

# PRAĆENJE NASTAJANJA NASLAGA POMOĆU MODELA NEURONSKIH MREŽA S PROCIJENJENIM NEMJERENIM PROCESNIM VARIJABLAMA U IZMJENJIVAČIMA TOPLINE ZA PREDGRIJAVANJE SIROVE NAFFE

Nikola Rimac, Željka Ujević Andrijić

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

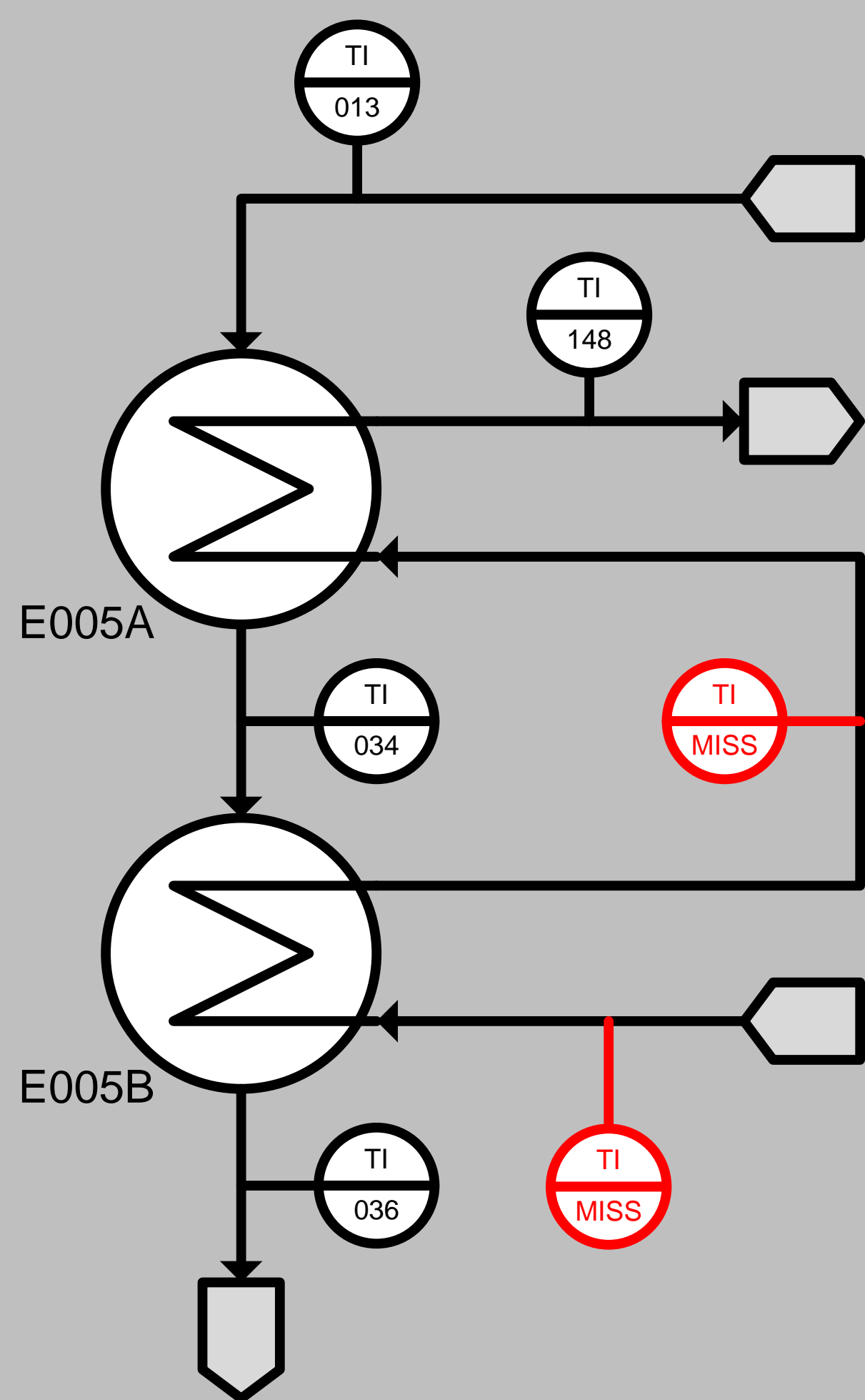
nrillac@fkit.hr

zujevic@fkit.hr

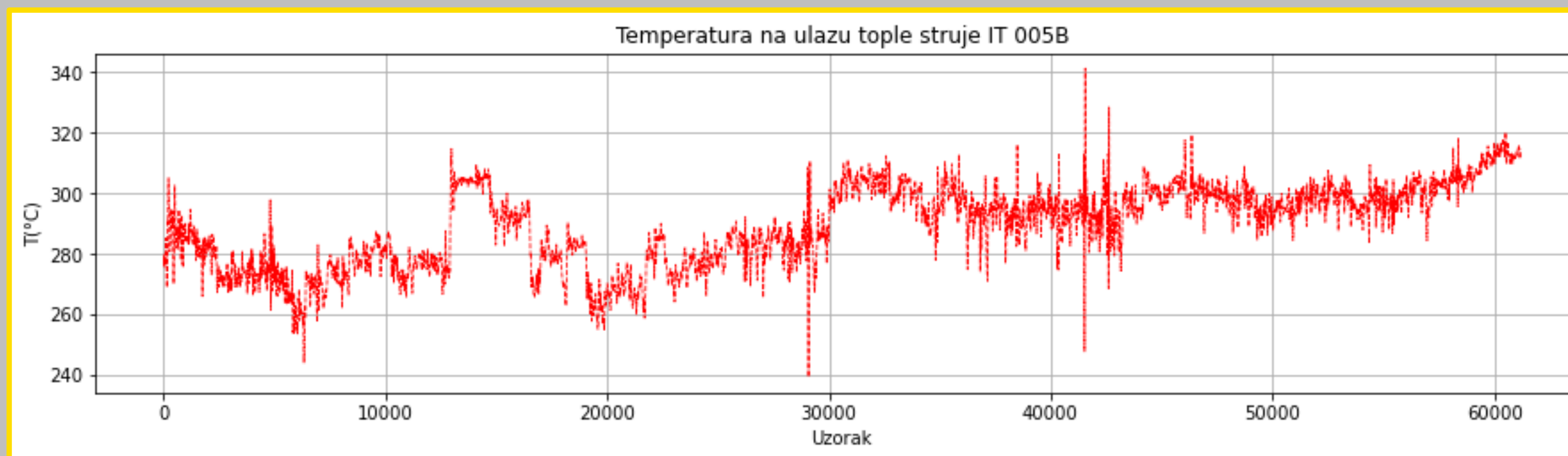
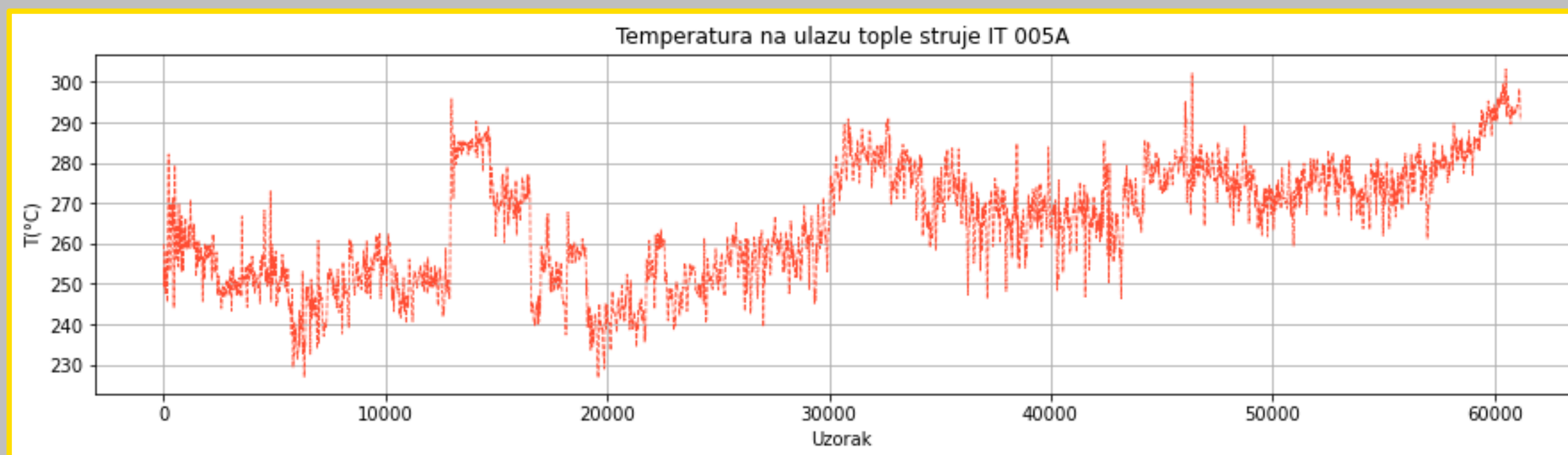
lam.fkit.hr

Zbog nastajanja naslaga u izmjenjivačima topline (IT) dolazi do smanjenja efikasnosti rada izmjenjivača te povećanja troškova održavanja, kao i posljedično veće potrošnje energenata te povećane emisije CO<sub>2</sub>. Gotovo polovica ukupnih operacijskih troškova rafinerije odlazi na gubitke uslijed nastanka naslaga u sekciji izmjenjivača topline za predgrijavanje sirove nafte prije atmosferske destilacije. Mehanizam nastajanja naslaga zbog svoje kompleksnosti nije lako opisati fundamentalnim modelima, stoga su u ovom radu korištene neuronske mreže (NN). Praćenjem nastajanja naslaga mogu se predvidjeti potencijalni kvarovi izmjenjivača topline te omogućiti planirano čišćenje u svrhu smanjenja potrošnje energenata.

## Procesna shema ispitivanih IT



## Procjena nemjerenih procesnih varijabli

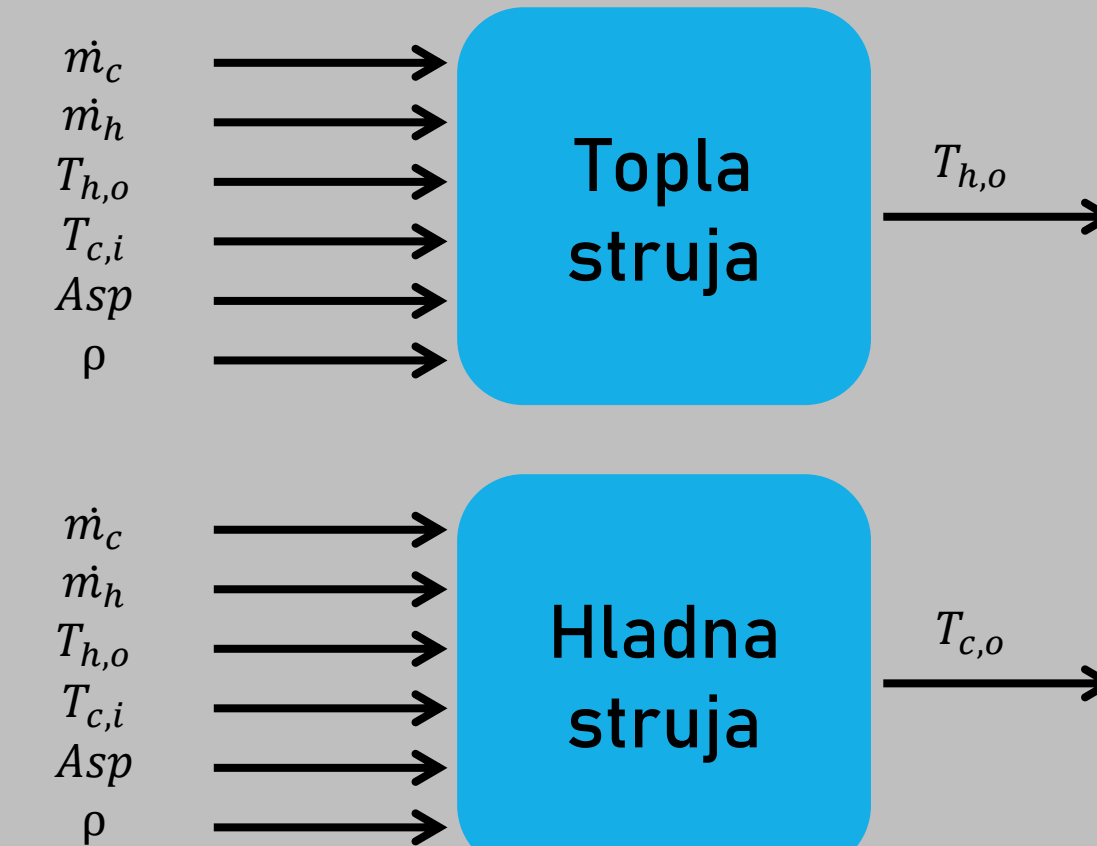


SG 60°/60°F

$c_p$  J/kgK

$$T_{h,i} = \frac{\dot{m}_c c_{p_c} (T_{c,i} - T_{c,o})}{\dot{m}_h c_{p_h}} + T_{h,o}$$

## Ulazne i izlazne varijable modela NN

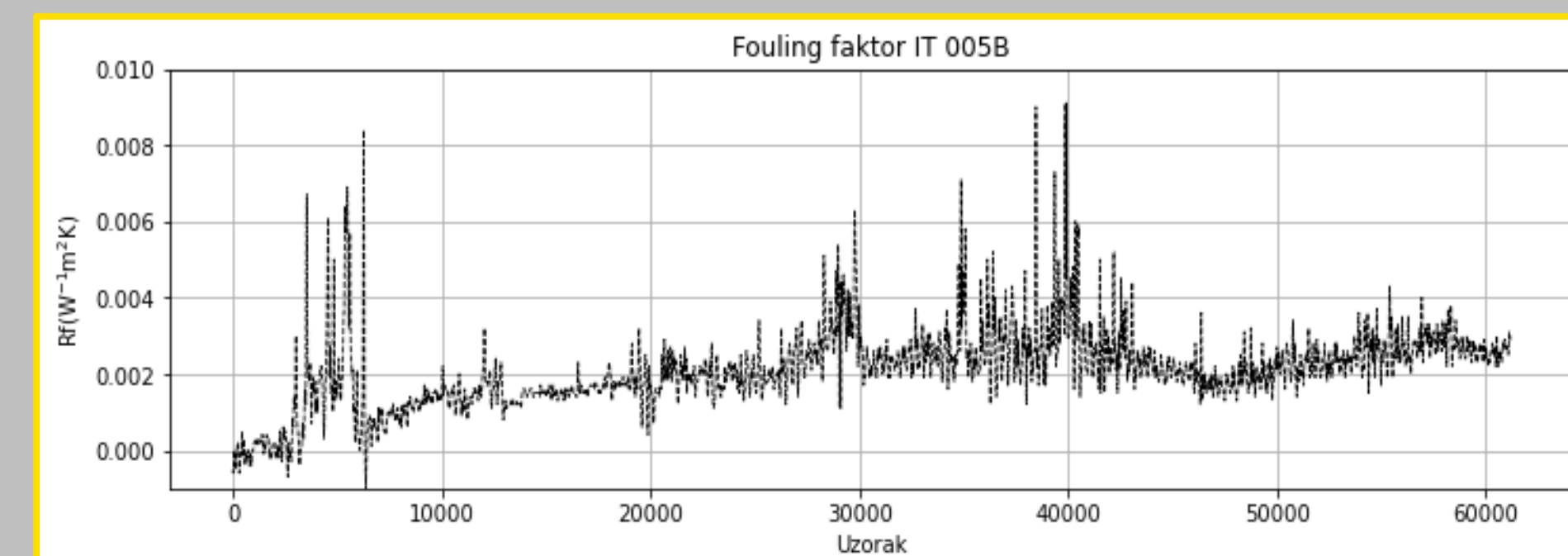
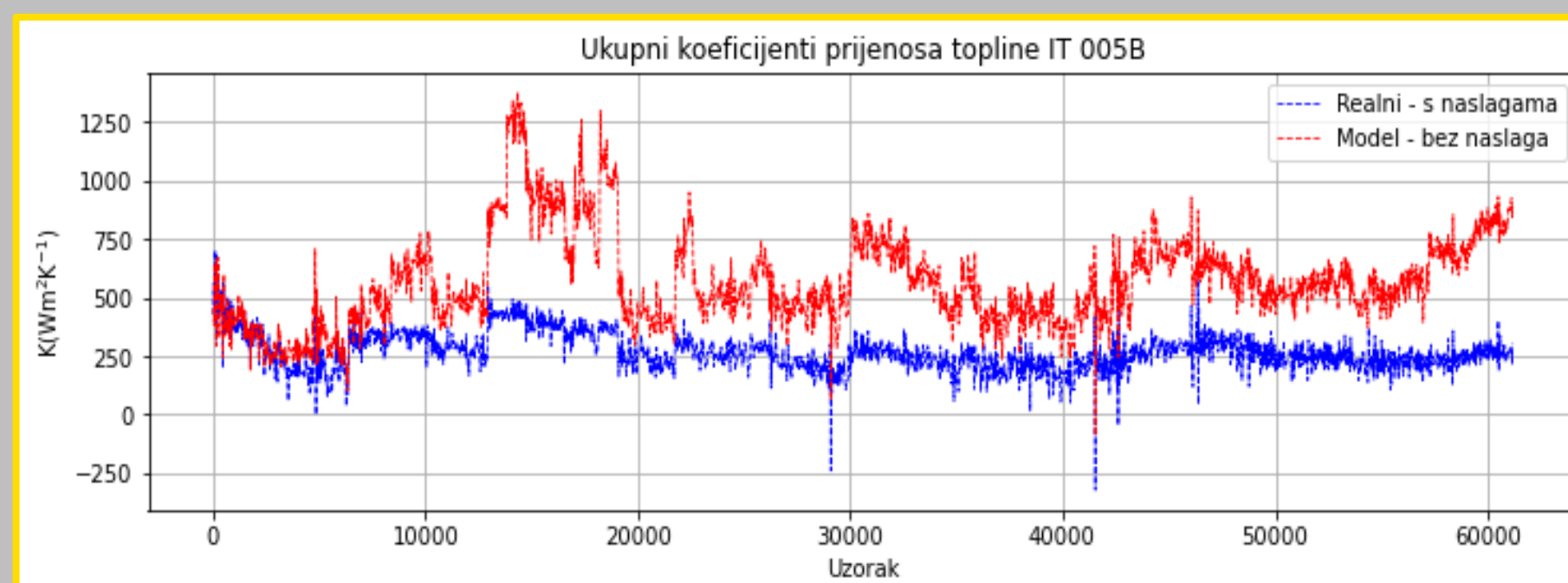
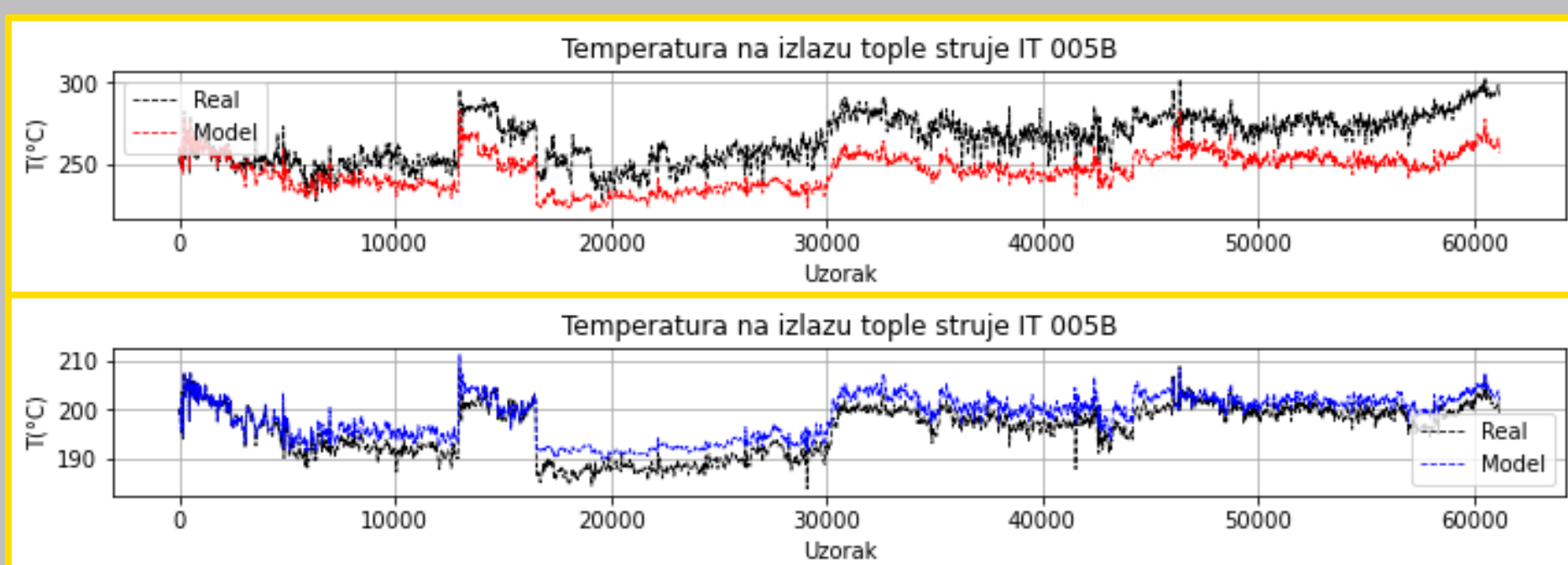
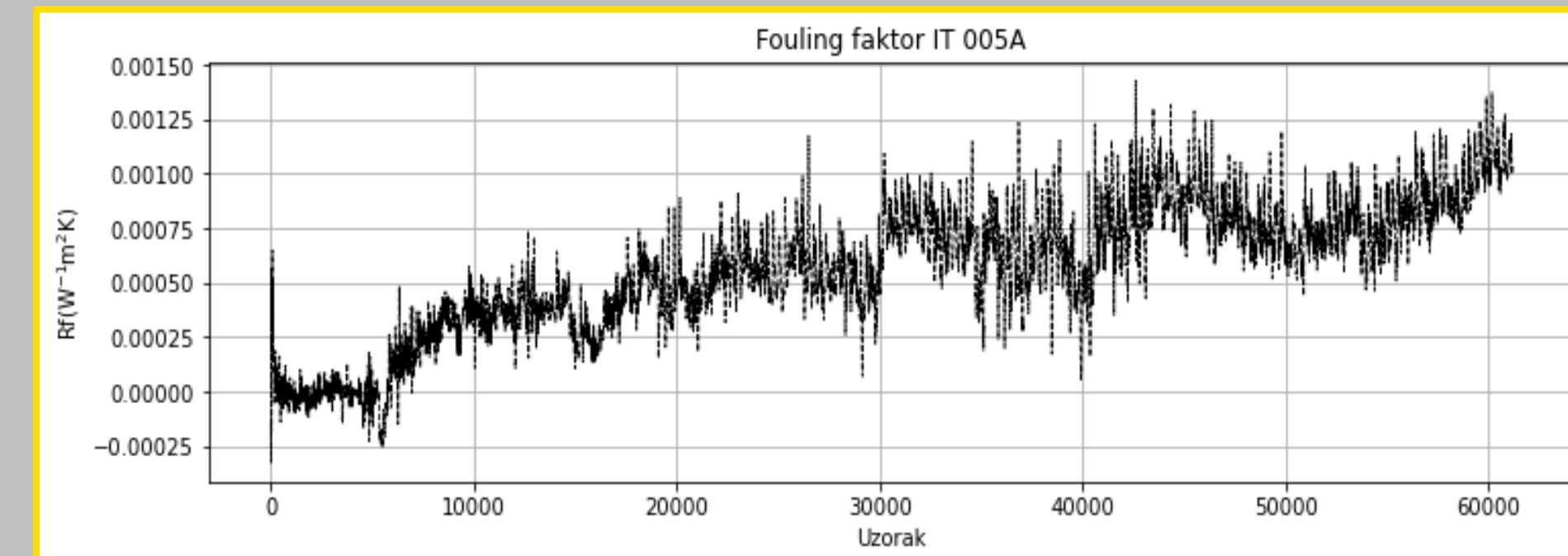
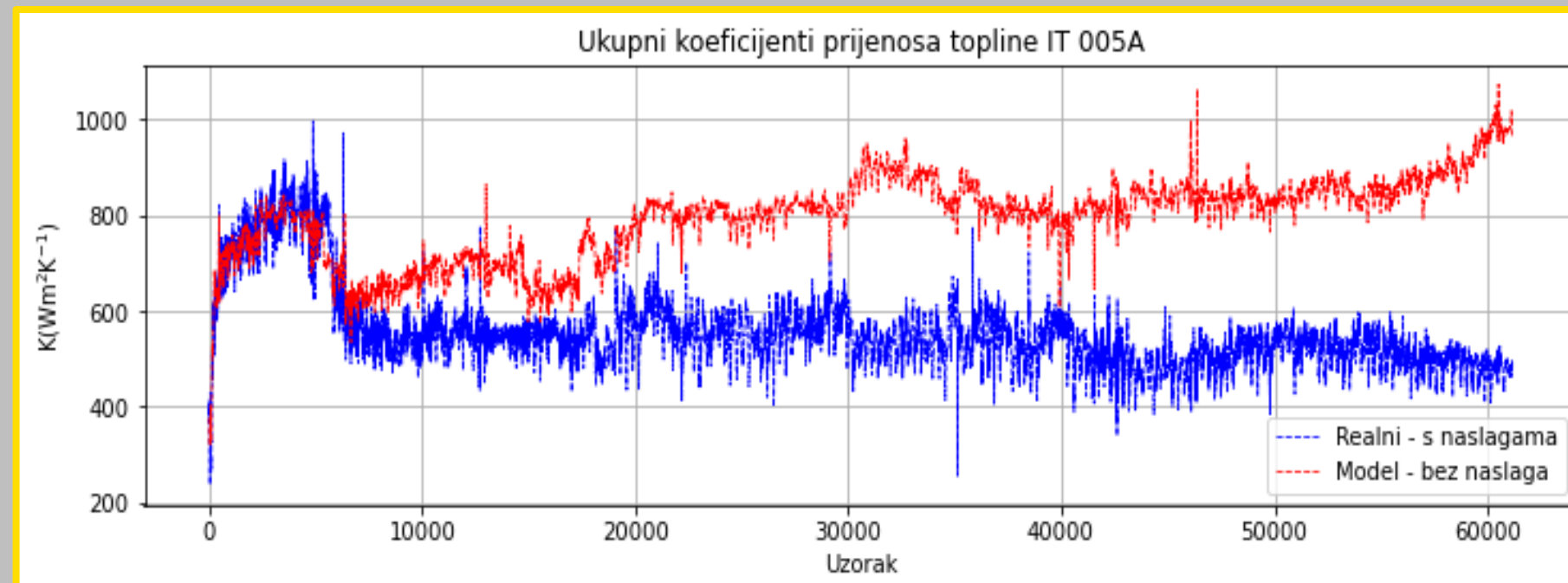
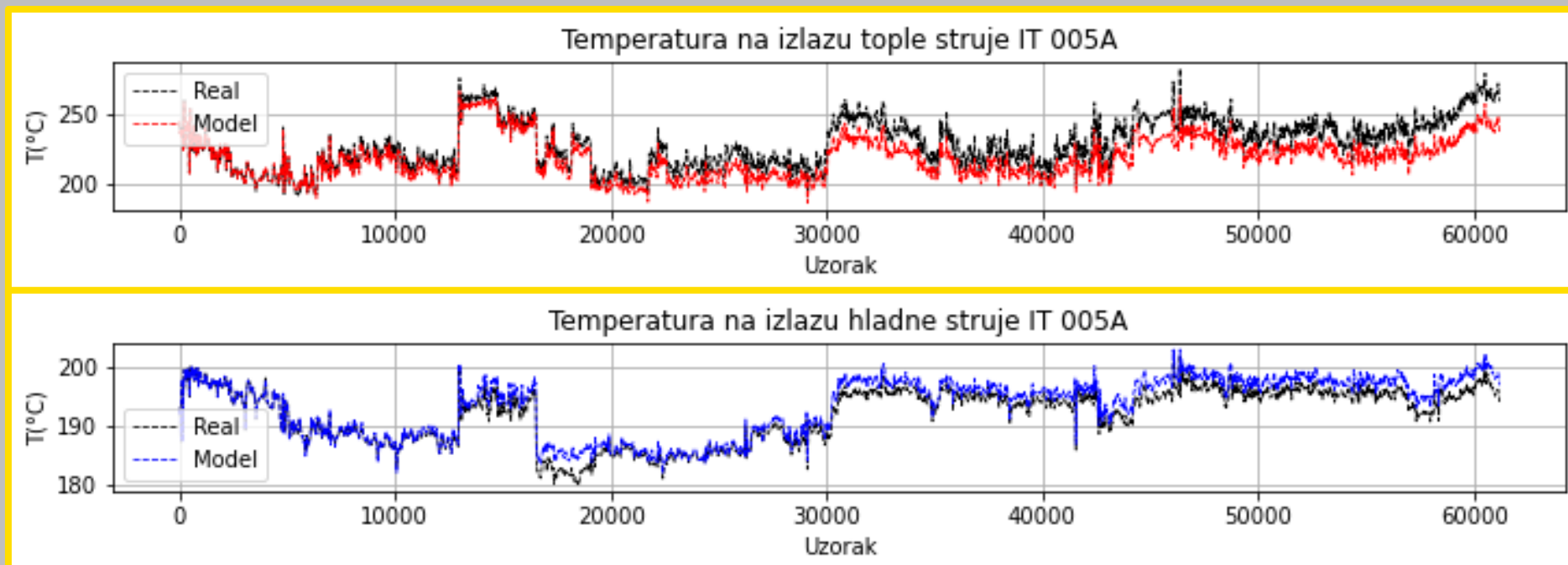


$$K_f = \frac{\dot{m}_c c_p (T_{h,i} - T_{h,o})}{AF \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln \left( \frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,o} - T_{c,i}} \right)}}$$

$$K_c = \frac{\dot{m}_c c_p (T_{h,i} - T_{h,o,mod})}{AF \frac{(T_{h,i} - T_{c,o,mod}) - (T_{h,o,mod} - T_{c,i})}{\ln \left( \frac{T_{h,i} - T_{c,o,mod}}{T_{h,o,mod} - T_{c,i}} \right)}}$$

$$R_f = \frac{1}{K_f} - \frac{1}{K_c}$$

## Procjena $R_f$ prema rezultatima modela NN



U ovom radu prikazan je način identifikacije nastanka naslaga, odnosno *fouling* faktora modelom neuronskih mreža u setu izmjenjivača topline u sekciji predgrijavanja sirove nafte. Nemjerene varijable (temperature na ulazima tople struje) procijenjene su na osnovi poznatih okolnih procesnih varijabli prema jednadžbama dizajna izmjenjivača topline i fizikalno-kemijskim karakteristikama sirove nafte.

$R_f$  - Fouling faktor ( $W^{-1}m^2K$ )  
 $K$  - Ukupni koeficijent prijenosa topline ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )  
 $c_p$  - Specifični toplinski kapacitet ( $Jkg^{-1}K^{-1}$ )  
 $T_{h,i}$  - Temperatura tople struje na ulazu u IT ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{c,i}$  - Temperatura hladne struje na ulazu u IT ( $^{\circ}C$ )

$T_{h,o}$  - Temperatura tople struje na izlazu iz IT ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{c,o}$  - Temperatura hladne struje na izlazu iz IT ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{h,o,mod}$  - Temperatura tople struje na izlazu iz IT (model) ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{c,o,mod}$  - Temperatura hladne struje na izlazu iz IT (model) ( $^{\circ}C$ )  
 $\dot{m}_h$  - maseni protok tople struje ( $kg h^{-1}$ )

$\dot{m}_c$  - maseni protok hladne struje ( $kg h^{-1}$ )  
 $Asp$  - količina asfalta u sirovoj nafti (wt%)  
 $\rho$  - Gustoća sirove nafte pri 15°C ( $kgm^{-3}$ )  
SG - Relativna gustoća pri 60°/60°F