

SUPERRAČUNALNE SIMULACIJE U ZAŠTITI OKOLIŠA I OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE

Čarija, Z., Čavrak, M., Mrša, Z.

Sažetak: Korištenjem računalnih modela strujanja fluida moguće je opisati realna strujanja kao što su strujanja zraka i onečišćujućih tvari u okolini industrijskih i izrazito prometnih područja te komplicirana turbulentna strujanja vode u hidrauličkim turbinama. Zahtijevane točnost rezultata simulacija nameću nužno korištenje superračunala uslijed velikog broja potrebnih računskih operacija koje je potrebni izvršiti, a koje proističu iz kompleksnih fizikalnih i kemijskih modela, nepravilne geometrije te nestacionarnosti strujanja. Potrebu za primjenom superračunala nameće i što kraći vremenski rok unutar kojeg je potrebno doći do rezultata kao što je slučaj sa kontinuiranim procjenjivanjem onečišćenja zraka. Provedene računalne simulacije su vrlo bliske mjerenim rezultatima što potvrđuje opravdanost upotrebe simulacija strujanja kao numeričkog eksperimenta, a nasuprot skupim mjerenjima in situ ili u ispitnim stanicama.

Ključne riječi: CFD, paralelno računanje, vodna turbina, modeliranje onečišćenja zraka

1 UVOD

Područje dinamike fluida obiluje primjerima složenih strujanja. Obnovljivi izvori energije i potreba zaštite okoliša danas predstavljaju dva strateška cilja kojima se sve više teži. Potreba da se dostigne što bolja iskoristivost hidrauličkih resursa i omogućiti pravodobna kontrola i procjena utjecaja zagađenja zraka na ljudsko zdravlje postali su cilj kojima težimo u svojim istraživanjima. Koristeći višeprocessorska računala numeričke simulacije i numerički eksperimenti omogućuju postizanje točnosti rezultata usporedive mjerenim podacima. Tijekom rada koristili smo se računalnim resursima prikazanim u Tablici [1] kako bi postigli mjerenjima nametnutu razinu točnosti.

Tab. 1. Prikaz korištenih višeprocessorskih računala

Model	Procesor	Ukupno jezgri	Radna memorija
Sun Fire V40z	4 x AMD 848	4	8 GB
2 HP Proliant BL45p2 Blade-a povezana GB interkonekcijom	2 x 4 x AMD 875 (DC)	16	8 GB

U ovom preglednom radu prikazati će se za svako od područja istraživanja usporedba mjerenih i modeliranih veličina koje su pod direktnim utjecajem složenog strujanja fluida.

2 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE – FRANCIS TURBINA

2.1 Definicija problema

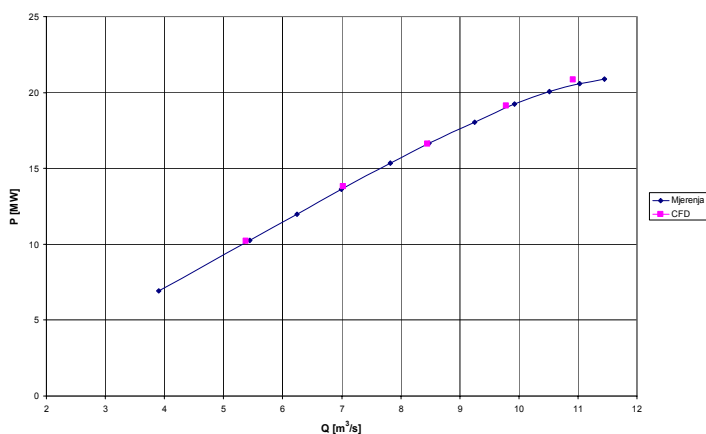
HE Rijeka visokotlačno je derivacijsko postrojenje koje koristi vode vodotoka Rječina, a predstavlja, prema idejnom projektu, donju energetska stepenicu postrojenja na Rječini koja koristi pad do 229.5 m uz protok od 21 m³/s. Prije zamjene generatora, radi opće dotrajalosti, potrebno je dodatno ispitati mogućnost revitalizacije turbina s ciljem povećanja stupnja korisnosti i proizvedene snage postrojenja. Značajnija mogućnost povećanja proizvedene snage postoji u slučaju HE Rijeka gdje bi se povećanjem kapaciteta ublažilo neracionalno energetska iskorištenje potencijala bujičnog vodotoka Rječine tijekom vodnih valova kada dolazi do značajnijih preljeva u gornjoj akumulaciji.

2.2 Numerički eksperiment

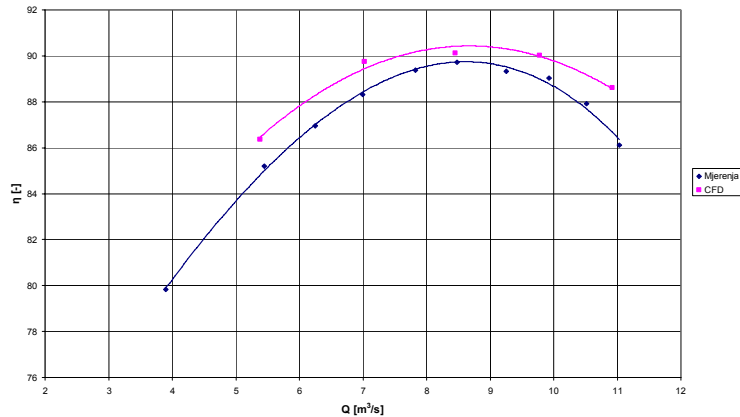
Prethodno je izvršena validacija numeričkog modela izvođenjem numeričkih simulacija strujanja kroz postojeće turbine HE Rijeka usporedbom sa *in-situ* izmjerenim podacima u pojedinačnom i paralelnom radu turbina. Domenom turbine HE Rijeka, smatra se dio geometrije između dva karakteristična presjeka turbine, ulaznog i izlaznog. Turbina se sastoji od spiralnog kućišta, niza od 10 predprivodećih lopatica, niza od 20 zakretnih privodećih lopatica, rotora sa 15 lopatica i difuzorske cijevi, a u obzir je uzeta i nesimetrična račva koja prethodi turbinama. CAD geometrija turbine HE Rijeka je izrađena korištenjem komercijalnih CAD alata (Ideas, Catia) korištenjem dostupne dokumentacija. Na osnovu geometrije turbine izrađena je mreža kontrolnih volumena veličine otprilike 4 milijuna ćelija. Simulacije strujanja fluida kroz vodne turbine provedene su korištenjem Fluent.

2.3 Rezultati

Radi pravilne usporedbe izračunatih sa *in-situ* izmjerenim energetska značajkama, simulacije su provedene pri istim radnim uvjetima kakvi su bili tijekom mjerenja. Uspostavljanjem konvergencije moguće je izračunati glavne energetska značajke turbine (snaga, moment, protok, korisnost) i usporediti ih sa izmjerenima što je prikazano na sljedećim slikama.



Sl. 1. Usporedba izračunatih i izmjerenih energetska značajki



Sl. 2. Usporedba izračunatih i izmjerenih energetske značajki

Minimalna odstupanja rezultata simulacija ukazuju na podudarnost geometrije stvarne izvedbe i kreiranog računalnog modela te na ispravno podešen numerički model strujanja fluida kroz hidrauličku turbinu.

Numeričkim simulacijama moguće je steći uvid u kompleksan karakter strujanja fluida kroz hidrauličku turbinu na što ukazuje Slika [3].



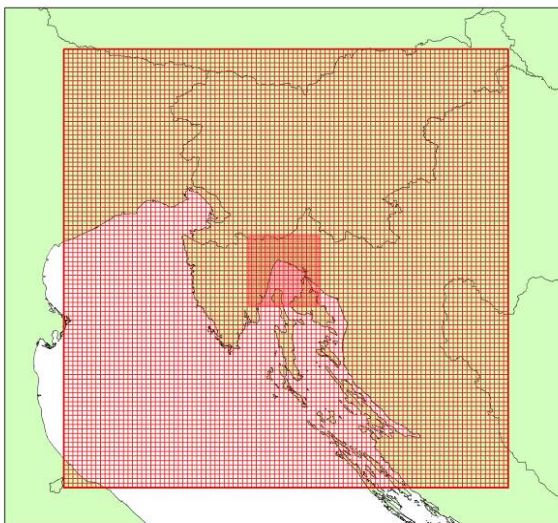
Sl. 3 3D prikaz polja strujanja fluida

3 ZAŠTITA OKOLIŠA – MODELIRANJE ONEČIŠĆENJA ZRAKA

3.1 Definicija problema

Modeliranje onečišćenja zraka postalo je esencijalno za razumijevanja atmosferskih procesa pri kojima emisije onečišćujućih tvari iz industrijskih kompleksa, cestovnog transporta i ostalih izvora emisija utječu na dinamiku okoliša. Grad Rijeka i njegova šira okolica odabrani su kao preferirano područje za usporedbu mjerenih i modeliranih koncentracija onečišćujućih tvari zbog redovitog prekograničnog zagađenja zraka uzrokovano izrazitim urbanim i industrijskim izvorima onečišćenja. Topografska kompleksnost, prisutnost prekograničnog onečišćenja i pojačana atmosferska aktivnost fotokemijskih procesa tijekom ljetnih mjeseci još jedan su razlog odabira ovog područja. Odabrane su dvije računske domene Slika [4]. Prva prekiva cijeli Sjeverni

Jadran pravokutnom mrežom 300x300km (100x100 čvorova) dok je druga gušća i prekriva Riječki bazen 50x50km (50x50 čvorova).



Sl. 4 Prikaz računskih domena

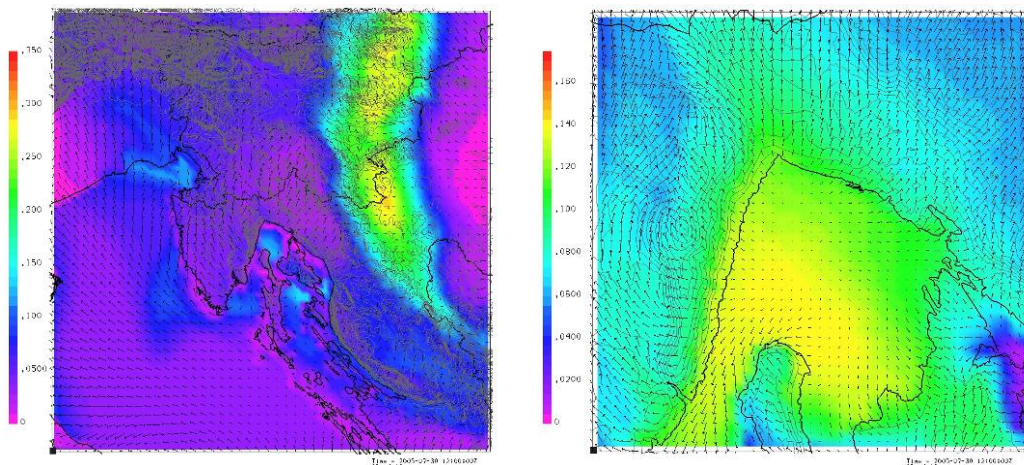
Objekti domene se vertikalno rastežu u 18 vertikalnih slojeva ugušćenih prema tlu koji pri dnu prate teren, dok se prema najgornjem sloju prilagođavaju izobarnoj plohi od 100mbar.

3.2 Numerička simulacija

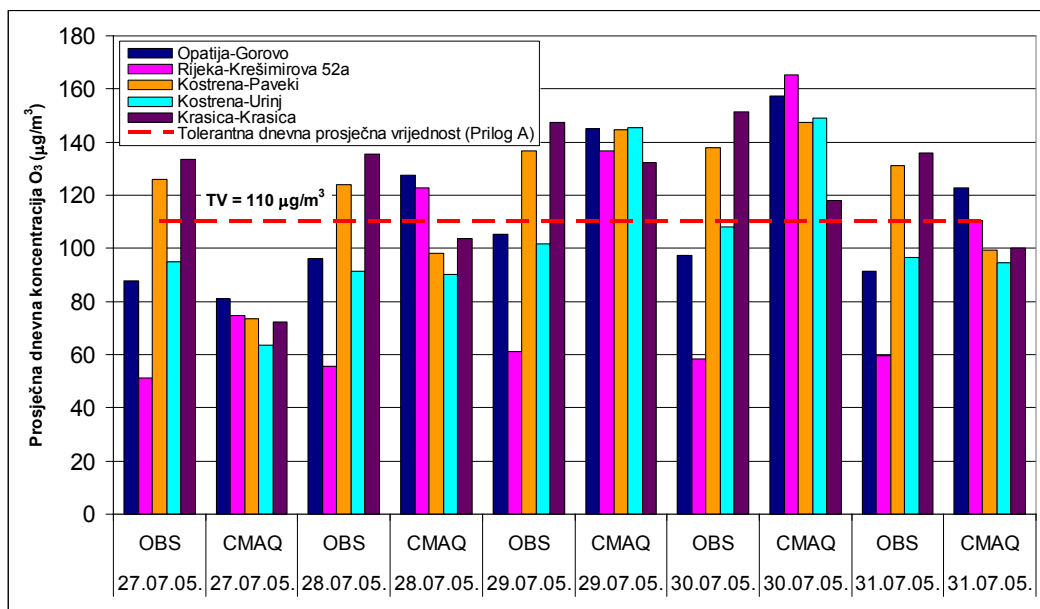
Modeliranje kakvoće zraka jedna je od metoda procjenjivanja općeprihvaćenih u svijetu. Kompleksni sustavi matematičkih modela opisuju atmosferska stanja, kretanje zračnih masa, kompleksne fotokemijske reakcije te transport onečišćavala od globalnih pa sve do lokalnih razina. Odabrani sustava za modeliranje kakvoće zraka MM5-SMOKE-CMAQ jedan je takav sustav koji omogućuje kontinuirano procjenjivanje kakvoće zraka u realnom vremenu. Modeliranje kakvoće zraka uspješno je provedeno za izrazito fotooksidativni vremenski period od 27. do 30. srpnja 2005. godine koji je obuhvaćao modeliranje nad ugniježđenim domenama. Odabrana epizoda obuhvaćala je stanje tipičnog ljetnog gradijenta niskog tlaka s visokim koncentracijama fotooksidativnih onečišćivača formiranih putem atmosferskih procesa uz prisustvo antropogenih i biogenih izvora emisija primarnih sudionika atmosfere.

3.3 Rezultati

Prikazani rezultati potvrdili su pojačanu fotokemijsku aktivnost što je vidljivo na Slici [5]. Slika [5] također upućuje na složenu kompleksnost strujanja što je jedan od razloga primjene višeprocorskih računala kako bi simulacija konvergirala i završila unutar ograničenog vremena. Slika [6] prikazuje usporedbu sa mjerenim rezultatima prikupljenih iz desetak mjernih stanica u okolici Rijeke, a koji su s obzirom na količinu i kvalitetu prikupljenih izvora emisija očekivanog odstupanja.



Sl. 5 Konturni prikaz prizemne koncentracije O₃ [ppb] za dvije veličine domena



Sl. 6 Modelirane i mjerene prosječne dnevne koncentracije O₃ [µg/m³] tijekom odabrane epizode

4 ZAKLJUČAK

Korištenjem računalnih modela strujanja fluida opisana su prikazana realna strujanja. Zahtijevane točnost rezultata simulacija nameću nužno korištenje superračunala uslijed velikog broja potrebnih računskih operacija koje je potrebni izvršiti, a koje proističu iz kompleksnih fizikalnih i kemijskih modela, nepravilne geometrije te nestacionarnosti strujanja. Potrebu za primjenom superračunala nameće i što kraći vremenski rok unutar kojeg je potrebno doći do rezultata kao što je slučaj sa kontinuiranim procjenjivanjem onečišćenja zraka. Provedene računalne simulacije su

vrlo bliske mjerenim rezultatima što potvrđuje opravdanost upotrebe simulacija strujanja kao numeričkog eksperimenta, a nasuprot skupim mjerenjima in situ ili u ispitnim stanicama.

Autori:

Zoran Čarija, Tehnički Fakultet, Zavod za mehaniku fluida i računarsko inženjerstvo, Vukovarska 58, tel. +385-(0)51-651-554, fax +385-(0)51-651-490, e-mail: zcarija@riteh.hr, web stranica: www.riteh.hr

Marko Čavrak, Tehnički Fakultet, Zavod za mehaniku fluida i računarsko inženjerstvo, Vukovarska 58, tel. +385-(0)51-651-554, fax +385-(0)51-651-490, e-mail: mcavrak@riteh.hr, web stranica: www.riteh.hr

Zoran Mrša, Tehnički Fakultet, Zavod za mehaniku fluida i računarsko inženjerstvo, Vukovarska 58, tel. +385-(0)51-651-500, fax +385-(0)51-651-490, e-mail: mrsa@riteh.hr, web stranica: www.riteh.hr