

# Konvektivno sušenje plasti odpadnega blata s tokom skozi plast

Andraž Lipolt<sup>1</sup> – Brane Širok<sup>2</sup> – Marko Hočevnar<sup>2</sup> – Lovrenc Novak<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Petrol d.d., Slovenija

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Odpadno blato s čistilnih naprav vsebuje mnoge kontaminante, a tudi mnoge koristne elemente (predvsem fosfor), zato se metodam obdelave blata posveča vedno več pozornosti. Tradicionalno odlaganje na deponijah se nadomešča z naprednejšimi metodami obdelave, ki vključujejo sežig blata ter izločitev nutrientov. Zaradi velike vsebnosti vode je blato pred sežigom potrebno posušiti, za kar se najpogosteje uporablja metoda konvektivnega sušenja.

V prispevku je obravnavano konvektivno sušenje blata z lastnostmi, ki so značilne za tračne sušilnike. Medtem, ko večina objavljenih raziskav na področju sušenja blata obravnava majhne vzorce z maso nekaj gramov, so bili v predstavljeni študiji izvedeni eksperimenti na laboratorijski sušilni napravi z vzorci mase več kilogramov, ki so bili oblikovani v 4 cm debele plasti velikosti 0,5 m x 0,5 m. Izbrana velikost vzorca je omogočala večjo izraznost vplivov na sušenje, ki izhajajo iz časovne spremenljivosti porozne plasti zaradi krčenja in pokanja. V nasprotju z večino objavljenih raziskav je bil tok sušilnega zraka usmerjen skozi plast. V takih razmerah poroznost plasti tako na lokalni kot integralni skali znatno vpliva na tok zraka in s tem na hitrost sušenja blata.

Sušilni procesi so potekali pri temperaturi zraka 65 °C in 80 °C in pri hitrostih zraka 0,53 m/s in 0,83 m/s. Ustrezna relativna vlažnost sušilnega zraka je bila zagotovljena s pomočjo konstantnega nadomeščanja relativno vlažnega zraka iz sušilne komore s svežim zrakom. Merilni sistem je omogočal stalen nadzor parametrov sušilnega zraka nad in pod plastjo, opazovanje površine plasti z IR kamero ter tehtanje plasti blata. Tehtana sila je poleg mase blata vsebovala tudi silo upora zaradi prehoda zraka skozi plast. Meritev dejanske mase blata je bila izvedena z občasnim ustavljanjem toka zraka skozi plast in s tem izločitvijo sile upora.

Analiza rezultatov je bila osredotočena na ovrednotenje kinetike sušenja blata in v razvoj modelov za opis sušenja blata na integralnem nivoju. Zmanjševanje sile upora v odvisnosti od časa je bilo modelirano s preprosto funkcijo, ki je dala odlično ujemanje modela z izbranimi meritvami. Sušilna kinetika plasti blata je bila določena s prileganjem običajnih sušilnih modelov merjenim podatkom. Na osnovi izbranih statističnih kriterijev (vrednosti RMSE,  $R^2$ ,  $\chi^2$ ) ni bilo mogoče definirati enotnega modela sušenja, primerneza za vse obratovalne pogoje (različne temperature in hitrosti sušilnega zraka), zato sta bila kot statistično najprimernejša določena dva modela in sicer model Wang Singh in modificirani model Nadhari. Čas sušenja na kilogram blata je bil modeliran kot funkcija temperature sušilnega zraka, hitrosti sušilnega zraka in začetne vsebnosti suhe snovi v blatu. Koeficient determinacije ( $R^2$ ) za razviti model znaša 0,944. Znotraj intervala preučevanih sušilnih pogojev so bili dobljeni sušilni časi med 43 in 76 minut na kilogram blata.

Ker so razmere v predstavljeni študiji zelo podobne razmeram v industrijskih tračnih sušilnikih, so predstavljeni rezultati primerni za skaliranje in uporabo na dejanskih sušilnih napravah. Rezultati so prikazali pomembnost spreminjanja lastnosti plasti blata, predvsem poroznosti, ki se odraža v padcu tlaka skozi plast in posledično v sili upora. Z analizo trenutnih podatkov ni bilo mogoče določiti modelov, ki bi povezali poroznost plasti s parametri sušilnega zraka in sušilno kinetiko. Izvedeni bodo nadaljnji eksperimenti z nadgrajenim merilnim sistemom, s katerimi bo mogoče analizirati spremembo strukture plasti zaradi krčenja in pokanja kot funkcijo časa ter zasnovati odnose med temi pojavi in sušilnim procesom.

**Ključne besede:** odpadno blato s čistilnih naprav, sušenje v tanki plasti, porozna plast, sušilna kinetika, sila upora, modeliranje