

Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants



# Łączność ekologiczna w praktyce, czyli jak zwierzęta wykorzystują przestrzeń Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny

Dr Jakub W. Bubnicki  
Open Science Conservation Fund  
Instytutu Biologii Ssaków PAN



Poprawa stanu łączności ekologicznej jako kluczowe wyzwanie dla ochrony przyrody w parkach narodowych Jelenia Góra, 6-8 marca 2024



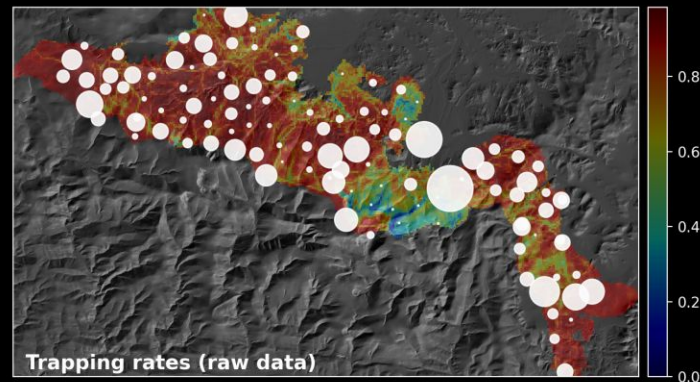
# TRAPPER



# TRAPPER-AI

Łączność ekologiczna w praktyce, czyli jak zwierzęta wykorzystują przestrzeń Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny

Wdrożenie wielkoskalowego monitoringu fotonpułkowego w KPN



**Dr Jakub W. Bubnicki**

Open Science Conservation Fund & Instytut Biologii Ssaków PAN



# Agenda

Cele i założenia

---

Metody

---

TRAPPER AI

---

Analizy ekologiczne - wstępne wyniki

---

Co jeszcze przed nami?

---

Model AI dla Polski


01

# Cele i założenia



- Przeprowadzenie wielkoskalowego monitoringu fotopułapkowego na obszarze KPN i otuliny
- Standaryzacja i automatyzacja przetwarzania danych z AI (nowy model gatunkowy)
- Analizy rozmieszczenia w przestrzeni i aktywności gatunków dużych i średnich ssaków
- Analizy łączności krajobrazowej



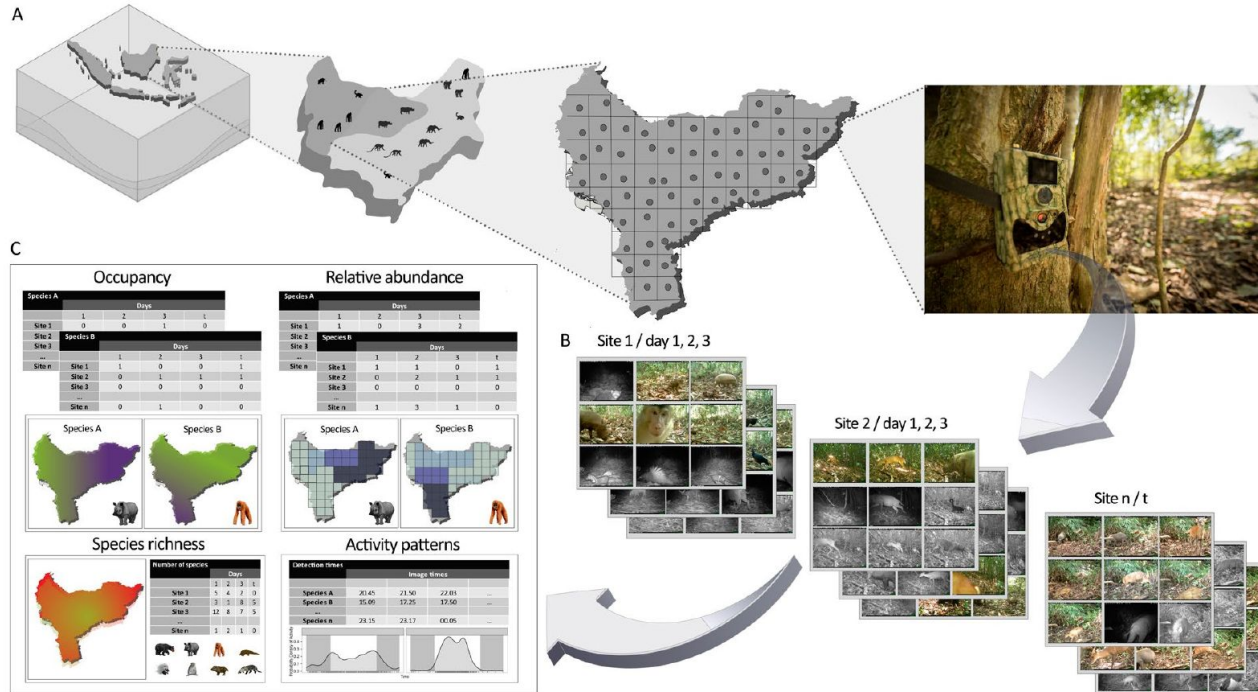


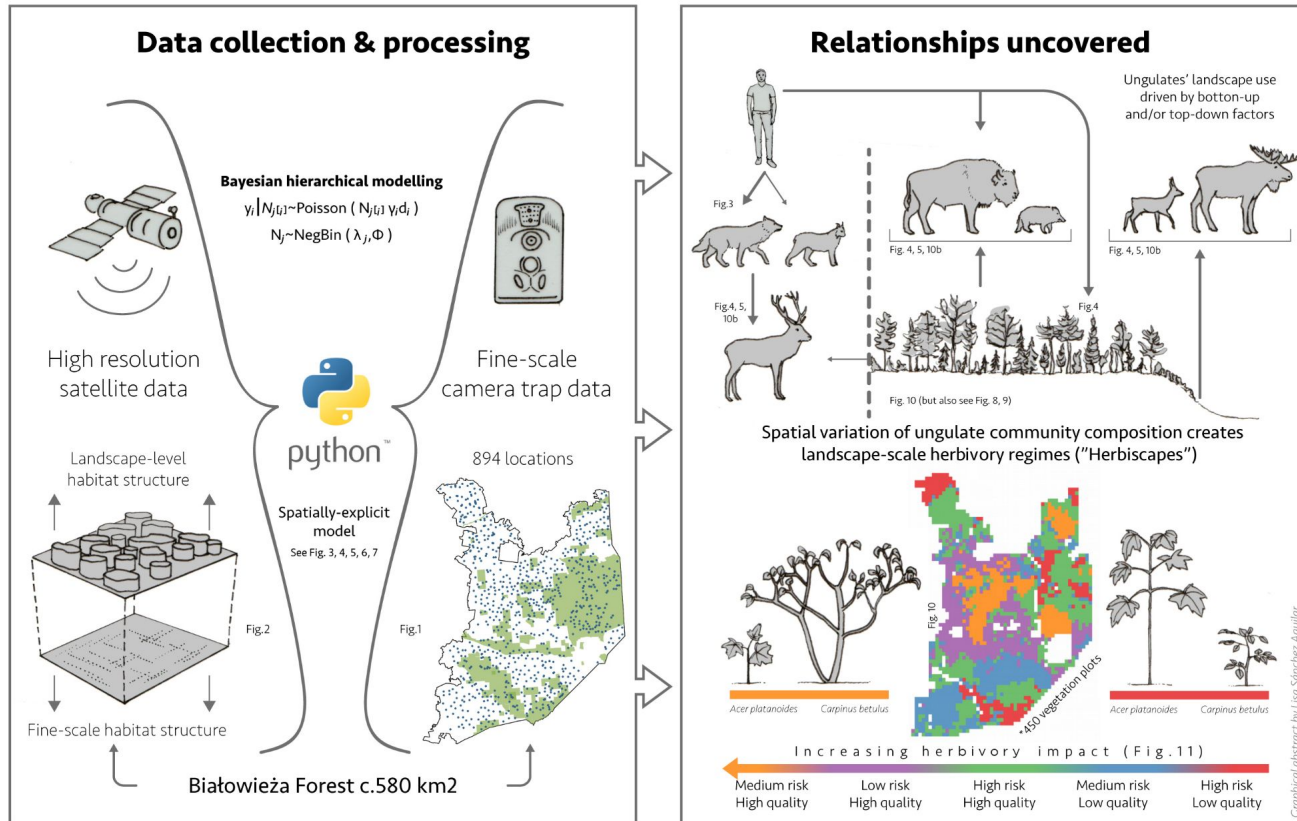
02



# Metody

# “Nowoczesny” wielo-gatunkowy monitoring fotopułapkowy

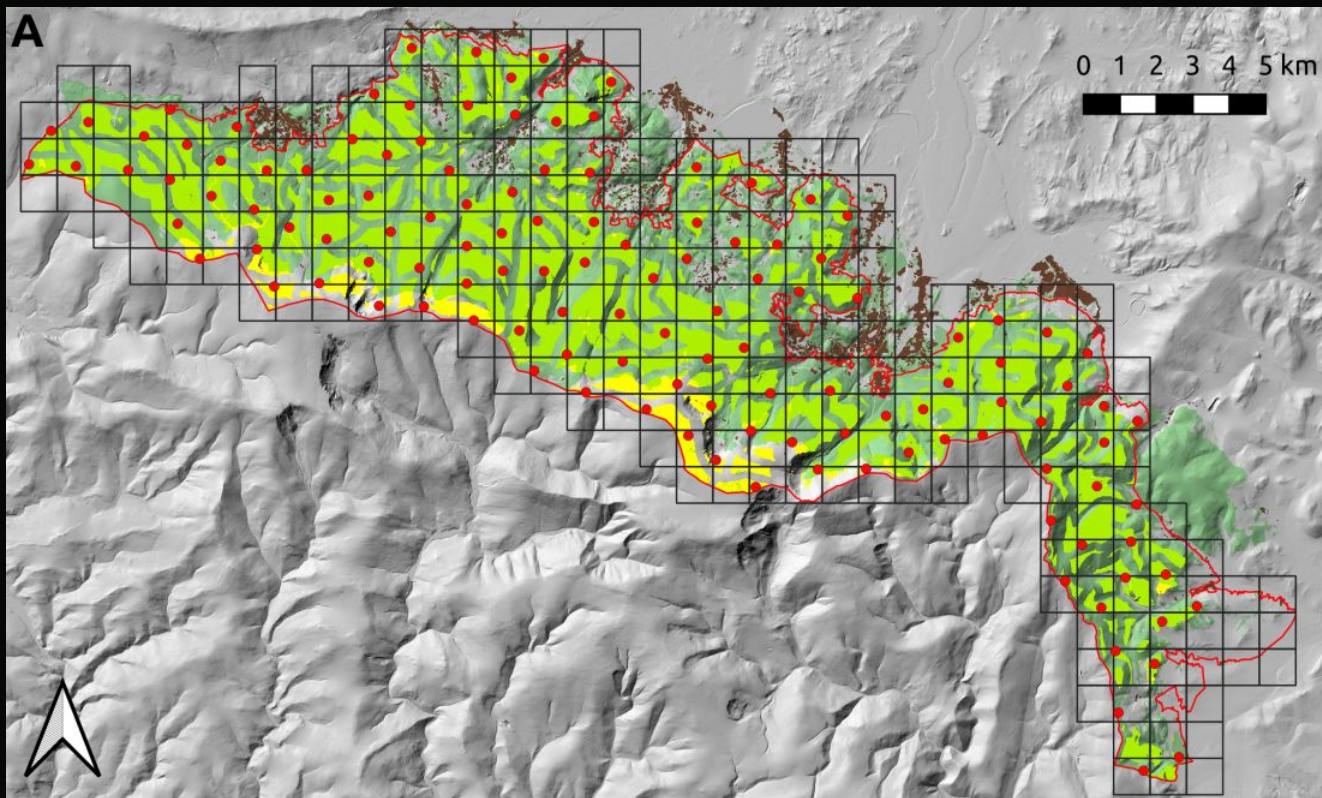






# KPN - Projekt sieci monitoringowej

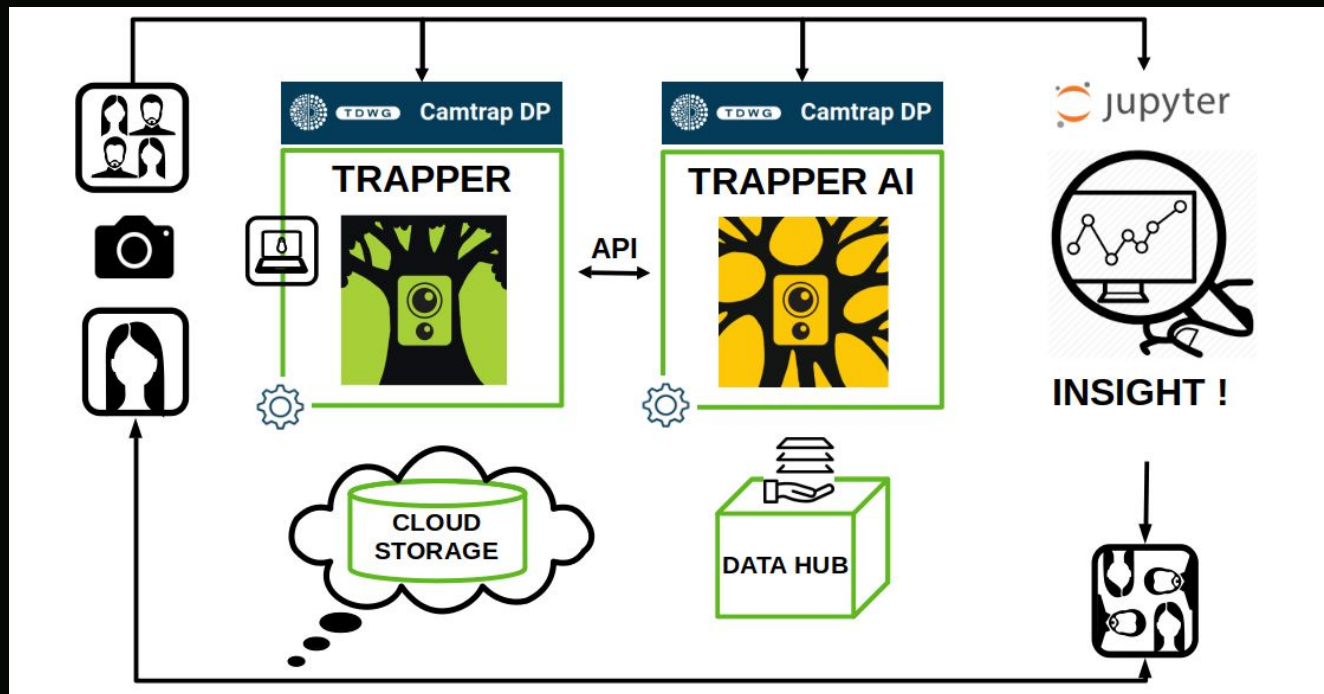
130  
lokalizacji



- Min. odległość od zabudowy = 300 m
- Min. odległość od dróg = 100 m
- Max. odległość od dróg = 500 m
- Maksymalne nachylenie terenu (*slope*) = 30°
- Minimalna odległość pomiędzy lokalizacjami fotonępek = 1000 m



# TRAPPER - "ekosystem" danych



- **TRAPPER** - webowa aplikacja bazodanowa (open source)
- **Standaryzacja** danych i metadanych
- **Interaktywna praca** wielu zespołów nad wieloma projektami
- **Automatyzacja** potoków przetwarzania danych foto-pułapkowych (w tym AI)
- **Analiza danych** w Jupyter Notebooks! (in progress)



# Camtrap DP - standard danych

## Camtrap DP

Data exchange format for camera trap data

**Camera Trap Data Package** (or **Camtrap DP** for short) is a community developed data exchange format for camera trap data. A Camtrap DP is a **Frictionless Data Package** that consists of:

File	Description
<a href="#">datapackage.json</a>	<b>Metadata</b> about the data package and camera trap project.
<a href="#">deployments.csv</a>	Table with camera trap placements ( <b>deployments</b> ).
<a href="#">media.csv</a>	Table with <b>media</b> files recorded during deployments.
<a href="#">observations.csv</a>	Table with <b>observations</b> derived from the media files.

[Read our paper](#) to learn more about Camtrap DP.

### Camtrap DP: An open standard for the FAIR exchange and archiving of camera trap data

Jakub W. Bubnicki<sup>1,2,†</sup>, Ben Norton<sup>3</sup>, Steven J. Baskauf<sup>4</sup>, Tom Bruce<sup>5</sup>, Francesca Cagnacci<sup>6,7</sup>, Jim Casaer<sup>8</sup>, Marcin Churski<sup>1,2</sup>, Joris P.G.M. Cromsigt<sup>9</sup>, Simone Dal Farra<sup>6</sup>, Christian Fiderer<sup>10,11</sup>, Tavis D. Forrester<sup>12</sup>, Heidi Hendry<sup>13</sup>, Marco Heurich<sup>10,11,14</sup>, Tim R. Hofmeester<sup>9</sup>, Patrick A. Jansen<sup>15</sup>, Roland Kays<sup>3,16</sup>, Dries P.J. Kuijper<sup>1</sup>, Yorick Liefing<sup>15</sup>, John D.C. Linnell<sup>17,18</sup>, Matthew S. Luskin<sup>5</sup>, Christopher Mann<sup>13</sup>, Tanja Milotic<sup>9</sup>, Peggy Newman<sup>19</sup>, Jürgen Niedballa<sup>20</sup>, Damiano Oldoni<sup>8</sup>, Federico Ossj<sup>6</sup>, Tim Robertson<sup>21</sup>, Francesco Rovero<sup>22</sup>, Marcus Rowcliffe<sup>23</sup>, Lorenzo Seidenari<sup>24</sup>, Izabela Stachowicz<sup>25,26</sup>, Dan Stowell<sup>27,28</sup>, Mathias W. Tobler<sup>29</sup>, John Wieczorek<sup>30</sup>, Fridolin Zimmermann<sup>31,32</sup>, Peter Desmet<sup>8,†,‡</sup>

† Corresponding author, ‡ Both authors contributed equally to this work.

<https://camtrap-dp.tdwg.org>

<https://doi.org/10.1002/rse2.374>



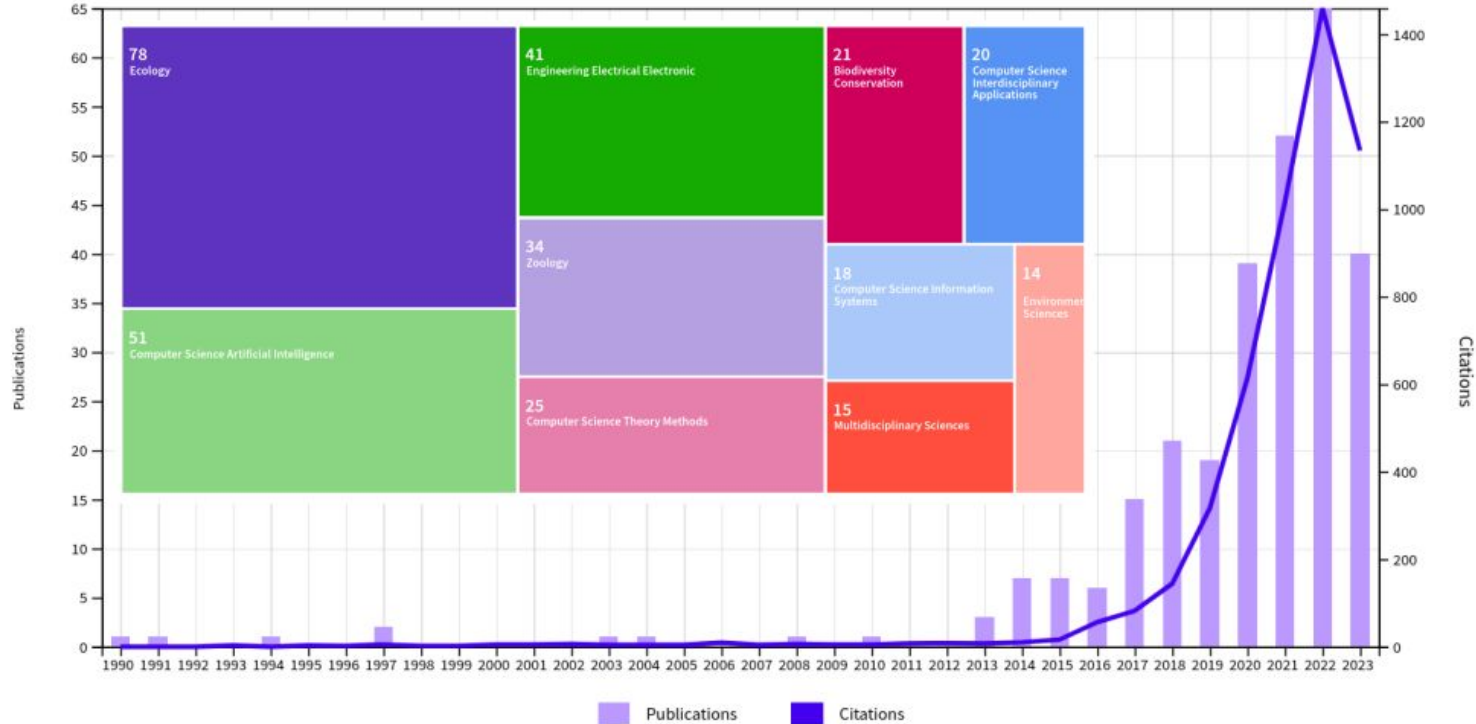
03

# TRAPPER AI



# TRAPPER-AI

## Fotopułapki i AI ?





# TRAPPER-AI



Dzięki sztucznej inteligencji przetwarza zdjęcia i nagrania z sensorów



JAK TO DZIAŁA  
NA PRZYKŁADZIE >  
FOTOPUŁAPKI



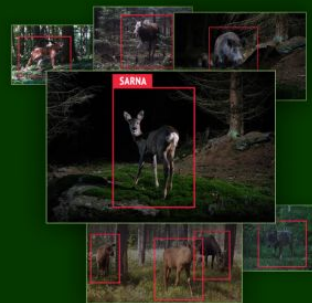
Fotopułapka robi setki tysięcy zdjęć w puszczy



Algorytm AI selekcjonuje materiał



Wykrywa zwierzęta i rozpoznaje gatunki



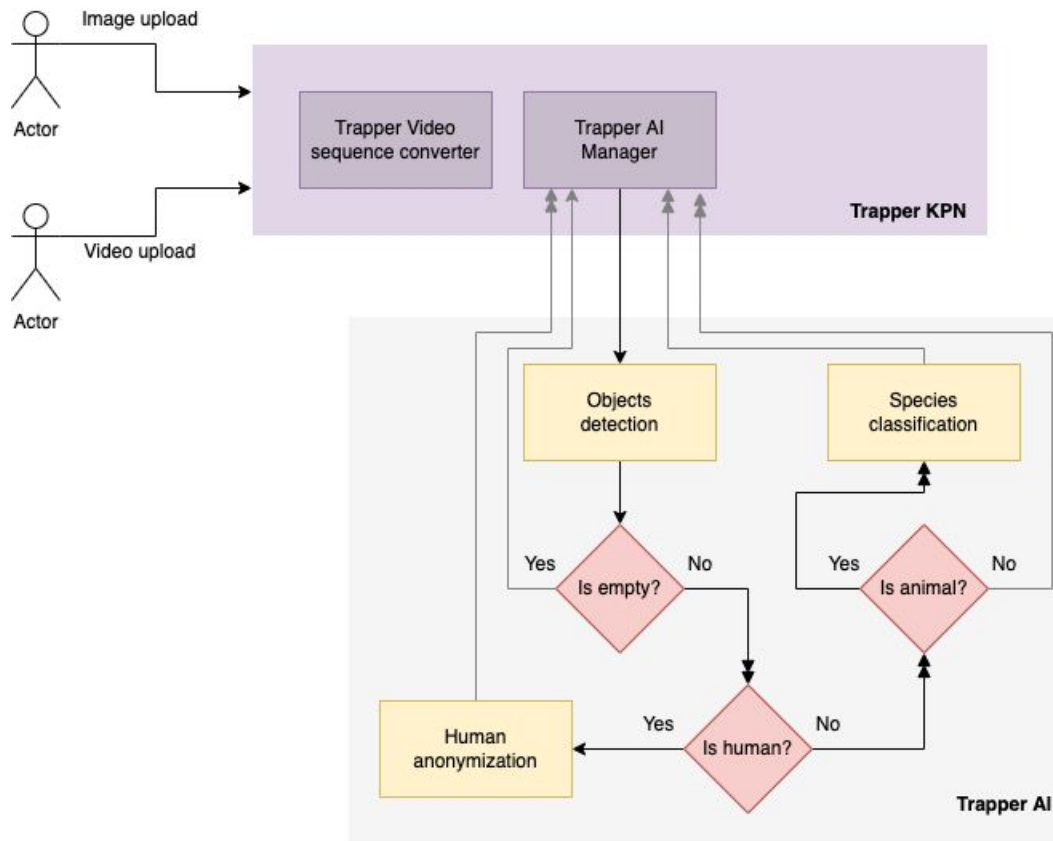
Naukowcy otrzymują dane do badań





# TRAPPER-AI

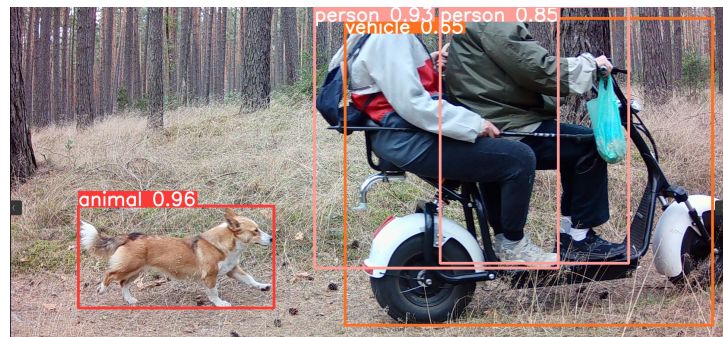
- Komunikacja z **TRAPPER** via API
- Wsparcie dla różnych modeli i architektur AI do detekcji obiektowej i klasyfikacji gatunkowej (m.in. Megadetector v5, YOLO v5, YOLO v8, YOLO R, nowe in progress)
- Możliwość wykorzystania opublikowanych modeli jak i "podpięcia" własnych



## Model detekcji obiektowej.

Właściwości modelu MegaDetector v5a:

- detekcja zdjęć pustych;
- detekcja ludzi, maszyn i zwierząt;
- wsparcie dla detekcji wielu typów obiektów na pojedynczym zdjęciu;
- opublikowany w 2022 roku na licencji MIT;
- architektura Deep Learning: YOLOv5;
- wsparcie dla GPU oraz IoT (np. Raspberry Pi, NVIDIA Jetson);

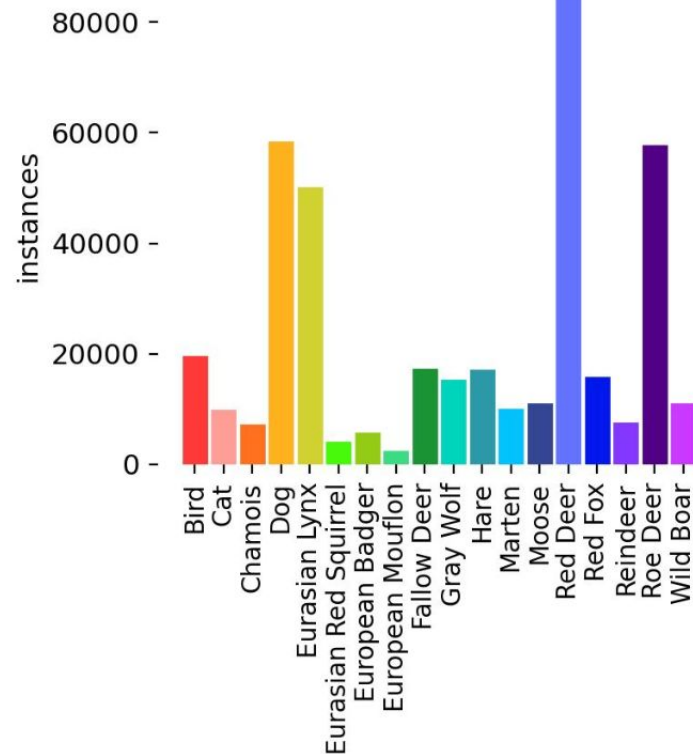




## Model klasyfikacji gatunkowej TrapperAI v02.2024.

Specyfikacja badania:

- dane fotopułapkowe (zdjęcia) z sześciu państw:  
**5 680** sesji nagrań z **2 944** lokalizacji;
- **495 834** obserwacji wejściowych zwierząt:
  - w tym **74 942** klasyfikacji eksperckich zdjęć z KPN;
- **383 082** obserwacji pozostało po zastosowaniu kryteriów odrzutu (jakościowych);
- wsparcie dla **18 gatunków** zwierząt (Rys 1.);



Rys 1. Dystrybucja obserwacji gatunków zwierząt w zbiorze treningowym

## Model klasyfikacji gatunkowej TrapperAI v02.2024.

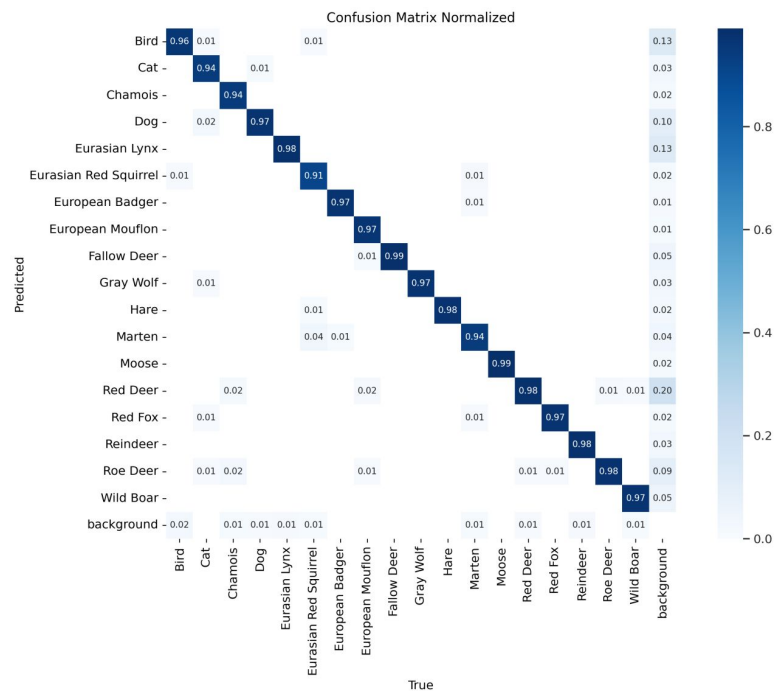
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95)
all	38311	44999	0.946	0.95	0.98	0.932
Bird	38311	2163	0.907	0.895	0.955	0.881
Cat	38311	1087	0.932	0.934	0.978	0.934
Chamois	38311	834	0.957	0.932	0.974	0.934
Dog	38311	6458	0.977	0.958	0.99	0.954
Eurasian Lynx	38311	5618	0.961	0.954	0.989	0.964
Eurasian Red Squirrel	38311	432	0.913	0.9	0.947	0.857
European Badger	38311	619	0.942	0.961	0.98	0.928
European Mouflon	38311	262	0.928	0.941	0.982	0.94
Fallow Deer	38311	1902	0.95	0.982	0.99	0.943
Gray Wolf	38311	1667	0.956	0.969	0.989	0.946
Hare	38311	1876	0.979	0.973	0.992	0.952
Marten	38311	1087	0.928	0.927	0.959	0.896
Moose	38311	1206	0.975	0.981	0.993	0.957
Red Deer	38311	9615	0.959	0.964	0.988	0.948
Red Fox	38311	1742	0.976	0.97	0.99	0.961
Reindeer	38311	806	0.92	0.949	0.982	0.908
Roe Deer	38311	6428	0.969	0.967	0.989	0.957
Wild Boar	38311	1197	0.898	0.943	0.972	0.922

P - precision, metryka przestawia jak wiele obserwacji wykrytych przez model zostało prawidłowo wykrytych;

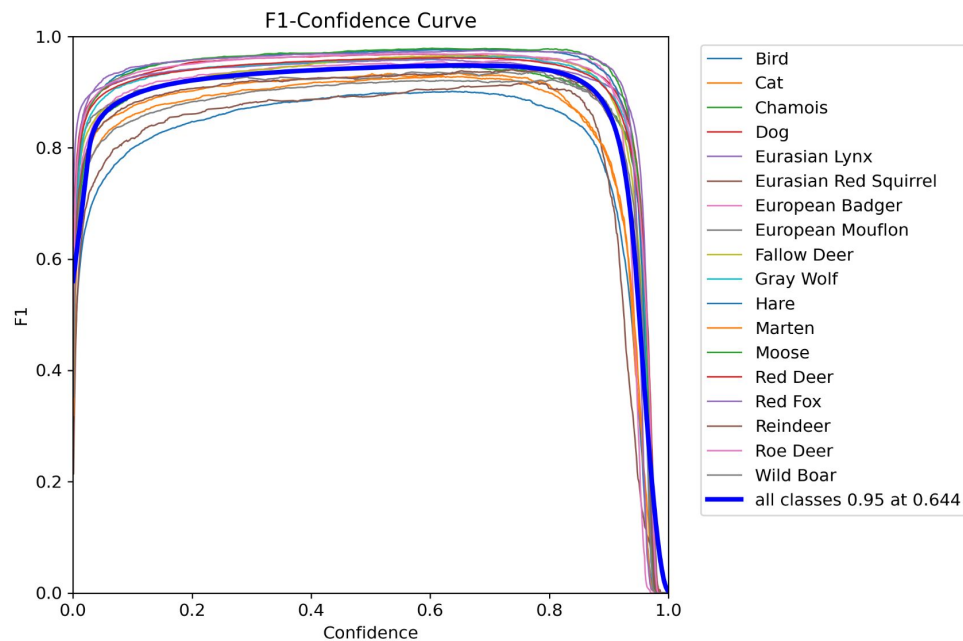
R - recall, metryka prawdopodobieństwa, że klasyfikacja będzie poprawna pod warunkiem, że przypadek jest pozytywny.

mAP - mean average precision, uśredniona precyzja modelu dla wszystkich wykrywanych gatunków;

## Model klasyfikacji gatunkowej TrapperAI v02.2024.



Rys 2. Macierz pomyłek na zbiorze walidacyjnym.



Rys 3. Krzywa F1-score (średnia harmoniczna) na zbiorze walidacyjny.

04

# Analizy ekologiczne - wstępne (!) wyniki



OPEN SCIENCE  
CONSERVATION  
FUND

**129** lokalizacji  
**13750** fotopułapko-dni  
**50463** zdjęć zwierząt  
**6091** niezależnych “eventów”

okres obserwacji: 07/2022 - 11/2022  
2 sezony: lato (4,5,6,7,8,9) i zima (10,11,12,1,2,3)

Prezentowane (wstępne) wyniki modelowania ekologicznego oparte są o powyższe dane. Wszystkie uwzględnione obserwacje zwierząt przeszły dodatkową ekspercką walidację.



Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants

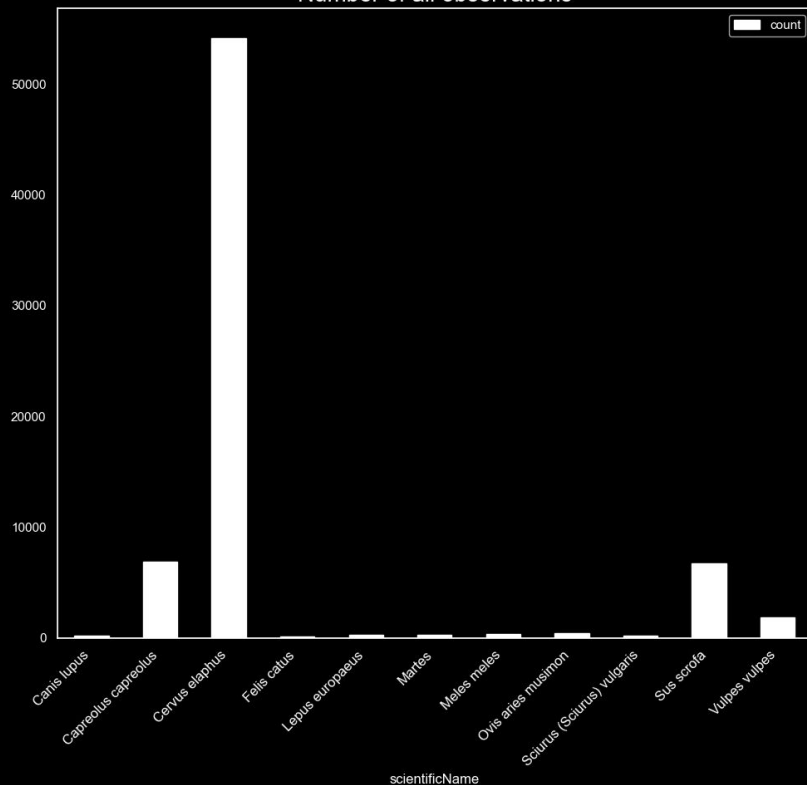


/22/2022 04:48PM KPN065

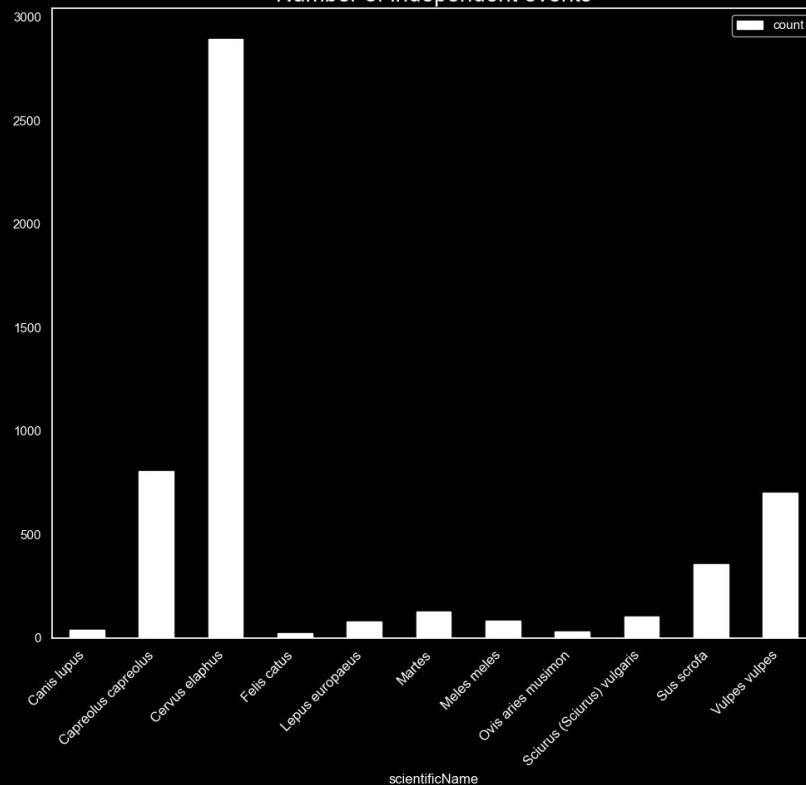


# Rozkład danych - zdjęcia vs "eventy"

Number of all observations



Number of independent events



# Spatial Occupancy Models

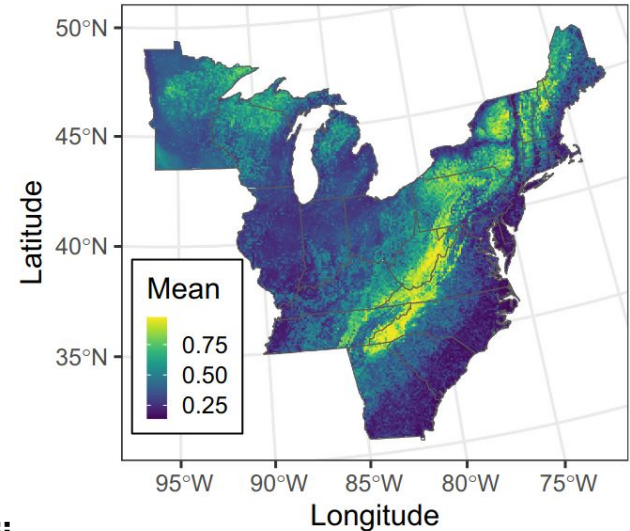
Rodzina probabilistycznych modeli statystycznych pozwalających modelować **prawdopodobieństwo występowania i wykorzystywania przestrzeni przez obserwowane gatunki** z uwzględnieniem:

- **Procesów ekologicznych** opisanych przestrzennymi zmiennymi środowiskowymi oraz (niewyjaśnionej) **korelacji przestrzennej** pomiędzy lokalizacjami fotopułapek:

$$z_j \sim \text{Bernoulli}(\psi_j)$$

$$\text{logit}(\psi_j) = \beta_1 + \beta_2 \cdot X_{2,j} + \dots + \beta_r \cdot X_{r,j} + w_j$$

$$w_j \sim \text{Normal}(0, \Sigma)$$



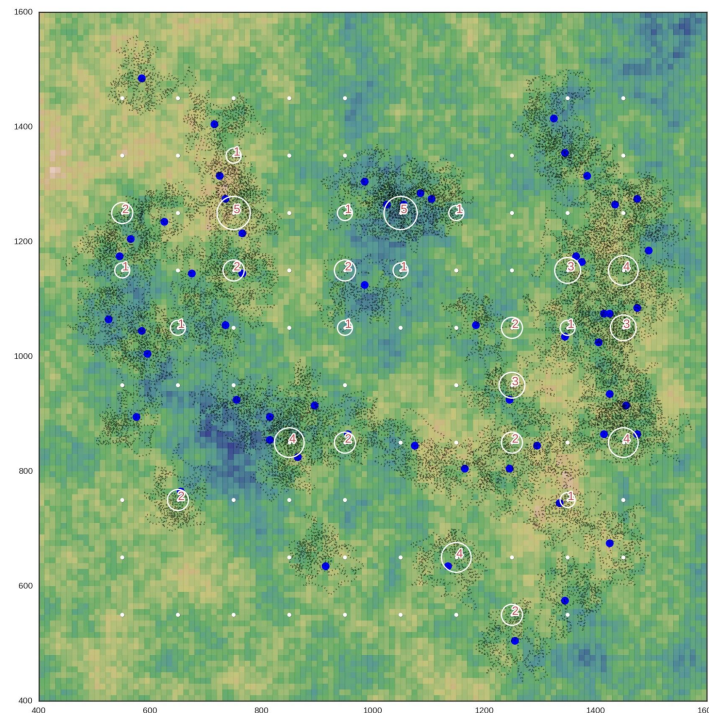
# Spatial Occupancy Models

Rodzina probabilistycznych modeli statystycznych pozwalających modelować **prawdopodobieństwo występowania i wykorzystywania przestrzeni przez obserwowane gatunki** z uwzględnieniem:

- **Procesu detekcji**, który (prawie zawsze) jest niedoskonały (ang. *imperfect detection*):

$$y_{j,k} \sim \text{Bernoulli}(p_{j,k} \cdot z_j)$$

$$\text{logit}(p_{j,k}) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot V_{2,j,k} + \dots + \alpha_r \cdot V_{r,j,k}$$

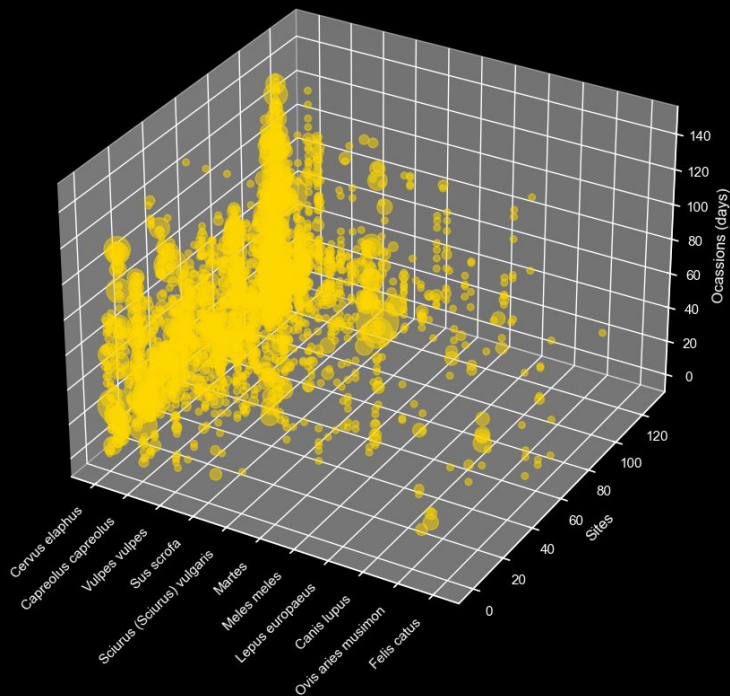




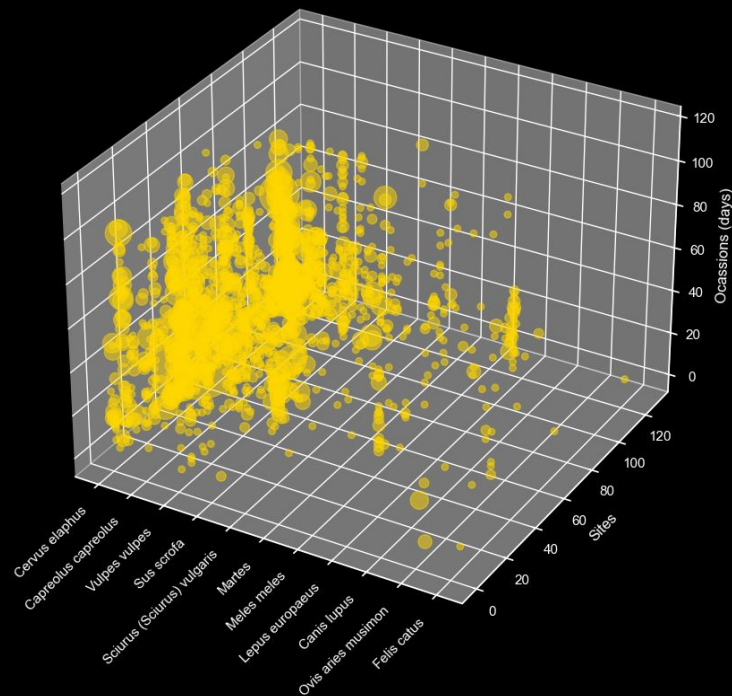


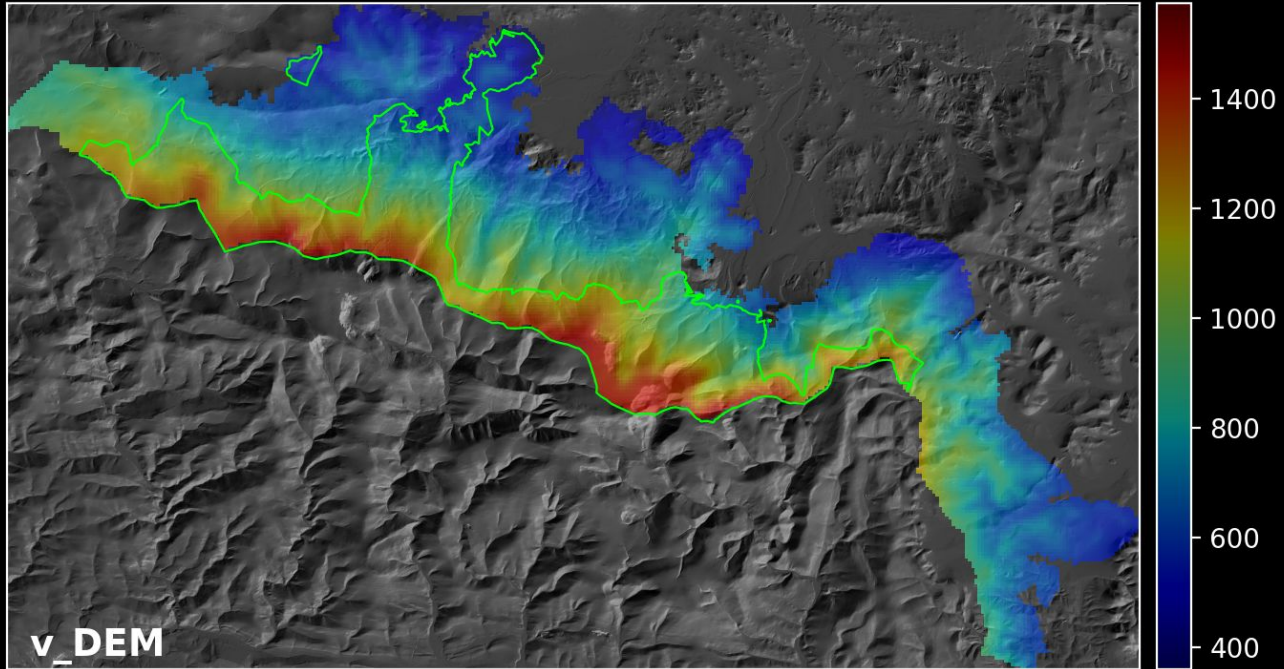
# 4D struktura danych do modeli occupancy

KPN monitoring (2022-2023) - Summer

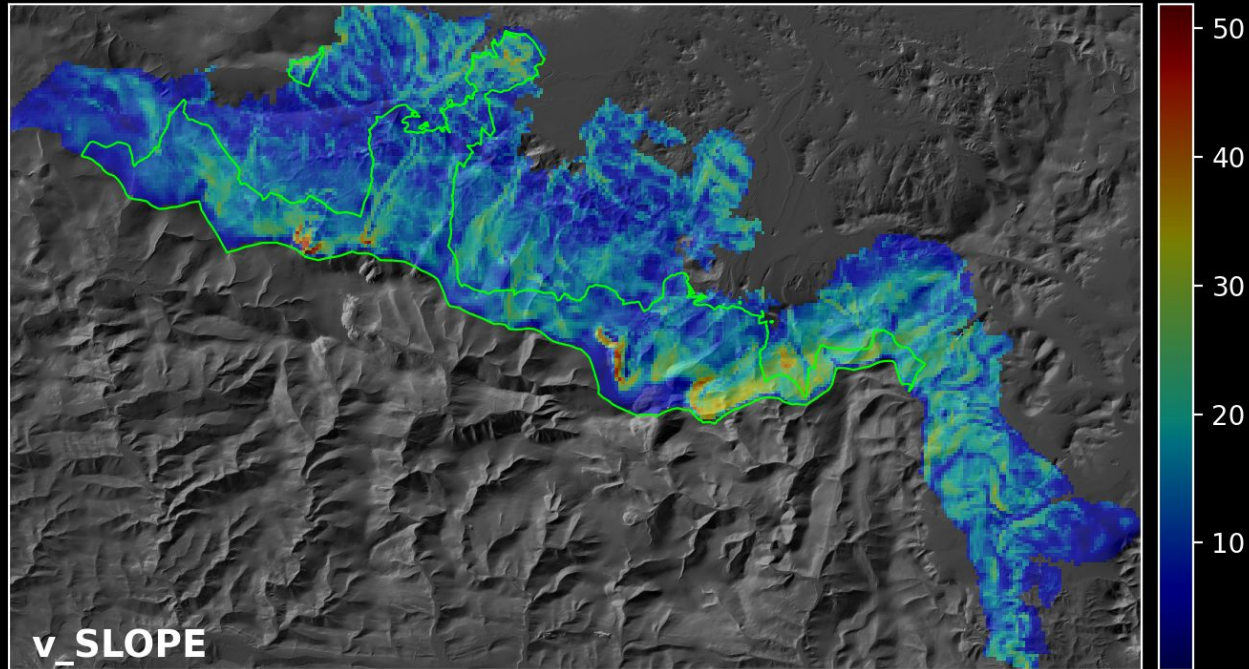


KPN monitoring (2022-2023) - Winter



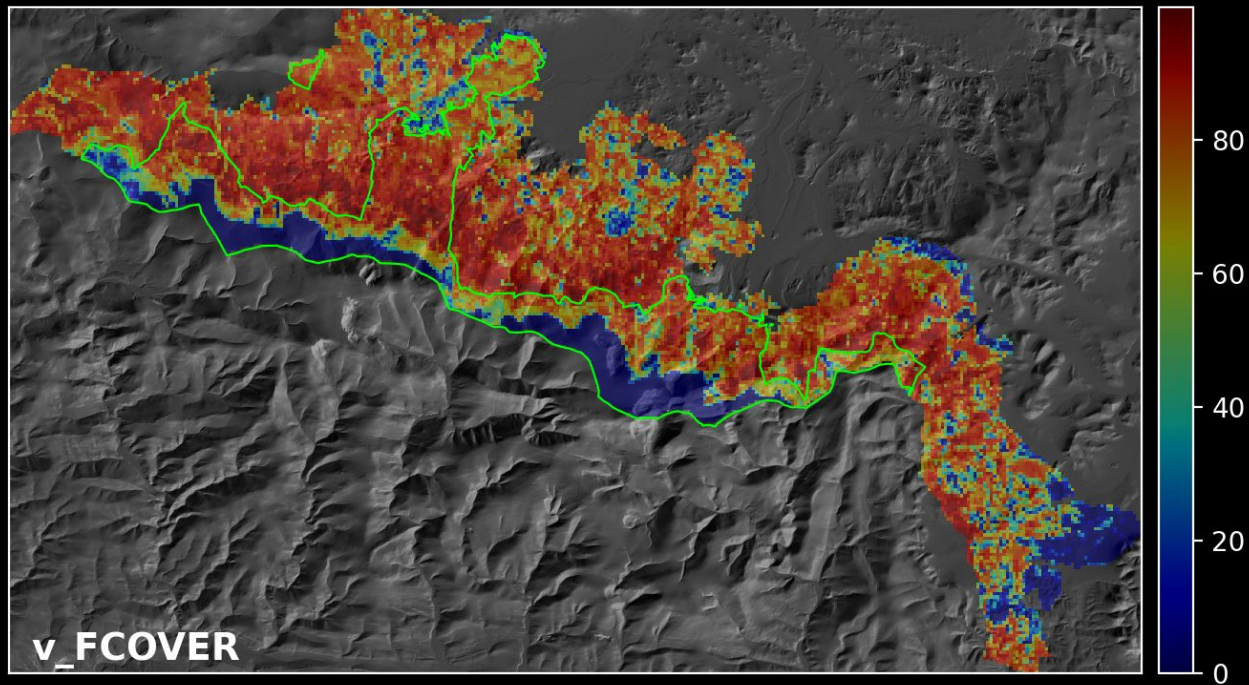


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające



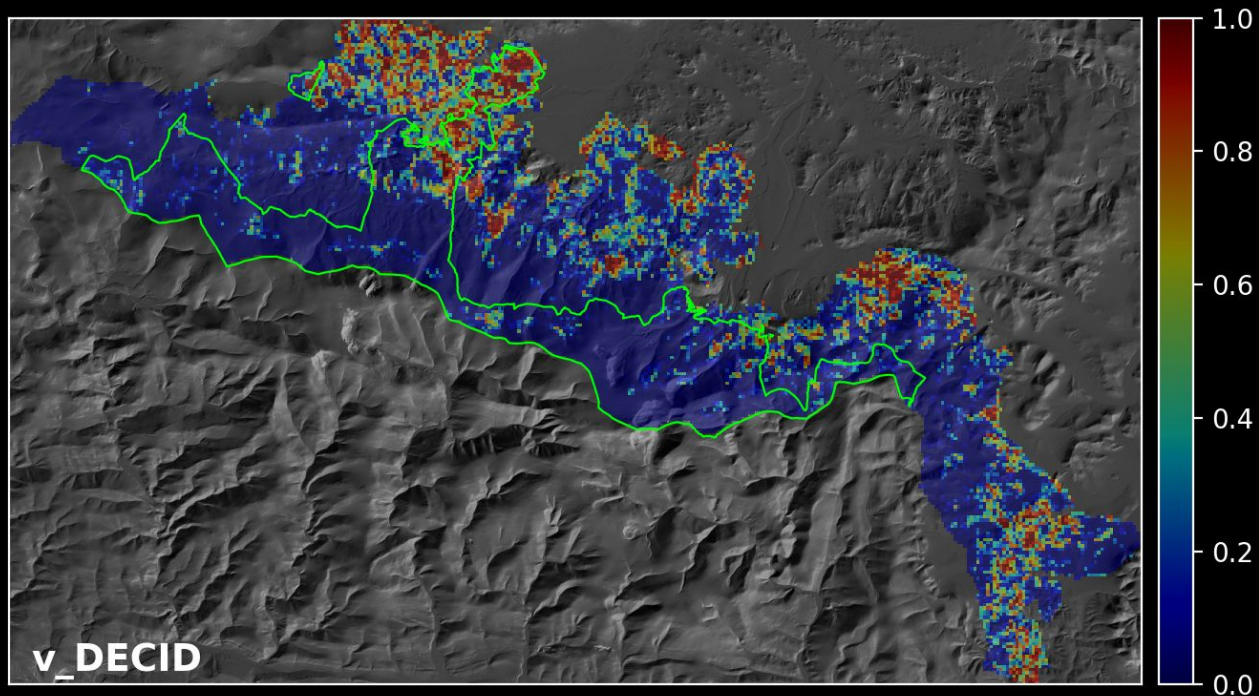


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające



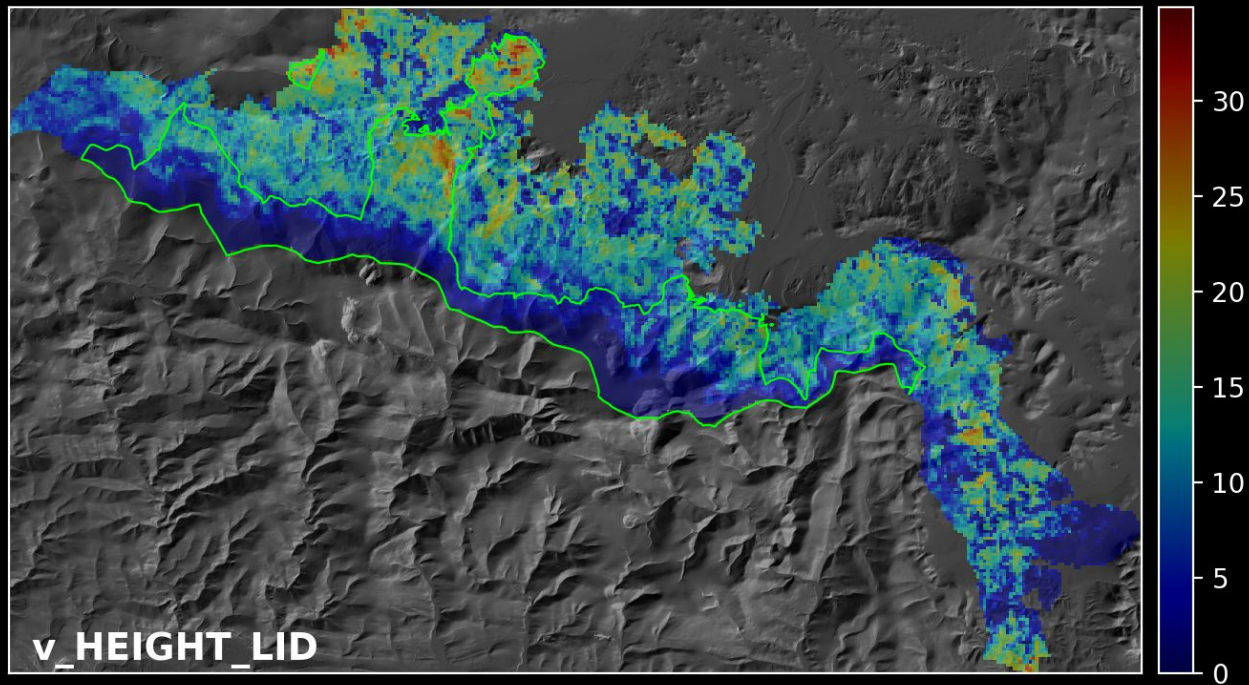


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające



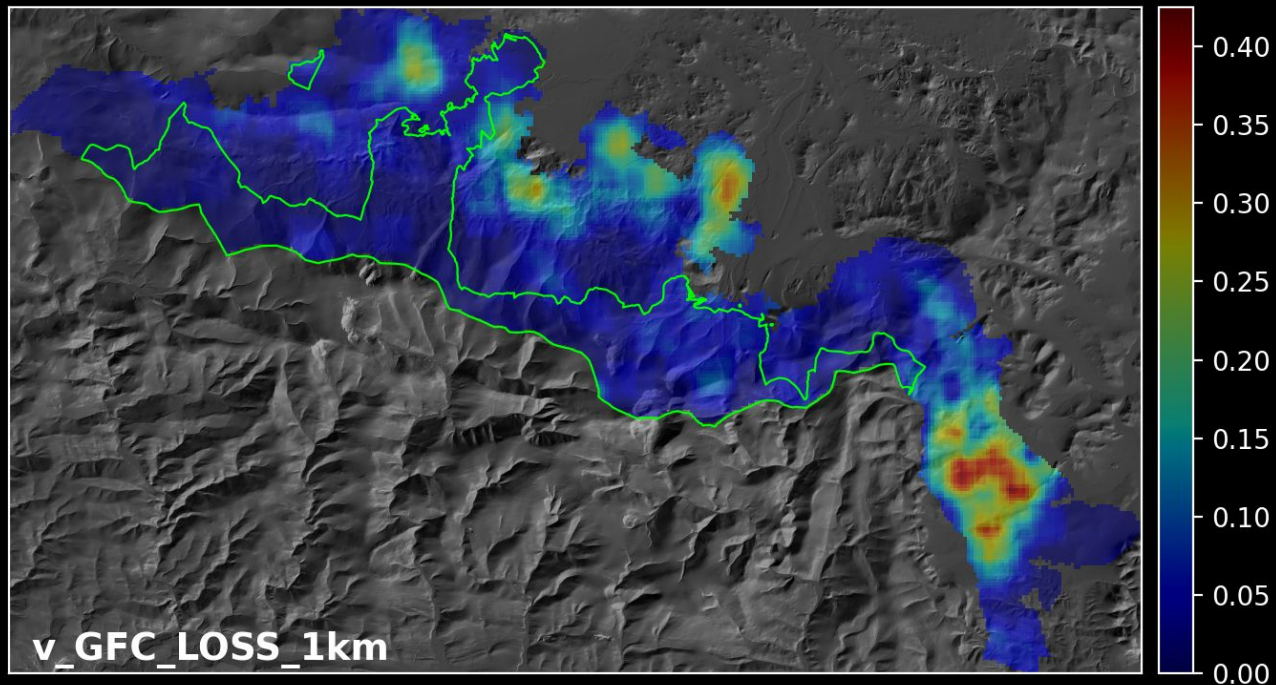


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające



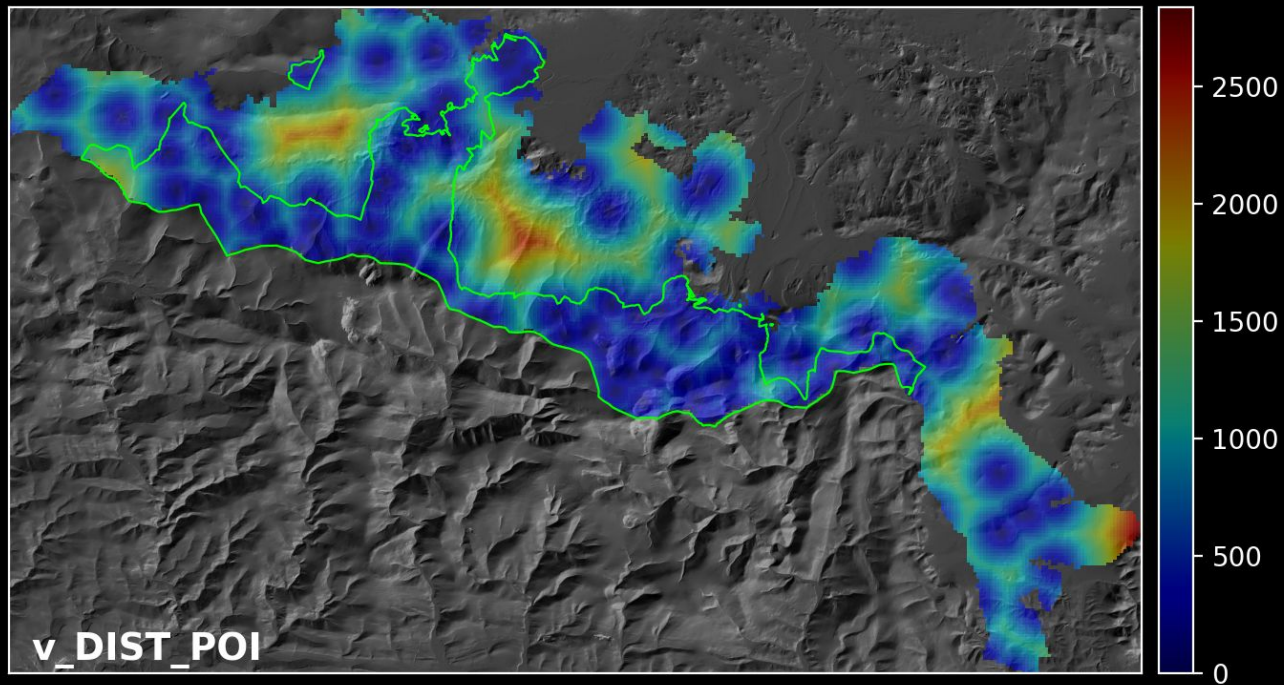


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające





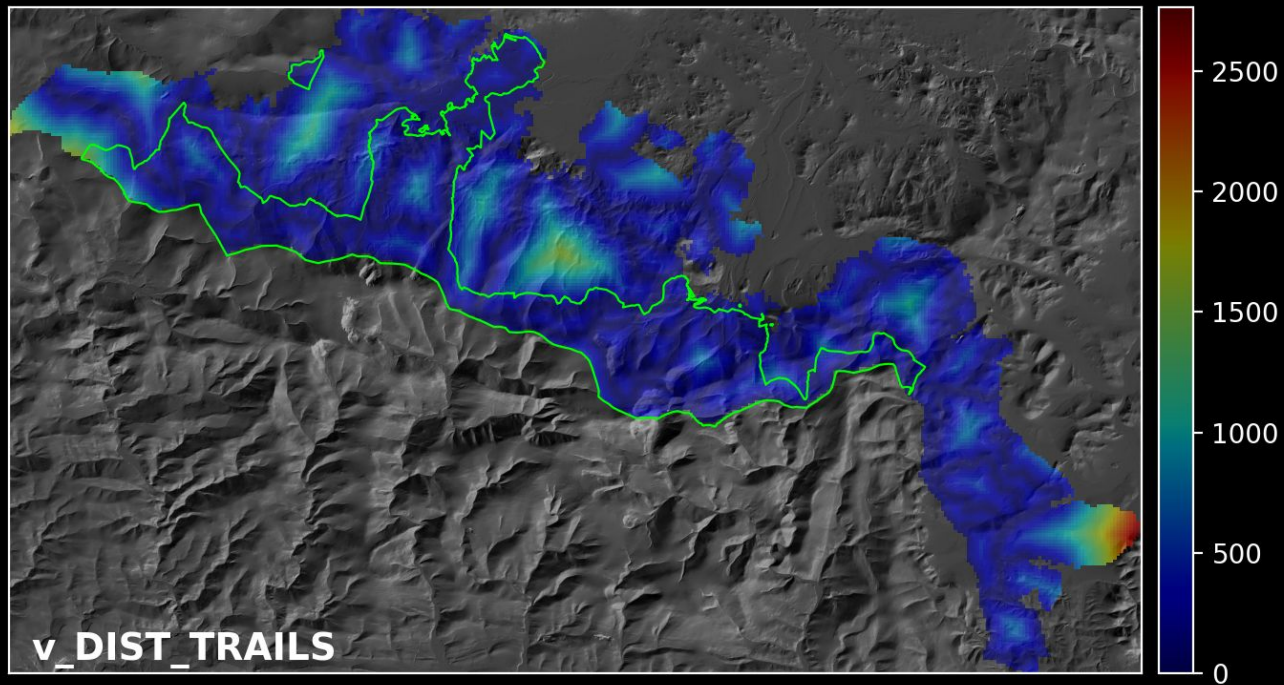
# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające





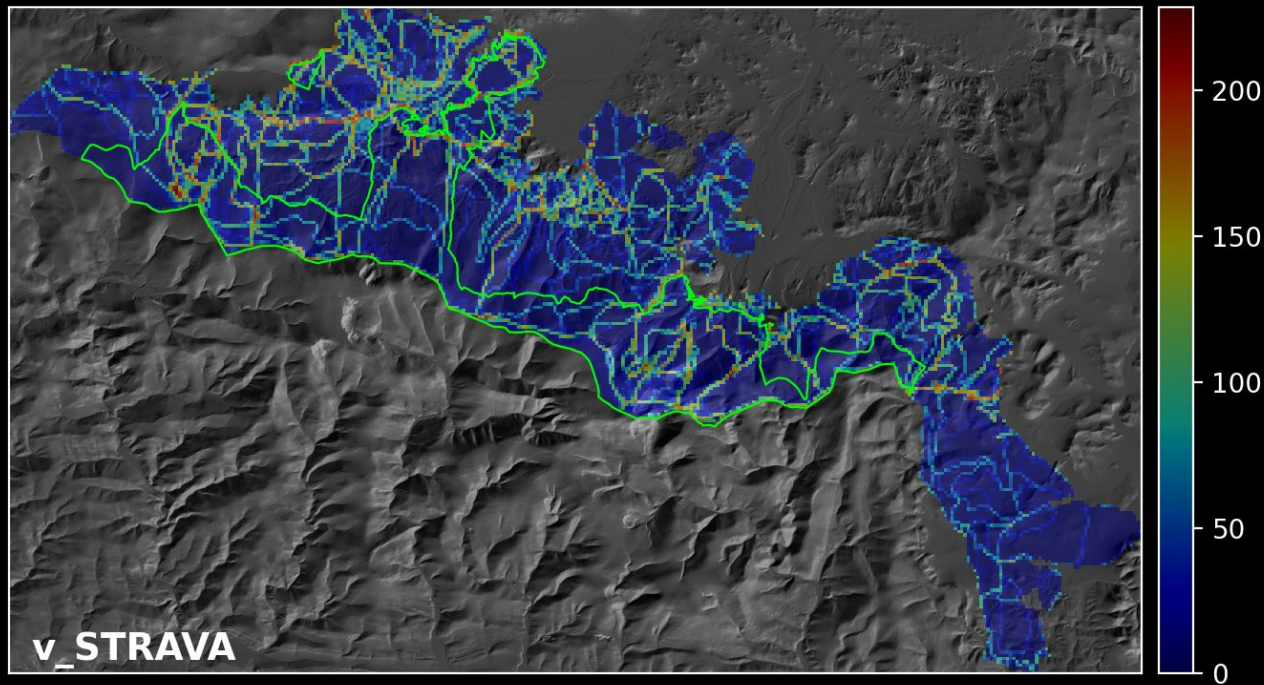


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające



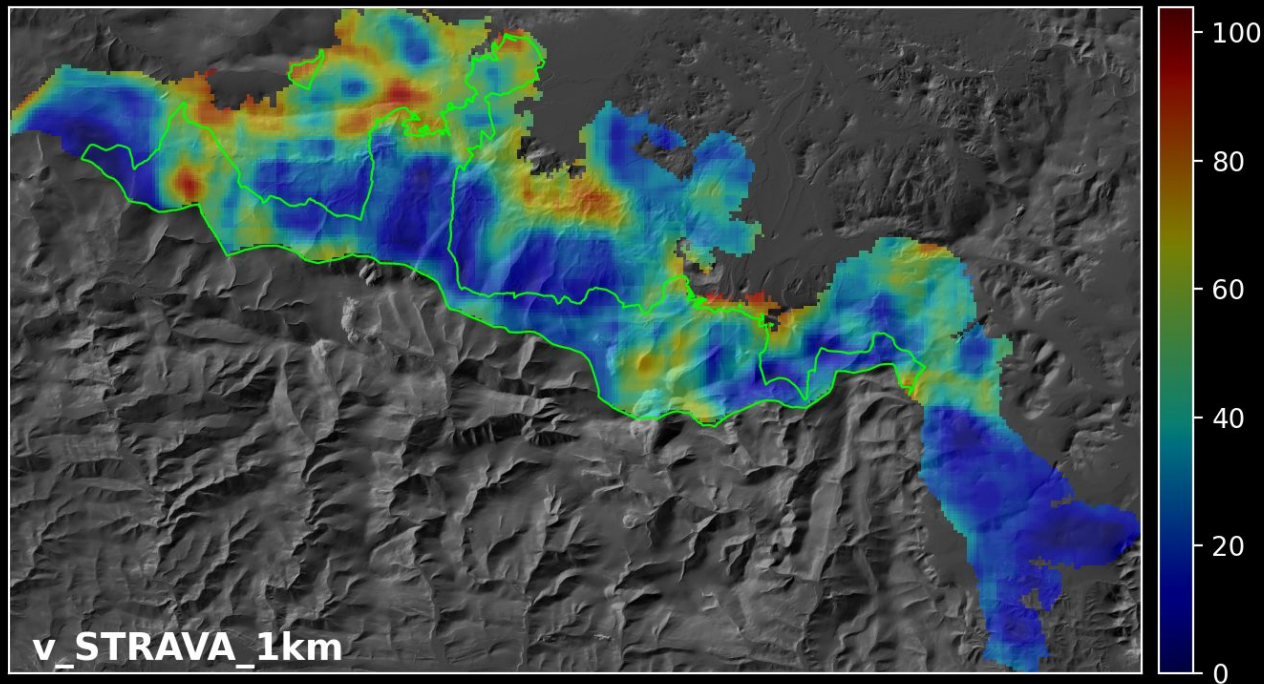


# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające





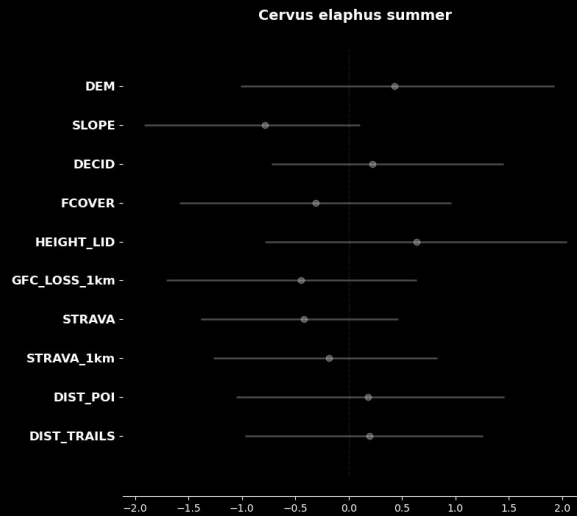
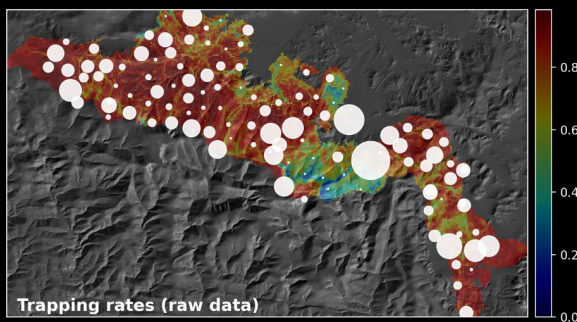
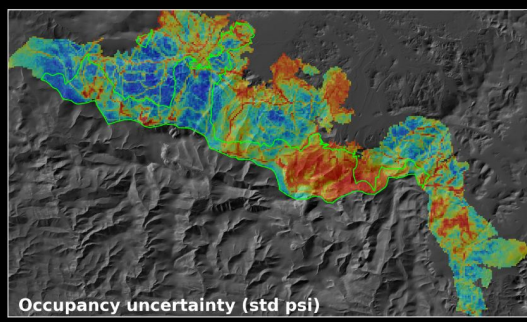
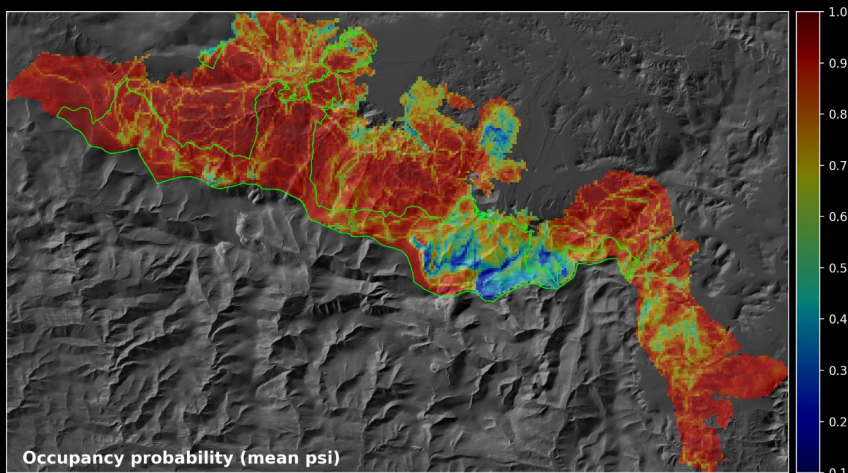
# Struktura krajobrazu KPN - zmienne wyjaśniające





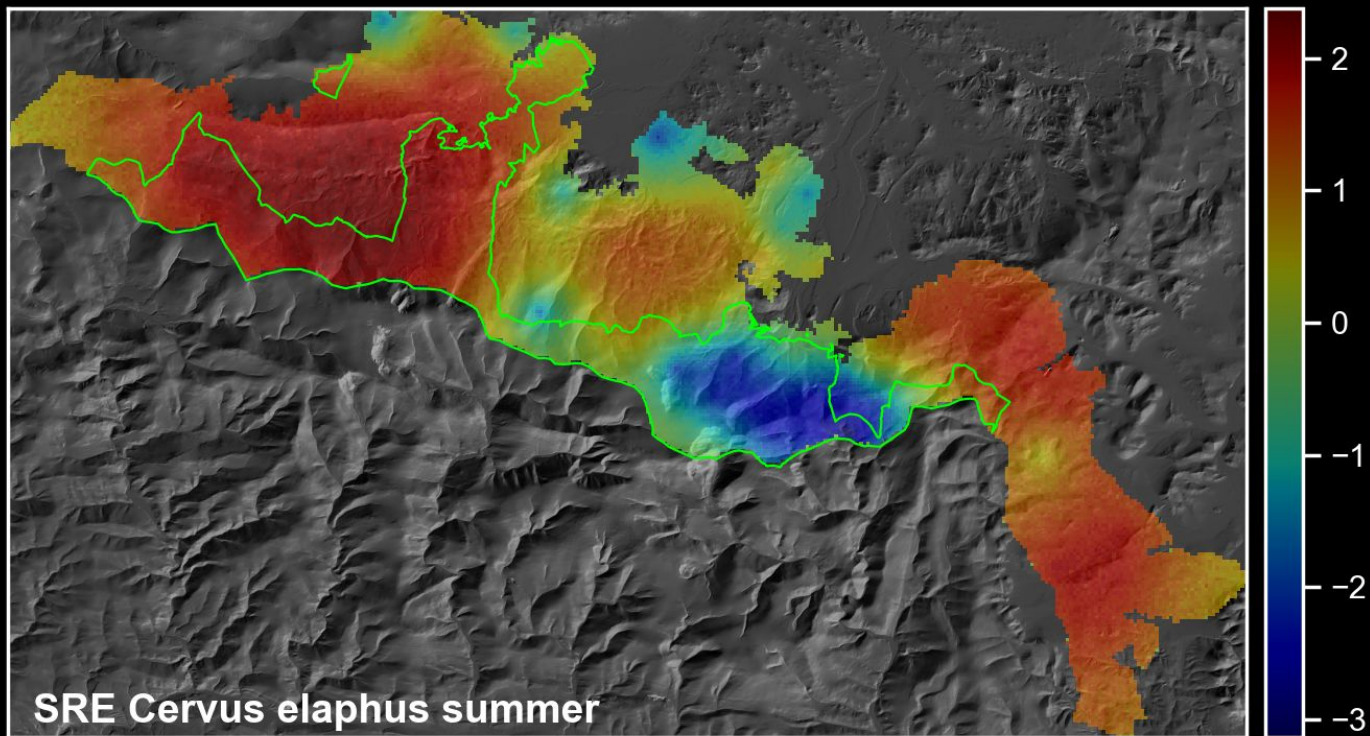
# Spatial Occupancy Model - predykcje

Occupancy prediction maps: *Cervus elaphus* - summer





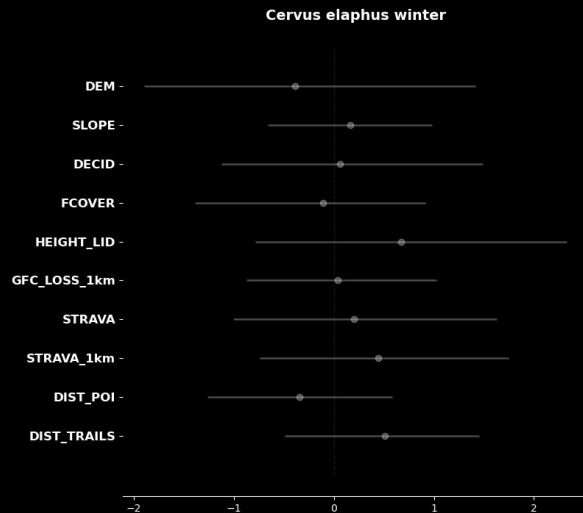
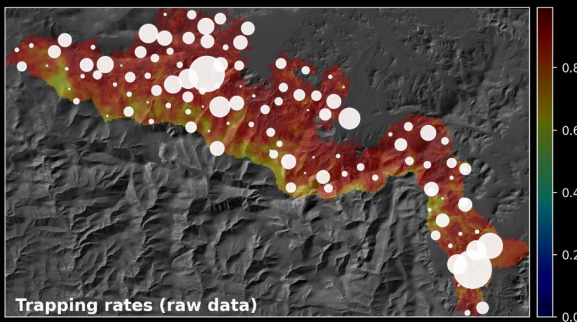
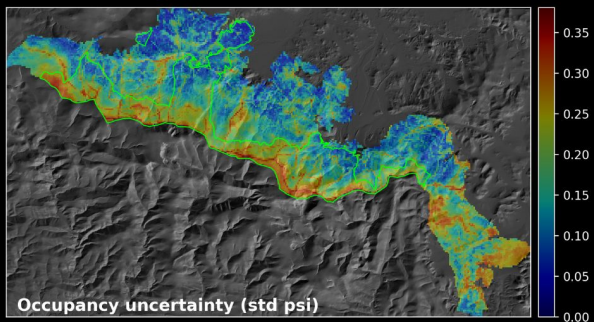
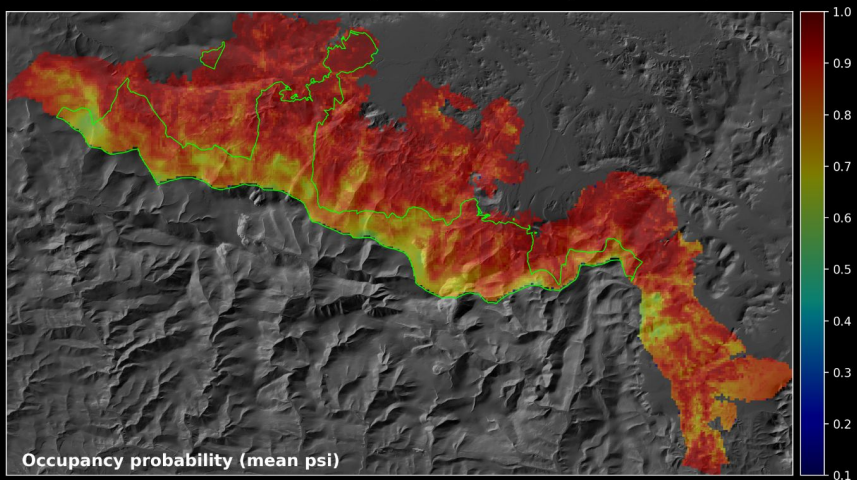
# Spatial Occupancy Model - predykcje





# Spatial Occupancy Model - predykcje

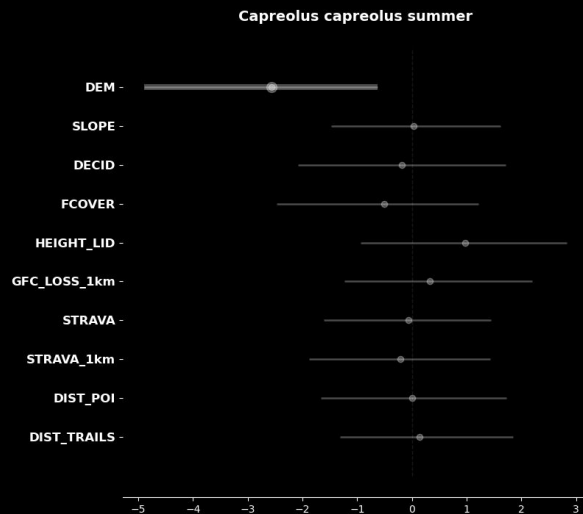
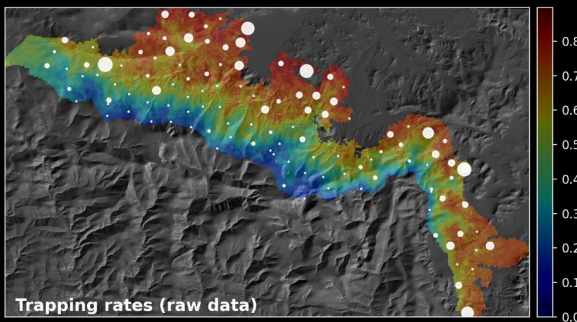
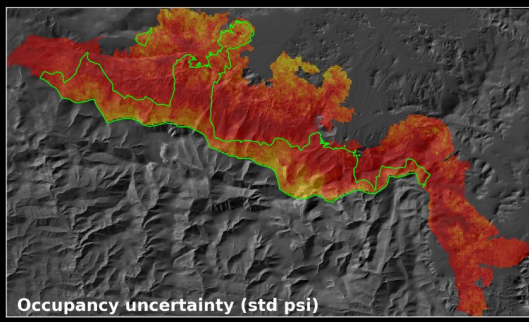
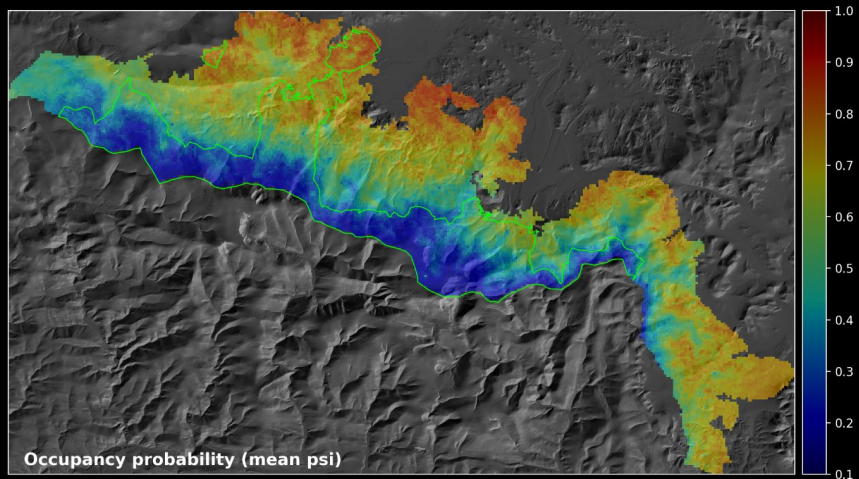
Occupancy prediction maps: Cervus elaphus - winter





# Spatial Occupancy Model - predykcje

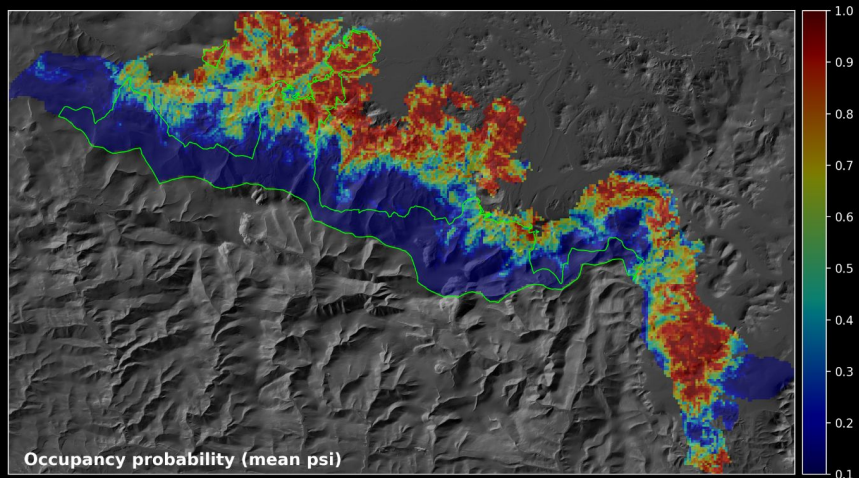
Occupancy prediction maps: *Capreolus capreolus* - summer



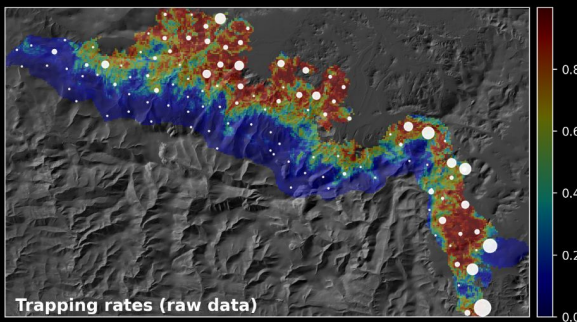
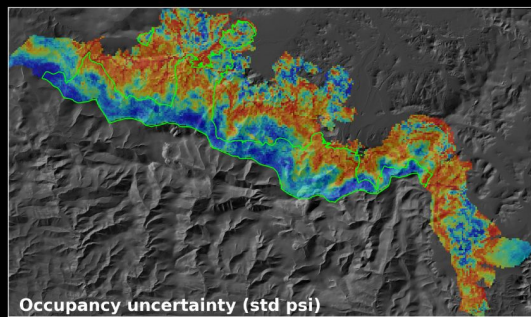
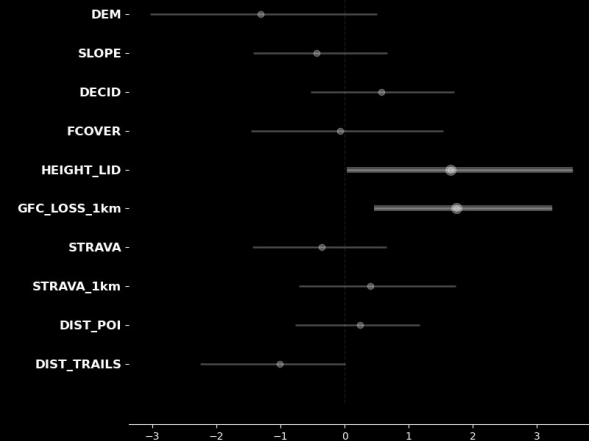


# Spatial Occupancy Model - predykcje

Occupancy prediction maps: *Capreolus capreolus* - winter



*Capreolus capreolus* winter

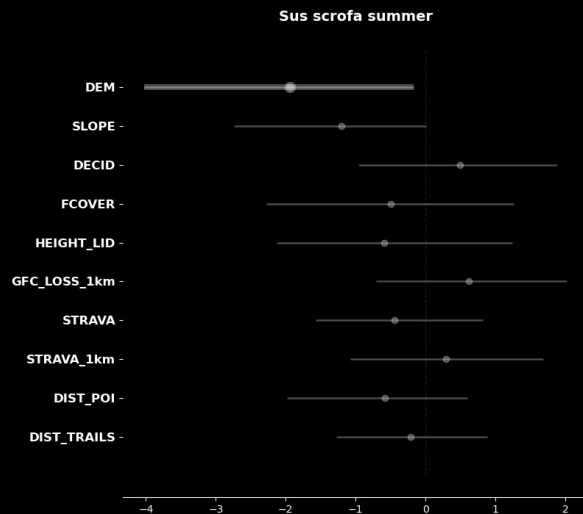
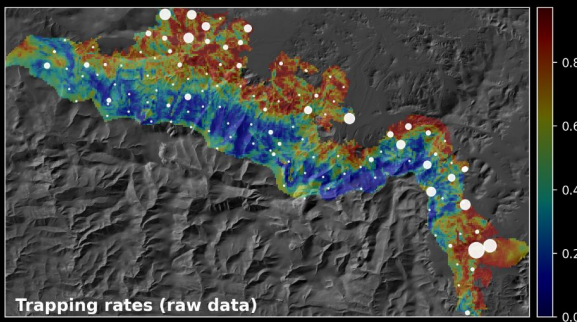
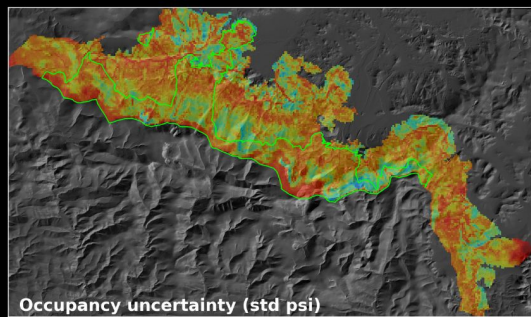
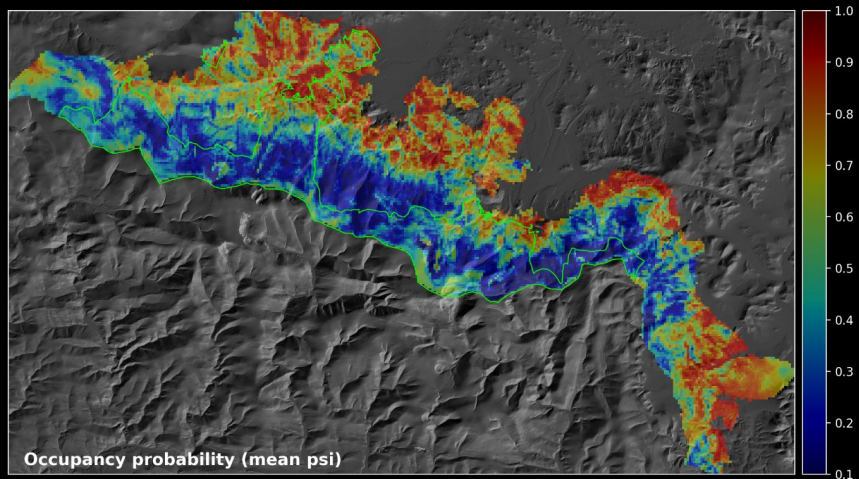






# Spatial Occupancy Model - predykcje

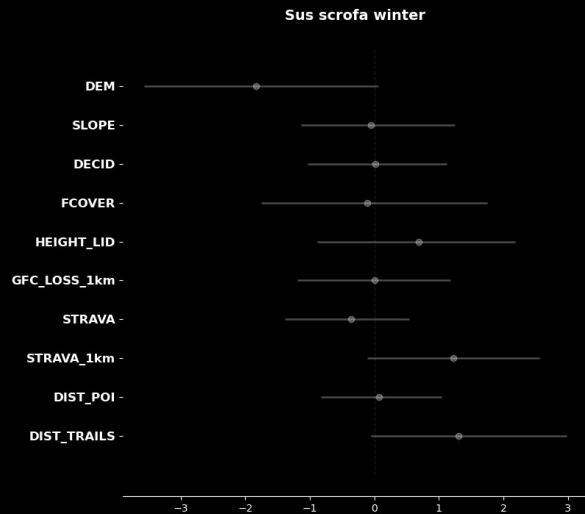
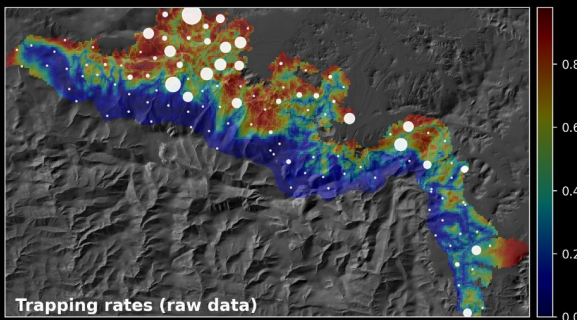
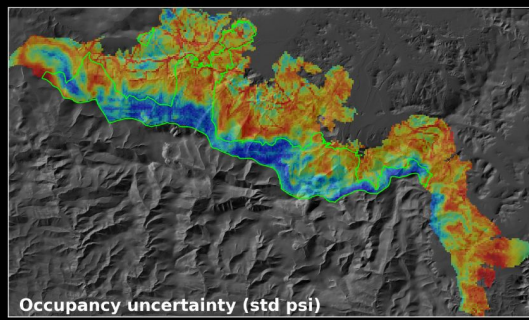
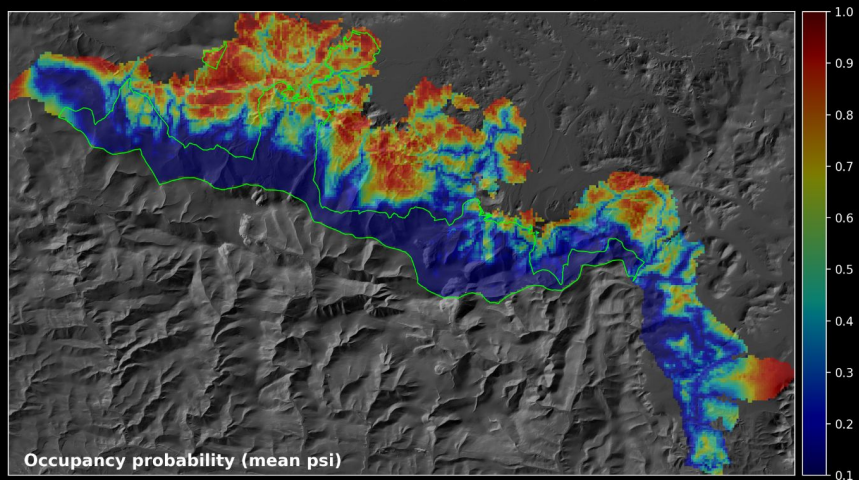
Occupancy prediction maps: *Sus scrofa* - summer





# Spatial Occupancy Model - predykcje

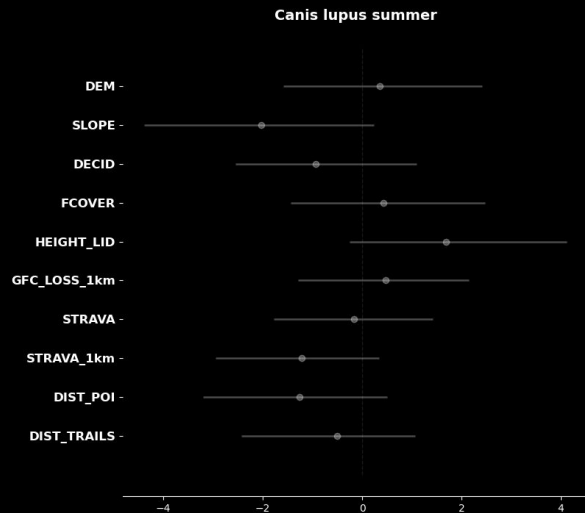
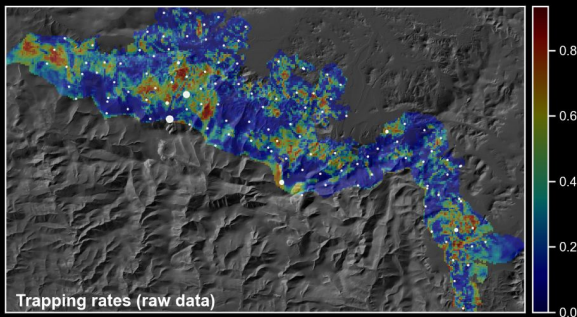
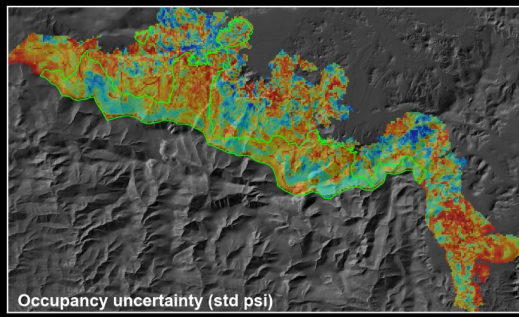
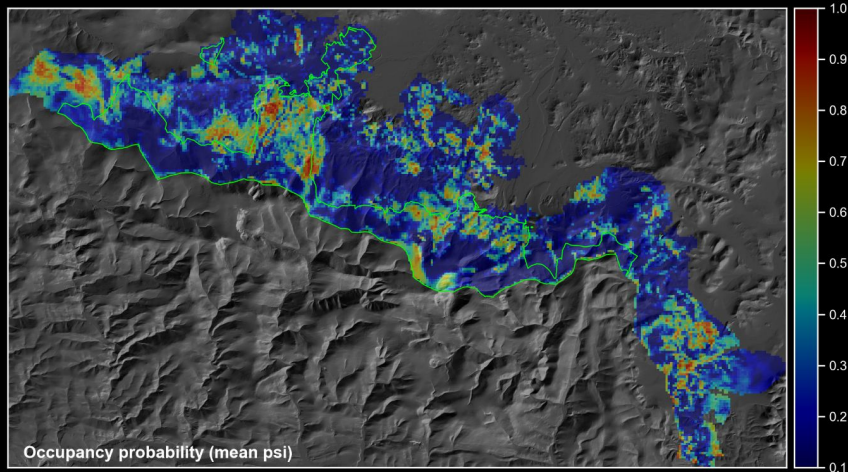
Occupancy prediction maps: *Sus scrofa* - winter





# Spatial Occupancy Model - predykcje

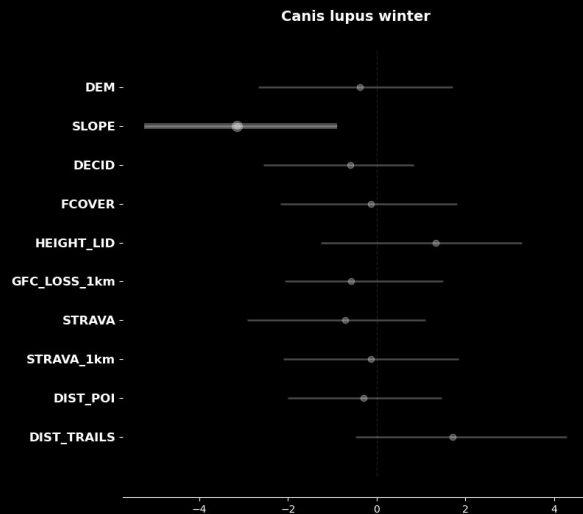
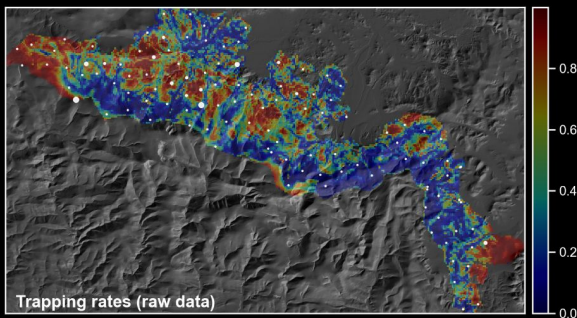
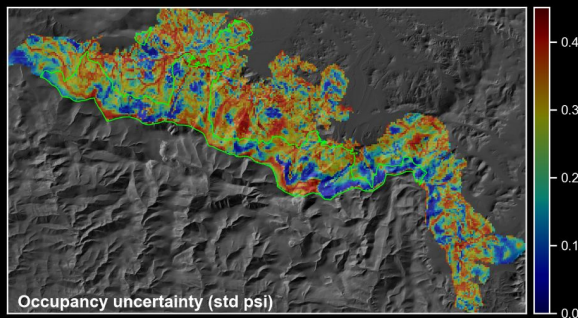
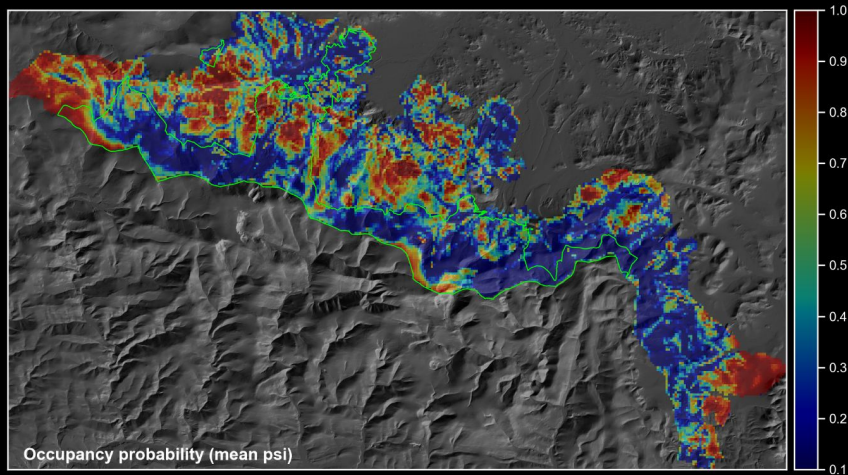
Occupancy prediction maps: *Canis lupus* - summer





# Spatial Occupancy Model - predykcje

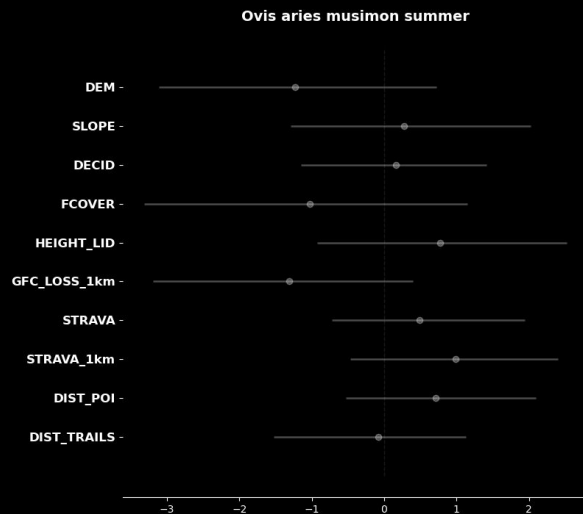
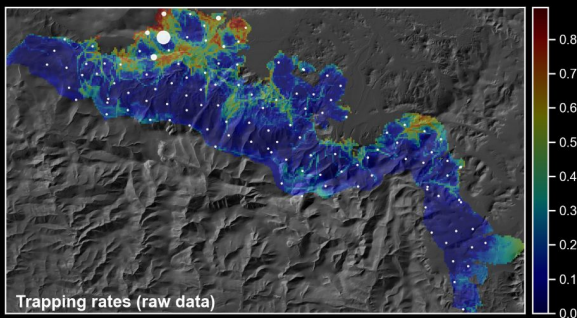
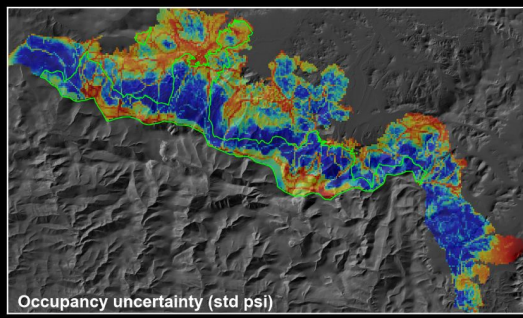
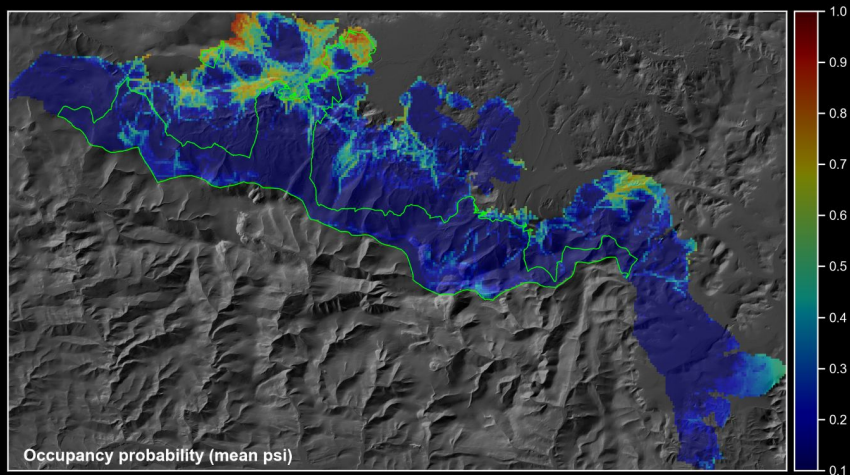
Occupancy prediction maps: Canis lupus - winter





# Spatial Occupancy Model - predykcje

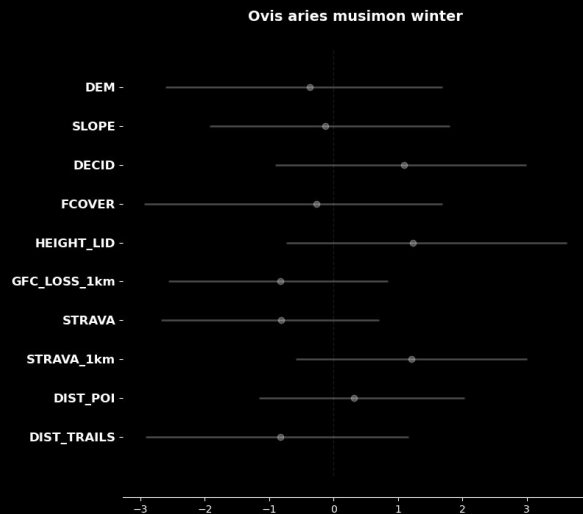
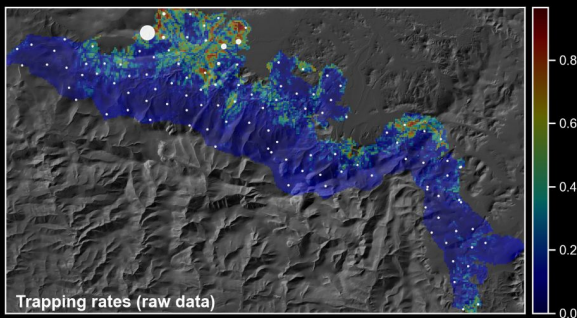
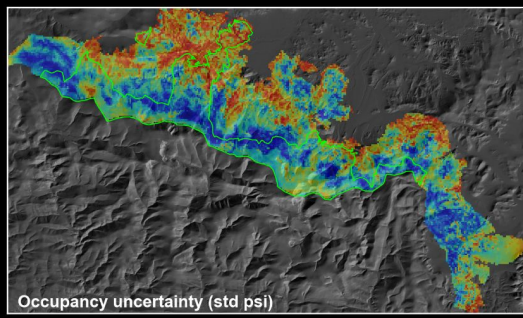
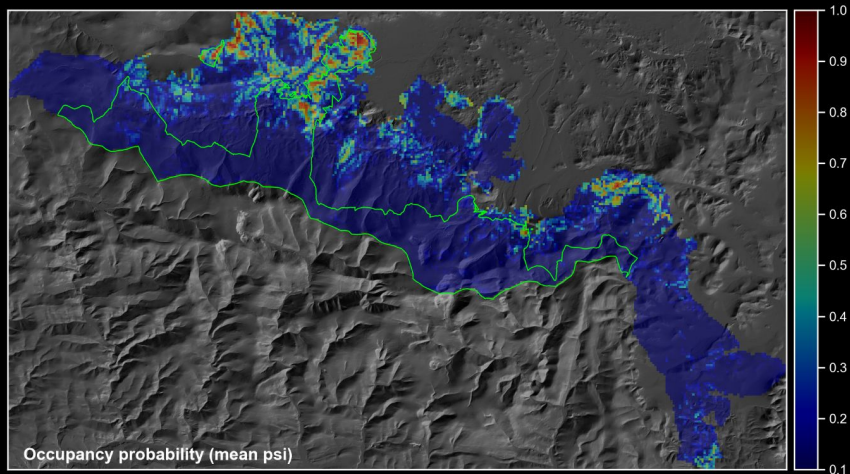
Occupancy prediction maps: *Ovis aries musimon* - summer





# Spatial Occupancy Model - predykcje

Occupancy prediction maps: *Ovis aries musimon* - winter



05

Co jeszcze przed nami?

# Work in progress [...]

## “Przetrenowanie” modelu gatunkowego

Więcej danych wyższej jakości,  
optymalizacja procesu stratyfikacji  
zbioru uczącego

## Analizy zagęszczeń

Estymacja zagęszczeń względnych i  
absolutnych dla najliczniej  
reprezentowanych gatunków,  
modele Spatial N-Mixture i Random  
Encounter Model



## Analiza aktywności zwierząt

Aktywność dobowa monitorowanych  
gatunków w różnych sezonach

## Model łączności krajobrazowej

Synteza predykcji modeli  
gatunkowych na poziomie całego  
zespołu, analiza hot- i cold-spotów,  
uwzględnienie barier, model  
**Circuitscape**

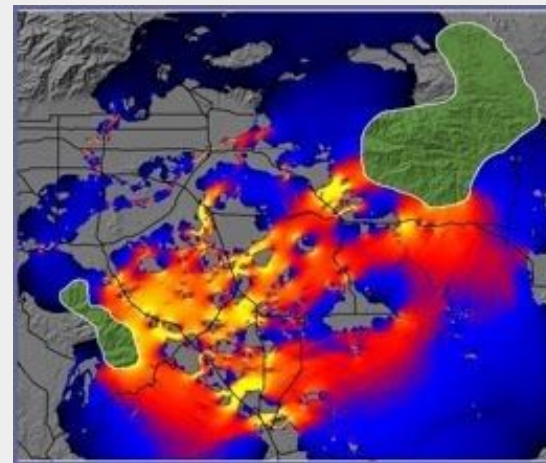


# Work in progress [...]

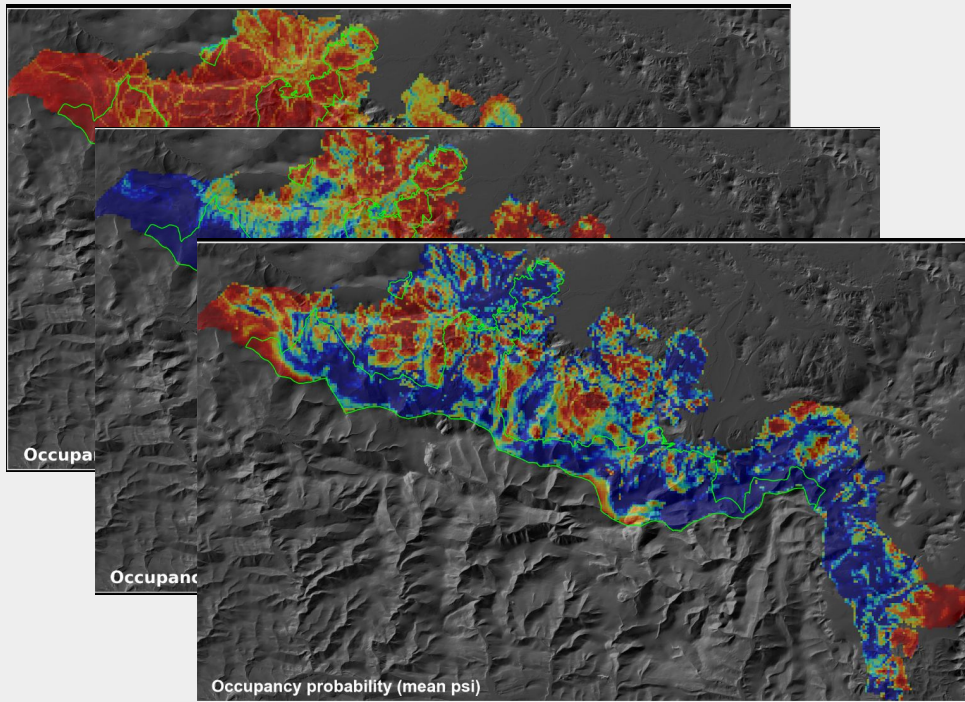


**CIRCUITSCAPE.ORG**

=



**Circuitscape Connectivity Model**



06

# Model AI dla Polski

# MODEL AI DLA POLSKI



**Kooperacja** Parków Narodowych, Nadleśnictw, NGO, firm oraz prywatnych dostawców danych fotonapływowych, na rzecz stworzenia i rozwoju

**demokratycznego i otwartego modelu AI**

do detekcji oraz klasyfikacji gatunkowej zwierząt,  
**do celów ochrony przyrody i badawczych.**

# MODEL AI DLA POLSKI

**Kooperacja** Parków Narodowych, Nadleśnictw, NGO, firm oraz prywatnych dostawców danych fotopułapkowych, na rzecz stworzenia i rozwoju

**demokratycznego i otwartego modelu AI**

do detekcji oraz klasyfikacji gatunkowej zwierząt,  
**do celów ochrony przyrody i badawczych.**



OPEN SCIENCE  
CONSERVATION  
FUND



Instytut Biologii Ssaków  
Polskiej Akademii Nauk  
Białowieża



GRUPA  
TAXUS

Tu może być Twoja  
organizacja

07

# Podziękowania

Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants



Dziękujemy wszystkim Ekspertom, Partnerom, Naukowcom i Programistom, którzy przyczynili się do rozwoju systemu TRAPPER i algorytmów TrapperAI.

W szczególności dziękujemy **Zespołowi Karkonoskiego Parku Narodowego** za efektywną współpracę, pracę w terenie (!), aktywny udział w testowaniu rozwiązań i dostęp do unikalnej wiedzy eksperckiej.

OPEN SCIENCE  
CONSERVATION  
FUND



*Poprawa stanu łączności ekologicznej jako kluczowe wyzwanie dla ochrony przyrody w parkach narodowych.*

**Jelenia Góra  
6-8 marca 2024**

# Dziękuję za uwagę!

[kbubnicki@os-conservation.org](mailto:kbubnicki@os-conservation.org)

[kbubnicki@ibs.bialowieza.pl](mailto:kbubnicki@ibs.bialowieza.pl)

[https://www.researchgate.net/profile/Jakub\\_Bubnicki](https://www.researchgate.net/profile/Jakub_Bubnicki)

<https://gitlab.com/trapper-project>

<https://trapper.ai/>

Zapraszamy Państwa do współpracy.

