

1.2 PUMPNI AGREGATI

Jedan od najbitnijih zadataka centrifugalnih pumpi je da rade u širokim granicama pritiska i protoka. Regulacija pritiska i protoka vrši se samo u oblasti definisanih $Q - H$ krivima pumpe.

Klasičan način izmene radnih tački centrifugalnih pumpi ostvaruje se prigušivanjem. Prigušivanje se takođe koristi i za zaštitu pumpi od preopterećenja koja mogu nastati kada pumpe rade sa niskim pritiscima.

Ovakvim načinom regulisanja gubi se deo energije i smanjuje koeficijent korisnosti pumpi.

U praksi se često pojavljuju zahtevi koji prevazilaze mogućnosti karakteristika serijskih tipova pumpi.

Jedan od načina širih izmena radnih karakteristika pumpi je povezivanje pumpi sa ejektorima. Pumpe povezane sa ejektorima mogu da se koriste za povećanje protoka ili za povećanje pritiska. Krive $Q - H$ agregata (pumpe spregnute sa ejektorima) prikazane su na dijagramu 1.2.

Zajednička veza ejektora i centrifugalnih pumpi bitno proširuje oblast primene pumpi i omogućava izradu autonomnih uređaja za različite namene.

Povezivanjem pumpi sa ejektorima omogućava se da se na račun smanjenja pritiska poveća protok, odnosno da se na račun smanja protoka poveća pritisak.

Odgovarajućim povezivanjem pumpi i ejektora omogućuje se da agregati rade sa viskim koeficijentom korisnosti $\eta \leq 0,8$ (vidi Dijagram 1.2).

1.2.1 Pumpni agregati za izmenu radnih karakteristika pumpi

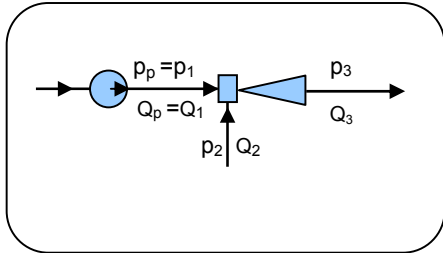
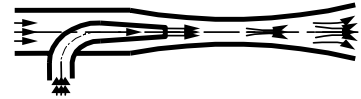
Način povezivanja pumpi sa ejektorima zavisi od postavljenih uslova rada. U praksi se najčešće sreću kombinacije prikazane na Sl.1.4 i Sl.1.5, u kojima se pumpe i ejektor nalaze na približno istom nivo (iste geodeziske visine).

Ejektor povezani sa pumpama omogućuju:

1. Izmenu radnih karakteristika centrifugalnih, aksijalnih, vrtložnih i drugih tipova pumpi u širokim granicama (Dijagram 1.2, Sl.1.5 i Sl.1.6).
2. Crpljenje tečnosti iz dubokih bunara, šahtova, sondi i drugih dubokih bušotona (Sl.1.6).
3. Crpljenje tečnosti sa sadržajem gasova (Sl.1.7 i Sl.1.8).
4. Ostvarivanje potrebnog vakuuma za odvodnjavanje, isušivanje i snižavanje nivoa podzemnih voda, u dreniranju i građevinarstvu (Sl.1.9 i Sl.1.10).
5. Povećanje dopuštene visine usisavanja centrifugalnih pumpi i povećanje kavitacione rezerve pri radu sa toplim, vrelim i lako isparljivim tečnostima (Sl.1.11 i Sl.1.12).
6. Odstranjivanje vazduha i drugih gasova iz usisnih cevovoda i drugih šupljina, pumpi, koje nemaju samousisavajuću sposobnost za puštanje u rad (startovanje), a takođe konstantno održavaju pumpe pod nalivom, čime omogućavaju njihovo lako i brzo startovanje. (Sl.1.7, Sl.1.8 i Sl.1.10).
7. Crpljenje iz teško dostupnih mesta, gasovitih, korozivnih, otrovnih, agresivnih, zapaljivih, eksplozivnih drugih zaprljanih i zagađenih tečnosti.
8. Hidrotransport mulja, peska, pepela, šljake i drugih mešavina tečnosti i tvrdog zrnastog i usitnjenog materijala (Ejektorski hidrotransport).
9. Međusobno mešanje i rastvaranje različitih tečnosti i gasova: - aeracija, apsorpcija, izvođenje hemijskih reakcija i dr. (vidi Ejektorski aeratori i Ejektorski apsorberi).
10. Izvlačenje eksplozivnih, zapaljivih i zagađenih gasova (vidi Ejektorski ventilatori).
11. Komprimovanje vazduha (vidi Ejektorski kompresori).
12. Obezbeđenje visokog vakuuma (vidi Ejektorske vakuum pumpe).

Otvoren necirkulacioni pumni agregat

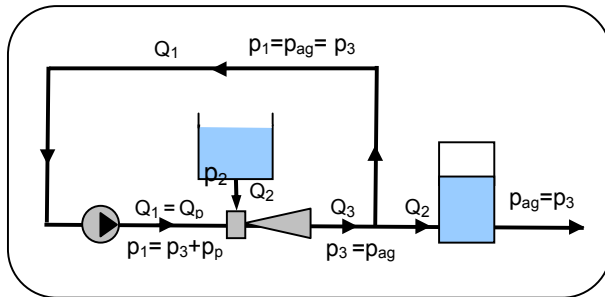
Na sl.1.4 prikazan je otvoren necirkulacioni pumni agregat. Za ovakav način povezivanja odnosi pritiska u zavisnosti od odnosa protoka prikazani su na Dijagramu 1.1.



Sl.1.4 Otvoreni necirkulacioni pumpni agregat

Zatvoreni cirkulacioni pumni agregat

U zatvorenom cirkulacionom uređaju (agregatu) prikazanom na sl.1.5a protok agregata $Q_{ag} = Q_2$ sa pritiskom agregata $p_{ag} = p_3$ izdvaja se po izlazu iz ejektora.



Sl. 1.5 a Cirkulacioni pumpni agregat sa ejektorom postavljenim posle pumpe

Šema u zatvorenom cirkulacionom agregatu prikazanom na sl.1.5b analogna je prethodnoj, ali se u njoj protok agregata (efektivni protok) $Q_{ag} = Q_2$, sa pritiskom agregata $p_{ag} = p_3 + p_p$ izdvaja po izlazu iz centrifugalne pumpe. Efektivan (koristan) protok predstavlja protok $Q_e = Q_2 = Q_{ag}$. Efektivan (koristan) pritisak predstavlja razliku pritiska agregata i pritiska usisavane tečnosti ispred ulaza u ejektor i on iznosi

$$p_e = p_{ag} - p_2 = p_3 - p_2 \text{ za agregat prikazan na Sl.1.5a}$$

$$p_e = p_{ag} - p_2 = p_3 - p_2 + p_p \text{ za agregat prikazan na Sl.1.5b.}$$

Za agregate prikazane na sl.1.5a i sl1.6a Odnosi efektivnog (korisnog) protoka i efektivnog (korisnog) pritiska prema protoku i pritisku pumpe iznose:

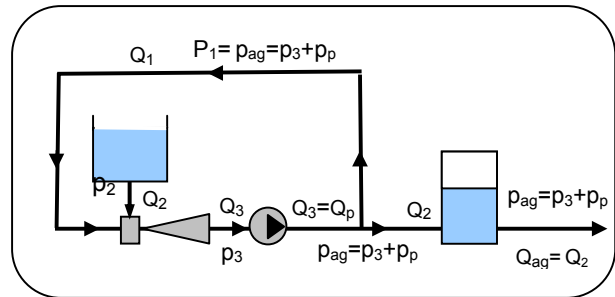
$$q_a = Q_e / Q_p = Q_{ag} / Q_1 = Q_2 / Q_1 = \mu$$

$$\psi_a = p_e / p_p = (p_3 - p_2) / (p_1 - p_3)$$

Protok agregata $Q_{ag} = Q_2$ odlazi u hidrofor i dalje u potrošnju, a ostatak protoka $Q_p = Q_1$ sa pritiskom agregata p_{ag} odlazi preko pumpe u ejektor i dalje u kružnu cirkulaciju.

Pritisak usisavane tečnosti na ulazu u ejektor, za ejektore koji se nalaze ispod nivoa usisavane tečnosti, je $p_2 = + H_2 \rho_2 g$, a za ejektore koji se nalaze iznad nivoa usisavane tečnosti $p_2 = - H_2 \rho_2 g$.

Sa H_2 obeležena je visinska razlika između ose ejektora i nivoa usisavane tečnosti. Za ejektore koji leže na nivou usisavane tečnosti $H_2 = 0$, pa je i $p_2 = 0$.



Sl. 1.5 b Cirkulacioni pumpni agregat sa ejektorom postavljenim ispred pumpe

Za agregate prikazane na sl.1.5b i sl1.6b Odnos efektivnog protoka i efektivnog pritiska agregata prema protoku i pritisku pumpe iznose

$$q_b = Q_e / Q_p = Q_{ag} / Q_p = Q_2 / (Q_1 + Q_2) = \mu / (1 + \mu)$$

$$\psi_b = p_e / p_p = (p_3 - p_2 + p_p) / p_p = 1 + (p_3 - p_2) / (p_1 - p_3) = 1 + \psi_a$$

Primer 1.3 (Sl.1. 5a)

Ejektor se nalazi 1m ispod nivoa usisavane vode, pa je $p_2 = 0,1 \text{ bar}$. Pritisak na izlazu iz ejektora $p_3 = 4\text{bar}$.

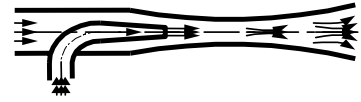
Protok pumpe je $Q_p = 10 \text{ m}^3/\text{h}$, a potreban protok agregata $Q_{ag} = Q_2 = 5,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Odrediti pritisak pumpe?

Rešenje: Za odnos protoka $\mu = Q_2 / Q_1 = Q_{ag} / Q_p = 5,5 / 10 = 0,55 \text{ m}^3/\text{h}$ iz Dijagrama 1.2 očitava se

$$\eta_a = 0,29; \text{ i } \psi_a = 0,48$$

$$p_p = (p_3 - p_2) / \psi_a = (4 - 0,1) / 0,48 = 8,125 \text{ bar.}$$

**Primer 1.4 (Sl.1.5b)**

Efektivan (koristan) pritisak koji agregat treba da ostvari je $p_e = 4$ bar
U uisavanu tečnost treba podići 40 m.
Raspolaže se sa pumpom pritiska $p_p = 3,1$ bar (31 m) i i protokom pumpe $Q_p = 10$ m³/h. Koliki je efektivni (protok (protok agregata)

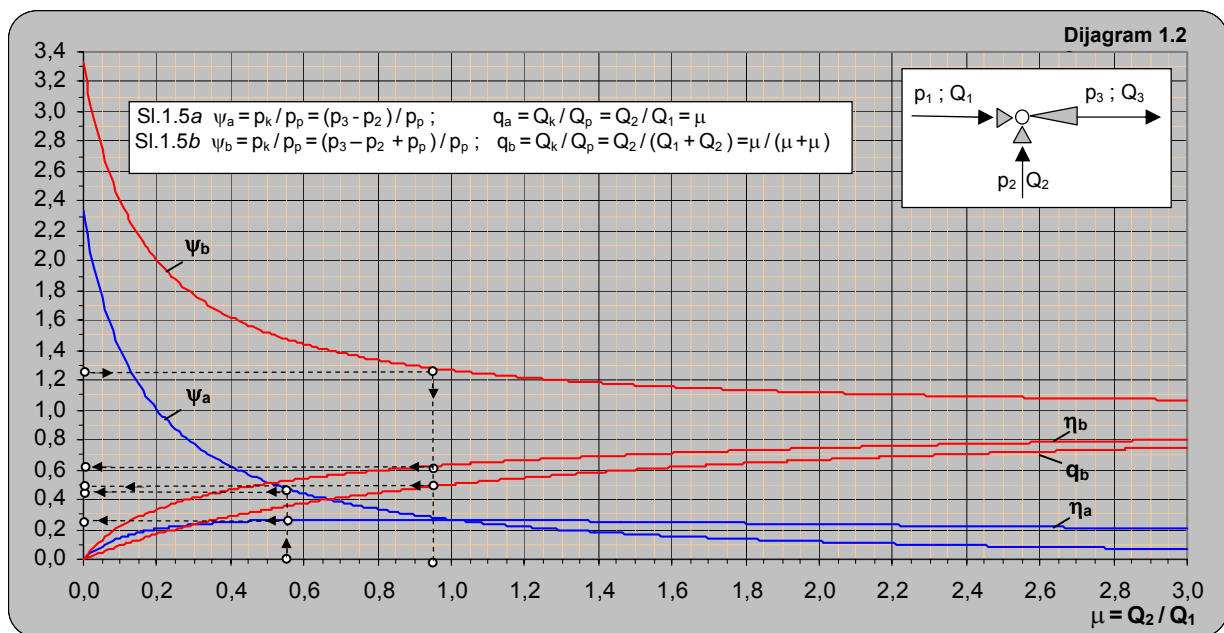
$$Q_e = Q_{ag} = Q_2 = ?$$

Rešenje:- Iz Dijagrama 1.2 očitava se

$$\psi_b = H_{ag}/H_p = 40/31 = 1,29; \mu = 0,95; \eta_b = 0,62; q_b = 0,51$$

Efektivan (koristan) protok

$$Q_k = Q_2 = q_b Q_p = 0,51 \times 10 = 5,1 \text{ m}^3 / \text{h}.$$



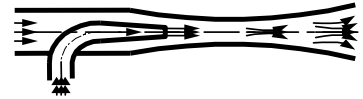
Na Sl.1.5 a i Sl.1.5 b prikazani su zatvoreni cirkulacioni agregati sa pumpama i ejektorima postavljenim na površini zemlje na istoj nadmorskoj visini (na istom nivou).

Na Sl.1.6 a i Sl.1.6 b prikazani su zatvoreni cirkulacioni agregati sa ejektorima postavljenim ispod nivoa pumpi i uronjenim u usisavanu tečnost.

Na Dijagramu 1.2 prikazana je međusobna zavisnost između odnosa pritiska i odnosa protoka. Krive sa indeksima a odnose se na Sl.1.5a i Sl.1.6a, a sa indeksima b na Sl.1.5b i Sl.1.6b.

Za agregate na Sl.1.5 a i Sl.1.6a, pri potpuno zatvorenom protoku $Q_e = Q_{ag} = Q_2 = 0$, $\mu = Q_2 / Q_1 = 0$, efektivni (koristan) pritisak p_e je za 2,3 puta veći od pritiska pumpe (kriva $\psi_a = p_e / p_p = 2,3$), a za agregate na Sl.1.5b i Sl.1.6b efektivan pritisak p_e je za 3,3 puta veći od pritiska pumpe (kriva $\psi_b = p_e / p_p = 3,3$).

Zavisno od promene dnosa pritisaka menjaće se i odnos protoka (Q_e / Q_p), kako se to na Dijagramu 1.2 vidi.

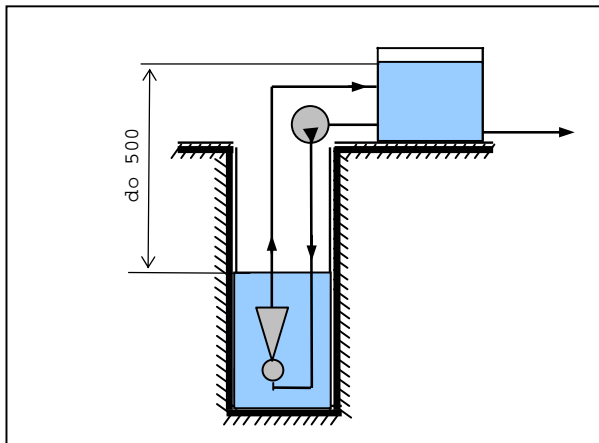


1.2.2 Pumpni agregati za crpljenje tečnosti iz dubokih bunara

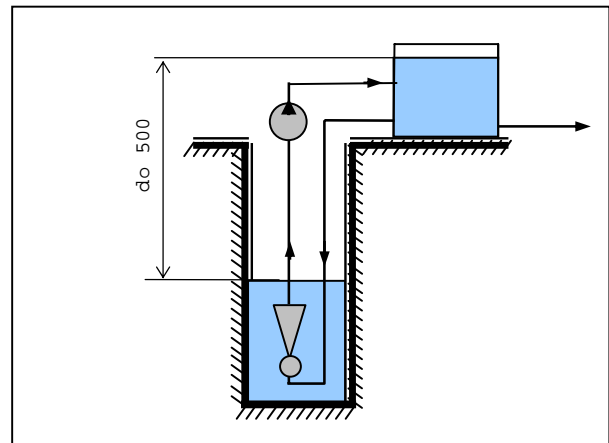
U praktičnoj primeni crpnih stanica pojavljuje se potreba za crpljenja tečnosti sa dubina znatno većih od dopustivih visina usisavanja centrifugalnih pumpi. Za ovakve uslove rada primenjuju se dubinske pumpe različitih tipova. Montaža, održavanje i remont ovakvih tipova pumpi je vrlo skup, a vek trajanja kratak. Ovakve pumpe su nepođodne za tečnosti koje imaju veću temperaturu i koje u

sebi sadrže gasove i čvrste čestice. Najpođodniji uređaji za ovakve uslove rada su pumpni agregati sa centrifugalnim pumpama i ejektorima.

Agregati kod kojih su centrifugalne pumpe postavljene na površini zemlje, a ejektori spuštene i uronjeni u usisavanu tečnost, šematski su prikazani ns Sl.1.6a i Sl.1.6b, a njihove karakteristike na Dijagramu 1.2.



Sl.1.6a Cirkulacioni agregat sa pumpom na nivou zemlje, a ejektor spuštene, uronjen i postavljen posle pumpe



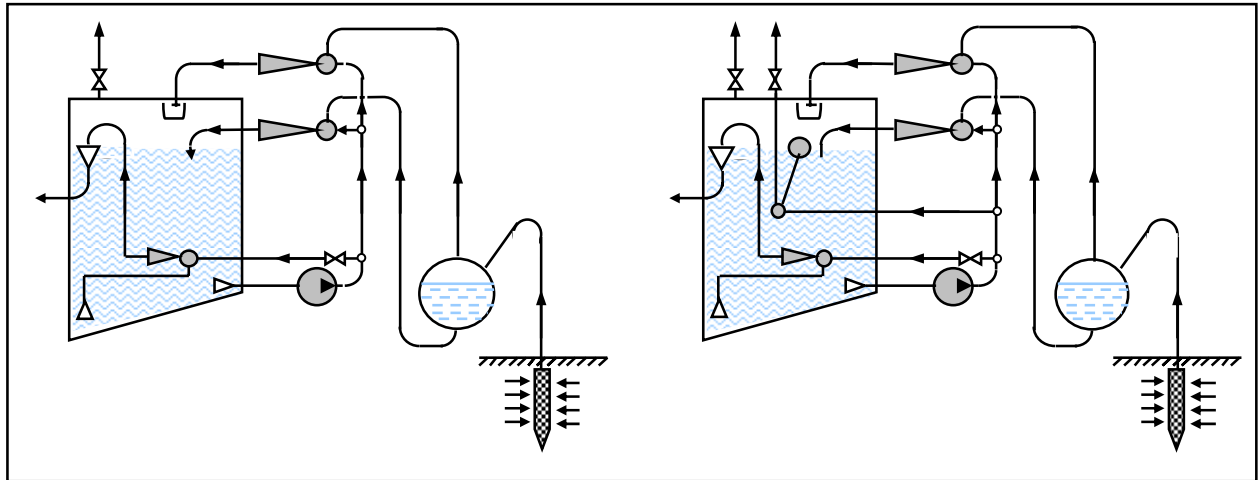
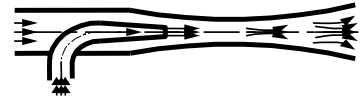
Sl.1.6 b Cirkulacioni agregat sa pumpom na nivou zemlje, a ejektor spuštene, uronjen i postavljen ispred pumpe

1.2.3 Pumpni agregati za obezbeđivanje visine samousisavanja i usisavanja tečnosti koji sadrže gasove, pesak i druge primese

Samousisavajuće pumpe i pumpni agregati neophodni su u mnogim oblastima industrije, građevinarstva, vodoprivrede, melioracijskim radovima, sniženju podzemnih voda i drugim specifičnim uslovima rada. Na osnovu ispitivanja ustanovljeno je da sadržaj gasova u crpljenoj tečnosti veći od 5-7% bitno snižava koeficijent korisnosti pumpe, a može dovesti i do prestanka protoka tečnosti kroz pumpu. Iz tih razloga mnogo je prihvatljivije i korisnije primeniti spregu pumpe i ejektora. Zavisno od uslova rada i sastava tečnosti koja se crpi mogu se izvesti različite kombinacije povezivanja pumpi i ejektora. Agregati u kojima su centrifugalne pumpe

povezani sa ejektorima obezbeđuju održavanje zahtevanog vakuuma i u složenim uslovima kada se u usisavanoj vodi nalaze gasovi (vazduh, metan i dr), pesak i druge čvrste i gasovite primese ponekad u količini većoj od količine usisane vode (Sl.1.7-Sl.1.10).

Ovakvi agregati veliku primenu imaju u rečnoj i morskoj floti za crpljenje tečnosti iz raznih šupljina brodova, zatim u kanizacionim crpnim stanicama i svuda tamo gde se pri crpljenju vode pojavljuju i gasovi i čvrste primese.



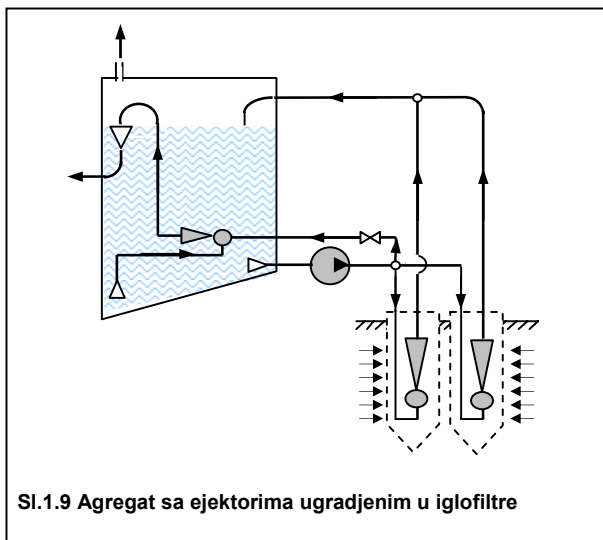
SI.1.7 Vakum cirkulacioni uređaj–usisavanje

SI.1.8 Vakum cirkulacioni uređaj-usisavanje i potiskivanje

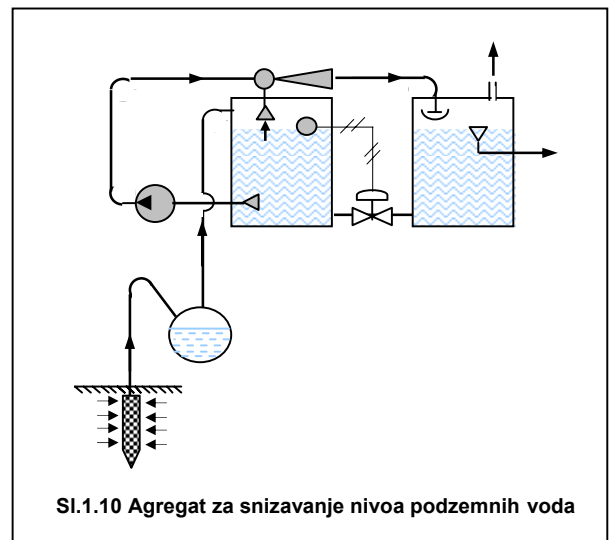
1.2.4 Pumpni agregati za snižavanje nivoa podzemnih voda

U mnogim oblastima poljoprivrede visina nivoa podzemnih voda stvara vlike probleme. Ugradnjom ejektora spregnutim sa iglofiltrima visina nivoa

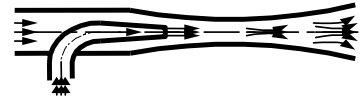
podzemnih voda može se sniziti i održavati na bezbednoj (željenoj) visini. Na sl.1.9 i sl.1.10 prikazani su punni agregat ejektora spregnutim sa iglofiltrima.



SI.1.9 Agregat sa ejektorima ugradjenim u iglofiltre



SI.1.10 Agregat za snizavanje nivoa podzemnih voda



1.2.5 Pumpni agregati za povećanje visine usisavanja (nadkavitacionog napora)

Za obezbeđenje normalnih uslova rada centrifugalnih pumpi visina usisavanja nesme biti veća od dopuštene visine. U praksi se najčešće sreću sledeći slučajevi u kojima treba povećati visinu usisavanja (nadkavitacioni napor):

- pri radu pumpi u crpnim pumnim stanicama sa visokom amplitudom kolebanja nivoa crpljene tečnosti,
- pri radu pumpi sa kondenzatom i zagrejanim i pregrejanim tečnostima sa visokim naponom para
- pri radu dozirnih pumpi u termoergetskim sistemima,
- pri radu pumpi sa velikim brojem obrtaja.

Jedan od metoda obezbeđenja normalnih uslova rada pumpi je povezivanje pumpi sa ejektorima, kako je to prikazano na (Sl.1.11 i Sl.1.12)

