

OBRADA OTPADNIH VODA

Podjela obrade voda prema njenoj namjeni:

- obrada vode za domaćinstvo,
- obrada vode za razne industrijske namjene:
(napojne, rashladne, protupožarne i dr.),
- obrada otpadnih voda
(da bi bile prihvatljive za ispuštanje u okoliš ili za ponovno korištenje):
 - obrada komunalnih otpadnih voda,
 - obrada industrijskih otpadnih voda,
 - obrada posebnih otpadnih voda.

➤ *Problem pitke vode u dijelovima svijeta s velikom koncentracijom industrije i stanovništva (zap. Europa);*

➤ *Pitke vode su sve više zagađene otpadnim vodama;*

✚ preko 30 % pitke vode u Engleskoj sadrži "korištenu" vodu,

✚ u pitkoj vodi koju koristi Pariz, udjel "ponovno korištene" vode je preko 50 %,

✚ Ruhrska pokrajina (Njemačka) koristi pitku vodu s udjelom oko 40 % tretirane otpadne vode.

➤ *Zahtjevi na kvalitetu ispuštene vode sve su stroži, čemu mora udovoljiti tehnologija njene obrade.*

PROCESI OBRADJE VODA

Procesi obrade vode ovise o vrsti, faznome stanju i dispergiranosti nečistoća koje treba ukloniti.

STANJE NEČISTOĆA U VODI			
HETEROGENI SISTEMI		HOMOGENI SISTEMI	
❖ A	❖ B	❖ C	❖ D
Suspenzije i emulzije: <i>- tvari koje uzrokuju mutnoću, - mikroorganizmi, - planktoni</i>	Koloidalne otopine: <i>- koloidni i visokomolekularni spojevi koji utječu na kapacitet oksidacije i boju vode</i>	Molekularne otopine: <i>- plinovi topivi u vodi, - organske tvari koje utječu na miris i okus vode</i>	Ionske otopine: <i>- soli, kiseline i lužine koje utječu na tvrdoću i alkalnost vode</i>

❖ A (suspenzije i emulzije) - procesi obrade

Ova grupa procesa obrade vode ne uključuje kemijske promjene tvari.

- **Mehanička separacija bez dodavanja reagenata:**
 - *sedimentacija,*
 - *filtracija,*
 - *mikrofiltracija,*
 - *centrifugiranje;*
- **Mehanička separacija uz dodavanje reagenata:**
 - *taloženje,*
 - *filtriranje;*
- **Adhezija pomoću aluminijskoga i/ili željeznoga hidrooksida:**
 - *taloženje,*
 - *filtriranje;*
- **Agregacija pomoću flokulanata uz filtraciju**
- **Flotacija**
- **Djelovanje na patogene organizame i spore:**
 - *oksidacija (klor, klor-dioksid, ozon itd.),*
 - *zračenje (ultraljubičasto, ultrazvučno),*
 - *ionizacija s teškim metalima (Cu, Ag).*

❖ B (koloidalne otopine) - procesi obrade:

- **Obrada sa Cl , ClO_2 , O_3 i drugim oksidantima;**
- **Adsorpcija s aluminijskim i/ili željeznim hidroksidom, a nakon toga koagulacija;**
- **Agregacija sa visoko-molekularnim flokulantima kationskoga tipa;**
- **Djelovanje na viruse sa:**
 - oksidantima,
 - zračenjem (UV, ultrazvuk)
 - ionima teških metala (Cu, Ag);
- **Ultrafiltracija;**
- **Obrada vode pomoću električnoga polja;**
- **Obrada vode pomoću magnetskoga polja za otklanjanje fero-magnetskih onečišćenja.**

❖ C (molekularne otopine) - procesi obrade:

- **Desorpcija plinova i volatilnih organskih tvari pomoću aeracije (otplinjavanja);**
- **Obrada sa *Cl*, *ClO₂*, *O₃*, permanganatom ili nekim drugom oksidirajućim sredstvom;**
- **Adsorpcija s aktivnim ugljenom ili drugim sorbentim materijalom;**
- **Ekstrakcija pomoću organskih solvenata:**
butil-acetat, etil-acetat, benzen, itd.;
- **Evaporativna purifikacija:**
 - metode pomoću cirkulirajuće pare,
 - azeotropska destilacija;
- **Membranska separacija plinova**

❖ **D (ionske otopine) - metode obrade**

- **Konverzija iona u nisko-disocirajuće spojeve:**
 - neutralizacija,
 - stvaranje kompleksnih iona;

- **Konverzija iona u nisko-topive spojeve:**
 - stvaranje nisko-topivih soli,
 - stvaranje teško-topivih hidrooksida;

- **Zadržavanje iona u ionskim izmjenjivačima:**
 - H- kationski izmjenjivač,
 - OH- anionski izmjenjivač;

- **Separacija iona pomoću različitih faznih stanja vode:**
 - destilacija,
 - ekstrakcija,
 - zaleđivanje;

- **Primjena pokretljivosti iona u električnom polju (elektro-dijaliza);**

- **Reverzna osmoza;**

- **Obrada vode pomoću magnetskoga i akustičnoga (ultra-zvučna) polja.**

OBRADA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA

Opća definicija:

Otpadne vode su vode koje su korištene u nekom procesu gdje je degradirana njihova kvaliteta zbog čega više ne mogu biti ponovno korištene ili ispuštene u okoliš prije odgovarajuće obrade.

Tipična onečišćenja komunalnih otpadnih voda:

- tvari koje troše kisik, sedimenti, masnoće, ulje, otpaci, fekalije, patogene bakterije, virusi, soli, nutrienti (hrana) za alge, pesticidi, teški metali i drugo.

Glavni karakteristike komunalnih otpadnih voda:

- **turbiditet** - mjera za mutnoću vode,
- **suspendirane tvari (mg/l)** - mjera za lebdeće tvari,
- **ukupno otpljene soli (mg/l)** - mjera za otopljene tvari,
- **pH vrijednost** - mjera za kiselost /alkalnost,
- **otopljeni kisik (mg/l)** - mjera za kisik otopljen u vodi,
- **biokemijska potreba kisika BPK₅ (mg/l)** - mjera za biorazgradive organske tvari u vodi,
- **P (mg/l)** - mjera za ukupni fosfor (hrana za alge),
- **N (mg/l)** - mjera za ukupni dušik (hrana za alge).

❖ Primarna obrada komunalnih otpadnih voda

- Otklanjanje komadnih, krutih, netopivih tvari, što treba spriječiti oštećenja i začepljenja sustava;

HVATAČI MEHANIČKIH NEČISTOĆA:

- rešetke,
- mreže.

- Primarna sedimentacija - otklanjanje taložnih i plutajućih tvari uz dodavanje kemikalija (koagulanata, flokulanata);

-KOAGULACIJA, -FLOTACIJA

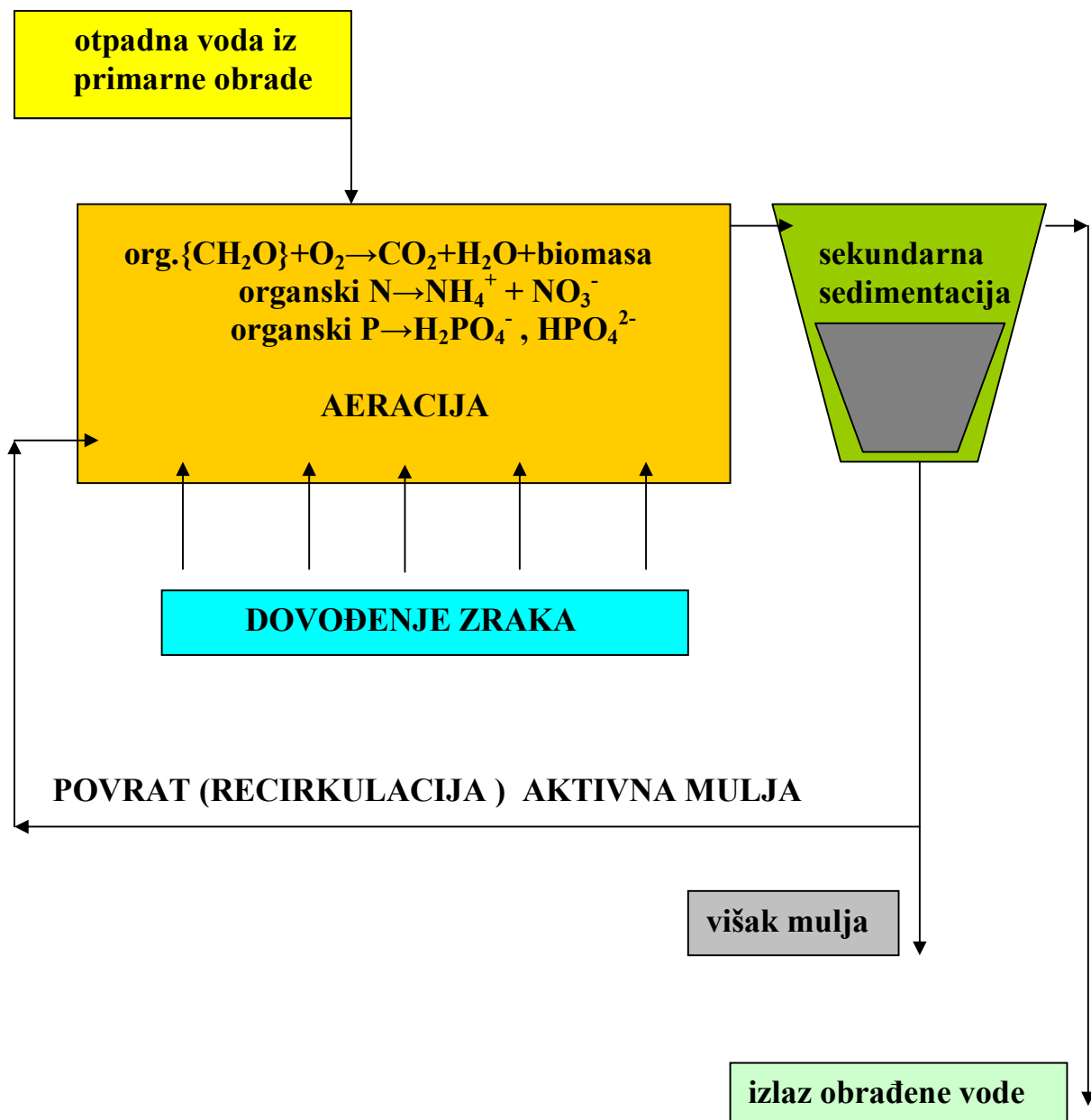
❖ Sekundarna obrada komunalnih otpadnih voda primjenom bioloških procesa

- Otklanjanje biološke potrebe kisika (BPK), odnosno organskoga onečišćenja koje troši kisik;

Kontroliranim dodavanjem i rastom posebnih mikroorganizama uz dodavanje potrebnoga kisika za oksidaciju smanjuju se organska onečišćenja na prihvatljivu razinu.

- FILTRI SA NASADENIM MIKROORGANIZMIMA,
- ROTIRAJUĆI BIOLOŠKI REAKTORI,
- PROCESI S AKTIVNIM MULJEM

Shema procesa biološke obrade s aktivnim muljem



❖ Tercijalna obrada komunalnih odpadnih voda

***Tercijalna obrada** uključuje različite procese obrade koji se izvode nakon sekundarne obrade da bi se ispunili specifični zahtjevi kvalitete izlazne vode (efluenta), ovisno o propisima odnosno o recipijentu u kojega se ispuštaju obrađene otpadne vode.*

Tercijalna obrada odpadnih voda može sadržavati:

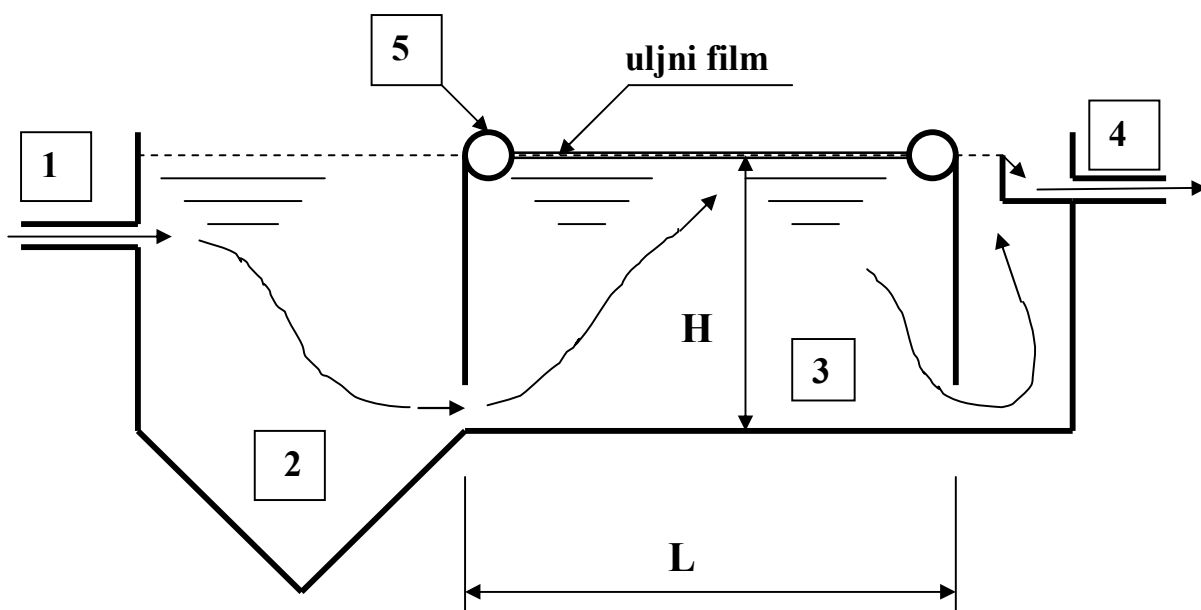
- **uklanjanje suspendiranih tvari,**
- **uklanjanje otopljenih organskih spojeva,**
- **uklanjanje otopljenih anorganskih materijala,**
- **uklanjanje bakterija i virusa, odnosno dezinfekcija pomoću: klora, ozona, ultraljubičastih zraka.**

UKLANJANJE ULJNIH TVARI IZ OTPADNIH VODA

Procesi uklanjanja uljnih tvari:

- mehanička obrada - odvajanje u separatorima,
- kombinirana obrada - flokulacija / flotacija,
- filtracija.

❖ Mehanička obrada (separacija)



LEGENDA: 1-ulaz zauljene otpadne vode, 2-prihvatni bazen,
3-taložna (separacijska) zona, 4-izlaz obrađene vode,
5-cijevi za obiranje ulja (skimeri)

Proračun gravitacijske separacije:

Polazne postavke proračuna (pojednostavljenja):

- a) brzina vode jednaka je u svim dijelovima poprečnoga presjeka separacijskoga bazena;*
- b) strujanje vode je laminarno;*
- c) brzina uzdizanja (plutanja) uljnih čestica je konstantna u separacijskome dijelu bazena.*

- Uzgonska sila koja djeluje na podizanje uljne čestice:

$$F_U = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_w - \rho_u) g$$

gdje je:

r - polumjer čestice ulja (m),

ρ_w - gustoća vode (kg/m^3),

ρ_u - gustoća ulja (kg/m^3),

g - gravitacija (m/s^2).

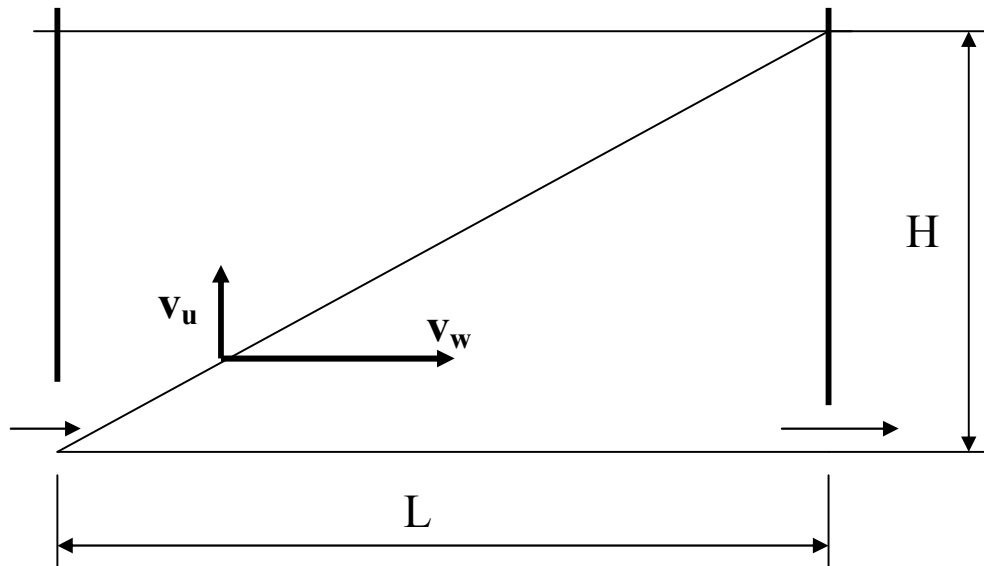
- Gibanju čestice prema gore suprotavlja se sila otpora koja prema Stokes-ovoj formuli iznosi:

$$F_o = 6\pi\mu_w r v_u$$

gdje je:

μ_w - dinamička viskoznost vode (Ns/m^2)

v_u - brzina podizanja uljne čestice (m/s)



- U stacionarnome stanju je sila uzgona F_u , koja djeluje na česticu ulja, jednaka sili otpora F_o , pa iz toga proizlazi:

$$F_u = F_o$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_w - \rho_{\check{c}}) g = 6 \pi \mu_w r v_u$$

- Brzina dizanja uljnih čestica v_u :

$$v_u = \frac{2}{9} \frac{g r^2}{\nu_w} \left(1 - \frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_w} \right)$$

gdje je:

ν_w - kinematska viskoznost vode (m^2/s).

Da bi se osiguralo odvajanje i sakupljanje separiranih čestica na površini, dužina separatora L mora biti tolika da je vrijeme gibanja u uzdužnome smjeru τ jednako ili veće od vremena podizanja uljne čestice do površine:

$$\tau = \frac{L}{v_w} \geq \frac{H}{v_u}$$

$$L \geq \frac{H}{v_u} v_w$$

- Širina separatora B slijedi iz jednadžbe kontinuiteta:

$$B = \frac{Q_w}{v_w H}$$

gdje je:

Q_w - protočna količina vode kroz separator (m^3/s)

v_w - 0,005 do 0,01 m/s.

Realni uvjeti kroz gravitacijski separator odstupaju od idealnih (teoretskih), ponajviše zbog raznih uvjeta koji uzrokuju turbulenciju pri strujanju, što se s dovoljno točnosti može uzeti u obzir s vertikalnom komponentom brzine vode v_z , koja utječe na povećanje dužine L i potrebno vrijeme zadržavanja τ , odnosno:

$$L \geq \frac{v_w}{v_u - v_z} H$$

$$\tau \geq \frac{H}{v_u - v_z}$$

gdje je:

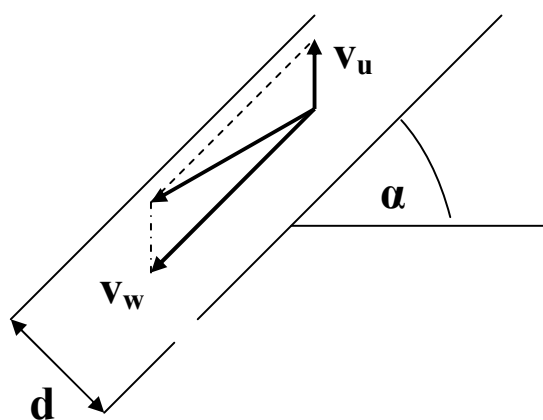
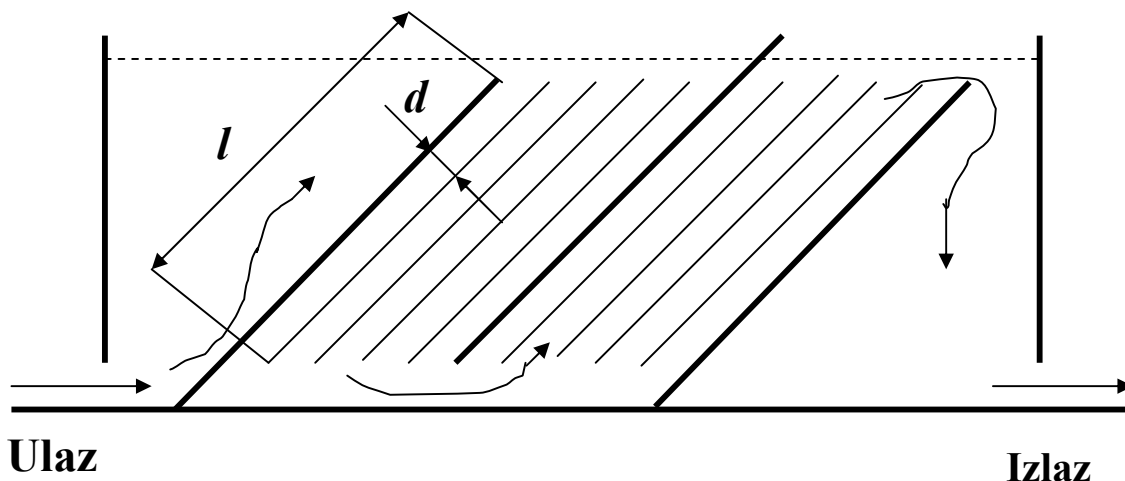
$v_z \sim 0,04v_w$ (iskustveno za praktične proračune).

Glavni faktori učinkovitosti gravitacijskih separatora:

- **Temperatura**
- porast temperature smanjuje viskoznost vode, čime se povećava brzina dizanja uljnih čestica.
- **Gustoća ulja**
- produkti s većom gustoćom sporije se separiraju.
- **Dispergiranoost uljnih produkata u vodi**
- veća dispergiranoost smanjuje efikasnost separacije.

Glavni nedostatak ovakve vrste gravitacijskoga separatora su relativno velike dimenzije, odnosno veliki prostor koji je potreban za ugradnju. To se u velikoj mjeri otklanja primjenom tzv. **pločastih separatora**.

□ **Princip rada i proračun pločastoga separatora**



- *Visina dizanja uljnih čestica:*

$$h = \frac{d}{\cos \alpha}$$

- *Vrijeme dizanja uljnih čestica:*

$$\tau = \frac{h}{v_u} = \frac{d}{v_u \cos \alpha}$$

- *Brzina dizanja uljnih čestica:*

$$v_u = \frac{2}{9} \frac{gr^2}{v_w} \left(1 - \frac{\rho_{\check{c}}}{\rho_w}\right)$$

- *Dužina lamela (uljnih kanala):*

$$l \geq v_w \tau$$

- *Broj lamela (uljnih kanala):*

$$n = \frac{Q_w \tau}{Bld}$$

gdje je:

B- širina kanala (m).

Konstruktivske veličine:

r - polumjer uljnih čestica: 30×10^{-3} do 40×10^{-3} (mm)

α - kut nagiba lamela (kanala): uobičajeno 45°

d - poprečni razmak između lamela: 25 do 50 mm

optimalni uvjeti strujanja: $500 < Re < 2000$.

❖ Kombinirana obrada (flokulacija /flotacija)

Glavni nedostatak mehaničke separacije je vrlo sporo odvajanje (separiranje) uljnih čestica od vode.

Taj se nedostatak u velikoj mjeri rješava pomoću kombiniranih kemijsko-mehaničkih separatora sa flokulacijom i flotacijom.

Flokulacija:

dodavanje kemikalija koje imaju svojstvo da pospješuju razbijanje emulzija i stvaranje većih čestica ulja (flokula) koje zatim lakše, pod djelovanjem adhezije, prijanjaju uz mjehuriće zraka što se induciraju i dižu u flotacijskome bazenu.

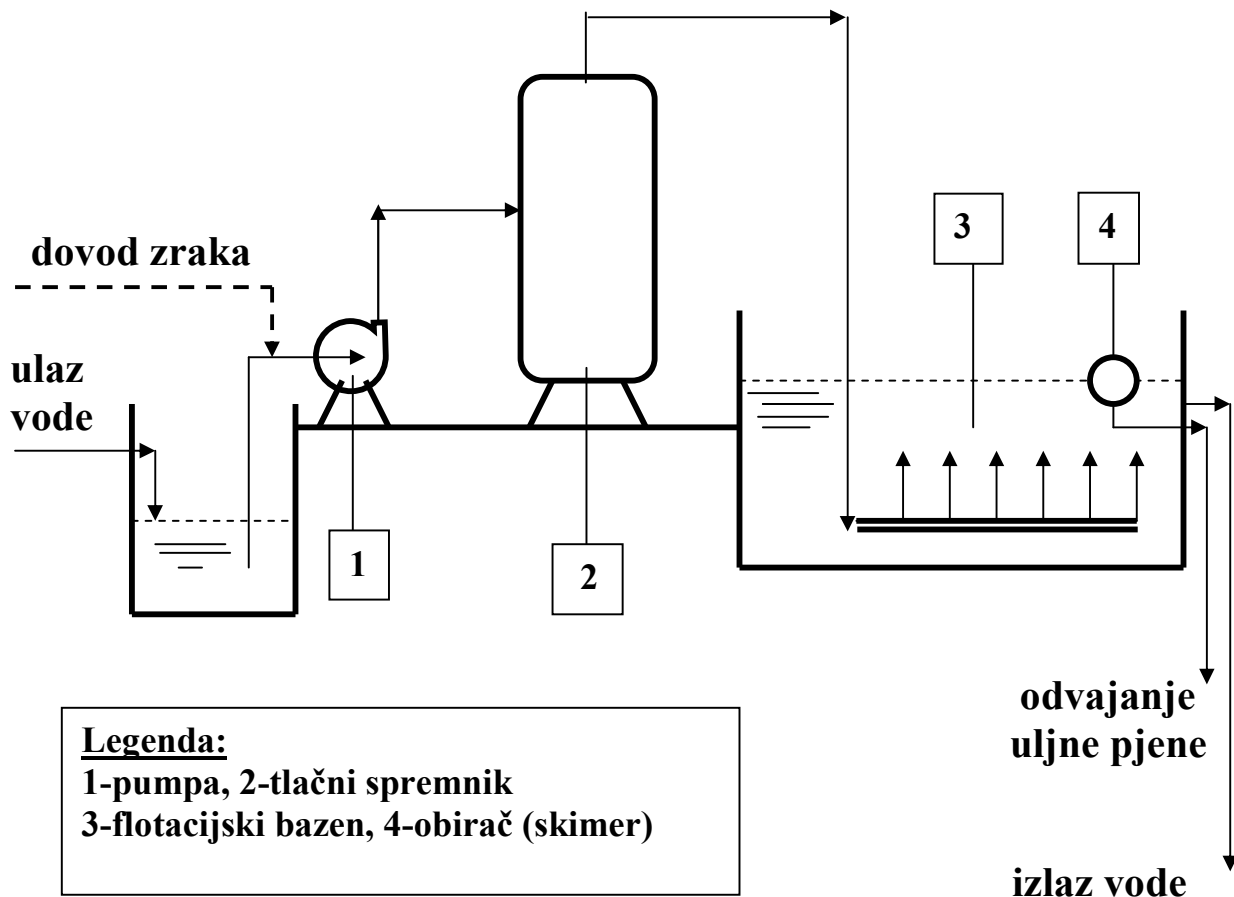
Kemikalije za flokulaciju:

- na bazi željeznih i aluminijevih soli,
- polielektroliti.

Flotacija:

- induciranje mjehurića zraka pomoću distributora bez pretlaka (flotacija pod atmosferskim tlakom);
- induciranje mjehurića zraka pod tlakom (tlačna flotacija).

Osnovna shema tlačne flotacije



Glavne pogonske veličine procesa flotacije

- tlak zasićivanja sa zrakom (u tlačnoj posudi): 3-5 bara;
- vrijeme zadržavanja vode u tlačnoj posudi: 8 do 10 min;
- vrijeme zadržavanja vode u flotacijskome bazenu: 20 do 40 min;
- protočna brzina vode: 0,001 do 0,003 m/s kroz slobodnu površinu presjeka flotacijskoga separatora.