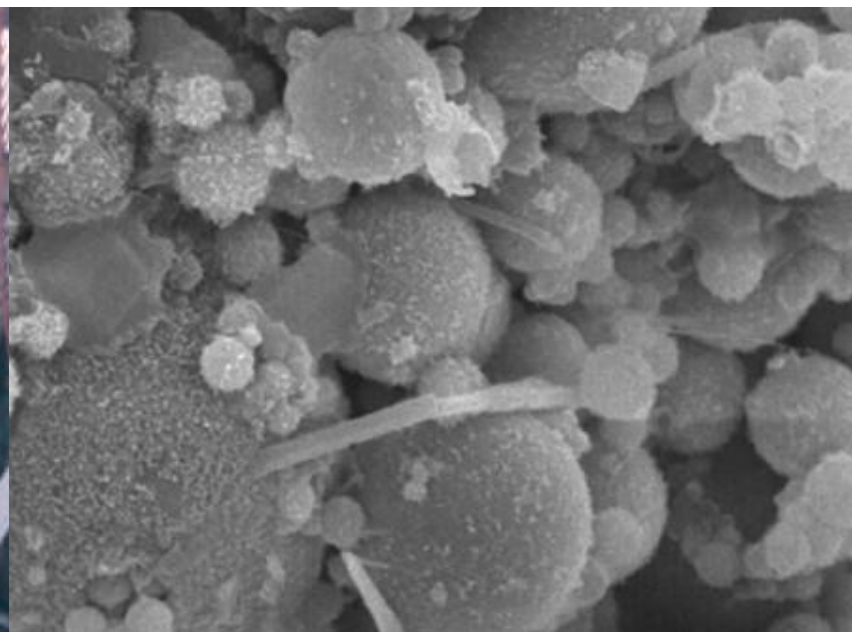
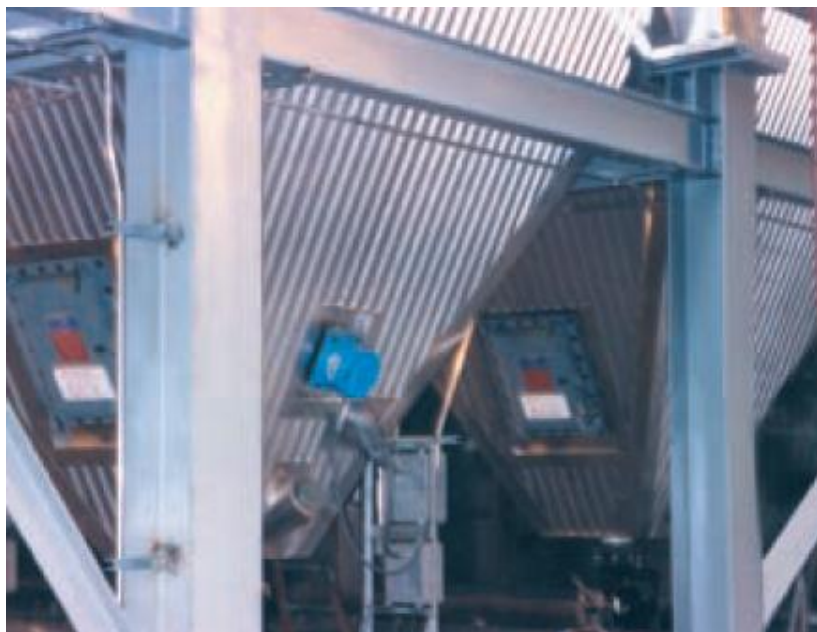




SISTEMI ZA EVAKUACIJU PEPELA I ŠLJAKE NA TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA

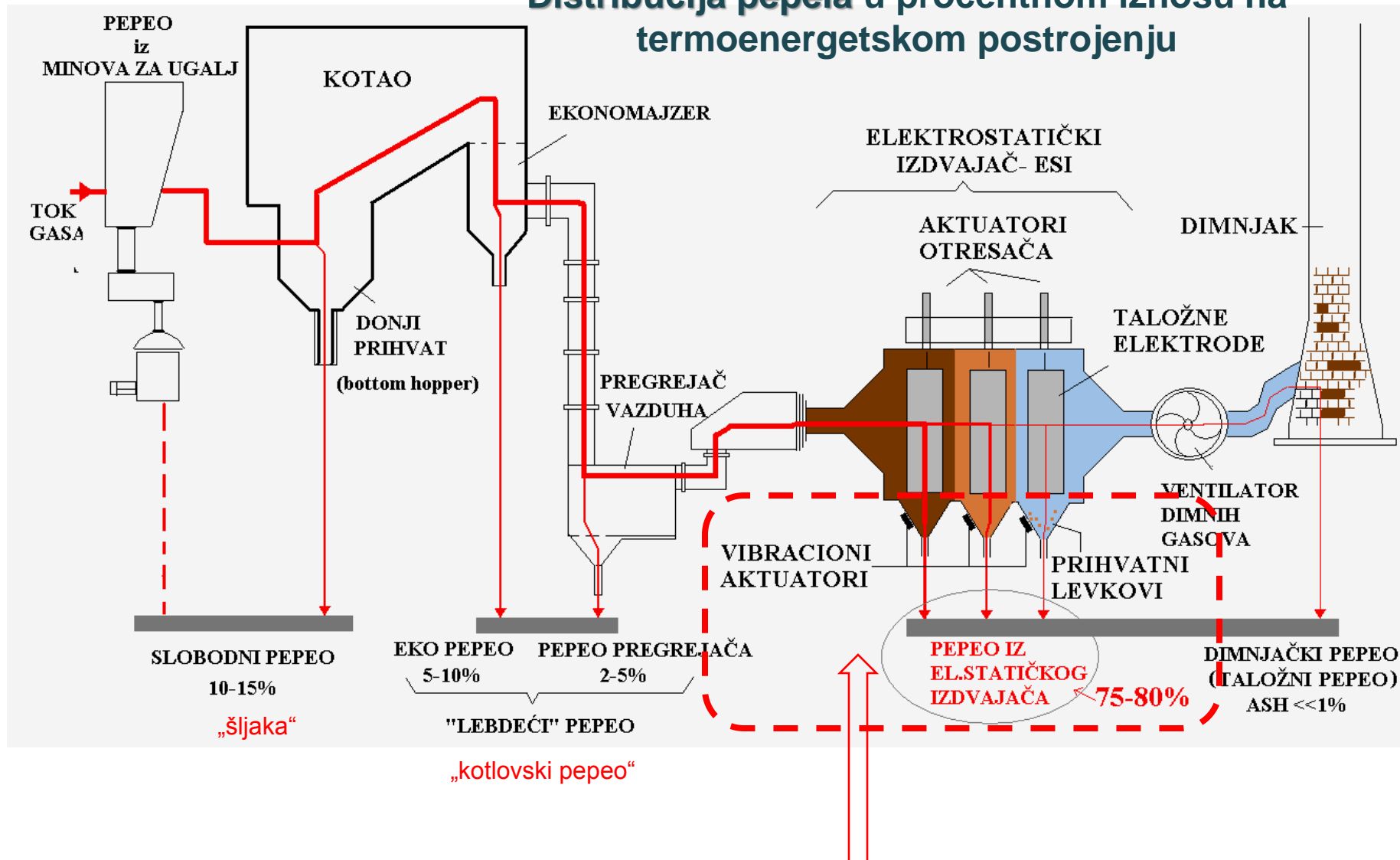


Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž.

UVOD

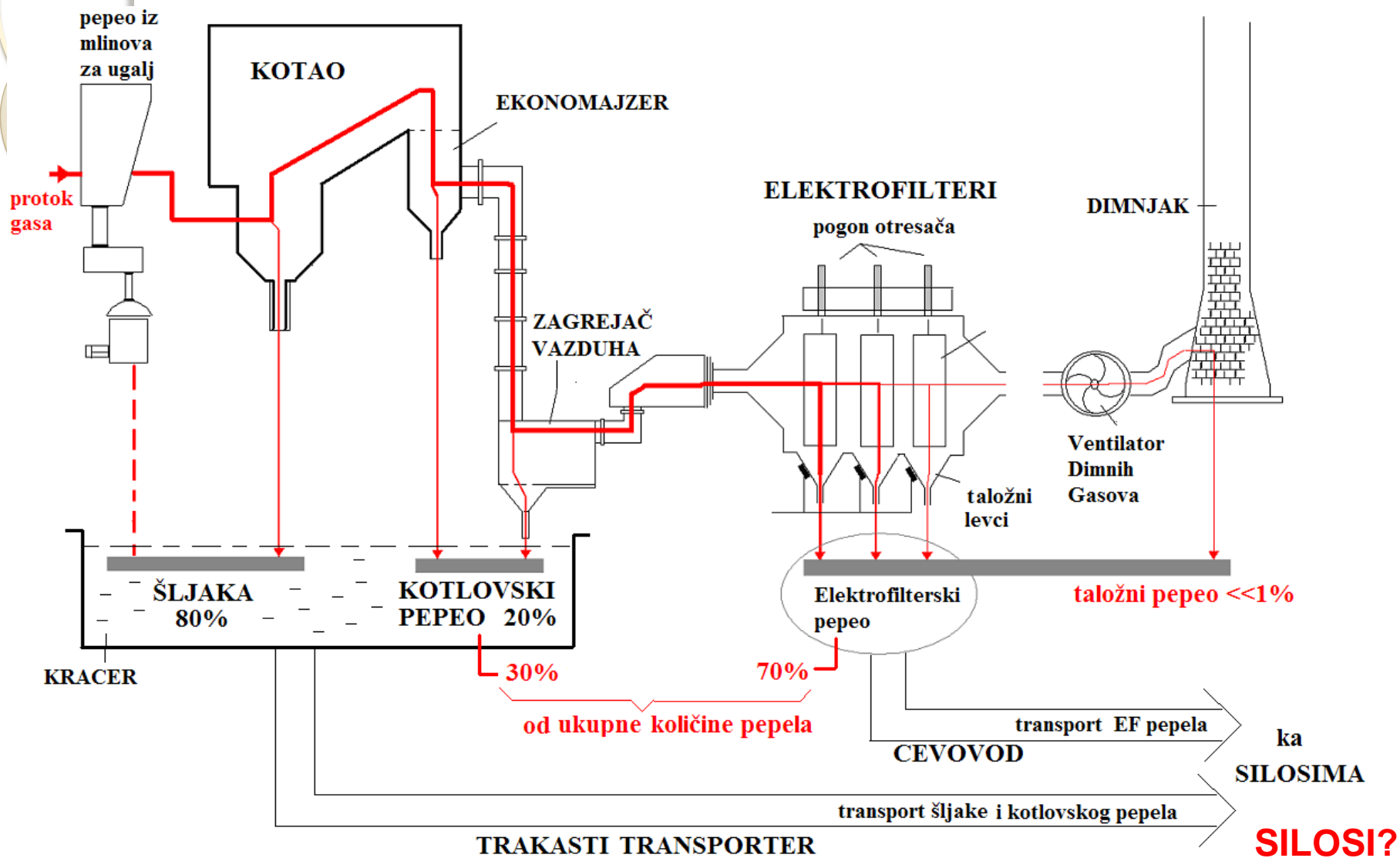
- Izdvajanjem čestica ugljene prašine i pepela se značajno smanjuje negativni uticaj otpadnih materija, koje nastaju kao produkt sagorevanja u kotlovskim postrojenjima termoelektrana i toplana.
- Sprečavanje rasipanja čestica ugljene prašine i letećeg pepela iz dimnjaka pomenutih postrojenja, odnosno njihova "kolekcija" se ostvaruje *elektrostatičkim izdvajačima* (ESI).
- Svetske norme koje se sve više prihvataju i kod nas zahtevaju granične vrednosti emisije (GVE) manje od 50mg/m^3 , tendencija u svetu je redukcija GVE na vrednosti 25mg/m^3 .
- Energetsko VN napajanje (tiristorsko 50Hz, VF tranzistorsko, retrofit tranzistorsko,...) elektrodnog sistema ESI ima značajan uticaj na efekat čišćenja dimnog gasa
- Sistem otresanja elektrodnog sistema ESI i njegovo usklađivanje sa VN napajanjem imaju presudan uticaj na efikasnost izdvajanja
- Pored VN napajanja i sistema otresanja elektrodnog sistema, značajno mesto zauzima i sistem za evakuaciju i odvođenje nataloženog pepela u prihvatnim levcima koji su locirani ispod elektrodnog sistema.
- Dva osnovna načina pražnjenja prihvatnih levkova koja se najčešće koriste su: pneumatsko (vazdušno) i ejektorsko (vodeno)
- Dodatno, vibracijma prihvatnih levkova, podesne amplitude i učestanosti može se značajno poboljšati efekat njihovog pražnjenja
- Vibracioni aktuatori koji se najčešće koriste su vibracioni: inercioni, debalansni, elektromagnetni
- Vibracioni aktuatori sa elektromagnetnim pogonom i sa veoma malim pomerajima (do 2mm) se najčešće koriste kao pobuđivači i izvori vibracija u ovim sistemima.

Distribucija pepela u procentnom iznosu na termoenergetskom postrojenju



- Najveći deo pepela 75-80%, je lociran u prihvatnim levcima koji se nalaze direktno ispod VN izdvajajćkih komora ESI!!!!.
- Veoma mali deo pepela (< < 1%) se taloži na dnu izlaznog dimnjaka

NAČIN TRANSPORTA šljake i pepela na tipičnom termo-energetskom postrojenju (cevovod i tračni transport)



TRANSPORT PEPELA I ŠLJAKE

- Veoma bitno je na koji način pouzdano i efikasno transportovati velike količine pepela i šljake, uzimajući u obzir njihova fizičko-hemijska svojstva.
- Elektrofilterski pepeo se obično transportuje pneumatski cevovodom do silosa za pepeo, dok se pomešani šljaka i kotlovski pepeo iz termo-energetskog postrojenja transportuju trakastim transporterom takođe do silosa.
- Pneumatski cevovod i transporter se nalaze u sklopu tzv. kosog mosta
- **U silosima se vrši odvajanje kotlovskog pepela od šljake posredstvom vibracionih sita i dodatno usitnjavanje šljake posredstvom drobilica.**
- Nakon ovih tehnoloških procesa se dobija smeša sitnije granulacije

Dispozicija „kosog mosta“ i silosa na TENT-B



Izgled silosa za skladištenje pepela na TENT-B

Transport
pepela i šljake
iz TE bloka
transporterom i
cevovodom u
sklopu kosog
mosta sve do
SILOSA



NESAGORIVI OSTACI UGLJA NA TERMoeLEKTRANAMA

U industrijskoj praksi pod pojmom "pepeo" podrazumeva se čvrsti nesagorivi ostatak koji se izdvaja pri sagorevanju uglja u kotlovima termoelektrana i toplana. U termoelektranama koje primenjuju klasični sistem sagorevanja spraćenog (usitnjenog) uglja razlikuju se sledeći ostaci (nus-produkti):

- **šljaka** (engleski: bottom ash), najkrupniji nesagorivi ostatak sagorevanja koji se izdvaja na dnu kotla; ponekad se ovaj deo naziva „slobodni pepeo“.
- **kotlovski pepeo** (engleski: boiler ash), krupnije klase koje se iz kotla izdvajaju zajedno sa dimnim gasovima, ali se na putu do elektrofiltera gravitacijski talože i izdvajaju ispod kanala dimnog gasa i ispod zagrejača vazduha i ekonomajzera
- **elektrofilterski ili leteći pepeo** (engleski: fly ash), najsitnije klase koje se iz kotla izdvajaju sa dimnim gasovima, a izdvajanje iz struje dimnih gasova se vrši elektrostatičkom separacijom u elektrofilterima.
- **dimnjački pepeo**, koji se taloži ispod dimnjaka i njegove količine su zanemarive u odnosu na prethodno navedene produkte (<1%)

Tipične vrednosti za količine pepela i šljake iz jednog bloka TENT- B (1x618MW)

| OPIS | jed.mere | Garantovano gorivo | Lošije gorivo |
|--|----------|--------------------|---------------|
| Donja toplotna moć uglja | kJ/kg | 6700 | 5860 |
| Potrošnja uglja | t/h | 875 | 1000 |
| Sadržaj pepela u uglju | % | 20 | 25 |
| Količina PEPEO+ŠLJAKA | t/h | 175 | 240 |
| Procenat ŠLJAKE | % | 7 | 7 |
| Količina šljake | t/h | 12.25 | 16.8 |
| Ukupna količina pepela | t/h | 162.75 | 223.2 |
| Procenat izdvajanja pepela u kotlarnici | % | 7.44 | 7.44 |
| Količina pepela u kotlarnici | t/h | 13.02 | 17.85 |
| Količina pepela ispod elektro-filtera (EF) | t/h | 149.73 | 205.34 |

ŠLJAKA?

- Šljaka (engleski : *bottom ash*), predstavlja najkrupniji nesagorivi ostatak sagorevanja koji se izdvaja na dnu ložišta kotla.
- Ovaj ostatak mahom sadrži pesak i šljunak.
- Ovi **krupniji komadi mešavine peska i šljunka** ne mogu biti povučeni strujom dimnog gasa, te stoga slobodno padaju na dno ložišta i uobičajeno **se nazivaju šljaka.**



Kotlovski pepeo?

- Kotlovski pepeo (engleski: *boiler ash*)
- Čine čestice krupnije klase
- Ove čestice se iz kotla izdvajaju zajedno sa dimnim gasovima, ali se na putu do elektrostatičkog filtera (EF) odnosno elektrostatičkog izdvajača (ESI) gravitaciono talože i izdvajaju ispod kanala dimnog gasa i ispod zagrejača vazduha.

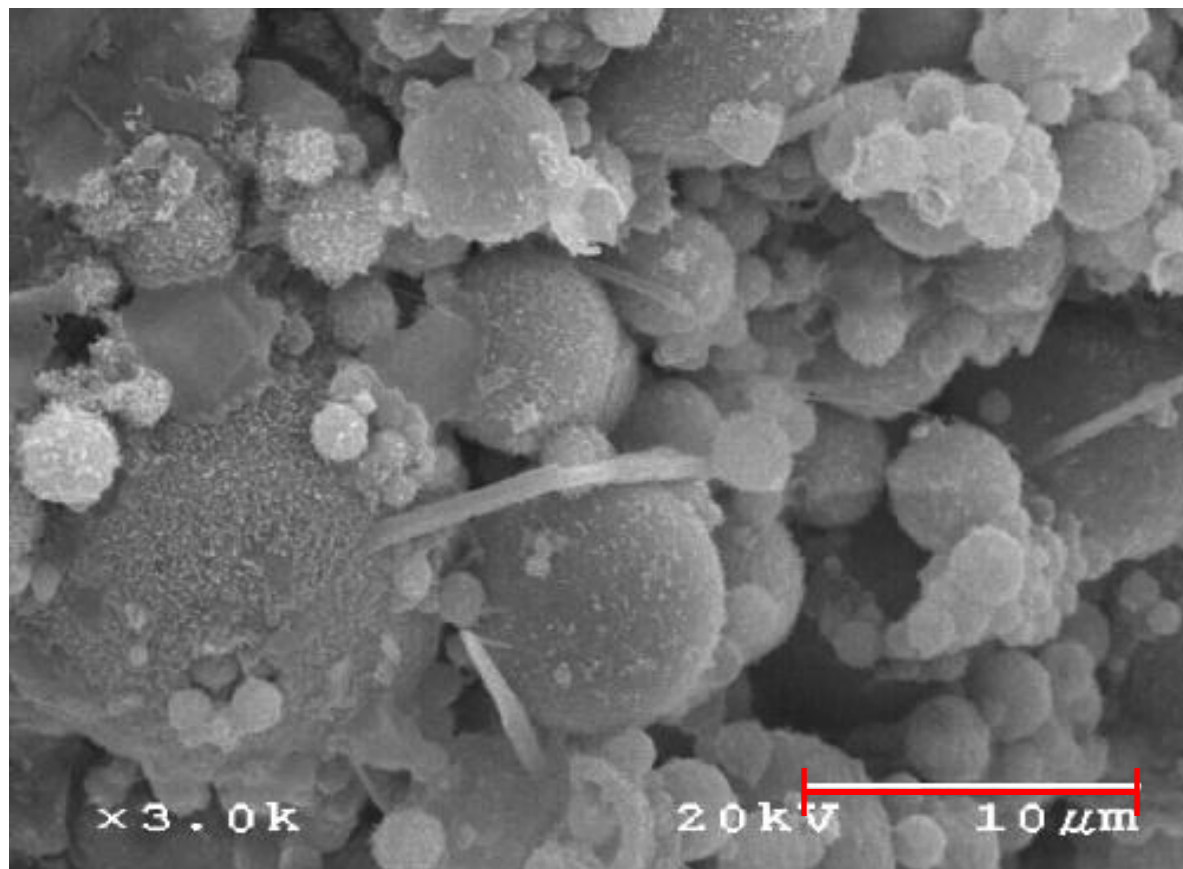


Elektrofilterski pepeo?

- Elektrofilterski ili lebdeći pepeo (engleski: *fly ash*) je najsitnije klase.
- Njega čine fine čestice koje ostaju u suspenziji sa dimnim gasom.
- Ove čestice se sastoje najvećim delom od neorganskih, nesagorivih materija koje postoje u uglju, od kojih se deo tokom sagorevanja transformiše u amorfnu strukturu.
- Uklanjanje najvećeg dela lebdećeg pepela iz dimnog gasa se najčešće vrši elektrostatičkom separacijom u elektrostatičkim izdvajačima (elektrostatičkim filtrima).
- Transport koji se u ovom slučaju najčešće koristi je PNEUMATSKI, mada ima postrojenja i sa HIDRAULIČKIM TRANSPORTOM (vodeni transport)

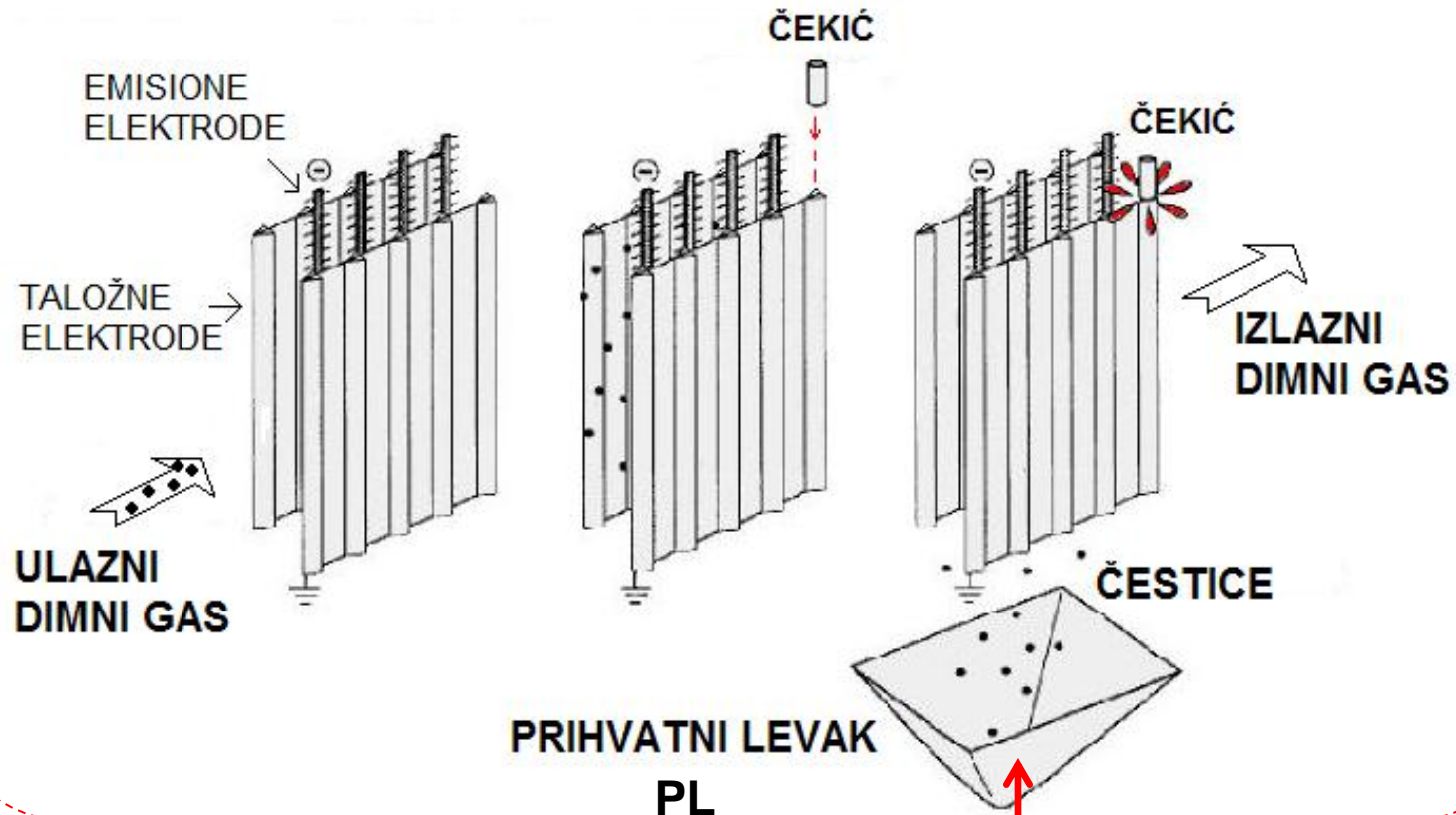
PEPEO je ustvari čvrsti nesagorivi ostatak!!

- Pojam „pepeo“ podrazumeva se čvrsti nesagorivi ostatak koji se izdvaja pri sagorevanju uglja u kotlovima termoelektrana i toplana.
- Hemičari pepeo definišu kao čvrsti nesagorivi ostatak koji ostaju nakon žarenja uglja.



*Izgled festica filteraskog pepela pod elektronskim mikroskopom
(data je referentna veličina –crvena boja od 10μm)*

SASTAV TALOŽNE KOMORE



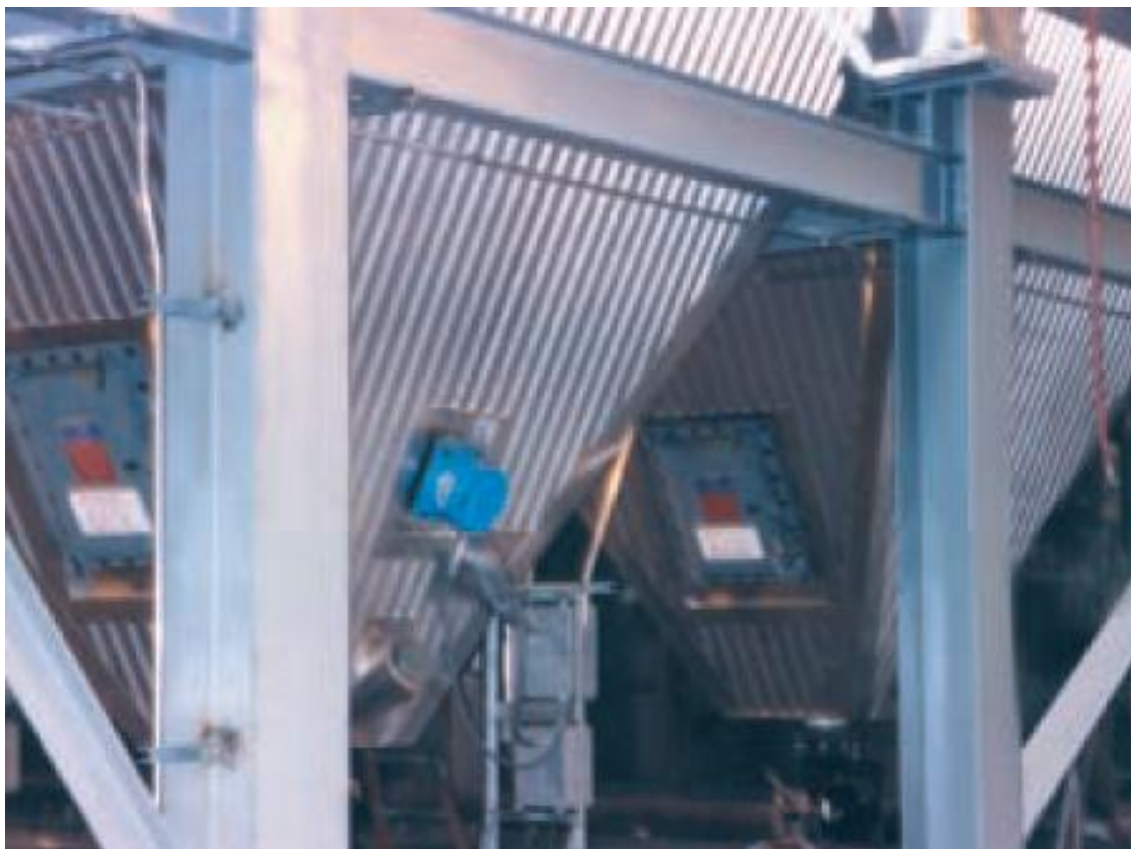
-Periodičnim otresanjem nataloženog materijala sa taložnih i emisionih elektroda ostvaruje se njegovo nagomilavanje u prihvatnom levku (PL).

-Kada se izvrši otresanje elektroda, izdvojeni pepeo pada u levkove i privremeno se skladišti pre nego što se odloži na deponiju ili ponovo koristi u procesu.

-Izdvojeni pepeo je potrebno što pre ukloniti da bi se izbeglo otvrdnjavanje i kompaktiranje, čime bi došlo do teškoća za njegovo dalje uklanjanje.

PRIHVATNI LEVKOVI-izgled

- Sami prihvatni levkovi su obično dimenzionisani sa nagibom bočnih strana od 40° - 70° (tipično 60°) da bi se dozvolilo pepelu da slobodno teče od vrha do dna levka pre samoga pražnjenja.
- Iz prihvatnih levaka izdvojene čestice se kontinualno odvođe različitim tipovima sistema za evakuaciju i transport pepela.



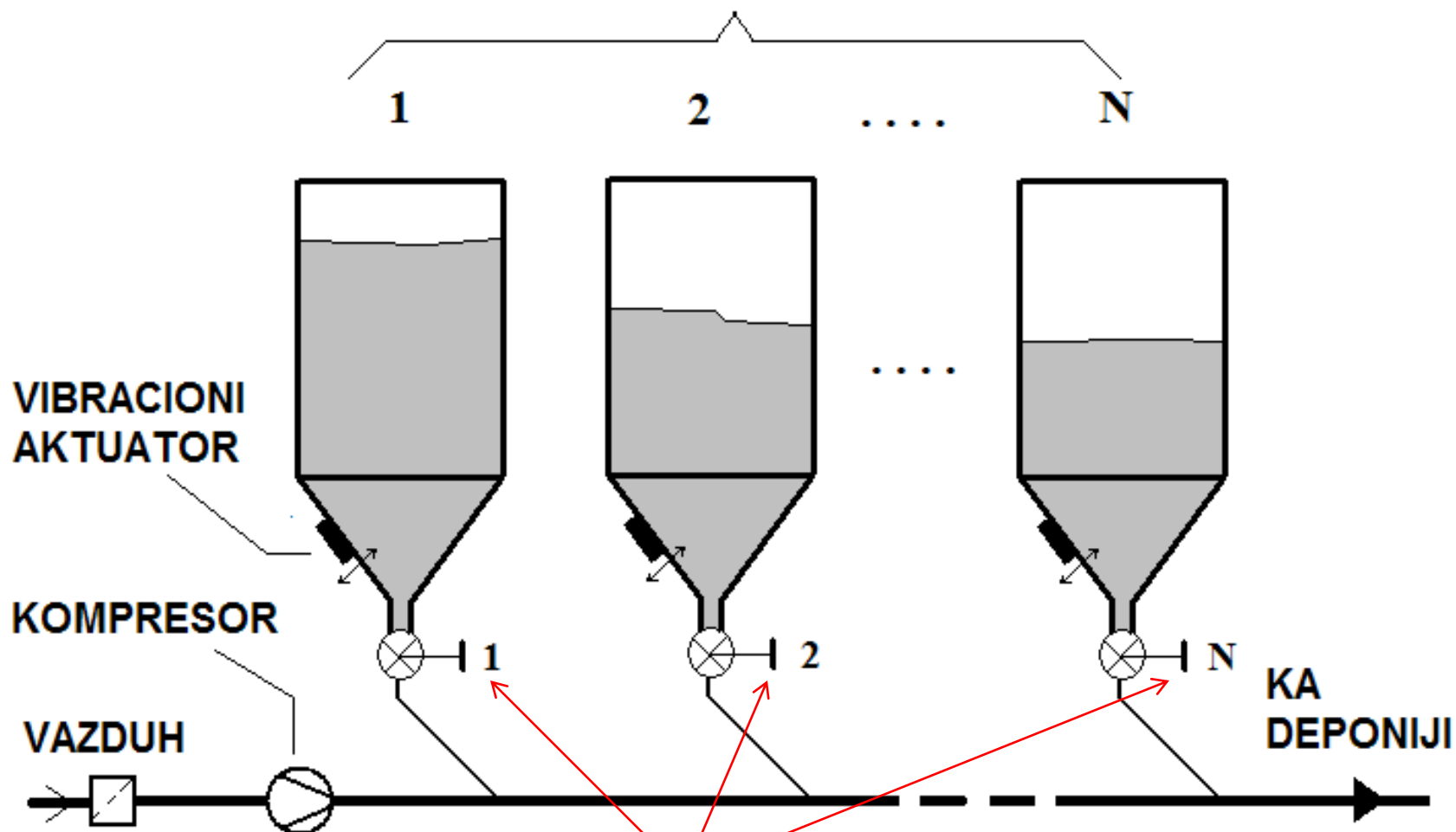
TRANSPORT PEPELA- tipovi

U zavisnosti od toga kojim fluidom se vrši transport pepela iz prihvatnih levkova elektrostatičkog izdvajača razlikuju se:

1. Pneumatski transport kada se transport vrši gasom, najčešće komprimovanim vazduhom
2. Hidraulički transport, kada se transport vrši tečnim fluidom, najčešće vodom
3. Kombinovani transport (kombinacija prethodna dva)
 - U mešavinama fluida i čvrstih čestica manjih od 0.1 mm, čvrste čestice su ravnomerno raspoređene u struji fluida, a u lebdećem stanju ih drže turbulentne pulsacije u struji fluida.
 - Ovakve mešavine se klasifikuju kao homogene mešavine.
 - Reološki gledano (prema zakonu promene tangencijalnog napona i deformacija) ovakve mešavine se ponašaju kao plastično-viskozne materije, pa se često klasifikuju i kao strukturni fluidi (strukturne tečnosti i strukturni gasovi)

TIPIČNO POSTROJENJE ZA PNEUMATSKI (VAZDUŠNI) TRANSPORT pepela i izdvojenih finih čestica

PRIHVATNI LEVKOVI ISPOD TALOŽNIH KOMORA ESI



ventili za pražnjenje (mogu biti ručni ili sa elektropokretačima)

PNEUMATSKI TRANSPORT

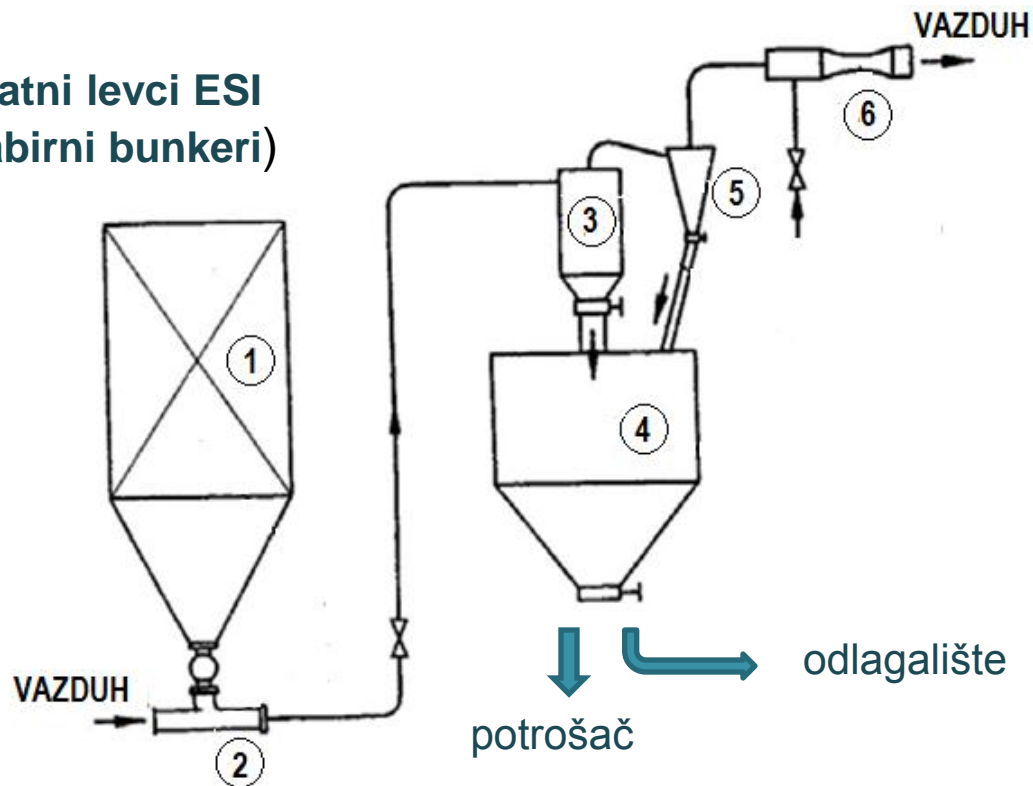
Pneumatski transport se po pravilu koristi za unutrašnji transport (odnosno transport u krugu termoelektrane) šljake i pepela, pri čemu se najčešće koriste tri načina:

- a) vakumski sistem sa parnim ejektorima
- b) sistemi sa vakuum pumpama
- c) sistemi sa visokonaponskim ventilatorima



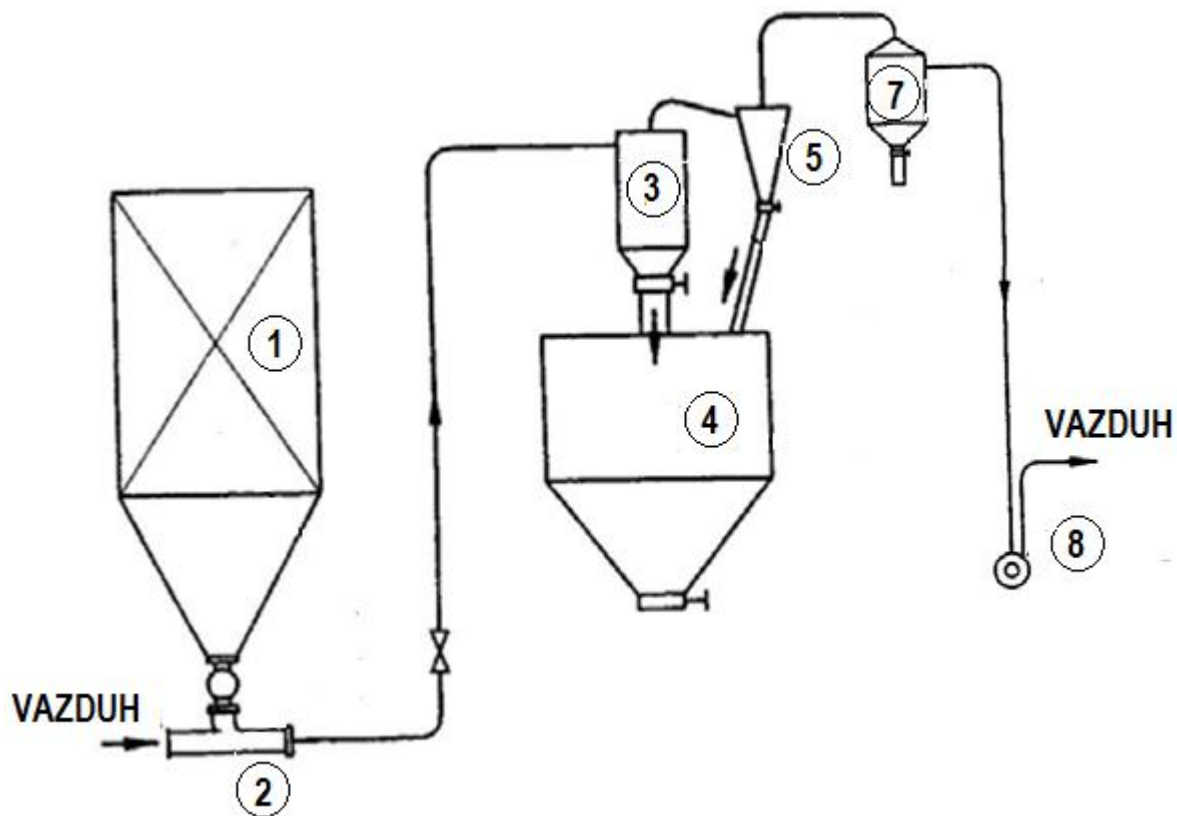
Vakumski sistem sa parnim ejektorima

prihvatni levci ESI
(ili sabirni bunkeri)



Pomoću **vakumskog ejektora (6)** se ostvaruje vakuum. Pepeo iz **sabirnog bunkera (1)**, sakupljen iz elektrostatičkog izdvajača i pomešan sa vazduhom dovedenim u **mlaznicu (2)**, transportuje se do **prvog stepena otprašivača (3)**, gde se izdvaja najveći deo pepela i deponuje u **bunker za pepeo (4)**. Mešavina vazduha i preostale količine pepela dovodi se u **drugi stepen otprašivača (5)**, iz koga se pepeo ponovo vodi u bunker (4), a vazduh parnim ejektorom (6) se izbacuje u okolnu atmosferu. Pepeo se iz bunkera (4) transportuje potrošaču (ako je u krugu elektrane) ili se na odlagališta odvozi kamionima ili posebnim cisternama odnosno specijalnim vagonima za transport.

Sistem sa vakumskim pumpama



- 1-prihvatni levak
- 2-mlaznica
- 3-I stepen otpraš.
- 4-bunker za pepeo
- 5-II stepen otpraš.
- 7-mokri otpraš.
- 8-vakum pumpa

Ovaj način pneumatskog transporta pepela konceptualno je sličan prethodno opisanom sistemu , s tim da se vakuum ostvaruje sa **vakuum pumpom (8)** umesto parnim ejektorom, pri čemu je u ovom sistemu dodat **mokri otprašivač (7)**.

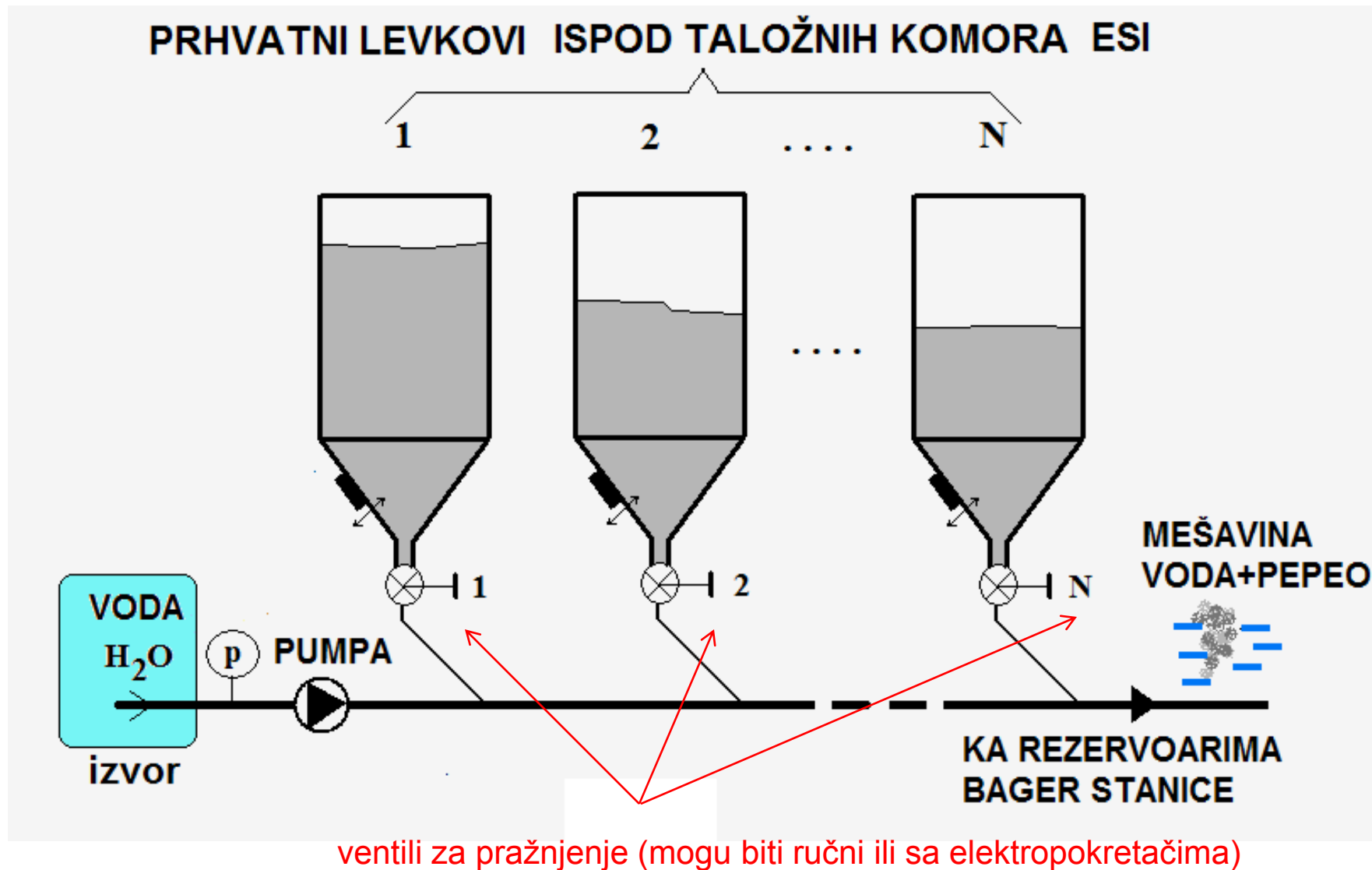
Prednosti i neostaci pneumatskog sistema transporta pepela

Problemi vezani za održavanje konstantnosti koncentracije pepela (teškoće sa regulisanjem), mala ekonomičnost i brzo habanje pojedinih elemenata predstavljaju nedostake za veći nivo korišćenja pneumatskog transporta pepela na termoelektranama

| Kriterijum | Posmatrana karakteristika | Vrednost i jedinica mere |
|--|--|------------------------------------|
| Potrošnja vazduha | Vakuum sistem pneumatskog transporta za transport 1 t pepela, pri brzini u cevovodu od oko 2 m/s | 50 do 100 kg vazduha po 1 t pepela |
| Radni (životni) vek pojedinih delova opreme za pneumatski transport pepela | difuzori parnih ejektora | 50 do 500 h |
| | vakuum pumpe | 3000 do 5000 h |
| | pravi delovi cevovoda | 3000 do 5000 h |
| Potrošnja električne energije | postrojenja sa parnim ejektorima | 25 do 30 kWh po 1 t pepela |
| | postrojenja sa vakuum pumpama | 10 do 12 kWh po 1 t pepela |

Prikaz osnovnih elemenata za ocenu ekonomičnosti sistema pneumatskog transporta u zavisnosti od potrošnje vazduha, potrošnje električne energije i habanja elemenata opreme (radni vek)

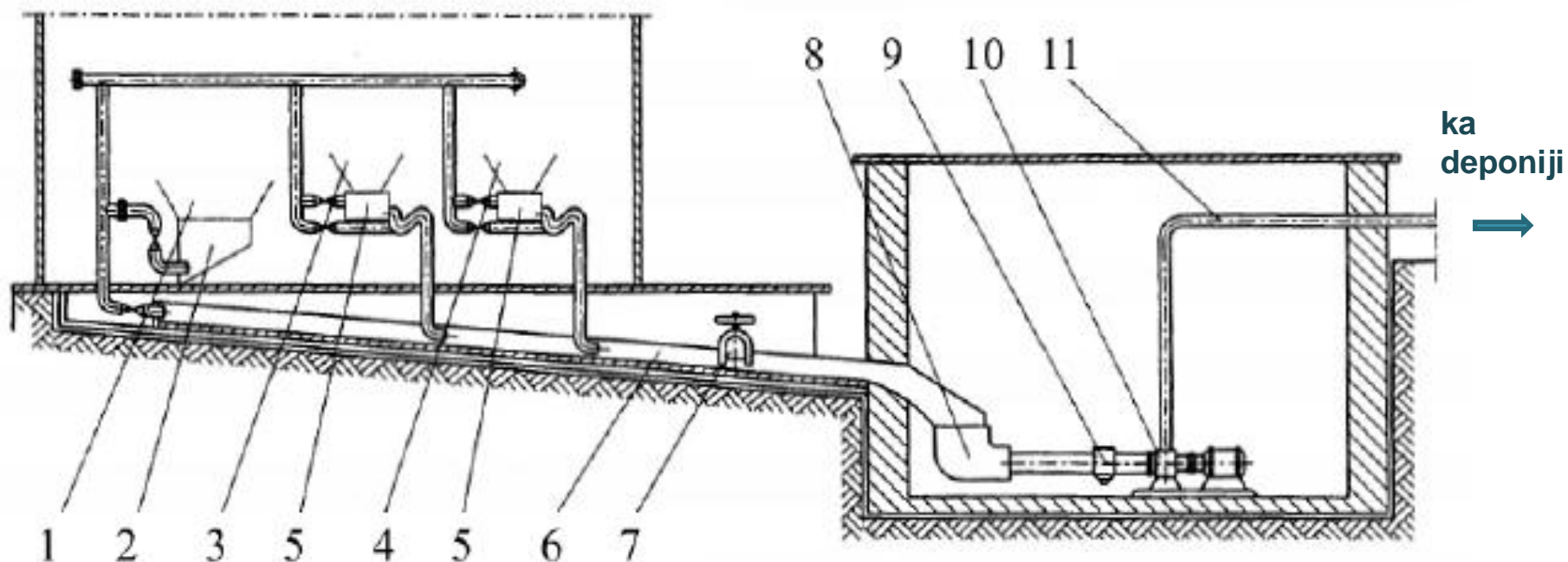
TIPIČNO POSTROJENJE ZA HIDRAULIČKI (VODENI) TRANSPORT pepela i izdvojenih finih čestica



Hidraulički transport pepela i šljake

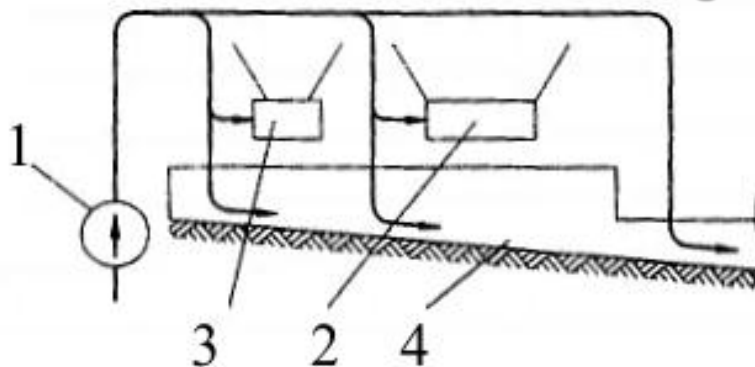
- Hidraulički transport se koristi kod termoenergetskih postrojenja srednje i velike snage, dok se za postrojenja manjih snaga može koristiti pneumatski transport.
- Najjednostavniji zajednički hidraulički transport pulpe je rešenje dato sa samotočnim kanalima, koje je ujedno i ekonomično i pouzdano, ali koje se može realizovati samo u slučaju povoljne konfiguracije terena (uslov je da kota nivoa deponije šljake i pepela bude znatno ispod nivoa termoenergetskog postrojenja-TEP).
- Sistem zajedničkog transporta šljake i pepela bager pumpama je najuniverzalniji i veoma ekonomičan na većim TEP-a, uz ostvarivanje veoma povoljnih sanitarno-higijenskih uslova za rad
- Postavlja se u okviru glavnog pogonskog objekta- GPO ili u neposrednoj njegovoj blizini.
- Pri tome se koriste visokokvalitetne centrifugalne mašine, izgrađene od kvalitetnih i postojanih materijala na abraziju i odnošenje.
- U slučajevima kada nedostaje voda ili kada ne postoje uslovi vezani za prostor za razmeštaj opreme za hidraulički transport šljake i pepela ili kada su hidrološki uslovi veoma nepovoljni (stalni mraz), umesto hidrauličkog transporta koristi se pneumatski transport šljake i pepela.

Hidraulički transport pepela i šljake sa samotočnim kanalom

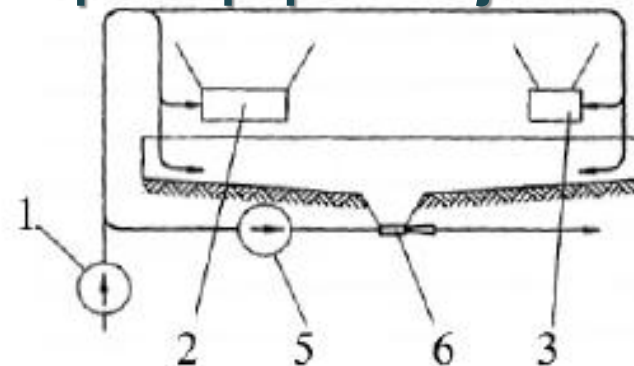


Šljaka iz ložišta parnog kotla pada u **ložišni levak (1)**, odakle se **odšljakivačem (2)**, odvodi u **samotočni kanal (6)**, u koji se dovodi i leteći pepeo, koji se iz **prihvatnih levkova kotlovskih kanala (3)** i **prihvatnih levkova elektrofiltara (4)** odvodi sa **uređajima za spiranje pepela (5)**. Pulpa iz kanala dalje ide do **bager stanice** u kojoj se nalazi **pumpno postrojenje (10)**, iz kojih se transportuje kroz **čelični cevovod (11)** transportuje na deponiju deponiju. Zbog zahteva za granulacijom pulpe (25 do 30 mm) ispred bager pumpi, pulpa se prethodno dovodi u **centralnu drobilicu (8)** ili odšljakivač ispod ložišnog dela (ako nema drobilice), gde se vrši njeno mljevenje, a zatim se vodi na **izdvajač metala (9)**, gde se izdvajaju svi metalni delovi (opiljci i slično).

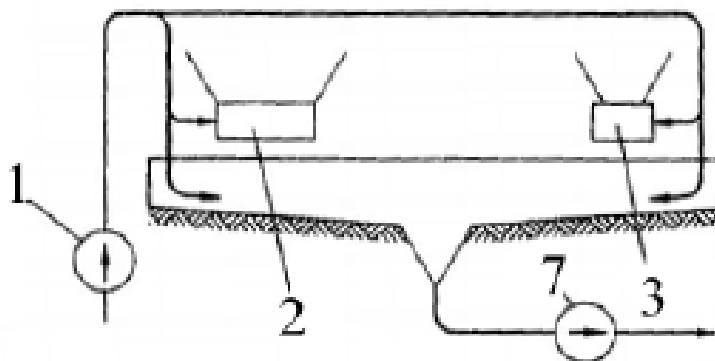
Podvrste hidrauličkog transporta pepela i šljake



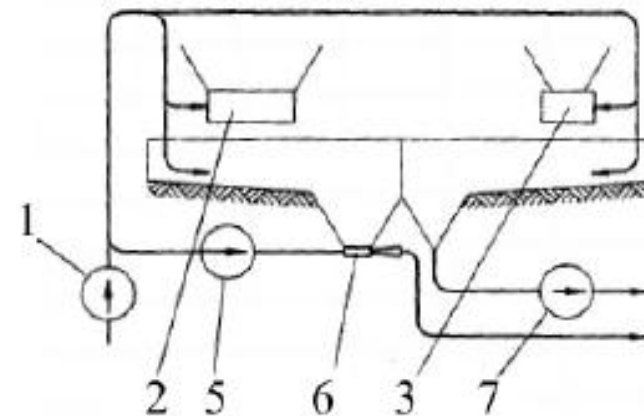
Zajednički samotočni transport



Zajednički transport sa hidroaparatima



Zajednički transport bager pumpama



Odvvojeni transport hidroaparatima i bager pumpama

1-pumpa vode za spiranje, 2-odšljakivač, 3-uređaj za spiranje filtarskog pepela,
4-samotočni kanal, 5-pumpa za ejektirajuću vodu, 6-ejektorski hidroaparat, 7-bager pumpa

Način izvođenja cevovoda u sistemima za transport pepela i šljake



Sistem za otpepljivanje - TENT „B“

Hidro-pneumatski transport pepela i šljake

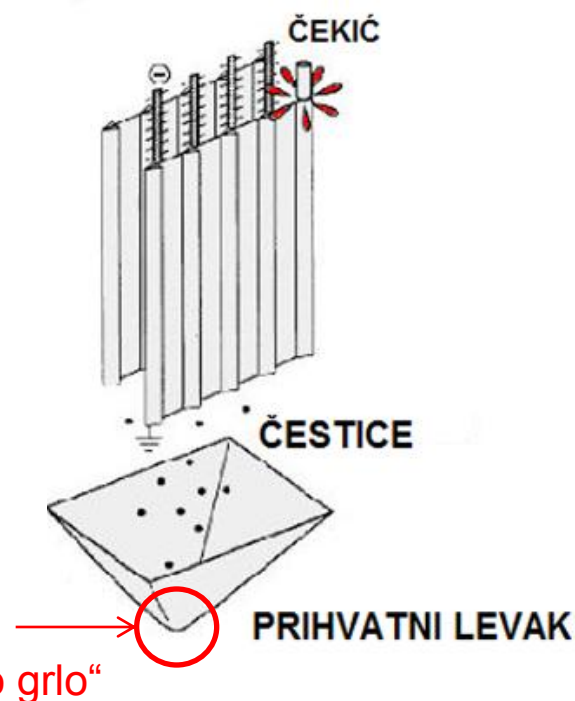
- Za razliku od hidrauličkog transporta pulpe, hidropneumatski transport za odvod šljake i pepela koristi „ail-lift“ ili se pepeo iz kotlovnice odvodi pneumatski, pa se naknadno u mešavinu vazduha i pepela dodaje voda, tako da na deponiju stiže mešavina pepela, vazduha i vode, koja se dalje odlaže, pri čemu se u ovom slučaju šljaka na deponiju transportuje hidraulički.
- Uslov za realizaciju ovog sistema je postojanje potrebnih količina vode, zatim korišćenje ovih sistema u okviru zatvorene šeme, uz ponovno korišćenje sakupljene i obrađene vode sa deponije, uz potpuno poštovanje zahteva za kvalitetom vode koja se ponovo vraća u recipijent (kvalitet vode na vodoispustu ne sme biti niži nego što je na vodozahvatu).

NEŠTO IZ ISKUSTVA

- Veoma čest slučaj na postrojenjima elektrostatičkih izdvajača na termoelektranama (TE) je da dođe do **začepljenja prihvatnih levaka (PL)**.
- Na primer kada se gomila materijala uvodi u levak, materijal može da začepi izlazni otvor i na taj način može da spreči protok materijala i njegovu evakuaciju.
- Daljim otresanjem taložnih elektroda (koje se nalaze iznad prihvatnih lavaka) i punjenjem prihvatnih levaka (PL) može doći do njihovog prepunjavanja, a u najgorem slučaju do povraćaja pepela u visokonaponski (VN) međuelektrodni sistem, odnosno taložne komore.
- Ovim se može postići sasvim suprotan efekat od efekta elektrostatičkog izdvajanja, odnosno do umanjenja njene efikasnosti.
- Kao krajnji rezultat je povećanja izlazne emisije čestica, u odnosu propisane referentne vrednosti, na izlazu postrojenja elektrostatičkog izdvajača (pre ulaska u dimnjak, odnosno na ulazu ventilatora dimnih gasova).



Nalep u prihvatnom levku



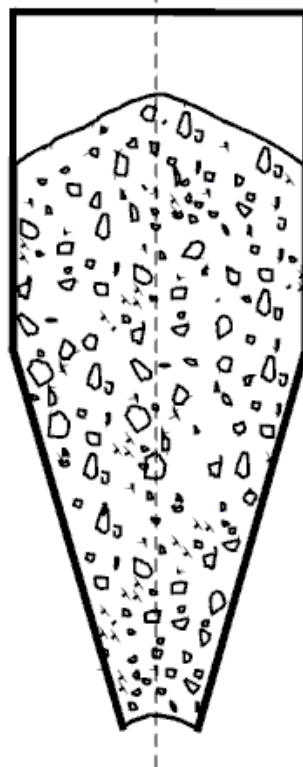
FENOMENOLOGIJA VIBRACIONOG PRAŽNJENJA PRIHVATNOG LEVKA

- I ako su vibracioni levci veoma često korišćeni, interni protok materijala nije dovoljno shvaćen, i u velikoj meri se oslanja na empirijskim informacijama
- Na primer kada se gomila materijala uvodi u levak u prvom trenutku, dotični materijal može dovesti do zapušanja izlaznog otvora i onemogućiti protok.
- Razlikujemo tri tipa začepljenja:

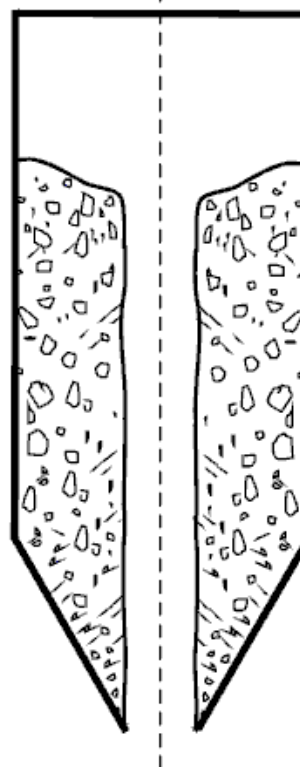
-kohezivno

-delimično

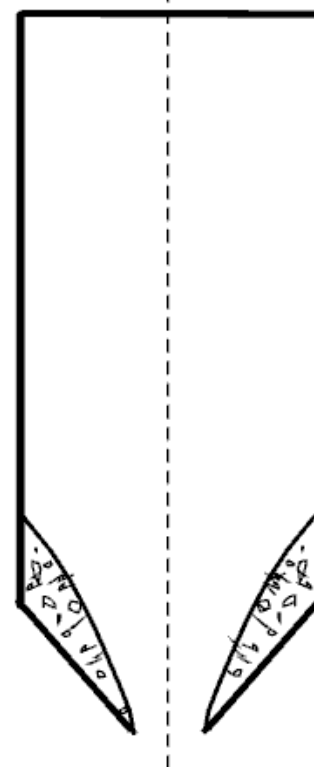
-nepotpuno čišćenje



KOHEZIVNO



DELIMIČNO



NEPOTPUNO

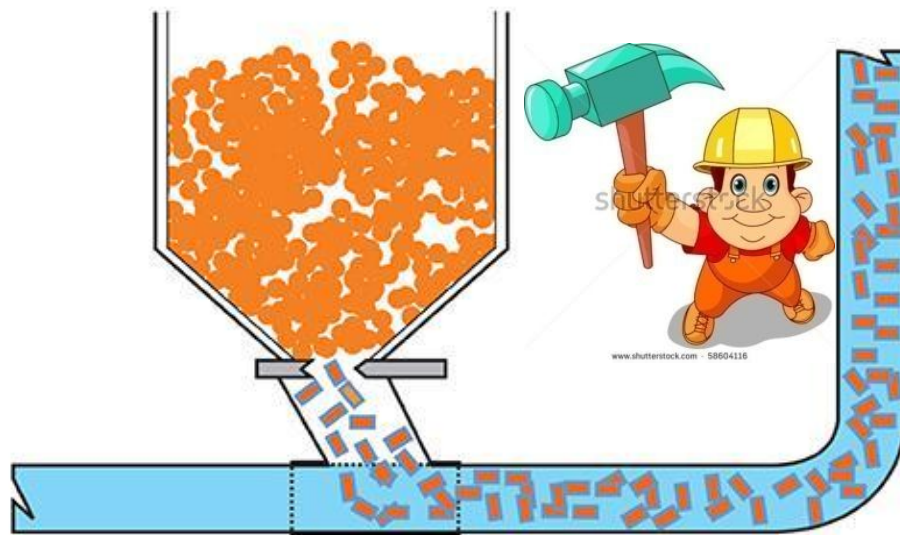
SPREČAVANJE ZAČEPLJENJA PRIHVATNOG LEVKA

Daljim otresanjem i punjenjem PL može doći do njegovog prepunjavanja, a u najgorem slučaju do povraćaja pepela u visokonaponski među elektrodni sistem.

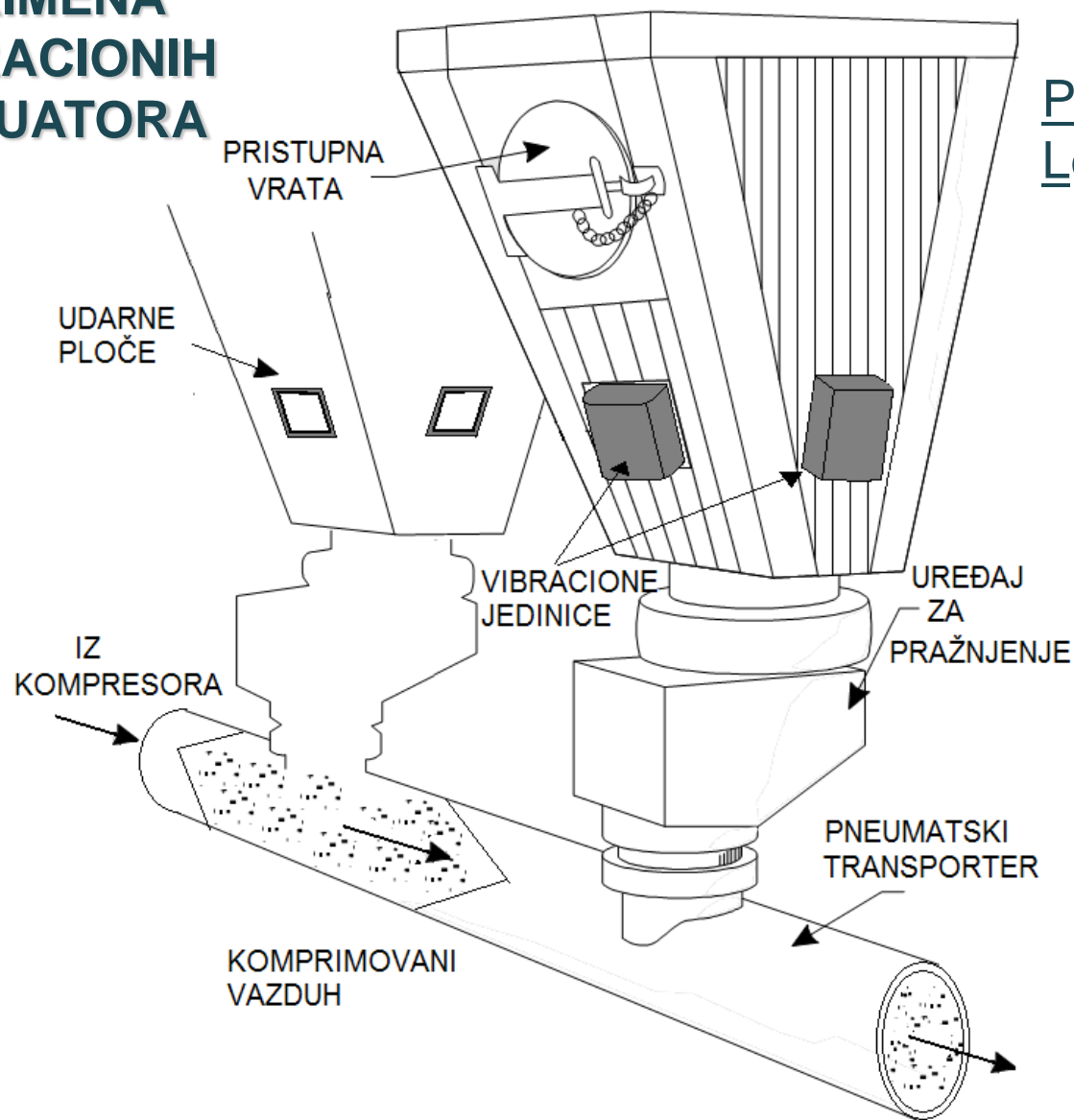
Ovim se može postići sasvim suprotan efekat od efekta elektrostatičkog izdvajanja i povećanja izlazne emisije čestica, u odnosu propisane referentne vrednosti, na izlazu ESI postrojenja.

Sprečavanje začepljenja PL i izvlačenje pepela u kombinaciji sa prethodno opisanim načinima transporta **se značajno može potpomoći jednostavnim udarcima u zidove PL**. Ovo je krajnje primitivan način koji ne mora uvek da ima pozitivan efekat.

Prihvatni Levak (PL)



PRIMENA VIBRACIONIH AKTUATORA

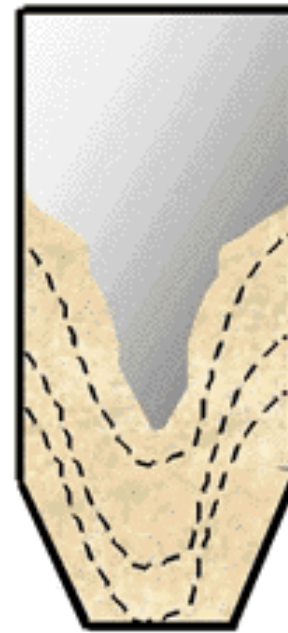


Alternativni način primene udara (čekića kao sredstva) za rešavanje problema začepjenja je korišćenje vibracionih aktuatora koji se postavljaju po obodu prihvatnih lavaka (PL)

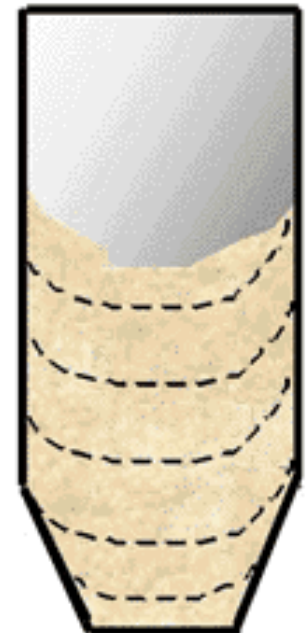
HORIZONTALNE VIBRACIJE PRIHVATNOG LEVKA

- Horizontalne vibracije dovode do porasta intenziteta masenog pražnjenja u odnosu na slučaj pražnjenja bez prisustva vibracija.
- Porast intenziteta pražnjenja je zavisian od amplitude brzine vibracija
- U ovom slučaju rasuti materijal protiče na suprotnim stranama levka proizvodeći efekat obrnutog levka (engl. „**inverted funnel pattern**“) koji može nakon dužeg rada dovesti do smanjenja intenziteta pražnjenja.

$$x = X_m \cdot \sin \omega t$$



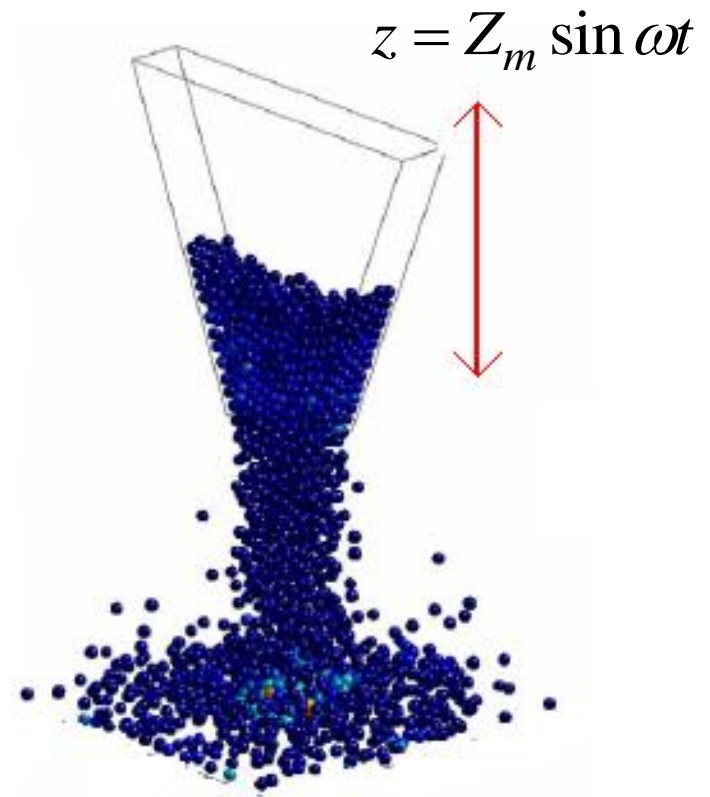
**EFEKAT
OBRNUTOG
LEVKA**



PROTOK MASE

VERTIKALNE VIBRACIJE PRIHVATNOG LEVKA-malo teorije

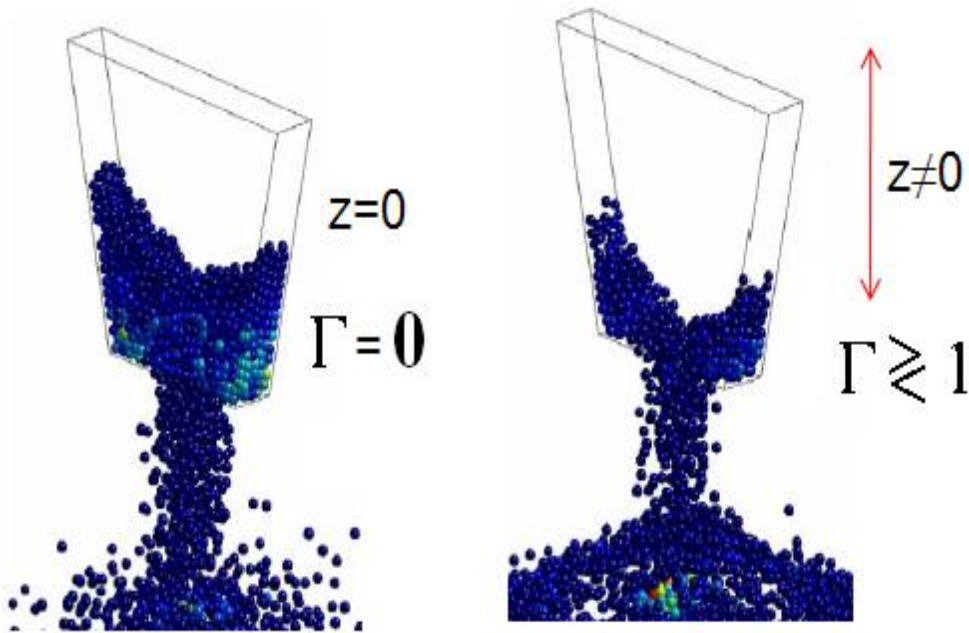
- Pri vertikalnim sinusnim vibracijama vibracioni kanal levka ostvaruje nekoliko modela protoka zavisno od vrednosti amplitude relativnog ubrzanja Γ
- Učestanost vibracija $f = \omega / 2\pi$
- Za $\Gamma > 1$ dolazi do strujanja ćelija rasutog materijala neposredno uz zidove suda, koja su posledica kretanja čestica materijala na dole duž vertikalne zida levka i na gore u okviru preostalog dela levka.
- U radu **Wassgren et al. [I]** se opisuje ovaj fenomen u više detalja.



$$\Gamma = Z_m \cdot \omega^2 / g$$

[I]. C.R.Wassgren, M.L.Hunt, P.J.Freese, J.Palamara and C.E.Brennen, **Effect of vertical vibration on hopper flows of granular material**, *Physics of Fluids*, Vol.14, No.10, pp.3439-3448, October 2002.

$$\Gamma = Z_m \cdot \omega^2 / g$$



$$W \sim \rho_b \cdot g^{1/2} \cdot D_h^{5/2} \quad W \sim \rho_b \cdot g_{eff}^{1/2} \cdot D_h^{5/2}$$

- Bez prisustva vibracija **maseni intenzitet pražnjenja W** , iz PL je proporcionalan **nasipnoj gustini ρ_b** , neposredno na izlazu levka, **kvadratnom korenu ubrzanja koje deluje na sud**, (ubrzanje usled gravitacije) - g i **hidrauličkog prečnika D_h** , izlaznog otvora suda stepena $5/2$.
- Ako sud osciluje, postaje dominantna **efektivna gravitacija g_{eff}** , koja se menja tokom oscilatornog ciklusa kao:

$$g_{eff} = g \cdot [1 - \Gamma \cdot \sin \omega t]$$

$$\Gamma > 1 \text{ ??????}$$

$$\Gamma \leq 1$$

- Ako je relativna amplituda ubrzanja $\Gamma > 1$, sloj materijala napušta zid levka u toku jednog dela oscilatornog ciklusa i uspostavlja kontakt sa zidovima levka nešto kasnije.
- Jednačinu su originalno izveli **Suzuki et al. [II]**, takođe uključujući empirijski izvedenu jednačinu za nasipnu gustinu kao funkciju od Γ :

$$g_{eff} = \begin{cases} g \cdot [1 - \Gamma \cdot \sin \omega t] & \text{Kada materijal ostaje iza zidova levka} \\ 0 & \text{Kada je materijal u preletu} \\ \ddot{y}_b & \text{Kada sloj materijala udara u zidove PL} \end{cases}$$

Ubrzanje $g_{eff} = \ddot{y}_b$ predstavlja ubrzanje sloja materijala pri sudaru

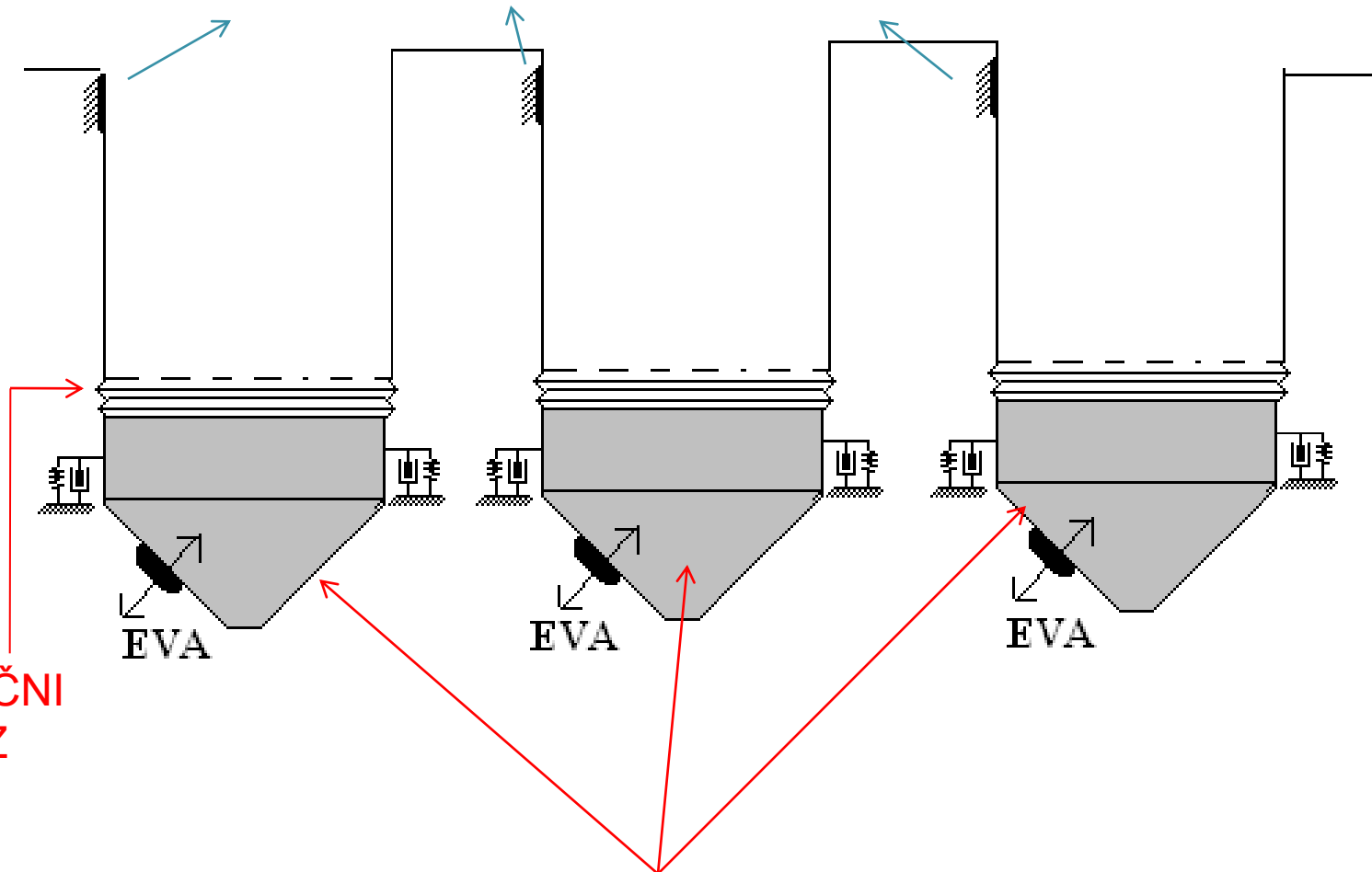
**INTENZITET
PRAŽNJENJA:**

$$W \sim \rho_b \cdot g_{eff}^{1/2} \cdot D_h^{5/2}$$

[II]. A. Suzuki, H. Takahashi, and T. Tanaka, **Behaviour of a particle bed in the field of vibration. II. Flow of particles through slits in the bottom of a vibrating vessel**, *Powder Technology*, Vol.2, No.72, 1968.

FLEKSIBILNA KONSTRUKCIJA PRIHVATNIH LEVKOVA

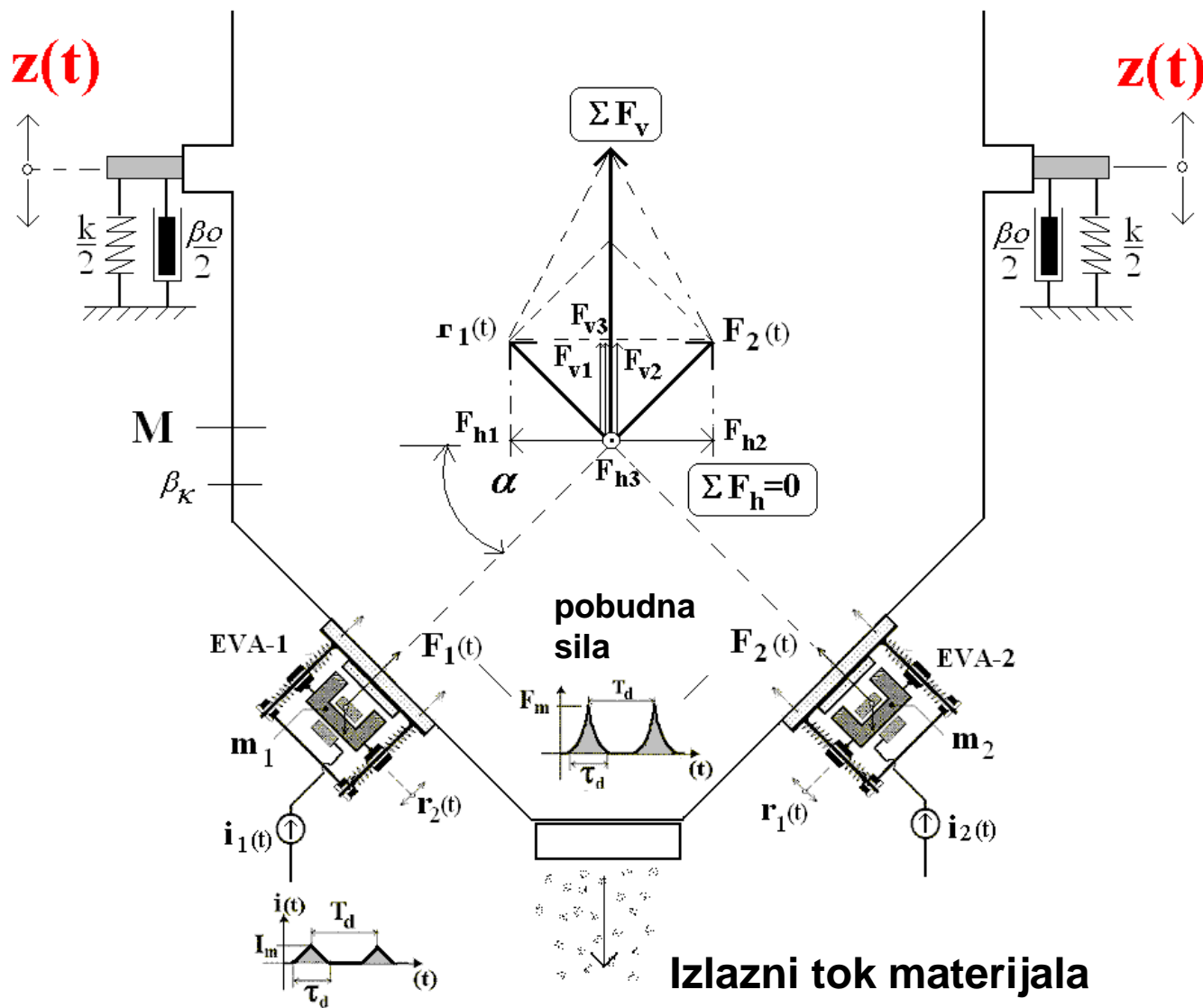
FIKSIRANA KONSTRUKCIJA ZA FUNDAMENT



ELASTIČNI
PRELAZ

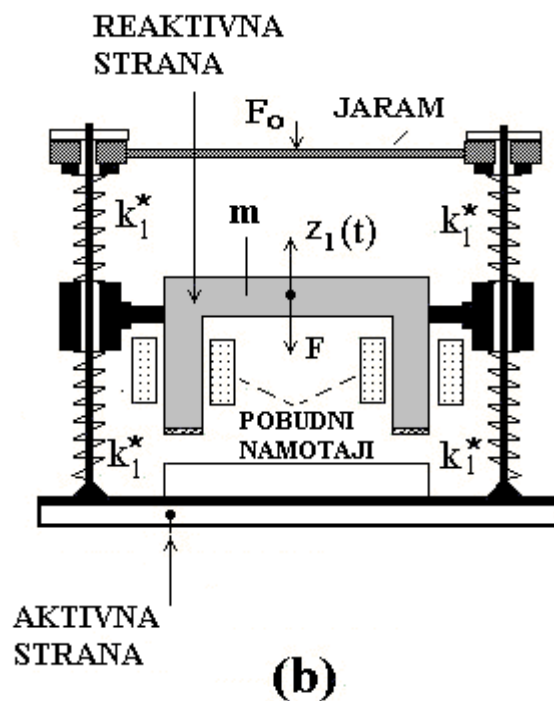
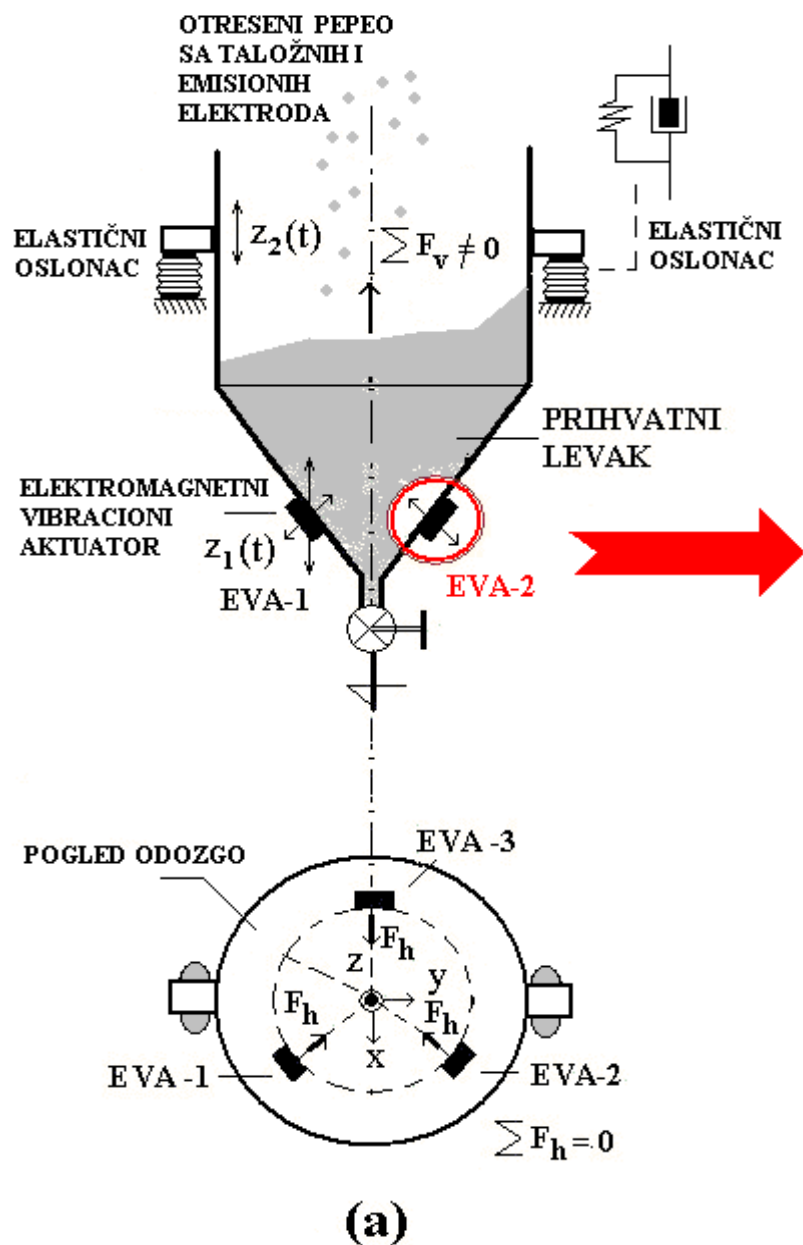
POKRETNOSTI DELOVI PRIHVATNIH LEVKOVA IZLOŽENI DEJSTVU
VIBRACIJA **Elektromagnetnih Vibracionih Aktuatora-EVA**

MEHANIKA VIBRACIONOG LEVKA



- Rezultantna vertikalna pobudna sila ΣF_v
- Rezultant na horizontalna pobudna sila $\Sigma F_h=0$
- Pojedinačne pobudne sile F_1, F_2 i F_3
- Pobudne struje aktuatora EVA
 $i_1(t), i_2(t)$ i $i_3(t)$
- **EVA** -
Electromagnetni
Vibracioni
Aktuator

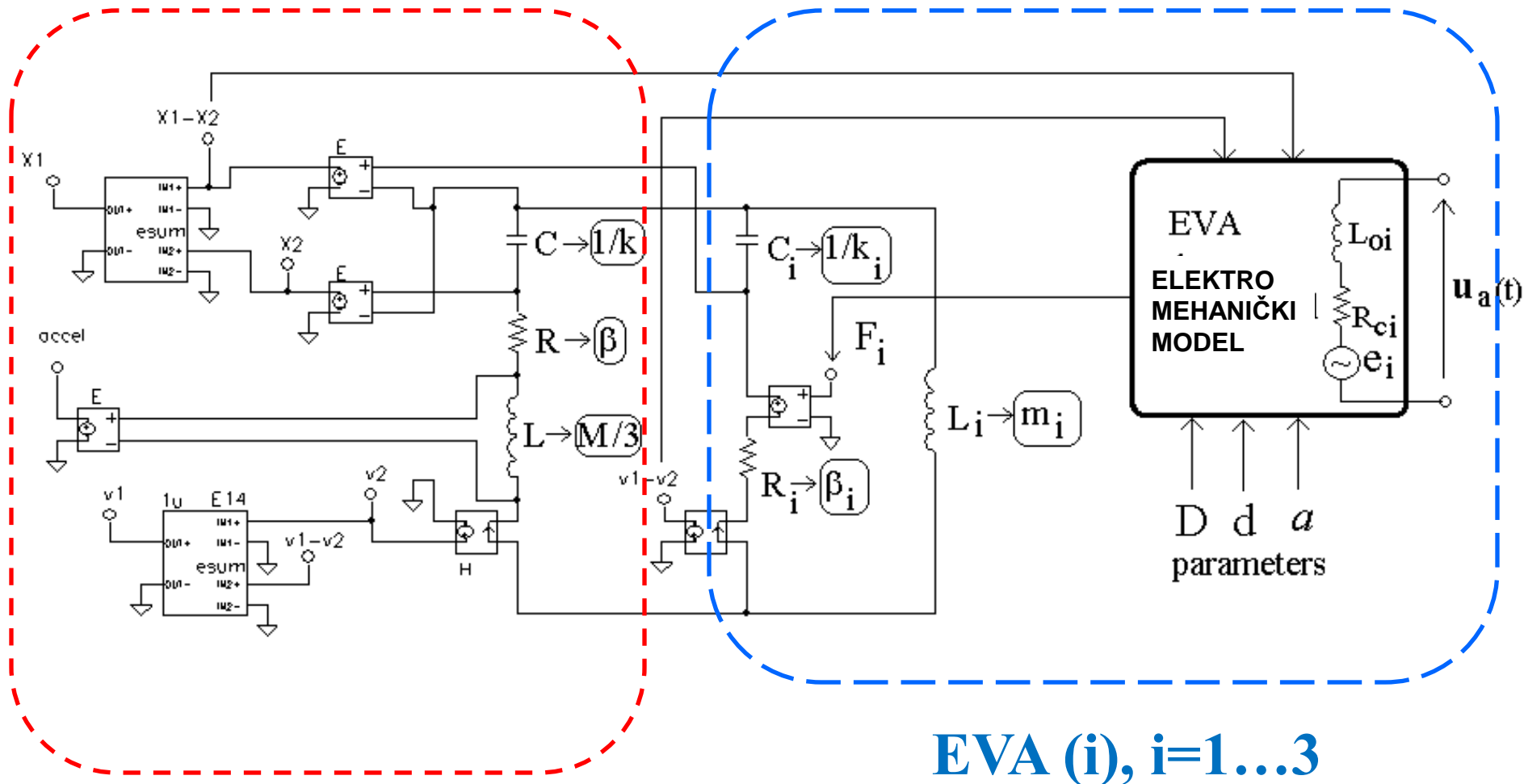
ELEKTROMEHAČIČKI SISTEM ZA POBUDU VIBRACIONOG SUDA



(a)-MEHANIČKA
KONSTRUKCIJA

(b)ELEKTROMAGNETNI
AKTUATOR

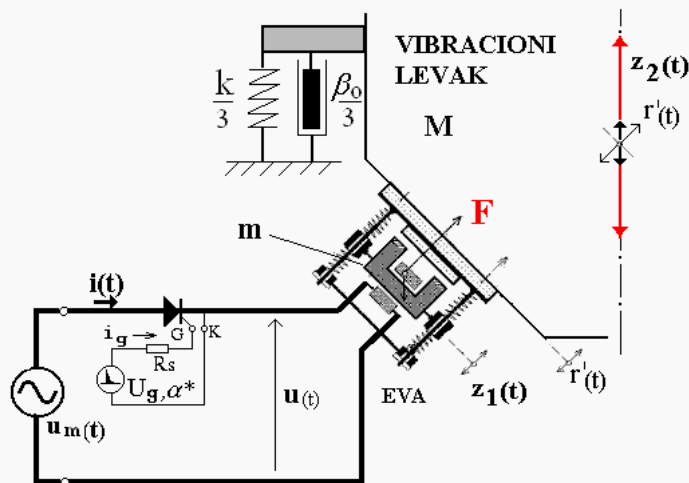
EKVIVALENTNI ELEKTROMEHANIČKI MODEL VIBRACIONOG PRAŽNJAČA



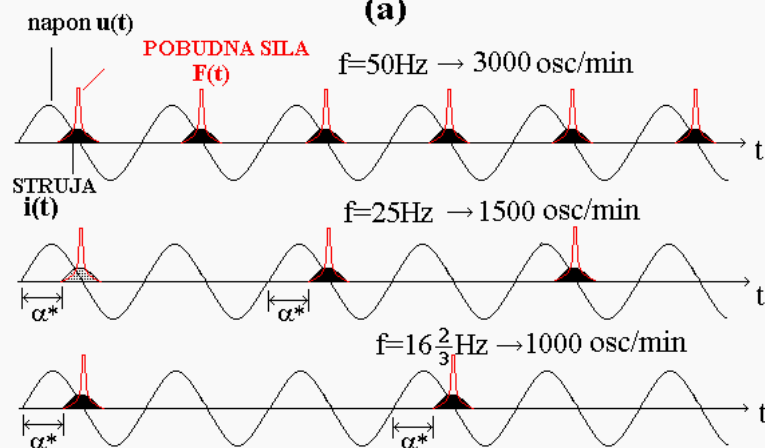
MEHANIČKI DEO SISTEMA

EVA (i), $i=1...3$

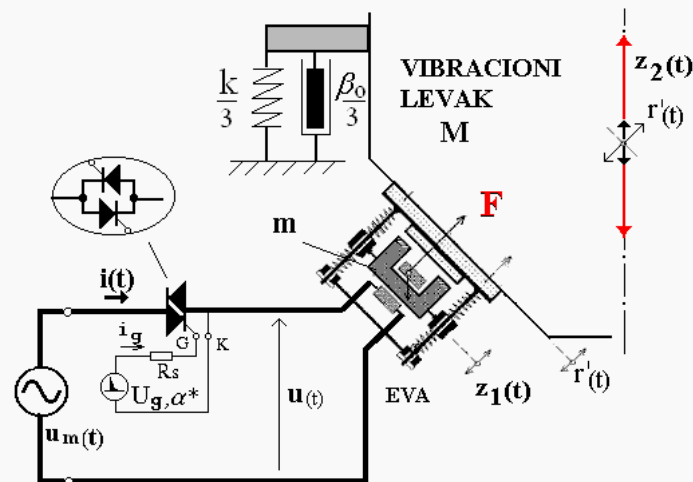
FAZNO KONTROLISANI PRETVARAČ ZA POBUDU VIBRACIONOG LEVKA



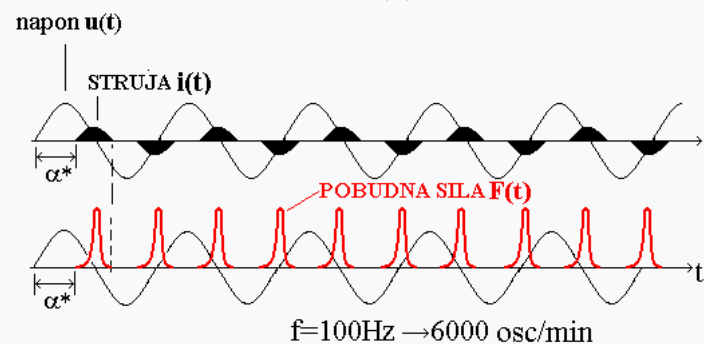
(a)



(b)



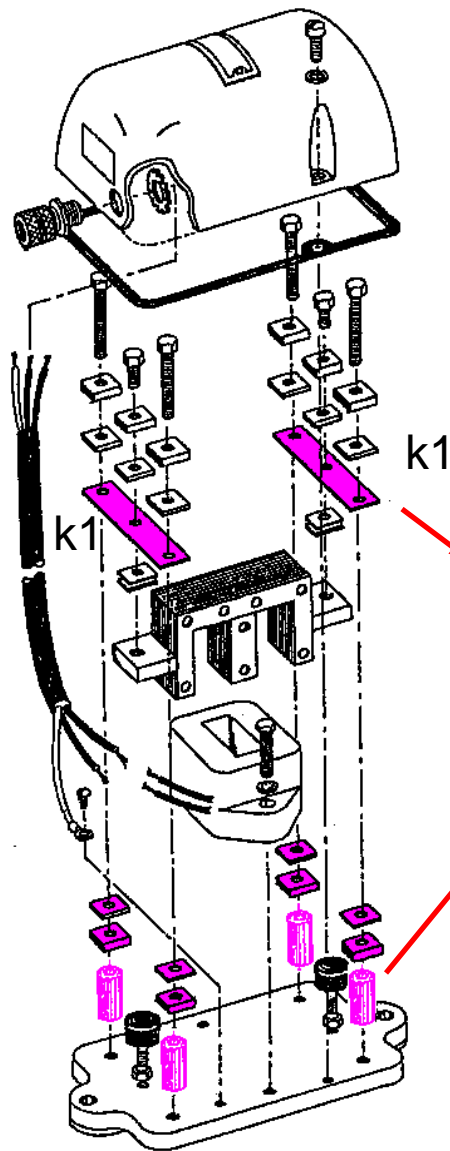
(c)



(d)

Tiristorski pretvarači kao regulatori pražnjenja prihvatnih levaka ESI. (a) unidirekcionni tiristorski kontroler, (b) talasni oblici pri polutalasnoj kontroli, (c) bidirekcionni tiristorski kontroler, (d) talasni oblici pri punotalasnoj kontroli

PROBLEM: Degradacija elastičnih elemenata (opruga)



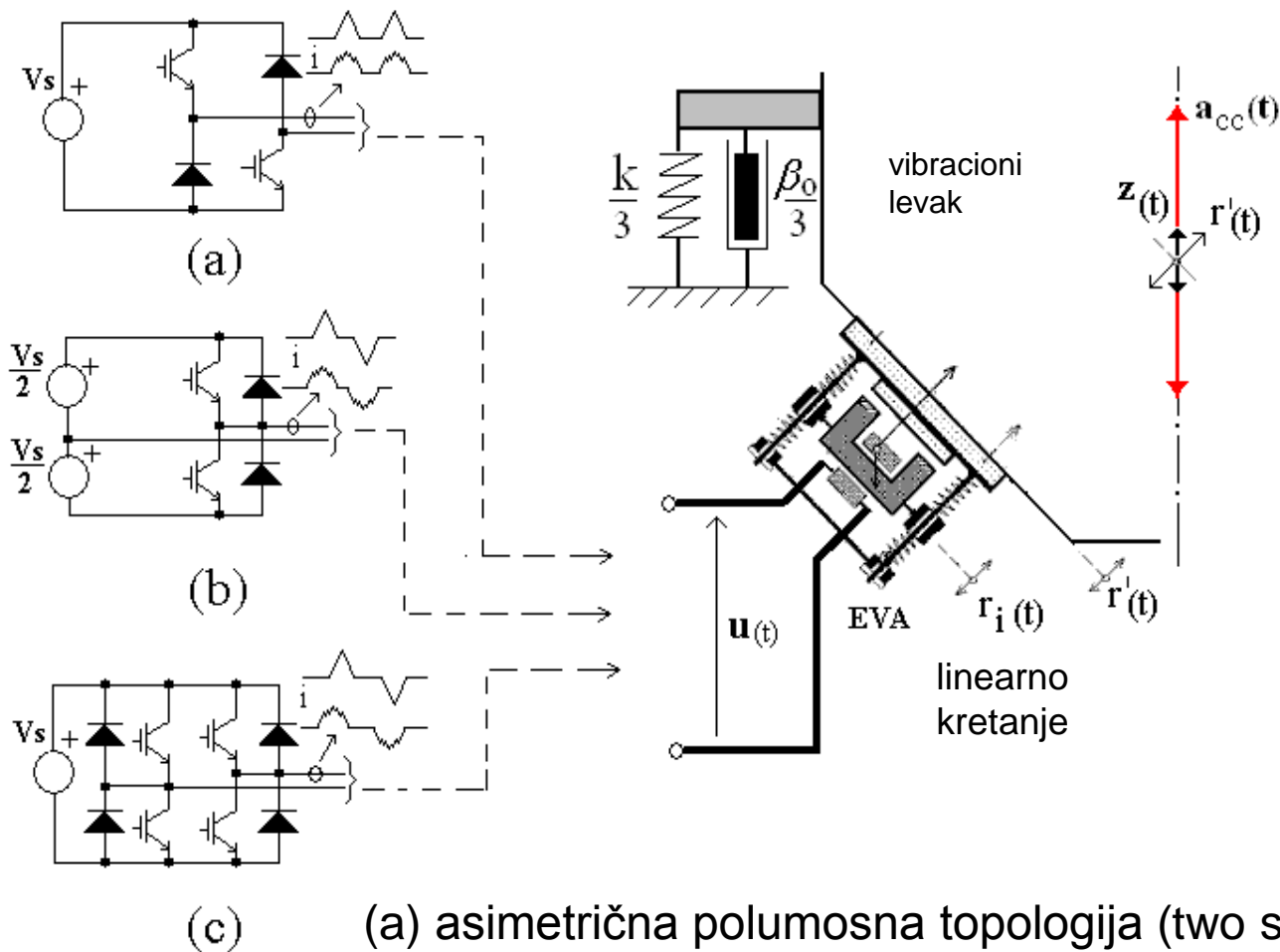
PUCANJE OPRUGA!!!!

**REŠENJE: KOMPOZIT
FIBERGLASS OPRUGE**

100Hz → 6000 osc/min → 360 000 osc/h →
→ **$1 \cdot 10^6$ osc/ dnevno (srednja vrednost)**
GODIŠNJE $360 \cdot 10^6$ ciklusa

- drift karakteristika opruga
- opadanje krutosti k_1
- promena rezonantne frekvencije
- opadanje rezonantne frekvencije
- opadanje amplitude oscilacija


IGBT PREKIDAČKI PRETVARAČI ZA POBUDU VIBRACIONIH AKTUATORA

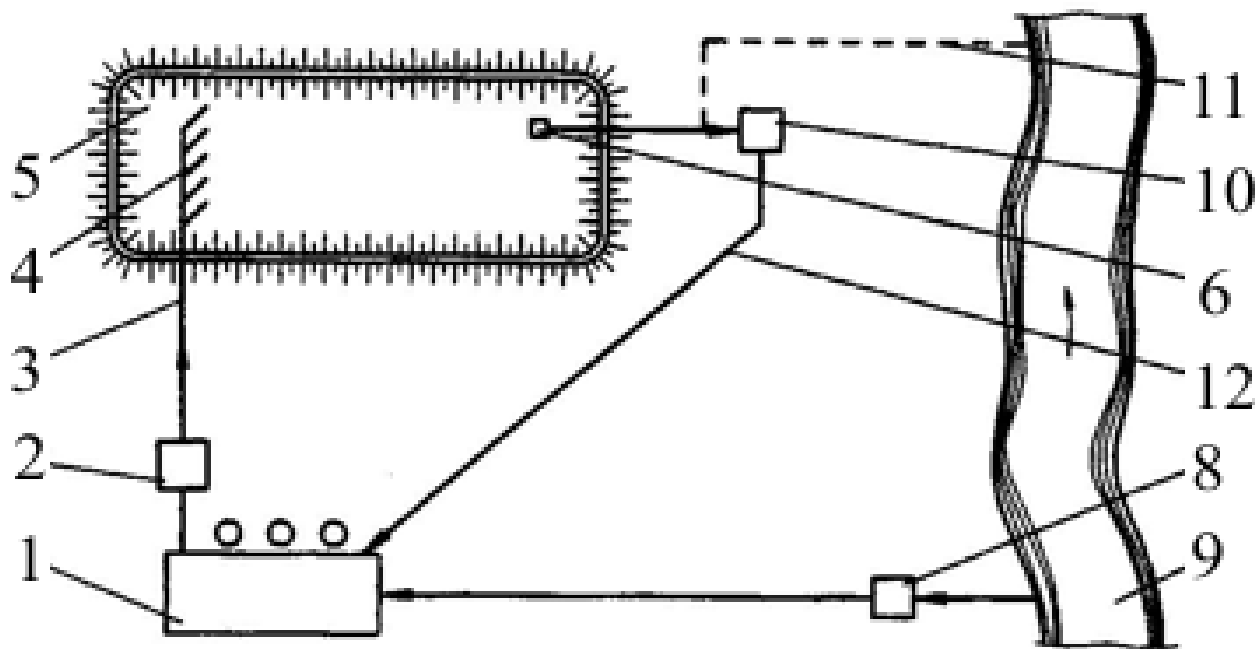


- (a) asimetrična polumosna topologija (two switch forward),
 (b) simetrična polumosna topologija (symmetric half-bridge)
 (c) puni most (full-bridge)

DEPONIJE ŠLJAKE I PEPELA

- Prilikom projektovanja termoenergetskih postrojenja, neophodno je obezbediti deponiju za šljaku i pepeo za rad elektrane tokom eksploatacije (min. 25 godina za osnovni radni vek) i u slučaju kada postoji dovoljna sirovinska baza za produženi rad termoenergetskog postrojenja (dodatnih 15 godina za revitalizovani radni vek).
- Deponije se najčešće planiraju na realizovanim površinskim kopovima ili na pogodnim površinama (u slučaju jamskih kopova i snabdevanja sirovinom na bazi liberalizovanog tržišta energentima), koje su, zbog zahtevane površine od nekoliko kvadratnih kilometara, udaljene i do 20 *km* od termoelektrane, to značajno utiče na ekonomičnost njihovog rada (učešće cene transporta šljake i pepela u ceni proizvedenog 1 *kWh* električne energije).
- Prvobitna zapremina deponije mora obezbediti prostor dovoljan za rad TEP za narednih 5 do 10 godina od puštanja TEP u rad.

- 
- Deponije šljake i pepela predstavljaju veoma složen hidrotehnički kompleks sastavljen od prostora neophodnog za taloženje pepela i šljake, sistema za sakupljanje (drenaža) i izbistravanje vode, kao i njenog transporta (recipijent ili ponovno korišćenje u termoenergetskom postrojenju).
 - Za deponiju se po mogućnosti površine koje nisu poljoprivredno zemljište i koje se ograđuju sa nasipima koriste najčešće po celom svom obimu (ili samo na njenim nižim delovima, sa mogućnošću po potrebi njihovog povišenja). Deponije koje se koriste pri puštanju TEP u pogon nazivaju se primarnim deponijama šljake i pepela.
 - Vodosnabdevanje sistema za transport šljake i pepela na odlagalište i održavanje nivoa vode koji obezbeđuje vlaženje "plaža" (šljaka i pepeo iz pulpe iznad nivoa vode) ili njenog polivanja sa ciljem sprečavanja prašenja na deponiji, može se izvesti u formi zatvorenog ili otvorenog sistema.
 - Treba istaći da se primena otvorenih sistema sa ispuštanjem u recipijent (reka, jezero i sl.) sve manje koristi, obzirom na usvojeni set zakona iz oblasti zaštite životne sredine i proces usklađivanja sa legislativom koja je usvojena u okviru zemalja EU.



U slučaju zatvorene šeme vodosnabdevanja pulpa se iz **bager stanice (2)** transportuje **cevovodom (3)** i kroz **uređaje za ispuštanje pulpe (4)** ispušta u **deponiju (5)**, koja je prethodno pripremljena. U **bazenu za bistrenje (6)**, dimenzije koje obezbeđuju očuvanje neophodnog kvaliteta vode u recipijentu nakon ispuštanja izbistrene vode u njega, sakupljena voda se bistri i **pumpama za izbistrenu vodu (10)** ponovo vraća kroz **cevovod (12)** na **termoenergetsko postrojenje (TEP) (1)**. U slučaju havarije, samo u izuzetnim i krajnim situacijama, izbistrena voda se može **cevovodom (11)** vratiti u recipijent (reku).

PRIKAZ DEPONIJA PEPELA NA TEMOELEKTRANAMA



deponija pepela TE Nikola Tesla B sa visine 6810 i 3890 m



ručna setva trava na nasipima kasete i deponije pepela TE Nikola Tesla B

KORIŠĆENJE ŠLJAKE I PEPELA


Korišćenje šljake i pepela (elektrofiltaskog i lebdećeg) za alternativne svrhe (npr. u građevinarstvu) postalo je danas ponovo aktuelno, pri čemu sve više nova zakonska legislativa favorizuje ovaj način regulisanja pitanja šljake i pepela kao nus proizvoda nastalih na TEP sagorevanjem različitih vrsta ugljeva.

ZAKONSKA REGULATIVA ZAKON O UPRAVLJANJU OTPADOM („Sl.Glasnik RS“,br.36/2009 i 88/2010) -Ponovno iskorišćenje otpada, Član 38:

Otpad se može ponovo koristiti za ponovnu upotrebu proizvoda za istu ili drugu namenu, za reciklažu,odnosno tretman otpada, radi dobijanja sirovine za proizvodnju istog ili drugog proizvoda, kao sekundarna sirovina (papir i karton, metal, staklo, plastika, otpad od građenja i rušenja, pepeo i šljaka od sagorevanja uglja iz termoenergetskih postrojenja, gips i sumpor od odsumporavanja dimnih gasova i dr.), za energetska iskorišćenje, odnosno korišćenje vrednosti otpada njegovom biorazgradnjom ili spaljivanjem otpada uz iskorišćenje energije.

KARAKTER OTPADA

- Zakon o upravljanju otpadom (“Sl. glasnik RS”, br.36/2009 i 88/2010)
 - Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Sl.glasnikRS“, br.56/2010)
 - Pravilnik o uslovima i načinu sakupljanja,transporta,skladištenja i tretmana otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina ili za dobijanje energije (“Sl.glasnik RS”,br.98/2010)
-
- ELEKTROFILTERSKI PEPEO ŠLJAKA IMAJU KARAKTER NEOPASNOG OTPADA- IZVEŠTAJ AKREDITOVANOG INSTITUTA ZAŠTITE NA RADU A.D. IZ NOVOG SADA
 - DOBIJANJEM STATUSA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA I ŠLJAKE KAO SEKUNDARNE SIROVINE I NEOPASNOG OTPADA, DAJE ŠIROKU MOGUĆNOST ZA PRIMENU
 - **NAJZNAČAJNIJA PRIMENA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA I ŠLJAKE JE U GRAĐEVINARSTVU I TO KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL, ODNOSNO KAO SIROVINA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKOG MATERIJALA!!!**



LETEĆI PEPEO JE SLOŽENA SMEŠA, KOJA SADRŽI VELIKI BROJ KOMPONENATA, ZBOG ČEGA SU MOGUĆNOSTI NJEGOVE PRIMENE ŠIROKE :

A. KAO SIROVINA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKOG MATERIJALA:

- CEMENTA
- HIDRAULIČNOG KREČA
- PUCOLANSKO-METALURŠKIH CEMENTA
- LAKIH AGREGATA
- LAKIH BETONA
- BETONSKIH PREFABRIKATA
- GRAĐEVINSKIH ELEMENATA- BLOKOVA, OPEKE, KERAMIKE
- MASE ZA STABILIZACIJU KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA
- KAO PUNILAC ZA ASFALTE

B. KAO MATERIJAL KOJI SE DIREKTNO UGRAĐUJE NA GRADILIŠTU:

- U IZGRADNJI PUTEVA ZA MEHANIČKU I HEMIJSKU STABILIZACIJU
- KAO PUNILO U ASFALTNIM MEŠAVINAMA I BITUMENSKIM MASAMA



PRIMENA PEPELA U IZGRADNJI PUTEVA

- KOD NASIPA, OSNOVE PUTA, NOSEĆIH SLOJEVA KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA,
- ISPUNJAVANJE INFRASTRUKTURNIH ROVOVA
- ZA POBOLJŠANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA I STABILIZACIJU TLA
- REHABILITACIJU DEGRADIRANIH TERENA I SL.
- POTROŠNJA PEPELA U OVOJ OBLASTI JE SVE VEĆA I NAJVIŠE SE UPOTREBLJAVA U INDUSTRIJSKI RAZVIJENIM ZEMLJAMA U VELIKOJ BRITANIJ, SAD-u, FRANCUSKOJ, HOLANDIJI, POLJSKOJ, ČEŠKOJ ZA IZRADU OSNOVE PUTA, PREKO KOGA SLEDE OSTALI SLOJEVI.

LITEARTURA:

1. Z.N.Milovanović, Termoenergetska postrojenja, B.Luka, 2011.
2. U.Chowdhury, K.D.Yadav, L.D.Sahoo, "Daeling With ESP Ash Evacuation Problems-Experiances at Dadri&Talcher Kanhina,,
<http://indianpowerstations.org>
3. D.Knežević, S.Torbica, Z.Rajaković, M.Nedić, "Odlaganje industrijskog otpada", RGF, Univerzitet u Beogradu, 2015.
4. Ž.V.Despotović, A.M.Pavlović, D.Ivanić, V.Arsovski, " Rekonstrukcija pogona vibracionih sita u okviru sistema za transport šljake i pepela na termoelektrani Nikola Tesla–B", ENERGIJA-ekonomija-ekologija, Vol.3-4, Godina XVIII, pp. 165-174, Mart 2016, UDC 620.9, ISSN 0354-8651
5. Lj.Tanasijević, UPOTREBA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA I ŠLJAKE PROIZVEDENIH IZ TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA, Privredna Komora Srbije, 23.12.2011.god.

Hvala na pažnji !!!



Beograd, Mart 2021.