

Il fitoplancton come indicatore di qualità delle acque lacustri: dalla teoria ecologica all'applicazione pratica

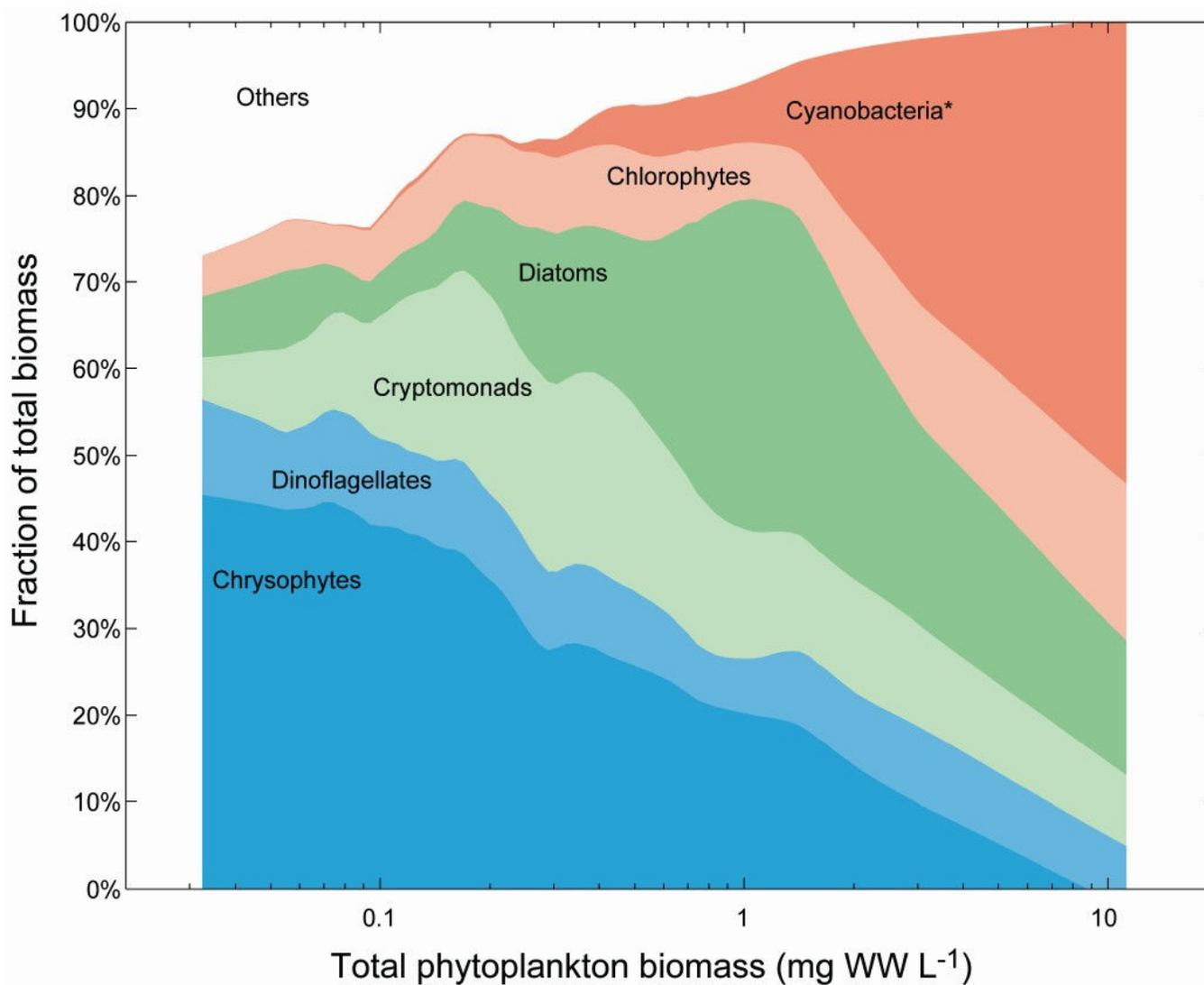
Giuseppe Morabito

CNR – Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

28922 Pallanza (VB)

g.morabito@ise.cnr.it

Elemento	Stato elevato	Stato buono	Stato sufficiente
<p>Fitoplancton</p>	<p>Composizione e abbondanza tassonomica del fitoplancton che corrisponde totalmente o quasi alle condizioni inalterate.</p> <p>Biomassa media del fitoplancton conforme alle condizioni fisico-chimiche tipiche specifiche e non tale da alterare significativamente le condizioni di trasparenza tipiche specifiche.</p> <p>Fioriture di fitoplancton con frequenza e intensità conformi alle condizioni fisico-chimiche tipiche specifiche.</p>	<p>Lievi variazioni nella composizione e abbondanza dei taxa planctonici rispetto alle comunità tipiche specifiche.</p> <p>Tali variazioni non indicano nessuna crescita accelerata di alghe tale da provocare un'alterazione indesiderata della composizione equilibrata degli organismi presenti nel corpo idrico o della qualità fisico-chimica delle acque o dei sedimenti.</p> <p>Possibile un lieve aumento della frequenza e intensità delle fioriture di fitoplancton tipiche specifiche.</p>	<p>Composizione e abbondanza dei taxa planctonici che si discostano moderatamente dalle comunità tipiche specifiche.</p> <p>Biomassa moderatamente alterata, che potrebbe provocare una significativa alterazione indesiderata delle condizioni di altri elementi di qualità biologica e della qualità fisico-chimica delle acque o dei sedimenti.</p> <p>Possibile un moderato aumento nella frequenza e intensità delle fioriture di fitoplancton. Possibili fioriture persistenti nei mesi estivi.</p>



Rapporti di dominanza tra grandi gruppi tassonomici

Indici basati su rapporti
tra numeri di specie
di diversi gruppi algali

Thunmark (1945)

Rapporto
clorococcali/desmidiacee
 <1 = oligotrofia
 >1 = eutrofia

Nygaard (1949)

Propone diversi indici
basati
su rapporti tra
famiglie e/o ordini

Stockner (1971)

Algal quotient
Araphidineae/Centrales
 $0.0 - 1.0$ = oligotrofia
 $1.0 - 2.0$ = mesotrofia
 > 2.0 = eutrofia

Catalan (2003)

Rapporto tra biovolumi
di gruppi variamente
presenti
in ambienti a diversa
trofia

Sistemi di specie indicatrici

Rawson (1956)

Table 6. Approximate trophic distribution of dominant algae in lakes of Western Canada (from Rawson, 1956).

Oligotrophic	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira islandica</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>fenestrata</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Dinobryon divergens</i> <i>Fragilaria capucina</i> <i>Stephanodiscus niagarae</i> <i>Staurastrum</i> spp. <i>Aulacoseira granulata</i>
Mesotrophic	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Ceratium hirundinella</i> <i>Pediastrum boryanum</i> <i>Pediastrum duplex</i> <i>Coelospherium naegelianum</i> <i>Anabaena</i> spp. <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Microcystis aeruginosa</i>
Eutrophic	<i>Microcystis flos-aquae</i>

Kümmerlin (1990)

Table 7. Algal bioindicators for trophic levels (from Kümmerlin, 1990). Species which are common but have no indicative value are listed under ‘eutraphent’.

Trophic level	Algal group	Algal species	
Oligotrophic	Bacillariophyceae	<i>Cyclotella bodanica</i>	
	Chrysophyceae	<i>Chromulina erkensis</i>	
		<i>Chromulina rosanoffii</i>	
		<i>Istmochloron trispinatum</i>	
Oligo-mesotrophic	Xanthophyceae	<i>Cryptomonas obovata</i>	
	Cryptophyceae	<i>Microcystis wesenbergii</i>	
		<i>Cryptaulax vulgaris</i>	
Mesotrophic	Bacillariophyceae	<i>Tabellaria fenestrata</i>	
Eutrophic	Cyanophyceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	
		<i>Anabaena planctonica</i>	
	Bacillariophyceae	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	
		<i>St. astrea</i>	
		<i>St. binderanus</i>	
		<i>Mougeotia thylespora</i>	
	Eutraphent (euryök)	Conjugatophyceae	<i>Asterionella formosa</i>
			<i>Cyclotella radiosa</i>
			<i>Ceratium hirundinella</i>
Dinophyceae	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas minuta</i>	
		<i>Cryptomonas ovata</i>	

Associazioni di specie Hutchinson (1967)

- 1) Plancton oligotrofo a desmidiacee
- 2) Plancton oligotrofo a diatomee
- 3) Plancton a crisoficee
- 4) Plancton oligotrofico a clorococcali
- 5) Plancton oligotrofico a dinoflagellati
- 6) Plancton meso-eutrofico a dinoflagellati
- 7) Plancton eutrofo a diatomee
- 8) Plancton meso-eutrofico a desmidiacee
- 9) Plancton eutrofico a clorococcali
- 10) Plancton a cianobatteri
- 11) Plancton ed euglenoficee

Indici quantitativi: Hörnström (1981)

$$I_L = \frac{\sum (f I_S)}{\sum f}$$

I_S = Indice trofico della specie S

f = frequenza della specie S

(1-5)

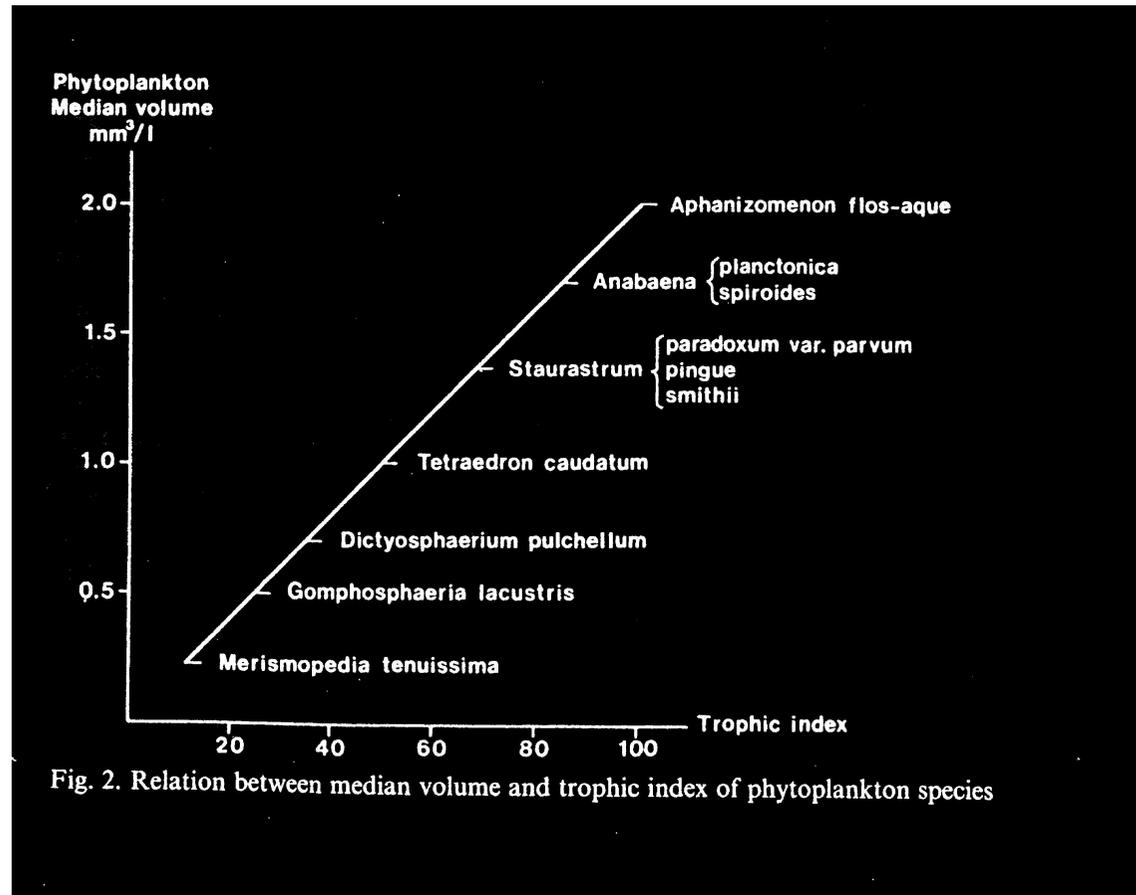
1 = singolo individuo

2 = 2-10 individui

3 = 10 - 40 individui

4 = 40 – 200 individui

5 = >200 individui



Indici quantitativi: Brettum (1989)

The probability to find a species in waters of a certain trophic level. The number listed next to the species names refers to the appurtenant fact-sheet.

$$p = \frac{n_i}{N_i} V_i$$

n_i : numero di presenze del taxon i nella classe di trofia

N_i : numero totale di casi (laghi) nella classe di trofia

V_i : contributo percentuale della specie i al biovolume totale

Trophic level		Ultraoligotrophic	Oligotrophic	Oligomesotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Polyeutrophic	Hypereutrophic
Lower limit:	mm ³ /l = mg/l wet weight	0	0,12	0,4	0,6	1,5	2,5	5
Upper limit:	mm ³ /l = mg/l wet weight	0,12	0,4	0,6	1,5	2,5	5	inf
Nr.	Species	The probability to find the species in the actual trophic level (in %)						
Cyanophyceae (cyanobacteria)								
1	<i>Anabaena circinalis</i>	0	3	7	17	34	53	75
2	<i>Anabaena flos-aquae</i>	7	39	63	74	79	78	72
3	<i>Anabaena lemmermannii</i>	0	5	12	21	29	34	34
4	<i>Anabaena planctonica</i>	0	1	28	53	73	81	85
5	<i>Anabaena solitaria</i>	0	0	0	9	34	46	29
6	<i>Anabaena spiroides</i>	0	1	5	20	42	56	61
7	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	0	1	8	25	45	55	55
8	<i>Aphanizomenon gracile</i>	0	1	5	13	23	33	41
9	<i>Chroococcus minutus</i>	2	6	11	15	21	27	35
10	<i>Merismopedia tenuissima</i>	45	46	34	20	8	3	0
11	<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	1	3	15	46	78	95
12	<i>Microcystis wesenberghii</i>	0	0	1	3	7	15	33
13	<i>Planktothrix agardhii</i>	1	12	29	44	54	57	52
14	<i>Planktothrix mougeotii</i>	0	6	19	28	30	23	10
15	<i>Snowella lacustris</i>	10	30	46	58	68	74	79
16	<i>Woronichinia naegeliana</i>	1	12	31	44	49	44	27

Indici sviluppati in Italia

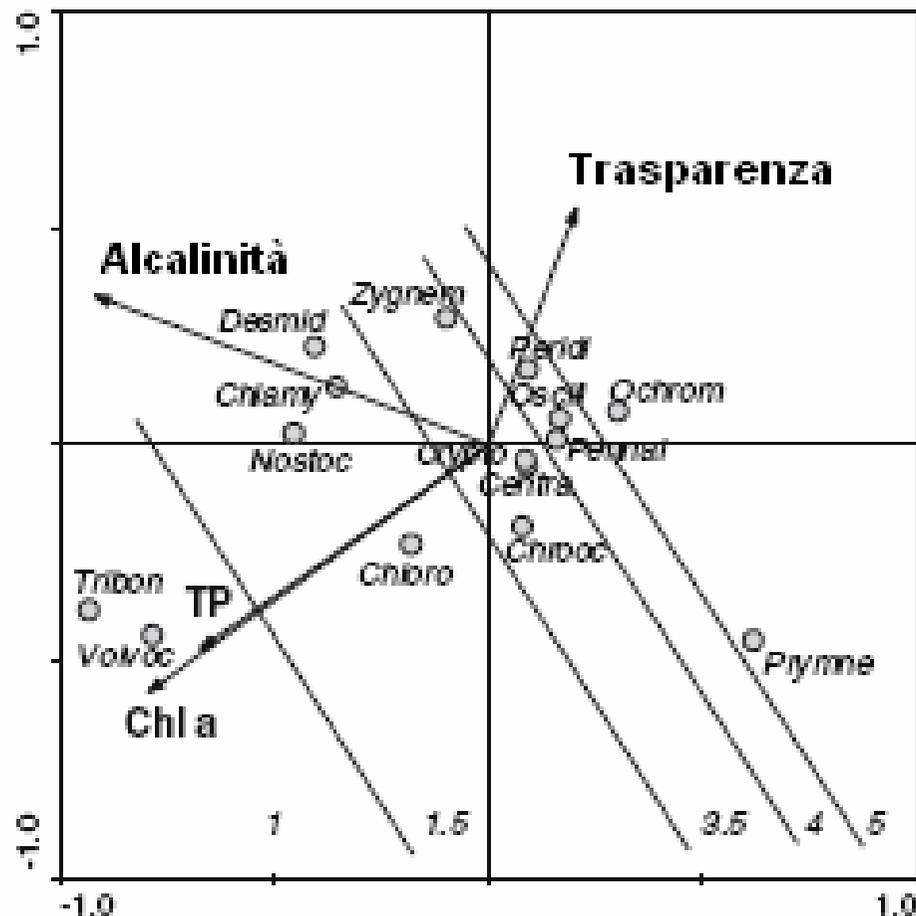
PTI_{order} e PTI_{species}

Sviluppato su dati dei laghi profondi subalpini

$$PTI = \sum w_i b_i / \sum b_i$$

w_i = peso trofico della specie i

b_i = logaritmo della biomassa della specie i



Indici sviluppati in Italia

PTI_{ot} e MedPTI

$$PTI_{ot} = \frac{\sum a_i v_i TP_{opt}}{\sum a_i v_i}$$

Dove a_i (mm₃/m₃) = biomassa media annuale

v_i = valore trofico

TP_{opt} (mg l⁻¹ TP) = optimum di fosforo totale della specie

$$TP_{opt} = \sum_{i=1}^n (Y_{ik} / Y_{+k}) * TP_i$$

Y_{ik} = abbondanza della specie k nel sito i

Y_{+k} = abbondanza totale delle specie nel sito i

TP_i = concentrazione totale del fosforo nel sito i

$$t_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{Y_{ik}}{Y_{+k}} (TP_i - TP_{opt})^2}$$

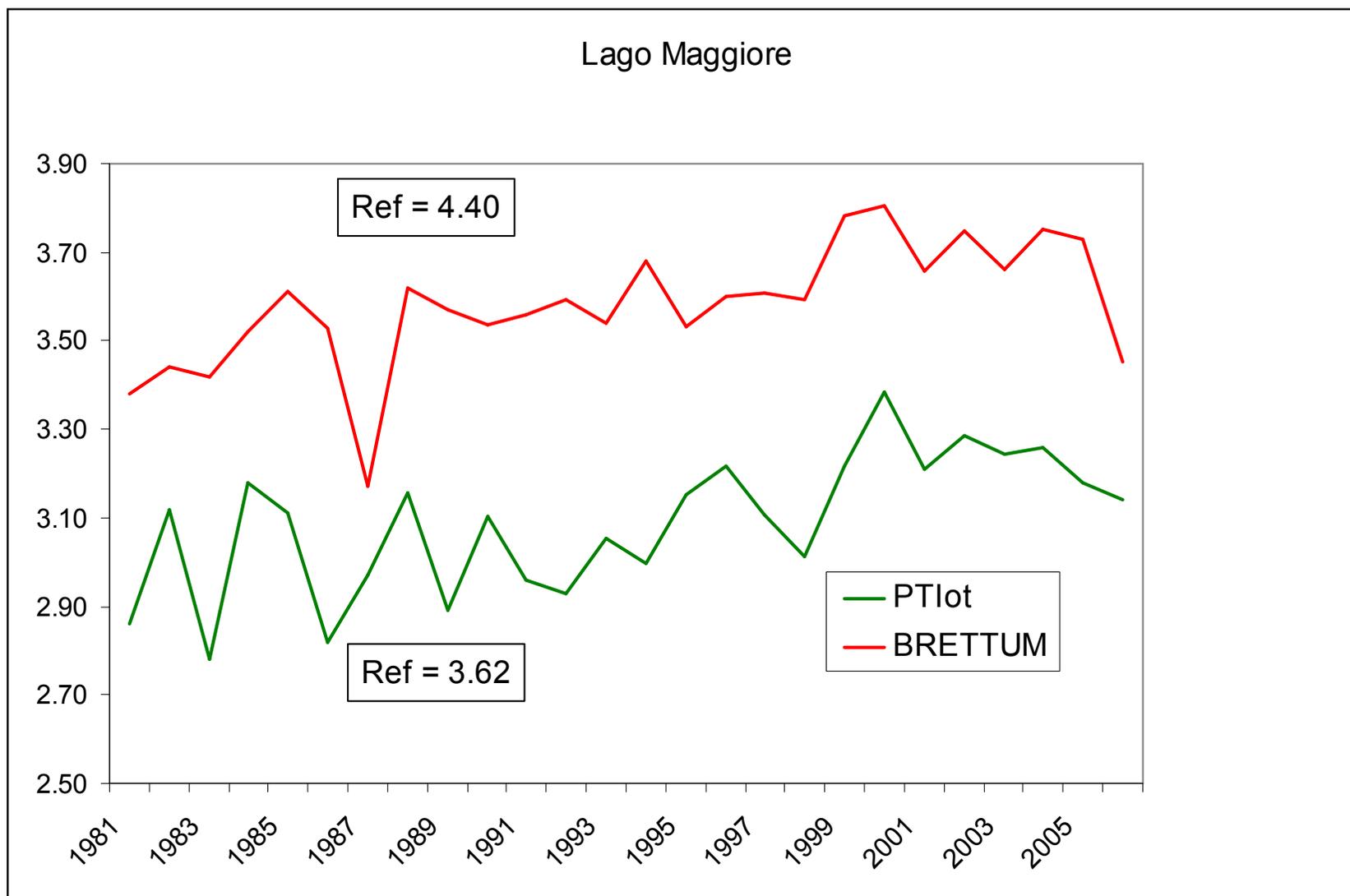
Il valore trofico (v_i) è ottenuto dal rapporto tra la tolleranza (t_k) e l'optimum di crescita rispetto al fosforo (TP_{opt}).

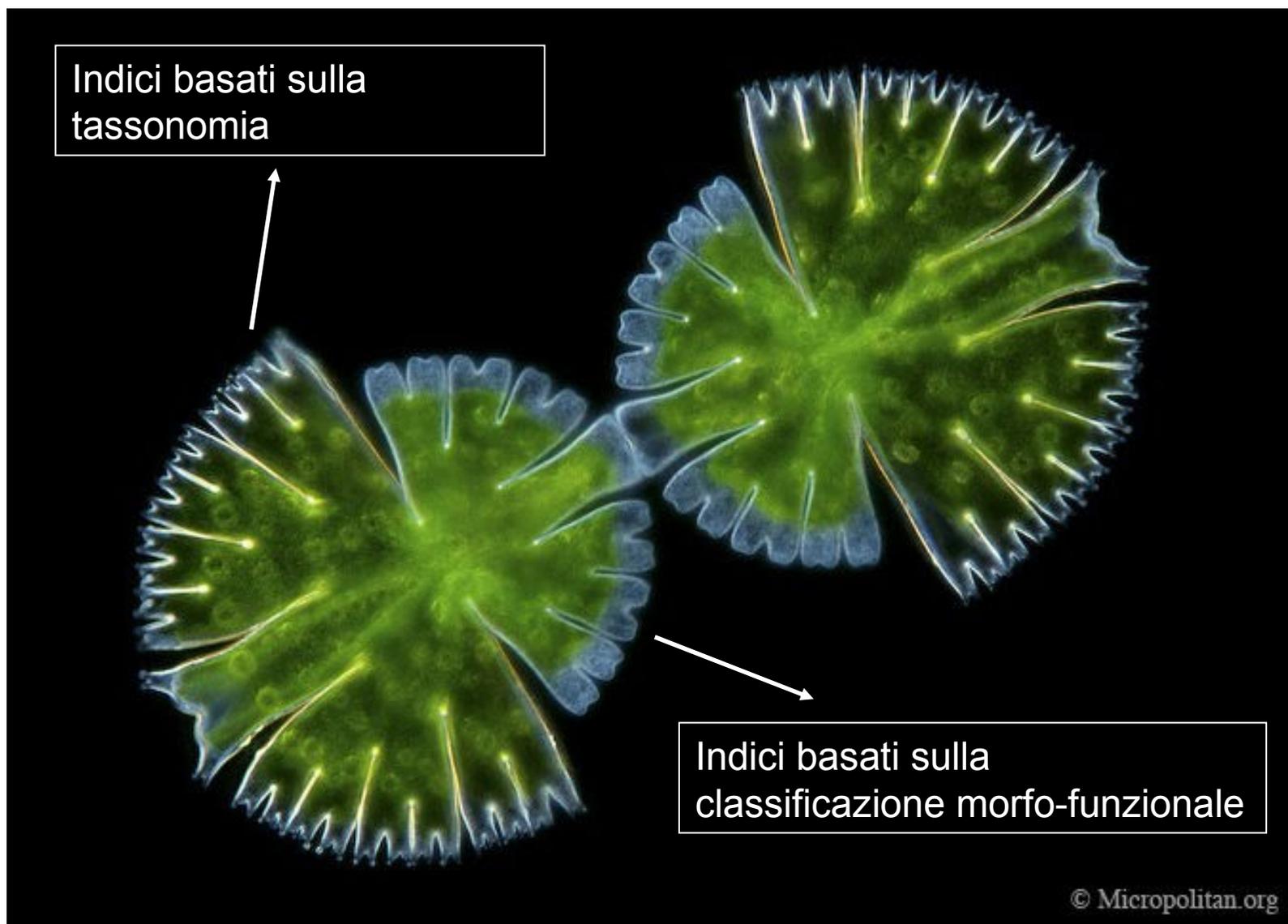
Rapporto > 0,8 $v_i = 1$;

0,8 > rapporto > 0,6 $v_i = 2$

0,6 > rapporto > 0,4 $v_i = 3$

Rapporto < 0,4 $v_i = 4$.





G.E. Hutchinson. 1961. Il paradosso del plancton



Vol. XCV, No. 882 The American Naturalist May-June, 1961

THE PARADOX OF THE PLANKTON*

G. E. HUTCHINSON

Osborn Zoological Laboratory, New Haven, Connecticut

The problem that I wish to discuss in the present contribution is raised by the very paradoxical situation of the plankton, particularly the phytoplankton, of relatively large bodies of water.

We know from laboratory experiments conducted by many workers over a long period of time (summary in Provasoli and Pintner, 1960) that most members of the phytoplankton are phototrophs, able to reproduce and build up populations in inorganic media containing a source of CO₂, inorganic nitrogen, sulphur, and phosphorus compounds and a considerable number of other elements (Na, K, Mg, Ca, Si, Fe, Mn, B, Cl, Cu, Zn, Mo, Co and V) most of which are required in small concentrations and not all of which are known to be required by all groups. In addition, a number of species are known which require one or more vitamins, namely thiamin, the cobalamines (B₁₂ or related compounds), or biotin.

The problem that is presented by the phytoplankton is essentially how it is possible for a number of species to coexist in a relatively isotropic or unstructured environment all competing for the same sorts of materials. The problem is particularly acute because there is adequate evidence from enrichment experiments that natural waters, at least in the summer, present an environment of striking nutrient deficiency, so that competition is likely to be extremely severe.

According to the principle of *competitive exclusion* (Hardin, 1960) known by many names and developed over a long period of time by many investigators (see Rand, 1952; Udvardy, 1959; and Hardin, 1960, for historic reviews), we should expect that one species alone would outcompete all the others so that in a final equilibrium situation the assemblage would reduce to a population of a single species.

The principle of competitive exclusion has recently been under attack from a number of quarters. Since the principle can be deduced mathematically from a relatively simple series of postulates, which with the ordinary postulates of mathematics can be regarded as forming an axiom system, it follows that if the objections to the principle in any cases are valid, some or all the biological axioms introduced are in these cases incorrect. Most objections to the principle appear to imply the belief that equilibrium under a given set of environmental conditions is never in practice obtained. Since the deduction of the principle implies an equilibrium system, if such sys-

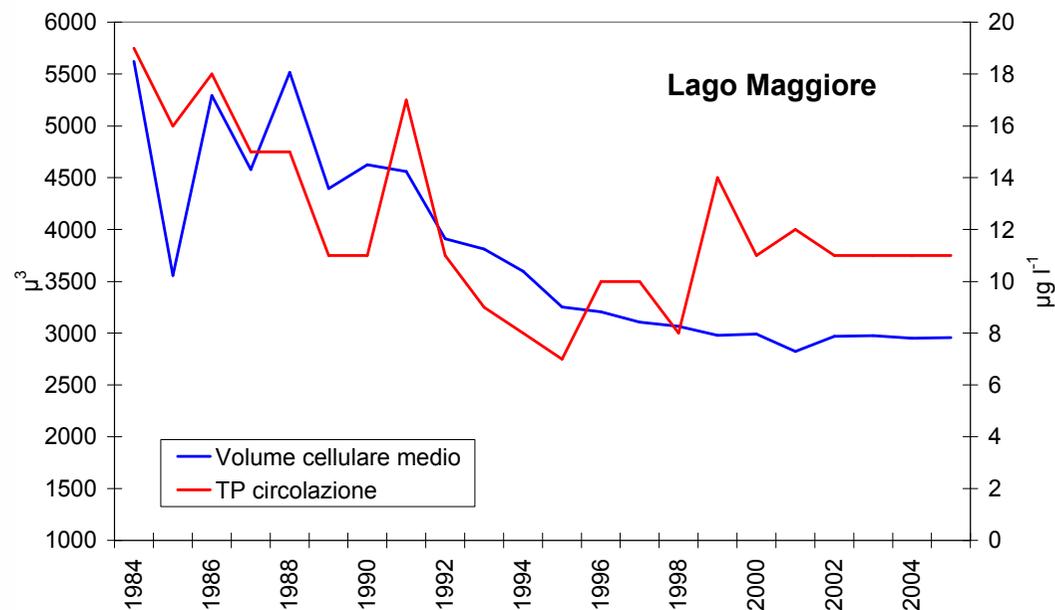
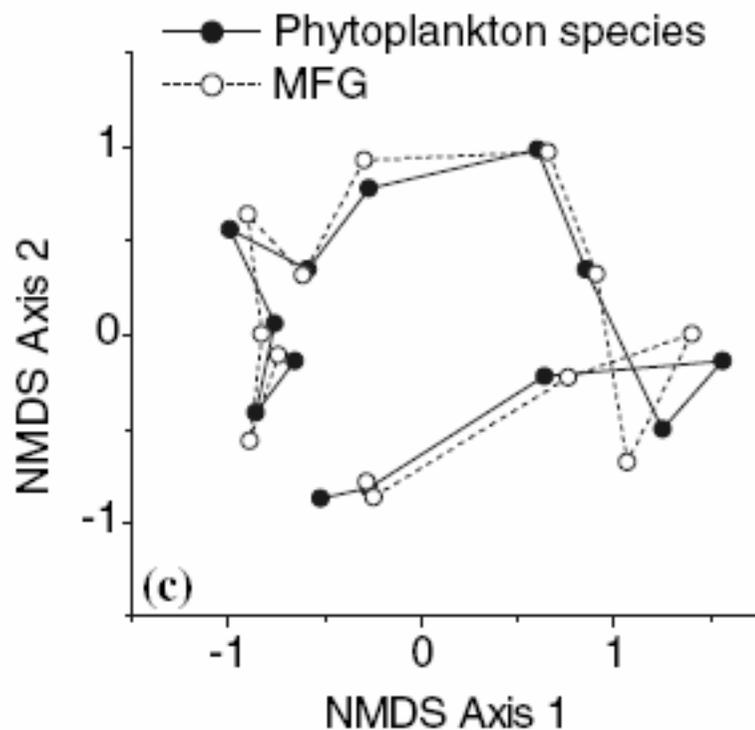
*Contribution to a symposium on Modern Aspects of Population Biology. Presented at the meeting of the American Society of Naturalists, cosponsored by the American Society of Zoologists, Ecological Society of America and the Society for the Study of Evolution. American Association for the Advancement of Science, New York, N. Y., December 27, 1960.



Associazioni di specie Reynolds (1984-2002)

Codon	Habitat	Typical representatives	Tolerances	Sensitivities
C	Mixed, eutrophic small-medium lakes	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>	Light, C deficiencies	Si exhaustion, stratification
P	Eutrophic epilimnia	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closterium aciculare</i>	Mild light and C deficiencies	Stratification Si depletion
T	Deep, well mixed epilimnia	<i>Geminella</i> , <i>Mougeotia</i> , <i>Tribonema</i>	Light deficiency	Nutrient deficiency
S1	Turbid mixed layers	<i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Pseudanabaena</i>	Highly light deficient conditions	flushing
R	Metalimnia of mesotrophic stratified lakes	<i>Planktothrix rubescens</i> , <i>P. mougeotii</i>	Low light, strong segregation	Instability

Gruppi morfo-funzionali e classi di taglia



Salmaso & Padisak, 2007.
Hydrobiologia, 578: 97-112.

Kamenir & Morabito, 2009.
J.limnol., 68: 146-161.



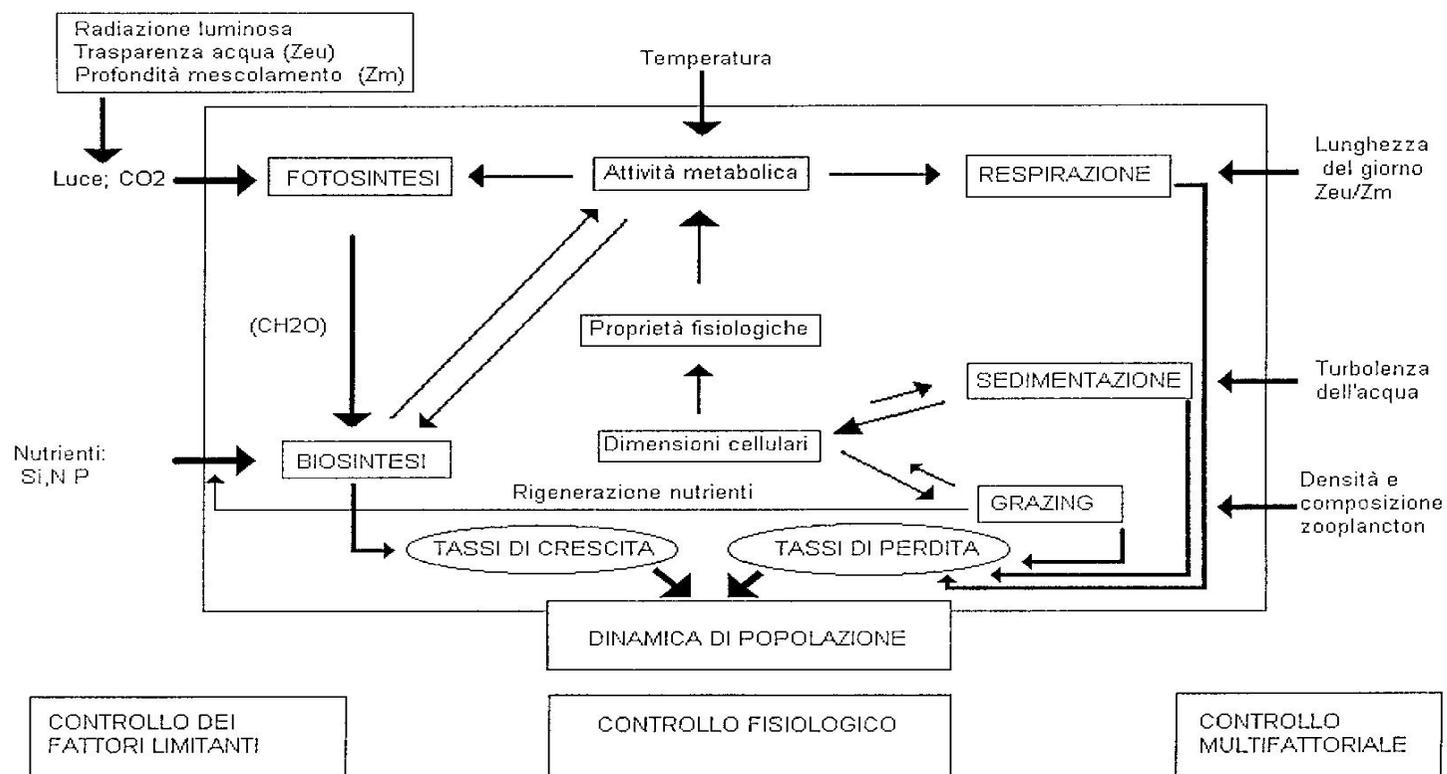


Fig. 1. Fattori di controllo della dinamica della comunità fitoplanctonica e loro interazioni.

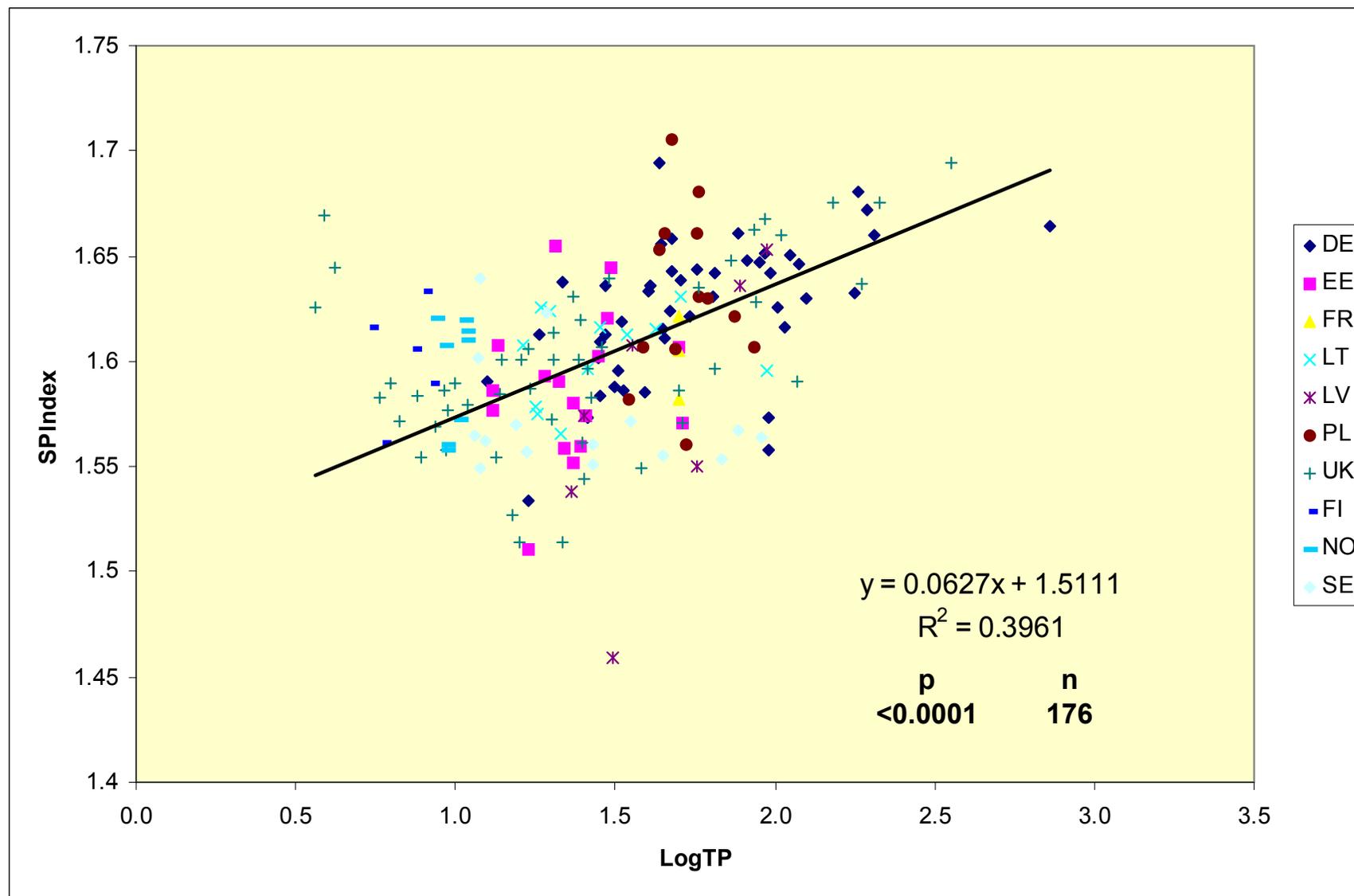


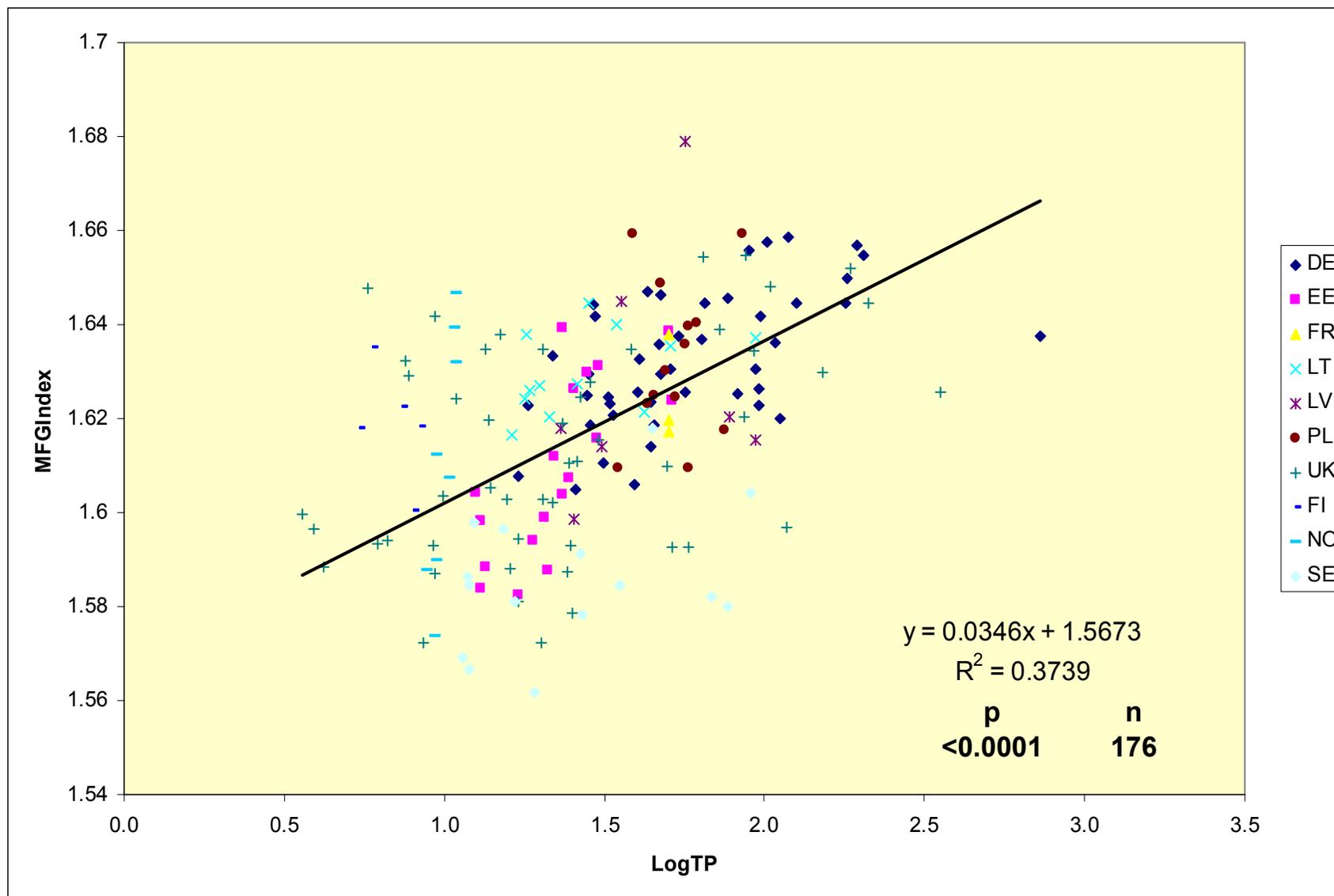
Water bodies in Europe:
Integrative **S**ystems to assess **E**cological status and
Recovery



Specific aims of the project

- Which **indicators** are best suited for the assessment of ecological status?
Which are most reliable? Which are redundant?
- How can results of **different organism groups** best be compared, intercalibrated and combined into an integrated appraisal of ecological status?
- How do organism groups respond to **recovery**?
- How is assessment and restoration affected by **global change**?
- How can **uncertainty** be quantified and minimized?





**La tassonomia non è un buon
indicatore della diversità
ecologica, poiché il ruolo
funzionale delle specie non è
esplicitamente stabilito.**

Graham P. Harris, 1984

