

# Minerali glina i njihova primjena s naglaskom na opekarskoj industriji

---

**Gelo, Valentino**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:458347>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI STUDIJ RUDARSTVA

**MINERALI GLINA I NJIHOVA PRIMJENA S NAGLASKOM NA  
OPEKARSKOJ INDUSTRIJI**

Završni rad

Valentino Gelo

R-4187

Zagreb, 2020.



KLASA: 602-04/20-01/94  
URBROJ: 251-70-03-20-2  
U Zagrebu, 16.09.2020.

**Valentino Gelo, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/12001/94, UR.BR. 251-70-12-20-2 od 28.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

### MINERALI GLINA I NJIHOVA PRIMJENA S NAGLASKOM NA OPEKARSKOJ INDUSTRIJI

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Stanko Ružičić, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**Voditelj**

(potpis)

Izv.prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite**

(potpis)

Doc. dr. sc. Dubravko Domitrović

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i studente**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

## **Minerali glina i njihova primjena s naglaskom na opekarskoj industriji**

Valentino Gelo

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### **Sažetak**

U ovom završnom radu su obrađene teorijske osnove o mineralima glina poput postanka i fizikalno kemijskih karakteristika, te su opisana određena svojstva koja se ispituju (plastičnost, ponašanje pri sušenju i pečenju, upijanje i zadržavanje vode). Detaljno je pregledana svjetska i domaća literatura vezana za upotrebu glina i procese proizvodnje opeke, koji se odvija u pet faza. U radu su navedena i opisana velika ležišta gline u svijetu, kao i ona u Republici Hrvatskoj, a također je i obrađen utjecaj proizvodnje opeke na okoliš. Minerali glina kao industrijski minerali imaju zaista široku primjenu. Svakako treba istaknuti njihovu primjenu u proizvodnji opeke koja je neizostavna u građevinarstvu. Osim navedenog, minerali glina su jedni od glavnih sastojaka mnogih odlagališta otpada kao adsorbenti različitih toksičnih spojeva. Uz sve navedeno, može se zaključiti da su minerali glina izuzetno korisna sirovina koja će i u budućnosti biti jako potraživana.

*Ključne riječi:* glina, svojstva, ležišta, proizvodnja opeke, utjecaj proizvodnje opeke na okoliš

*Završni rad sadrži:* 23 stranice, 14 slika, 19 referenci

*Jezik izvornika:* Hrvatski

*Završni rad pohranjen:* Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

*Mentor:* 1. Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

*Ocjenjivači:* 1. Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić  
2. Doc. dr. sc. Dubravko Domitrović  
3. Prof. dr. sc. Marta Mileusnić

Datum obrane: 23.09.2020.

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....                                       | 1  |
| 2. TEORIJSKE OSNOVE O GLINAMA .....                | 2  |
| 2.1. Postanak određenih minerala glina .....       | 2  |
| 2.2. Osnovni minerali glina.....                   | 2  |
| 2.2.1. Tipovi struktura minerala glina .....       | 2  |
| 2.2.2. Kaolinski minerali .....                    | 4  |
| 2.3. Fizikalno-kemijske karakteristike glina.....  | 5  |
| 2.3.1. Plastičnost glina .....                     | 6  |
| 2.3.2. Ponašanje gline pri sušenju i pečenju ..... | 7  |
| 2.3.3. Sposobnost upijanja i zadržavanja vode..... | 8  |
| 3. LEŽIŠTA GLINA .....                             | 9  |
| 3.1. Ležišta glina u svijetu .....                 | 9  |
| 3.2. Ležišta glina u Hrvatskoj .....               | 12 |
| 3.2.1. Ležišta ciglarskih glina.....               | 12 |
| 3.2.2. Ležišta bentonitnih glina .....             | 14 |
| 3.2.3. Ležišta keramičke gline .....               | 14 |
| 4. UPOTREBA GLINA.....                             | 15 |
| 5. PROCES PROIZVODNJE OPEKE .....                  | 17 |
| 6. UTJECAJ PROIZVODNJE OPEKE NA OKOLIŠ .....       | 20 |
| 7. ZAKLJUČAK.....                                  | 22 |
| 8. LITERATURA .....                                | 23 |

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.</b> Fragmenti strukture filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.) .....                            | 3  |
| <b>Slika 2.</b> Sloj 2:1 i sloj 1:1 u strukturama filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.) .....              | 3  |
| <b>Slika 3.</b> Slijed slojeva u strukturi filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.).....                      | 4  |
| <b>Slika 4.</b> Primjer kaolinita iz Twiggs County, Georgia, SAD (James, 2017.) .....                          | 5  |
| <b>Slika 5.</b> Shematski prikaz plastičnog gela nastalog hidratacijom glina (Težak, 2011.).....               | 6  |
| <b>Slika 6.</b> Skupljanje glinenog materijala pri sušenju (Težak, 2011.) .....                                | 7  |
| <b>Slika 7.</b> Ležište kaolina Cornwall, Engleska (Historic England Archive, 1974.) .....                     | 9  |
| <b>Slika 8.</b> Ležište kaolina Ploemeur, Bretagna, Francuska (François Destoc, 2006) .....                    | 10 |
| <b>Slika 9.</b> Ležišta kaolina Karlovy Vary, Češka (Schlitzova, 2019.).....                                   | 11 |
| <b>Slika 10.</b> Ležište bentonita na Milosu, Grčka (Pfeiffer, 2011.) .....                                    | 12 |
| <b>Slika 11.</b> Otvoreni kop ležišta gline „Rečica“ (Major, 2013.).....                                       | 13 |
| <b>Slika 12.</b> Eksploatacije gline za proizvodnju građevinske opeke Berdsk, Rusija (Stock, 2016.).....       | 17 |
| <b>Slika 13.</b> Shema dobivanja građevinske opeke (Kovačević, 2015.) .....                                    | 19 |
| <b>Slika 14.</b> Ulazne i izlazne komponente prilikom proizvodnje 1 tone opeke (Koroneos i Dompros, 2017)..... | 20 |

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH JEDINICA

### *Kemijski simboli i spojevi*

Fe- željezo

Al- aluminij

SiO<sub>4</sub>- silikati

SiO<sub>2</sub>- silicijev dioksid

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- aluminijev oksid

H<sub>2</sub>O- voda

CaCO<sub>3</sub>- kalcijev karbonat

CaO- kalcijev oksid

Ca- kalcij

Mg- magnezij

CO<sub>2</sub>- ugljikov dioksid

CO- ugljikov monoksid

SO<sub>2</sub>- sumporov dioksid

NO<sub>2</sub>- dušikov oksid

### *SI jedinice*

km- mjerna jedinica za dužinu

m- mjerna jedinica za dužinu

ha- mjerna jedinica za površinu

t- mjerna jedinica za masu

°C- mjerna jedinica za temperaturu

## 1. UVOD

Glina je nemetalna mineralna sirovina koja se pretežno sastoji od čestica manjih od 4 mikrometra te je sastavljena od kombinacije jednog ili više minerala glina (npr. kaolinit, montmorilonit, illit) s tragovima metalnih oksida i organskih tvari. Prvenstveno, to su hidratizirani silikati aluminijski, odnosno oni minerali glina koji osiguravaju viskozno-plastične osobine materijala. Najčešće su u mineralima glina zastupljeni i drugi elementi sa malim postotkom u ukupnom sadržaju kao npr. željezo, magnezij i zemnoalkalni i alkalni metali (litij, natrij, kalij, cezij, berilij, kalcij, magnezij, radij, barij). Glina je korištena od samih početaka ljudske civilizacije. Najprije se koristila kao vezivo, i materijal za izradu posuđa. Gline se generalno mogu podijeliti na industrijske i građevinarske gline. Najvažnije industrijske gline su: kaolin, bentonit i paligorskit-sepiolit, a karakteristike i specifičnosti pojedinih industrijskih glina prvenstveno su posljedica mineralnog sastava njihove glinovite frakcije. Danas, u moderno vrijeme, gline se koriste ponajviše u građevinarskoj industriji, čija su najvažnija mineralna sirovina za proizvodnju opeke, crijepova i glinenih cijevi. Tisućama godina opeke su se radile od svih materijala koji su imali svojstvo da nakon pečenja zadržavaju oblik i čvrstinu. Građevinarske gline sastoje se od: minerala glina, ostalih silikatnih i nesilikatnih minerala (Fe-oksidi, Al-oksidi, sulfidi, sulfati, karbonati, feldspati, rezidualni minerali), fragmenata stijena i organskih tvari. U ovom završnom radu obradit će se minerali glina, teorijske osnove, različiti primjeri upotrebe glina, te procesi proizvodnje opeke i ostalih glinenih proizvoda kao i utjecaj te proizvodnja opeke na okoliš. Također će se navesti i opisati velika svjetska ležišta glina, kao i ona u Hrvatskoj.



## **2. TEORIJSKE OSNOVE O GLINAMA**

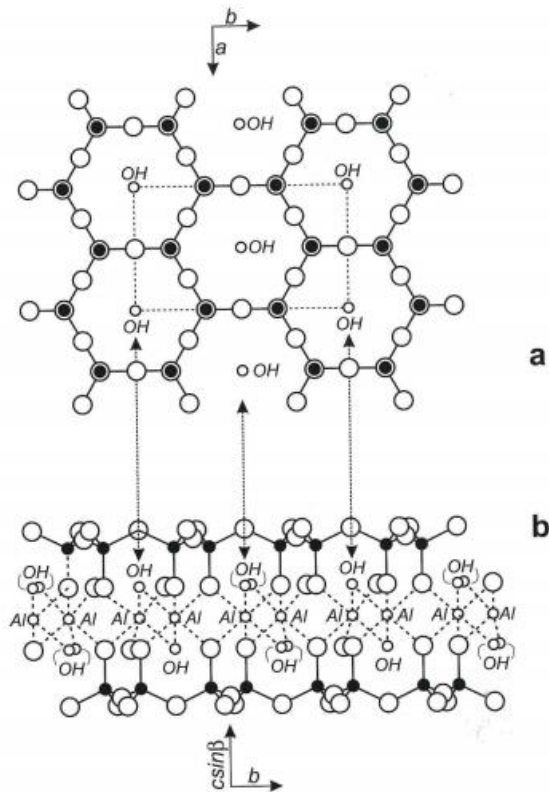
### **2.1. Postanak određenih minerala glina**

Glina nastaje raspadanjem različitih stijena pod djelovanjem atmosferilija i drugih utjecaja (mehaničko, kemijsko i organsko raspadanje). Prema nastanku gline mogu biti primarne i sekundarne. Primarne gline se nalaze na mjestu postanka ili sa malim pomakom od njihova ležišta te u ovoj skupini prevladavaju kaolinit koji nastaju raspadanjem granita i riolita. Stvaranje kaolinita nastaje iz K-feldspata u slabo kiselim uvjetima Si koji je jače topiv od Al. Uslijed brze drenaže koja rezultira brzim odnošenjem K i ulaskom novih količina H iona nastaje kaolinit (Slovenec, 2011). Sekundarne gline nastaju transportom od mjesta nastanaka što uzrokuje intenzivnije fizičko trošenje i usitnjavanje, pri čemu je dominantan transport vodom. Illit nastaje trošenjem K-feldspata prilikom čega uslijed slabije drenaže K nije odnesen te se uz njegovu prisutnost radije stvara illit (Slovenec, 2011). Stvaranje smektita nastaje u nižim horizontima zone trošenja gdje je zbog slabe drenaže koncentracija izlučenih kationa veća pa je sredina slabo lužnata te iz feldspata nastaje smektit (Slovenec, 2011).

### **2.2. Osnovni minerali glina**

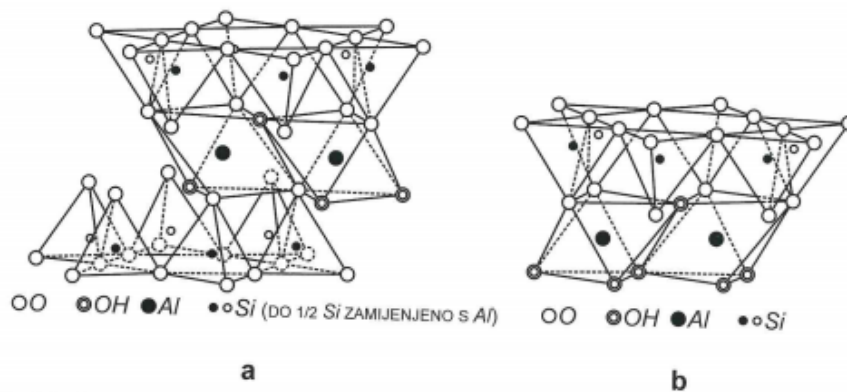
#### **2.2.1. Tipovi struktura minerala glina**

S obzirom da spadaju u skupinu filosilikata, tj. tetraedri  $\text{SiO}_4$  međusobno su im povezani preko tri zajednička vrha u beskonačnu mrežu koja je u većini slučajeva heksagonskog tipa, odnosno sastavljena je od heksagonskih prstenova. Tetraedrijske mreže imaju neaktivnu stranu uz baze tetraedara i aktivnu stranu uz vrhove tetraedara. Dvije mreže okrenute jedna prema drugoj svojim aktivnim stranama mogu se vezati preko kationa okruženim oktaedrijski s 4 atoma kisika i 2 dodatna iona  $\text{OH}^-$  u tromrežni sloj, sloj 2:1 koji je sastavljen od dviju tetraedrijskih i jedne oktaedrijske mreže što je prikazano na slikama 1. i 2. (Slovenec i Bermanec, 2006.). Osnovne strukturne grupacije su tetraedarske i oktaedarske grupe kisikovih atoma i  $\text{OH}^-$  iona, međusobno raspoređene oko malih kationa Si i Al. Spajanjem tih tetraedarskih grupa nastaju tetraedarski ili T-slojevi, a spajanjem oktaedarskih grupa nastaju oktaedarski ili O-slojevi. Novonastali slojevi su dvije strukturne jedinice koje ulaze u sastav kristalne rešetke svakog slojevitog silikata, odnosno minerala glina.



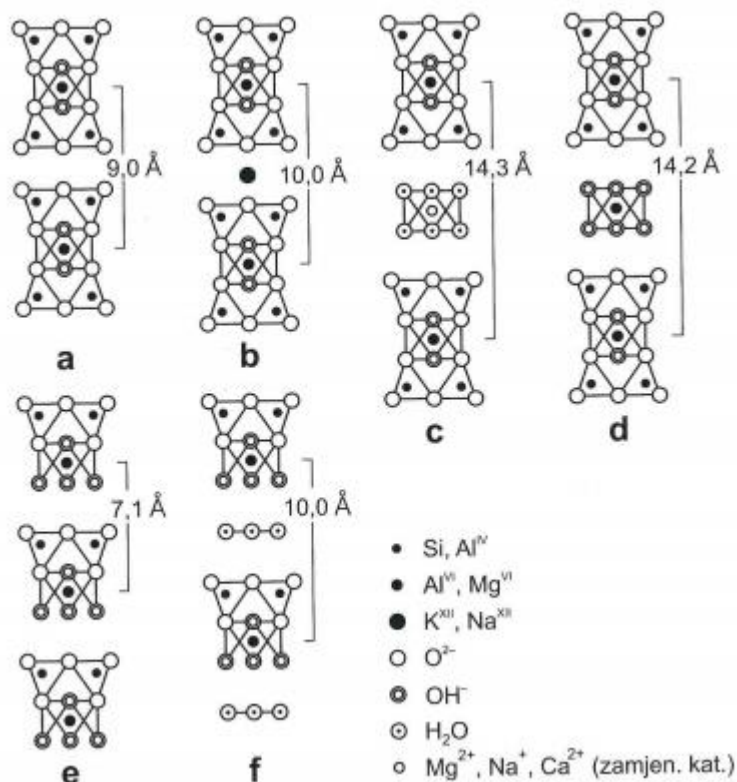
**Slika 1.** Fragmenti strukture filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.)

Na slici 1. je prikazana a) pravilna heksagonska mreža tetraedara  $\text{SiO}_4$  s ionima  $\text{OH}^-$  u ravnini vrhova tetraedara u centru svakog heksagonskog prstena; te b) bočni prikaz dviju tetraedrijskih mreža okrenutih jedna prema drugoj aktivnim ionima.



**Slika 2.** Sloj 2:1 i sloj 1:1 u strukturama filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.)

Nadalje, slijed slojeva u strukturama filosilikata je prikazan na slici 3.



**Slika 3.** Slijed slojeva u strukturi filosilikata (Slovenec i Bermanec, 2006.)

U pirofilitu i talku slojevi 2:1 slažu se u strukturu paralelno, jedan na drugi te između slojeva postoje samo slabe van der Waalsove sile (Slika 3a). Kod pravih tinjaca negativni naboj sloja kompenzira veliki kation  $R^+$  koji se nalazi između dva sloja u šupljini u koordinaciji 12 atoma kisika (Slika 3b). U smektitima je naboj od 0,2 do 0,6, a u vermikulitima od 0,6 do 0,9 (Slika 3c). U strukturama klorita između dvaju slojeva 2:1 nalazi se jedna međuslojna mreža (Slika 3d). Strukture kaolinita i serpentina su izgrađene od slojeva 1:1 (Slika 3e), a u strukturi hidratiziranog haloazita između dvaju slojeva 1:1 nalaze se molekule vode (Slika 3f) (Slovenec i Bermanec, 2006.).

### 2.2.2. Kaolinski minerali

Riječ kaolin je izvedena iz kineske riječi „Kauling“, što u prijevodu znači „Visoki hrbat“. Naime, bijela glina kao sirovina za keramiku eksploatirana je od XI. stoljeća kod Kaulinga kraj Jauchau Fua u Kini. Danas riječ kaolin ima više značenja, uključujući petrografski izraz, industrijsku mineralnu sirovinu i najbitnije, podgrupu minerala glina. U podgrupu spadaju sljedeći minerali: kaolinit (Slika 4.), dickit, nakrit i haloazit. Za razliku od prva tri navedena

minerala, haloaziti su hidratizirani. Usporedno s ostalim filosilikatima, kemijski sastav kaolinita, dickita i nakrita odstupa tek neznatno od idealne formule prema kojoj oni sadrže (maseni %): 46,54 SiO<sub>2</sub>, 39,50 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, i 13,96 H<sub>2</sub>O (Slovenec i Bermanec, 2006.).



**Slika 4.** Primjer kaolinita iz Twiggs County, Georgia, SAD (James, 2017.)

Između razmatranih minerala, najrasprostranjeniji je kaolinit, a nakrit se tek rijetko nalazi. Listići kaolinita su vrlo sitni (najčešće manji od 2  $\mu\text{m}$ ) i tek se ponekad mogu pronaći kristali kaolinita vidljivi optičkim mikroskopom. Međutim, njihov listićasti, ponekad pločasti pseudoheksagonski habitus se može uočiti pomoću elektronskog mikroskopa. Listići dickita i nakrita nešto su krupniji i obično se mogu uočiti optičkim mikroskopom. Agregati kaolinskih minerala predstavljaju gustu zemljanu masu, odnosno glinu. Guste mase čistog kaolinita su bijele boje, te usred vlaženja pokazuju svojstvo plastičnosti, a suhi se agregati lijepe za jezik. Haloaziti se pojavljuju u različitim oblicima, uključujući cijevi i sfere, koji su vidljivi pomoću elektronskog mikroskopa ili čak mikroskopski (Slovenec i Bermanec, 2006).

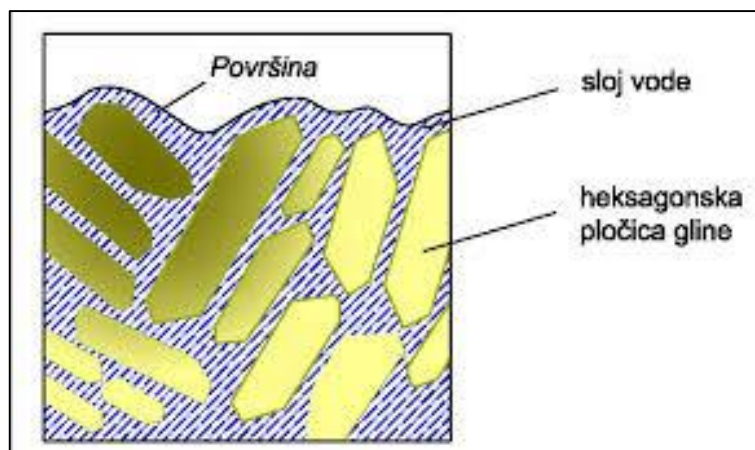
### **2.3. Fizikalno-kemijske karakteristike glina**

Gline zbog svoje strukturne građe pokazuju posebna fizikalno-kemijska svojstva. Čestice su jako sitne, te zbog svoje strukturne građe glina pokazuje određena svojstva, koja omogućavaju njenu osnovnu primjenu. Osnovne fizikalno-kemijske karakteristike glina su: bubrenje, upijanje i zadržavanje vode, niska hidraulična propusnost i s njom usko povezana

plastičnost, adsorpcija drugih iona i mogućnost izmjene vlastitih iona iz disperznog sredstva. Da bi došlo do uspješne primjene glina, ispituju se sljedeća svojstva: plastičnost, ponašanje pri sušenju i pečenju, upijanje i zadržavanje vode (Težak, 2011.).

### 2.3.1. Plastičnost glina

Ovaj pregled fizikalno-kemijskih karakteristika glina preuzet je iz Težak (2011.). Plastičnost glina je svojstvo gline da se pomiješana s vodom pod određenim uvjetima (tlak, temperatura) može oblikovati pri čemu se novostečeni oblik trajno dalje zadržava. Kako površina glina upija vodu, tj. hidrofilna je, pojedini agregati čestica kad se pomiješaju s vodom stvaraju oko sebe vodeni plašt, te taj plašt olakšava međusobno klizanje. Ostale primjese koje glina u sebi sadržava, potpomažu ili odmažu u njenom svojstvu plastičnosti. Tako npr. bilo koja kristalizirana tvar koja ne pokazuje hidrofilna svojstva kada se doda glini smanjuje njezinu plastičnost. Također je tako i s dodatkom alkalija (NaOH, KOH), gdje se dodatkom male količine povećava električni naboj i međusobno odbijanje čestica, što za posljedicu ima raspadanje agregata. Rezultat toga procesa je da glina postaje žitka, i može se lijevati u kalupe. Plastični gel koji nastaje sastoji se od čestica raznih veličina povezanih u heksagonske pločice okružene slojem vode (Slika 5.).



**Slika 5.** Shematski prikaz plastičnog gela nastalog hidratacijom glina (Težak, 2011.)

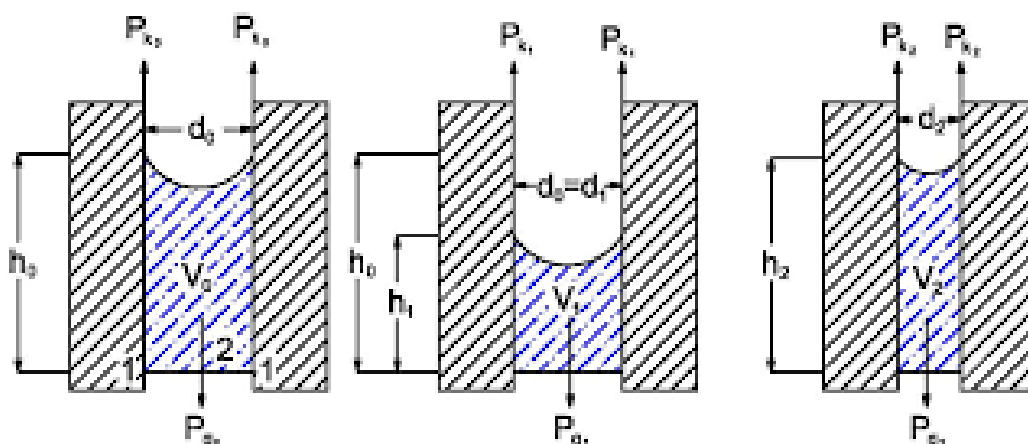
Plastičnost kao svojstvo se ponajviše koristi u keramici, kada se želi dobiti određeni složeni oblik keramičkih materijala. Kada je u sustavu glina-voda, razlikuju se četiri kategorije prisutne vode: adsorbirana voda, voda u kristalnoj rešetki u međuslojnom prostoru, voda u porama i kontinuirani filmovi vode oko čestica nastali od viška vode koja je bila potrebna za popunjavanje pora. Gline koje su izrazito plastične nazivaju se „masne“ gline, dok gline slabe plastičnosti „mršave“ ili „posne“ gline (Težak, 2011.).

### 2.3.2. Ponašanje gline pri sušenju i pečenju

Sušenje je proces kod kojega dolazi do prijenosa ili transporta vode iz unutrašnjosti materijala na površinu predmeta preko kapilarnog sustava, gdje voda dalje isparava. Za provedbu ovog procesa odgovorni su: brzina difuzije i isparavanja. U procesu sušenja glinenih materijala također dolazi i do pojave skupljanja (Slika 6.), pri čemu skupljanje na zraku može iznositi od 2-10%. Veće skupljanje je izraženije kod gline koje imaju veću sposobnost plastičnosti, i veće finoće čestica. Skupljanje ovisi o:

- svojstvima i strukturi glinene mase;
- količini vode koja ispari sušenjem;
- dimenzijama i obliku elementa koji se suši;
- brzini sušenja;
- načinu sušenja.

Sušenje glinenog materijala dovodi i do deformiranja strukturne građe. Kod pečenja gline kemijski se gubi sva voda te se nastavlja proces skupljanja, što za posljedicu ima smanjenje volumena keramičkih predmeta. Masne i posne gline se različito ponašaju pri procesu sušenja na zraku ili pečenja u peći. Masne gline se jako skupljaju prilikom sušenja, dok pri procesu pečenja imaju manji intenzitet gubljenja volumena. Posne gline imaju suprotan efekt, odnosno pri sušenju se manje skupljaju, dok se kod pečenja njihovo skupljanje intenzivno povećava (Težak, 2011.).



Slika 6. Skupljanje glinenog materijala pri sušenju (Težak, 2011.)

Proces pečenja prolazi kroz više faza, koje idu jedna za drugom. U prvoj fazi, gdje je interval temperature od 120-200°C, glina gubi preostalu vodu koju nije izgubila prethodnim sušenjem. Posljedica je skupljanje glinenog materijala i daljnje povećanje početne gustoće glinene mase. U drugoj fazi, zagrijavanjem od 500-800°C termički se razlažu minerali glina. Dolazi do uklanjanja konstitucijski vezane vode i do stvaranja novih spojeva koji u trećoj fazi daju konačni proizvod. Treća faza, temperaturnog intervala od 900-1250°C, je faza stvaranja silikata, gdje se glinena masa transformira u mulit uz izdvajanje tekuće faze različitih silikata. Završna, četvrta faza, je faza hlađenja, koja se odvija na temperaturi od otprilike 1250°C pa traje sve dok se pečeni materijal ne ohladi do temperature okoline. Gotovi pečeni proizvod dobiva konačna svojstva te se hlađenje izvodi uz polagani pad temperature da ne dođe do pucanja materijala (Težak, 2011.).

### **2.3.3. Sposobnost upijanja i zadržavanja vode**

Higroskopnost ili svojstvo upijanja vode je sposobnost gline da upija i zadržava vodu, a ovisi o specifičnoj površini glinenih čestica, te je usko povezana sa plastičnošću. Što su čestice sitnije i finije njihova specifična površina je veća, i veća je sposobnost upijanja vode, te je samim time i glina plastičnija (Težak, 2011.). Pojam upijanja vode prati ujedno i pojam konzistencije gline koja daje glineno tijesto najveće plastičnosti i jačine na kidanje. Pojam normalne konzistencije glinenog tijesta podrazumijeva konzistenciju pri kojoj glina sadrži maksimalni iznos vode, a da se njena masa ne lijepi za prste. Prema hidrofilnosti, odnosno sposobnosti upijanja vode, gline se mogu podijeliti na: vrlo plastične, plastične i slabo plastične gline (Težak, 2011.).

### 3. LEŽIŠTA GLINA

#### 3.1. Ležišta glina u svijetu

Tri svjetska područja ili regije dominiraju s ležištima glina u svijetu: sekundarna ležišta na području Georgije te Sjeverne i Južne Karoline u SAD-u, primarna ležišta na području Cornwalla na Jugozapadu Engleske, te u donjim pritocima Amazone u Brazilu. Kaolini ovih ležišta su visoke kvalitete, male viskoznosti, bijele boje i jakog sjaja, što znači da se mogu koristiti u industriji papira gdje kaolin i ostvaruje svoju najširu primjenu. Ostala ležišta kaolina, koja su svjetski priznata i poznata su smještena u Australiji, Argentini, Češkoj, Kini, Francuskoj, Njemačkoj, Indoneziji, Iranu, Kanadi, Meksiku, Južnoj Koreji, Španjolskoj, Turskoj i Ukrajini. Preko 400 000 000 t kaolina je proizvedeno iz ležišta u Georgiji u SAD-u. U sljedećih nekoliko godina proizvodnja kaolina u Georgiji će se smanjiti zbog potrošnje rezervi. Ista sudbina čeka i Cornwall (Slika 7.), čiji je godišnji kapacitet proizvodnje primarnog kaolina 3 000 000 t, a sekundarnog 800 000 t (Murray, 2002.).



Slika 7. Ležište kaolina Cornwall, Engleska (Historic England Archive, 1974.)



Smatra se da je kaolinit u ležištu Cornwall nastao kroz dvije faze. U prvoj fazi hidrotermalni procesi su doveli do grajzenizacije i sericitizacije (proces sericitizacije najizraženiji su na kontaktu hidrotermalnih žica s granitom) te su razmekšali stijenu. U drugoj fazi kaolinit je nastao procesima površinskog trošenja u tropskoj klimi koja je prevladavala u donjem dijelu tercijara, na što upućuje izotopni sastav kisika. Osim navedenog ležišta, u Brazilu (ležište Morro de Felipe) ima nekoliko stotina milijuna tona kaolina visoke kvalitete, koji bi trebali postati vodeći svjetski proizvođač kaolina u ovome stoljeću (Murray, 2002.). U Americi 85% kaolina se eksploatira iz sekundarnih ležišta na obalnoj ravnici u podnožju Riedmont Platoa, koji se proteže na dužini od 280 km u Georgiji i Sjevernoj Karolini. Velika ležišta kaolina u Francuskoj regiji Bretagna (Slika 8.) slična su Cornwallskim ležištima, nastala kaolinizacijom dvotinčastog granita i Q-biotitnog diorita i granita.



**Slika 8.** Ležište kaolina Ploemeur, Bretagna, Francuska (François Destoc, 2006)

Na području Češke i Slovačke ima više od 50 ležišta. Najveća su im ležišta u Karlovym Varyma (Slika 9.) nastala kaolinizacijom granita, i u području Plzena i Podboranya, nastala kaolinizacijom karbonatnih arkoza. U Španjolskoj se nalazi nekoliko stotina ležišta i 64 tvornice za preradu kaolinita.



**Slika 9.** Ležišta kaolina Karlovy Vary, Češka (Schlitzova, 2019.)

Osim kaolinitskih ležišta, bentonitna ležišta gline su jako zastupljena u svijetu. Poznato je da ležišta bentonitnih glina nastaju hidrotermalnom alteracijom (Targowice, Poljska) i halmirolizom (Alcova, Wyoming, SAD). Neki od primjera primarnih bentonitnih ležišta su u Milosu (Grčka) (Slika 10.), Sardiniji (Italija), Z.Honshu (Japan) i Donjoj Šleziji (Poljska). Bentonitna ležišta nastala procesom halmirolize, tj. sekundarna ležišta nalaze se na područjima SAD-a, Velike Britanije, Kanade, Češke, Slovačke, Australije, Egipta i Pakistana. Ležišta bentonita u Wyomingu (SAD) su bentoniti nastali kao produkt alteracije riolitskog vulkanskog pepela koji je eruptiran s područja Rocky Mountains i taložen u tadašnjem moru. Industrija bentonita u Wyomingu proizvede više od 3 miliona t bentonita u godini. U Engleskoj se nalaze velika ležišta bentonita u jurskim i krednim naslagama koja kao dominantnu mineralnu fazu sadrže Ca-montmorilonit. Izvori pepela (andezitski tuf) za jurske bentonite bili su vulkani smješteni na području Sjevernog mora i zapadne Irske, a za kredne bentonite vulkani smješteni na području Nizozemske. Što se tiče vlaknastih glina, sepiolita i paligorskita, najveći svjetski proizvođači su SAD i Španjolska.



Slika 10. Ležište bentonita na Milosu, Grčka (Pfeiffer, 2011.)

### 3.2. Ležišta glina u Hrvatskoj

Nalazišta gline u Republici Hrvatskoj uglavnom se primjenjuju za proizvodnju građevnih materijala i keramike. Prema Pravilniku o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina NN 48/92 glina spada pod nemetalne mineralne sirovine i razlikuju se prema tome: ciglarske, bentonitne, keramičke i vatrostalne gline (NN 48/92, 2018.).

#### 3.2.1. Ležišta ciglarskih glina

U Hrvatskoj se danas nalaze mnogobrojna eksploatacijska polja pogodna za proizvodnju barem nekog ciglarskog proizvoda. Eksploatacijsko polje Šenkovec kraj Čakovca je predstavnik međimurske regije. Predstavlja veliki glinokop koji uz sebe ima proizvodni pogon, čije su zalihe gline praktički neograničene. U Hrvatskom Zagorju najveće je glinište u Cerju Tužnom kraj Varaždina. Eksploatacijsko polje „Cerje Tužno“ nalazi se u naslagama lesa pleistocenske starosti. Ležište izgrađuju naslage gline pretežno niske i srednje plastičnosti, neujednačene debljine. Glavni sastojci gline su kvarc, filosilikati, illit, muskovit, montmorilonit i smektit (Marković, 2002.). Najveću proizvodnju ciglarskih proizvoda u Istri odrađuje ciglana Podpićan. Na području Slavonije se nalazi nekoliko ležišta

ciglarske gline kao što je npr. ležište Dilj kod Vinkovaca, koje je izgrađeno od lesnih gornjopleistocenskih glina pogodnih hidrogeoloških i inženjerskogeoloških značajki, što omogućuje jednostavnu eksploataciju ležišta (Marković, 2002.).

Osim navedenih ležišta, treba izdvojiti veliko ležište u Ilovcu na području grada Karlovca, gdje se nalazi poznata ciglana, u kojoj se mineralna sirovina eksploatira iz obližnjeg ležišta gline „Rečica“ (Slika 11.). Prema Majoru (2013.), karlovačka ciglana djeluje na području Karlovačke županije preko 90 godina te je poznata po vrhunskim ciglarskim proizvodima. Područje ležišta gline „Rečica“ izgrađeno je od riječnih i obronačnih nanosa u najmlađem kvartaru. Utvrđeno je da su naslage slijedom u četiri osnovna horizonta gline: a) siva i žutosiva glina (većinom otkopana sa krovinskom jalovinom), b) smeđesiva siltna glina, c) siva i žutosiva plastična glina, d) zelenkastosiva siltna glina do glinoviti silt. Unutar gline se nalazi u manjoj ili većoj količini kršje okolnih stijena i minerala. Prevladavaju zrna kvarca, manje feldspata, muskovita, limonita, ugljena i vrlo malo karbonata. Današnji strukturni sklop istraživanih naslaga glina rezultat je djelovanja mlađih pleistocenskih pokreta, koji su terene neznatno poremetili u vidu manjih povijanja lokalnog karaktera. Eksploatacija ciglarske gline u eksploatacijskom polju „Rečica“ obavlja se na tri radne etaže pomoću bagera sa utovarnom lopatom i kamiona. Kroz ljetne mjesec dobiva se potrebna količina sirovine iz ležišta, jer zimi eksploatacija nije moguća zbog velike količine vode (Major, 2013.).



**Slika 11.** Otvoreni kop ležišta gline „Rečica“ (Major, 2013.)

### **3.2.2. Ležišta bentonitnih glina**

Ležišta bentonitne gline mogu nastati hidrotermalnom alteracijom i halmirolizom. Ležišta nastala hidrotermalnom alteracijom su uglavnom bitno manja od bentonita nastalih halmirolizom i ograničena su na područja starih vulkanskih lukova, dok bentoniti nastali procesom halmirolize uglavnom na područja slatkovodnih i plitkomorskih okoliša, estuarija, laguna, alkalnih pustinjskih jezera i ugljenonosne bazene. Prema Braunu (1980.) bentonitne gline u Hrvatskoj se nalaze u srednjoj Dalmaciji (Maovice-Štikovo), Moslavini (Gornja Jelenska) i Hrvatskom Zagorju (Bednja i Poljanska luka). Lokaliteti Maovice i Štikovo se nalaze u sjevernim padinama Svilaje koju pretežno izgrađuju stijene jure i krede. Dva sloja bentonitnih glina debljine 1,5-5,5 m zaliježu se u seriji marinskih sedimenata gornjeg malma (lemeške naslage) u kojoj se izmjenjuju slojevi vapnenca sa slučajevima radiolarijskih čertova. Bentonitne gline na području Gornje Jelenske nalaze se u području obodnih dijelova Moslavačke gore, gdje zaliježu u helvetskim slatkovodnim klastičnim sedimentima. Bentoniti izgrađuju tri sloja debljine do 1,2 m. Istraživano ležište Bednja nalazi se u neposrednoj blizini sela Šaša kraj Bednje u Hrvatskom Zagorju. Bentonit zaliježe u obliku pločastog tijela debljine oko 10 m unutar krupnozrnatih slatkovodnih klastita donjeg do srednjeg miocena. Ležište bentonitne gline Poljanska Luka nalazi se kraj Podčetrka u sjeverozapadnom dijelu Hrvatskog Zagorja. Dva sloja bentonitnih glina debljine 0,6-1,0 m zaliježu unutar tortonskih marinskih laporavatih naslaga.

Reliktne strukture primarnih stijena dokazuju da su bentoniti svih lokaliteta nastali alteracijom vitroklastičnih, a u ležištu Bednja i kristaloklastično-vitroklastičnih i lapilnih tufova dacito andezitskog ili andezitskog sastava (Braun, 1980.).

### **3.2.3. Ležišta keramičke gline**

U Hrvatskoj se kroz povijest pronalazila i eksploatirala brojna ležišta za potrebu keramičke industrije. U Hrvatskom Zagorju se nalaze ležišta pleistocenskih naslaga, a dva najpoznatija i najvrjednija su Dubrava i Bedekovčina (Marković, 2002.). Gline iz ovih ležišta se primjenjuju za izradu fine keramike, zidnih i podnih obloga, pripremu isplake i smjesu za injektiranje. Ujednačenog su kemijskog sastava, a u mineralnom sastavu imaju montmorilonit i kaolinit. Po slavonskim planinama se rasprostire ležište na Papuku veličine približno 5 ha, a debljine slojeva oko 11 m. Što se tiče mineraloškog sastava prevladavaju kaoliniti, illiti i montmoriloniti. U Lici su najpoznatija ležišta Grgin brijeg, Rudopolje i

Vrace. U ležištu Bađek, 10 km udaljenog od Gračaca razvijene su kaolinitne gline debljine 2-15 m, koje se upotrebljavaju u industriji grube keramike i ciglarstvu (Marković, 2002.).

#### **4. UPOTREBA GLINA**

Glina je poseban materijal koji svoju upotrebu u praksi ostvaruje u širokim razmjerima. Kroz godine one su ostvarile svoju primjenu u graditeljstvu, prvenstveno kao materijal za gradnju. Ponekad, glina otežava i izaziva probleme u gradnji, u vidu nestabilnosti građevnih objekata i klizišta (Šebečić, 2003). U tehničkoj praksi gline se dijele na: porculansku, lončarsku i opekarsku. Porculanska glina sastoji se uglavnom od kaolina sa malim brojem primjesa, i upotrebljava se za dobivanje najfinijih keramičkih proizvoda. Također je i lončarska glina čista kaolinska glina, ali s većim brojem primjesa. Koristi se za proizvodnju boljih keramičkih proizvoda, a može biti bijele, sive, žute ili crvenkaste boje. Opekarska glina sadrži vrlo malo kaolina, ali se i dalje upotrebljava za proizvodnju crijepova i opeke, te je crvenkaste boje. Primjena glina ovisi o samoj vrsti gline i njezinim svojstvima.

Kaolin se najviše koristi u papirnoj industriji kao punilo za papir, te mora zadovoljiti granulometrijski sastav, pH vrijednost i sadržaj štetnih primjesa. U keramici se kaolin koristi kao glavna komponenta porculana i vatrostalnih materijala. Kod industrije keramičkih pločica postoji više zahtjeva za kvalitetu kaolina: plastičnost, bjelina na visokoj temperaturi i ponašanje pri pečenju. Može se koristiti kao aditiv u hrani i zubnim pastama te kozmetici. Kaolin također može biti dodatak betonu tj. cementu, ali sa malom termičkom obradom kao meta-kaolin. Primjenu također pronalazi kao lagani materijal u bijelim žaruljama sa žarnom niti, u bojilima, ekološkoj poljoprivredi te kao indikator u radiološkom datiranju jer kaolin može zadržavati male količine urana i torija. U industriji guma kao punilo gumenim proizvodima dajući im određene značajne karakteristike kao što su čvrstina i otpornost na abraziju (Vukosav, 2013.). Haloaziti i alofani su važni sastojci glina. Oni se zbog svojstva tiksotropije (svojstvo kod glina gdje glina pod određenim vremenom mirovanja prelazi iz suspenzije u čvrsti gel) koriste kod bušenja bušotina za ispiranje stjenki, nakon što prestane rotacija. Upotreba bentonita je najuže povezana sa naftnom industrijom gdje se koristi kao najvažniji sastojak isplaka. Bentonit pomiješan s vodom u bušotini podmazuje i čuva stjenke bušotine, sprečava gubitak fluida i pomaže u donošenju razlomljenih fragmenata stijena na površinu. Koristi se također i u ljevačkoj industriji za proizvodnju kalupa za lijevanje metala i legura, te kao vezivo za ljevački pijesak (Vukosav, 2013.). Osim navedenog upotrebljava

se kod izrade materijala za nepropusne barijere odlagališta otpada i za različite rezervoare. U industriji za proizvodnju adsorbenata izmeta kućnih životinja i izrade različite vrste filtera. Kiseliniski aktivirani bentonit koristi se za pročišćivanje jestivih ulja i pića. Kisela aktivacija povećava površinu i volumen pora pa tako aktivirane gline uklanjaju nečistoće i boju iz tekućine (cijena varira od 250 do 600 dolara po toni). Paligorskit i sepiolit kad su raspršeni u vodi kristali su inertni i ne bubre te imaju izvrsne suspendirajuće i gelirajuće karakteristike. Ove su gline stabilne na visokim temperaturama što ih čini posebnima i svoju upotrebu pronalaze u različitim granama industrija (isplaka, boje, tekući deterdžent, ljepila, kozmetika, veziva za stočnu hranu). Pirofilit se upotrebljava u metalurgiji, keramičkoj industriji, u punilima u industriji papira, plastike, te u farmaceutskoj industriji (Vukosav, 2013.).

Građevinarske gline (opekarske i keramičke) najviše se koriste u proizvodnji građevinskih proizvoda od gline, pri čemu je najvažnija upotreba kao materijal za oblaganje, koji čine približno 90% upotrebe i namjene, te im je glavna i najčešća upotreba opeke za oblaganje građevinskih objekata (kuća, zgrada). Koriste se također i za izradu cijevi za odvodnjavanje i kanalizaciju te kao krovni crijepovi. Proizvedene su prema visokim tehničkim standardima, i otporne su na vremenske uvjete te uz to imaju atraktivan vanjski izgled. Uvođenjem novih, zahtjevnijih EU standarda za cigle u pogledu trajnosti postavljaju veća ograničenja na vrste glina koje se mogu koristiti. Opekarska glina se koristi i za izradu tzv. „inženjerskih“ opeka, tj. cigle visoke čvrstoće, niske poroznosti koje se koriste u nosivim konstrukcijama i u drugim tehnički zahtjevnim situacijama. Cigle koje služe za popločavanje (*eng. paving bricks*) su posebnog sastava, male su otpornosti i otporne na mraz (Bloodworth i dr., 2007.).

## 5. PROCES PROIZVODNJE OPEKE

Ovaj pregled proizvodnje opeke je preuzet iz Kovačević (2015.), u kojemu su detaljno objašnjene faze kroz koje sirovina prolazi do konačnog oblika. Sirovina za dobivanje građevinske opeke i crijepa je tzv. opekarska glina koja spada u manje kvalitetne gline. Najčešće je ilovača koja sadrži znatni udio primjesa kao što su  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dolomiti, sulfati Ca i Mg, te zatim željezni spojevi i alkalije. Prisutnost  $\text{SiO}_2$  u određenoj mjeri je poželjna jer  $\text{SiO}_2$  djeluje na proizvod tako što smanjuje skupljanje. Pojava vapnenca je nepoželjna, jer ako ga ima u iznosu većem od 20% pečenjem prelazi u CaO, koji kasnije djeluje destruktivno na konačni proizvod. Također su nepoželjni željezni oksid i topljive soli, jer željezni oksid smanjuje temperaturu pečenja, a topljive soli izbijaju na površinu proizvoda, opeke, odnosno samoga zida. Glina za proizvodnju opeke i crijepa dobiva se tzv. rudarskim načinom iz otvorenih kopova (Slika 12.), nakon pripreme gliništa po određenim propisima. Kod dobivanja glina koriste se različite vrste strojeva, bagera, buldožera i strojnih kopača te otkopnih freza. Prilikom transporta upotrebljavaju se različita transportna sredstva, a to su trake, žičare, kamioni ili željeznice. Proces od eksploatacije do dobivanja konačnog proizvoda je podijeljen u nekoliko koraka (Slika 13.).



**Slika 12.** Eksploatacije gline za proizvodnju građevinske opeke Berdsk, Rusija (Stock, 2016.)

Priprema gline obuhvaća usitnjavanje i miješanje, zatim homogenizaciju. Priprema glinenog tijesta ili svježe glinene mase koristi strojnu preradu koja se izvodi suhim, polusuhim ili mokrim načinom. Danas se u većini tehnologija još koristi mokri način, pri kojem sadržaj



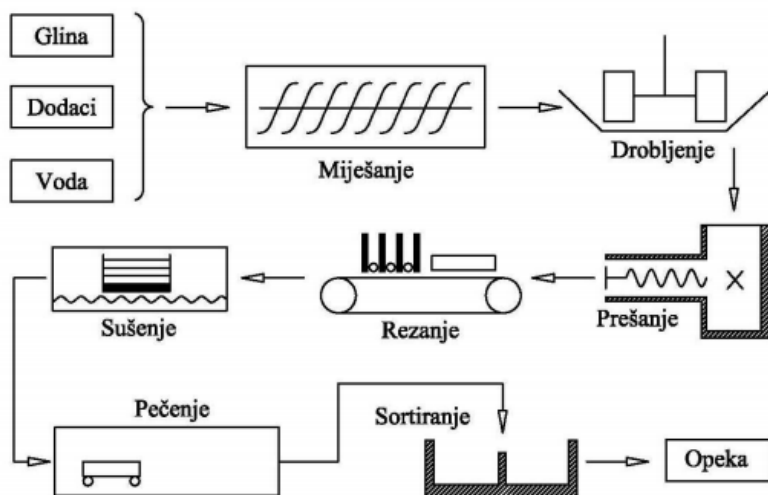
vode za pripremu glinenog tijesta iznosi od 13-25%. Postupak se sastoji u doziranju gline, mljevenju te vlaženju i čišćenju od štetnih primjesa, kako bi se dobila glinena masa što homogenijeg sastava, određene vlažnosti i plastičnosti. Bolja kakvoća se postiže dodatnim odležavanjem glinene mase (1-7 dana) nakon čega slijedi oblikovanje.

Oblikovanje kao fizikalni proces predstavlja davanje konačnog oblika proizvodu, opeki ili crijepu. Uglavnom se izvodi strojno pomoću različitih uređaja, kao što su: kalupi, usnici i preše, i ostali uređaji. Da bi oblikovanje bilo kako je zamišljeno i proizvodi imali definirani izgled i dimenzije, kod pripreme glinenih masa, posebno kod dobivanja proizvoda s velikim brojem šupljina i tankih stjenki, potrebno je posvetiti veću pozornost. Ono što je najpotrebnije je da glinena masa ima što manje štetnih primjesa, tj. da bude dobro ishomogenizirana, a to se dobije vakuum prešom koja ima posebne uređaje za stvaranje uzdužnih šupljina što omogućuje brzu i kontinuiranu proizvodnju. Za oblikovanje crijepa koriste se različite vrste kalupa koje su izrađene od gipsa ili sadre, odnosno metala, najčešće čelika ili plastičnih materijala. Sve vrste kalupa imaju određene prednosti i nedostatke. Kalupi od gipsa ili sadre su mekani, a metalni su dugotrajni i čvrsti, ali se moraju podmazivati što onečišćuje proizvod i negativno utječe. Kompromis je pronađen u plastičnim kalupima, koji se danas najčešće koriste jer ih ne treba podmazivati, a imaju zadovoljavajući rok trajanja (Kovačević, 2015.).

Nakon oblikovanja, glineni elementi ulaze u proces sušenja. Sušenjem glineni elementi gube vodu u potpunosti i ostvaruju dovoljnu čvrstoću da mogu ući u proces pečenja. Sušenje se izvodi u sušionicama pri kontroliranoj brzini i vremenu sušenja kako skupljanjem ne bi došlo do deformacije i oštećenja elementa. Proces sušenja se izvodi u 3 faze. Prva faza je zagrijavanje do temperature sušenja koja iznosi otprilike 40°C, postupno se izvodi te traje od 10-20 sati. Zagrijavanje se mora izvoditi tako da brzina isparavanja vode površine elementa ne bude veće od brzine dotoka vode iz mase elementa na površinu, koji se obavlja difuzijom. Pored ovoga, potrebno je da relativna vlažnost zraka s kojom se vrši sušenje bude visoka. Druga faza predstavlja sušenje na konstantnoj temperaturi, koja obično iznosi 40°C i traje sve dok se proizvod ne skupi u potpunosti. Ova faza sušenja traje najdulje, te poslije ove faze sadržaj vode iznosi od 10-15%. Treća faza sušenja izvodi se na oko 80-100°C, i u ovoj se fazi uklanja sav sadržaj vode i opeka je dovoljno čvrsta, te nema više skupljanja i deformacija. U suvremenoj ciglarskoj industriji za sušenje se uglavnom koriste tunelske sušionice koje se zagrijavaju toplinom plinova iz tunelskih peći. Proizvodi koji se suše prolaze na vagonima koji se pomiču određenom brzinom. U pravilu se koristi protustrujni

tok sušenih elemenata i toplog zraka za sušenje. Na taj način sušenje počinje pod uvjetima koji onemogućavaju naglo isparavanje vode s površine glinenih elemenata te se nastavlja prolazom kroz sušionicu gdje se elementi koji se suše susreću sa suhim i toplim zrakom i na izlazu su potpuno osušeni. Ovim načinom se glinena masa skuplja, ali bez deformacija te ovaj proces sušenja traje otprilike od 16-24 sata. Dimenzije tunelskih sušionica su otprilike 40 m, visina tunela oko 1,5 m, a širina oko 1,60 m. Vagoneti koji služe za transport osušenih materijala jednostavne su konstrukcije izvedeni na način da se mogu koristiti odmah za pečenje bez daljnjeg pretovara (Kovačević, 2015.).

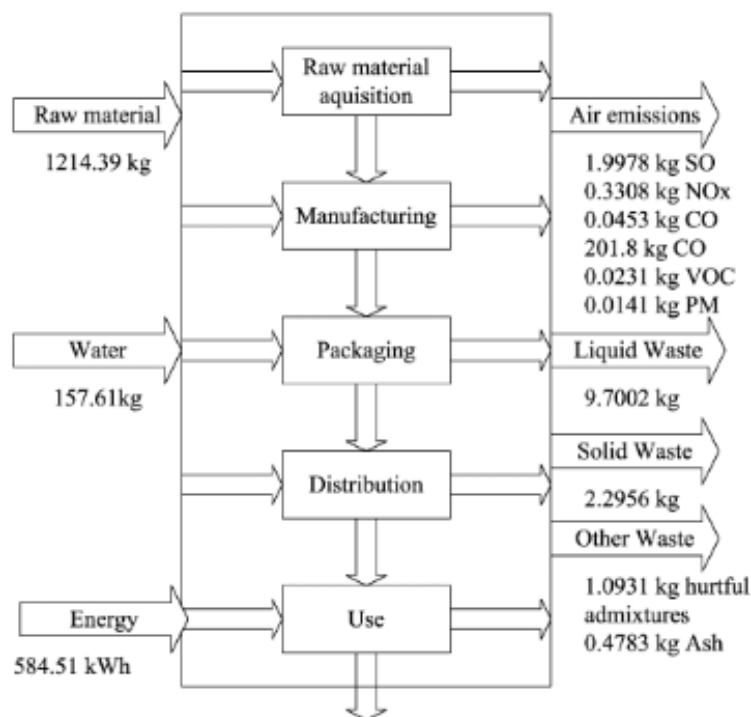
Proces pečenja se izvodi tako što se vagoneti s osušenim glinenim elementima, koji u sebi nemaju više od 3-5% vlage, unose peć u zoni predgrijavanja, gdje se predgriju do oko 600-650°C, te pri toj temperaturi ulaze u proces pečenja. U zoni pečenja se razlikuju 3 podzone i to: podzona u kojoj se podiže temperatura, podzona s konstantnom temperaturom, podzona u kojoj temperatura opada. Nakon pečenja, pečeni proizvod ulazi u zonu hlađenja u kojoj se ohlade do 30-40°C. Hlađenje se vrši zrakom koji se pregrijava i zagrije do oko 800°C, te s tom temperaturom ulazi u zonu pečenja. Proces hlađenja mora biti pravilno izveden jer ako dolazi do nepravilnog hlađenja može doći i do oštećenja pečenih proizvoda. Izlazom pečenih proizvoda iz sustava peći i njihovoga hlađenja, završava se proces dobivanja opeke (Kovačević, 2015.).



**Slika 13.** Shema dobivanja građevinske opeke (Kovačević, 2015.)

## 6. UTJECAJ PROIZVODNJE OPEKE NA OKOLIŠ

U prethodnom poglavlju je detaljno opisan proces proizvodnje opeke, potrebno je naglasiti da svaki korak u procesu proizvodnje ima određeni negativan utjecaj na okoliš. To se prvenstveno odnosi na promjenu krajobraza te negativan utjecaj na zrak i vode. Prvi korak u procesu proizvodnje je eksploatacija mineralne sirovine i u tom je koraku glavni negativan efekt trajna promjena krajobraza, a uz to postoje i drugi loši utjecaji kao što su tekući i atmosferski otpad koji potječe od strojeva koji se koriste za eksploataciju i transport materijala do tvornice. Pri transportu i obradi gline po količini prednjače tekući i čvrsti otpad, no jako štetni su i plinovi koji nastaju u samom procesu kao što su CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> te NO<sub>x</sub> od kojih najviše nastaje CO<sub>2</sub> koji jako loše utječe na atmosferu i između ostaloga pridonosi rastućem problemu globalnog zatopljenja. Nadalje potrebno je uočiti i negativne utjecaje CO i NO<sub>2</sub> na atmosferu i okoliš, to su plinovi koji se javljaju kao proizvodi izgaranja u tunelskoj peći i sušilici. Poglavitito je opasan CO jer on štetno djeluje na ljudsko tijelo te kada se udahne u većim količinama može izazvati i smrt, a u tvornicama opeke on nastaje u velikim količinama. Sam proces pečenja gline osim velike potrošnje energije koje loše utječe na okoliš stvara i ogromne količine gore navedenih štetnih plinova. Na slici 14. je prikazana količina otpada koja nastaje prilikom proizvodnje 1 tone opeke (Korneos i Dompros, 2007.)



**Slika 14.** Ulazne i izlazne komponente prilikom proizvodnje 1 tone opeke (Koroneos i Dompros, 2017)

Na slici 14 su detaljno prikazane količine ulaznih tvari te nastalih produkata pri svakom koraku u procesu proizvodnje opeke. Iz toga je uočljivo da u procesu proizvodnje opeke najviše nastaje tekućeg otpada zatim čvrstoga, no možda najveći utjecaj je zapravo emisija štetnih plinova u atmosferu. Također bitno je naglasiti da se u ovom procesu troše velike količine energije što je izravno povezano s lošim utjecajem na okoliš, direktno se to odnosi na korištenje ugljena i goriva, a indirektan utjecaj ima korištenje električne energije. Na kraju se može spomenuti i moguća pojava acidifikacije koja uništava tlo i okolni biljni i životinjski svijet, a do njene pojave može doći zbog korištenja goriva s velikim sadržajem sumpora pri procesu proizvodnje. Mogućnost pojave acidifikacije i drugih loših utjecaja proizvodnje opeke na okoliš se može smanjiti korištenjem čistijih goriva.

## **7. ZAKLJUČAK**

Cilj ovog rada bio je detaljno opisati teorijske osnove o mineralima glina, različite primjere upotrebe glina s naglaskom na proizvodnju opeke i njen utjecaj na okoliš. Također su opisana najveća ležišta u svijetu i Republici Hrvatskoj. U radu je objašnjen proces proizvodnje opeke, gdje je glina glavna komponenta, koji se sastoji od nekoliko koraka. Obradene su i ostale industrijske primjene gline. Treba svakako izdvojiti njenu široku primjenu u građevinarstvu i zaštiti okoliša. U zaštiti okoliša glina je jako bitan materijal koji štiti vodena tijela od različitih onečišćivala koja lako mogu s površine zemlje. Nadalje, bitno je i naglasiti moguće negativne utjecaje procesa proizvodnje opeke na okoliš koji su obrađeni u ovome radu, kao što su velika potrošnja energije, emisija štetnih plinova u atmosferu i velike količine otpada koji nastaje u samom procesu. Tom problemu je potrebno ozbiljno i odgovorno pristupiti u budućnosti kako bi se negativan utjecaj na okoliš minimalizirao. Iz svega navedenog može se zaključiti da glina kao industrijski mineral ima jako široku primjenu te da će se i u budućnosti nastaviti velika potražnja za ovim resursom.

## 8. LITERATURA

- BLOODWORTH A., HIGHLEY D., LUSTY P., COWLEY J., 2007. *DCLG-BGS Joint Minerals Programme, Brick Clay*. British Geological Survey, str. 2-13.
- BRAUN K., 1980. *Geologija i geneza ležišta bentonitskih glina Maovica, Gornje Jelenske, Bednje i Poljanske Luke*, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 166 str.
- KORNEOS, C., DOMPROS, A., 2007. *Environmental assessment of brick production in Greece* str. 2114-2123.
- KOVAČEVIĆ, I., 2015. *Eksploatacija i upotreba ciglarske gline u Republici Hrvatskoj*, diplomski rad, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, str. 42-44.
- MAJOR, J. 2013. *Metode istraživanja mineralnih sirovina na primjeru Karlovačke ciglane*, diplomski rad, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, str. 17-21.
- MARKOVIĆ, S., 2002. *Hrvatske mineralne sirovine*, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 544 str.
- MURRAY, H.H., 2006. *Applied Clay Mineralogy; Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common clays*, Indiana University, Bloomington Indiana, Department of Geological Sciences, str. 33.-37.
- NN 48/92, 2018. *Pravilnik o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina*, Zagreb, Narodne novine 885 str.
- SLOVENEK, D. 2011. *Opća mineralogija*. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 344 str.
- SLOVENEK, D., BERMANEC V., 2006. *Sistematska mineralogija-mineralogija silikata*, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 359 str.
- ŠEBEČIĆ, B., 2015. *O poduzetništvu na glavnim gliništima i ciglanama središnje Hrvatske krajem 19. i početkom 20. stoljeća*, Zagreb, RGN Zbornik str. 81-94.
- TEŽAK, D., 2011. *Proizvodnja, kvaliteta i ispitivanje opekarske gline*, seminarski rad, Varaždin, Geotehnički fakultet, str. 3-7.
- VUKOSAV, A., 2013. *Termička stabilnost kaolina*, završni rad, Split, Kemijsko-tehnološki fakultet, str. 14-16.

Web izvori :

JAMES J., 2017. *Kaolinite (Cretaceous; Twiggs County, Georgia, USA)*

URL: <https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/32350111650/in/photostream/> (2.9.2020.)

HISTORIC ENGLAND ARCHIVE, 1974. *China clay pits near St.Austell, Cornwall*

URL: <https://historicengland.org.uk/services-skills/education/educational-images/china-clay-pits-near-st-austell-1061> (17.8.2020.)

DESTOC, F., 2009. *Kaolins de Ploemeur*

URL: <https://www.letelegramme.fr/ig/generales/economie/kaolins-de-ploemeur-du-carburant-avec-des-algues-18-03-2009-295160.php> (5.9.2020.)

SCHLITZOVA, J., 2019. *Jimlíkov – kaolínový důl na koupání*

URL: <https://www.kamsevydat.cz/jimlikov-kaolinovy-dul-na-koupani/> (2.9.2020.)

PFEIFFER, T., 2011. *The large bentonite quarry in Milos*

URL: <https://www.volcanodiscovery.com/photo-of-the-day/2015-oct-24.html> (25.8.2020.)

STOCK 2016. *Berdsk, Novosibirsk oblast, Siberia, Russia - June 26, 2016: the industrial extraction of clay for production of building bricks*

URL: <https://www.dreamstime.com/editorial-stock-image-quarry-development-clay-brick-production-berdsk-novosibirsk-oblast-siberia-russia-june-industrial-extraction-image73771824> (5.9.2020.)