

## Povzetek

Zeolitni materiali so svoj razcvet doživeli v drugi polovici prejšnjega stoletja, ko so bile odkrite njihove izjemne lastnosti pri adsorpcijskih, separacijskih in katalitskih procesih. Omenjene lastnosti so posledica njihove ponavljajoče se mikroporozne strukture, ki jim omogoča delovanje tudi kot molekularna sita. Razvoj mnogih naprednih mikroporoznih in mezoporoznih materialov v zadnjih letih je prinesel le malo industrijskih aplikacij, ker so le-ti večinoma dragi, nestabilni in iz ekološkega stališča njihove proizvodnje sporni materiali. Hkrati so postali zeolitni materiali žrtev svojega lastnega uspeha, zaradi mikroporozne strukture, ki povzroča omejeno dostopnost molekulam substrata do aktivnih mest v notranjosti mikroporozne strukture. V doktorski disertaciji sem zato želel združiti obravnavanje problema sinteze zeolita ZSM-5 na ekološko in ekonomsko sprejemljiv način in vgrajevanje mezopor v to mikroporozno strukturo z namenom izboljšati dostopnost do aktivnih adsorpcijskih in katalitskih mest na pol-industrijskem nivoju.

V laboratorijskem merilu sem pripravil zeolit ZSM-5 z uporabo cenovno najugodnejših virov silicija in aluminija, proizvedenih na industrijski ravni v podjetju, ki se ukvarja s proizvodnjo zeolitov. Želel sem raziskati kristalizacijski proces zeolita ZSM-5 brez uporabe organskih strukturnih usmerjevalcev ob uporabi konvencionalnih postopkov sinteze. Na podlagi zbranih rezultatov sem izvedel prenos sinteze zeolita ZSM-5 na pol-industrijski nivo ob upoštevanju vseh potrebnih morfoloških karakteristik sintetiziranih zeolitov, potrebnih za njihovo uspešno uporabo v industrijskih procesih. Prenos sinteze je zajemal pripravo vhodnih komponent, pripravo aluminosilikatnega gela, kristalizacijo, filtracijo, ionsko izmenjavo in sušenje kristaliničnega zeolita ZSM-5, uporabljenega v nadaljnjih raziskavah doktorske disertacije. Hkrati sem pričel z razvojem postopka za pripravo popolnoma zeolitnih granul zeolita ZSM-5. Nov postopek omogoča hidrotermalno transformacijo amorfnih aluminosilikatnih granul v popolnoma kristalinične granule zeolita ZSM-5 brez uporabe organskega strukturnega usmerjevalca in brez inertnega veziva. Gre za edinstven postopek hidrotermalne pretvorbe s pomočjo natrijevega silikata granuliranega amorfnega aluminosilikatnega gela v kristalinične granule zeolita ZSM-5 z dvakratnim donosom sinteze v primerjavi s sintezo praškastega zeolita ZSM-5.

V nadaljevanju sem se osredotočil na posintezne obdelave praškastega zeolita ZSM-5, sintetiziranega na pol-industrijskem nivoju, z namenom priprave zeolitov s hierarhično strukturo por. Tako sem se osredotočil na postopek desilikacije zeolita ZSM-5 z uporabo raztopine natrijevega hidroksida. Podrobno sem raziskal vplivne parametre na postopek desilikacije, kot so koncentracija natrijevega hidroksida, čas in temperatura postopka desilikacije zeolita ZSM-5 z molskim razmerjem  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  med 20 in 40. Določil sem povezavo med stopnjo desilikacije in adsorpcijsko kapaciteto vode in toluena. Dodatno sem raziskal pomen redčenja sistema na postopek desilikacije in določil optimalne pogoje za prenos postopka desilikacije na pol-industrijski nivo. V zadnjem delu svojih raziskav sem pripravil granulirane oblike sintetiziranih in desiliciranih zeolitov in njihovo učinkovitost raziskal na primeru hitre katalitske pirolize lignina. Raziskal sem odvisnost med molskim razmerjem  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  in sestavo nastalega bio-olja. Zasledoval sem spremembe v kvaliteti bio-olja z uporabo desiliciranega zeolita ZSM-5. Ugotovil sem, da je izboljšana dostopnost do aktivnih mest v desiliciranem zeolitu ZSM-5, ki je posledica hierarhične strukture por, velikega pomena za večjo učinkovitost zeolita ZSM-5 kot katalizatorja v postopku pirolize lignina. Hkrati sem ugotovil, da je razmerje med dodanim zeolitnim katalizatorjem in ligninom proporcionalno glede na učinkovitost postopka katalitske pirolize, kar daje dodatno prednost desiliciranemu zeolitu ZSM-5, pripravljenem v ekonomsko in ekološko sprejemljivem postopku priprave.

**Ključne besede:** zeolit ZSM-5, sinteza, pol-industrijski nivo, hierarhični zeoliti, granuliranje.