

astrofizyka

# KARTOGRAFOWIE WSZECHŚWIATA

Kartografia jest dziedziną nauki określającą zasady tworzenia map, a także zgłębiającą możliwości wykorzystania ich treści. Ta definicja – choć w tym wypadku nie dotyczy Ziemi – idealnie odwzorowuje pracę zespołu VIPERS, w którego skład wchodzi również polscy astronomowie.



**Dr Katarzyna Małek**

jest astrofizykiem, pracuje w NCBJ. Zajmuje się zagadnieniami klasyfikacji, modelowaniem widm oraz badaniem ewolucji galaktyk.

Katarzyna.Malek@ncbj.gov.pl

---

**dr Katarzyna Małek**

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Świerk

---

**mgr Małgorzata Siudek**

Centrum Fizyki Teoretycznej,  
Polska Akademia Nauk, Warszawa

---

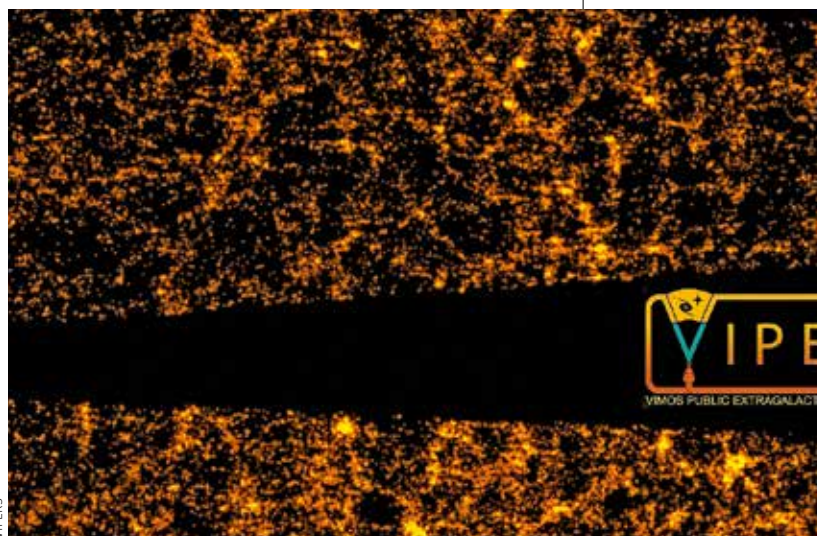
**dr Janusz Krywult**

Uniwersytet im Jana Kochanowskiego, Kielce

---

**dr hab. Agnieszka Pollo**

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Świerk  
Uniwersytet Jagielloński



**D**zięki wielkim przeglądom całego nieba nasz bliski, lokalny Wszechświat – czyli kosmos odległy od nas, bagatela, o jakiś 1 czy 2 miliardy lat świetlnych – znamy już całkiem niezłe. Wiemy, że wypełniają go galaktyki o różnych właściwościach. Od olbrzymów, drzemiących w centrach gromad galaktyk, po karzełki liczące sobie ledwie kilka tysięcy gwiazd. Od czerwonych, wypalonych galaktyk eliptycznych wypełnionych starymi gwiazdami po niebieskawe wciąż aktywnie produkujące młode gwiazdy galaktyki spiralne i nieregularne. Te wszystkie typy tworzą skomplikowaną kosmiczną sieć, przypominającą w wielkiej skali gigantyczną gąbkę, w której pojedyncze galaktyki to zaledwie punkciki.

Jedno z wielkich pytań współczesnej astronomii brzmi: kiedy uformowała się ta cała struktura? Kie-

dy czerwone martwe dziś galaktyki przestały tworzyć nowe gwiazdy, jak powstawały różne typy galaktyk i jaką rolę w historii ich życia odgrywało ich położenie w kosmicznej sieci? Żeby to zrozumieć, potrzebujemy przeglądów galaktyk nie tylko lokalnych, lecz także sięgających możliwie daleko w przeszłość. A to, nawet przy ogromnym postępie technologicznym ostatnich dekad, wciąż nie jest łatwe zadanie.

## Wszechświat w 3D

Zespół VIPERS (VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey, czyli Publiczny Pozagalaktyczny Przegląd Przesunięć ku Czerwieni przeprowadzony na multispektrografie VIMOS) stworzył trójwymiarową mapę Wszechświata, która przybliży nas do odpowiedzi na

Dwa „plasterki” kosmosu sprzed 5 do 8 mld lat, widziane przez projekt VIPERS. Jasne punkciki – galaktyki – już wtedy układały się w skomplikowaną strukturę strug, ścian i pustek.

## ACADEMIA panorama astrofizyka

**Dr Małgorzata Siudek**

jest astrofizykiem, niedawno obroniła doktorat na temat ewolucji czerwonych pasywnych galaktyk na podstawie danych pochodzących ze spektroskopowego przeglądu VIPERS.

gsiudek@cft.edu.pl

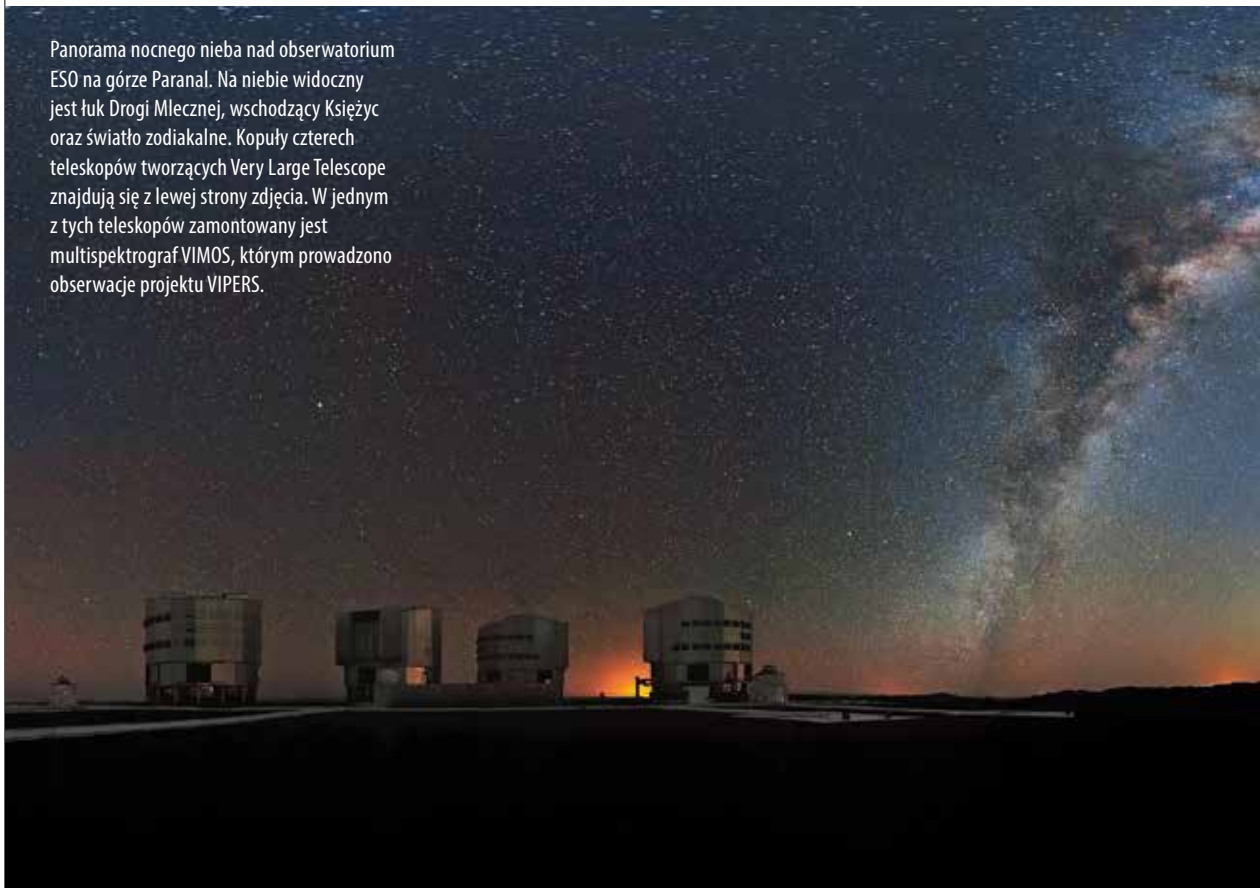
**Dr Janusz Krywult**

jest astrofizykiem, pracuje na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym UJK. Bada kształty i ewolucję właściwości galaktyk różnych typów.

krywult@ujk.edu.pl

Powiększony fragment obrazu otrzymany spektrografem VIMOS. Pionowe paski to widma galaktyk. Jasne poziome kreski przedstawiają linie emisyjne, a ciemne – linie absorpcyjne. Cechy tych linii pozwalają nam badać właściwości galaktyk, a ich przesunięcie mówi nam, jak daleko od nas się znajdują.

Panorama nocnego nieba nad obserwatorium ESO na górze Paranal. Na niebie widoczny jest łuk Drogi Mlecznej, wschodzący Księżyc oraz światło zodiakalne. Kopuły czterech teleskopów tworzących Very Large Telescope znajdują się z lewej strony zdjęcia. W jednym z tych teleskopów zamontowany jest multispektrograf VIMOS, którym prowadzono obserwacje projektu VIPERS.

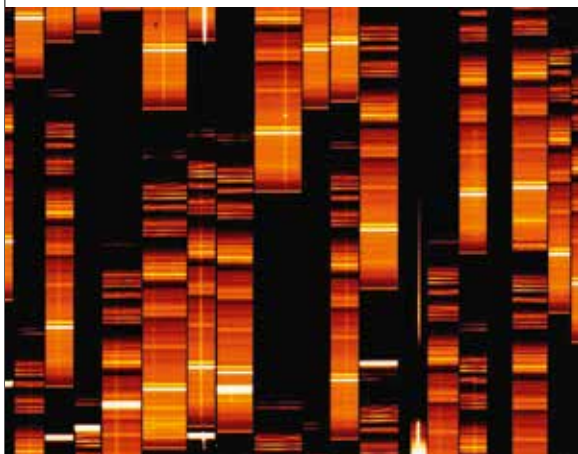


to pytanie. Obejmuje ona obserwacje prawie 100 000 galaktyk odległych od nas aż o około 8 mld lat. Obserwacje i pomiary zajęły kilkudziesięcioosobowemu zespołowi astronomów aż osiem lat. Jest to jak dotąd największy projekt Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). Do pomiarów został wykorzystany multispektrograf VIMOS zamontowany na Melipalu – jednym z czterech 8,2-metrowych teleskopów VLT (Very Large Telescope – Bardzo Duży Teleskop) w Chile. Ten jeden z największych naziemnych teleskopów posłużył do wyznaczenia przesunięć ku

czerwieni (czyli w przybliżeniu – odległości) galaktyk oraz zarejestrowania ich „linii papilarnych”, czyli widm. Dzięki temu VIPERS stworzył największą trójwymiarową mapę Wszechświata w połowie okresu jego istnienia, umożliwiając równocześnie poznanie właściwości fizycznych tych odległych galaktyk. Pełna mapa oraz zebrane dane pomiarowe są od niedawna publicznie dostępne na stronie projektu.

Mapa opracowana przez zespół VIPERS pokazuje, jak galaktyki były rozłożone we Wszechświecie dwa razy młodszym niż dziś. I Wszechświat ten jest... zaskakująco podobny do dzisiejszego. Na mapie VIPERS-a widać wyraźnie potężne struktury: wielkie metropolie, zajmowane przez stare, czerwone galaktyki bez oznak aktywności gwiazdotwórczej, a także mniej zagęszczone obszary, w których dominują młodsze, aktywne gwiazdotwórczo, niebieskie galaktyki. Obszary te połączone są „autostradami” zwanymi filamentami i ograniczone kosmicznymi ścianami – największymi znanymi strukturami we Wszechświecie. Mapa przedstawia też ogromne pustynie, tzw. pustki kosmiczne, w których wnętrzach znajduje się zaledwie po kilka, kilkanaście galaktyk.

Dokładniejsze pomiary zaobserwowanych struktur pozwalają nie tylko na zobrazowanie rozmieszczenia galaktyk we Wszechświecie, ale również na lepsze poznanie natury ciemnej materii, odpowiedzialnej



VIPERS



**Dr hab.  
Agnieszka Pollo**

jest kosmologiem obserwacyjnym. Pracuje na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ oraz w NCBJ. Zajmuje się badaniami grupowania i ewolucji galaktyk. Redaktorka działu Nauki ściśle magazynu PAN „Academia”.

agnieszka.pollo@uj.edu.pl

ESO/H.H. HEYER

za grupowanie się „normalnej” materii barionowej i ciemnej energii – wciąż tajemniczej siły powodującej coraz szybszą ekspansję Wszechświata.

Opracowanie tak ogromnych danych wymaga wielu lat mrówczej pracy i ogromnej wiedzy z różnych dziedzin astronomii. Dlatego dziś nikt już nie może sobie pozwolić na prowadzenie takich badań jednoosobowo. Nad danymi VIPERS pracowało w sumie kilkadziesiąt osób z różnych krajów. Polscy badacze stanowią trzeci co do liczebności – po włoskim i francuskim – narodowy zespół VIPERS. Specjalizują się w badaniach statystycznych własności struktury wielkoskalowej Wszechświata, ewolucji galaktyk, a także rozwijają metody uczenia maszynowego w zastosowaniu do tych olbrzymich zbiorów danych.

## A może jednak przewodnik historyczny?

Na podstawie szczegółowej analizy widma każdej galaktyki naukowcy wchodzący w skład zespołu VIPERS zbadali aktywności gwiazdotwórcze oraz określili typy obserwowanych galaktyk. Okazało się, że 7 mld lat od powstania naszego Wszechświata masywne, eliptyczne, wypełnione starymi gwiazdami galaktyki były już uformowane. Oznacza to, że dzisiejszy podział na

aktywne gwiazdotwórczo niebieskie galaktyki oraz „martwe” galaktyki czerwone istniał już znacznie wcześniej niż w połowie życia Wszechświata. Te informacje pozwoliły astronomom na analizę ewolucji różnych typów galaktyk, a także na badania, jak różne typy galaktyk budowały swoją masę gwiazdową i stały się coraz jaśniejsze. Wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego, członkowie zespołu VIPERS wyodrębnili w sumie 12 klas galaktyk ewoluujących na przełomie 4 mld lat (najodleglejsze zaobserwowane w przeglądzie galaktyki znajdują się około 9 mld lat od nas, a najbliższe – 5). Dzięki tej analizie wiemy, że prosty, często stosowany podział na galaktyki czerwone, niebieskie i tzw. galaktyki przejściowe – zielone nie wystarcza.

Astronomowie kartografowie zbadali, jak właściwości galaktyk zmieniają się w zależności od ich kształtów, otoczenia, kolorów czy natężenia linii widmowych. Dane te, w porównaniu z obserwacjami galaktyk w dzisiejszym, lokalnym Wszechświecie, stanowią kopalnię wiedzy na temat ewolucji galaktyk. Zmiany właściwości galaktyk obserwowane na przestrzeni 8 mld lat posłużą w przyszłości jako testy modeli kosmologicznych czy baza nowych symulacji.

**KATARZYNA MAŁEK, MAŁGORZATA SIUDEK,  
JANUSZ KRYWULT, AGNIESZKA POLLO**

Chcesz wiedzieć więcej?

Krywult J., Tasca L.A.M., Pollo A., et al. 2017, The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). The coevolution of galaxy morphology and colour to z 1; *Astronomy & Astrophysics* 598, A120

Siudek M., Małek K., Scodreggio M. 2017, The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). Star formation history of passive red galaxies; *Astronomy & Astrophysics* 597, A107

Małek K., Solarz A., Pollo A. 2013, The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). A support vector machine classification of galaxies; *Astronomy & Astrophysics* 557, A16