

Oxigén háztartást leíró folyóvizi vízminőségi modellezés alapjai

O₂ HÁZTARTÁS FOLYAMATAI

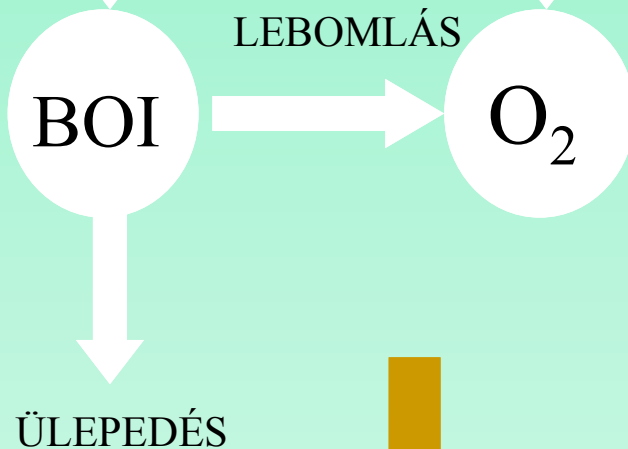


SZERVESANYAG LEBOMLÁS HATÁSA AZ OXIGÉN HÁZTARTÁSRA

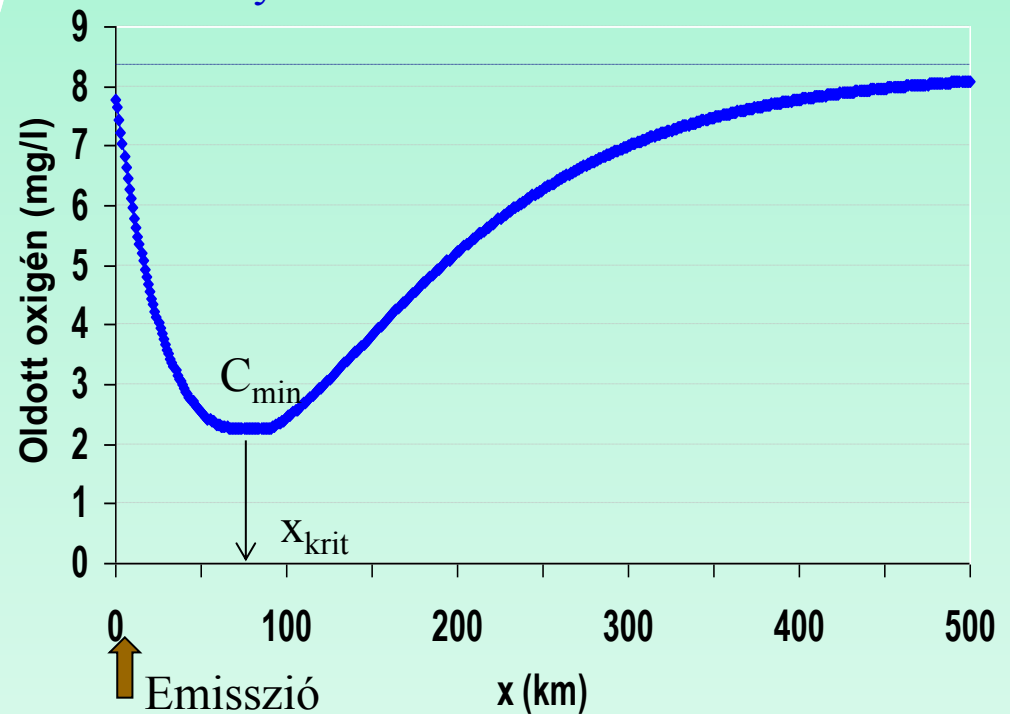
SZERVESANYAG
EMISSION

LÉGKÖRI
 O_2 DIFFÚZIÓ

Streeter & Phelps
(1925-ben az Ohio folyóra alkalmazott
modell)



Oldott oxigén koncentráció változása a
szennyvízbevezetés alatt:



Koncentráció minimuma → kritikus hely

MÉRLEG



Oldott oxigén egyenlet:

$$V \frac{dC}{dt} = BE - KI + O_2 \text{diff} - C \text{ lebomlás} - \text{Nitrifikáció} - \text{Üledék} + \text{fotoszintézis} - \text{légzés}$$

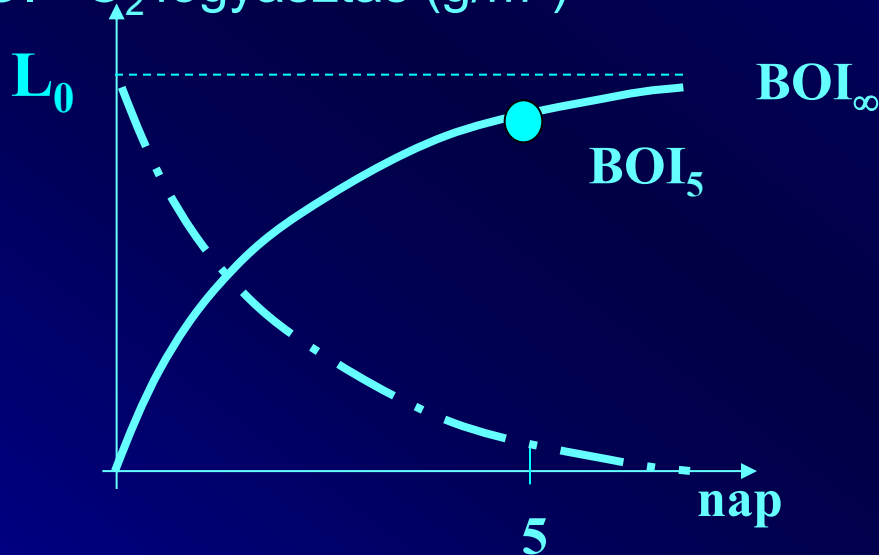
Szerves szén lebontása

BOI: 1 g szerves szén lebontásához 2.7 g O₂ szükséges)



L – (maradék) oxigén igény (g/m³)

BOI - O₂ fogyasztás (g/m³)



Lebomlás egyenlete (L-re)

1. rendű kinetika:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad k_1 - \text{lebomlási tényező (1/nap)}$$

$$t = 0 \quad L_0 = BOI_{\infty}$$

$$L(t) = L_0 \exp(-k_1 t)$$

$$BOI = L_0 - L_0 \exp(-k_1 t) = L_0 (1 - \exp(-k_1 t))$$

$$BOI_5 = BOI_{\infty} - BOI_{\infty} \exp(-k_1 5) = BOI_{\infty} (1 - \exp(-k_1 5))$$

$$f = \frac{BOI_{\infty}}{BOI_5} = \frac{1}{1 - \exp(-k_1 5)}$$

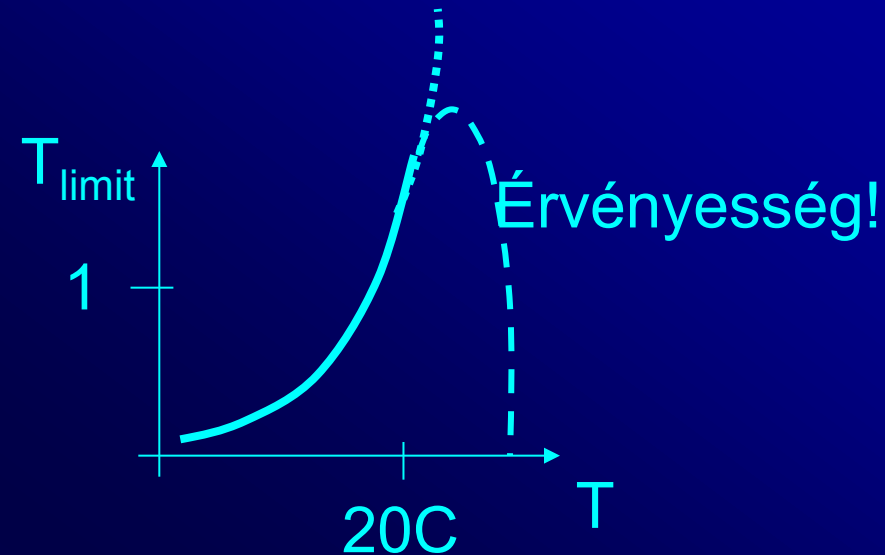
$$BOI_{\infty} = f \cdot BOI_5$$

Lebomlási tényező (k_1)

- Lebontási folyamatok sebességét jelzi, kinetikai paraméter
- Dimenzió: 1/nap
- Hőmérsékletfüggő:

$$k_1(T) = k_1^{T=20C} \cdot \theta^{(T-20)}$$

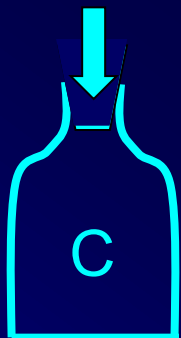
$$\theta = 1.04$$



- Függ a szennyvíztisztítás mértékétől (a gyorsan lebontható szervesanyagok arányától)

Technológia	$k_1(T=20C)$	$f=L_0/BOI_5$
Nincs tisztítás	0.35	1.2
Mechanika	0.2	1.6
Mechanika+kémiai kicsapítás	0.15	2.0
Biológiai tiszt.	0.08	3.2

Oxigén bevitel (légköri diffúzió)



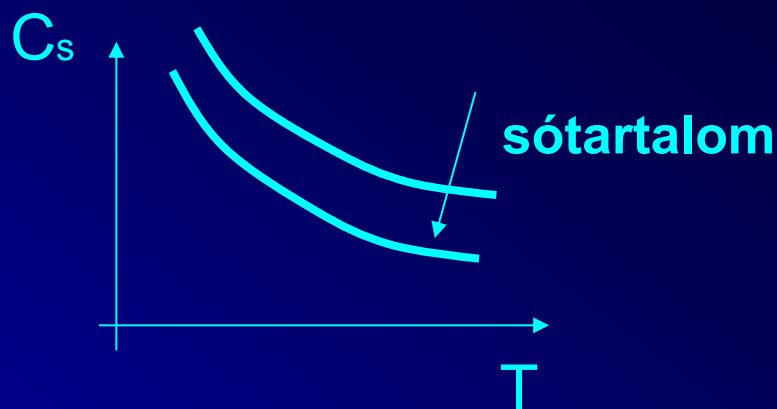
$$C < C_s$$

C_s – telítési koncentráció

Henry törvény: $p = H_e C_s$

p – parciális nyomás

H_e – Henry szám $f(T, P, \text{só tartalom, stb.})$

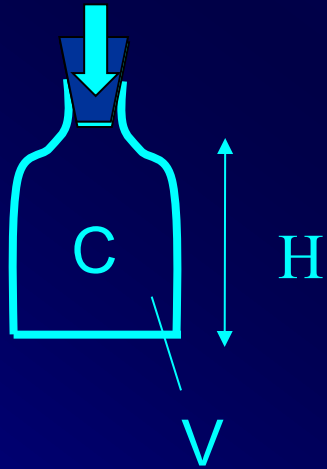


T	C_s (mg/l)
0	14.6
15	10
20	9.2
25	8.4
30	7.6

Közelítés:

$$C_s(T) = 14.62 - 0.404 T + 0.0084 T^2 - 0.00009 T^3$$

Oxigén bevitel (légköri diffúzió) leírása



$$V \frac{dC}{dt} = K_L A (C_s - C) \quad A/V = 1/H$$

K_L - Oxigén átadási tényező (m/nap)

$$\frac{dC}{dt} = k_2 (C_s - C), \quad k_2 = \frac{K_L A}{V}$$

k_2 - Fajlagos oxigén beviteli tény.(1/nap)

Oxigén deficitre: $D = C_s - C$

$$\frac{dD}{dt} = -k_2 D$$

$$D(t) = D_0 \exp(-k_2 t)$$

Oxigén beviteli tényező (k_2)

Empirikusan meghatározható paraméter, függ:

- a vízmélységtől (H)
- az áramlás jellemzőitől: sebesség, turbulencia

$$k_2 = 5.026 \frac{v}{H^{1.67}} \quad (\text{Churchill})$$

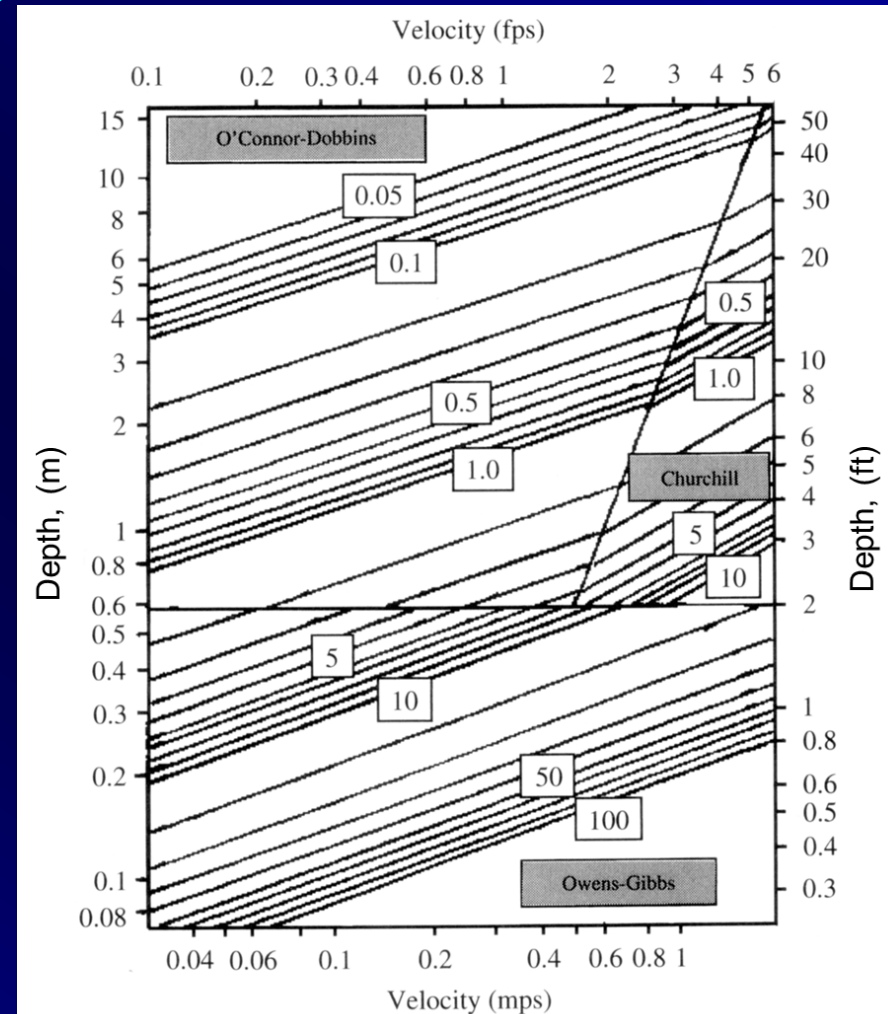
$$k_2 = 3.93 \frac{v^{0.5}}{H^{1.5}} \quad (\text{O'Connor-Dobbins})$$

$$k_2 = 5.32 \frac{v^{0.67}}{H^{1.85}} \quad (\text{Owens-Gibbs})$$

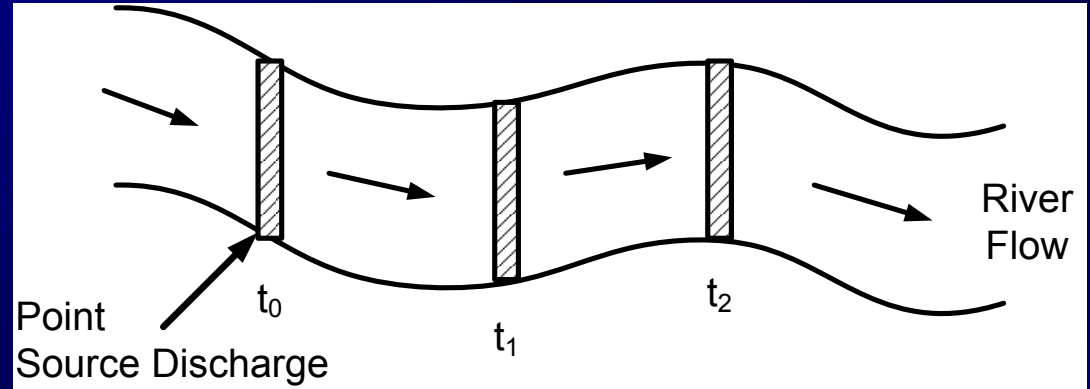
Érvényességi tartomány eltérő!

$$k_2 \cong 0.05 \dots 100 \text{ (1/nap)}$$

Mérés: helyszíni nyomjelzős kísérletek illékony gáz injektálásával (etilén, propán, propilén, kripton)



Alkalmazás folyóra



Feltételek: "plug flow"

- Permanens áramlás: konstans vízhozam, $Q(t)=\text{áll}$
- Időben állandó szennyvízbevezetés,
- A szennyvíz a folyóval elkeveredett (azonnali elkeveredés), 1 D közelítés
- Állandó medergeomertia (konstans sebesség (v_x) és vízmélység (H))

Számolandó az oldott oxigén koncentráció (C) és az oxigénigény (L) folyásirány menti változása a szervesanyag lebontás és az oxigén bevitel egyenleteinek megoldásával

Folyóra

Transzport egyenlet (1D):

$$\cancel{\frac{\partial C}{\partial t}} + v_x \frac{\partial C}{\partial x} - \cancel{D_x^{**}} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \pm R(C)$$



Oxigénigény (L) egyenlete:

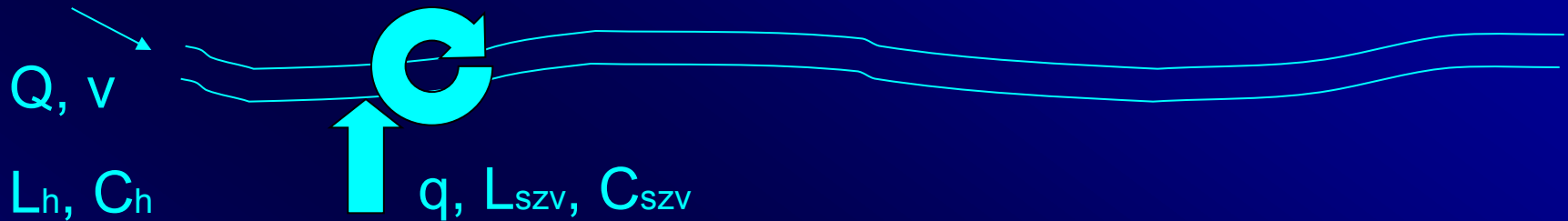
$$v_x \frac{dL}{dx} = -k_1 L \quad L(x) = L_0 \exp\left(-k_1 \frac{x}{v_x}\right)$$

Vagy: $t^* = \frac{x}{v}$ levonulási idő (utazunk a folyón)

$$\frac{dL}{dt^*} = -k_1 L \quad L(t^*) = L_0 \exp(-k_1 t^*)$$

L_0 számítása (1D) azonnali elkeveredés:
$$L_0 = \frac{L_h Q + L_{szv} q}{Q + q}$$

Folyóra



Oldott oxigén (C) egyenlete (inhomogén lineáris diff. egyenlet):

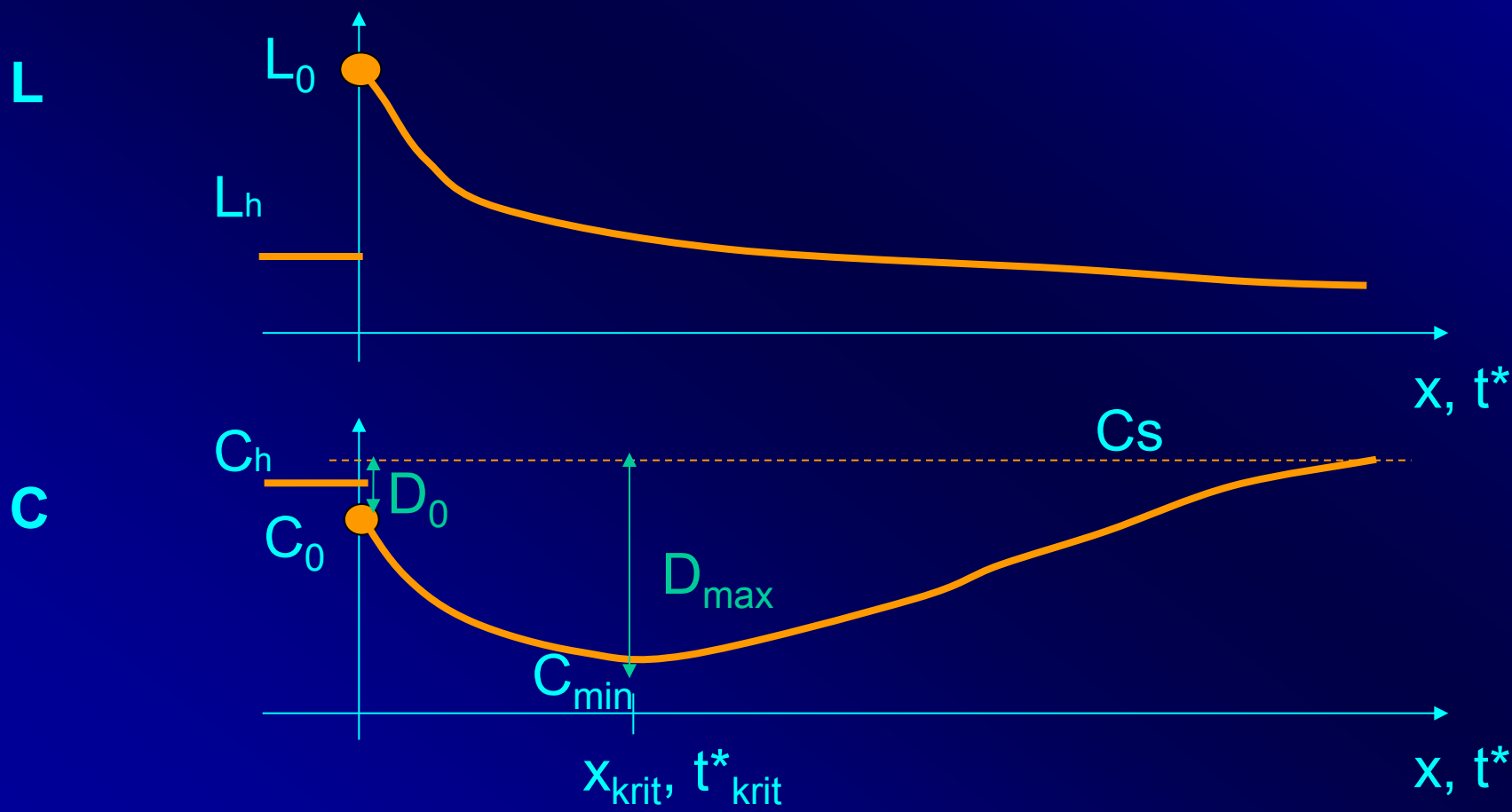
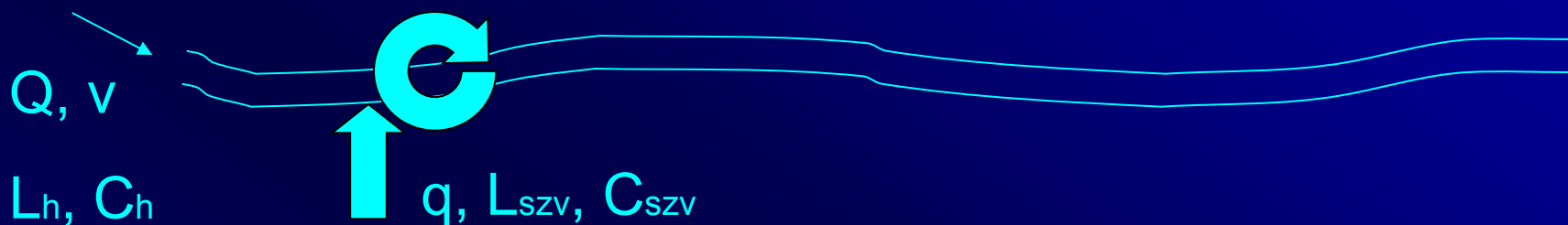
$$v_x \frac{dC}{dx} = k_2(C_s - C) - k_1 L \quad \text{vagy} \quad \frac{dC}{dt^*} = k_2(C_s - C) - k_1 L \quad t^* = \frac{x}{v}$$

Oxigén deficitre felírva: $D = C_s - C$ $\frac{dD}{dt^*} = -k_2 D + k_1 L$

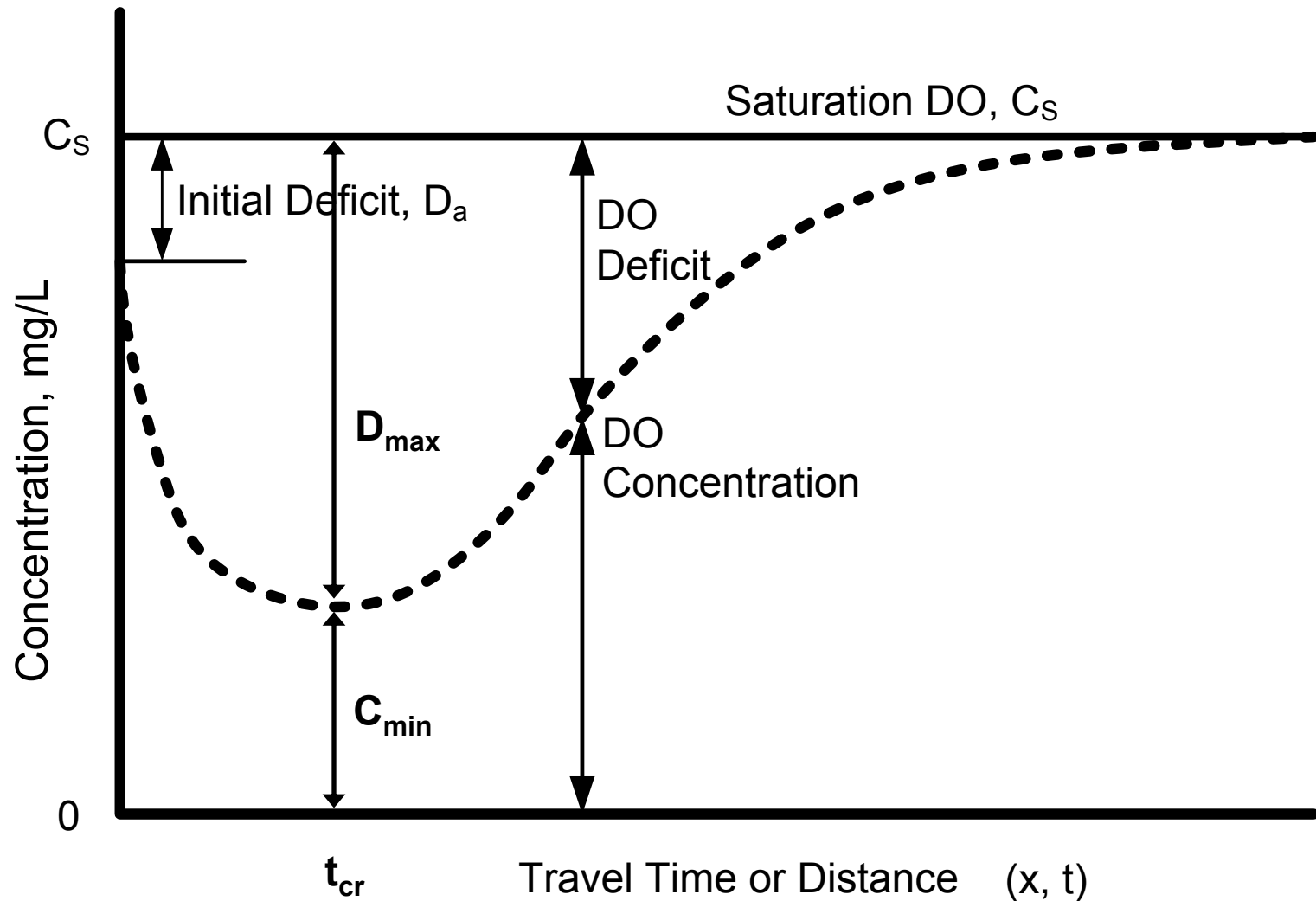
$$D(t^*) = \frac{k_1}{k_2 - k_1} L_0 \{ \exp(-k_1 t^*) - \exp(-k_2 t^*) \} + D_0 \exp(-k_2 t^*)$$

$$C(t^*) = C_s - D(t^*) \quad C_0 = \frac{C_h Q + C_{szv} q}{Q + q} \quad D_0 = C_s - C_0$$

Folyóra



Definitions for the DO Sag Curve



Kritikus hely meghatározása

$$\frac{dD}{dt} = -k_2 D + k_1 L \quad \text{Minimum:} \quad -k_2 D + k_1 L = 0$$

$$t^*_{kr} = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \left[\frac{k_2}{k_1} \left(1 - \frac{D_0(k_2 - k_1)}{L_0 k_1} \right) \right]$$

$$D_{\max} = \frac{k_1}{k_2} L_0 \exp(-k_1 t^*_{kr})$$

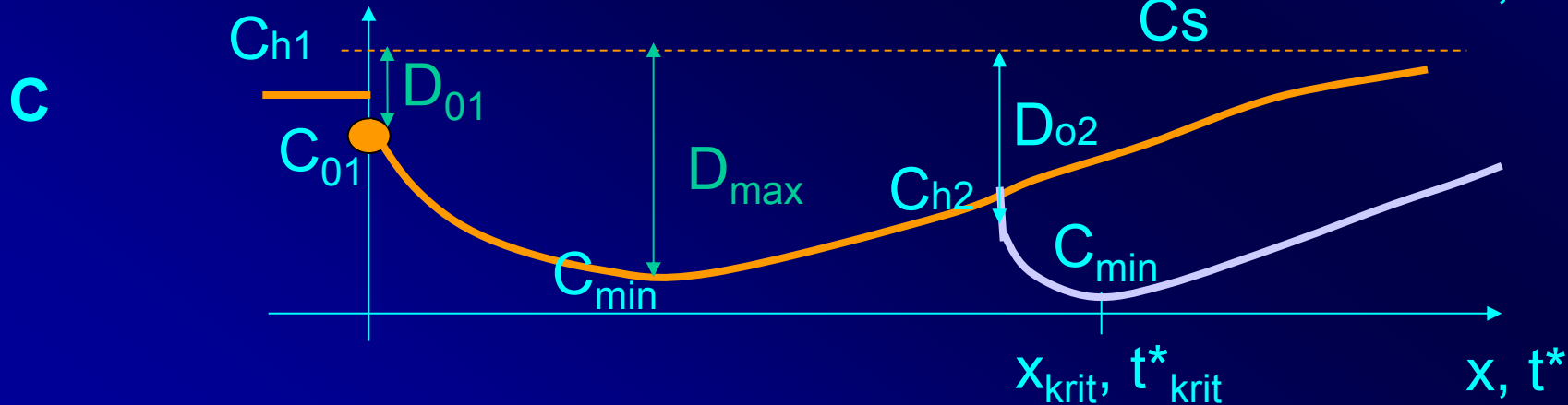
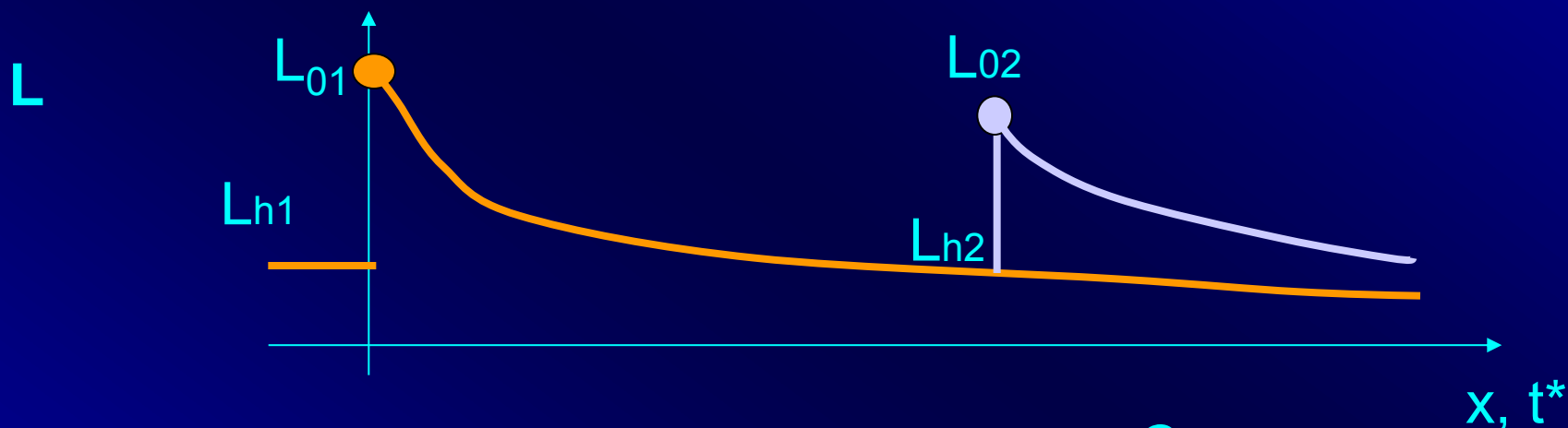
Nagy folyóknál $t^* \approx 1.5 - 2$ nap

Szabályozás: Kritikus helyre előírt célérték (C_{\min}) →
Megengedhető terhelés (L_{szv})

Hígulás a kezdeti értékeket befolyásolja: $L_0, D_0 \rightarrow D_{\max}, C_{\min}$.

Több szennyező esetén szuperponálhatók a hatások.

Több szennyvízbevezetés



Streeter-Phelps (1925) oxigén modell bővítései

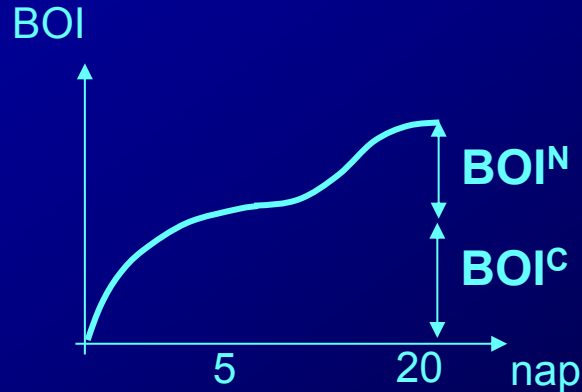
I. $\frac{dL}{dt^*} = -k_1 L$ Oxigénigény egyenlete (L: BOI_∞)

II. $\frac{dC}{dt^*} = k_2(C_s - C) - k_1 L$ Oldott oxigén egyenlete (C: O_2)

További fejlesztések:

1. Nitrifikáció egyszerűsítve
2. Teljes N forgalom
3. Szervesanyag oldott és ülepedő frakciók különválasztása
4. Üledék oxigén igénye
5. Fotoszintézis, légzés (alga, foszfor)
6. Speciális eset: anaerob szakasz számítása

Nitrifikáció egyszerűsítve



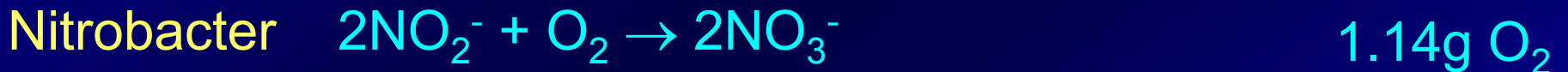
Kjeldahl N (Szerves N + NH_4 -N)

L^N meghatározása: mérésből

Számításból: $L^N = BOI^N = 4.57 \text{ kN}$



Nitrifikáló (aerob autotróf) baktériumok:



Σ : 4.57 g O_2

Feltételek:

- Lúgos környezet ($pH > 6$),
- Oxigén jelenléte, oldott oxigén $> 1\text{-}2 \text{ mg/l}$,
- Toxikus anyagok gátolják!
- Hőmérsékletfüggő

$$\frac{dL^N}{dt} = -k_N L^N$$

Legegyszerűbb leírás: $L = BOI^C + BOI^N = f BOI_5 + 4,57 \text{ kN}$

Nitrifikáció a teljes N forgalom leírásával

Nitrogén formák (modell változók):

N1 – szerves N,

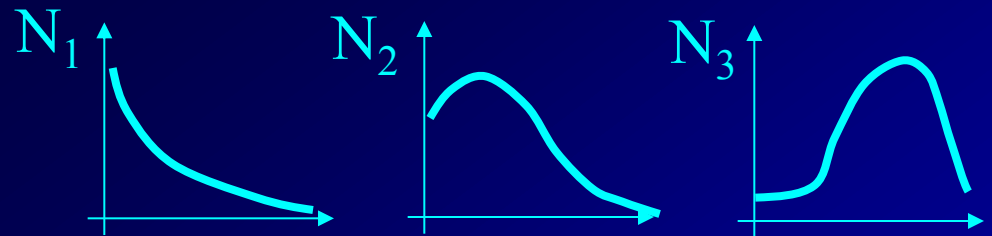
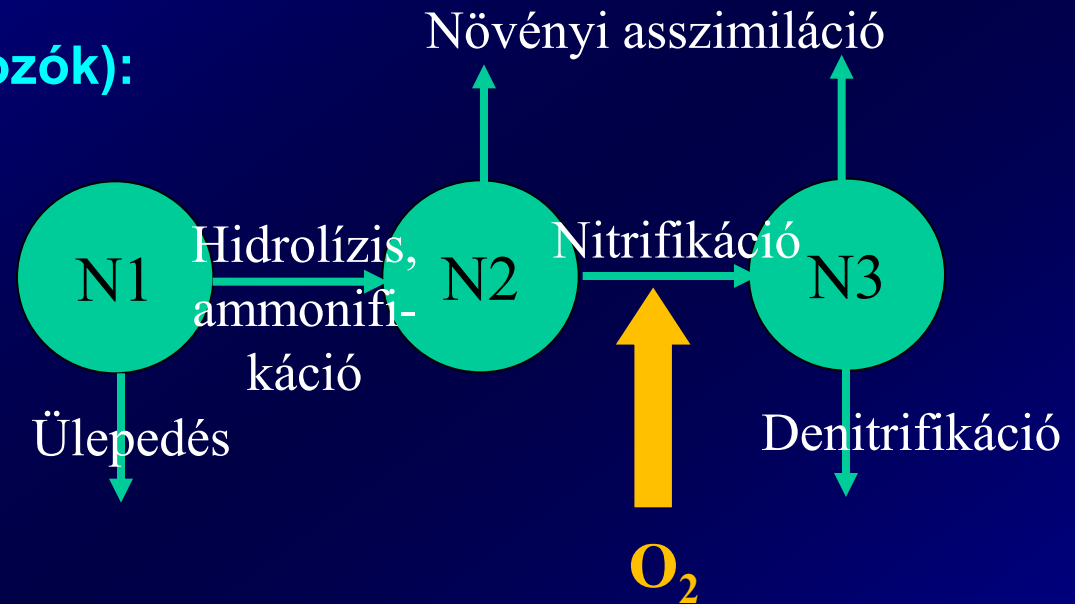
N2 – NH₄-N

N3 – NO₂-N, NO₃-N

$$\frac{dN_1}{dt} = -(k_{\text{ülep}} + k_{\text{ammon}})N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = k_{\text{ammon}}N_1 - (k_{\text{nitrif}} + k_{\text{asszim}})N_2$$

$$\frac{dN_3}{dt} = k_{\text{nitrif}}N_2 - (k_{\text{asszim}} + k_{\text{denitr}})N_3$$



Oldott O₂ egyenlet a nitrifikációval kibővítve:

$$\frac{dC}{dt} = k_2(C_s - C) - k_1L - k_{\text{nitrif}} 4,57 N_2$$

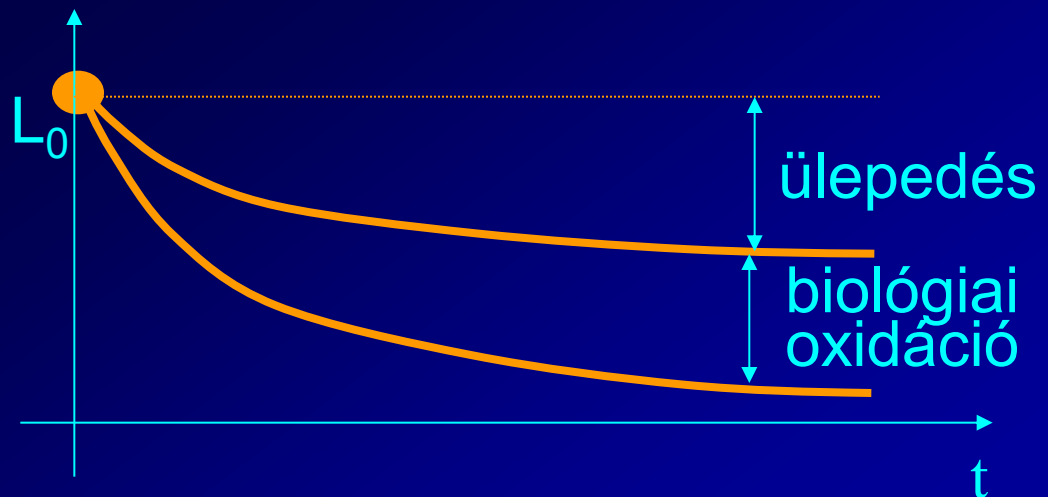
Szervesanyag oldott és ülepedő frakciók különválasztása

$$L_p = f_p L \quad \text{partikulált}$$

$$L_d = f_d L \quad \text{oldott}$$

$$V \frac{dL}{dt} = -v_s A L_p - V k_1' L_d = -(v_s A f_p + k_1' V f_d) L$$

$$k_1 = v_s \frac{A}{V} f_p + k_1' f_d = k_p + k_d \quad L = L_0 \exp(-(k_p + k_d)t)$$



Üledék oxigén igénye „SOD”

Forrása: szennyvíz ülepedő részecskéi, elhalt növények, falevelek felhalmozódása, alga ülepedés

Magas szervesanyag tartalmú üledék (iszap):

- felső részében aerob, alsó részében anaerob lebomlási folyamatok → oxigén elvonása a vízből
- lebomlás → CO_2 , CH_4 , H_2S képződés
- gázképződés → felszálló buborékok, iszap flotációja

Közelítés: konstans megoszló terhelésként, S ($\text{g O}_2 / \text{m}^2, \text{nap}$)

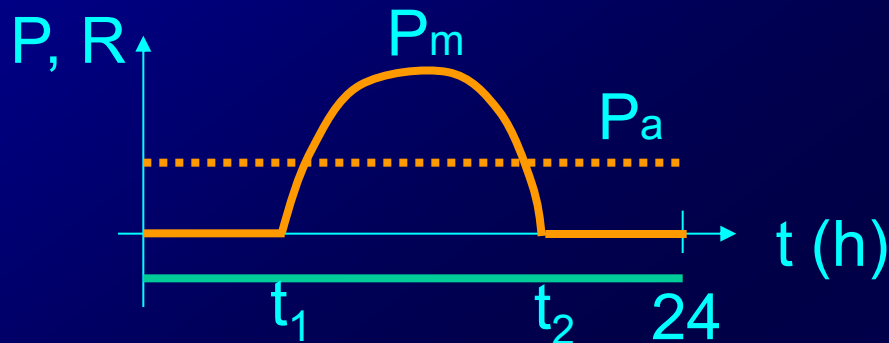
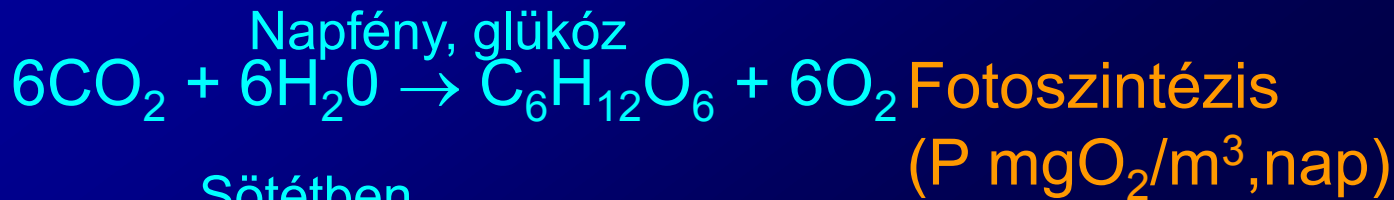
Oldott O_2 egyenlet bővítve:

$$V \frac{dC}{dt} = -A S + V k_2 (C_s - C)$$

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{S}{H} + k_2 (C_s - C)$$

Üledék	S ($\text{gO}_2/\text{m}^2, \text{nap}$)
Települési szennyvíz(iszap) bevezetés környezetében	2-100 (4)
Szennyvízbevezetés alatti szakaszon	1-2 (1.5)
Homokos üledék	0.2-1 (0.5)
Árapályos folyamtorlati iszap	0.05-0.1 (0.07)

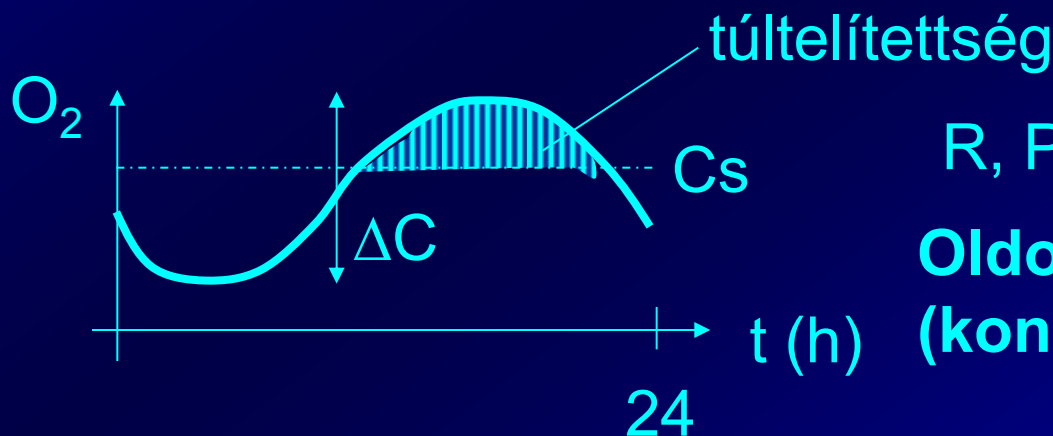
Fotoszintézis, légzés



Napi átlagos O₂ termelés
 P_m méréseiből:

$$P_a = \frac{2f}{\pi H} P_m \quad f = \frac{t_2 - t_1}{24}$$

fotoperiódus



R, P számításból: alga egyenlet

Oldott O₂ egyenletben

(konstans P_a, R): $\frac{dC}{dt} = P_a - R$

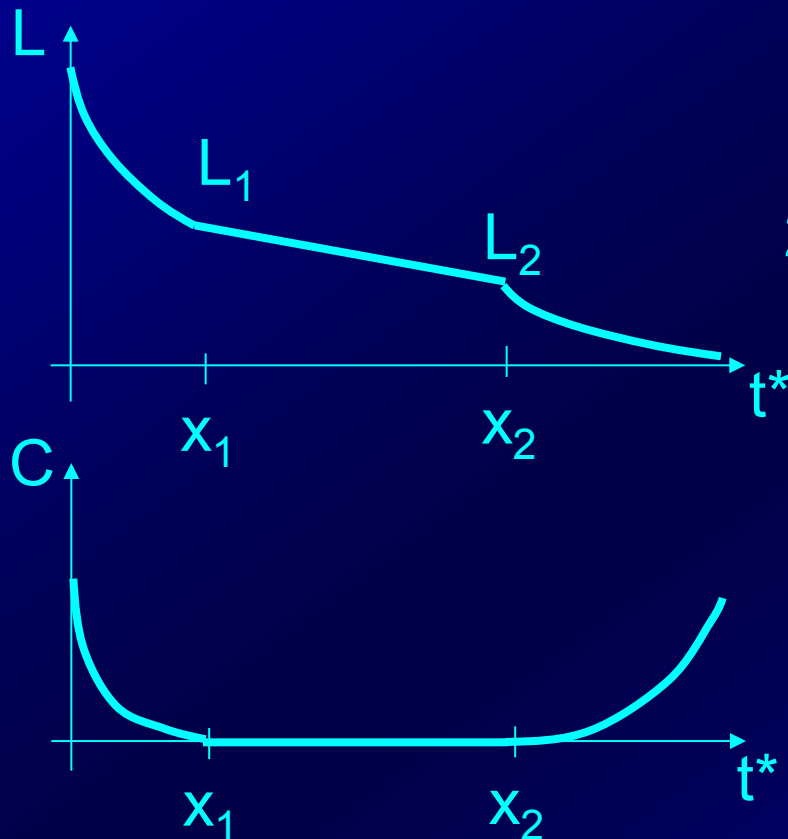
Oxigén vonal (összes oldott oxigén deficit) számítása

$D(t^*) = D_0 \exp(-k_2 t^*) +$	Deficit kezdeti értéke
$+ L_0 \frac{k_1}{k_2 - k_1} (\exp(-k_1 t^*) - \exp(-k_2 t^*)) +$	Szerves C lebontás
$+ L_0^N \frac{k_N}{k_2 - k_N} (\exp(-k_N t^*) - \exp(-k_2 t^*)) +$	Nitrifikáció
$+ \frac{S}{Hk_2} (1 - \exp(-k_2 t^*)) +$	Üledék oxigén igénye
$- \frac{Pa}{k_2} (1 - \exp(-k_2 t^*)) +$	Fotoszintézis
$+ \frac{R}{k_2} (1 - \exp(-k_2 t^*))$	Vízinövényzet légzése

Anaerob szakasz számítása

Nagy
terhelés

→ Időszakos vagy állandósult anaerob állapot
Anaerob lebomlás, gázképződés, fémek
visszaoldódása



1. Anaerob szakasz kezdete: x_1 ($C=0$)

$$\frac{dC}{dt^*} = k_2(C_s - C) - k_1L \quad \frac{dL}{dt^*} = -k_1L$$

2. Anaerob szakasz:

$$\frac{dL}{dt^*} = -k_2(C_s - C) = -k_2C_s \quad (C = 0)$$

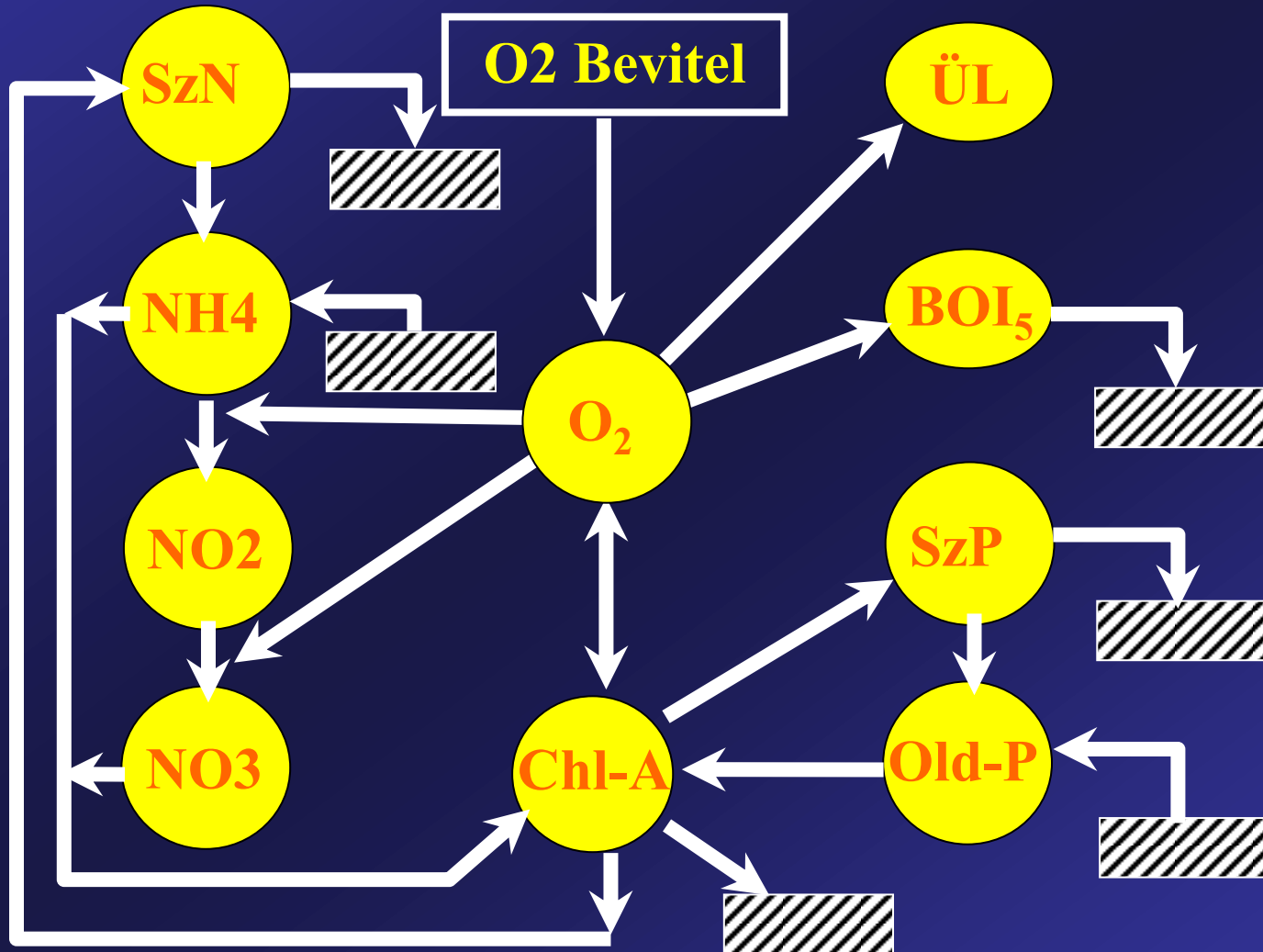
$$L = L_1 - k_2C_s \frac{x - x_1}{v}$$

3. Anaerob szakasz vége:

$$x_2 \quad \frac{dL}{dt^*} = -k_1L_2 = -k_2C_s \quad L_2 = \frac{k_2}{k_1}C_s$$

$$x_2 = x_1 + \frac{v}{k_1} \left(\frac{L_1k_1 - k_2C_s}{k_2C_s} \right)$$

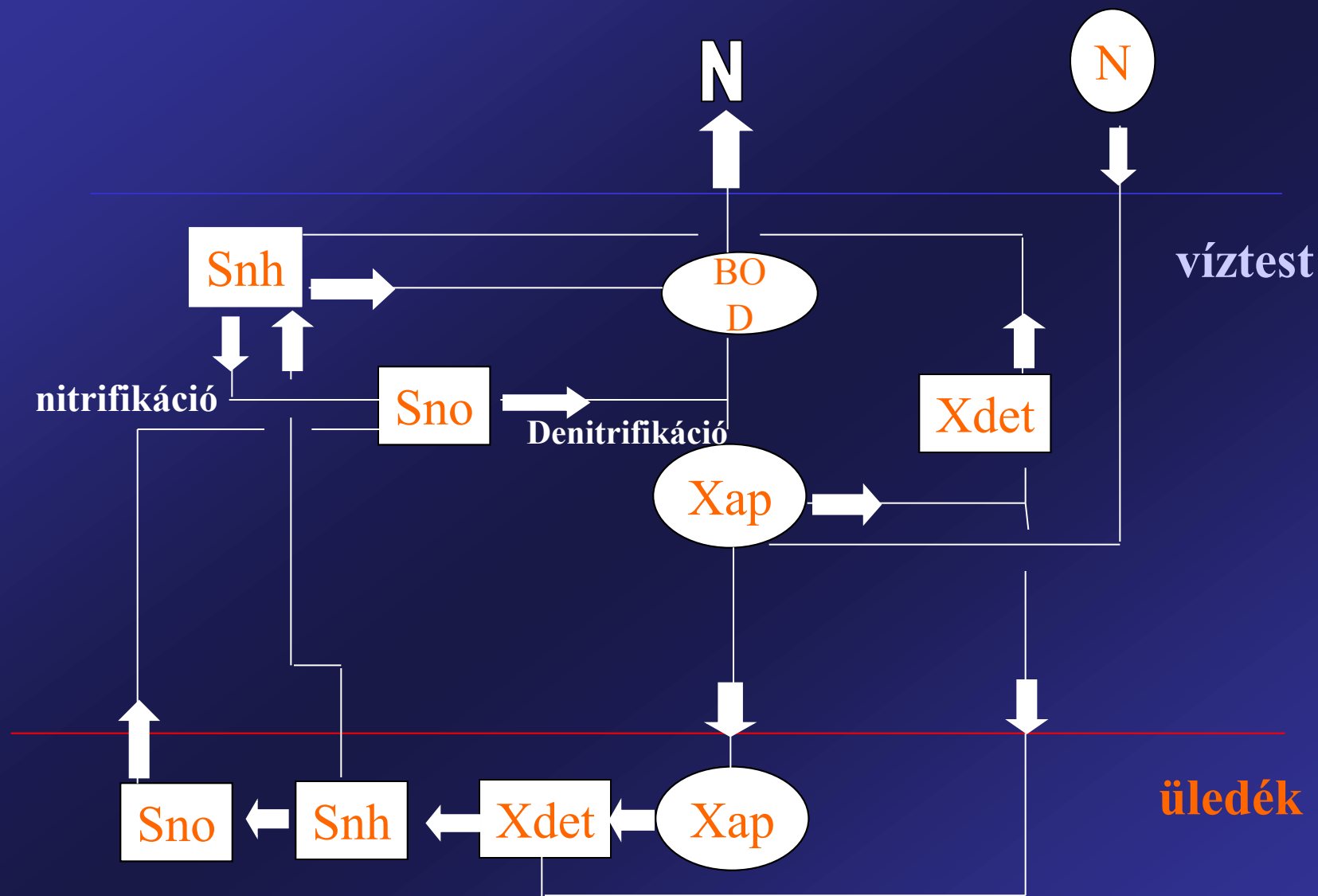
Az oxigén háztartás modellezése folyókban: QUAL2



QUAL 2E REAKCIÓ MÁTRIX

	Component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Process rate
	Process	DO	BOD	ABM	ORG-N	NH ₄	NO ₂	NO ₃	ORG-P	DIS-P	[ML ⁻³ ·T ⁻¹]
1	Reaeration	1									$K_2 \cdot (DO_{sat} - DO)$
2	Biodegradation	-1	-1								$K_1 \cdot BOD$
3	BOD sedimentation		-1								$K_3 \cdot BOD$
4	Sediment DO demand	-1									K_4/d
5	Photosynthesis	α_3		1		$-0.07 \cdot F_{NH_4}$		$-0.07 \cdot (1 - F_{NH_4})$		-0.01	$\mu_{max} \cdot ABM \cdot f(L, N, P)$
6	Respiration	$-\alpha_4$		-1	0.07				0.01		$\rho \cdot ABM$
7	Algae sedimentation			-1							$\sigma_1/d \cdot ABM$
8	Nitrogen Hydrolysis				-1	1					$\beta_3 \cdot ORG-N$
9	Nitrification 1st step	-3.43				-1	1				$\beta_1 \cdot NH_4 \cdot f(nitr)$
10	Nitrification 2nd step	-1.14					-1	1			$\beta_2 \cdot NO_2 \cdot f(nitr)$
11	N sedimentation				-1						$\sigma_4 \cdot NH_4$
12	N sediment release					1					σ_3/d
13	P hydrolysis								-1	1	$\beta_4 \cdot ORG-P$
14	P sedimentation								-1		$\sigma_5 \cdot ORG-P$
15	P sediment release									1	σ_2/d

IAWQ (IWA) vízminőségi modell



IAWQ MODELL: REAKCIÓMÁTRIX

Component	→	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
<i>j</i>	Process ↓	S_S	S_i	S_{NH_4}	S_{NO_2}	S_{NO_3}	S_{HPO_4}	S_{O_2}	S_{CO_2}	S_{HCO_3}	S_H	X_H	X_{NI}	X_{N2}	X_{ALG}	X_{CON}	X_S	X_i	X_P
(1a)	Aerobic Growth of Heterotrophs with NH_4	-		?			?	-	+		?	1							
(1b)	Aerobic Growth of Heterotrophs with NO_3	-				-	?	-	+		?	1							
(2)	Aerobic Respiration of Heterotrophs			+			+	-	+		-	-1						+	
(3a)	Anoxic Growth of Heterotrophs with NO_3	-			+	-	?		+		?	1							
(3b)	Anoxic Growth of Heterotrophs with NO_2	-			-		?		+		?	1							
(4)	Anoxic Respiration of Heterotrophs			+		-	+		+		-	-1						+	
(5)	Growth of 1st-stage Nitrifiers			-	+		-	-	-		+		1						
(6)	Aerobic Respiration of 1st-stage Nitrifiers			+			+	-	+		-		-1					+	
(7)	Growth of 2nd-stage Nitrifiers				-	+	-	-	-		-			1					
(8)	Aerobic Respiration of 2nd-stage Nitrifiers			+			+	-	+		-			-1				+	
(9a)	Growth of Algae with NH_4			-			-	+	-		-				1				
(9b)	Growth of Algae with NO_3					-	-	+	-		-				1				
(10)	Aerobic Respiration of Algae			+			+	-	+		-				-1			+	
(11)	Death of Algae			(+)			(+)	(+)	?		?				-1		+	+	
(12a)	Growth of Consumers on Algae			(+)			(+)	-	?		?				-	1	+		
(12b)	Growth of Consumers on Particulate Organic Matter			(+)			(+)	-	?		?					1	-		
(13)	Aerobic Respiration of Consumers			+			+	-	+		-					-1		+	
(14)	Death of Consumers			(+)			(+)	(+)	?		?					-1	+	+	
(15)	Hydrolysis	+		(+)			(+)	(+)	?		?						-1		
(16)	Carbonate equilibrium								1	-1	+								
(17)	Adsorption of Phosphate						-1												1
(18)	Desorption of Phosphate						1												-1
		Rapidly biodegradable substrate	Inert dissolved organic matter	$NH_4^+ + NH_3$ nitrogen	Nitrile nitrogen	Nitrate nitrogen	Dissolved inorganic phosphorus	Dissolved oxygen	Dissolved carbon dioxide	Bicarbonate ion	Hydrogen ion	Heterotrophic bacteria	1st-stage nitrifying bacteria	2nd-stage nitrifying bacteria	Algae	Consumers	Slowly biodegradable particulate matter	Inert particulate organic matter	Adsorbed phosphorus

Process	Rate
Aerobic Growth of Heterotrophs with NH ₄	$f_{NH_4} \mu_{H, aer, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{S_S}{K_{H, aer, S} + S_S} \frac{S_{O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} \left[\frac{S_{NH_4} + S_{NO_3}}{K_{H, aer, N} + S_{NH_4} + S_{NO_3}} \right] \left[\frac{S_{HPO_4}}{K_{H, aer, HPO_4} + S_{HPO_4}} \right] X_H$
Aerobic Growth of Heterotrophs with NO ₃	$(1 - f_{NH_4}) \mu_{H, aer, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{S_S}{K_{H, aer, S} + S_S} \frac{S_{O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} \left[\frac{S_{NH_4} + S_{NO_3}}{K_{H, aer, N} + S_{NH_4} + S_{NO_3}} \right] \left[\frac{S_{HPO_4}}{K_{H, aer, HPO_4} + S_{HPO_4}} \right] X_H$
Aerobic Respiration of Heterotrophs	$k_{H, aer, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} X_H$
Anoxic Growth of Heterotrophs with NO ₃	$\mu_{H, anox, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{S_S}{K_{H, anox, S} + S_S} \frac{K_{H, aer, O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NO_3}}{K_{H, anox, NO_3} + S_{NO_3}} \frac{K_{H, anox, NO_2}}{K_{H, anox, NO_2} + S_{NO_2}} \left[\frac{S_{HPO_4}}{K_{H, anox, HPO_4} + S_{HPO_4}} \right] X_H$
Anoxic Growth of Heterotrophs with NO ₂	$\mu_{H, anox, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{S_S}{K_{H, anox, S} + S_S} \frac{K_{H, aer, O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NO_2}}{K_{H, anox, NO_2} + S_{NO_2}} \left[\frac{S_{HPO_4}}{K_{H, anox, HPO_4} + S_{HPO_4}} \right] X_H$
Anoxic Respiration of Heterotrophs	$k_{H, anox, 0} \exp(\beta_H (T - T_0)) \frac{K_{H, aer, O_2}}{K_{H, aer, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NO_3}}{K_{H, anox, NO_3} + S_{NO_3}} X_H$
Growth of 1 st -stage Nitrifiers	$\mu_{N1, 0} \exp(\beta_{N1} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{N1, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH_4}}{K_{N1, NH_4} + S_{NH_4}} \frac{S_{HPO_4}}{K_{N1, HPO_4} + S_{HPO_4}} X_{N1}$
Aerobic Respiration of 1 st stage Nitrifiers	$k_{N1, 0} \exp(\beta_{N1} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{N1, O_2} + S_{O_2}} X_{N1}$
Growth of 2 nd stage nitrifiers	$\mu_{N2, 0} \exp(\beta_{N2} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{N2, aer, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NO_2}}{K_{N2, NO_2} + S_{NO_2}} \frac{S_{HPO_4}}{K_{N2, HPO_4} + S_{HPO_4}} X_{N2}$
Aerobic Respiration of 2 nd stage Nitrifiers	$k_{N2, 0} \exp(\beta_{N2} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{N2, O_2} + S_{O_2}} X_{N2}$
Growth of Algae with NH ₄	$g_{NH_4} \mu_{ALG, 0} \exp(\beta_{ALG} (T - T_0)) \frac{S_{NH_4} + S_{NO_3}}{K_{ALG, N} + S_{NH_4} + S_{NO_3}} \frac{S_{HPO_4}}{K_{ALG, HPO_4} + S_{HPO_4}} \frac{I}{K_I + I} X_{ALG}$
Growth of Algae with NO ₃	$(1 - g_{NH_4}) \mu_{ALG, 0} \exp(\beta_{ALG} (T - T_0)) \frac{S_{NH_4} + S_{NO_3}}{K_{ALG, N} + S_{NH_4} + S_{NO_3}} \frac{S_{HPO_4}}{K_{ALG, HPO_4} + S_{HPO_4}} \frac{I}{K_I + I} X_{ALG}$
Aerobic Respiration of Algae	$k_{ALG, 0} \exp(\beta_{ALG} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{ALG, O_2} + S_{O_2}} X_{ALG}$
Death of Algae	$b_{ALG, 0} \exp(\beta_{ALG} (T - T_0)) X_{ALG}$
Growth of Consumers on Algae	$\mu_{CON, 0} \exp(\beta_{CON} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{CON, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{ALG}}{K_{CON, ALG} + S_{ALG} + S_S} X_{ALG}$
Growth of Consumers on Part. Org. Matter	$\mu_{CON, 0} \exp(\beta_{CON} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{CON, O_2} + S_{O_2}} \frac{S_S}{K_{CON, ALG} + S_{ALG} + S_S} X_{ALG}$
Aerobic Respiration of Consumers	$k_{CON, 0} \exp(\beta_{CON} (T - T_0)) \frac{S_{O_2}}{K_{CON, O_2} + S_{O_2}} X_{CON}$
Death of Consumers	$b_{CON, 0} \exp(\beta_{CON} (T - T_0)) X_{CON}$
Hydrolysis	$k_{HYD} X_S$
Carbonate Equilibrium	$k_{CO_2} (S_H S_{HCO_3} - K_{H_2CO_3} S_{CO_2})$
Adsorption of Phosphorus	$k_{HPO_4} S_{HPO_4}$
Desorption of Phosphorus	$k_p X_p$

REAKCIÓEGYENLETEK

Példa: Szennyvízbevezetés hatása a befogadó oldott oxigén koncentrációjára (1 D, permanens)

Települési szennyvíz jellemzői:

LE = 120 000 fő

BOI₅ koncentráció: 600 mg/l

Kjeldahl N: $120 \cdot 4.57 = 548$ mg/l

$q = 120\,000 \cdot 0.1 = 12000$ m³/nap = 0.14 m³/s

Befogadó vízfolyás jellemzői:

Háttér koncentrációk: $L_h = 5$ mg/l, $C_h = 8$ mg/l

$T = 25$ C, $v = 0.5$ m/s, $Q = 15$ m³/s, $C_s = 8.4$ mg/l

$k_1 = 0.42$ 1/nap, $k_2 = 0.7$ 1/nap

Kezdeti értékek:

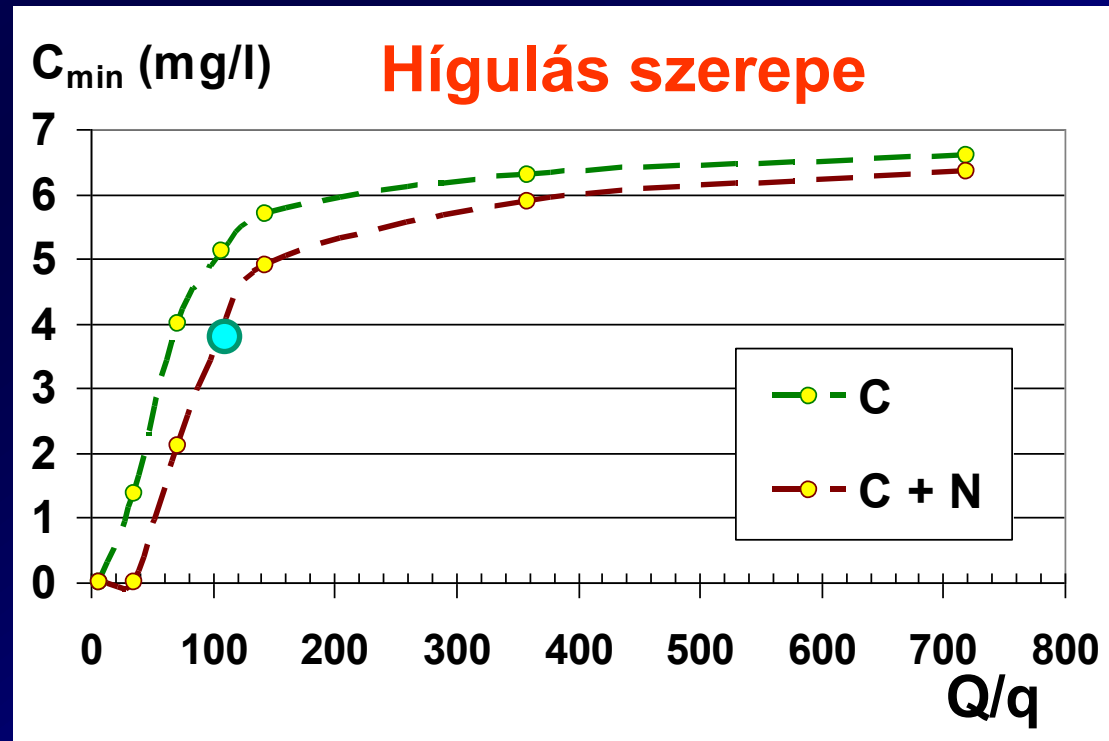
$L_0 = 16.6$ mg/l, $D_0 = 0.47$ mg/l

Kritikus hely:

$t_{krit} = 1.9$ nap, $x_{krit} = 82$ km

$C_{min} = 3.6$ mg/l

Hígulás: $Q/q = 107$

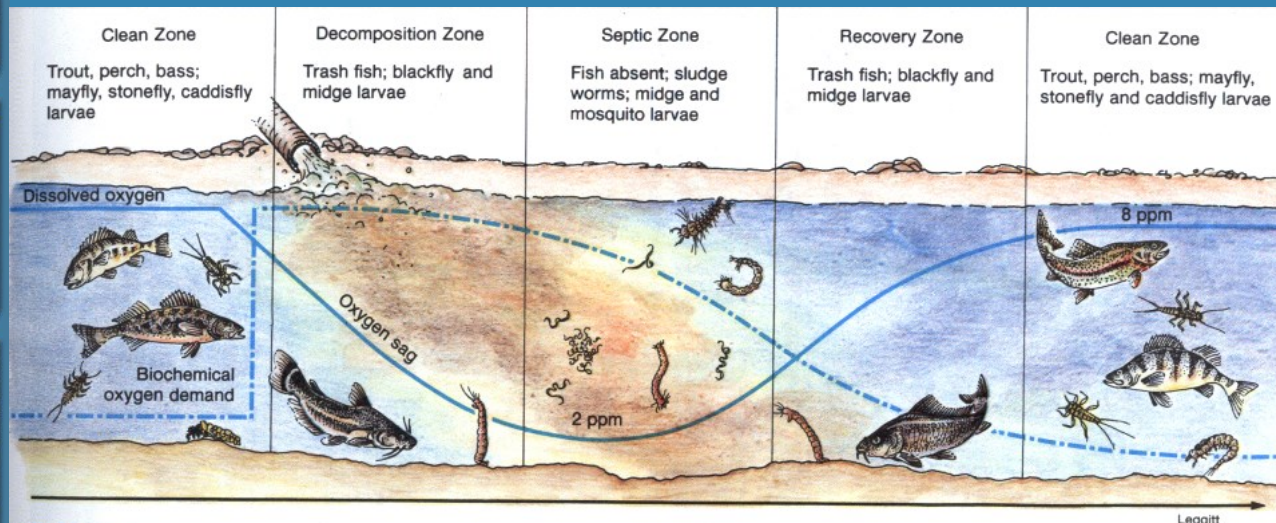
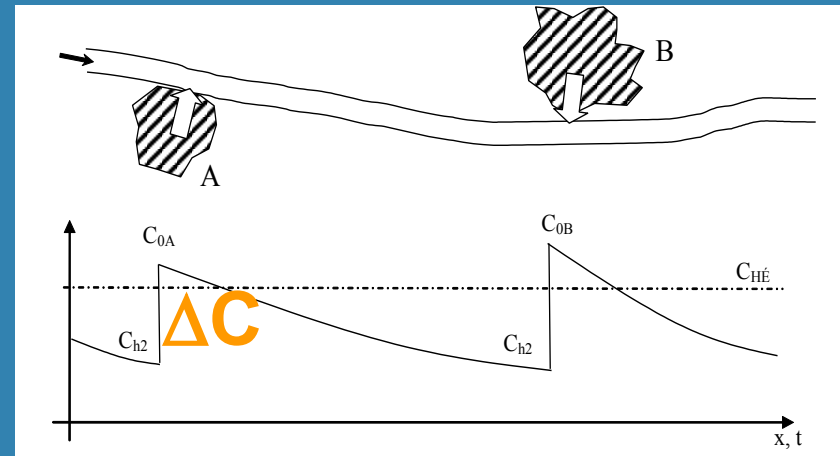


Vízminőségi hatások különböző hígulási viszonyok esetén

$$\Delta C = f(Q/q)$$



Hígulási arány
(Dilution)



DO sag:
Streeter &
Phelps
(1925)

Exit Model Data model/plot ->clipboard action VARIABLE

INPUT/OUTPUT ON GRID



zoom out zoom in style save show tools

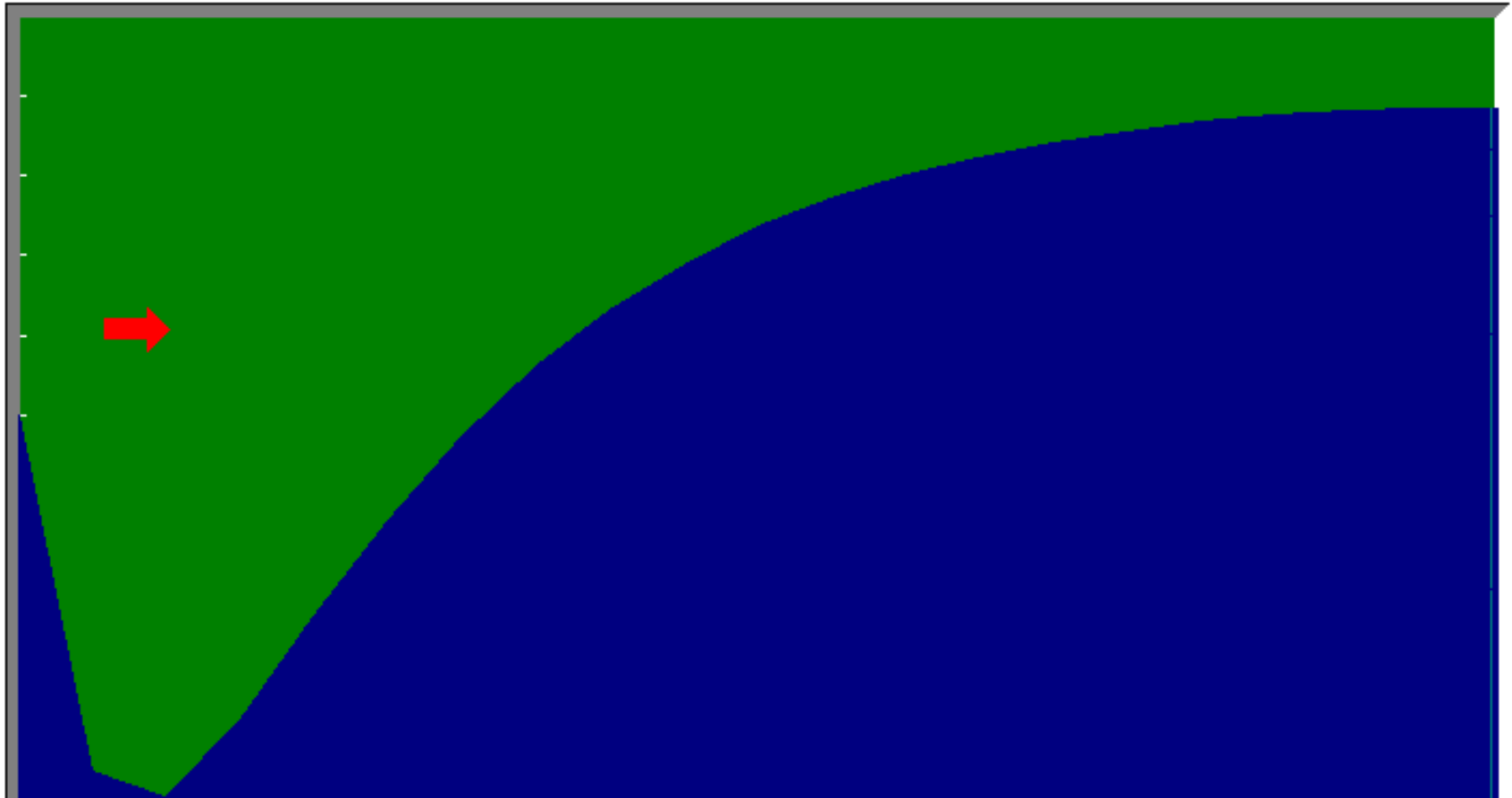
return to main



221 45

data input

Q=.05 t=20.00 R=100.0p=1.0



select from menu...

Exit Model Data model/plot ->clipboard action VARIABLE

INPUT/OUTPUT ON GRID

zoom out zoom in style save show tools

return to main

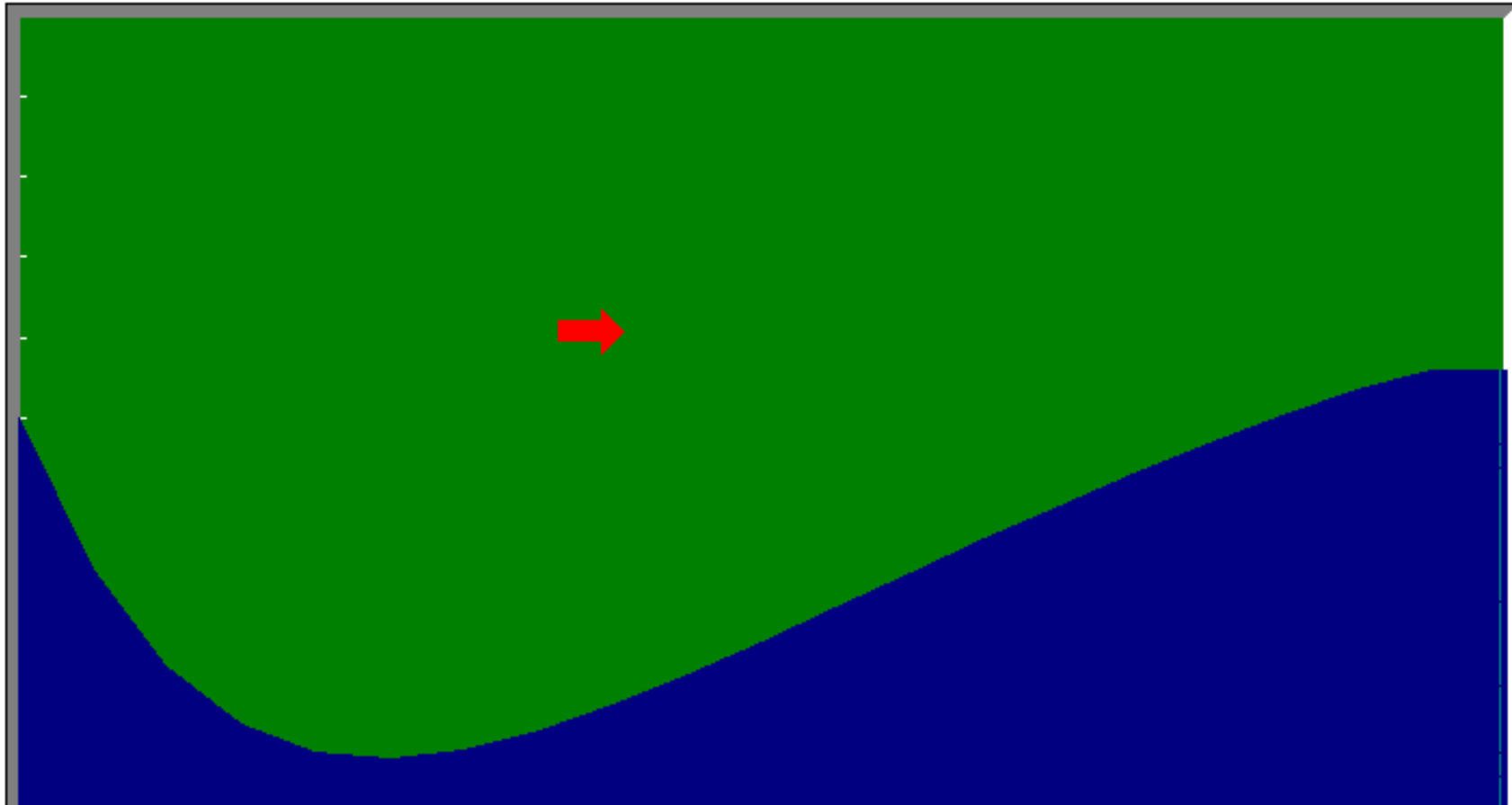


11

35

data input

Q=.58 t=20.00 R=100.0p=1.0



select from menu...

Exit Model Data model/plot ->clipboard action VARIABLE

INPUT/OUTPUT ON GRID

zoom out zoom in style save show tools

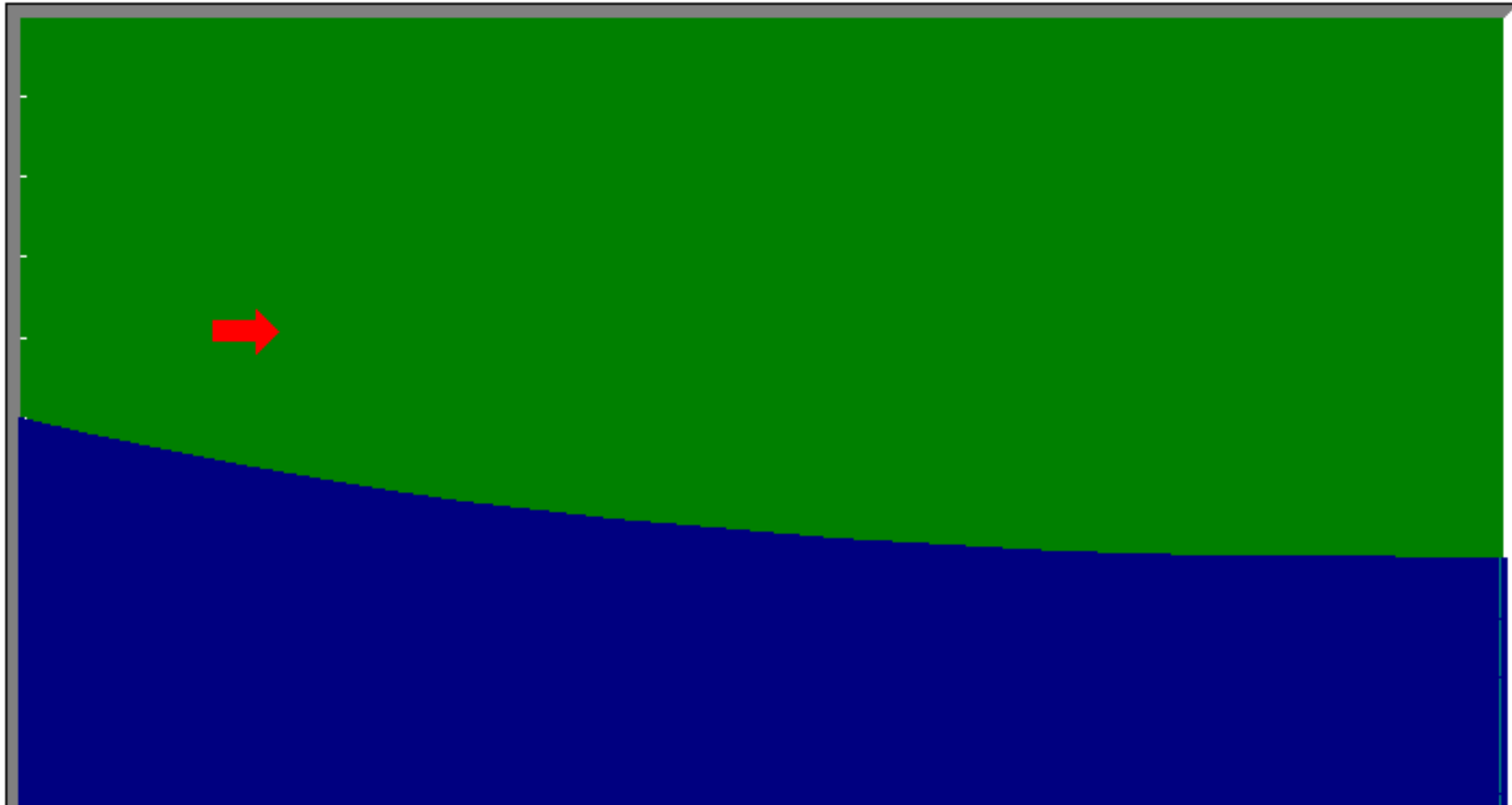
return to main



13 4

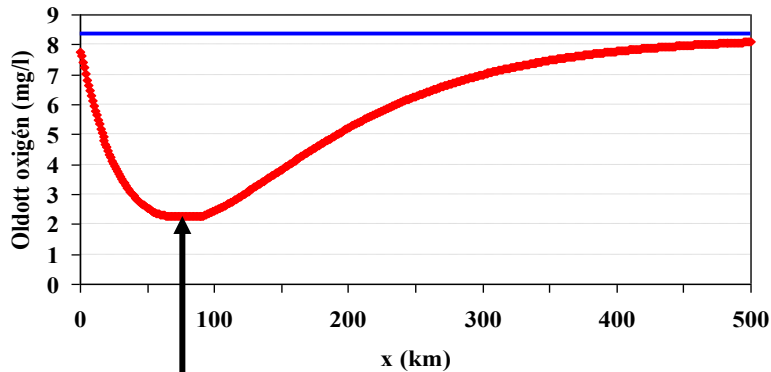
data input

Q=5.16 t=20.00 R=100.0p=1.0



select from menu...

Vízminőségi hatások különböző hígulási viszonyok esetén



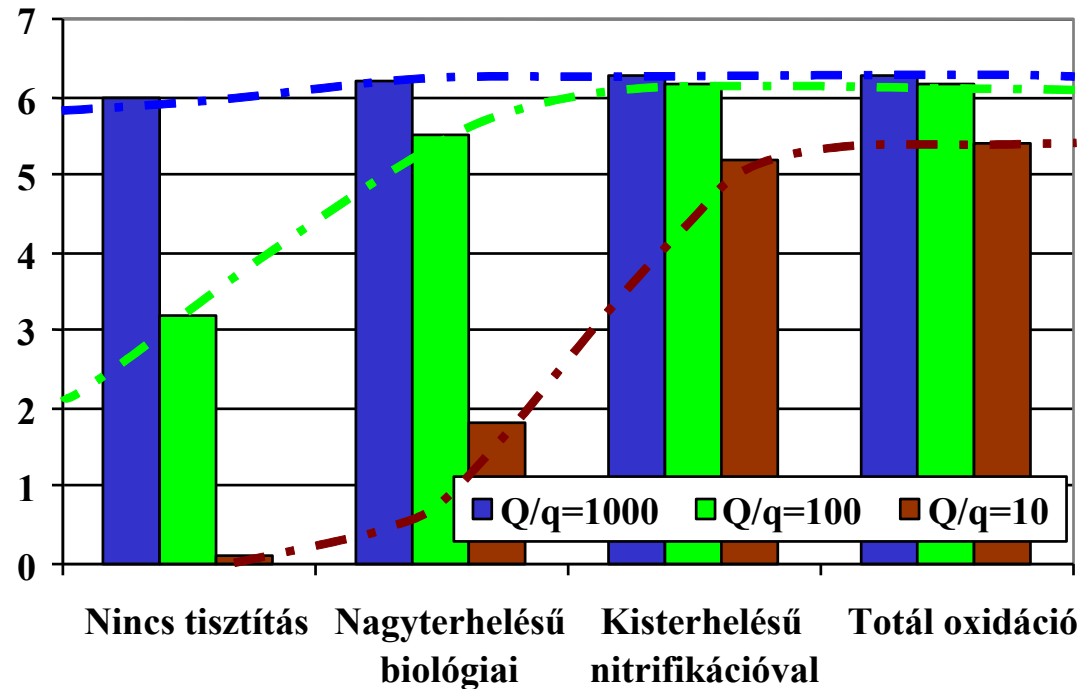
Szerves (szennyvíz) terhelés hatása az oldott oxigén koncentrációra

Kritikus hely

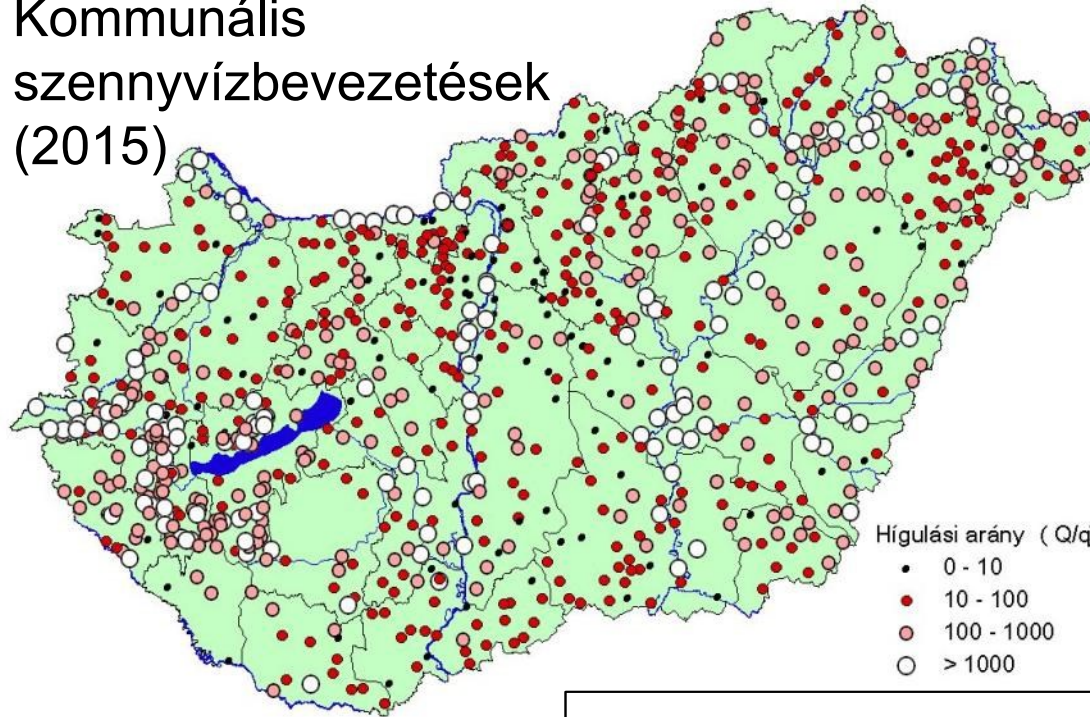
$$C_{min} = f(Q/q)$$

Hígulási arány
(Dilution)

Oldott oxigén szint a kritikus helyen (mg/l)



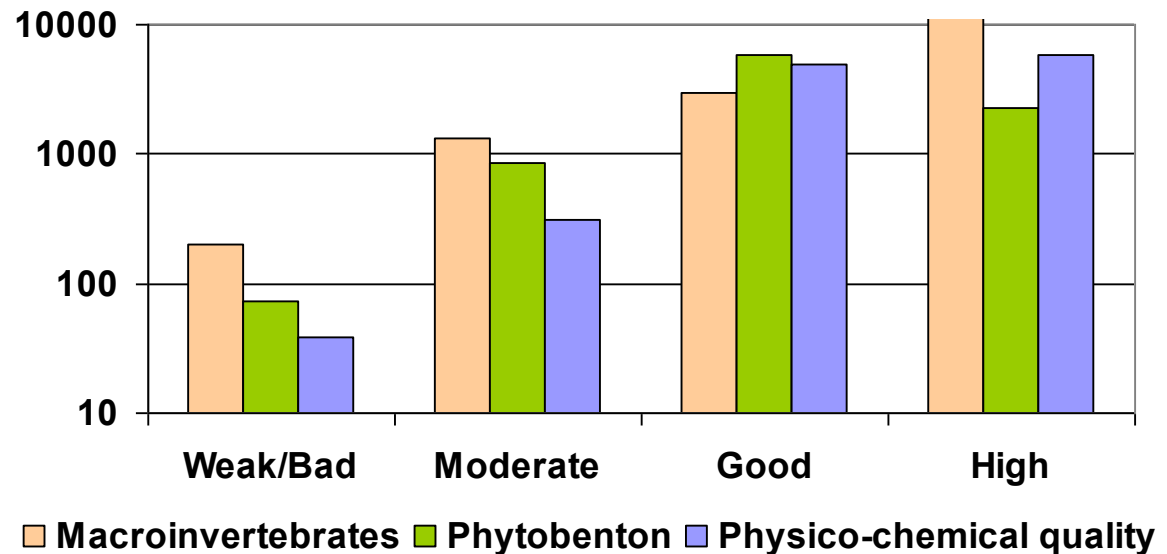
Kommunális szennyvízbevezetések (2015)



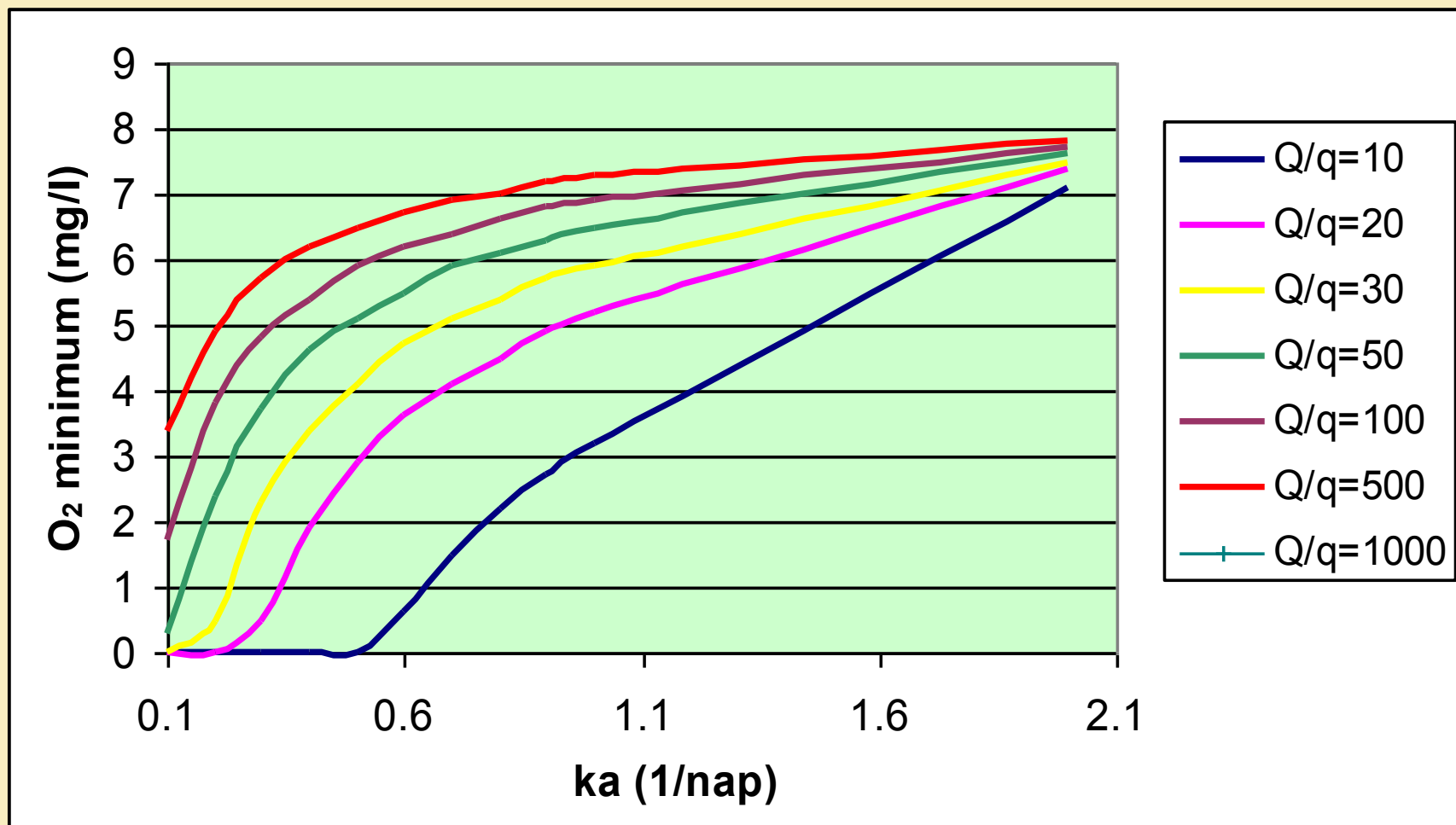
**Befogadó
víztestre
számított
hígító
kapacitás**

**Szennyvízzel terhelt
vízfolyások ökológiai
állapota, különböző
hígulási viszonyok
mellett**

Dilution rate



A kritikus oxigén koncentráció az oxigén beviteli tényező függvényében, különböző hígulási arányok mellett



Következtetések a befogadó terhelhetőségétől függően a szennyvíztisztítási technológia megválasztására

- Hígulás (befogadó/szennyvíz hozam aránya, Q/q) a vízminőségi hatás szempontjából (oxigén viszonyok) meghatározó.
- A szennyvíztelepeken nitrifikáció előírása javasolt, ha a hígulás egy minimális érték alatt van:
 - Dombvidéki vízfolyáson $Q/q < 30$,
 - Síkvidéki vízfolyásnál $Q/q < 100$,
 - Pangó vizeknél (kis esésű) $Q/q < 200$.

Irodalom:

Streeter, H.W. and E. B. Phelps (1925): A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, Vol. III, Factors Concerned in the Phenomena of Oxidation and Reaeration," Public Health Bulletin No. 146, U.S. Public Health Service, Washington, D.C.

Thomann, R. V., Mueller J. A. (1987): Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper & Row

Reichert, P., Borchardt, D., Henze, M., Rauch, W., Shanahan, P., Somlyódy, L. and Vanrolleghem, P. A. (2001): River Quality Model No. 1. IWA Task Group on River Water Quality Modelling, Scientific and Technical Report No. 12, IWA Publishing

US EPA: Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2-E