



LIFE URBANGREEN

ProGea<sup>4D</sup>



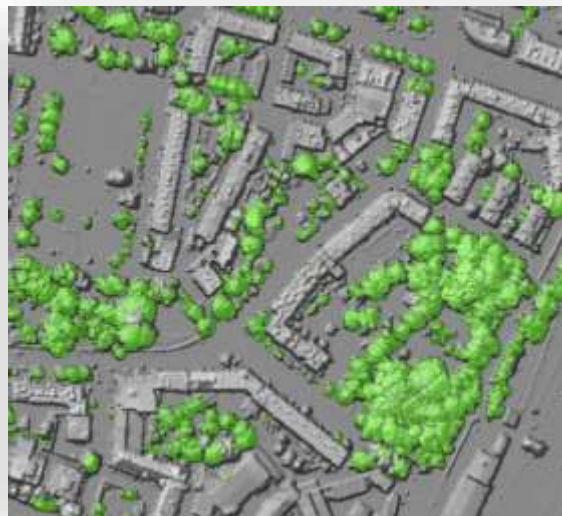
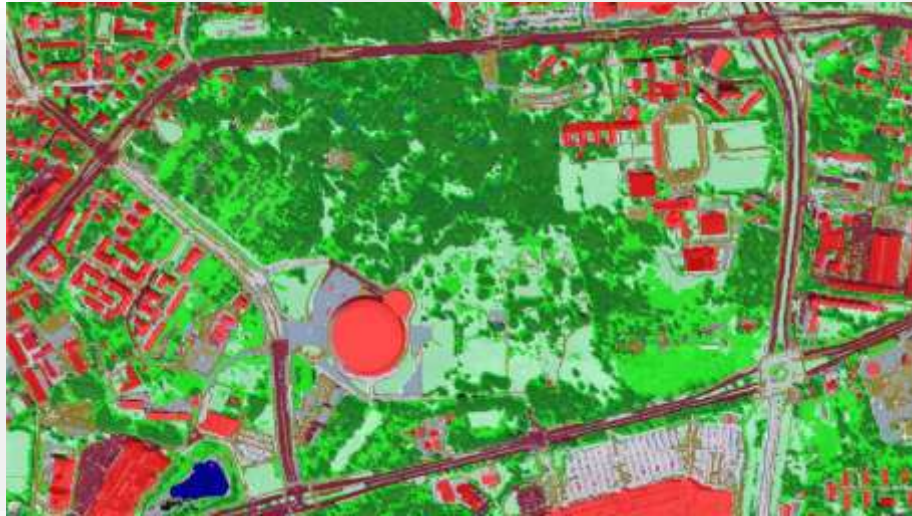
eea grants



LISER



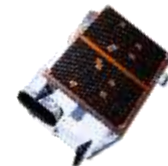
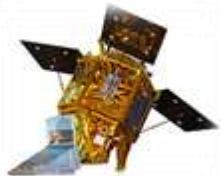
# Teledetekcyjny monitoring zieleni miejskiej



**<sup>1,2,3</sup> dr hab. inż. Piotr Weżyk, prof. URK; <sup>2</sup>dr Katarzyna Bajorek-Zydroń; <sup>4</sup>dr inż. Karolina Zięba-Kulawik**

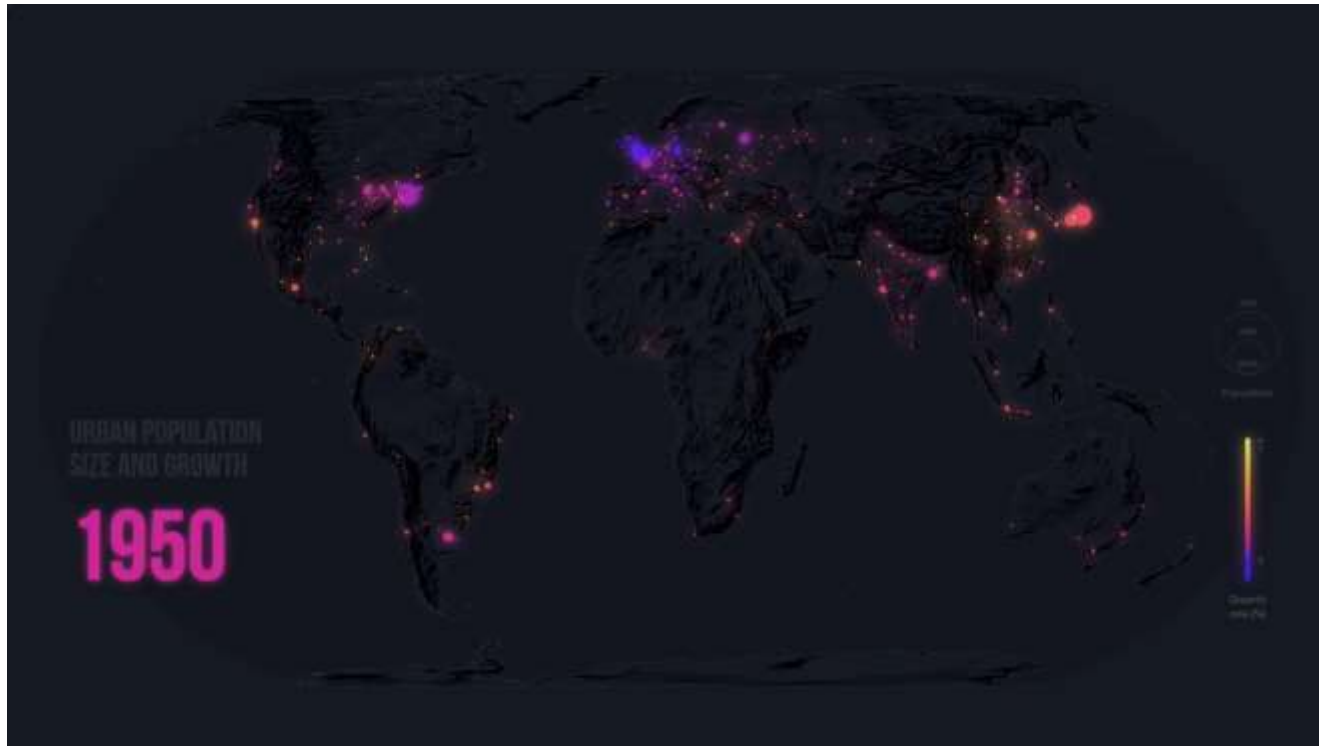
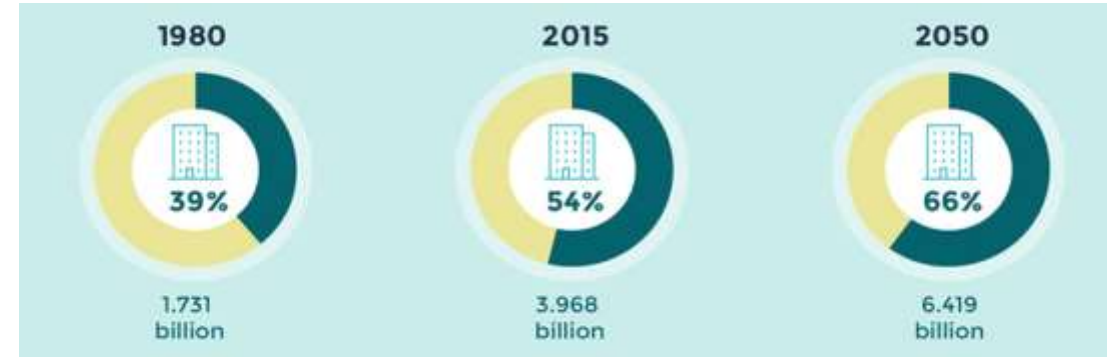
**<sup>1</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; <sup>2</sup>ProGea 4D; <sup>3</sup>PTG - Oddział Teledetekcji; <sup>4</sup>Luxembourg Institute of Socio-Economic Research, Luxembourg**

e-mail: [piotr.wezyk@urk.edu.pl](mailto:piotr.wezyk@urk.edu.pl)



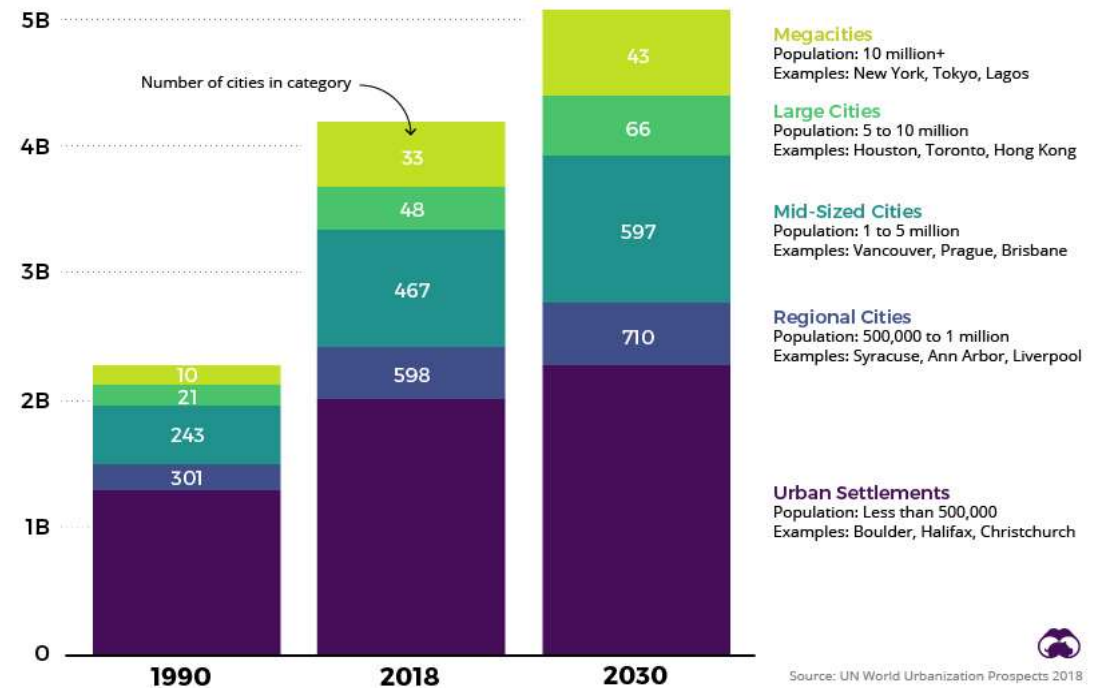
# Zieleń miejska i globalna urbanizacja

## Lasy miejskie (*ang.* Urban Forests)



Source: [Visual Capitalist](https://www.visualcapitalist.com/)

GLOBAL URBAN POPULATION, BY SIZE OF CITY

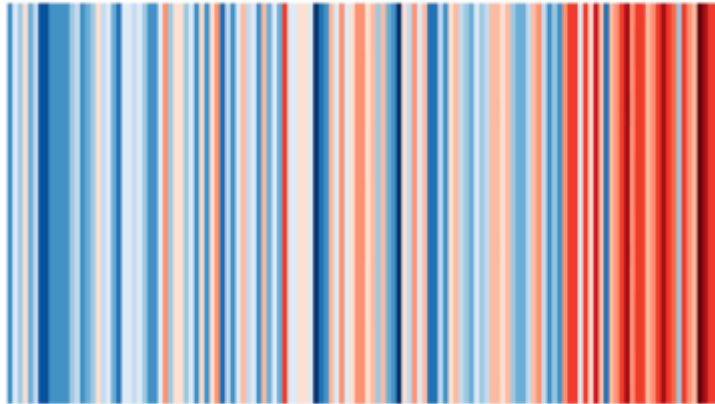




# Urban Forests

## Zieleń miejska

Annual temperatures in Germany from 1881-2017

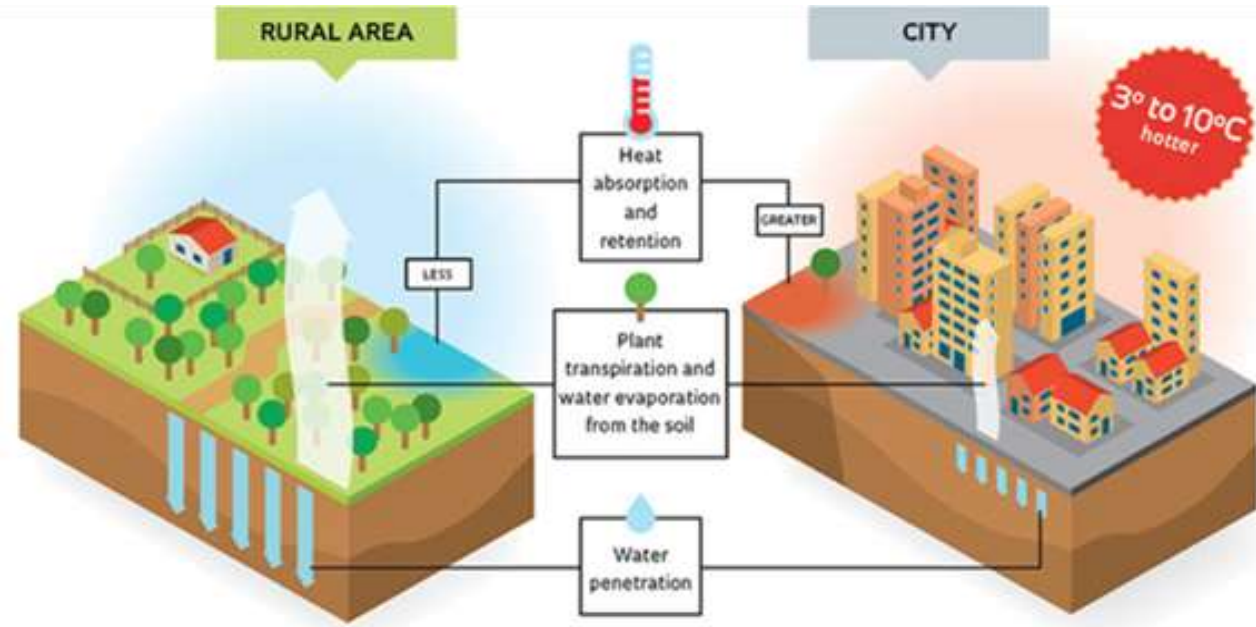
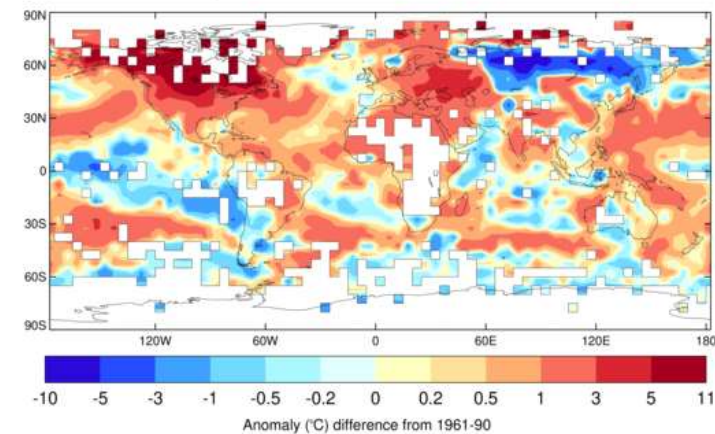


The colour scale goes from 6.6°C (dark blue) to 10.3°C (dark red)



Source: [www.climate-lab-book.ac.uk/2018/warming-stripes](http://www.climate-lab-book.ac.uk/2018/warming-stripes)

Surface Temperature Anomalies (°C, w.r.t. 1961-90)  
2021 January



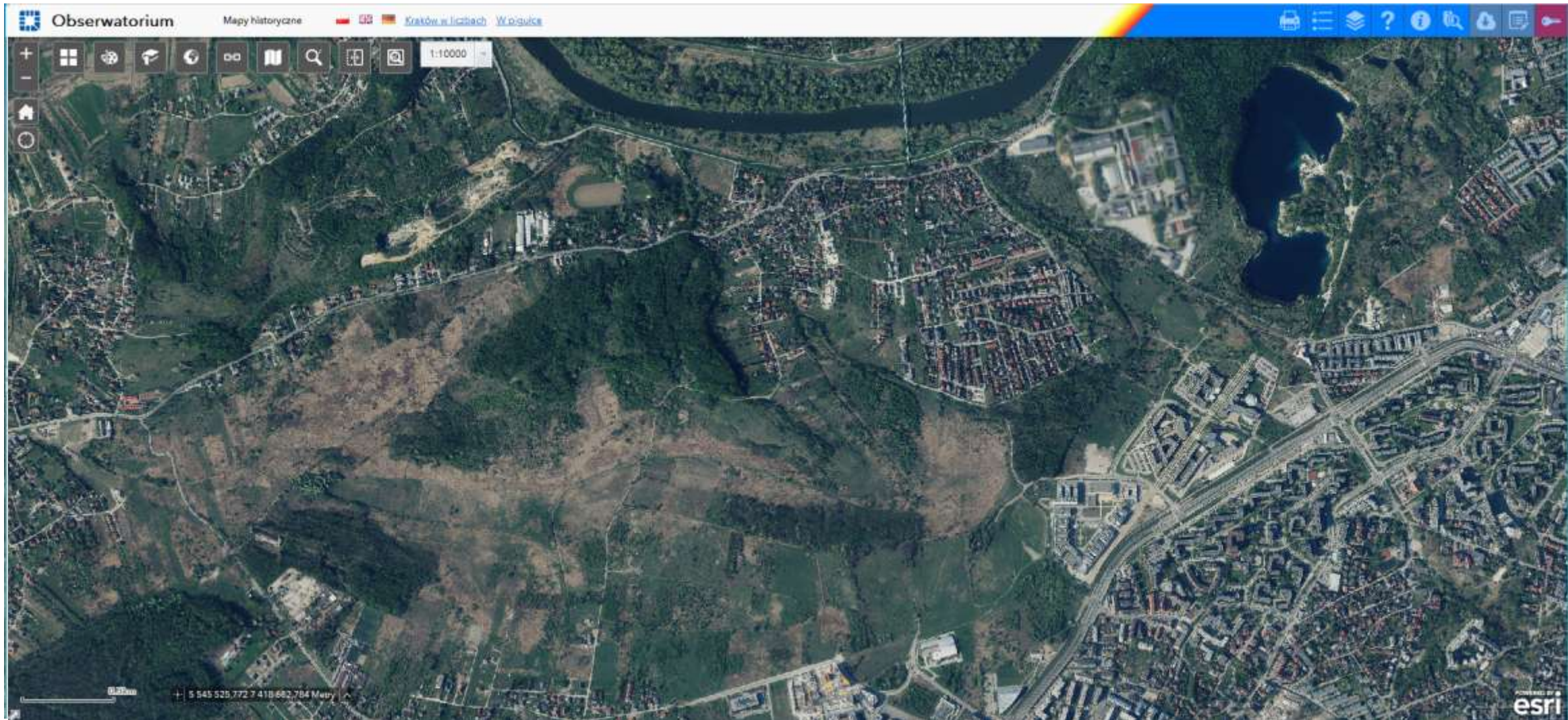
Pozytywny wpływ na spadek zużycia prądu w miastach USA o 3% to 8% dzięki zieleni miejskiej.





# 50 lat przemian klas LULC

## Zieleń miejska





# Kliny 1970 – 2021 (Obserwatorium MSIP)

## 50 lat zmian



1970

2021



Obserwatorium

Przestrzeń miejska i planowanie

Park Lotników **Polskich**





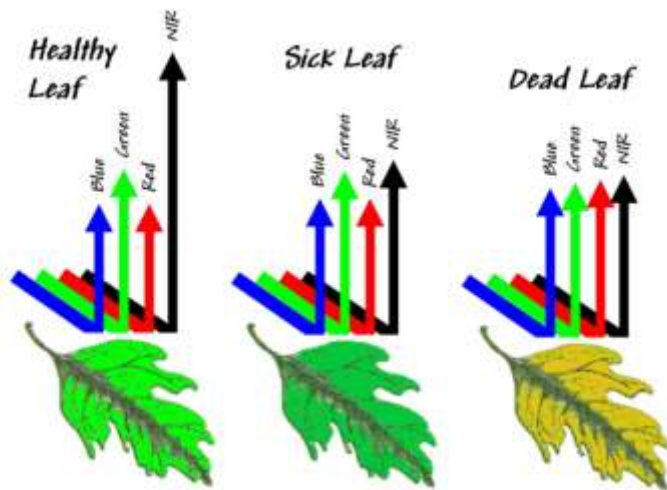


# Stan zieleni miejskiej

## Teledetekcja pasywna, wielo-spektralna



orbita LEO ok. 600km



Liść zdrowy

Liść w stresie

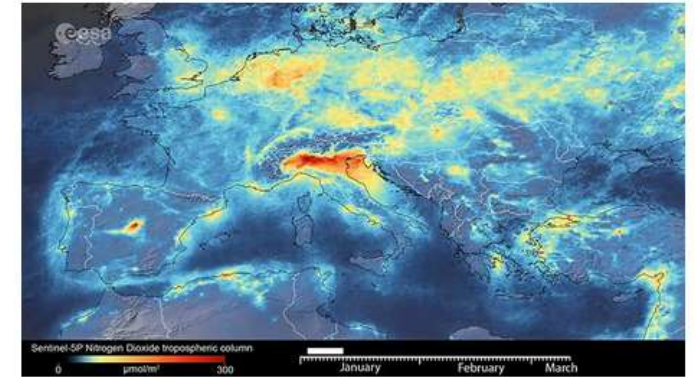
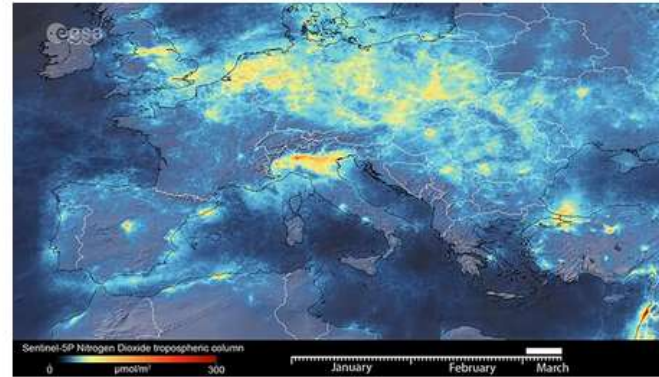
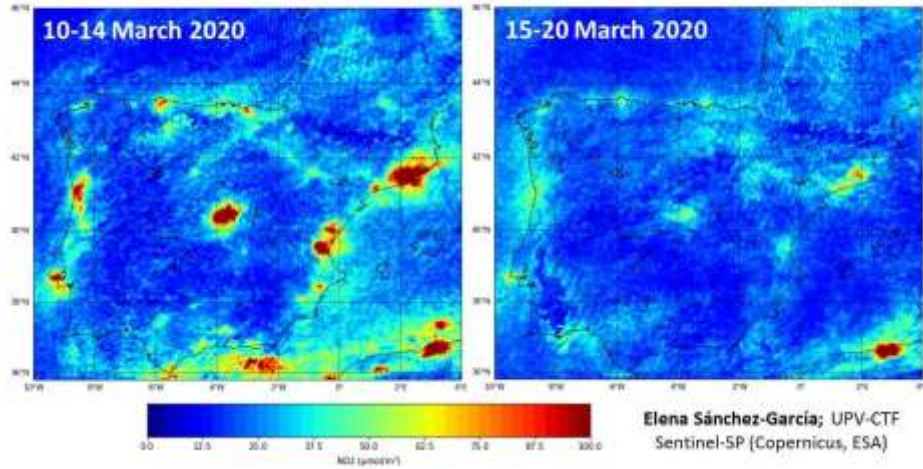
Liść chory



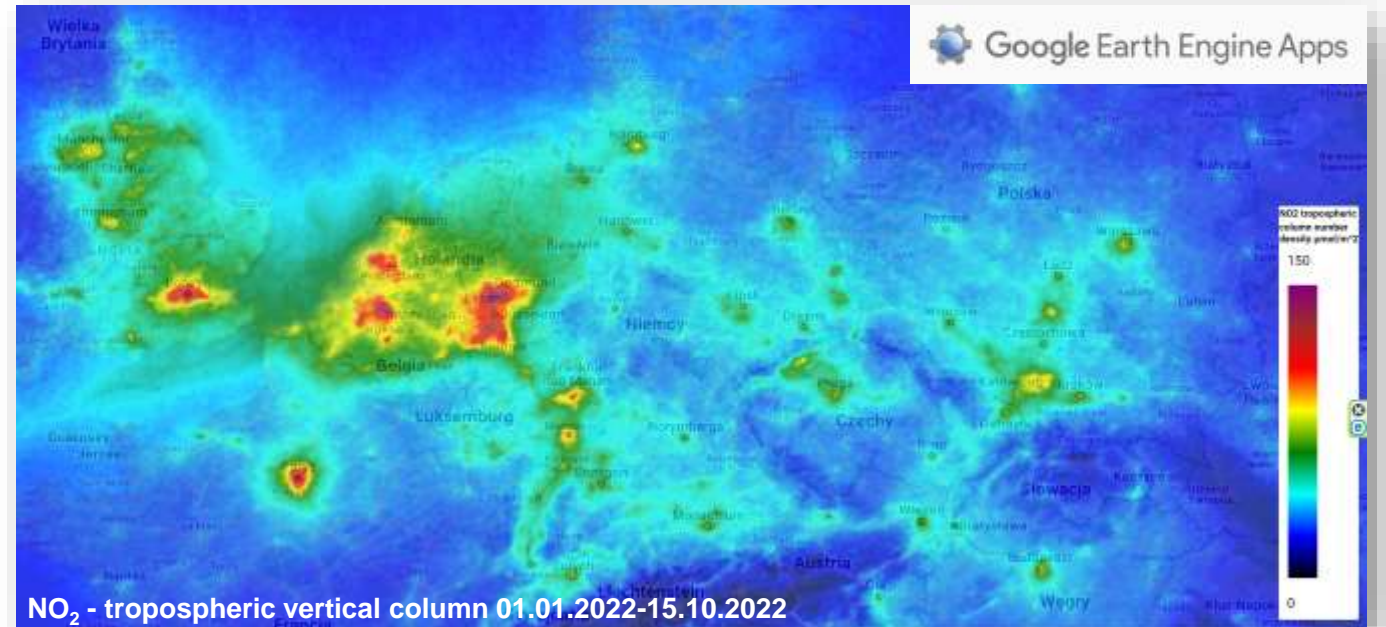
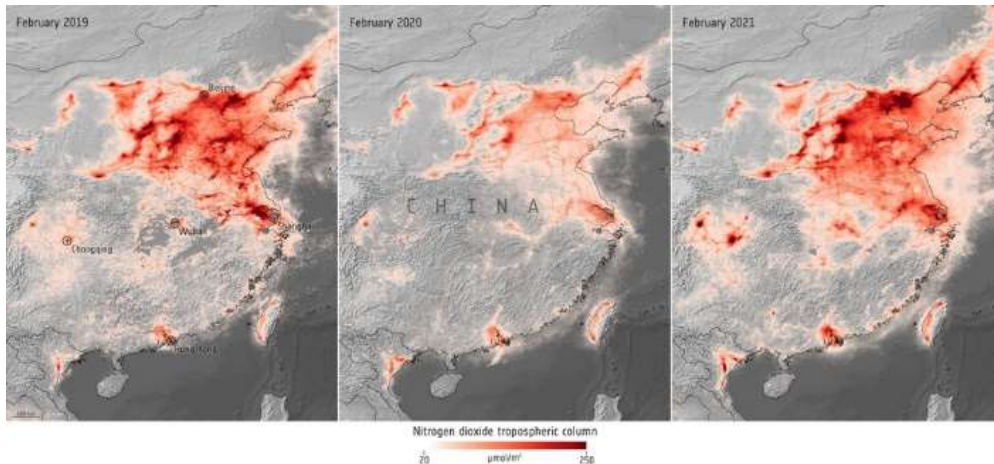


# Zanieczyszczenie powietrza NO<sub>x</sub>, PM<sub>x</sub> - COPERNICUS UE

Satellite data confirm a decrease in the nitrogen dioxide emissions during the COVID-19 pandemic in Spain



[https://www.eurisy.eu/what-we-can-learn-from-the-corona-crisis-with-satellite-data\\_46/](https://www.eurisy.eu/what-we-can-learn-from-the-corona-crisis-with-satellite-data_46/)

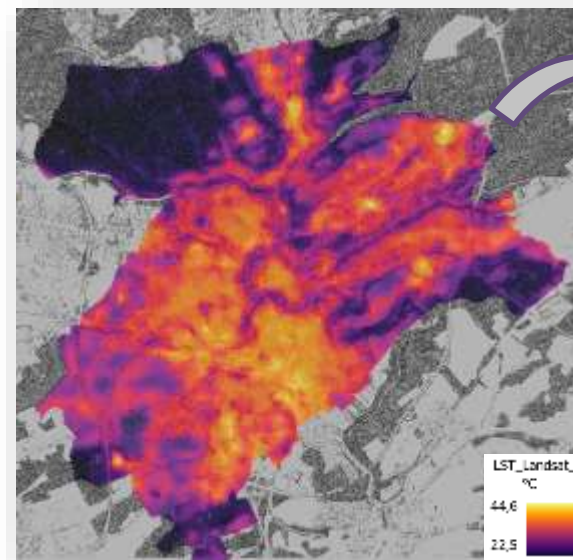
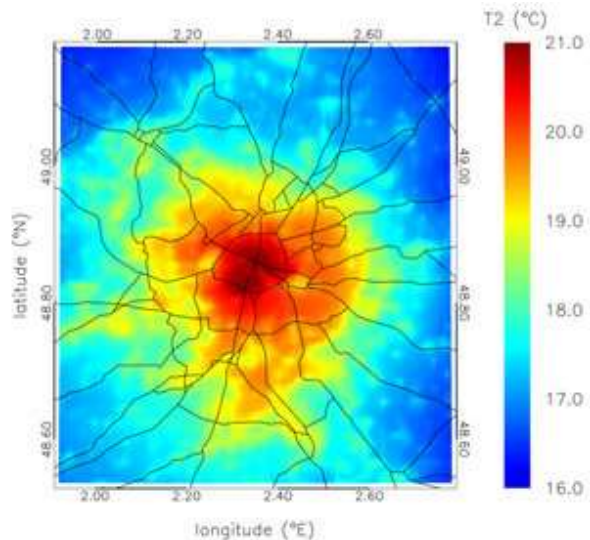


[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air\\_pollution\\_returning\\_to\\_pre-COVID\\_levels](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_returning_to_pre-COVID_levels)

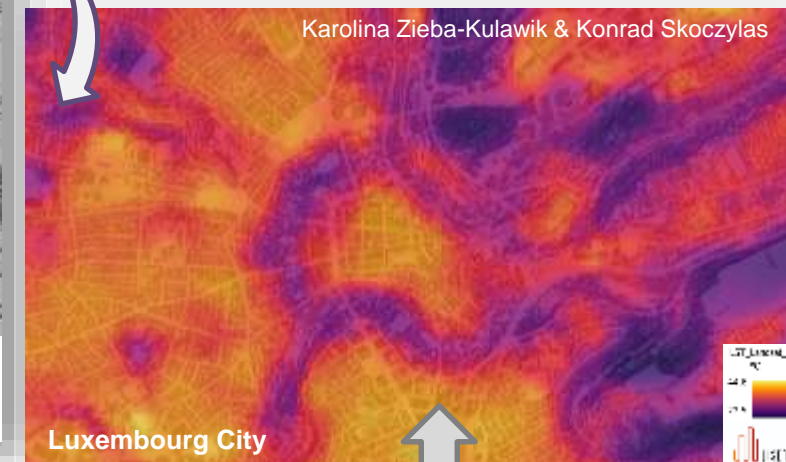


# Miejska wyspa ciepła

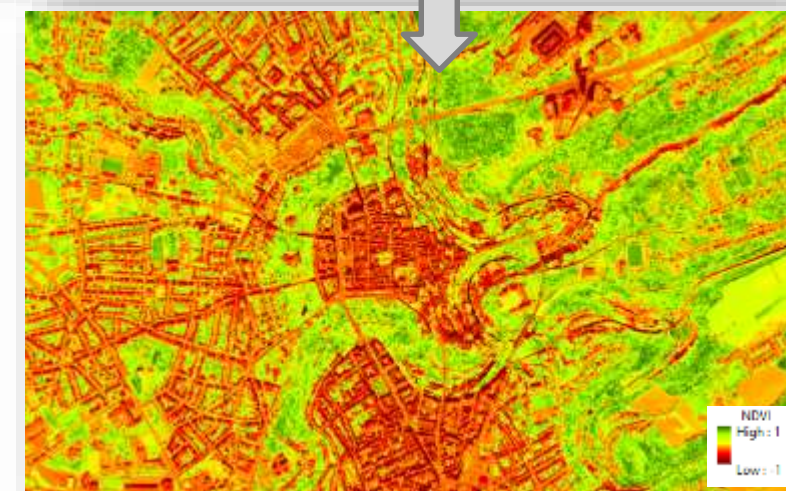
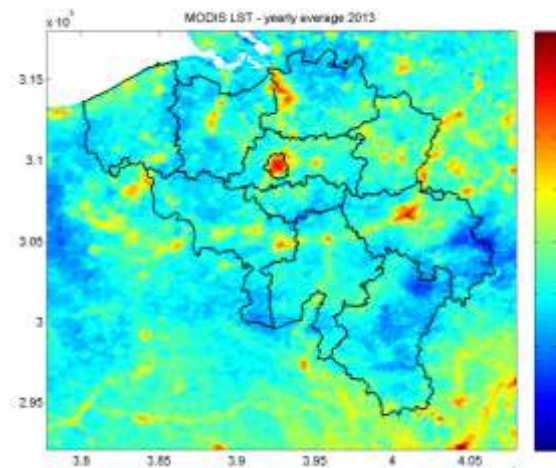
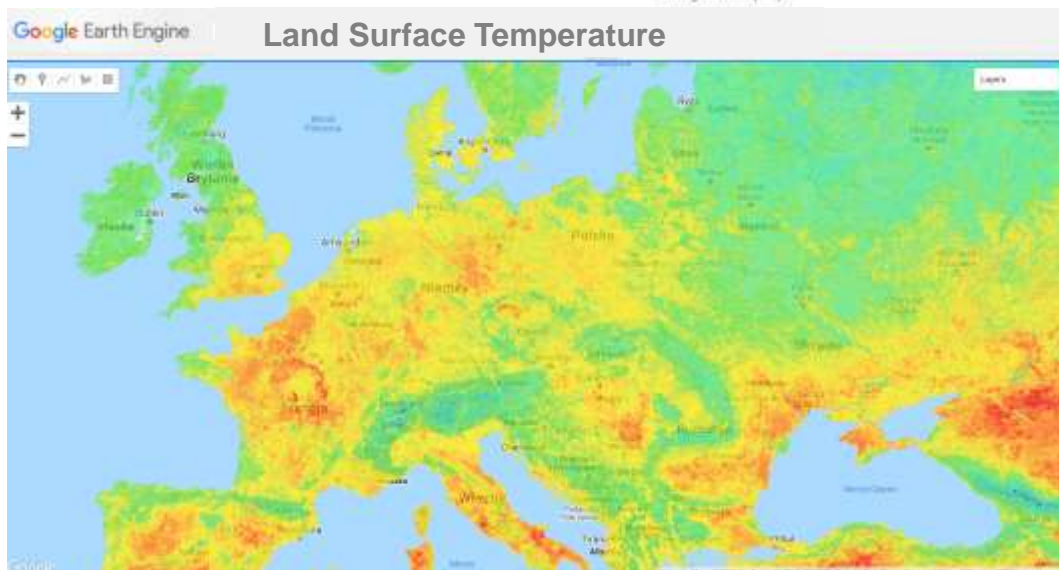
## Zieleń miejska a obniżanie temperatury radiacyjnej



Land Surface Temperature (LANDSAT-8; 30m) vs. Urban Green Spaces (NDVI)



Temperatura powierzchni ziemi - LST (LANDSAT-8)





# UF = Powierzchnia Biologicznie Czynna - PBC (Obszary Aktywnej Wegetacji Roślin)











			
Lasy, Zadrzewienia	Obszary z krzewami	Obszary łąk i pastwisk	Parki
			
Obiekty sportowe	Rolnictwo	Ogródki działkowe	Pasy zieleni ochronnej



# Powierzchnia Biologicznie Czynna - PBC (Obszary Aktywnej Wegetacji Roślin)



			
Zieleń przydomowa	Poldery	Wały przeciwpowodziowe	Tereny rekreacyjne
			
Roślinność pasów drogowych	Zielone torowiska	Cmentarze	Obszary zrehabilitowane



# Powierzchnia Biologicznie Czynna - PBC (Obszary Aktywnej Wegetacji Roślin)



Winnice



Ogrody klasztorne



Ogród botaniczny



Szkółki drzew i krzewów



Zieleń osiedlowa



Place składowe, bocznic



Parki rzeczne



Zieleń forteczna i in...



# Usługi Ekosystemowe – Ecosystem Services



Spoleczne



Poprawa zdrowia i samopoczucia



Zmniejszenie efektu miejskiej wyspy ciepła



Zapewnienie cienia



Poprawa jakości wizualnej



Środowiskowe



Zwiększenie różnorodności biologicznej



Poprawa jakości powietrza



Sekwestracja dwutlenku węgla



Poprawa jakości wody



Zwiększenie wartości nieruchomości



Zmniejszenie ryzyka powodzi



Zmniejszenie kosztów energii



Zmniejszenie kosztów opieki zdrowotnej

Ekonomiczne



Wspieranie edukacji



Lokalna uprawa żywności



Poprawia emocje



Dziedzictwo kulturowe

Kulturowe

## Usługi ekosystemowe (ang. *Ecosystem Services; ES*)

Stopa zwrotu inwestycji lasów miejskich według modelu i-Tree Streets wynosi 2.29 na 1 zainwestowanego USD.



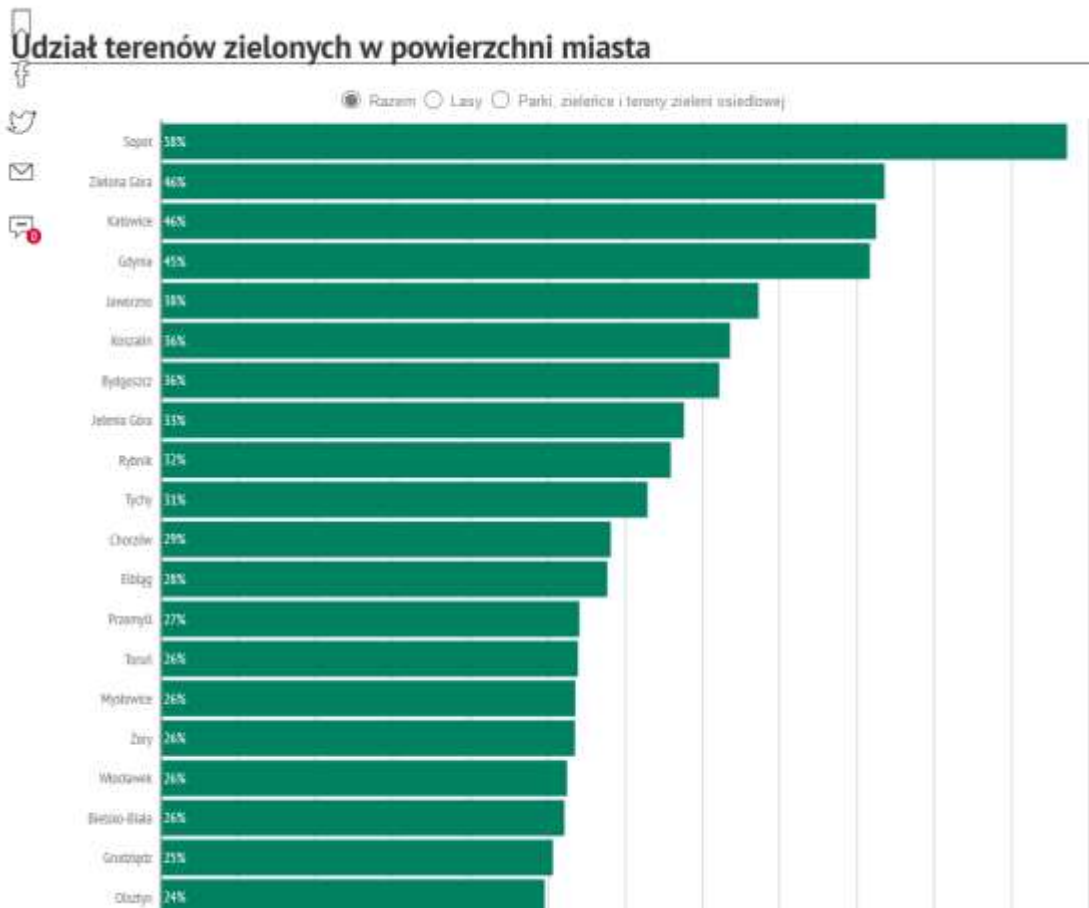


# Statystyki dla miast w Polsce GUS

## Kraków – 5,8% !!!

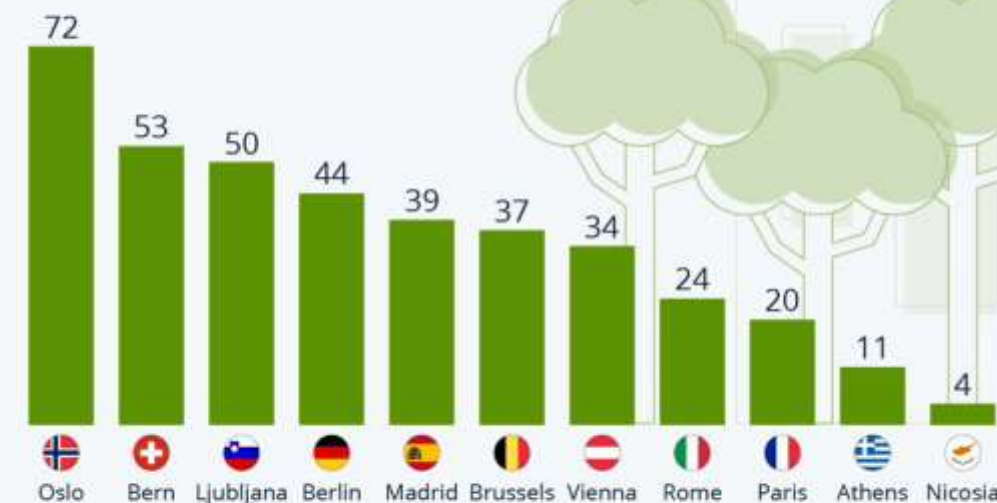


## Pokrycie terenami zielonymi [%] w wybranych miastach:



## How Green Are The Capitals Of Europe?

Tree cover rate in a selection of European capitals, in %\*



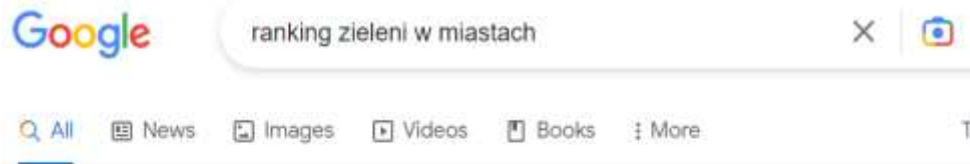
\* Urban tree cover is the area in cities covered by tree crowns, if seen from above. Data from 2018.

Source: European Environment Agency





# Rankingi miast – które jest bardziej zielone?



About 354,000 results (0.38 seconds)

Oto 10 miejsc, które należą do najbardziej zielonych biorąc pod uwagę ilość lasów, parków, zieleńców i zieleni osiedlowych:

- Gdynia – 45%
- Katowice – 42,8%
- Koszalin – 36,7%
- Jaworzno – 35,2%
- Bydgoszcz – 34,7%
- Wałbrzych – 32,6%
- Jelenia Góra – 32,2%
- Tychy – 30,2%

- Najwyższym udziałem zieleni w powierzchni miasta odznaczają się: **Koszalin (70%), Zielona Góra (67,5%), Kielce (66,8%),** Dąbrowa Górnicza (63,4%) oraz Bielsko-Biała (62,9%).
- Najniższe wartości występują natomiast w: Opolu (25,2%), Kaliszu (28,1%), Białymstoku (35,1%), Lublinie (36%), Gdańsku (40,1%) oraz we Wrocławiu (40,9%).
- Największe polskie miasta tj. Kraków i Warszawa charakteryzują się wartościami udziału terenów zieleni powyżej średniej krajowej.

W tym rankingu zwyciężył Sopot – 58,5 proc., na kolejnych miejscach znalazły się: Zielona Góra – 53,1 proc., Gdynia – 45 proc., Katowice – 42,8 proc., Koszalin – 36,7 proc., Jaworzno – 35,2 proc., Bydgoszcz – 34,7 proc., Wałbrzych – 32,6 proc., Jelenia Góra – 32,2 proc. oraz Tychy - 30,2 proc. terenów zielonych.

W drugiej części rankingu wyłączono lasy, a pod uwagę wzięto tylko pozostałe tereny zielone (parki, zieleńce i tereny zieleni osiedlowej). W tej kategorii zwyciężył Chorzów – 20,9 proc., przed Rzeszowem – 13,4 proc., Siemianowicami – 9,6 proc., Bydgoszczą – 7,6 proc., Zamościem – 6,9 proc., Sopotem – 6,5 proc., Warszawą – 6,4 proc., Krakowem – 5,8 proc., Łodzią – 5,7 proc. i Lublinem – 5,3 proc.

Źródło: UM Tychy

<https://obserwatorium.miasta.pl/ktore-miasto-ma-najwiecej-terenow-zieleni-odpowiedz-z-perspektywy-satelitek-lachowski-sentimel-ndvi/>



# Rankingi miast – HUGSI



### Krakow

Poland, Europe

Overview | Yearly development | Area info

Ratings

Rating

**C+**

Regional: **24th** | Global: **31st**

HUGSI | How green are cities? | Insights and Stories | About HUGSI | Groene Stad Challenge

Search | Powered by Husqvarna

Back

261 km<sup>2</sup>

Urban area population: 718,198 (2015)

Trees | Grasses | Water | Other

Most common class: Urban

Most common change

Index =  $100(\frac{1}{3}F(\text{norm}(\ln(X_1 \cdot X_3 \cdot X_5))) + \frac{2}{3}F(\text{norm}(\ln(X_2 \cdot X_4 \cdot X_6))))$

**Index Calculation Method**

- $X_1$  = grass cover percentage
- $X_2$  = tree cover percentage
- $X_3$  = grass ndvi
- $X_4$  = tree ndvi
- $X_5$  = grass cover median
- $X_6$  = tree cover median

Normalization:

$$Z_i = \text{norm}(X_i) = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i}, Z_i \sim N(0, 1)$$

$$F_Z(z) = P(z \leq Z) = \frac{1}{2} \left( 1 + \text{erf} \left( \frac{z}{\sqrt{2}} \right) \right), 0 \leq F_Z(z) \leq 1$$

HUGSI | Powered by Husqvarna



www.hugsi.green



# ESA – EEA

## Usługi Copernicus – UA, STL



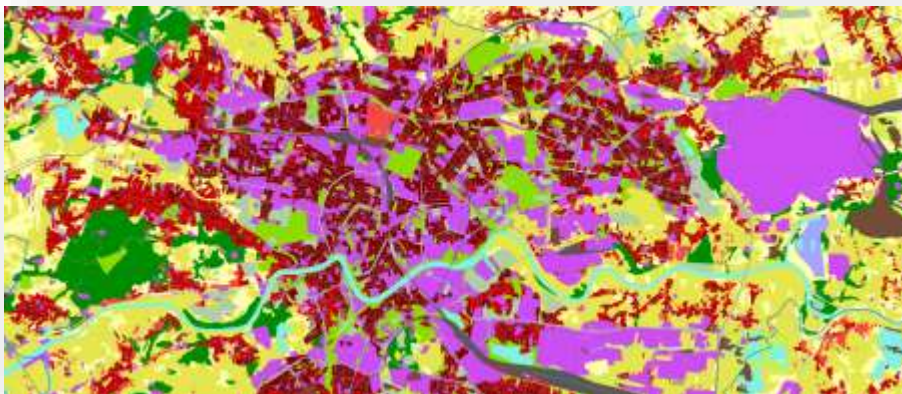
Tree Cover Density 2018



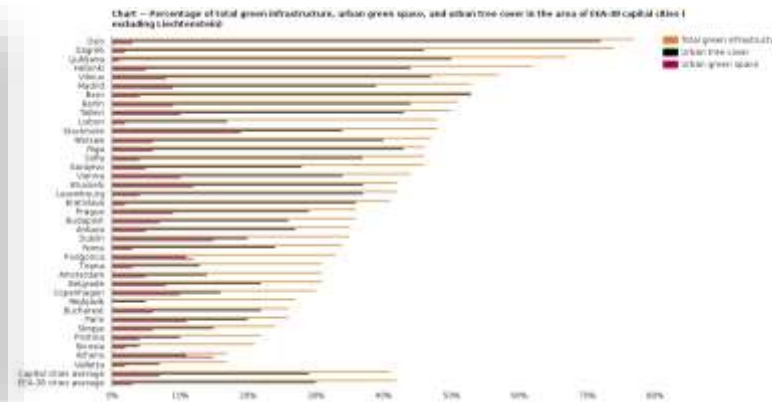
Tree Cover Change Mask 2015-18



Urban Atlas (Changes 2012- 2018)



Urban Atlas (2018)



Street Tree Layer (STL; 2018)

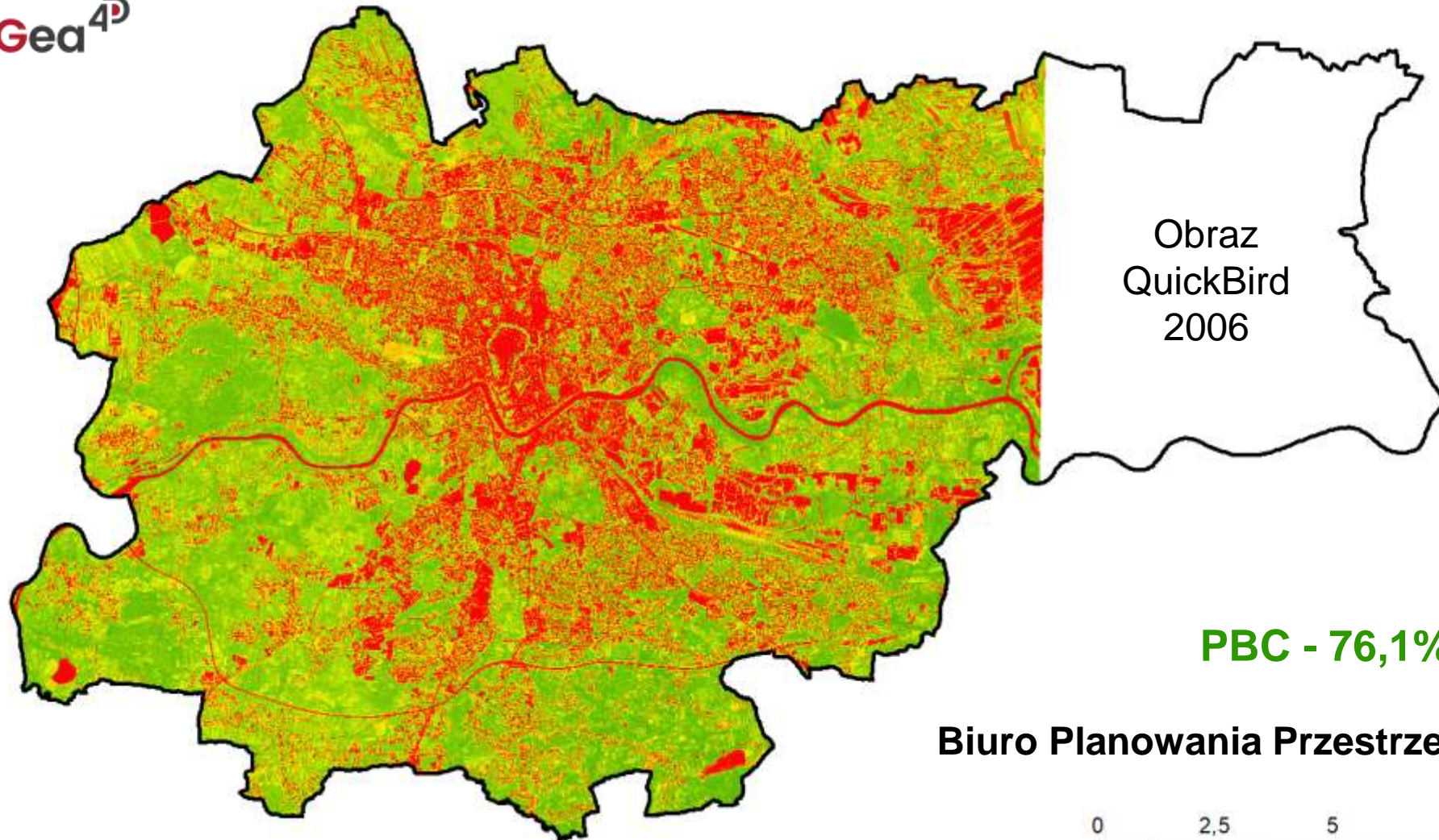


# IKONOS-2 : 25.06.2005 (GSD 0.8/3.2 m)

## Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności NDVI

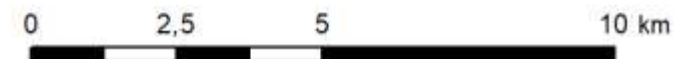


MAXAR ProGea<sup>4D</sup>



PBC - 76,1%

Biuro Planowania Przestrzennego UMK





# IKONOS-2: 25.06.2005 (GSD 0.8/3.2 m)

Prace na zlecenie Biura Planowania Przestrzennego UMK



PBC - 76,1%





# QuickBird-2 : 09.2006 (GSD 0.6/2.4 m)

## Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności NDVI



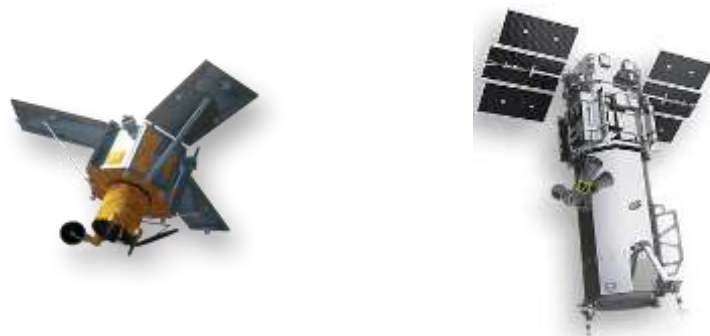
PBC  
=  
76,1%





# IKONOS-2 2005 / QuickBird 2006

Klasy pokrycia terenu (GEOBIA) – publikacja Wężyk i in. 2007, AKFiT)



**PBC - 76,1%**

Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 17b, 2007  
ISBN 978-83-920594-9-2

ZASTOSOWANIE OBIEKTOWO ZORIENTOWANEJ ANALIZY OBRAZU  
(GEOBIA) WYSOKOROZDZIELCZYCH OBRAZÓW SATELITARNYCH W  
KLASYFIKACJI OBSZARU MIASTA KRAKOWA

USING THE OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS (GEOBIA) IN THE  
CLASSIFICATION OF THE VERY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES  
OF KRAKOW MUNICIPALITY

Piotr Wężyk, Roeland de Kok, Stanisław Szombara

ProGea Consulting, Kraków

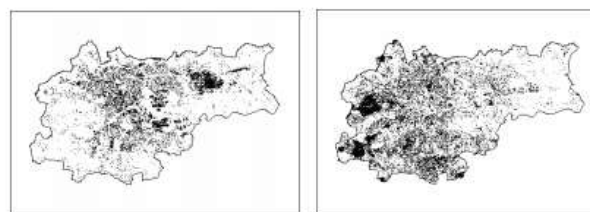


Fig. 4. Classes: "Invested areas" (ID=10) and "High vegetation" (ID=20)

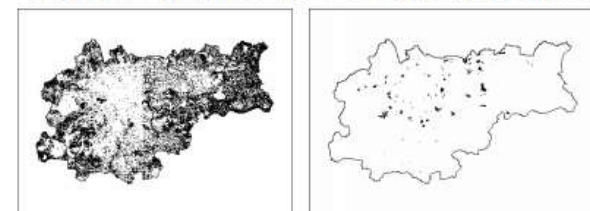


Fig. 5. Classes: "Low vegetation" (ID=30) and Sport green areas (ID=40)

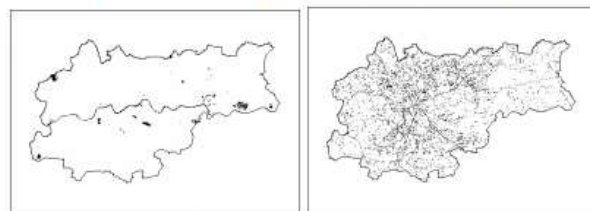


Fig. 6. Classes: "Water basin, river" (ID=50) and "Road infrastructure" (ID=60)

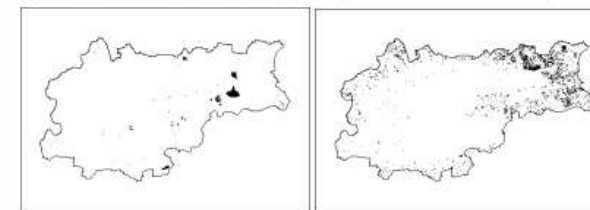


Fig. 7. Classes: "Rubbish dumps, slag heap" (ID=70) and "Agriculture" (ID=80)

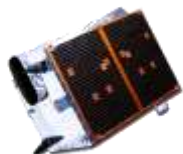
Tab 1. Land use classes – Level 1 and 2 in the OBIA of VHRS of Krakow area.

Level 1		Level 2		Area	
ID	Class	ID	Class	[%]	[ha]
10	Invested areas	100	Buildings	1,39	505,63
		101	Roofs with homogenic surface	1,29	467,95
		102	Invested – very bright areas, concrete	0,39	140,96
		103	Invested – bright areas, low NDVI	1,61	583,75
		104	Invested – with out vegetation	1,52	552,09
		105	Invested – sharp edged	1,13	408,15
		106	Invested – revised from the cadastral map	1,17	424,99
		107	Invested – diversified texture	1,67	607,45
		108	Invested – high texture	1,35	491,82
		109	Invested – others	5,90	2 138,52
20	High vegetation	200	High vegetation	22,71	8 237,63
		201	High vegetation, others	2,28	825,48
30	Low vegetation	300	Meadows, pasture, low vegetation	16,90	6 129,29
		301	Low vegetation diversified	23,16	8 402,10
		302	Low vegetation – low NDVI	2,74	993,49
		303	Low vegetation – others	1,51	547,83
40	Sport	400	Sport and green areas, gardens	1,39	504,55
50	Water	500	Water basins, rivers	1,94	703,69
60	Roads	600	Roads infrastructure	3,48	1 260,63
70	Rubbish	700	Rubbish dumps, slag heap, open soil	0,84	304,39
80	Agriculture	800	Agriculture	5,35	1 939,04
90	Shadow	900	Shadow	0,28	100,15
Sum				100,00	36 269,58



# RapidEye: 21.08.2010 (GSD 5.0 m)

Kompozycja barwna CIR (432) Biuro Planowania Przestrzennego



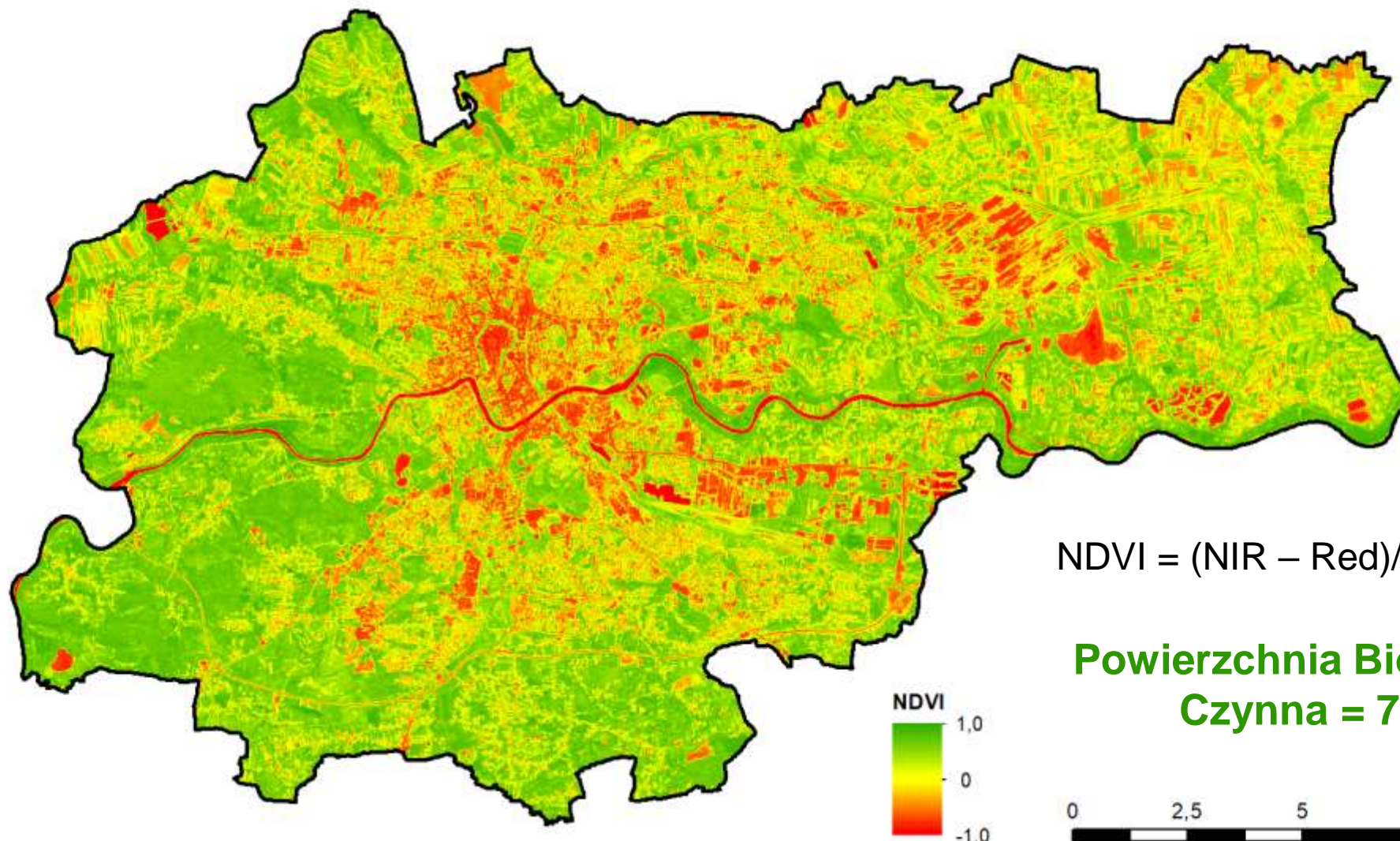
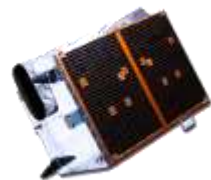
PBC - 74,1%





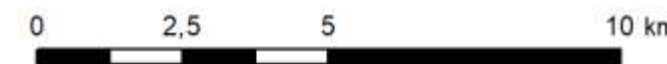
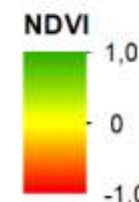
# RapidEye (21.08.2010, GSD 5 m)

## Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności NDVI



$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

**Powierzchnia Biologicznie  
Czynna = 74,1%**



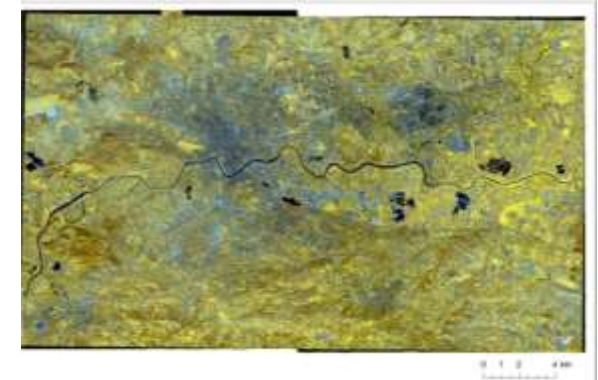
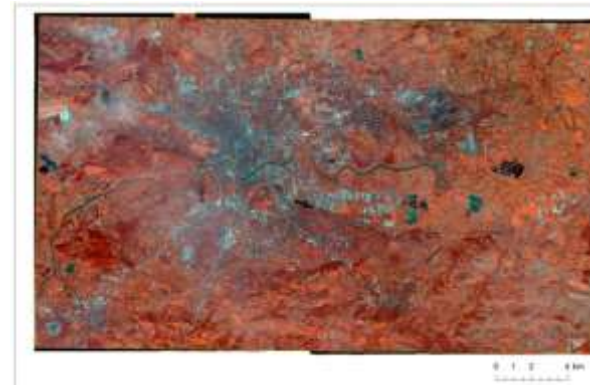


# WorldView-2 MAXAR: 09.10.2014 (GSD 0.5/2.0 m)

## Kompozycja barwna RGB (432)



Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie



Projekt współfinansowany ze środków  
Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego  
na lata 2009 - 2014

[www.eeagrants.org](http://www.eeagrants.org)





# WorldView-2 MAXAR: 09.10.2014 (GSD 0.5/2.0 m)

Kompozycja barwna CIR (432) – 8 kanałów spektralnych



## Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie



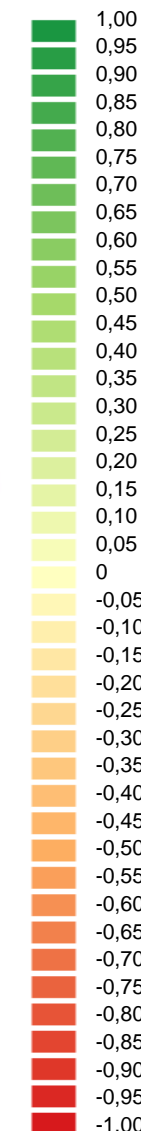
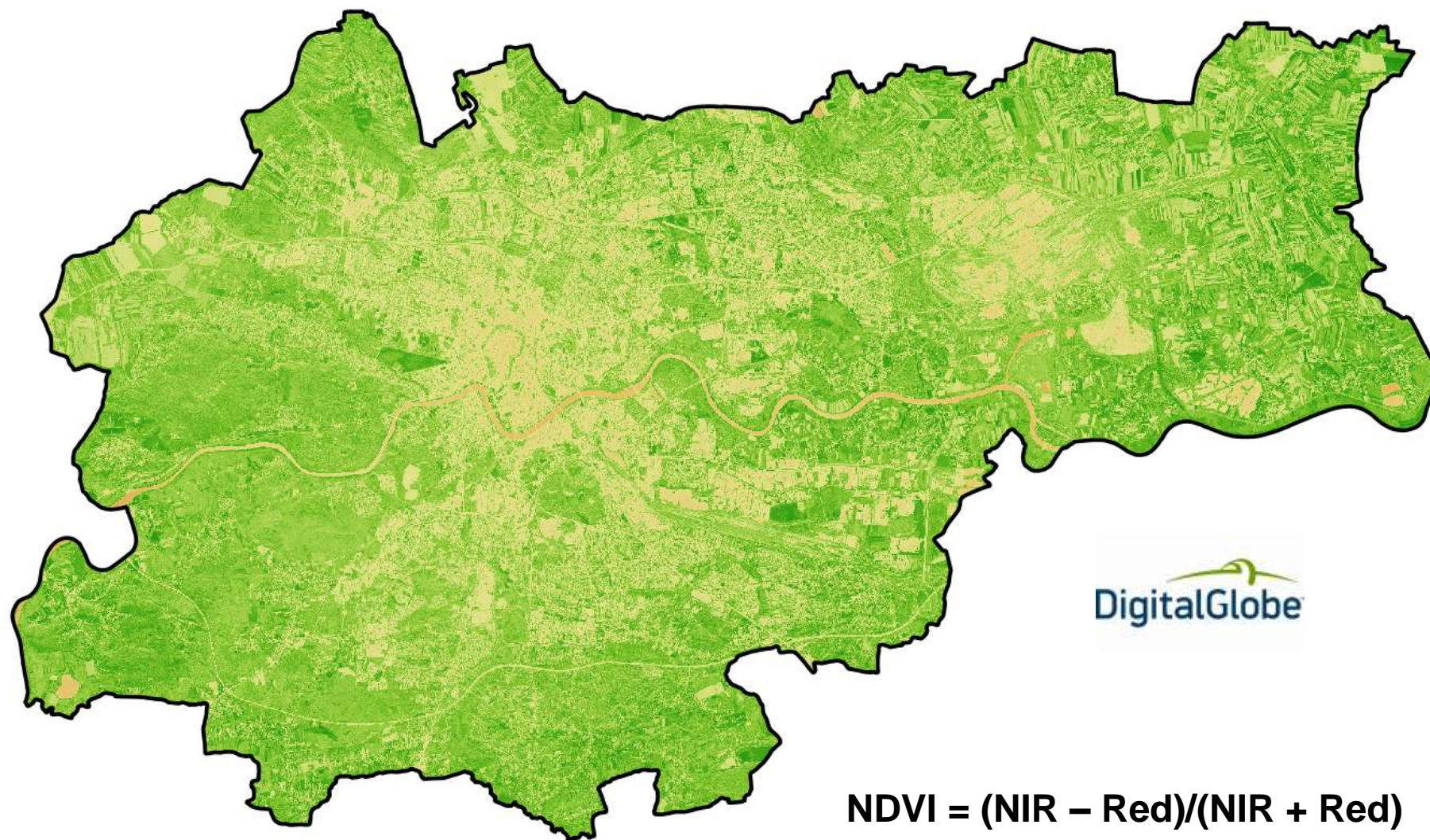
ProGea





# WorldView-2 MAXAR: 09.10.2014 (GSD 0.5/2.0 m)

## Znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności NDVI

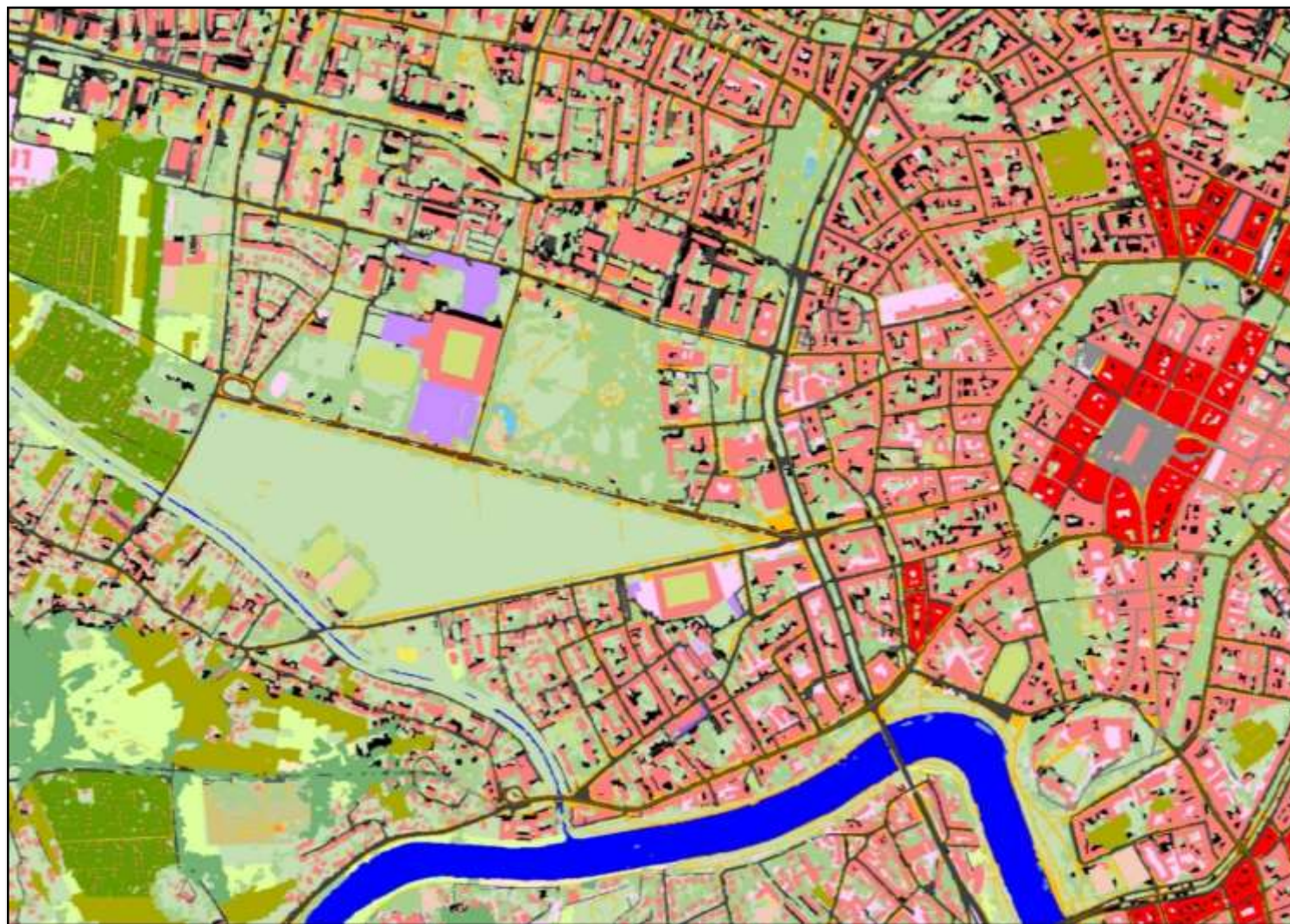


$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red)$$



# Klasyfikacja klas pokrycia terenu: 41 klas (LULC)

MONIT-AIR WKS UMK 09.10.2014



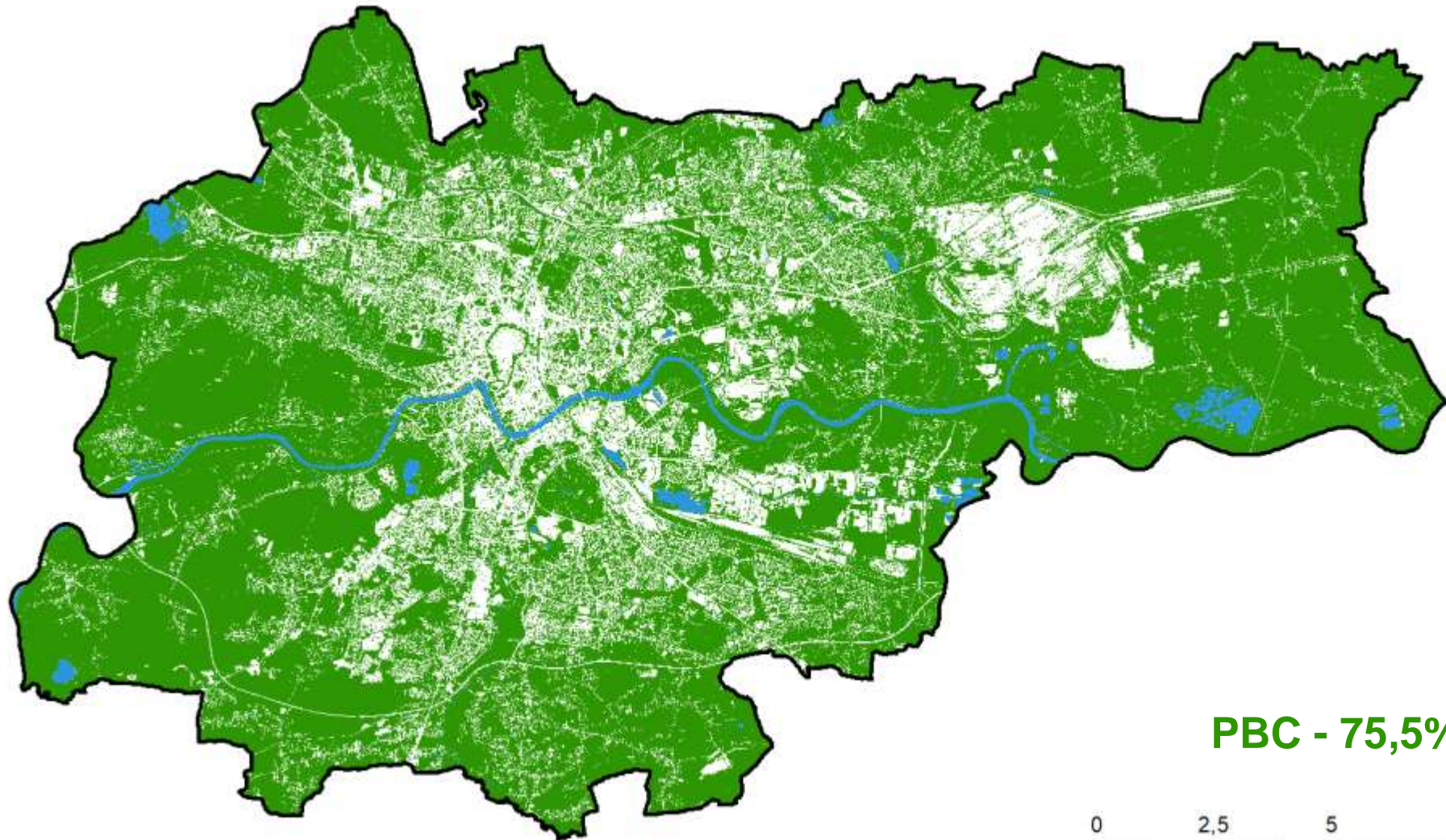
## Legend

- 1010 Continuous urban fabric
- 1020 Discontinuous urban fabric
- 2010 Commercial zones
- 2011 Parking lots associated with commercial zones
- 2020 Industrial zones
- 2030 Areas without vegetation
- 2040 Landfills and pits areas
- 2050 Active waste dumps areas
- 2060 Bitumen roads
- 2061 Concrete roads
- 2062 Hardened roads
- 2063 Other roads
- 2064 The routes used by tram and road transport
- 2070 Alleys and paths of walking and cycling
- 2080 Railways subgrade
- 2081 Tramways subgrade
- 2090 Ports areas
- 2091 Airports areas with vegetation
- 2092 Airports areas without vegetation
- 3010 Cemeteries
- 3011 Green areas with predominance of woody vegetation
- 3012 Green areas with predominance of grassy vegetation
- 3020 Sport and leisure facilities
- 3021 Tennis courts and playgrounds
- 3030 Non-irrigated arable lands
- 3040 Vineyards
- 3041 Plantations
- 3042 Orchards
- 3050 Meadows and pastures
- 3060 Complex system of crops and plots - allotments
- 3070 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation
- 4010 Broad-leaved forests
- 4020 Coniferous forests
- 4030 Mixed forests
- 5010 Natural grasslands
- 5020 Moors
- 5030 Vegetation in state of change - succession
- 6010 Dunes and sand plains
- 6020 Beaches
- 6030 Bare rocks
- 6040 Sparsely vegetated areas
- 7010 Inland marshes
- 7020 Peat bogs
- 8010 Watercourses
- 8020 Water reservoirs
- 8090 Objects on the water
- 9000 Shadows

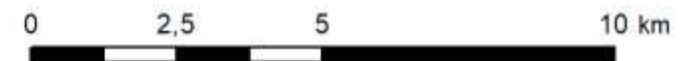


# WorldView-2 MAXAR: 09.10.2014 (GSD 0.5/2.0 m)

## Powierzchnia Biologicznie Czynna (PBC)



**PBC - 75,5%**





# PlanetScope RGB (GSD: 3.0 m)

Kraków 30.09.2016



planet. ProGea<sup>4D</sup>



WSPÓŁCZESNE PROBLEMY I KIERUNKI BADAWCZE W GEOGRAFII – TOM 7  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ  
Kraków 2019, 199–216

**Detekcja zmian roślinności wysokiej Krakowa  
w latach 2016–2017 przy wykorzystaniu  
analizy GEOBIA obrazowań satelitarnych  
RapidEye (Planet)**

Change detection of high vegetation cover  
in Krakow in 2016–2017 based on GEOBIA  
approach of RapidEye (Planet) satellite imagery

*Karolina Zięba-Kulawik, Piotr Węzyk*

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny,  
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi,  
Zakład Urządzania Lasu, Geosatytyki i Ekonomiki Leśnictwa  
al. 10 Listopada 46, 31-423 Kraków  
karolina.zieba@urk.edu.pl

Karolina Zięba-Kulawik, Piotr Węzyk, 2019



Kompozycja CIR 432



# PlanetScope Dove (GSD: 3.0 m)

Krakow 30.09.2016



**Ubytek powierzchni  
zajmowanej przez  
drzewa w 2017 roku  
oszacowano na 260,3 ha  
(-4,7% w stosunku do  
2016)**

WSPÓŁCZESNE PROBLEMY I KIERUNKI BADAWCZE W GEOGRAFII - TOM 7  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ  
Kraków 2018, 128-130

**Detekcja zmian roślinności wysokiej Krakowa  
w latach 2016-2017 przy wykorzystaniu  
analizy GEOBIA zobrażeń satelitarnych  
RapidEye (Planet)**

**Change detection of high vegetation cover  
in Krakow in 2016-2017 based on GEOBIA  
approach of RapidEye (Planet) satellite imagery**

**Karolina Zięba-Kulawik, Piotr Wężyk**

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny,  
Instytut Zarządzania Zasobami Leśnymi,  
Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomicznego Leśnictwa  
al. 30 Listopada 46, 31-415 Kraków  
karolina.zieba@urk.edu.pl

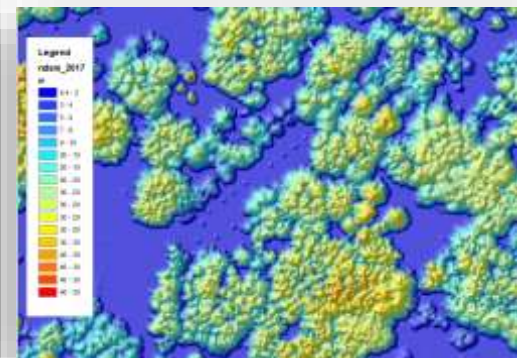
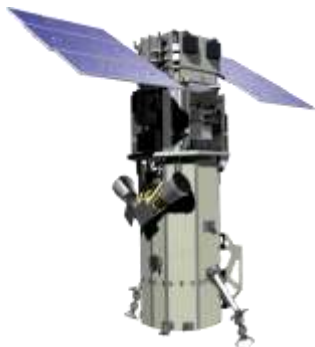


# LIFE URBANGREEN

Partnerzy: R3GIS, Anthea (Rimini), ProGea 4D, ZZM Kraków



# LIFE URBANGREEN



R3 GIS srl – Bolzano (IT) - Project coordinator



ProGea 4D Ltd. – Krakow (PL)



University of Milano (IT)



University of Firenze (IT)



Anthea srl - Rimini (IT)



Zarząd Zieleni Miejskiej - Krakow (PL)

## External Partners



City of Taipei (TW)



National Central University of Taiwan



LIFE URBANGREEN

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union (LIFE17 CCA/ITA/000079)



# WorldView-2 2018 DigitalGlobe VHRS

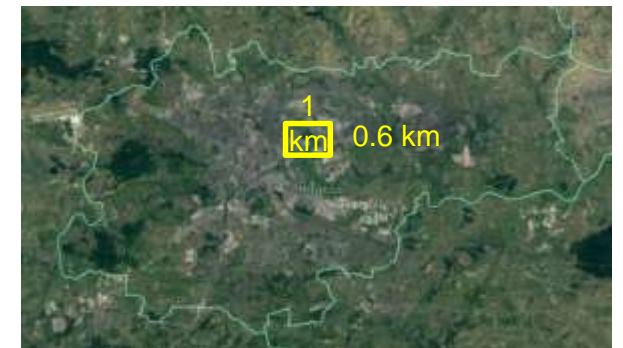
(Bands: 841)



DigitalGlobe

MAXAR  
TECHNOLOGIES

- 8 NIR2** biomass surveys, plant stress, materials differentiation
- 4 Yellow** leaf coloration, plant stress, CO2 concentration, algal blooms, sea grass and reefs, separability of iron formations, "true color"
- 1 Coastal** coastal applications, water penetration, deep water masks, materials differentiation, shadow-tree-water differentiation



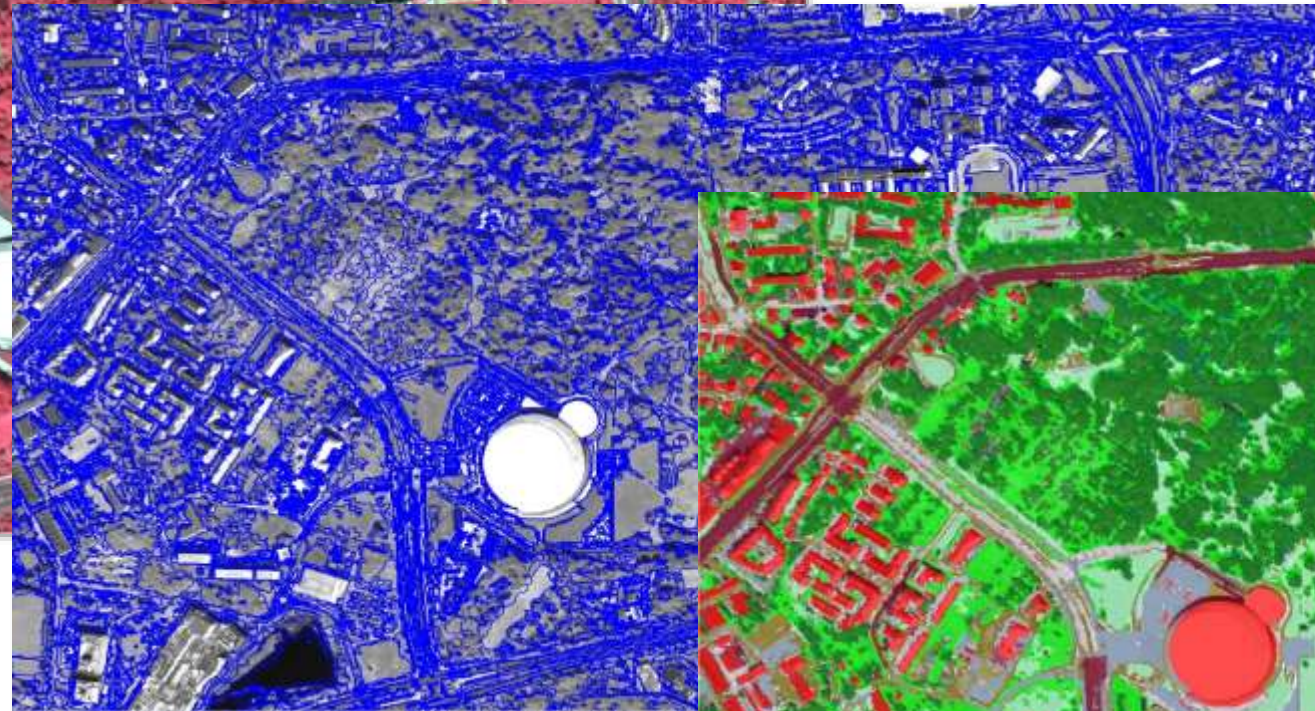


# WorldView-2 MAXAR: 21.07.2018 (GSD 0.5/2.0 m)

## GEOBIA – klasyfikacja obiektowa



- BROADLEAVES TREES
- CONIFEROUS TREES
- CONTAINER
- BUILDINGS
- GRASS
- LOW VEGETATION, SUCCESSION
- WATER
- ROAD
- ARTIFICIAL
- OPEN SOIL



Multispectral Images

Segmentation

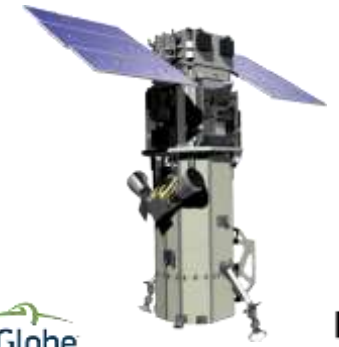
Classification





# WorldView-2 MAXAR: 21.07.2018 (GSD 0.5)

## Kompozycja NDVI



DigitalGlobe

MAXAR  
TECHNOLOGIES

NDVI	0.2 - 0.3	0.5 - 0.6	0.8 - 0.9
0 - 0.1	0.3 - 0.4	0.6 - 0.7	0.9 - 1
0.1 - 0.2	0.4 - 0.5	0.7 - 0.8	





# WorldView-2 (21.07.2018, GSD 0.5/2.0 m)

## Powierzchnia Biologicznie Czynna (PBC)



MAXAR ProGea4D



STATYSTYKI

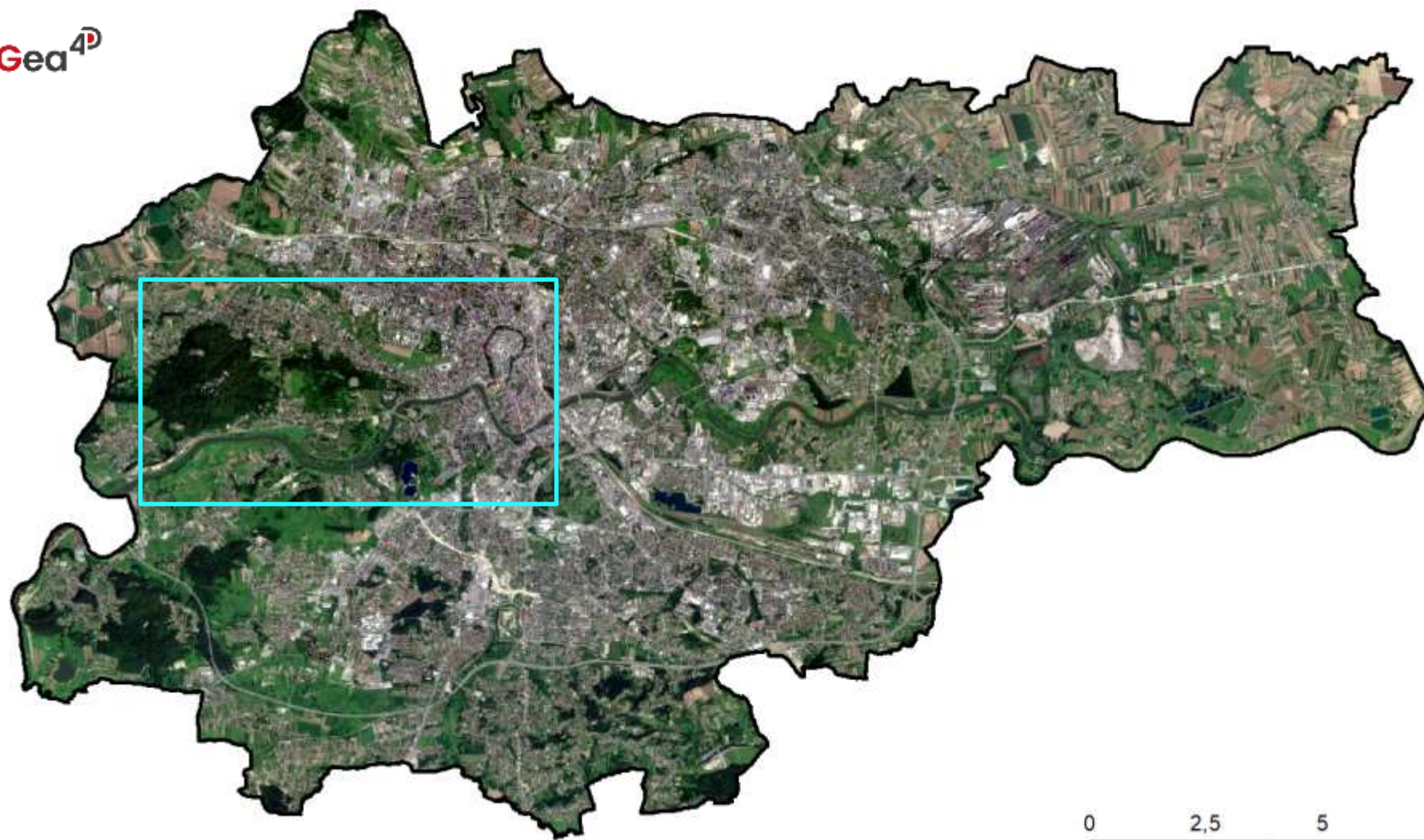
LIFE URBANGREEN

Level 1		Level 2		Level 3		Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	[%] powierzchni klasy w granicach Krakowa	
1	Tereny antropogeniczne	1.1	Zabudowa miejska	111	Budynki, infrastruktura budowlana	30,76	9,41%	25,58%
		1.2	Tereny przemysłowe, handlowe i komunikacyjne oraz inna otwarta gleba	121	Drogi i koleje z terenami powiązаныmi	21,44	6,56%	
				122	Odkryta gleba, otwarte tereny zainwestowane oraz obszary z nimi powiązane	31,40	9,61%	
2	Powierzchnia Biologicznie Czynna	2.1	Roślinność wysoka	211	Drzewa wysokie ≥ 15 m	18,65	<b>5,71%</b>	<b>71,57%</b>
				221	Drzewa średnie od 5 - 15 m	29,32	<b>8,97%</b>	
		2.2	Roślinność średnia	222	Sukcesja na obszarach rolniczych i innych	26,90	<b>8,23%</b>	
				223	Drzewa niskie < 5 m	5,16	<b>1,58%</b>	
		2.3	Roślinność niska	231	Tereny rolne	93,22	<b>28,52%</b>	
				232	Zieleń niska	33,96	<b>10,39%</b>	
2.4	Pozostałe tereny zielone	241	Pozostałe tereny zielone	26,70	<b>8,17%</b>			
3	Obszary wodne	3.1	Wody śródlądowe	311	Wody	4,19	1,28%	1,28%
4	Obszary niesklasyfikowane	4.1	Obszary niesklasyfikowane	411	Obszary niesklasyfikowane	5,14	1,57%	1,57%



# PlanetScope Dove: 28.07.2020 (GSD 3.0 m)

Kompozycja barwna RGB (321)





# PlanetScope Dove: 28.07.2020 (GSD 3.0 m)

Kompozycja barwna RGB (321)



planet. ProGea<sup>4D</sup>



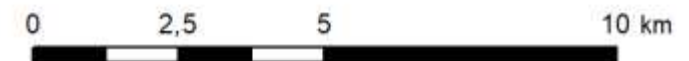
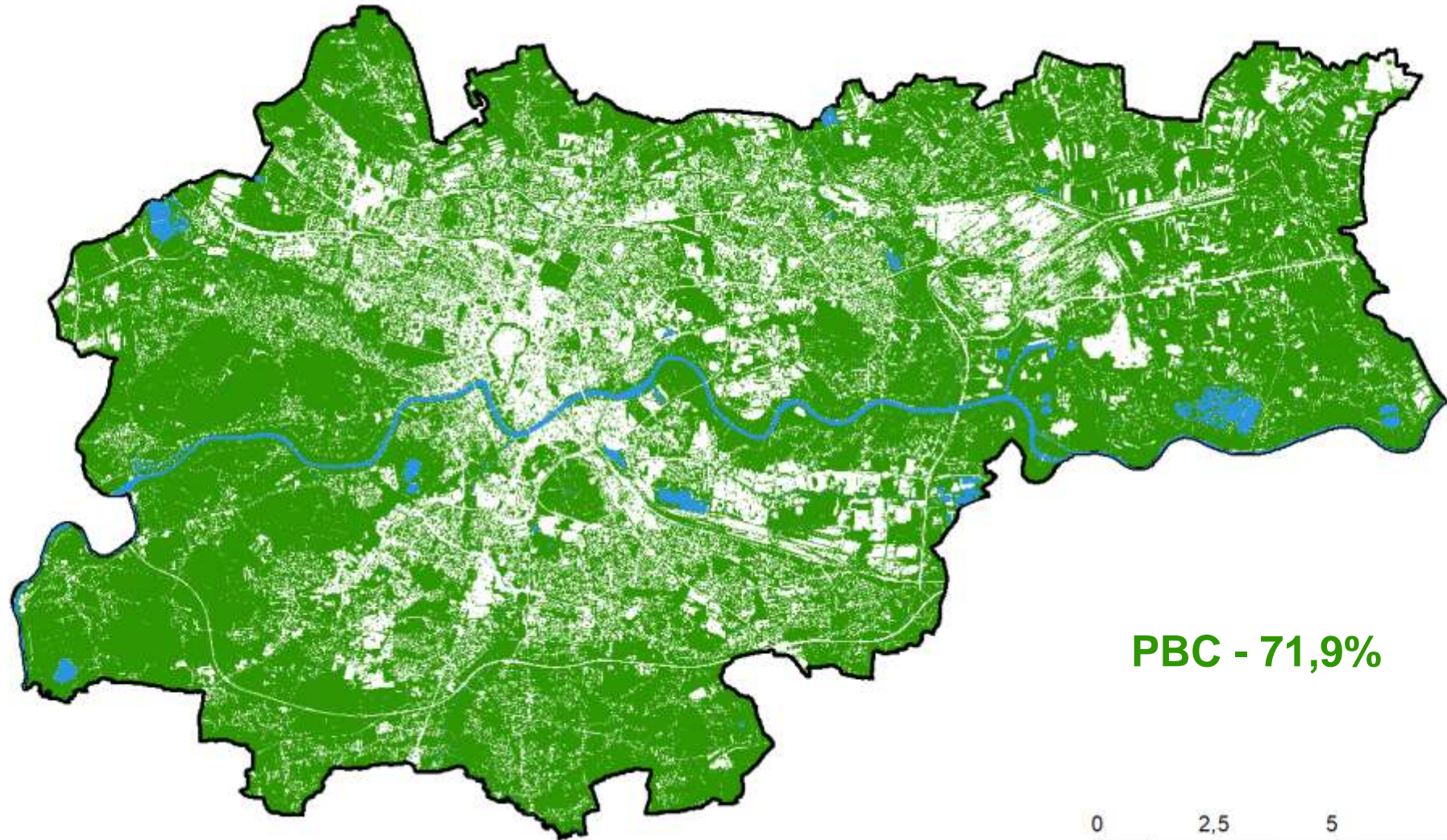


# PlanetScope Dove: 28.07.2020 (GSD 3.0 m)

Kompozycja barwna RGB (321)

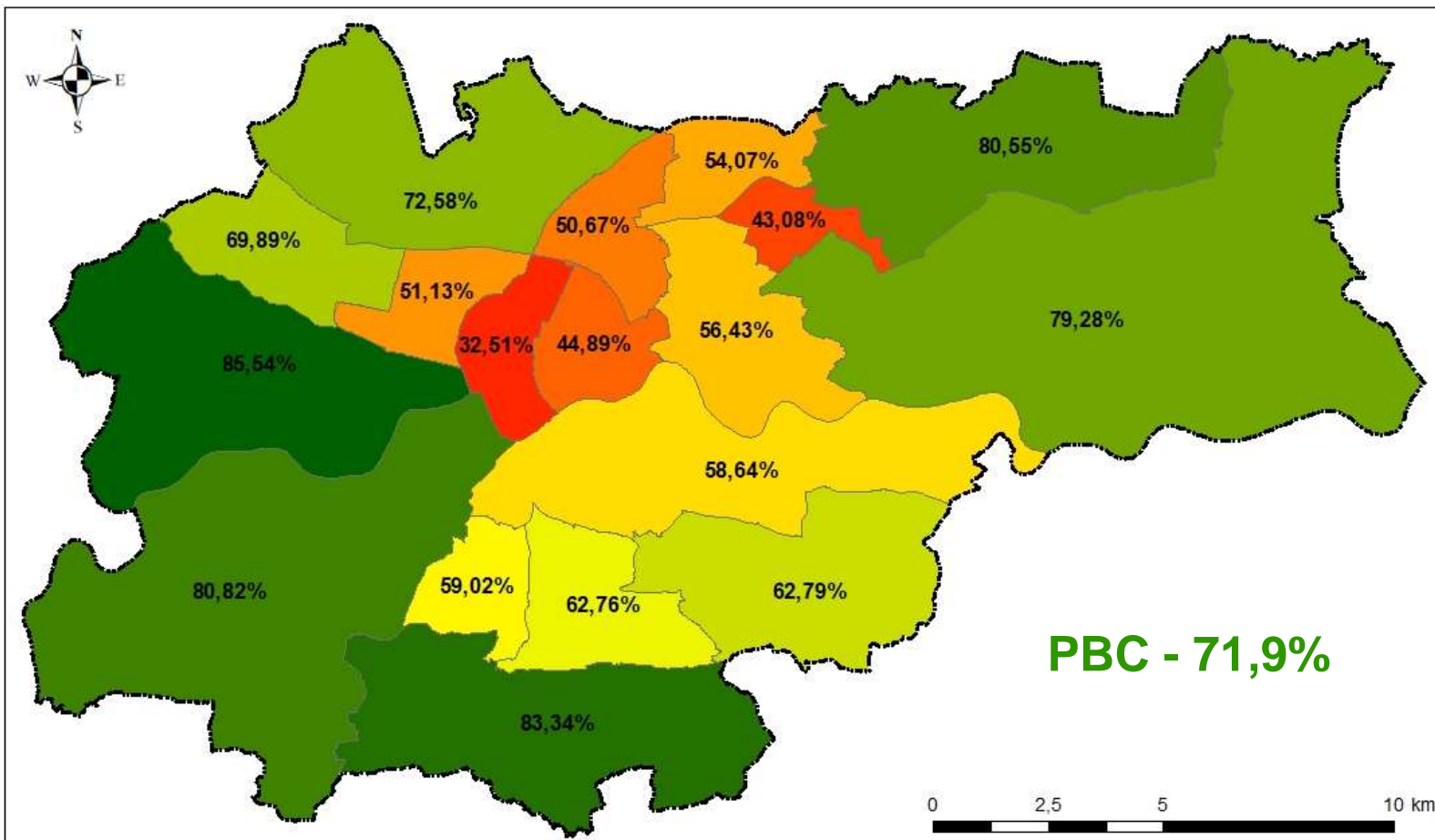


planet. ProGea<sup>4D</sup>





# Udział PBC - Dzielnice Krakowa 2020



Nr dzielnicy	Nazwa dzielnicy	Powierzchnia dzielnicy	Powierzchnia Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy	Udział powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy
		[ha]	[ha]	[%]
I	Stare Miasto	556,76	180,97	32,50
II	Grzegorzki	584,52	262,41	44,89
III	Prądnik Czerwony	643,79	326,24	50,67
IV	Prądnik Biały	2 341,87	1 699,34	72,56
V	Krowdrza	561,90	287,33	51,14
VI	Bronowice	955,96	668,01	69,88
VII	Zwierzyniec	2 873,10	2 457,28	85,53
VIII	Dębniki	4 618,87	3 732,68	80,81
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	541,51	319,53	59,01
X	Swoszowice	2 560,40	2 133,30	83,32
XI	Podgórze Duchackie	954,00	598,76	62,76
XII	Bieżanów-Prokocim	1 847,39	1 159,85	62,78
XIII	Podgórze	2 566,71	1 505,10	58,64
XIV	Czyżyny	1 225,68	691,65	56,43
XV	Mistrzejowice	559,00	302,17	54,06
XVI	Bieńczyce	369,90	159,37	43,08
XVII	Wzgórzka Krzesławickie	2 381,55	1 917,85	80,53
XVIII	Nowa Huta	6 540,99	5 185,21	79,27
		<b>Powierzchnia miasta Krakowa</b>	<b>Powierzchnia Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w Krakowie</b>	<b>Udział powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w Krakowie</b>
		[ha]	[ha]	%
<b>Miasto Kraków</b>		<b>32 683,90</b>	<b>23 589,55</b>	<b>72,17</b>

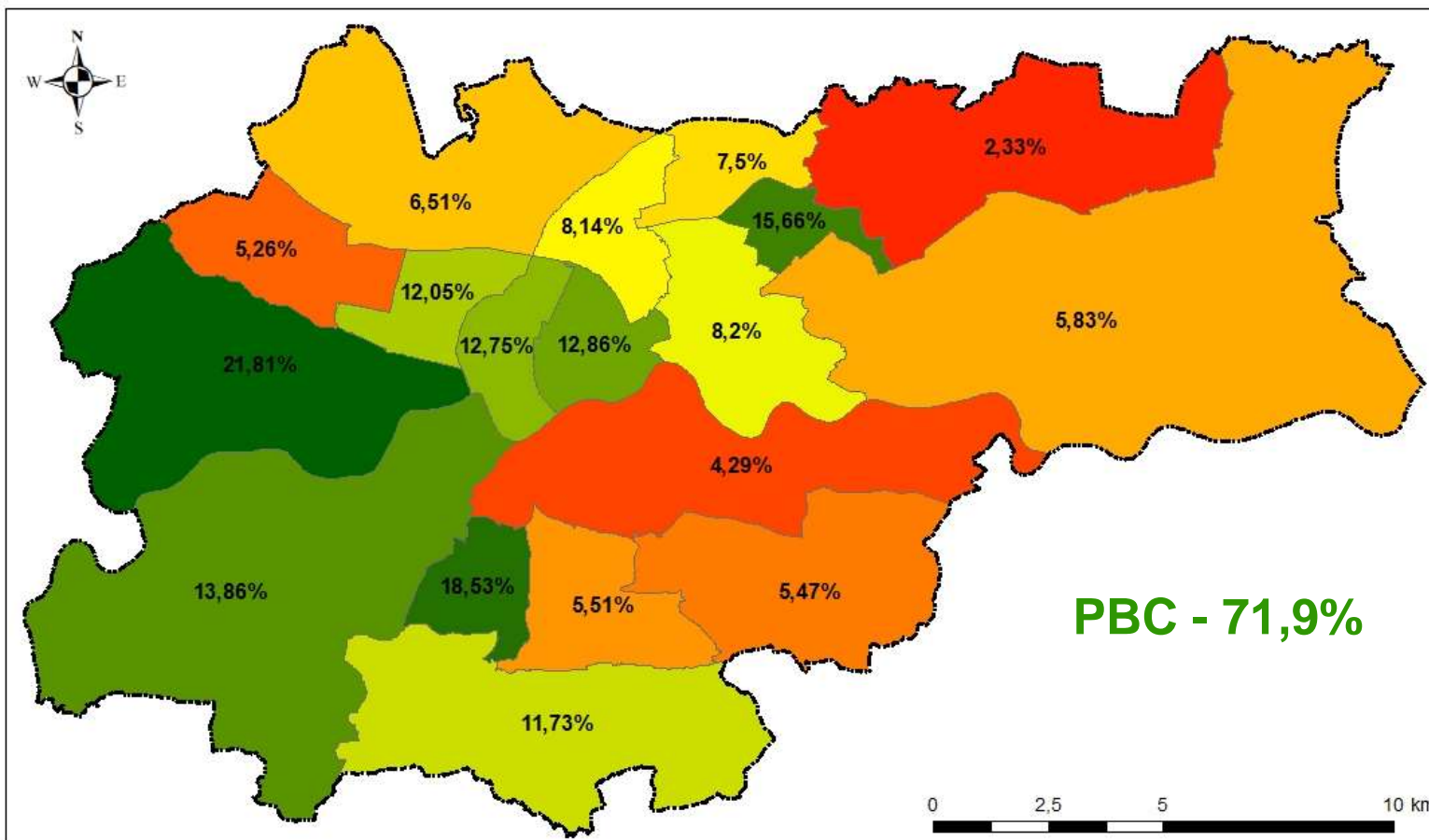


# Udział roślinności wysokiej w PBC

## Dzielnice Krakowa 2020



Udział roślinności wysokiej  
w powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy



Nr dzielnicy	Nazwa dzielnicy	Powierzchnia roślinności wysokiej w dzielnicy	Udział roślinności wysokiej w powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy
		[ha]	[%]
I	Stare Miasto	23,08	12,75%
II	Grzegórzki	33,75	12,86%
III	Prądnik Czerwony	26,54	8,14%
IV	Prądnik Biały	110,73	6,51%
V	Krowodrza	34,61	12,05%
VI	Bronowice	35,12	5,26%
VII	Zwierzyniec	536,09	21,81%
VIII	Dębniki	517,47	13,86%
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	59,21	18,53%
X	Swoszowice	250,39	11,73%
XI	Podgórze Duchackie	33,02	5,51%
XII	Bieżanów-Prokocim	63,51	5,47%
XIII	Podgórze	64,61	4,29%
XIV	Czyżyny	56,73	8,20%
XV	Mistrzejowice	22,68	7,50%
XVI	Bieńczyce	24,96	15,66%
XVII	Wzgórze Krzesławickie	44,61	2,33%
XVIII	Nowa Huta	302,32	5,83%
<b>Powierzchnia Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin Miasto Kraków</b>		<b>2 239,43</b>	<b>9,49%</b>
<b>Miasto Kraków</b>		<b>2 239,43</b>	<b>6,85%</b>

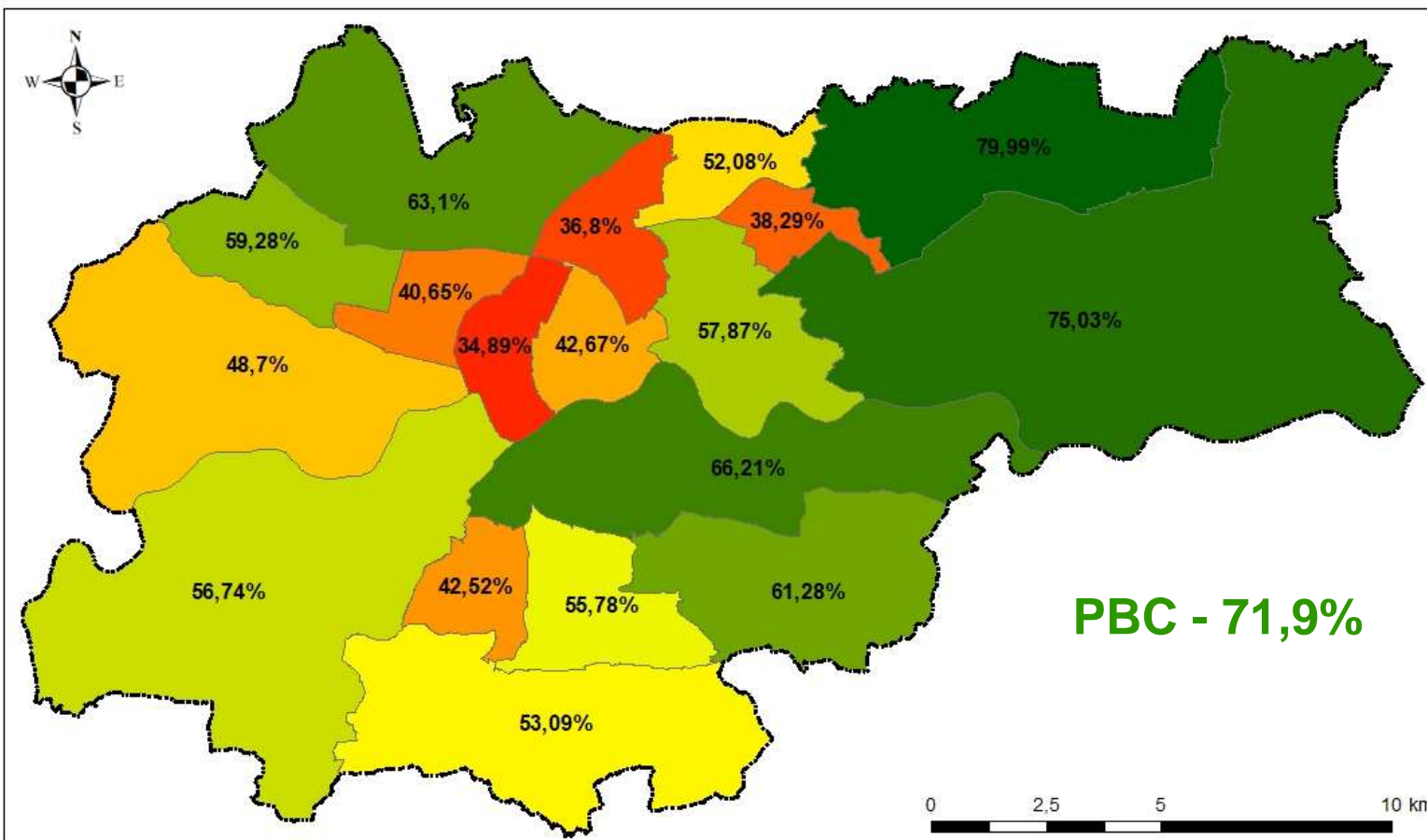


# Udział roślinności niskiej w PBC

## Dzielnice Krakowa 2020



Udział roślinności niskiej  
w powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy



Nr dzielnicy	Nazwa dzielnicy	Powierzchnia roślinności niskiej w dzielnicy	Udział roślinności niskiej w powierzchni Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin w dzielnicy
		[ha]	[%]
I	Stare Miasto	63,15	34,89%
II	Grzegórzki	111,97	42,67%
III	Prądnik Czerwony	120,07	36,80%
IV	Prądnik Biały	1 072,56	63,10%
V	Krowodrza	116,81	40,65%
VI	Bronowice	396,05	59,28%
VII	Zwierzyniec	1 196,89	48,70%
VIII	Dębniki	2 118,07	56,74%
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	135,88	42,52%
X	Swoszowice	1 132,73	53,09%
XI	Podgórze Duchackie	333,97	55,78%
XII	Bieżanów-Prokocim	710,82	61,28%
XIII	Podgórze	996,49	66,21%
XIV	Czyżyny	400,30	57,87%
XV	Mistrzejowice	157,42	52,08%
XVI	Bieńczyce	61,02	38,29%
XVII	Wzgórze Krzesławickie	1 534,30	79,99%
XVIII	Nowa Huta	3 890,79	75,03%
<b>Powierzchnia Obszarów Aktywnej Wegetacji Roślin Miasto Kraków</b>		<b>14 549,29</b>	<b>61,68%</b>
<b>Miasto Kraków</b>		<b>14 549,29</b>	<b>44,52%</b>



# WorldView-2 (21.07.2021, GSD 0.5/2.0 m)

## Powierzchnia Biologicznie Czynna (PBC)

**PBC - 71,29%**



MAXAR ProGea4D



### STATYSTYKI

LIFE URBANGREEN

Level 1		Level 2		Level 3		Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	[%] powierzchni klasy w granicach Krakowa	
1	Tereny antropogeniczne	1.1	Zabudowa miejska	111	Budynki oraz infrastruktura budowlana	24,39	7,46%	<b>24,62%</b>
		1.2	Tereny: przemysłowe, handlowe i komunikacyjne oraz inne z glebą bez roślinności	121	Drogi i koleje z terenami powiązаныmi	26,06	7,97%	
				122	Odkryta gleba, otwarte tereny zainwestowane oraz obszary z nimi powiązane	30,05	9,19%	
2	Obszary Biologicznie Czynne	2.1	Roślinność wysoka	211	Drzewa wysokie ≥ 15 m	23,34	7,14%	<b>71,29%</b>
				221	Drzewa średnie od 5 - 15 m	38,30	11,72%	
				222	Drzewa niskie < 5 m	56,42	17,26%	
		2.2	Roślinność średnia	231	Tereny rolnicze	59,09	18,08%	
				2.3	Roślinność niska	232	Zieleń niska	
		2.4	Pozostałe tereny zielone					
3	Obszary pod wodami	3.1	Wody śródlądowe	300	Wody	5,89	1,80%	<b>1,80%</b>
4	Obszary niesklasyfikowane	4.1	Obszary niesklasyfikowane	400	Obszary niesklasyfikowane	7,46	2,28%	<b>2,28%</b>

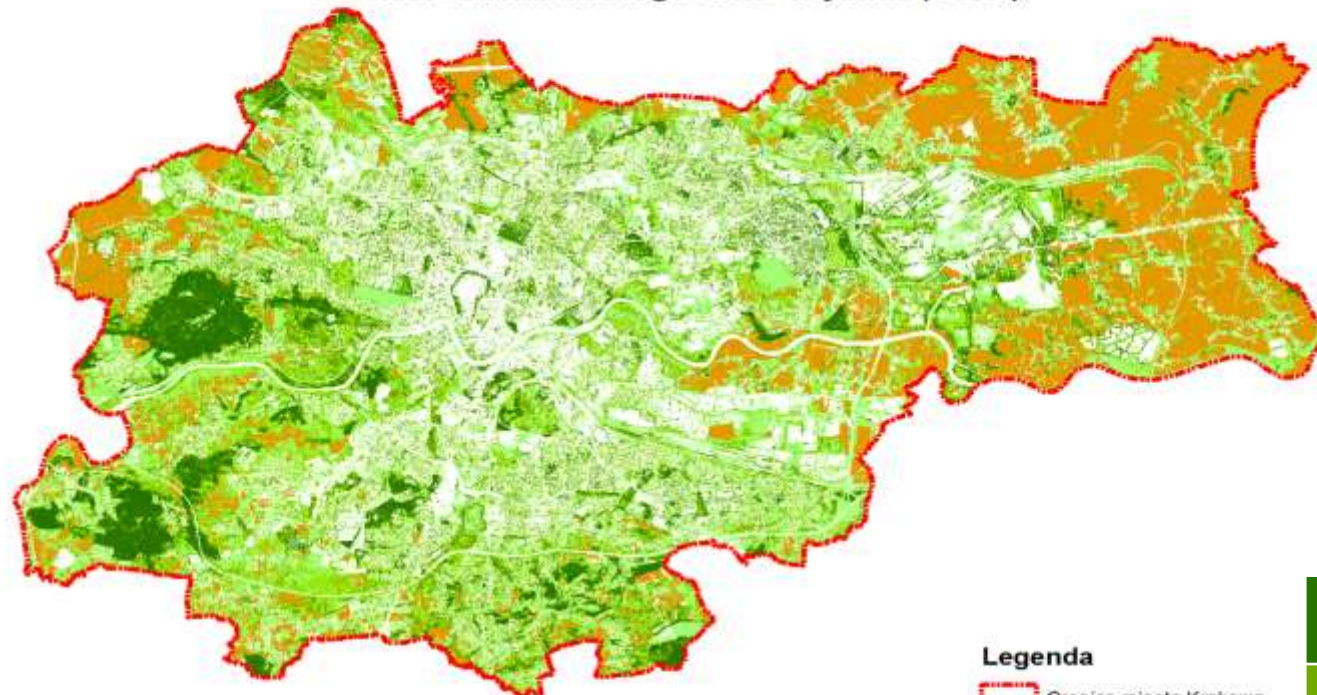


# PBC - 2021

Struktura własności UF - 48% występuje na terenach prywatnych



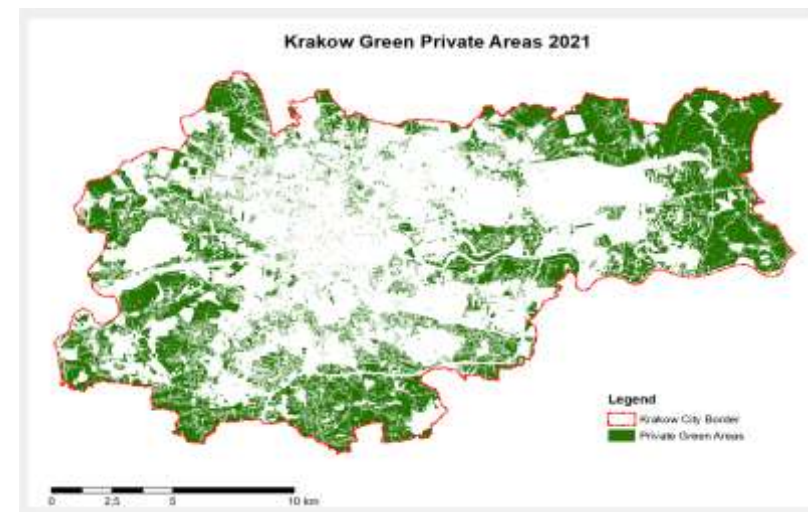
Powierzchnia biologicznie czynna (2021)



Legenda

- Granica miasta Krakowa
- High Trees
- Mid Trees
- Low Trees
- Agriculture
- Other low vegetation

Krakow Green Private Areas 2021



Legend

- Krakow City Border
- Private Green Areas

Klasa	Udział PBC w pow. miasta	Udział prywatnych terenów zieleni w całej PBC	Udział prywatnych terenów zieleni w klasie PBC
Drzewa wysokie (> 15 m)	7,1% (+0,18%)	1,6% (+0,04%)	16,7% (no change)
Drzewa średnie (5-15 m)	11,7% (+0,56%)	5,8% (+0,19%)	35,4% (-1,32%)
Drzewa niskie (< 5 m)	17,3% (+8,27%)	11,8% (+6,15%)	48,9% (+2,79%)
Tereny rolne	18,1% (+0,14%)	19,0% (+0,86%)	75,0% (+1,22%)
Pozostała niska roślinność	17,1% (-10,73)	10,4% (-7,06%)	43,3% (-2,37%)



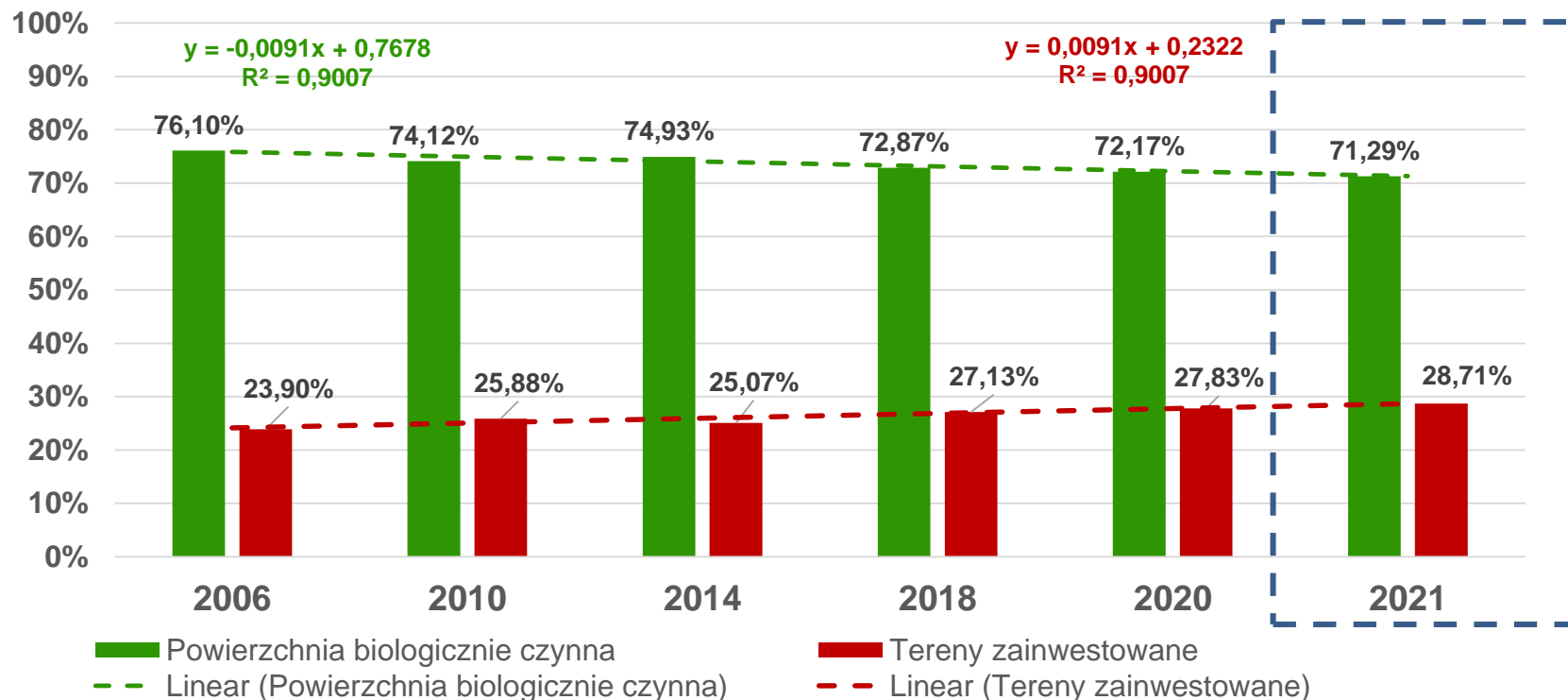
# Zieleń miejska Krakowa w latach 2006 - 2021

## Powierzchnia Biologicznie Czynna (PBC) w granicach adm. Krakowa



ROK ANALIZY	2006	2010	2014	2018	2020	2021
Powierzchnia Biologicznie Czynna (PBC)	76,10%	74,12 %	74,93 %	72,87 %	72,17 %	71,29 %

Powierzchnia Biologicznie Czynna w granicach adm. Krakowa (2006 – 2021)



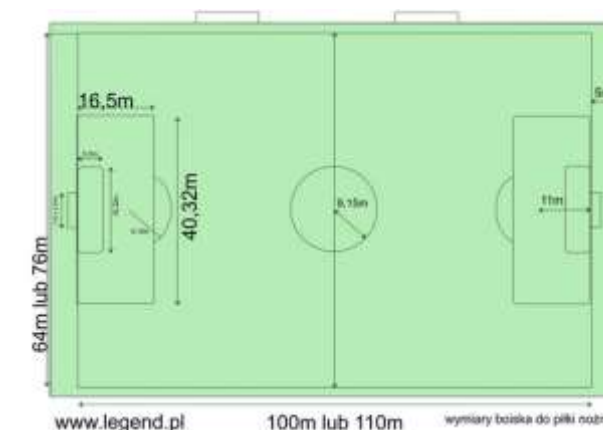
**Redukcja PBC o 4,81% w ciągu**

**15 lat:**

= 1.568 ha całkowita redukcja

= 104 ha ubytku rocznie;

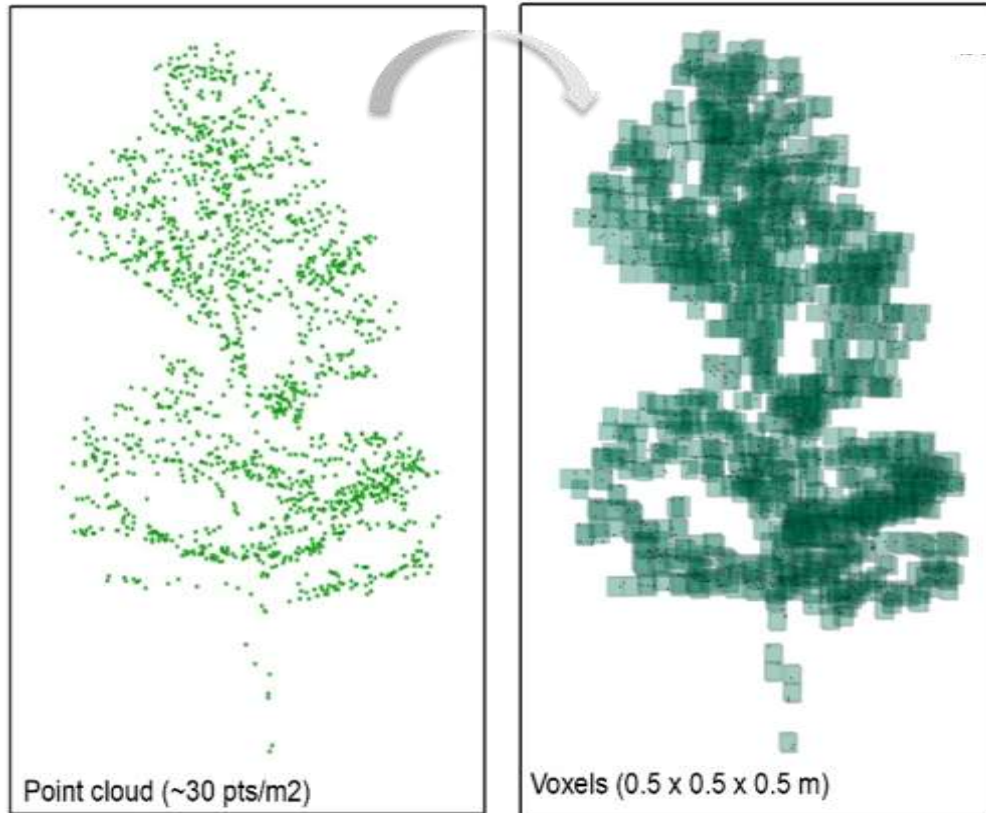
= 150 boisk piłkarskich rocznie.





# Objętość roślinności

## Chmury punktów ALS oraz voxele



Chmura punktów ALS LiDAR

Woksele (0,5 x 0,5 x 0,5 m)

### Proces wokselizacji chmury punktów ALS LiDAR

Wskaźnik Gęstości Roślinności 3D  
Vegetation 3D Density Index  
(V3DI)

$$V3DI = \frac{V_V}{S} = \frac{\sum_{i=1}^m V_{vox}}{S}$$

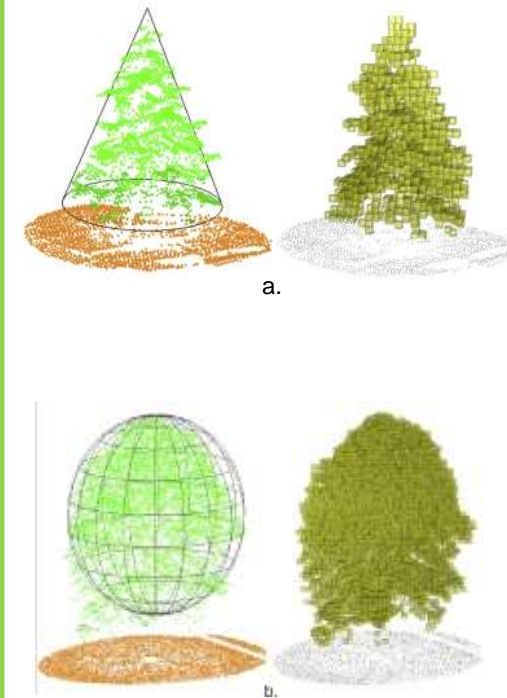
gdzie:

$V_V$  - oznacza całkowitą objętość roślinności [ $m^3$ ],

$V_{vox}$  - objętość pojedynczego woksela w AOI,

$m$  - liczbę wokseli (roślinność średnia i wysoka),

$S$  - obszar badania [ $m^2$ ].



Dopasowanie kształtu korony drzewa do stożka (a) i elipsoidy (b) vs. voxele (0,5 m) wygenerowane na chmurze punktów korony drzew iglastych i liściastych

Zięba-Kulawik, K., Skoczylas, K., Wężyk, P., Teller, J., Mustafa, A., & Omrani, H. (2021). Monitoring of urban forests using 3D spatial indices based on LiDAR point clouds and voxel approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65, Article 127324. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127324>

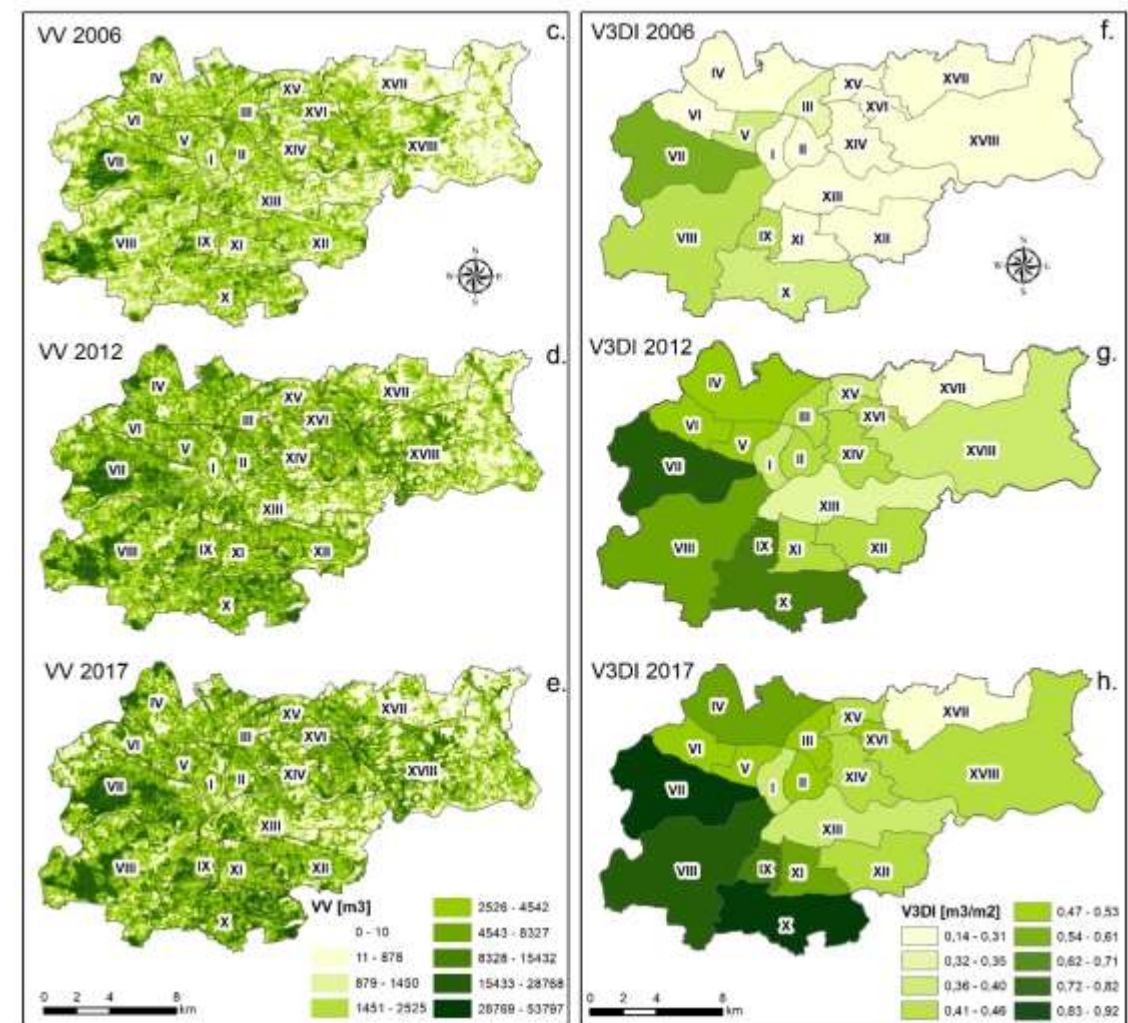


# Monitorowanie zmian 3D w lasach miejskich

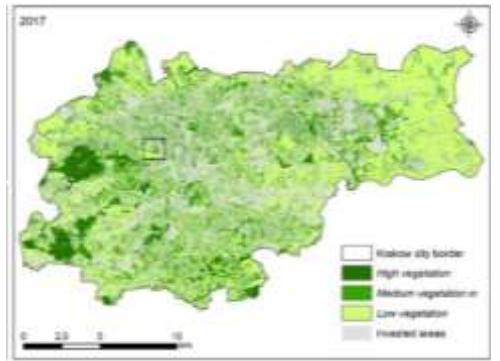
## Zastosowanie wskaźników krajobrazowych



Warstwa roślinności		2006	2012	2017	
2D powierzchnia biologicznie czynna (PBC)	[ha] [%]	24 872.4 <b>76.1</b>	24 110.4 <b>73.8</b>	23 655.0 <b>72.4</b>	-0,3%/rok
Roślinność niska (< 2,0 m)	[ha] [%]	18 511.6 <b>56.6</b>	15 944.6 <b>48.8</b>	14 811.5 <b>45.3</b>	-1%/rok
Roślinność średnia (2,0-15,0 m)	[ha] [%]	4 597.7 <b>14.1</b>	6 033.8 <b>18.5</b>	6 454.8 <b>19.8</b>	+0,7%/rok
Roślinność wysoka (>15,0 m)	[ha] [%]	1 763.1 <b>5.4</b>	2 132.0 <b>6.5</b>	2 388.6 <b>7.3</b>	



Roślinność średnia i wysoka (H > 2,0 m) zwiększyła z 19,5% (2006 r.) osiągając 27,1% w 2017 r.



Nazwa Dzielnicy Krakowa	2006 V3DI [m³/m²]	2012 V3DI [m³/m²]	2017 V3DI [m³/m²]
Zwierzyniec (VII)	0.54	0.78	0.92
Wzgórza Krzesławickie (XVII)	0.14	0.30	0.31
<b>KRAKÓW</b>	<b>0.31</b>	<b>0.48</b>	<b>0.56</b>

Objętość roślinności średniej i wysokiej wzrastała od około **100 mln m³** (2006) - 160 mln m³ (2012) do **180 mln m³ (2017)**. Wartość wskaźnika V3DI dla całego Krakowa wzrastała od 0,31 m³/m² (2006 r.) przez 0,48 m³/m² (2012 r.) do 0,56 m³/m² (2017).

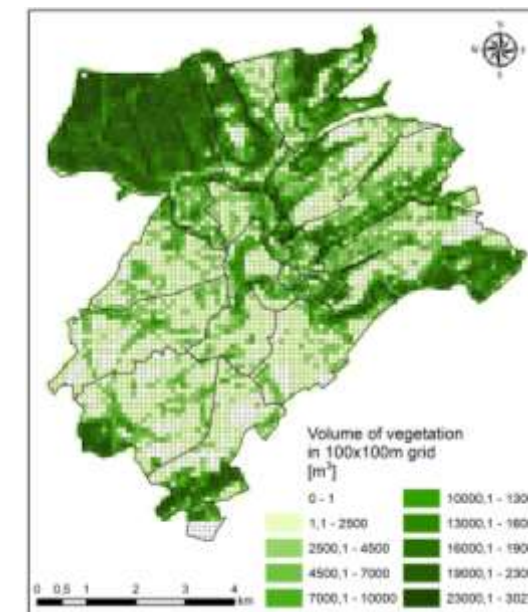
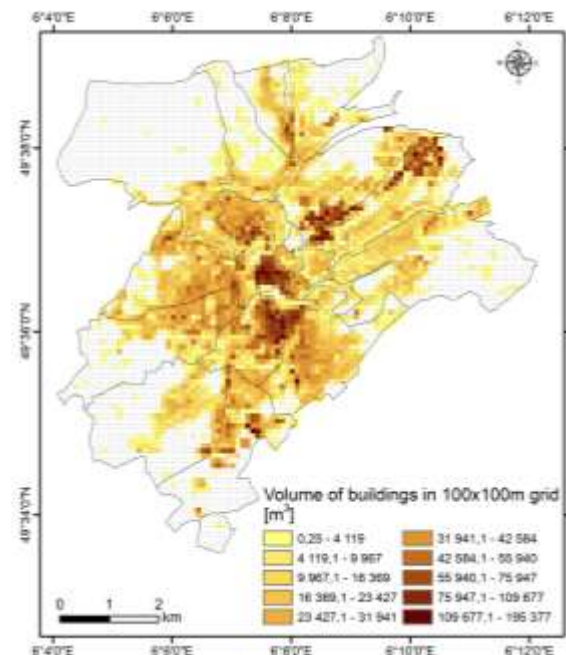
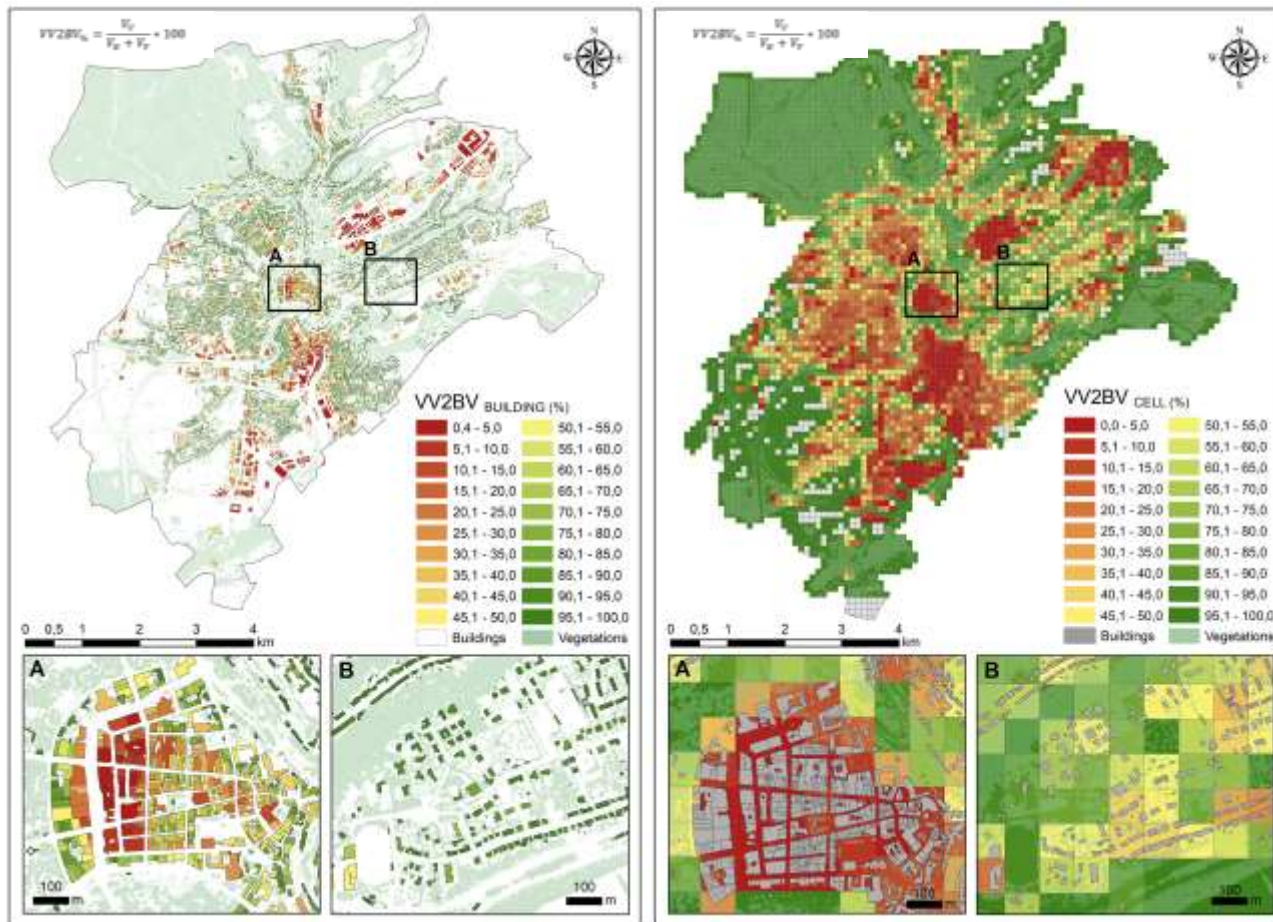


# Zrównoważony rozwój miast

## Monitoring UF i obszarów zainwestowanych

### Projekt FNR: „Sustainable Residential Densification (SusDens)”

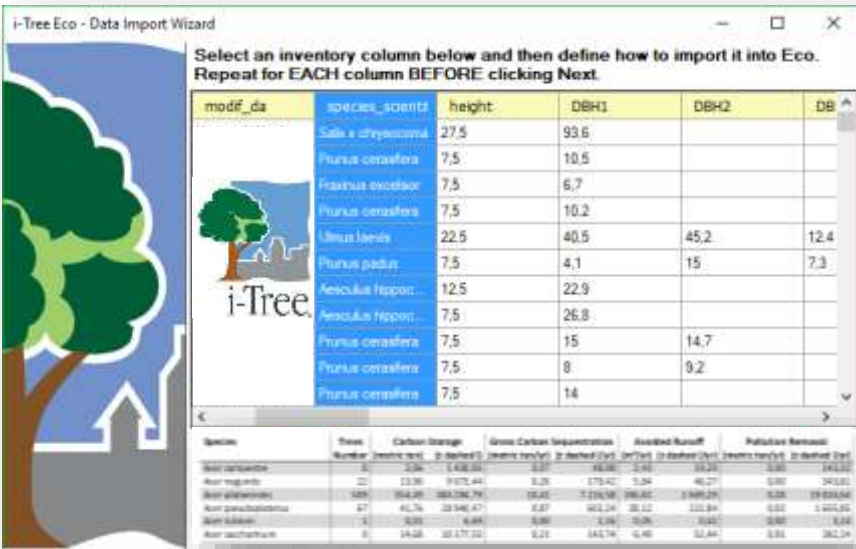
Mapa rozmieszczenia objętości budynków oraz roślinności 3D w mieście Luksemburg.



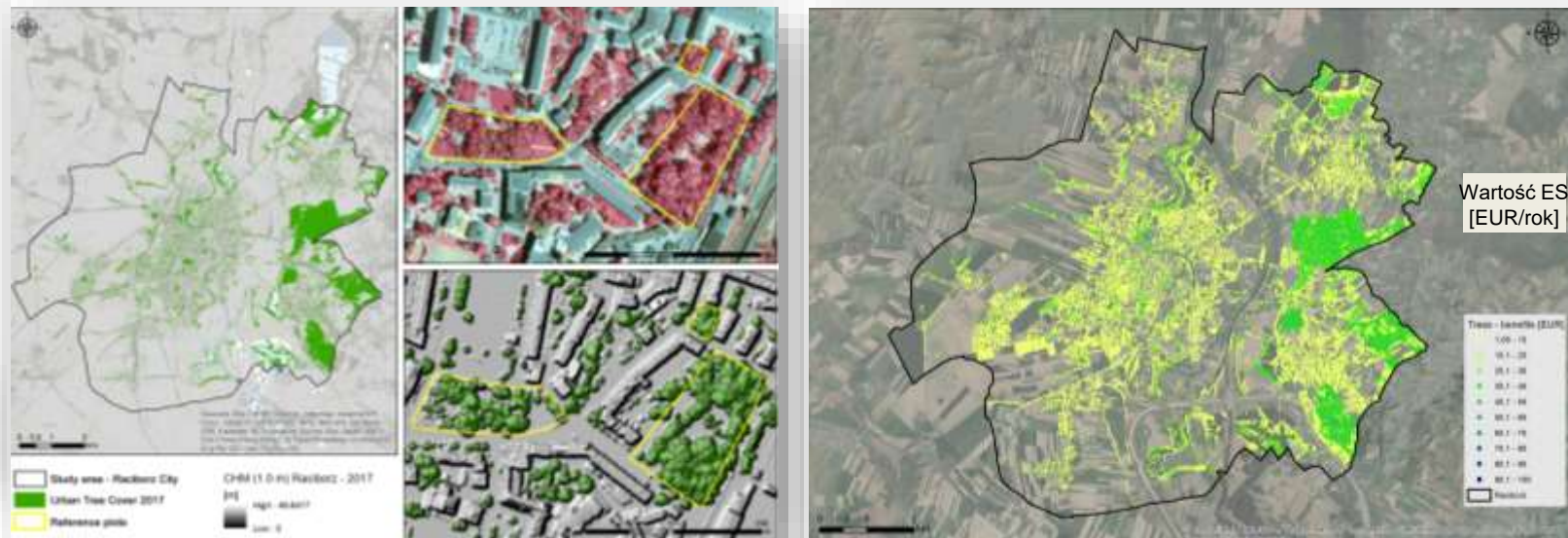
Zaproponowana metoda monitorowania objętości roślinności i budynków oparta została na trójwymiarowych wskaźnikach przestrzennych wygenerowanych na podstawie chmur punktów lotniczego skanowania laserowego (ALS LiDAR).



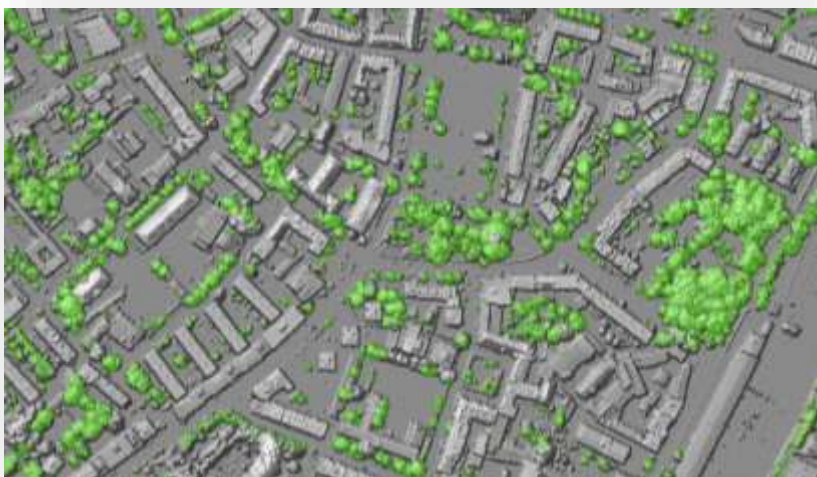
# Usługi ekosystemowe świadczone przez lasy miejskie na przykładzie m. Racibórz



Warstwa pokrycia koronami drzew w Raciborzu w 2017 oraz wartość strukturalna drzew [EUR/rok].



ES oszacowano na podstawie inwentaryzacji i predykcji.



Segmentacja i klasyfikacja koron drzew miejskich w Raciborzu.

Wartość wybranych usług ekosystemowych świadczonych przez lasy miejskie w Raciborzu.

Number of trees	Carbon Storage		Gross Carbon Sequestration		Avoided Runoff		Pollution Removal		Structural Value
	(metric ton)	(PLN)	(metric ton/yr)	(PLN/yr)	(m³/yr)	(PLN/yr)	(metric ton/yr)	(PLN/yr)	
264 471	50 775,05	35 190 198,92	1 948,58	1 350 492,70	75 738,18	600 237,10	52,54	19 800 549,73	1 741 568 519



Zięba Kulawik K., Hawryło P., Wężyk P., Matczak P., Przewoźna P., Ingot A., Mączka K., 2021. Improving methods to calculate the loss of ecosystem services provided by urban trees using LiDAR and aerial orthophotos. „iTre-es” project, National Science Centre, grant number 2017/25/B/HS6/00954.



# Nowa koncepcja „3-30-300” dla miast



**30%** TREE CANOPY COVER IN EVERY NEIGHBOURHOOD



**300m** FROM THE NEAREST PARK OR GREEN SPACE



- 3** - drzewa w zasięgu wzroku
- 30%** - pokrycie koronami drzew
- 300** m – odległość do parku

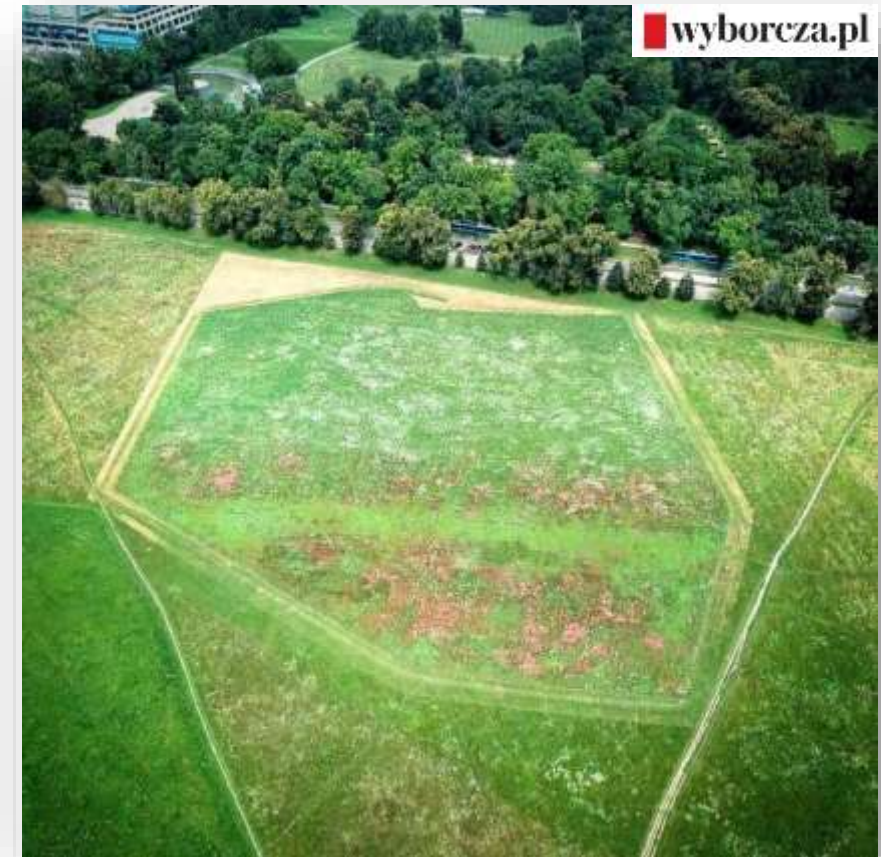
Źródło: Prof. Cecil Konijnendijk – University of British Columbia, Faculty of Forestry and NBS Institute.



# Dziękuję za uwagę !



Planet Scope Dove (June 6, 2018)



UAV RGB photo from August 2, 2018)

<https://www.planet.com/stories/blonia-krakowskie-rAmHmiQVg>