

CODEN STJSAO
ZX470/1378ISSN 0562-1887
UDK 629.73:62-7

Istraživanje pouzdanosti tehničkog sustava izbacivog pilotskog sjedala MkCH-11 metodom stabla kvara

Ivica HORVAT¹⁾ i Ivo ČALA²⁾

1) Ministarstvo obrane Republike Hrvatske,
Zapovjedništvo za potporu (Ministry of Defense
of Republic of Croatia, Logistics Command),
HR - 10413 Velika Buna,
Republic of Croatia

2) Fakultet strojarstva i brodogradnje,
Sveučilište u Zagrebu (Faculty of Mechanical
Engineering and Naval Architecture,
University of Zagreb), Ivana Lučića 5,
HR - 10000 Zagreb, **Republic of Croatia**

ihorvat5@net.hr

Ključne riječi

*Izbacivo pilotsko sjedalo MkCH-11
Metoda stabla kvara
Održavanje tehničkih sustava
Pouzdanost*

Keywords

*Ejection seat MkCH-11
Fault-tree method
Maintenance of technical systems
Reliability*

Received (primljeno): 2008-12-06**Accepted (prihvaćeno):** 2009-02-27

Pregledni članak

Predmet ovoga rada jest analiza pouzdanosti tehničkog sustava pilotskog izbacivanog sjedala MkCH-11 trenažnog zrakoplova Pilatus PC-9 metodom stabla kvara. Teorijski doprinos mogućem poboljšanju postojećeg sustava održavanja složenih tehničkih sustava, kao osnovnoj znanstvenoj subdisciplini, jest glavni cilj ovog istraživanja. Cjelovitost analize metodom stabla kvara (engl. Fault Tree Method – FTM) omogućena je upotrebom programskog paketa “CAFTA”.

Investigation of Reliability MkCH-11 Pilot Ejection Seat of the Fault Tree Method

Subject review

The focus of the research presented in the thesis is an examination of the applicability of the Fault Tree Method in the analysis of efficiency of the highly reliable system for the ejection of a pilot's seat MkCH-11, training aircraft Pilatus, PC-9. The main goal of the project is to contribute to the possible improvements in existing systems that are already in use for the maintenance of complicated technical systems. Analysis of the reliability of the technical system MkCH-11 with the Fault Tree Method using the “CAFTA” software package was completed.

1. Uvod

Metoda stabla kvara jedna je od osnovnih metoda analize pouzdanosti i procjene sigurnosti tehničkih sustava. Razvijena je šezdesetih godina u laboratorijima *Boeing* kompanije sa svrhom analize sigurnosti i mogućih rizika u sustavima naoružanja. Nakon toga se interes za primjenu ove metode proširuje, a početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća u studiji sigurnosti nuklearnih elektrana u Americi WASH-1400 (Reactor Safety Study, 1975), metoda stabla kvara primarno je korištena za određivanje pouzdanosti sustava nuklearne elektrane. I danas, ona pripada kategoriji najefikasnijih metoda za određivanje pouzdanosti složenih tehničkih sustava.

Analiza i utvrđivanje pouzdanosti složenih tehničkih sustava metodom stabla kvara predstavlja deduktivni postupak identifikacije svih relevantnih mogućih uzroka nepouzdanosti i utvrđivanja njihove interaktivne povezanosti [1].

Analizom neuspjeha pronalaze se uzročne veze između kvara sustava i osnovnih događaja sa usmjerenošću na određeni neželjeni događaj. Osnovni uvjet i nužnost u početnom pristupu analize pouzdanosti stablom kvara je definicija samog neželjenog ili glavnog događaja (*engl. top-event*) promatranog tehničkog sustava. Ukoliko je neželjeni događaj preopćenit, analiza stabla kvara je neizvediva; dok prevelika specifičnost ne daje dovoljnu mogućnost širine pregleda sustava [2].

Naknadno, rad slijedi analitički postupak utjecaja ponašanja podsustava i komponenata tehničkog sustava na glavni, odnosno neželjeni događaj koji detektiramo induktivnom analizom.

Analiza se temelji na dijagramskim opisima stabla kvara, koji simbolički opisuju logičke relacije, odnosno moguća međudjelovanja između događaja unutar promatranog tehničkog sustava. Na vrhustablakvaranalazi se neželjeni događaj, a redosljedi događaja koji ga mogu

uzrokovati čine grane stabla, gdje se putovi otkazivanja odnose na redoslijede događaja koji vode do neželjenog događaja. Kvalitativnim se definiranjem neželjenog događaja kroz konfigurirano stablo kvara, prolazeći kroz njegove grane, traže potencijalna otkazivanja podsustava i komponenata, odnosno proceduralne greške koje mogu dovesti do neželjenog događaja.

Stablo kvara je kompleks entiteta koji se nazivaju *vrata*, koja omogućuju, odnosno, neomogućuju logički nastanak kvara (niz događanja kvarova) [2].

Vrata prikazuju odnose među događajima koji su potrebni za pojavu višeg događaja. Viši događaj predstavlja *izlaz vrata* dok niži događaji predstavljaju *ulaze vrata*. Simbol vrata markira vrstu odnosa ulaznog događaja potrebnih za izlazni događaj. U praktičnome smislu *vrata* sličje prekidačima u strujnome krugu ili ventilima unutar cjevovoda. Označavanjem onih događaja koji su najmanje potrebni, ali ne više nego što je dovoljno, proizvodi se izlazni događaj logičkih vrata.

Svaki je događaj bitan za logiku stabla, a nijedna druga informacija nije potrebna da bi se dobio navedeni izlaz. Svi ostali događaji se isključuju, bilo kao nepotrebni ili se dodaju osnovnom ili detaljnijem nižem redu. Ovaj postupak dovodi do razvoja stabla kvara pomoću *Booleovih* logičkih vrata (*engl. logičar i matematičar George Boole, [1815-1864]*), koja interaktivno povezuju događaje koji bi mogli dati navedeni izlaz [1]. Dakle, *Booleova algebra* ili algebra logike je sustav dvočlane algebre kojom predstavljamo logičke odnose i operacije korištenjem jednostavnog binarnog koda (vrijednost 0 odgovara *neistini*, dok *istini* pridružujemo vrijednost 1).

Važno je znati da stablo kvara ne predstavlja model sveukupno mogućih uzroka neuspjeha tehničkog sustava, već pokriva samo kvarove kojima je provoditelj analize dao prioritet i procjenu najveće vjerojatnosti neželjenog događaja [1].

2. Analiza stabla kvara

Stablo kvara može se kvalitativno i/ili kvantitativno analizirati. Pod kvalitativnom procjenom podrazumijevamo prepoznavanje onih kombinacija događaja koje vode do realizacije glavnog, odnosno neželjenog događaja. Vrlo se često u praksi rezultati kvalitativne analize koriste za provjeru ispravnosti logike netom izgrađenog stabla kvara. Pridruživanje numeričkih vrijednosti vjerojatnosti oštećenja osnovnim događajima i izračun vjerojatnosti glavnog događaja provodi se postupkom kvantitativne analize stabla kvara.

Rezultati kvalitativne analize prema [1, 3] uključuju:

- minimalne presjeka stabla kvara (sveukupne kombinacije neuspjeha komponenata koje uzrokuju neuspjeh sustava)

- kvalitativne važnosti komponenata (kvalitativna ocjena svake pojedinačne komponente prema njenom doprinosu neuspjehu sustava)
- minimalne presjeka stabla kvara kod kojih sumnjamo na jedan uzrok neuspjeha (određivanje minimalnih presjeka sastavljenih od višestrukih komponenata, a koji bi se mogli pokvariti zbog samo jednog uzroka neuspjeha).

Kvantitativni rezultati prema [1, 2] dobiveni iz provedene analize obuhvaćaju:

- numeričke/apsolutne vjerojatnosti (uključuju vjerojatnosti kvara sustava i vjerojatnosti presjeka)
- kvantitativne važnosti komponenata (definiiraju postotak u kojem uzrokuju neuspjeh sustava)
- ocjenjivanje senzitivnosti (učinci promjena modela i podataka i analiziranje grešaka koje definiraju utjecaj neizvjesnosti u podatcima o razini neuspjeha).

Analiza stabla kvara može se koristiti za izračun učestalosti nekog neželjenog događaja koji može uzrokovati incident, troškove ili vrijeme zastoja u slučaju da se zaista dogodi.

Metoda stabla kvara se u većini slučajeva primjenjuje u analizi složenih incidenata, gdje su korišteni višestruki sustavi zaštite (na primjer: pri radu nuklearnog reaktora, kemijskih postrojenja, sustava vojnog naoružanja i sl.).

Iz kvalitativnih i kvantitativnih rezultata stabla kvara mogu se sugerirati razna rješenja i preporuke, koje dovode do odluka o kontroli postupka, modifikaciji, popravku i veličini preuzimanja rizika. Ova faza daje mogućnost donošenja odluke o korektivnoj izmjeni kao i mogućnosti eventualno potrebnih dorada i ocjene stabla kvara. Procjena, odlučivanje i potvrđivanje iterativno se ponavlja, sve dok se ne dobije prihvatljivo stablo kvara.

2.1. Minimalni presjeci skupova stabla kvara

Minimalne putanje ili minimalne staze predstavljaju komplementarni dio minimalnih presjeka skupova, određujući načine uspjeha koji ne dovode do realizacije glavnog događaja.

Glavni je cilj prezentacije i opisivanja stabla kvara Booleovim jednadžbama mogućnost njihova korištenja pri definiranju minimalnih presjeka skupova i minimalnih putanja stabla kvara. Za potrebe određivanja minimalnih presjeka skupova, nužno je prethodno prevođenje stabla kvara u ekvivalente Booleovih jednadžbi, što se čini pomoću brojnih zakonitosti Booleove logike.

Dvije najčešće korištene metode supstitucije jesu *top – down* (odozgo prema dolje) i *bottom – up* (odozdo prema gore), a obje omogućavaju razvijanje Booleovih jednadžbi.

Za manja i srednje velika stabla kvara primjenjuje se brži *top – down* pristup, dok se kod velikih stabala kvara, zbog ograničenja računalnih mogućnosti, primjenjuje ili *bottom – up* model ili kombinacija [4]. Zakonitosti distribucije i apsorpcije pri tome se koriste u cilju otklanjanja pojave redundantnosti.

Iz navedenog proizlazi da minimalni presjek skupa (engl. Minimal Cut Set - MCS) predstavlja najmanju kombinaciju komponenata koje, kada su sve u stanju neuspjeha, uzrokuju pojavu glavnog događaja. Prema definiciji iz [2], minimalni presjek skupa označava kombinaciju, odnosno intersekciju primarnih događaja koji su nužno potrebni za realizaciju glavnog događaja; pri čemu se pod pojmom kombinacije misli na *najmanju moguću kombinaciju* u kojoj je potrebna zastupljenost svih *neuspjeha* koji su dostatni za ostvarenje glavnog ili neželjenog događaja.

Svako stablo kvara ima konačan broj minimalnih presjeka skupova, jer postoji i konačan broj događaja dotičnog sustava. Nadalje, minimalni presjek skupa može biti okarakteriziran i konačnim brojem elementarnih događaja koji ga tvore.

2.2. Osjetljivost modela stabla kvara

Ispitivanjem osjetljivosti (engl. Sensitivity) modela stabla kvara zapravo se procjenjuje mjera između bitnih i nebitnih događaja koji konstituiraju stablo kvara. Analiza osjetljivosti na promjenu ulaznih podataka provodi se na specifično odabranim podatcima i dijelovima stabla kvara. Moguća su dva načina u njejoj realizaciji; ili sustavno (što uključuje sve ulazne podatke), ili za samo odabrane dijelove modela stabla kvara. Sustavna analiza utjecaja promjene ulaznih podataka na završni rezultat provodi se izračunom konačnog rezultata za dvije ekstremne vrijednosti ulaznih podataka.

Izračun prve ekstremne vrijednosti (engl. Sensitivity High) podrazumijeva uvećanje ulaznih podataka za vrijednost 10, što predstavlja hipotetsku gornju granicu rezultata. Druga ekstremna vrijednost, odnosno hipotetska donja granica (engl. Sensitivity Low) rezultata dobiva se na način da se vrijednosti ulaznih podataka umanje za faktor 10. Vrijednost osjetljivosti predstavljena je kvocijentom ova dva ekstrema. Ovaj je pristup moguće primijeniti i na odabrane grupe komponenata unutar stabla kvara.

2.3. Mjere važnosti

Mjere važnosti utvrđuju utjecaj komponente, grupe komponenata ili pojedinačnog događaja na završni rezultat relativno u odnosu na sve druge komponente i događaje.

Danas se najčešće koriste tri mjere važnosti:

Fussel – Vesely mjera važnosti promatranog događaja se najčešće definira kao omjer vjerojatnosti *glavnog događaja* koji je izračunat isključivo s minimalnim presjecima koji sadrže taj događaj i ukupne vjerojatnosti glavnog događaja.

Mjera povećanja rizika (engl. Risk Decrease Failure – RDF) se za promatrani događaj definira omjerom vjerojatnosti *glavnog događaja* izračunate s vjerojatnošću 1 za taj događaj i njegove ukupne vjerojatnosti. Njome se izračunava faktor porasta rizika ako se zbog nekog razloga (*npr. kvara*) komponenta ukloni iz sustava. Ukoliko se želi održati postojeća razina pouzdanosti promatranog sustava, mjera povećanja rizika nam ukazuje na koje bi komponente trebalo obratiti povišenu pozornost, odnosno da iste ne degradiraju značajno.

Mjera smanjenja rizika (engl. Risk Increase Failure – RIF) se za neki događaj definira kao omjer ukupne vrijednosti *glavnog događaja* i njegove vjerojatnosti izračunate s vjerojatnošću 0 za taj isti događaj. Ovom se mjerom važnosti ukazuje na smanjenje rizika u slučaju da komponentu načinimo idealnom. Želi li se smanjiti nerasplošnost promatranog sustava, mjera smanjenja rizika nas upućuje na koje bi komponente najprije trebalo utjecati, primjerice poboljšanjem postojećeg sustava održavanja ili eventualnim modifikacijama ključnih komponenata. Iz gore navedenoga je vidljivo da mjere važnosti rizika predstavljaju vrlo korisne indikatore u praktičnim primjenama dobivenih rezultata, nastalih provedenom analizom metode stabla kvara na promatranom tehničkom sustavu.

3. Analiza pouzdanosti izbacivog pilotskog sjedala MkCH-11 stablom kvara

3.1. Pretpostavke i ograničenja modeliranja stabla kvara MkCH-11

Istraživanje pouzdanosti provedeno je na floti od ukupno 17 zrakoplova Pilatus PC-9, što čini uzorak od 34 izbaciva sjedala tipa MkCH-11 (par katapultirajućih sjedala pripada pojedinačnom zrakoplovu); sustavnim praćenjem i analizom prikupljenih podataka održavanja u desetogodišnjem vremenskom periodu njihove eksploatacije [5].

Potpuno poznavanje funkcionalnosti promatranog sustava MkCH-11 uz niže navedene pretpostavke i ograničenja predstavljaju nužnu i dovoljnu količinu podataka potrebnih za kvalitetnu izradu pripadajućeg modela stabla kvara koje se obično provodi u nekoliko faza; u prvju je fazi nužno s razvojem modela prodrijeti što je moguće dalje i dublje, kako bi se otkrile sve moguće poveznice unutar i između promatranog

tehničkog sustava. Metoda stabla kvara, sama po sebi, ne podrazumijeva nikakva ograničenja razlučivanja ili dubine istraživanja pri razvijanju modela [1, 2], dok konačna inačica modela zahtijeva njegovu optimizaciju, kako on ne bi bio prevelik.

Pretpostavke i ograničenja u izradi modela stabla kvara izbacivog sjedala MkCH-11 [6-8]:

1. Osnovna logika stabla kvara opisana je kriterijem neuspjeha sustava MkCH-11.
2. Modelirana situacija opisana je glavnim ili vršnim događajem "NEUSPJEH U SPAŠAVANJU MkCH-11" koji uključuje sve moguće događaje koji za posljedicu imaju smrt ili teže ozljeđivanje pilota zrakoplova.
3. Izbacivo sjedalo je promatrano u okvirima jednokratnog sustava; jer ono treba izvršiti svoju funkciju spašavanja pilota u radnom vremenskom intervalu od 2,65 s, u bilo kojem trenutku eksploatacije zrakoplova (računa se s prosječnim životnim vijekom zrakoplova od 30 godina).
4. Pretpostavljena je situacija u kojoj je promatrani uzorak redovito tehnički održavan, sukladno svim tehničkim zahtjevima i preporukama proizvođača zrakoplova.
5. Iz glavnog događaja su izuzeti svi događaji mogućih katapultiranja MkCH-11 iz zrakoplova na tlu i pri brzinama *rulanja* na uzletno-sletnoj stazi manjim od 130 km/h, jer tada su zračne struje preslabog intenziteta za potpunost formiranja kupola stabilizirajućeg i glavnog pilotskog padobrana.
6. Nije modeliran podsustav slijednog izbacivanja pilota i instruktora zrakoplova, već je izbacivo sjedalo izolirano kao autonomna cjelina.
7. Nisu modelirane situacije ekstremno katastrofalnih situacija zrakoplova, kao niti spašavanja pilota u ratom zahvaćenim područjima; iste značajno povećavaju vjerojatnost realizacije glavnog događaja.
8. Stanja gradivih komponenata promatranog sustava modelirana su kao *ispravna* ili *neispravna*; nisu modelirana međustanja.
9. Dizajn komponenata i cjelokupnog tehničkog sustava u potpunosti odgovara funkcionalnim zahtjevima za koje su isti predviđeni.
10. Puknuće glavne ručice za iniciranje izbacivanja MkCH-11 nije modelirano, jer je vjerojatnost tog događaja za nekoliko redova veličine manja od konačnih rezultata.
11. Kvarovi sa zajedničkim uzorkom ugrađeni su u model kod primarnih i sekundarnih piropatrone balističkog katapulta, te piromehanizma stabilizirajućeg

padobrana (radi se o istim proizvodnim serijama, identičnim uvjetima skladištenja, transporta te postupka njihove ugradnje na izbacivo sjedalo).

12. Ljudske pogreške uzete su u obzir u okvirima provedbi aktivnosti održavanja i eksploatacije promatranog tehničkog sustava. Modelirane su situacije neispravnog pakiranja glavnog padobrana, neispravne zabavljenosti gornje brave balističkog katapulta i podsustava inicirajućeg piromehanizma.
13. Nije razmatrana funkcionalna ovisnost paketa za preživljavanje pilota unutar vjerojatnosti realizacije glavnog događaja. Isti ima ulogu u spašavanju života pilota, ali tek po njegovom uspješnom prizemljenju (kopno ili more).
14. Unutar modela nije razmatrana mogućnost da više neispravnih stanja rezultira ispravnim.

Zbog preglednosti i lakše čitljivosti, konačni oblik izgrađenog stabla kvara pomoću računalnog programskog alata "CAFTA", razdijeljen je u sedam segmenata te s pripadajućim ulaznim podacima i dobivenim rezultatima smješten u sljedećem poglavlju ovog rada.

3.2. Rezultati istraživanja

Basic Event Description Report

C:\Documents and Settings\IVAN\Desktop\ZAVRŠNI MODEL FTA 2008\Analiza stablom kvara MkCH11\HORVAT 04022008.caf 04.02.2008 20:04

B.E. Name	Prob.	Description
BE0001	1,00E+00	Potreba za spašavanjem pilota
BE004	1,00E-04	Otkaz prve sekundarne piropatrone
BE005	1,00E-04	Otkaz druge sekundarne piropatrone
BE008	1,00E-05	Neispr.meh.brava gornjih i donjih pilot.veza
BE020	1,00E-04	Otkaz primarne piropatrone balist. katapulta
BE021	1,00E-06	Neispravnost ulaznog konektora
BE022	1,00E-06	Neispravnost cjevovoda barutnih plinova
BE023	1,00E-06	Oštećenje ili deformacija udarne igle
BE024	1,00E-05	Trajna deformacija udarne opruge
BE025	1,00E-06	Neispravnost brtvenih grupa
BE027	1,00E-04	Otkaz inicirajuće piropatrone
BE028	1,00E-05	Kvar sklopa unutarnjih ventila
BE029	1,00E-05	Kvar sklopa vanjskih ventila
BE030	1,00E-06	Neispravnost brzorastavnih konektora

BE031	1,00E-06	Neispravnost cjevovoda barutnih plinova
BE070	1,00E-06	Otkaz ruč.skl.za aktiv. opskrbe pilota kisikom
BE074	1,00E-05	Trajna deformacija tlačne opruge
BE075	1,00E-05	Kvar plunžera gornje brave
BE081	1,00E-06	Otkaz piropatrona stabilizir. padobrana - KZU
BE095	1,00E-04	Otkaz piropatrone meh.za zatezanje pilot.veza
BE103	1,00E-06	Neispr. teleskop. cilindra balist. katapulta
BE111	1,00E-05	Neispravnost brava nožnih veza pilota
BE113	1,00E-06	Kvar mehanizma nožnih veza pilota
BE114	1,00E-05	Trajna deform.remenih pojas. nožnih pilot.veza
BE116	1,00E-06	Neispr. pričvrtnih okova nožnih pilotskih veza
BE120	1,00E-05	Neispravnost barostatskog mehanizma
BE124	1,00E-06	Neispravnost polužnog aktivirajućeg mehanizma
BE125	1,00E-06	Glava kisik boce je neispravna
BE126	1,00E-06	Regulator kisika je neispravan
BE134	1,00E-05	Boce s kisikom funkcionalno neispravna
BE137	1,00E-04	Otkaz piropatr. mehan. ruč. odvaj. pilot. veza
BE138	1,00E-05	Kvar piromehanizma ručn. odvajanja pilot. veza
BE139	1,00E-05	Trajna def. remenih pojaseva gl. pilot. veza
BE141	1,00E-05	Meh. kvar kinem. meh. za zatezanje pilot. veza
BE143	1,00E-06	Neispravnost sklopa vijčanog vretena
BE166	1,00E-04	Otkaz primarne piropatrone stabiliz. padobrana
BE167	1,00E-04	Otkaz sekundarne piropatr. stabiliz. padobrana
BE171	1,00E-06	Kvar zapinjača kinem. meh. vremenskog automata
BE172	1,00E-06	Neispravnost zupčastog prijenosa
BE173	1,00E-04	Otkaz piropat.barostatsko-vremenskog automata
BE183	1,00E-06	Neisprav. kliznih vodilica izbacivog sjedala
BE184	1,00E-06	Pričvrtni spojevi vijčanih veza nisu ispravni

HE001	1,00E-02	Pilot nije u moguć. aktiv. izbacivanje sjedala
HE002	1,00E-03	Gl.osig.inicijat. balis.katapulta nije odblok.
HE003	1,00E-02	Pilot nije u mog. deblok.gl.osig. tijekom leta
HE004	1,00E-03	Plunžer gornje brave nije ispravno zabavljen
HE007	1,00E-03	Pilot nije ispravno vezan u pilotskom sjedalu
HE010	1,00E-03	Ljud.greš.uzrok.nekontr.istjec. kisika iz boce
HE022	1,00E-02	Padobranska užad nije ispravno složena
HE044	1,00E-02	Nepravilno pakiranje kupole glavnog padobrana
HE071	1,00E-03	Pilot ne uspij.aktiv.pričuvni podsustav opskr.kisikom
KZU01	1,00E-06	Otkaz sekundarnih pirop.balist. katapulta – KZU

BE – (engl. Basic Event) – Osnovni događaj
 HE – (engl. Human Error) – Ljudska pogreška
 KZU - Kvarovi sa zajedn. uzrokom - (engl.Common Cause Failure)

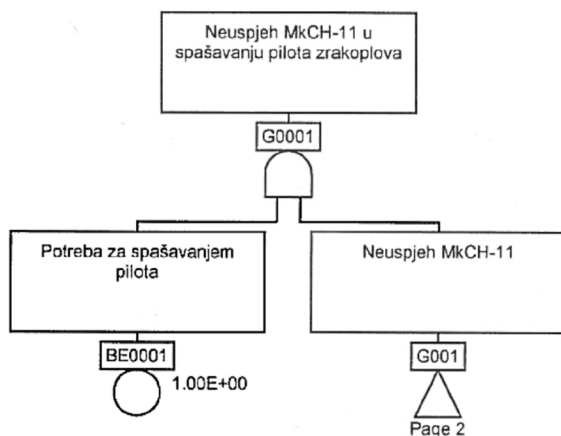
Osnovni događaji i parametri

ID	Description	Mean	Dist.type	Dist.Par 1
BE0001	1,00E+00	None		
BE004	1,00E-04	Lognormal		5,00E+00
BE005	1,00E-04	Lognormal		5,00E+00
BE008	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE020	1,00E-04	Lognormal		5,00E+00
BE021	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE022	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE023	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE024	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE025	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE027	1,00E-04	Lognormal		5,00E+00
BE028	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE029	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE030	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE031	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE070	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE074	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE075	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE081	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE095	1,00E-04	Lognormal		5,00E+00
BE103	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01
BE111	1,00E-05	Lognormal		1,00E+01
BE113	1,00E-06	Lognormal		1,00E+01

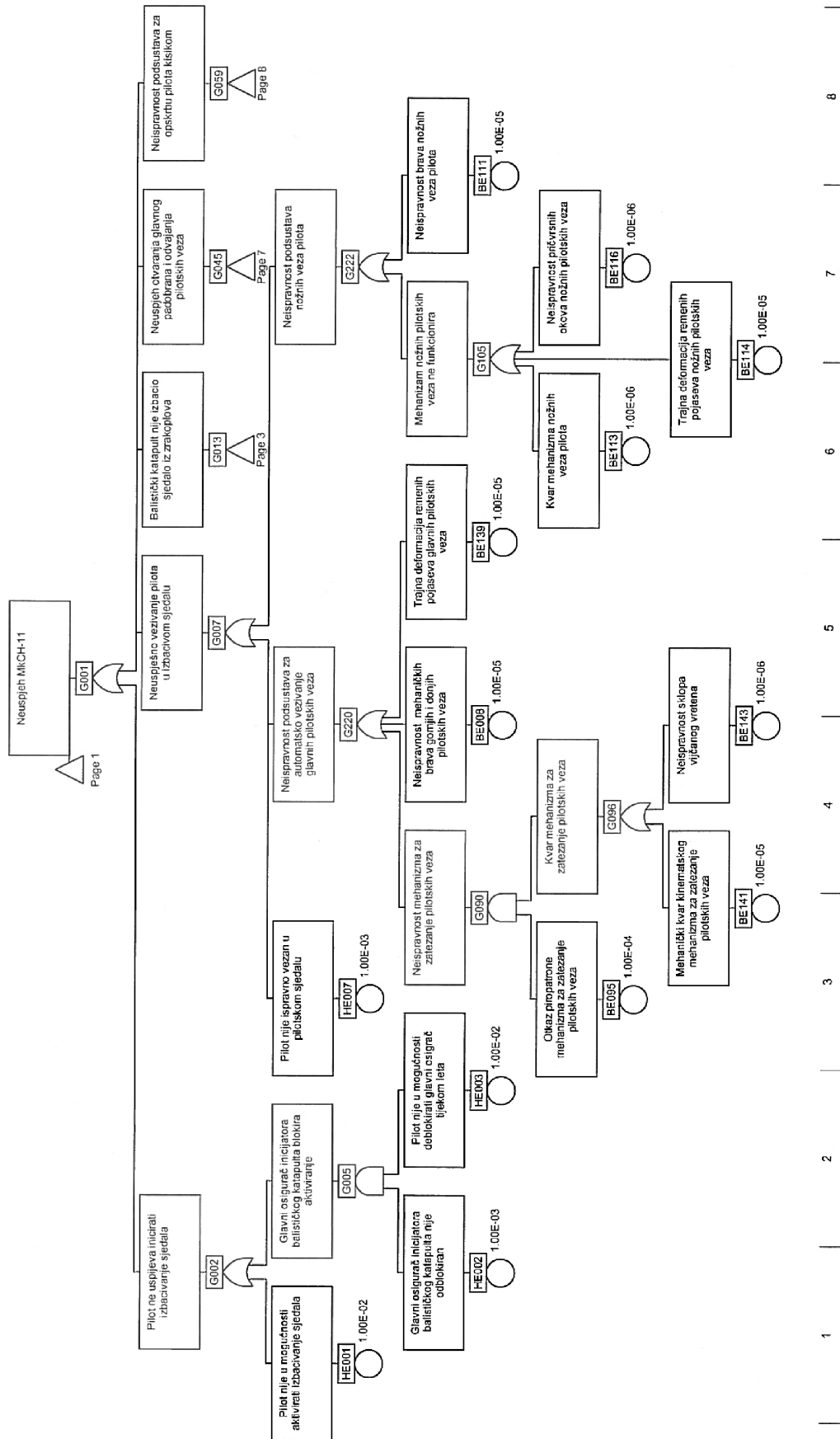
BE114	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE116	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE120	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE124	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE125	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE126	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE134	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE137	1,00E-04	Lognormal	5,00E+00
BE138	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE139	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE141	1,00E-05	Lognormal	1,00E+01
BE143	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE166	1,00E-04	Lognormal	5,00E+00
BE167	1,00E-04	Lognormal	5,00E+00
BE171	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE172	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE173	1,00E-04	Lognormal	5,00E+00
BE183	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
BE184	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01
HE001	1,00E-02	Lognormal	1,00E+01
HE002	1,00E-03	Lognormal	1,00E+01
HE003	1,00E-02	Lognormal	1,00E+01
HE004	1,00E-03	Lognormal	1,00E+01
HE007	1,00E-03	Lognormal	1,00E+01
HE010	1,00E-03	Lognormal	1,00E+01
HE022	1,00E-02	Lognormal	1,00E+01
HE044	1,00E-02	Lognormal	1,00E+01
HE071	1,00E-03	Lognormal	1,00E+01
KZU01	1,00E-06	Lognormal	1,00E+01

Minimalni presjeci stabla kvara

1	1,000E-02	74,23	BE0001	HE001		
2	1,000E-03	7,42	BE0001	HE007		
3	1,000E-03	7,42	BE0001	HE004		
4	1,000E-03	7,42	BE0001	HE010		
5	1,000E-04	0,74	BE0001	BE027		
6	1,000E-04	0,74	BE0001	BE020		
7	1,000E-04	0,74	BE0001	BE173		
8	1,000E-04	0,74	BE0001	HE022	HE044	
9	1,000E-05	0,07	BE0001	HE002	HE003	
10	1,000E-05	0,07	BE0001	BE114		
11	1,000E-05	0,07	BE0001	BE028		
12	1,000E-05	0,07	BE0001	BE024		
13	1,000E-05	0,07	BE0001	BE139		
14	1,000E-05	0,07	BE0001	BE029		
15	1,000E-05	0,07	BE0001	BE008		
16	1,000E-05	0,07	BE0001	BE120		
17	1,000E-05	0,07	BE0001	BE111		
18	1,000E-05	0,07	BE0001	BE134		
19	1,000E-06	0,01	BE0001	BE116		
20	1,000E-06	0,01	BE0001	BE021		
21	1,000E-06	0,01	BE0001	BE022		
22	1,000E-06	0,01	BE0001	BE030		
23	1,000E-06	0,01	BE0001	BE183		
24	1,000E-06	0,01	BE0001	BE184		
25	1,000E-06	0,01	BE0001	BE025		
26	1,000E-06	0,01	BE0001	BE031		
27	1,000E-06	0,01	BE0001	BE103		
28	1,000E-06	0,01	BE0001	BE113		
29	1,000E-06	0,01	BE0001	BE023		
30	1,000E-06	0,01	BE0001	KZU01-ALL		
31	9,801E-09	0,00	BE0001	BE004	BE005	
32	1,000E-09	0,00	BE0001	BE124	HE071	
33	1,000E-09	0,00	BE0001	BE125	HE071	
34	1,000E-09	0,00	BE0001	BE126	HE071	
35	1,000E-09	0,00	BE0001	BE095	BE141	
36	1,000E-10	0,00	BE0001	BE095	BE143	
37	1,000E-10	0,00	BE0001	BE081	BE137	
38	1,000E-10	0,00	BE0001	BE074	BE075	
39	1,000E-11	0,00	BE0001	BE081	BE138	
40	1,000E-12	0,00	BE0001	BE070	BE126	
41	1,000E-12	0,00	BE0001	BE171	BE172	
42	1,000E-12	0,00	BE0001	BE070	BE124	
43	1,000E-12	0,00	BE0001	BE070	BE125	
44	1,000E-12	0,00	BE0001	BE137	BE166	BE167
45	1,000E-13	0,00	BE0001	BE138	BE166	BE167



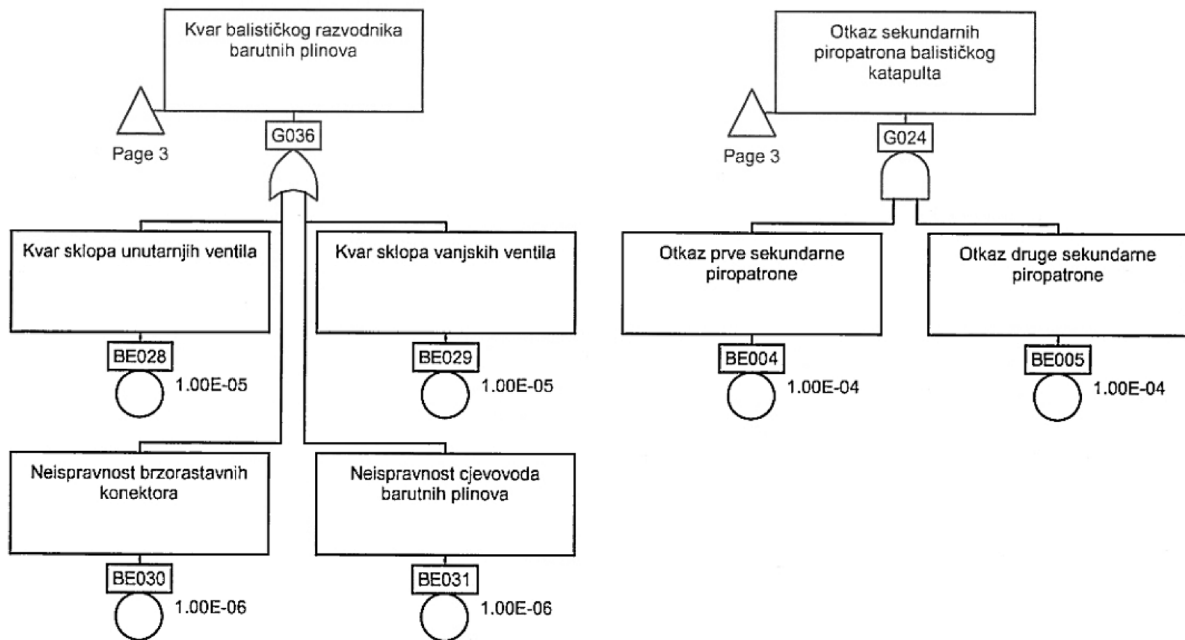
Slika 1. Stablo kvara MkCH-11 I dio
 Figure 1. Fault Tree Model Part I



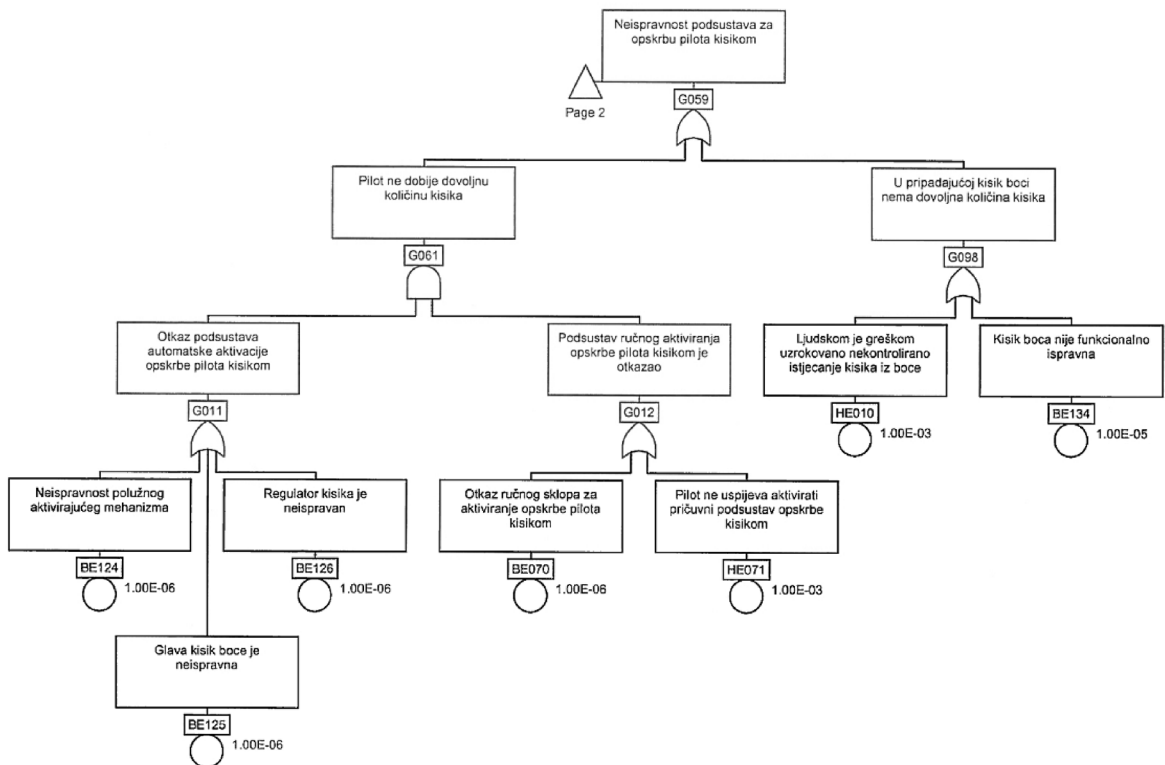
Slika 2. Stablo kvara MkCH-11 II. dio
Figure 2. Fault Tree Model Part II

Mjere važnosti i osjetljivost

No.	ID	Nom.val.	Fussel-Vesely	RDF	RIF	Sens.	Sens.hig.	Sens.low
1	BE0001	1,0	1,0	9,99E+99	1,00	1,00E+01	1,35E-02	1,35E-03
2	HE001	1,00E-02	7,42E-01	3,83E+00	7,42E+01	2,29E+01	1,03E-01	4,51E-03
3	HE007	1,00E-03	7,42E-02	1,08E+00	7,42E+01	1,78E+00	2,24E-02	1,26E-02
4	HE004	1,00E-03	7,42E-02	1,08E+00	7,42E+01	1,78E+00	2,24E-02	1,26E-02
5	HE010	1,00E-03	7,42E-02	1,08E+00	7,42E+01	1,78E+00	2,24E-02	1,26E-02
6	BE027	1,00E-04	7,42E-03	1,01E+00	7,42E+01	1,07E+00	1,44E-02	1,34E-02
7	BE173	1,00E-04	7,42E-03	1,01E+00	7,42E+01	1,07E+00	1,44E-02	1,34E-02
8	BE020	1,00E-04	7,42E-03	1,01E+00	7,42E+01	1,07E+00	1,44E-02	1,34E-02
9	HE022	1,00E-02	7,42E-03	1,01E+00	1,72E+00	1,07E+00	1,44E-02	1,34E-02
10	HE044	1,00E-02	7,42E-03	1,01E+00	1,72E+00	1,07E+00	1,44E-02	1,34E-02
11	HE003	1,00E-02	7,42E-04	1,00E+00	1,07E+00	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
12	HE002	1,00E-03	7,42E-04	1,00E+00	1,73E+00	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
13	BE024	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
14	BE028	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
15	BE029	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
16	BE031	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
17	BE114	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
18	BE120	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
19	BE134	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
20	BE008	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
21	BE133	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
22	BE111	1,00E-05	7,42E-04	1,00E+00	7,42E+01	1,01E+00	1,36E-02	1,35E-02
23	BE023	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
24	BE022	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
25	BE025	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
26	BE021	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
27	BE184	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
28	BE183	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
29	BE116	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
30	BE030	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
31	BE113	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
32	BE103	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
33	KZU01	1,00E-06	7,42E-05	1,00E+00	7,42E+01	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
34	BE005	9,90E-05	7,27E-07	1,00E+00	1,01E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
35	BE004	9,90E-05	7,27E-07	1,00E+00	1,01E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
36	HE071	1,00E-03	2,23E-07	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
37	BE035	1,00E-04	8,16E-08	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
38	BE124	1,00E-06	7,43E-08	1,00E+00	1,07E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
39	BE125	1,00E-06	7,43E-08	1,00E+00	1,07E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
40	BE126	1,00E-06	7,43E-08	1,00E+00	1,07E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
41	BE141	1,00E-05	7,42E-08	1,00E+00	1,01E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
42	BE081	1,00E-06	8,16E-09	1,00E+00	1,01E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
43	BE137	1,00E-04	7,49E-09	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
44	BE075	1,00E-05	7,42E-09	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
45	BE074	1,00E-05	7,42E-09	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
46	BE143	1,00E-06	7,42E-09	1,00E+00	1,01E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
47	BE138	1,00E-05	7,49E-10	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
48	BE070	1,00E-06	2,23E-10	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
49	BE167	1,00E-04	8,16E-11	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
50	BE166	1,00E-04	8,16E-11	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
51	BE172	1,00E-06	7,42E-11	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02
52	BE171	1,00E-06	7,42E-11	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,35E-02	1,35E-02



Slika 5. Stablo kvara MkCH-11 V dio
 Figure 5. Fault Tree Model Part V



Slika 7. Stablo kvara MkCH-11 VII dio
 Figure 7. Fault Tree Model Part VII

