

# Raziskava odziva mehanskega prezračevanja na požar v predoru s pomočjo CFD

Mezid Muhasilovic\* – Jožef Duhovnik

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Dejstvo, da se mnogi podzemni objekti, kot veliki prazni, prostori razlikujejo po svojih geometrijskih značilnostih, postavlja vedno nove naloge raziskovalcem, ki se ukvarjajo s pojavi v fluidih. V sodobnem prometu se pojavljajo omejena in velika območja, bodisi kot aktivni objekti (npr. predori) bodisi kot prometno statični objekti, kot so večetažne garažne hiše in podzemne garaže. Raziskava, upošteva statistično dejstvo, da se zgodi po en požar na vsakih 107 kilometrov ceste v predoru, pokritem vkopu ali podobno.

Pri snovanju takšnih sistemov velja, da je najboljša preventiva, zato je raziskovanje varnosti omenjenih prometnih sistemov eden od pomembnejših ciljev pri sodobnih gradbenih projektih. Fizikalne in matematične metode računalniške dinamike fluidov (CFD), na osnovi katerih je v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja nastala cela vrsta programskih rešitev, so postale običajen del vsakdanjih znanstveno-tehničnih raziskav, zlasti od devetdesetih let, ko se je izboljšala tudi zmogljivost strojne opreme. Pri interpretaciji fizikalnih procesov (zlasti termodinamičnih procesov in procesov dinamike fluidov) prevladuje model, ki obravnava celotno področje, ne pa samo njegove posamične dele. Pri tej raziskavi je bil model uporabljen komercialni programski opremi FLUENT.

Programska oprema, ki uporablja model polja, razdeli obravnavani prostor (običajno 3D-prostor) v več sto tisoč ali celo več milijonov celic. Sofisticirana programska oprema v vsaki od teh celic preračunava značilne fizikalne veličine hitrosti, gibalne količine, ohranitve energije, temperature in kemične sestave.

Na ta način je bila izvedena računalniško podprta raziskava nove prekrte cestno-prometne povezave: prometni objekt se nahaja v Ljubljani, ter z vidika dinamike fluidov predstavlja zanimiv primer.

Tripasovna cesta vstopa v predor na južni strani in se po 720 m razcepi: ena veja (dvopasovna cesta) poteka proti severu, druga veja pa po približno 400 metrih izstopi iz hriba in je priključena na ljubljansko mestno omrežje. Pri geometriji tega predora je (razen razcepa in možnega delovanja vzgona) zanimivo tudi dejstvo, da je južni vstop v predor nameščen višje od severnega izstopa. Naravni zračni tok (od nižje do višje geodetske kote) je zato trajno usmerjen nasproti pozitivnemu prometnemu toku.

To so pomembni argumenti za izvedbo te raziskave. Čeprav predor med raziskavo še ni bil dokončan, smo uporabili preventivni pristop na osnovi CFD. Optimalna programska rešitev za dani problem je bila uporaba pristopa RANS (Reynoldsove povprečene Navier-Stokesove enačbe) v časovno odvisnem načinu. Pri raziskavi se nismo odločili, da zanemarimo računsko napoved toplotnega sevanja. Turbulence pri simuliranem požaru v predoru smo prikazali kot  $k$ - $\epsilon$  model, funkcija PDF pa vključuje samo 21 kemičnih spojin. Po pravilih Družbe za avtoceste v Republiki Sloveniji je računski eksperiment obsegal čas dveh minut. Računska domena za CFD-simulacije je bila modelirana na osnovi tehničnih podatkov za cestni predor (zahodna cev predora Šentvid). Požar je bil umeščen približno na četrtno dolžine tunela (od severnega izhoda). Dimenzije preizkusne posode za gorivo so bile povzete iz resničnega požarnega preizkusa, kjer je požar razvil moč največ 3,5 MW. Pri računanju pretoka goriva so bile upoštevane dimenzije preizkusne posode  $1 \times 2$  m in gorivo heptan. V raziskavi smo preverili ali mehansko vzdolžno prezračevanje dosega po predpisih predvidene hitrostne razmere v odvisnosti od časa, in njegove posledicam pri požaru toplotnih moči 40 in 80 MW (resnični eksperiment s takšno toplotno močjo bi uničil konstrukcijo predora). Toplotno moč 40 MW smo pri numeričnem eksperimentu dosegli s pretokom goriva  $0,454 \text{ kg/m}^2\text{s}$ , toplotno moč 80 MW pa z dvakrat tolikšnim pretokom. S CFD simulacijo smo preverili učinkovitosti prezračevanja ter porazdelitve temperatur za primer požarov moči 40 in 80 MW.

Z modeliranimi toplotnimi obremenitvami smo se izognili nevarnim posledicam resničnega preizkusa. Rezultati so predstavljeni v članku.

**Ključne besede:** računalniške dinamike fluidov (CFD), veliko toplotno sevanje, požar v predoru, tična hitrost