

Ztrátové faktory

„Grazing“ – filtrační rychlost, filtrační rychlost společenstva.

Světlo

Světelné podmínky ve vodním sloupci

Eufotická vrstva, epilimnion, kompenzační hloubka.

Závislost fotosyntézy na hloubce v nádržích s různou trofií.

„Light X shade adapted phytoplankton“, PI křivky.

Adaptace na limitaci světlem.

„Grazing“

Změny abundance v přírodních podmínkách

$$dN/ dt = \mu - (S + G + Pa + D)$$

N..... koncentrace buněk řas

μ specifická růstová rychlost

S..... sedimentace

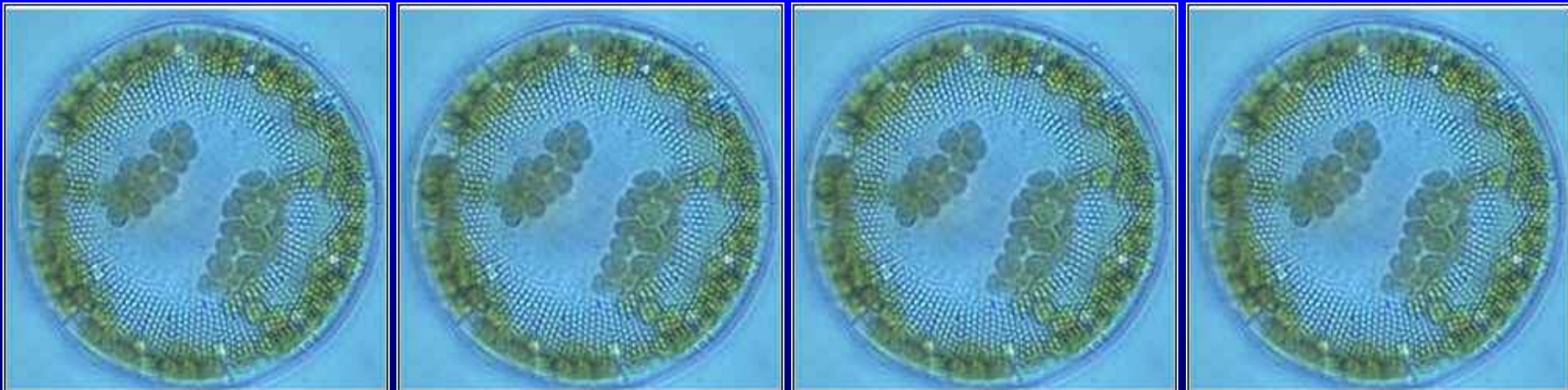
G..... predace

Pa..... parazitismus

D..... odumírání z jiných příčin

Fytoplankton a „grazing“

- většina zooplanktonních druhů herbivorních – vliv na početnost fytoplanktonu
- dostupnost fytoplanktonu základním faktorem pro rozvoj zooplanktonu
- rychlost „vyžírání“ klíčová pro tok energie planktonním společenstvem



Fytoplankton a „grazing“

- Protozoa
- Rotifera
- Crustacea
 - všechny skupiny zahrnují také herbivorní druhy
 - rozmanité způsoby získávání potravy

Protozoa

- Ciliata
- Rhizopoda
 - velké druhy schopné přijímat jako potravu celé buňky řas a sinic
 - rozmanité způsoby získávání potravy
 - v případě vysokých abundancí mohou výrazně přispět k významným redukcím fytoplanktonu

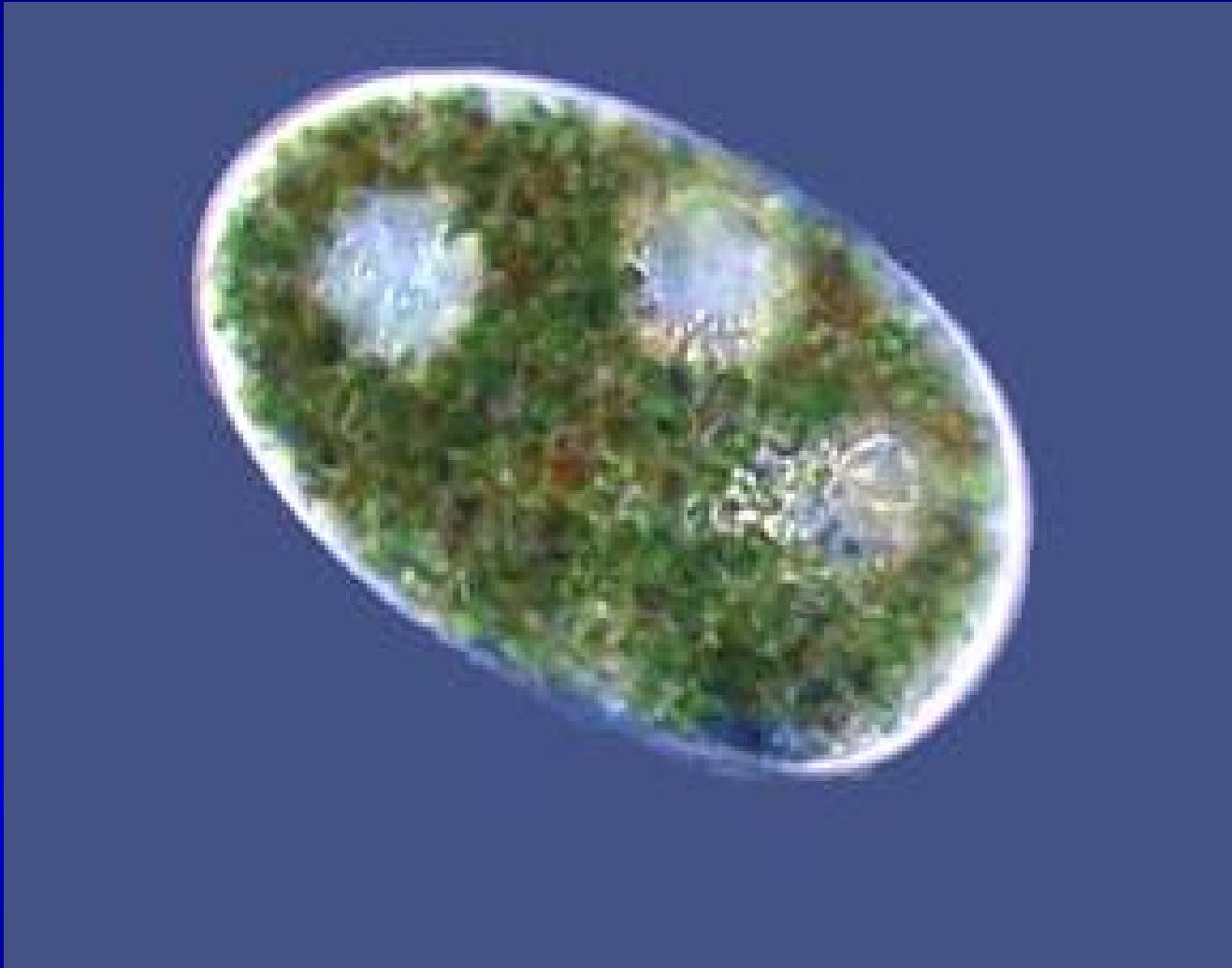


Pelomyxa

Coleps



Nassula



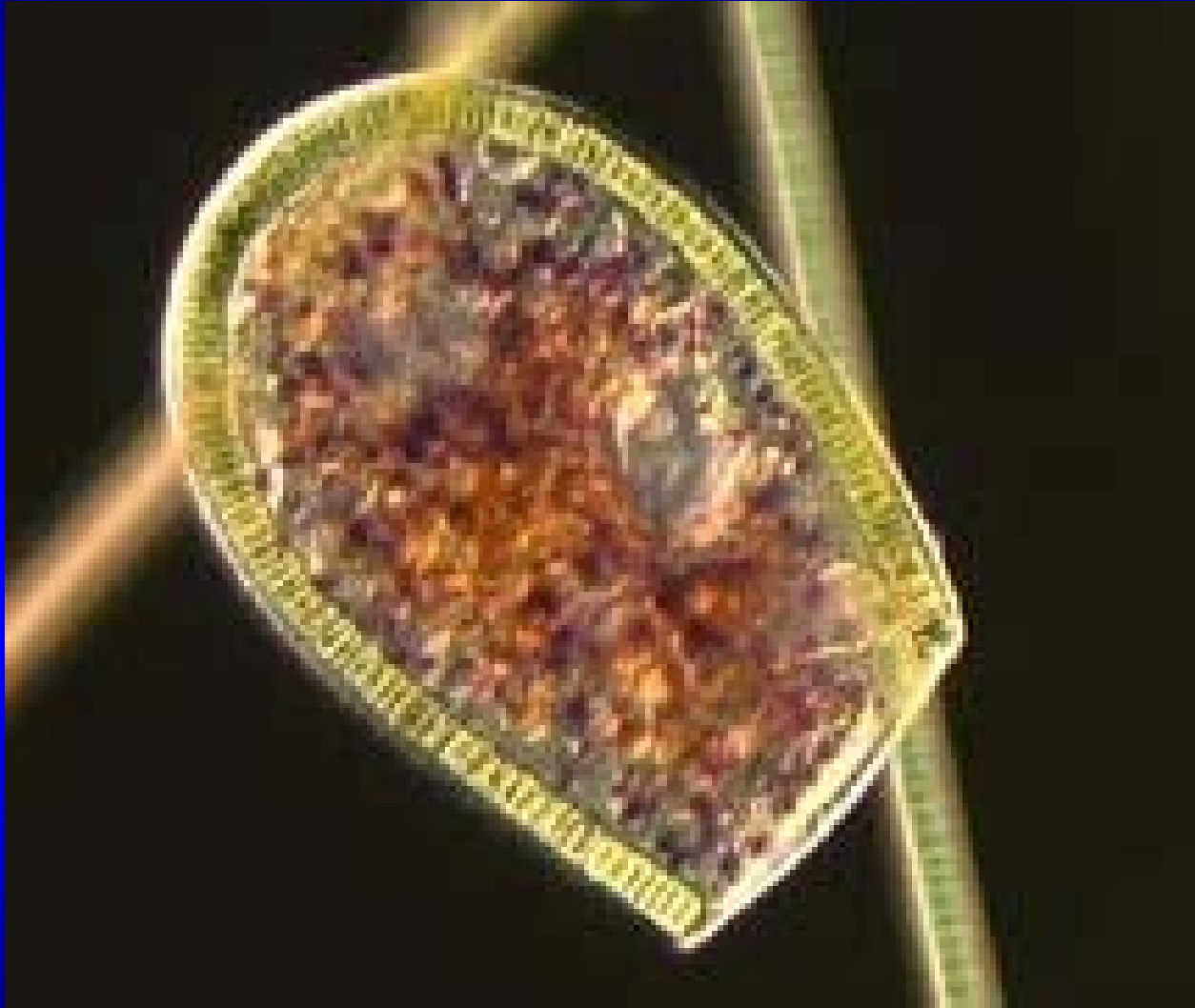
- starobylá linie nálevníků
- potrava – vláknité sinice

Nassula

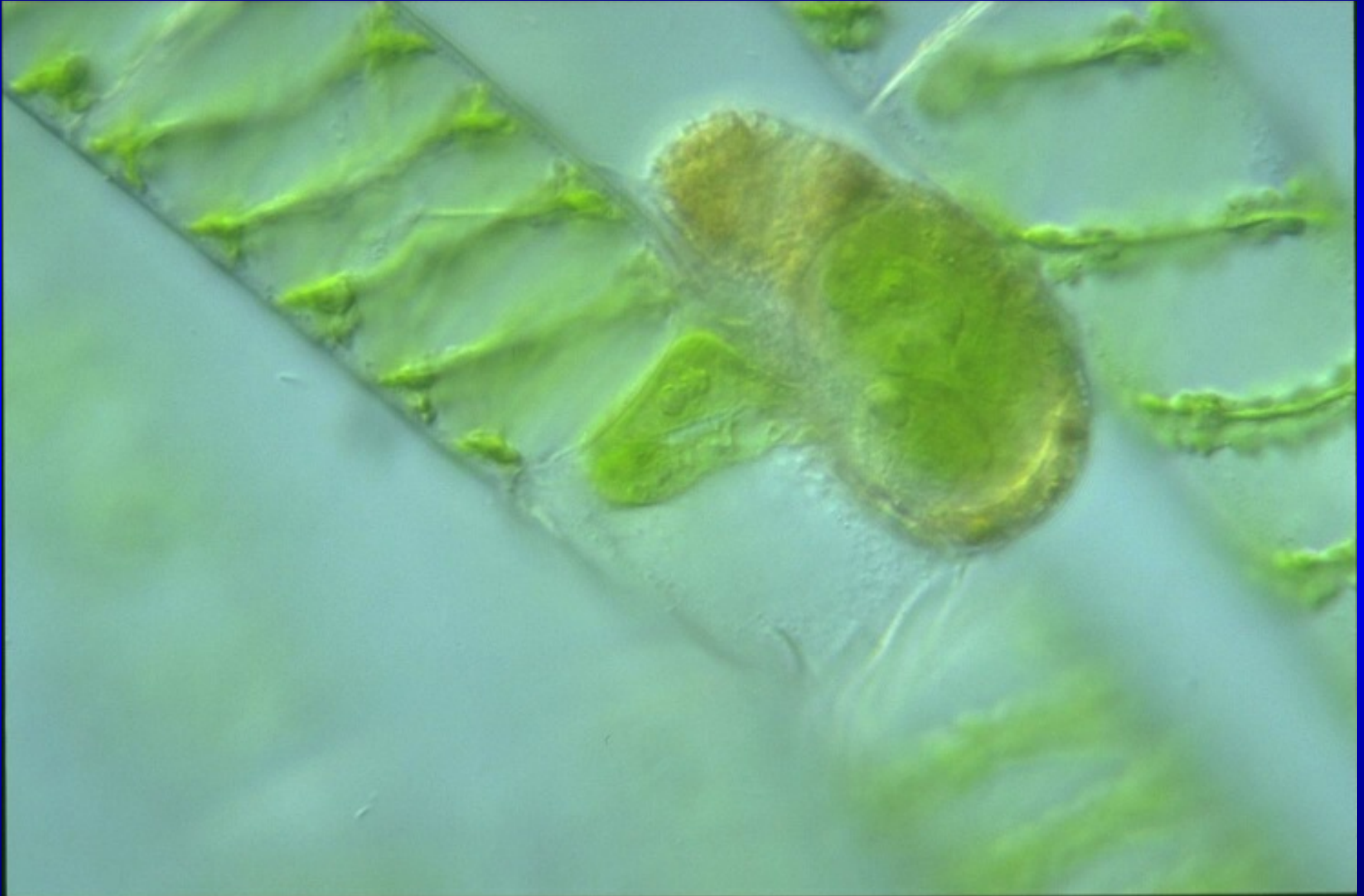


- potravní vakuoly

Nassula



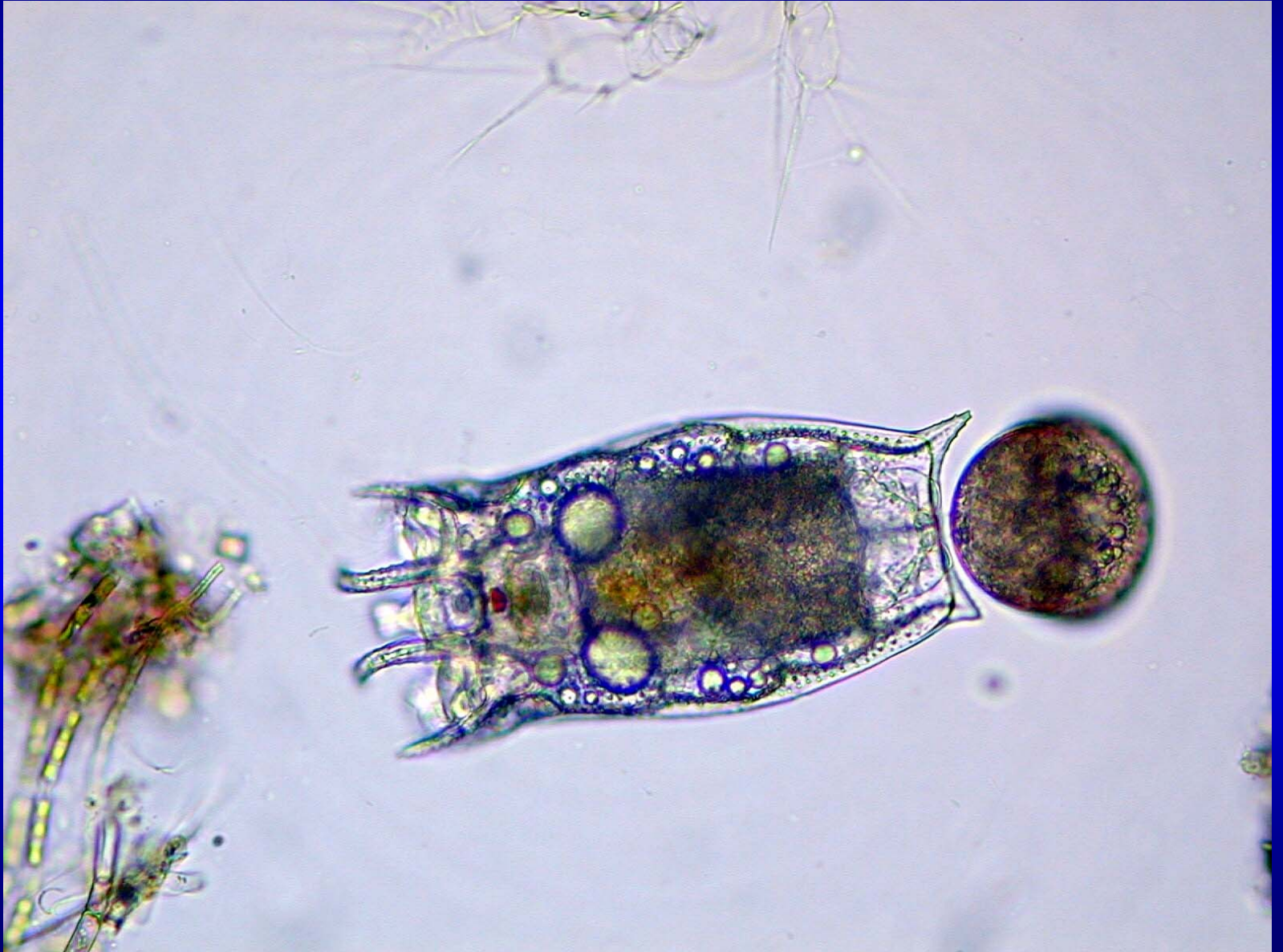
Vampyrella



Rotifera

- mnoho druhů úspěšně kultivováno v laboratorních podmínkách – kvantifikace jejich role v potravních řetězcích
- za příznivých podmínek až 2000 ind/l – významné snížení abundance „kořisti“
- 2 skupiny druhů
 - A/ filtrátoři – malé druhy, mnoho druhů selektivních
 - *Filinia*, *Kellicottia* – malé částice
 - *Keratella* – i větší kryptomonády
 - *Brachionus*, *Notholca* – do 18 μm
 - koloniální *Conochilus*

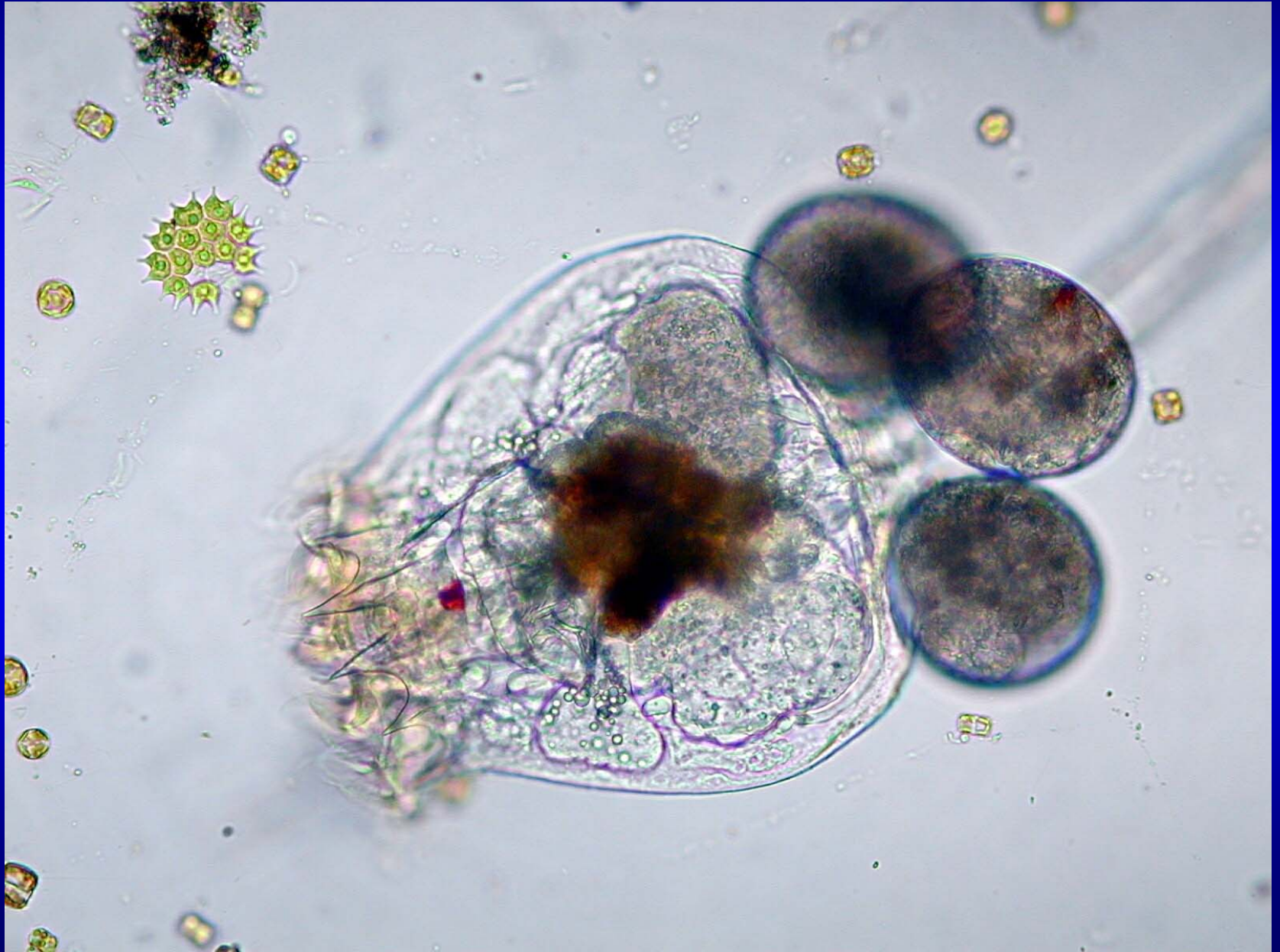
Keratella serrulata



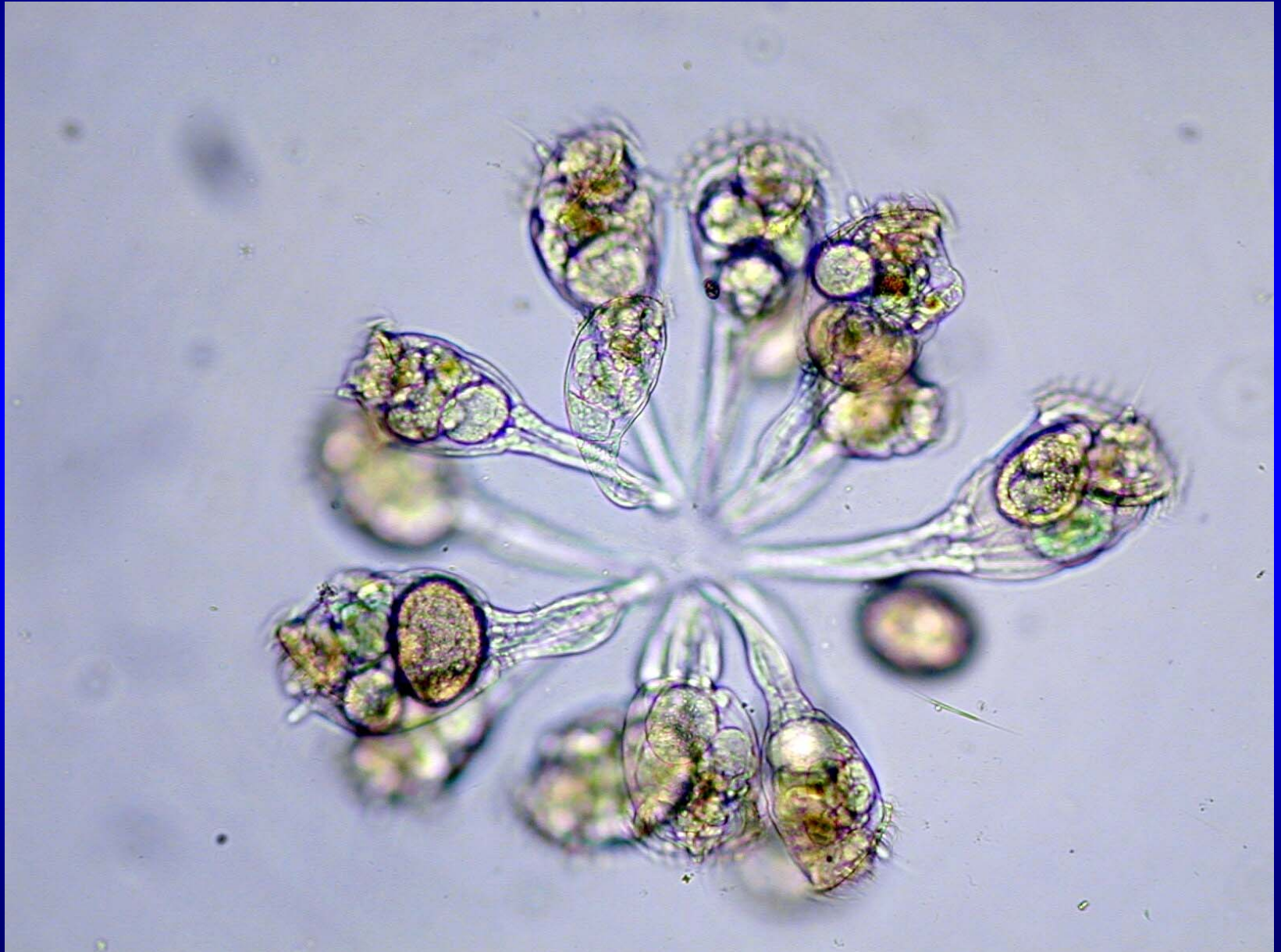
Kellicottia sp.



Brachionus urceolaris



Conochilus unicornis



Rotifera

- 2 skupiny druhů

B/ cingulum redukováno,
speciálně adaptovaný
mastax

- *Asplanchna* – jednotlivé
vychytávání, predátor jiných
vířníků, ale i velké řasy
- *Ascomorpha* – vysávání buněk
obrněnek



Asplanchna



Crustacea

- Calanoida a většina Cladocera – filtátoři
- Cyclopoida a menšina Cladocera – jednotlivé vychytávání



Rozdíly Cladocera X Calanoida

- Calanoida – výraznější selektivita ve velikostních preferencích
- Calanoida – schopnost vyhodnotit chemické signály (chemorecepce)
- Calanoida mají nižší filtrační rychlosti i při srovnání stejně velkých jedinců



Vliv filtrace na populace fytoplanktonu

- filtrační rychlost
- velikostní spektrum částic
- rozdíly v distribuci – vznik refugií

Filtrační rychlost

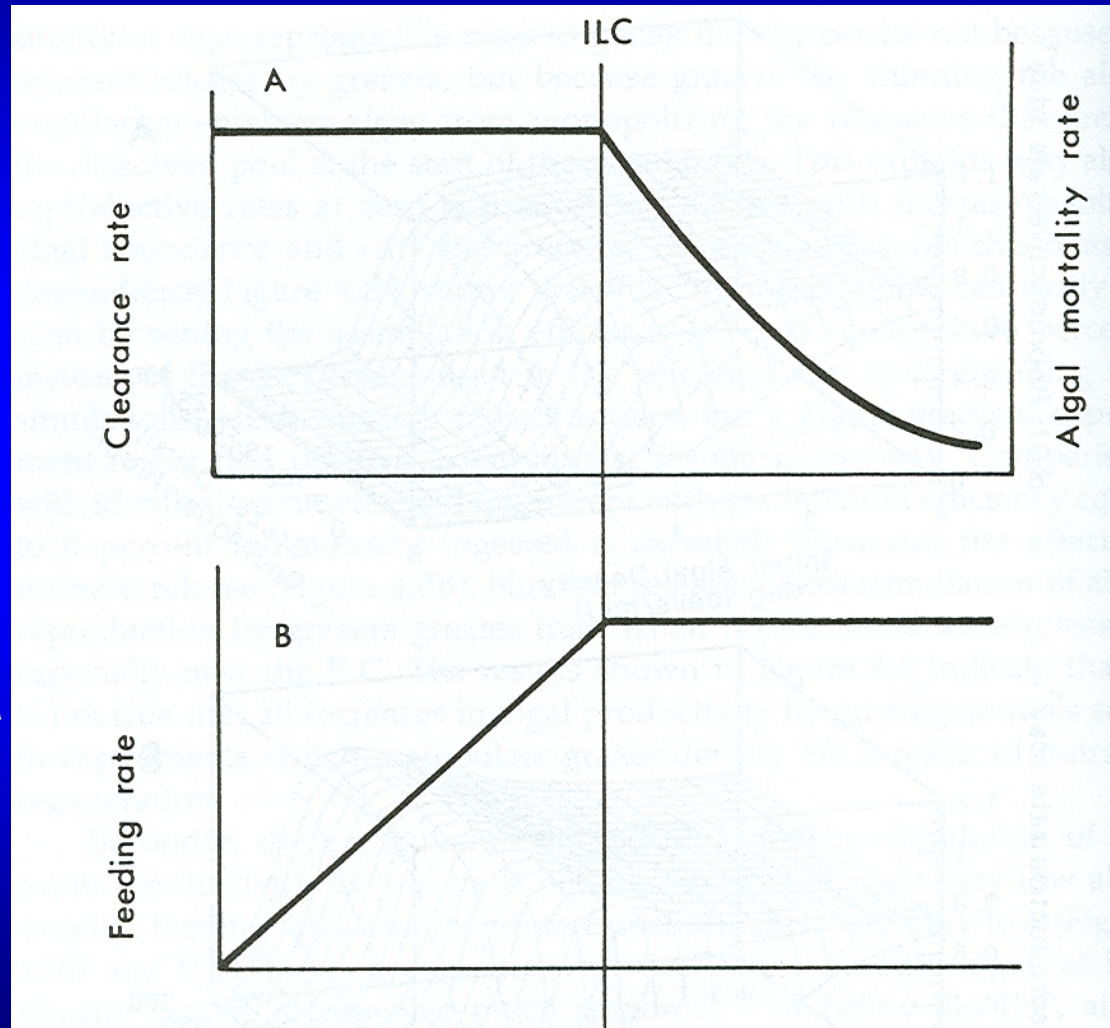
- objem profiltrovaný za jednotku času
- stanovení v laboratoři nebo pytlivé pokusy
- zpětný výpočet ze znalosti koncentrace filtrátorů, částic a rychlosti úbytku částic, první pokusy na kvantifikace filtrace – na ústřících

$$\underline{C_t} = \underline{C_o} * e^{-F/V*t}$$

- závislost na – teplotě
 - velikosti částic
 - koncentraci částic

Filtrační rychlost a žrací rychlost

- maximální hodnoty – pro optimální velikost částic
- pro koncentraci částic menší než tzv. ILC (incipient limiting concentration)
- žrací rychlost - konečná



Filtrační rychlost

Table 24. Individual filtration rates, F , (in ml d^{-1}) for a selection of planktonic animals, reported in, or derived from, the literature

Species	F	Reference
Rotifers		
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.08	Halbach & Halbach-Keup (1974)
	0.007–0.017	Starkweather <i>et al.</i> (1979)
various	0.02–0.11	Pourriot (1977)
Calanoids		
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (20°C)	1.32–2.54	Kibby (1971)
(12°C)	0.61–1.76	Kibby (1971)
(adults, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	0.5–10.7	Thompson <i>et al.</i> (1982)
(juveniles, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	0.5–6.7	Thompson <i>et al.</i> (1982)
<i>Diaptomus oregonensis</i> (adults, various temperatures)	< 12.9 2.4–21.6	McQueen (1970) Richman <i>et al.</i> (1980)
Cladocerans		
<i>Bosmina longirostris</i>	< 3.0	Sushchenya (1958; quoted by Thompson <i>et al.</i> , 1982)
<i>Chydorus sphaericus</i>	0.5–2.6	Thompson <i>et al.</i> (1982)
<i>Daphnia middendorffiana</i> (~ 2.8 mm, 12°C)	31.0	Peterson <i>et al.</i> (1978)
<i>Daphnia hyalina</i> (< 1.0 mm, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	1.0–7.6	Thompson <i>et al.</i> (1982)
(1.0–1.3, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	3.1–19.3	Thompson <i>et al.</i> (1982)
(1.3–1.6, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	3.1–30.7	Thompson <i>et al.</i> (1982)
(1.6–1.9, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	14.0–60.0	Thompson <i>et al.</i> (1982)
(> 1.9, $17 \pm 3^\circ\text{C}$)	15.7–62.6	Thompson <i>et al.</i> (1982)
<i>Daphnia</i> spp. ^(a) (< 1.0 mm, 15–20°C)	< 4.99	from Burns (1969)
(1.0–1.3, 15–20°C)	3.67–10.41	from Burns (1969)
(1.3–1.6, 15–20°C)	6.47–18.6	from Burns (1969)
(1.6–1.9, 15–20°C)	10.1–30.1	from Burns (1969)
(> 1.9, 15–20°C)	> 14.7	from Burns (1969)

Filtrační rychlost

- závislost na velikosti těla a teplotě
- *Daphnia* spp.



$$F = 0,153 L_b \quad 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = 0,208 L_b \quad 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Burns (1969)

Filtrační rychlost společenstva Community grazing rate (CGR)

- kolikrát je celkový objem profiltrován za jednotku času
- jaký je žrací tlak zooplanktonu na fytoplankton
- velké rozdíly v průběhu sezóny

$$\text{CGR} = (F_1 * N_1) + (F_2 * N_2) \dots + (F_i * N_i)$$

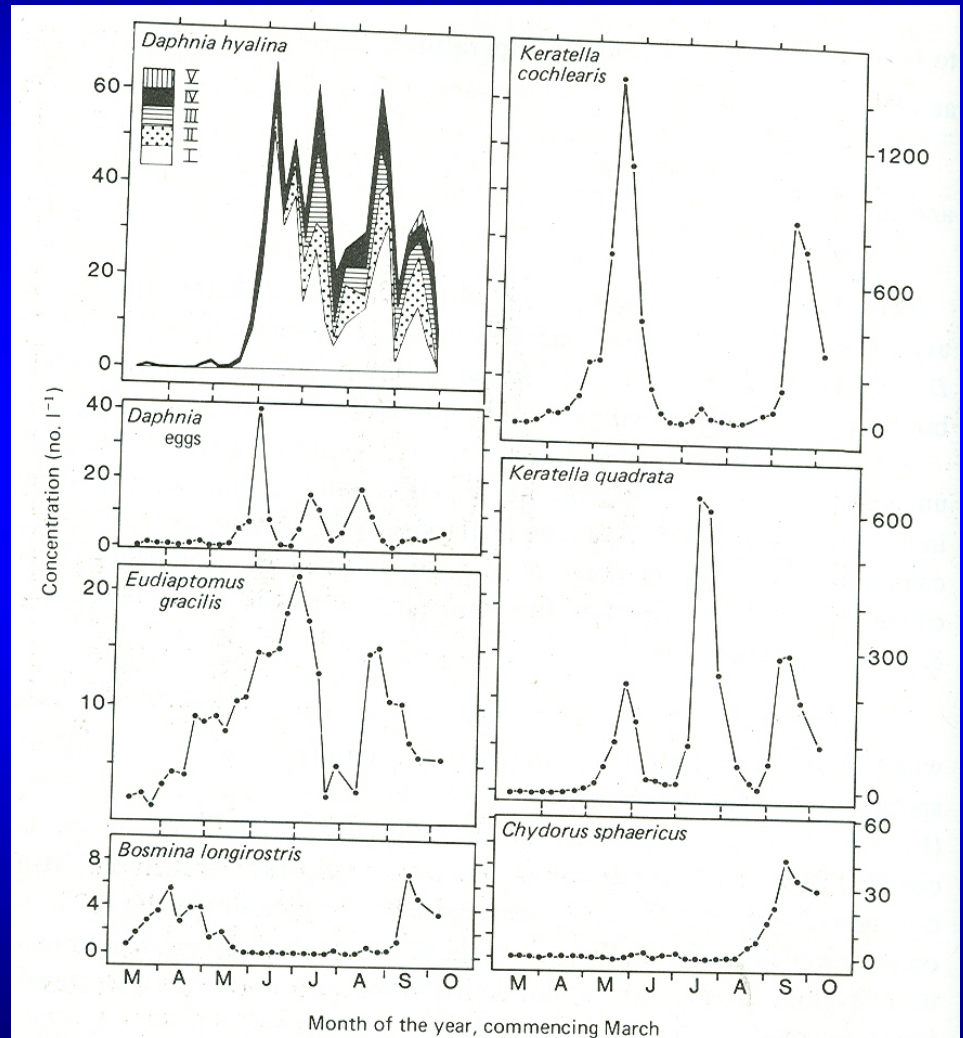
[den⁻¹]

$$\text{CGR} = 1 \text{ den}^{-1}$$

- celý objem vody je za den profiltrován

Filtrační rychlost společenstva Community grazing rate (CGR)

- Blelham Tarn
- závislost na velikostním a druhovém spektru zooplanktonu



Filtrační rychlost společenstva Community grazing rate (CGR)

- největší vliv - *Daphnia*
- v létě až 1,2 x
profiltrovaný objem
X na jaře jen 3% objemu
- velké CGR (větší než
 $0,3 \text{ den}^{-1}$) – ztráty
fytoplanktonu
srovnatelné s
potenciálními růstovými
rychlostmi

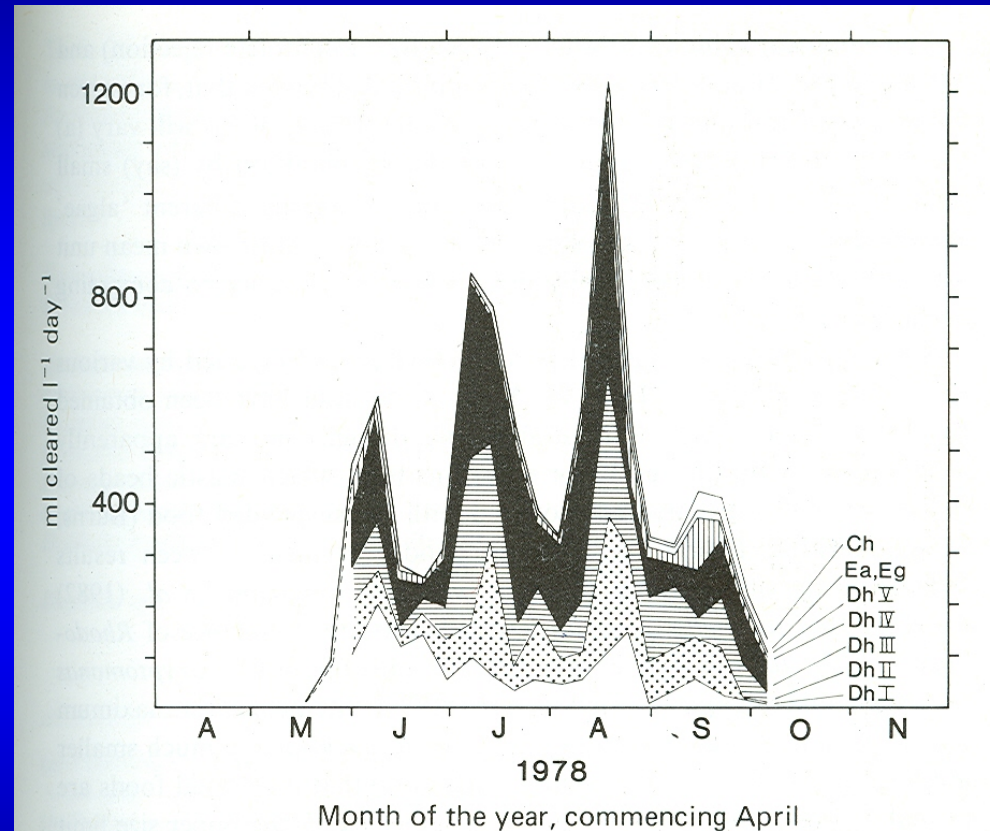


Figure 82. Seasonal fluctuations in the community filtration rate (calculated as equation 55 and expressed as ml l⁻¹ d⁻¹ of lakewater filtered) in Lund Enclosure A, during 1978. The cumulative contributions of five ontogenetic categories of *Daphnia hyalina* (DhI–V), *Eudiaptomus* adults, fifth copepodids (Ea) and first-fourth copepodids (Eg), and *Chydorus sphaericus* (Ch) are also shown. (Redrawn from Figure 4 of Thompson *et al.*, 1982.)

Selektivita v potravních preferencích

- velikostní spektrum přijímaných částic primárně určeno velikostí těla
- Φ – určuje vhodnost určitého velikostního spektra
 - závislost na velikostním spektru fyto- i zooplanktonu

$$k_g = \Phi * CGR$$

$\Phi = 0$ částice není přijímána

$\Phi = 1$ částice neselektivně přijímána

Selektivita v potravních preferencích

Table 25. *Examples of the ranges of particle size (diameters or GALD in μm) filtered by selected species of zooplankton reported in the literature; figures in parentheses denote optimum ranges ('peak' selection) where appropriate*

Species	Size	Reference
<i>Keratella cochlearis</i>	(0.5–1)3	Gliwicz (1969)
<i>Keratella quadrata</i>	< 15–18	Pourriot (1977) Ferguson <i>et al.</i> (1982)
<i>Eudiaptomus gracilis</i>	1(5–10)16	Gliwicz (1969)
<i>Diaptomus oregonensis</i>	2.5(12–15)30	Richman <i>et al.</i> (1980)
<i>Bosmina coregoni</i>	0.5(12–23)35	Gliwicz (1969)
<i>Chydorus sphaericus</i>	0.5(12–23)35	Gliwicz (1969, 1980)
<i>Daphnia cucullata</i>	2(11–23)35	Gliwicz (1969, 1980)
<i>Daphnia middendorffiana</i>	> 2.6 ^(a)	Peterson <i>et al.</i> (1978)
<i>Daphnia hyalina</i>	(1–20)100	Nadin-Hurley & Duncan (1976)
	< 50–60	Ferguson <i>et al.</i> (1982)
<i>Daphnia</i> spp. ^(b)	0.9 mm < 24.7	Burns (1968a)
	1.3 mm < 33.5	
	1.6 mm < 40.1	
	1.9 mm < 46.7	

Selektivita v potravních preferencích

- *Daphnia*

$$y = 22x + 4,87$$

y.....největší rozměr přijímané částice [μm]

x.....délka krunýře [mm]

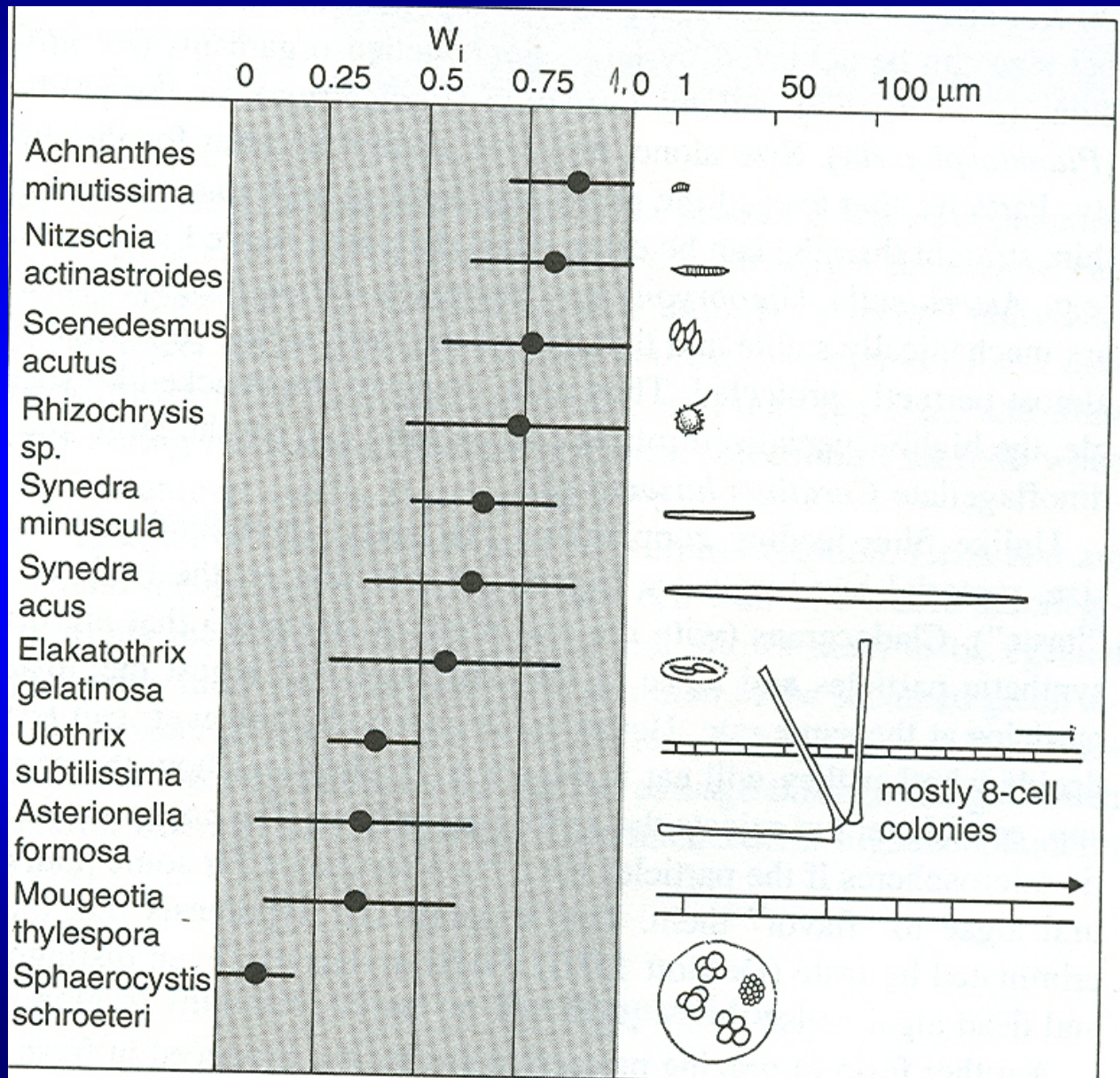
- pro velké druhy až 50 μm – široké velikostní spektrum
- obsah střeva reprezentativní, kvantita ovlivněna preferencí částic 1 – 30 μm

Selektivita v potravních preferencích

Table 26. Coefficients for selection (ϕ) of various species of phytoplankton by mixed zooplankton communities, dominated by *Daphnia hyalina* var. *lacustris*, calculated by Reynolds et al. (1982b).

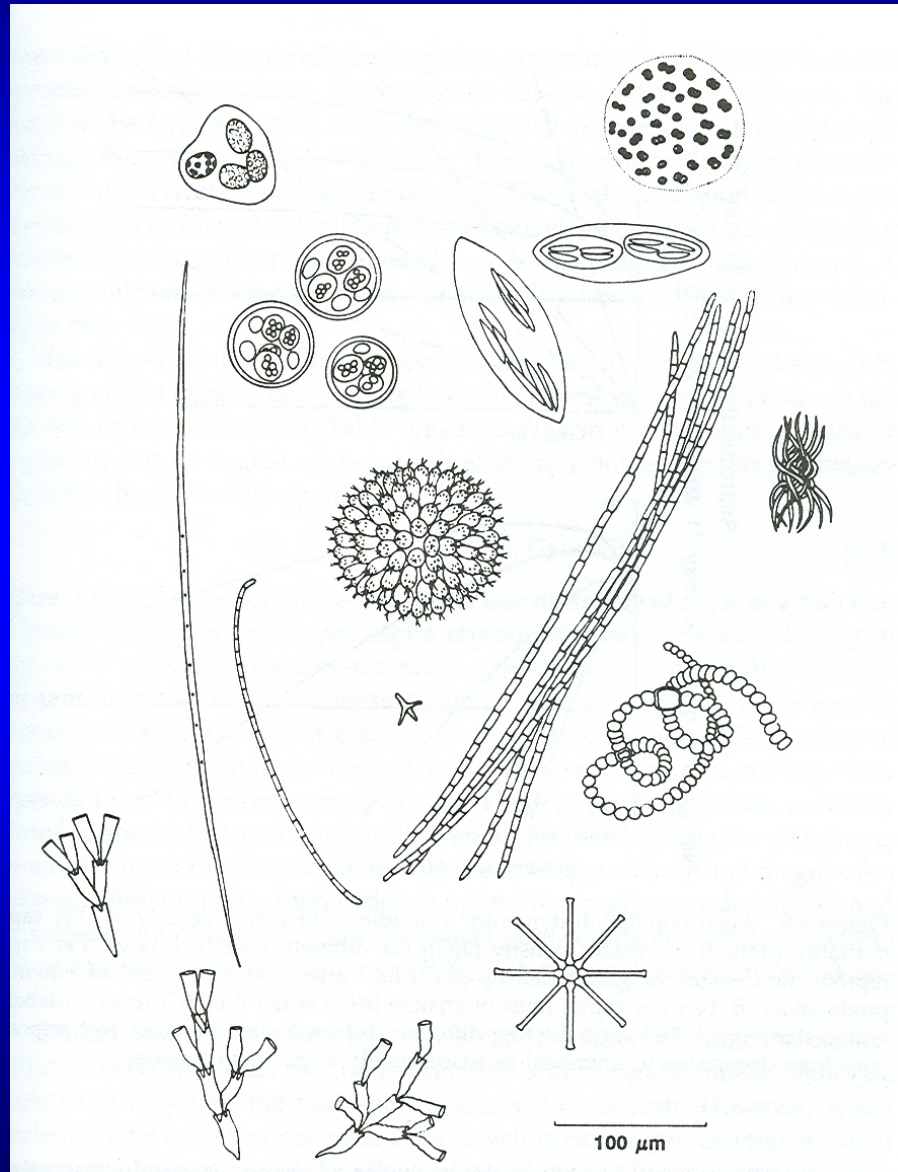
Species	Range of ϕ
<i>Asterionella formosa</i>	0.28–1.0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0–0.35
<i>Cryptomonas ovata</i>	→ 1.0
<i>Ankyra judayi</i>	→ 1.0
<i>Eudorina unicocca</i> (< 50 μm)	→ 1.0?
(> 50 μm)	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	generally 0 but perhaps → 1 for small (< 60 μm) colonies

Selektivita v potravních preferencích



- dynamika některých druhů fytoplanktonu relativně více citlivá k filtraci

„Nejedlé“ řasy



Interakce fytoplankton - zooplankton

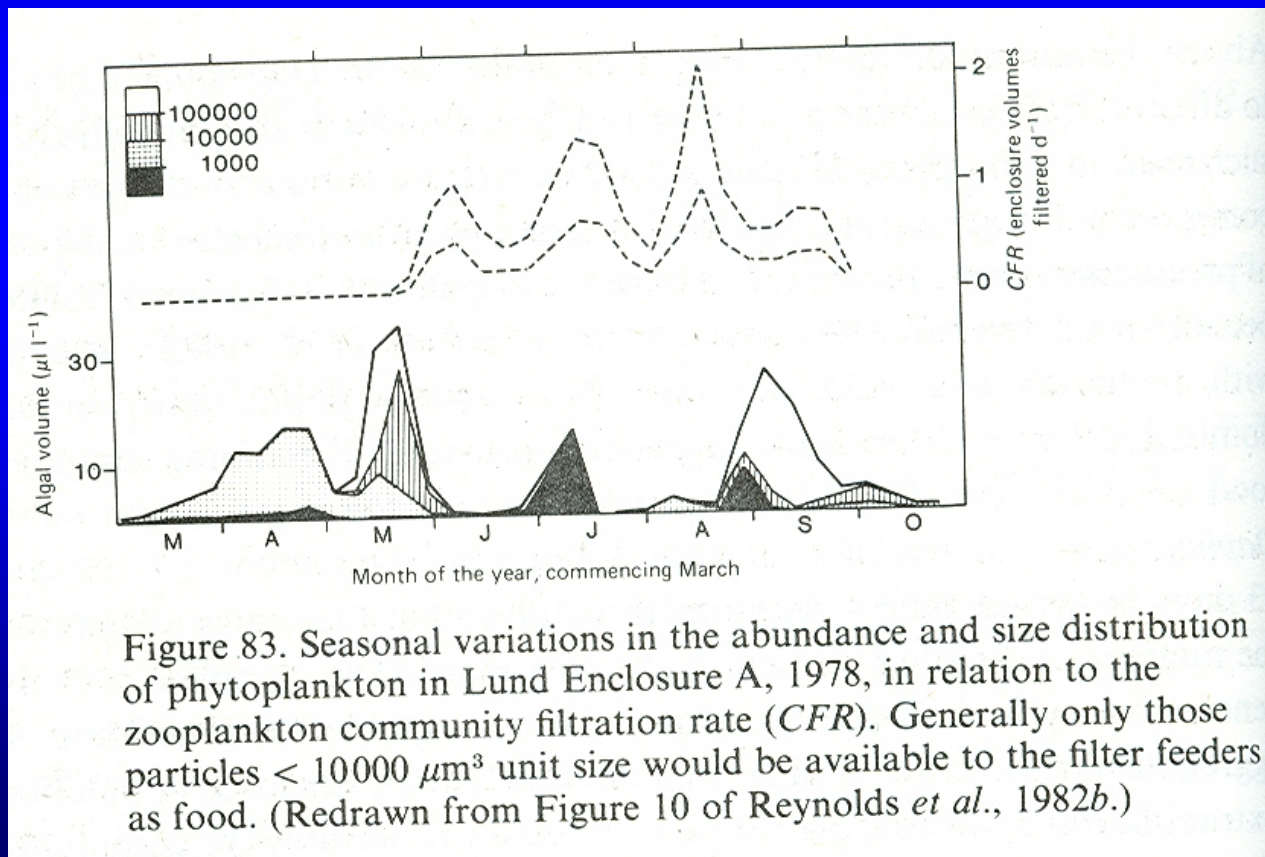
- filtrace zooplanktonu jednou z příčin fluktuací fytoplanktonu, ale dynamika zooplanktonu závislá na těchto fluktuacích
- *Daphnia* – optimum 0,5 $\mu\text{gC/ml}$
- minimum 0,08 $\mu\text{gC/ml}$

Table 27. Equivalent concentrations of selected algal and bacterial foods representing the minimum maintenance ($\sim 0.08 \mu\text{g C ml}^{-1}$) and saturating ($\sim 0.5 \mu\text{g C ml}^{-1}$) requirements of *Daphnia* at about 15°C ; contents calculated as $0.21 \text{ pg } \mu\text{m}^{-3}$ (see Chapter 1), except for *Asterionella* (C = 50% ash-free dry weight) and free-living bacteria, which are here assumed to have conformed to Thompson's mean value (quoted by Thompson et al. 1982) of $0.013 \text{ pg C cell}^{-1}$

Species	cell vol. (μm^3)	cell C content (pg)	Populations equivalent to	
			0.08 $\mu\text{g C ml}^{-1}$	0.5 $\mu\text{g C ml}^{-1}$
<i>Cryptomonas ovata</i>	2710	569	140	880
<i>Asterionella formosa</i>	645	60	1330	8330
<i>Chromulina</i> sp.	440	92	870	5430
<i>Rhodomonas minuta</i>	72	15	5300	33330
<i>Ankyra judayi</i>	24	5	16000	100000
Free-living bacteria	—	0.013	6.15×10^6	3.85×10^7

Interakce fytoplankton - zooplankton

- maxima fyto- a zooplanktonu se střídají
- zooplankton může kontrolovat fytoplankton, ale fytoplankton vždy kontroluje zooplankton



Změny abundance v přírodních podmínkách

$$dN/ dt = \mu - (S + G + Pa + D)$$

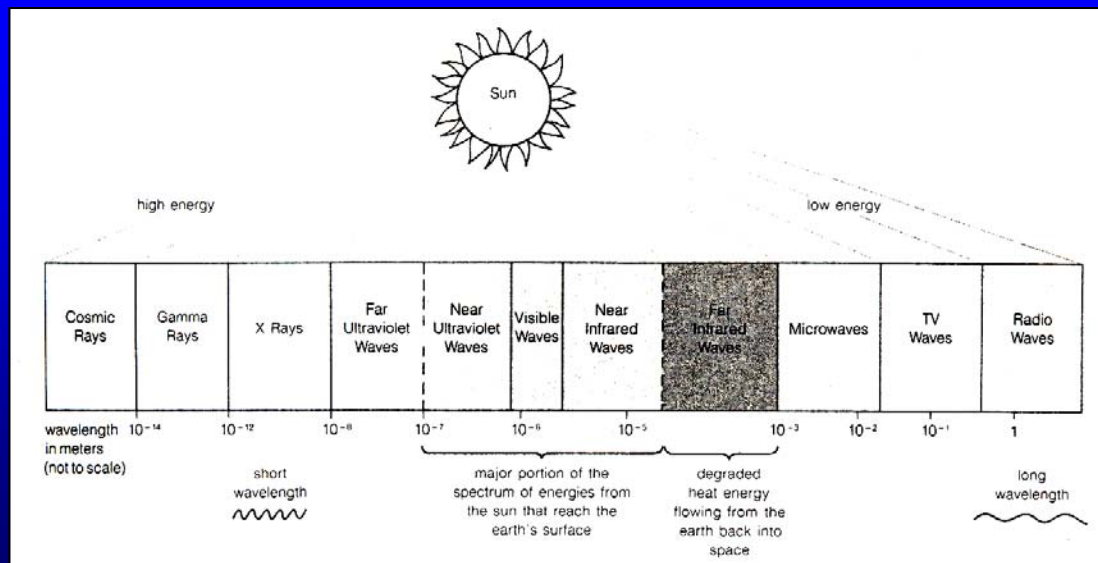
N..... koncentrace buněk řas
μ..... specifická růstová rychlost
S..... sedimentace
G..... predace
Pa..... parazitismus
D..... odumírání z jiných příčin

- záření
- teplota
- živiny

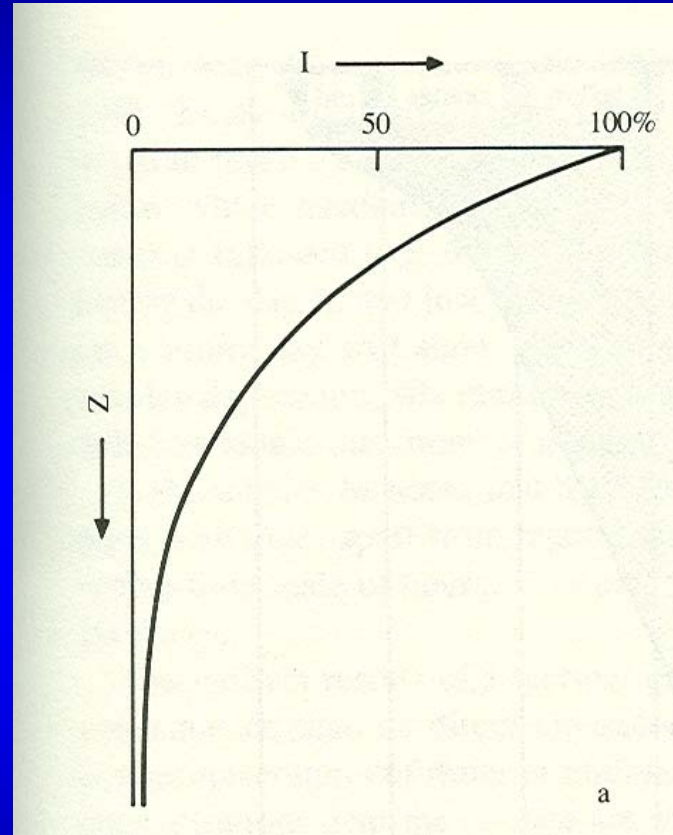
Záření

Sluneční záření

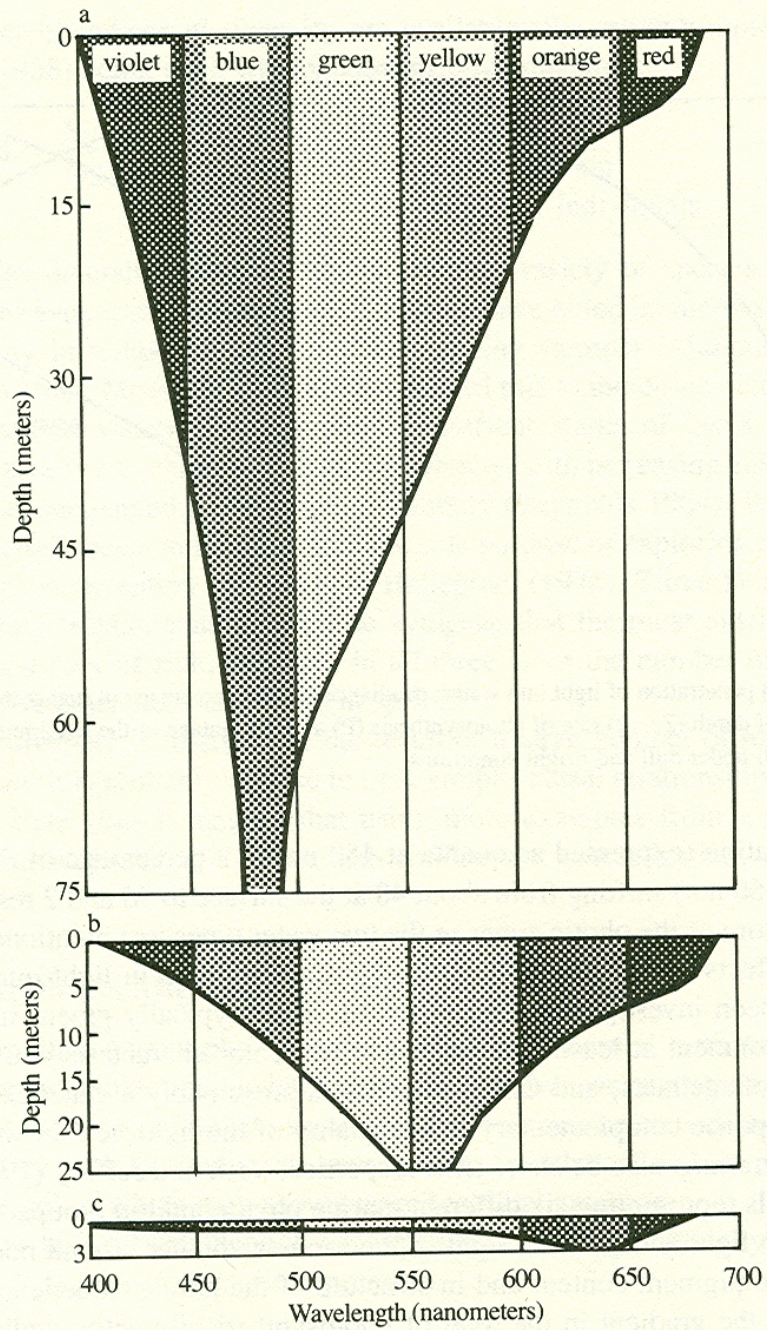
- Ekosféra přijímá záření ve vlnovém rozmezí 290 až 3 000 nm
- Záření kratších vlnových délek je absorbované ve vyšších vrstvách atmosféry ozónem a kyslíkem
- Spektrum 380 až 780 nm = viditelné světlo (40 až 50% přijatého záření)
- 315 – 380 nm = krátkovlnné ultrafialové UV-A záření
- 280 – 315 nm = UV-B
- 100 – 280 nm = UV-C
- 780 – 3 000 nm infračervené záření



Sluneční záření ve vodním prostředí



$$I_z = I_0 e^{-k_e z}$$

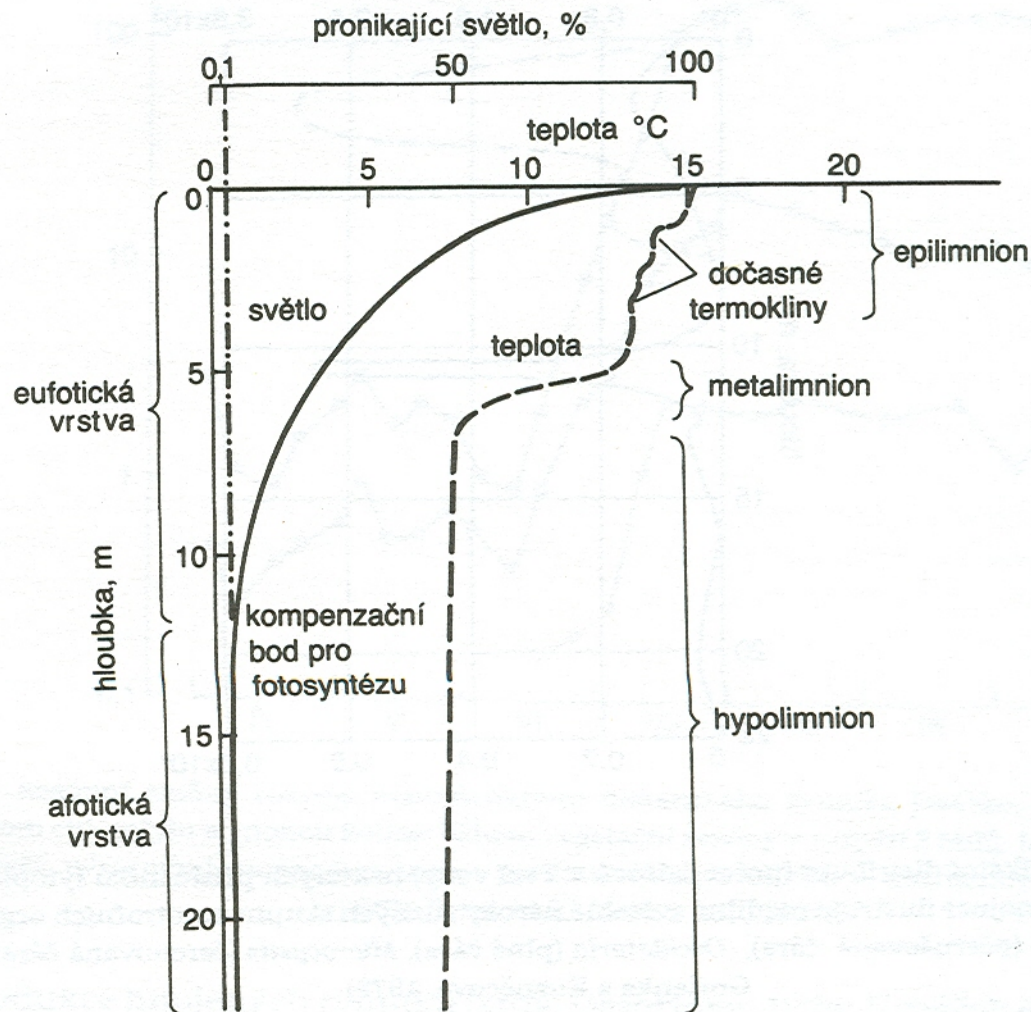


Sluneční záření ve vodním prostředí

- eufotická vrstva

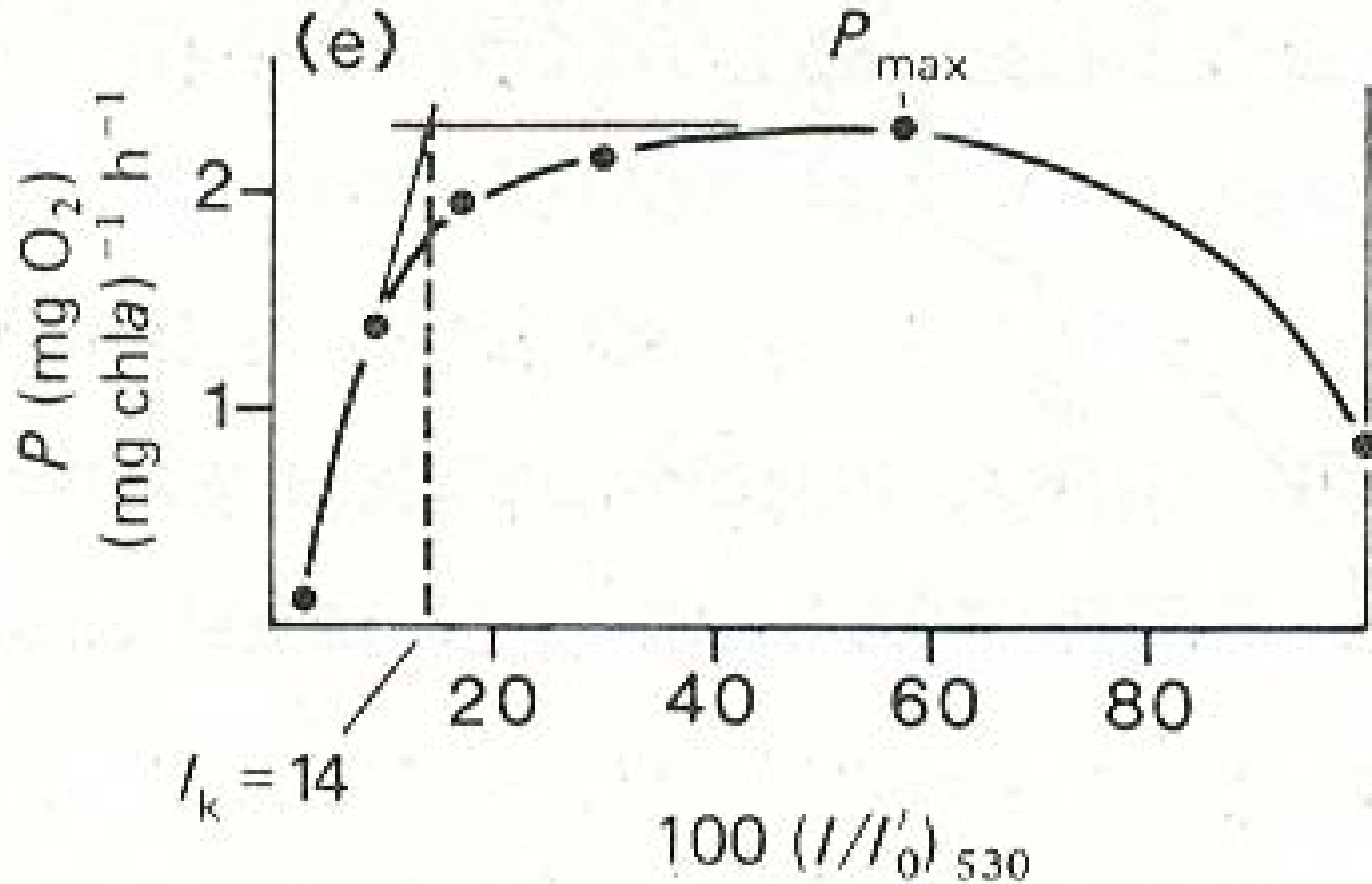
- kompenzační hloubka

- epilimnion

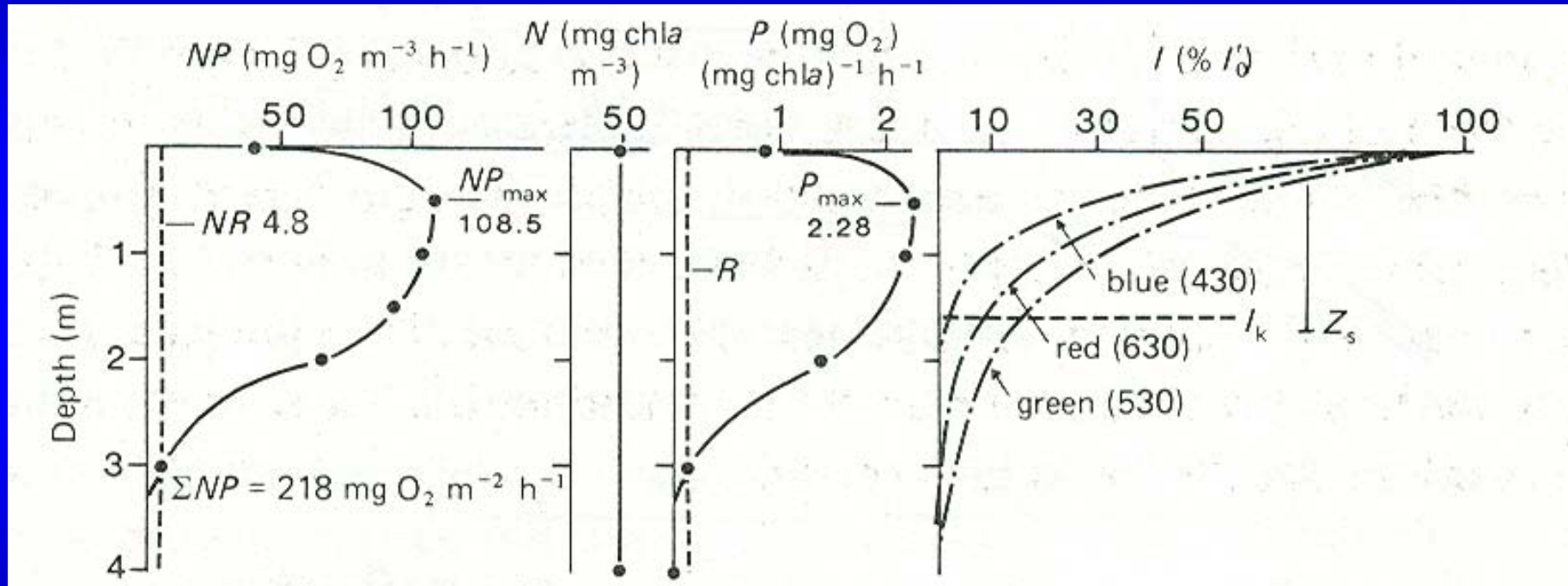


Vztah teplotní a světelné stratifikace v nádrži v období letní stagnace

P-I křivky



Primární produkce a sluneční záření



Primární produkce a sluneční záření

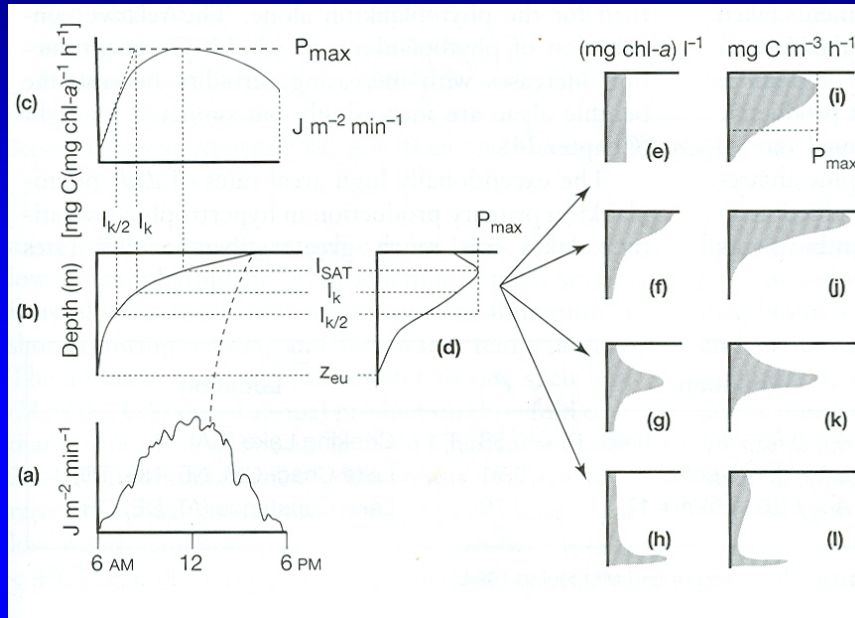


Figure 21-25 The surface irradiance (a), the light extinction with depth (b), and the P-I curve (c) which allows the specific primary production ($\mu\text{g C mg chl-}a^{-1}\text{h}^{-1}$) to be estimated as a function of the estimated light climate (d). The specific primary production ($\text{mg C chl-}a^{-1}\text{ } \tau^{-1}$) multiplied by the algal biomass (as chl-*a*) at each depth (e-h) yields the different photosynthetic profiles shown (i-l, $\text{mg C m}^{-3}\text{h}^{-1}$). The first profile is common in well-mixed epilimnia of mesotrophic lakes, the second in eutrophic lakes with surface blooms, the third in those lakes with a metalimnetic biomass maximum, and the fourth in shallow transparent lakes and streams with most of the biomass on the sediments. (Modified after Capblancq 1982.)

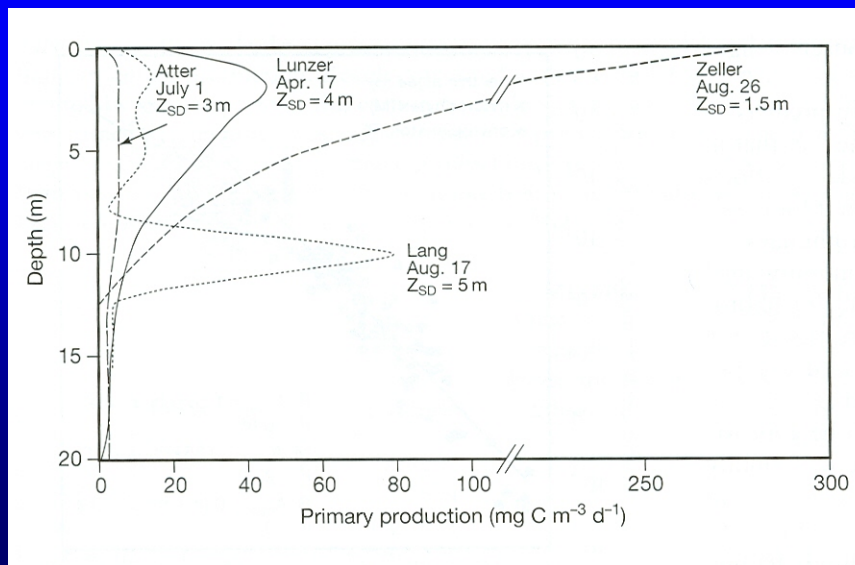
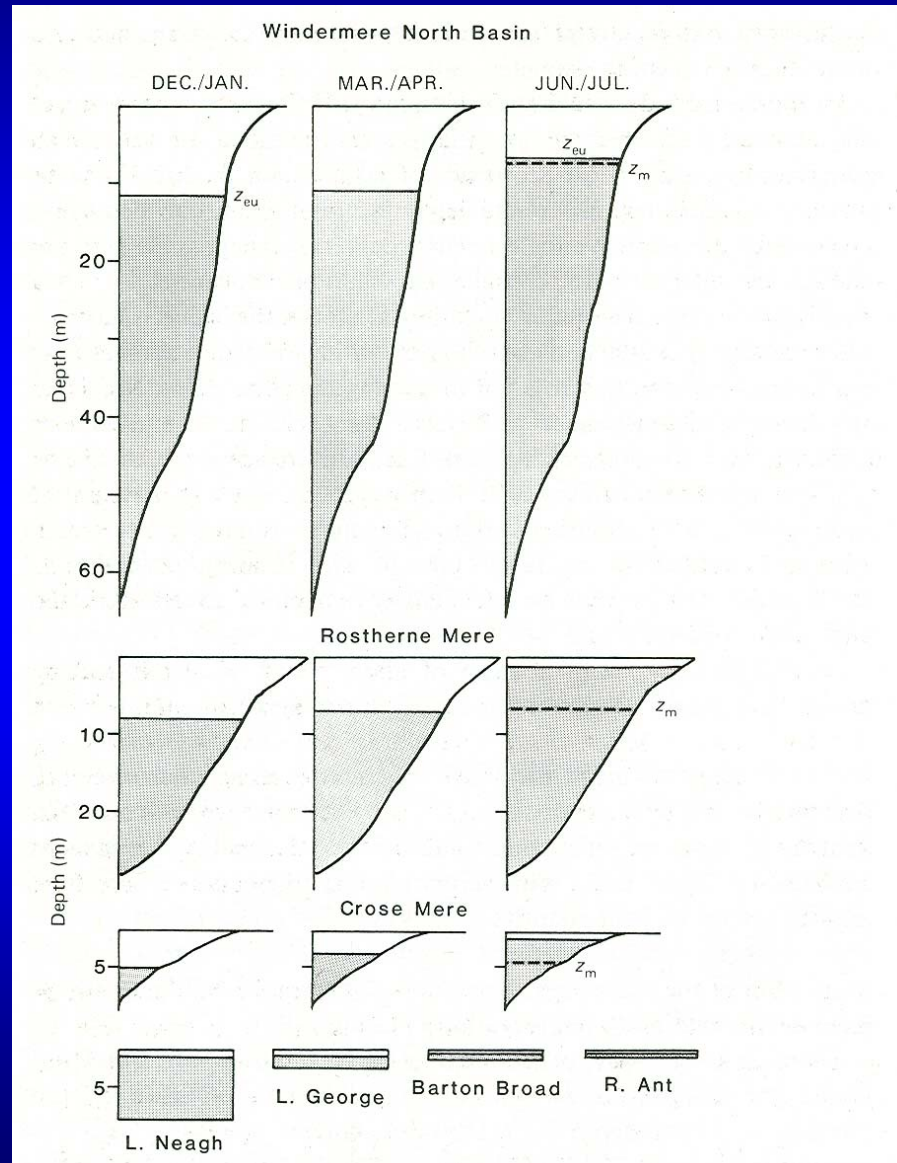


Figure 21-24 Primary production in four Austrian alpine lakes in 1960 as measured by the in situ uptake of $^{14}\text{CO}_2$. Oligotrophic Atter Lake ($z_{\text{SD}} = 3$ m) does not show a production maximum or the pronounced surface inhibition shown by mesotrophic Lunzer Lake. Transparent Lang Lake ($z_{\text{SD}} = 5$ m) exhibits a metalimnetic phytoplankton maximum, while highly eutrophic Zeller Lake ($z_{\text{SD}} = 1.5$ m) has a sufficiently high biomass and resulting light extinction to exhibit the maximum photosynthesis at the surface. (Derived from Findenegg 1964.)

Primární produkce a sluneční záření



Primární produkce a sluneční záření

Nádrž	Hrubá denní produkce, průměr z období duben až září, $\text{g.m}^{-2}.\text{den}^{-1}$ uhlíku
Lipno, průměr 1965-1968	0,7
Slapy, průměr 1960-1969	0,5
Vrané, sázavská vrstva průměr 1963-1964	3,6
Klíčava (vodárenská nádrž) průměr 1962-1970	0,8
Kníničky, průměr 1966-1969	1,3
Rybníky u Blatné, rozsah sezonních průměrů pro různé rybníky z různých let	0,5 - 2,3

Specifická primární produkce

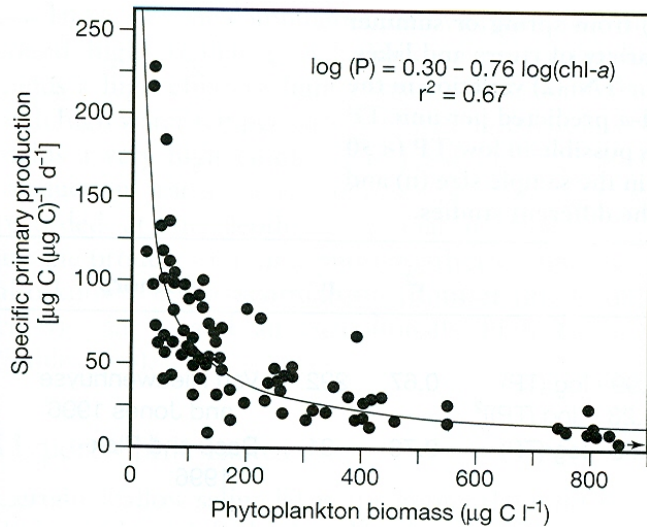
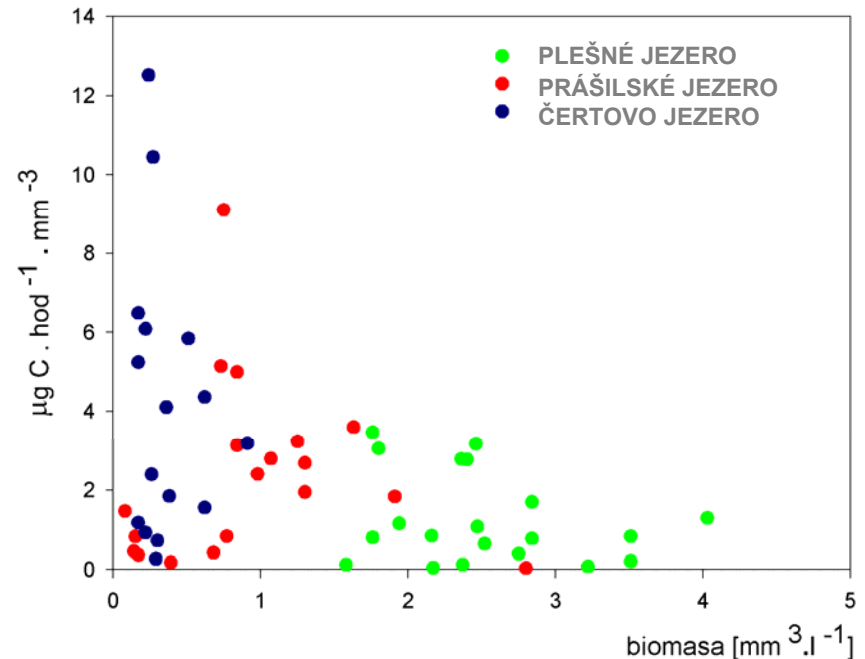


Figure 21–27 Specific primary production, also known as the *activity coefficient*, as a function of phytoplankton biomass in the euphotic zone of the Kličava Reservoir (former Czechoslovakia) determined over 24 hours between March and October over a 7–10 year period. Note that the primary production per unit biomass typically declines with increasing biomass, with the biomass serving also as a surrogate for the nutrient concentrations. The commonly elevated specific production in transparent oligotrophic systems reflects dominance by rapidly growing picoplankton and nanoplankton (see Fig. 21–12). The low community growth rates at high biomass (high nutrients) usually appear to be the result of dominance by slower growing microplankton and poorer light conditions created by self shading. The specific production in the lake is overestimated as the picoplankton biomass was not considered. (Modified after Javornický 1979, in Westlake 1980.)



Obr. 28 – Závislost specifické primární produkce na biomase fytoplanktonu.