

ZNANSTVENA PRILOGA SCIENCE SUPPLEMENT

Urednik/Editor

prim. prof. dr. **Marjan Bilban**, dr. med.

VSEBINA – CONTENTS

VSEBINA – CONTENTS

Milan Srna,

mag., univ. dipl. inž. str.,

predstojnik CSNV,

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d., Ljubljana

OCENJEVANJE TVEGANJA; ZAKAJ JE TREBA OCENJEVATI TVEGANJA?

Eden od razlogov je jasen - v EU je to zakonska zahteva. Večina direktiv in predpisov o varnosti strojev določa, da mora biti ocenjevanje tveganja izvedeno. Tudi večina evropskih harmoniziranih standardov tipa A & B se sklicuje na to in na vsebino standarda EN 1050 »načela za ocenjevanje tveganja«. Tisti, ki se ukvarjajo z varnostjo strojev, se zavedajo, da je ocenjevanje tveganja sestavni del varnostne strategije. Ne sme biti breme, temveč koristen pripomoček, s katerim so zagotovljene nujno potrebne informacije, izdelovalcu in uporabniku pa je zagotovljeno, da sprejmeta nujno potrebne odločitve za doseganje varnosti.

RISK ASSESSMENT, WHY IS A RISK ASSESSMENT NECESSARY?

One reason is obvious - in the EC it is a legal requirement. Most of the directives and regulations regarding machinery safety state that a formal risk assessment should be carried out. Most of the harmonized European A & B type standards refer to it and the subject itself has a standard — EN 1050 »Principles for Risk Assessment«. People concerned with the safety of machinery realize that risk assessment is an integral part of a safety strategy. Risk assessment is not a burden. It is a helpful process which provides vital information and allows the user or designer to make logical decisions about ways to achieve safety.

POSTOPEK OCENJEVANJA TVEGANJA ZA STROJE

mag. Milan Srna, univ. dipl. inž. str.

UVOD

Ocenjevanje tveganja je zaporedje logičnih korakov, ki na sistematičen način omogočajo preiskavo nevarnosti, povezanih s stroji. Oceni tveganja sledi zmanjševanje tveganja po določbah standarda SIST EN ISO 12100. Ponaavljanje postopka vodi do ponavljajočega postopka izločanja nevarnosti in uvedbe varnostnih ukrepov.

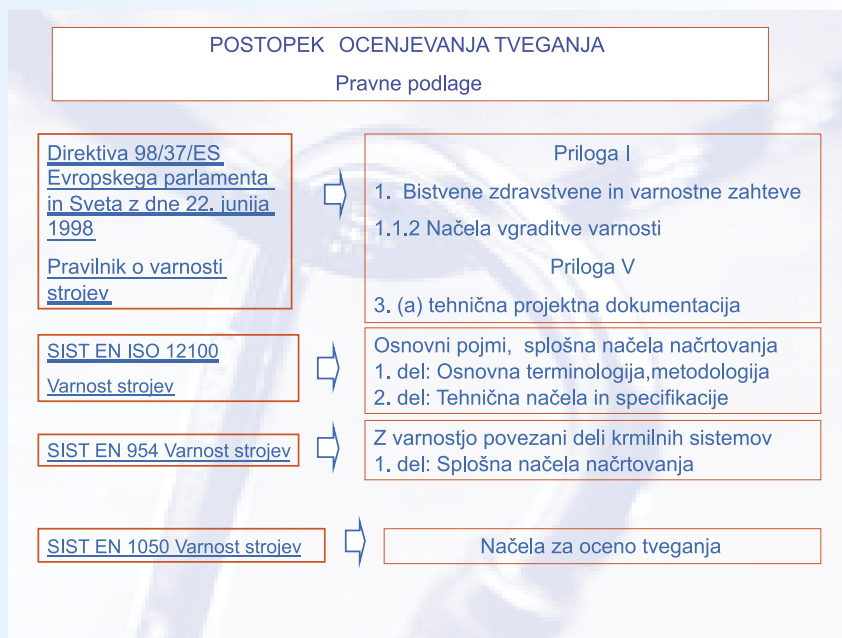
1. Obveznosti proizvajalca stroja ali njegovega pooblaščenega zastopnika

Proizvajalec strojev ali njegov pooblaščen zastopnik mora **zagotoviti izvedbo ocene tveganja**, da bi določil:

- zdravstvene in varnostne zahteve, ki veljajo za stroje,
- stroji morajo biti nato načrtovani in izdelani ob upoštevanju rezultatov ocene tveganja,
- s ponavljajočim postopkom ocenjevanja tveganja in že omenjenega zmanjšanja tveganja proizvajalec ali njegov pooblaščen zastopnik:
 - določi omejitve strojev, vključno s predvideno uporabo in njihovo razumno predvidljivo napačno uporabo,
 - ugotovi nevarnosti, ki jih lahko povzročijo stroji, in z njimi povezane nevarne situacije,
 - oceni tveganje, pri čemer upošteva, kako hude bi bile morebitne poškodbe ali okvare zdravja in količina je njihova verjetnost,
 - ovrednoti tveganje, da bi ugotovil, ali je treba zmanjšati tveganje,
 - odpravi nevarnosti ali zmanjša tveganje z uporabo varnostnih ukrepov.

1.1. Načela vključevanja varnosti

Stroji morajo biti načrtovani in izdelani tako, da ustrezajo svojemu namenu in jih je mogoče upravljati, nastavljati in vzdrževati, ne da bi izpostavljali osebe tveganju, kadar se te dejavnosti izvajajo v predvidenih razmerah, vendar tudi



ob upoštevanju vsake njihove razumno predvidljive napačne uporabe.

Cilj sprejetih ukrepov mora biti, da se odpravijo vsa tveganja v vsej predvidljivi življenjski dobi strojev, vključno s fazami prevoza, sestavljanja, razstavljanja, onesposobitve in razreza.

Ko izbira najprimernejše načine, mora proizvajalec ali njegov pooblaščen zastopnik v navedenem zaporedju uporabljati naslednja načela:

- odpraviti ali čim bolj zmanjšati tveganja (varno načrtovanje in izdelava strojev),
- sprejeti potrebne varnostne ukrepe v zvezi s tveganji, ki jih ni mogoče odpraviti,
- obveščati uporabnike o preostalih tveganjih, ker so sprejeti varovalni ukrepi pomanjkljivi,
- navesti zahteve po posebnem usposabljanju in opredeliti potrebe po zagotavljanju osebne varovalne opreme.

Pri načrtovanju in izdelavi strojev ter pri izdelavi osnutkov navodil mora proizvajalec ali njegov pooblaščen zastopnik poleg predvidene uporabe stroja predvideti tudi vsako njegovo razumno predvidljivo napačno uporabo.

Stroji morajo biti načrtovani in izdelani tako, da je preprečena nenormalna uporaba, če bi taka uporaba povzročila tveganje. Kadar je primerno, morajo navodila opozoriti uporabnika na nedopustne načine uporabe strojev, ki pa so se izkazali kot možni na podlagi izkušenj.

Stroji morajo biti načrtovani in izdelani ob upoštevanju omejitev, ki jih predlaga upravljavec zaradi potrebne ali predvidljive uporabe osebne varovalne opreme.

Stroji morajo biti dobavljeni z vso posebno opremo in dodatki, ki so bistveni za njihovo varno nastavljanje, vzdrževanje in uporabo.

2. Ocenjevanje tveganja obsega:

- analizo tveganja in
- vrednotenje tveganja.

Analiza tveganja daje potrebne informacije za vrednotenje tveganja, ki omogoča tudi presojo o varnosti strojev¹ in obsega:

¹ Po standardu SIST EN ISO 12100 1 sposobnost stroja, da lahko opravlja svoje funkcije in da se lahko prevaža, inštalira, nastavi, vzdržuje, demontira in odstrani (po končani uporabi) pod pogojem, da se uporablja namensko, kot je dolo-

- določitev omejitev za stroje,
- identifikacijo nevarnosti,
- ocenjevanje tveganja.

Ocena tveganja se opredeli na presoji, ki temelji na kvalitativnih metodah. Le-te so, kadar je mogoče, dopolnjene tudi s kvantitativnimi. Kvantitativne metode so primerne predvsem, kadar sta resnost in obseg škode visoka. Pomembne so za oceno in za ugotovitev alternativnih možnih varnostnih ukrepov ter za to, da ugotovimo, katera daje boljšo varnost.

2.1. Potrebne informacije za ocenjevanje tveganja

Informacije za ocenjevanje tveganja ter za kakršnekoli analize morajo vsebovati:

- omejitve za stroje,
- zahteve za faze v času trajanja stroja,
- načrte in druge oblike oz. načine ugotovitev narave stroja,
- podatke o vrsti in preskrbi z energijskim medijem,
- podatke o preteklih dogodkih, nezgodah in nesrečah,
- podatke o poklicnih boleznih oz. okvarah zdravja.

Informacije je treba stalno posodabljal skladno z razvojem.

Primerjave med podobnimi nevarnimi stanji različnih tipov strojev so mogoče, če so na voljo ustrezne informacije o nevarnostih in o okoliščinah ob nesrečah v teh stanjih.

Če ni podatkov o nesrečah (nezgodah) v preteklosti, ali je znanih le malo ali so manj resne, to ne sme biti osnova za odločitev oz. domnevo o majhnem tveganju.

Za kvantitativne analize lahko uporabimo podatke iz različnih virov (statistika, evidence, poročila laboratorijev, itd.), če so primerni za uporabo, vendar mora biti v dokumentaciji to posebej opredeljeno.

2.2 Določitev omejitev za stroje

V oceni tveganja mora biti upoštevano:

- faze trajanja stroja²,
- omejitve za stroje, vključno z namembnostno uporabo³,

² čeno v priročniku (navodilih) za uporabo, ne da bi povzročil poškodbe ali zdravstvene okvare.

³ »življenjska doba« stroja projektiranje, konstruiranje, izdelava, transport in montaža (sestavljanje, inštalacija), uporaba, nastavitve, usposabljanje, čiščenje, vzdrževanje, odstranitev, demontaža in varno odlaganje;

⁴ uporaba stroja, ki ustreza navodilu proizvajalca, ali ki je običajno prepoznana glede na obliko, konstrukcijo in funkcijo. Namembnostno določena uporaba pomeni usklajenost s tehničnimi navodili, in sicer:

Slika 1. Kontrolni list, identifikacija nevarnosti - primer

- vse načine predvidljive uporabe stroja (v industriji, hobi programih, ...), ki ga lahko upravljajo osebe, opredeljene po spolu, starosti, itd.,
- predpostavljeno raven usposobljenosti, izkušenj ali zmožnosti predvidenih uporabnikov (delavec na stroju, vzdrževalci, začetniki, itd.),
- izpostavljenost drugih oseb.

2.3. Identifikacija nevarnosti

Ugotoviti (odkriti) je treba vse nevarnosti, nevarna stanja in nevarne dogodke, povezane s strojem. V pomoč pri tem so nam različne metode. Sicer pa so nevarnosti opredeljene v standardu SIST EN ISO 12100-1. To so predvsem:

- **mehanske nevarnosti:** nepravilno ali pomanjkljivo varovanje vrtljivih oziroma gibljivih delov, ki so vključeni v delovni proces drobljenja, obrezovanja, zbadanja, udarjanja oziroma vleke, prosto gibanje delov ali materiala (padanje, kotaljenje, drsenje, prevračanje, razletavanje, nihanje, razsutje...), ki ogroža delavce, premiki delov delovne opreme, premikanje vozil, nevarnosti poklopa, zaklopa, zagrabitve nevarne površine (ostri robovi, koti, konice, hrapave površine, štrleči deli...),
- **nevarnosti električnega toka:** neposredni dotik, nezavarovani

- predvidljivo nepravilno obnašanje zaradi običajne nemarnosti, ne zaradi namerne nepravilne uporabe stroja,
- refleksno obnašanje, če stroj slabo deluje, ob nesreči, odpovedi itd. med uporabo stroja.

deli pod napetostjo (neizolirani prosti vodi, tokovni odjemniki...), neposredni dotik, zavarovani deli pod napetostjo, kompenzacijske naprave, električne omarice, električne napeljave...), posredni dotik (oprema, vezana na električno energijo, npr. stroji, oprema, naprave, prenosno orodje...), statična elektrika, udar strele, obločni plamen...

- **nevarne snovi:** nevarne snovi, ki jih stroj obdeluje, uporablja, oddaja, lahko povzročijo nevarnosti zaradi vdihavanja zdravju nevarnih snovi oziroma njihov vdor v telo skozi kožo, uporaba vnetljivih in eksplozivnih snovi, pomanjkanje kisika (zadušitev),...
- **fizikalni dejavniki:** izpostavljanje hrupu, ultrazvoku, mehanskim vibracijam, ionizirajočim in neionizirajočim sevanjem, laserskim žarkom, snovem z visoko in nizko temperaturo, prisotnost snovi pod tlakom (stisnjen zrak, para, tekočine),
- **ergonomski dejavniki:** prilagoditev delovnega mesta pri stroju delavcu...

3. Ocenjevanje tveganja po SIST EN 1050

Za ocenitev tveganja lahko uporabljamo različne metode, kot so:

- predhodna analiza nevarnosti (Preliminary Hazard Analysis PHA),
- metoda MOSAR (metoda, organizirana za sistemsko analizo tveganj, Method Organised for a Systemic Analysis of Risks),

- analiza drevesa napak (FTA Fault Tree Analysis),
- tehnika DELPHI,
- analiza napak in posledic FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

3.1. Kombinacija elementov tveganja

Tveganje, ki je povezano s posebnim stanjem ali tehničnim postopkom, je odvisno od naslednjih elementov:

3.4. Resnost (stopnja možnih posledic)

Resnost je mogoče oceniti z upoštevanjem:

a) koga ali kaj varujemo:

- 1) osebe,
- 2) lastnino,
- 3) okolje;

b) resnosti poškodb ali poslabšanja zdravja:

- 1) majhna (navadno jo je mogoče popraviti),
- 2) resna (navadno je ni mogoče popraviti),
- 3) smrt;

c) velikosti, števila (za vsak stroj):

- 1) ena oseba,
- 2) več oseb.

3.5. Verjetnost nastanka poškodbe

Verjetnost nastanka škode je funkcija $V = f(p, v)$

Pogostnost in trajanje izpostavljenosti:

- potreba po dostopu v nevarno območje (na primer normalno upravljanje, vzdrževanje ali popravilo),
- narava dostopa (na primer ročno podajanje materialov),
- čas zadrževanja v nevarnem območju,
- število oseb, za katere je dostop potreben,
- pogostnost dostopa.

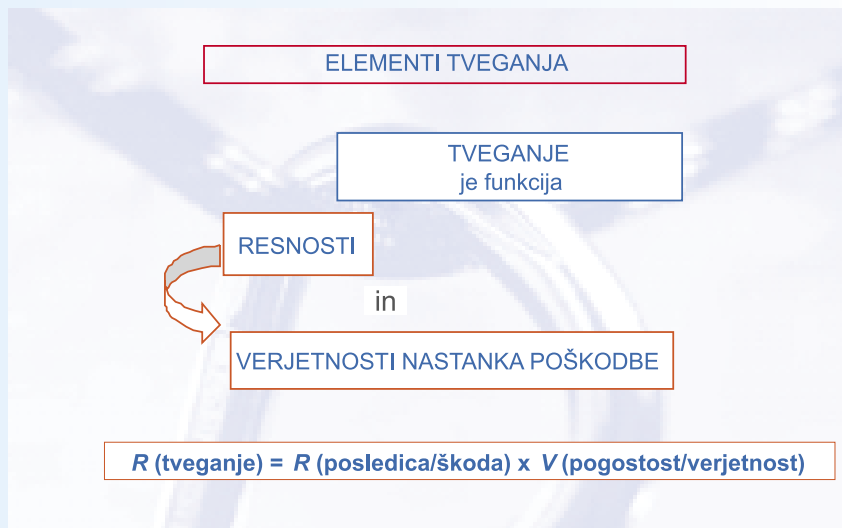
Verjetnost, da se nevaren dogodek zgodi:

- zanesljivost in drugi statistični podatki,
- nezgode v preteklosti,
- poklicne bolezni in okvare zdravja v preteklosti,
- primerjava tveganja.⁴

⁴ Primerjava tveganja

Ali se lahko tveganje, povezano s strojem, ali kateri od delov vrednotenja tveganja primerja s tveganjem pri podobnih strojih:

- podobni stroji so varni,
- namembnostna uporaba strojev in način izdelave obeh strojev sta primerljiva,
- nevarnosti in elementi tveganja so primerljivi,
- tehnične specifikacije so primerljive,



Možnosti za izognitev ali omejitev poškodbe

a) kdo upravlja s strojem:

- 1) usposobljene osebe,
- 2) neusposobljene osebe,
- 3) nihče;

b) hitrost nastanka nevarnega dogodka:

- 1) nenadoma,
- 2) hitro,
- 3) počasi;

c) kakršnokoli zavedanje tveganja:

- 1) na podlagi splošne informacije,
- 2) na podlagi neposrednega opazovanja,
- 3) na podlagi opozorilnih znakov in opozorilnih naprav;

d) človeška sposobnost za izogibanje ali omejevanje škode (na primer refleks, spretnost, možnost umika):

- 1) mogoče,
- 2) mogoče pod nekaterimi pogoji,
- 3) nemogoče;

e) na podlagi izkušenj in znanja:

- 1) o stroju,
- 2) o podobnih strojih,
- 3) brez izkušenj.

3.6. Vidiki, ki jih je treba upoštevati pri ugotavljanju elementov tveganja

Izpostavljene osebe

Ocenjevanje tveganja upošteva vse osebe, ki so izpostavljene nevarnosti, pomeni upravljavce in druge osebe, za katere je mogoče predvidevati, da bi jih stroji lahko ogrozili.

– pogoji za uporabo so primerljivi.

Uporaba metode primerjanja ne odpravlja potrebe po ocenjevanju tveganja za posebne pogoje uporabe, kakor je opisano v tem standardu (na primer, kadar se motorna žaga za rezanje mesa primerja z motorno žago za rezanje lesa, se ocenjuje tveganje, povezano z različnimi materiali).

Vrsta, pogostnost in trajanje izpostavljenosti

Ocenjevanje izpostavljenosti obravnavani nevarnosti (vključno z dolgoročno posledico za zdravje) zahteva analizo, ki upošteva tudi vse načine upravljanja stroja in metode dela. Posebno to velja za potrebe dostopa med postavljanjem, učenjem, spreminjanjem ali popravljanjem poteka, čiščenjem, iskanjem napak in vzdrževanjem.

Ocenjevanje tveganja upošteva stanja, ko je treba nujno izključiti varovalne sisteme (na primer med vzdrževanjem).

Razmerje med izpostavljenostjo in učinki

Upoštevati je treba razmerje med izpostavljenostjo nevarnosti in njenimi učinki. Prav tako učinke akumulirane izpostavljenosti in sinergične. Kadar učinke upoštevamo, ocenjevanje tveganja, če je mogoče, temelji na primeru priznanih podatkih.

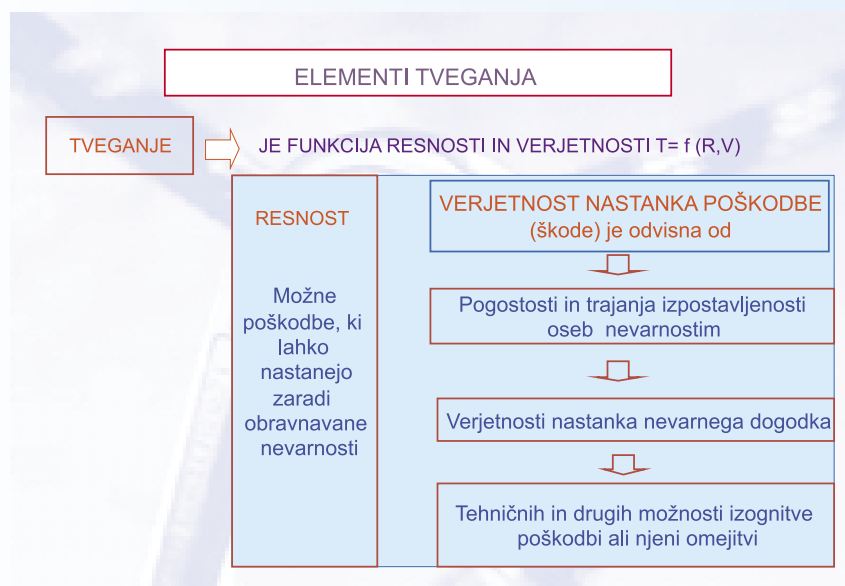
Človeški dejavniki

Človeški dejavniki lahko vplivajo na tveganje in jih je treba upoštevati pri ocenjevanju tveganja. To so na primer:

- medsebojni vpliv oseb in strojev,
- medsebojni vpliv med osebami,
- psihološke vidike,
- ergonomske učinke,
- zmožnost oseb, da se zavedajo tveganja v danem stanju glede na njihovo usposobljenost, izkušnje in zmožnost.

Ocenjevanje zmožnosti izpostavljenih oseb upošteva naslednje vidike:

- uporabo ergonomskih načel pri načrtovanju strojev,
- naravno ali pridobljeno zmožnost za opravljanje zahtevanih nalog,
- zavedanje tveganja,



- stopnjo zaupanja, da bodo zahtevane naloge izvedene brez nameranih ali nenamernih nepravilnosti,
- skušnjave k odklonom od predpisanih in nujnih varnih delovnih postopkov.

Zanesljivost varnostnih funkcij

Ocenjevanje tveganja naj upošteva zanesljivost komponent in sistemov. Treba je

- ugotoviti okoliščine, ki lahko povzročijo škodo (na primer odpoved komponente, izpad energije, električne motnje),
- kadar je primerno, je treba uporabiti kvantitativne metode za primerjavo alternativnih varnostnih ukrepov,
- dati informacije, ki bodo omogočile izbiro primernih varnostnih ukrepov, komponent in naprav.

Komponente in sistemi, za katere je ugotovljeno, da zagotavljajo varnostno kritične funkcije, zahtevajo posebno pozornost.

Kadar varnostne funkcije zagotavlja več kot ena varnostna naprava, mora biti izbira teh naprav dosledna glede na presojo njihove zanesljivosti in učinkovitosti.

Kadar varnostni ukrepi vključujejo organizacijo dela, pravilno obnašanje, pozornost, uporabo osebne varovalne opreme, spretnost ali usposobljenost, takrat pri ocenjevanju tveganja upoštevamo relativno nizko zanesljivost takšnih ukrepov v primerjavi z dokazano zanesljivostjo tehničnih varnostnih ukrepov.

Možnost preprečitve ali zaobidenja varnostnih ukrepov

Ocenjevanje tveganja upošteva možnost, da se varnostni ukrepi prepreči ali zaobidejo.

Upošteva vse tisto, kar spodbuja preprečevanje ali zaobidenje varnostnih ukrepov, na primer:

- varnostni ukrep upočasnjuje proizvodnjo ali pa ovira katerokoli drugo dejavnost oziroma želje uporabnika,
- varnostni ukrep, ki se težko uporablja,
- poleg upravljavca so vključene še druge osebe,
- uporabnik ne priznava ali ne sprejema varnostnega ukrepa kot primerne za to funkcijo.

Možnost preprečitve varnostnega ukrepa je odvisna od vrste varnostnega ukrepa (na primer nastavljivo varovalno, programirana naprava, občutljiva na približanje) in tudi od podrobnosti njegovega načrtovanja.

Uporaba programiranih elektronskih sistemov prinaša dodatno možnost za preprečitev ali zaobidenje, če dostop do z varnostjo povezane računalniške programske opreme ni primerno načrtovan in nadzorovan. Ocenjevanje tveganja ugotovi, kje z varnostjo povezane funkcije niso ločene od drugih funkcij stroja in določi razpon dostopa. To je posebno pomembno, kadar je za diagnosticiranje ali popraviljanje procesa potreben dostop na daljavo.

Zmožnost vzdrževanja varnostnih ukrepov

V okviru ocenjevanja tveganja je treba preveriti, ali je varnostne ukrepe mogoče vzdrževati na ravni, ki je nujna za zahtevano raven varnosti⁵.

⁵ Če varnostnih ukrepov ni mogoče zlahka vzdrževati v pravilnem delovnem redu, to lahko spodbuja preprečitev ali zaobidenje varnostnih ukrepov, da bi se omogočila nadaljnja uporaba strojev.

Vrednotenje tveganja

Po ocenjevanju tveganje še ovrednotimo, da določimo, ali ga je treba zmanjšati oziroma ali je varnost že zagotovljena. Če ga je treba zmanjšati, izberemo in uporabimo primerne varnostne ukrepe ter ponovimo ves postopek. Med tem ponavljajočim postopkom je za načrtovalca pomembno, da preveri, ali ob uporabi novih varnostnih ukrepov niso nastopile dodatne nevarnosti. Če se le-te pojavijo, jih dodamo na seznam ugotovljenih nevarnosti.

Zaupanje, da je stroj varen, temelji na doseganju ciljev za zmanjševanje tveganja in ugodnih primerjavah tveganja.

Doseganje ciljev zmanjševanja tveganja

Zmanjševanje tveganja se lahko zaključi, ko so izpolnjeni naslednji pogoji:

- nevarnost smo odpravili oziroma tveganje smo zmanjšali:
 - a) z načrtovanjem oziroma z nadomestitvijo z manj nevarnimi materiali in snovmi,
 - b) z varnostnim ukrepom;
- izbran varnostni ukrep je tisti, ki po izkušnjah zagotavlja varno stanje ob namembnosti uporabi;
- vrsta izbrane zaščite je primerna za uporabo glede na:
 - a) verjetnost preprečitve oziroma zaobidenja,
 - b) resnost škode,
 - c) oviro za opravljanje zahtevane naloge;
- informacija o namembnosti določeni uporabi je dovolj jasna;
- postopki upravljanja pri uporabi stroja upoštevajo zmožnost osebe, ki uporablja stroj, oziroma drugih oseb, ki so lahko izpostavljene nevarnostim, povezanimi s stroji;
- priporočena varnostna navodila za uporabo strojev ter s tem povezane zahteve za usposabljanje so primerno opisani;
- uporabnik je ustrezno poučen o neznatnem (ničnem) preostalem tveganju v različnih fazah v času trajanja stroja;
- kadar je priporočena osebna varovalna oprema, je potreba po taki opremi in po zahtevah usposabljanja v zvezi z njo ustrezno opisana;
- dodatna opozorila zadoščajo.

Dokumentacija

V skladu s standardom SIST EN 1050 dokumentacija o ocenjevanju tveganja prikaže izveden postopek in dosežene

rezultate. Kadar je pomembno, dokumentacija vsebuje še:

- stroje, za katere je bila opravljena ocena (na primer specifikacije, omejitve, namembnostno določena uporaba);
- vse pomembne upoštevane predpostavke (na primer tovari, moči, varnostni faktorji);
- ugotovljene nevarnosti:
 - ugotovljena nevarna stanja,
 - nevarni dogodki, ki so se pri oceni upoštevali;
- informacije, na katerih je temeljila ocena tveganja:
 - uporabljeni podatki in viri (na primer nesreče v preteklosti, izkušnje, dobljene z zmanjševanjem tveganja pri podobnih strojih);
 - negotovost v zvezi z uporabljenimi podatki in njen vpliv na oceno tveganja;
- cilji, ki naj bi jih dosegli z varnostnimi ukrepi;
- izvedeni varnostni ukrepi za odstranitev ugotovljenih nevarnosti oziroma za zmanjšanje tveganja (na primer iz standardov ali drugih specifikacij);
- preostalo tveganje,
- rezultat končnega vrednotenja tveganja.

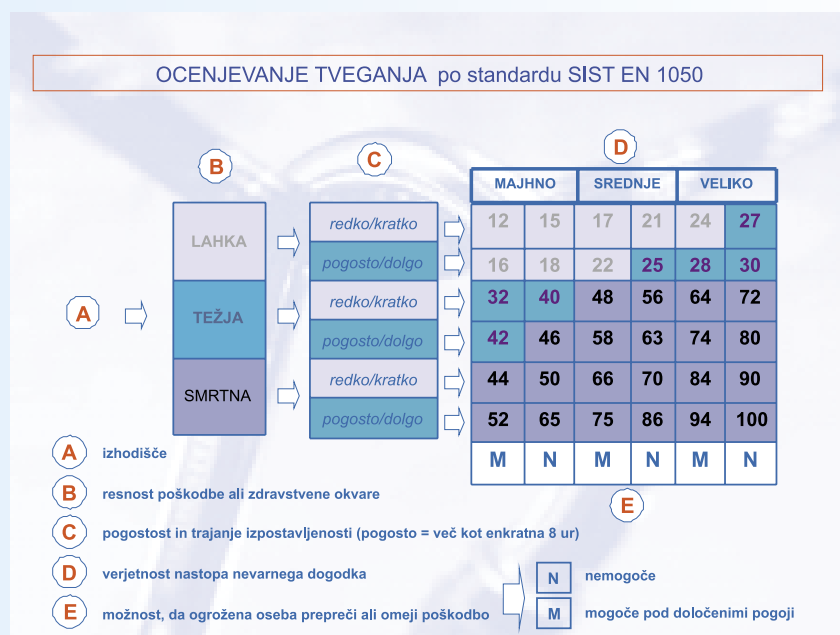
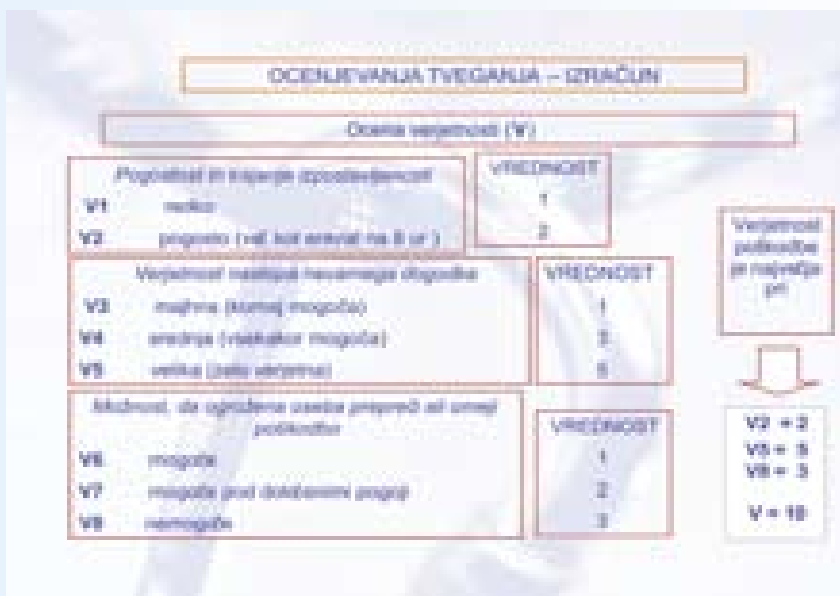
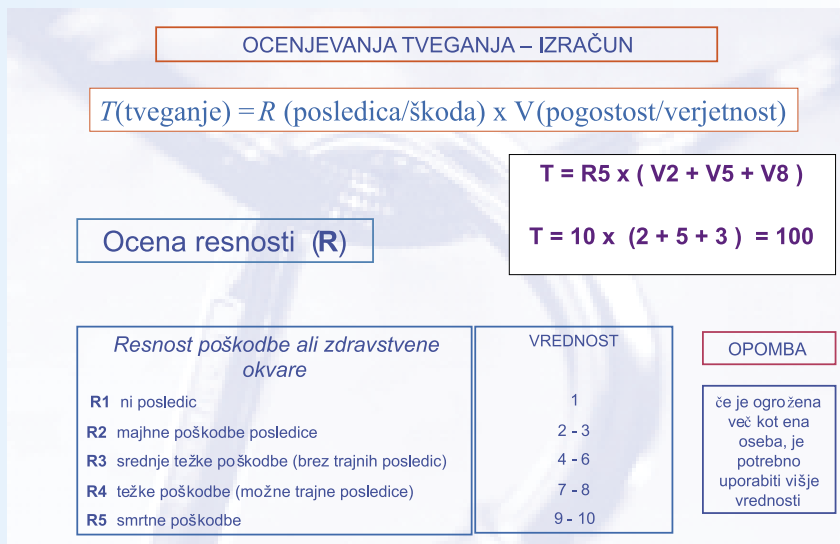
Tabela vrednotenja po SIST EN 1050

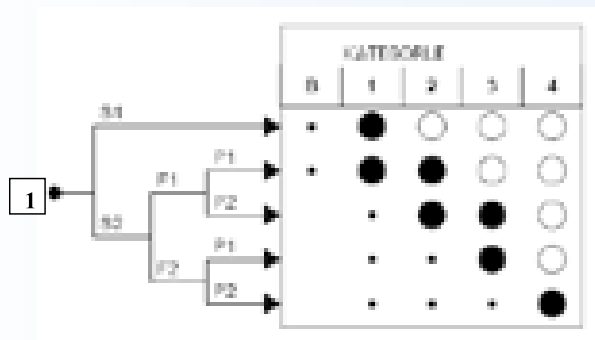
vrednost	do 24	25 do 42	44 do 100
tveganje	nepomembno	znatno	veliko nesprejemljivo

4. Ocenjevanje tveganja po SIST EN 954-1

V standardu SIST EN 954-1 Varnost strojev - Deli krmilnih sistemov v zvezi z varnostjo - 1. del: Splošna načela za načrtovanje⁶

⁶ Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design





- 1** izhodiščna točka
S resnost poškodbe
 S1 – neznatna (običajno popravljiva) poškodba
 S2 – resna (običajno nepopravljiva) poškodba
F pogostost in čas izpostavljenosti nevarnosti
 F1 – poredko do dokaj pogosto, čas izpostavljenosti je kratek,
 F2 – pogosto do trajno, čas izpostavljenosti je dolg;
P možnosti za preprečitev nevarnosti
 P1 – možno v posebnih pogojih,
 P2 – komaj možno;

Izbira kategorij
 B 1 do 4 Kategorije za dele krmilnih sistemov, povezane z varnostjo
 ● prednostne kategorije za referenčne točke,
 • možne kategorije, ki zahtevajo dodatne ukrepe,
 ○ ukrepi, ki so morebiti predimenzionirani za sprejemljivo tveganje.

Povzetek zahtev za kategorije

Kategorija ⁷	Povzetek zahtev	Sistemska razmerje ⁸	Načela za dosego varnosti
B	Z varnostjo povezani deli krmilnih sistemov in/ali njihove zaščitne naprave in tudi njihove komponente morajo biti načrtovane, izvedene, izbrane, sestavljene in kombinirane skladno z ustreznimi standardi, tako da lahko zdržijo pričakovane vplive.	Nastanek napake lahko vodi do izgube varnostne funkcije.	Opredeljeno pretežno z izbiro komponent
1 prva	Zahteve v B morajo biti izpolnjene. Uporabljene morajo biti uveljavljene komponente in varnostna načela	Nastanek napake lahko vodi do izgube varnostne funkcije, vendar je verjetnost nastanka manjša kot v kategoriji B	
2 druga	Zahteve v B in uporaba uveljavljenih varnostnih načel morajo biti izpolnjene. Varnostna funkcija mora biti preverjena v primernih intervalih s krmilnim sistemom stroja.	- nastanek napake lahko vodi k izgubi varnostne funkcije med preverjanji. - izguba varnostne funkcije je zaznana s preverjanjem.	
3 tretja	Zahteve v B in uporaba uveljavljenih varnostnih načel morajo biti izpolnjene. Z varnostjo povezani deli morajo biti načrtovani tako, da: - posamična napaka v kateremkoli od teh delov ne vodi k izgubi varnostne funkcije in - kadarkoli je primerno izvedljivo, je posamična napaka zaznana.	- kako nastane posamezna napaka, varnostna funkcija deluje. - zaznane so nekatere, vendar ne vse napake. - akumulacija, kopičenje neznanih napak lahko vodi do izgube varnostne funkcije.	Opredeljeno pretežno s strukturo
4 četrt	Zahteve v B in uporaba uveljavljenih varnostnih načel morajo biti izpolnjene. Z varnostjo povezani deli morajo biti načrtovani tako, da: - posamična napaka v kateremkoli od teh delov ne vodi v izgubo varnostne funkcije in - posamezna napaka je zaznana pri ali pred naslednjo zahtevo za varnostno funkcijo. Če to ni mogoče, kopičenje napak ne sme voditi v izgubo varnostne funkcije.	- ko nastanejo napake, ostane varnostna funkcija vedno delujoča - napake so pravočasno zaznane za preprečitev izgube varnostne funkcije.	Opredeljeno pretežno s strukturo

Kategorije

Splošno

Deli krmilnega sistema, povezani z varnostjo, morajo biti v skladu z zahtevami ene ali več kategorij. Kategorije niso namenjene za uporabo v kakršnemkoli zaporedju ali v kakršnikoli hierarhiji glede varnostnih zahtev. Navajajo zahtevan odnos z varnostjo povezanih delov krmilnega sistema glede na njihovo odpornost proti napakam.

Kategorija B je osnovna kategorija. Nastanek napake lahko vodi k izgubi

⁷ Kategorije niso določene zato, da bi se uporabljale v kakršnemkoli določenem zaporedju ali v kakršnikoli dani hierarhiji glede na varnostne zahteve.

⁸ Ocena tveganja bo pokazala, ali je zaradi napake sprejemljiva popolna ali delna izguba varnostne(h) funkcij(e).

varnostne funkcije. V prvi kategoriji dosežemo izboljšano odpornost proti napakam pretežno z izbiro in uporabo komponent. V drugi, tretji in četrti so izboljšane lastnosti z vidika izbrane varnostne funkcije, dosežene pretežno z izboljšanjem strukture z varnostjo povezanega dela krmilnega sistema. V drugi kategoriji je predvideno, da z rednimi periodičnimi pregledi preverjamo, ali so določene varnostne funkcije izvedene. V tretji in četrti kategoriji je to predvideno z zagotovitvijo, da posamezna napaka ne bo pripeljala do izgube varnostne funkcije. V četrti kategoriji in kadar je primerno izvedljivo v tretji, bode take napake zaznane. V četrti kategoriji bo odpornost na kopičenje napak določena.

Direktna primerjava med kategorijami glede odpornosti proti napakam je mogoča le, če je vsakič en parameter spremenjen. Višje oštevilčene kategorije si lahko razlagamo le kot doseganje večje odpornosti proti napakam v primerljivih pogojih, npr. pri uporabi podobne tehnologije, komponent s primerljivo zanesljivostjo, podobnih pogojih vzdrževanja in primerljivih uporabah.

Kategorija B

Deli krmilnega sistema, povezani z varnostjo, morajo biti vsaj tako načrtovani, izdelani, izbrani, sestavljeni in kombinirani, da lahko v skladu z ustreznimi standardi ob uporabi osnovnih

varnostnih načel za določeno uporabo vzdržijo:

- pričakovane obratovalne obremenitve, npr. zanesljivost, z vidika izklopnih možnosti in pogostnosti,
- vpliv snovi, uporabljenih v delovnem procesu, npr. detergentov v pralnem stroju,
- druge ustrezne zunanje vplive, npr. mehanske vibracije, zunanja polja, izpade ali motnje v napajanju z energijo.

Prva kategorija

Izpolnjene morajo biti zahteve kategorije B in te točke.

Z varnostjo povezani deli krmilnega sistema prve kategorije morajo biti načrtovani in izdelani z uporabo uveljavljenih komponent in uveljavljenih varnostnih načel.

Uveljavljena komponenta za uporabo, povezano z varnostjo, je tista, ki je bila:

- široko uporabljana v preteklosti, z uspešnimi rezultati v podobnih aplikacijah ali
- ki je bila narejena in preverjena z upoštevanjem načel, ki izkazujejo primernost in zanesljivost za aplikacije, povezane z varnostjo. Pri nekaterih uveljavljenih komponentah so lahko nekatere napake tudi izključene, ker je znano, da je njihov delež zelo nizek. Odločitev, da sprejmemo določeno komponento kot uveljavljeno, je lahko odvisen od uporabe.

Druga kategorija

Izpolnjene morajo biti zahteve kategorije B, uporabljena uveljavljena varnostna načela in zahteve te točke.

Z varnostjo povezani deli krmilnega sistema druge kategorije morajo biti načrtovani tako, da so njihove funkcije v primernih intervalih preverjene s krmilnim sistemom stroja. Varnostne funkcije moramo preveriti:

- pri zagonu stroja in pred nastopom nekega nevarnega stanja in
- periodično med obratovanjem, če ocena tveganja in način obratovanja kažejo, da je to potrebno.

Uvedba preverjanja je lahko avtomatična ali ročna. Vsako preverjanje varnostne(ih) funkcij(e) mora:

- dovoliti obratovanje, če niso bile zaznane napake, ali
- generirati izhodni signal za uvedbo primerne krmilne dejavnosti, če je zaznana napaka. Če je le mogoče, mora izhod vzpostaviti varno stanje. Če ni (npr. zvarjenje kontaktov končnega stikala), mora izhod opozoriti na nevarnost.

Samo preverjanje ne sme privedi do nevarnega stanja. Preverjalna naprava je lahko vključena v del(e), povezan(e) z varnostjo, ki zagotavlja(jo) varnostno funkcijo, ali ločena od njih.

Po zaznavanju napake moramo zadržati varno stanje, dokler napake ne odstranimo.

Tretja kategorija

Izpolnjene morajo biti zahteve kategorije B, uporabljena uveljavljena varnostna načela in zahteve te točke.

Z varnostjo povezani deli krmilnih sistemov tretje kategorije morajo biti načrtovani tako, da posamična napaka v kateremkoli od delov ne vodi k izgubi varnostne funkcije. Napake s skupnim vzrokom je treba upoštevati, če je verjetnost nastanka takih napak pomembna. Kadarkoli je izvedljivo, mora biti posamezna napaka zaznana pri naslednji zahtevi za varnostno funkcijo ali pred njo.

Četrta kategorija

Izpolnjene morajo biti zahteve kategorije B, uporabljena uveljavljena varnostna načela in zahteve te točke.

Z varnostjo povezani deli krmilnega sistema četrte kategorije morajo biti načrtovani tako, da:

- posamezna napaka v kateremkoli od teh z varnostjo povezanih delov ne vodi k izgubi varnostne funkcije in
- je zaznana posamezna napaka pri ali pred naslednjo zahtevo za varnostno funkcijo, npr. takoj pri vklopu, na koncu obratovalnega cikla stroja. Če to zaznavanje ni mogoče, kopičenje napak ne sme voditi do izgube varnostne funkcije.

Če zaznava nekaterih napak ni mogoča vsaj pri naslednjem preverjanju po nastanku napake zaradi tehnologije ali tehnike tokokroga, je treba predvideti

nastanek nadaljnjih napak. V tem primeru kopičenje napak ne sme voditi v izgubo varnostne funkcije. Pregled napak se lahko prekine, če je verjetnost nastanka naslednjih napak ocenjena kot dovolj nizka. V tem primeru je število napak v kombinaciji, ki jih je treba upoštevati, odvisno od tehnologije, strukture in uporabe, vendar mora zadostiti kriterijem zaznavanja.

Viri:

1. Priročnik Varnost strojev, Direktivi EU 98/37 stroji; 73/23 električna oprema, Milan Srna, Stilgraf 2003
2. Pravilnik o varnosti strojev (Uradni list RS, št. 25/06)
3. Pravilnik o električni opremi, ki je namenjena za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 27/04)
4. Varnost strojev in naprav na evropskih izkušnjah, Milan Srna, Stilgraf, 1996
5. Sichere Maschinen in Europa Teil 1, Rolf Reudenbach, Verlag Technik & Information 2001
6. Sichere Maschinen in Europa Teil 2, Rolf Reudenbach, Verlag Technik & Information 2001
7. Sichere Maschinen in Europa Teil 3, Rolf Reudenbach, Verlag Technik & Information 2003
8. Vodnik za dobavitelje nizkonapetostne električne opreme. Ministrstvo za gospodarstvo 2000
9. Guide to the Implementation of Directives Based on New Approach and Global Approach, European Commission, 1999
10. EN 292-1 ISO 12100-1 Safety of machinery – Basic concepts, general
11. EN 292-2 ISO 12100-2 Principles for design
12. EN 1050 ISO 14121 Safety of machinery – Principles for risk assessment
13. EN 61496-1 IEC 61496-1 Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests
14. EN 954-1 ISO 13849-1 Safety-related parts of control systems –Part 1: General principles for design