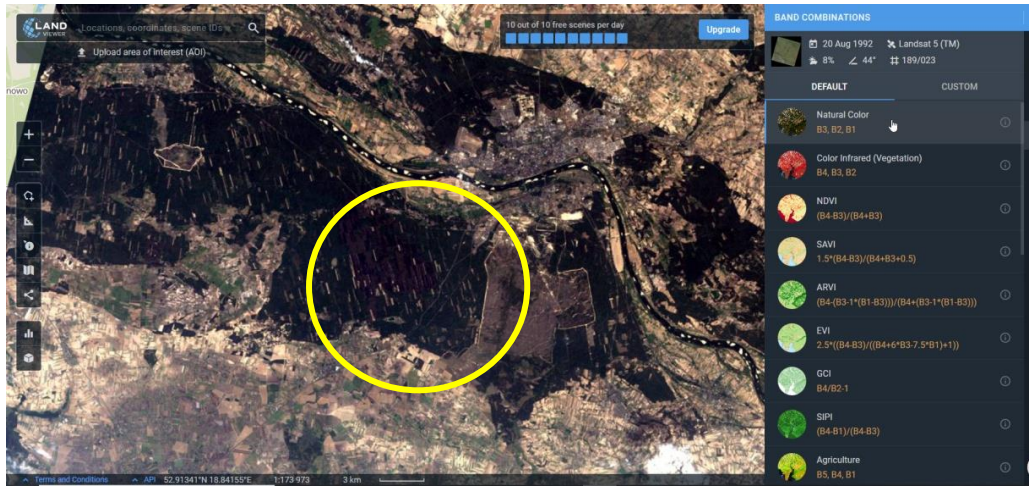
Kompozycja CIR (Landsat 5TM) z 1992 r.

- Pożar 6 000 ha lasów w Puszczy Noteckiej rozpoczęty w dniu 10.08.1992 roku. Przyczyna pożaru: awaria hamulców składu kolejowego.
- U góry obraz Landsat 5 TM sprzed pożaru (1991 rok).
- Po prawej u góry kompozycja CIR po pożarze 1991 rok.
- Po prawej u dołu: wskaźnik NDVI – 1993 rok.

Źródło: Wężyk 2019; Synergise 2020

Mapa wskaźnika NDVI (Landsat 5TM) z 1993 r.

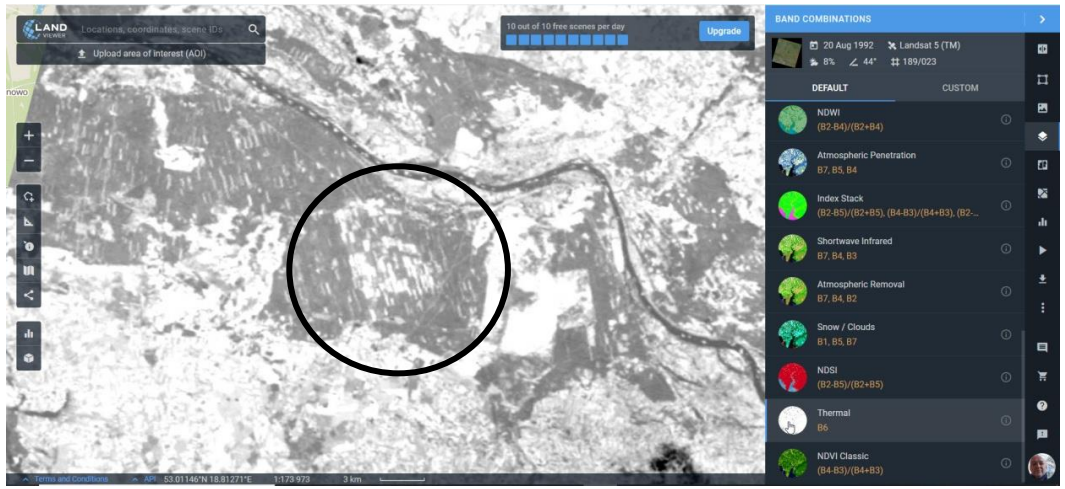
Landsat 5 TM – pożar lasów w okolicach Torunia (20.08.1992)



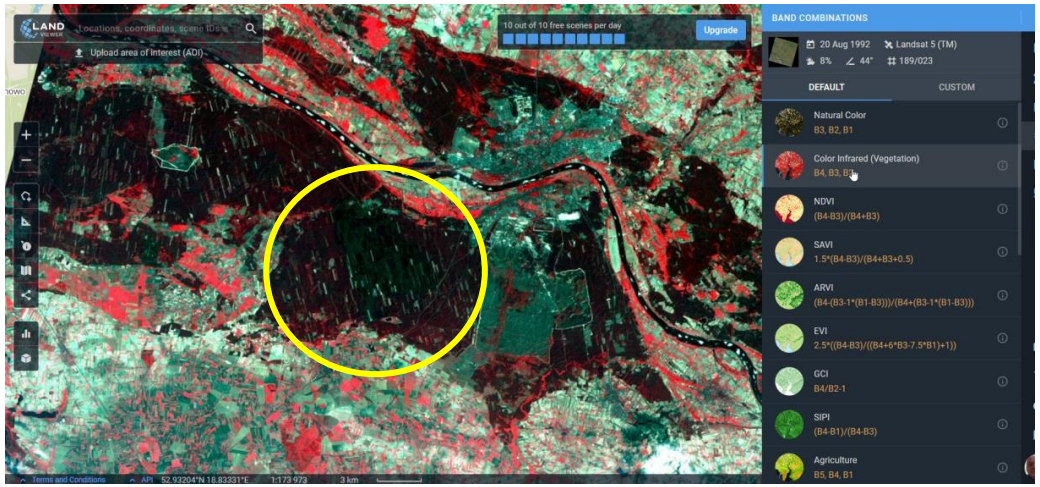
Kompozycja RGB (321; GSD 30 m)

Miejscowość Cierpice

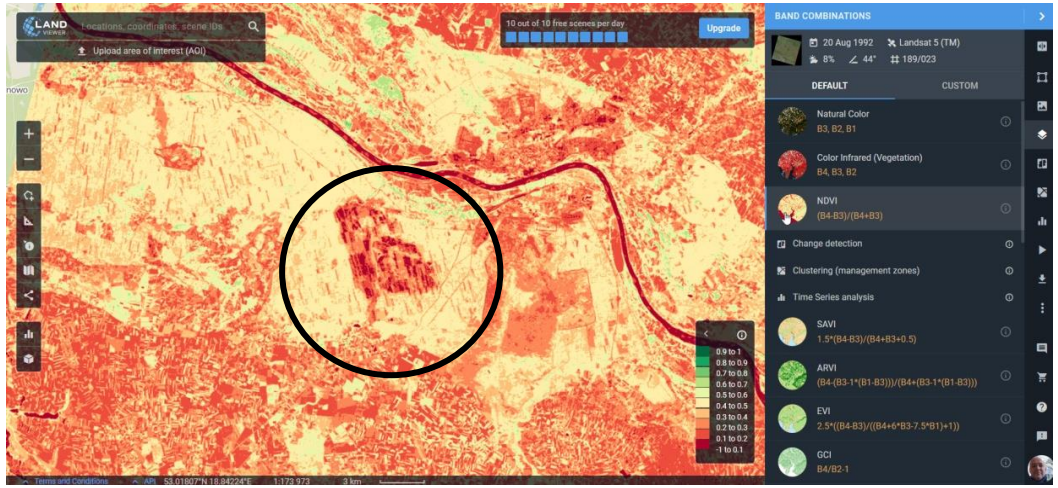
Spłonęło około 3 000 ha drzewostanów



Kanał termalny (GSD 120 m)



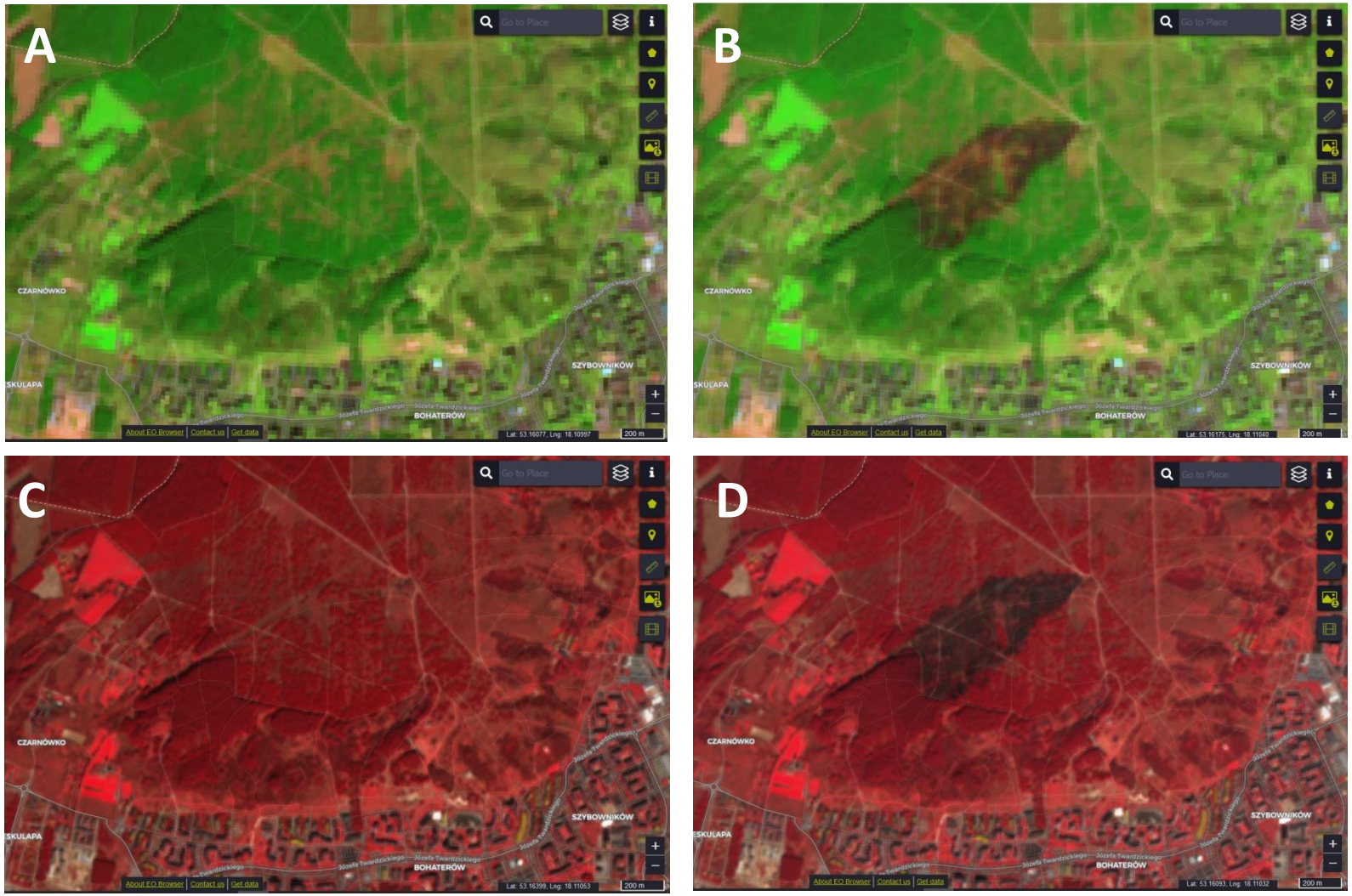
Kompozycja CIR (432; GSD 30 m)



Kompozycja NDVI = (B4-B3)/(B4+B3) (GSD 30 m)

Źródło: Wężyk 2019; NASA 1993, ESO 2020

Sentinel-2A (ESA) – pożar lasów koło Bydgoszczy (17.04.2019)

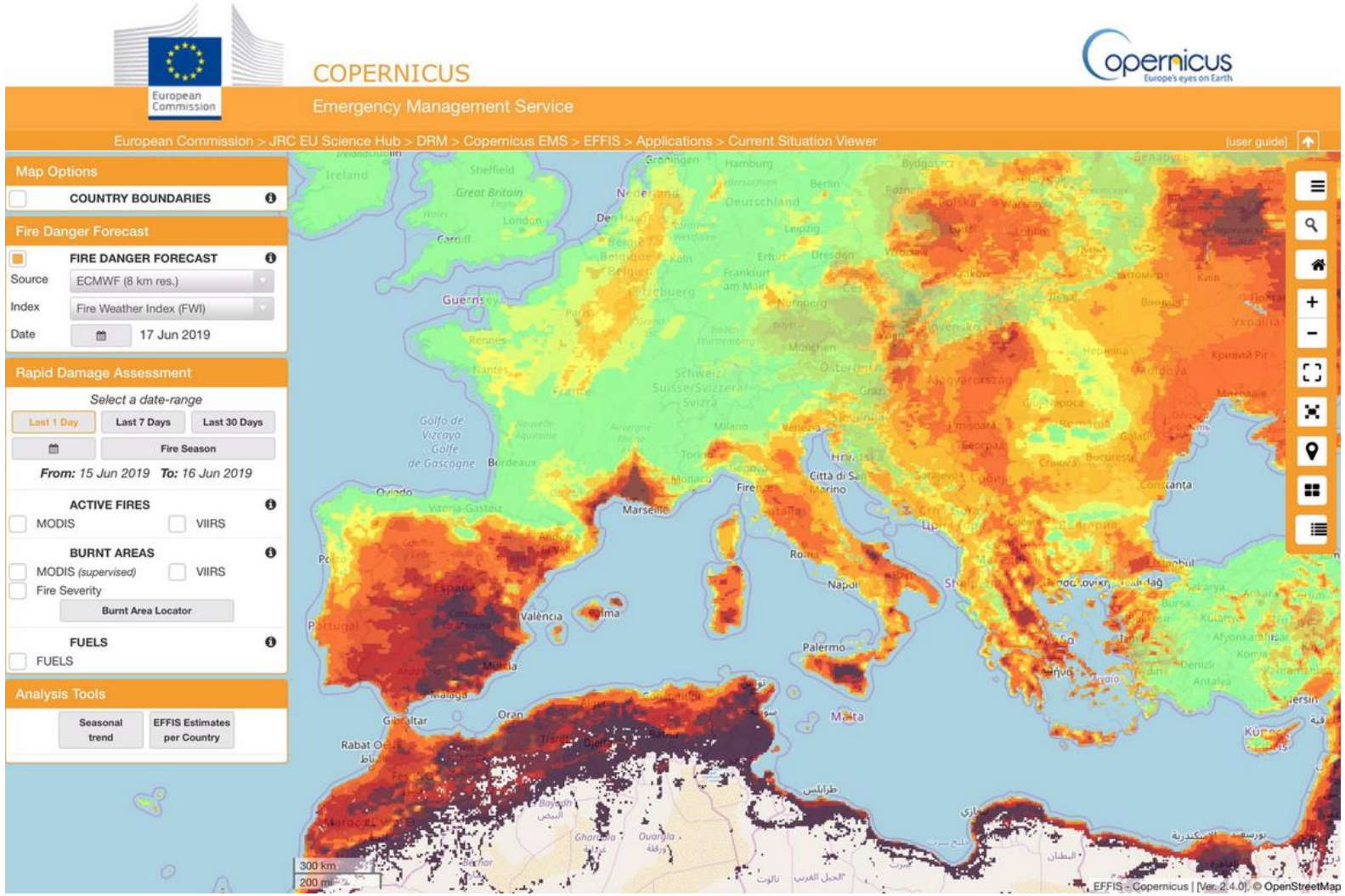


Źródło: FlyFotoPro, 2019

- W górnym rzędzie: kompozycje RGB Sentinel-2 (ESA) z dnia 16.04.2019 (A) oraz 18.04.2019 (B).
- W dolnym rzędzie kompozycje CIR z 16.04.2019 (C) oraz 18.04.2019 (D).
- U góry po prawej zdjęcie ukośne z akcji gaśniczej (E).

Źródło: Wężyk 2019; Synergise 2020

Monitoring satelitarny EFFIS
European Forest Fire Information System (JRC EU)



Europejski System Informacji o Pożarach Lasów (EFFIS):

- wspiera służby odpowiedzialne za ochronę lasów przed pożarami w UE;
- zapewnia Komisji Europejskiej i Parlamentowi Europejskiemu aktualne i wiarygodne informacje;
- wykorzystuje sensory VIRS (MODIS).

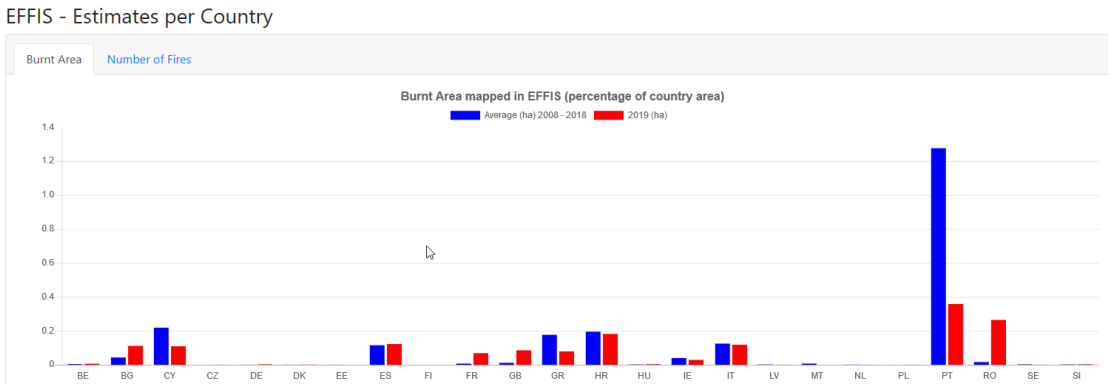
- Od 2015 r. ważny moduł zarządzania służb ratunkowych w ramach Emergency Management Services (EMS, Copenicus).

Serwisy EFFIS:

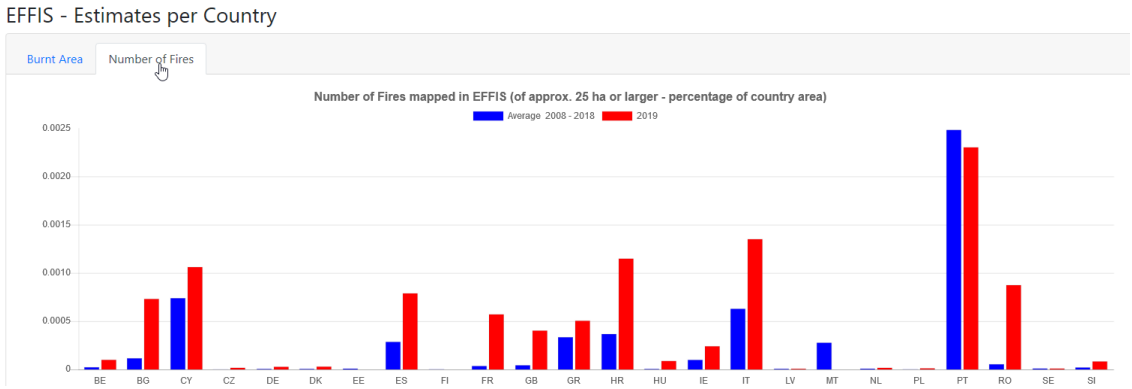
- prognoza zagrożenia pożarem,
- wykrywanie aktywnych pożarów.

Źródło: ESA 2020

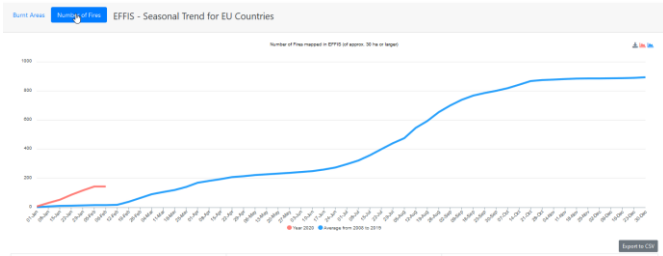
EFFIS – statystyki pożarów lasów w krajach UE



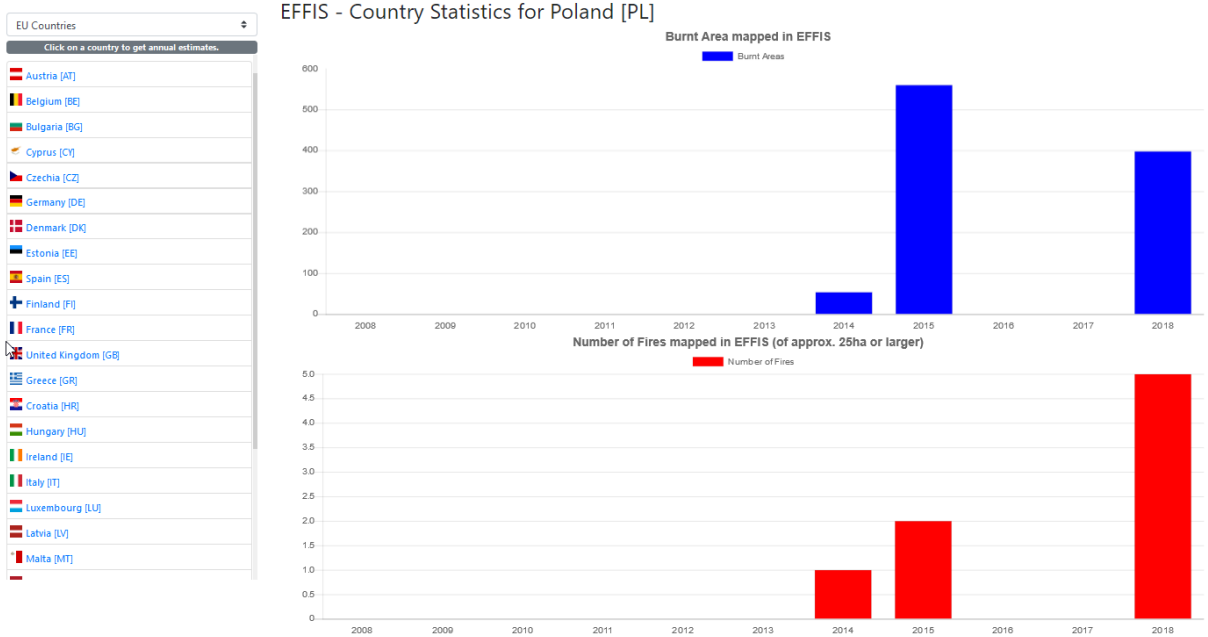
Powierzchnia pożarów leśnych w krajach Europy (2019)



Liczba pożarów leśnych w krajach Europy (2019)



Trend wzrostu liczby pożarów w miesiącach na podstawie danych archiwalnych MODIS.



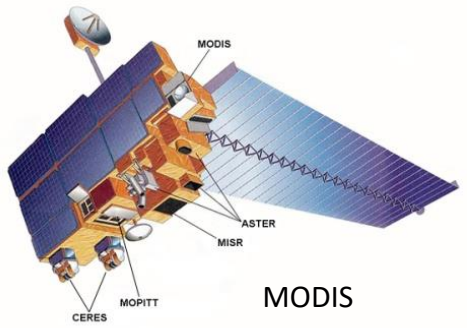
Powierzchnia (niebieski kolor) oraz liczba (czerwony kolor) pożarów leśnych w krajach Europy (2019)

Źródło: EFFIS 2020

Systemy i sensory satelitarne do detekcji pożarów leśnych

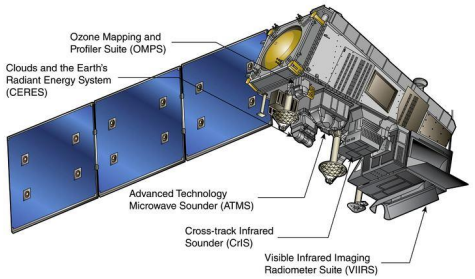
System EFFIS wykorzystuje dane z programu FIRMS (Fire Information for Resource Management System; NASA), który bazuje na satelitach MODIS oraz SUOMI NPP. Wykorzystanie anomalii termicznych pikseli oraz porównanie temperatury potencjalnego pożaru do terenu wokół niego. Progowanie do określania potencjalnego pożaru.

MODIS (Terra i Aqua) wykrywają pożary jako obszary wyraźnie cieplejsze niż ich otoczenie. Umożliwiają identyfikację i mapowanie aktywnych pożarów. Rozdzielczość przestrzenna aktywnego piksela pożaru 1 km.



MODIS

VIIRS (SUOMI): sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiomer Suite) na pokładzie satelity SUOMI National Polar-orbiting Partnership (SNPP) wykorzystuje algorytmy podobne do używanych przez MODIS. Zapewniają one jednak lepszą rozdzielczość przestrzenną (GSD 375 m) w porównaniu do 1 km GSD MODIS. Sensor VIIRS jest w stanie wykrywać mniejsze ogniska pożarów i pozwala na określanie precyzyjnych granic aktywnych rozległych pożarów.



SUOMI NPP

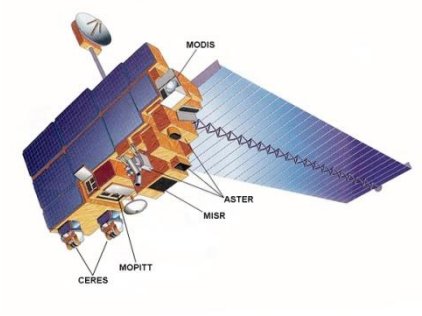
Źródło: NASA 2020

FIRMS (MODIS + SUOMI NPP) – pożary w Australii 2019/2020

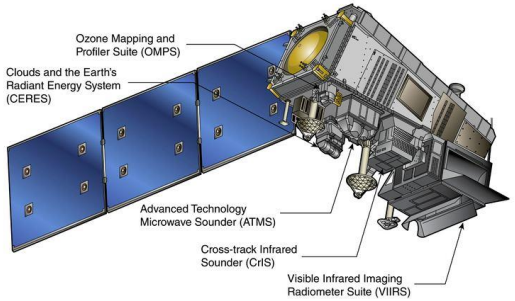
Platforma FIRMS globalnej obserwacji pożarów wykorzystuje sensory MODIS Terra/Aqua oraz SUOMI NPP (VIIRS).

Obserwacje bieżące:

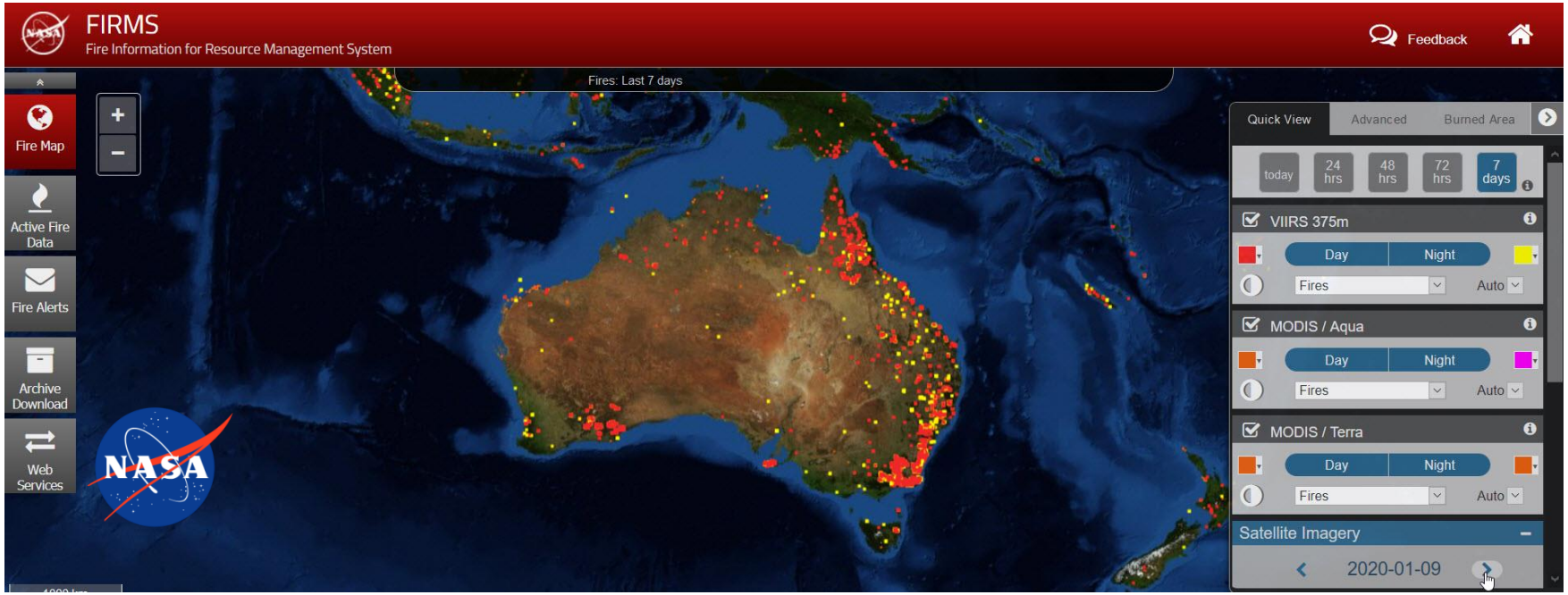
- 24h,
- 48h,
- 72h oraz predykcja + 7 dni.

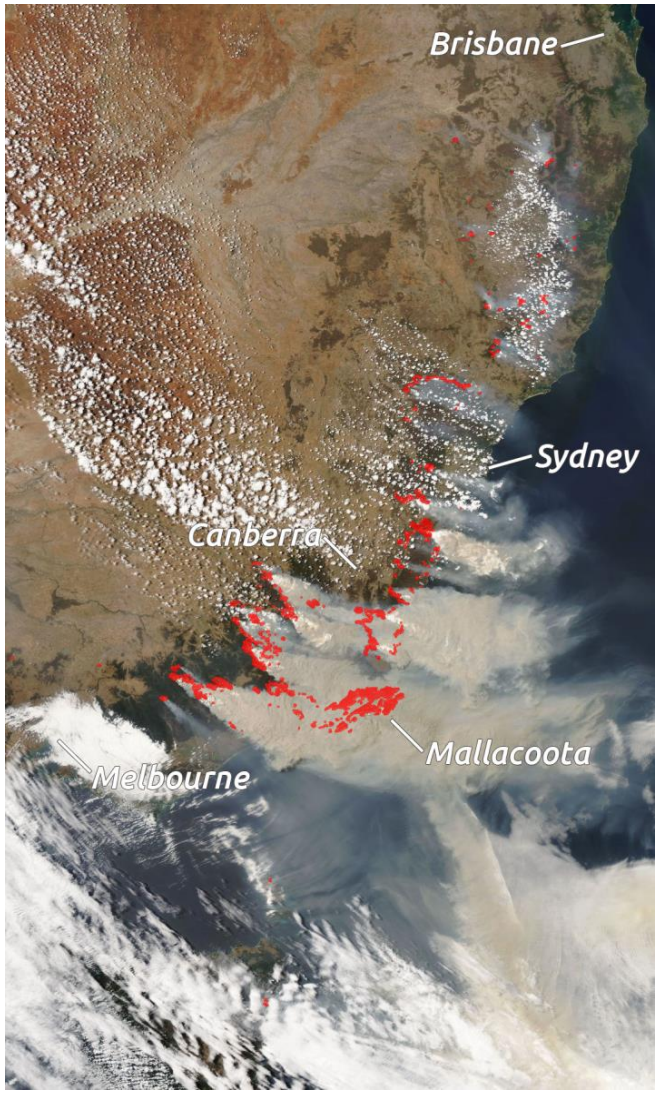


MODIS



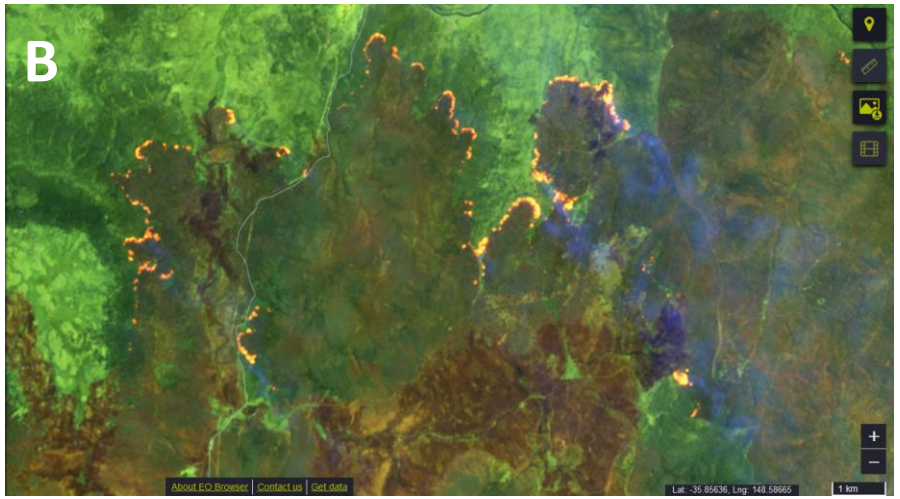
SUOMI NPP

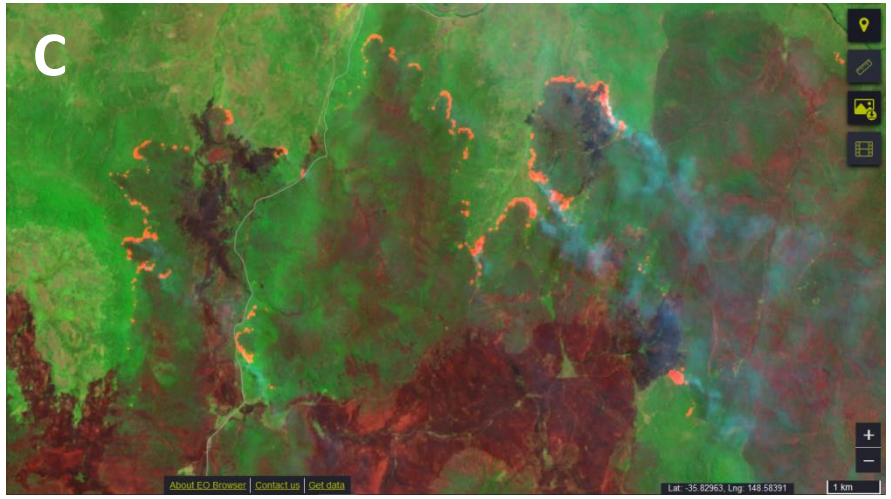


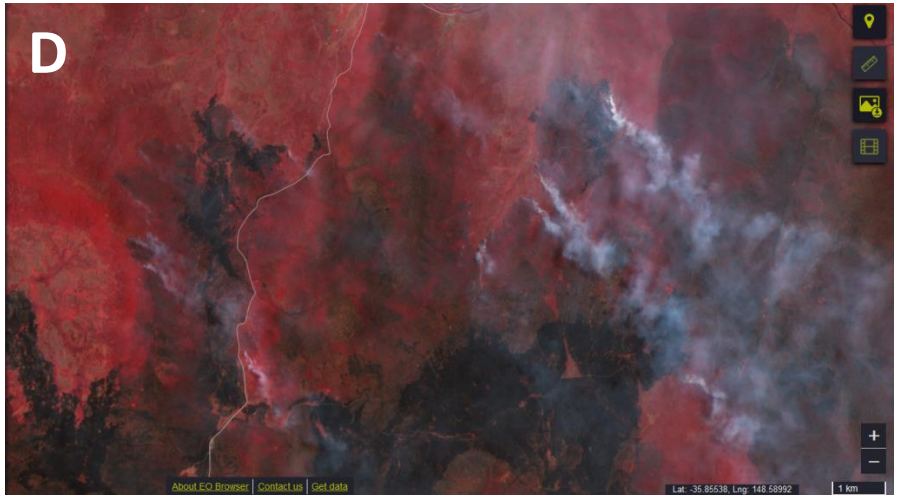


Źródło: NASA 2020

Sentinel-2 (ESA) – monitoring pożarów w paśmie SWIR (10.01.2020)







Źródło: ESA 2020

Pożary buszu i lasów niszczą ekosystemy leśne Australii:

- do 20.01.2020 spłonęło 18,6 mln ha lasów i buszu;
- 6000 spłonęło budynków;
- zginęło 34 ludzi oraz około 1 mld zwierząt.

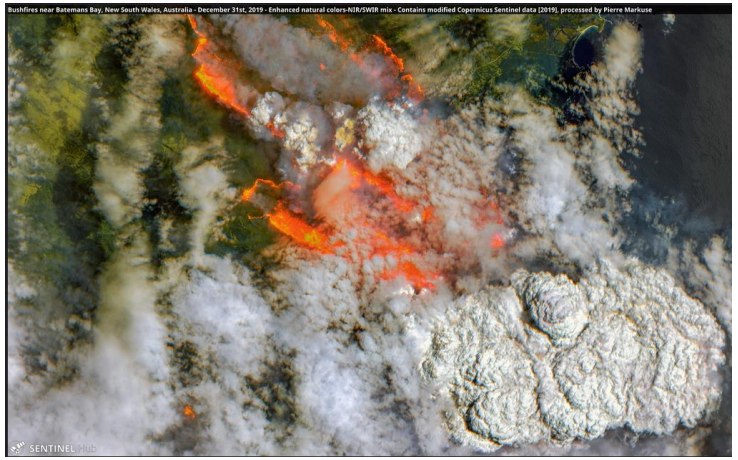
Od lewej u góry:

- zobrazowania Sentinel-2 (ESA) w kombinacji spektralnej RGB (4,3,2 – obraz A) oraz
- fałszywych kolorach (12,11,4 – obraz B)

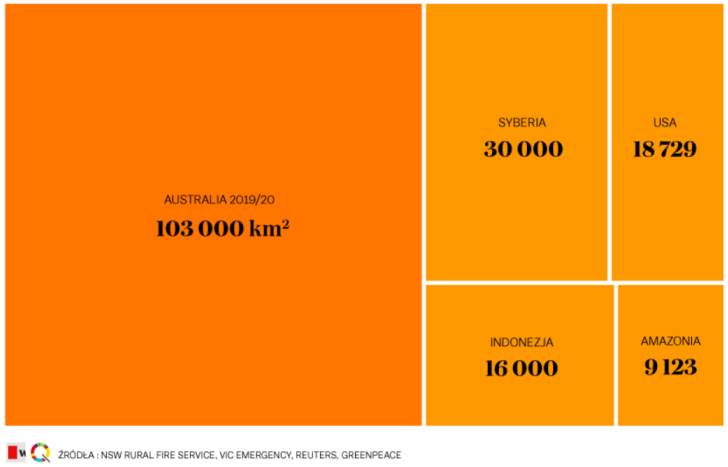
U dołu:

- kompozycja ze SWIR (12,8A,4 – obraz C) oraz
- CIR (8,4,3 – obraz D).

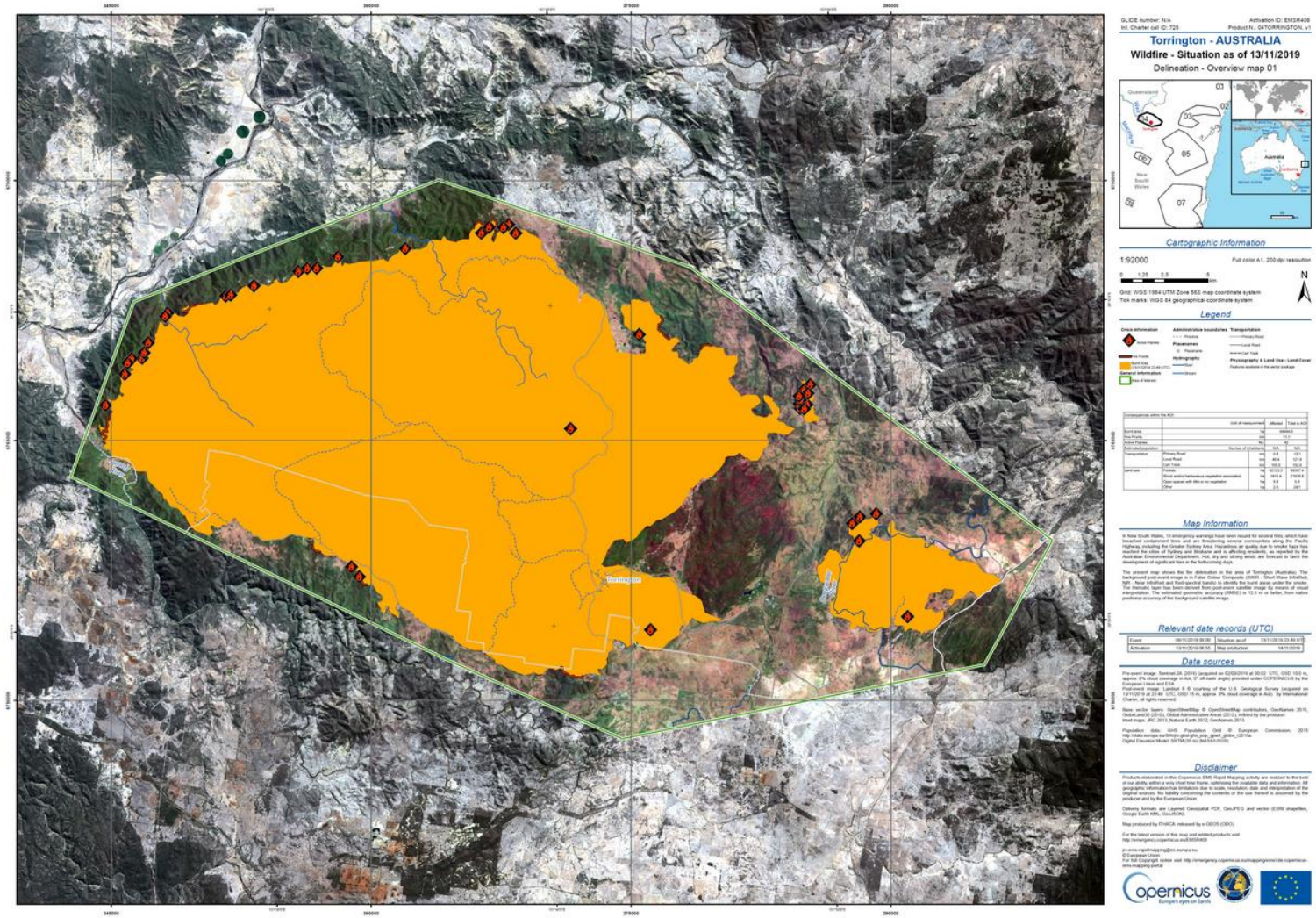
Sentinel-2 – Program COPERNICUS i inne serwisy



Źródło: ESA – Sentinel-2 / @Pierre_Markuse



Powierzchnia pożarów w Australii 2019/2020



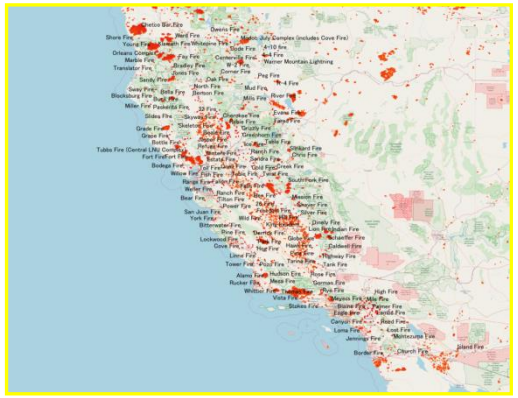
Serwis Copernicus w monitoringu pożarów w Australii

Źródło: ESA 2020

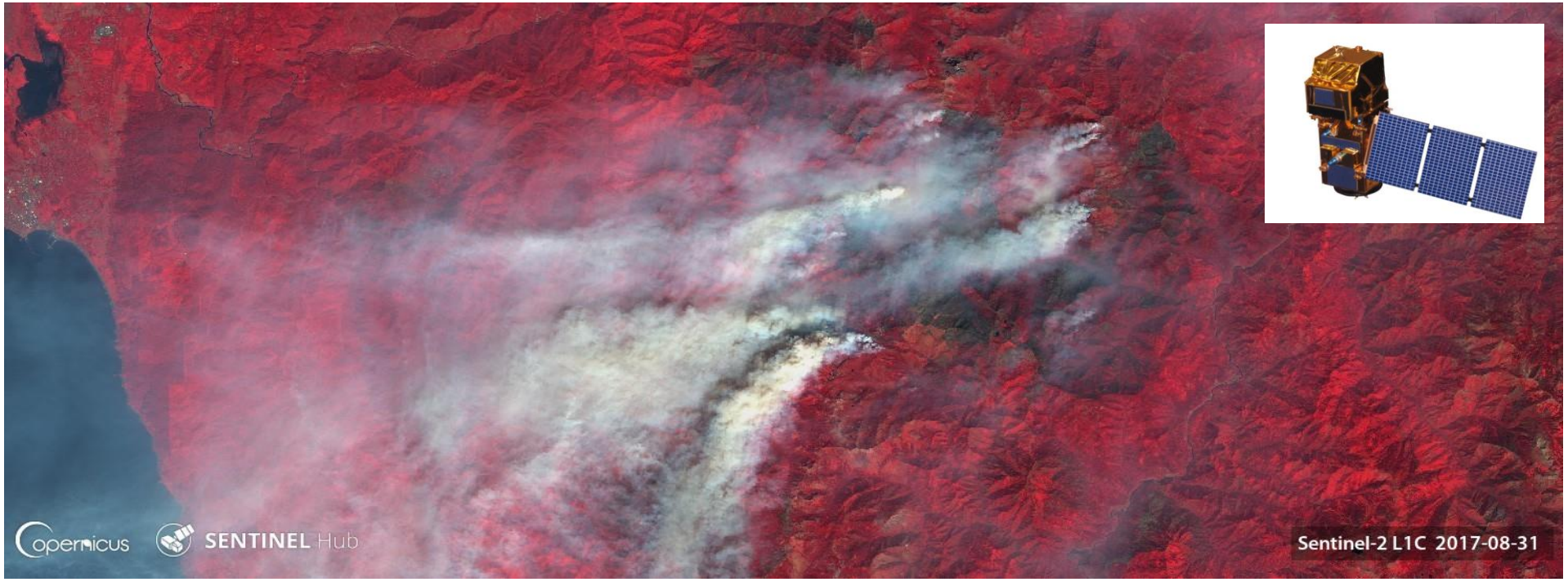
Sentinel-2 (ESA)
– pożary lasów w Oregonie (31.08.2017; Oregon; USA)

W Kalifornii (USA)
w roku 2017 odnotowano:

- 9 133 pożarów,
- spłonęło 5,6 mln ha lasów,
- zniszczonych 10 000 budynków,
- zginęło 47 osób,
- straty 18 mld USD.



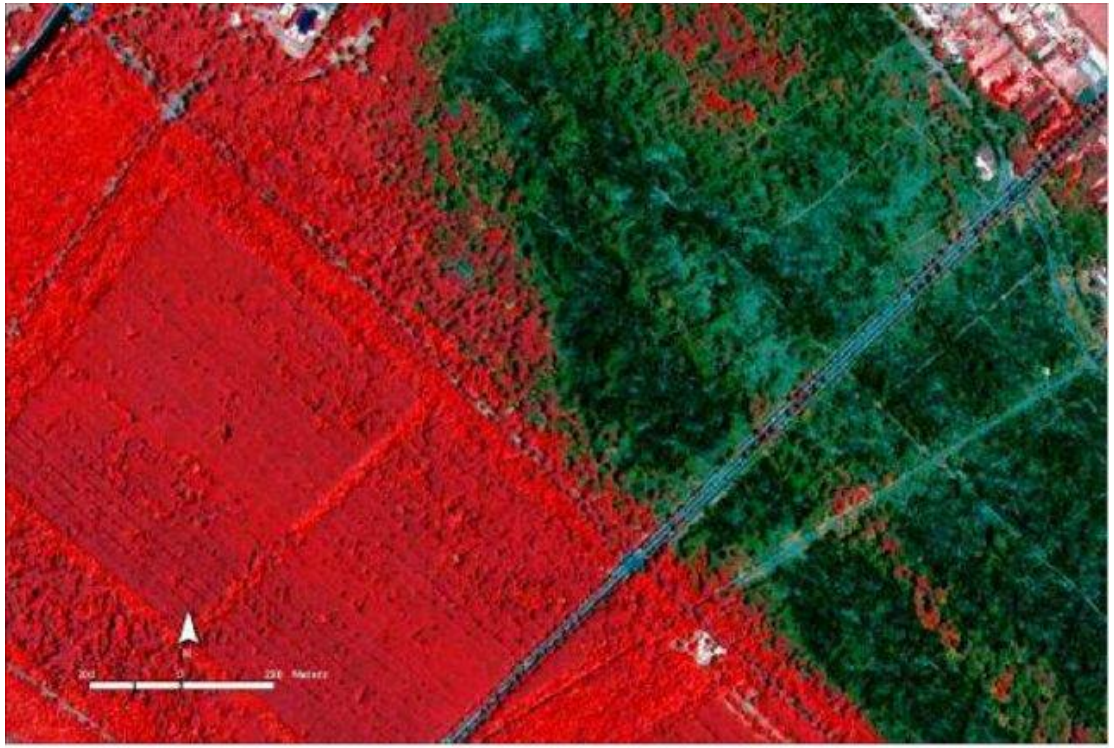
Czerwone obszary - pożary (MODIS)

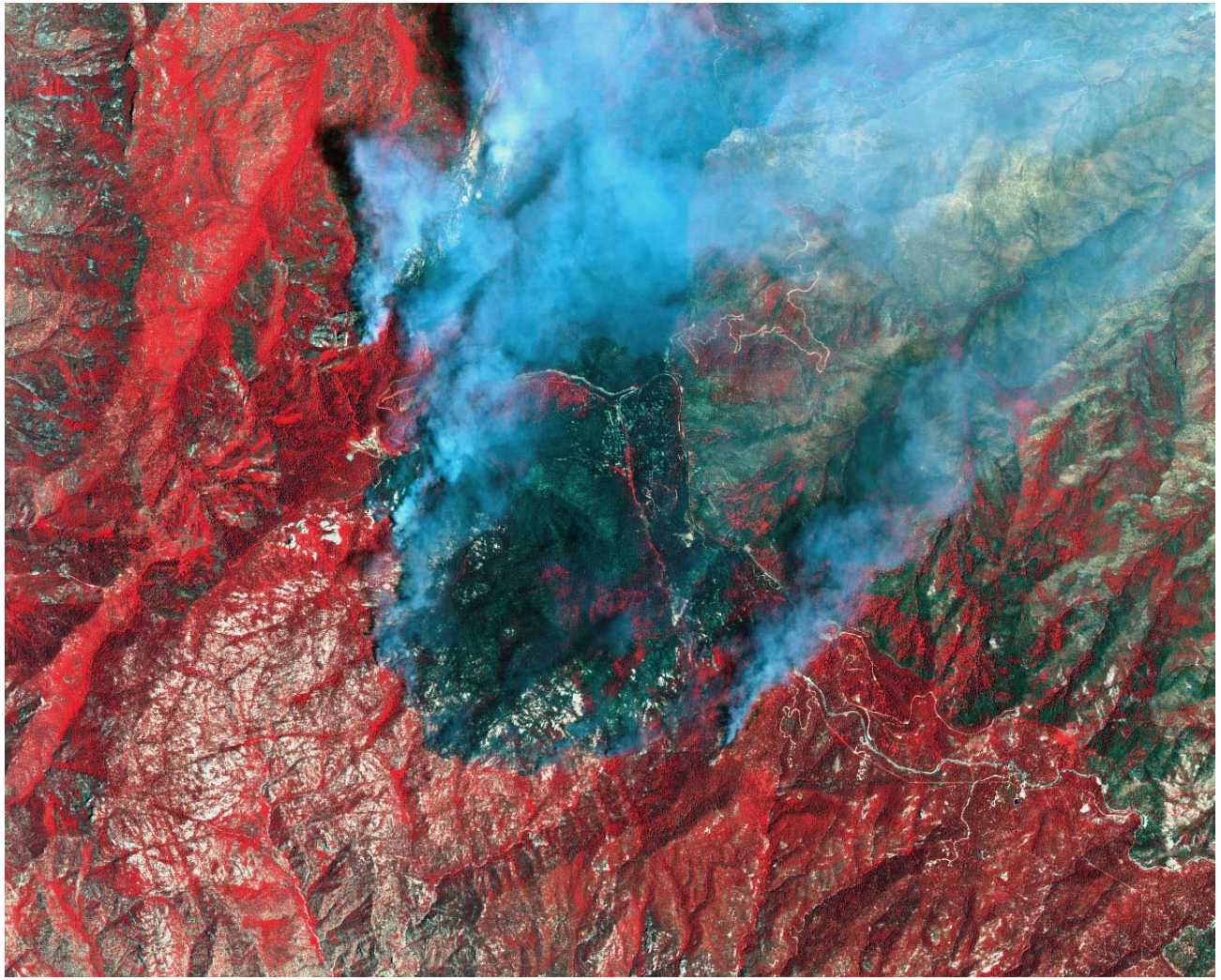


Źródło: ESA 2020

IKONOS-2 (Maxar) – pożary lasów w Kalifornii (USA)

Obrazy IKONOS-2 (European Space Imaging; PAN GSD 1,0 m, MS GSD 4,0 m.) Kompozycja CIR (432) po wzmocnieniu kanałem PAN (tzw. pan-sharpening).
Obszary szaro-zielone i czarne – pogorzelisko.
Na obrazie po prawej widoczne dymy z pożarów lasu.



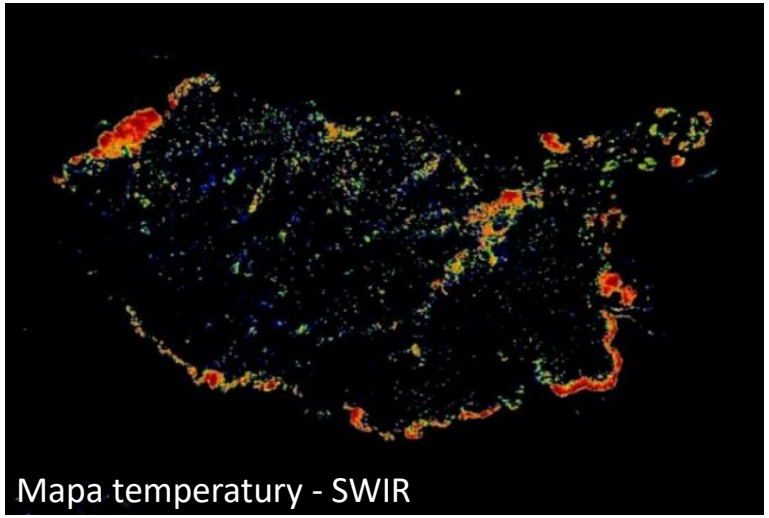


Źródło: Gherardo Chirici 2020; EUSI 2020

WorldView-3 (Maxar / DigitalGlobe)

Satelita WorldView-3 (MAXAR) posiada 8 pasm w zakresie SWIR (Short Wave InfraRed):

- umożliwiają penetrację przez warstwy dymu (aerozoli);
- kartowanie granic pożaru;
- mają dużą przewagę nad kompozycjami RGB lub CIR.



Mapa temperatury - SWIR

Klamath Falls NP. – Kalifornia (USA)

Źródło: EUSI, MAXAR 2020

WorldView-3 (Maxar / DigitalGlobe)

- Na obrazie RGB z satelity WorldView-3 (po lewej) zasięg przyziemnego pożaru nie jest dobrze widoczny, a jedynie źródła dymu (domniemany pożar).
- Po prawej kompozycja barwna z kanałem SWIR widoczne bardzo wyraźne ogniska aktywnego pożaru, aerozole (dym) nie są widoczne co umożliwią lepszą interpretację.

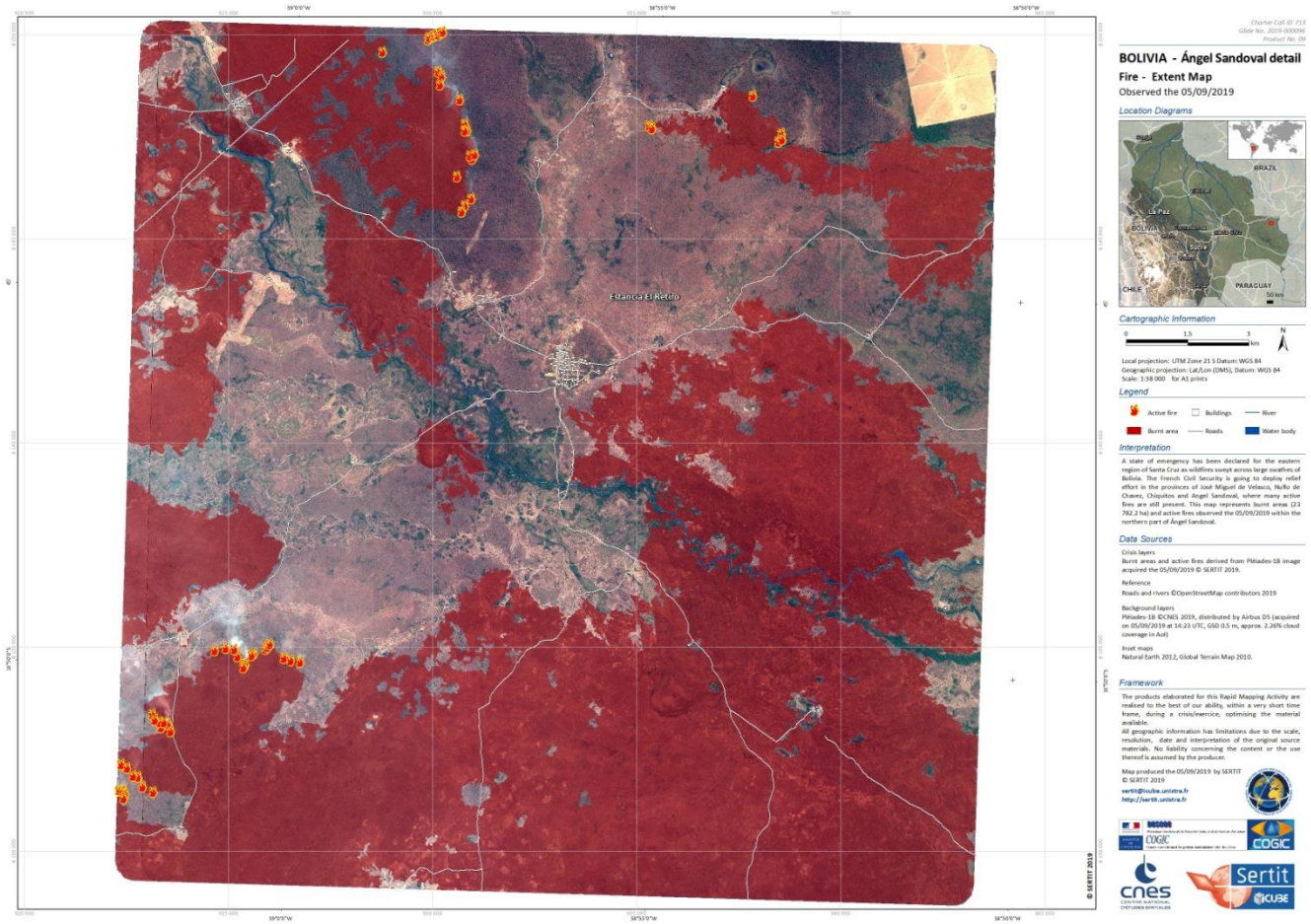
WorldView-3 (MAXAR)

Źródło: EUSI, MAXAR 2020

Pleiades-HR1 (CNES) – monitoring pożarów lasów

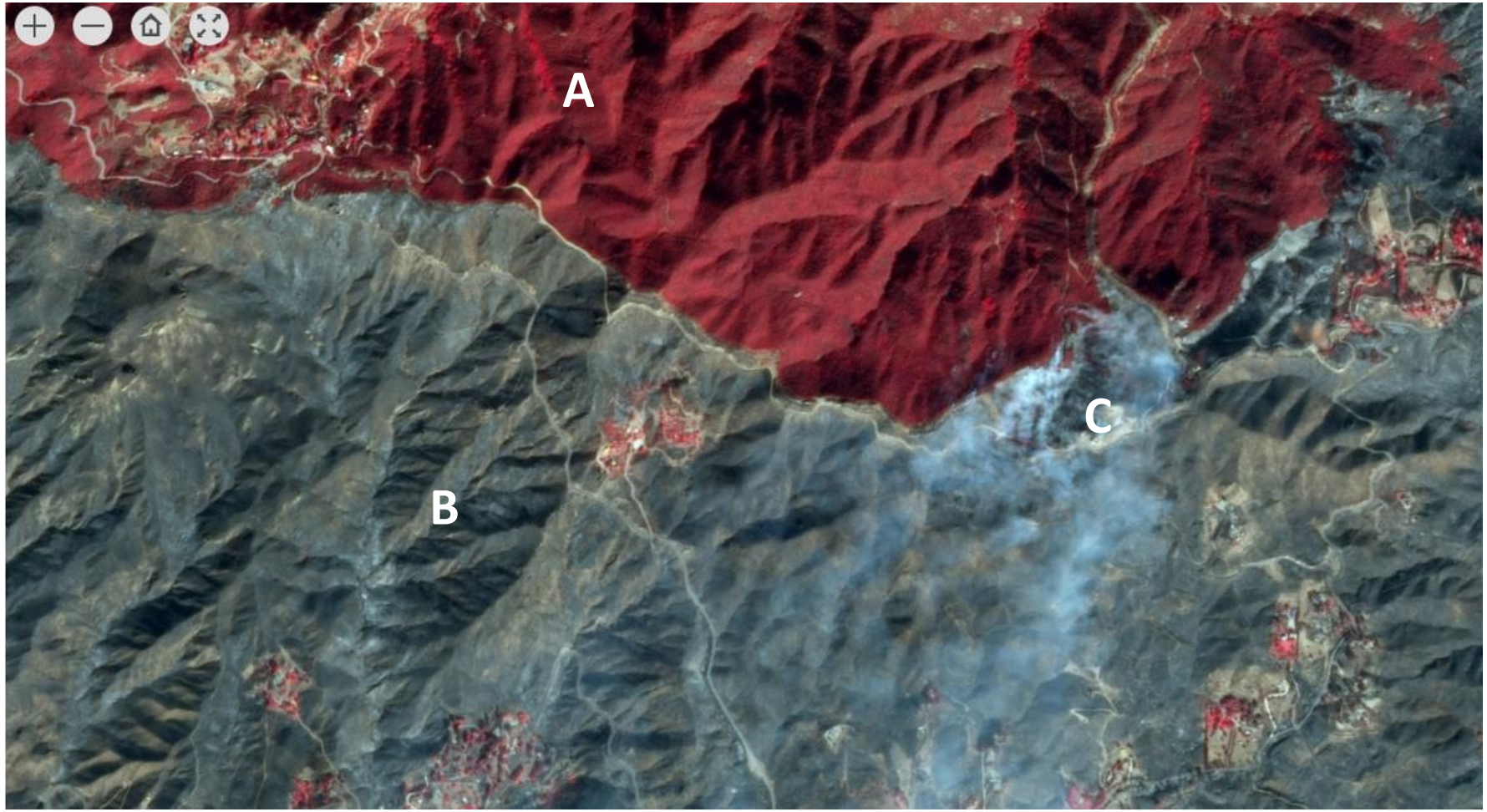
Pożary lasów Amazonii w Boliwii zarejestrowane sensorem z Pleaiades-HR1 (A/B):

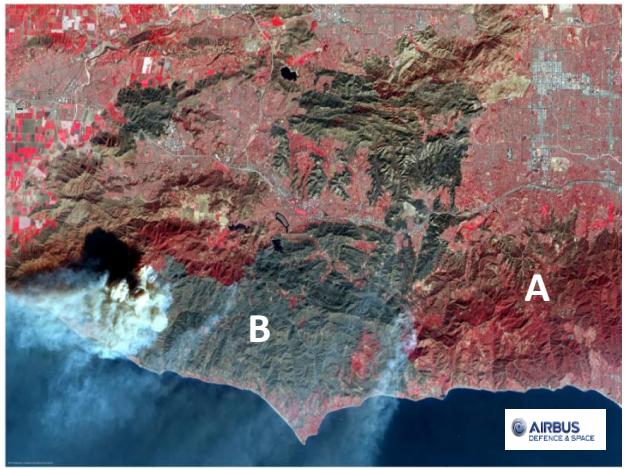
- 4 kanały spektralne (RGB+NIR)
- rozdzielczość przestrzenna PAN 0,5 m / kanały wielospektralne 2,0 m.
- orbita okołobiegunowa (694 km),
- szerokość pasa obrazowania 20 km,
- mozaika do 100x100 km, obrazowanie stereo.
- powierzchnia 2 x 1 mln km^2 dziennie (A i B).



Mapa zniszczeń opracowana na podstawie zobrazowań Pleiades CNES (dystrybucja Airbus) z 05.09.2019

Pleiades-HR1 (CNES) – detekcja pożarów (Woosley; USA)





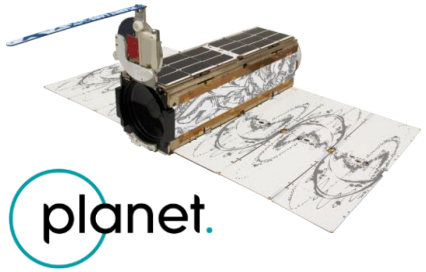
Kolor czerwony nieuszkodzone lasy iglaste (A). Obszar po pożarze (B); Dym – (C)

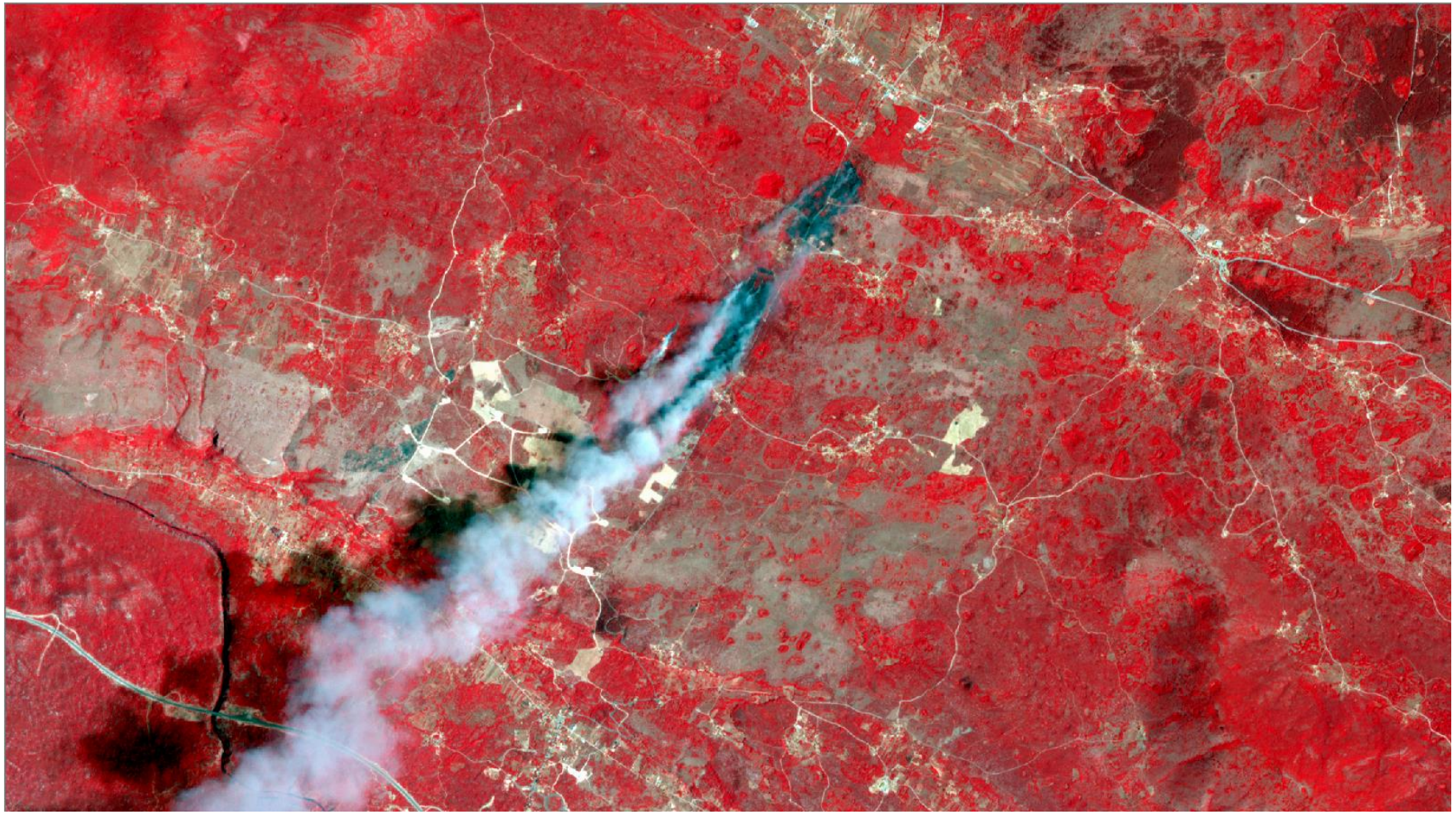
Źródło: Airbus, 2019

PlanetScope Dove (GSD 3,0m) – pożary lasów Chorwacja (16.07.2017)

PlanetScope Dove:

- codzienna akwizycja
- 140+ nanosatelitów;
- 3U = 10x10x10 cm;
- monitoring pożarów
- orbita 580 km;
- 4 kanały spektralne;
- od 2020 r. dostępnych 8 kanałów spektralnych;
- GSD 3,0 m.





Kompozycja CIR (432)

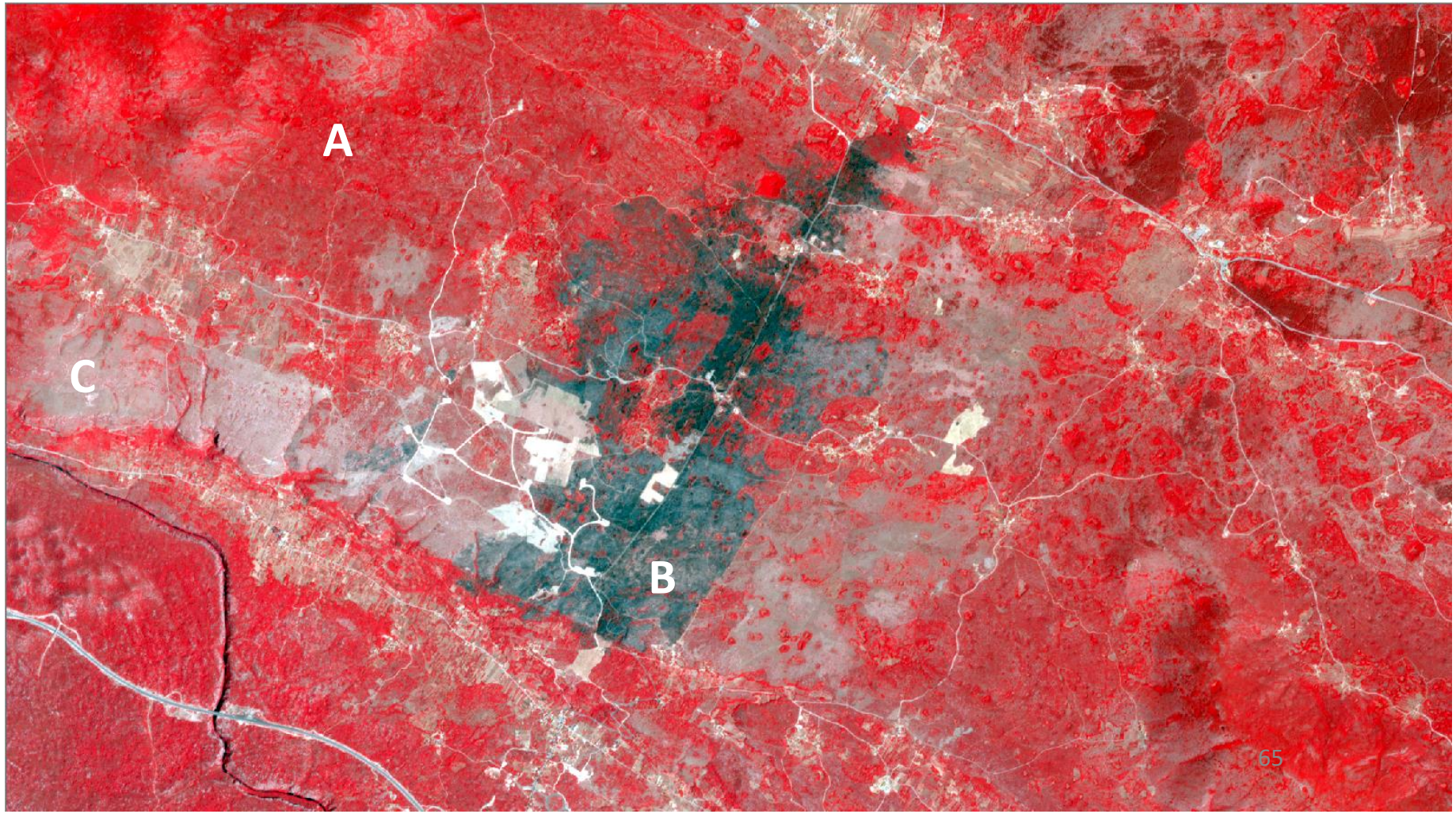
Źródło: ProGea 4D; Planet 2020

PlanetScope Dove (GSD 3,0m) – pożary lasów Chorwacja (23.07.2017)

Obszar pożarzyska w Chorwacji 7 dni od wykrycia pożaru.

Kolory na obrazie:

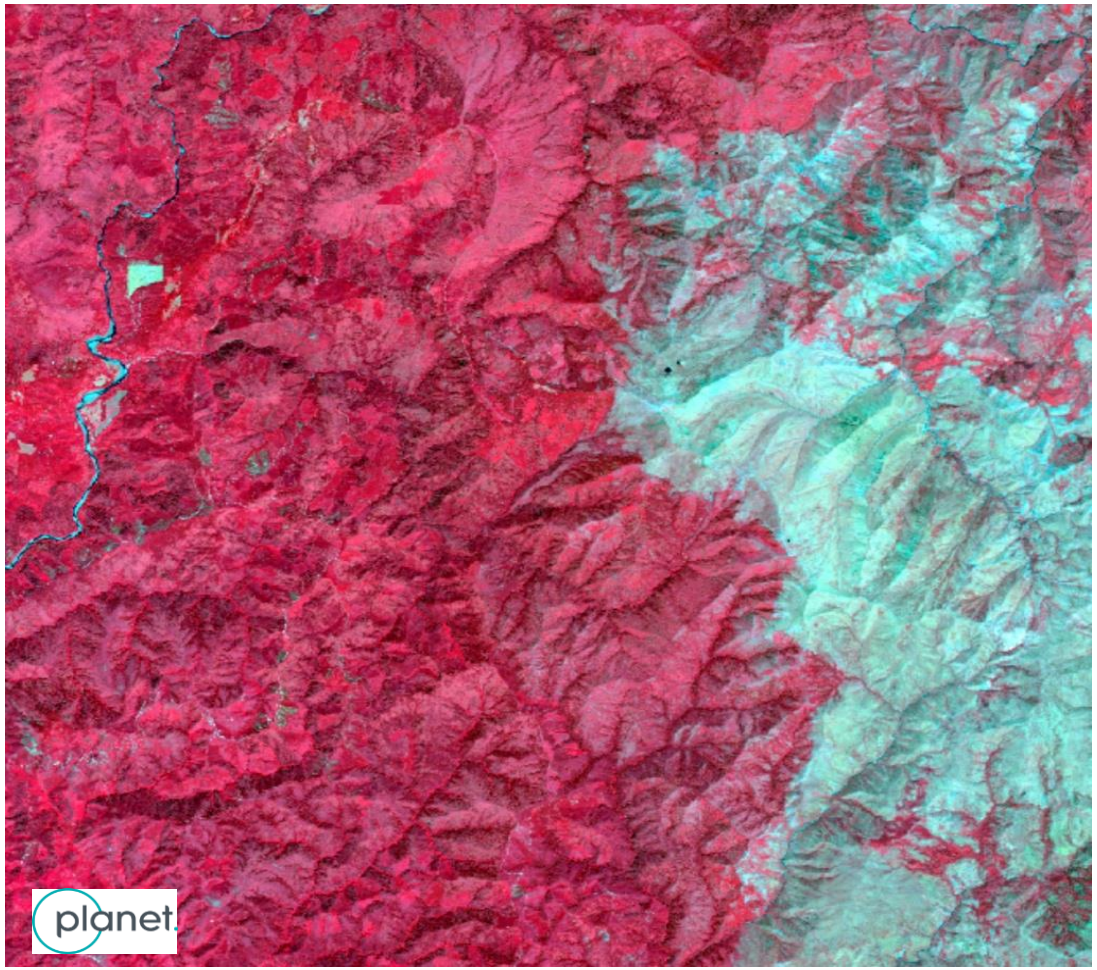
- czerwony: roślinność śródziemno-morska o charakterze leśnym (wł. macchia; A);
- szary i czarny pożarzysko (B) oraz
- jasny i jasno-szary obszary po pożarach z lat ubiegłych (C).
- Widoczne tez drogi (jasne) i rzeka (ciemna).



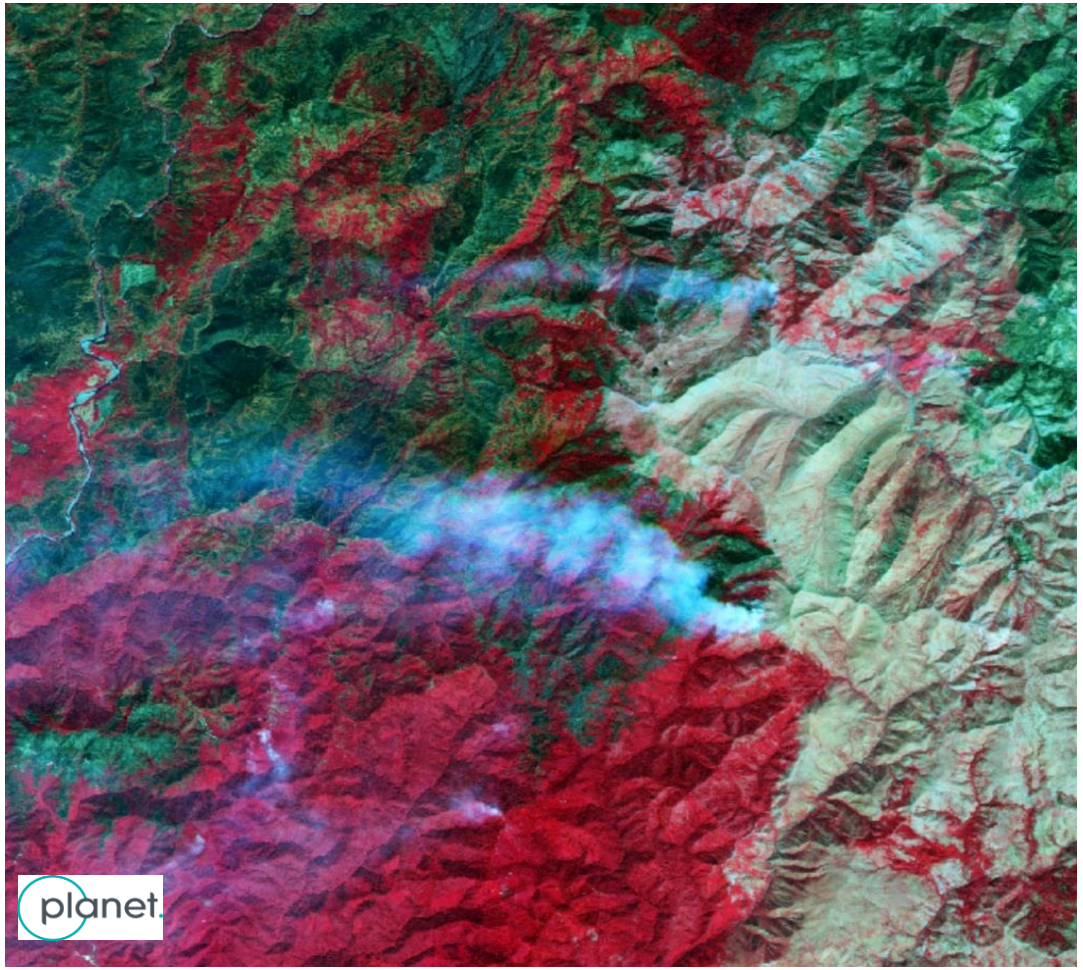
Kompozycja CIR (432) GSD 3,0 m

Źródło: ProGea 4D; Planet 2020

PlanetScope Dove (GSD 3,0m) – pożary lasów (USA)



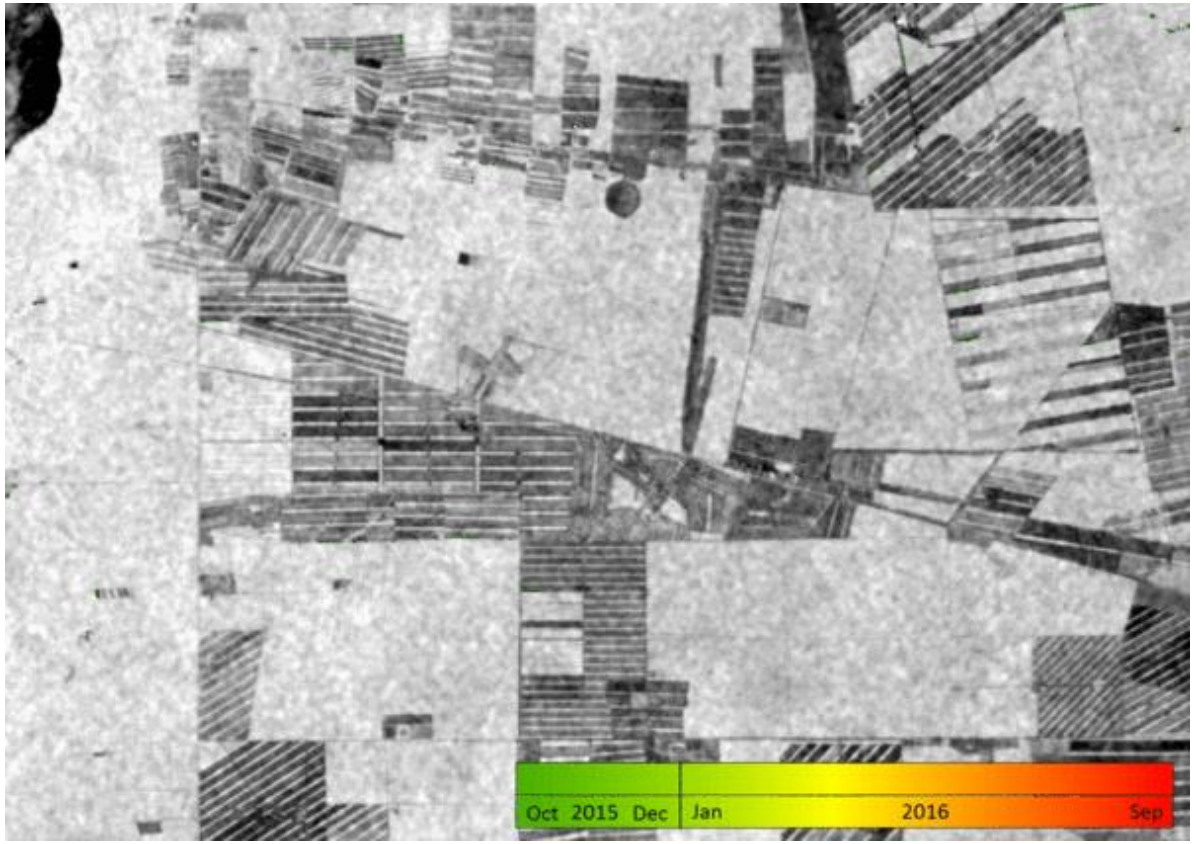
Kompozycja CIR (10.08.2017). Kolor czerwony – lasy iglaste; jasne kolory – obszary bez pokrywy roślinnej



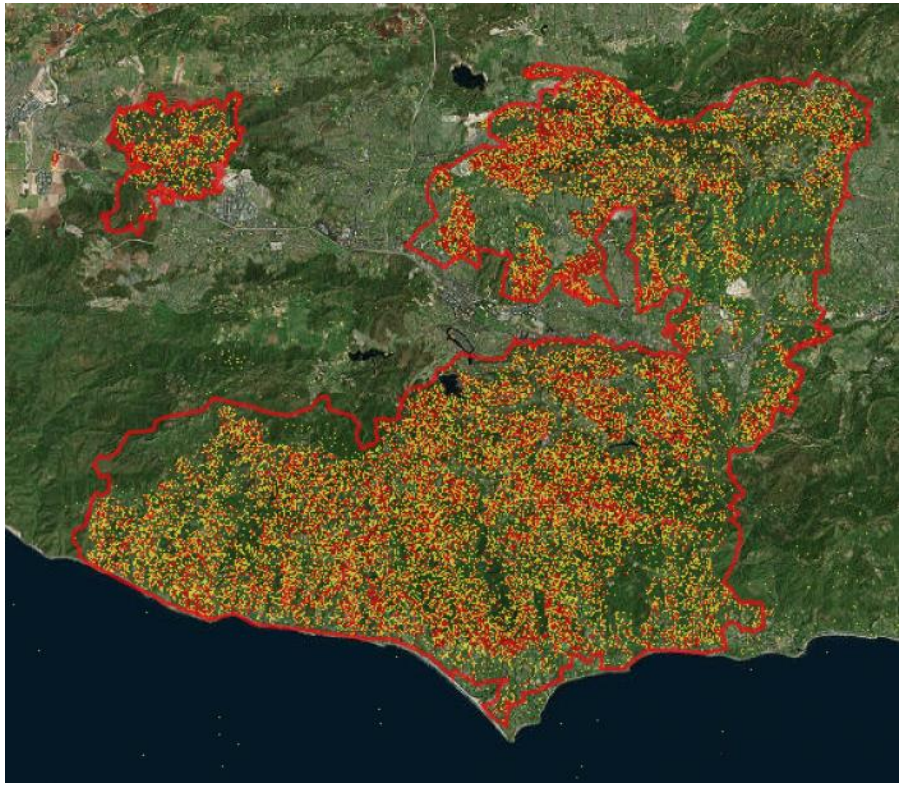
Kompozycja CIR (11.09.2017). Kolor zielonkawy – spalone drzewostany; widoczny dym – czynne pożary

Źródło: Planet, ProGea 4D 2020

Sentinel-1 (ESA) radar – detekcja skutków pożarów lasów



Animacja postępujących wylesień w lasach deszczowych Boliwii na podstawie analiz różnic sygnałów rejestrowanych przez Sentinel-1 (ESA)

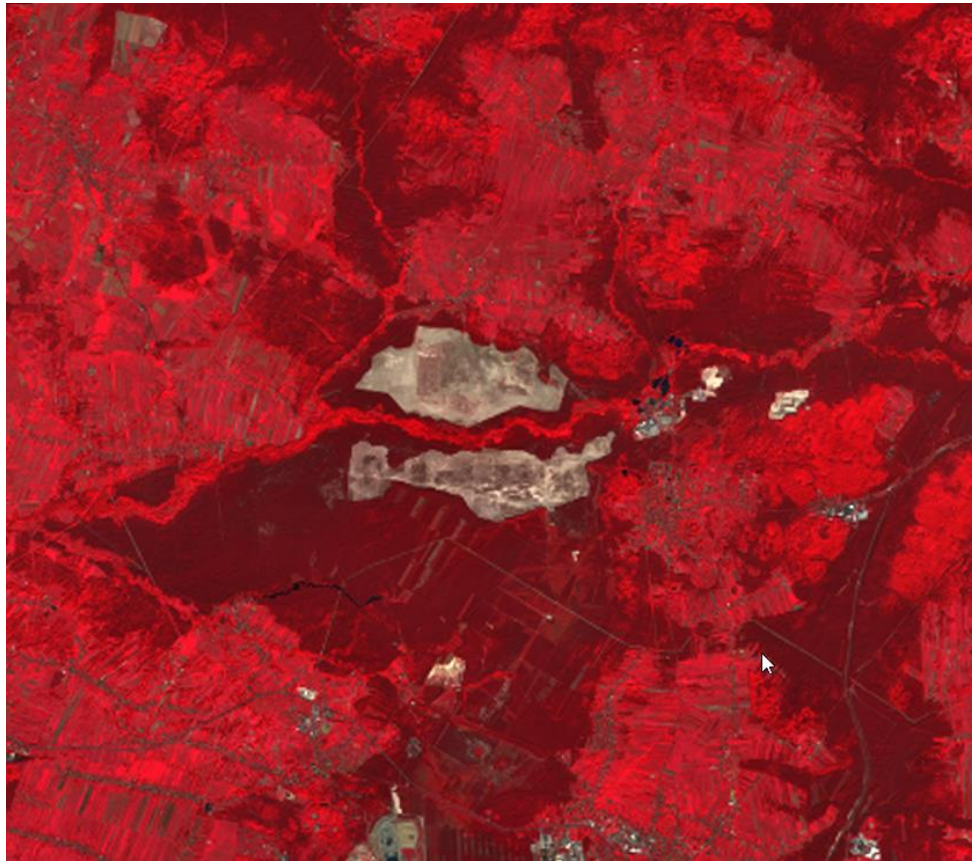


Mapa zniszczeń dokonanych przez pożary w Woolsey w Kalifornii (USA). Sentinel-1 (ESA) zarejestrował obraz w dniu 11.11.2018 roku (GSD 30 m)

Źródło: ESA, NASA
https://disasters.nasa.gov/november-2018-california-wildfires/woolsey-fire-damage-proxy-map

Dynamika zmian w czasie
Pustynia Błędowska (1974-2019)

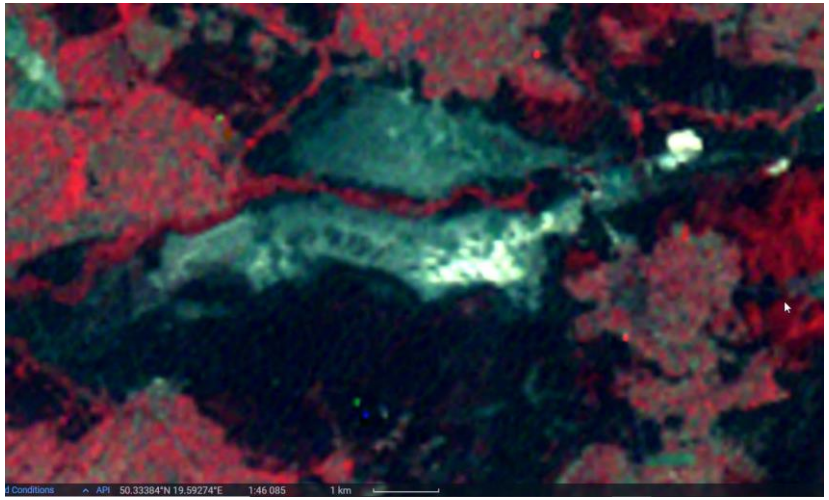
Obraz z satelity zwiadowczego CORONA KH-9 z 1974 roku



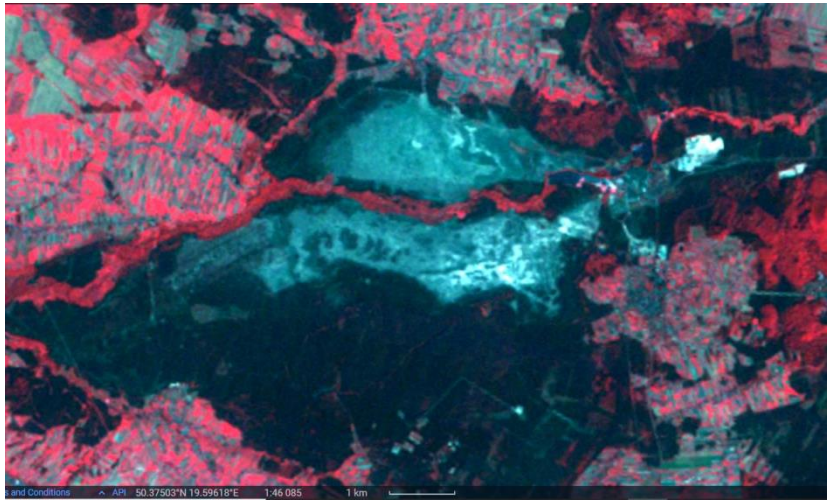
Kompozycja CIR (843) Sentinel-2 (ESA) z dnia 26.08.2019 roku. Wyraźne obszary po odkrzaczaniu pustyni

Źródło: ProGea 4D; ESA

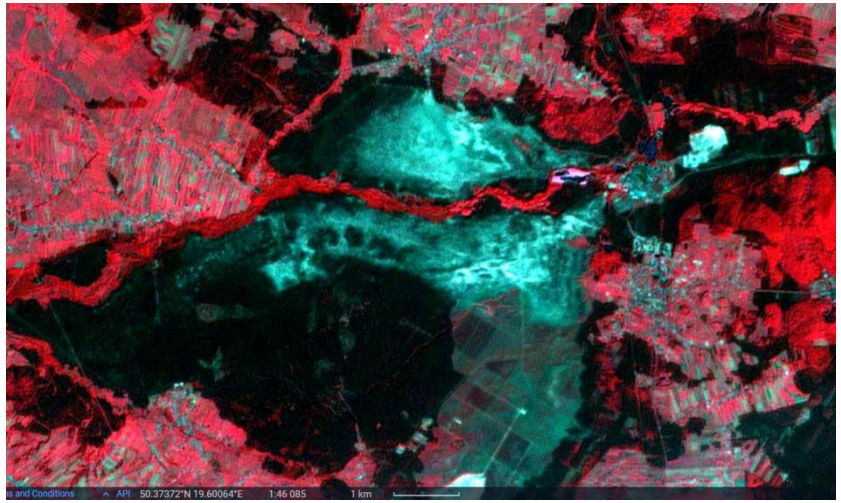
Dynamika przemian klas pokrycia terenu
Pustynia Błędowska (1983-2000)



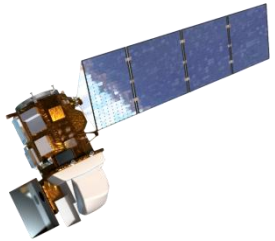
Landsat 4 MSS GSD 80 m – 1983 rok



Landsat 5 TM GSD 80 m – 1990 rok



Landsat 7 TM GSD 30 m – 2000 rok

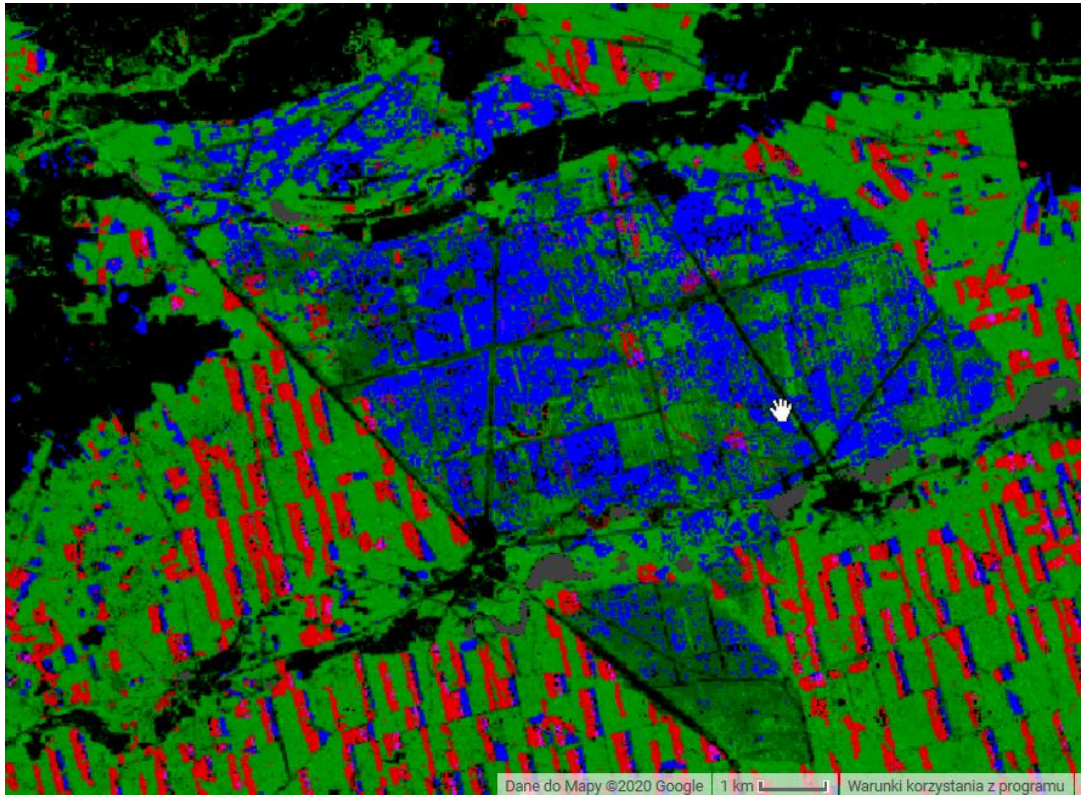


Rejestracja obszaru Pustyni Błędowskiej objętej procesami wtórnej sukcesji leśnej przez sensory systemów Landsat (NASA) w latach:
1983 – 1990 – 2000 – 2013.

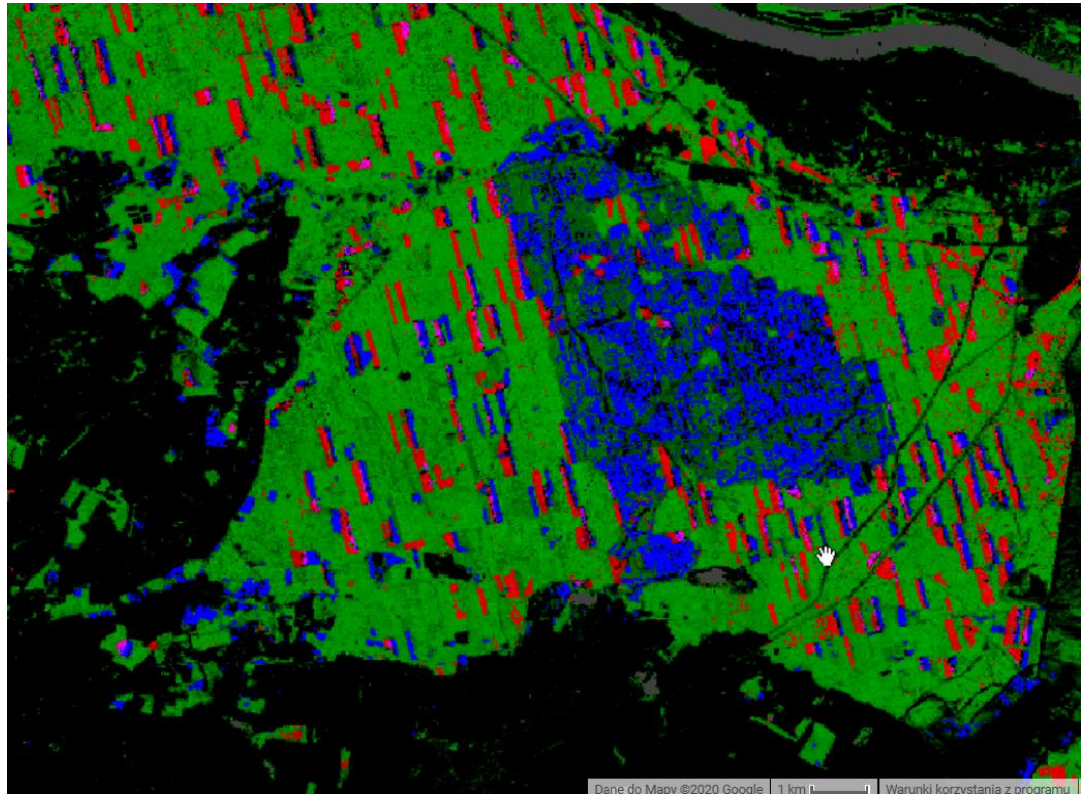
Źródło: NASA, 2020

Landsat 8 OLI GSD 30 m
2013 rok

Landsat (NASA) Monitoring zalesień po pożarach – Forest Global Change (FGC)

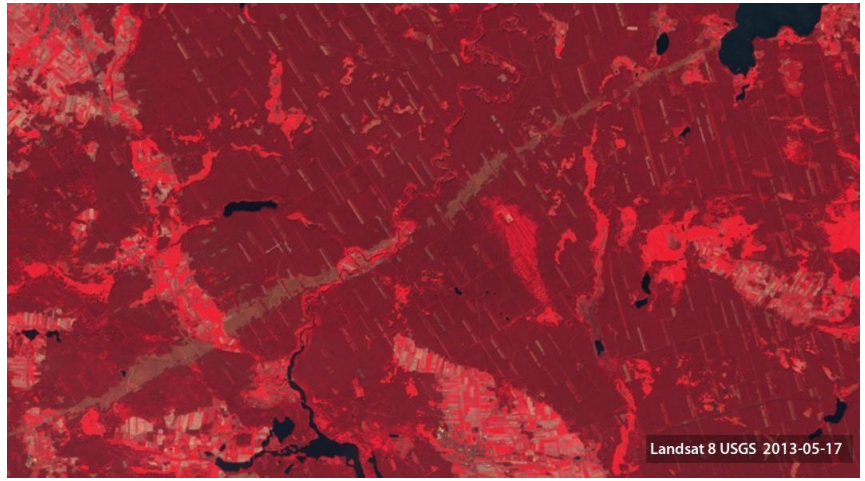


Zalesienia po pożarze drzewostanów w Puszczy Noteckiej w 10.08.1992 – 6 000 ha



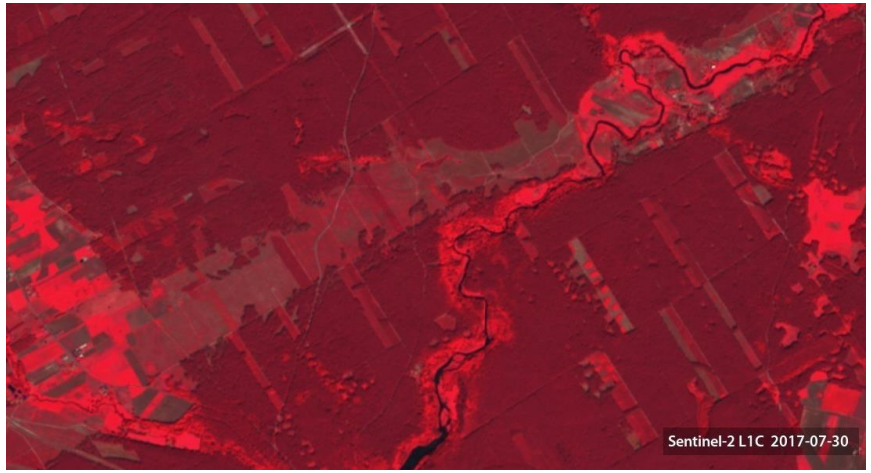
Zalesienia po pożarze drzewostanów w okolicach Torunia (Cierpice) 10.08.1992 – 3 000 ha

Landsat 8 (NASA) i Sentinel-2 (ESA) – monitorowanie zalesień (2013-2017)

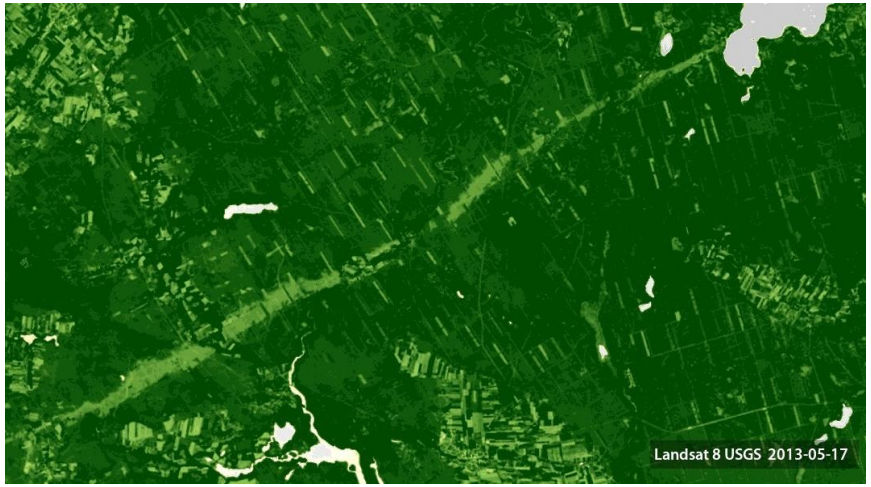


Landsat 8 (kompozycja CIR, GSD 30 m)

Trąba powietrzna w Tleniu
(fot. Kacper Kowalski / FORUM)

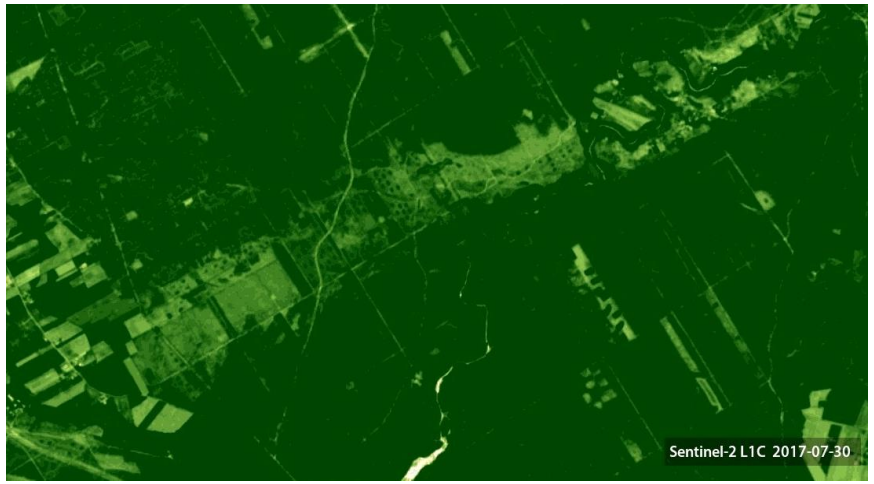


Sentinel-2 (kompozycja CIR, GSD 10 m)



Landsat 8 (NDVI, GSD 30 m)

Uprawy po huraganie (fot. P. Wężyk)

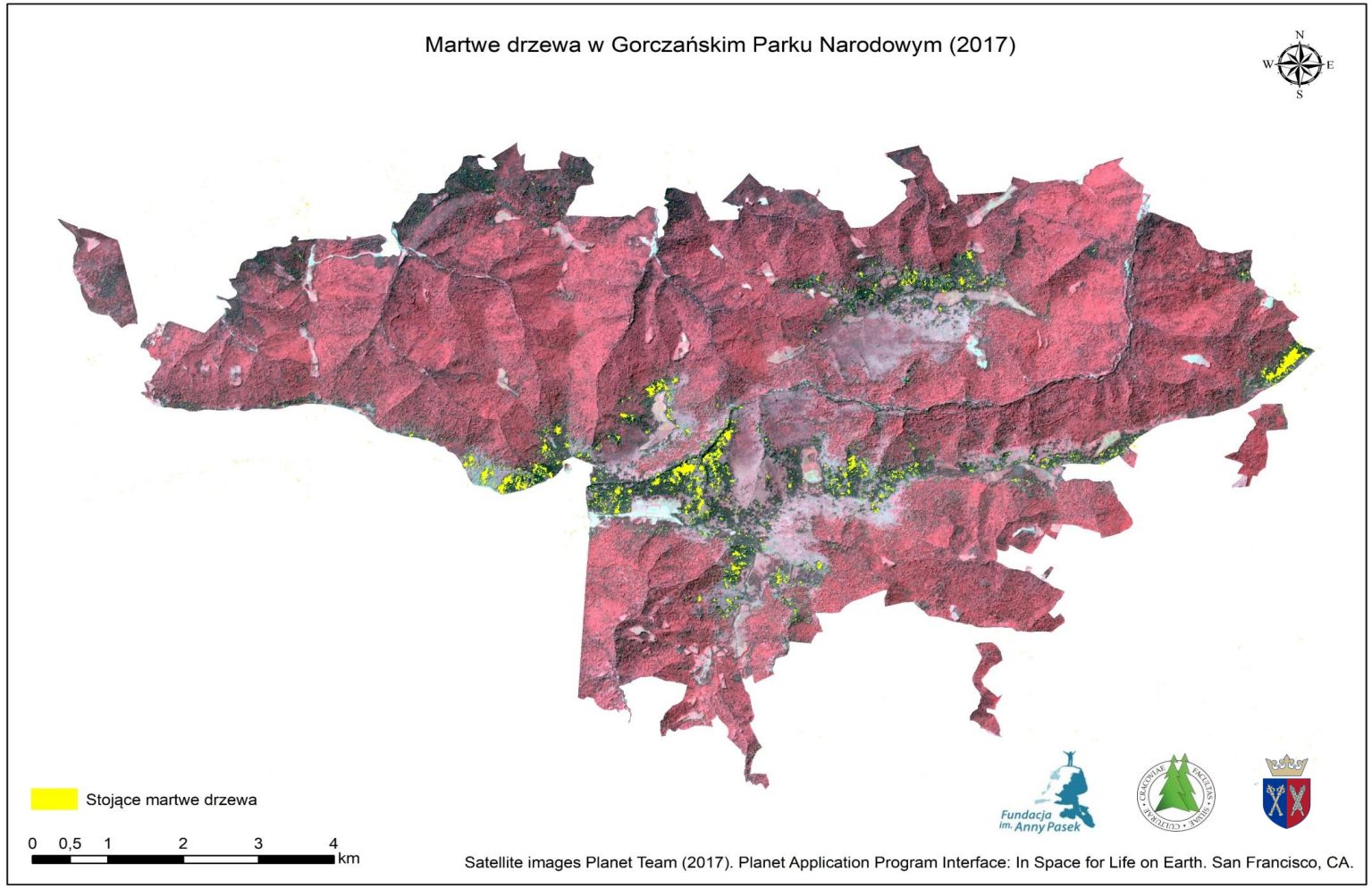


Sentinel-2 (NDVI, GSD 10 m)

Zamieranie drzewostanów świerkowych – Gorczański PN

Klasyfikacja zagrożenia bezpieczeństwa na szlakach turystycznych od upadających martwych drzew (Jaworzyna Kamienicka w Gorczańskim PN. Kolor szaro-zielony - obszary zamierających drzewostanów świerkowych).

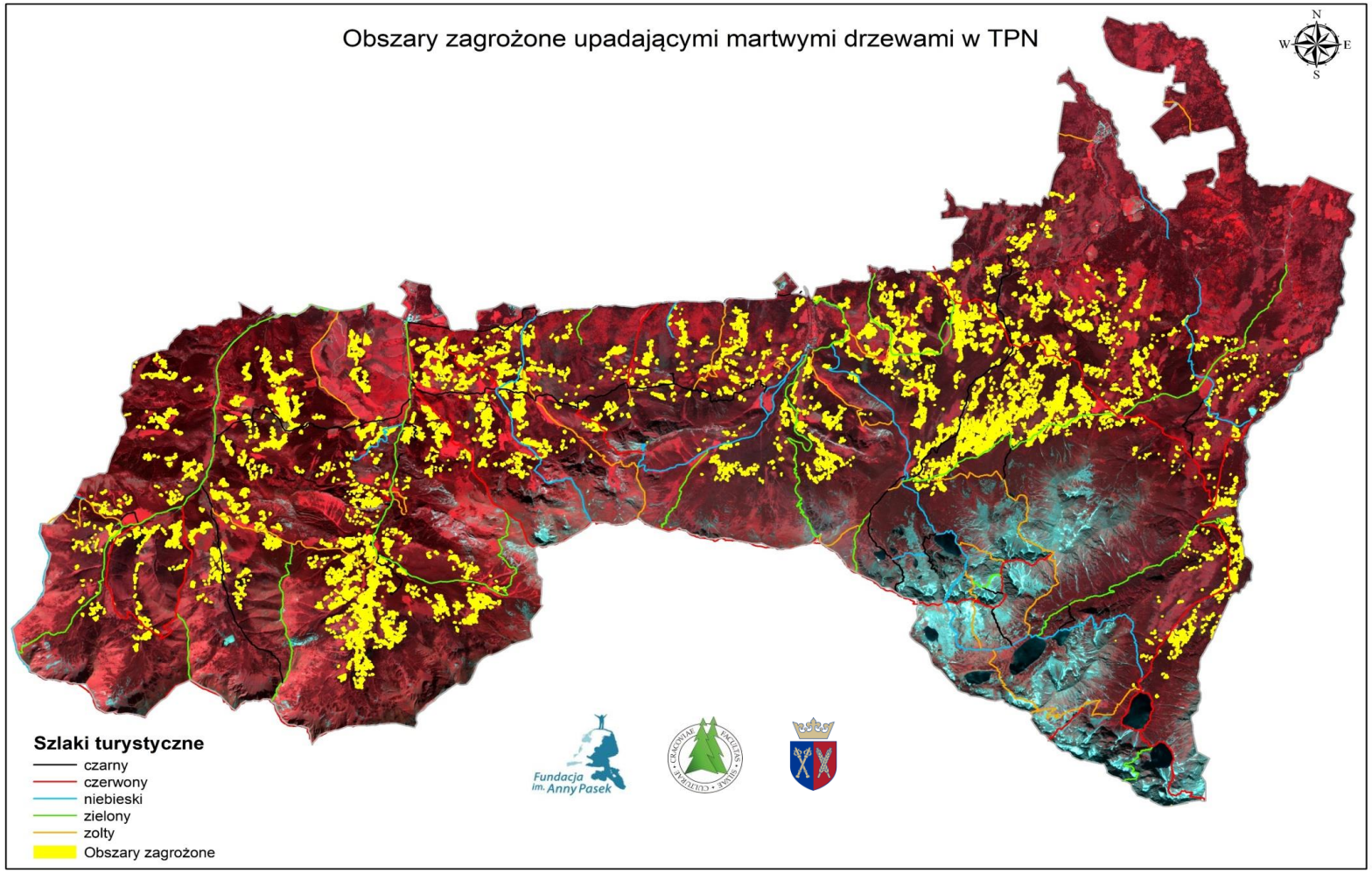
Źródło: K. Zięba - Kulawik



Martwe drzewostany (kolor żółty) na tle kompozycji CIR

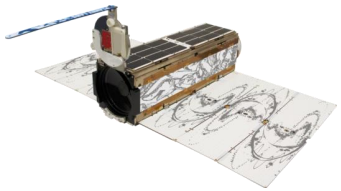
Zamieranie drzewostanów świerkowych – Tatrzański PN

Na podstawie aktualnych zobrazowań PlanetScope Dove sklasyfikowano (GEOBIA) 660 ha martwych drzewostanów świerkowych na obszarze TPN (2018).



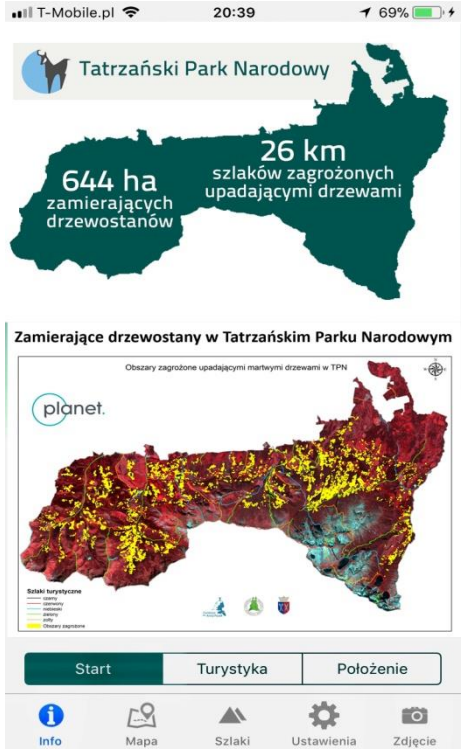
Źródło: K. Zięba - Kulawik

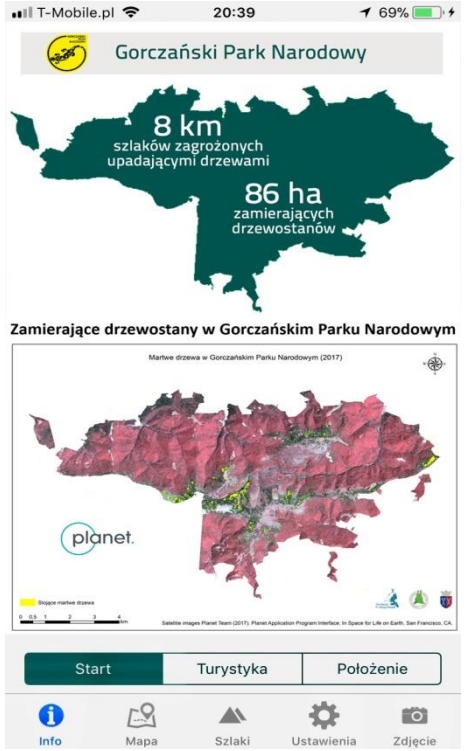
Praktyczne wykorzystanie danych teledetekcyjnych – aplikacja Bezpieczny Szlak

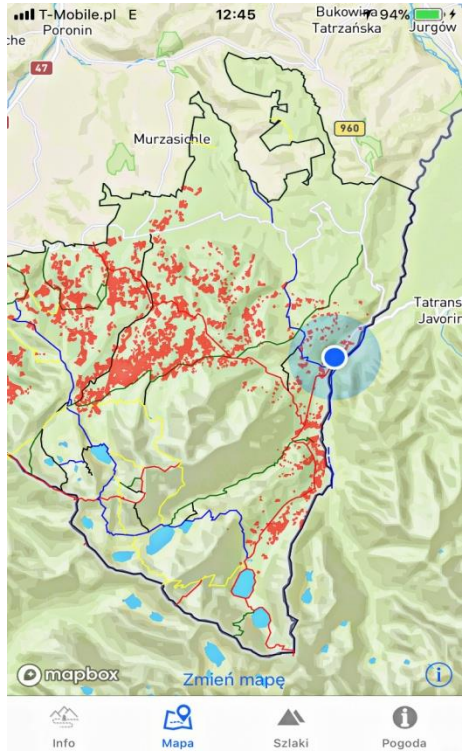


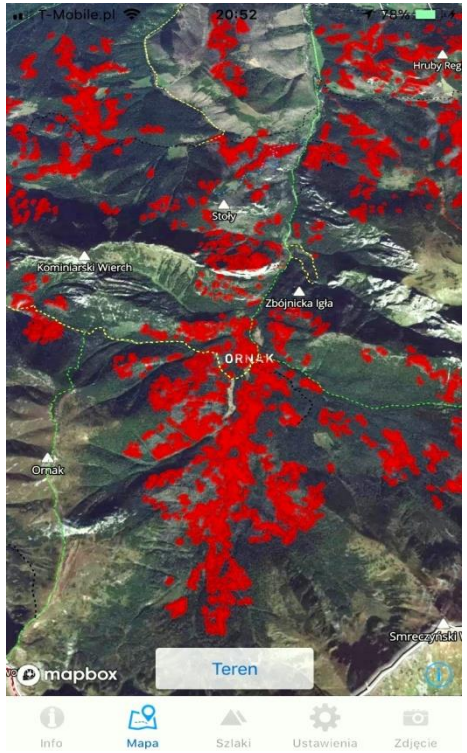
Bezpieczny Szlak – TPN i GPN:

- dane PlanetScope Dove (GSD 3,0 m);
- fuzja danych LiDAR;
- analiza obrazu GEOBIA;
- analizy GIS;
- aplikacja na urządzenia mobilne:
  - Android,
  - IOS.



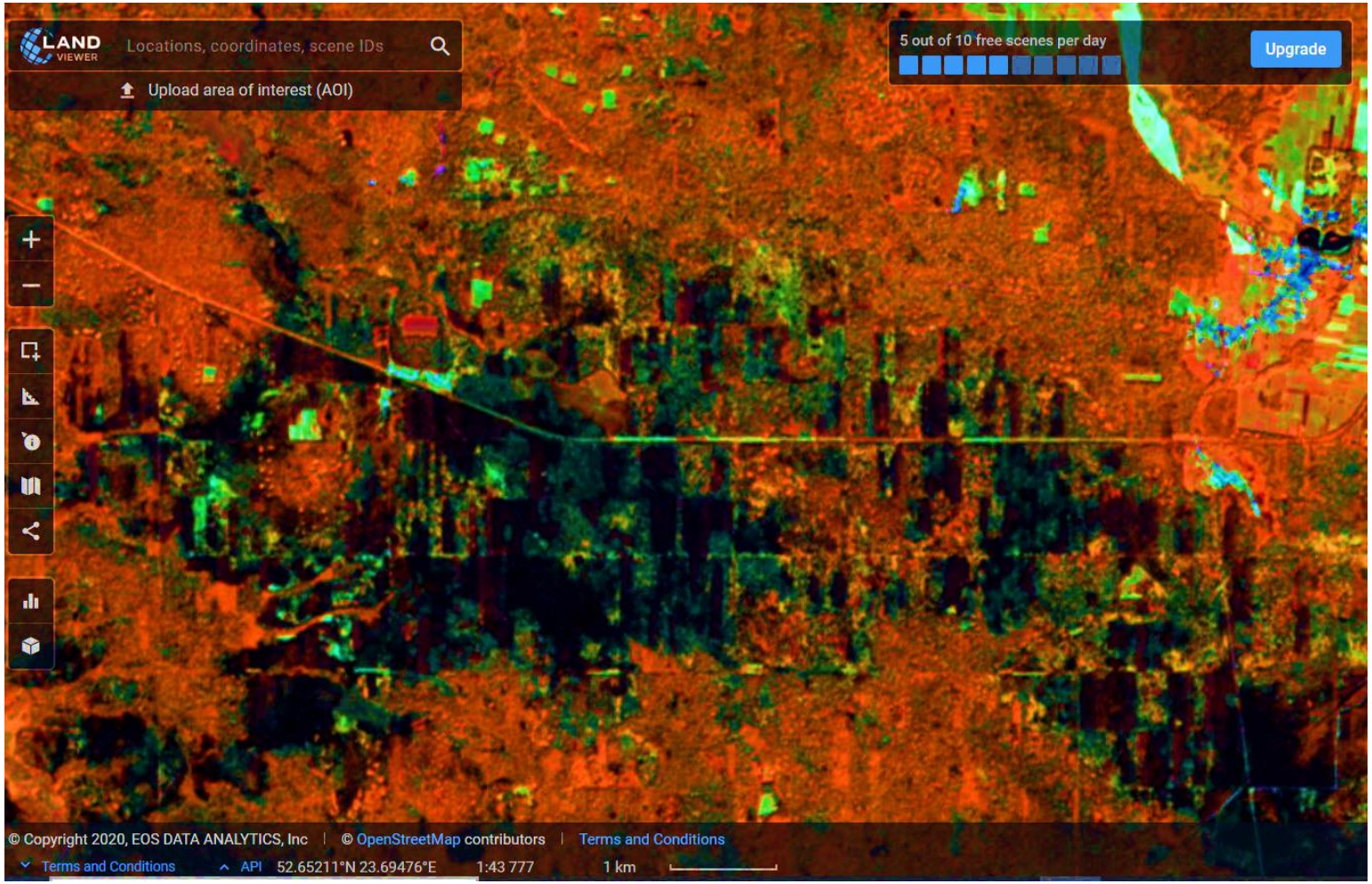






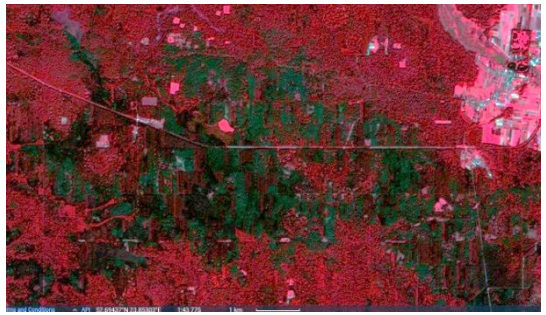
Źródło: K. Zięba – Kulawik; 2019

Sentinel-2 (ESA) – stan zdrowotny lasów, Puszcza Białowieska

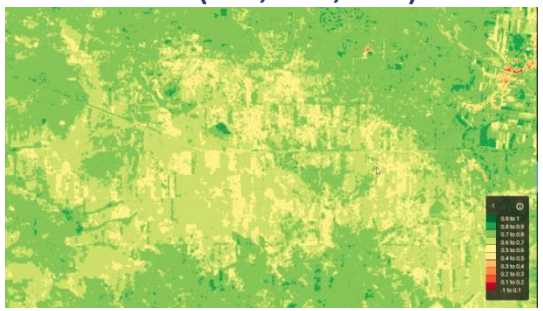


Kompozycja S-2 (ESA) kanały: 8A, 11, 2 – Platforma EOS Land Viewer

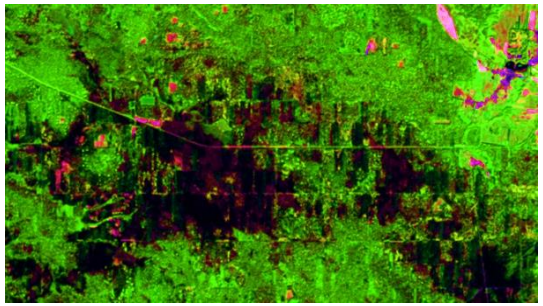
Źródło: ESA, EOS LandViewer 2019



CIR (B8, B4, B3)

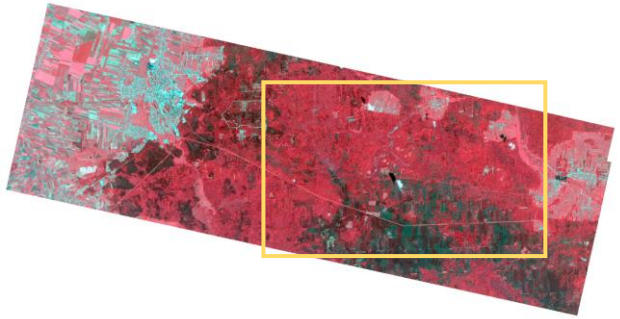


NDVI



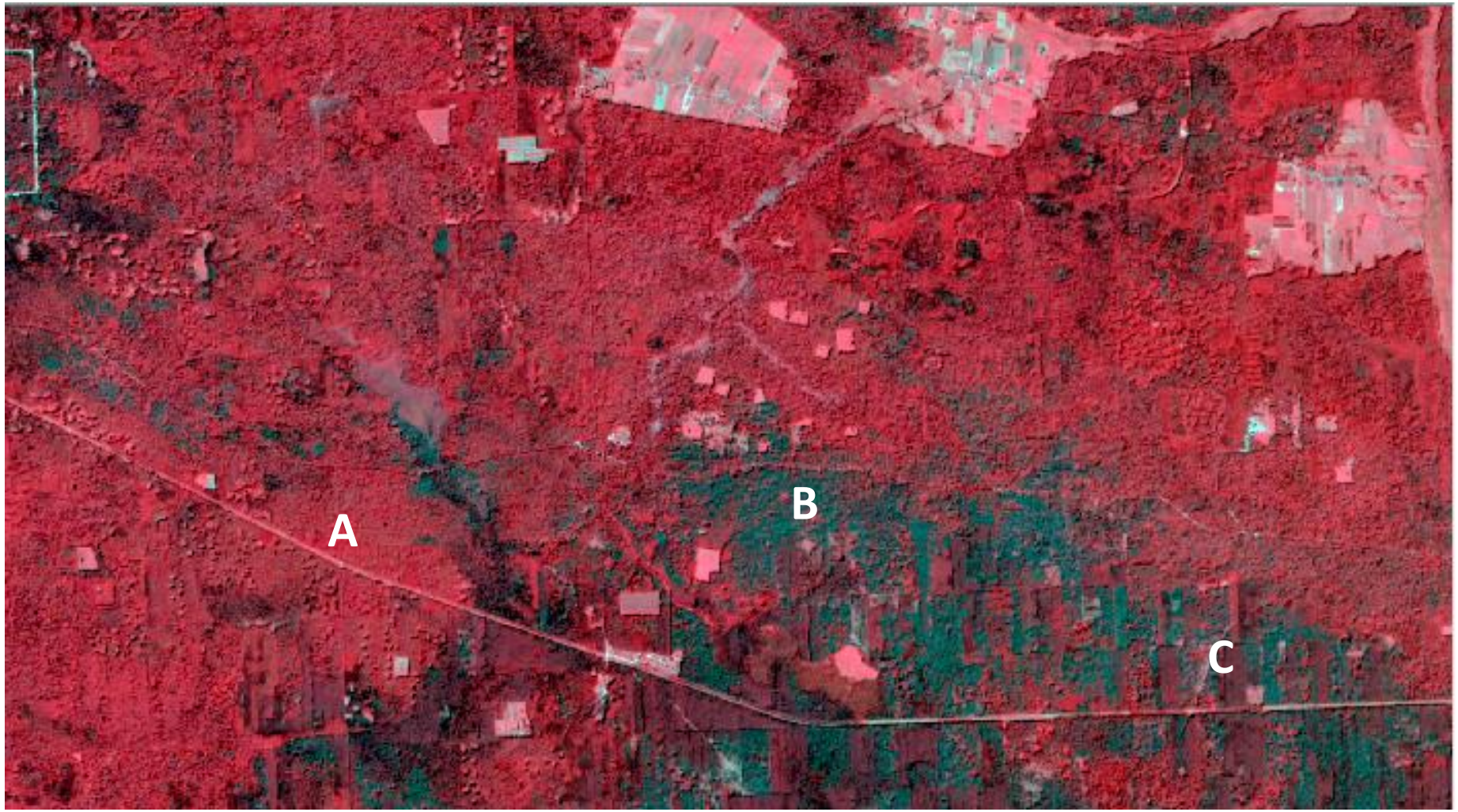
Vegetation analysis
Kompozycja B11, B8A, B4

Zamieranie drzewostanów świerkowych – Puszcza Białowieska (2016)



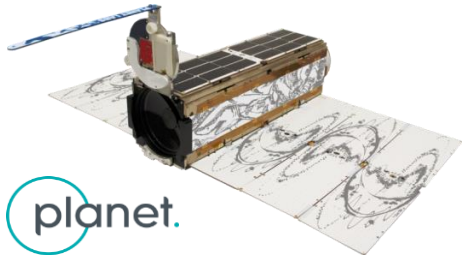
Kompozycja CIR (432) PlanetScope Dove (GSD 3,0 m; 19.08.2016):

- drzewostany grądowe (gatunki liściaste) kolor czerwony (A);
- zamierające d-stany świerkowe kolor: szaro-zielony (B);
- żywe/zdrowe d-stany iglaste kolor ciemno-czerwony (C).



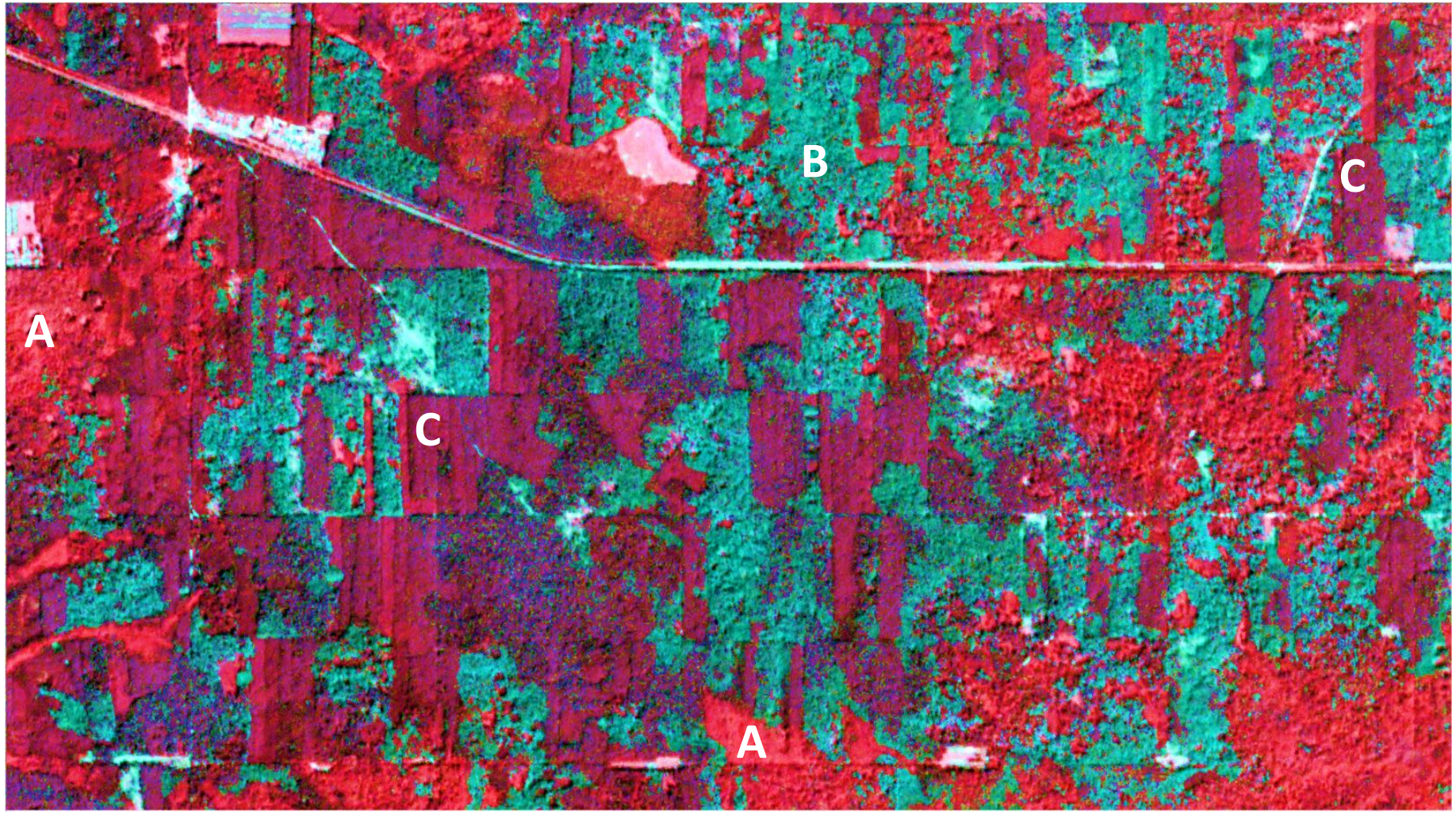
Źródło: ProGea 4D, Planet 2016

Zamieranie drzewostanów świerkowych – Puszcza Białowieska (2016)



Kompozycja CIR (432) PlanetScope Dove (GSD 3,0 m; 19.08.2016):

- drzewostany grądowe (gatunki liściaste) kolor czerwony (A);
- zamierające d-stany świerkowe kolor: szaro-zielony (B);
- żywe/zdrowe d-stany iglaste kolor ciemno-czerwony (C).

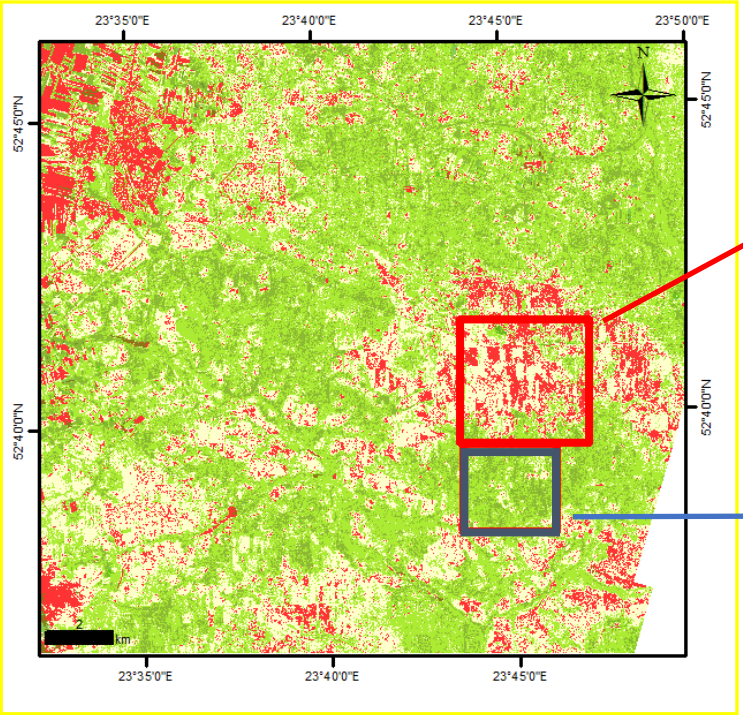


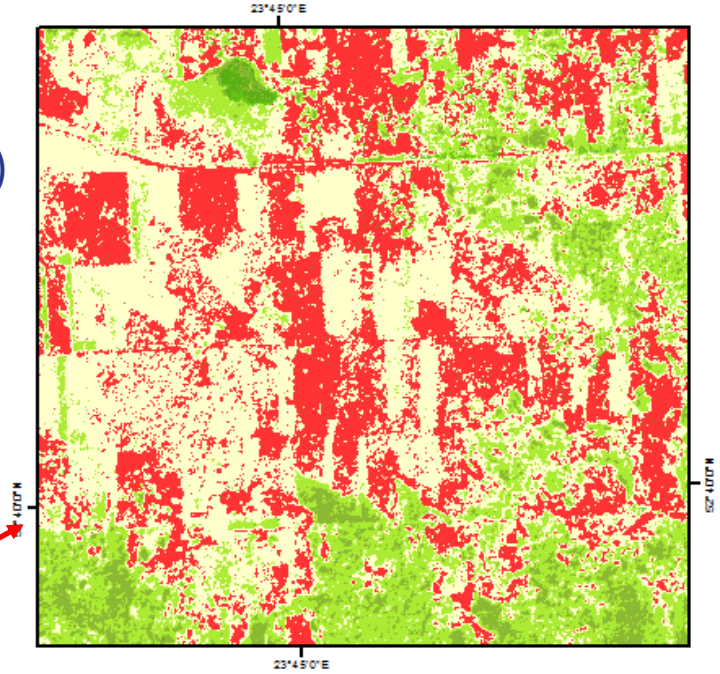
Źródło: ProGea 4D, Planet 2016

Zamieranie drzewostanów świerkowych – Puszcza Białowieska (2016)

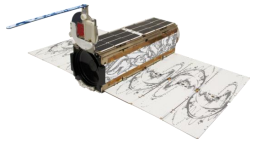
Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności (ang. NDVI) – określa kondycję drzewostanów (zakres: <-1;1>)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

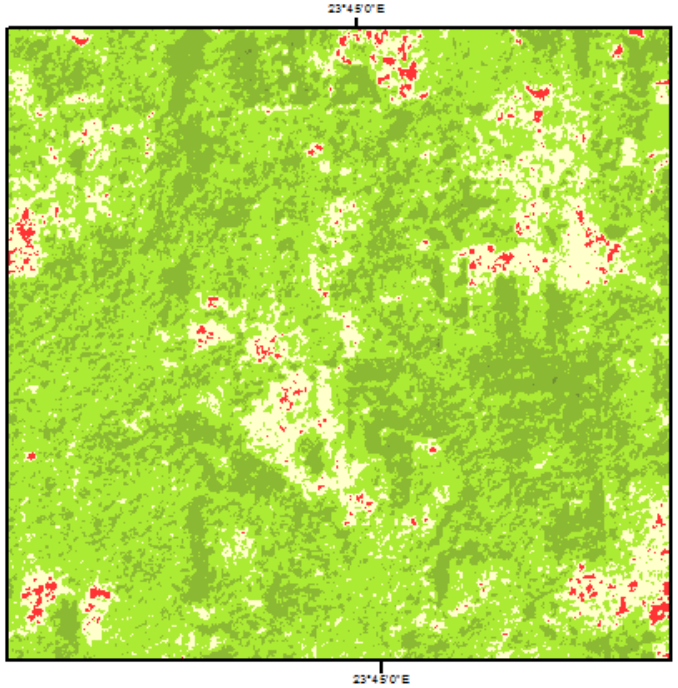




Kolor czerwony: drzewostany martwe i zamierające z przeważającym udziałem świerka pospolitego (*Picea abies* K.). Wskaźnik NDVI < 0,3

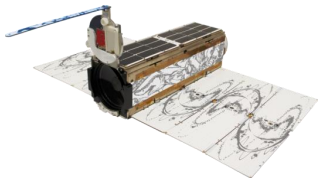


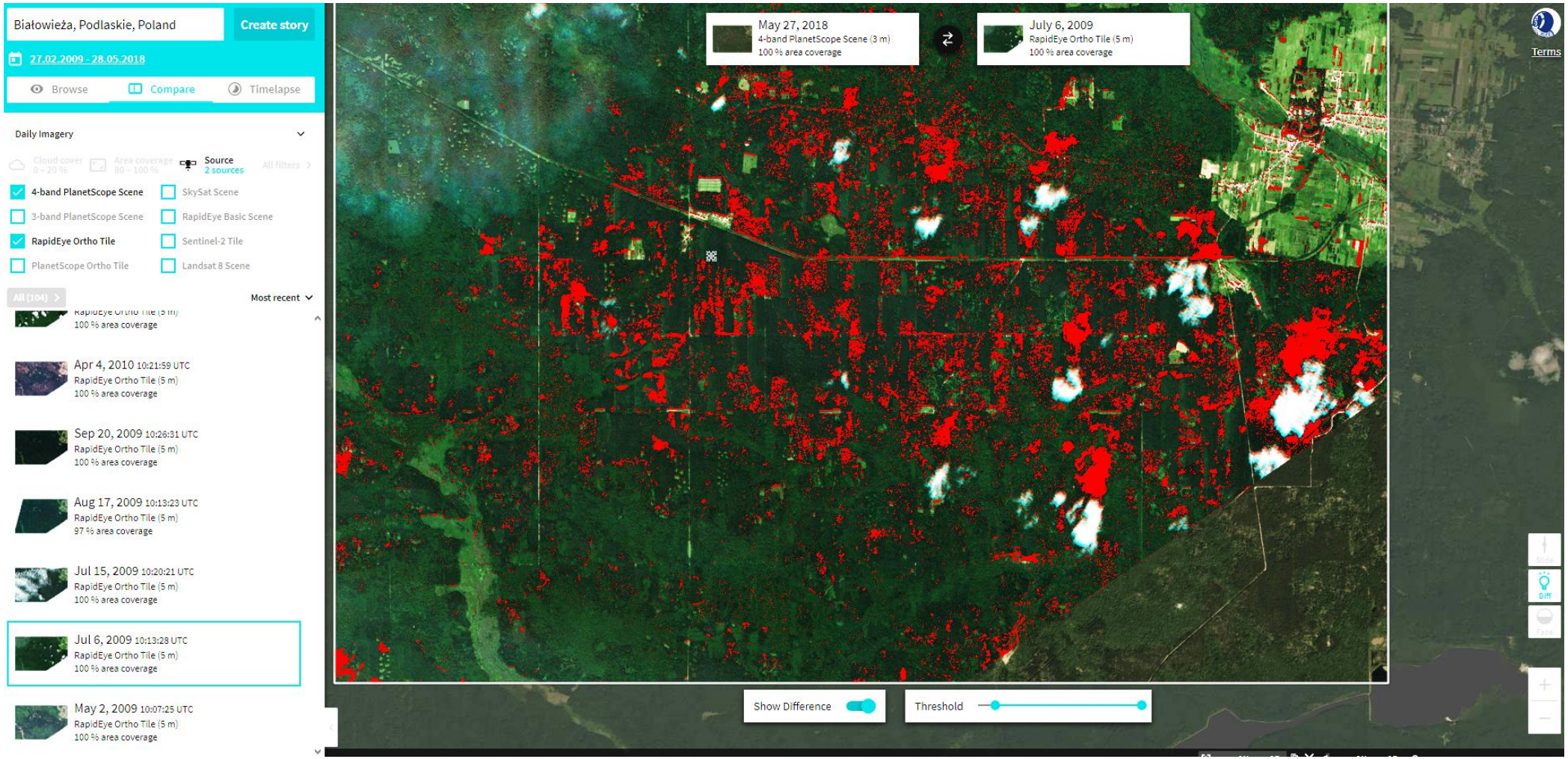
Kolor zielony (NDVI > 0,7) zdrowe d-stany z przewagą olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L.)



Źródło: ProGea 4D, Planet 2016

PlanetScope Dove – analizy zamierania drzewostanów, lata 2009-2018



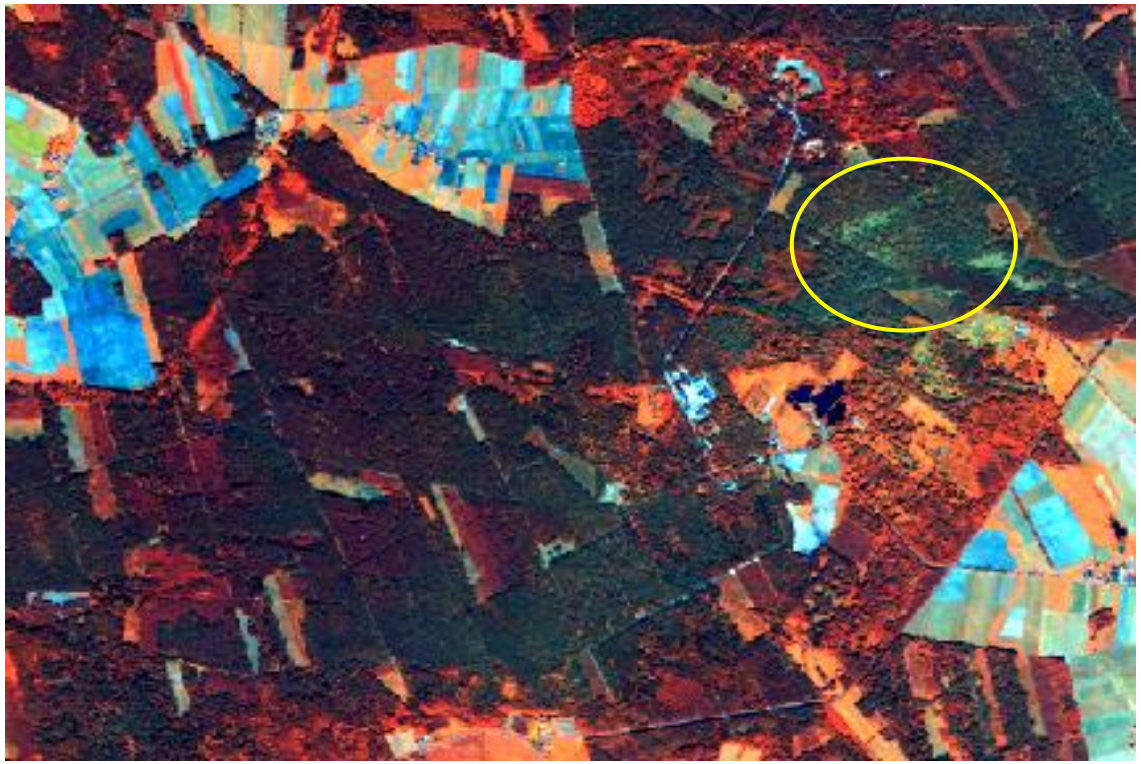


Aplikacja Planet Explorer – analizy on-line w chmurze Planet Labs.

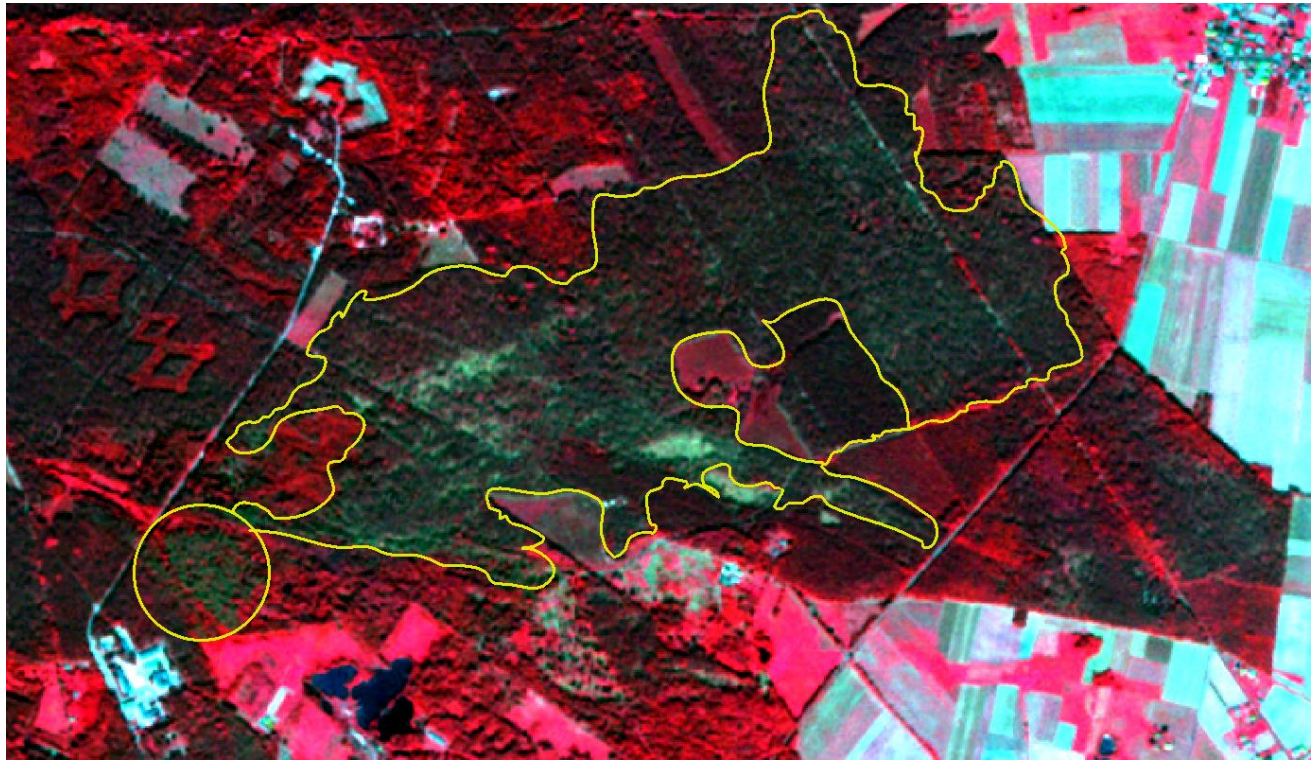
Źródło: ProGea 4D, Planet 2016

Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów – RapidEye (GSD 5,0 m)

Klasyfikacja uszkodzeń drzewostanów sosnowych w Nadleśnictwie Lubliniec (RDLP Katowice) wywołanych gradobiciem.



Kompozycja barwna 543 – w żółtym okręgu zamierające drzewostany sosnowe

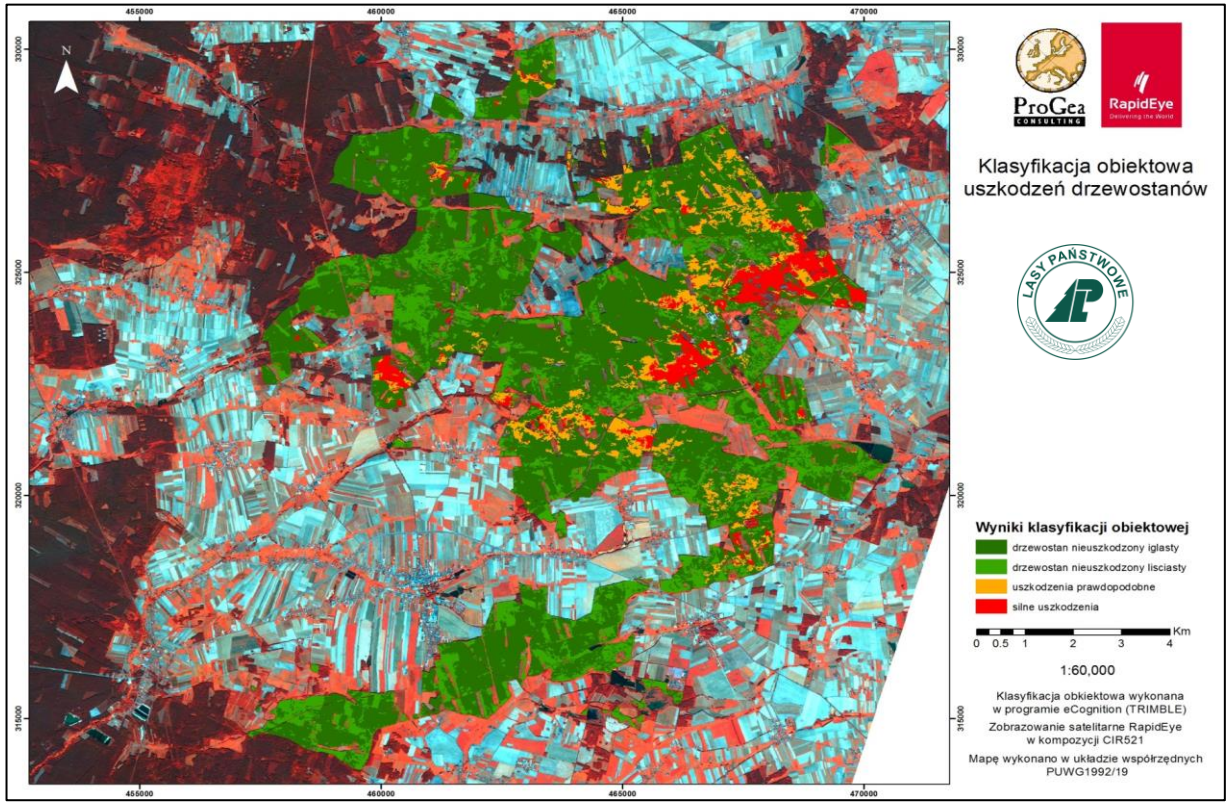


Kompozycja 532 RapidEye (GSD 5,0 m). Kolor ciemno-czerwony drzewostany sosnowe w dobrej kondycji. Kolor zielonkawy – martwe korony sosen. Kolor jasno-czerwony drzewostany liściaste i uprawy rolnicze.

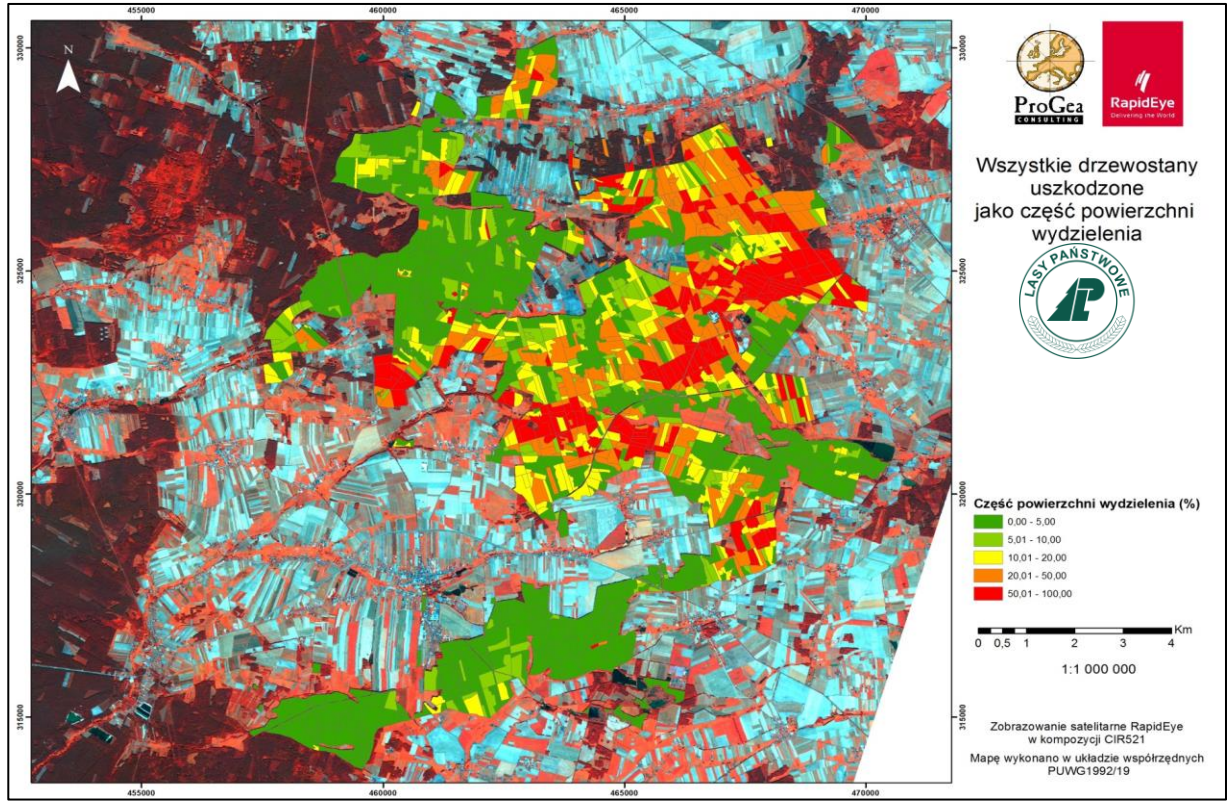
Źródło: ProGea 4D, Planet 2018

Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów – RapidEye (GSD 5,0 m)

Mapy uszkodzenia drzewostanów sosnowych (Pinus sylvestris L) w Nadleśnictwie Lubliniec (RDLP Katowice) spowodowanych gradobiciem – analiza obiektowa GEOBIA obrazów RapidEye (Planet).



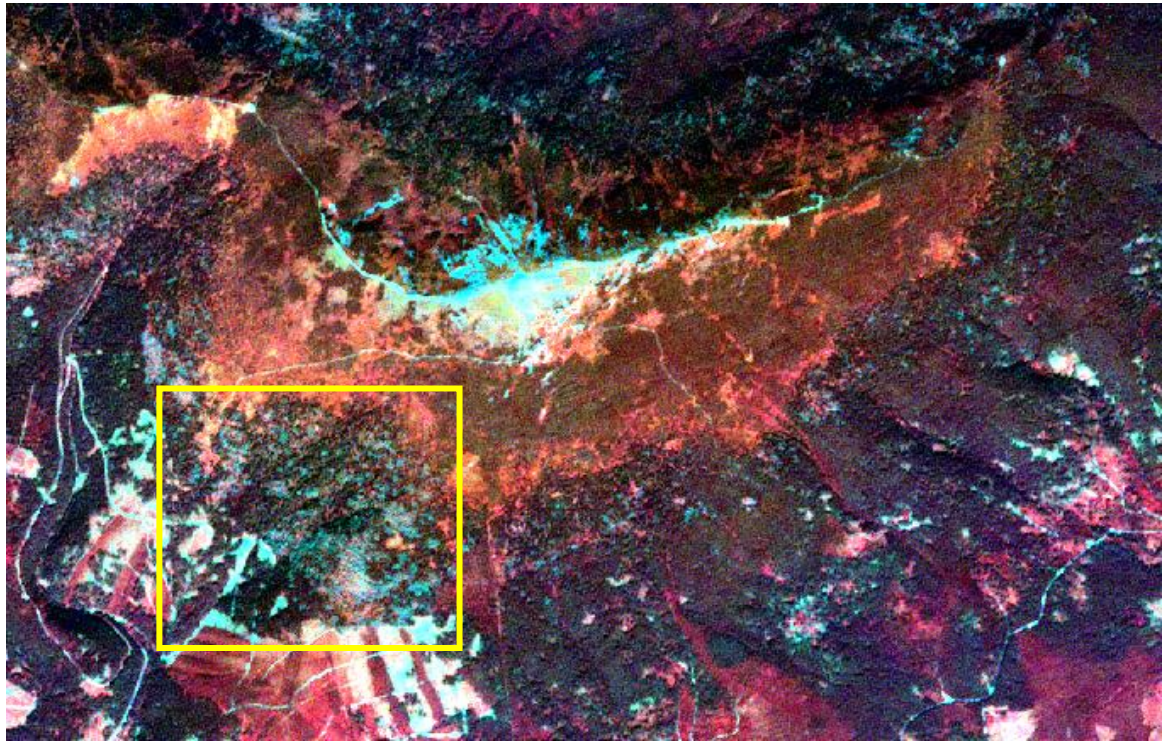
Mapa klas uszkodzeń drzewostanów



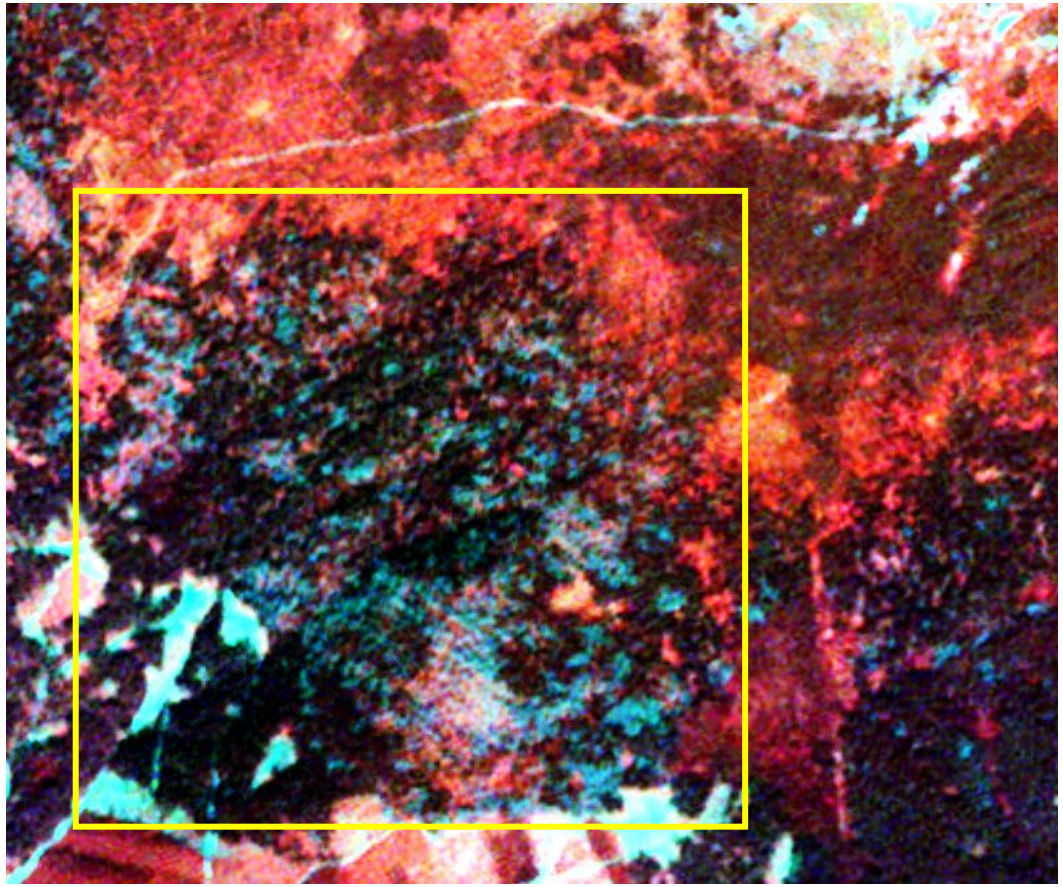
Mapa intensywności uszkodzeń wydzieleń leśnych

Źródło: ProGea 4D, Planet 2020

Zamieranie drzewostanów świerkowych w Beskidach (BgPN) – RapidEye



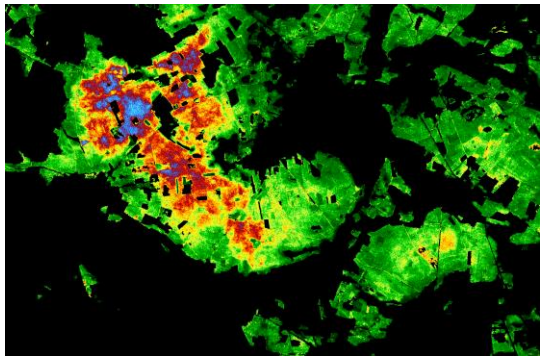
Zamieranie drzewostanów świerkowych na stokach S Babiej Góry w piętrze górnej granicy lasu. Kolor zielonkawy: gniazda kornikowe, zręby sanitarne na Słowacji. Kosodrzewina i roślinności alpejska czerwono-brązowa. Kompozycja RapidEye (GSD 5,0 m 532) – Planet Labs.



Kolor zielonkawy: zamieranie d-stanów świerkowych na południowych stokach Babiej Góry (górna granica lasu).

Źródło: ProGea 4D, Planet 2020

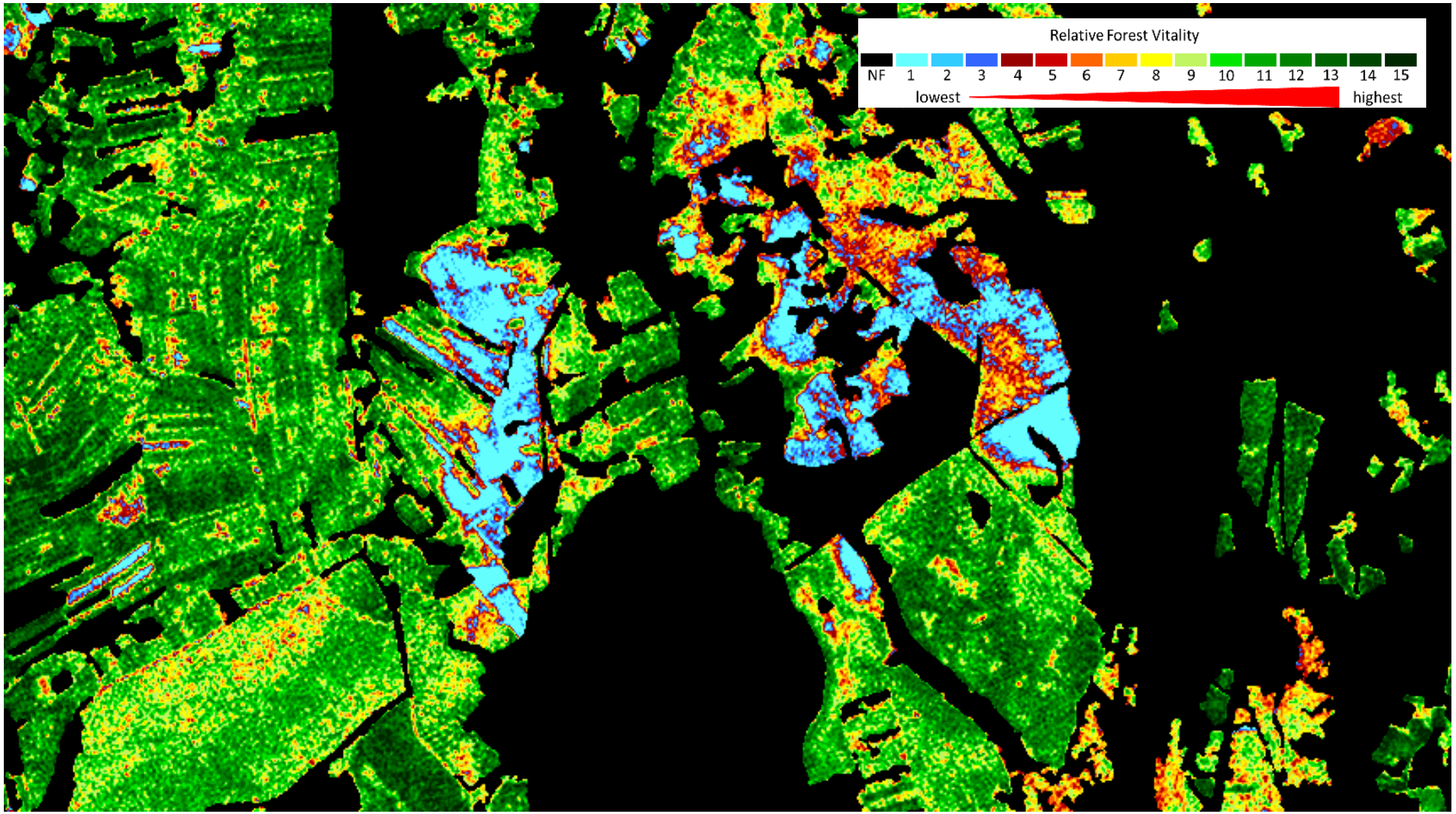
Monitoring zdrowotności lasu – RapidEye (Planet) Indeks witalności



Forest Vitality Index (FVI):

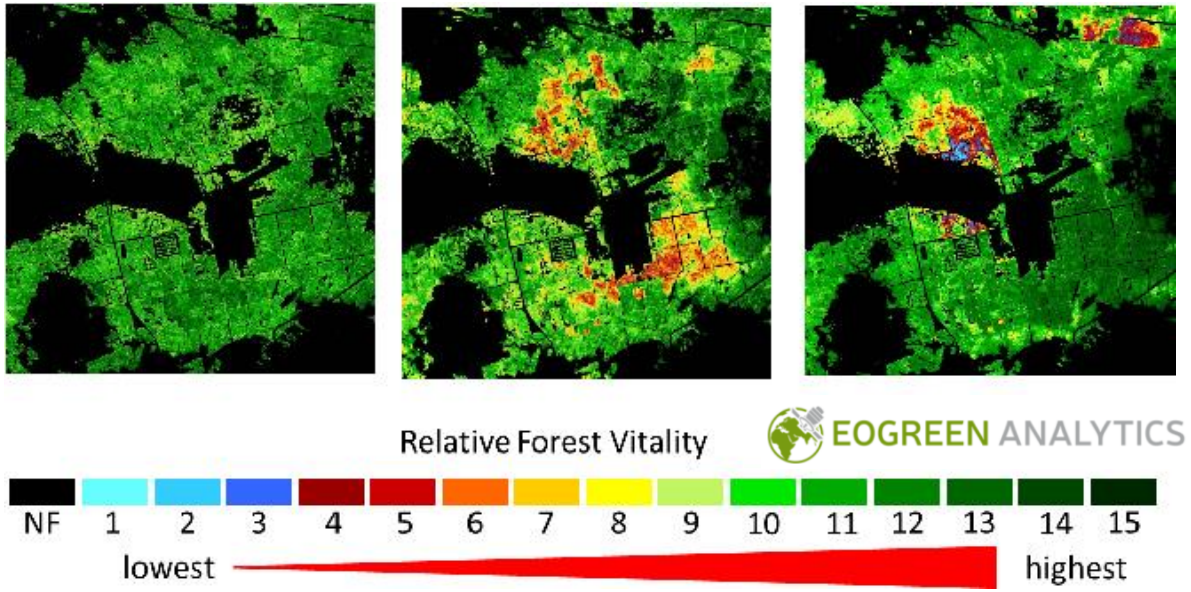
- bazuje na obrazach RapidEye (Planet)
- monitoring gradacji foliofagów w monokulturach sosnowych w Brandenburgii
- produkt firmy zewnętrznej.

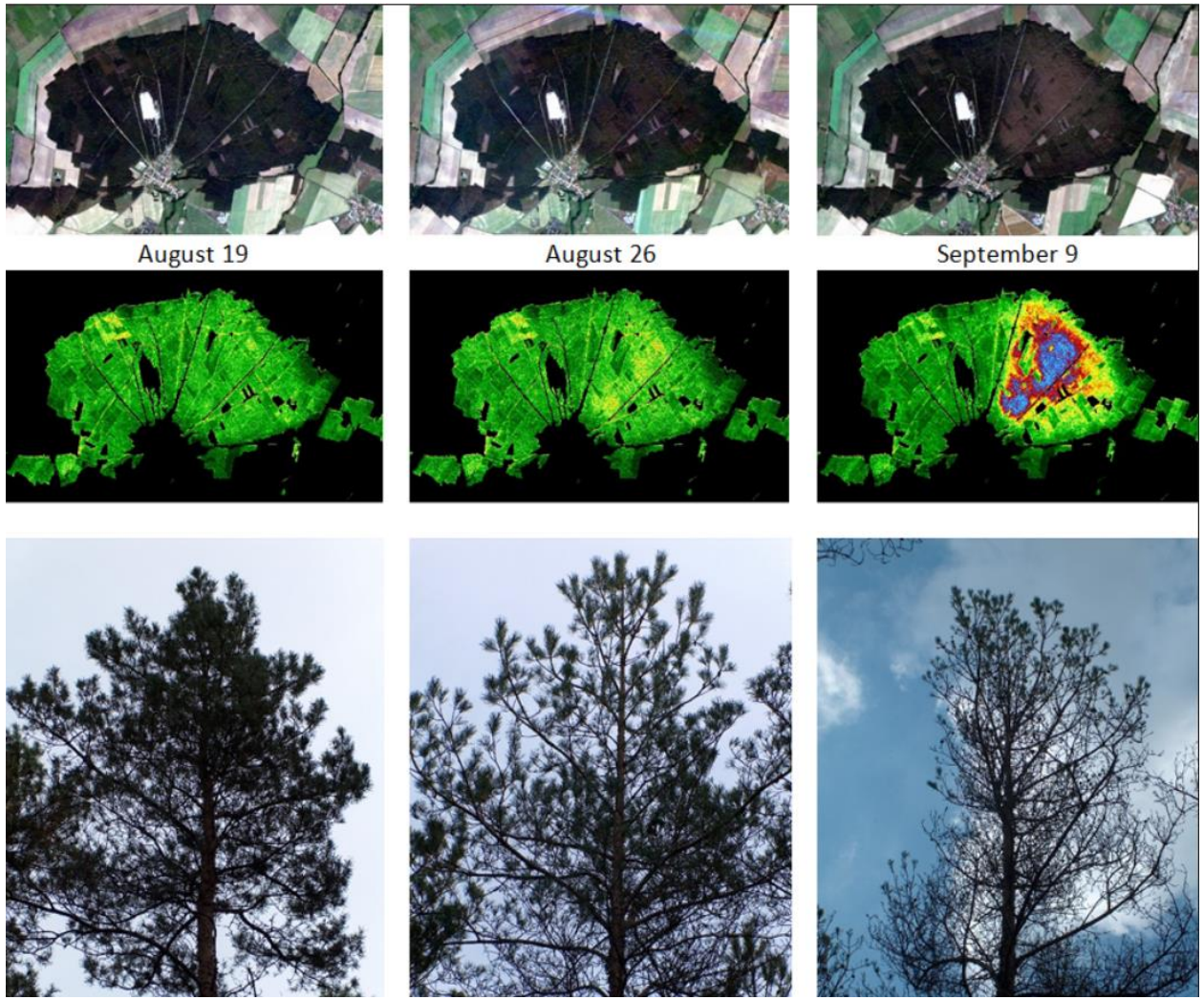
EOGREEN ANALYTICS



Źródło: EO Gren Analytics; Planet 2020

Monitoring zdrowotności lasu – RapidEye (Planet) Indeks witalności





Stadia defoliacji korony sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.)

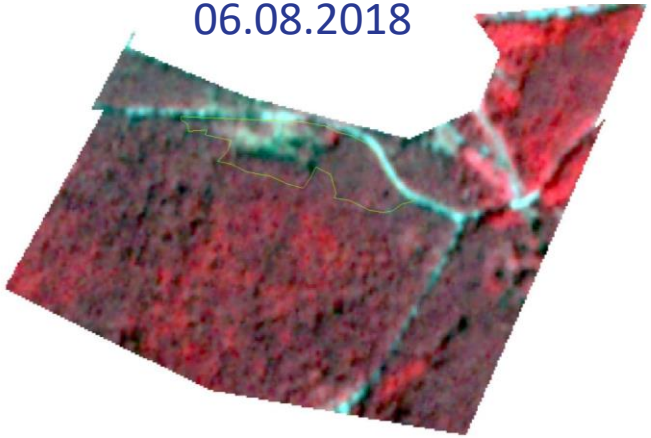
Źródło: A. Marx i inni, 2017

PlanetScope Dove
– zamieranie sosny, zmiany wskaźnika NDVI (RDLP Radom)

CIR

01.08.2017

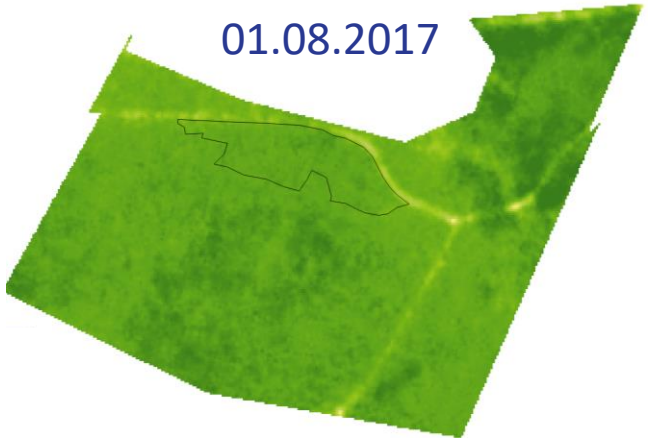
06.08.2018



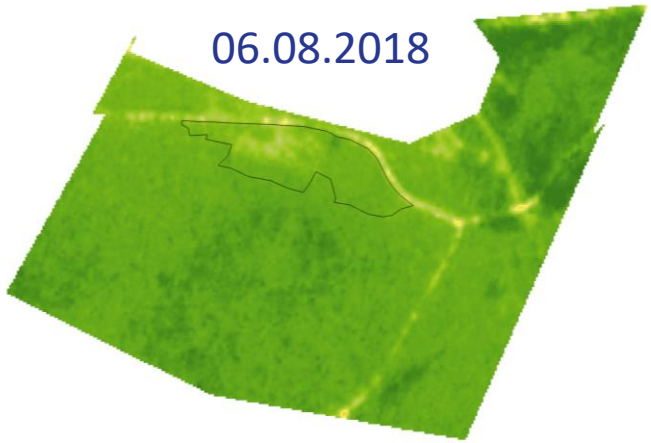
15.10.2018

NDVI

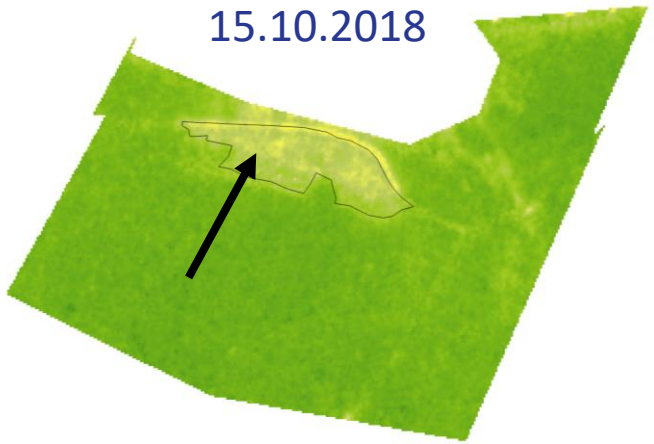
01.08.2017



06.08.2018



15.10.2018



Legenda

NDVI

- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.3
- 0.3 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.6
- 0.6 - 0.7
- 0.7 - 0.8
- 0.8 - 0.9
- 0.9 - 1.0

Źródło: ProGea 4D, Planet 2020

PlanetScope Dove – Klasyfikacja uszkodzonych drzewostanów sosnowych od foliofagów (Borecznik sosowiec – Diprion pini)

Uszkodzenia drzewostanów sosnowych w Nadleśnictwie Grodziec (ciemny kolor po prawej) spowodowane gradacją Borecznika sosnowca

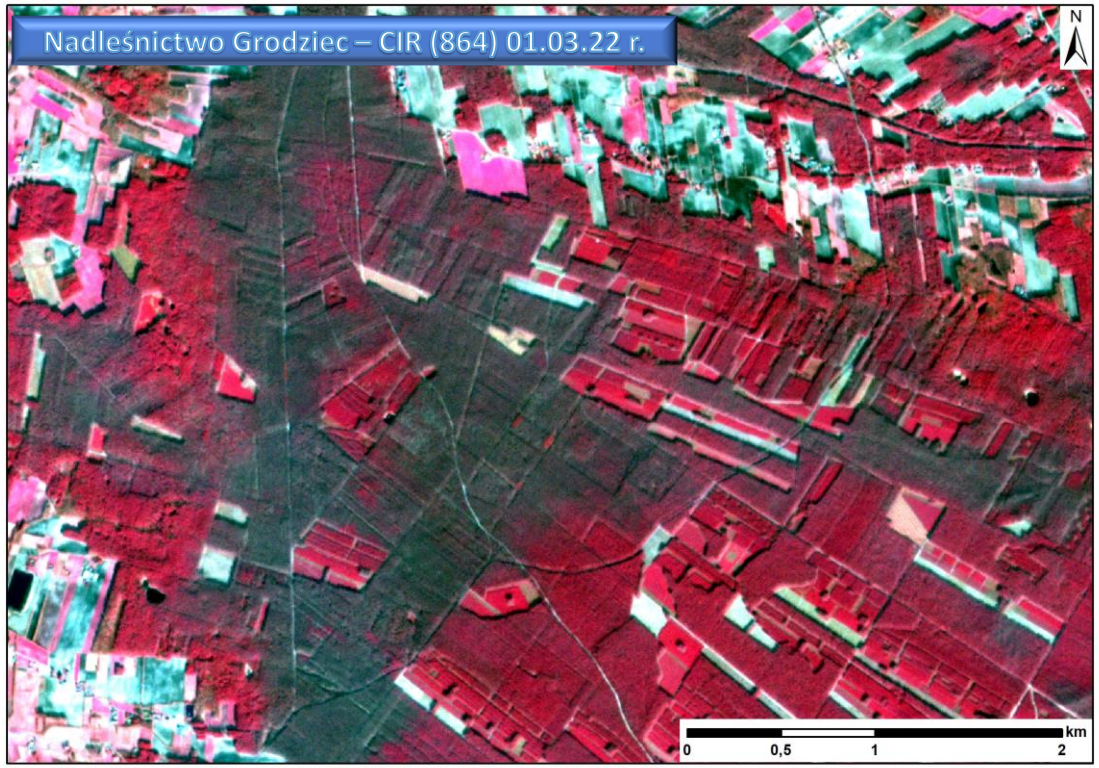
(*Źródło: ProGea 4D, Planet 2022*)

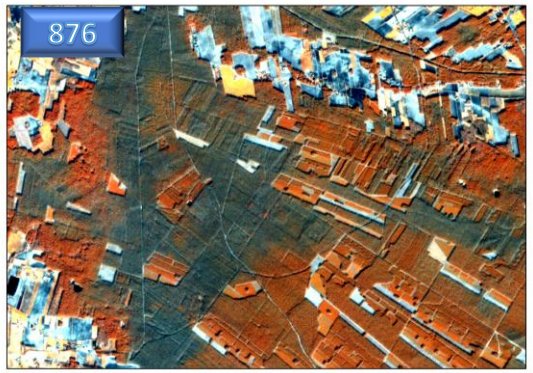
N

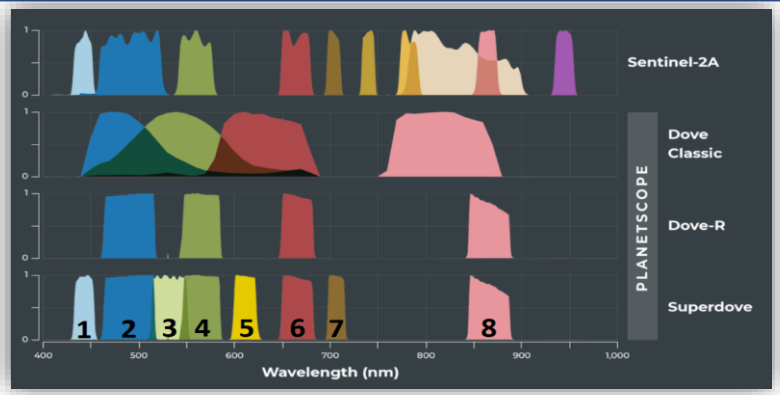
Uszkodzone drzewostany, larwy i imago Borecznika sosnowca

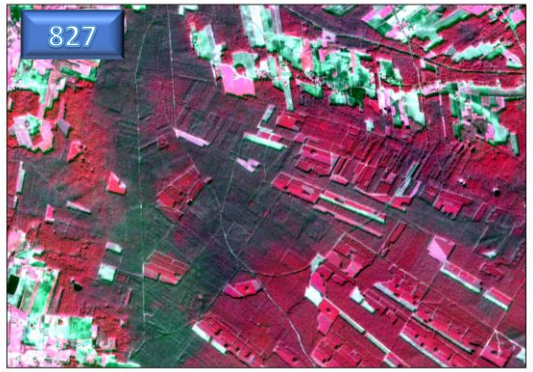
(*Źródło: Nadleśnictwo Grodziec 2022*)

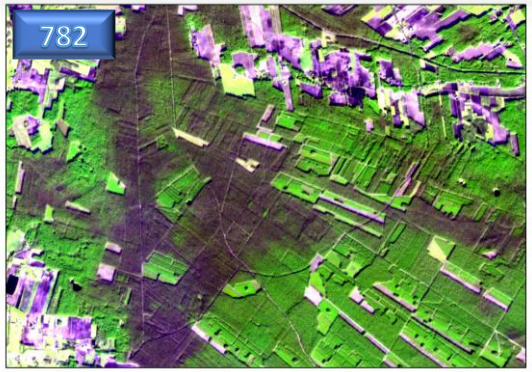
PlanetScope Dove – 8 kanałów spektralnych

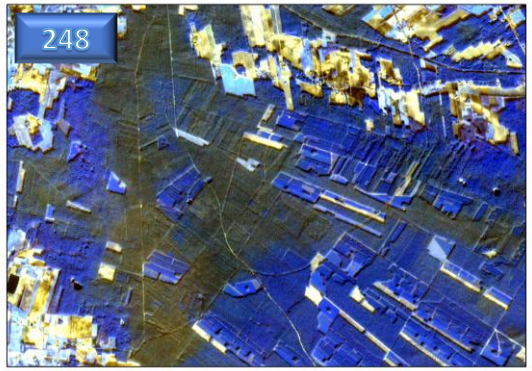


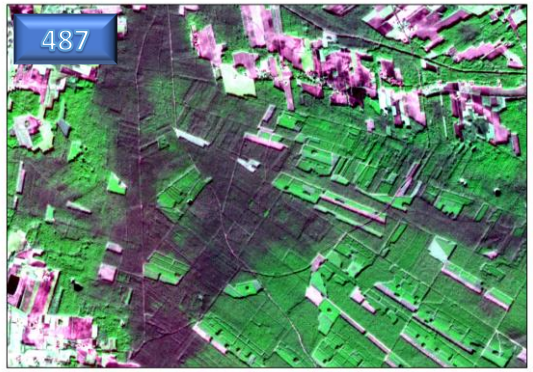


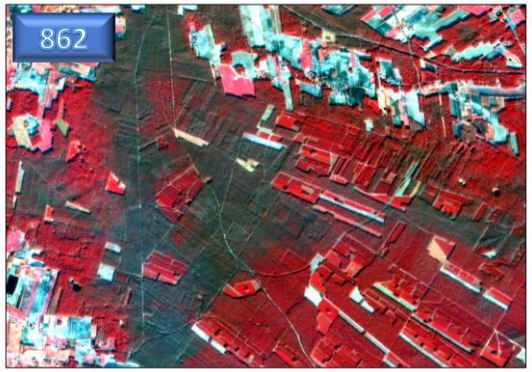






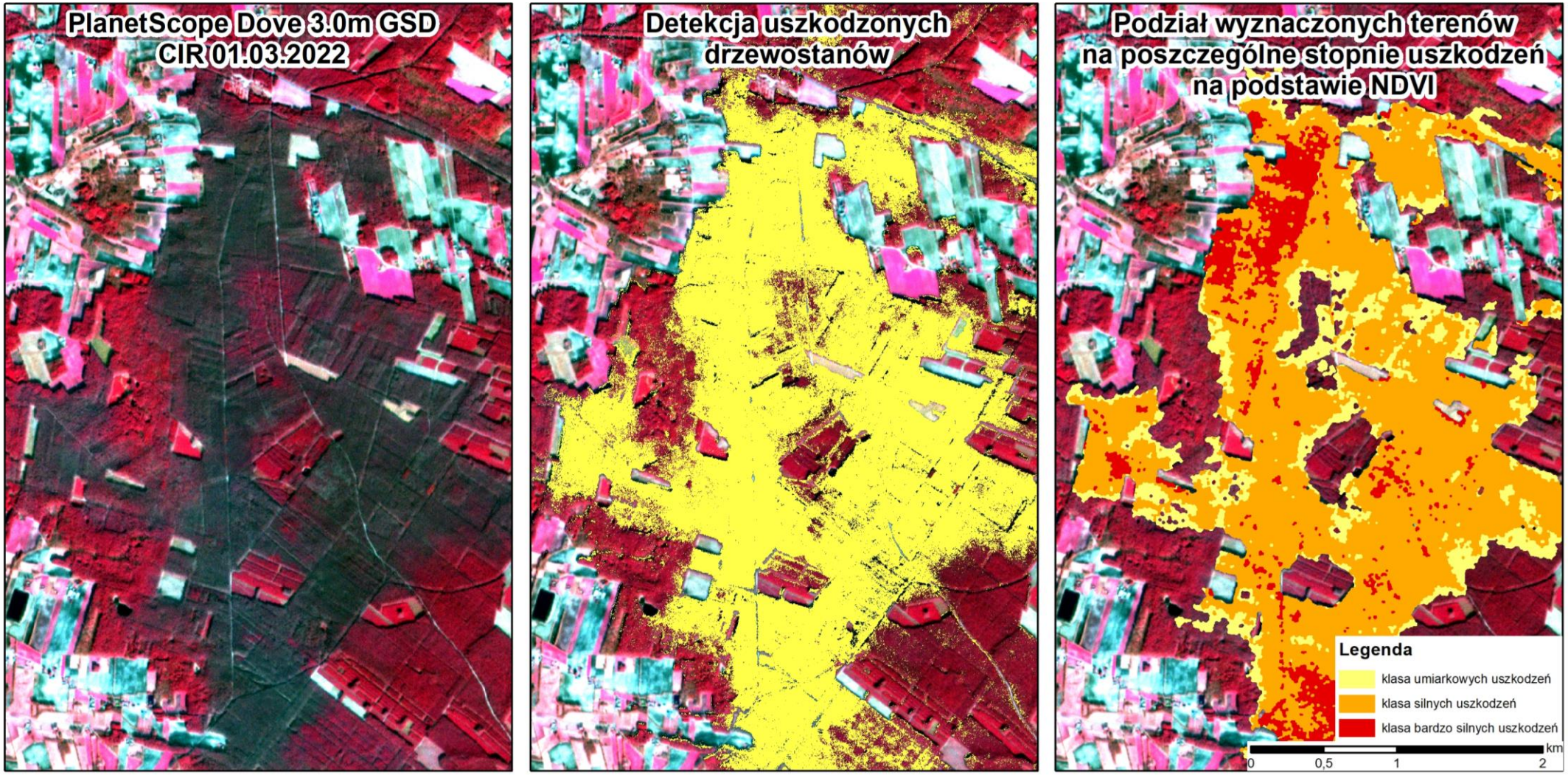






Źródło: ProGea 4D, Planet Labs 2022

PlanetScope Dove – Klasyfikacja uszkodzonych drzewostanów sosnowych od foliofagów (Borecznik sosowiec – Diprion pini).



Klasyfikacja uszkodzeń drzewostanów sosnowych od Borecznika sosnowca w Nadleśnictwa Grodziec (RDLP Poznań)

Źródło: ProGea 4D, Planet Labs. 2022

AxelGlobe od Axelspace

Cecha	Opis		
Liczba satelitów	5 (na stan: 08.2021)		
Wysokość orbity	585 km, Orbita heliosynchroniczna		
Czas przejścia przez równik	10:40-11:00 (czasu lokalnego)		
Kanały spektralne	Band ID	Nazwa	Zakres długości fali (nm)
	band0	Panchromatic	450-900
	band1	Blue	450-505
	band2	Green	515-585
	band3	Red	620-685
	band4	Red Edge	705-745
	band5	Near InfraRed	770-900
Rozdzielczość przestrzenna (nadir) GSD [m]	Panchromatyczny (PAN): 2.5 m lub mniej Multispektralny (MS) : 5.0 m lub mniej		
Szerokość pasma [km]	55 km lub więcej		
Rozdzielczość radiometryczna	12 bit/piksel		

Od czerwca 2021 r. na konstelację AxelGlobe składa się pięć satelitów GRUS, która będzie w przyszłości rozbudowana.

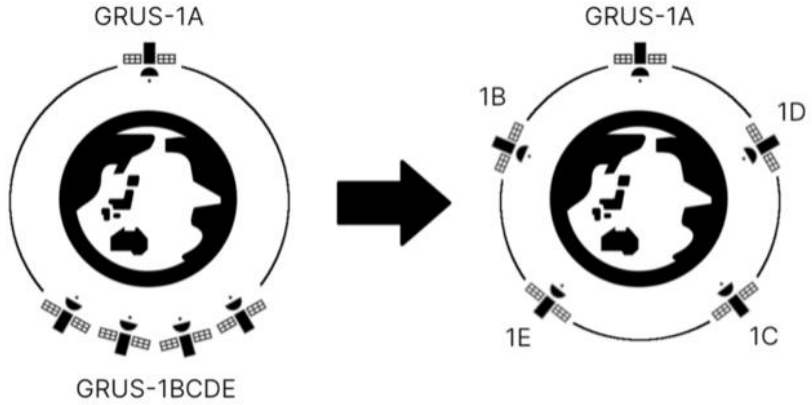
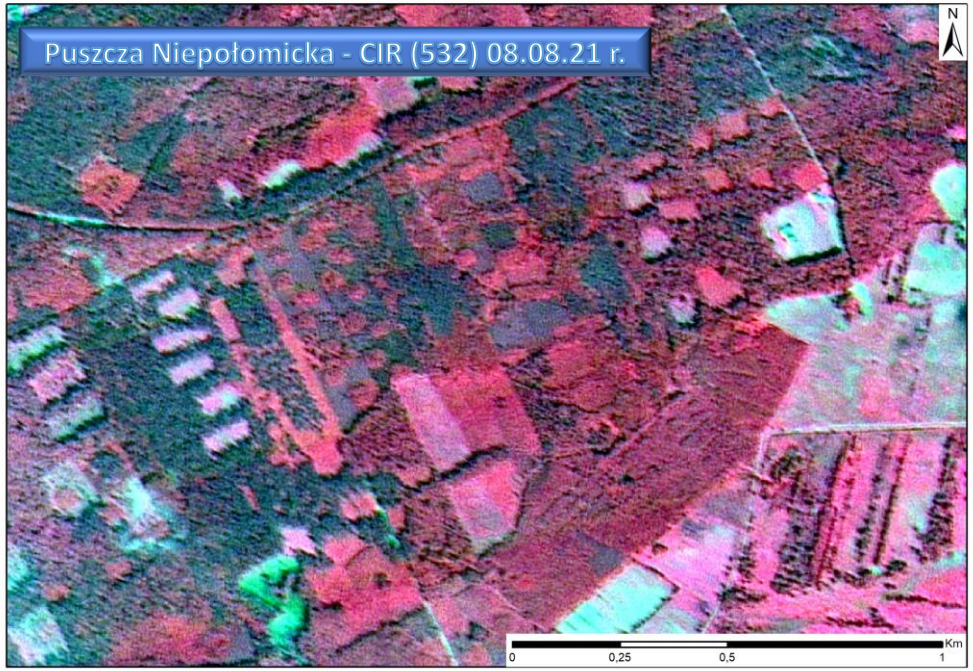


図3: フェージング

AXELSPACE

Źródło: Axelspace 2022

AxelGlobe od Axelspace – przykłady zobrazowań



AXELSPACE

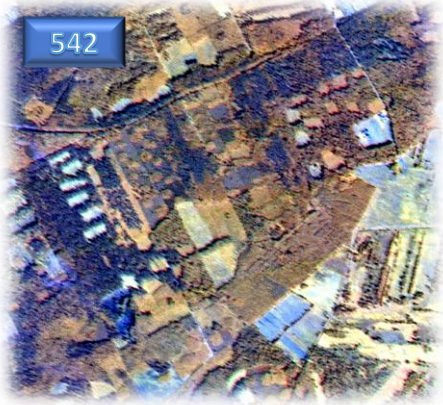
1 – Blue

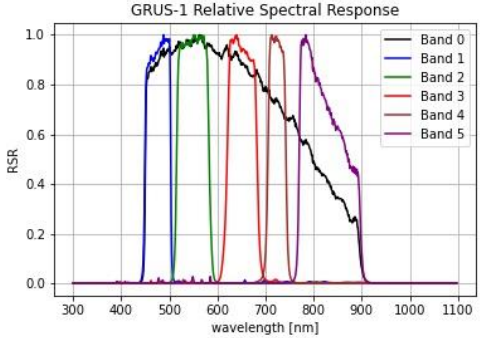
2 – Green

3 – Red

4 – RedEdge

5 – NIR





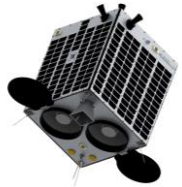
Źródło: ProGea 4D, Axelspace 2022

AxelGlobe – aktualizacja Leśnej Mapy Numerycznej

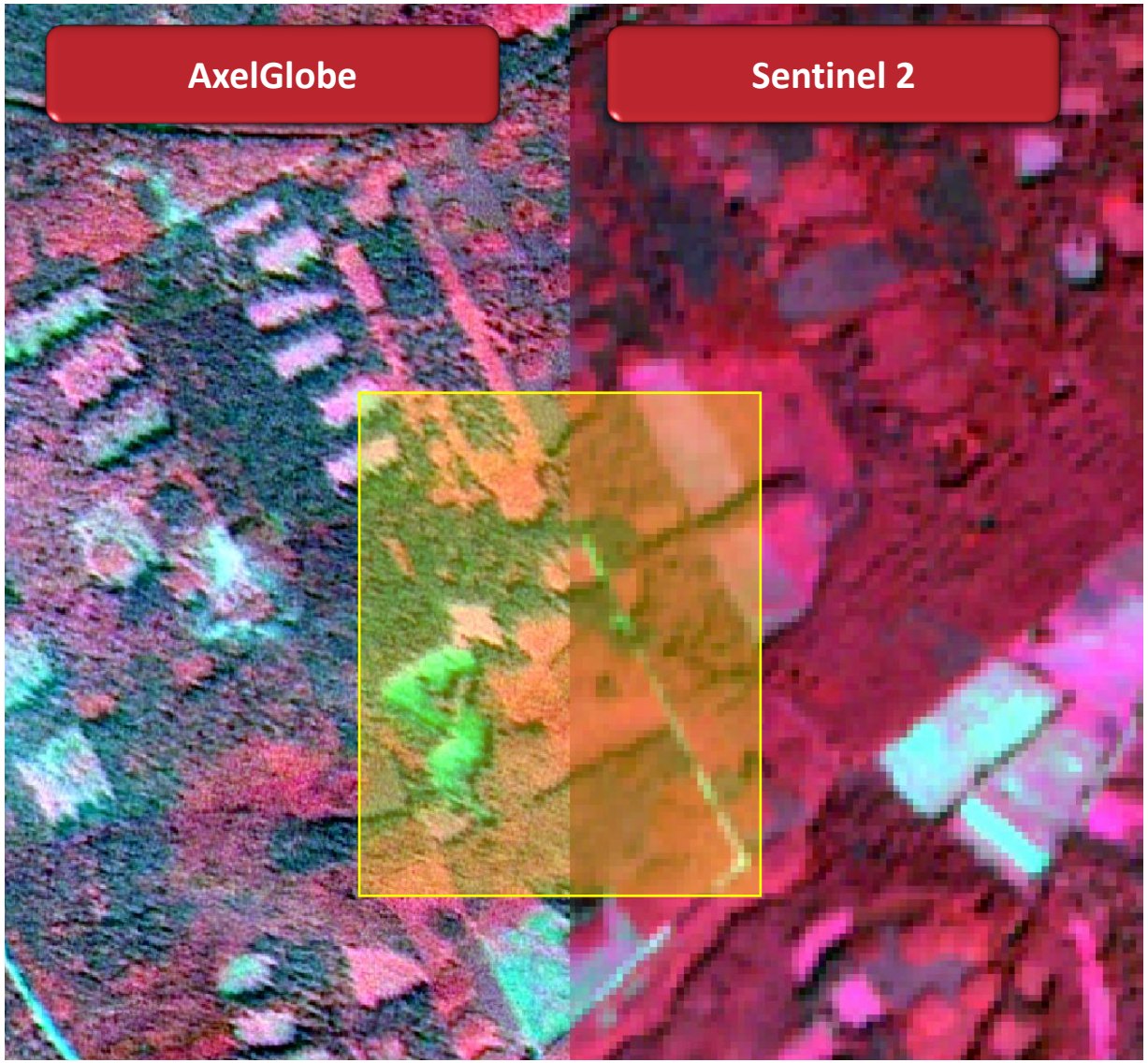
AXELSPACE

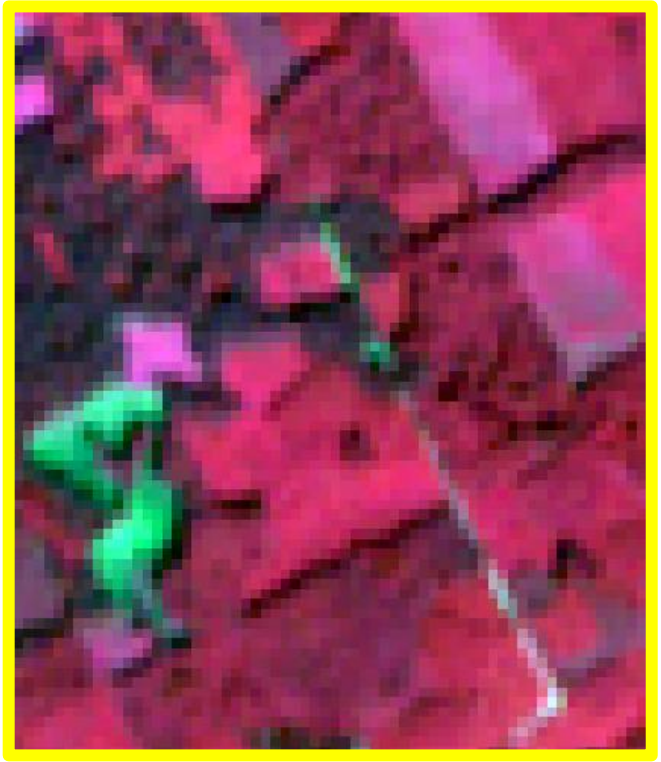
Źródło: ProGea 4D, Axelspace, BDL 2022

Axelspace vs Sentinel 2



2,5 m GSD 08.08.21

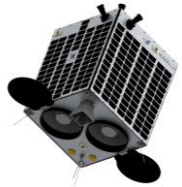




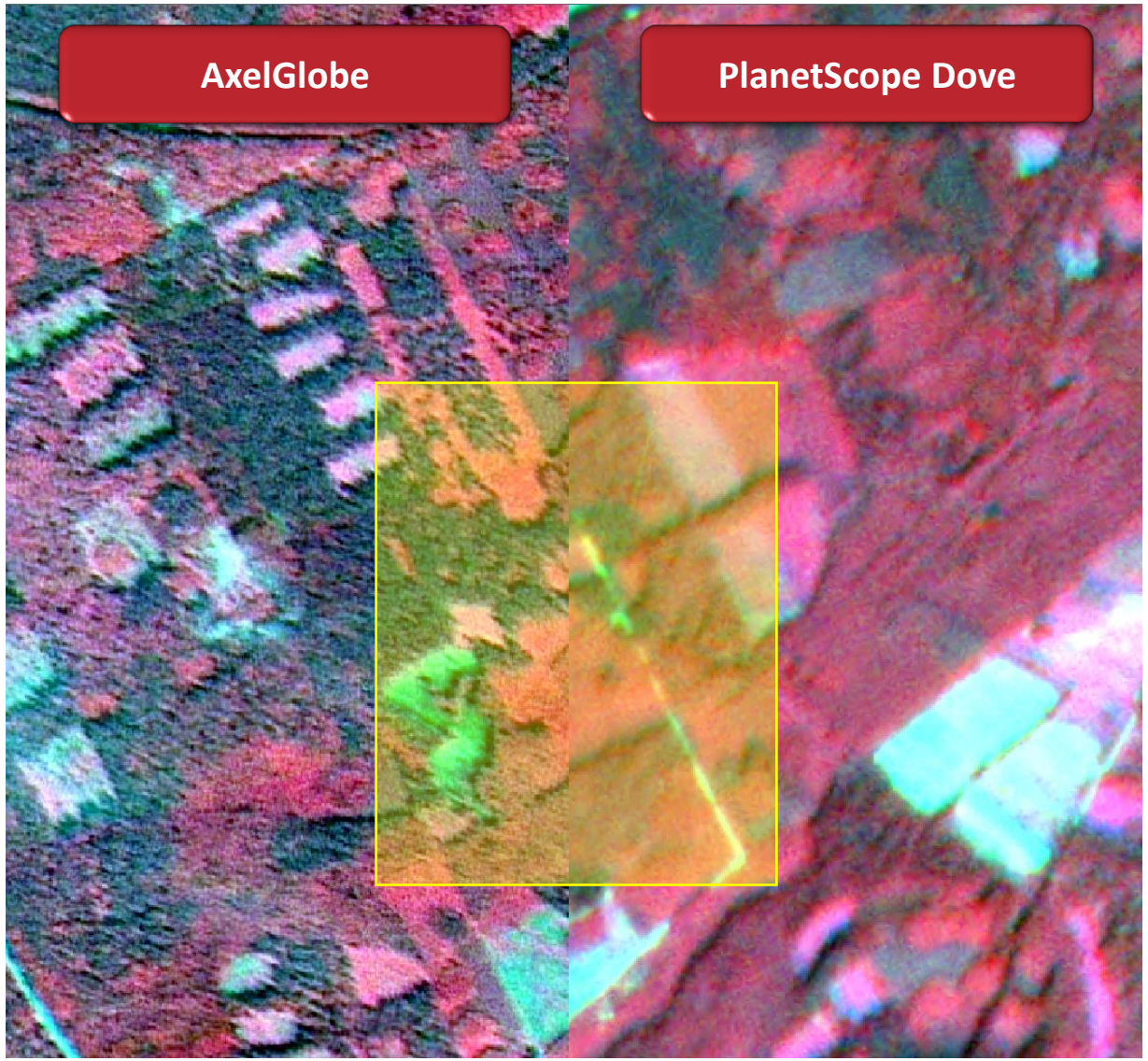
10,0 m GSD 10.08.21

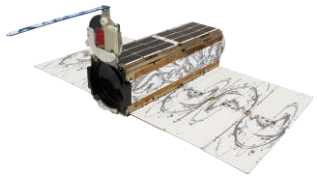
Źródło: ProGea 4D, Axelspace, ESA 2022

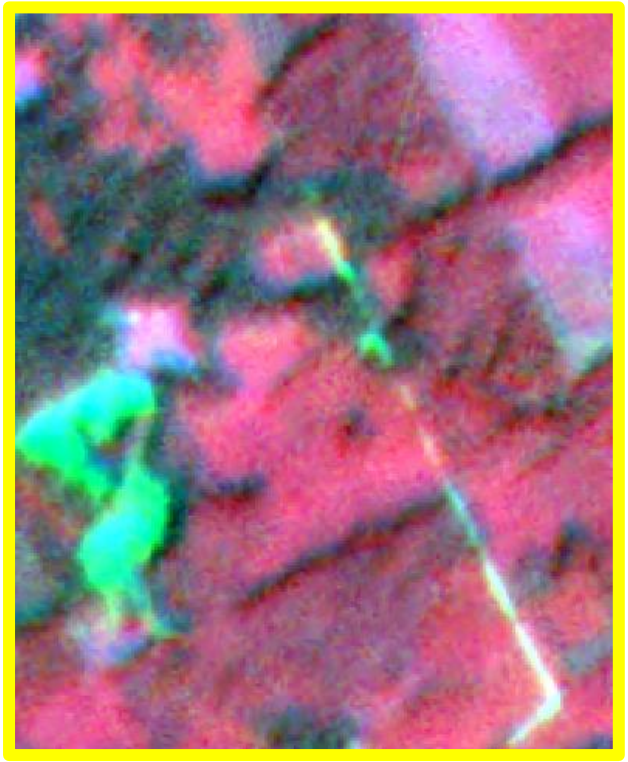
Axelspace vs PlanetScope Dove



2,5 m GSD 08.08.21





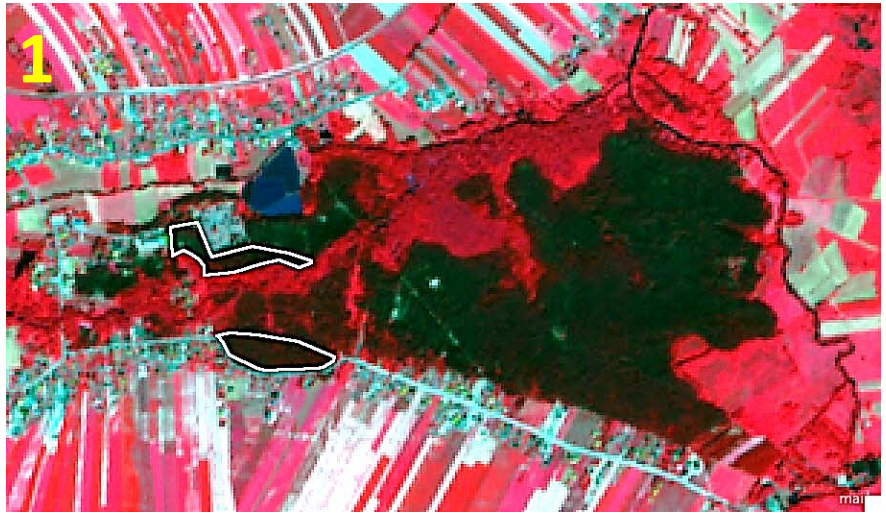


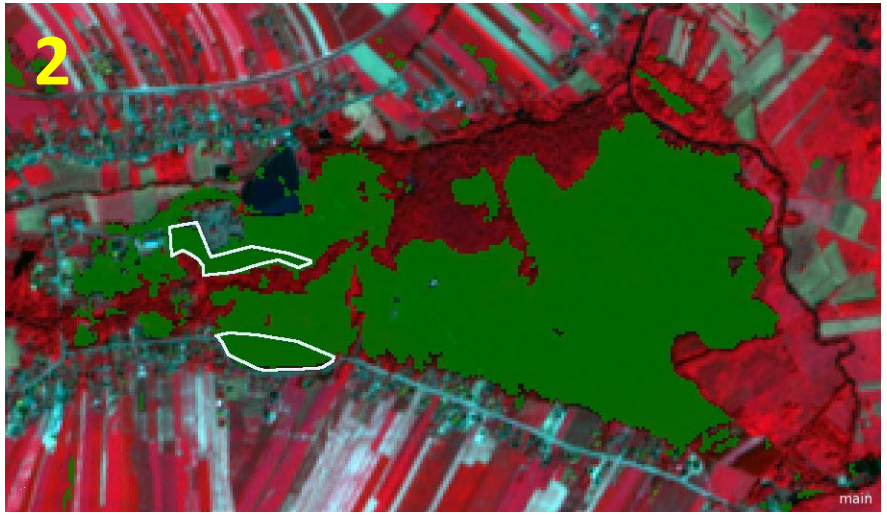
3,0 m GSD 08.08.21

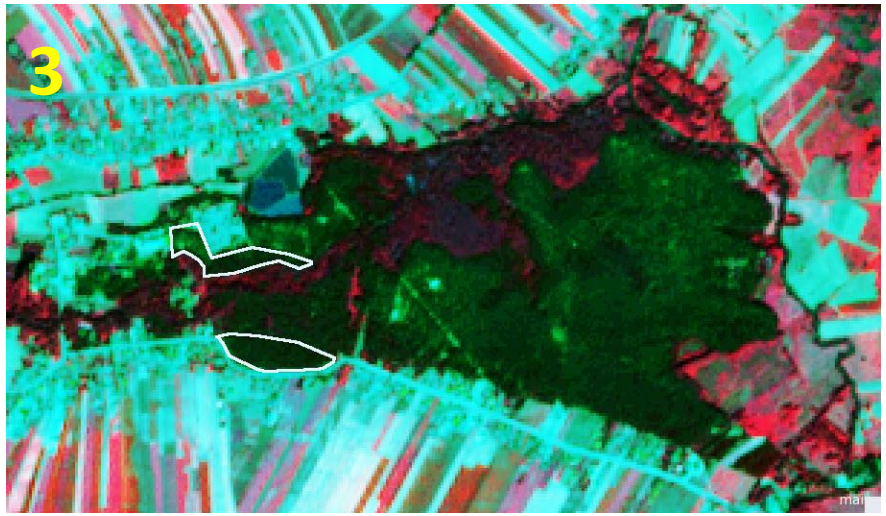
Źródło: ProGea 4D, Axelspace, Planet Labs

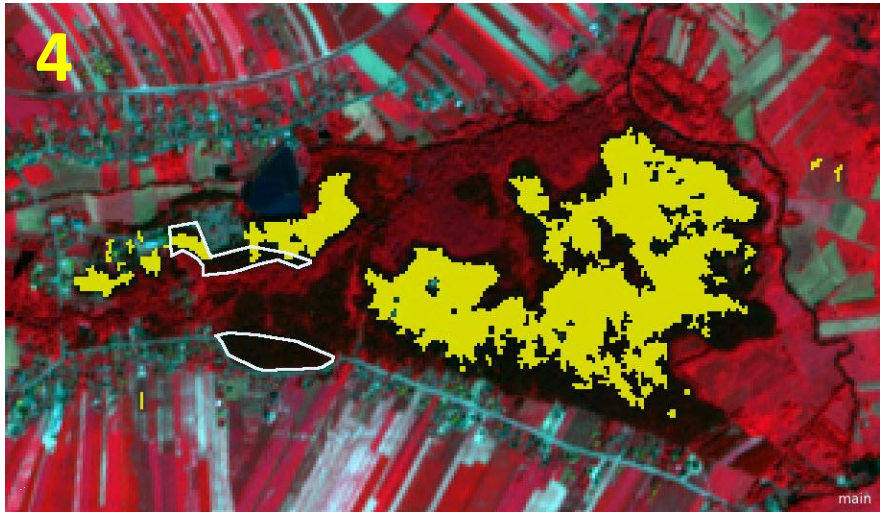
Sentinel-2 (ESA)
– klasyfikacja gatunków drzew oraz ich kondycji zdrowotnej

1. Klasyfikacja Sentinel-2 (ESA) na podstawie analiz charakterystyk spektralnych gatunku drzewa. Kompozycja CIR: kolor ciemno-czerwony (niemal czarny – drzewostany sosnowe.
2. Klasyfikacja sosny zwycz. (zielona maska).
3. Przycięcie histogramu i wizualizacja d-stanów sosnowych w różnych klasach defoliacji.
4. Kolor żółty – drzewostany sosnowe o złej kondycji zdrowotnej.





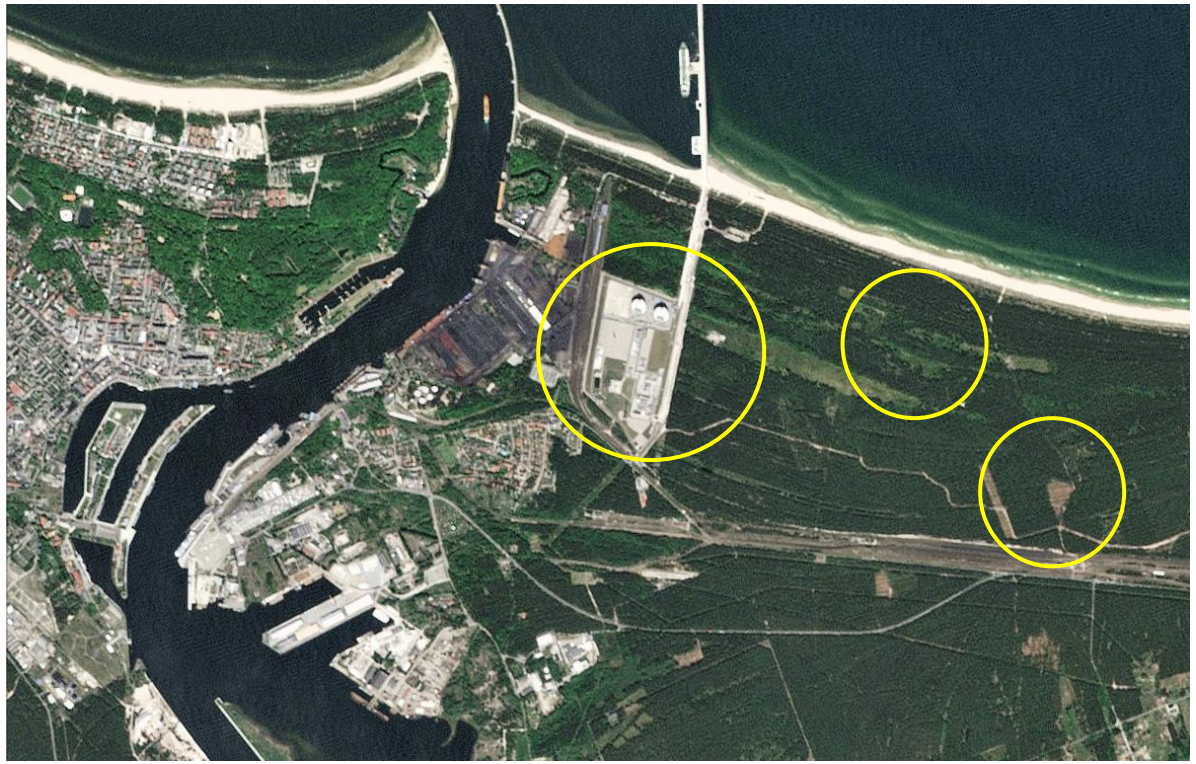




Źródło: Hawryło, P., 2019

Lasy a inwestycje – budowa gazoportu w Świnoujściu

Kompozycja RGB RapidEye (321; Planet) rejestracja 09.05.2009. Konstelacja 5 satelitów: GSD 5,0 m, rozdzielczość spektralna 5 kanałów (RGB + RedEdge + NIR); rozdzielczość czasowa: 1 dzień.



Kompozycja RGB PlanetScope Dove (GSD 3,0 m). Rejestracja 21.05.2017r. Obrazy Dove: 4 kanały spektralne (RGB + NIR); GSD 3,0 m, codzienna akwizycja danych.

Źródło: ProGea 4D

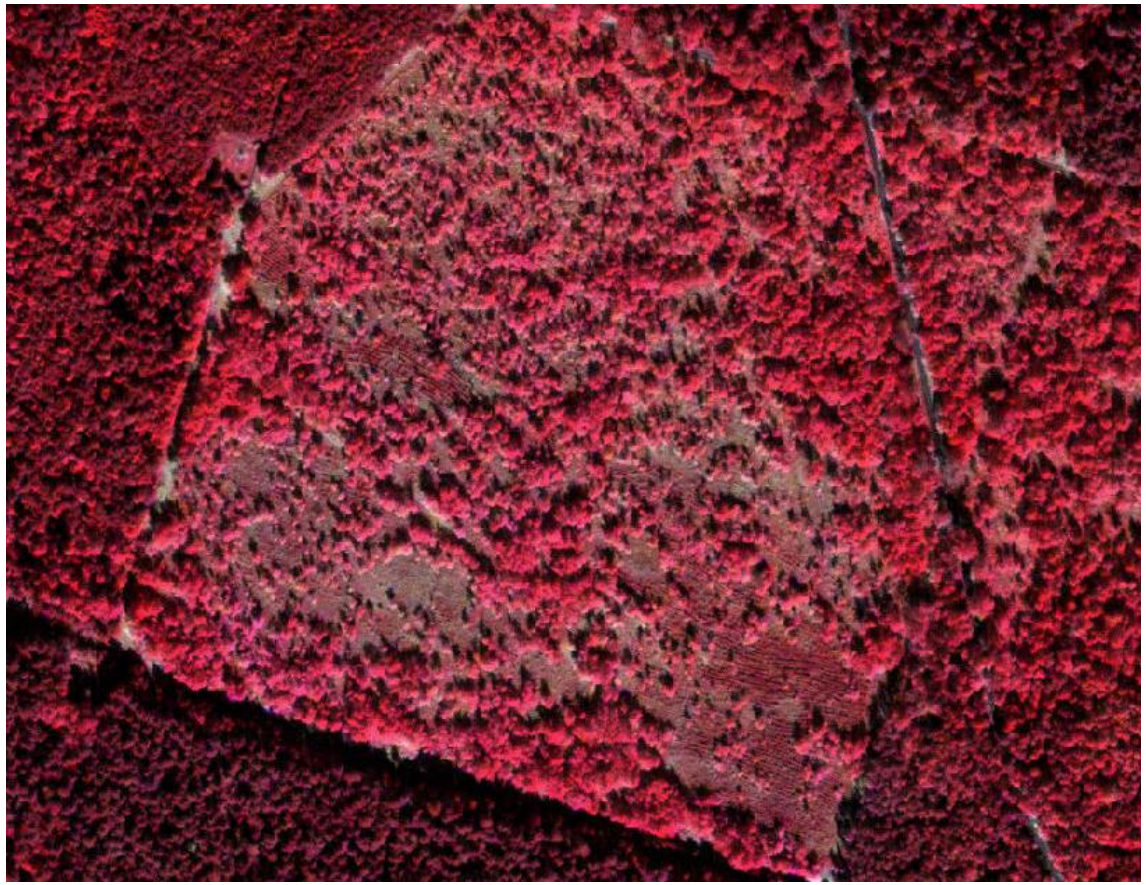
QuickBird (GSD 0,6 m) wyznaczanie stref przemysłowych (Miasteczko Śląskie)

Kompozycja CIR QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003; GSD 0,6 m PAN) „strefa śmierci” huta metali kolorowych Miasteczko Śląskie

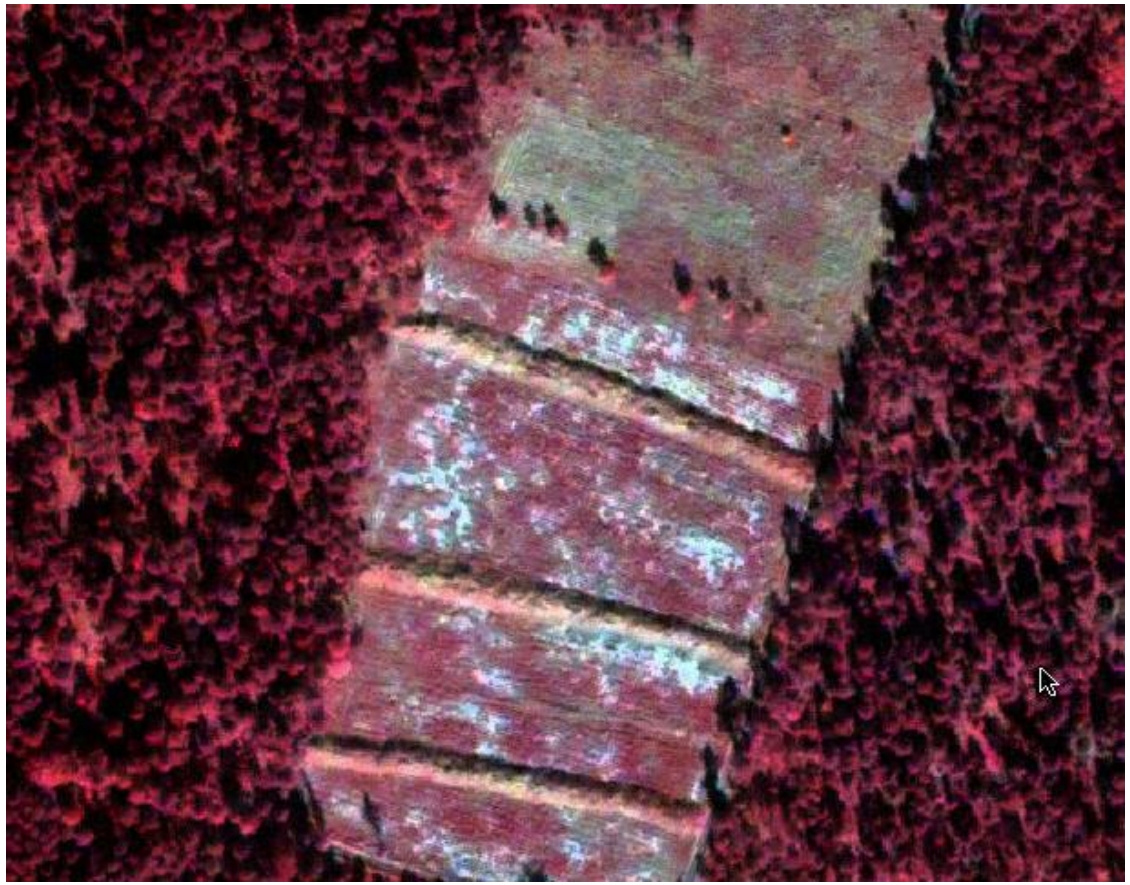
„Strefa śmierci” – nieudane uprawy sosnowe na odsłoniętej glebie mineralnej. Ślady pożaru (góra po lewej)

Źródło: Wężyk, P., 2004

QuickBird (GSD 0,6 m) wyznaczanie stref przemysłowych (Miasteczko Śląskie)



Kompozycja CIR QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003; GSD 0,6 m PAN rozpad d-stanu dębowego (Miasteczko Śląskie)



Kompozycja CIR QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003; GSD 0,6 m PAN uprawy sosnowe (Miasteczko Śląskie)

Źródło: Wężyk, P., 2004

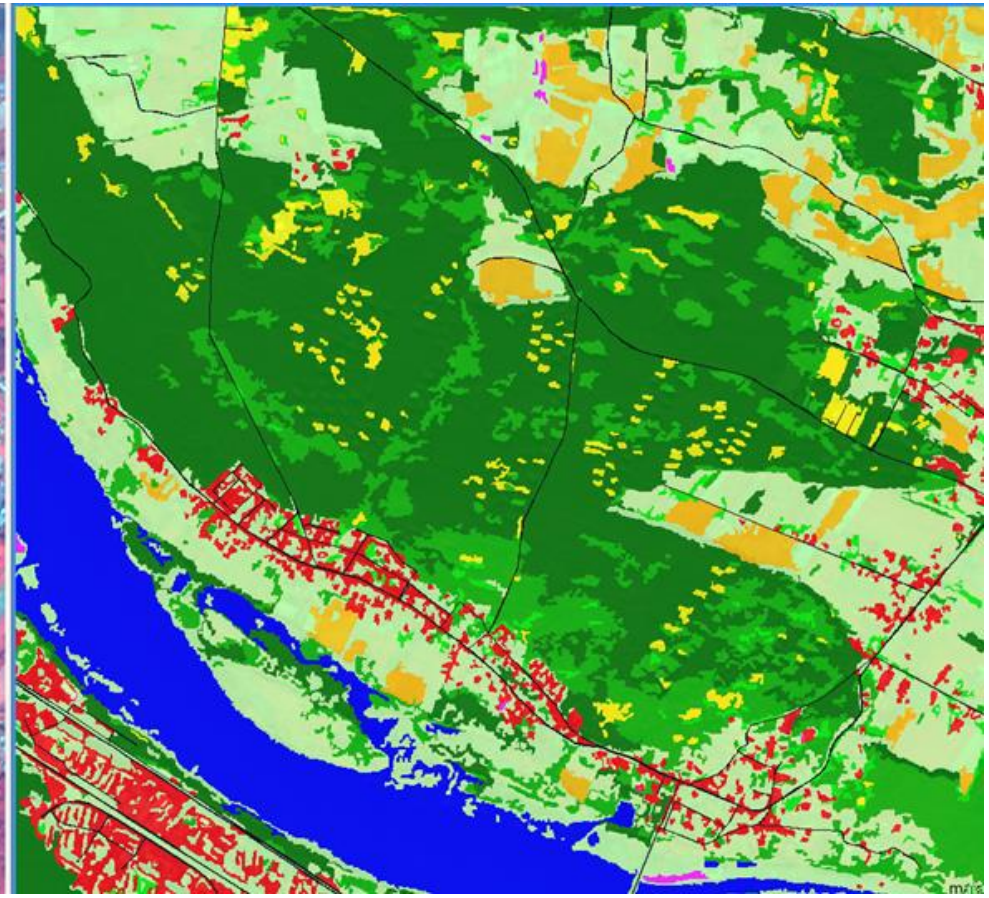
Przebudowa drzewostanów sosnowych (RapidEye GSD 5,0 m; Planet Labs)

Obraz z lewej: kompozycja CIR RapidEye (Włocławek 2010).

Po prawej: analiza GEOBIA.

- Lasy iglaste
- Lasy liściaste
- Gniazda zrębowe
- Zabudowa
- Wisła
- Pola bez roślinności

Kompozycja CIR (432) RapidEye GSD 5,0 m (Planet Labs)



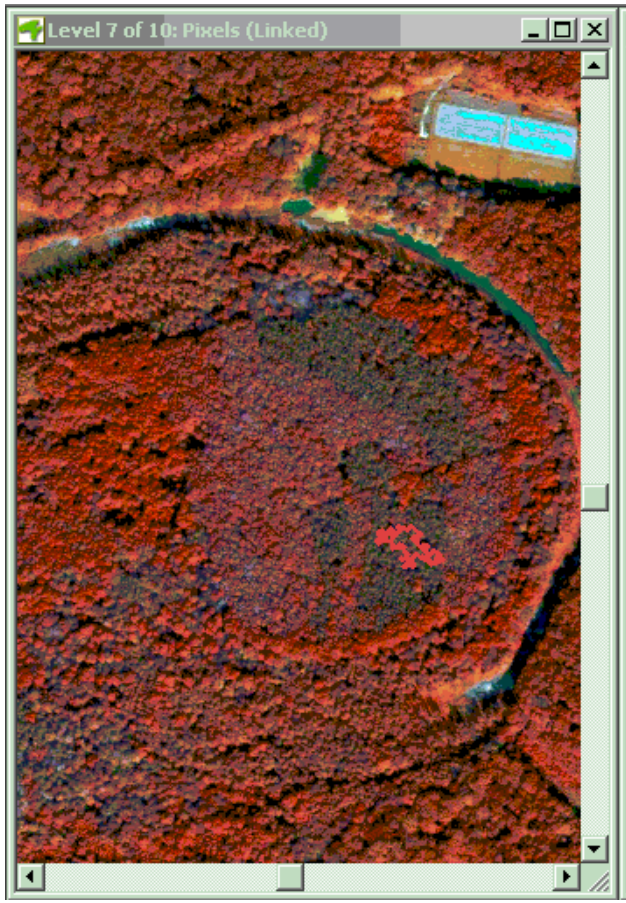
Obraz wynikowy po klasyfikacji OBIA

Źródło: ProGea 4D, 2017

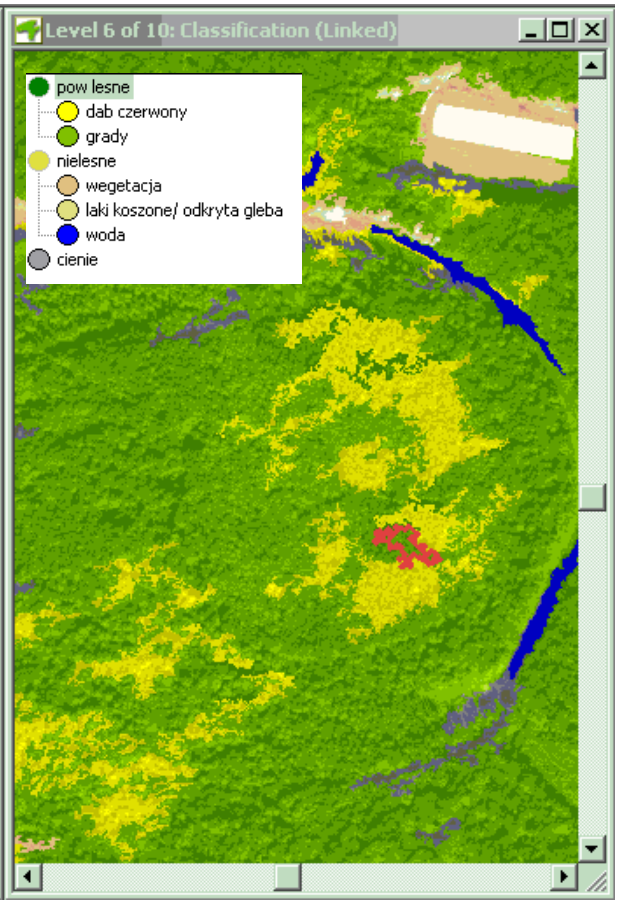
Przebudowa drzewostanów sosnowych Puszcza Niepołomicka (VHR)

IKONOS-2001 (GSD 0,8 m)
CIR (432)

QucikBird-2004 (GSD 0,6 m)
CIR (432)



QucikBird (EUSI)
2004 (GSD 0,6 m)



Klasyfikacja GOBIA
gatunków drzew

Źródło: Wężyk, 2005

QuickBird (GSD 0,6 m) – zalesienia po pożarach (Świerklaniec)

Kompozycja RGB QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003) – zalesienia po pożarze lasu (Miasteczko Śląskie)

Kompozycja CIR QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003) – zalesienia po pożarze lasu (Miasteczko Śląskie)

Źródło: Wężyk, P., 2004

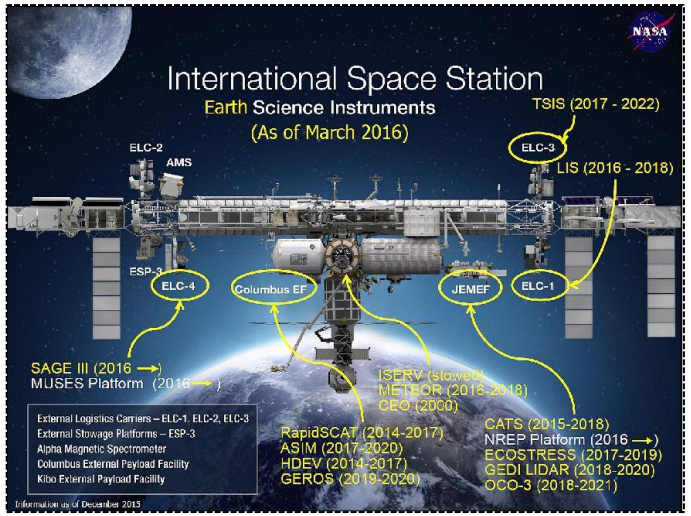
QuickBird (GSD 0,6 m) zagadnienia hodowli lasu – Puszcza Niepołomicka

Kompozycja CIR QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003) – d-stany grądowe; starorzecza Wisły (Puszcza Niepołomicka)

Kompozycja RGB QuickBird (EUSI, DigitalGlobe; 2003) – d-stany grądowe – rębnia gniazdowa (Puszcza Niepołomicka)

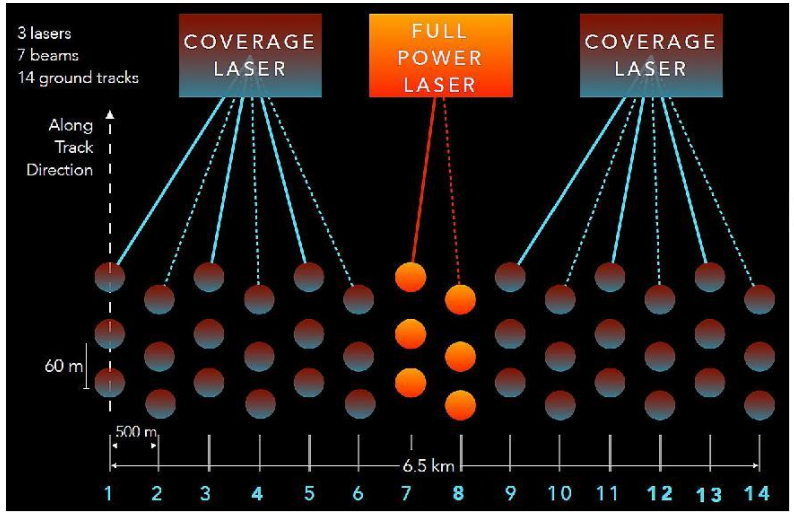
Źródło: Wężyk, P., 2003

Kartowanie biomasy – SLS (Satellite Laser Scanning) GEDI



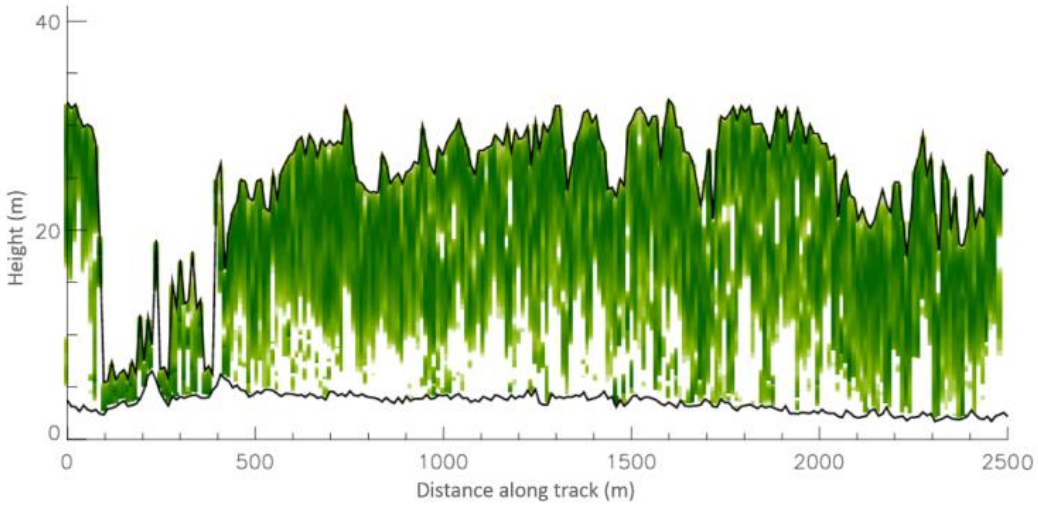
Instrument GEDI zamontowany na okres 24 mies. na module JEMEF Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS)

Źródło: Wężyk, P., 2020



Układ plamek na gruncie emitowanych przez 3 lasery

Źródło: GEDI
https://gedi.umd.edu/mission/mission-overview/

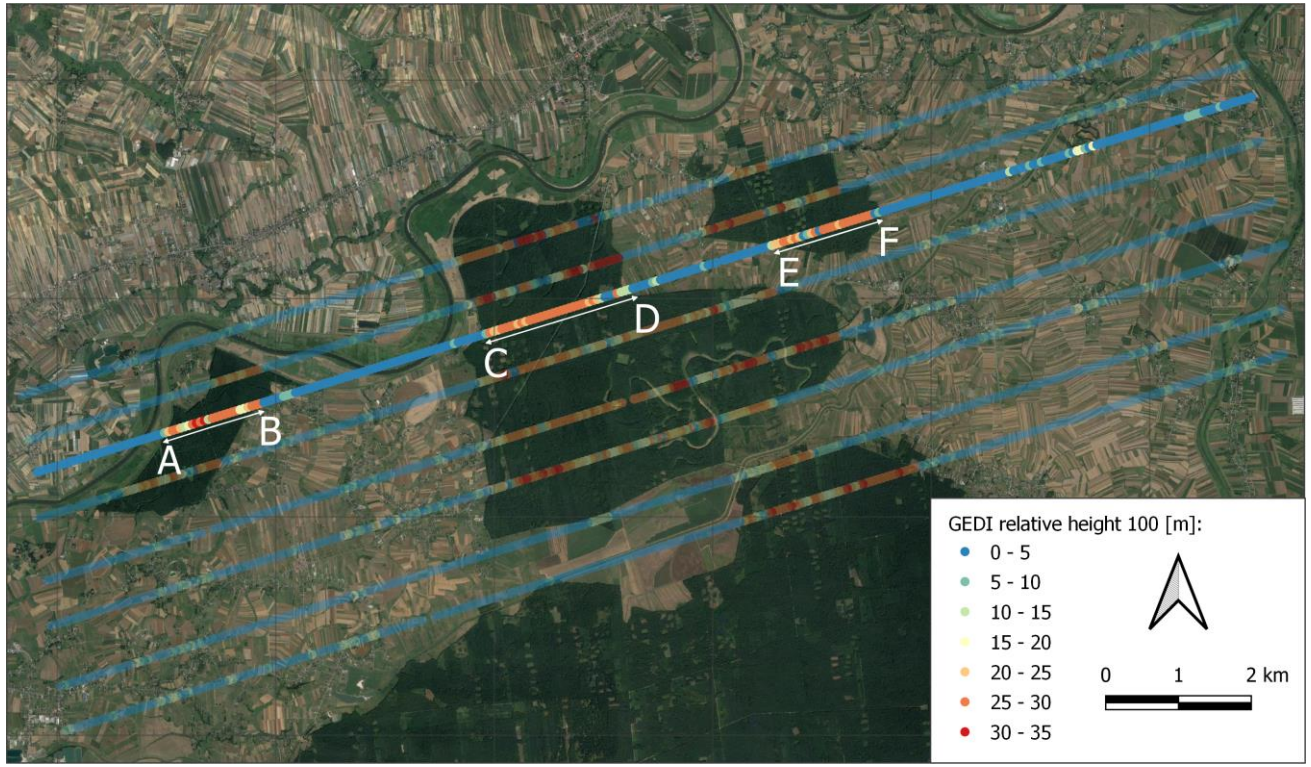


Profile wysokościowe drzewostanów w Południowej Karolinie USA (NASA)

GEDI to:

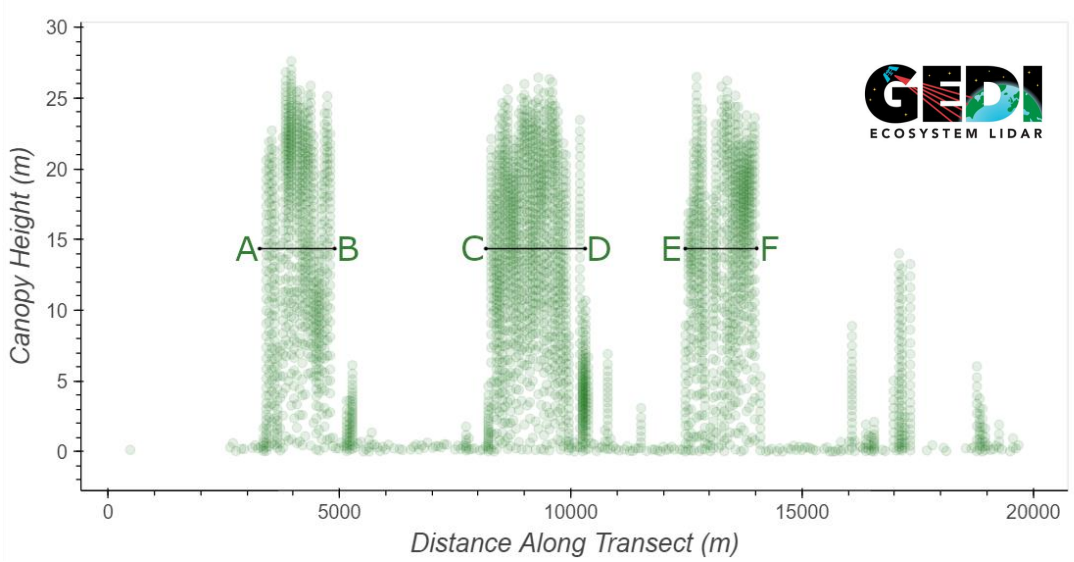
- 3 lasery, generujące 8 ścieżek obserwacji,
- laser emituje 242 impulsów/sek.,
- plamka o średnicy 22 m na gruncie,
- impulsy generowane co 60 m,
- odległości między 8 ścieżkami 600 m,
- 10 miliardów obserwacji podczas 24 miesięcy.

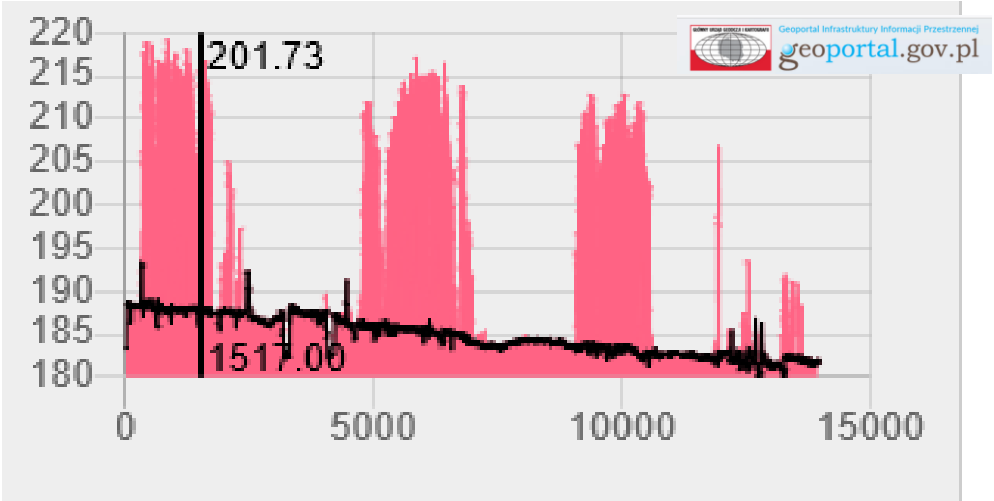
Kartowanie biomasy – SLS (Satellite Laser Scanning) GEDI



Trajektorie przelotu GEDI nad obszarem Puszczy Niepołomickiej w roku 2020

Źródło: Krawczyk W. , Wężyk, P., 2022





Profil wysokościowy NMPT (ISOK GUGIK 2012 ALS LiDAR)

Podsumowanie – obraz ma wartość tysiąca słów…

- Ze względu na przestrzenny charakter lasów zobrazowania satelitarne wykorzystuje się do rejestracji w szybkim czasie precyzyjnej informacji dla rozległych obszarów leśnych.
- Analizy wieloczasowych serii zobrazowań satelitarnych np. Landsat (NASA) wspartych obrazami Sentinel-2 (ESA) pozwalają śledzić globalne przemiany lasów w skutek działalności człowieka: gospodarki rabunkowej, wpływu przemysłu, zamierania lasów, pożarów, jak również efektów zalesień i odnowień na terenach po klęskach żywiołowych.
- Wykorzystanie zobrazowań satelitarnych w zakresie optycznym i radarowym do badań nad produkcją biomasy oraz sekwestracją węgla w globalnych badaniach zmian klimatu stało się praktyką.
- Poza sensorami optycznymi i mikrofalowymi, wykorzystywany jest też LiDAR, tj. technologia SLS (Satelitarne Skanowanie Laserowe, np. GEDI), która pozwala na określenie wysokości lasów oraz ich struktury przestrzennej a tym samym biomasy.
- Obrazy i dane (np. SLS, radar) satelitarne są wiarygodnym i aktualnym materiałem do prowadzenia rzetelnych analiz oraz generowania zestawień statystycznych czy finansowych przez zarządzających lasami.
- Aktualne dane satelitarne są nieodzownym elementem każdego systemu geoinformatycznego, celem którego jest usprawnienie procesu koniecznych działań i wzrost efektywności zarządzania w tym systemów podejmowania decyzji.
- Obrazy satelitarne służą zarówno wykrywaniu zagrożeń i klęsk żywiołowych jak również realizacji programów zalesień (np. UN-REDD) czy monitorowania prac z zakresu hodowli czy użytkowania lasu.

Dziękuję za uwagę

OPRACOWAŁ:
dr hab. inż. Piotr Wężyk, prof. URK

WL UR Kraków
CEO ProGea 4D

Źródło: ©ESA/Astrium