

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

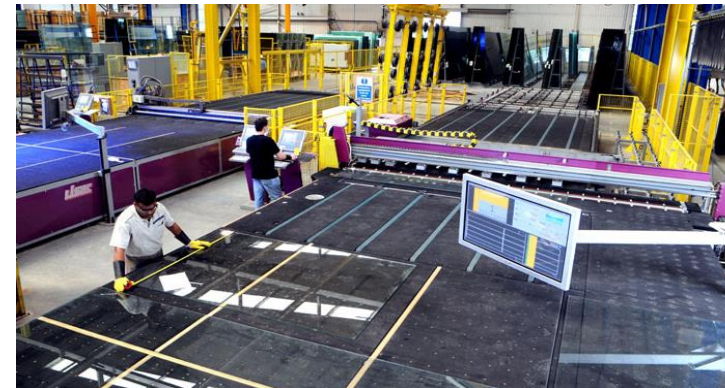
Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju

# Recikliranje i zbrinjavanje otpada

Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Katančić

## STAKLENI OTPAD

- Staklo je prozirni, **amorfni**, čvrsti, kruti i kemijski postojan materijal koji se proizvodi taljenjem raznih sirovina i brzim hlađenjem taljevine do očvršćivanja u uvjetima u kojima ne dolazi do kristalizacije, već se zatečena amorfna struktura zadržava
- **Kvarcni pijesak** - osnovna je sirovina i **mora biti vrlo čist**, za proizvodnju nebojanog stakla ne smije sadržavati više od 0,05 % željeznih oksida
- Različitim postupcima prerade/oblikovanja - staklena taljevina, prevodi se u stakleni proizvod:
  - flotacijski proces
  - puhanjem - proizvodnja boca
  - izvlačenjem
  - prešanjem
  - valjanjem i lijevanjem



# Stakleni otpad

- **Vrste stakla**

- **Silikatno**

- od čiste silike ( $\text{SiO}_2$ )
- transparentno za širi spektralni raspon u odnosu na obično staklo, koristi se kada je potrebna transparentnost za UV i IR zračenje
- zbog visokog tališta ( $>1700\text{ }^\circ\text{C}$ ) i viskoznosti teško se prerađuje

- **Soda-vapno staklo**

- soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) je aditiv za snižavanje tališta, ali zbog topljivosti u vodi dodaje se  $\text{CaO}$  (vapno),  $\text{MgO}$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  za povećanje kemijske stabilnosti
- **najčešći oblik stakla, koristi se izradu boca, posuda i prozorskog stakla**

- **Borosilikatno staklo (Pyrex, Duran)**

- sadrže 5-13 % borovog trioksida ( $\text{B}_2\text{O}_3$ )
- imaju izrazito niski koeficijent toplinskog rastezanja, teže pucaju zbog toplinskog naprezanja
- koristi se za laboratorijsko posuđe

# Stakleni otpad

- **Vrste stakla**

- **Olovno staklo**

- dodatak 18-40 % olovog oksida ( $\text{PbO}$ ) snižava talište i viskoznost
- daje staklu izvrsna optička svojstva i visoki sjaj, oscilacija olovnog kristala proizvodi karakteristični zvuk - „kristalne” čaše,
- povećava topljivost kositra, bakra i antimona, upotreba u obojenim emajlima i glazurama
- apsorbira gama i rendgensko zračenje, koristi se za stakla za zaštitu od zračenja

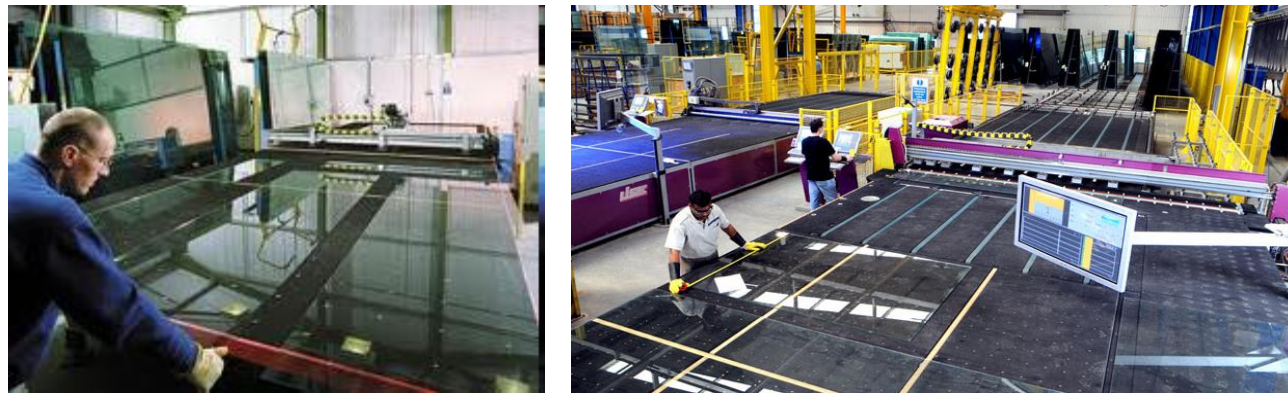
- **Aluminosilikatno staklo**

- sadrži 5-10 % aluminij oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- teže se prerađuju i oblikuju u usporedbi s borosilikatnim ali ima izvrsnu toplinsku otpornost i trajnost
- koristi se za izradu staklenih vlakana za ojačanje plastike i vatrostalne posude za kuhanje

## Stakleni otpad

- Flotacijski proces (“Float” staklo) za proizvodnju ravnog stakla
- Započinje taljenjem sirovina:
  - 60 % kvarcni pijesak ( $\text{SiO}_2$ ), 19 % natrijev karbonat (soda,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
  - 15 % vapnenca ( $\text{CaCO}_3$ ), 6 % lomno staklo (stakleni lom/krš)
  - na temperaturi od 1700 °C
- Tekuće staklo ulijeva se u kadu napunjenu rastopljenim kositrom na kojem staklo ostaje plutati (eng. float) u obliku neprekinute trake
- Zbog površinske napetosti stakla i ravne površine **tekućeg kositra** staklo poprima oblik staklene trake paralelnih površina **bez pukotina i izuzetnih optičkih kvaliteta**
- Na kraju se staklo kontinuirano hladi i **oblikuje u ploče** raznih dimenzija

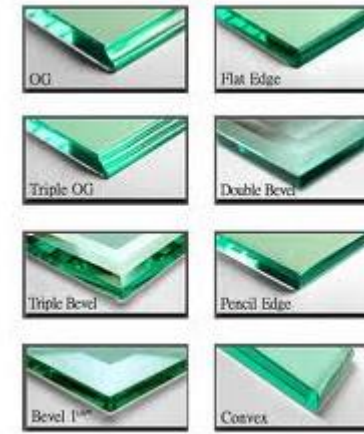
<https://www.youtube.com/watch?v=JMGkbrETU8M>



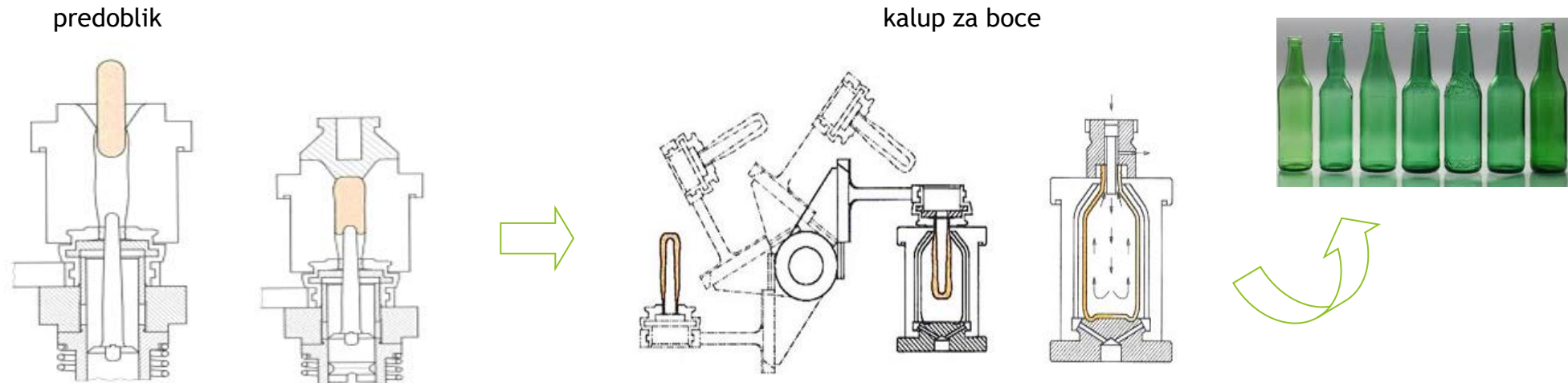
# Stakleni otpad

- Flotacijsko staklo upotrebljava se za izradu:

- kaljenog stakla
- laminiranih stakala
- emajliranog stakla
- raznih reflektirajućih stakala
- vatrootpornog stakla



- Oblikovanje puhanjem za proizvodnju boca



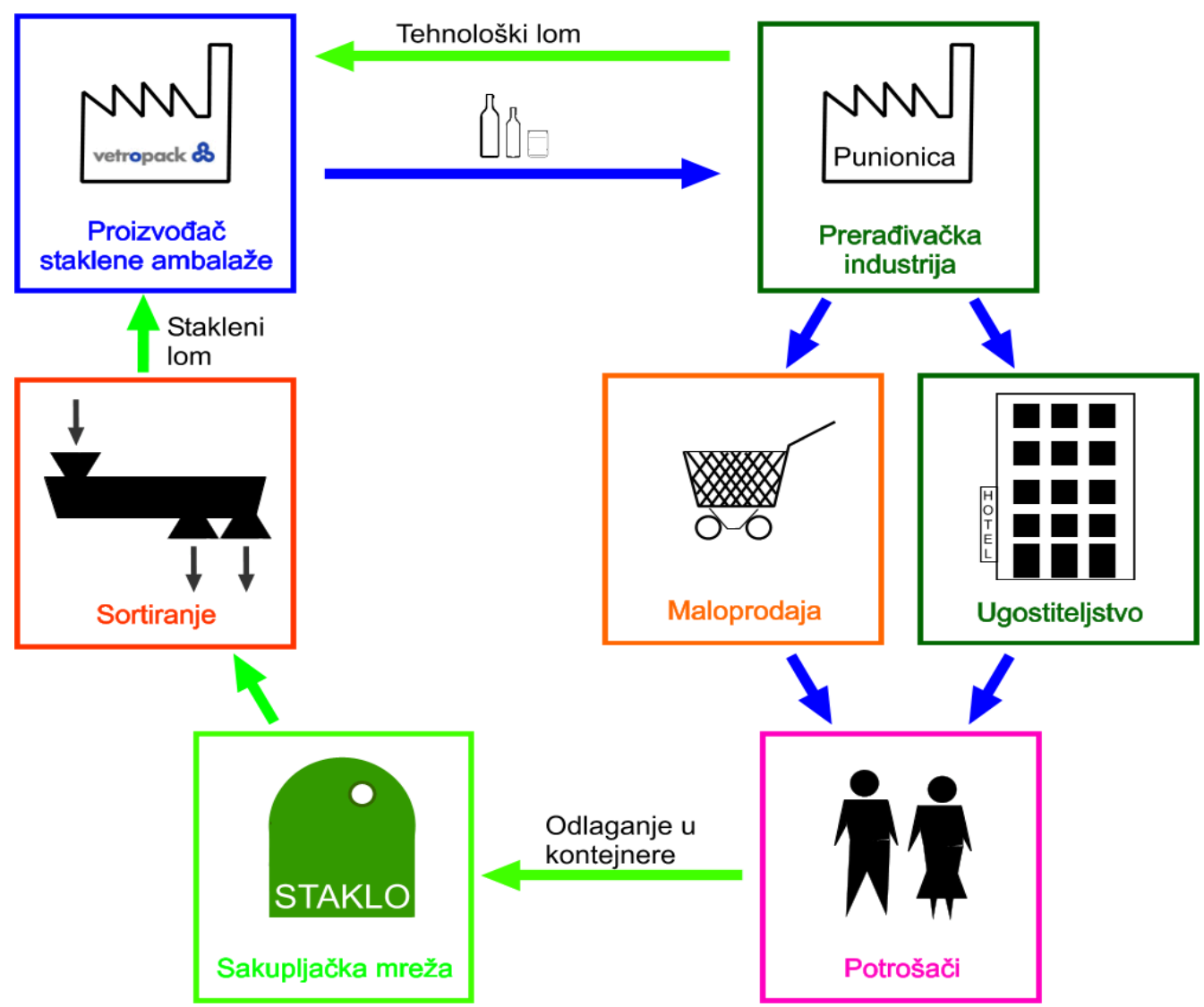
- Kod svih navedenih postupaka oblikovanja važna je faza hlađenja mase stakla do optimalne viskoznosti, tj. optimalne temperature pogodne za oblikovanje i nakon toga se oblikuje u željene oblike i proizvode

## Stakleni otpad

- Staklo se skuplja i reciklira dobro poznatim postupkom **prerade stakla**
- Reciklirano staklo se proizvodi od **amornog silicijevog dioksida** ( $\text{SiO}_2$ ) iz pijeska i nekim udjelom staklenog loma taljenjem pri temperaturi od  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Stakleni lom (krš) snižava temp. taljenja  $\text{SiO}_2$  ( $T_m=1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ )** čime se štedi energija tijekom prerade stakla
- Jedno od odličnih svojstava stakla je da se može višekratno prerađivati, tj. u potpunosti reciklirati, stoga se provodi njegovo odvojeno prikupljanje
- U idealnim uvjetima **staklo se može neograničeno mnogo puta reciklirati**
- **Od 1 tone staklenog loma**, uz utrošak energije, može se dobiti **1 tona novog stakla**, jednake kvalitete (zatvara se kružni tok proizvoda)
- U praksi se koristi do 90 % staklenog loma

# Stakleni otpad

## Kružni tok staklene ambalaže





## Stakleni otpad

- Prvi korak recikliranja je **ručno odvajanje većih nečistoća poput papira, kartona, plastike i ostalih materijali**
- Na pokretnoj traci se odvajaju **željezni metali magnetskim separatorima**
- Stakleni lom se potom **usitnjava na adekvatnu granulaciju** (veličine do 60 mm)
- Nastaje više frakcija loma, pa više pokretnih traka vode lom kroz ostale korake obrade
- Abrazijom usitnjenog loma uslijed kotrljanja pri prolasku kroz pužni transporter odvajaju se sa stakla **lakše frakcije**, poput etiketa, plastike, pluta itd., koje se zatim **pomoću ciklona izdvajaju** iz staklenog loma
- **Nemagnetični materijali** se potom odvajaju sistemom **virtložnih struja**
- Takvo staklo još uvijek nije dovoljno čisto, pa staklo dolazi do kamera i pomoću tehnologije **infracrvenog i UV zračenja se detektiraju komadići kamenja, keramike i porculana** (nužno ih je ukloniti jer imaju više temperature taljenja nego staklo) i pomoću sistema zračnih ventila ih se uklanja s pokretne trake
- Istim tehnikama se odvajaju drugi tipovi stakla neprikladni za reciklažu ambalažnog stakla (borosilikatno, aluminosilikatno, olovno)
- **UV zračenjem** se detektira boja stakla te se razvrstava po boji

# Stakleni otpad

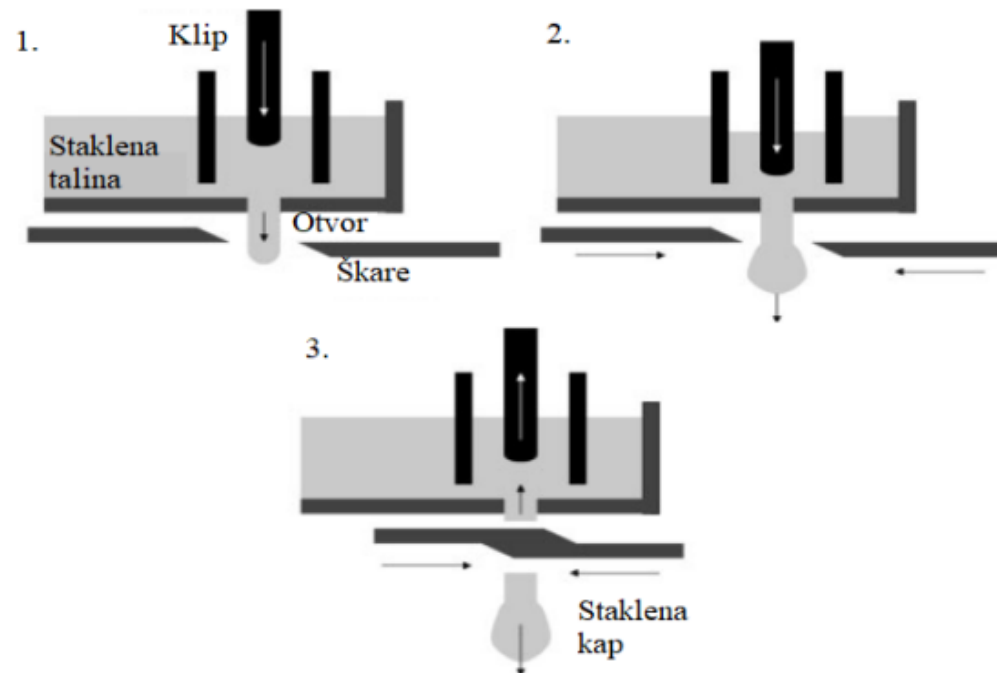
- Staklena ambalaža se na pokretnoj traci **automatski odvaja po bojama**
- Tri glavne boje stakla
  - **bijelo** staklo - zahtijeva sirovine s minimalnim količinama Fe oksida (<0,05 %)
  - **zeleno** staklo - dodaju se željezo oksid (FeO) uz krom za bogatiju zelenu boju (vinske boce)
  - **smeđe** staklo - dodaju se željezne soli, nikal, sumpor i ugljik, nijanse od žute do gotovo crne
- Odvajanje po bojama je nužno jer **svaka boja** stakla može **tolerirati samo određenu razinu** kontaminacije drugim bojama
- Bijelo staklo smije sadržavati najmanje drugih boja stakla, smeđe je manje osjetljivo, dok je zeleno najmanje osjetljivo na druge boje
- Za zeleno se koristi do 90 % staklenog loma, za smeđe do 70 %, za bijelo do 60 % staklenog loma

| Spoj                                  | Ion                                  | Boja             |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| FeO<br>Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sup>2+</sup><br>Cr <sup>3+</sup> | Zelena<br>Zelena |
| CuO                                   | Cu <sup>2+</sup>                     | Plavozelena      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | Fe <sup>3+</sup>                     | Žućkasta         |
| MnO <sub>2</sub>                      | Mn <sup>3+</sup>                     | Ljubičasta       |
| NiO                                   | Ni <sup>2+</sup>                     | Smeđa            |
| Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>        | Co <sup>2+</sup> , Co <sup>3+</sup>  | Plava            |



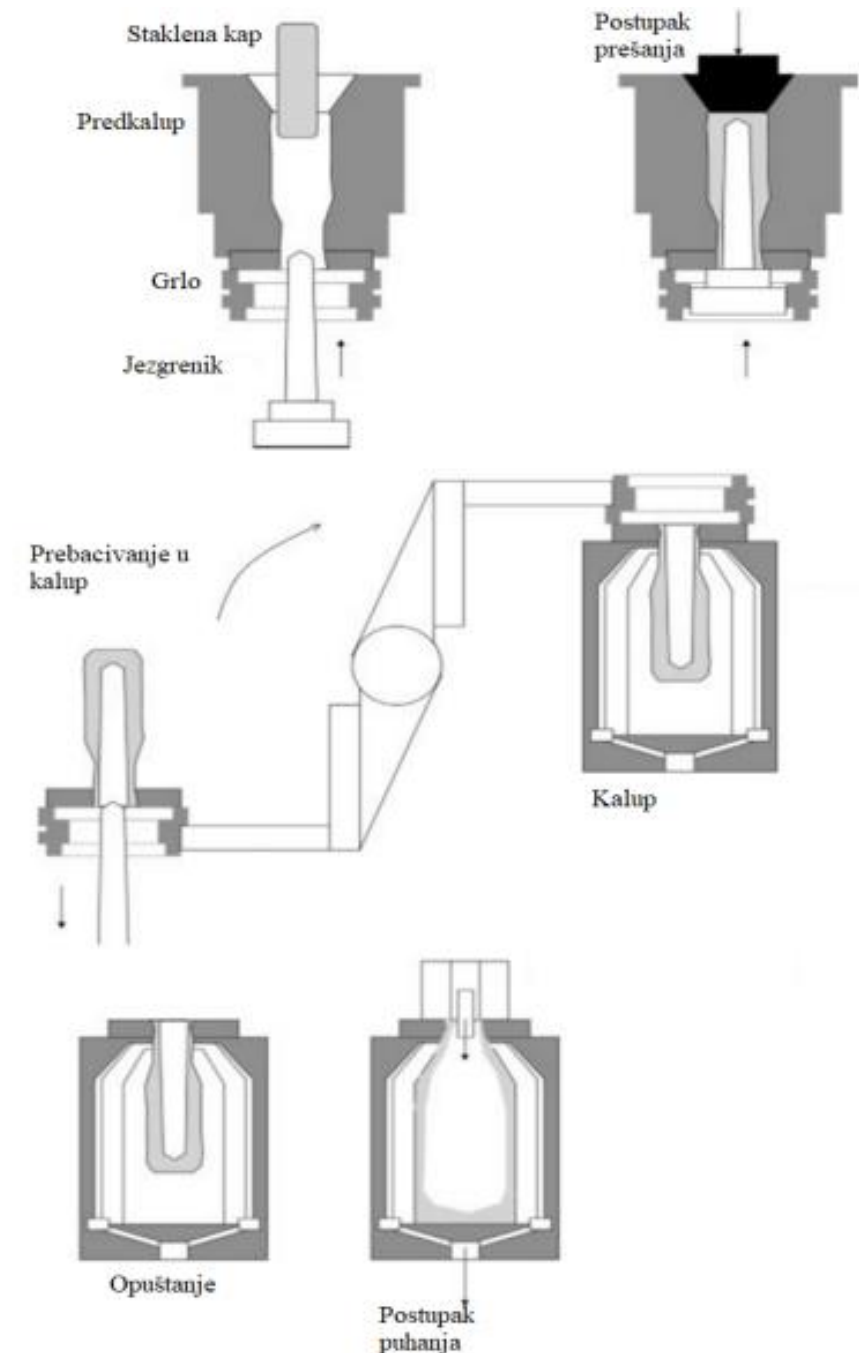
## Stakleni otpad

- Nakon pripreme staklenog loma za recikliranje radi se smjesa za proizvodnju staklene ambalaže
- Prikladna se smjesa sirovina hranilicom ubacuje u staklarsku peć i tali na **1600 °C**
- Nakon taljenja **smjesa se hladi** kako bi bila **određene viskoznosti povoljne za oblikovanje stakla** te se staklene kapi određene mase, temperature i oblika šalju u pretkalup
- Dobavljač kapi se sastoji od klipa, koji tlači staklenu talinu kroz otvor, i škara, koje režu staklenu talinu na određenoj visini. Time se dobije staklena kap koja putem žlijeba upada u pretkalup



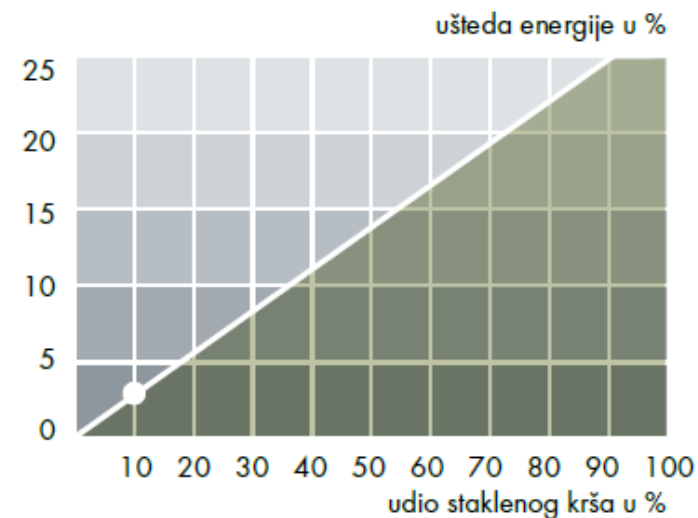
# Stakleni otpad

- Staklena kap ulazi kroz otvor na vrhu pretkalupa (oko 1150 °C) te se tamo uz pomoć prešanja jezgrenika oblikuje **predoblik** prema obliku unutrašnje strane pretkalupa
- Predoblik (oko 1000 °C) se prebacuje u kalup te se pomoću **puhanja zraka** dobiva **krajnji oblik boce** na temperaturi od oko 800 °C
- Boce se nakon formiranja prebacuju na pokretnu traku koja ih vodi na dodatnu obradu
- **prevlake vrućeg kraja** (*hot-end coatings, HECs*), prevlake od kositrovog oksida ( $\text{SnO}_2$ ) ili titanijevog oksida ( $\text{TiO}_2$ ), debljine oko 10 nm. Nastaju prskanjem na oko 500 °C, a uzrokuju zatvaranje mikropukotina stakla od grube površine kalupa i povećavaju mehanička svojstva stakla
- **postupno hlađenje** kako bi se izbjeglo nastajanje zaostalih naprezanja
- **prevlake hladnog kraja** (*cold-end coatings, CECs*), prevlake debljine 50 nm od polietilenskog voska, koji se nanosi raspršivanjem razrijeđene vodene emulzije na temperaturi od 100-150 °C. Daju staklu glatku površinu koja je otporna na grebanje boce o bocu prilikom transporta



# Stakleni otpad

- Korištenje staklenog loma u proizvodnji staklene ambalaže ima prednosti:
  - **manjuje se upotreba primarnih sirovina** ( $\text{SiO}_2$  pijesak i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kojih u prirodi ima u ograničenim količinama)
  - **manjuje se potrošnja vode** potrebne prilikom njihove eksploatacije
  - **manjuje se potrošnja energije**
  - **manjuje se emisija štetnih plinova** u atmosferu
  - veza između udjela staklenog loma i uštede energije je linearna: **za svakih 10 posto staklenog loma, potrošnja energije manja je 3 posto a emisije  $\text{CO}_2$  smanjene su 7 posto**
  - rasterećuju se komunalne deponije

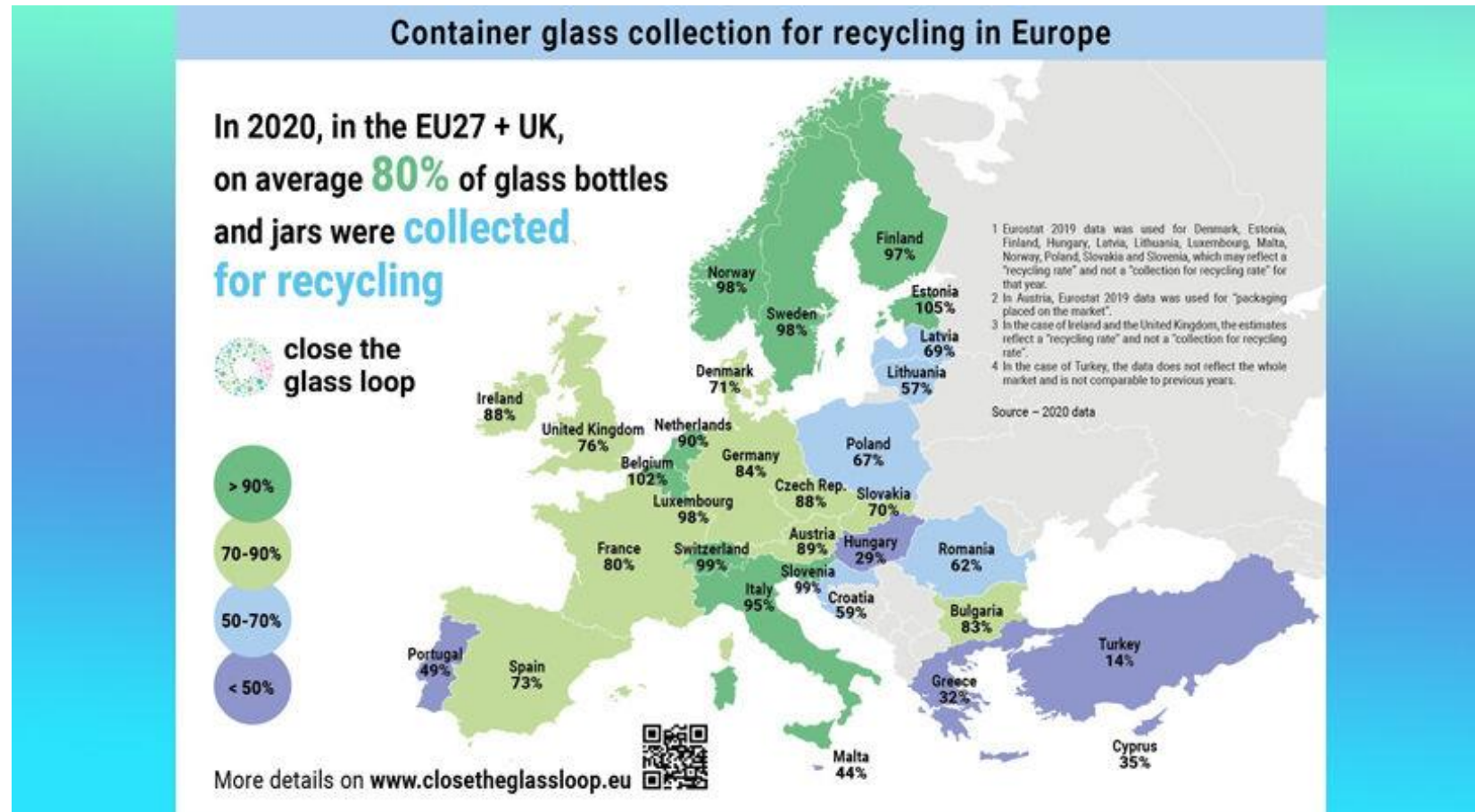


## Stakleni otpad

- Dva osnovna izvora staklenog loma:
  - **industrija** koja koristi staklo u svojoj proizvodnji - tehnološki stakleni lom (prozori, ekrani, boce ...)
  - **komunalne tvrtke** - koje prikupljaju stakleni lom od građanstva i komercijalnih tvrtki
- Udio stakla u kućnom otpadu iznosi cca 10 % ili nešto manje
- Izbjegavanje nastajanja otpada osobito se odnosi na staklenu ambalažu, mogućnosti su:
  - **ponovno punjenje staklenih boca** (povratna ambalaža)
  - **korištenje prazne ambalaže u druge svrhe**
- Odvojeno prikupljanje je preduvjet uspješnom recikliranju, koje se prikuplja na slijedeći način:
  - staklene boce odlažu se u posebne zelene spremnike
  - **ravno prozorsko staklo isključivo u reciklažna dvorišta** (sadrži primjese kao što su ljepilo, metal i drvo)
  - **ostale vrste stakla treba odvojeno prikupiti** (kristalno staklo sadrži visoki postotak olova koje u ambalažnom staklu nije dozvoljeno)

## Stakleni otpad

- U Hrvatskoj se 2004. recikliralo tek 17,5% ukupne količine staklene ambalaže
- 2006. - 58 %
- 2012. - 49 %
- Do danas se to kreće oko 55-60 %



## Stakleni otpad

- Tržište oporabljenog stakla je jako dobro razvijeno i zapravo nema dovoljnih količina stakla na tržištu jer se nedovoljno prikuplja
- Najuspješnije je prikupljanje ambalažnog stakla, a manje iz ostalih izvora recimo iz elektroničkog otpada, iako je taj segment znatno bolje organiziran i obuhvaćen danas
- **Recikliranje u istu vrstu proizvoda** (boce, stakleni spremnici), neki **novi proizvod** (staklena vlakna) ili u građevinarstvu (umješavanje u beton)
- **Staklena vuna** - izolacijski materijal koji se sastoji od kratkih staklenih vlakana, tolerancije na sastav stakla su visoke i nema zahtjeva za boje
- **Keramika** - korištenje staklenog loma kao aditiva za sinteriranje (snižava temperaturu sinteriranja)
- **Aditiv za cement i beton** - staklo reagira s  $\text{Ca(OH)}_2$  i nastaje kalcij-silika-hidrat gel (CSH) koji daje čvrstoću betonu
- **Medij za filtraciju** - učinkovito uklanja suspendirane čestice iz vode



## PAPIR I KARTON



- Zbog široke primjene i lake dostupnosti, papir i karton čine veliki udio komunalnog otpada, do 35 %
- Proizvodnja papira uzrokuje velike emisije
  - stakleničkih plinova (velika potrošnja energije)
  - nastajanje velikih količina otpadnih voda (zbog upotrebe različitih kemikalija pri izdvajanju celuloze iz sirovine; kiseline, lužine, izbjeljivači ...)
  - korištenje velike količine sirovina (drvo sadrži cca 35-40 % celuloze, pamuk cca 90 %)
- Za proizvodnju papira do 40 % pulpe se dobiva iz drva, ostalo potječe iz otpadnog drva
- **1 tona recikliranog papira mijenja oko 1 tone posječenog drva**
- **Ušteda energije recikliranjem je 40-60 %, ušteda potrošene vode 50-60 %**
- Papir se može jednostavno reciklirati i tako minimizirati sve te utjecaje
- Papirni otpad (sekundarna sirovina) je visoke kvalitete (vrijednosti) ukoliko su celulozna vlakna u papiru dovoljno dugačka te minimalno onečišćen papir

## Papir i karton

- **Svakim recikliranjem papir gubi na kvaliteti** budući da tijekom postupka recikliranja dolazi do skraćivanja celuloznih vlakana
- Neke vrste papira već sadrže niski udio celuloze:
  - karton, novinski papir, dobivaju se iz već recikliranog papira
  - najkvalitetnija sirovina je bijeli otpadni uredski papir
- Sjajni papir revija-magazina nešto je manje kvalitete za recikliranje zato jer se za njihovu izradu koristi veći udio minerala (punila) za postizanje sjaja i do 30 %
- To podrazumijeva manji sadržaj celuloze i zbrinjavanje punila

## Papir i karton

- **Uobičajena sirovina** za proizvodnju papira je **smreka** odvojena od kore i lišća
- Sadrži celulozna vlakna (stanična stijenka u biljkama), koja su međusobno povezana molekularnim "mostovima" od lignina (daje čvrstoću drvu)
- Drvo se usitnjava, **kuha se na povišenom tlaku i temperaturi u alkalnim otopinama** ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ )
- Pri tome se **celuloza očuva**, a **lignin se razgradi** jer bi inače bi papir bio previše krut za normalnu upotrebu - **nastaje celulozna pulpa**
- Voda se uklanja otjecanjem na situ pod djelovanjem gravitacije, prešanjem i sušenjem
- Tijekom sušenja **na papir se nanosi škrob** kako dobiveni proizvod ne bi bio previše upijajući te kako bi se po njemu **moglo pisati**
- Nakon sušenja papir prolazi kroz poseban valjak (tzv. kalandar) u svrhu nastanka glatke površine
- Nakon poravnavanja rubova, gotov papir se namotava na goleme kolute, reže na željeni format, i šalje kupcima na daljnju obradu
- Za **proizvodnju kartona ostavlja se veći udio lignina** koji daje čvrstoću, koristi se za proizvodnju visokootpornog **kraft papira smeđe boje**
- Prešanjem nekoliko slojeva ovog papira nastaje glatki karton, a za valoviti karton, na gornjem sloju se pod utjecajem visoke temperature istiskuju tipični valovi na koje se nanosi ljepilo. U sljedećem koraku, valoviti karton se lijepi na donje ravne slojeve

## Papir i karton

- Recikliranje papira započinje **odvojenim prikupljenjem papira**, u centrima za sortiranje se ručno **sortira prema vrsti otpadnog papira** (novine, revije, kartonske kutije, knjige, časopisi i druga papirna i kartonska ambalaža)
- Bale sortiranog papira se odvoze u pogon za recikliranje papira
- Od papira se **odvajaju** zaostali, **krupni komadi otpada** poput žice, plastike, metala, tekstila ili drva
- Takve razdvojene frakcije papira se usitnjavaju u drobilici, nakon čega se započinje proces reciklaže
- Od otpadnog papira složenim se postupkom izdvajaju celulozna vlakna
- Proces započinje “otapanjem” papirnog otpada u vodi, njegovim razvlaknjivanjem i stvaranjem pulpe
- **Razvlaknjivanje** otpadnog papira vrši se u **pulperima**
- U pulper se crpi **topla voda** (40-55 °C), izvagana količina otpadnog papira i kemikalije za bolje razvlaknjivanje
- Glavni dio pulpera je rotirajući element sa lopaticama, provodi gibanje mase i ostvaruje mikroturbulenciju
- U toku postupka kontinuirano se kontroliraju pH (9-10,5), temperatura, koncentracija i vrijeme razvlaknjivanja

## Papir i karton

- Ovisno o zahtjevima recikliranjem se dobivaju smeđi ili bijeli papir

**1. Recikliranje mehaničkim pročišćavanjem** (*engl.* mechanical cleaning): prosijavanjem kroz sita, centrifugalnim čišćenjem - koristi se za proizvodnju tzv. **smeđe klase papira**

**2. Recikliranje uz primjenu „odbojavanja“** flotacijom ili ispiranjem (*engl.* deinking by flotation/washing), napredniji način recikliranja - koristi se za proizvodnju tzv. **bijelih klasa papira**



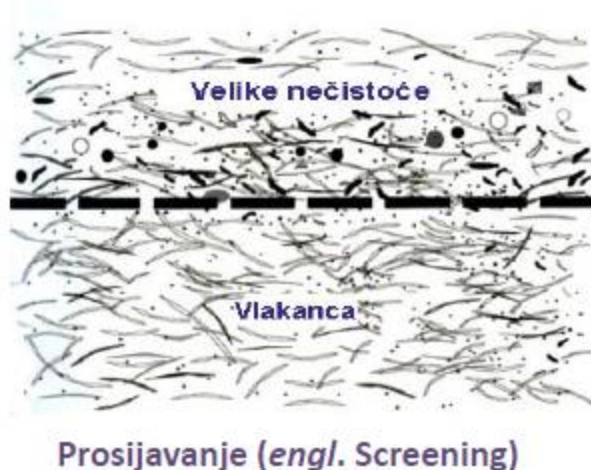
Usitnjen u vodi “otopljen”  
papir - pulpa

# Papir i karton

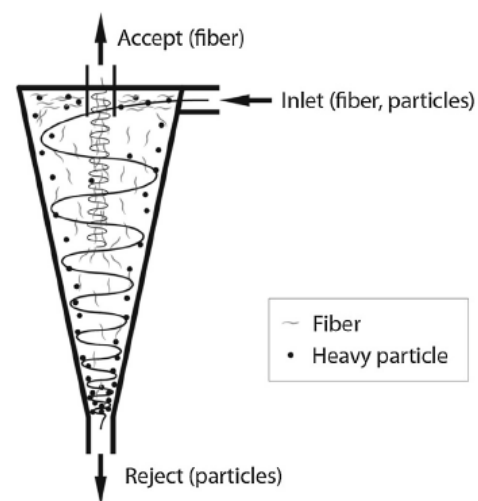
## 1. Recikliranje mehaničkim pročišćavanjem

- a) **prosijavanje pulpe kroz sita** definiranih promjera otvora, iz suspenzije vlakanaca uspješno uklanjaju veće nečistoće - nedovoljno razvlaknjeni papir, djelići plastike, stakla, špage, metalne spajalice i slično
- b) **centrifugalno pročišćavanje** - postupak kojim se iz pulpe dodatno uklanjaju onečišćenja kao što su smole, čestice gume, pijesak, polimerni materijali, ljepila
  - razdvajanje na principu različite gustoće materijala u hidrociklonima

prosijavanje pulpe



centrifugalno razdvajanje



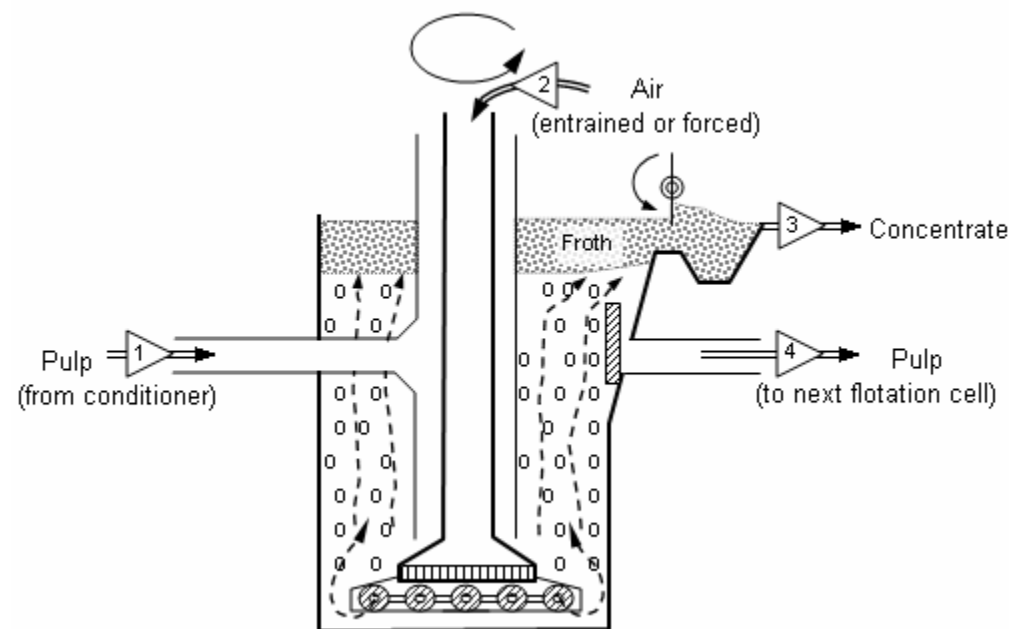
# Papir i karton

## 2. Recikliranje uz primjenu „odbojavanja“ flotacijom ili ispiranjem

- Za dobivanje bijele klase papira nakon mehaničkog pročišćavanja potrebno je ukloniti tintu

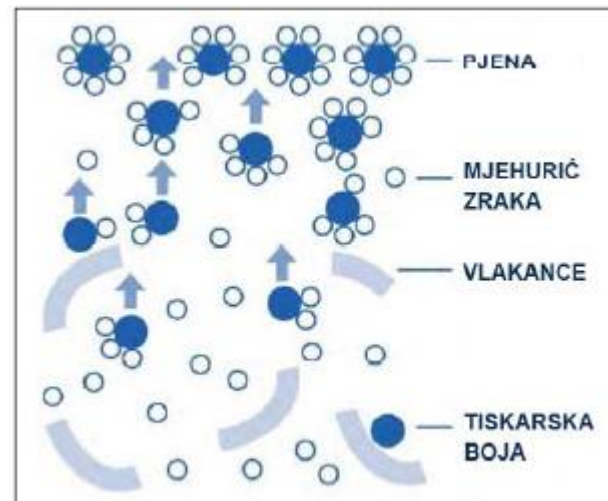
c) **Deinking flotacija** je proces selektivnog **uklanjanja čestica tiskarske boje** iz suspenzije vlakana:

- upuhivanjem zraka u suspenziju vlakana - nastaje pjena gdje se flotacijom uspješno uklanjaju hidroforne čestice tiskarskih bojila, veličine 15 - 150  $\mu\text{m}$
- čestice boje se love na mjehuriće zraka, koji ih nose prema površini
- pjena se uklanja s površine pulpe (odsisavanjem)
- taloženjem se odstrane teške tvari (punila)
- istovremeno se provodi postupak izbjeljivanja celuloze ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- na uspješnost flotacije utječu (i) **svojstva čestica** (veličina, broj, oblik, svojstva površine), (ii) **svojstva mjehurića** (veličina, broj, dispergiranost), (iii) **stupanj miješanja** (vrijeme i intenzitet flotacije), (iv) **procesni uvjeti** (vrsta papira, količina punila, pH, temperatura)



## Papir i karton

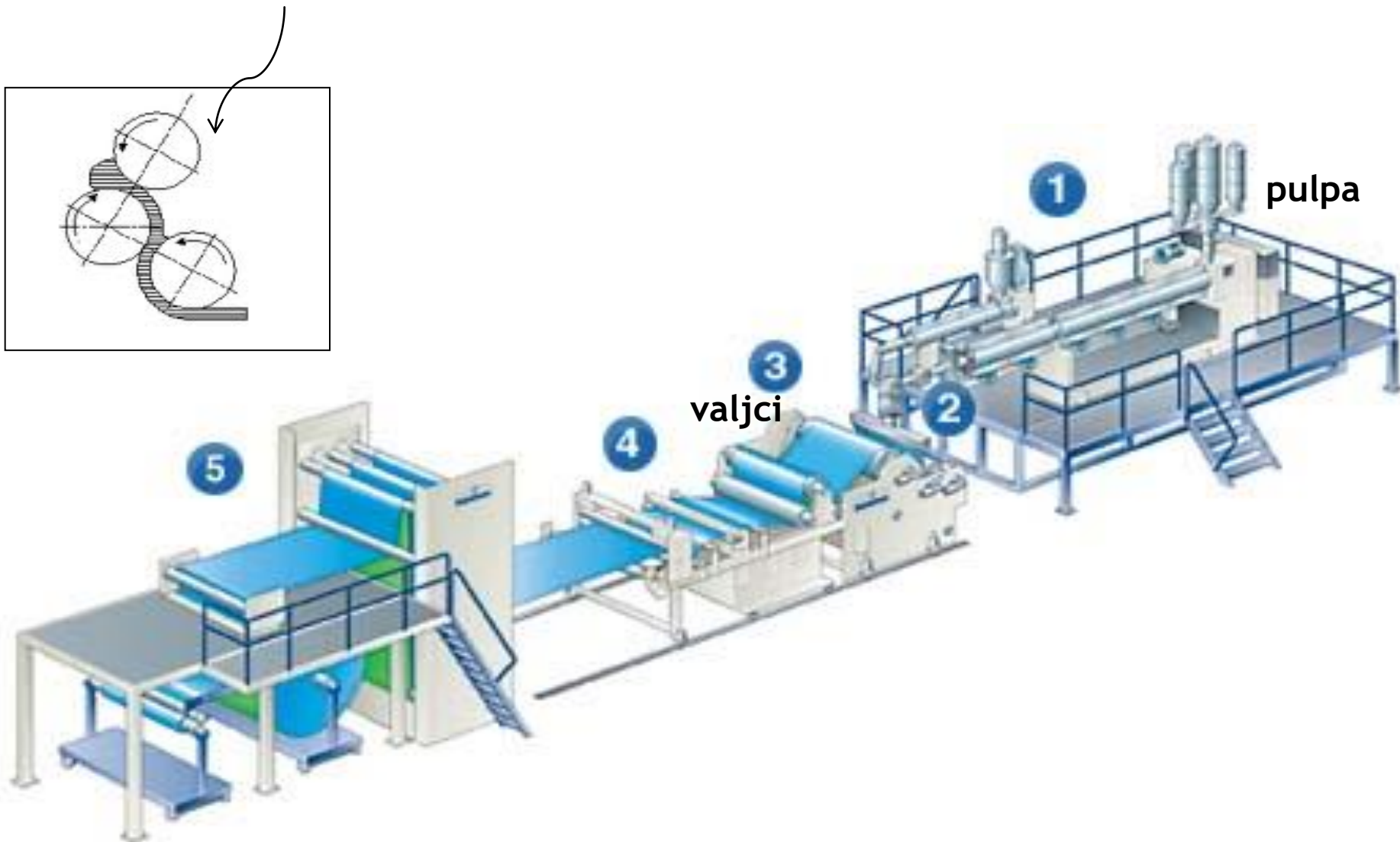
- U suspenziju se dodaju:
  - natrijev hidroksid
  - natrijev silikat
  - vodikov peroksid (izbjeljivanje)
  - kelatni agensi
- Povećanje hidrofobnosti čestica tiskarske boje, povećava se efikasnost flotacije
- Uklanjaju se čestice tinte veće od  $50\text{ }\mu\text{m}$  - granica vidljiva ljudskom oku
- Slijedi ugušćivanje mase iz koncentracije 0,6-0,7 % na koncentraciju cca. 8-10 % suhe tvari
- Na kraju postupka dobivena su **celulozna vlakna** u koja se dodaje **udio čistih celuloznih vlakana**, **priprema se pulpa** za dobivanje novog proizvoda od papira





## Papir i karton

- Pripremljena masa (pulpa) prolazi kroz veliki broj valjaka koji iz papira istiskuju vodu te formiraju neprekidnu traku **recikliranog papira**



## Papir i karton

- Recikliranjem papirnog otpada količina kućnog otpada može se smanjiti barem za 25 %, a time i kapaciteti odlagališta
- Odvojeno prikupljanje papirnog otpada temelji se na plavim spremnicima postavljenim na javnim površinama, te u reciklažnim dvorištima (HR)
- Nije moguće kvalitetno razdvojiti papirni otpad bez prethodnog odvajanja na mjestu nastanka i to u domaćinstvu, uredima, bolnicama itd.
- Procjenjuje se da se u Hrvatskoj godišnje reciklira oko 200.000 tona papira

### U spremnike je

#### Dozvoljeno odlagati:

- novine i časopise
- Prospekte
- Kataloge
- Knjige
- sve vrste bilježnica
- Karton
- papirne fascikle

#### Nedozvoljeno odlagati:

- Plastiku
- zauljen i prljav papir
- indigo papir
- Fotopapir
- faks (termo) papir
- Pelene
- tapete



## GRAĐEVINSKI OTPAD

- **Pravilnik o gospodarenju otpadom (NN 23/14)** - otpad nastao prilikom **gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina**, te otpad nastao od iskopanog materijala koji se ne može bez prethodne uporabe koristiti za građenje građevine zbog kojeg građenja je nastao
- Može se smatrati i **otpada koji nastaje tijekom proizvodnje građevinskih proizvoda ili poluproizvoda**
- Udio otpada koji nastaje od građenja je manji u odnosu na otpad koji nastaje kod rušenja, ali iskoristivost otpada i njegov potencijal za uporabu je puno veći
- Građevni otpad u najvećem dijelu (**95%**) sastoji se od **inertnog otpada** što znači da ne podliježe fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama - ne otapa se, kemijski ne reagira, nije zapaljiv, ne razgrađuje se biološki
- Neke vrste inertnog građevinskog otpada su keramika, žbuka, gips, beton, željezo, čelik, otpad od rušenja zgrada, drvo plastika, papir itd.
- **Može sadržavati opasne komponente** kao što su azbest ili asfaltno vezivo - te komponente ga svrstavaju u opasan otpad
- Azbest je vrlo opasan za ljudsko zdravlje (koristio se za toplinsku izolaciju i vatrootporne stjenke, krovove)



## Građevinski otpad

- Neočišćeno tlo i drugi materijali iz prirode, koji su iskopani tijekom građenja objekata nisu građevinski otpad ako se materijal koristi za građevinske svrhe na gradilištu na kojem je taj materijal iskopan
- Prema **vrsti nastanka** dijeli se:
  - otpad koji nastaje od **potpunog ili djelomičnog rušenja** objekta
  - otpad koji nastaje na gradilištu kao posljedica **izgradnje novih objekata**
  - otpad nastao kod **izgradnje i održavanja prometnica**
  - **tlo, kamenje i vegetacija** koje je potrebno **ukloniti zbog pripreme prostora za građenje**
- Sastoji se od različitih vrsta materijala koji ovise o vrsti građevinskog objekta, vrsti radova koji se izvode te da li se objekt gradi, ruši ili rekonstruira
- Kod visokogradnje najviše kao materijal prevladavaju beton, opeka, gips, prirodni kamen i čelik
- Tijekom iskopa građevnim otpadom se sastoji od zemlje, pijeska, šljunka, kamena i gline
- Kod niskogradnje kao građevinski otpad nastaje bitumen (asfalt), beton, pijesak, šljunak i drobljeni kamen
- Nastaje i miješani građevinski otpad koji se sastoji od drva, plastike, metala, kablova - šuta

# Građevinski otpad

- Mnogi građevinski otpadni materijali mogu se ponovo upotrijebiti ili reciklirati, čime se
  - štede prirodni izvori sirovina (šljunak, glina i vapnenac)
  - smanjuje volumen odlagališta
  - postiže ekonomska ušteda
- Gotovo 70 % građevnog otpada moguće je reciklirati i ponovno koristiti
- u Hrvatskoj taj potencijal na godišnjoj razini iznosi 1,5 milijuna tona, reciklira se i izdvoji kao sekundarna sirovina tek oko 20 %
- Kod proizvodnje građevinskog materijala mogućnost je da se primarna sirovina supstituirira s minimalno 10 do 15 posto sa zamjenskom sirovinom, odnosno s recikliranim građevinskim otpadom
- Ipak veliki dio građevinskih materijala na kraju životnog vijeka **završava na (divljim) odlagalištima** kao otpad



## Građevinski otpad

- Velike količine građevinskog otpada nastaju prilikom rušenja građevina ili pojedinih njihovih dijelova
- **Protokol gospodarenja građevinskim otpadom**
- **Prije rušenja**
  - prikupljanje informacija o materijalima koji se moraju odvojiti na gradilištu, a koji se mogu oporabiti ili reciklirati
- **Plan gospodarenja otpadom**
  - opis postupka rušenja, metode odvajanja, vrste materijala, načina skladištenja i prijevoza na odlagalište, metode obrade
- **Selektivno rušenje i odvajanje otpada**
  - razlikovanje materijala ovisno o mogućnostima njihove obrade:
    - čišćenje zbog ponovne upotrebe (zemlja)
    - recikliranje za istu namjenu (metali, papir, staklo, gips, asfalt)
    - recikliranje za drugu namjenu (agregat, drvo za proizvodnju iverice)
    - spaljivanje (drvo, plastika, papirnata ambalaža, opasni otpad)
    - odlaganje (drugi neopasni otpad koji se ne može oporabiti)

## Građevinski otpad

- Katalog otpada - građevinski otpad naveden je pod ključnim brojem 17 00 00 pod nazivom grupe **Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata**
- **Podjela podgrupa**
  - 17 01 - beton, opeka, crijep/pločice i keramika
  - 17 02 - drvo, staklo i plastika
  - 17 03 - mješavina bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
  - 17 04 - metali (uključujući i njihove legure)
  - 17 05 - zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih/kontaminiranih lokacija), kamenje i iskop od rada bagera
  - 17 06 - izolacijski materijali i građevinski materijal koji sadrži azbest
  - 17 08 - građevinski materijal na bazi gipsa
  - 17 09 - ostali građevinski otpad i otpad od rušenja

## Građevinski otpad

Postupci recikliranja građevinskog otpada nakon primarnog odvajanja odvijaju se u **pet radnih faza**:

- 1) Odvajanja sitnog otpada (kroz rešetku): zemlje, prašine i sličnog
- 2) Drobljenje u primarnoj, čeljusnoj drobilici
- 3) Odstranjivanje čeličnih komada magnetskim separatorom
- 4) Odjeljivanje frakcija na vibracijskom situ
- 5) Deponiranje frakcija i njihova ponovna upotreba (ukoliko je potrebno vrši se drobljenje manje frakcije u sekundarnoj drobilici)



# Građevinski otpad

## 1) Odvajanja sitnog otpada (kroz rešetku): zemlje, prašine i sličnog

- Rešetka sprječava ulaz prekrupnih komada sirovine u primarnu drobilicu
- Mogu biti **nepokretne** (fiksna rešetka) i **pokretne** (vibracijska rešetka)
- **Vibracijska rešetka ima veći kapacitet i efikasnost od fiksne rešetke**
- Sastoji se od okvira elastično povezanog s postoljem, u okviru su dijelovi rešetke postavljeni kaskadno ili stepenasto
- Služi za odvajanje zrna manjih od izlaznog otvora drobilice, glinovitih primjesa i zemlje



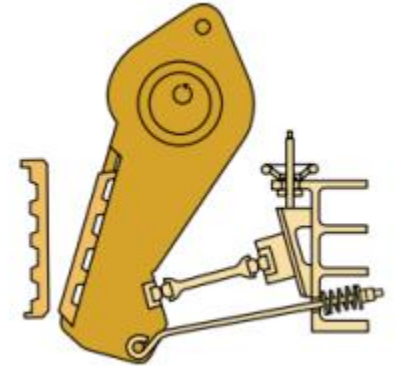
# Građevinski otpad

## 2) Drobljenje u primarnoj, čeljusnoj drobilici

- Čeljusna drobilica koristi se za primarno drobljenje te drobi materijal prvenstveno gnječenjem
- Drobe sirovinu u radnom prostoru između dvije čeljusti i bočnih strana

## 3) Odstranjivanje čeličnih komada magnetskim separatorom

- Magnetska odvajanje magnetičnih od nemagnetičnih tvari, koristi se za izdvajanje željeznih primjesa (armatura,...) iz nemetalnih sirovina



## 4) Odjeljivanje frakcija po veličini na vibracijskom situ

- Sita su samostalna postrojenja za sijanje prerađenog građevinskog otpada
- Vibracijsko sito s prosječnim površinama koje kao konačne proizvode daju klase 0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm, 16-32 mm, dok se zrna krupnija od 32 mm odlažu privremeno, a kasnije po potrebi idu na ponovno drobljenje

## 5) Deponiranje frakcija i njihova ponovna upotreba

<https://www.youtube.com/watch?v=DHn4vS2Br-8>

## Građevinski otpad

- Potencijalna upotreba građevinskog otpadnog materijala (nastao gradnjom ili rušenjem)

| Materijal           | Potencijalna primjena                                                                                                                                                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drvo                | <ul style="list-style-type: none"><li>- ponovna upotreba</li><li>- usitnjen za gorivo, malčiranje, proizvodnja različitih dijelova kod gradnje zgrada, prostirka za životinje, kompost</li></ul> |
| Cigle               | <ul style="list-style-type: none"><li>- ponovna upotreba</li><li>- usitnjena za agregat</li></ul>                                                                                                |
| Asfalt              | <ul style="list-style-type: none"><li>- ugrađivanje u novi asfalt za ceste/pločnike</li></ul>                                                                                                    |
| Beton               | <ul style="list-style-type: none"><li>- usitnjen za temeljni materijal za gradnju cesta, temelja ili za neke druge primjene s asfaltom ili betonom</li></ul>                                     |
| Gipsane zidne ploče | <ul style="list-style-type: none"><li>- ponovna upotreba za proizvodnju gipsanih ploča</li></ul>                                                                                                 |
| Krovišta (šindra)   | <ul style="list-style-type: none"><li>- recikliranje u asfaltne pločnike</li></ul>                                                                                                               |
| Metal               | <ul style="list-style-type: none"><li>- recikliranje metalnog otpada</li></ul>                                                                                                                   |
| Plastika            | <ul style="list-style-type: none"><li>- recikliranje plastike za cestovne rubnike, ograde na autocestama</li></ul>                                                                               |

# Građevinski otpad

- **Azbestni otpad**
- Pravilnik o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest (NN 42/07)
- Otpadni sirovi azbest i svaka tvar ili predmet koji sadrži azbest i azbestna vlakna, azbestna prašina nastala emisijom azbesta u zrak kod obrade materijala i proizvoda koji sadrže azbest
- Azbest je prirodni silikatni vlaknasti materijal
- Izvrsni toplinski i električni izolator, vatro-otporan - imao je široku primjenu, posebice u građevini



Kuća od azbestnog cementa, UK



Azbestni krov („Salonit” ploče)



Azbestna rukavica



# Građevinski otpad

- **Azbestni otpad**

- Vrste azbesta koji se koristi u građevini:
  - Bijeli azbest (krizolit), najšira upotreba, suhi zidovi, plaster, vatrozaštita itd.
  - Smeđi (amozit), nalazi se u cementnim pločama, proizvodima za toplinsku izolaciju
  - Plavi azbest (krokidolit), nalazi se u azbestno-cementnim proizvodima, izolacijama za parne strojeve i cijevi, u premazima u spreju
- Azbest se koristio i za mnoge druge upotrebe: filteri za gas-maske, odjeća za vatrogasce, kočione obloge na automobilima, filteri za uklanjanje čestica iz tekućina (filtriranje vode, vina), umjetni snijeg itd.
- Toksičnost i karcinogenost otkrivena 1970.-ih (znalo se od 1930.-ih ali se dugo skrivalo)
- Azbest zbog svoje vlaknaste strukture uzrokuje azbestozu (upala i nastanak ožiljaka na plućima) koja može voditi razvoju karcinoma
- Zabranjen širom svijeta, dozvoljen u malom broju država (Bjelorusija, Rusija, Indija, Pakistan, Kina, Kuba, S. Koreja,...)
- Može ga se i dalje naći u starim građevinama



# Građevinski otpad

- **Azbestni otpad**

- Prema Pravilniku o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest dijeli se:
- **Čvrsto vezani azbestni otpad** - azbestni otpad specifične mase veće od  $1000 \text{ kg/m}^3$ 
  - građevinski otpad koji sadrži **azbest i pretežito anorganske tvari**
    - ravne ili valovite ploče velikog formata, fasadne i krovne ploče malog formata, azbestno-cementna galanterija, cijevi za visokogradnju i niskogradnju
  - građevinski otpad koji sadrži **pretežito organske tvari** nastao postupcima prerade azbesta
    - podne obloge koje sadrže azbest, spojni kitovi, brtvene mase, punila i zalivene mase, plastične mase i lijepila, boje
- **Slabo vezani azbestni otpad** - azbestni otpad specifične mase manje od  $1000 \text{ kg/m}^3$ 
  - lake ploče koje sadrže azbest, tekstilni i filtarski materijali koji sadrže azbest, izolacijski materijali koji sadrže azbest (kao što su trake i odjeća za zaštitu od visokih temperatura, vatro otporne ploče, čestice prašine iz filtra, lake građevinske ploče)

# Građevinski otpad

- **Azbestni otpad**

- Prije prijevoza otpada koji sadrži azbest taj otpad se mora obraditi **površinskim očvršćivanjem** ili **postupkom otvrdnjavanja**
- **Površinsko očvršćivanje** - postupak **vezanja azbestnih vlakana na površini materijala slojem veziva** koje učinkovito sprječava oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš slabo vezanog azbestnog otpada
- **Postupak otvrdnjavanja azbesta** - postupak u kojem se azbestna prašina, otpadni sirovi azbest ili slabo vezani **azbestni otpad homogeno miješaju s cementom** i s njim vežu tako spriječi oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš
- Slabo vezani azbestni otpad mora se nepropusno pakirati u ambalažu od PE folije debljine najmanje 0,4 mm kako je propisano Pravilnikom o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest (NN 42/07)
- Ovlašteni skupljač trebao bi osigurati da se azbestni otpad do odlagališta prevozi u nepropusnim kontejnerima kako ne bi došlo do oslobađanja azbesta
- Spremnici i ambalaža koja sadrži azbestni otpad moraju biti vidljivo označeni



## Građevinski otpad

- **Azbestni otpad**
- **Otpad koji sadrži azbest se odlaže na kazete** - posebno pripremljene plohe na odlagalištima
- Takva odlagališta trebalo bi urediti i voditi prema zakonskim propisima s ciljem smanjivanja njegovog štetnog djelovanja na ljudsko zdravlje i okoliš
- Otpad se može odlagati samo u posebnim odlagališnim poljima **odvojeno od ostalog otpada na odlagalištu**
- Kazete s odloženim azbestnim otpadom morale bi se **dnevno prekrivati** tako da se spriječi oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš
- Kazete se nakon popunjavanja predviđenih kapaciteta, zatvaraju i saniranju te se ne mogu koristiti za bilo koju drugu prostornu namjenu
- **Postupak uništavanja azbestnih vlakana** - postupak toplinske ili kemijske obrade azbestnog otpada uslijed koje iz azbesta nastaju drugi spojevi ili minerali ili azbest izgubi svoju vlaknastu strukturu
- Spaljivanjem na 1000-1250 °C nastaje mješavina neopasnih silikantih spojeva, iznad 1250 °C nastaje silikatno staklo
- Kemijska obrada oksalnom kiselinom uz ultrazvuk potpuno razara azbestna vlakna