

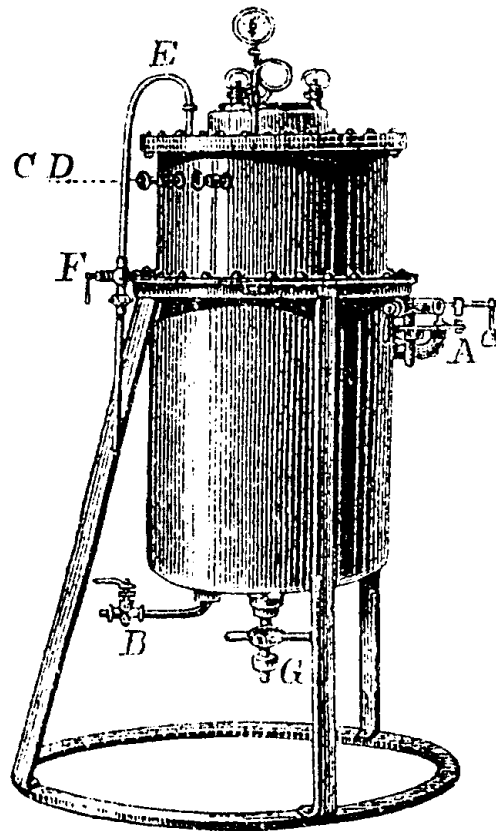
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

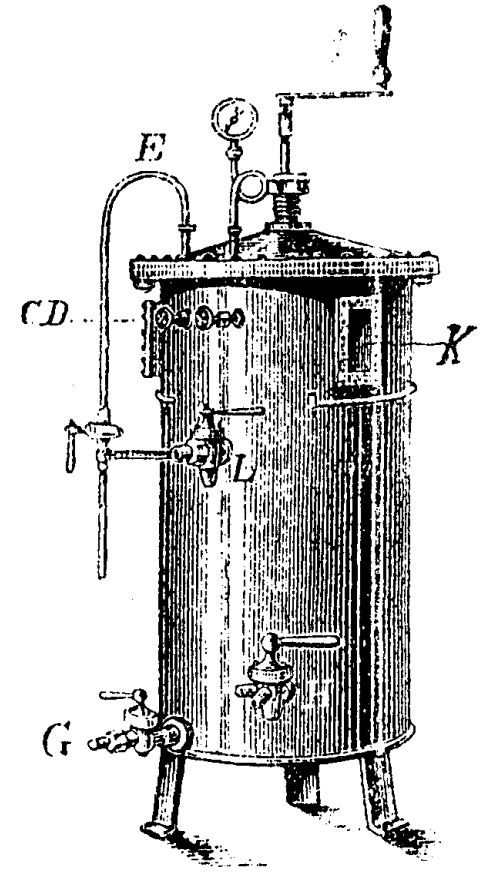
Az erjesztő készülékbe, a gőzzel való sterilizálása után a sterilizátorból tápanyag szoríttatik be, a mely tápanyag laboratóriumban

készült tiszta élesztővel van keverve. Ha az erjedés bevégeződött, akkor a készülék tápanyaggal megtöltetik és felkeverés után csekély rész kivételével kiürítetik.

Az így nyert tápanyag élesztővel együtt alkalmaztatik az üzemben. A bentmaradó részhez új tápanyagot adva, az élesztő továbbszaporítására szolgál. Ezen eljárás által képesek vagyunk tiszta élesztőt előállítani új tiszta kultúra nélkül, mert az erjesztőkészülékbe visszamaradó rész új élesztőmennyiség előállítására használható fel.

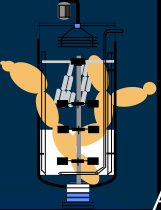


26. ábra.
Sterilizátor.

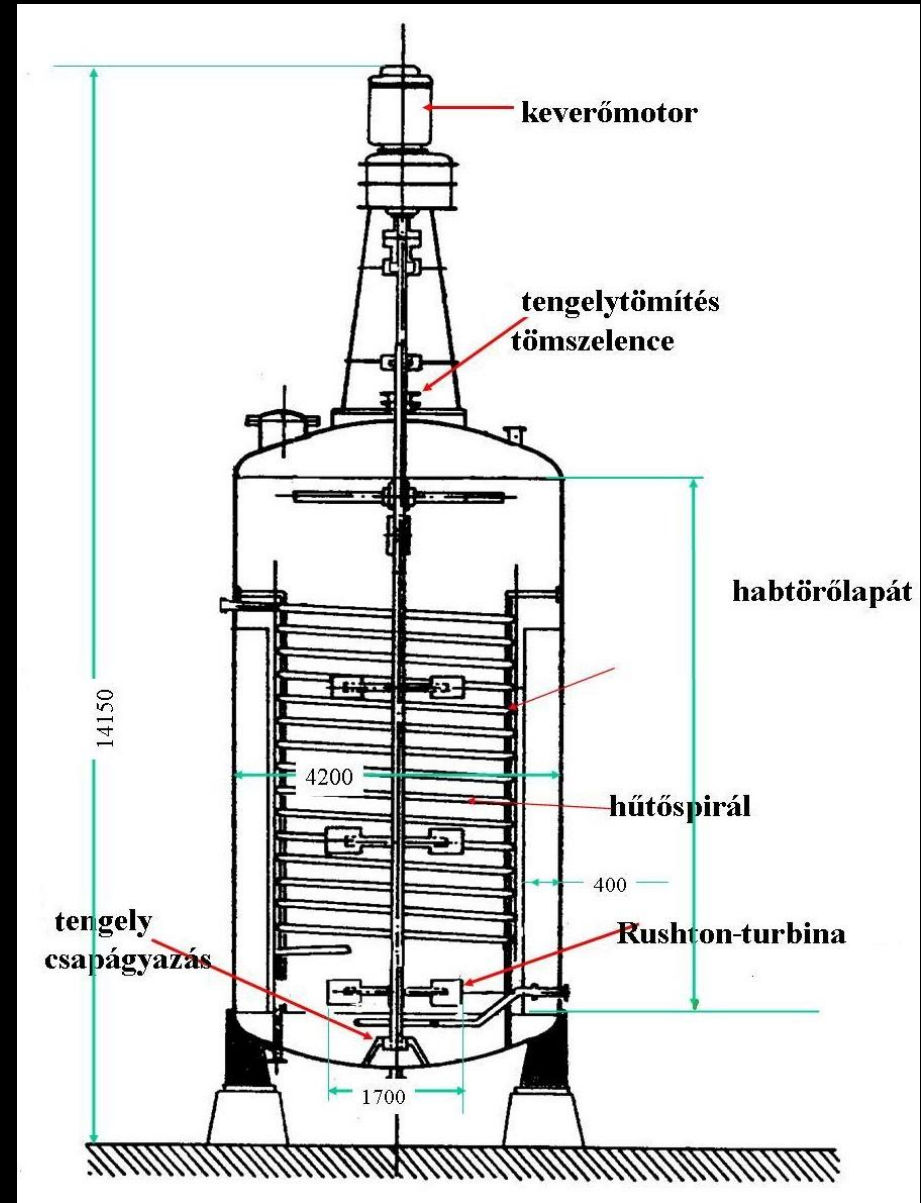
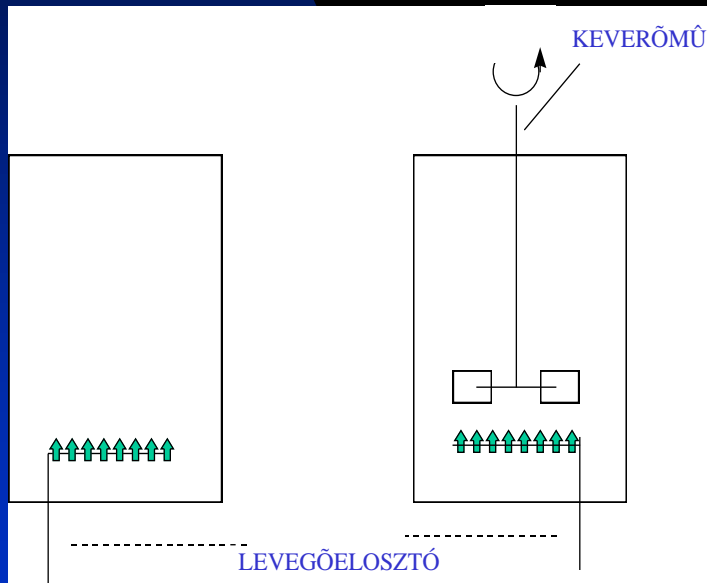


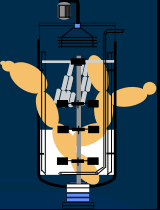
Tiszta élesztőt tenyésztő készítlék.

27. ábra.
Erjesztő készítlék.



A két alaptípusnak igen sok változata terjedt el a gyakorlatban. Legelterjedtebb aerob reaktor a (gyógyszeripari) kevert-levegőztetett reaktor

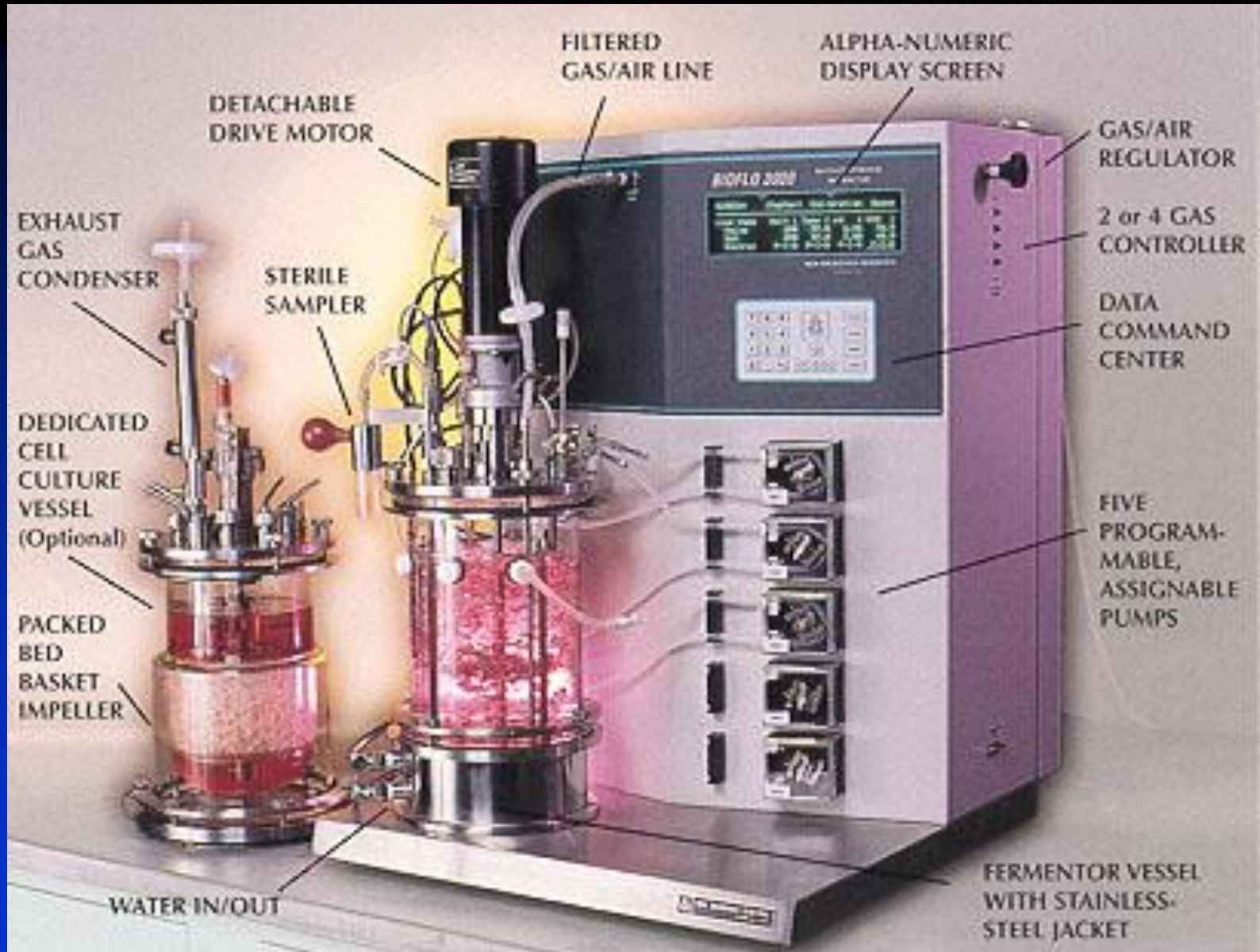




AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

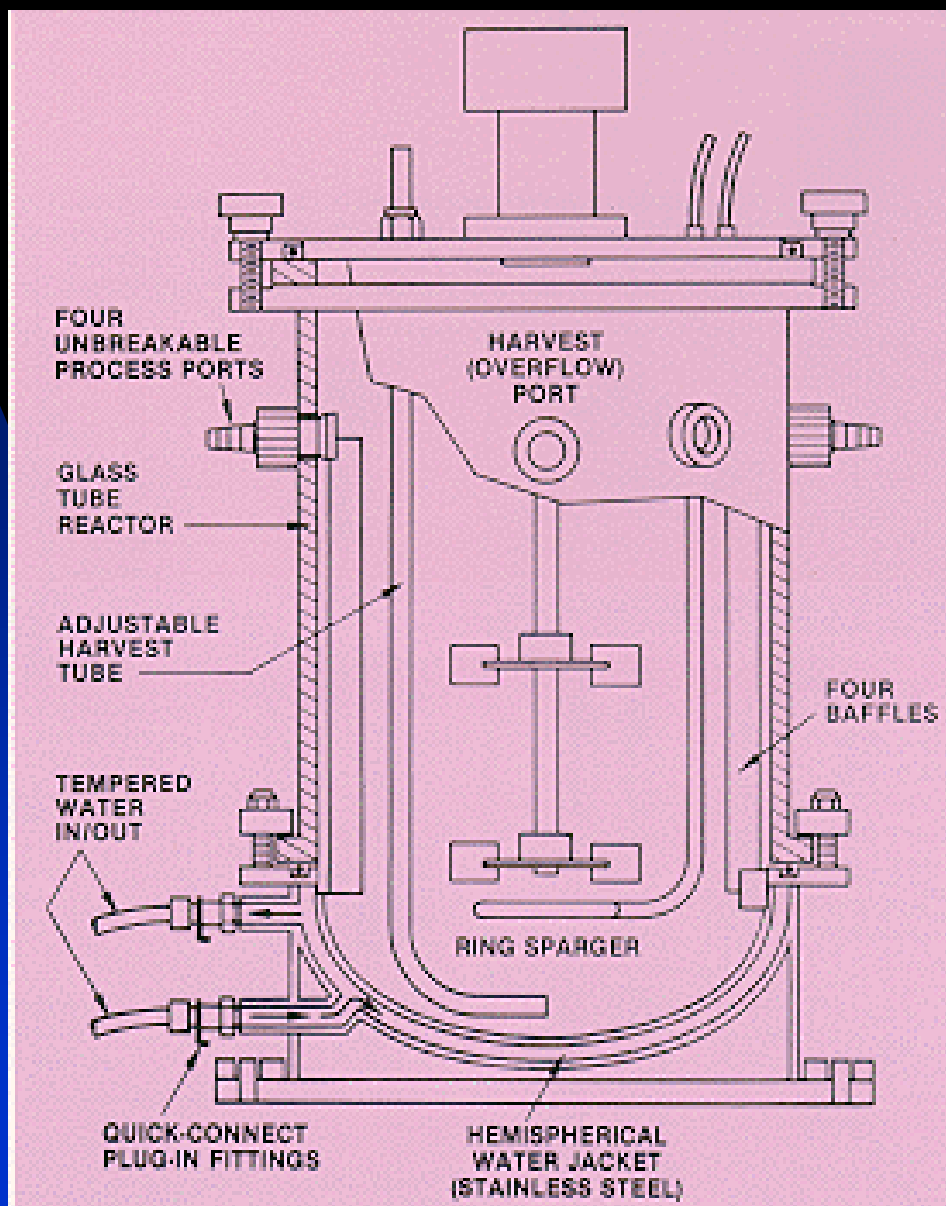
New Brunswick Scientific Co

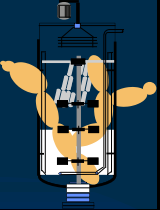


LEVEGŐZTETÉS 3

BIM2
2002

New Brunswick Scientific Co



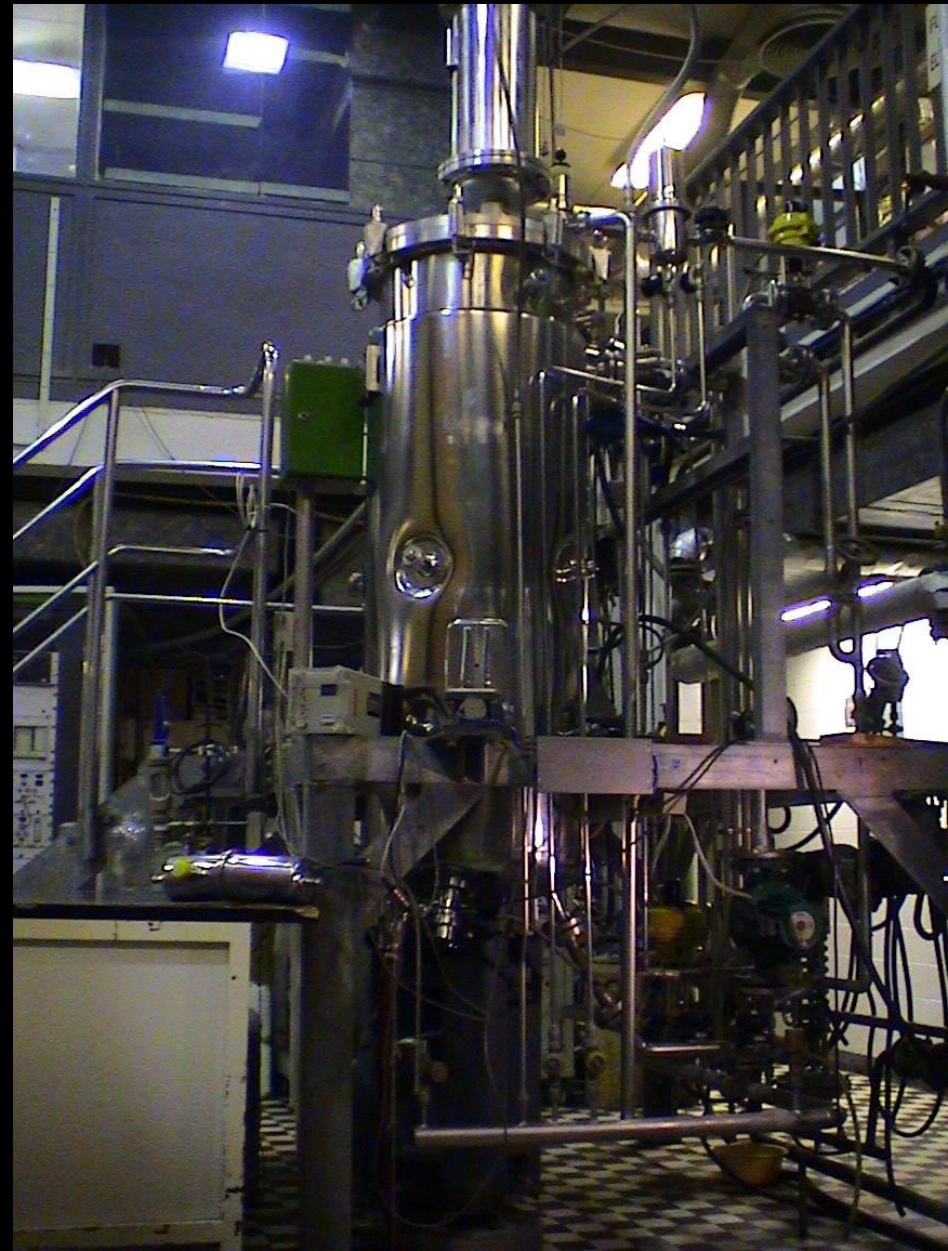


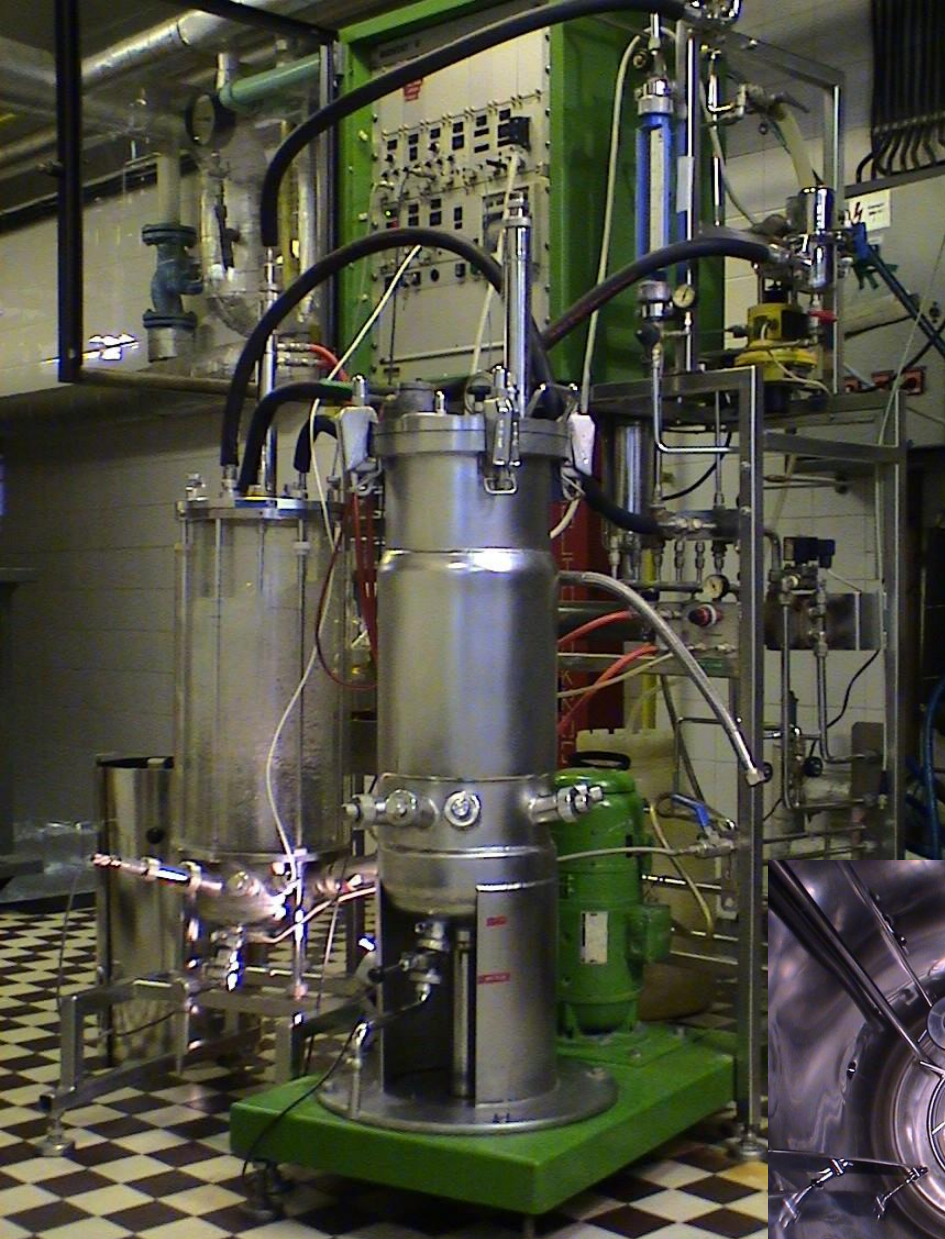
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



B. Braun
BIOSTAT DCU



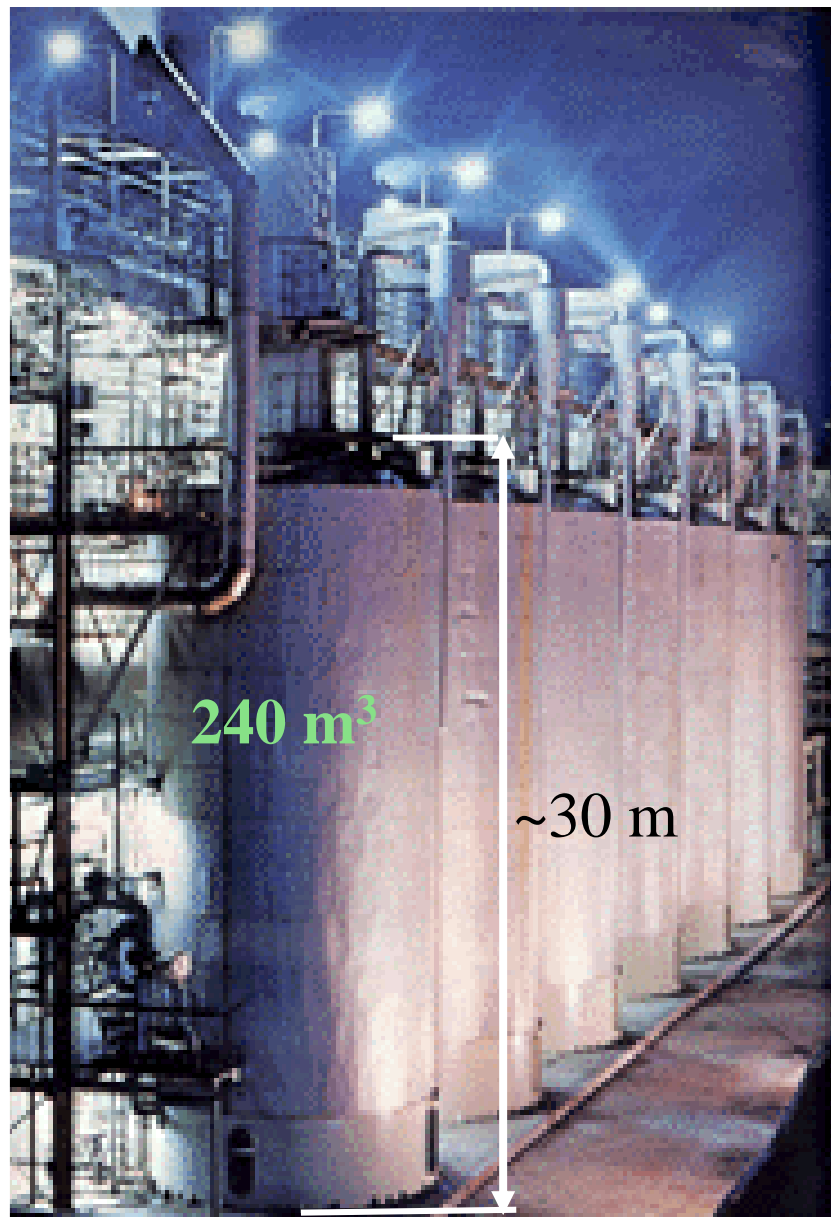


**BIOSTAT U, alsómeghajtású
25 l-es fementor
(B.Braun, Melsungen)**



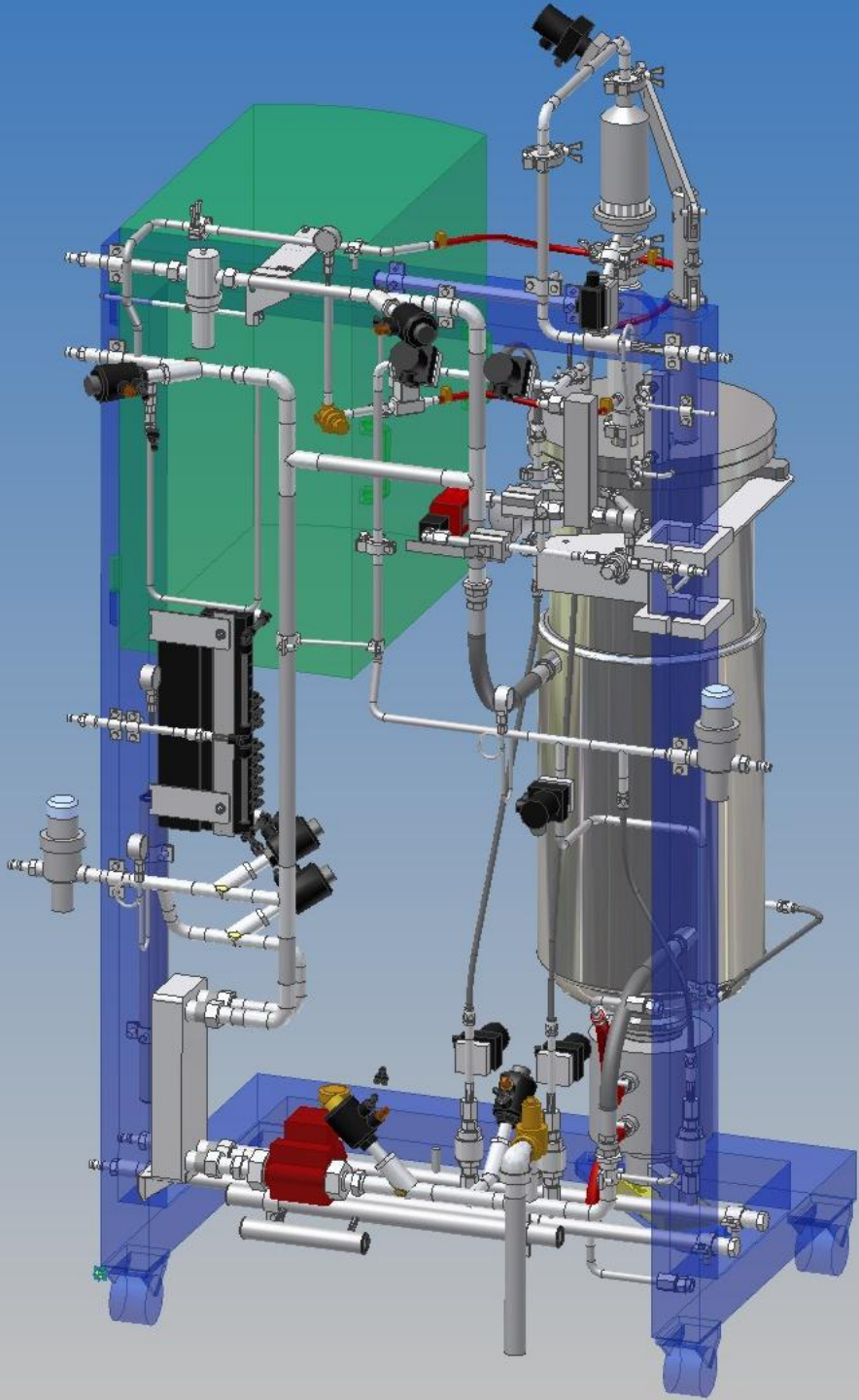
**BIOSTAT 300D alsó
meghajtású 300 l-es
Pilot Plant fementor és
keverője
(B.Braun, Melsungen)**

Glu termelés
~240 m³, ~30 m



Hofu, Japán.

Techfors TF-300



Infors AG, Bottmingen, Svájc



**New Brunswick
Sci. Co (USA)
Alsómeghajtású
fermentor**

TechforsTF-300 Pilot plant bioreaktor

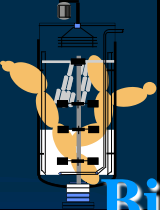
Infors AG,
Bottmingen, Svájc



Bioreaktorokkal szemben támasztott igények a technológia szempontjából

		„Termékes” fermentációk	Szennyvíztisztítás
Sejttömeg	kg/m ³	10-50	
		Fonals gombák	Baktériumok
		Vegyes tenyészet	
Oxigénigény	kg/m ³ ·óra	0,5–5	0,5–5
K _L a	h ⁻¹	50	500
Viszkozitás	Pa·s	0,1–1,5	<0,1
Metabolikus hőtermelés	kW/m ³	3–15	3–15
Teljesítményfelvétel	kW/m ³	3–15	<5
			0,02–0,05

OTR

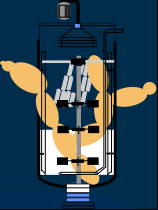


Bioreaktorokkal szemben támasztható speciális igények:

1. Finom diszperzió mind a gáz- és folyadékfázis, mind a szubsztrátok vonatkozásában (jó keveredési viszonyok).
2. Jó anyag- és hőátadási tulajdonságok.
3. Biztonságos, steril üzem mód lehetősége.
4. Mechanikai stabilitás.(keverő, „rázás”)
5. Egyszerű konstrukció, -üzemmód ill. -üzemeltetés.
6. Jó "számíthatóság", azaz a tervezés és méretnövelés szempontjából ismerni kell a rendszert.

Kevert/levegőztetett reaktorok hátránya: nem elég oxigén bevitel





1) 70-es évek: SCP fermentációs technológiák akár néhány 1000 m³-es reaktorok is szükségessé váltak: ICI (ma: ZENECA)

2300/1560 m³-es reaktort SCP előállítása céljára.

2)Nagyobb OTR

3)Nem konvencionális szubsztrátok (cellulóz, szénhidrogének: metán, paraffinok, alkanolok: metanol, etanol).

PÉLDA SCP üzem metanolon, folytonos kemosztát technológia gazdaságoslehet, ha:

$$X \cong 20-25 \text{ kg/m}^3, D = \mu = 0,2 \text{ h}^{-1}$$

$$J = Dx = (0,2 \text{ h}^{-1}) * 25 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h}$$

$$Y_{x/s} = 0,5 \longrightarrow \downarrow \text{dS/dt} = 10 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h metanol}$$

$$Y_o = 0,53 \text{ kg sejt/kg oxigén (Methylomonas)}$$

$$\text{OTR} = 5 / 0,53 = 9,4 \text{ kgO}_2 / \text{m}^3 \cdot \text{h}$$

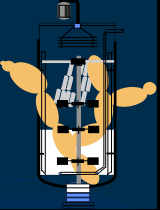
képződött és elvonandó metabolikus hő

$$9,4 \text{ kgO}_2 / \text{m}^3 \cdot \text{h} * 518 \text{ KJ/mol} * (1000/32) \text{ mol/kg} =$$

$$= 152000 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{h} = 42,2 \text{ kWh/ m}^3 \cdot \text{h}$$

maximum $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ mellett

hőátadási probléma!! => külső hőcserélő



Bioreaktorok csoportosítása

egységnyi térfogatba bevitt energia jelentősége!

ENERGIABEVITEL SZEMPONTJÁBÓL.

- 1 ♠ energiabevitel mechanikusan mozgatott belső reaktor- elemekkel (keverős reaktor)
- 2 ♠ energiabevitel külső folyadékszivattyúval
- 3 ♠ energiabevitel a komprimált gázzal.

Keverős reaktorok (STR, stirred tank reactor) 1 3

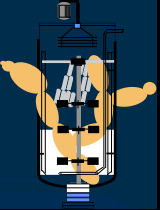
lécirkulációs vagy hurokreaktorok (LR, loop reactor) 2 3

lécirkuláció helye szerint

lémozgatás szempontjából

belső vagy külső lécirkuláció

pneumatikus és mechanikus cirkuláció

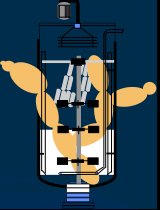


Keverős bioreaktorok (STR)

„finom-fermentációs” iparokban (ab, enzimek, nukleotidok, aminosavak).

ELŐNYÖK

- ♣ Sok célú felhasználásra alkalmasak: szakaszos, félfolytonos, rátáplálásos szakaszos és folytonos, könnyű a termékváltás
- ♣ Széles fermentlé viszkozitás tartományban, $\mu \geq 2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ nem newtoni fermentlevek esetén is felhasználhatók
fonalas mikroorganizmusok,
poliszacharid fermentációk
- ♣ A legismertebbek az anyagátadás, méretnövelés szempontjából



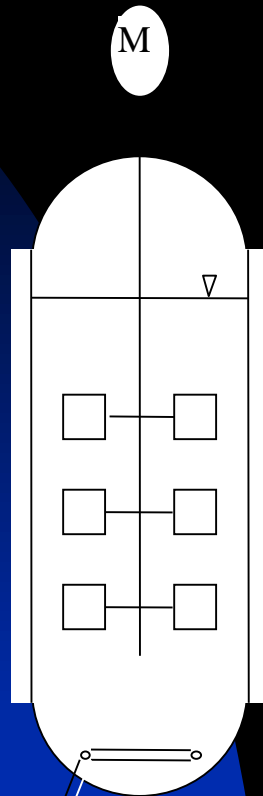
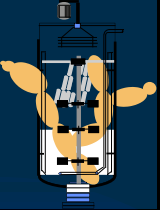
HÁTRÁNYOK

- ♥ Jó gáz/folyadék diszperzió előállítása és keveredési viszonyok csak néhány 100 m^3 térfogatú fermentorok esetén
(ma ismerünk $350\text{-}450 \text{ m}^3$ -est is)
- ♥ csak mintegy 2 VVM (volume/volume/min, $\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{perc}$) \Rightarrow flooding
- ♥ hőelvonás probléma nagyobb reaktoroknál, F/V arány
külső hőcsere lehet szükséges
- ♥ OTR limit: $2\text{-}5 \text{ kgO}_2/\text{m}^3\text{h}$
oxigénátadás energia igénye $0,8\text{-}2 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$
- ♥ A keverő hajtómű tengely csapágyazása
steril tengelyvezetést: csúszógyűrűs %
alsó, felső meghajtás

ENERGIA-
FAJLAGOS

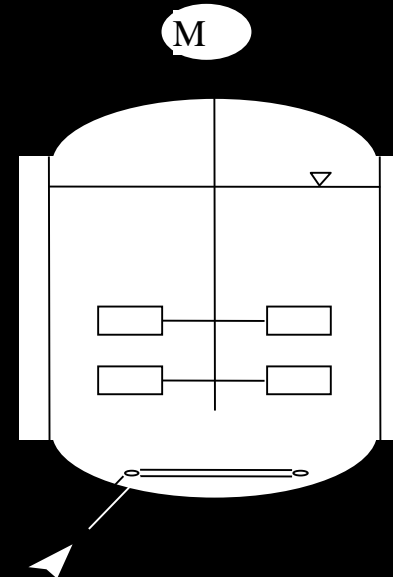
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



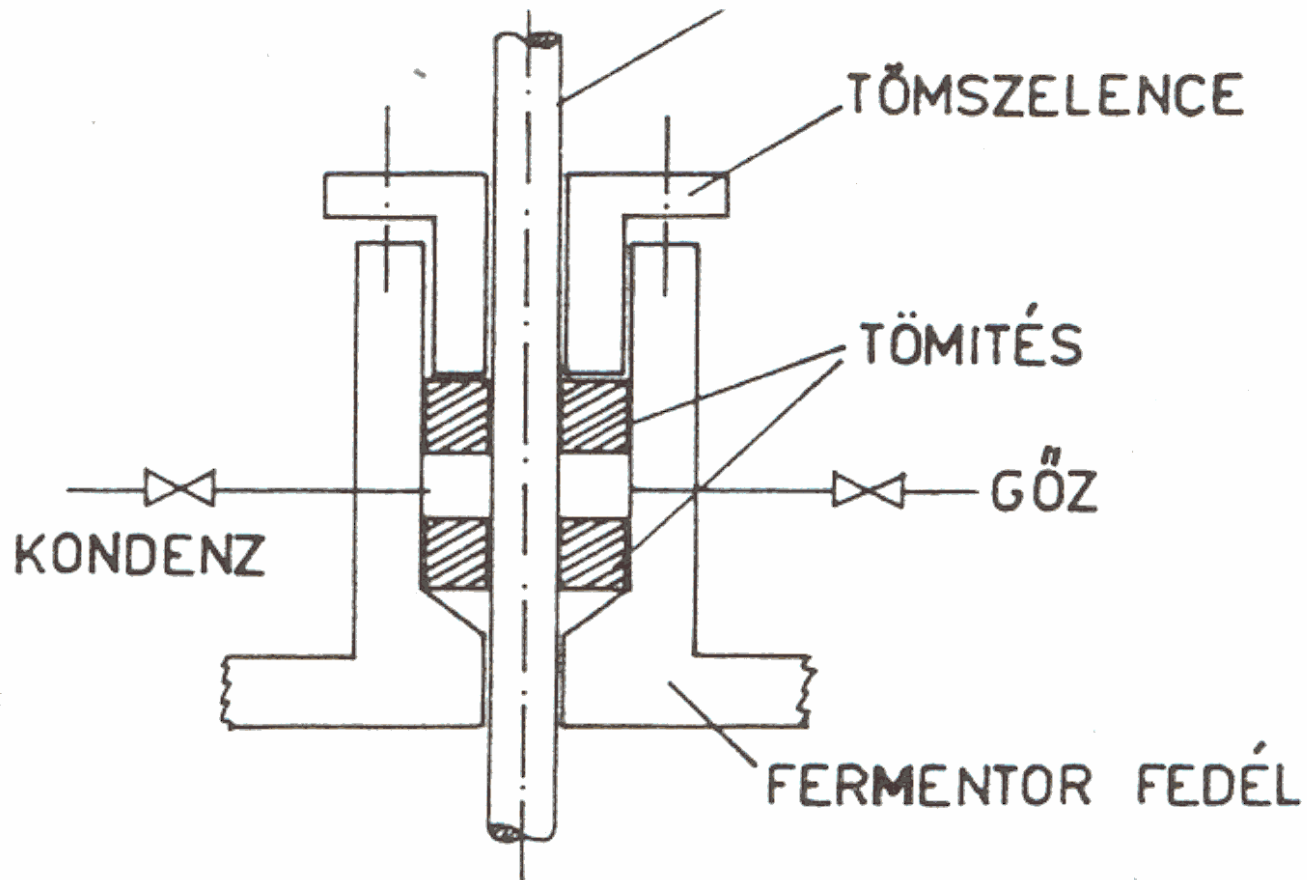
karcsú (slim)

H_L / D_T 1,5 - 3 (150 m³ –ig)

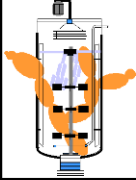


korpulens

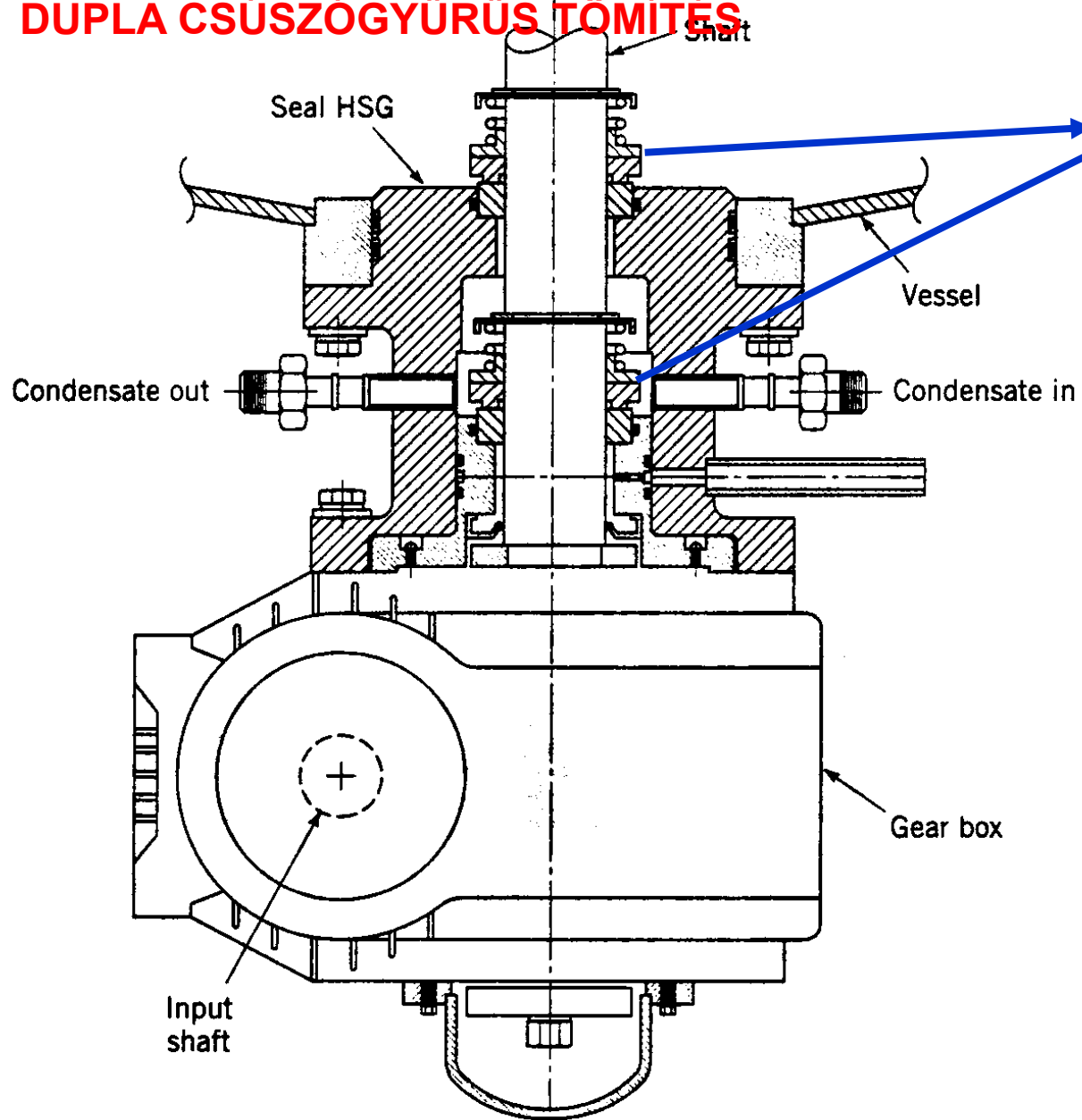
H_L / D_T ~ 1 (200 m³ felett)



a., HAGYOMÁNYOS MEGOLDÁS

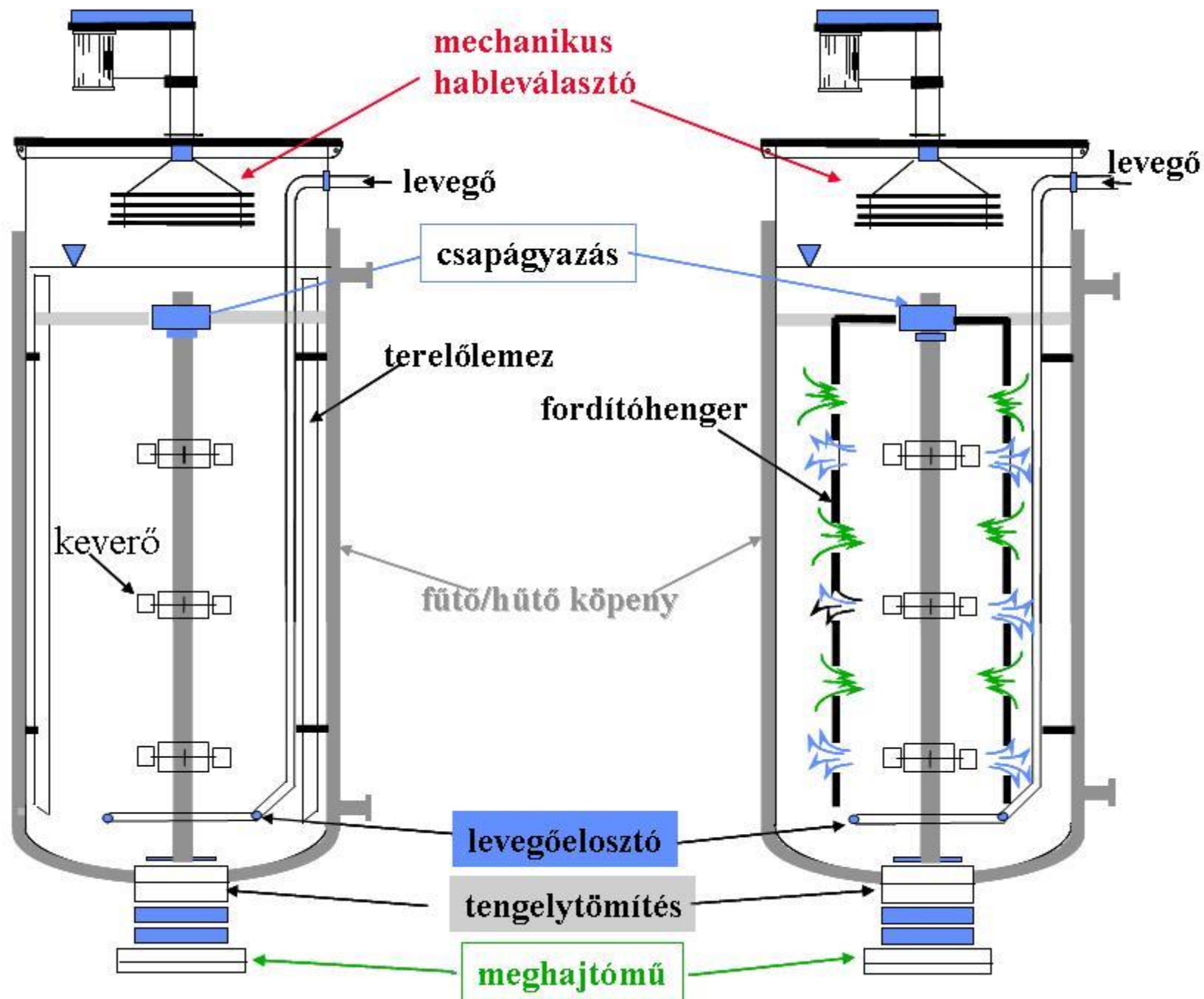


DUPLA CSÚSZÓGYŰRŰS TÖMÍTÉS



CSÚSZÓ FELÜLET

STERIL VÍZ - KENÉS



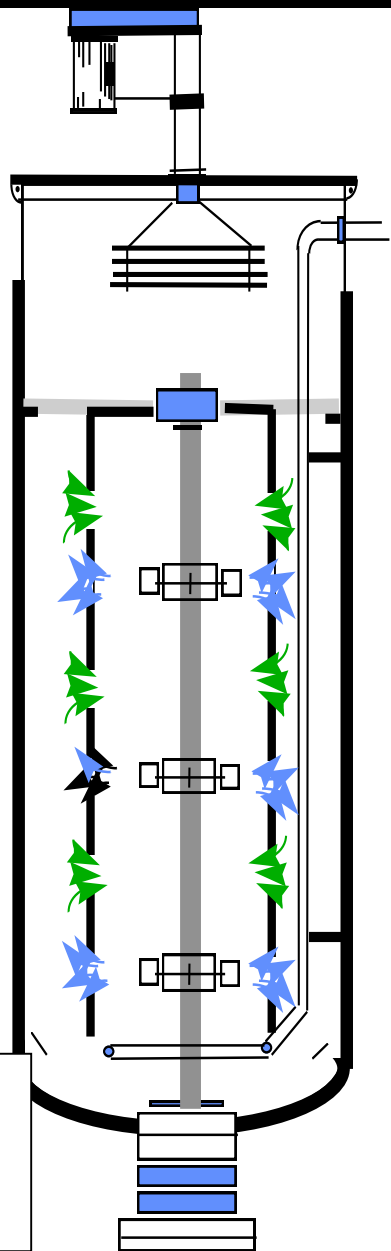
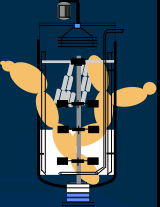


**New Brunswick
Sci. Co (USA)
alsómeghajtású
fermentor**

Techfors TF-300 Pilot plant bioreaktor

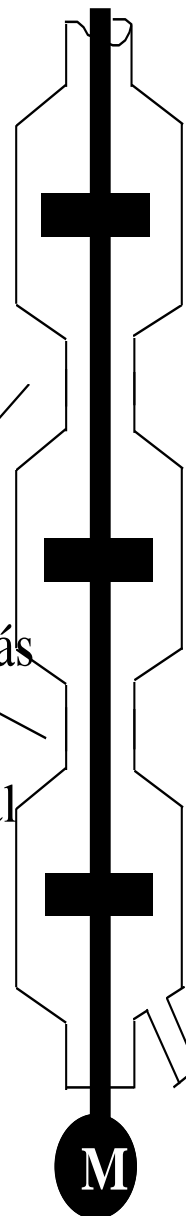
Infors AG,
Bottmingen, Svájc





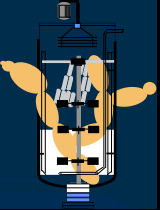
CHEMAP
keverős reaktor

gyors áramlás
Nagyobb nyírás
=> újra diszpergál

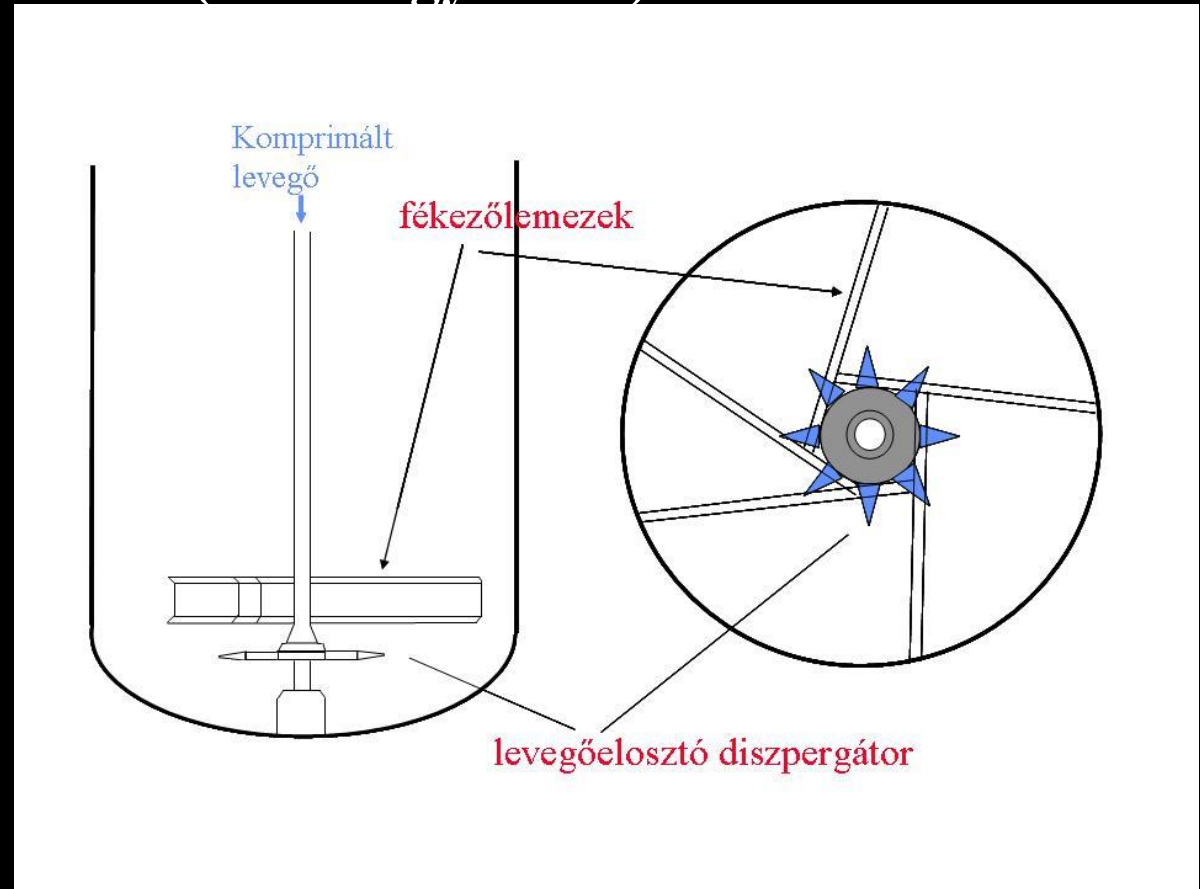


KEVERŐKASZKÁD

tápoldat

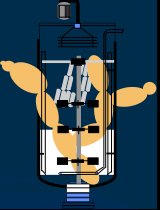


Vogelbusch-fermentor (élesztő gyárhoz)

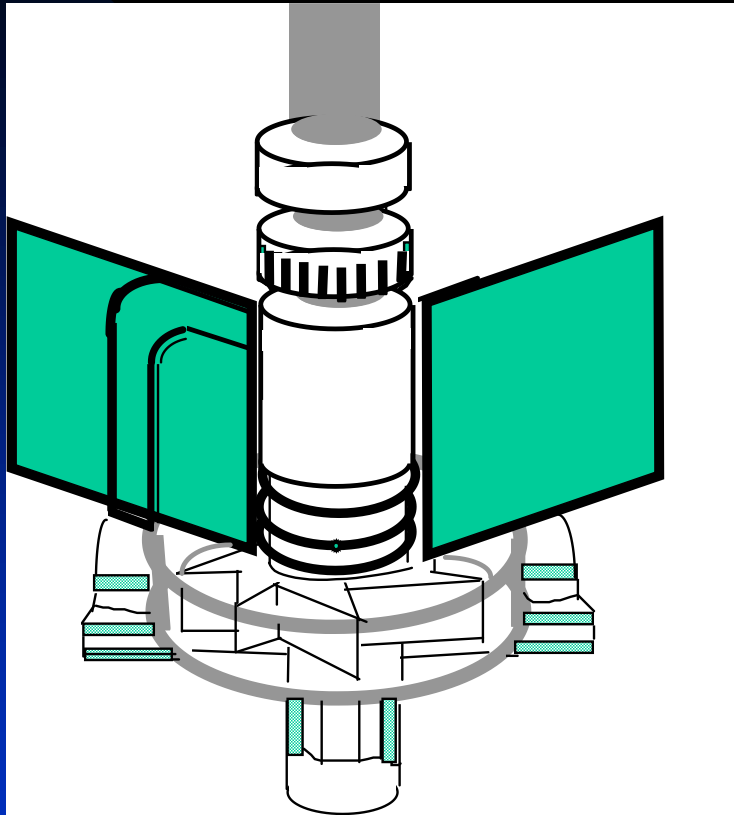


VVM-től függően
3-5 kgO₂/m₃.h OTR
1-2,5 kgO₂/kWh

Budafoki Szesz- és Élesztőgyárban
pékélesztő fermentációs technológia
reaktoraként.



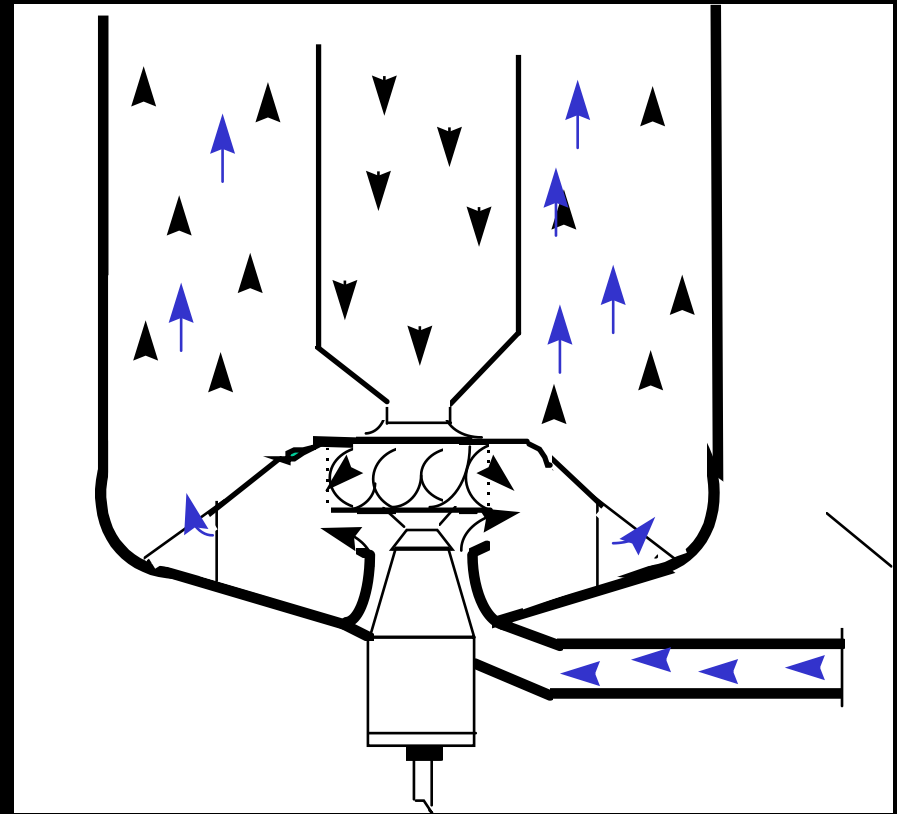
Valódi turbinakeverőket alkalmazó fermentorok



FRINGS acetátor

önfelszívó=>
0,3-0,8 VVM 2-2,5 kg/m³ h

(5 kg/m³ h, 100 m³, 2,2
kgO₂/kWh)

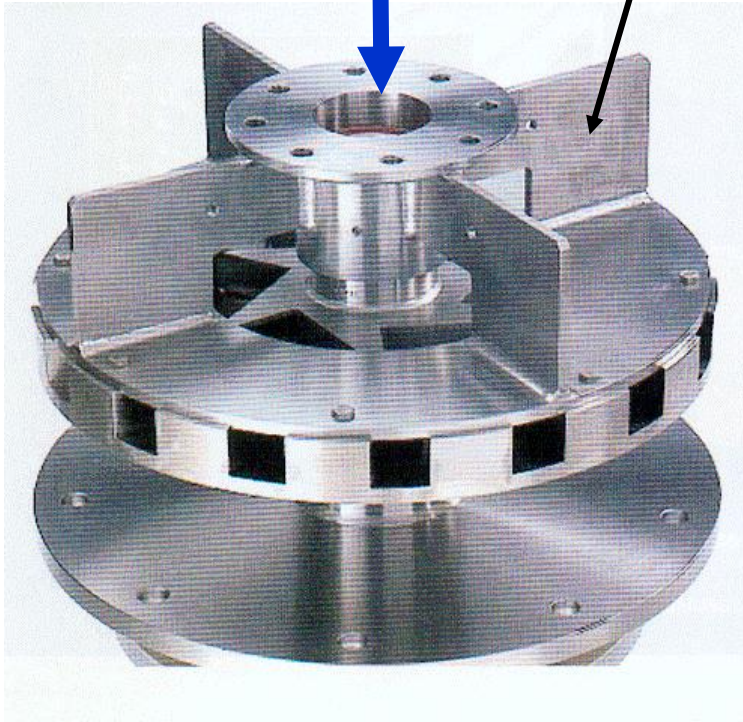


**ELECTROLUX turbina keverő
rendszer**

Nem önfelszívó, részben hurok

levegő

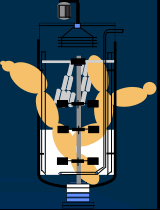
együtforgást
megakadályozó
törőelemek



**Frings Acetator
turbinája**

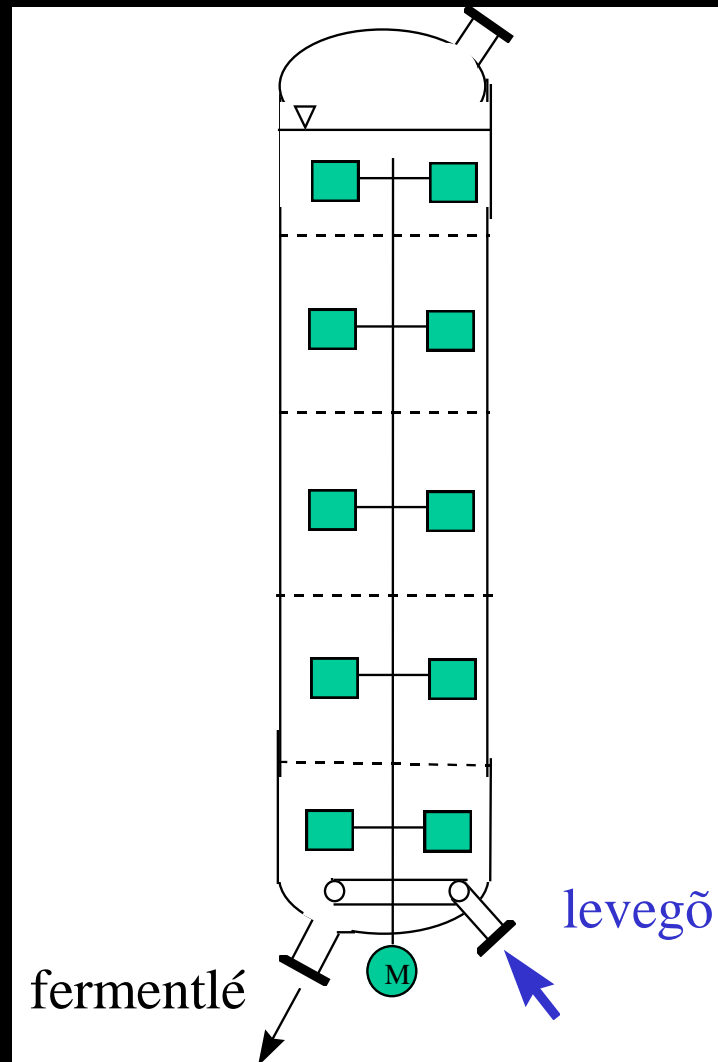
**2 Frings Acetator
üzemi**





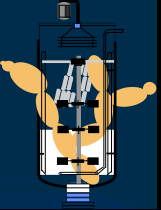
Szitatányéros fermentor

Szitatányér, de nem a légáram tartja fent a levet a tányéron, mint a rektifikálásnál, hanem lével teli reaktor, és szitatányér a koaleszcencia ellen. Nem ipari, csak pilot.



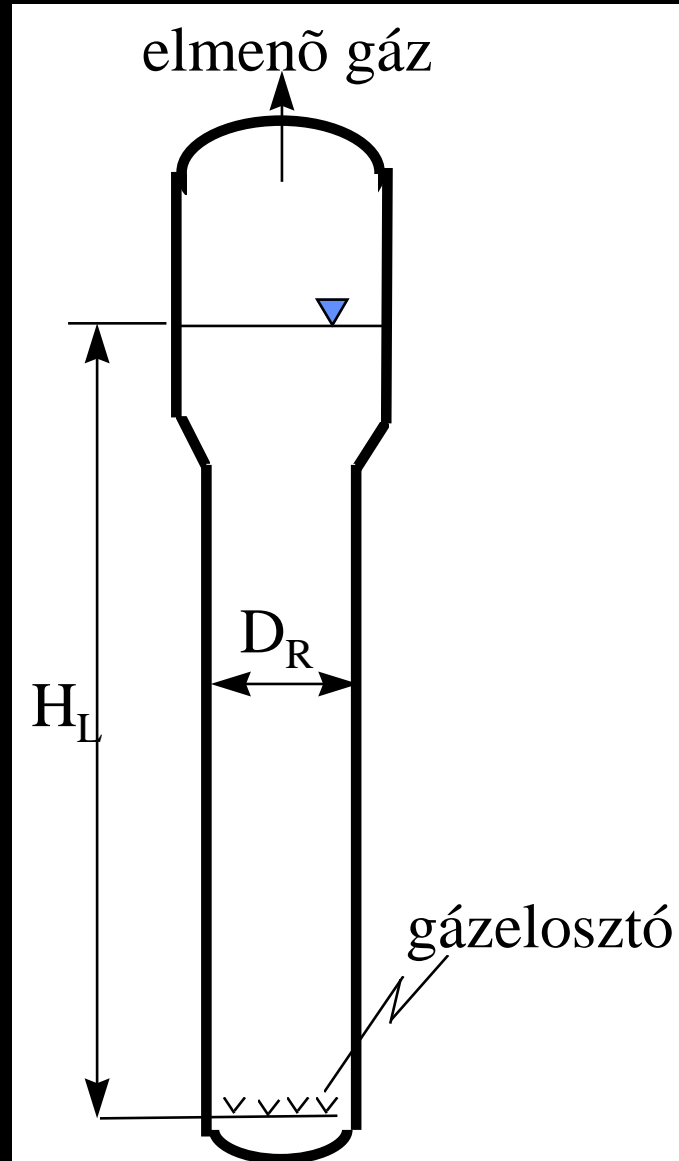
Nem kevert reaktorok előnyei

- 1. Könnyebb sterilitás-fenntartás: nincs kevtengely bevezetés**
- 2. Nagyon nagy fermentorok is készíthetőek: nincs motor méret, keverőtengely hossz és ezek súlya okozta határ.**
- 3. Hűtési igény 20-35%kal kisebb, mert nincs mechanikus energia bevitel.**
- 4. Mivel nincs kevtengely: nincs erőátvitel, kevesebb acél, olcsóbb bioreaktor.**
- 5. Motor, áttétel, csapágyazás és tömítés fenntartási költségei nincsenek.**
- 6. A változtatható levegőztetésű reaktor olyan mint egy változtatható keverésű, de motor és meghajtási zaj nélkül; nincs FLOODING**
- 7. A légkompresszorok akár gőzhajtásúak is lehetnek: költséghatékonyság, és rövid áramszüneteknél nincs kiesés.**



Buborékkolonna
„őstípus”
(nem hurok)
Slim: $H/D \sim 10-12$

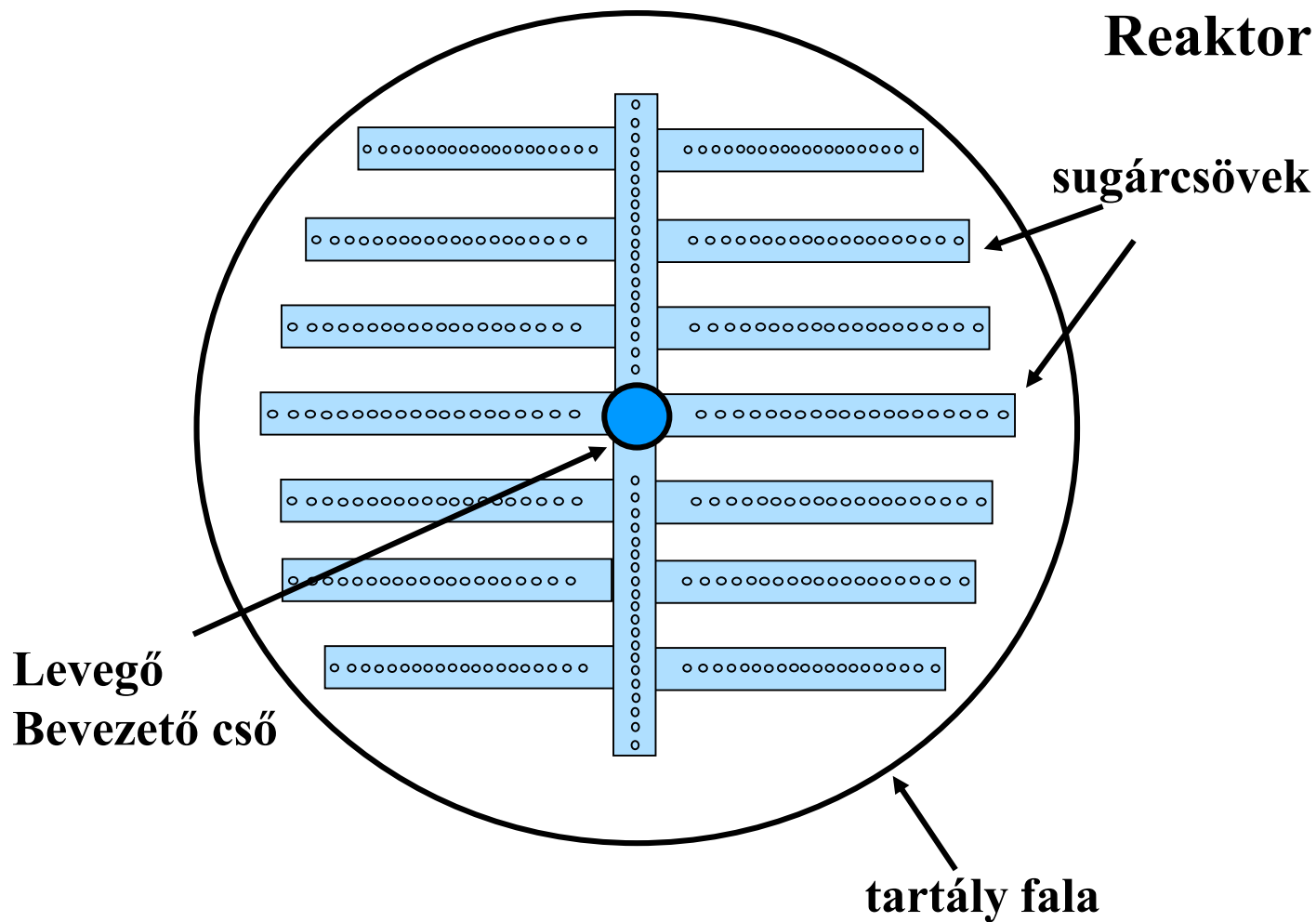
Oxigén: d_b ; $C^* = f(H)$



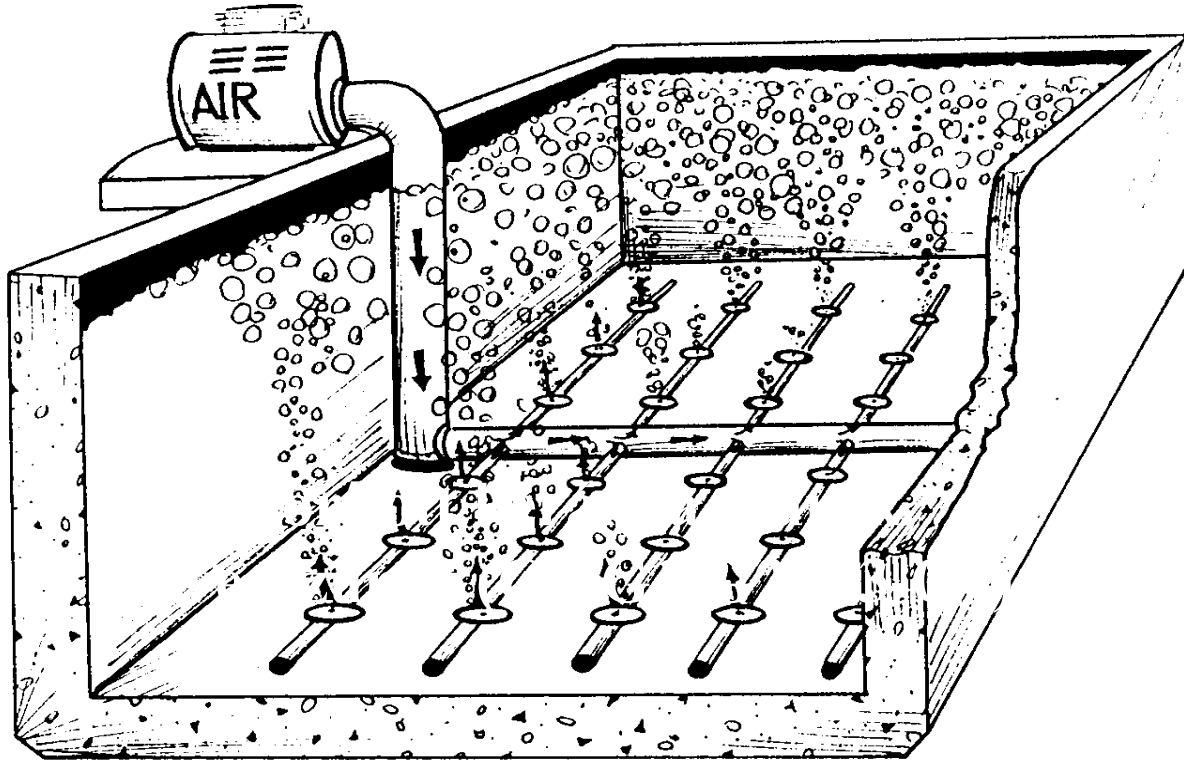
Sugárcsöves levegőztető (élesztőre)

$H/D < 2$

Reaktor alján

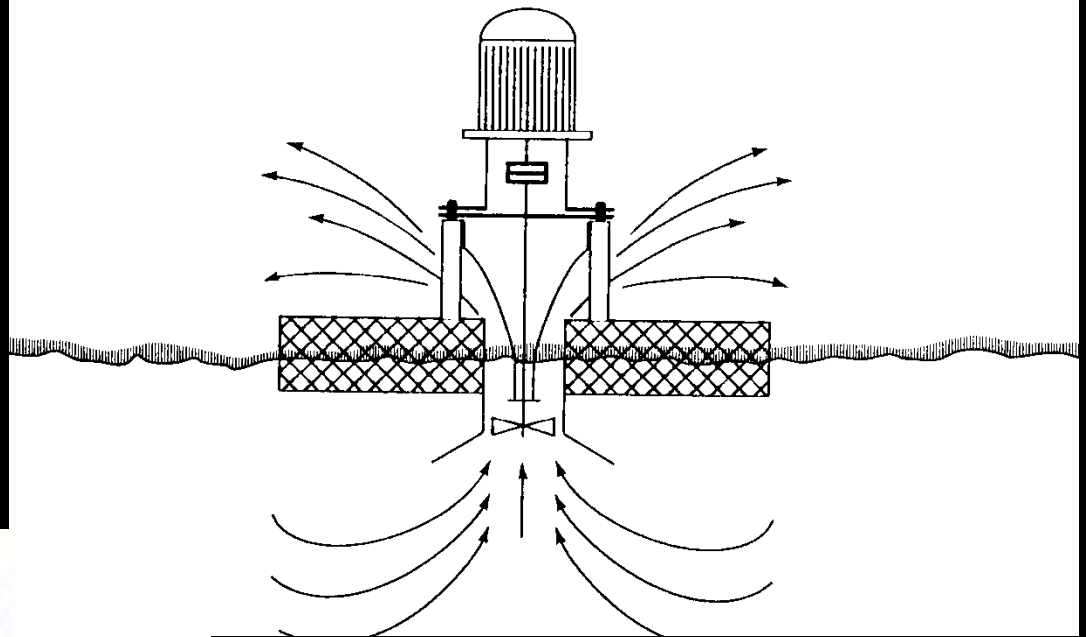


Ma inkább szennyvizeknél



Zsugorított
kerámia
szűrők,
üvegszűrők
(G0-
G1-G2-
G3-G4)

Activated Sludge Aeration Basin



**Szennyvízes
Felületi levegőztetés**

**Feneketlen tó eutrofizációja ellen
ilyen „levegőztetés”**

HUOKREAKTOROK

Baktériumok, élesztők AEROB BIOPREAKTOROK

$\mu < 2 \text{ Pa.s}$

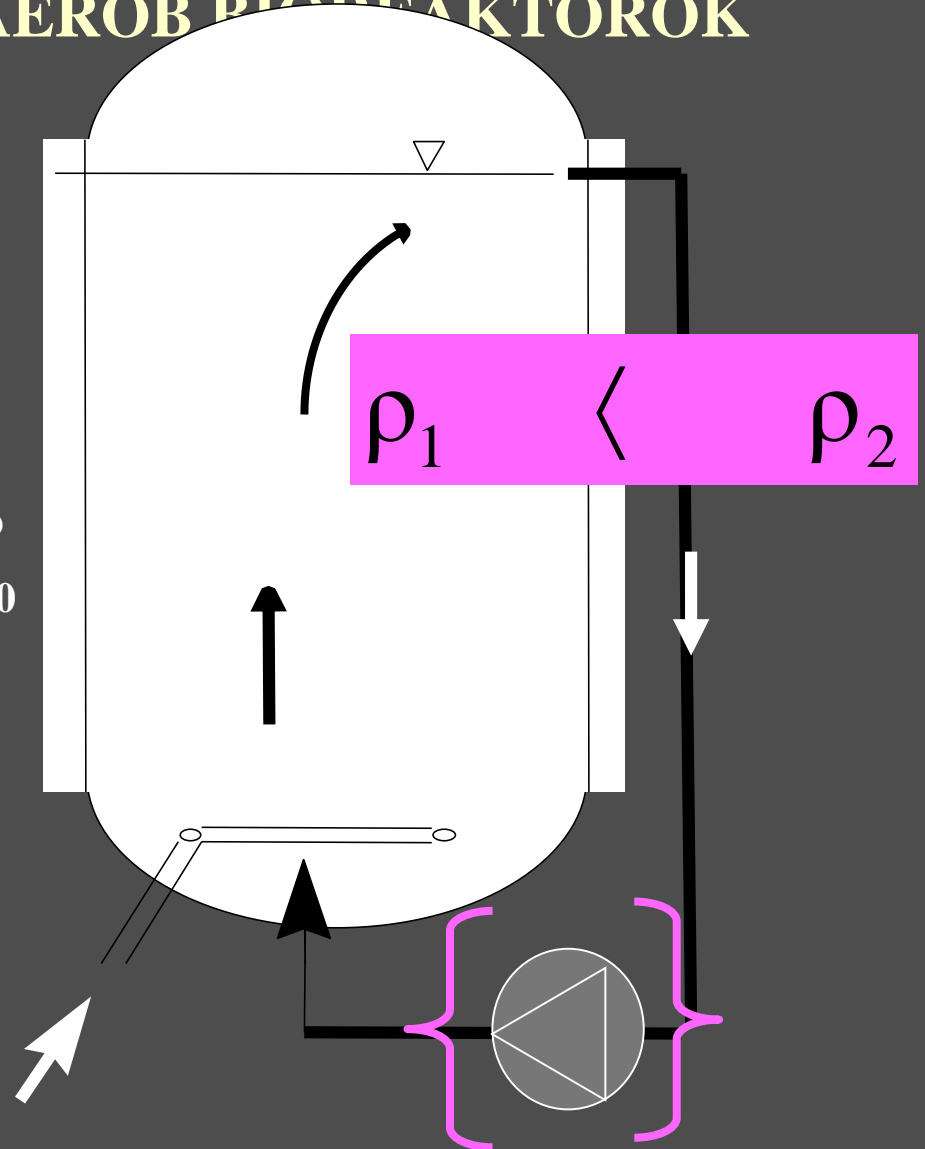
OTR függ:

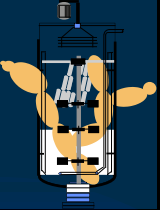
$$H_L \quad H_L / D_T \sim \underline{8-10} \rightarrow C^*$$

ϕ levegőelosztó lyukak $\rightarrow d_b$

Levegőztetési sebesség $\rightarrow H_0$

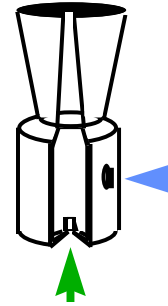
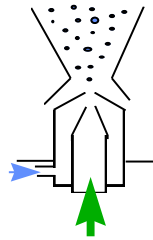
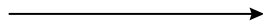
AIRLIFT MŰKÖDÉSE.wmv





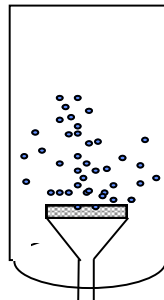
INJEKTOROK

DINAMIKUS

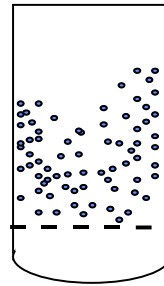


résinjektor

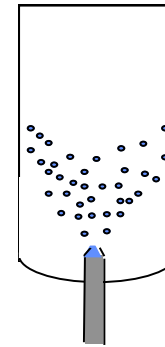
STATIKUS



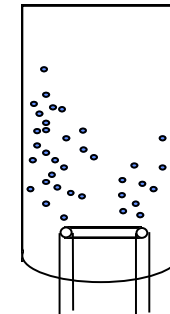
SZÛRŐ



SZITATÁNYÉR



FÚVÓKA



CSŐLÍRA

Statikus levegőelosztók

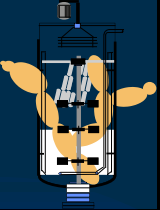
Dinamikus levegőelosztók

Szennyvíztisztító medence statikus levegőelosztói



There are a large variety of diffuser types. For example ceramic plates such as:





AEROB BIOREAKTOROK

BIM2

2002

Statikus levegőelosztón: $\Delta p = \Delta p_s + \Delta p_h$
 Δp_s a levegő elosztón

Δp_h a levegőztető feletti fermentlé hidrosztatikai nyomása.

$$\frac{P_g}{V} = \frac{F\rho_g}{V} \left(\frac{\alpha V_0^2}{2} + \frac{RT}{M} \ln \frac{P_0}{P} \right)$$

mozgásiE Δp E

+folyadékE
(dinam.fúv)

F = gázsebesség m^3/s , ρ_g = gázsűrűség

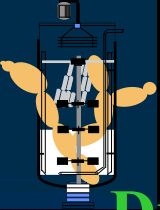
$\alpha \sim 0,06$ a gázelosztón a gáz kinetikus energiájának ez a hányada adódik át a folyadéknak.

V_0 = lineáris gázsebesség a levegőelosztón,

P_0 = nyomás a levegőelosztónál,

P = légköri nyomás.

$M=29$



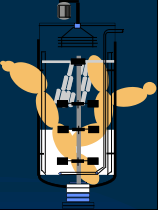
Dinamikus gázelosztók ((*jet* hurokreaktorok (JLR)).

+ hozzá kell számítanunk a folyadéksugar energiát is:

$$\frac{P_L}{V} = \frac{8}{\pi V} \frac{F_L^3}{D_N^2} \rho_1$$

F_L folyadéksugar térfogatárama

D_N folyadéksugar injektor átmérője.



Mindkét alaptípusnál (ALR és JLR) a gáz hold up az anyagátadás elsődleges meghatározója (C^* -on kívül).

$$H_0 \propto u_g^n$$

$$a = 6 * H_0 / d_b$$

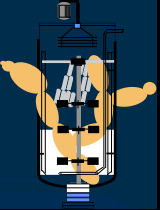
($u_g < \underline{0,05 \text{ m/s}}$), statikus levegő elosztó \rightarrow **buborékos áramlás** $n = 0,7 - 1,2$

dinamikus levegő elosztók

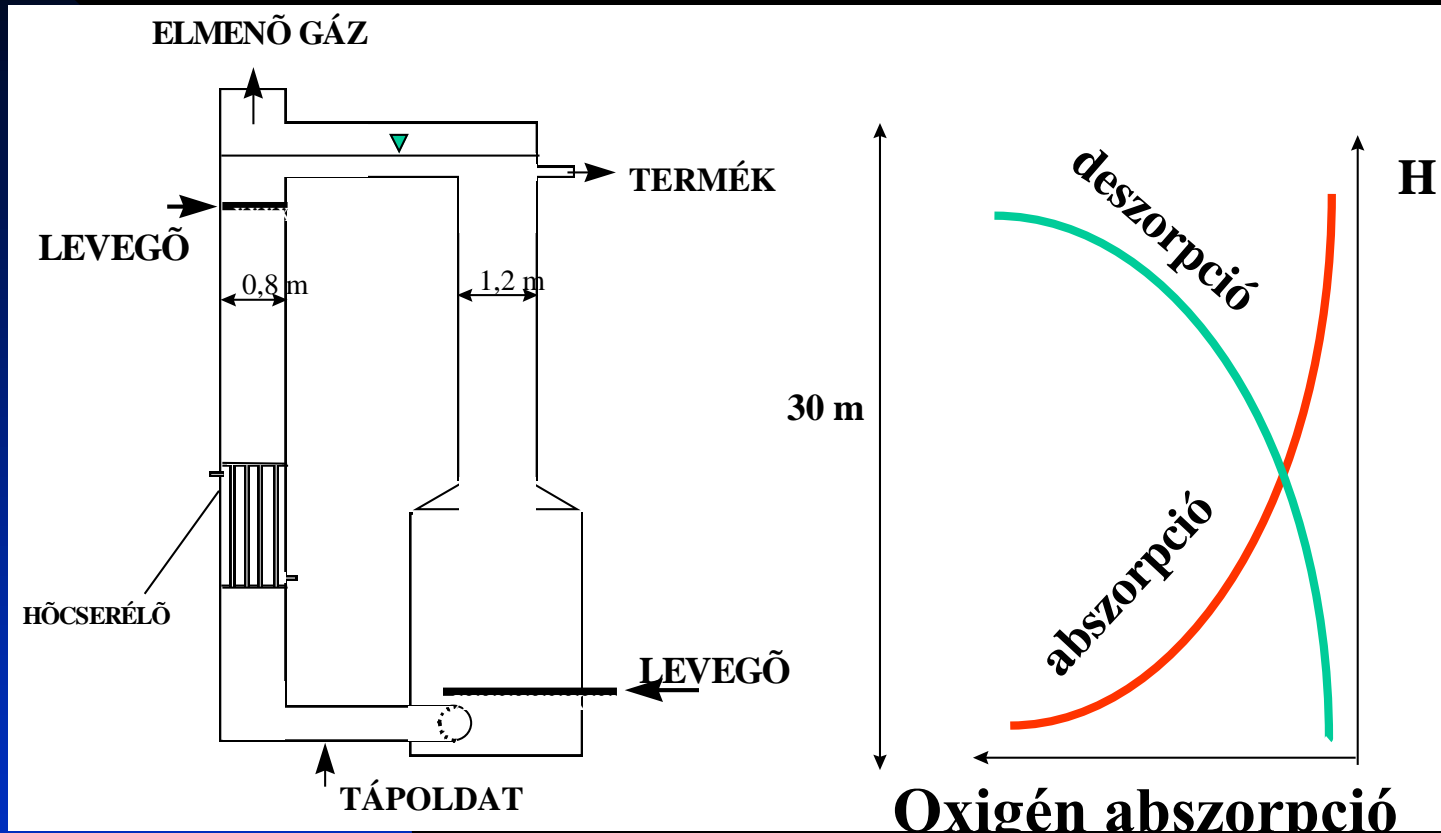
ill. 1 mm-nél nagyobb lyukú
statikus levegő elosztók esetén

\rightarrow **Habzó turbulens
buborék mozgás** $n = 0,5 - 0,7$

($u_g > \underline{0,05 \text{ m/s}}$),



ICI (ma: ZENECA) Pressure Cycle Reactor



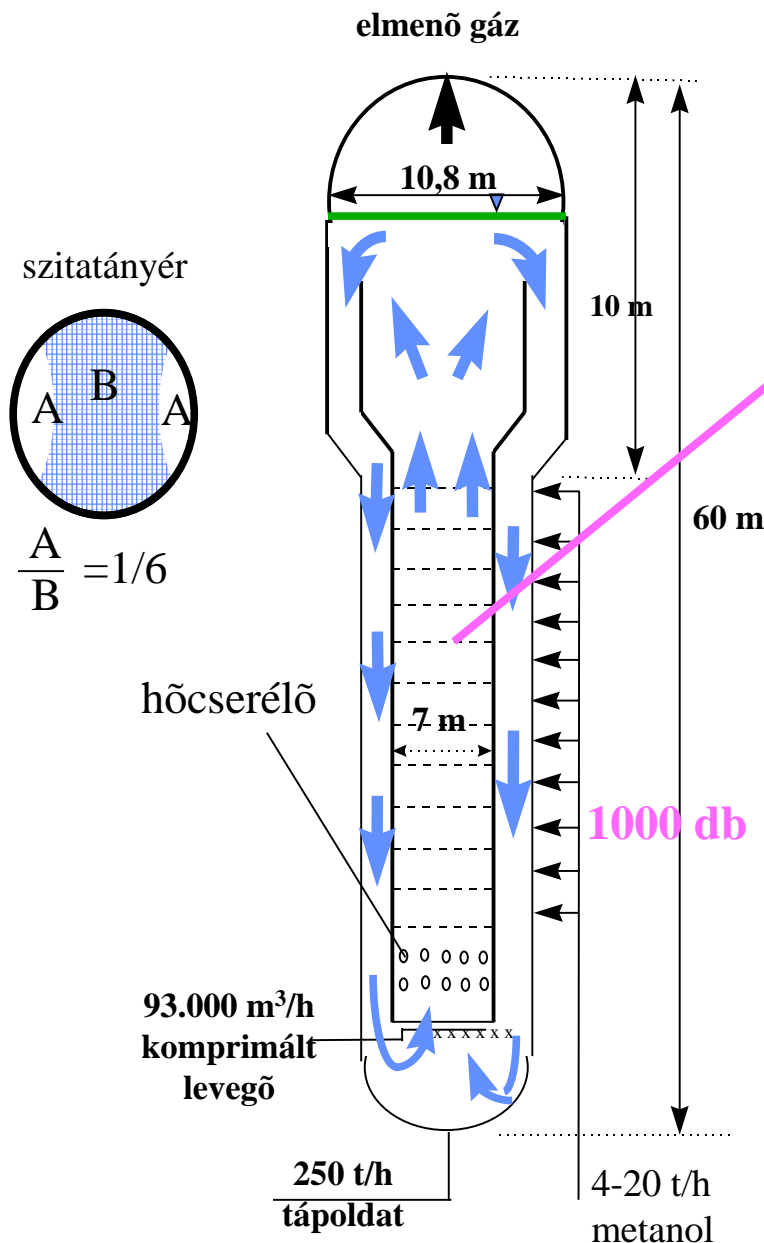
70 m³

OTR: 5-15 kg O₂/m³ h > kevert

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2

2002



2300 m³ 70000 t/év SCP

19 szitatányér rediszperzió
(buborék koaleszcencia ellen)

Buborék sebesség: 0,015-0,03 m/s

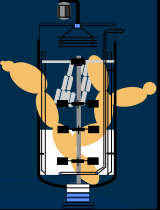
Tartózkodási idő

folyadék: 2-10 min !!!

Folyadéksebesség: 0,2-1 m/s

OTR= 8 kg/m³ h

PCR-Pressure cycle reactor

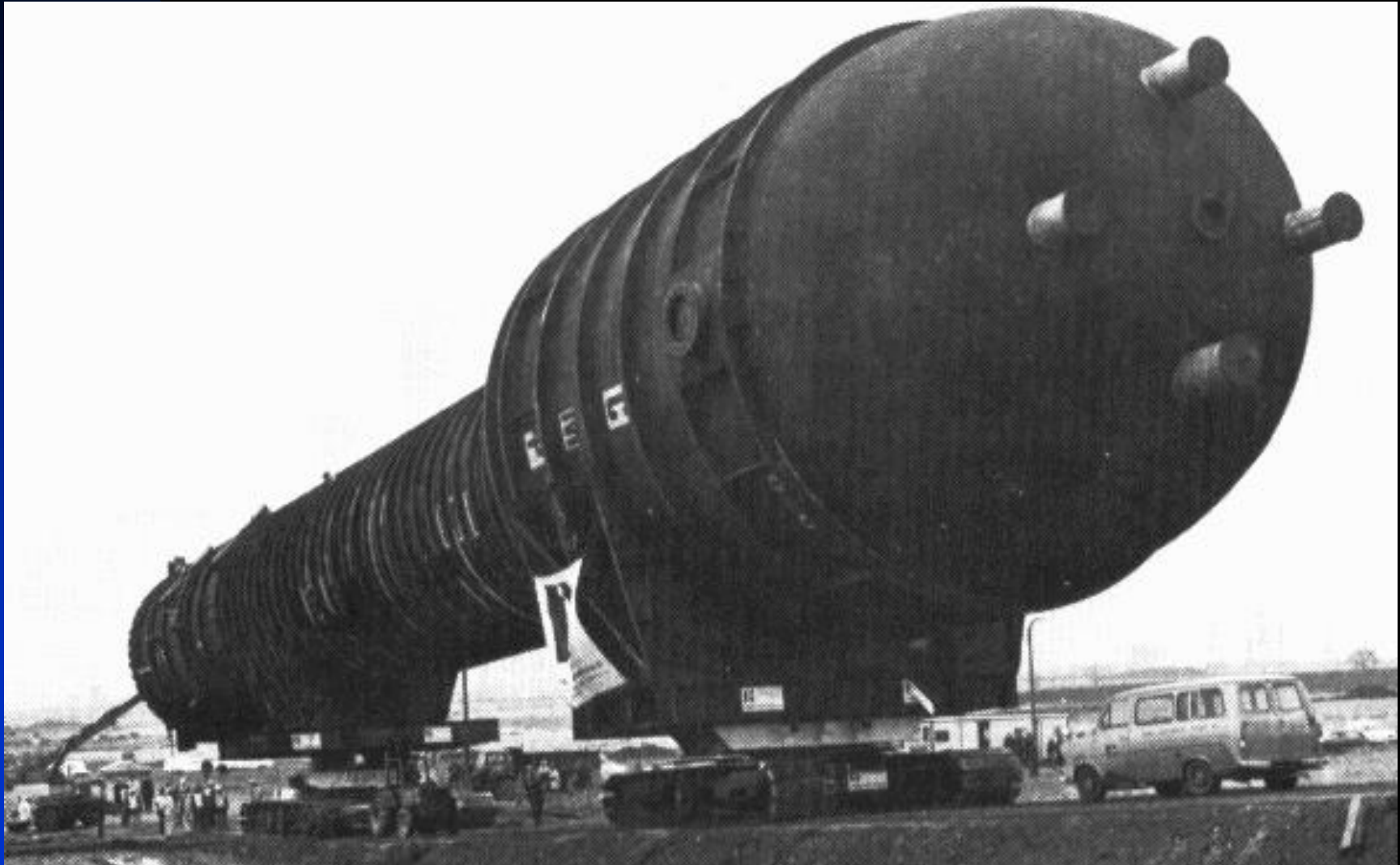


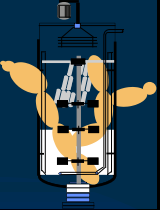
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Billingham, UK

ICI PCR felállítása





AEROB BIOREAKTOROK

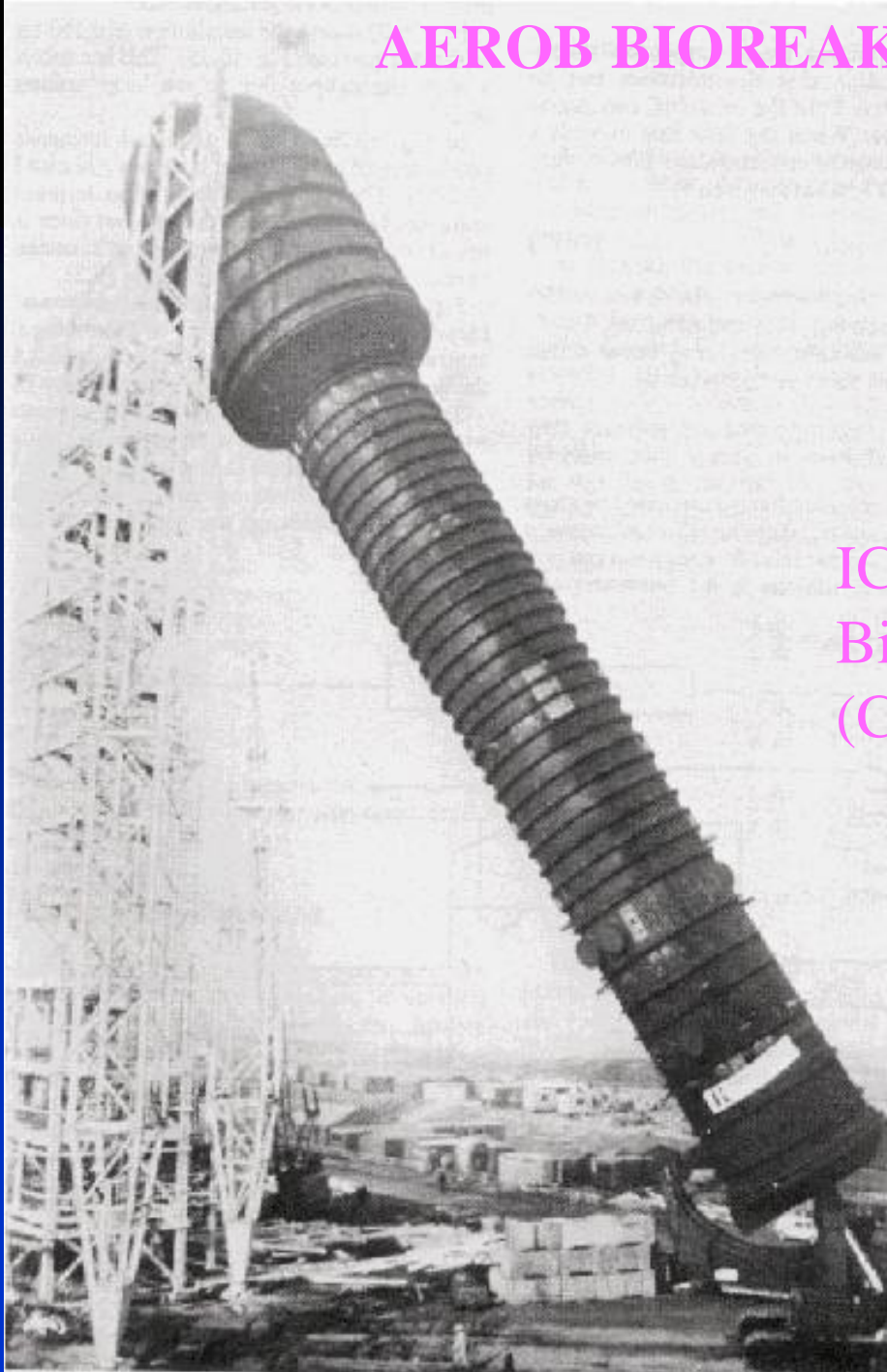
BIM2

2002

ICI PCR felállítása

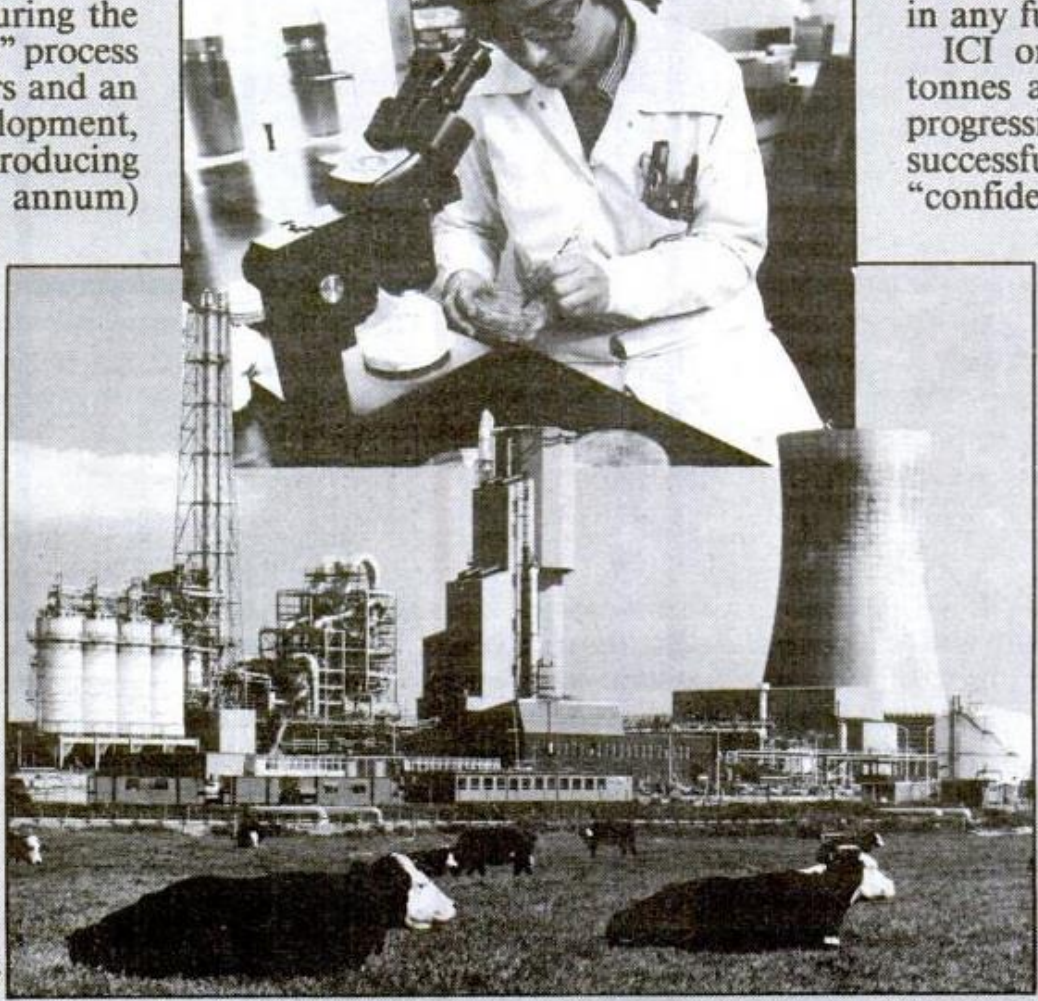
Billingham, UK

ICI, Ltd. factory,
Billingham, UK,
(Chem. Eng. News, 18-Sep-78) :



the boom in SCP during the
to be ICI's "Pruteen" process
er spending 11 years and an
00 million on development,
a large plant (producing
50 000 tonnes per annum)
n on Teesside.
n process uses
m *Methylophilus*
s to convert
om natural gas

and development
ycle fermenter has
placed ICI a long
its rivals in this
It is the largest
ermenter in the
working volume
ately 1500 cubic
rates of circu-
od oxygenation of
mean that the
utilised efficiently.
e project is one of
xamples of com-
nificant genetic
The technical ex-
d by an inter-
eam of scientists



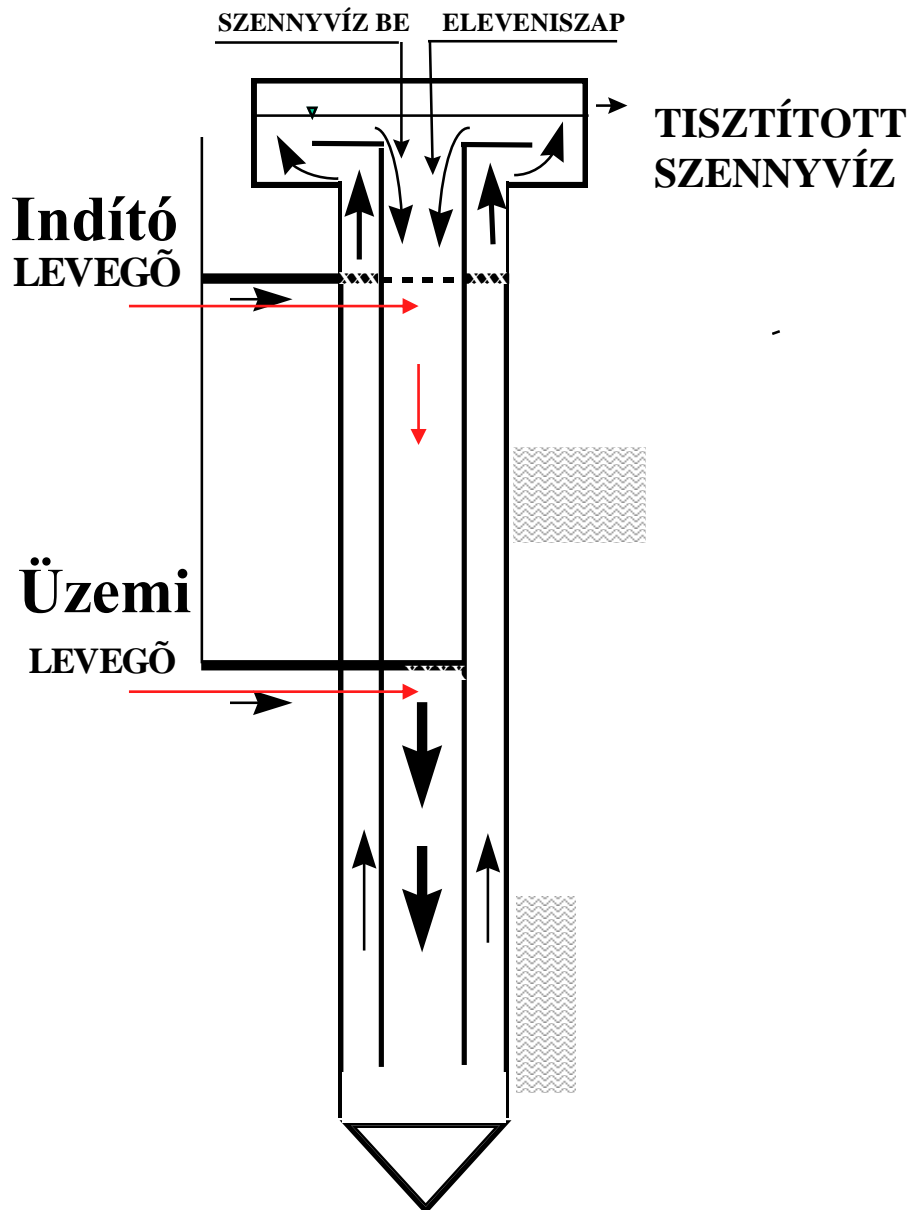
*Alone in the West, ICI's Pruteen plant in Billingham, Cleveland.
Will the Soviet Union buy the technology?*

in any future biotechnology ventures.
ICI originally aimed to sell 1 million
tonnes a year by the 1990s, constructing
progressively larger plants if the first was
successful. Publicly, at least, ICI was
"confident that the project was viable even
with world-priced feedstock".
Perhaps this confidence was
based on the fact that ICI
expected to monopolise part of
the milk-replacer market (Euro-
pean veal calves) where, appar-
ently, other proteins have
difficulty competing.

But the high costs of energy,
construction and equipment,
together with relatively low price
of soybeans, have forced ICI to
abandon its rather grandiose
plans. Indeed, the Billingham
plant is now running at a loss,
although not enough, it seems,
to force closure at present—a
spokesman described it as "... a
relatively small one in terms of
our cash flow".

ICI's only hope of recouping
the large sums invested in the
Pruteen process appears to be the
sale of its technology abroad. □





ICI Deep Shaft PCR

136 m hosszú (mély) ~13bar
(C*?)

Átmérő: <0,5 m

(földbe ásva "állították fel" Ithacaban az USA egy szennyvíztisztító telepén).

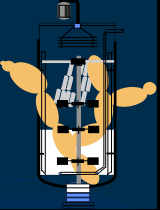
OTR : 2 kg/m³.h

energiafajlagos: 3 kgO₂/kWh.

Oxigén hasznosulás: > 90%

(keverős kb 10 %)

=A bevezettet Ox. >90%-a oldódik is!



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2

NDK (Glukonsa ferm.; ->Vogelbusch)

2002

Vogelbusch IZ reaktor

HTPJ (High Turbulence
Plunging Jet)

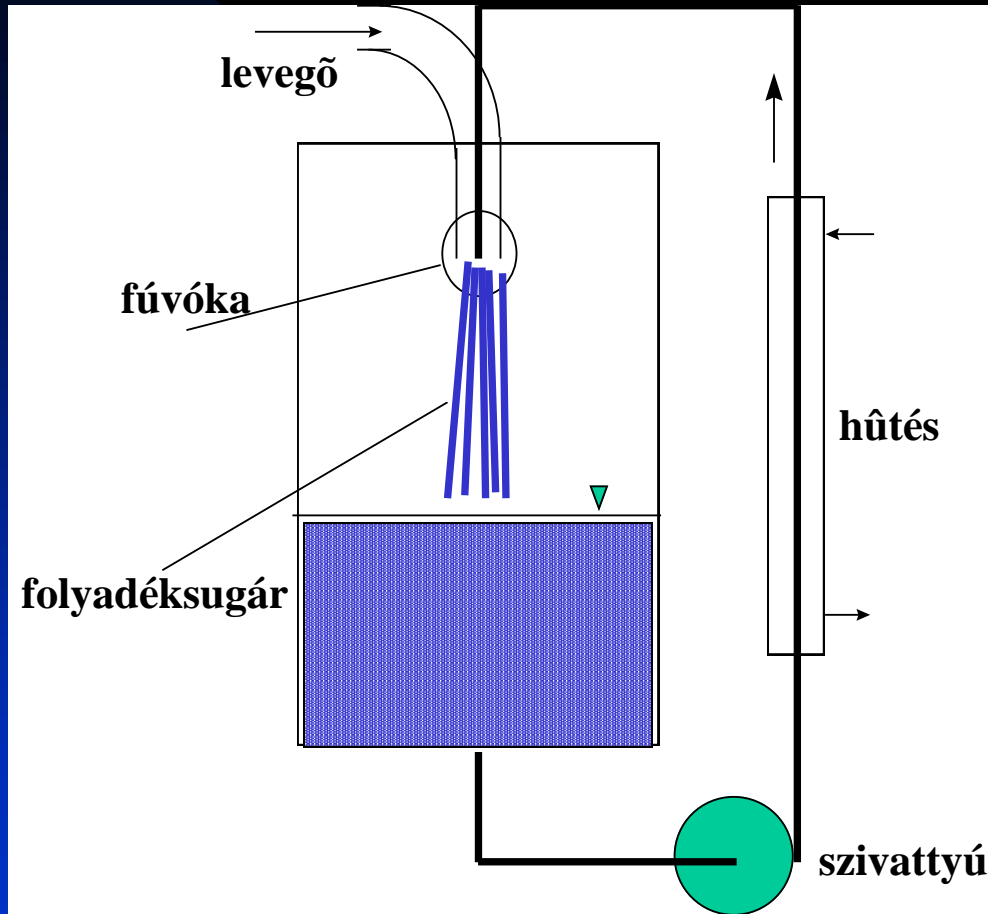
Merülőszugaras fermentor

-Eredeti OTR:10-12kg/m³h

Tanszéken lett felállítva 1987-ben.

OTR. 30-35 kg/m³ h

Magyar Újdonság: más Re



AEROB BIOREAKTOROK

levegőszűrő

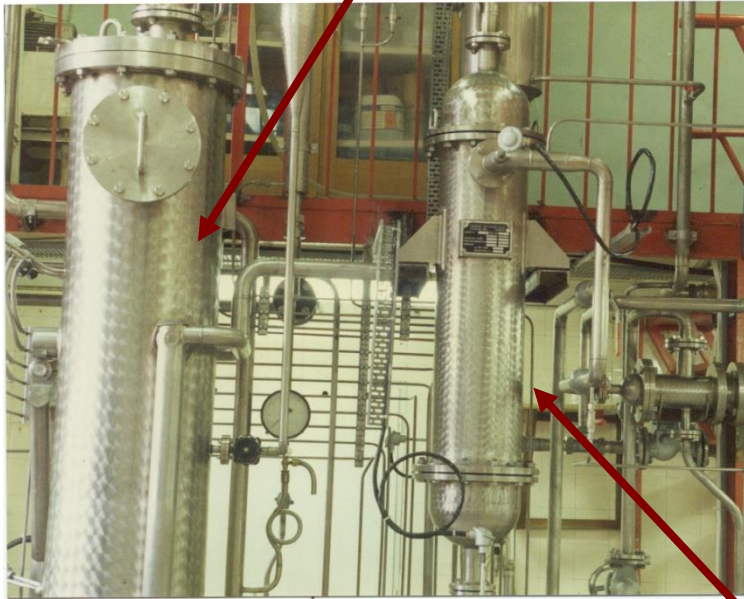
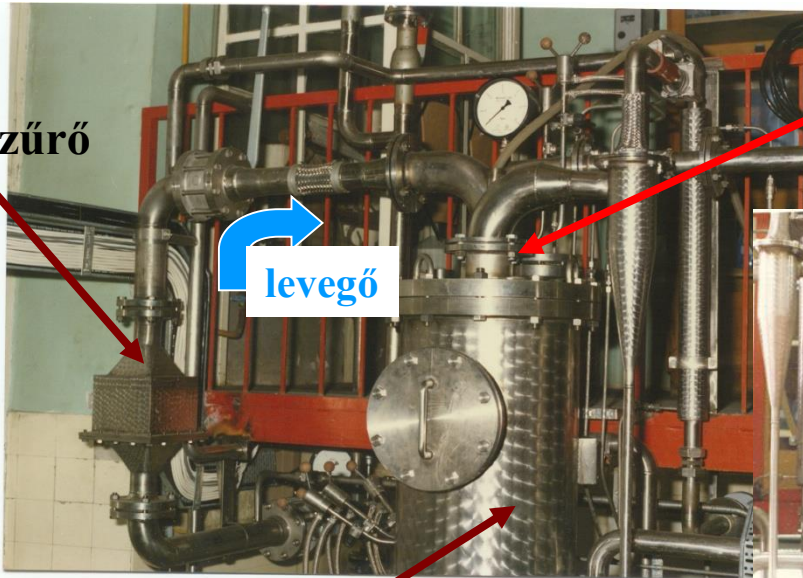
fúvóka

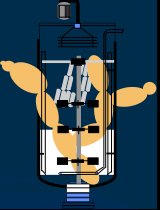
levegő

reaktorrest

hőcserélő

Keringtető szivattyú

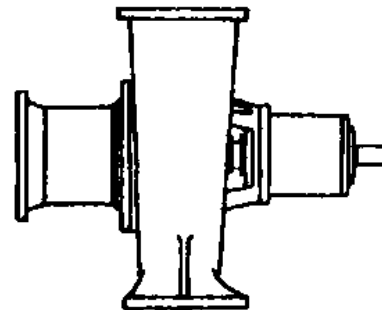
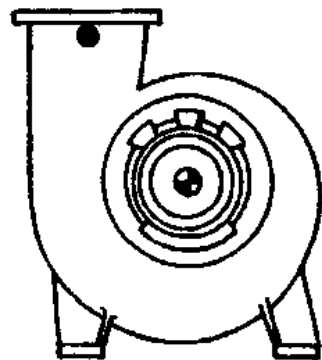
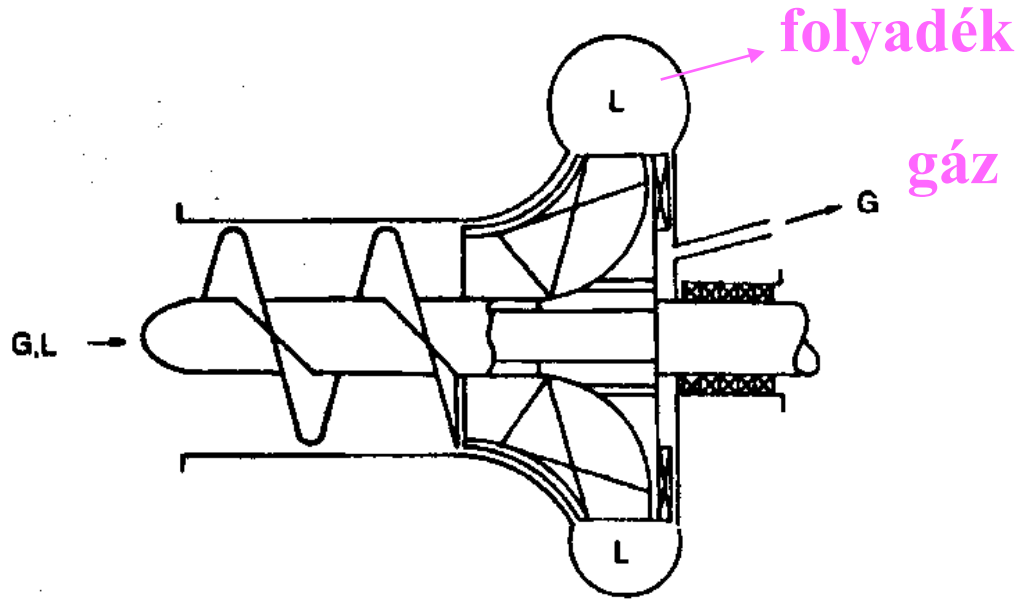


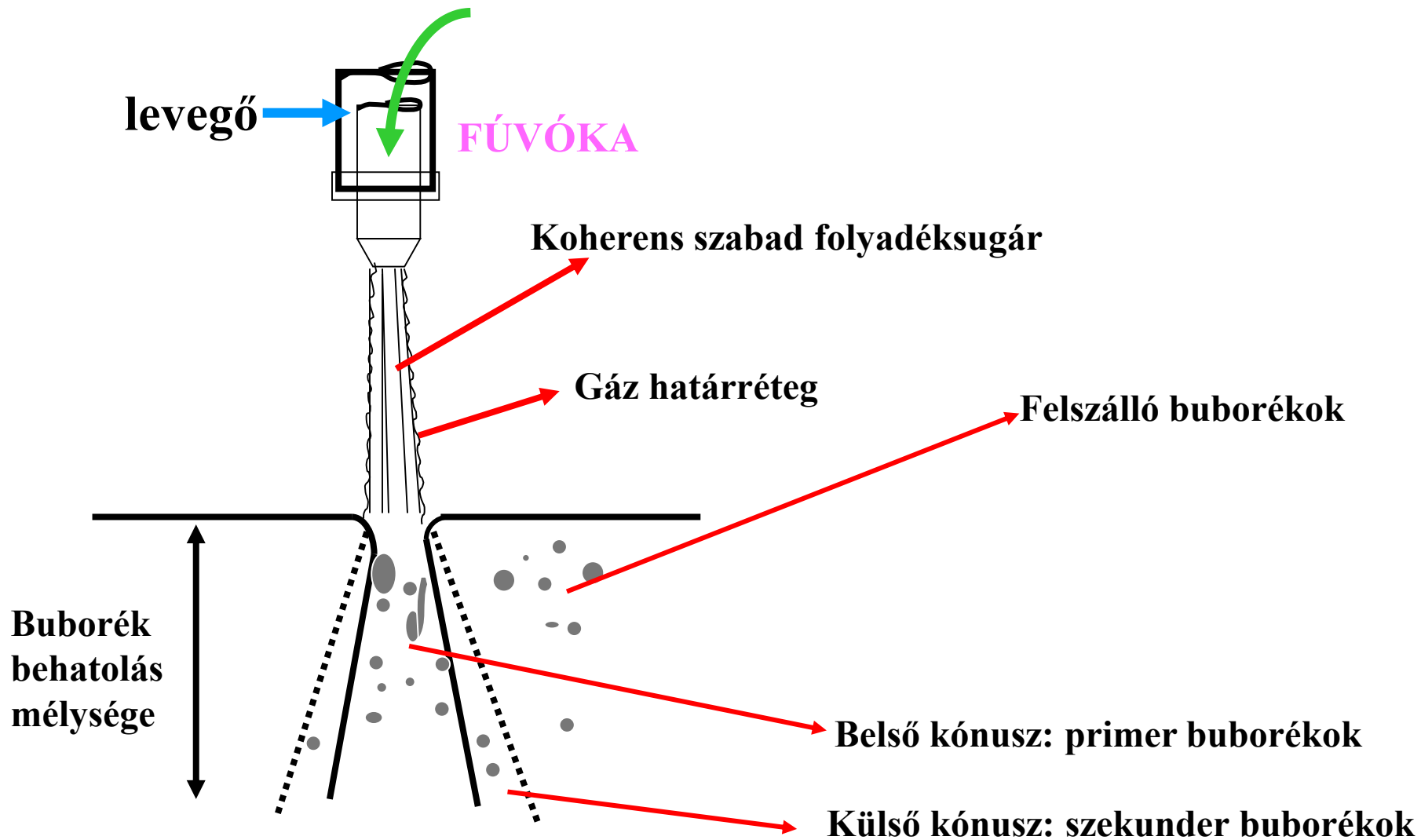


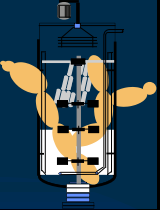
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

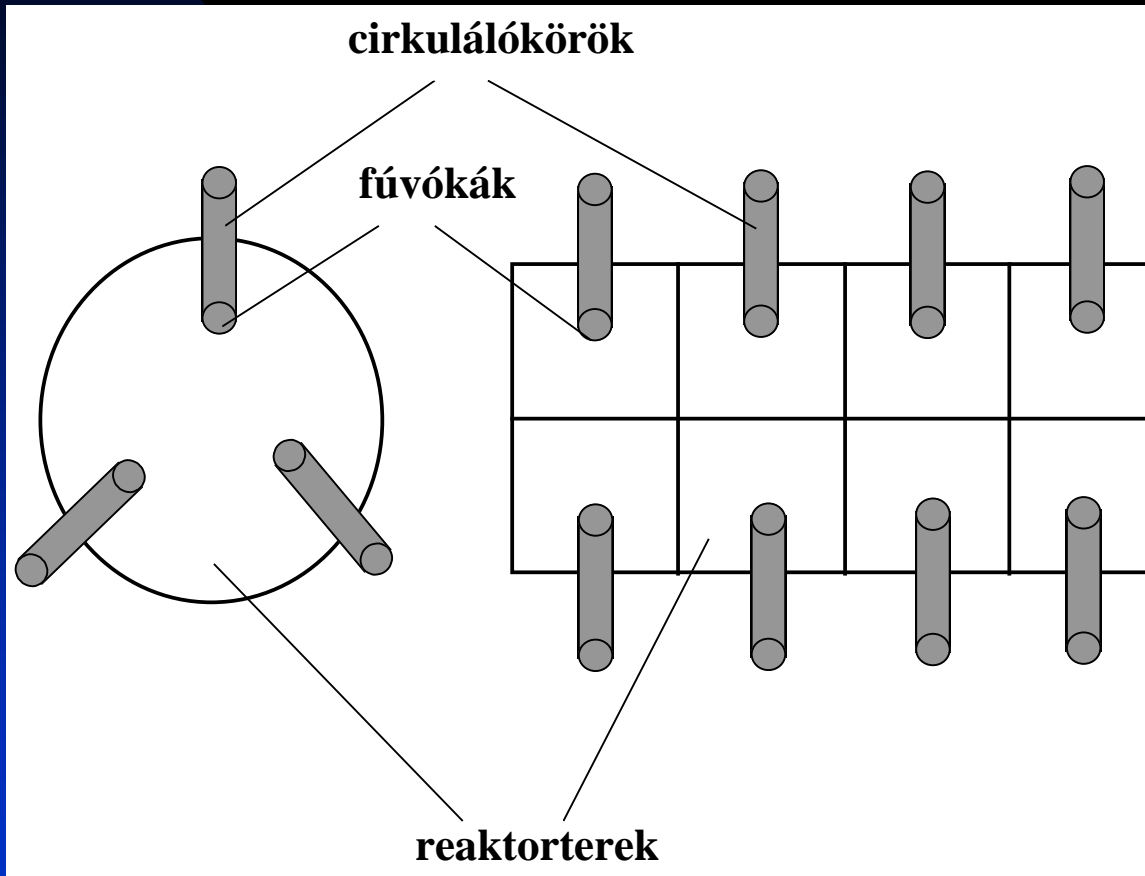
Gáz-foly. Diszperziót nem lehet centr. Sziv.,
mert kavítál=>sziv. Patent is





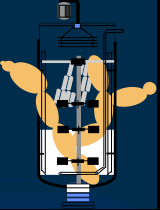


HTTPJ fejlesztések:



Nincs felső méret határ

**Aerob szennyvíztisztítás
(Szabadegyháza)**

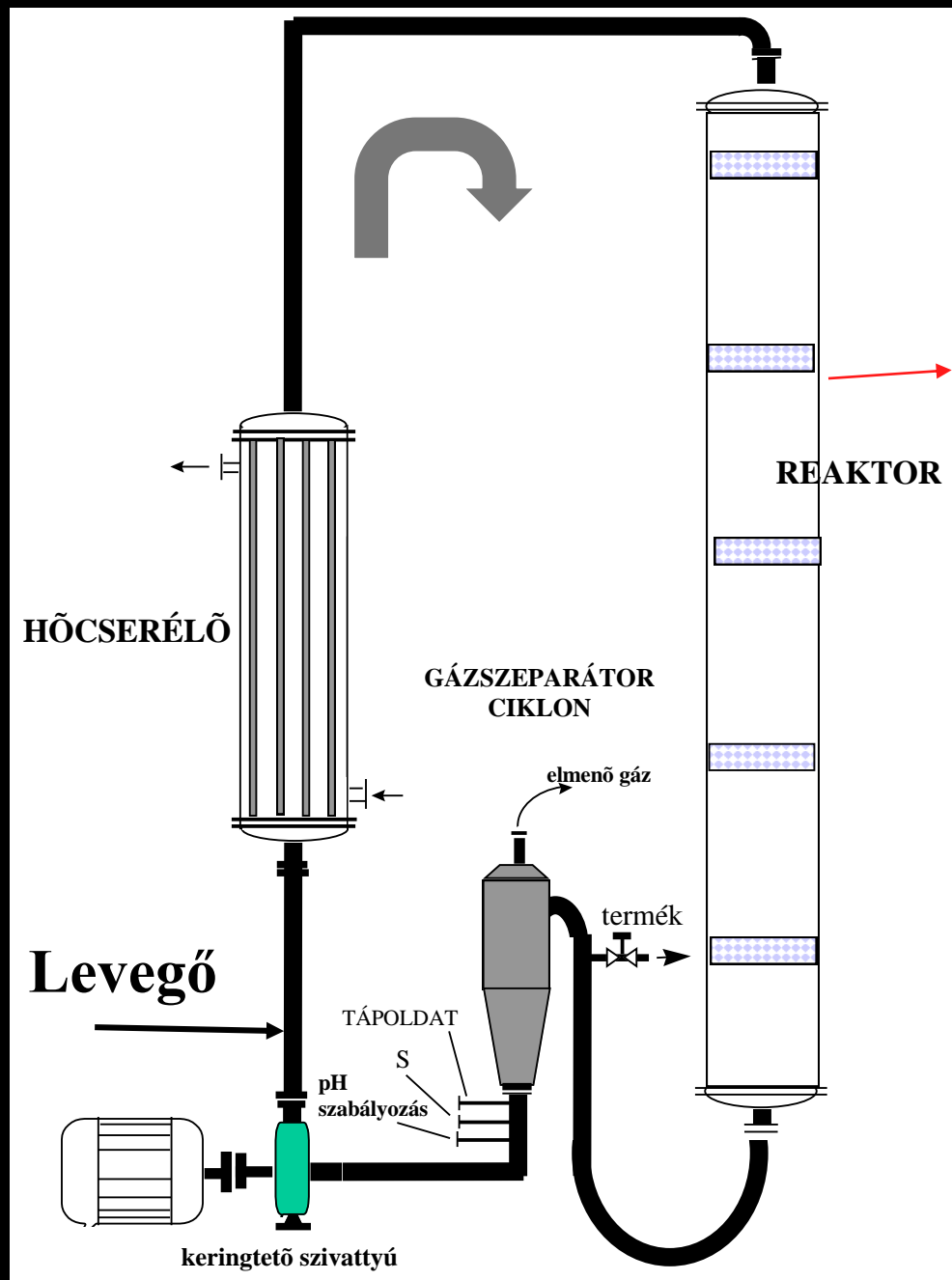


Csőreaktorok

50 dm³ Pilot

OTR: 20-40 kg/m³ h

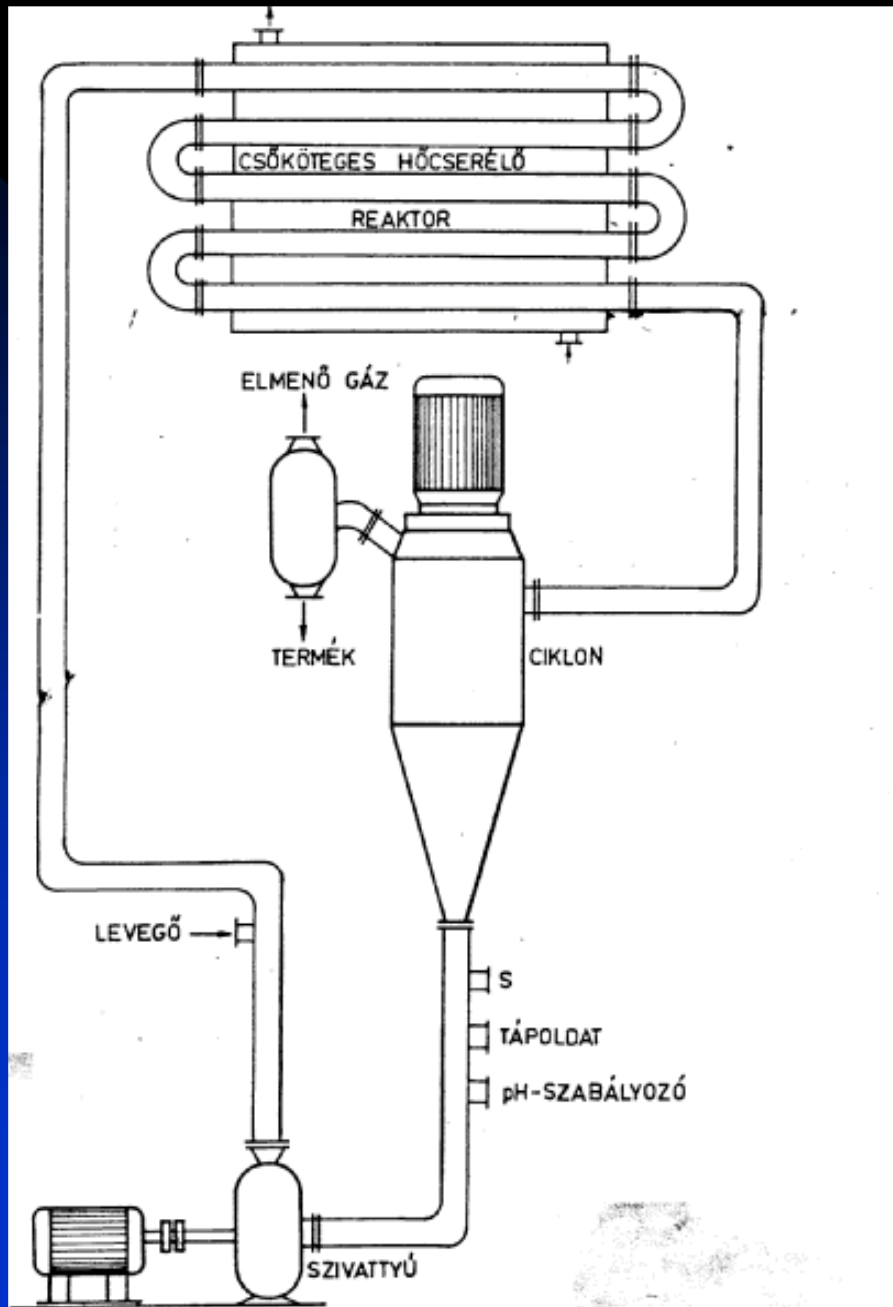
Jó dugóáram,
de csak pilot



Static
mixer

AEROB BIOREAKTOROK

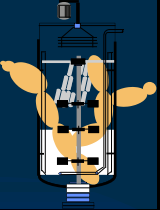
BIM2
2002



34 dm^3

OTR: $30\text{-}50 \text{ kg/m}^3 \text{ h}$

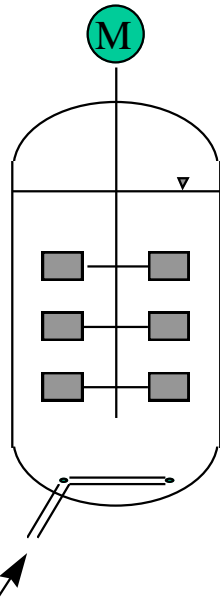
Reaktor test ~ hőcserélő
PFR



AEROB BIOREAKTOROK

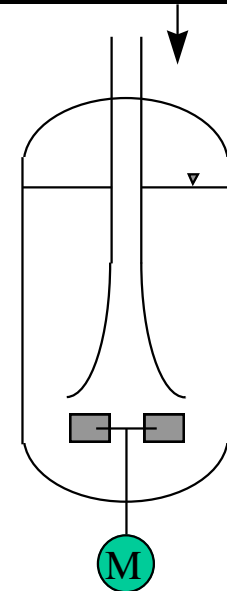
BIM2
2002

1



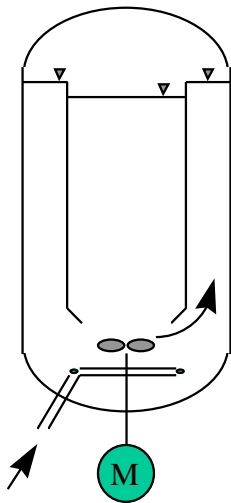
keverős reaktor
STR

2



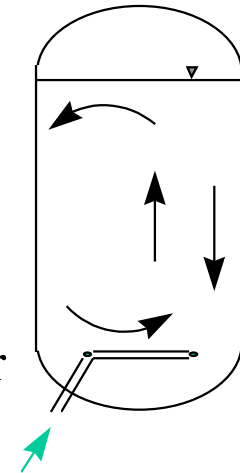
önfelszívó keverős
reaktor, STR

3

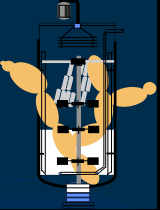


keverős tartályreaktor
belső léccirkulációval
STR+LR

4



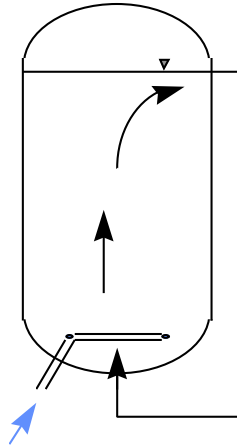
levegőztetett tartályreaktor
buborékkolonna
air-lift LR, ALR



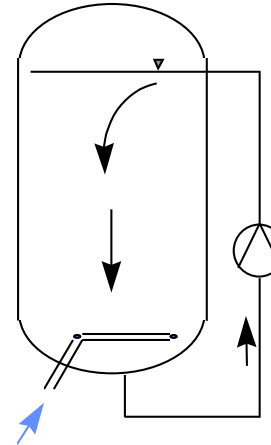
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

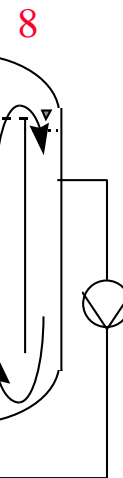
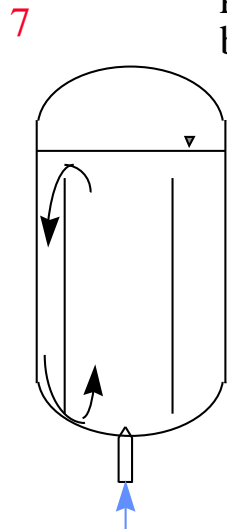
5 levegőztetett tartályreaktor
kerülővezetékkel (LR)
pneumatikus lémozgatású
air lift reaktor (ALR)
külső cirkuláció



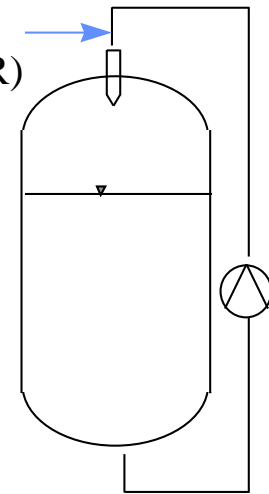
6 levegőztetett tartályreaktor
kerülővezetékkel (LR)
mechanikus lémozgatású
air lift reaktor (ALR)
külső cirkuláció



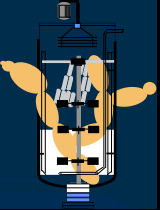
mammutszivattyú elvű
air lift (ALR)
pneumatikus lémozgatás
belső cirkuláció



9 merülő sugaras
jet reaktor (JLR)
mechanikus
lémozgatású
külső cirkuláció



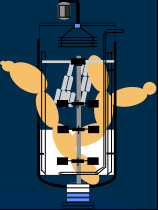
jet reaktor (JLR)
mechanikus lémozgatás, külső cirkuláció



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

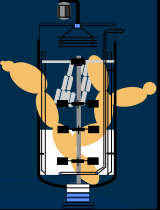
LEVEGŐZTETÉS TÍPUSA	FERMENTORTÍPUS	GÁZ FÁZIS	GÁZ SEBESSÉG ms^{-1}	a m^{-1}	H_2O %
lyuggatott tányér	Pressure Cycle	diszperz	0,6	50	50-90
töltött oszlop	Trickling filter (szennyvíztiszt.)	folytonos	0,9	16	90
buborékkolonna	-	diszperz	0,02	7	8
STR	-	diszperz	0,06	25	15



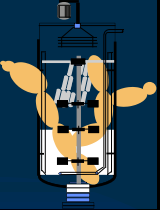
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

TÍPUS	μ Pa.s	Mechanikus teljesítmény bevitel kW/m ³	Teljesítmény bevitel levegővel kW/m ³	$K_L a$ h ⁻¹	OTR kg/m ³ h	V_{max} m ³
STR (flat blade)	>2	2-5	4,5	200	3	450
STR (tirbina)	<2	3	(1)	720	5	80- 160
Levegőztetett tartály kerülővezetékkel		(1)	3	2-300	6	400
Buborékkolonna			2,5 5 1	160 400 3-4000	6 6	500
Pressure Cycle			5	400	8 5-15	2300
Merülősugaras	<0,1	3,5	1	600	4,5-12	300
Szitatányéros			3,5	300- 1000	5	80
JLR	<0,1	1,5	3,5	700	8	200
JLR (mammut- szivattyú)	<0,1		3,5	350	7	400
JLR (csőreaktor)					30-50	

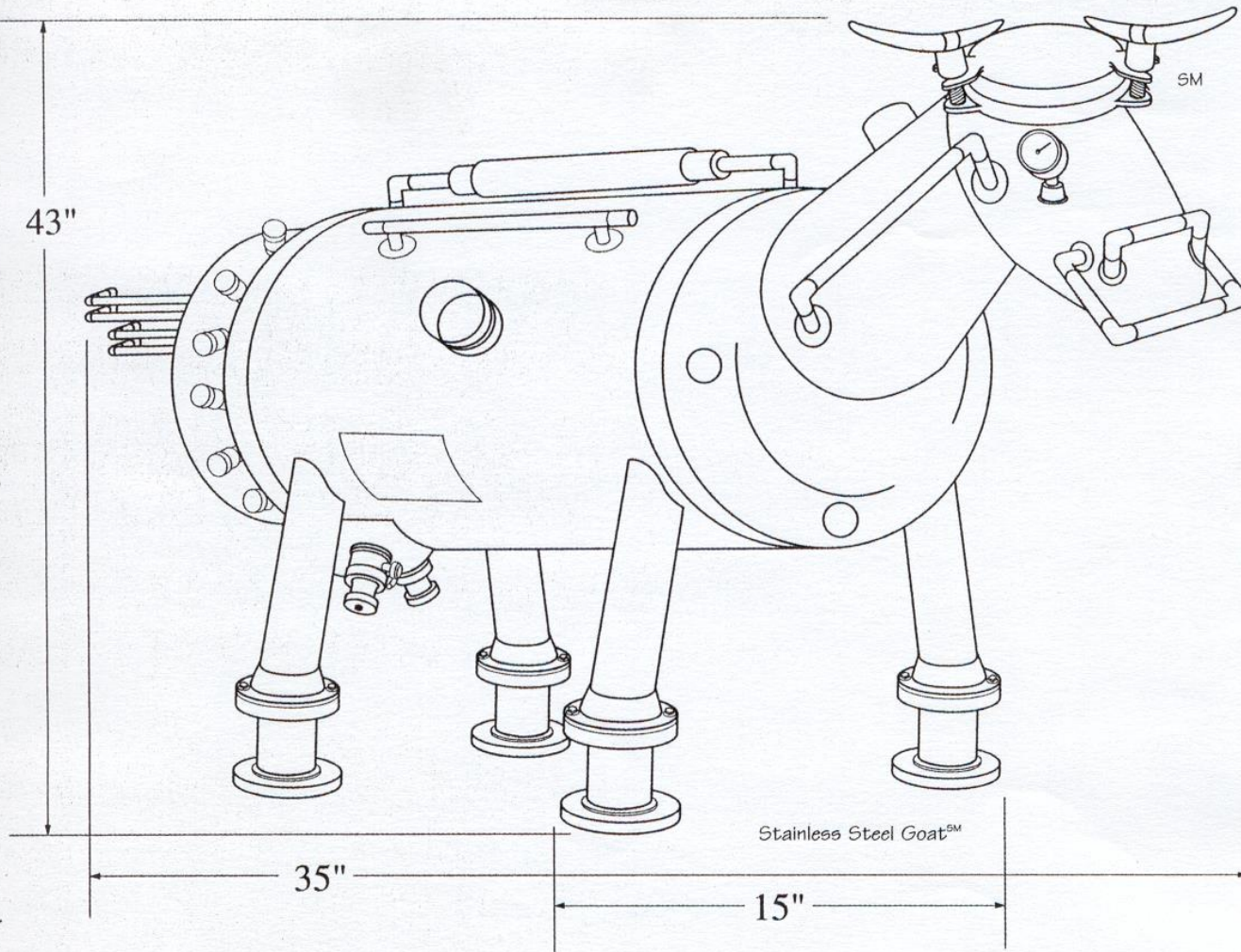


Típus	H_L [m]	E_{O_2} [kg O_2 /kWh]
STR		
Turbinakeverős	3	2-2,5
Propellerkeverős	3	0,8-1,1
Merülősugaras	10	0,88-3
Pressure Cycle		(6,6 kW/m ³) 1,5 (1,5 kW/m ³) 2,0
Deep Shaft		(1 kW/m ³) 3,0
Buborék kolonna perforált lapu gázelosztóval	10	3,39
Buborék kolonna szinterezett acél gázelosztóval	4	4,0
ALR fúvókás jet		2,1



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



BIOREACTORS DON'T HAVE
TO BE STAINLESS STEEL