

Izboljševanje varnosti jedrske elektrarne

Marko Čepin

marko.cepin@fe.uni-lj.si

Zaposlen na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, dosežek pa je primer zglednega sodelovanja tudi med Fakulteto za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Odsekom za reaktorsko tehniko Instituta „Jožef Stefan“, kjer je bil projekt kot osnova tega dosežka v času moje prejšnje zaposlitve pridobljen in izveden

Vsebina predstavitve

Cilji projekta

Metode

Izbrani rezultati

Zaključek

Izbran za **izjemni znanstveni dosežek za leto 2012** za področje ENERGETIKA s strani ARRS

Cilji

- Izboljšanje modelov povezanih z varnostjo jedrskih elektrarn
 - optimizacija preizkušanja in vzdrževanja
 - upoštevanje staranja opreme
 - ovrednotenje prispevka človeškega faktorja k zanesljivosti sistemov
- Povezava varnosti jedrskih elektrarn in zanesljivosti elektroenergetskih sistemov
 - uporaba verjetnostnih varnostnih analiz

Projektna ekipa

Marko Čepin (vodja projekta), Andrija Volkanovski, Andrej Prošek, Blaže Gjorgiev (MR), Duško Kančev (MR) in drugi sodelavci IJS-
Odsek za reaktorsko tehniko

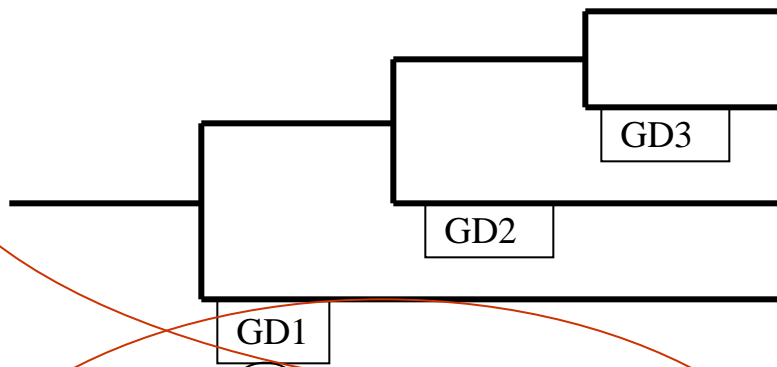
Naslov projekta:

Izboljševanje varnosti obstoječih in novih jedrskih elektrarn z verjetnostnimi varnostnimi analizami

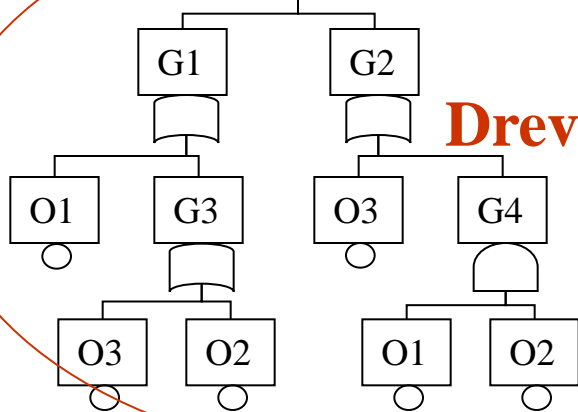
Metode – deterministične varnostne analize, verjetnostne varnostne analize

Začetni dogodek IE	Varnostni sistem 1 uspeh: SS1 odpoved: GD1	Varnostni sistem 2 uspeh: SS2 odpoved: GD2	Varnostni sistem 3 uspeh: SS3 odpoved: GD3
------------------------------	--	--	--

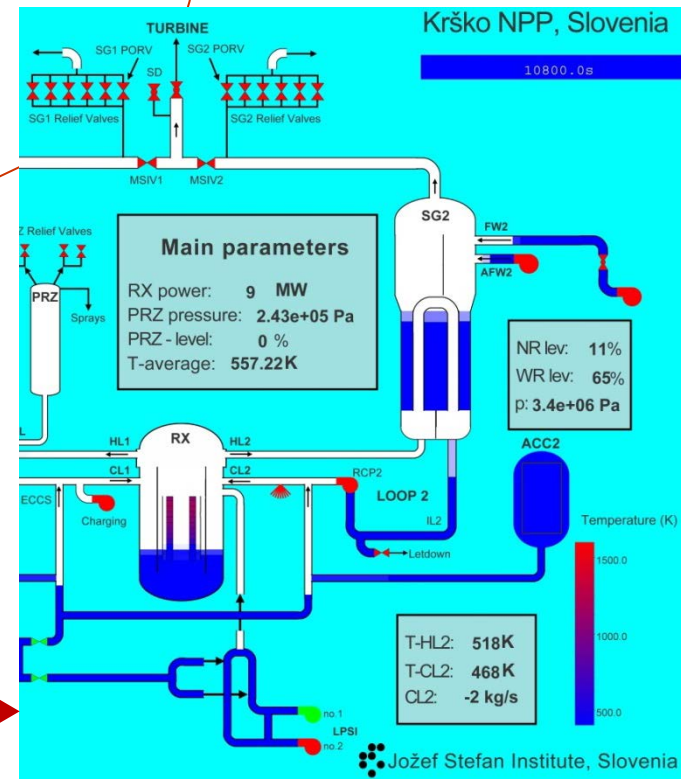
Drevo dogodkov



Drevo odpovedi



del zaslona
orodja –
A. Prošek
IJS-R4



Metode – deterministične varnostne analize, verjetnostne varnostne analize

Tveganje = funkcija (intervala preizkušanja, trajanja preizkušanja, pogostosti odpovedi komponent, verjetnosti napak pri človeških akcijah, odpovedi s skupnim vzrokom...)

Stroški = stroški obratovanja+stroški vzdrževanja in preizkušanja (preventivno in korektivno vzdrževanje)

} optimizacija

boljše metode (upoštevanje več vplivnih parametrov)

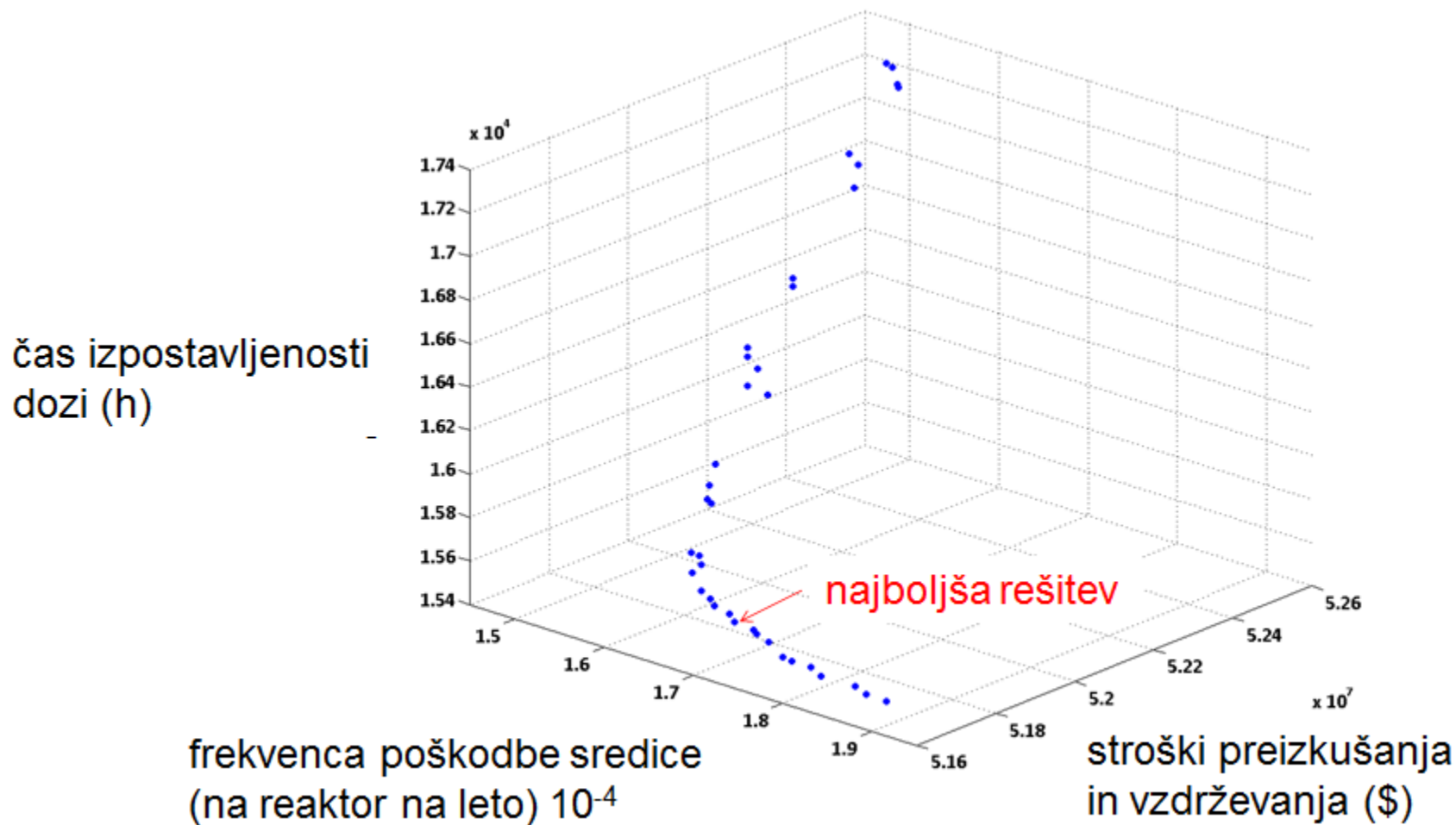
- konstantna pogostost odpovedi nadomeščena s časovno odvisno funkcijo
- novo upoštevanje odvisnosti med različnimi človeškimi akcijami
- izboljšana metoda upoštevanja odpovedi s skupnim vzrokom

Odločanje z upoštevanjem tveganja

Najpomembnejši rezultati

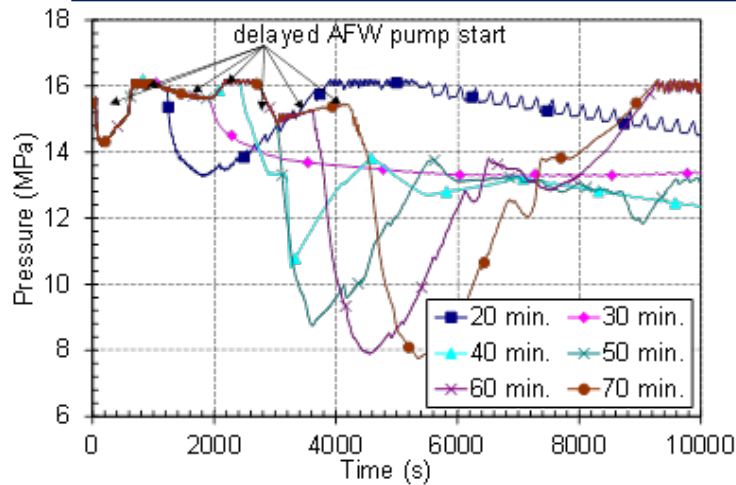
- vpeljava modelov staranja v modele verjetnostnih varnostnih analiz
- **optimizacija preizkušanja in vzdrževanja varnostnih sistemov na osnovi upoštevanja varnosti in stroškov**
- razvoj in uporaba izboljšane metode za ocenjevanje zanesljivosti človeškega faktorja okviru verjetnostnih varnostnih analiz
- **simulacije izgube sistema pomožne napajalne vode za podporo analizi zanesljivosti človeka**
- korelacija zanesljivosti elektroenergetskih sistemov in varnosti jedrskih elektrarn
- **razporeditev obratovanja elektrarn na osnovi upoštevanja varnosti, minimizacije stroškov in emisij škodljivih snovi**

Izbrani rezultati - optimizacija preizkušanja in vzdrževanja varnostnih sistemov na osnovi upoštevanja varnosti in stroškov

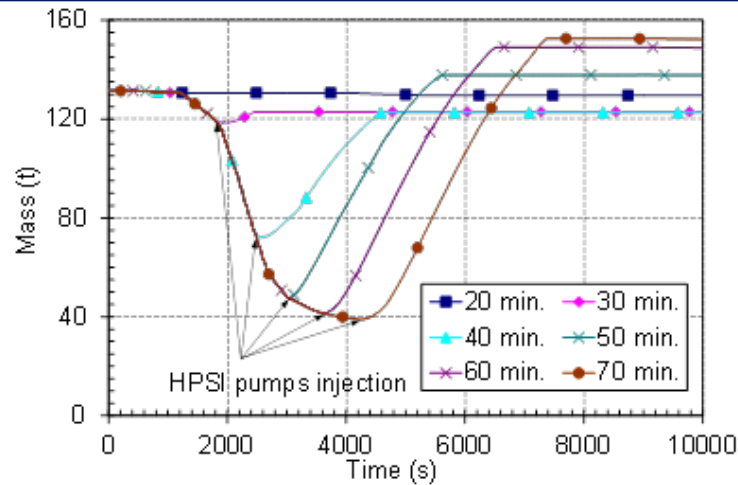


- disertacija Kančev, mentor Čepin

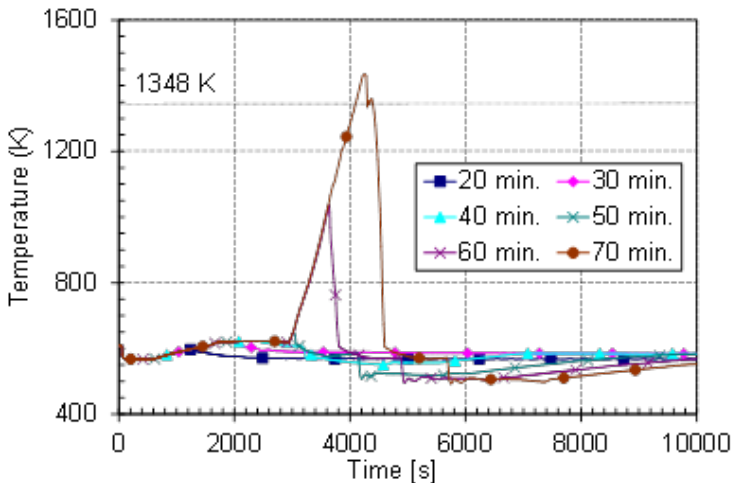
Izbrani rezultati – simulacije izgube sistema pomožne napajalne vode za podporo analizi zanesljivosti človeka



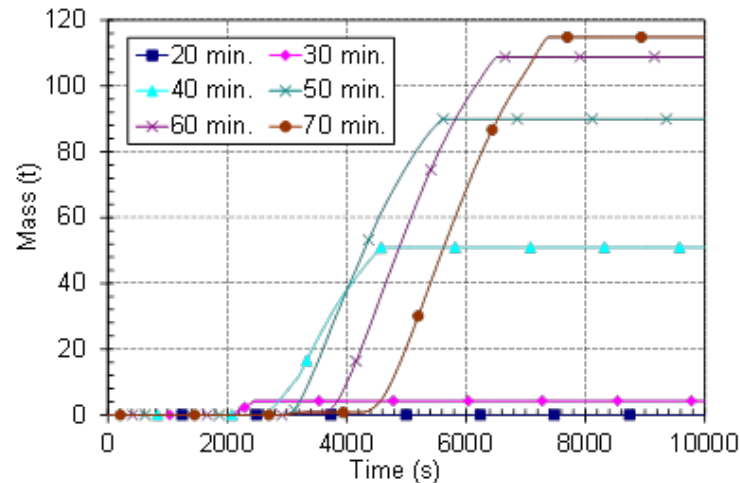
tlak primarnega sistema



masa vode primarnega sistema, ki je odvedena skozi ventile tlačnika



temperatura srajčke v sredici reaktorja

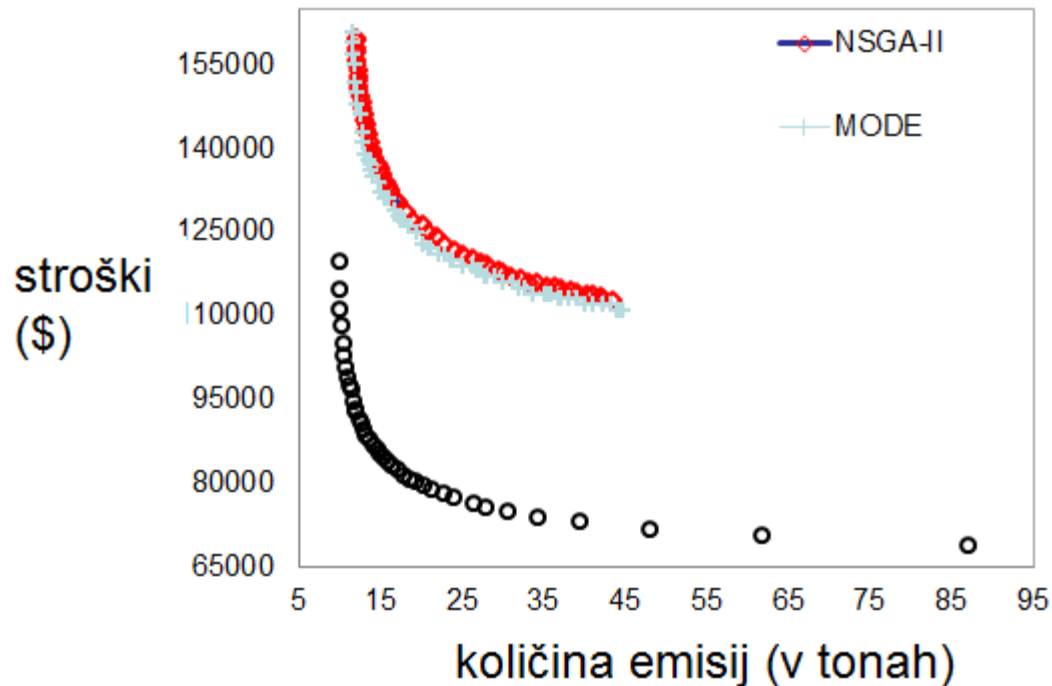


masa vode, ki jo dovede visokotlačni sistem varnostnega vbrizgavanja

A. Prošek,
M. Čepin

Izbrani rezultati – razporeditev obratovanja elektrarn na osnovi upoštevanja varnosti, minimizacije stroškov in emisij škodljivih snovi

Množica rešitev dobljenih z novo metodo, primerjava s prejšnjima metodama (za test sistem-III, primer-I)



Zaključek - izbrane ugotovitve

- **Specifične**
 - določitev časovnih oken, ki so na razpolago za akcije operaterjev
 - določitev optimalnih intervalov preizkušanja za varnostno opremo v pripravljenosti
 - razporeditev obratovanja elektrarn za znižanje stroškov in emisij škodljivih snovi za konkreten elektroenergetski sistem
- **Splošne**
 - vključevanje modelov staranja je znanstveno izjemno zanimivo, pri implementaciji v praksi pa je zaradi vprašanj učinkovitosti pomembno določiti katere modele je smiselno izboljševati
 - kljub avtomatizaciji elektrarn je človeški faktor še vedno odločilnega pomena pri zagotavljanju varnosti
 - izboljšave zanesljivosti elektroenergetskih sistemov pomenijo tudi izboljšanje varnosti jedrskih elektrarn

Realizacija ciljev projekta – vsi cilji doseženi

- Izboljšanje modelov povezanih za varnostjo jedrskih elektrarn

- optimizacija preizkušanja in vzdrževanja
- upoštevanje staranja opreme
- vključevanje ocen tveganja v odločanje

- doktorat, pod. usp., NL,
- članki v SCI revijah

- članki v SCI revijah

- Povezava varnosti jedrskih elektrarn in zanesljivosti elektroenergetskih sistemov

- uporaba verjetnostnih varnostnih analiz

- podoktorsko usposabljanje, CH,
- članki v SCI revijah,
- doktorat,
- znanstvena knjiga (1884 = št. prenesenih poglavij v letu 2012)

- Uporaba znanja pri projektih za NEK
- Drugi projekti in mednarodno povezovanje

Marko Cepin

Assessment of
Power System
Reliability

Methods and Applications