

Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Dobry, zły czy brzydki? – Wirusy mikroorganizmów w środowisku wodnym i ich rola w kształtowaniu bioróżnorodności.

Dariusz Dziga

9.03.3036



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



DAINA-2

proposal for funding of the Polish-Lithuanian research projects

Viral control of harmful cyanobacterial blooms in freshwater ecosystems



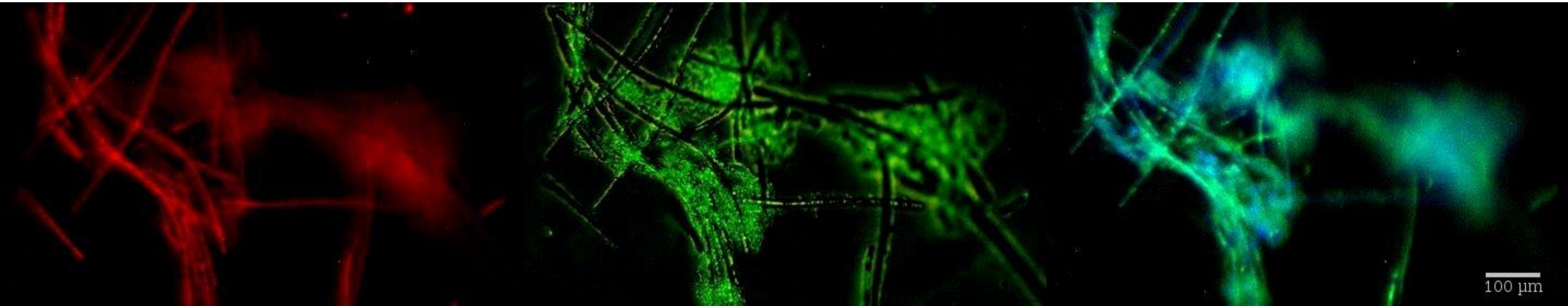
UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE



<https://pl.wikipedia.org/wiki/Sutartin%C4%97s>

Dlaczego warto badać interakcje pomiędzy cyjanobakteriami i cyjanofagami?

Liza *Aphanizomenon flos-aquae* indukowana przez faga CL131



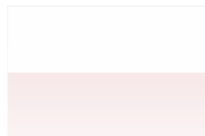
(A) Fluorescencja chlorofilu

(B) DNA wybarwione SYBR Green

(C) fluorescencja fikobilin



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Dlaczego warto badać interakcje pomiędzy cyjanobakteriami i cyjanofagami?

Wpływ na: (a) łańcuchy troficzne

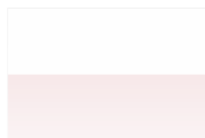
(b) różnorodność mikrobiologiczną

(c) powstawanie zakwitów

<https://www.medianauka.pl/sinice>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

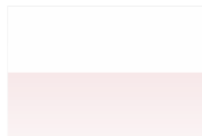
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Dobry, zły czy brzydki?



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

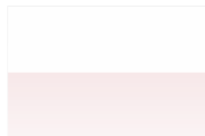


Poziomy oddziaływań:

- ❑ Komórkowy (fizjologia, metabolizm, genom)
- ❑ Środowiskowy (fykosfera, populacja, ekosystem)



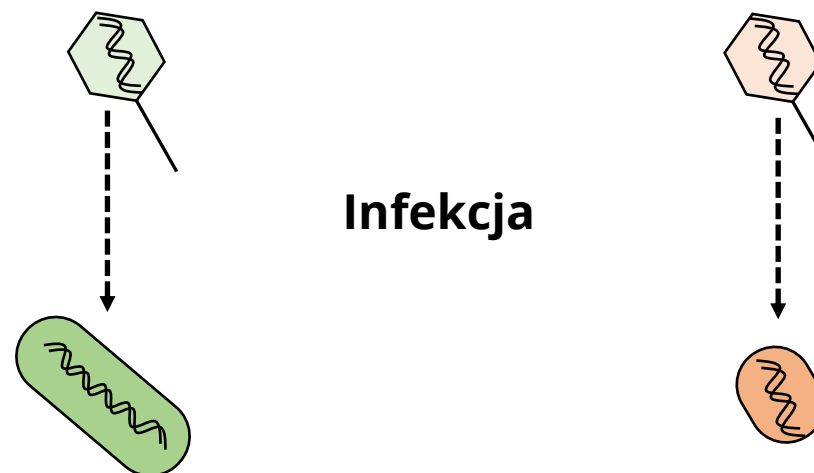
Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



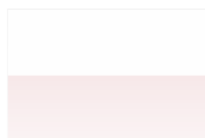
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską





Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



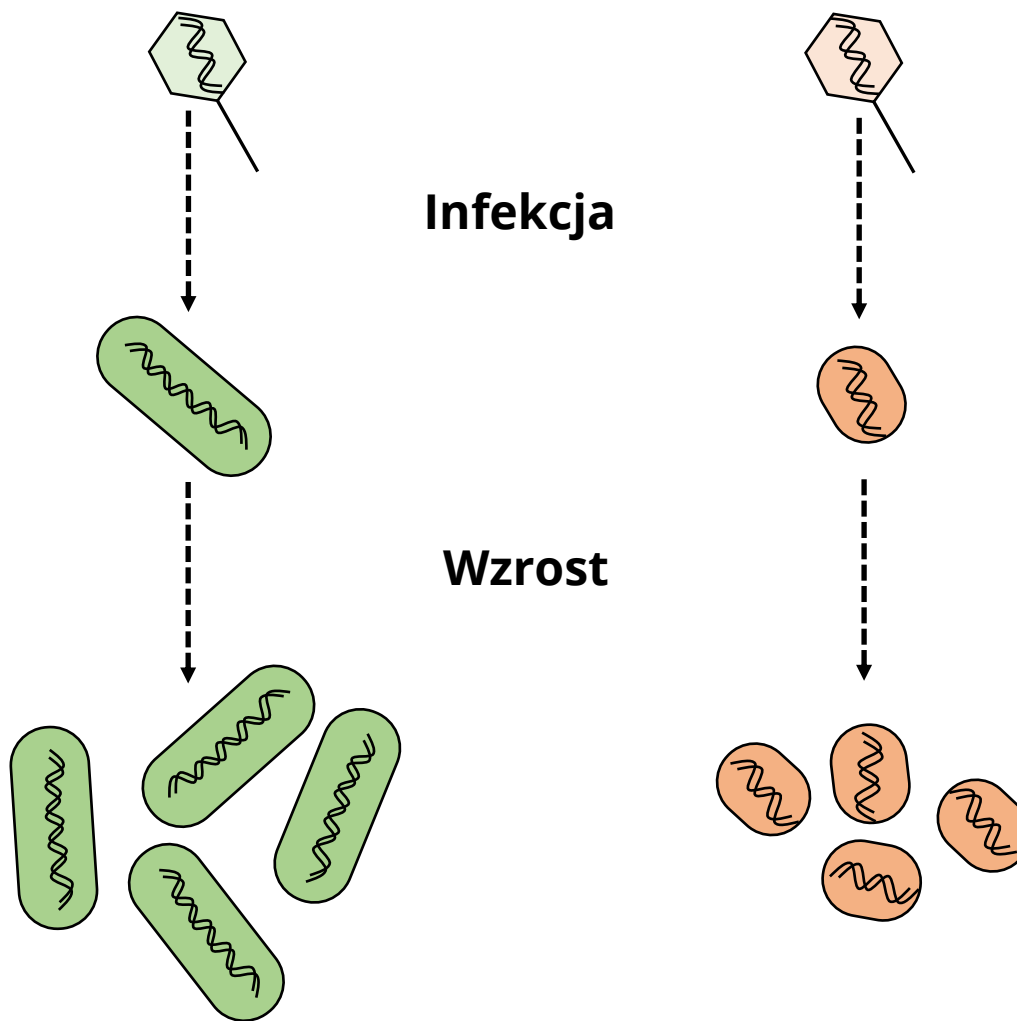
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

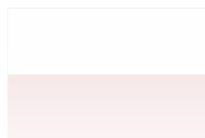


Wpływ na

- Poziomy troficzne



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



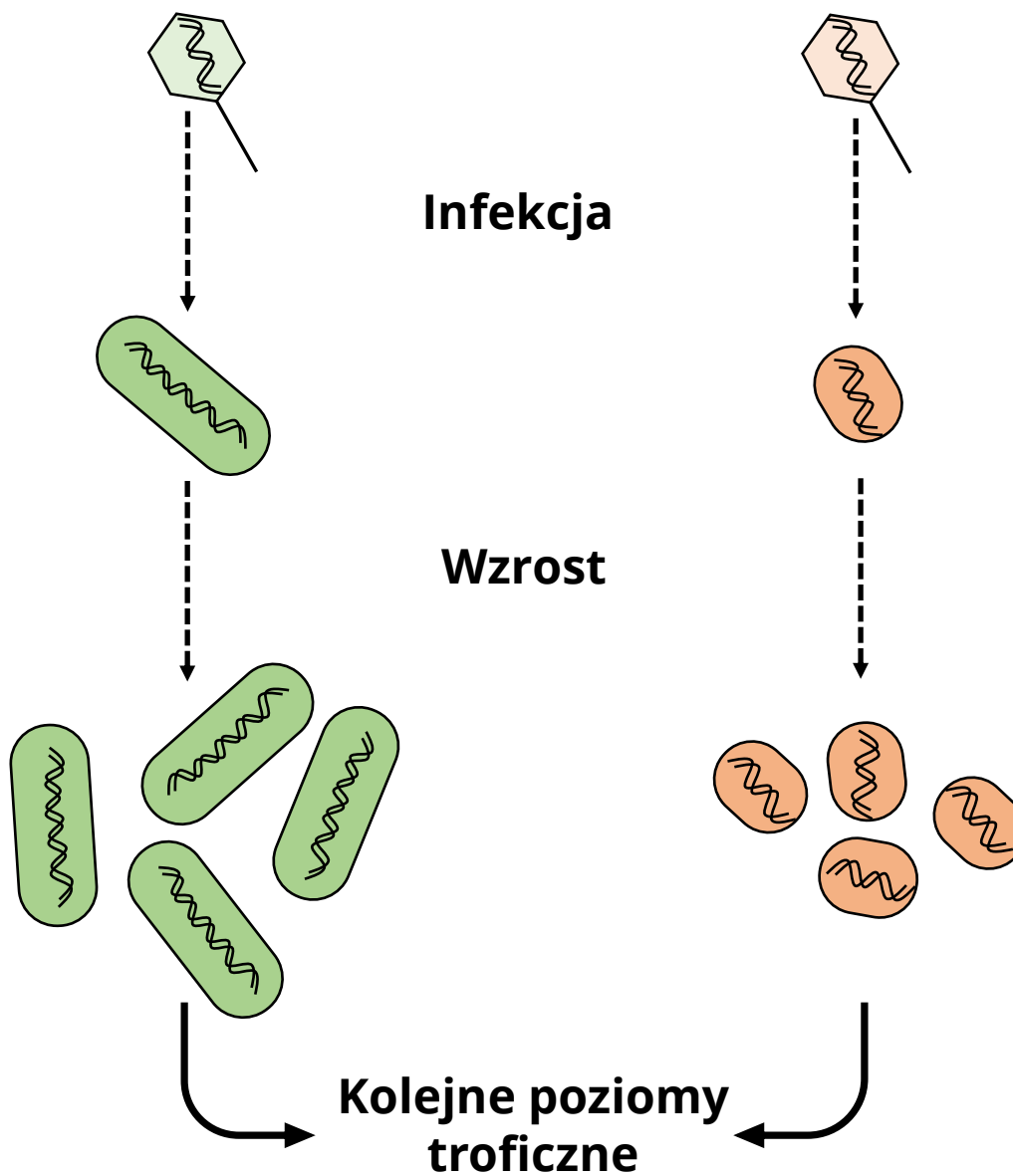
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

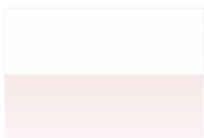


Wpływ na

- Poziomy troficzne



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

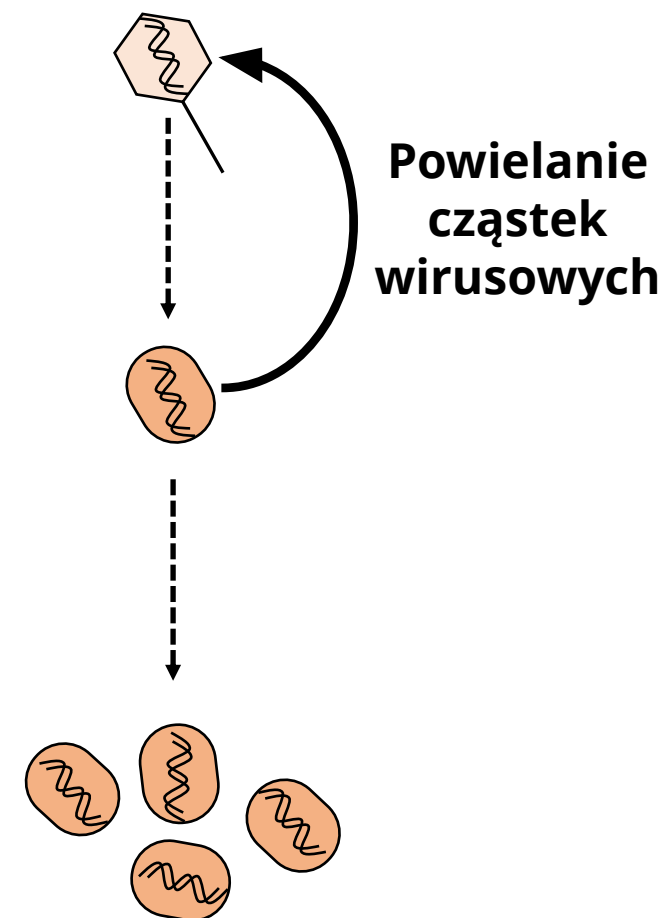
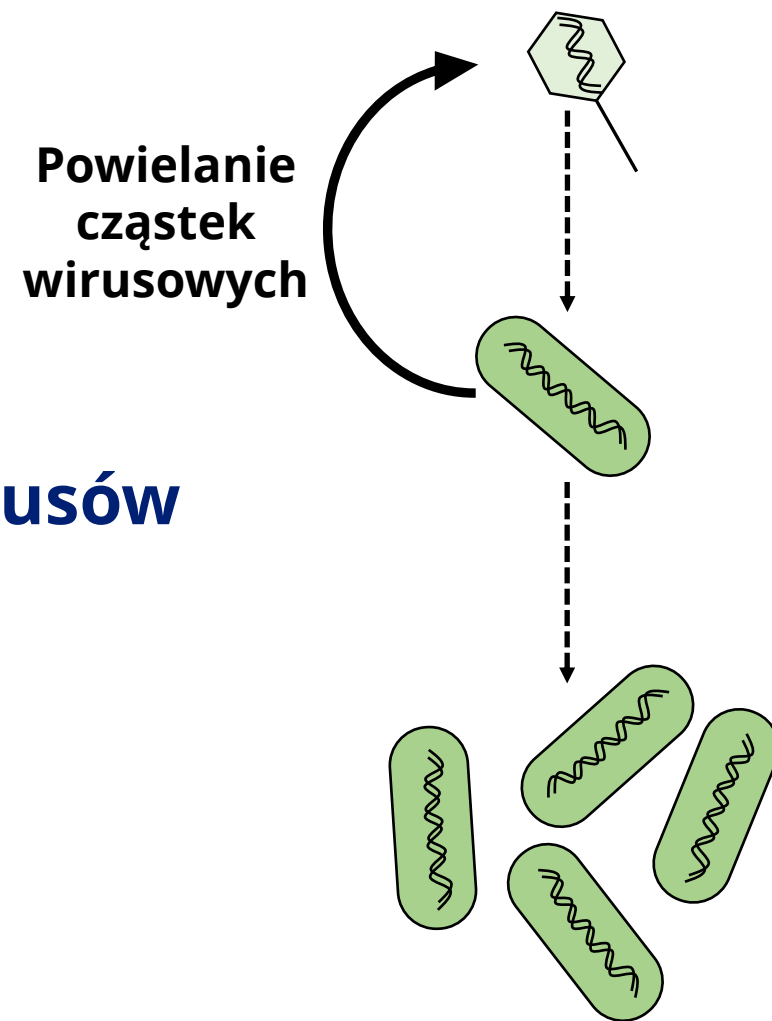


Rzeczpospolita
Polska

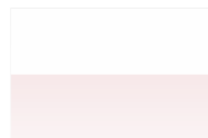
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wpływ na ➤ Amplifikację wirusów



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

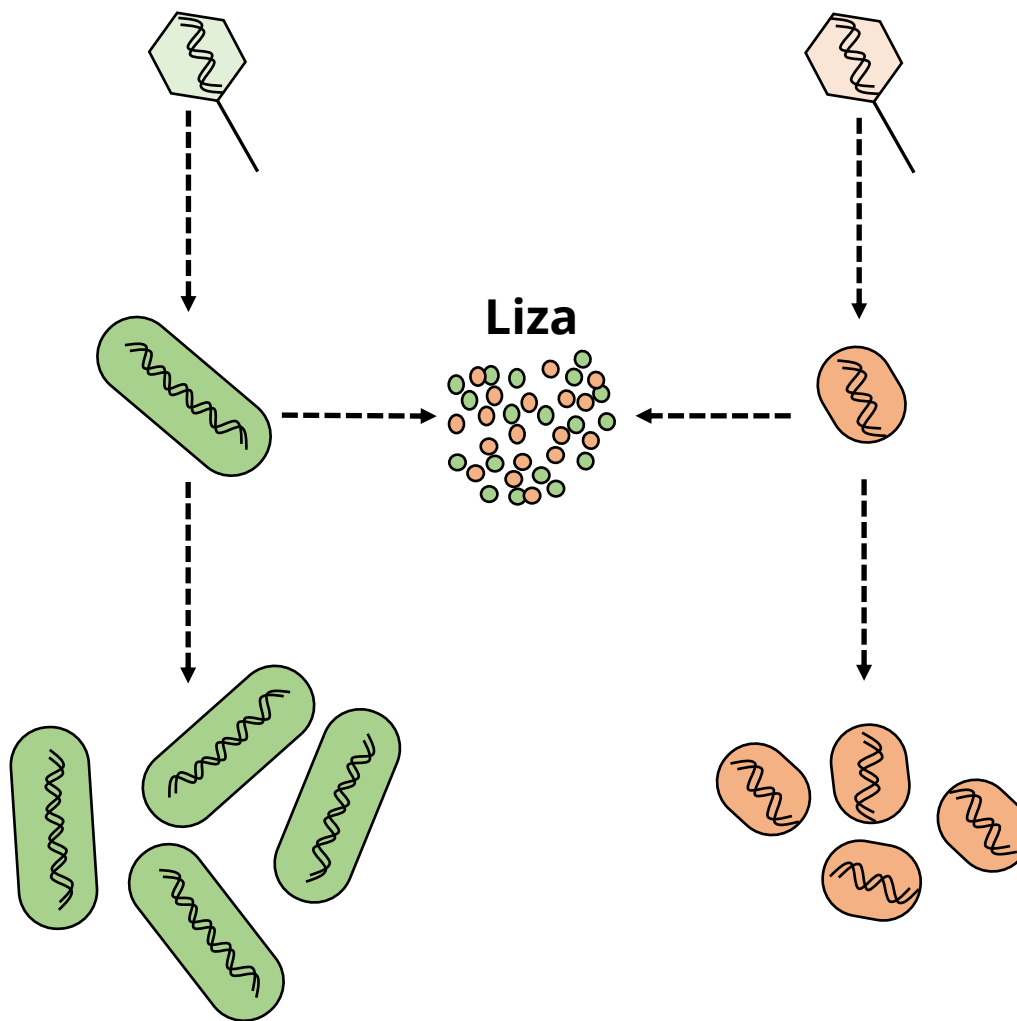


Rzeczpospolita
Polska

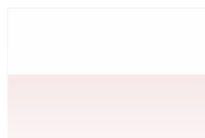
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wpływ na ➤ Obieg DOM i POM



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

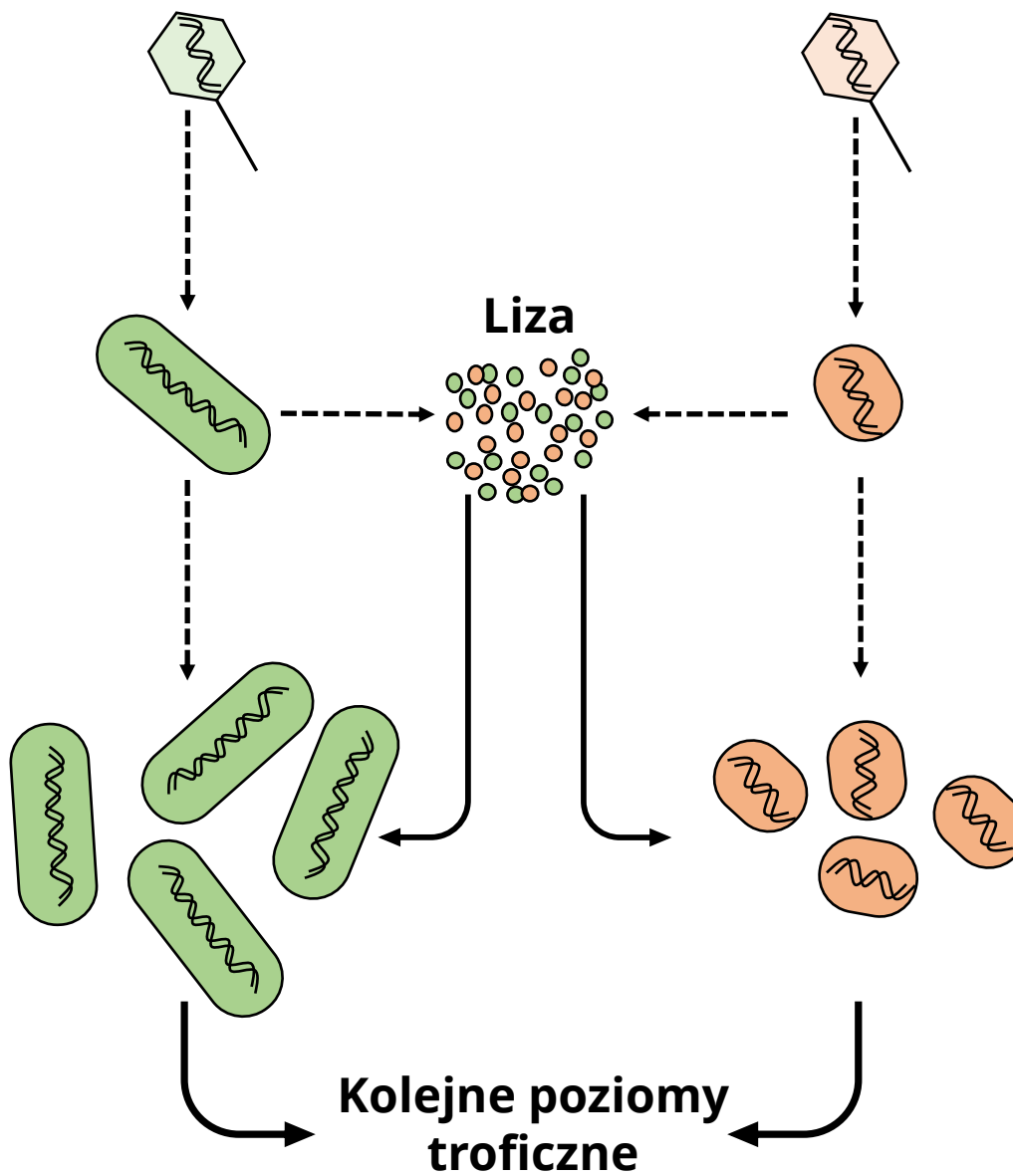


Rzeczpospolita
Polska

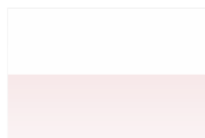
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wpływ na ➤ Obieg DOM i POM



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

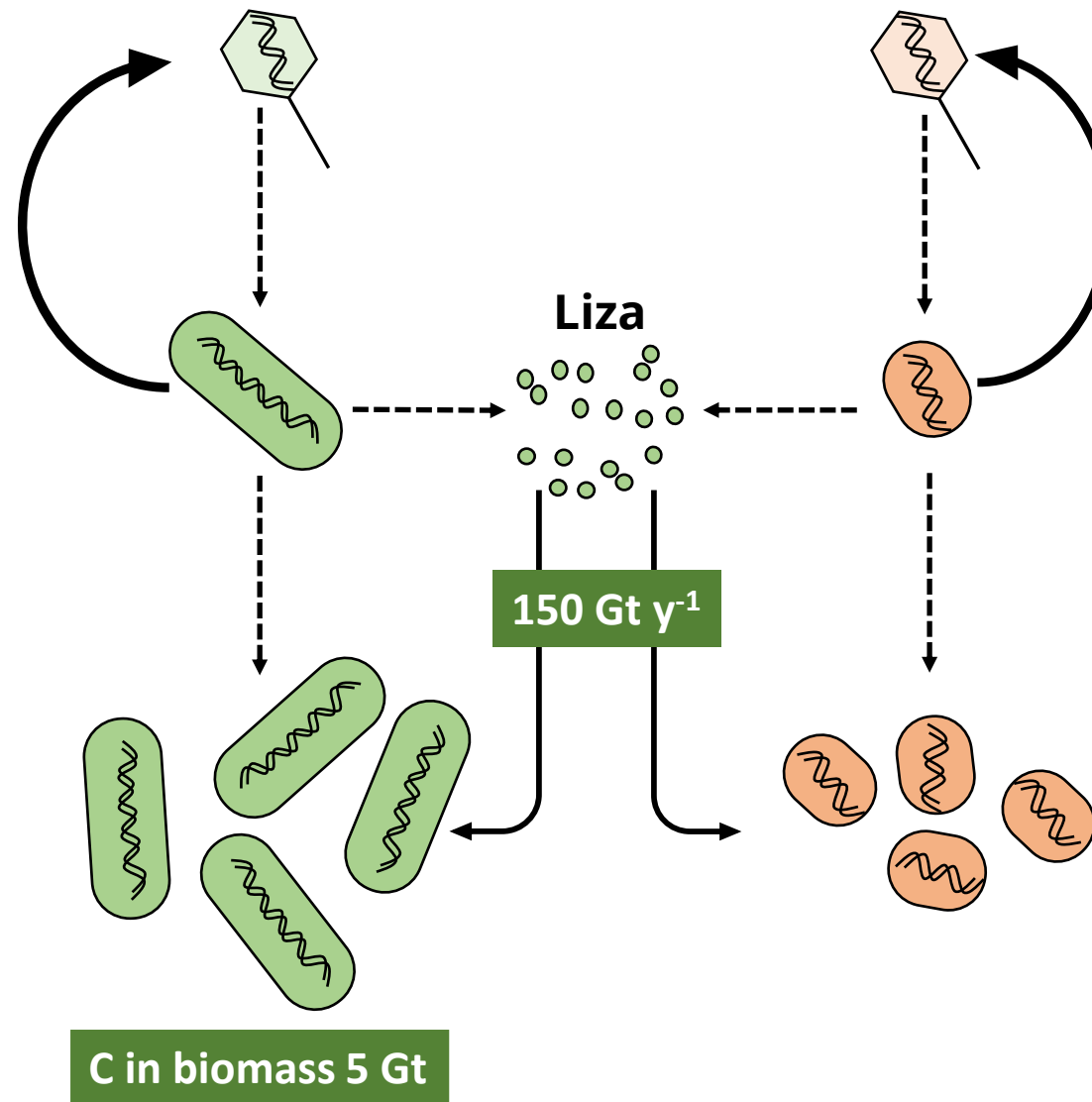


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



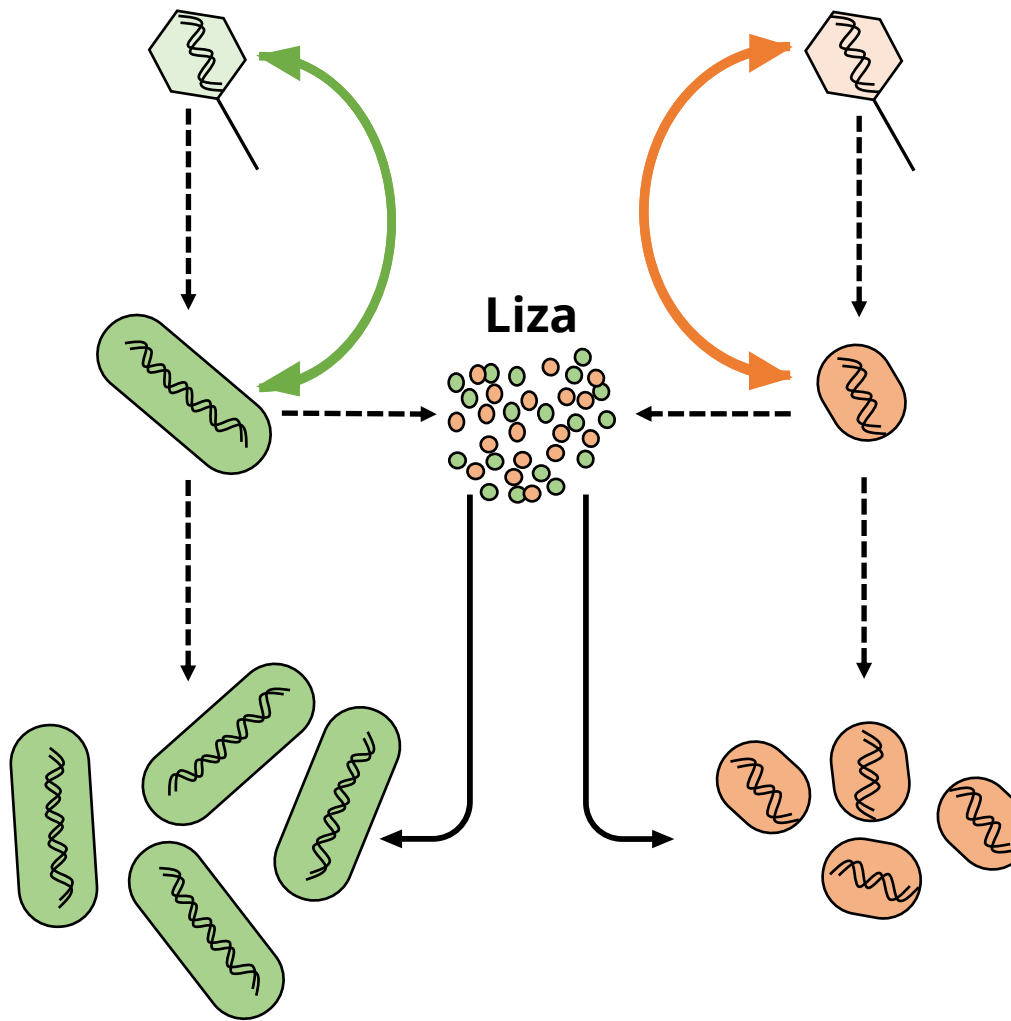
Wpływ na ➤ Globalny obieg materii



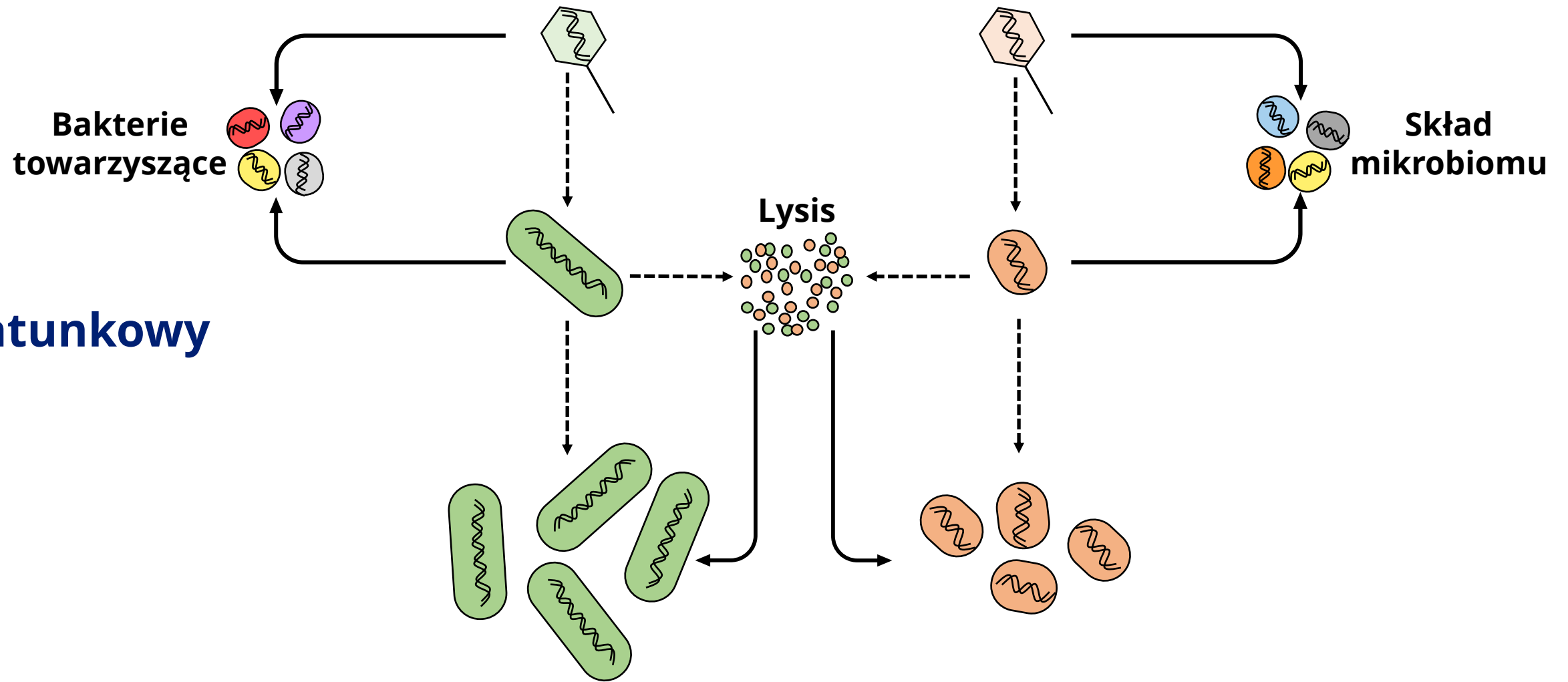
Wpływ na

➤ Wymianę materiału genetycznego

- ❑ Modyfikacje fenotypowe/genotypowe
- ❑ Zwiększona różnorodność - kill the winner
- ❑ Infekcja lizogenna vs lityczna



Wpływ na ➤ Skład gatunkowy

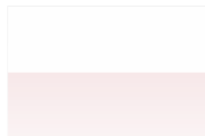


Poziomy oddziaływań:

- ❑ Komórkowy (fizjologia, metabolizm, genom)
- ❑ Środowiskowy (fikosfera, populacja, ekosystem)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

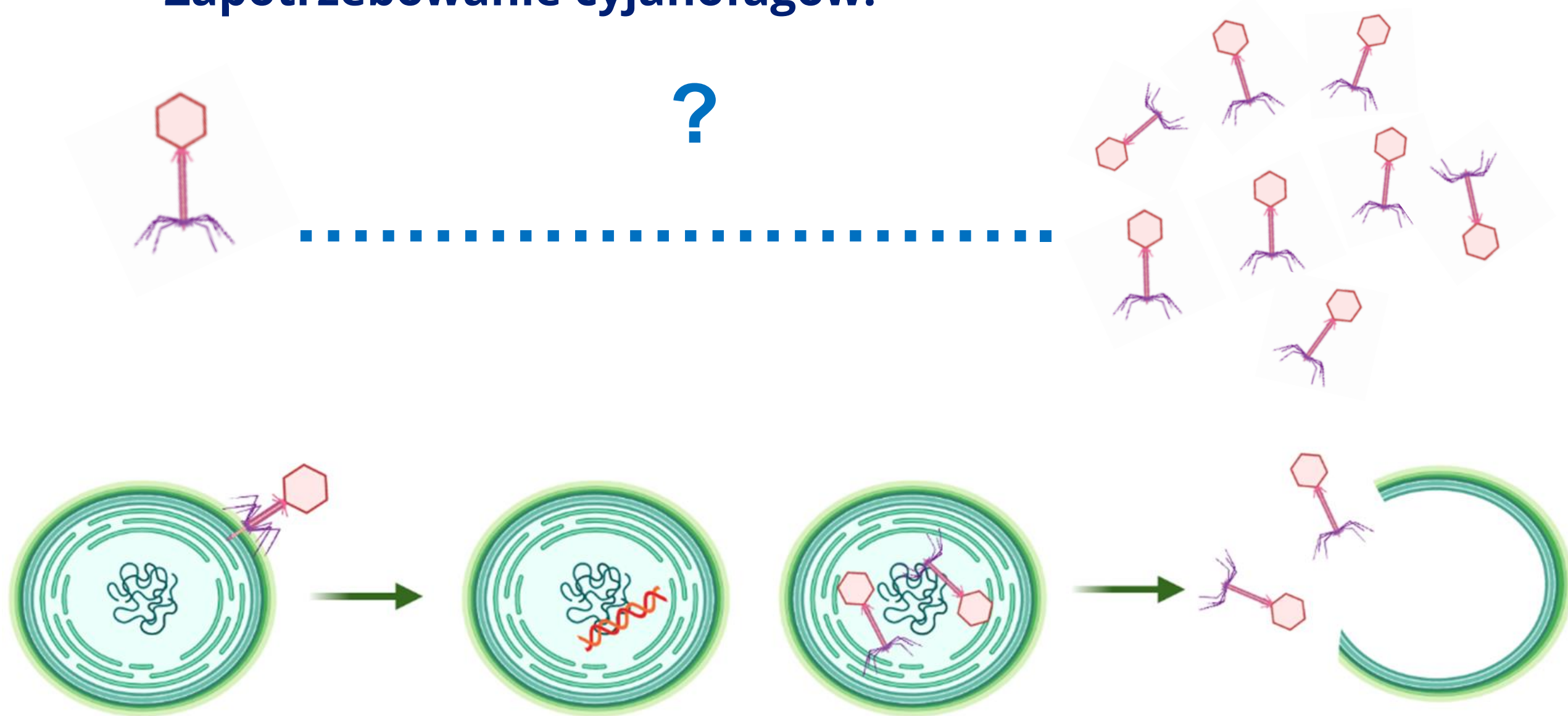


Rzeczpospolita
Polska

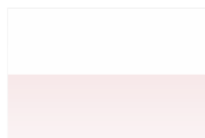
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Zapotrzebowanie cyjanofagów:



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

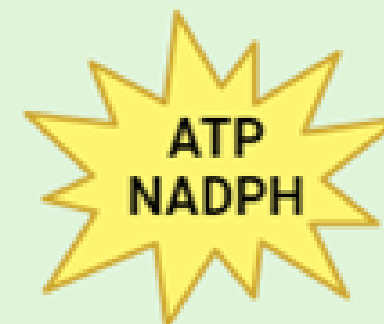
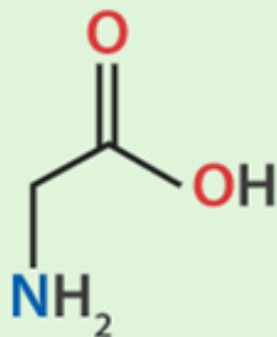
Dofinansowane przez
Unię Europejską



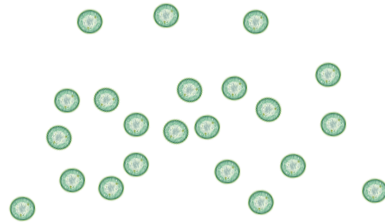
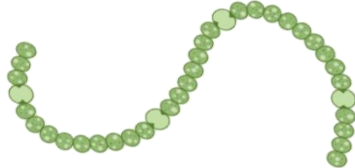
Zapotrzebowanie cyjanofagów:

?

Współzawodnictwo

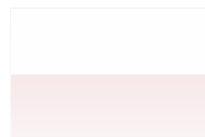


Szczepy cyjanobakterii

Strain		
<i>A. flos-aquae</i> vs CL131	<i>M. aeruginosa</i> vs LMM01	<i>R. raciborskii</i> vs LKS4
		



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



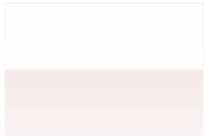
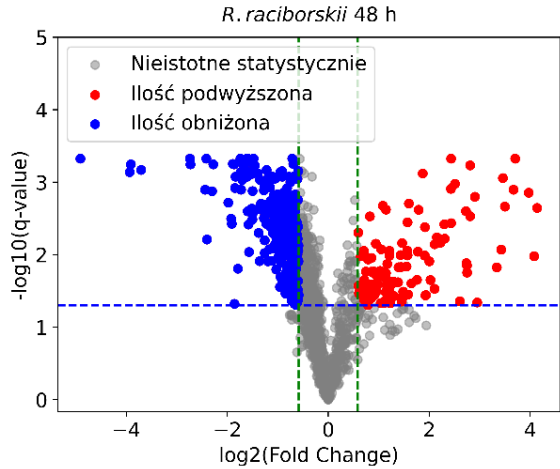
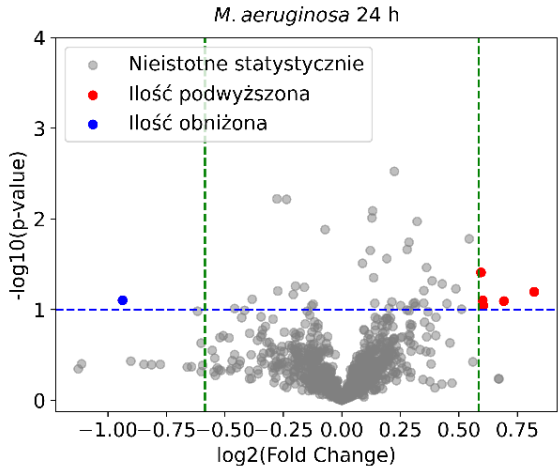
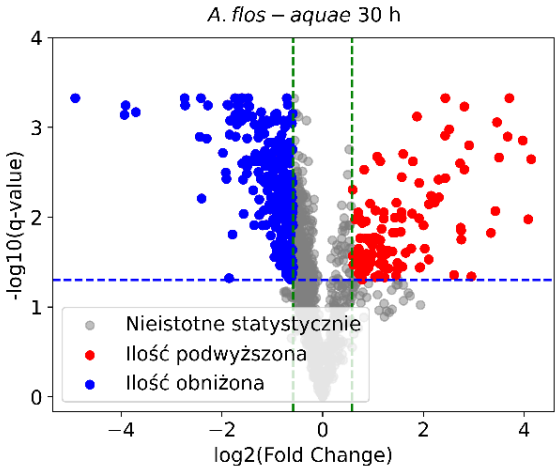
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Proteomika

Proteins	Strain		
	<i>A. flos-aquae</i> vs CL131	<i>M. aeruginosa</i> vs LMM01	<i>R. raciborskii</i> vs LKS 4
Time post infection	30	24	48
up-regulated	114	7	200
down-regulated	268	1	181



Proteomika

Proteins	Strain		
	<i>A. flos-aquae</i> vs CL131	<i>M. aeruginosa</i> vs LMM01	<i>R. raciborskii</i> vs LKS 4
Time post infection	30	24	48
up-regulated	114	7	200
down-regulated	268	1	181

Transcriptome Analysis of a Bloom-Forming Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* during Ma-LMM01 Phage Infection

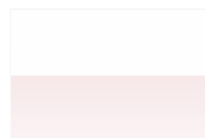
Daichi Morimoto¹, Shigeko Kimura^{1,2}, Yoshihiko Sako¹ and Takashi Yoshida^{1*}

¹ Laboratory of Marine Microbiology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan, ² School of Environmental Science, University of Shiga Prefecture, Hikone, Japan

Morimoto et al. - 0,17% transkryptów gospodarza regulowanych
Nasze badania - 8 białek (z1113 zidentyfikowanych)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

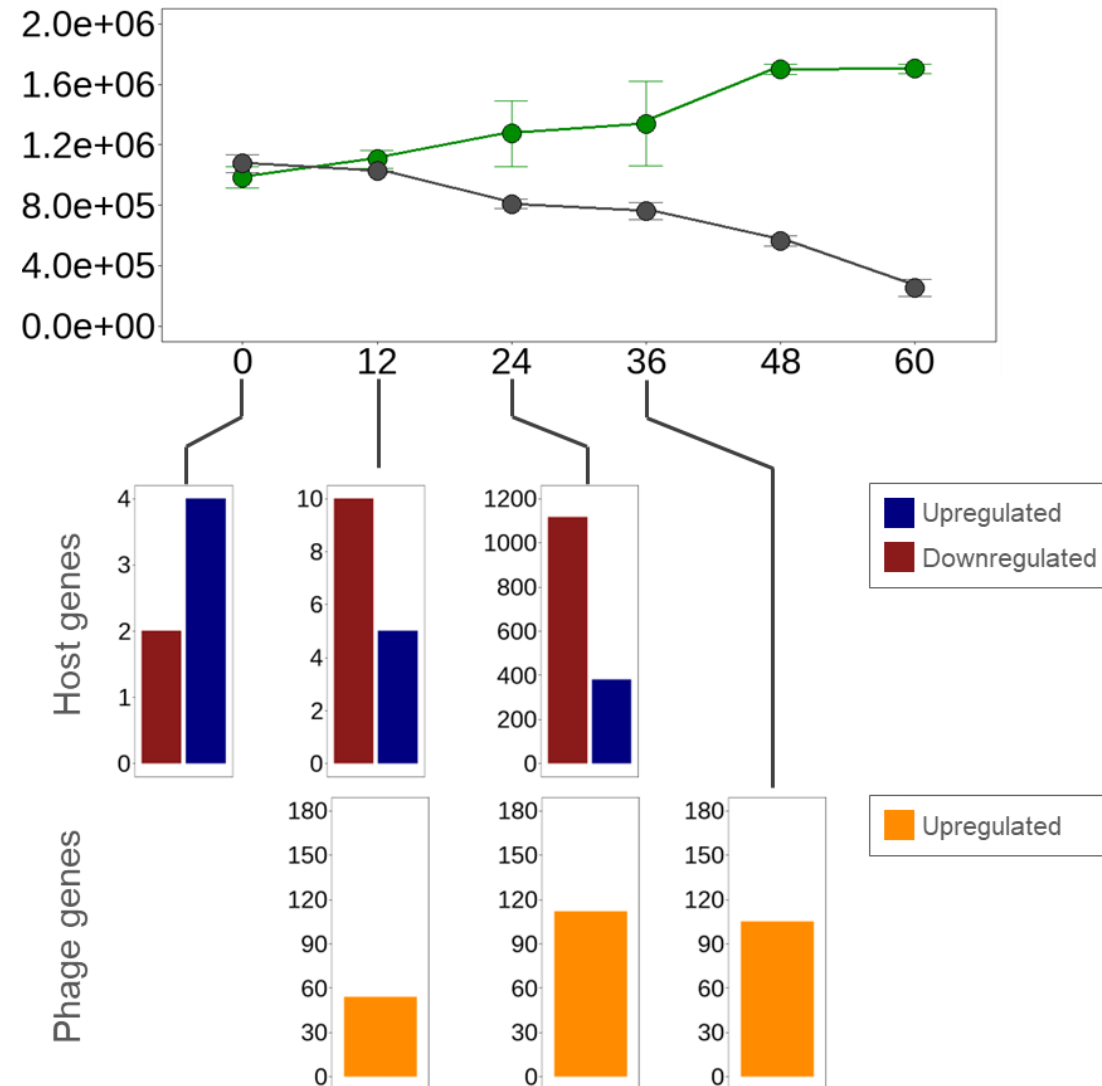


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



A. flos-aquae – transkryptomika, skala i kierunek



Szybka odpowiedź na stres

Głównie regulacja w dół

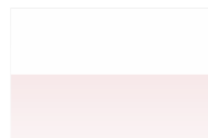
transkrypty faga obecne od 12 hpi

Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach

Rysunki przygotowane
przez S. Sulcusa



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

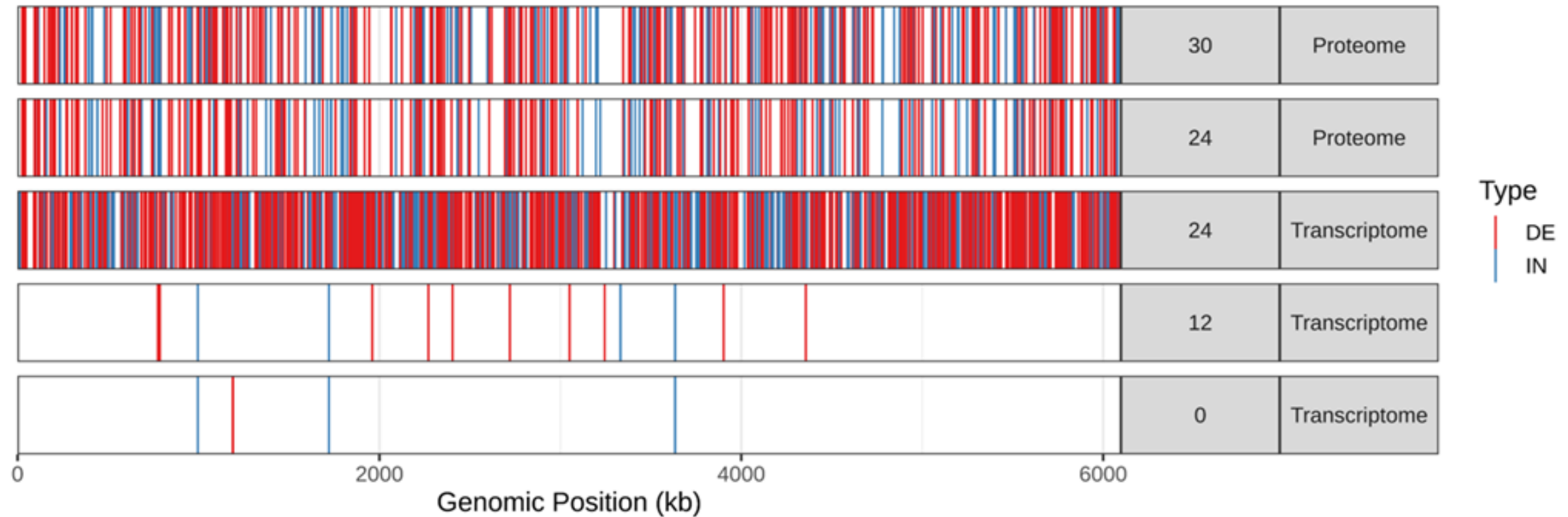


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



A. flos-aquae – skala i kierunek zmian



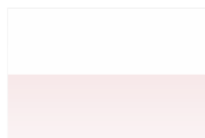
Zaburzone relacje między transkrypcją i translacją

Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach

Rysunki przygotowane
przez S. Sulciusa



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



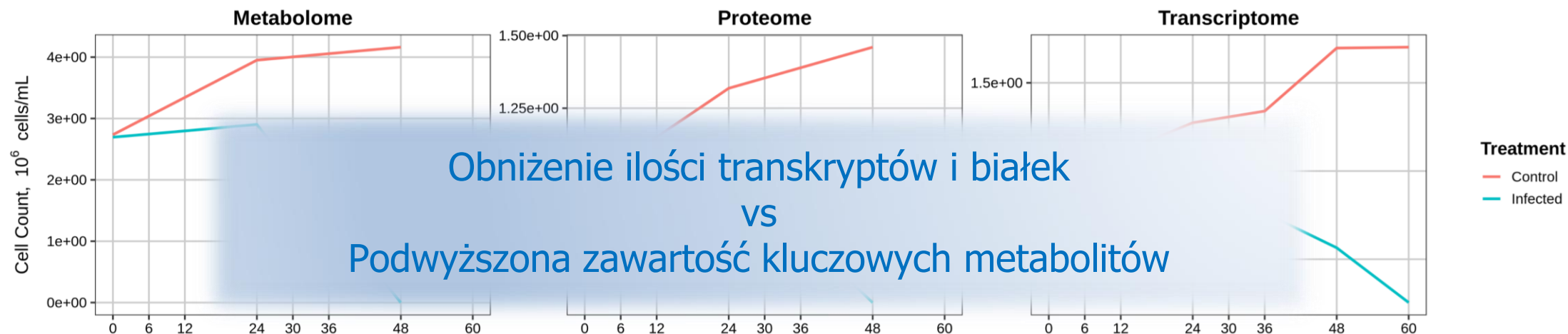
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

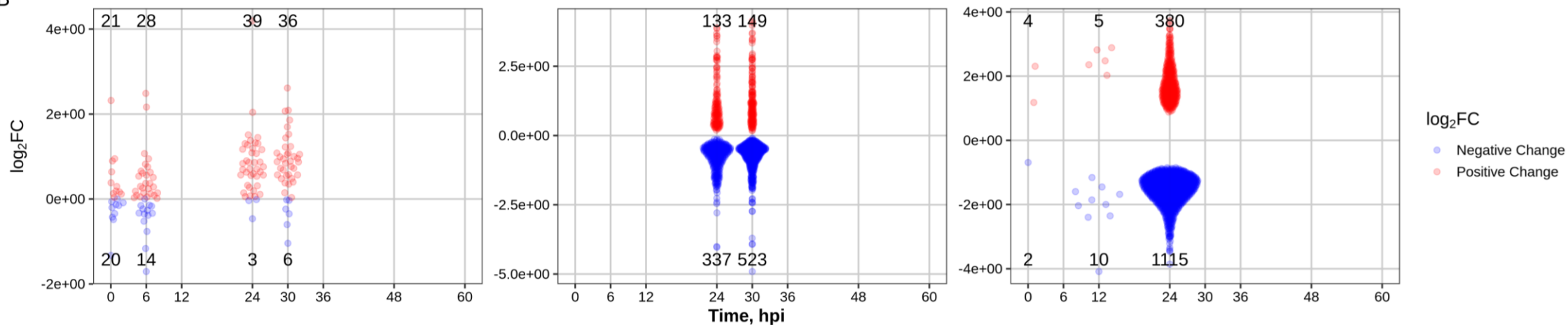


A. flos-aquae – skala i kierunek zmian

A



B

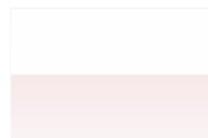


Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach

Rysunki przygotowane
przez S. Sulciusa



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

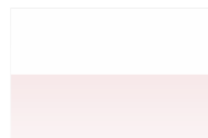


A. *flos-aquae* – efekty fizjologiczne, proteom

Function	Down-	Up-
Amino acids biosynthesis	2	18
Carbon fixation	2	0
Cell development and cell wall biosynthesis	9	10
Chaperone	0	3
Defense system	2	0
DNA replication and repair	3	0
Electron transport	10	2
Fatty acids biosynthesis	5	0
Glycogenesis	0	2
Glycogenolysis	0	1
Glycolysis	1	5
Krebs cycle	0	3
Nitrogen metabolism	8	1
Nuclease	3	3
Protease	8	6
Nucleotide biosynthesis	0	6
Pigments	12	2
Polyol pathway	0	2
PPP	0	1
Ribosome	32	1
Signaling	3	0
Transcription	5	2
Translation	3	0
Transport	8	7
Urea metabolism	3	0
Vitamins biosynthesis	4	0



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

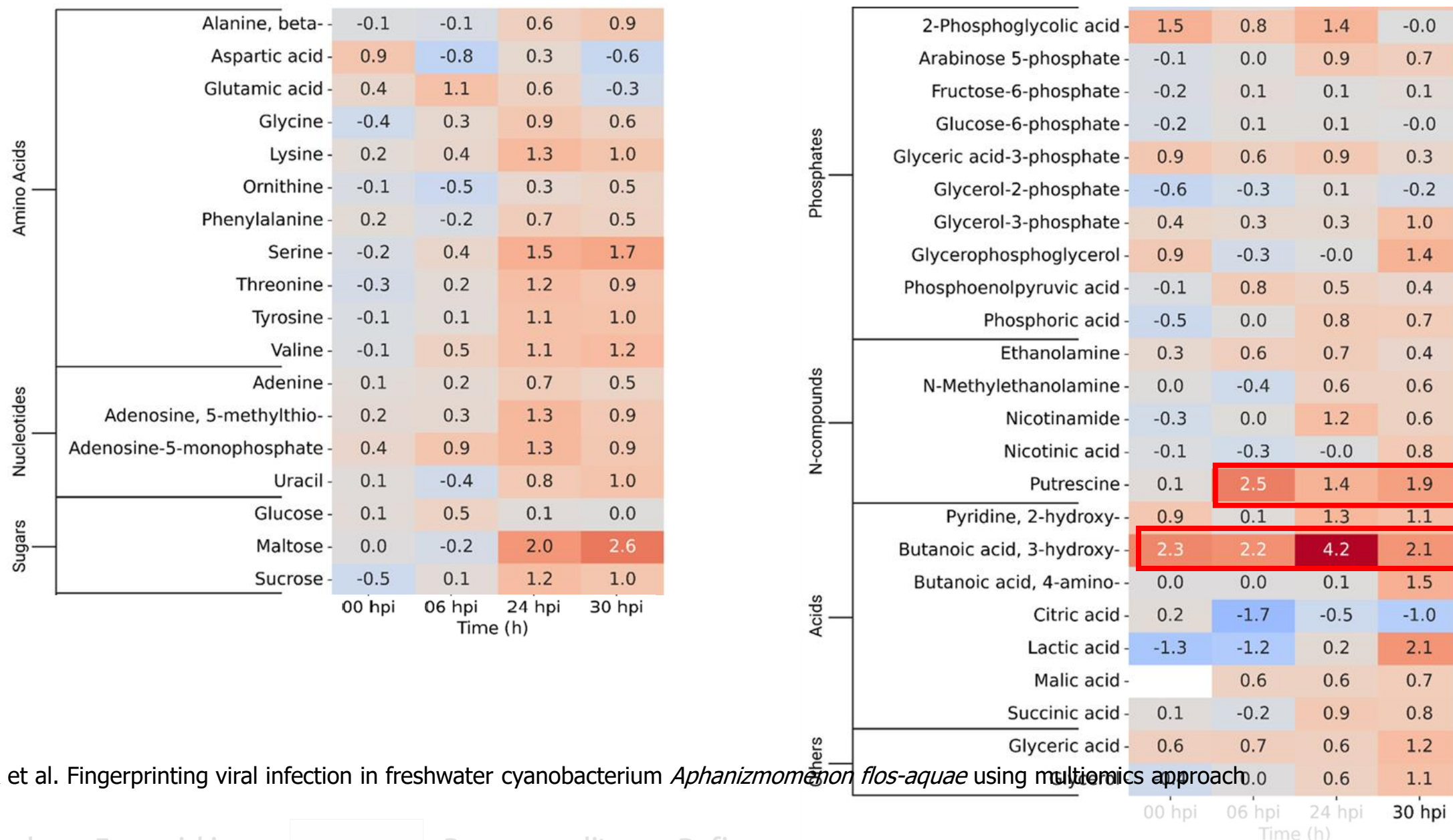


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



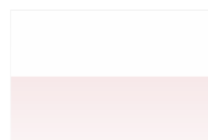
A. *flos-aquae* – efekty fizjologiczne, metabolom



Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

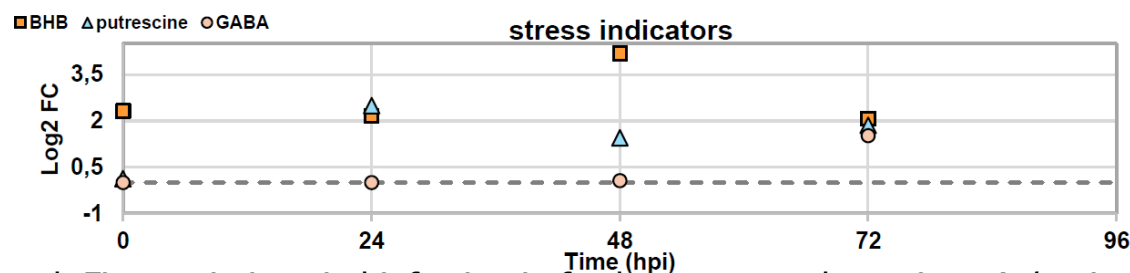
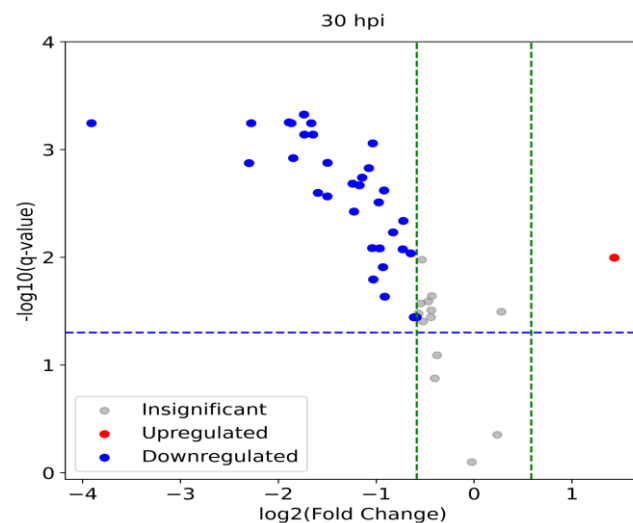
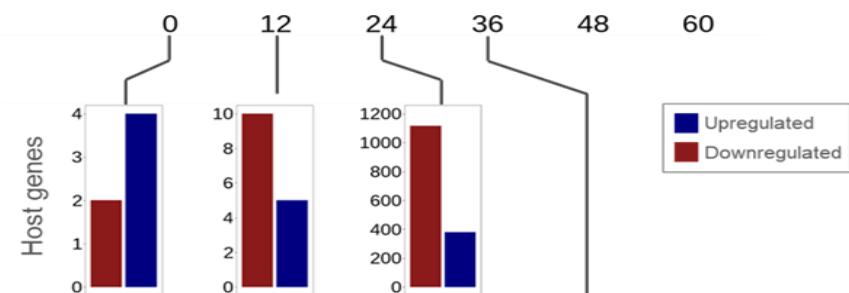


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



A. flos-aquae – odpowiedź na stres



transkrypcja przyhamowana

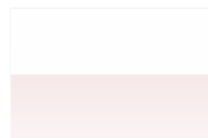
obniżona zawartość białek rybosomów

podwyższona zawartość metabolitów związanych ze stresem

Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



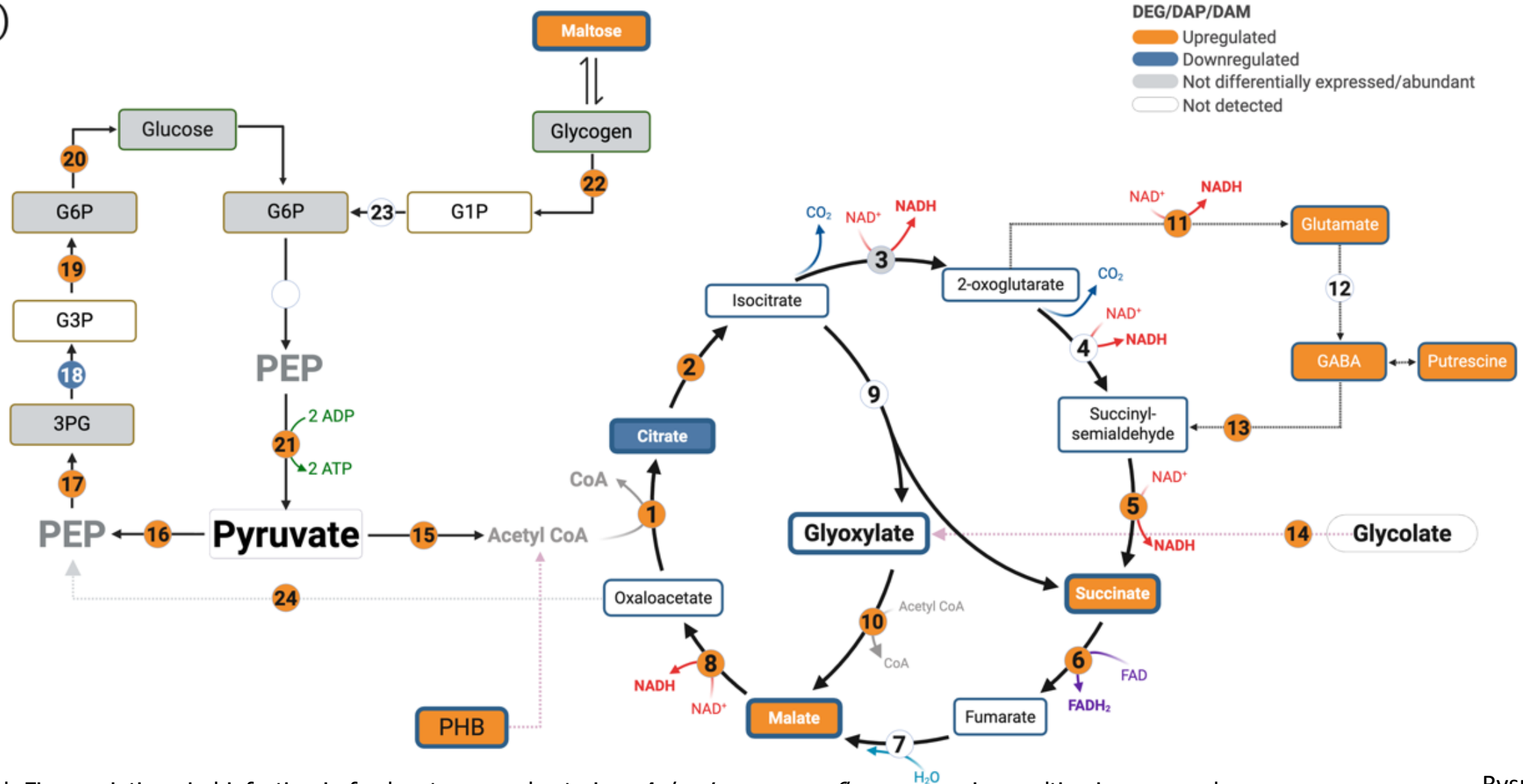
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



A. flos-aquae – ogólna zmiana metabolizmu

B)

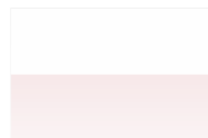


Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach

Rysunki przygotowane przez S. Sulciusa



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

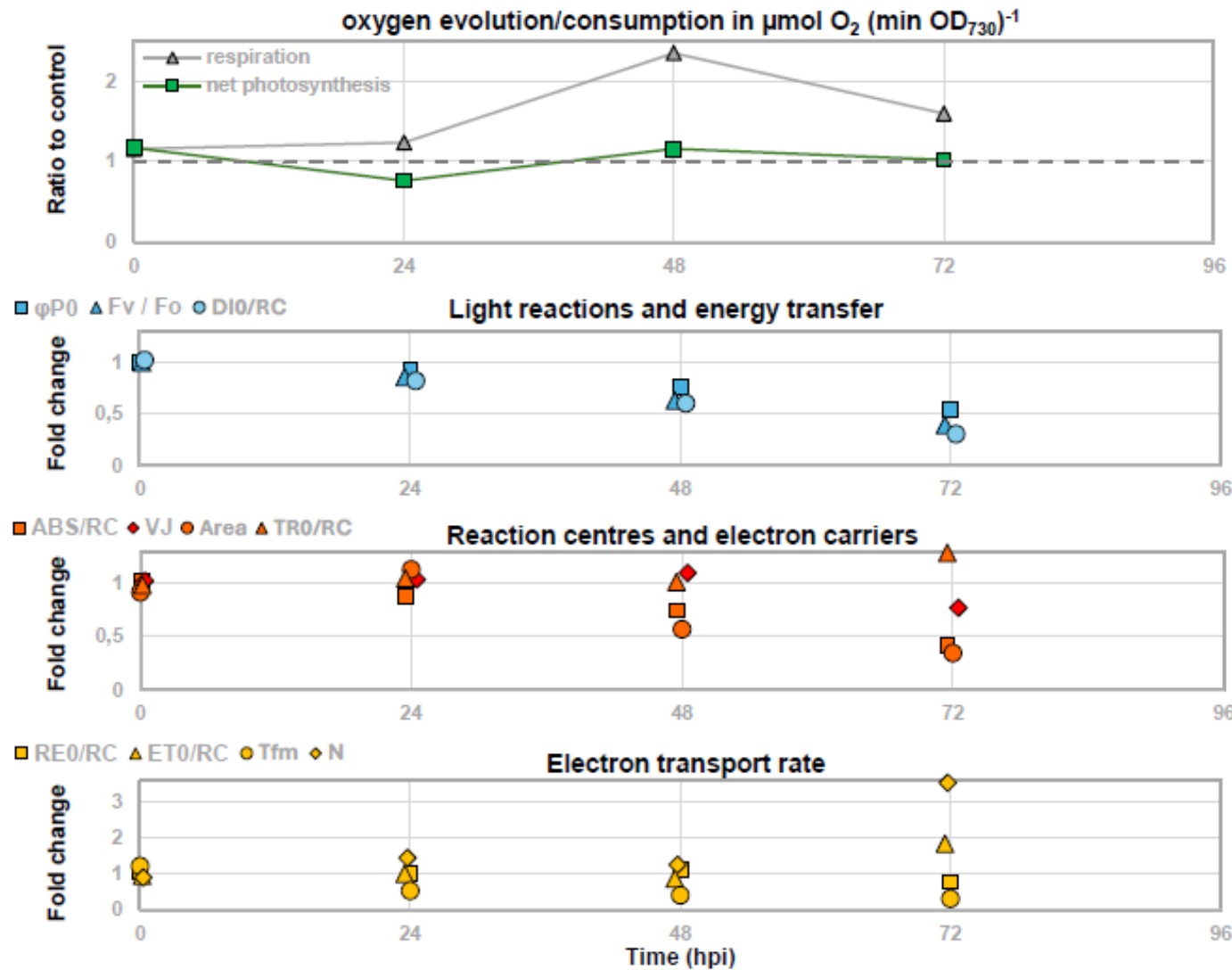


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



M. aeruginosa – fotosynteza



Photosynthesis

fotosynteza ustabilizowana

Antosiak et al. Cyanophage infection-induced metabolic alterations in freshwater bloom-forming *Microcystis aeruginosa*

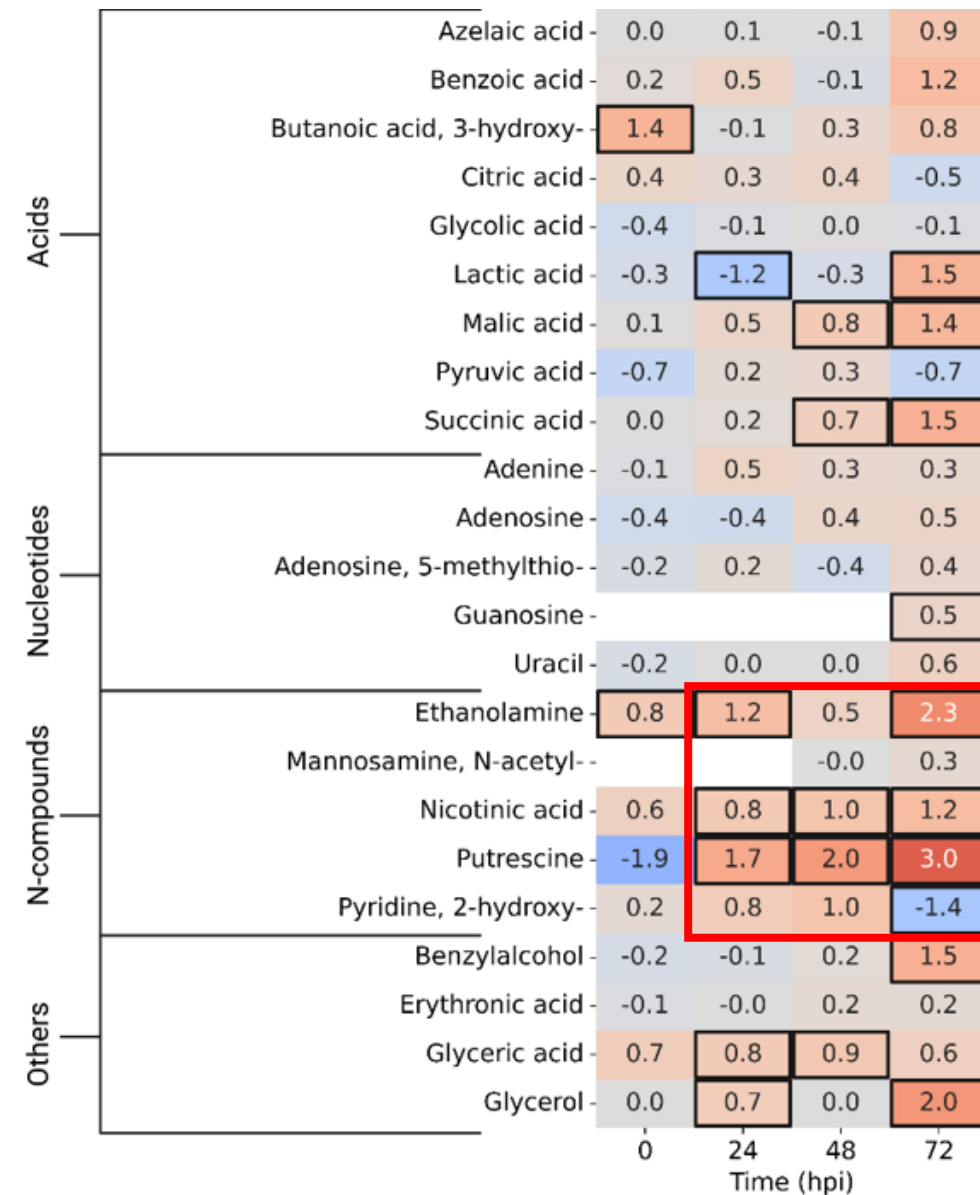
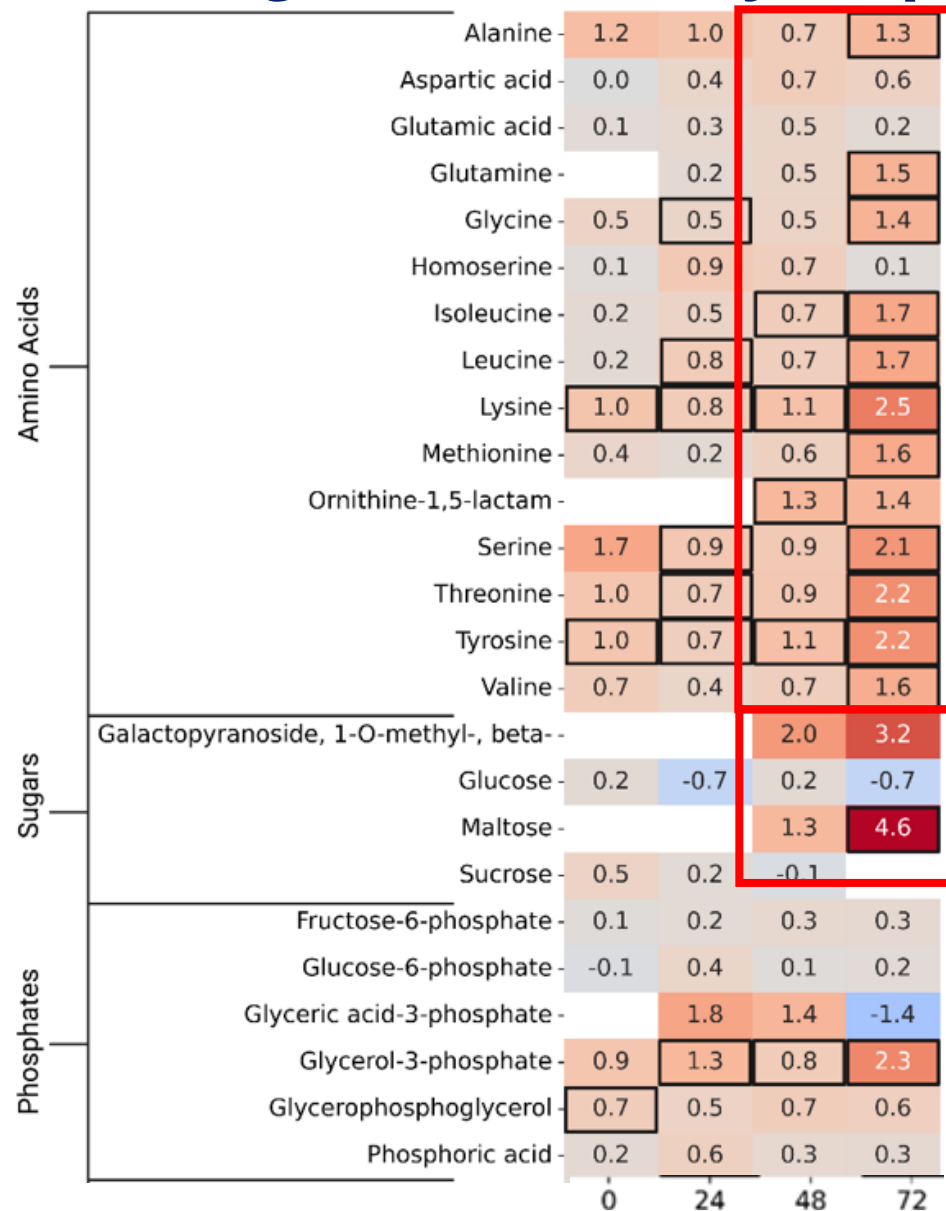
Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



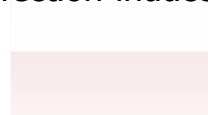
M. aeruginosa – zmiany na poziomie metabolomu



Antosiak et al. Cyanophage infection-induced metabolic alterations in freshwater bloom-forming *Microcystis aeruginosa*



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

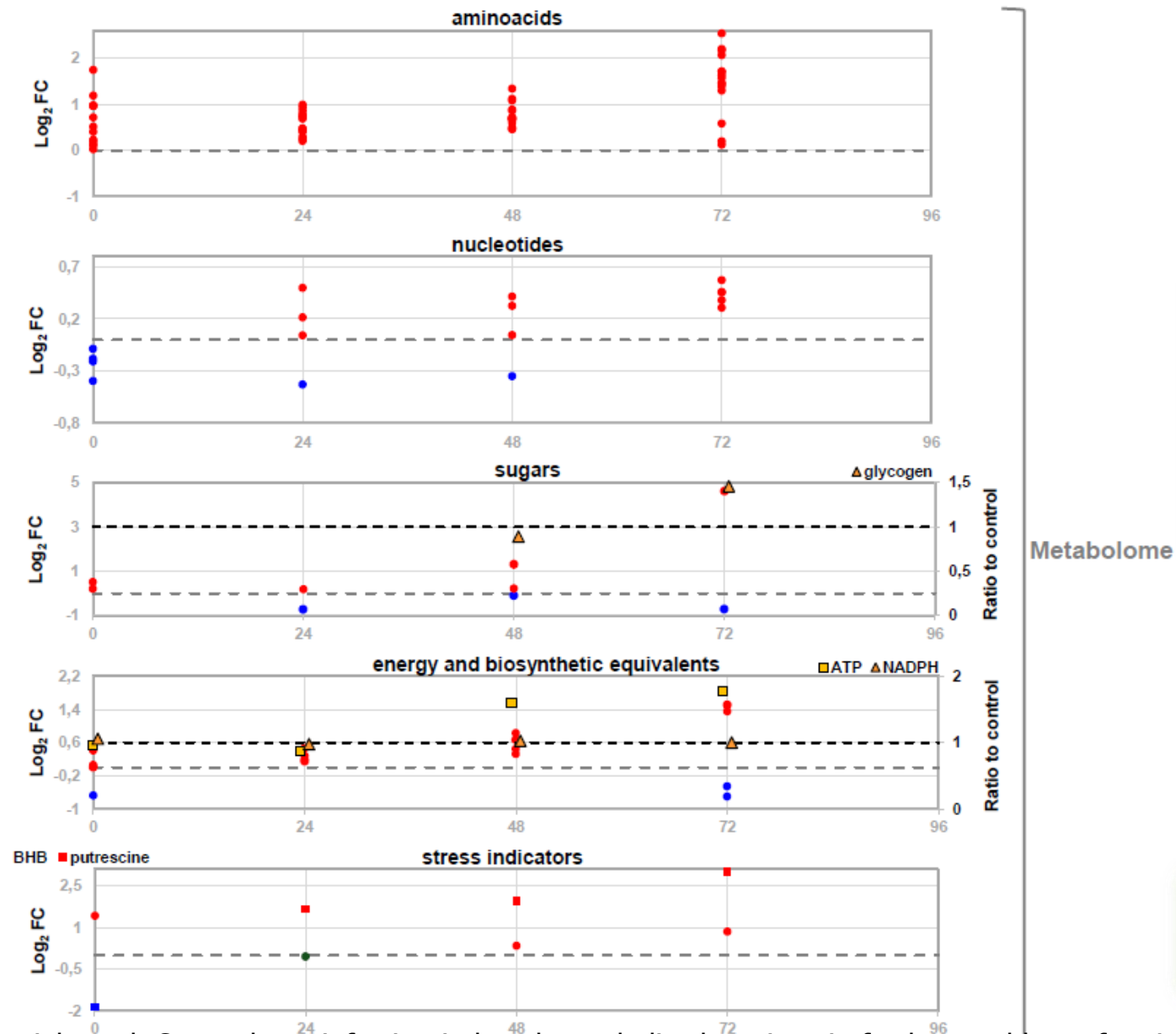


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



M. aeruginosa – zmiany na poziomie metabolomu



podwyższony poziom:

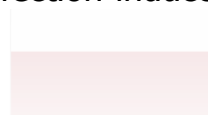
- aminokwasów
- nukleotydów
- ATP, NADPH

szybka odpowiedź na stres

Antosiak et al. Cyanophage infection-induced metabolic alterations in freshwater bloom-forming *Microcystis aeruginosa*



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

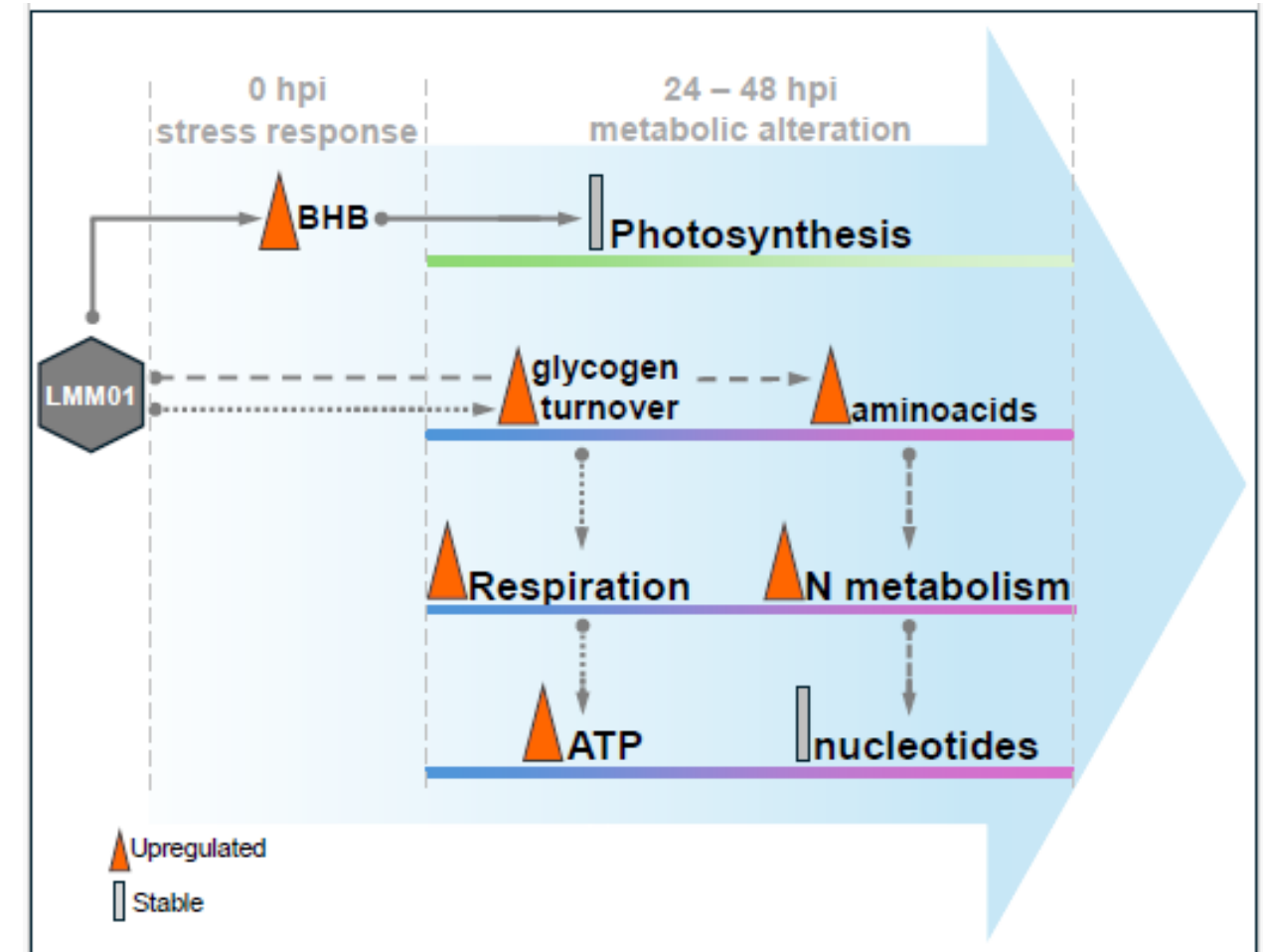
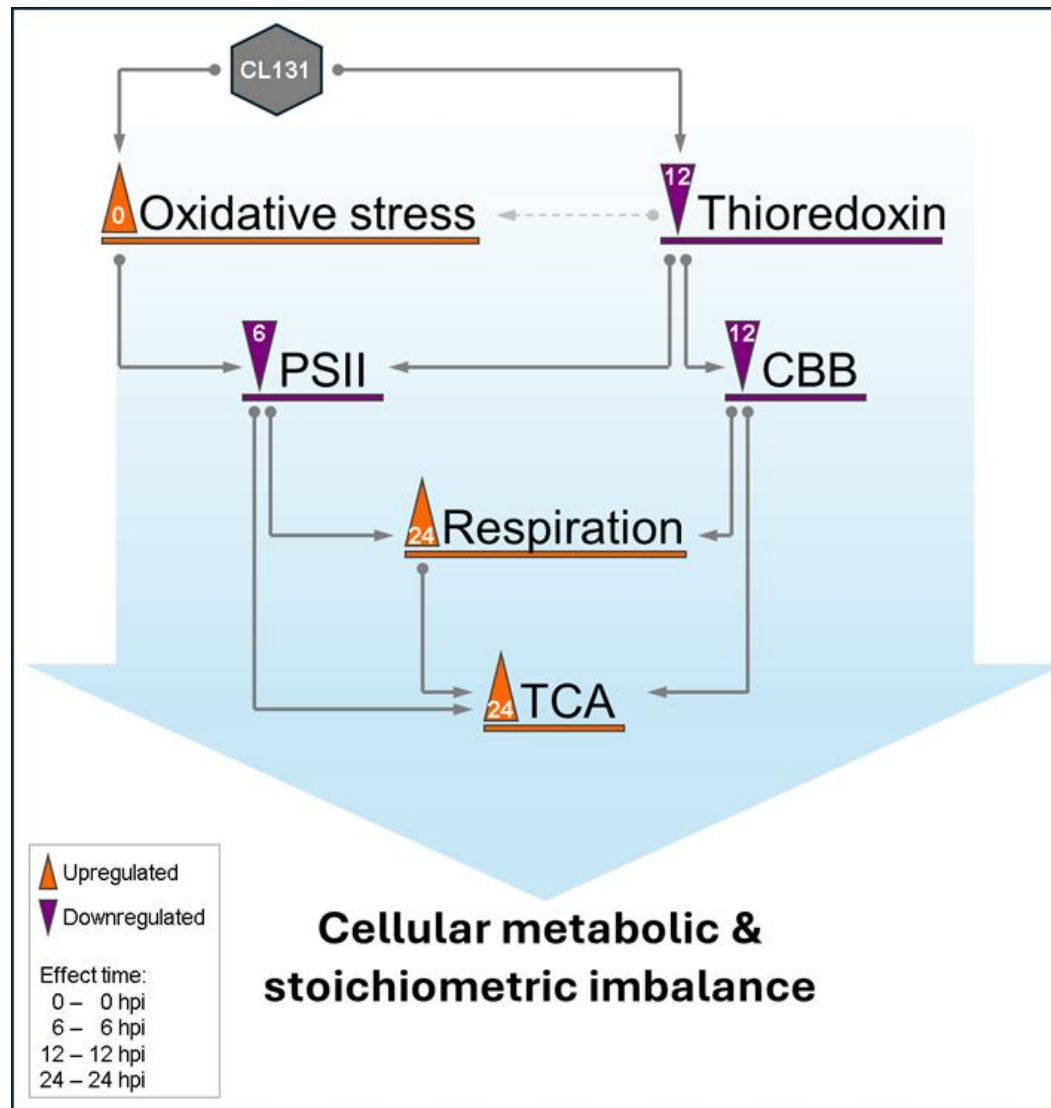
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Infekcja *A. flos-aqua*

vs

Infekcja *M. aeruginosa*

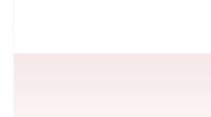


Antosiak et al. Fingerprinting viral infection in freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* using multiomics approach

Antosiak et al. Cyanophage infection-induced metabolic alterations in freshwater bloom-forming *Microcystis aeruginosa*



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Poziomy oddziaływań:

- ❑ **Komórkowy** (fizjologia, metabolizm, **genom**)
- ❑ Środowiskowy (fikosfera, populacja, ekosystem)



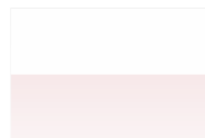
The ISME Journal, 2024, **18**(1), 1–16
<https://doi.org/10.1093/ismejo/wrad008>
Original Article

Tradeoffs between phage resistance and nitrogen fixation drive the evolution of genes essential for cyanobacterial heterocyst functionality

Dikla Kolan¹, Esther Cattan-Tsaushu¹, Hagay Enav¹, Zohar Freiman², Nechama Malinsky-Rushansky², Shira Ninio², Sarit Avrani^{1,*}



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

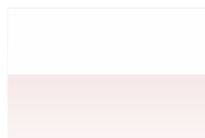


Poziomy oddziaływań:

- ❑ Komórkowy (fizjologia, metabolizm, genom)
- ❑ Środowiskowy (fykosfera, populacja, ekosystem)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

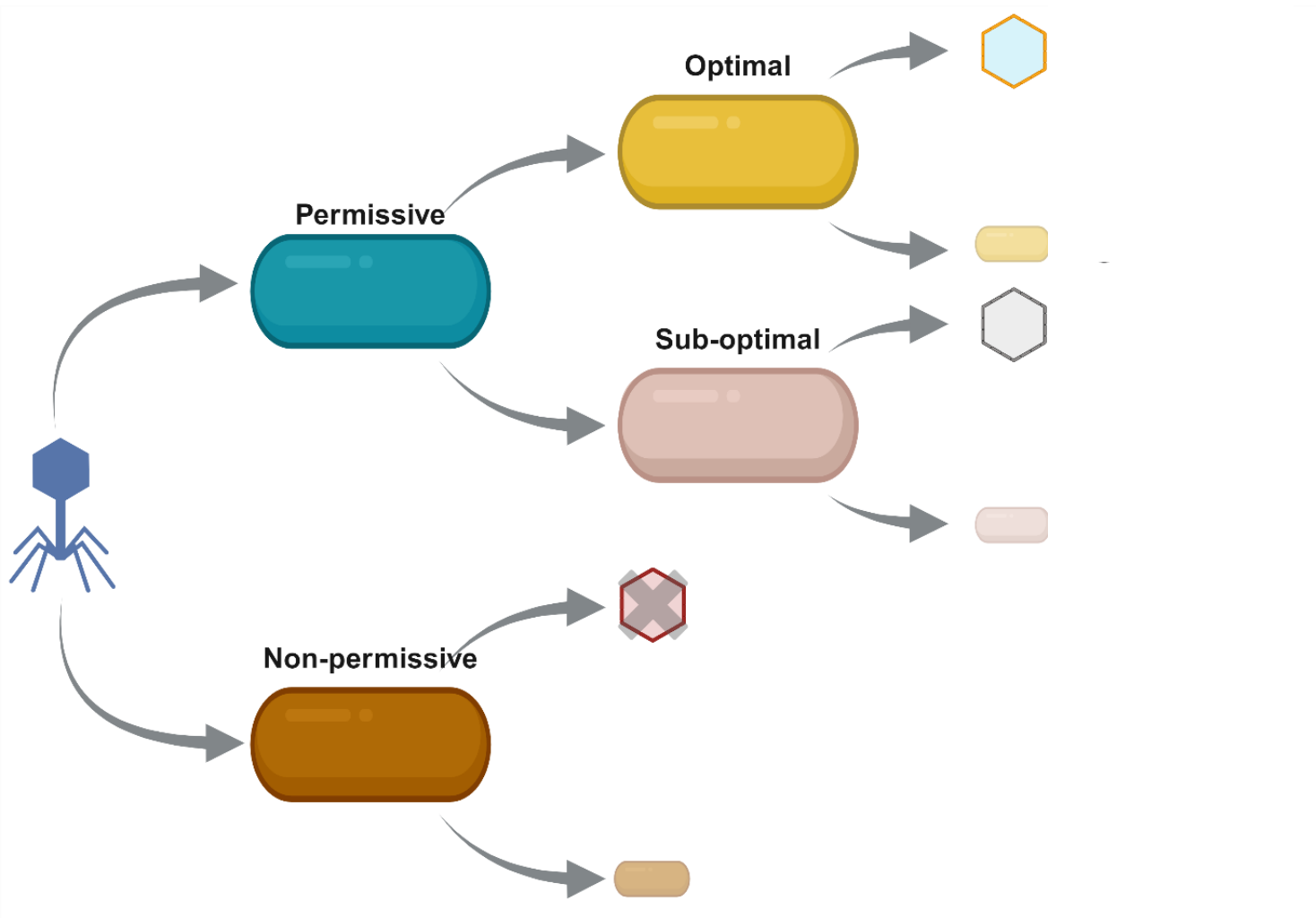


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



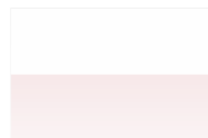
Konsekwencje populacyjne



Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

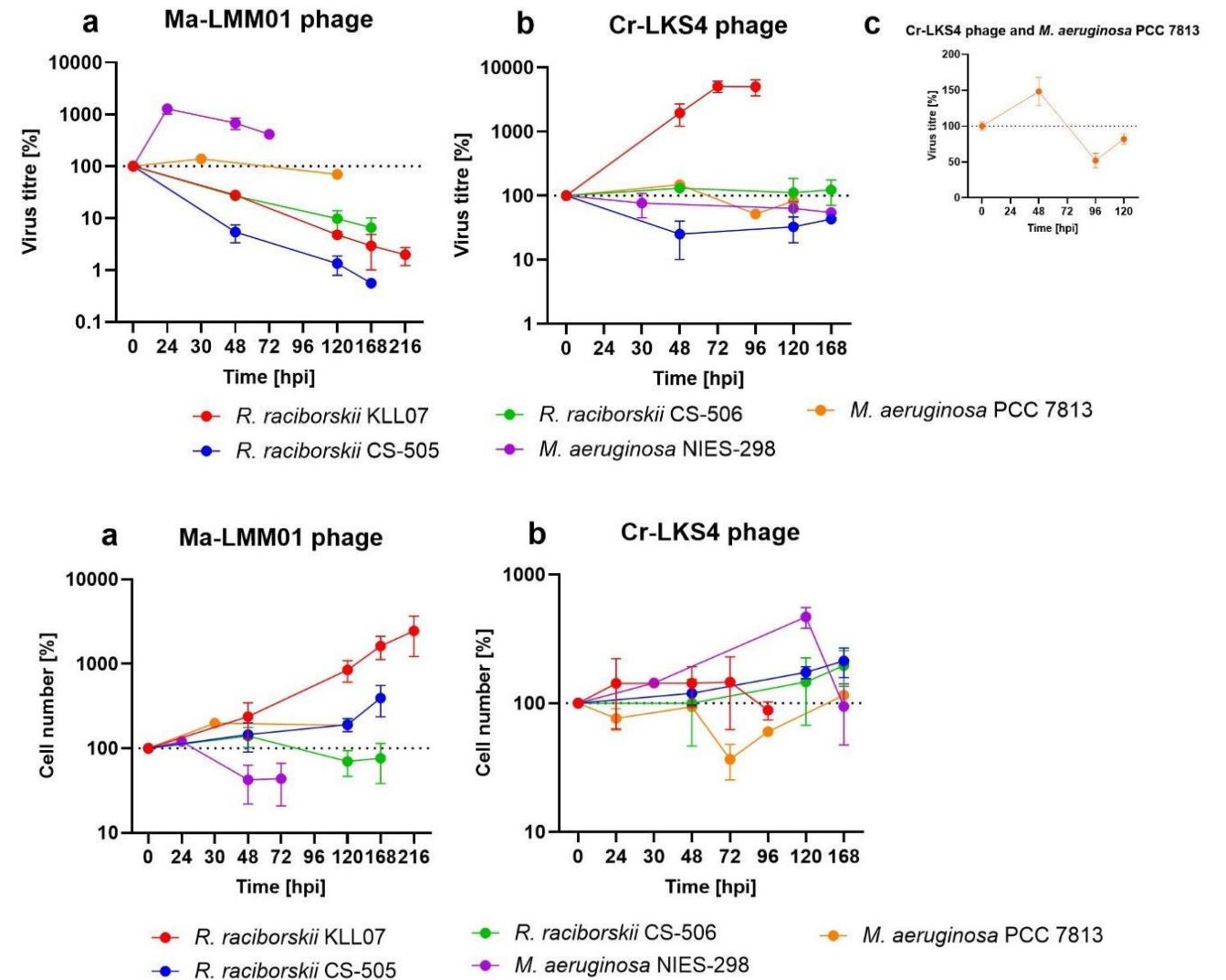
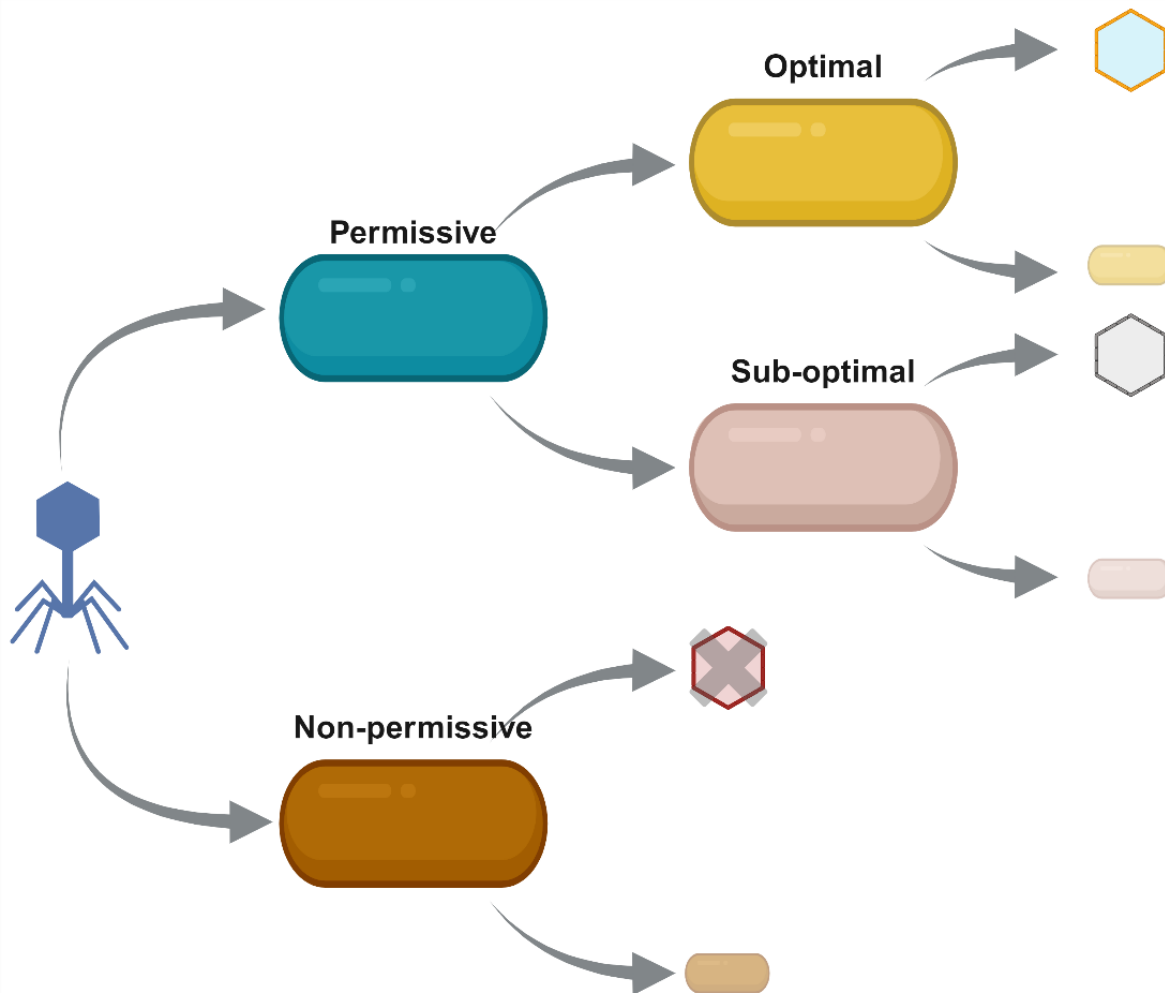


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



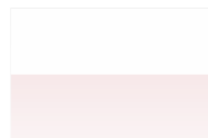
Konsekwencje populacyjne



Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

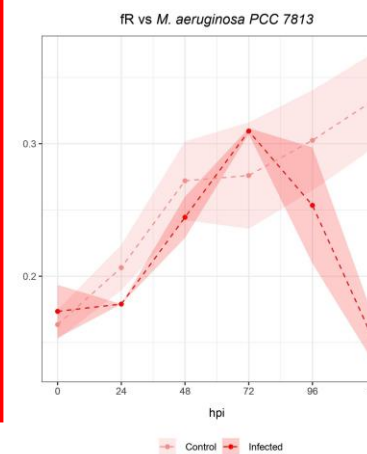
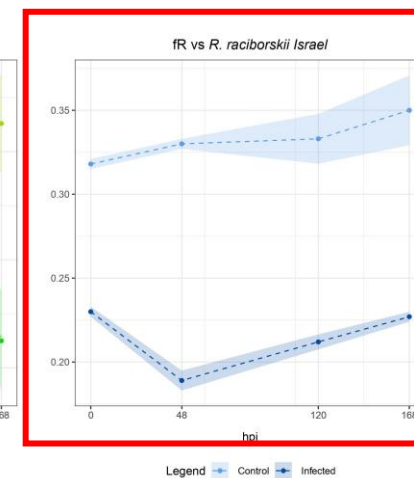
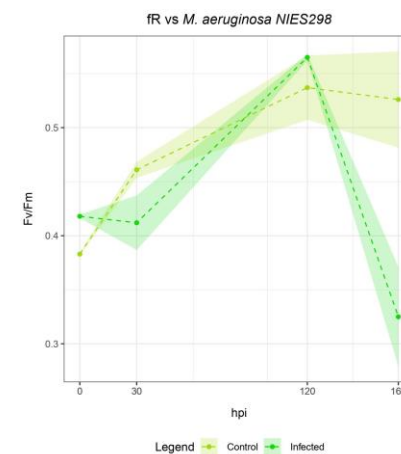
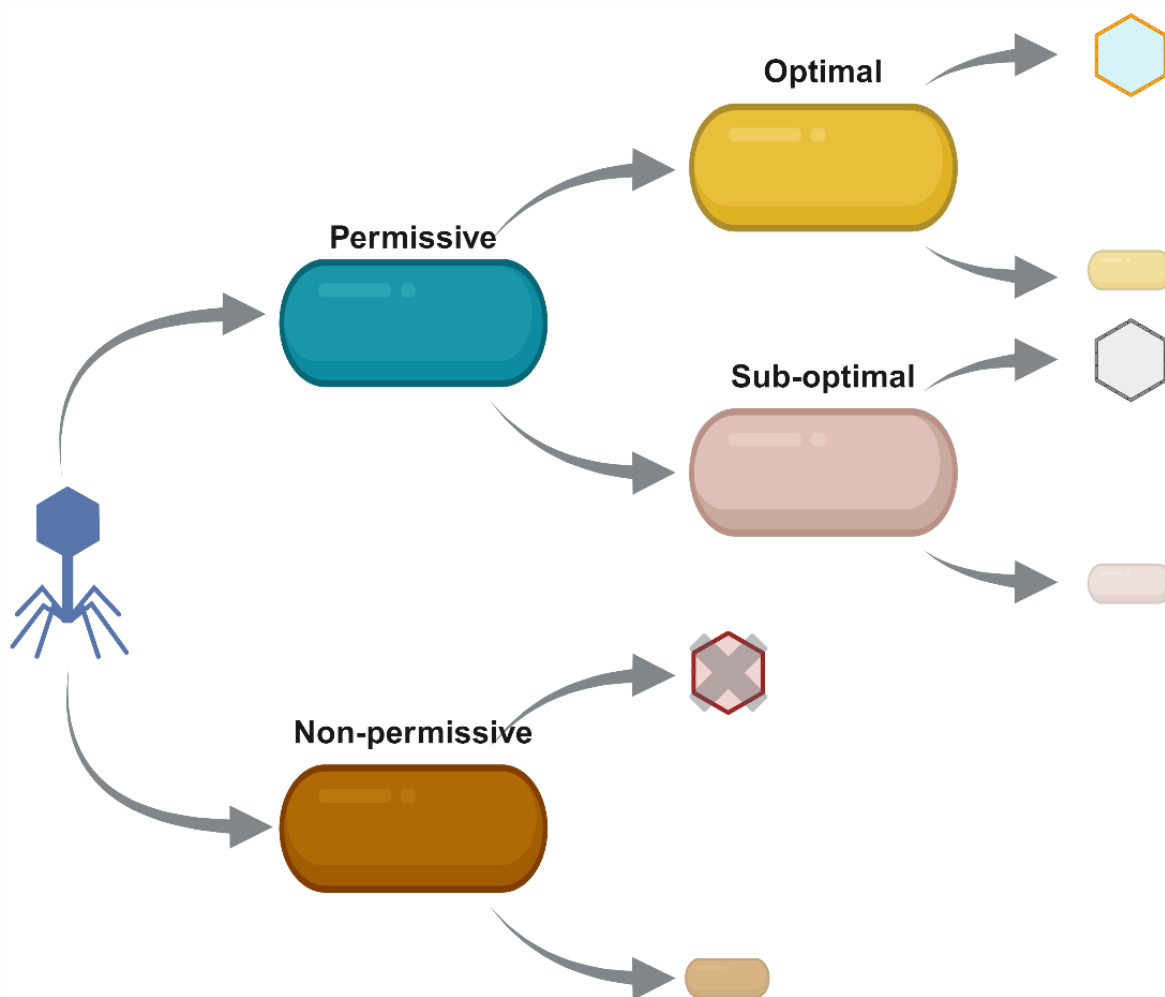


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



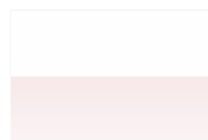
Konsekwencje populacyjne



Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

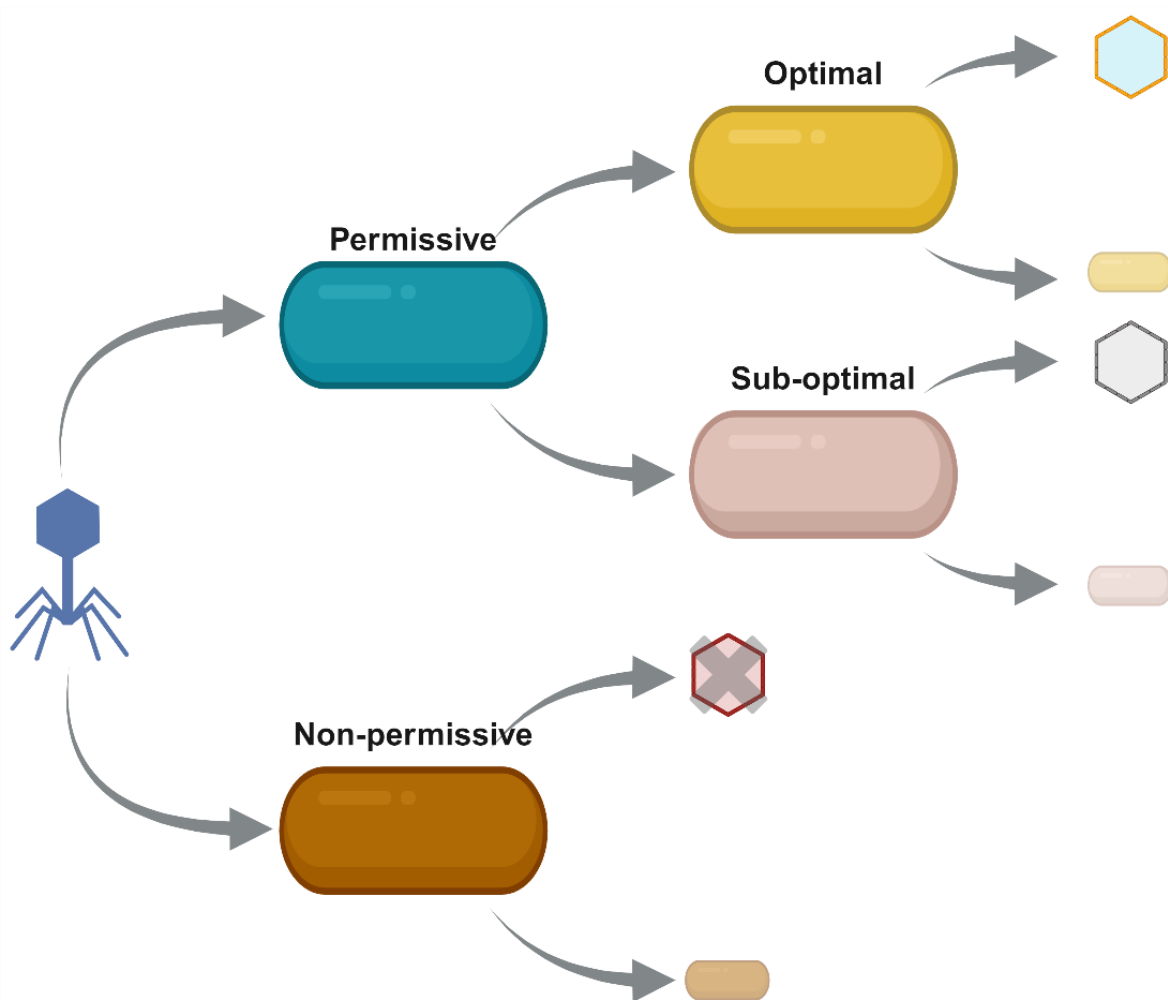


Rzeczpospolita
Polska

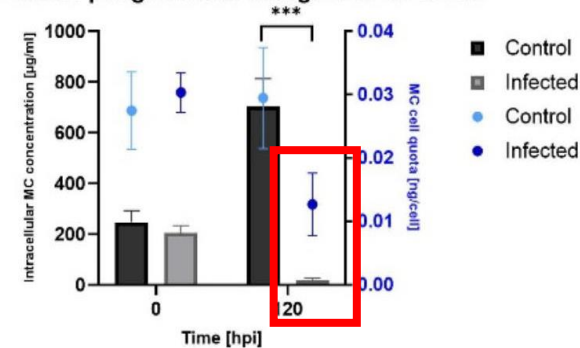
Dofinansowane przez
Unię Europejską



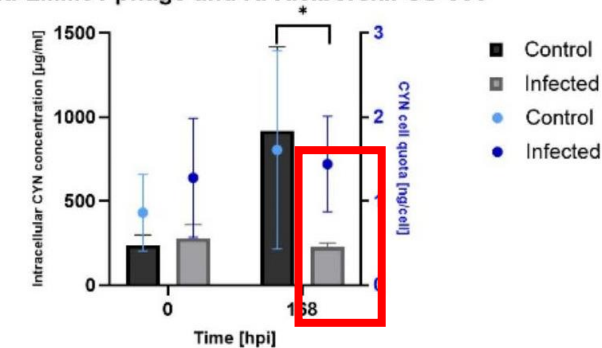
Konsekwencje populacyjne



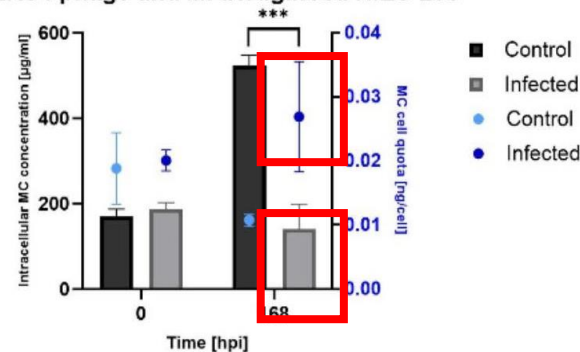
Ma-LMM01 phage and *M. aeruginosa* NIES-298



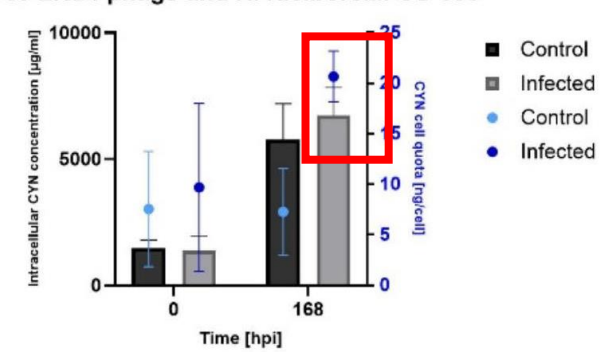
Ma-LMM01 phage and *R. raciborskii* CS-506



Cr-LKS4 phage and *M. aeruginosa* NIES-298



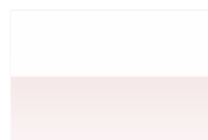
Cr-LKS4 phage and *R. raciborskii* CS-506



Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

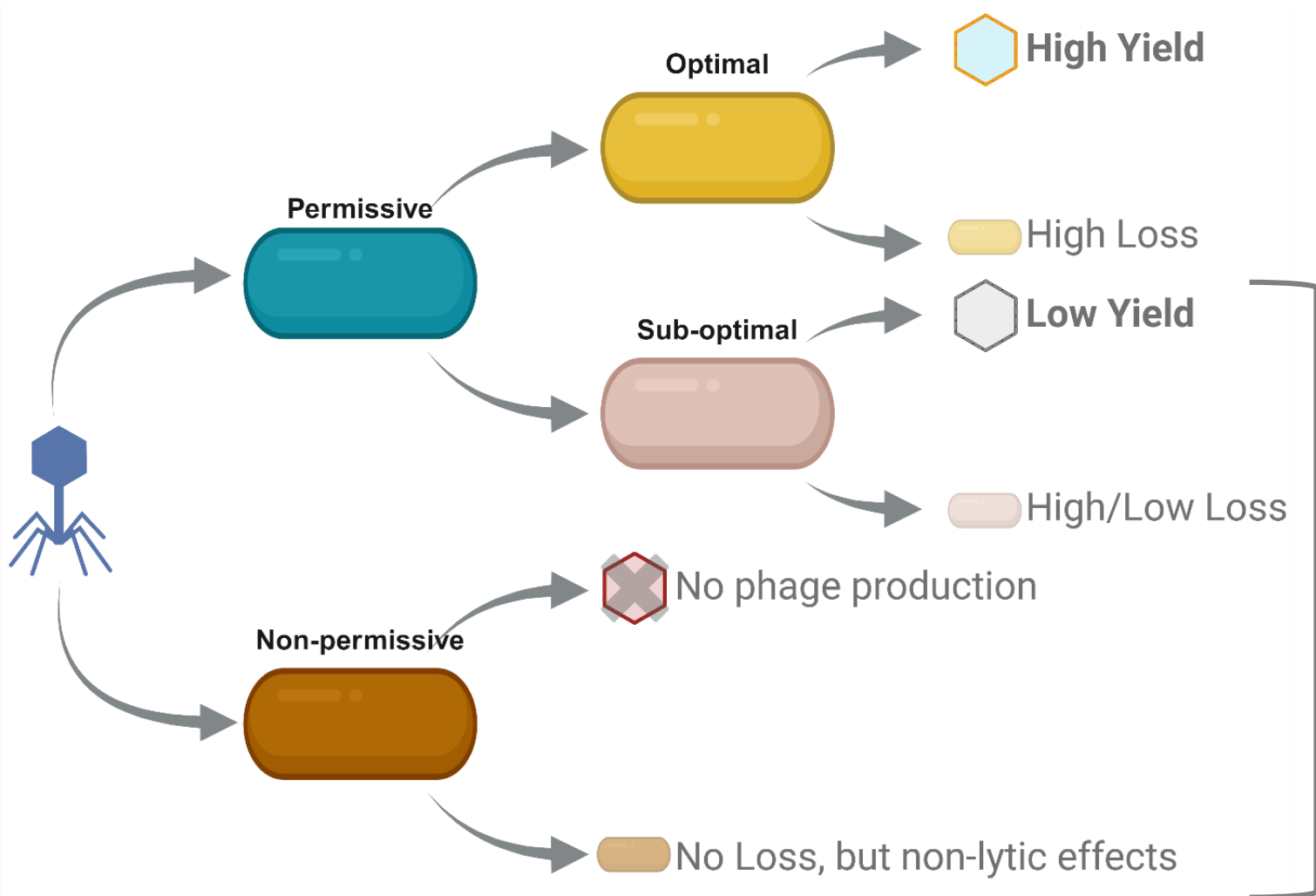


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Konsekwencje populacyjne

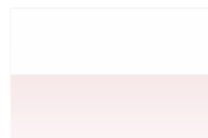


Zmiana dynamiki populacji
Zmiana toksyczności

Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

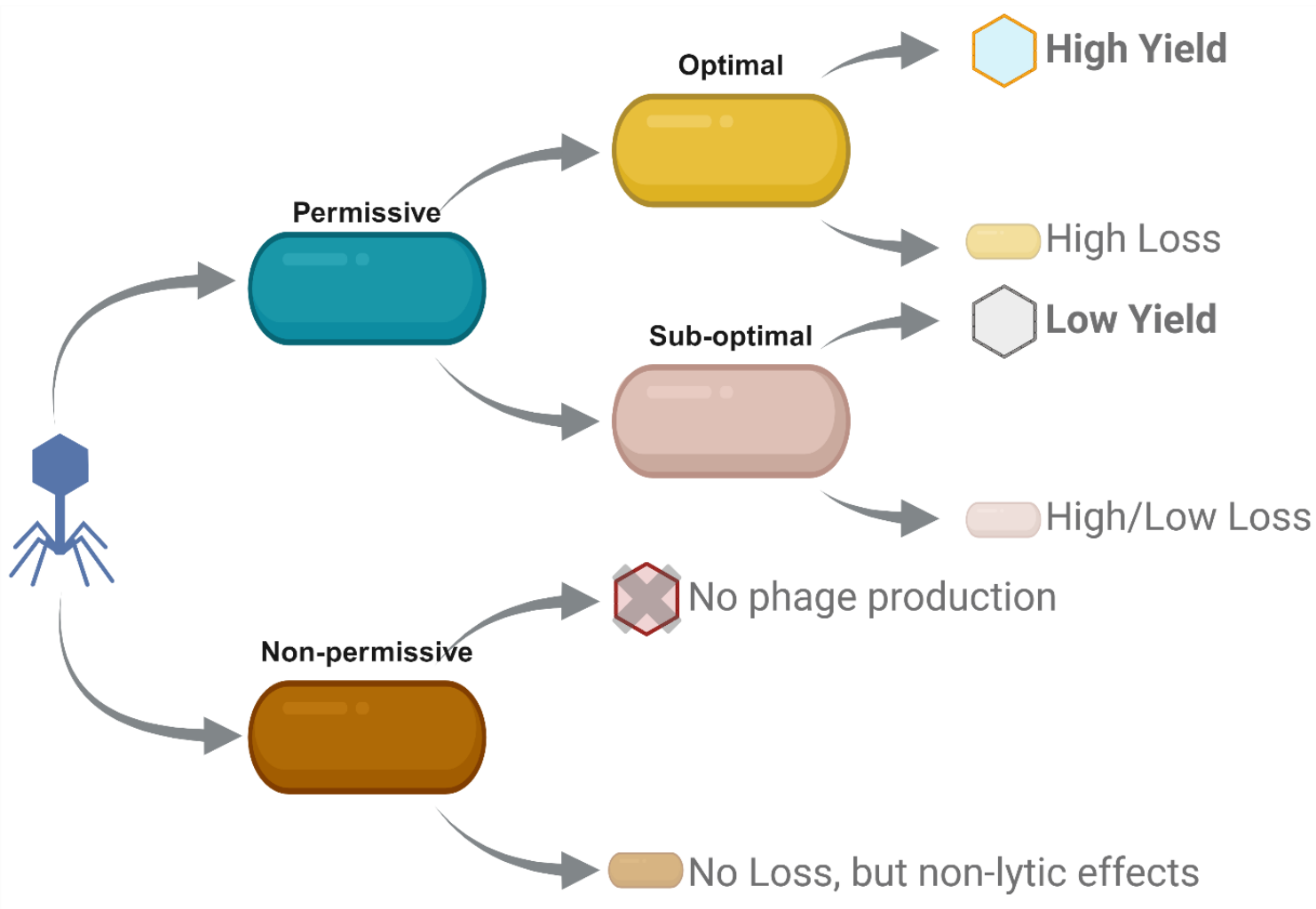


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Konsekwencje populacyjne



ARTICLE

DOI: 10.1038/s41467-018-07164-3

OPEN

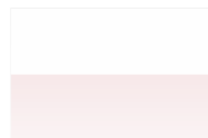
Adaptation to sub-optimal hosts is a driver of viral diversification in the ocean

Hagay Enav^{1,3}, Shay Kirzner¹, Debbie Lindell¹, Yael Mandel-Gutfreund^{1,2} & Oded Béjà¹

Tokodi et al. Scientific Reports (2025) 15:3152 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87626-z>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

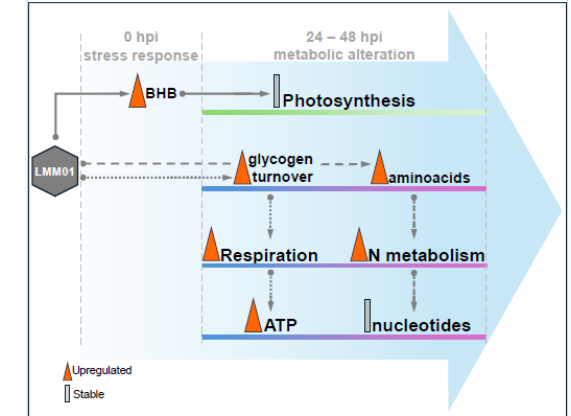
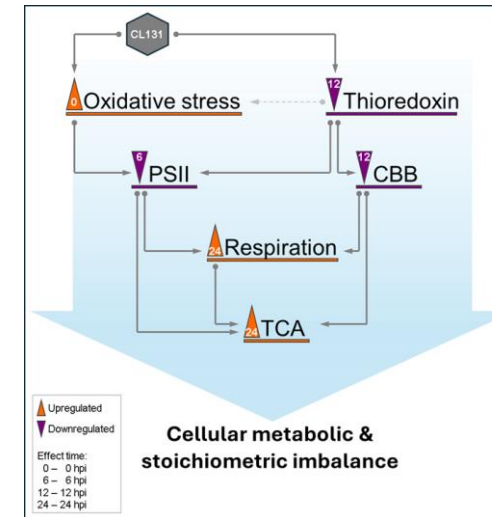


Poziomy oddziaływań:

❑ Komórkowy (fizjologia, metabolizm, genom)

.....infekcja → odpowiedź fizjologiczna ... mutacje.....

❑ Środowiskowy (fykosfera, populacja, ekosystem)



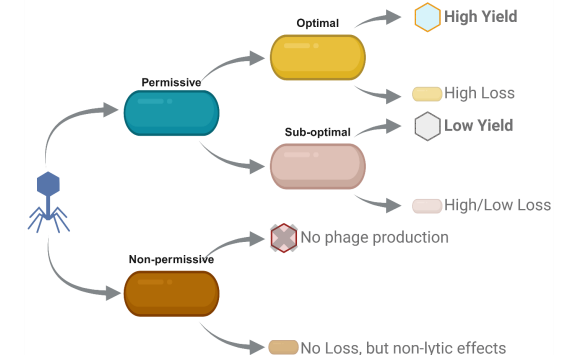
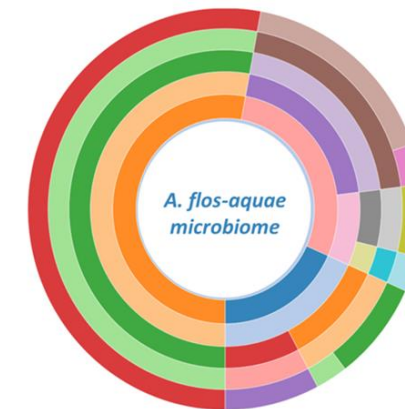
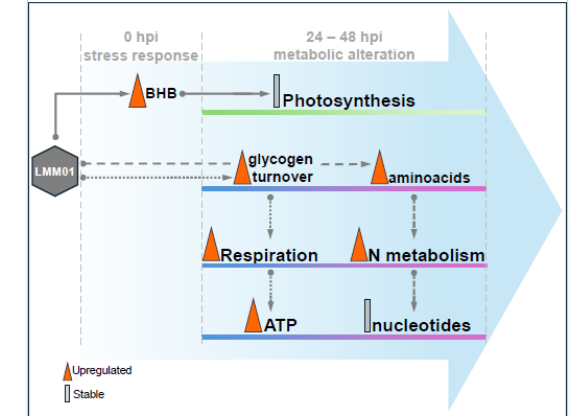
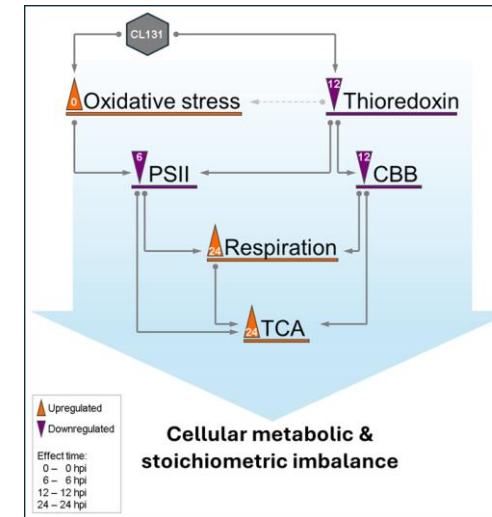
Poziomy oddziaływań:

❑ Komórkowy (fizjologia, metabolizm, genom)

.....infekcja → odpowiedź fizjologiczna ... mutacje.....

❑ Środowiskowy (fykosfera, populacja, ekosystem)

.....bakterie towarzyszące infekcje optymalne vs nieoptymalne poziomy troficzne.....



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Dziękuję za uwagę.

Zapraszamy na stronę:

<https://bioroznorodnosc.ipan.lublin.pl/>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

