



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *kemijo in kemijsko tehnologijo*
Oddelek za *tehniško varnost*

Inženir in tveganje

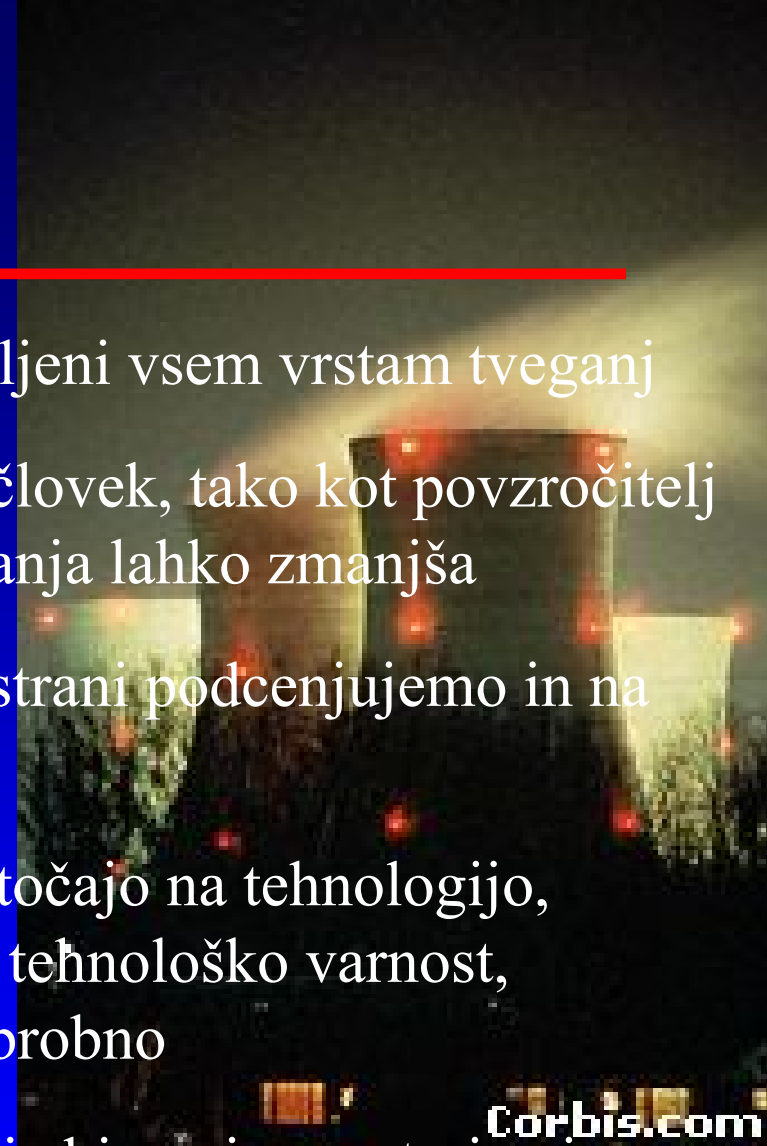


Mitja Kožuh



Uvod

- V vsakdanjem življenju smo izpostavljeni vsem vrstam tveganj
- Pri večini tveganj ima ključno vlogo človek, tako kot povzročitelj tveganj ali pa kot dejavnik, ki ta tveganja lahko zmanjša
- Vse prevečkrat vlogo človeka na eni strani podcenjujemo in na drugi strani precenjujemo
- Varnostne analize se dostikrat osredotočajo na tehnologijo, predpise in standarde, ki zagotavljajo tehnološko varnost, istočasno pa človeka omenjajo bolj obrobno
- Enaka tehnološka oprema z različnimi ekipami operaterjev in vzdrževalcev lahko predstavlja glede tveganja popolnoma drug sistem



Corbis.com



Uvod

- Čeprav izsledki znanosti in tehnologije ustvarjajo vedno boljše življenjske pogoje, pa je v družbi vedno prisoten strah pred tveganji, ki jih razvoj prinaša
- Upravičenost tega strahu potrjujejo nezgode, ki polnijo naslovne strani časopisov
- ***Code of Professional Practice on Engineers and Risk Issues*** (1. marec 1993) v Veliki Britaniji opredeli kakšen odnos mora imeti inženir do tveganj, izdal ***Engineering Council, Lloyd's Register*** in ***Health & Safety Executive***
- ***Guidelines on Risk Issues*** predstavljajo navodila in razlago pravilnika, kako ga razumeti in uporabljati v praksi, izdal ***Engineering Council*** in ***Lloyd's Register***



Koga vse zanima ukvarjanje s tveganji





Točke pravilnika

- *Profesionalna odgovornost*
- *Zakonodaja*
- *Obnašanje*
- *Pristop*
- *Presoja*
- *Komunikacija*
- *Menedžment*
- *Stokovno usposabljanje*
- *Zavedanje javnosti*



Priporočila za vključitev tematike tveganja na tehnične fakultete

- Štiri predavanja po eno uro, ki se jih podpre z
- Dvema primeroma po štiri ure in
- Eno vajo štiri ure za izdelavo enostavne analize ***HAZOP*** ali ***FMEA***



ZUNANJI FAKTORJI
javnost
zakonodaja

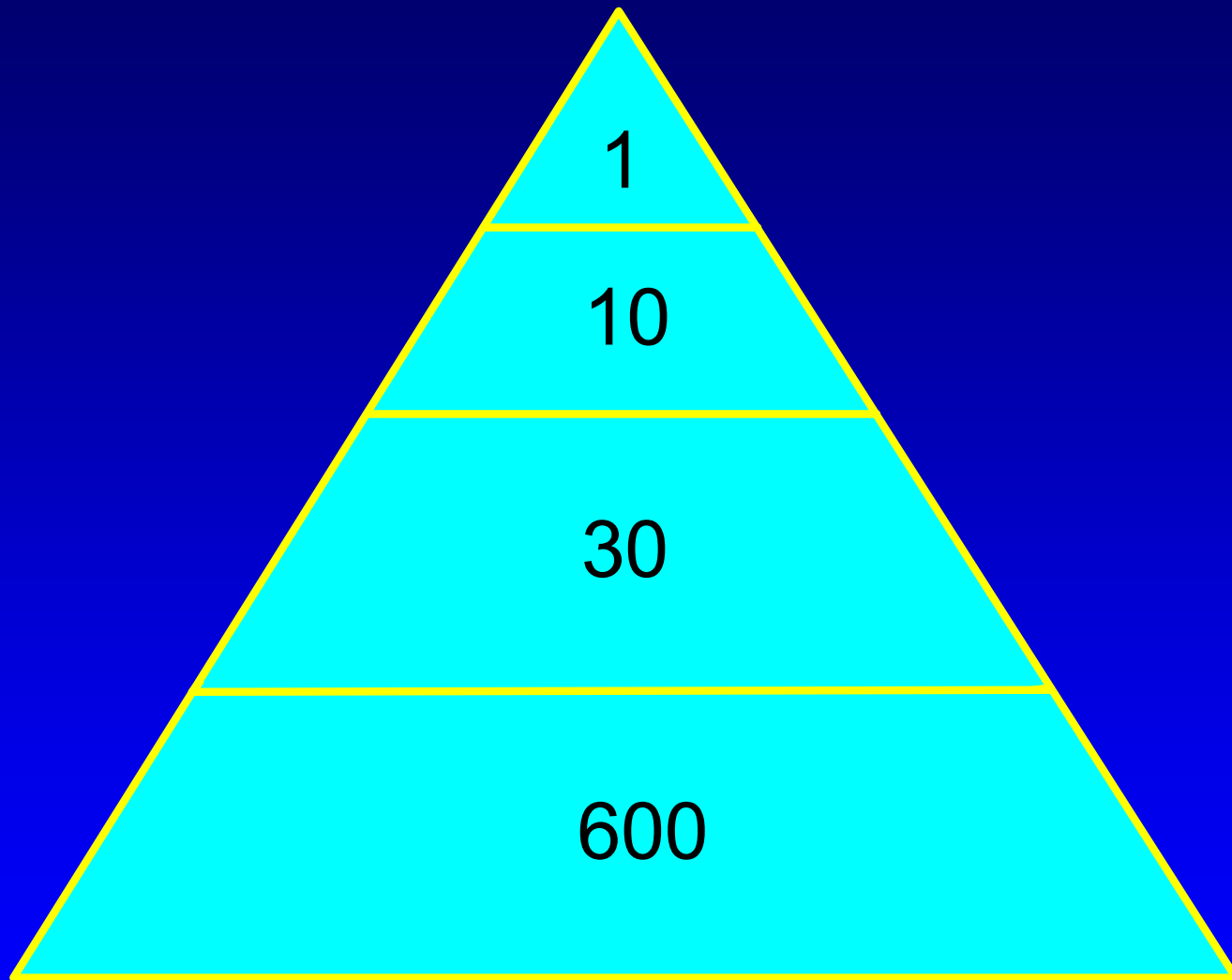
Aktivnosti upravljanja s tveganjem

POLITIKA DO TVEGANJA

IDENTIFIKACIJA
NEVARNOSTI

OCENA TVEGANJA
analiza tveganja
vrednotenje tveganja

NADZOR TVEGANJA
odločanje
implementacija
preverjanje učinka

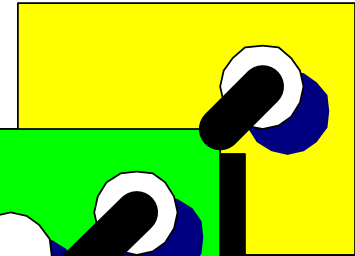
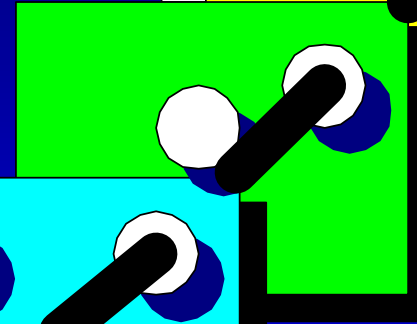
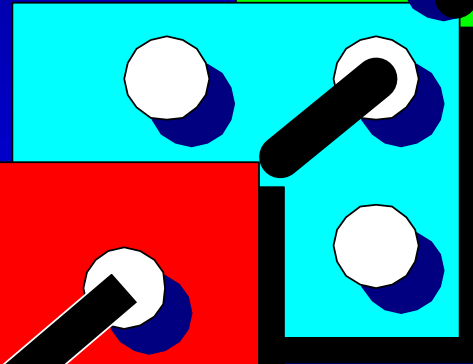
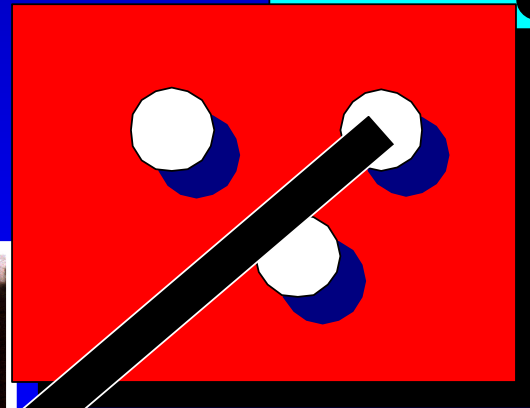




Fenomenologija nezgode

NEVARNOST

*Varnostne
pregrade*





Različna tveganja imajo skupni imenovalec





Koncepti izogibanja tveganjem

- Zakonodajni pristop
- Psihološki pristop
- Inženirski pristop



Inženirski pristop

- Trije nivoji obrambe
- Varnostni faktorji
- Princip varne odpovedi



Trije nivoji obrambe

- Inženirski nadzor nad tveganjem
- Administrativni nadzor ali delovni nadzor
- Osebna varovalna sredstva



Princip varne odpovedi

- Splošni princip varne odpovedi
- Princip varne odpovedi z redundanco
- Princip najhujšega dogodka



Projektni principi

- Eliminiraj
- Nadomesti
- Varuj
- Vgradi bariere
- Posvari osebje
- Uporabi opozorilne znake
- Uporabi filtre
- Projektiraj odsesovanje
- Upoštevaj človeški vmesnik

Analitski pristop

FMEA / FMECA

Analiza načinov odpovedi in njihovih
učinkov / kritičnosti



FMEA

- Failure Mode and Effects Analysis
- Analiza načinov odpovedi in njihovih učinkov
- FMEA raziskuje odpovedi komponent samih in jo običajno izvaja posameznik



Namen FMEA

- Namen je identificirati komponente pri katerih se zahteva sprememba :
 - pri projektu,
 - obratovanju,
 - nadzorovanju
 - ali vzdrževanju

Zaradi zmanjšanja tveganja, zaradi posledic posameznih odpovednih stanj



FMECA

- Failure Mode and Effects Criticality Analysis (FMECA)
- Analiza načinov odpovedi in kritičnosti njihovih učinkov je nadgradnja FMEA analize z namenom, da bi razvrstili potencialne načine odpovedi glede na združen vpliv njegove resnosti in verjetnosti odpovedi na osnovi najboljših razpoložljivih podatkov.



Postopek izvedbe FMEA/FMECA

- Definiraj sistem za analizo in njegovo želeno zanesljivost
- Skonstruiraj funkcionalne in zanesljivostne sheme (če je potrebno) za prikaz povezav podsklopov in komponent
- Zabeleži predpostavke na katerih bo temeljila analiza in definicije posameznih odpovednih stanj
- Popiši komponente, identificiraj njihova odpovedna stanja in kjer je potrebno tudi pogostosti odpovedi
- Izpolni FMEA delovne liste in analiziraj posledice posameznega odpovednega stanja na delovanje sistema
- Vključi rangiranje resnosti in pogostosti odpovedi kjer je potrebno v delovne liste in oceni vpliv posameznega odpovednega stanja na obnašanje sistema.
- Preglej delovne liste in identificiraj kritično opremo in izdelaj priporočila za izboljšave ter opredeli mesta, kjer je potrebna nadaljna analiza



FMEA / FMECA delovni listi

- FMEA se lahko izvaja na različne načine v odvisnosti od namena analize
- Izdelujejo se ponavadi v tabelaričnem formatu, ki podpira sistematičen pristop k delu



FMEA delovni listi

FMEA delovni list

SISTEM:

DATUM:

NIVO:

LIST: OD

REFERENČNI NAČRT:

IZDELOVALEC

OBRATOVALNO STANJE:

ODOBRIL:

IDENTIFIKACIJA	FUNKCIJA	NAČIN ODPOVEDI	UČINEK ODPOVEDI		NAČIN UGOTAVLJANJA ODPOVEDI	POPRAVNI UKREP	RESNOST	OPOMBA
			LOKALNI UČINEK	SISTEMSKI UČINEK				



FMECA delovni listi

FMECA delovni list

SISTEM:

DATUM:

NIVO:

LIST: OD

REFERENČNI NAČRT:

IZDELOVALEC

OBRATOVALNO STANJE:

ODOBRIL:

IDENTIFIKACIJA	FUNKCIJA	NAČIN ODPOVEDI	UČINEK ODPOVEDI		NAČIN UGOTAVLJANJA ODPOVEDI	POPRAVNI UKREP	RESNOST	OPOMBA
			LOKALNI UČINEK	SISTEMSKI UČINEK				

NAČIN ODPOVEDI	FREKVENCA IZGUBE			NAČIN ODPOVEDI λ_0	IZVOR PODATKA	OPOMBA
	λ_b	α	β			



FMECA kritičnost

Nivo 1	Manjši	brez posebnega učinka
Nivo 2	Večji	nekaj zmanjšanja delovne učinkovitosti
Nivo 3	Kritičen	pomembno zmanjšanje funkcionalnega delovnega učinka s takojšnjo spremembo obratovalnega stanja sistema
Nivo 4	Katastrofalen	popolna izguba sistema z vključeno veliko materialno škodo ter smrtne žrtve med obratovalnim osebjem ter/ali okoljske posledice



FMECA pogostost odpovedi

Zelo nizka	$< 0,01$ odpovedi/leto
Nizka	0,01 do 0,1 odpovedi/leto
Srednja	0,1 do 1,0 odpovedi/leto
Visoka	> 1 odpovedi/leto



FMECA upoštevanje obremenitev

Okoljski faktor obremenitve (k_1)

Splošni okoljski pogoji	k_1
Idealni stacionarni pogoji	0,1
Delovanje brez vibracij, kontrolirano okolje	0,5
Povprečni industrijski pogoji	1,0
Kemijska tovarna	1,5
Črpalna ploščad/ladja	2,0
Cestni transport	3,0
Železniški transport	4,0

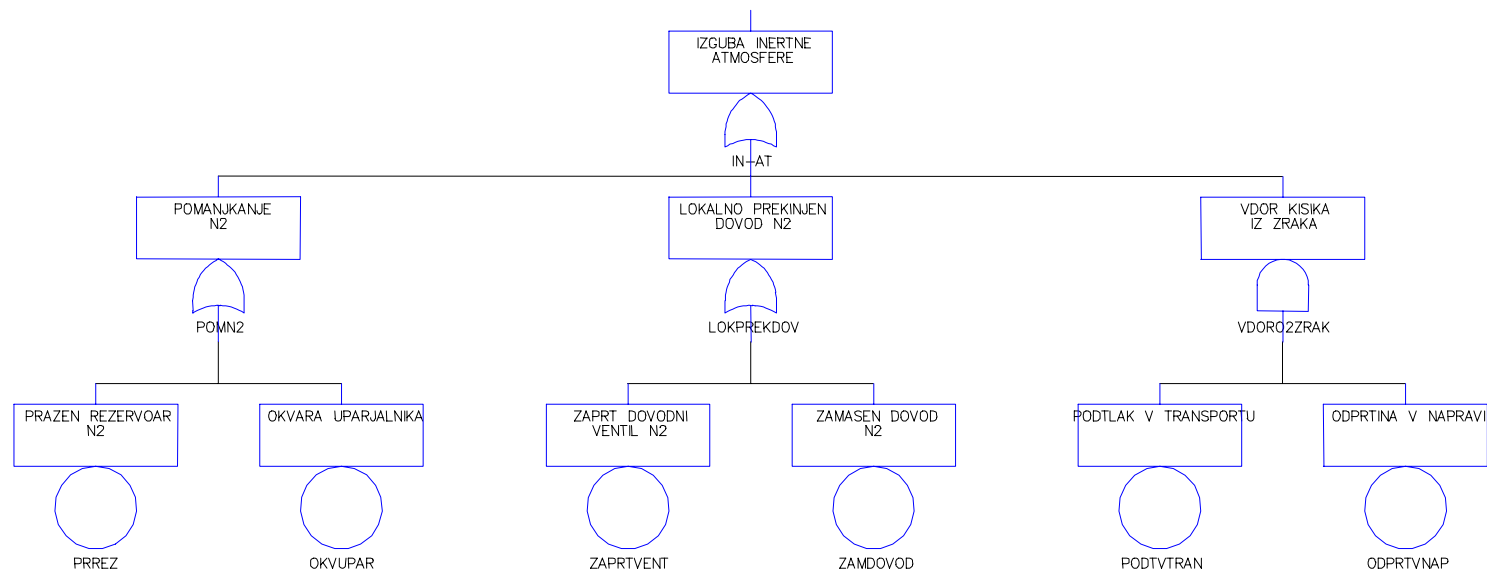
Obratovalni faktor obremenitve (k_2)

Imenska obremenitev komponente (%)	k_2
140	4,0
120	2,0
100	1,0
80	0,6
60	0,3
40	0,2
20	0,1



Primer drevesa odpovedi

IZGUBA INERTNE ATMOSFERE





Drevesa odpovedi

- Logično modeliranje s tehniko dreves odpovedi
- Kaj je napaka in kaj okvara?
- Vsaka okvara je napaka, vsaka napaka pa ni nujno okvara
- Izdelava drevesa odpovedi : (je tako umetnost kot znanost in pride preko izkušenj)
 - definicija sistema
 - izbor glavnega dogodka
 - priporočljivo je slediti logično pot od ponora do izvora
 - ugotovitev dogodkov, ki lahko direktno povzročijo uresničitev glavnega dogodka



Drevesa odpovedi

- Dostikrat se je težko odločiti kaj je odpoved in ali je nek del opreme odpovedal
- Nekateri delijo odpovedi glede na:
 - **Vzrok**: napačna uporaba, inherentna slabost opreme
 - **Čas**: nenadna odpoved, počasna degradacija
 - **Stopnja**: delna odpoved, popolna odpoved
 - **Kombinacija**:
 - ▶ Katastrofalna: odpoved je nenadna in popolna
 - ▶ Degradacija: odpoved je postopna in delna



Drevesa odpovedi

- ***Primarna odpoved***
 - se zgodi, če oprema odpove pri pogojih za katere je bila predvidena
- ***Sekundarna odpoved***
 - se zgodi, če oprema odpove pri pogojih za katere ni bila predvidena
- ***Komandna odpoved***
 - oprema sicer deluje, vendar v napačnem času ali na napačnem kraju



Drevesa odpovedi

- *Pasivne odpovedi*
 - se nanašajo na pasivne komponente kot so žice, cevovodi kot tudi nosilci mehanskih obremenitev
 - pasivna komponenta se običajno smatra kot mehanizem za prenos izhoda ene aktivne komponente na vhod druge aktivne komponente
- *Aktivne odpovedi*
 - aktivne komponente prispevajo k funkciji sistema na dinamičen način s spreminjanjem na nek način obnašanje sistema

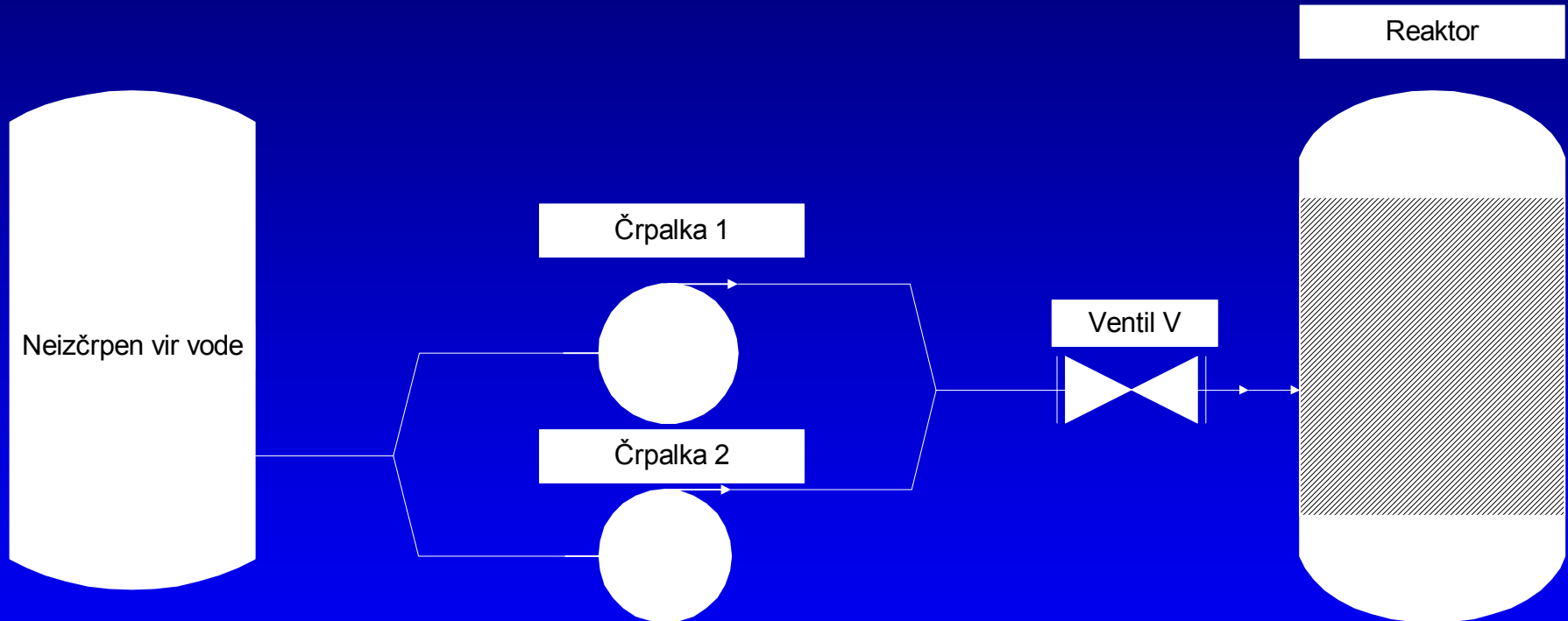


Drevesa odpovedi

- Odpoved v delovanju
- Odpoved delovanja na zahtevo
- Delovanje pred zahtevo
- Nadalnje delovanje po prenehanju zahteve

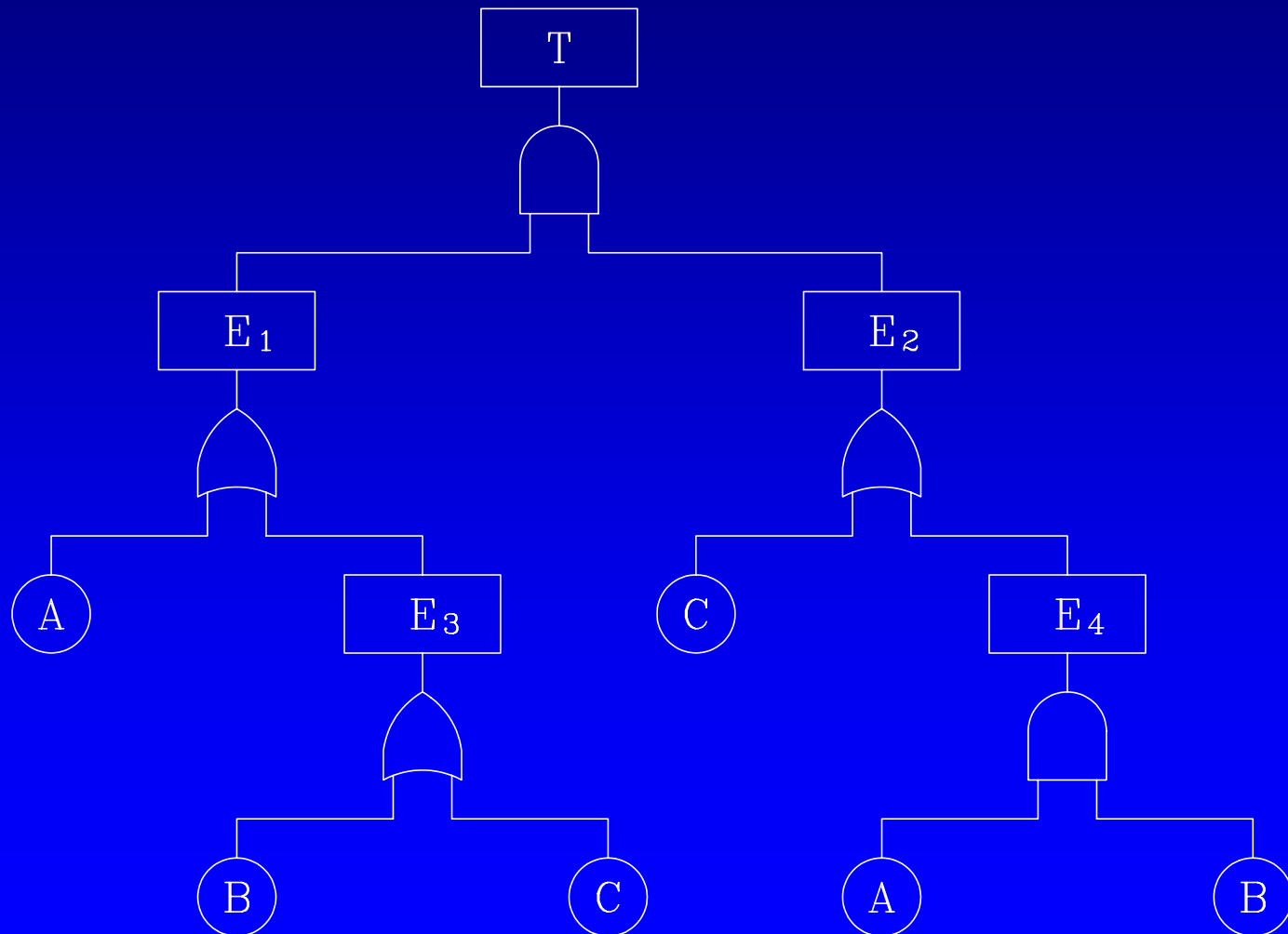


Primer redukcije drevesa okvar



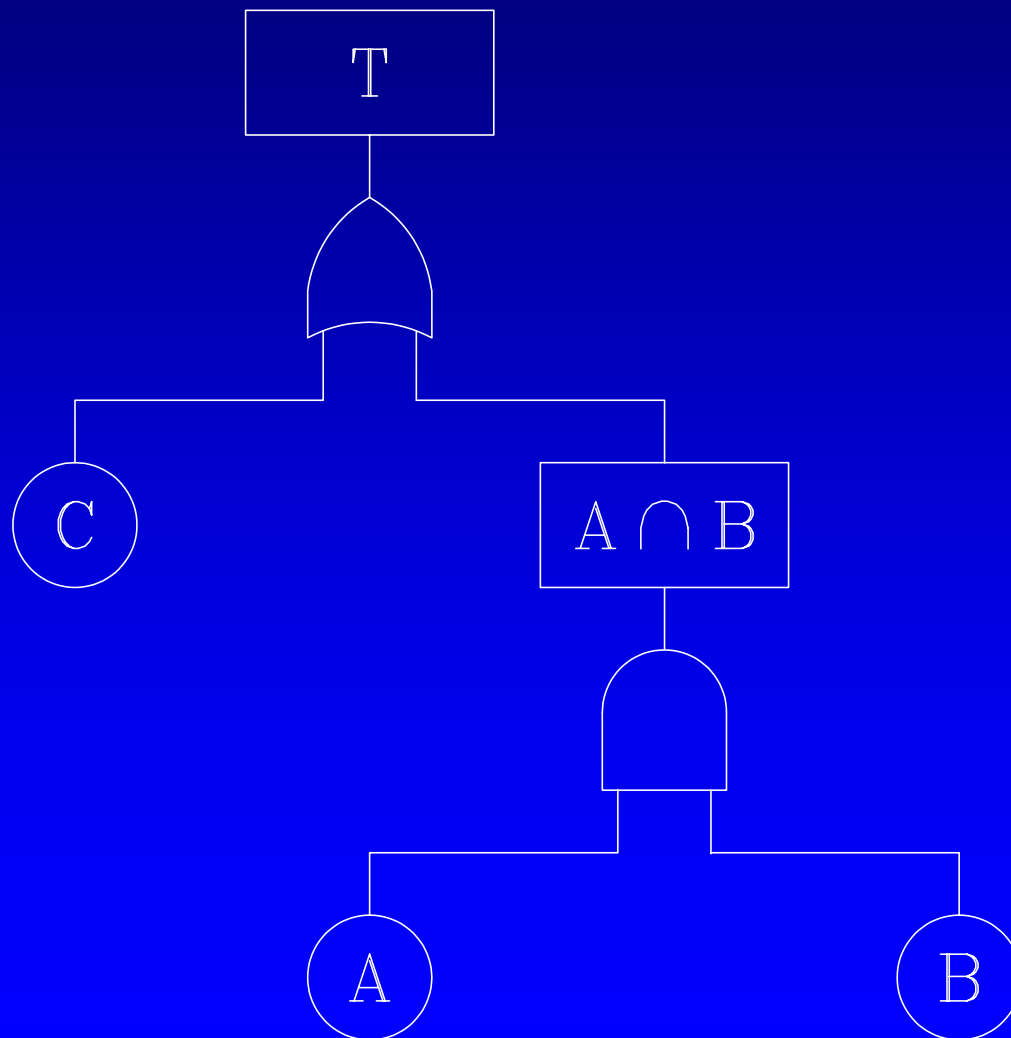


Primer redukcije drevesa okvar





Reducirana oblika istega drevesa





Ključne informacije



Osnova za analizo tveganja		
Zgodovinska izkušnja	Analitične metode	Znanje in intuicija



Proces analiz tveganja

Kvalitativne tehnike

Kvantitativne tehnike

Ocena frekvence

Modeliranje učinkov

Ocena verjetnosti

Identifikacija nevarnosti

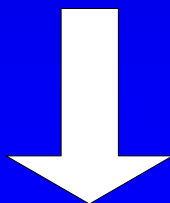
Ocena posledic

Modeliranje vzrokov

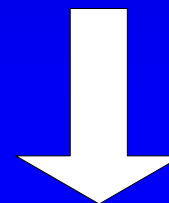
Ocena vplivov

Ocena tveganja

- Absolutna in relativna tveganja
- Glavni prispevki k tveganju
- Primerjava z drugimi tveganji



Kvalitativno rangiranje priporočil



Kvantitativna ocena ugodnosti in stroškov alternativ za zmanjšanje tveganja



Meje v katerih se dogaja vodenje procesa



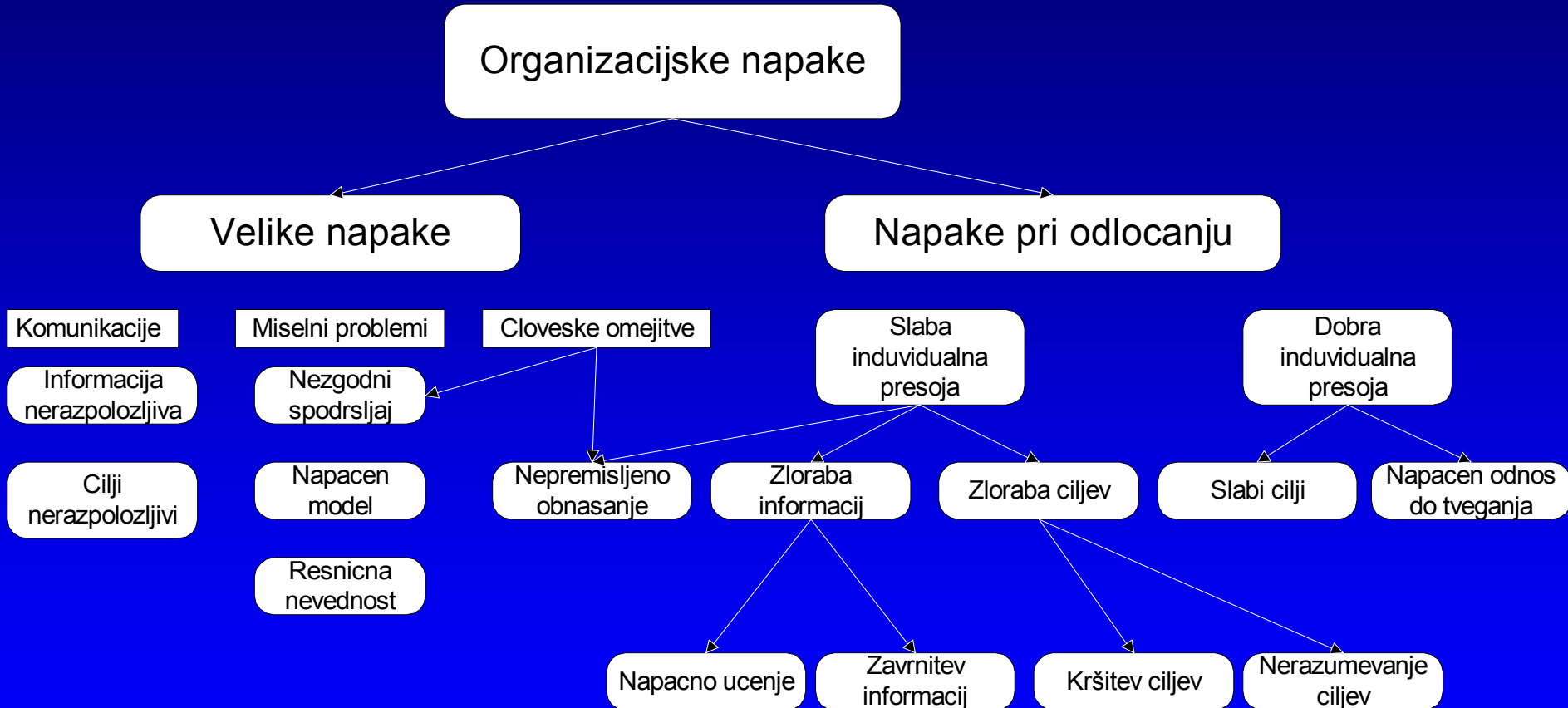


Človek kot ključni dejavnik tveganja

- Človeku pripisujejo krivdo za nezgodo v kar okoli 80 % vseh nezgod
- Pri ukvarjanju z varnostjo moramo ločiti **človeške napake**, ki imajo relativno kratek domet od **organizacijskih**, ki imajo veliko daljnosežnejše posledice
- V sistemu ukvarjanja z varnostjo ni več moderno govoriti o **človeškem faktorju**, ki se ga uporabi ponavadi tedaj, ko hočemo krivdo za nezgodo prevaliti na človeka
- Pri organizacijah je zelo važno kakšen je pretok informacij po posameznih nivojih vodenja in kako med posameznimi nivoji vodenja
- Želimo imeti na razpolago pravo informacijo, ko jo potrebujemo in ne biti preplavljeni z množico nepotrebnih informacij
- Organizacijske napake: **velike napake** in **napake presoje**



Hierarhija organizacijskih napak





Varnost socio-tehnoloških sistemov

- Varnost **socio-tehnoloških sistemov** ni vezana samo na eno sfero, ampak se varnostni aspekti širijo po celotni strukturi družbe
- **Odločanje** na različnih ravneh v družbi vpliva na **varnost** na določenem segmentu družbe
- **Tehnologija** gre naprej z veliki koraki pri čemur ji **znanost o vodenju** in **regulativa** težko sledita
- Govori se uporabi menedžmenta **druge** generacije na tehnolgiji **pete** generacije
- V dinamični družbi je zahteva, da se naredi »**več z manj**«



Raziskovalne discipline

Politične Znanosti
Pravo, Ekonomija
Sociologija

Ekonomija
Teorrija odločanja
Organizacijska teorija
Sociologija

Industrijski inženiring
Management in Organizacija

Psihologija
Človeški faktorji
Interakcija
Človek-Stroj

Strojništvo
Kemijsko inženirstvo
Elektrotehnika

Vlada
Varsnostni pregledi
Nezgode
Analize

Parlament
Poročila o nezgodah

Družba
Pregled delovanja

Uprava
Zapisi in delovna poročila

Zaposleni
Zaznamki in podatki

Delo
Nevaren proces

Okoljski stresorji

Spreminjanje politične klime in javno zavedanje

Spreminjanje tržnih razmer in finančni pritisk

Spreminjanje kompetence in nivojev izobrazbe

Hiter razvoj in spremembe tehnologije

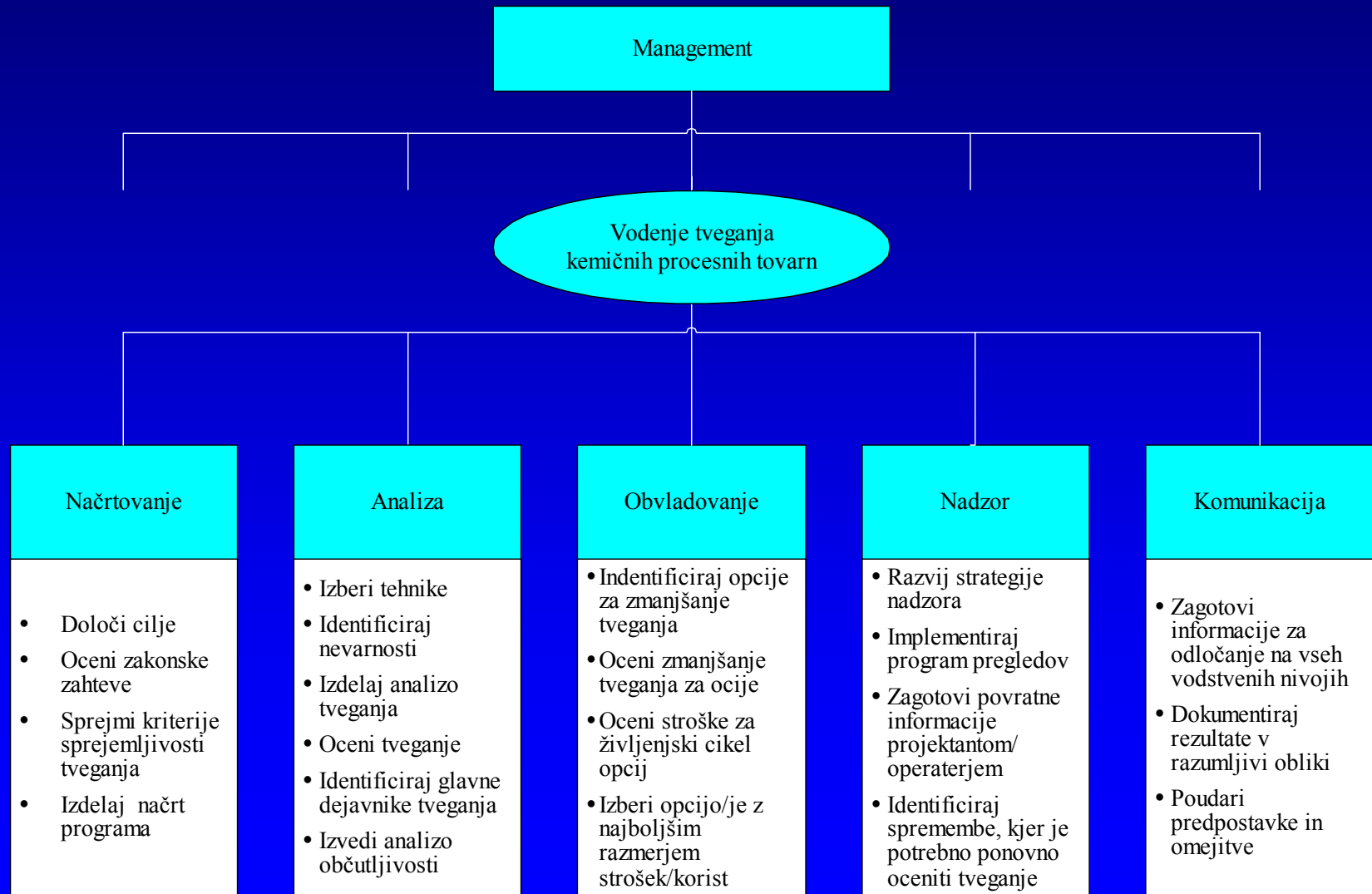


Inženir v socio-tehnološkem sistemu

- Inženir **mora** v sistemu zasledovati in odkrivati tako tehnološke kot organizacijske razpoke
- Na njih **opozarjati** vodstvene kadre
- Znati jim mora **predočiti** nevarnosti skozi prizmo **stroškov**
- Sicer se bo tržno naravnana **družba** izgubila pri zasledovanju samo proizvodnih ciljev in **pozabila na varnost in okolje**
- Zato **mora poznati** metode za **oceno tveganja**, da jih bo znal pravočasno uporabiti



Vodenje tveganja





Metode analiz tveganja

Metode identifikacije nevarnosti

Pregled literature

Kaj - če analiza

Varnostni pregled

Kontrolnik

Skupinsko razglabljanje

HAZOP

FMEA

Metode za oceno pogostosti

Podatki o odpovedih

Analiza dreves odpovedi

Analiza dreves dogodkov

FMEA

Analiza človeške zanesljivosti

Analiza napak s skupnim vzrokom

Analiza zunanjih dogodkov

Metode za oceno posledic

Modeli izvorne sestave

Atmosferski disperzijski modeli

Udarni modeli in modeli toplotnega sevanja

Modeli širjenja onesnaženja v vodi

Modeli učinkov

Modeli blaženja posledic

Metode za oceno tveganja

Matrika tveganja

F-N krivulje

Profil tveganja

Krivulje enakega tveganja

Gostota porazdelitve tveganja

Indeksi tveganja



Zaključek

- V novejšem času **razvoj človeka prehiteva** in zaradi tega se ne more sproti prilagajati novim tehnološkim dosežkom
- Človeku kot **ključnemu** elementu v **socio-tehnološkem** sistemu je potrebno dopustiti, da svoje prednosti kot so **inventivnost, iznajdljivost** in **fleksibilnost** izkoristi tudi na področju varnosti tako, da mu damo tisto vlogo v procesu, ki jo lahko opravlja, namesto da ga **silimo**, da opravlja opravila za katera ima najmanj sposobnosti in za katera ga **nismo niti ustrezno usposobili**



Literatura

- ***Code of Professional Practice, Engineers and Risk Issues***, The Engineering Council, Health and Safety Executive, Lloyd's Register, 1993
- ***Guidelines on Risk Issues***, Engineering Council, Lloyd's Register, 1993
- ACSNI Human Factors Study Group Third Report (1993): ***Organising for safety***, Advisory Committee the Safety of Nuclear Installations, Health and Safety Commission April 1993
- **Reason J. (1990): *Human Error***, Cambridge University Press, Cambridge 1990
- **Reason J. (1997): *Managing the Risks of Organizational Accidents***, Ashgate, Aldershot UK, 1997
- **J. Rasmussen: *Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem***, Safety Science Vol. 27, No. 2/3 pp183-213, Elsevier Science 1997