



INKO svetovanje, d.o.o.

## Izračun verjetnosti za nastanek nesreče v železniškem prometu na relaciji Koper - Divača

Tehnično poročilo

INKO TP-02-10

Revizija 0

Ustreza INKO PK-01-Poslovniku kakovosti po ISO 9001:2008

Ljubljana, maj 2010

**Naročnik:** Republika Slovenija  
Ministrstvo za promet  
Direkcija za vodenje investicij JŽI  
Kopitarjeva 5  
2000 Maribor  
Slovenija

**Izvajalec:** INKO svetovanje, d.o.o.  
Kolezijska 5A  
1000 Ljubljana  
Slovenija

**Št. pogodbe:** Naročilnica št:N2423-09-0145 z dne 24.12.2009

**Vodja projekta:** mag. Tea Bilić Zabric, univ. dipl. inž. el.

**Naslov poročila:** Izračun verjetnosti za nastanek nesreče v železniškem prometu  
na relaciji Koper - Divača

**Št. poročila:** INKO-TP-02-10

**Poročilo izdelala:** mag. Tea Bilić Zabric, univ. dipl. inž. el.  
dr. Ivan Vrbanić, univ. dipl. inž. el.

**Poročilo pregledal:** Igor Zabric, univ. dipl. inž. el.

**Prejemniki:** Naročnik (3x) + CD  
Izvajalec - arhiv (1x)

**Datum izdelave:** 10.05.2010

© INKO, d.o.o

 Direktor:  
Mag. Tea Bilić Zabric, univ. dipl. inž. el.

## KAZALO

<b>OKRAJŠAVE</b>	<b>3</b>
<b>SEZNAM TABEL</b>	<b>4</b>
<b>SEZNAM SLIK</b>	<b>5</b>
<b>1. UVOD</b>	<b>5</b>
<b>2. PRISTOP</b>	<b>6</b>
<b>3. ANALIZA</b>	<b>8</b>
3.1. Opis predložene spremembe sistema	8
3.2. Identifikacija in definicija nevarnosti in posledic	15
3.2.1. Identifikacija nevarnosti	15
3.2.2. Definicija kategorij nevarnosti	20
3.2.3. Definicija posledic	21
3.3. Analiza tveganja	23
3.3.1. Iztirjenja in trčenja vlakov (H1)	24
3.3.2. Požari (H2)	30
3.3.3. Druge nesreče (H3)	31
3.4. Kvantitativni kriterij za sprejemljivo tveganje	31
3.5. Vrednotenje tveganja	36
3.5.1. Razpoložljivi podatki o nesrečah	36
3.5.2. Iztirjenja in trčenja vlakov (H1)	42
3.5.3. Požari (H2)	53
3.5.4. Druge nesreče (H3)	55
3.5.5. Ocena skupnega tveganja	58
<b>4. ZAKLJUČKI</b>	<b>60</b>
<b>5. REFERENCE</b>	<b>61</b>

## OKRAJŠAVE IN DEFINICIJE

C1	Ostale posledice
C2	Več kot ena smrtna žrtev
C3	Izpust nevarnih snovi (NS) z posledicami na okolje in/ali ljudi
C4	Večje število smrtnih žrtev
C5	Izpust nevarnih snovi (NS) z večjimi posledicami za okolje in/ali ljudi
ERA	European Railway Agency (Evropska agencija za železnice)
ERTMS	European rail traffic management system (Evropski sistem upravljanja železniškega prometa)
ES	Evropska Skupnost
ETCS	European Train Control System (Evropski sistem za kontrolo vlakov)
FRA	Federal Railroad Administration (Federalna železniška uprava ZDA)
IZTNS	Iztirjeni vagoni ne vključujejo NS-vagona
ND	Povprečno število iztirjenih vagonov
NH	Nesreča pri nižji hitrosti
NS	Nevarne snovi
NS-vagoni	Vagoni z nevarnimi snovmi
POSK	Iztirjeni NS-vagoni niso poškodovani
PVO	Presoja vpliva na okolje
QC2	Iztirjenje ali trčenje potniškega vlaka ne povzroči več kot eno smrtno žrtev
ROSA	Rail Optimisation Safety Analysis
SVC	Skupni varnostni cilji
SV	Signalno varnostni
SVK	Skupni varnostni kazalniki
SŽ	Slovenske železnice
TK	Tele Komunikacijski
TOV	Nesreča ne vključuje tovornega vlaka
ZDA	Združene Države Amerike
ZN	Začetna nevarnost

## SEZNAM TABEL

Tab. 3-1: Kategorije nevarnosti za analizo tveganja .....	21
Tab. 3-2: Kategorije posledic za analizo tveganja .....	21
Tab. 3-3: Indikativni kriteriji za dogodke z različnimi posledicami za celoten železniški sistem .....	35
Tab. 3-4: Povzetek letnih števil železniških dogodkov iz letnih poročil AŽP-ja ....	37
Tab. 3-5: Število dogodkov na milijon vlakovnih km (AŽP), srednja vrednost za 5 let .....	37
Tab. 3-6: Skupni vlakovni kilometri v letu za obdobje 2006 - 2008 (AŽP) .....	38
Tab. 3-7: Primerjava števila dogodkov na milijon vlakovnih km (AŽP) .....	38
Tab. 3-8: Letno število dogodkov v obdobju 2002 - 2006, Državni načrt zaščite in reševanja ob železniški nesreči .....	39
Tab. 3-9: Ocena letnega števila vlakovnih kilometrov (v milijonih) v Veliki Britaniji .....	39
Tab. 3-10: Letno število dogodkov v obdobju 2004 - 2007 v Veliki Britaniji .....	41
Tab. 3-11: Povzetek deleža NS v tovarnem prometu na odseku Divača - Koper ..	45
Tab. 3-12: Iztirjenja na progi Divača - Koper, 1980 - 2009 .....	47
Tab. 3-13: Verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo vsaj eden NS-vagon za različne $N_D$ .....	48
Tab. 3-14: Ocenjene pogostosti nesreč s posameznimi posledicami zaradi iztirjenja /trčenja (nova proga Divača - Koper) .....	51
Tab. 3-15: Skupno število drugih dogodkov v obdobju 2006 - 2008 .....	55
Tab. 3-16: Letna števila smrtnih žrtev v železniških nesrečah v obdobju 2006 - 2008 .....	56
Tab. 3-17: Skupno tveganje od vseh obravnavanih kategorij nevarnosti .....	58
Tab. 4-1: Primerjava ocenjenih kategorij tveganja z indikativnimi kriteriji .....	60

## SEZNAM SLIK

Sl. 3-1: Drevo dogodkov za iztiranje in trčenje .....	25
Sl. 3-2: Poenostavljeno drevo dogodkov za požar na vlaku.....	30
Sl. 3-3: Poenostavljeno drevo dogodkov za druge nesreče .....	31
Sl. 3-4: Vrednotenje scenarijev za iztiranja / trčenja (H1) .....	52
Sl. 3-5: Vrednotenje scenarijev za požare na vlakih (H2) .....	55
Sl. 3-6: Vrednotenje scenarijev za druge nesreče (H3) .....	58

## 1. UVOD

Z rekonstrukcijo železniške proge na relaciji Koper - Divača se bodo na tej relaciji spremenile prometne razmer tako v potniškem kot v tovornem prometu. Trasa proge prečka hudournik Glinščico, ki je s svojim okoljem poseben habitat in občutljiv ekološki sistem, kjer živijo značilne živalske in rastlinske vrste. Zaradi tega je v sklopu presoje vplivov na okolje (PVO) izdelan izračun verjetnosti nastanka nesreče na predmetnem odseku. Rezultati izračuna bodo služili investitorju kot merilo za morebitne dodatne ukrepe, ki bodo zmanjšali verjetnost nastanka nesreče oz. ublažili posledice če bi do nesreče prišlo.

Poglavje 2 poročila opisuje pristop k izračunu verjetnosti nastanka nesreče in zakonodajne dokumente s tega področja.

V poglavju 3 je detajlno opisana izdelava analize tveganja, obdelava vhodnih podatkov, identifikacija možnih nevarnosti in posledic ter definicija sprejemljivih kriterijev tveganja v železniškem prometu.

Poglavje 4 podaja zaključke študije in poglavje 5 navaja uporabljeno literaturo.

## 2. PRISTOP

Zakonski dokument Evropske Skupnosti »Commission Regulation (EC) No. 352/2009« [Ref. 1] predstavlja sprejemljivo metodologijo za nadzor in oceno tveganja v železniških sistemih, določeno na podlagi člena 6(3)(a) Direktive 2004/49/ES Evropskega parlamenta in Sveta [Ref. 2]. Metodologija je dodatno pojasnjena v navodilih in poročilih Evropske agencije za železnice (European Railway Agency, ERA) [Ref. 3], [Ref. 4] in [Ref. 5].

Obvladovanje tveganja in ocena tveganja kot je opisana v zakonodaji [Ref. 1] se nanaša na proces ocenjevanja varnostnega nivoja in usklajenosti z varnostnimi zahtevami pomembnejših sprememb. Obvladovanje rizika in ocena rizika obsega varnostna tveganja glede tehničnih, obratovalnih in organizacijskih sprememb železniškega sistema.

V členu 4(1) omenjenega zakonskega dokumenta je navedeno:

Če ne obstajajo nacionalna pravila, ki definirajo pomembne spremembe v državi članici, mora predlagatelj pretehtati možne vplive sprememb na varnost železniškega sistema. V primeru, da predlagana sprememba nima vpliva na varnost, oceno in obvladovanje tveganja kot je opisano v členu 5, je ni potrebno upoštevati.

Glede določanja značilnosti predložene spremembe je v navodilu [Ref. 3] pojasnjeno, da poteka v dveh korakih. Najprej je potrebno preveriti če sprememba lahko vpliva na varnost. V primeru, da sprememba lahko vpliva na varnost, je potrebno v drugem koraku preveriti pomembnost spremembe za katere so podani določeni kriteriji v členu 4(2) omenjenega zakonskega dokumenta.

Člen 4(2) pravi:

Kadar predlagana sprememba nima vpliva na varnost, mora predlagatelj določiti z inženirsko oceno pomembnost sprememb glede na naslednje kriterije:

- a) posledice napake: verjeten najhujši scenarij v primeru odpovedi sistema ob upoštevanju varnostnih pregrad zunaj sistema;
- b) novosti zaradi izvedbe spremembe; to upošteva oboje, novitete v železniškem prometu in novitete zaradi izvedbe spremembe;
- c) kompleksnost spremembe;
- d) monitoring: nezmožnost nadzora izvedenih sprememb tekom življenjskega ciklusa in izvedbe pravih intervencij;
- e) reverzibilnost: nezmožnost vrnitve v prejšnje stanje - pred spremembo;
- f) dopolnitev: ocena važnosti spremembe upoštevajoč vse pred kratkim nastale varnostne modifikacij na sistemu ki se ocenjuje in kateri ni bil ocenjen kot pomemben. Predlagatelj mora priložiti adekvatno dokumentacijo, da opraviči svojo odločitev.



Glede na navedene kriterije lahko obravnavamo spremembo železniškega sistema kot pomembno in sicer:

(a) posledice napake: odpoved zaradi napake v opremi ali človeškega faktorja, na novem delu sistema (novi progi), ki bi lahko povzročila nesrečo s posledicami za ljudi in okolje.

(b) novosti: s stališča inovativnosti, v smislu možnega negativnega vpliva na varnost se lahko predpostavi, da obravnavana sprememba ne predstavlja pomembno spremembo, saj bo temeljila na preverjeni in dokazani projektni metodologiji in opremi. Kot je iz opisa spremembe razvidno, bo novi odsek proge vsekakor temeljil na novih (sodobnih) tehnologijah, vendar ne na inovativnih v smislu nepreizkušenih.

(c) kompleksnost: s tega stališča, sprememba vsekakor sodi v značilne spremembe.

(d) monitoring: monitoring in interventni ukrepi so predvideni s projektom in bodo omogočeni v vseh fazah življenjskega cikla sistema.

(e) reverzibilnost: ni razloga, da vrnitev sistema v prvotno stanje ne bi bila izvedljiva, z izjemo neugodnega finančnega in ekonomskega učinka.

(f) dopolnjevanje: pregled ostalih sprememb v železniškemu sistemu ni predmet te študije. Kljub temu se zdi smiselno predpostaviti, da ni bilo takšnih drugih sprememb, ki bi z uvajanjem novega odseka proge imeli sinergijski negativen učinek na varnost.

### 3. ANALIZA

#### 3.1. Opis predložene spremembe sistema

Leta 2005 je vlada sprejela uredbo o Državnem Lokacijskem načrtu (DLN) za drugi tir železniške proge Divača - Koper.

Parametri trase nove dvotirne proge Divača - Koper na odseku od Divače do Črnega Kala so skladni s parametri, ki so bili definirani v IDP za 2. tir železniške proge Divača - Koper iz l. 2001, ki je služil kot strokovna podlaga za sprejem DLN za drugi tir. To pomeni, da gre za konvencionalno progo z  $V_{\max} = 160 \text{ km/h}$ , maksimalnim vzdolžnim nagibom  $i_{\max} = 17 \text{ ‰}$ . Nova proga je projektirana za osne obremenitve  $225 \text{ kN/os}$  oziroma  $80 \text{ kN/m}$  (kat. D4) ter elektrificirana z enosmernim sistemom  $3 \text{ kV}$ .

Oba tira proge sta izvedena klasično s tirno gredo od Divače do vstopa v prvi predor T1. Od vstopnega portala predora T1 do izstopnega portala predora T8 pa je tir izveden s konstrukcijo brez tirne grede (tir na togi podlagi). Od izstopnega portala T8 do Kopra pa je načrtovan tir s tirno gredo. Ne glede na vrsto sistema je načrtovana uporaba tirnice sistema UIC60.

Elementi trase odprte proge med koncem postaje Divača in cepiščem Bivje pred postajo Koper:

dolžina trase (m)	27.224* (odprta proga do cepišča Bivje)
$V_{\max}$ (km/h)	160
$R_{\min}$ (m)	1404,226 (600**)
$i_{\max}$ (‰)	17
število predorov	8
skupna dolžina trase v predorih (m)	20.320
delež predorov (%)	74,64
najdaljši predor (m)	6.700
število viaduktov	2
skupna dolžina žel. viaduktov (m)	1.077,1
delež viaduktov (%)	3,96
najdaljši viadukt (m)	637,1

#### Opombe:

\* dolžina trase je merjena od konca kretnice 307 rekonstruirane postaje Divača (km 0+861,571) pa do cepišča Bivje (cepna kretnica za postajo Koper - potniško)

\*\* min radij na delu kjer je hitrost omejena na  $100 \text{ km/h}$

## Opis trase

Trasa dvotirne proge poteka za postajo Divača v nasipu, nato pa v vkopu - še približno 1580 m na površju. Vkop se na dolžini cca 600 m pred portalom prvega predora začne širiti, saj se levi tir proge odmika od desnega v S-loku. Na ta način se izvede prehod iz medtirne razdalje 4,20 m na razdaljo 25,0 m. Plato pred portalom predora T1 je tako širok cca 30 m, tako da je čelo useka dovolj široko še za vstop levega tira v levo predorsko cev. Do razširjenega useka pred vstopom v predor bo speljana tudi servisna cesta (priključena na cesto Divača - Lokev), plato pa bo služil po gradnji predora predvsem varnostnim namenom.

Trasa nato v km 2+980 preide v prvi, 6700 m dolg predor (desna cev predora). Obe predorski cevi imata presek, ki omogoča po en tir v vsaki cevi. Na razdalji 25 m od osi desnega tira, leži na levi strani leva predorska cev v kateri se nahaja levi tir proge. Ta cev je nekoliko krajša od desne. Obe predorski cevi sta povezani s prečniki na vsakih 500 m.

V prvem predoru trasa poteka v premi, z izjemo enega blagega loka z radijem  $R = 2500$  m. Južno, pod naseljem Mihele, v zgornjem delu doline Glinščice v km 9+680 trasa preide na površje. Na kratkem, 250 metrskem odseku proga poteka tako, da z dvema mostovoma preči Glinščico, na levem tiru nato preide v dodaten predor poimenovan »T1a« dolžine 60 m. Pritok Glinščice proga preči na levem tiru s prepustom, na desnem pa z mostom. Do območja Glinščice bo (delno tudi preko trase opuščene proge Kozina - Trst) speljana servisna cesta. Pred obema portaloma sta predvidena servisna oziroma varnostna platoja. Vstopni portal predora T2 je dostopen tudi preko dodatne gradbiščne ceste, ki vodi do naselja Beka.

Vstop v drugi, 5985 m dolgi predor je definiran s portalom v km 9+930. Študija izvedljivosti nove železniške povezave Trst - Divača v okviru Programa pobude Skupnosti Interreg III/A Slovenija - Italija, je bila zaključena v juliju 2008. V omenjeni študiji je bila kot glavna smer definirana nova proga Trst - Divača. Posledično je to privedlo do smerne in višinske korekcije trase dvotirne proge (variante 2 iz »študije dvotirnosti«), saj je bilo potrebno geometrijo obeh tirov prilagoditi odklonski smeri cepnih kretnic.

Do spremembe je prišlo tudi pri priključevanju tira za smer Trst - Koper (lokacija cepne kretnice) in s tem do spremembe v niveletnem poteku proge Divača - Koper na tem delu (ublažitev za kretnico). Oba prej omenjena priključka sta na novo definirala smerni in višinski potek trase dvotirne proge Divača - Koper, prav tako pa tudi potek predorov. Ločeni predorski cevi desnega in levega tira proge Divača - Koper se za priključkom na progo Trst - Divača postopoma približata in pred priključkom Trst - Koper preideta v enotno dvotirno cev kjer sta tira na medtirni razdalji 4,20 m. Na tem delu se nahajata tudi kretniški zvezi za prehod iz desnega na levi tir in obratno (V zveza). V začetnem delu predora trasa poteka v loku z radijem 1500 m, nato pa v večini predora v premi. V zadnjem delu preme je predvidena dvojna A tirna zveza za prehod z desnega na levi tir in obratno, z osjo v km 14+000. Na mestu tirnih zvez se nagib nivelete ublaži iz nagiba 17‰ na 10‰ (na dolžini cca 600 m).

V zadnjem delu predora v katerem preide iz območja Krasa, nova proga poteka v desnem loku. V km 15+915 se predor konča, za portalom je predviden servisni plato. Tik ob platu pa bo zgrajena tudi elektro napajalna postaja za potrebe napajanja železniške električne vozne mreže.

Trasa takoj za platojem preide v prvi, 440 m dolg viadukt (poimenovan »Gabrovica«) in v dolgem loku zaobide Gabrovico pod Črnim Kalom, od katere je oddaljena 500 m in več. Na viaduktu proga poteka pod črnokalskim avtocestnim viaduktom.

Trasa poteka po jugozahodnemu pobočju Osapske doline skoraj v celoti v predorih T3, T4, T5 in T6. Do platojev pred predori bodo speljane gradbene in servisne ceste. Potek v pobočju Tinjana nad Osapsko dolino trasa zaključi v km 19+870 in se v predzadnjem predoru T7 usmeri proti jugu. Za koncem predora proga poteka v zaseku in useku. Z zadnjim, 637,1 m dolgim viaduktom, proga preči dolinico Vinjanskega potoka in se približa državni meji.

Za viaduktom proga preide v zadnji predor T8. Trasa poteka v dolgem levem loku pod Plavjami in v zaledju Zgornjih in Spodnjih Škofij. V zadnjem delu predora proga poteka v ostrejši desni krivini, ki bo omogočala hitrost 120 km/h. V zaledju Dekanov, za glavno cesto proga preide na plano. Servisna cesta bo speljana do obeh platojev na začetku in koncu tega predora. Trasa nadaljuje potek po dolini Rižane, padec 17‰ se ublaži. Proga preide v nasip in se približa obstoječi ter poteka ob njej do cepišča Bivje. Ob mestu združenja s traso obstoječe proge je predvidena nova elektronapajalna postaja Dekani, ki bo zgrajena v sklopu modernizacije obstoječe proge.

Na zadnjem odseku proga križa lokalno cesto in poljsko pot. Proga premosti Rižano z novim mostom, ki bo postavljen tik ob obstoječem. Na zadnjem delu skupnega poteka je predvidena vgradnja dvojne (križne) kretniške zveze. Na cepišču Bivje se konča potek nove proge. Oba tira se uvežeta v tovarno postajo Koper kakor je načrtovano s projektom modernizacije (št. proj. 3511-K).

### Tehnične karakteristike, ki so pomembne za varnost obratovanja

Za samo obratovanje so predvideni naslednji sistemi, ki zagotavljajo varnost:

#### **Gradnja predorov:**

V predorih daljših od 500 m bodo zagotovljeni stranski izhodi na plano ali v vzporedni servisni predor. Predori daljši od 500 m morajo biti opremljeni z varnostnimi sistemi navedenimi v smernicah.

V času izdelave idejnega projekta, kakor tudi danes, ni veljavnih sodobnih slovenskih predpisov o gradnji predorov na novih železniških progah. Zato se je bilo potrebno že leta 2001 pri izdelavi Idejnega projekta za drugi tir naslanjati na tuje predpise, in sicer deloma na takrat veljavne ÖNORM (avstrijski predpisi), deloma pa na EU predpise.

Obstaja osnutek pravilnika »Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje spodnjega ustroja«, junij 2003, ki pa ni sprejet. Ta pravilnik, kar zadeva predore, povzema nemške (DIN) norme, ki se večinoma uporabljajo v Sloveniji, ko govorimo o železniški infrastrukturi.

Vsi predori so načrtovani v skladu s tehničnimi specifikacijami za interoperabilnost v zvezi z varnostjo v železniških predorih v vseevropskem železniškem sistemu za konvencionalne in visoke hitrosti.

Na trasi nove proge Divača-Koper je predvidena gradnja osmih predorov različnih dolžin. Trasa proge poteka v dveh geološko različnih formacijah; del proge od Divače do Črnega Kala poteka v dveh daljših predorih večinoma v apnencu, del proge od Črnega Kala do Kopra v šestih predorih različnih dolžin pa izključno v flišu.

### **Varnostni sistemi v predorih**

V vseh zgoraj naštetih predorih so predvideni vodovodni sistemi za gašenje. Za te potrebe bodo zgrajeni vodohrani, kapacitete 200 m<sup>3</sup> na površju nad predori. V vseh daljših predorih bodo nameščene video nadzorne kamere. Vzpostavljen bo telefonski sistem za klic v sili. Predviden je centralni nadzorni sistem na postaji Divača. Vzdolž daljših predorov bo nameščena zasilna razsvetljava, ki bo aktivirana v primeru nesreče. Iz predorov T4 in T7 bo možen umik skozi stranske izhodne cevi na površje, iz predorov T1, T2 in T8 pa servisni vzporedni predor. Platoji pred in za predori T1, T2, T4, T7 in T8 ter pred izhodi stranskih izhodnih cevi bodo dovolj veliki, da bo na njih možna reševalna akcija v primeru morebitne nesreče. Do obeh portalov oziroma obeh platojev (vstopnega in izstopnega) vseh naštetih predorov bodo zgrajene servisne ceste. Na izhodu iz glavne predorske cevi v prečnike oziroma izhodne predorske cevi bodo nameščena požarna vrata s protidimno zaporo. Servisna predorska cev predora T8 bo opremljena z ventilatorji, ki bodo v servisnem predoru po potrebi ustvarili nadtlak.

### **Električne napeljave, naprave in oprema v predorih**

V predorih je predvidena izvedba osnovnega napajanja varnostnih sistemov z električno energijo, ter preklon iz osnovnega na rezervno napajanje, ki bo avtomatsko.

V primeru izpada električne energije iz osnovnega vira napajanja je predvidena vgradnja naprave neprekinjenega napajanja UPS z avtonomijo 3 ure.

V predorih je predvidena splošna in varnostna razsvetljava in sicer v:

- servisnem predoru, izhodnih rovih, TP in EN: splošna in varnostna razsvetljava
- voznem tunelu in povezovalnih rovih: varnostna razsvetljava
- Vklapljanje varnostne razsvetljave je predvideno:

- daljinsko (iz nadzornih mest tehnične službe v Divači),
- lokalno (znotraj voznega predora s stikali nameščenimi na obeh straneh tunela v razdalji 125 m).

Stikala morajo biti opazna tudi v temi. Krmiljenje varnostne razsvetljave bo izvedeno tako, da reševalne poti ne bodo nikoli v temi.

V servisnem predoru je predvideno prezračevanje predora v primeru požara. Nameščeni so ventilatorji za vzdolžno prezračevanje.

Izvedene bodo protipožarne naprave, ventili, sprejemno ogrevanje cevovodov in hidrantne mreže. Prav tako bodo izvedene TK naprave (video, radio, javljanje požara, ipd.).

Za napajanje vseh NN porabnikov so predvidene električne niše na razdalji 495 m. V predoru so predvidena vtična gnezda na razdalji 125 m za priklop prenosnih merilnih in servisnih naprav. Vse EE naprave bodo nadzorovane iz komandnega centra v Divači. Izvedena bo strelovodna napeljava in ozemljitve.

### Telekomunikacijske instalacije v predorih

Za nadzor nad dogajanjem in za pravočasno in ustrezno ukrepanje v primeru nesreč bodo v predorih vgrajeni telekomunikacijski sistemi, ki bodo služili:

- požarnemu javljanju (linijski javljalniki v predorski cevi, avtomatski v transformatorskih postajah in elektro nišah ter ročni javljalniki),
- radijskim zvezam (policija, gasilci, reševalci),
- TV nadzoru,
- krmiljenju energetike,
- krmiljenju prezračevanja (v servisnih predorih),
- klicu v sili,
- krmiljenju razsvetljave (tako v glavnih kot v servisnih predorih),
- nadzoru sistema požarnih vod in
- drugim signalizacijam.

Nadzor, daljinsko vodenje ter koordinacijo vseh sistemov bo opravljal distribuirani nadzorni in krmilni sistem.

Nadzor vseh predorov na trasi bo potekal iz nadzornega centra v Divači. Nadzorni sistem bo omogočal popoln nadzor in daljinsko vodenje vseh varnostnih naprav in sistemov v predorih.

Nadzorni center je opremljen s podvojeno konfiguracijo nadzornega sistema, kjer se stekajo vse informacije vseh sistemov v predorih. Razen računalnikov in njihove periferne opreme so v nadzornem centru nameščene še naprave za video nadzor, naprave sistema klica v sili ter prenosna oprema za povezavo s predori. Povezava z

vsemi telekomunikacijskimi sistemi v predorih poteka po skupnih povezavah, kjer se vsi signali (podatkovni, govorni in video signali) multipleksirajo in prenašajo po skupni parici optičnega kabla. Celotna konfiguracija povezav je predvidena v obliki obroča, kar zagotavlja dodatno varnost v prenosu signalov med predori in nadzornim centrom.

### **Strojne instalacije in naprave v predorih**

V predorih je predvidena izvedba tlačnih hidrantnih mrež s potrebnimi elementi v predorih - stacionarni gasilni sistem, ki je zahtevan v predorih, daljših od 1000 m in zunanje mreže za oskrbo s protipožarno vodo od višinskih rezervoarjev (vodohranov) preko vertikalnih cevi do razdelilnih jaškov v navedenih predorih.

Pri projektiranju stacionarnega gasilnega sistema upoštevamo kot potrebno količino vode 1200 l/min (20 l/s) in minimalni tlak hidrantne mreže 2,5 bar, maksimalni tlak pa 10 bar.

Potrebna zaloga vode v višinskem rezervoarju mora zadoščati za dvo urno gašenje, tako je potrebna efektivna prostornina vodohrana 144 m<sup>3</sup>. Zato bo nad vsakim od navedenih predorov dolžine nad 1000 m nameščen betonski vodohran prostornine  $V = 200 \text{ m}^3$ .

Javljanje nivoja vode v vodohranih in signalizacija pretoka vode v tlačni hidrantni mreži bo posredovano v predvideni nadzorni center.

Zaradi zahtev po varnosti potnikov in osebja je potrebno vse predore, ki presegajo dolžino 1000 m opremiti tako, da je v primeru nesreče ali požara možno reševanje ljudi. Zato je ob predorih T1, T2 in T8 predvidena izgradnja prečnih povezovalnih rovov med predoroma na razdalji 495 m, kar je usklajeno s smernicami po katerih je zahtevana največja oddaljenost do varnega območja 500 m. V prečnih povezovalnih rovih bodo vgrajena požarno odporna in dimotesna vrata.

Predor T4 bo imel dve izhodni predorski cevi (reševalna jaška), predor T7 pa eno. Na izstopu iz izhodnih predorskih cevi (reševalnih jaškov) bodo vgrajena ustrezna varata.

Dostop vozil za gašenje bo po tirih v železniškem predoru (vozila »dvoživke«, npr. unimog), dostop reševalnih vozil pa preko servisnega predora in prečnih povezovalnih rovov.

V vseh reševalnih poteh je potrebno zagotoviti nadtlak, ki v primeru požara v železniškem predoru preprečuje vstop dimnih plinov v servisni predor. Tok svežega zraka mora biti usmerjen proti železniškemu predoru tako, da so ljudje ki bežijo usmerjeni proti toku svežega zraka.



## Protipožarna zaščita v predorih

Za nove železniške predore je bistvenega pomena, da se ukrepe za zmanjšanje možnosti nastanka požarov, ukrepe za uspešno evakuacijo in pogoje za hitre in učinkovite gasilske intervencije predvidi že v fazi idejnega načrtovanja.

Tehnični ukrepi za zagotavljanje požarne varnosti so predvideni le v dolгих predorih. Iz tehnično-varnostnih razlogov se kot dolge železniške predore obravnava predore z dolžino med 1000 in 15000 m. Za predore z dolžino pod 1.000 m so zagotovljeni le gradbeni (pasivni) ukrepi, ki zagotavljajo požarno odpornost 90 minut (R-90).

Osnovne zahteve, s katerimi bo mogoče zagotoviti učinkovito in sodobno požarno zaščito v dolгих predorih, so:

- Požarna odpornost nosilnih konstrukcij: R-90
- Požarna odpornost ločilnih konstrukcij in vrat: EI-90
- Funkcionalnost električnih naprav in instalacij: P-90 oz. PH 90
- Oskrba z vodo za hidrantno mrežo iz vodohranov, ki bodo zgrajeni nad predori.
- Možnosti za umik na vsakih 500 m.

Pri dolгих predorih bodo v servisnih predorih oz. reševalnih rovih vgrajeni posebni ventilatorji, ki bodo v ustrezni sekciji zagotavljali nadtlak, tako da bo onemogočen vdor dima na območja reševalnih poti.

S pomočjo požarnega krmiljenja bodo posamezni sistemi preklopljeni v stanje, ki ga morajo izpolnjevati po "požarnem scenariju".

Organizacijski ukrepi so bistveni tako za preprečevanje možnosti za nastanek požara kot tudi za uspešno posredovanje ob morebitnih požarih.

## Signalno varnostne naprave

Projekt obravnava dvotirno železniško povezavo med Trstom in Divačo in odcepom proge proti Kopru v smislu zavarovanja proge z signalno varnostnimi in telekomunikacijskimi napravami.

Predvideno je, da bo glavna dvotirna povezava potekala med Trstom in Divačo. Od te dvotirne proge se bo odcepila nova enotirna proga proti Kopru.

Za obe progi je predlagana vgradnja novejših naprav. V Evropi že delujejo naprave ERTMS (European rail traffic management system) - ETCS (European Train Control System). Za vodenje novih sistemov potrebujemo GSM-R ali digitalni radijski prenosni sistem. Radijski sistem je načrtovan tudi zaradi višjih hitrostih od 100 km/h. ETCS v drugem nivoju z radijskim sistemom GSM-R deluje brez signalov ob progi. Investicija v radio GSM-R bo nekoliko višja zaradi velikega števila tunelov in obvezne uporabe sevalnih kablov na stropu ali steni tunela. Zaradi sevalnih kablov



bodo zveze zelo kvalitetne in tudi motenj iz okolice bo manj. Rešiti je potrebno samo brezžične povezave na odprti progi in viaduktih.

Ker je predviden ETCS druge stopnje, je zaradi varnosti nujna redundantna povezava z dvema neodvisnima zankama za GSM-R in SVTK naprave.

Na obeh progah Divača - Trst in cepišče - Koper bo vgrajen ETCS sistem v drugem nivoju. Za ta sistem velja, da na progi ni potrebno vgraditi signalov. Rešitev je ugodna tudi zaradi velikega števila tunelov. ETCS sistem potrebuje polno zavarovanje postaj Divača, Koper, Trst in cepišče z elektronsko varnostno napravo, ki podpira ETCS v drugem nivoju. Medpostajni odseki bodo kontrolirani z medpostajno odvisnostjo in prostost odsekov s števcem osi. Na obeh progah ni predvideno križanje ceste in železnice v istem nivoju. ETCS stopnje 2 potrebuje zanesljivo brezžično radijsko povezavo GSM-R in zato nujne redundantne povezave radijskega in signalno varnostnega sistema.

ERTMS/ETCS stopnje 2 je sistem nadzorovanja vlakov, ki temelji na radijskem prenosu in je uporabljen na ustreznem elektronskem signalizacijskem sistemu. Dovoljenja za premikanje so zbrane na progi in so preko Euroradia posredovane vlaku. ERTMS/ETCS stopnje 2 zagotavlja trajen sistem nadzorovanja hitrosti, ki predstavlja tudi zaščito proti prekoračitvi pooblastil. Ugotavljanje lokacije vlaka in nadzor integritete vlaka omogoča progovna oprema elektronskega signalizacijskega sistema (SV-naprave, števcem osi, itd.), ki je izven okvira ERTMS/ETCS.

Stopnja 2 temelji na Euroradiu za komunikacijo med progo in vlaki in na Eurobalizah kot napravah za točkovni prenos, ki pretežno poročanja o lokaciji vlaka.

Center radio-bloka na progi, ki vlakom posreduje informacije, pozna vsak posamezen z ERTMS/ETCS nadziran vlak s pomočjo ERTMS/ETCS identitete opreme na tem vlaku.

## 3.2. Identifikacija in definicija nevarnosti in posledic

### 3.2.1. Identifikacija nevarnosti

V referenčni literaturi obstaja veliko virov, ki podajajo generične nevarnosti v železniških sistemih. Spodaj navajamo le nekatere.

Federalna železniška uprava ZDA (Federal Railroad Administration, FRA) v navodilu o poročanju o dogodkih [Ref. 9] podaja izčrpno listo vzrokov železniških nesreč, skupaj z odgovarjajočimi okrajšavami (za potrebe poročanja). V omenjenemu navodilu [Ref. 9] so vzroki nesreč razdeljeni v naslednje kategorije:

- Okvara tirnic, železniškega nasipa in konstrukcij
- Okvara signalizacij in komunikacij
- Napake na mehanskih in električnih sistemih

- Različni vzroki
  - Okoljevarstveni
  - Postopek natovarjanja
  - Nesreče na križiščih
  - Nenavadna obratovalna stanja
  - Ostali dogodki (vandalizem, dogodki brez znanega vzroka)

Vsaka posamezna kategorija vzrokov je sestavljena iz večjega števila različnih specifičnih vzrokov.

Podobna navodila in liste obstajajo tudi v evropski zakonodaji. V [Ref. 4] je podana generična lista nevarnosti (hazardov) narejena v sklopu nemško-francoskega projekta ROSA (Rail Optimisation Safety Analysis) na podlagi znanih nevarnosti v obeh državah. Lista je sestavljena iz 61 kategorij takoimenovanih »začetnih nevarnosti« (»starting point hazards«):

- |       |   |
|-------|---|
| ZN 01 | Začetna napačna določitev omejitve hitrosti (glede na infrastrukturo)                   |
| ZN 02 | Napačna določitev omejitve hitrosti (glede na vlak)                                     |
| ZN 03 | Napačna določitev zaviralne dolžine /napačen profil hitrosti/napačne zaviralne krivulje |
| ZN 04 | Nezmožnost zaviranja (fizični vzroki)   |
| ZN 05 | Napačna /neprimerna hitrost/aktivacija zavor  |
| ZN 06 | Zabeležena napačna hitrost (napačna hitrost vlaka)                                      |
| ZN 07 | Napaka na omejevalniku hitrosti   |
| ZN 08 | Vožnja v napačno smer   |
| ZN 09 | Napačna smer vožnje/namerno zamujanje/kombinacija ZN 08 in ZN 14)                       |
| ZN 10 | Zabeležena napačna absolutna/relativna pozicija   |
| ZN 11 | Napaka prepoznavanja vlaka  |
| ZN 12 | Izguba celovitosti vlaka  |
| ZN 13 | Možna napačna smer vlaka  |
| ZN 14 | Napaka v pošiljanju podatkov o voznem redu/Agencija za prevoz                           |
| ZN 15 | Konstruktivna napaka tračnic  |
| ZN 16 | Odpoved stikalnega elementa   |
| ZN 17 | Napačna komanda stikalnega elementa   |
| ZN 18 | Napačen status stikalnega elementa  |
| ZN 19 | Sistemiški predmet na tračnicah (lahko se odstrani, ne vključuje gramoz)                |
| ZN 20 | Tuj predmet na tračnicah (lahko se odstrani)  |

ZN 21	Udeleženec v prometu na tračnicah
ZN 22	Zdrs gramoza
ZN 23	Vpliv aerodinamičnih sil na vlak
ZN 24	Oprema vlaka/elementi/tovor vlaka presega dovoljene količine
ZN 25	Nepravilno določena dovoljena količina tovora
ZN 26	Napačno natovorjen vlak
ZN 27	Zlomljeno kolo, zlomljena os
ZN 28	Pregrevanje osi, koles, ležajev
ZN 29	Napaka na ranžirnem vlaku/začasna zaustavitev
ZN 30	Napaka ogrodja/vagona
ZN 31	Prekršek (s stališča varnosti)
ZN 32	Prečkanje tračnic s strani pooblaščenih oseb
ZN 33	Delo na tračnicah (uradno osebje)
ZN 34	Vdor pooblaščenih oseb na tračnice
ZN 35	Padec posameznika s perona na tračnice
ZN 36	Zdrs/posameznik preblizu robu perona
ZN 37	Delo na sosednem vlaku (uradna oseba)
ZN 38	Oseba namerno zapusti vlak (ne vključuje izmenjavo potnikov)
ZN 39	Padec posameznika skozi stranska vrata
ZN 40	Padec posameznika skozi zadnja vrata
ZN 41	Vlak odpelje z odprtimi vrati
ZN 42	Padec posameznika v prehod med vagonoma
ZN 43	Potnik se nagiba skozi vrata
ZN 44	Potnik se nagiba skozi okno
ZN 45	Osebje/strežnik se nagiba skozi vrata
ZN 46	Osebje/strežnik se nagiba skozi okno
ZN 47	Ranžirno osebje se nagiba čez stopnico
ZN 48	Padec posameznika s ploščadi v prostor med vlakom in peronom
ZN 49	Padec posameznika iz vlaka ali izstop iz vlaka kjer ni perona
ZN 50	Padec posameznika med izmenjavo potnikov
ZN 51	Zapiranje vrat dokler je posameznik med vrati
ZN 52	Vlak spelje med izmenjavo potnikov

ZN 53	Možnost poškodbe posameznika na vlaku
ZN 54	Nevarnost požara (na/v vlaku) - kategorija nesreče (Posledice ZN 55, ZN 56)
ZN 55	Neprimerna temperatura (v vlaku)
ZN 56	Zastrupitev/zadušitev (v vlaku)
ZN 57	Električni udar (na/v vlaku)
ZN 58	Padec posameznika s perona (izključuje primer med izmenjavo potnikov)
ZN 59	Neprimerna temperatura (na peronu)
ZN 60	Zastrupitev/zadušitev (na peronu)
ZN 61	Električni udar (na peronu)

V [Ref. 6] se navaja, da pri identifikaciji nevarnosti (hazarda) gre za »kaj če« aktivnost, ki išče možne vzroke in posledice nesreč. Skupina, ki se ukvarja z oceno tveganja v železniških nesrečah je prišla do največjega možnega števila verjetnih nevarnosti pri izdelavi analize tveganja.

Nekatere nevarnosti, kot so na primer direktna trčenja predstavljajo ekstremni dogodek za potnike ali tovor na vlaku. Ostale nesreče kot so iztirjenja in indirektna trčenja z nepremičnimi tarčami (kot so mostni stebri) morajo biti upoštevana - posebej na progah s tuneli, mostovi, velikimi križišči ali drugimi nepremičnimi objekti ob progi. Zgodovina železniških nesreč je polna primerov dodatnih silovitih trčenj (včasih nepričakovanih) med iztirjanjem ali direktnim trčenjem. Zaradi tega je potrebno za vse znane primere nesreč oceniti verjetnost da se zgodijo na progi ali delu proge, ki se analizira.

V skladu z [Ref. 6] so nekatere nevarnosti, ki morajo biti upoštevane v analizi tveganja našteje v nadaljevanju. Potrebno je omeniti, da je [Ref. 6] usmerjena v analizo tveganja zaradi trkov, kar nekoliko omejuje kategorije nevarnosti, ki se obravnavajo.

- Trčenje dveh vlakov
  - Lokomotiva enega vlaka trči v lokomotivo drugega potniškega ali tovornega vlaka
  - Potniški vagon trči v drugi potniški vagon
  - Potniški vagon trči v lokomotivo potniškega ali tovornega vlaka
  - Potniški vagon trči v tovorni vagon
  - Tovorni vagon trči v potniški vagon
  - Stranski trk
  
- Trčenje vlaka in vozila

- Lokomotiva trči v avtomobil
- Vagon trči v avtomobil
- Lokomotiva trči v komercialno/industrijsko vozilo
- Vagon trči v komercialno/industrijsko vozilo
- Lokomotiva trči v vozilo za vzdrževanje (ob cesti)
- Vagon trči v vozilo za vzdrževanje (ob cesti)
- Trk vlaka v nepremični objekt (po iztiranju)
  - Lokomotiva trči v vhod tunela
  - Vagon trči v vhod tunela
  - Lokomotiva trči v mostne stebre
  - Vagon trči v mostne stebre
  - Lokomotiva trči v trdni stranski objekt
  - Vagon trči v trdni stranski objekt
- Iztirjanje
  - Iztirjanje na posebno progo
  - Iztirjanje do katerega pride zaradi dela na progi
  - Iztirjanje ki povzroči da vlak ostane brez dela tovora

Podatki o nezgodah in nesrečah, ki so na razpolago, ne vrednotijo zelo natančno zgoraj opisane nevarnosti (oziroma s podatki, ki so na razpolago ni možno oceniti pogostosti/verjetnosti zgoraj naštetih nesreč z natančno opisanimi vzroki). Zaradi tega je bilo potrebno uporabiti bolj splošne kategorije nevarnosti.

V ta namen se zdi smiselno uporabiti kategorije, kot so definirane v Direktivi 2004/49/ES [Ref. 2], za skupne varnostne kazalnike (SVK).

Namreč, z namenom olajšanja ocene o doseganju skupnih varnostnih ciljev (SVC) in zagotovitve spremljanja splošnega razvoja varnosti na železnici, omenjena Direktiva [Ref. 2] zahteva (v členu 5), da države članice zbirajo informacije o skupnih varnostnih kazalnikih (SVK) iz letnih poročil varnostnih organov. Prvo referenčno leto za SVK je bilo 2006. O kazalnikih je treba poročati v letnem poročilu za naslednje leto.

Omenjena direktiva definira naslednje kazalnike v zvezi z nesrečami (Priloga I Direktive):

1. Skupno in relativno (glede na vlakovne kilometre) število nesreč in razčlenitev naslednjih vrst nesreč:
  - trčenja vlakov, vključujoč trčenja z ovirami znotraj gabaritov,

- iztirjenja vlakov,
- nesreče na železniških prehodih, vključno z nesrečami v katerih so vpleteni pešci,
- nesreče, ki jih povzročijo tirna vozila med gibanjem in v katerih so udeležene osebe, razen samomorov,
- samomori,
- požari na tirnih vozilih,
- druge.

O vsaki nesreči se poroča v okviru primarne nesreče, četudi so posledice sekundarne nesreče hujše, npr. požar po iztirjenju.

2. Skupno in relativno (glede na vlakovne kilometre) število resno poškodovanih oseb in smrtnih žrtev po vrsti nesreče, je razčlenjeno na naslednje kategorije:

- potniki (tudi glede na skupno število potniških kilometrov),
- zaposleni, vključno z osebjem pogodbenikov,
- uporabniki nivojskih križišč,
- nepooblašcene osebe na železniški progi,
- druge.

V Državnemu načrtu zaščite in reševanja ob železniški nesreči [Ref. 10] je navedeno, da do železniške nesreče lahko pride zaradi:

- trčenja vlakov,
- naleta vlakov,
- iztirjenja vlakov,
- požara na vlaku ali v okolici proge,
- eksplozije na vlaku in
- poškodbe na progi (kamenje, plaz, poplave, ipd.).

### 3.2.2. Definicija kategorij nevarnosti

Številčni podatki o nesrečah, so opisani v [Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14].

Glede na zgornja razglabljanja (poglavje 3.2.1) in na dostopnost podatkov, so nevarnosti (hazardi) razvrščeni v tri splošne kategorije, kot je opisano v Tab. 3-1.

Tab. 3-1: Kategorije nevarnosti za analizo tveganja

	Kategorija nevarnosti	Opomba
H1	Iztirjenja in trčenja vlakov	Kategorija vključuje tudi zunanje vzroke (npr. kamenje na progi)
H2	Požari	Kategorija se nanaša na požare, kot začetne dogodke in vključuje tudi zunanje požare. Kategorija izključuje požare, ki nastanejo kot posledica iztirjenja, ali trčenja. Ti so vključeni v kategorijo 1.
H3	Druge nesreče	<p>Kategorije se nanaša na nesreče, ki lahko povzročijo smrtne žrtve zaradi drugih vzrokov kot so iztirjenja, trčenja in požari. Vključene so:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesreče na železniških prehodih, vključno z nesrečami, v katerih so vpleteni pešci;</li> <li>• nesreče, ki jih povzročijo tirna vozila med gibanjem in v katerih so udeležene osebe;</li> </ul> <p>Samomori niso vključeni.</p>

### 3.2.3. Definicija posledic

Za potrebe analize tveganja so definirane tri kategorije posledic, kot v Tab. 3-2.

Tab. 3-2: Kategorije posledic za analizo tveganja

	Kategorija posledic	Opomba
C5	Izpust nevarnih snovi (NS) z večjimi posledicami za okolje in / ali ljudi - višje hitrosti	<p>Kategorija lahko vključuje večje število sekundarnih in primarnih žrtev.</p> <p>Primarne žrtve so direktna posledica nesreče, to je iztirjenja ali trčenja.</p> <p>Sekundarne žrtve so posledica vpliva izpusta nevarnih snovi.</p> <p>Do nesreče pride pri višji hitrosti in se pričakuje več kot 5 iztirjenih vagonov.</p>

	Kategorija posledic	Opomba
		<p>Za potrebe predmetne študije smo »večje število žrtev« definirali kot več kot deset žrtev. Poudariti je treba, da gre za indikativno definicijo.</p> <p>Navodilo [Ref. 3] definira »katastrofalne posledice« kot nesrečo ki ima za posledico več kot eno smrtno žrtev. V tem smo smislu razdelili posledice:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C3/C2 lahko vključujejo več kot eno, ampak ne več kot deset smrtnih žrtev;</li> <li>• C5/C4 lahko vključujejo več kot deset smrtnih žrtev.</li> </ul> <p>Nekateri viri definirajo odnos med številom resnih poškodb in smrtno žrtev. Npr., v britanskemu letnemu poročilu [Ref. 15] se prevzema, da deset resnih poškodb statistično odgovarja eni smrtni žrtvi.</p>
C4	Večje število smrtnih žrtev (nesreče pri višjih hitrostih)	<p>Kategorija se nanaša na nesreče pri katerih ni izpustov NS-jev, ampak, ki še vedno lahko povzročijo večje število primarnih smrtnih žrtev, npr.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trčenje dveh potniških vlakov;</li> <li>• Trčenje potniškega in tovornega vlaka;</li> <li>• Trčenje vlaka z avtobusom.</li> </ul> <p>Kot za C5, do nesreče pride pri višjih hitrostih.</p>
C3	Izpust nevarnih snovi (NS) z posledicami na okolje in/ali ljudi - nižje hitrosti	<p>Kategorija lahko vključuje več kot eno, ampak ne več kot 10 sekundarnih oz. primarnih žrtev. Do nesreče pride pri nižji hitrosti in se pričakuje do 4 iztirjenih vagonov.</p>
C2	Več kot ena smrtna žrtev	<p>Kategorija se nanaša na nesreče pri katerih ni izpustov NS-jev, vendar lahko povzročijo več kot eno in ne več kot deset primarnih smrtnih žrtev, npr.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trčenja pri nižjih hitrostih;</li> <li>• Nesreče ob prehodih;</li> <li>• Nesreče ki vključujejo tirno vozilo med gibanjem.</li> </ul>



	Kategorija posledic	Opomba
C1	Ostale posledice.	<p>Ostale posledice, za potrebe te analize tveganja so posledice, ki niso težke ali katastrofalne v zgornjem smislu. Torej, to so posledice, ki so limitirane na ne več kot eno smrtno žrtev. Lahko vključujejo tudi manjše vplive na okolje.</p> <p>Posledice, ki so omejene na materialno škodo brez vplivov na okolje niso posebej obravnavane.</p>

Kategorije posledic se bi lahko definirale bolj natančno kot so v Tab. 3-2, vendar bi bila uporabnost bolj natančnih kategorij zelo vprašljiva glede na razpoložljive številčne podatke o nesrečah v referenčnih dokumentih ([Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]).

»Ostale posledice« (kategorija C1) ne bodo kvantitativno obravnavane.

### 3.3. Analiza tveganja

Kot številčno merilo tveganja smo privzeli pričakovano letno število dogodkov z določeno posledico. Enačba tveganja za določeno kategorijo nevarnosti je:

$$R_{Hi,Cj} = f_{Hi} Q_{Hi,Cj}$$

kjer so:

$R_{Hi,Cj}$  tveganje zaradi nevarnosti  $H_i$  in posledice  $C_j$ ; (/leto); (pogostost dogodkov kategorije  $H_i$ , ki pripeljejo do posledice  $C_j$ ;

$f_{Hi}$  pogostost dogodkov kategorije  $H_i$  (/leto);

$Q_{Hi,Cj}$  pogojna verjetnost, da dogodek kategorije  $H_i$  pripelje do posledice  $C_j$ .

Pogojne verjetnosti  $Q_{Hi,Cj}$  se tipično definirajo kot produkt bolj natančno definiranih pogojnih verjetnosti, ki se ocenijo iz razpoložljivih podatkov.

Celotno tveganje zaradi posledice  $C_j$  se lahko oceni na podlagi sešteevka:

$$R_{Ci} = \sum_i R_{Hi,Cj} = \sum_i f_{Hi} Q_{Hi,Cj}$$

Modele (enačbe) tveganja za posamezne kategorije nevarnosti predstavljamo v poglavjih, ki sledijo.

### 3.3.1. Iztirjenja in trčenja vlakov (H1)

Iztirjenje, ali pa trčenje vlakov lahko povzroči različne posledice, ki so navedene v Tab. 3-2.

Študija tveganja zaradi prevoza nevarnih snovi po železnici v ZDA [Ref. 8] navaja, da je celotna verjetnost izpusta odvisna od vseh pogojnih verjetnosti:

- (1) Najmanj ena nesreča letno naj bi se zgodila v obravnavanem segmentu;
- (2) Nesreča naj bi bila takšne magnitude da povzroči iztiranje več vagonov;
- (3) Vlak ima najmanj en vagon, ki vsebuje nevarne snovi;
- (4) Najmanj eden od iztirjenih vagonov naj bi vseboval nevarne snovi;
- (5) Vagon z nevarnim snovmi je tako poškodovan, da pride do sproščanja večine nevarnih snovi.

Študija razlikuje nesreče nastale na glavnih progah in na manipulativnih prostorih/postajah.

Za nesreče na glavnih progah celotna frekvenca tveganj je vsota frekvenc iztirjenj in trkov. Torej prevzeto je, da enaka enačba tveganja velja za oba primera nesreč.

Pri formulaciji enačbe tveganja se uporablja terminologija "iztirjenje" in enačbe so zanesljive za resnična iztirjenja. Ne obstaja enostaven način, kako obravnavati direktna trčenja za potrebe ocene tveganja. Študija zgolj domneva, da pogoje verjetnosti, ki veljajo za iztirjenja, veljajo enako dobro tudi za trčenja. Izraz "iztirjenje" je treba razlagati na način, da vključuje iztirjenja in trčenja.

Za nesreče na manipulativnih prostorih ali postajah se v študiji navaja, da je negotovo kaj je "prava" korelacija za izražanje razmerja med pogostostjo nesreč na manipulativnih prostorih ali postajah in operativnih parametrih, kot so: povprečna hitrost vagonov, število vagonov, dolžina tira na manipulativnih prostorih ali postajah, skupni obseg prometa v bruto tonah, itd. Upoštevanje teh operativnih spremenljivk v korelaciji za stopnje nesreč na manipulativnih prostorih ali postajah je kompleksno.

Za izračun stopenj nesreč na manipulativnih prostorih ali postajah so bili na voljo podatki za število iztirjenj in različne vrste trkov po vsej ZDA. Medtem ko je bilo število nesreč na vsaki progi znotraj manipulativnih prostorov ali postajah na voljo, pa podatek o skupni bruto ton-milji blaga ki se prevaža na vsaki progi znotraj manipulativnih prostorov ali postajah, ni bil na razpolago. Zato je bilo nemogoče izraziti stopnje nesreč na manipulativnih prostorih ali postajah z istimi parametri, kot so bili uporabljeni za stopnje nesreč na glavnih linijah.

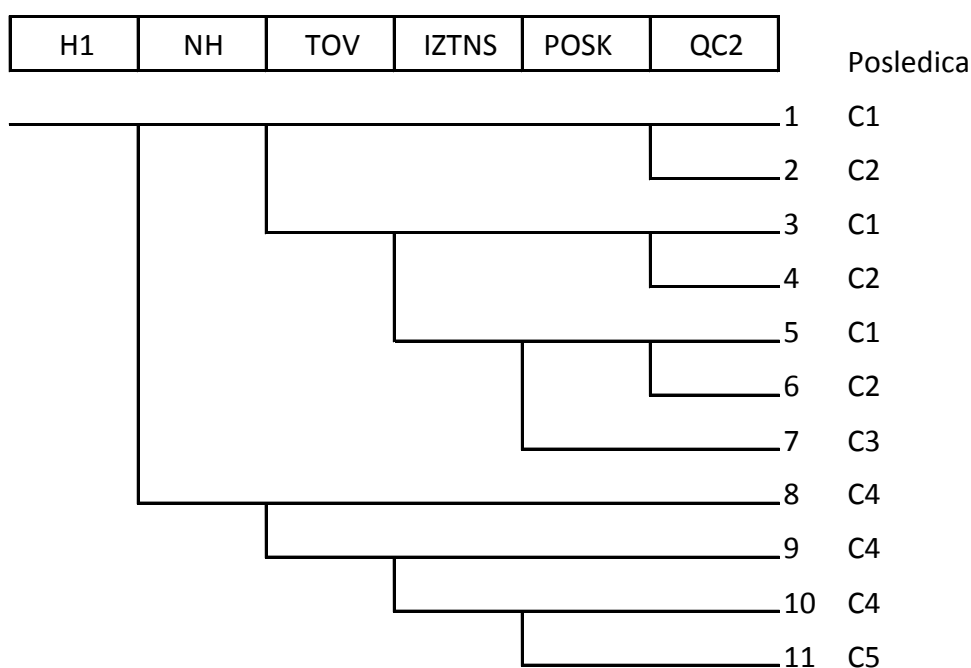
Za potrebe analize tveganja je število klasificiranih vagonov uporabljeno kot korelacijski parameter za nesreče na manipulativnih prostorih ali postajah.

Natančneje je uporabljena korelacija:

(Povprečna pogostost nesreč na manipulativnih prostorih ali postajah, # / leto) = (Stopnja nesreč, izražena v # nesreč po klasificiranih vagonih) X (število klasificiranih vagonov letno, # / leto)

Pri vhodnih podatkih, ki so dostopni za to analizo ([Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]), nesreče niso razvrščene med nesreče na glavnih progah in nesreče na manipulativnih prostorih oz. postajah. Predpostavlja se, da sta obe vrsti nesreč zajeti v podatkih in so pogostosti predstavljene v dogodkih po vlakovnem kilometru. Za potrebe te analize se predpostavlja, da se kvantitativni model tveganja (enačba) lahko uporablja za nesreče na glavnih progah enako kot za nesreče na manipulativnih prostorih in postajah.

Na podlagi prejšnjih razglabljanj je tveganje zaradi izpustov nevarnih snovi zaradi iztirjenj in trčenj predstavljeno z drevesom dogodkov na Sl. 3-1.



- H1      Iztirjenje ali trčenje vlaka (z objektom ali drugim vlakom)
- NH      Nesreča pri nižji hitrosti
- TOV      Nesreča ne vključuje tovornega vlaka
- IZTNS      Iztirjeni vagoni ne vključujejo NS-vagona
- POSK      Iztirjeni NS-vagoni niso poškodovani
- QC2      Iztirjenje ali trčenje potniškega vlaka ne povzroči več kot eno smrtno žrtev

Sl. 3-1: Drevo dogodkov za iztirjenje in trčenje

Zaradi vrednotenja drevesa dogodkov je potrebno oceniti določene parametre, ki so opisani v nadaljevanju.

### Pogostost iztirjenj/trčenj vlakov

Pogostost iztirjenj in trčenj vlakov je ocenjena na podlagi razpoložljivih podatkov o nesrečah (predvsem [Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]). Osnovni podatki za to so število nesreč (iztirjenj/trčenj) po vlakovnem kilometru in predpostavljeno letno število skupnih vlakovnih kilometrov na novi progi Divača - Koper. Ocena pogostosti je opisana v poglavju 3.5.1.

### Deleži nesreč pri višjih in nižjih hitrostih

Kot je bilo že večkrat poudarjeno, so posledice zelo odvisne od hitrosti pri kateri se je nesreča zgodila. Zaradi tega bo treba oceniti pogojne verjetnosti za iztirjenja/trčenja pri višjih oz. nižjih hitrostih. Razpoložljivi viri ([Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]) ne podajajo nobenih podatkov o hitrostih in je ocena narejena na podlagi presoje. Ocena je opisana v poglavju 3.5.1.

### Število vagonov v »povprečnem« tovornem vlaku

Skupno število vagonov v tovornem vlaku ( $N_T$ ) je potrebno za oceno verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo določene vagone, ki vsebujejo NS. Ocena števila vagonov v povprečnem tovornem vlaku bo narejena na podlagi presoje in obstoječih podatkov.

Za lažjo ilustracijo je podan primer iz omenjene ameriške študije tveganja zaradi prevoza NS [Ref. 8]. Povprečno število tovornih vozil, definirano kot "povprečni tovorni vlak", je bilo ocenjeno na 69,1 (v 1982). Ta številka se je spreminjala po različnih regijah v ZDA in sicer od 66,1 do najvišje vrednosti 71,9. Povprečno število tovornih vagonov v vlaku je bilo precej konstantno od 67 vagonov v letu 1978 do 69,1 vagonov v letu 1982.

Ocena povprečnega števila tovornih vagonov je opisana v poglavju 3.5.1.

### Povprečno število NS-vagonov v tovornem vlaku

V splošnem je tovorni vlak sestavljen iz vagonov z različnimi tovari od katerih nekateri vsebujejo nevarne snovi. Potrebna je ocena povprečnega števila NS-vagonov v tovornem vlaku ( $N_X$ ), ker vpliva na verjetnost, da so med iztirjenimi vagoni prav vsi NS-vagoni. Ocena je narejena na podlagi razpoložljivih podatkov o železniškemu prevozu tovora v Sloveniji in predvidenemu prevozu na novi progi Koper - Divača.

Za ilustracijo, v ameriški študiji tveganja zaradi prevoza NS [Ref. 8], so navedena naslednja povprečna števila NS-vagonov določenih v tovornem vlaku v ZDA:

- Vnetljivi stisnjeni plini: 0.344 vagonov po vlaku;
- Klor: 0.139 vagonov po vlaku;
- Žveplena kislina: 0.142 vagonov po vlaku;
- Vse nevarne snovi: 2.805 vagonov po vlaku.

Ocena povprečnega števila NS-vagonov v tovornemu vlaku je opisana v poglavju 3.5.1.

### Povprečno število iztirjenih vagonov po nesreči

Za oceno verjetnosti iztirjenja NS-vagona po železniški nesreči (iztirjenju/trčenju vlaka) je potrebno določiti povprečno število iztirjenih vagonov po nesreči. Ameriška študija tveganja zaradi prevoza NS [Ref. 8] poudarja:

- Število iztirjenih vagonov je zelo odvisno od hitrosti vlaka pred nesrečo;
- Število iztirjenih vagonov je v splošnem neodvisno od dolžine vlaka dokler je skupno število vagonov večje od 25;
- V večini nesreč s trčenjem ne pride do poškodb vagonov-samo v 54% trčenj je prišlo do poškodb enega ali več vagonov;
- Število iztirjenih vagonov je enako odvisno od hitrosti vlaka ne glede na dejstvo da se je nesreča zgodila na glavnih progah ali na manipulativnih prostorih in postajah.

V študiji [Ref. 8] je narejen pregled podatkov, ki se nanašajo na iztirjenje vagonov z nevarni snovmi. Ta pregled je pokazal da se iztirjanje vagonov z nevarnimi snovmi lahko prikaže z Gama distribucijo. Povprečna vrednost iztirjenih vagonov  $N_D$  je odvisna od hitrosti vlaka in se lahko izračuna s pomočjo formule:

$$N_D = AU^{0.5}$$

kjer sta:

$U$  hitrost vlaka izražena v miljah na uro

$A$  konstanta; za iztirjenja na glavnih progah in manipulativnih prostorih ali postajah ( za vse vzroke  $A = 1.7$ ).

Ocena povprečnega števila iztirjenih vagonov po nesreči je opisana v poglavju 3.5.1.

### Verjetnost, da iztirjeni vagoni vključujejo NS-vagone

V nesrečah z iztirjanjem, ob predpostavki da ND vagonov iztiri, obstaja končna verjetnost da nekateri od ND vagonov vsebujejo nevarne snovi. Pogojna verjetnost

specifičnega števila NS vagonov da iztirijo ( $J_X$ ), glede na celotno število tovornih vagonov  $N_D$  ki iztirijo med nesrečo, je odvisna od naslednjih parametrov:

- Celotnega števila NS vagonov ( $N_X$ ) v vlaku in celotnega števila vagonov  $N_T$  v vlaku;
- Distribucije  $N_X$  vagonov v vlaku, kar pomeni ali so  $N_X$  vagoni povezani skupaj, ali so razvrščeni v različnih blokih, in ali so popolnoma naključno razvrščeni v vlaku;
- Lokacija NS vagonov v vlaku (prva četrtina, zadnja četrtina vlaka, sredina vlaka, in podobno).

V ameriški študiji [Ref. 8] se predpostavlja, da se iztirjenja dogajajo sekvencialno. Na ta način, obstajata le dve lokaciji na vlaku kjer se lahko začne takšno iztirjanje in pri katerem se iztiri  $N_D$  vagonov, od katerih pa natančno  $J_X$  vagonov z nevarno snovjo. (Skupno število vagonov vlaka je  $N_T$ , od katerih  $N_X$  vagonov z nevarno snovjo.) Odgovarjajoče formule za verjetnost, skladno z gornjo predpostavko, so podane spodaj.

V primeru, da je skupno število iztirjenih vagonov večje od skupnega števila NS-vagonov ( $N_D > N_X$ ) velja :

$$P(J_X | N_D, N_T) = \begin{cases} \frac{2}{N_T} & \text{za } 1 \leq J_X < N_X \\ \frac{N_D - N_X + 1}{N_T} & \text{za } J_X = N_X \end{cases}$$

V primeru, da je skupno število iztirjenih vagonov manjše od skupnega števila NS-vagonov ( $N_X > N_D$ ) pa velja:

$$P(J_X | N_D, N_T) = \begin{cases} \frac{2}{N_T} & \text{za } 1 \leq J_X < N_D \\ \frac{N_X - N_D + 1}{N_T} & \text{za } J_X = N_D \\ 0 & \text{za } J_X > N_D \end{cases}$$

Ocena verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo vsaj eden NS-vagon je opisana v poglavju 3.5.1.

### Verjetnost in količina izpustov iz iztirjenih NS-vagonov

Odkvisno od resnosti nesreče iztirjenja, lahko pride ali ne pride do izpustov iz iztirjenih vagonov. Nesreča lahko povzroči poškodbe tlačnih ventilov, cevovodov, stranic vagona, kar lahko pripeljejo do možnih izpustov. Hitrost izpusta in količina izpuščenih snovi je odkvisna od narave, lokacije in velikosti poškodbe.

V ameriški študiji [Ref.8] je pokazano, da je količina izpusta iz vagona odkvisna od hitrosti iztirjenja.

Nemogoče je izpuste vseh nevarnih snovi predstaviti z eno korelacijo glede na dejstvo, da je količina izpusta odkvisna v veliki meri od narave in lastnosti snovi. Za primer utekočinjenega stisnjenega plina, odprtina (luknja) v vagonu lahko pripelje do padca tlaka in izpusta pomembnega deleža vsebine vagona, neodvisno od lokacije odprtine. Enako velika luknja v vagonu, ki vsebuje žvepleno kislino ne mora povzročiti znaten izpust.

V predstavljenem modelu, verjetnost poškodbe ki vodi v nastanek odprtine je enaka verjetnosti da pride do izpusta določene vsebine vagona (s predpostavko da je vagon z nevarnimi snovmi iztiril), ki lahko povzroči resne posledice. Ta predpostavka je konservativna. Število vagonov z odprtinami (med iztirjenimi) je predpostavljeno da sledi bi-nominalno distribucijo s parametrom  $q$ . (Glej spodnjo enačbo).

V študiji [Ref. 8] ni bilo na voljo detajlnih podatkov glede specifičnih izpustov nevarnih snovi iz vagonov po iztirjenju, da bi se lahko ocenila stopnja do katere so mere zaštite učinkovite. Zaščitni ukrepi kot so na primer ščiti, toplotne izolacije so učinkoviti v primeru iztirjenja z malo hitrostjo. Jasno je, da verjetnost nastanka odprtine narašča s hitrostjo vlaka pred iztirjenjem. Enačba je bila razvita na osnovi podatkov o verjetnosti izpusta in hitrosti vlaka pred iztirjenjem:

$$q = aU^{0.5}$$

kjer sta:

$q$       pogojna verjetnost izpusta v procentih pri določeni hitrosti vlaka  $U$  (milje na uro) in

$a$       faktor odkvisnosti;  $a = 2.07$ .

V študiji [Ref. 8] baza podatkov obsega vlake malih hitrosti (pod 5 milj na uro) in velikih hitrosti (do 70 milj na uro). V področju hitrosti od 0 do 70 milj na uro je bila povprečna verjetnost prikazana kot:

$$\bar{q} = 5.58a$$

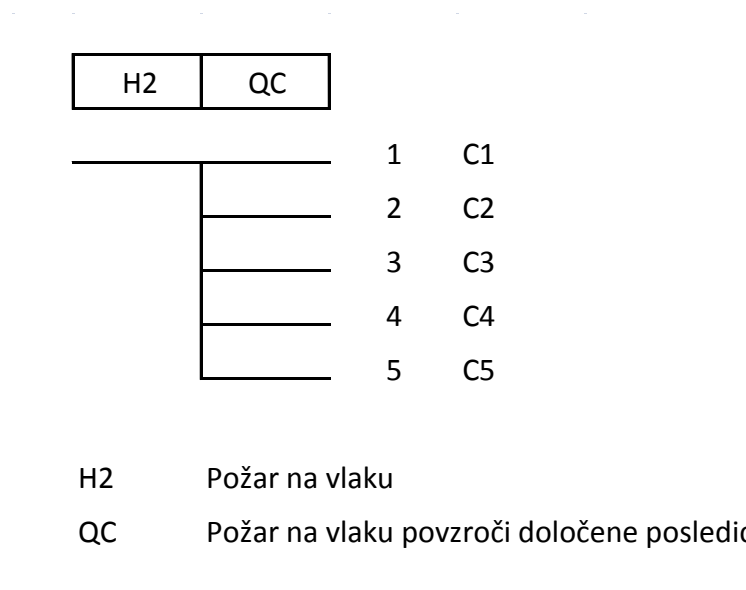
Ocena verjetnosti izpusta nevarne snovi iz iztirjenega vagona, za potrebe te analize tveganja, je opisana v poglavju 3.5.1.

### Verjetnost, da iztirjenje/trčenje pri nižjih hitrostih povzroči več kot eno smrtno žrtev

Namen omenjene funkcije (QC2) je, da v podatkih o iztirjenjih/trčenjih loči incidente in nesreče s poškodbami oz. tiste omejene na eno žrtev nesreče, in tiste ki vključujejo več kot eno smrtno žrtev in/ali posledice za okolje. Ta parameter je ocenjen na podlagi razpoložljivih podatkov.

#### 3.3.2. Požari (H2)

Požar na tovornem ali potniškem vlaku lahko pripelje do posledice C1, C2, C3, C4 ali C5. Na primer, lahko pride do poškodbe lokomotive ter enega ali več vagonov in do prevrnitve posameznih vagonov. Razpoložljivi viri ([Ref. 11], [Ref. 12], [Ref. 13], [Ref. 14]) ne podajajo podatkov o dogodkih povezanih s požarom razen števila dogodkov za nekaj zadnjih let. Zaradi tega je analiza tveganja za to kategorijo dogodkov omejena na enostavno oceno, utemeljeno na oceni pogostosti nevarnosti in pogojne verjetnosti za posamezno posledico, kot je to prikazano na Sl. 3-2.



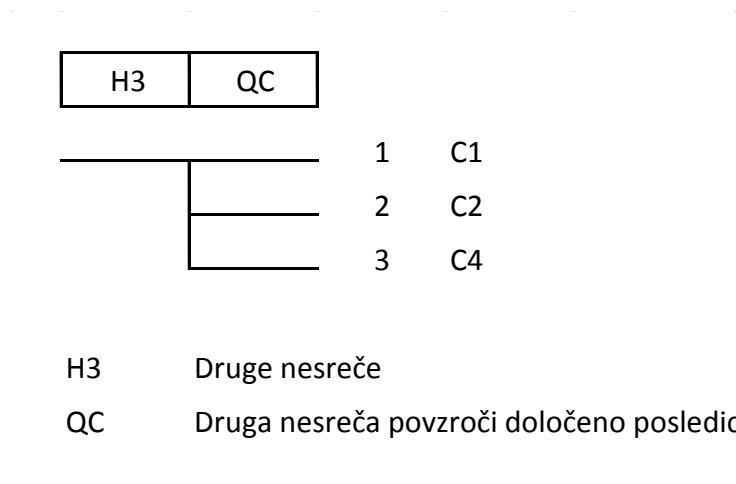
Sl. 3-2: Poenostavljeno drevo dogodkov za požar na vlaku

Ocene pogostosti požarov in pogojnih verjetnosti so narejene na podlagi razpoložljivih podatkov in presoje in so podane v poglavju 3.5.2.



### 3.3.3. Druge nesreče (H3)

Kategorija drugih nesreč (H3) izključuje izpuste NS-jev (Tabela 3-1). Torej, dogodek iz te kategorije lahko pripelje do posledic C1, C2 in C4. Kot v primeru požarov je analiza tveganja za to kategorijo dogodkov predstavljena z enostavno oceno, utemeljeno na oceni pogostosti nevarnosti in pogojne verjetnosti za posamezno posledico, kot to prikazuje Sl. 3-3.



Sl. 3-3: Poenostavljeno drevo dogodkov za druge nesreče

Ocene pogostosti in pogojnih verjetnosti so narejene na podlagi razpoložljivih podatkov in presoje in so podane v poglavju 3.5.3.

## 3.4. Kvantitativni kriterij za sprejemljivo tveganje

V evropski železniški zakonodaji ne obstajajo specifično definirani kriteriji za sprejemljivo tveganje zaradi železniškega prometa, ki bi bili na splošno veljavni. Sprejemljivi kriteriji za tveganja pri železniških sistemih v ES so še vedno področje raziskovanj. Kot primer lahko navedemo študijo »Kriteriji sprejemljivega tveganja pri tehničnih sistemih in obratovalnih postopkih« [Ref. 5].

Evropska agencija za železnico (ERA) je naročila omenjeno študijo z namenom da razišče in poroča glede uporabnosti dokumenta »Kriteriji sprejemljivosti rizika za Tehnične Sisteme in Obratovalne Postopke« predmet katere je bilo identificirati »Kriterije Sprejemljivosti Rizika« ki se uporabljajo v industriji. Agenciji je bilo zanimivo ugotoviti kako se sprejemljivost kriterijev demonstrira. Ta informacija je koristna za morebitno uporabo »Kriterijev Sprejemljivosti Rizika« v železniškem sektorju.

Predhodno izdana »Študija nalog« je identificirala naslednje sheme »Kriterijev Sprejemljivosti Rizika«, ki se lahko dodatno upoštevajo:

- Letalska industrija - Evropska letalska varnostna agencija in EUROCONTROL Metodologija ocene varnosti.

- Kemična industrija - Metodologija ocene rizika nesreče (ARAMIS) in način modeliranja.
- Železniška industrija v Veliki Britaniji - uporaba »Kriterijev Sprejemljivosti Rizika« znotraj železniškega sektorja in uporaba Modela rizika varnosti.
- Pomorska industrija - Metoda formalne ocene varnosti kot se uporablja v mednarodni pomorski organizaciji.

Obstajata dva načina postavitve »Kriterijev Sprejemljivosti Rizika«:

1. Na osnovi evidenc. Kriteriji temeljijo na zgodovinskih evidencah ki so nastale na podlagi analize predhodnih varnostnih izvedb ( mogoče z vgrajenim določenim faktorjem izboljšav), ki po navadi slonijo na konceptu »Tako nizko kot je to razumno sprejemljivo« in na podobnih konceptih vodenja varnostnih izboljšav.

2. »Tehnološko vodeni« Ti kriteriji se navadno določajo ne glede na to, ali so izkušnje pokazale, da so trenutno dosegljivi. Splošno Kriteriji Sprejemljivosti Rizika, ki sodijo v to kategorijo so precej manj odvisni od koncepta »Tako nizko kot je to razumno sprejemljivo« in podobnih konceptov, in je običajno skrajna naloga doseganje cilja.

Rezultati raziskave kažejo, da se cilji, ki temeljijo na evidencah, uporabljajo pri postavitvi Kriterijev Sprejemljivosti Rizika v industriji. (Izjema temu pravilu je uveljavljena na Nizozemskem, kjer se tehnološko vodeni Kriteriji Sprejemljivosti Rizika uporabljajo v industrijah znotraj geografske panoge.)

V odsotnosti definiranega kvantitativnega kriterija za sprejemljivost tveganja zaradi uvajanja spremembe v železniški sistem smo, za potrebe te študije, za indikacijo uporabljali kriterij izveden iz kriterija sprejemljivega tveganja za projektiranje varnostnih sistemov, kot je predstavljeno v poglavju 2.5.4 Zakonskega dokumenta Evropske Skupnosti »Commission Regulation(EC) No. 352/2009« [Ref. 1].

Omenjeno poglavje pravi, da v primerih kjer tveganje zaradi napak tehničnih sistemov ni pokrito s programi ali z uporabo referenčnih sistemov, se morajo uporabljati naslednji kriterij sprejemljivosti rizika za projekt tehničnih sistemov: Za tehnične sisteme kjer funkcionalna napaka ima kredibilen potencial za katastrofalne posledice, tveganje se ne more več zmanjšati če je pogostost te napake manjša ali enaka  $1E-09$  po obratovalni uri. Navodilo za uporabo omenjenega zakonskega dokumenta [Ref. 3] pojasnjuje, da je to kriterij sprejemljivosti rizika za tehnične sisteme, ki se lahko uporablja v eksplicitnih ocenah rizika. Zakonodaja Skupnih varnostnih metod ne zahteva uporabe vrednosti  $1E-09$  na uro kot kriterija sprejemljivosti rizika za tehnične sisteme za obratovalne in organizacijske spremembe.

Pomembne so tudi nadaljnja pojasnila:

- »ni pokrit s programi ali z uporabo referenčnih sistemov« pomeni da to ni samostojen kriterij, ampak je integriran v okvir za oceno tveganja skupnih varnostnih metod. Kriterij sprejemljivosti rizika za tehnične sisteme velja za tehnične sisteme, za katere ugotavljamo da identificirane nevarnosti ni

mogoče ustrezno nadzorovati z uporabo programov niti s primerjavo s podobnimi referenčnimi sistemi. Na primer, kriterij sprejemljivosti rizika za tehnične sisteme ni smiselno uporabiti za mehanske dele ali za mrežne pod-sisteme, kjer se lahko uporabljajo primerni programi za nadzor tveganj.

- "se naslednji kriterij sprejemljivosti tveganja uporablja za projektiranje tehničnega sistema" pomeni, da je ta kriterij projektni cilj. To ne pomeni, da bo to dejanski pokazatelj varnostnega obratovanja relevantnega tehničnega sistema na terenu.
- "katastrofalne posledice," pomeni nesreča z več kot eno smrtno žrtvijo.

Torej, omenjeni kriterij ([Ref. 1], poglavje 2.5.4) je namenjen za projektiranje tehničnih železniških sistemov. Mi pa smo s pomočjo »reverzibilnega inženiringa«, na podlagi tega kriterija ocenili kakšno bi bilo sprejemljivo tveganje v celotnem železniškemu sistemu. Kot je razvidno iz študije [Ref. 5] (poglavje 5), je omenjeni kriterij (stopnja pojavnosti napak manjša ali enaka  $1E-09$  na obratovalno uro) prevzet iz letalske industrije in prometa. V poglavju 5 omenjene študije je opisan pristop, kako se je prišlo do omenjenega kriterija za letalstvo. Mi smo uporabili podoben pristop, ampak v reverzibilni smeri.

Predpostavka je, da pogostost okvare zaradi določenega načina odpovedi (ki pripelje do katastrofalnih posledic) v tehničnem železniškemu sistemu ne sme biti večja kot  $1E-09$  na uro obratovanja. Nadaljnja predpostavka je, da je v sistemu približno 100 načinov odpovedi, ki lahko pripeljejo do katastrofalnih posledic.

Ob zgornjih predpostavkah bi bila sprejemljiva pogostost okvare tehničnega sistema, s katastrofalnimi posledicami  $1E-09 \text{ hr}^{-1} \times 100 = 1E-07$  na obratovalno uro.

Naslednja predpostavka je, da napake/odpovedi tehničnih sistemov prispevajo k celotnemu tveganju približno 10% (ostalo tveganje izhaja iz obratovalnih, zunanjih, človeških in drugih faktorjev).

Ob upoštevanju te predpostavke bi bilo še sprejemljivo celotno tveganje  $1E-06$  katastrofalnih dogodkov na obratovalno uro.

Če zgornji kriterij sprejemljivosti želimo preslikati na koledarsko leto (kakšno bi bilo sprejemljivo število katastrofalnih dogodkov v koledarskem letu), moramo oceniti število obratovalnih ur celotnega železniškega sistema v koledarskem letu. V ta namen smo najprej, na podlagi razpoložljivih podatkov, ocenili zgornjo in spodnjo mejo letnega števila obratovalnih ur.

### Zgornja meja letnega števila obratovalnih ur

V Državnemu načrtu zaščite in reševanja ob železniški nesreči [Ref. 10] je navedeno, da je v letu 2005 na slovenskih železnicah vozilo dnevno (24 ur), povprečno 489 potniških in 207 tovornih vlakov.

Torej predpostavimo, da v povprečnem dnevu »obratuje« v Sloveniji 700 vlakov. Za potrebe zgornje ocene obratovalnih ur predpostavimo, da vseh 700 vlakov obratuje cel čas, to je 24 ur dnevno.

Torej, zgornja ocena za letno število obratovalnih ur znaša:

$$700 \text{ vlakov} \times 8760 \text{ ur / leto} = 6.13 \times 10^6 \text{ obratovalnih vlak-ur / leto}$$

#### Spodnja meja letnega števila obratovalnih ur

V Sloveniji se v zadnjih letih v poprečju naredi okrog 20 milijonov vlakovnih kilometrov (Tabela 3-6).

Predpostavimo, da povprečna hitrost vlakov ne presega 50 km/h. V Sloveniji so razdalje med postajami, cepišči ipd. relativno kratke in se takšna predpostavka zdi realistična. Potrebno je omeniti tudi, da je vprašanje povprečne hitrosti povezano z interpretacijo oz. definicijo pojma obratovalne ure. Namreč, kot obratovalen čas se lahko šteje tudi čas ko vlak stoji » npr. čaka«, da se opravijo določene manipulacije, da se osvobodi določeni tir ali proga ipd. V tem smislu bi povprečna hitrost lahko bila bistveno nižja, kot je ta predpostavljena vrednost. Ob navedeni predpostavki bi spodnja meja števila obratovalnih ur v enem letu bila:

$$\frac{20 \times 10^6 \text{ vlak} \cdot \text{km} / \text{leto}}{50 \text{ km/h}} = 4 \times 10^5 \text{ obratovalnih vlak} \cdot \text{ur} / \text{leto}$$

#### Ocena povprečnega letnega števila obratovalnih ur

Povprečno letno število obratovalnih ur smo ocenili na podlagi predpostavke, da dejansko letno število obratovalnih ur sledi lognormalno razdelitev, pri kateri spodnja meja odgovarja 5-temu procentu in zgornja meja 95-temu procentu. Ob tej predpostavki je faktor napake:

$$EF = \sqrt{\frac{6.13 \times 10^6}{4 \times 10^5}} = 3.9$$

Standardna deviacija in srednja vrednost pripadajoče normalne razdelitve znašata:

$$\sigma = \frac{\ln EF}{\Phi^{-1}(0.95)} = \frac{\ln 3.9}{1.645} = 0.83$$

$$\mu = \ln\left(\frac{x_{0.95}}{EF}\right) = \ln\left(\frac{6.13 \times 10^6}{3.9}\right) = 14.26$$

Ocenjeno povprečno letno število obratovalnih ur je:

$$\exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) = \exp\left(14.26 + \frac{0.83^2}{2}\right) = 3.1 \times 10^6 \text{ obratovalnih vlak-ur / leto}$$

### Sprejemljivo tveganje

Na podlagi zgornje ocene dobimo, da je kriterij za sprejemljivo število katastrofalnih dogodkov:

$$1 \times 10^{-6} (\text{dog./obrat.uro}) \times 3.1 \times 10^6 (\text{obrat.ur/leto}) \approx 3 \text{ /leto}$$

Takoj je treba opozoriti, da »katastrofalen dogodek« pomeni nesrečo z več kot eno smrtno žrtvijo (kot je že bilo omenjeno). Ta kriterij je treba uporabljati restriktivno in ga tolmačiti v smislu, da bi obratovanje, ki povzroči več kot tri nesreče z dvema smrtnimi žrtvami letno bilo nesprejemljivo.

Za nesreče s težjimi posledicami (npr. več kot deset smrtnih žrtev, ali pa katastrofalen vpliv na okolje) je treba definirati in uporabljati dodatne, bolj restriktivne kriterije. Zgornji kriterij smo, za potrebe predmetne analize, razložili na indikativne kriterije za posamezne dogodke s posledicami C2 do C5, kot so definirane v Tab. 3-2, kot sledi.

Vse kategorije posledic C2, C3, C4 in C5 spadajo v zgornjo definicijo »katastrofalnega dogodka«. Torej, skupno število dogodkov vseh kategorij ne sme presegati zgoraj ocenjeno mejo, ki je približno 3 dogodka na leto.

Dogodki kategorije C2 imajo najmanjše posledice. Dogodki kategorije C3 imajo »za faktor« težje posledice. Torej, število dogodkov kategorije C3 mora biti za faktor manjše.

Dogodki kategorij C2 in C3 imajo vsekakor težke posledice. Toda, dogodki kategorij C4 in C5 imajo katastrofalne posledice. Torej, pogostost dogodkov kategorij C4 oziroma C5 bi morala biti vsaj za velikostni red nižja kot za dogodke kategorij C2 oziroma C3.

Na podlagi zgornjih analiz in predpostavk dobimo indikativne kriterije ki so podani v Tab. 3-3.

*Tab. 3-3: Indikativni kriteriji za dogodke z različnimi posledicami za celoten železniški sistem*

	Kategorija posledic	Indikativen kriterij
C5	Izpust nevarnih snovi (NS) z večjimi posledicami za okolje in/ali ljudi - višje hitrosti	< 0.1 /leto
C4	Večje število smrtnih žrtev (nesreče pri višjih hitrostih)	< 0.2 /leto
C3	Izpust nevarnih snovi (NS) z posledicami na okolje in / ali ljudi - nižje hitrosti	< 1 /leto
C2	Več kot ena smrtna žrtev	< 2/leto

Opozoriti je treba, da kriterij izveden na podlagi zgoraj opisanih predpostavki služi le kot indikacija za potrebe analize v tem poročilu. Pogostosti nesreč podane v Tab. 3-3 veljajo le, če se strinjamo s predpostavko, da je pogostost okvare zaradi določenega načina odpovedi, ki pripelje do katastrofalnih posledic v tehničnem železniškem sistemu *IE-09 na uro obratovanja*. Indikativne kriterije smo določili le z namenom, da ocenjeno tveganje v tej analizi damo v določen kontekst.

Če zgornji kriteriji definirajo sprejemljivo tveganje v celotnem sistemu, potem mora *kriterij za sprejemljivost spremembe* sistema predstavljati sprejemljivo majhen delež tega kriterija. Torej, ocenjene pogostosti nesreč na novi progi Divača - Koper bi morale biti majhen delež tistih navedenih v Tab. 3-3.

## 3.5. Vrednotenje tveganja

### 3.5.1. Razpoložljivi podatki o nesrečah

Letna poročila Agencije za železniški promet (AŽP), [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14] vsebujejo skupne varnostne kazalnike (SVK), zahtevane s prej omenjeno Direktivo 2004/49/ES [Ref. 2] in podatke o skupnem številu dogodkov.

Tabela 3-4 predstavlja povzetek letnih števil nesreč za obdobje 2006 - 2008 ([Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]).

Tabela 3-5 predstavlja število nesreč na milijon vlakovnih km, izračunano za leto 2008 na podlagi srednje vrednosti za zadnjih 5 let [Ref. 12].

Tabela 3-6 podaja skupno število narejenih vlakovnih kilometrov v enem letu ([Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14]). Kot se lahko vidi, je skupno letno število vlakovnih km v Sloveniji, v zadnjih letih, okrog 20 milijonov vlakovnih kilometrov.

Če se število nesreč na vlakovni km, za primerjavo, izračuna na podlagi skupnega števila nesreč v obdobju 2006-2008 (Tab. 3-4) in skupnega števila vlakovnih kilometrov v enakem obdobju, se dobijo številke kot v Tab. 3-7. Kot je razvidno, se te številke ujemajo s številkami v Tab. 3-5. (Pripomba: Tab. 3-5 daje povprečje za 5 let, Tab. 3-7 pa oceno povprečja za 3 leta).

Dodatni podatki o izrednih dogodkih, ki se nanašajo na obdobje 2002 - 2006 so podani v Državnemu načrtu zaščite in reševanja ob železniški nesreči [Ref. 10]. Tab. 3-8 predstavlja povzetek za trčenja in iztirjenja.

Nekaj dodatnih podatkov vezanih za dogodke na progi Koper - Divača je podano v projektni referenci [Ref. 11] (dopis SŽ-ja). Ti podatki so tudi upoštevani pri obravnavanju tveganja dogodkov določene kategorije v poglavjih, ki sledijo.

Tab. 3-4: Povzetek letnih števil železniških dogodkov iz letnih poročil AŽP-ja

Vrsta dogodka	Število dogodkov v letu		
	2006, [14]	2007, [13]	2008, [12]
Trčenja	0	2	1
Iztirjenja	3	5	0
Nesreče na prehodih	41	33	15
Tirna vozila med gibanjem	23	39	14
Požari na tirnih vozilih	1	1	0
Drugi	2	1	6
<b>Skupno</b>	<b>70</b>	<b>81</b>	<b>36</b>

Tab. 3-5: Število dogodkov na milijon vlakovnih km (AŽP), srednja vrednost za 5 let

Vrsta dogodkov	Št. dogodkov / 1E+06 vlak-km
	2008, [12]
Trčenja	5.15E-02
Iztirjenja	1.37E-01
Nesreče na prehodih	1.51E+00
Tirna vozila med gibanjem	1.30E+00
Požari na tirnih vozilih	3.43E-02
Druge	1.55E-01
<b>Skupno</b>	<b>3.19E+00</b>

Tab. 3-6: Skupni vlakovni kilometri v letu za obdobje 2006 - 2008 (AŽP)

Vrsta prometa	Skupni vlakovni km, 1E+06		
	2006, [14]	2007, [13]	2008, [12]
Tovorni	Ni podano.	11.11	11.758
Potniški	Ni podano	8.05	8.34
<b>Skupno</b>		<b>19.16</b>	<b>20.098</b>

Tab. 3-7: Primerjava števila dogodkov na milijon vlakovnih km (AŽP)

Vrsta dogodka	Skupno število dogodkov	Št. dogodkov / 1E+06 vlakovni km <sup>(1)</sup>
	2006-2008, Tabela 3-4	2006-2008
Trčenja	3	5.09E-02
Iztirjenja	8	1.36E-01
Nesreče na prehodih	89	1.51E+00
Tirna vozila med gibanjem	76	1.29E+00
Požari na tirnih vozilih	2	3.40E-02
Drugi	9	1.53E-01
<b>Skupno</b>	<b>187</b>	<b>3.18E+00</b>

Pripombe, Tab. 3-7:

- (1) Skupno število vlakovnih km za obdobje 2006-08 je ocenjeno na podlagi podatkov, ki jih podaja Tabela 3-6 kot  $\frac{19.16 + 20.08}{2} \times 3 = 58.89 \times 10^6$  vlakovnih km



Tab. 3-8: Letno število dogodkov v obdobju 2002 - 2006, Državni načrt zaščite in reševanja ob železniški nesreči

Vrsta dogodka	Število dogodkov v letu, [10]				
	2002	2003	2004	2005	2006
Trčenje vlakov/nalet vlaka	0	1	0	0	0
Iztirjanje vlaka	3	2	4	3	3

Za primerjavo, v Tab. 3-9 podajamo podatke o številu dogodkov v Veliki Britaniji, na podlagi letnih poročil [Ref. 15] in [Ref. 16]. Podatki v [Ref. 15] so podani v letnih številih. Zaradi možnosti primerjave je potrebno oceniti skupno letno število vlakovnih kilometrov, kar je narejeno v Tab. 3-9, na podlagi podatkov iz [Ref. 16], ob upoštevanju opisanih predpostavk.

Tab. 3-9: Ocena letnega števila vlakovnih kilometrov (v milijonih) v Veliki Britaniji

Leto	2007-08	2008-09
Vlaki, ki vozijo po urniku	459.13	479.32
Tovor	42.36 <sup>(1)</sup>	41.26 <sup>(1)</sup>
Skupno	501.49	520.58
Letno povprečje vlakovnih km (1E+06)	$\frac{501.49 + 520.58}{2} = 511.04$	
Ocenjeno skupno število vlakovnih km (1E+06) v 4 letih	$511.04 \times 4 = 2044.14$	

Pripombe in pojasnila, Tab. 3-9:

- (1) V [Ref. 16] (Poglavje 3) je navedeno: Kompletan prevožen tovor v letih 2008-09 is bil 20.63 milijardi ton-kilometrov, kar pomeni da je v primerjavi z letoma 2007-08 za 2.6% manjša in da že drugo leto pada. Celotni prevoženi tovor je bil najmanjši od let 2004-05

Letno število tovornih vlakovnih kilometrov je ocenjeno ob predpostavki, da povprečni tovorni vlak prepelje 500 neto-ton tovora.

Za pravilno tolmačenje podatkov iz Tab. 3-10 je potrebno upoštevati nekaj pojasnitev, ki so podane v [Ref. 15] (Poglavje 13.1). Da bi se nesreča upoštevala kot pomembna, mora povzročiti:

- najmanj eno smrtno žrtev ali resno telesno poškodbo, ali
- pomembno škodo na železniškem voznem parku, progi, drugih napravah, ali okolju v vrednosti 150.000 € ali več, ali
- večje motnje v prometu, pri katerih se storitve na glavni železniški progi prekinejo za več kot šest ur.

Kadar en dogodek izpolnjuje več kriterijev, kot na primer telesna poškodba in škoda večjo od 150.000 €, se dogodek dodeli v samo eno kategorijo, v tem vrstnem redu: najprej telesne poškodbe, škoda je druga in v tretji vrsti pride zaprtje proge.

Statistično se deset resnih poškodb upošteva enako kot ena smrtna žrtev.

Tab. 3-10: Letno število dogodkov v obdobju 2004 - 2007 v Veliki Britaniji

Vrsta dogodka	2004	2005	2006	2007	Skupaj v 4 leta	Po milijon vlakovnih km <sup>(2)</sup>	Smrtne žrtve <sup>(3, 4)</sup>	Poškodbe <sup>(3)</sup>	Zapiranje proge <sup>(3)</sup>
Trčenja vlaka z drugimi objekti <sup>(1)</sup>	6	2	3	12	23	1.13E-02	6.7%	0.0%	93.3%
Iztirjenja	19	13	20	19	71	3.47E-02	2.6%	48.7%	48.7%
Požari na vlakih	0	1	0	2	3	1.47E-03	0.0%	50.0%	50.0%
Nesreče na nivojskih križišč	16	15	8	13	52	2.54E-02	95.2%	0.0%	4.8%
Zastoji v železniškem prometu, progi, drugih napravah	90	75	50	60	275	1.35E-01	100.0%	0.0%	0.0%

Pripombe in pojasnila, Tab. 3-10:

- (1) Kot je navedeno v [Ref. 15], za medsebojna trčenja med vlakih ni bilo nobenega primera ki zadovoljuje kriterij skupnih varnostnih indikatorjev v štiri letnem obdobju (2004-2007).
- (2) Na podlagi skupnega števila vlakovnih kilometrov v 4 letih, kot je ocenjeno v Tab. 3-9.
- (3) Trije kriteriji za uvrstitev dogodka v statistiko in sicer po zgoraj opisani prioriteti. Procenti so ocenjeni na podlagi podatkov v [Ref. 15]. Na primer, za trčenja: 6.7 % dogodkov je vključevalo žrtve (kar, sicer, ne pomeni da ni bilo materialne škode in zaprtja prog); ni bilo dogodkov, ki bi povzročili le materialno škodo (v skladu s kriteriji) brez žrtev; 93.3% dogodkov je bilo omejeno le na zaprtje prog.
- (4) Kot je omenjeno, deset težjih poškodb se šteje kot ena smrtna žrtev.

### 3.5.2. Iztirjenja in trčenja vlakov (H1)

V tem poglavju smo kvantitativno ovrednotili tveganje od iztirjenja in trčenja vlakov na novi progi Koper - Divača. V skladu z logičnim modelom tveganja (Sl. 3-1), iztirjenje/trčenje vlakov lahko pripelje do vseh kategorij posledic iz Tab. 3-2.

#### 3.5.2.1. Vrednotenje scenarijev

Za kvantitativno vrednotenje scenarijev je potrebno oceniti pogostost nevarnosti in pogojne verjetnosti vozlišč vključenih v scenarij (Sl. 3-1).

#### Pogostost iztirjenj/trčenj vlakov (funkcija H1)

Če skupno vzamemo podatke iz Tabele 3-4 in podatke iz Tabele 3-8, imamo:

- dolžina opazovalnega časovnega obdobja (2002 - 2008) = 7 let;
- skupno število trčenj = 4;
- skupno število iztirjenj = 20;

Torej, skupna pričakovana pogostost iztirjenj in trčenj za Slovenijo se lahko oceni kot:

$$\frac{4 + 20}{7} = 3.43 \text{ dogodkov / leto.}$$

K zgornji pogostosti prispevajo iztirjenja 83% in trčenja 17%.

Zgoraj omenjena vrednost se nanaša na območje Slovenije in jo je treba preslikati na novo progo. Analiza tveganja se nanaša na spremembo sistema, ne na sistem v celoti.

V Državnemu načrtu zaščite in reševanja [Ref.10] se navaja, da skupna dolžina prog v Sloveniji znaša 1229 km. Na podlagi projektne dokumentacije [Ref. 17] je dolžina trase nove proge približno 28 km. Ker bo proga dvotirna smo, kot skupno dolžino privzeli 56 km.

Ob predpostavki, da je verjetnost dogodka enakomerno razporejena po vseh kilometrih slovenskih prog (kar ni popolnoma res), bi pričakovana pogostost iztirjenj/trčenj na novi progi znašala:

$$\frac{56}{1229 + 56} \times \frac{4 + 20}{7} = 0.15 \text{ dogodkov / leto.}$$

Na podlagi ostalih relevantnih podatkov, ki so na razpolago, je treba navesti sledeče:

- v projektni referenci [Ref. 11] (dopis SŽ-ja) je navedeno pet iztirjenj, ki so se zgodila v času od leta 1980 do 01.01.2010 na progi Divača - Koper, v katerih je prišlo do večje materialne škode (Tab. 3-12);
- v Državnemu načrtu za zaščito in reševanje [Ref. 10] (ažuriran septembra 2007) piše, da je v Sloveniji v zadnjih dvajsetih letih bila ena večja železniška nesreča, ko je 14. julija 1984 na železniški postaji v Divači tovorni vlak naletel na stoječi potniški vlak, v kateri je 31 ljudi izgubilo življenje, 33 ljudi pa je bilo lažje ali težje ranjenih;
- isti vir [Ref. 10] navaja, da je zadnja večja nesreča pri prevozu nevarnega blaga (mišljeno je za področje Slovenije v celoti) bila aprila 1995, ko sta v Zalogu pri Ljubljani iztirili dve cisterni z motornim bencinom in se prevrnili na bok;
- v istemu viru [Ref. 10] se odsek železniške proge Prešnica - Koper, del Prešnica - Rižana, šteje kot »ogrožen odsek železniške proge (težko dostopni in nedostopni odseki železniške proge, mostovi, viadukti, tuneli)«.

Pet iztirjenj v tridesetih leti kaže na pričakovano pogostost od približno 0.17 dogodkov letno na odseku obstoječe proge, kar je po kilometru proge, več od slovenskega povprečja. Z druge strani, kratki opisi dogodkov (Tab. 3-12) kažejo na to, da je šlo za incidente z materialno škodo prej kot za resne nesreče. Ker bo nova proga dvotirna (v primerjavi z obstoječo), smo za potrebe predmetne analize tveganja predpostavili pogostost nevarnih dogodkov od 0.3 dogodkov na leto:

$$f_{H1} = 0.3 \text{ dog/leto}$$

#### Nesreča pri nižjih hitrostih (funkcija NH)

V spodnjemu tekstu *števila iztirjenih vagonov* ( $N_D$ ) je ocenjeno, da bi pogojna verjetnost za nastanek katastrofalnega dogodka pri večji hitrosti bila  $1/100$ , to je za dva velikostna reda manjša kot za dogodke pri nižjih hitrostih, ki so omejeni na iztirjanje nekoliko vagonov.

Za potrebe predmetne analize bo predpostavljeno, da delež dogodkov pri višjih hitrostih znaša 0.01. Torej, verjetnost neuspeha v vozlišču NH je:

$$Q_{NH} = 0.01$$

#### Nesreča ne vključuje tovornega vlaka (funkcija TOV)

Najprej je treba razločiti tovrne od potniških vlakov. Za potniški vlak se predpostavlja, da, administrativno, ne sme prevoziti nevarnih snovi.

V zadnjih letih se v Sloveniji naredi okrog 20 milijonov vlakovnih kilometrov, od katerih okrog 12 milijonov odpade na tovorni promet, preostalih 8 milijonov pa na potniški promet.

Verjetnost, da je ponesrečeni vlak tovorni smo ocenili kot:

$$\frac{12 \times 10^6}{20 \times 10^6} = 0.6$$

Torej, verjetnost neuspešne poti vozlišča TOV, (Sl. 3-1) znaša:

$$Q_{TOV} = 0.6$$

#### Iztirjeni vagoni ne vključujejo NS-vagonov (funkcija IZTNS)

Verjetnostni model za iztirjanje NS-vagonov (oziroma matematični model verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo NS-vagone) je opisan v poglavju 3.3.1. Za oceno pogojne verjetnosti iztirjanja NS-vagonov (v primeru, ko so ti vključeni v kompozicijo vlaka) je potrebno znati:

- skupno število vagonov ponesrečenega tovornega vlaka,  $N_T$ ,
- število NS-vagonov vključenih v kompozicijo ponesrečenega vlaka,  $N_X$ , in
- število iztirjenih vagonov,  $N_D$ .

Vsi trije parametri so bili obdelani v poglavju 3.3.1, na podlagi ameriške študije [8].

#### *Skupno število vagonov ponesrečenega tovornega vlaka, $N_T$*

Kot je bilo navedeno, je skupno število vagonov v povprečnem tovornem vlaku ( $N_T$ ) v ZDA okrog 70.

Presoja o pričakovanemu povprečnem številu vagonov na novi progi Divača - Koper smo pa utemeljili na naslednjih ugotovitvah:

- v Državnem načrtu za zaščito in reševanje je navedeno, da tovorni vlak v povprečju tehta 800 ton;
- poprečna *bruto* masa tovornih vlakov na progi Divača - Koper je v obdobju 2006 - 2008 bila približno 1000 ton; (vir: Uradna statistika Slovenskih železnic, Delo potniških in tovornih vlakov po progovnih odsekih, 1997 - 2007; informacijski sistem Slovenskih železnic - ISSŽP (projektna dokumentacija));
- Lastna masa tovornega vagona je odvisna od tipa in pri večini tipov znaša nekaj več kot 20 ton; (vir: <http://www.slo-zeleznice.si/sl/tovorni-promet/vagoni> z dne 02.04.2010.)
- Mejna nakladalna masa tovornega vagona je odvisna od tipa vagona (posamezni tipi so namenjeni za posamezne vrste tovora) in kategorij prog, ki so na poti. Mejna nakladalna masa znaša od približno 20 ton do približno 60 ton; (vir: <http://www.slo-zeleznice.si/sl/tovorni-promet/vagoni> z dne 02.04.2010.)

Na podlagi zgornjih podatkov bo za predmetno analizo predpostavljeno, da bo povprečno število vagonov v tovornem vlaku na novi progi 30 vagonov ( $N_T \approx 30$ ).

*Število NS-vagonov vključenih v kompozicijo ponesrečenega vlaka,  $N_X$*

Kot je bilo omenjeno v poglavju 3.3.1, ameriška študija tveganja zaradi železniškega prevoza NS [Ref. 8] navaja, da je v povprečnem tovornem vlaku v ZDA 2.8 vagonov z nevarnimi snovmi. (Podatek se nanaša, seveda, na podano obdobje v študiji.)

Vprašljivo je, zaradi specifičnosti tovarnega prometa, v kakšnem se obsegu ta podatek lahko uporabi za Slovenijo. Zaradi tega smo pri oceni omenjene verjetnosti upoštevali slovenske podatke, ki so na razpolago.

V Državnemu načrtu za zaščito in reševanje [Ref. 10] se navaja, da je v letu 2005 bilo (v Sloveniji) prepeljanega okoli 18074000 ton blaga. V istemu se dokumentu navaja, da je v slovenskem železniškem prometu bilo leta 2006 prepeljanega okoli 1500000 ton nevarnega blaga. Poudarja se, da največji delež, t. j. 80 % prevoženega nevarnega blaga, predstavljajo naftni derivati (ki so v odgovarjajoči tabeli okarakterizirani kot »vnetljive tekoče snovi«). Poudarja se, tudi, da naftni derivati predstavljajo posebno nevarnost, ker v tekočem stanju lahko ob razlitju prodirajo globoko v zemljišče in tako onesnažujejo ali celo uničujejo zaloge pitne vode (odvisno od geološke strukture tal, njihove propustnosti, zalog podtalnice). Torej lahko ocenimo, da v celotnem železniškem tovornem prometu v Sloveniji odpade na nevarne snovi delež:

$$\frac{1500000}{18074000} = 0.083$$

Slika je precej drugačna, če pogledamo delež nevarnih snovi v tovornem prometu na odseku (obstoječe) proge Koper - Divača. Povzetek za obdobje 2006 - 2008, narejen na podlagi projektne dokumentacije [Ref. 11] podaja Tab. 3-11.

*Tab. 3-11: Povzetek deleža NS v tovornem prometu na odseku Divača - Koper*

Leto	2006	2007	2008
Količina prepeljanega tovora na odseku Divača - Koper (tone) <sup>(1)</sup>	8742526	9271617	9922217
Količina prepeljanih nevarnih snovi na odseku Divača - Koper (tone)	1510308	1606891	1822174

Delež nevarnih snovi	0.17	0.17	0.18
Vnetljive tekočine (tone) <sup>(2)</sup>	1434943	1558174	1790409
Delež vnetljivih tekočin v prometu NS	0.95	0.97	0.98

Pripombe, Tab. 3-11:

- (1) Temelji na odseku Divača - cepišče Prešnica. Promet na odseku cepišče Prešnica - Koper je za 3 - 4 procenote nižji.
- (2) Lahko se predpostavi, da največji delež odpade na naftne derivate.

Za potrebe te analize smo, na podlagi podatkov, ki jih podaja Tabela 3-9, predpostavili, da vrednost verjetnosti, da tovorni vlak vključuje NS-vagone znaša 0.2.

Pripomba: v primeru trčenja dva tovorna vlaka je verjetnost, da vsaj eden vsebuje NS-vagone za faktor večja. Z druge strani je pogostost trčenja (še posebej trčenja dva tovorna vlaka) za faktor nižja, kar se vidi iz razpoložljivih podatkov tako, da za potrebe analize, predpostavljamo, da to nima bistvenega vpliva na računano verjetnost.

Na podlagi zgornjih opazovanj, ocenjujemo povprečno število NS-vagonov vključenih v kompozicijo ponesrečenega vlaka kot:

$$N_X \approx 0.2N_T = 0.2 \times 30 = 6$$

*Število iztirjenih vagonov,  $N_D$*

Za povprečno število iztirjenih vagonov po nesreči ( $N_D$ ) je v poglavju 3.3.1 podana formula za njegovo oceno v odvisnosti od hitrosti vlaka pri kateri pride do dogodka. Število iztirjenih vagonov zelo hitro narašča z hitrostjo vlaka pred dogodkom in za hitrosti 60-70 km/h je že približno 10-11 vagonov.

Kot je razvidno iz Tabele 3-3 in Tabele 3-7 je v zadnjih letih v Sloveniji bilo zabeleženo nekaj več kot 3 dogodkov na leto.

Projektna dokumentacija ([11], dopis SŽ-ja) navaja, da so se na progi Divača - Koper v času od leta 1980 do 01.01.2010 zgodila iztirjenja, kot so opisana v Tab. 3-12.



Tab. 3-12: Iztirjenja na progi Divača - Koper, 1980 - 2009

Datum	Lokacija	Vlak	Vzrok
10.03.2002.	Rižana - Koper	53210	Napaka monobloka na kolesni dvojici
03.04.1986.	Divača - Rodik	53706	Tehnična okvara na enem vagonu vlaka
01.05.1982.	Divača - Rodik	51364	Tehnična okvara na 2 vagonih vlaka
25.06.1981.	H. Kozina - Rodik	51369	Sunkovito potiskanje doprege na zadnja vagona vlaka
11.07.1980.	Divača - Rodik	51364	Tehnična napaka na enem vagonu vlaka

Kot je že bilo omenjeno, Državni načrt za zaščito in reševanje [Ref. 10] (ažuriran septembra 2007) navaja kot zadnjo večjo nesrečo pri prevozu nevarnega blaga (na celotnem območju Slovenije) iztirjenje dveh cistern z motornim bencinom in prevrnitev na bok, v Zalogu pri Ljubljani avgusta 1995.

Na podlagi navedenega, smiselno se zdi predpostaviti, da do iztirjenja pride zaradi tehničnih napak/okvar pri manjši hitrosti ter, da je iztirjenje večinoma omejeno na nekoliko vagonov.

Za potrebe predmetne analize bo predpostavljeno, da v največjem številu dogodkov z iztirjanjem/trčenjem vlaka *število iztirjenih vagonov ne presega 4 vagonov*:  $N_D \leq 4$ .

Za katastrofalne dogodke pri večjih hitrostih, pri katerih pride do iztirjenja večjega števila vagonov (ali pa katastrofalnih trčenj vlakov, kot je bilo tisto na železniški postaji v Divači 14. julija 1984 ([Ref. 10])) bo predpostavljeno, da je pogojna verjetnost več kot za velikostni red nižja.

Takšna predpostavka sicer ima oporo v prikazanih podatkih, če se vzame v obzir zadnjih 30 let:

- na podlagi zgoraj ocenjenih *3.43 iztirjenj in trčenj na leto* sledi približna ocena, da je v tem obdobju v Sloveniji bilo približno  
 $3.43 \text{ dog./leto} \times 30 \text{ let} \approx 100 \text{ dogodkov}$ ;
- v istemu obdobju se je zgodila ena težka nesreča (Divača, 1984);
- torej, pogojna verjetnost za nastanek katastrofalnega dogodka pri večji hitrosti bi bila  $1/100$ , to je za dva velikostna reda manjša kot za dogodke pri nižjih hitrostih, ki so omejeni na iztirjanje nekoliko vagonov.

Tabela 3-11 podaja verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo NS-vagone, na podlagi modela opisanega v poglavju 3.3.1, za skupno število od  $N_T = 30$  vagonov, od katerih je  $N_X = 6$  NS-vagonov.

Kot je razvidno, če je skupno število iztirjenih vagonov med 1 and 4 vagonov ( $N_D \leq 4$ ), potem pa je verjetnost, da je med njimi vsaj eden NS-vagon med 0.2 in 0.3.

Za predmetno analizo bo prevzeto, da je verjetnost, da iztirjeni vagoni vključujejo vsaj eden NS-vagon (verjetnost neuspešne poti vozlišča IZTNS, SI. 3-1):

$$Q_{IZTNS} = 0.25$$

Kot je omenjeno zgoraj, nevarnost od katastrofalnega dogodka pri večjih hitrostih se ocenjuje, približno za dva velikostna reda nižja (v primerjavi z dogodki pri katerih pride do iztirjenja 4 ali manj vagonov). Dejstvo pa je, da so posledice takšnega dogodka lahko veliko težje. Kot je razvidno iz Tab. 3-13, verjetnost iztirjanja vsaj enega NS-vagona, če je skupno število iztirjenih vagonov med 7 in 10 (večje hitrosti), je med 0.40 in 0.50. Za potrebe predmetne analize smo prevzeli srednjo vrednost 0.45. Verjetnost iztirjenja vsaj enega NS-vagona pri nesreči ob večji hitrosti je približno:

$$Q_{IZTNS,I} = 0.45$$

Tab. 3-13: Verjetnosti, da iztirjeni vagoni vključujejo vsaj eden NS-vagon za različne  $N_D$

$N_T = 30; N_X = 6$			
$N_D = 1$		$N_D = 2$	
$J_X$	$Q$	$J_X$	$Q$
1	0.20	1	0.07
		2	0.17
$Q_{tot} =$	0.20	$Q_{tot} =$	0.23
$N_D = 3$		$N_D = 4$	
$J_X$	$Q$	$J_X$	$Q$
1	0.07	1	0.07
2	0.07	2	0.07
3	0.13	3	0.07
		4	0.10
$Q_{tot} =$	0.27	$Q_{tot} =$	0.30

$N_D = 5$		$N_D = 6$	
$J_X$	$Q$	$J_X$	$Q$
1	0.07	1	0.07
2	0.07	2	0.07
3	0.07	3	0.07
4	0.07	4	0.07
5	0.07	5	0.07
		6	0.03
$Q_{tot} =$	0.33	$Q_{tot} =$	0.37
$N_D = 7$		$N_D = 8$	
$J_X$	$Q$	$J_X$	$Q$
1	0.07	1	0.07
2	0.07	2	0.07
3	0.07	3	0.07
4	0.07	4	0.07
5	0.07	5	0.07
6	0.07	6	0.10
7	0.00	7	0.00
		8	0.00
$Q_{tot} =$	0.40	$Q_{tot} =$	0.43
$N_D = 9$		$N_D = 10$	
$J_X$	$Q$	$J_X$	$Q$
1	0.07	1	0.07
2	0.07	2	0.07
3	0.07	3	0.07
4	0.07	4	0.07
5	0.07	5	0.07
6	0.13	6	0.17
7	0.00	7	0.00
8	0.00	8	0.00
9	0.00	9	0.00
		10	0.00
$Q_{tot}$	0.47	$Q_{tot}$	0.50

Pripombe, Tab. 3-13:

$J_X$       število NS-vagonov med iztirjenimi vagoni;

$Q$         pripadajoča verjetnost, da iztirjeni vagoni vključujejo točno  $J_X$  NS-vagonov;

$Q_{tot}$      verjetnost, da iztirjeni vagoni vključujejo vsaj eden NS-vagon;

#### Iztirjeni NS-vagoni niso poškodovani (funkcija POSK)

Opazovanja v poglavju 3.3.1 poudarjajo, da je verjetnost poškodbe NS-vagona zelo odvisna od hitrosti pri kateri je prišlo do nesreče. Za potrebe predmetne analize smo prevzeli povprečno verjetnost poškodbe posameznega iztirjenega NS-vagona (poglavje 3.3.1) od:

$$\bar{q} = 5.58a = 5.58 \times 2.07 \approx 12\%$$

Za število poškodovanih NS-vagonov (med  $J_X$  iztirjenih NS-vagonov) bo predpostavljeno, da sledi binomni porazdelitvi. Torej, verjetnost poškodbe *vsaj enega* med iztirjenih  $J_X$  NS-vagonov bo:

$$Q_{POSK} = 1 - (1 - \bar{q})^{J_X}$$

Predpostavka bo, na podlagi zgornjih opazovanj (in Tab. 3-13), da ob nesreči pri nižji hitrosti pride do iztirjenja 3 NS-vagona ( $J_X = 3$ ). Za katastrofalne dogodke pri višjih hitrostih bo predpostavljeno, da je iztirjeno 5 NS-vagonov ( $J_{X,I} = 5$ ).

Ob zgornjih predpostavkah:

- ob nesreči pri nižjih hitrostih:

$$Q_{POSK} = 1 - (1 - 0.12)^3 = 0.31$$

- ob nesreči pri višji hitrosti:

$$Q_{POSK,I} = 1 - (1 - 0.12)^5 = 0.46$$

#### Iztirjenje/trčenje pri nižjih hitrostih povzroči več kot eno smrtno žrtev (funkcija QC2)

Kot je že povedano, namen funkcije (QC2) je, da loči incidente oziroma dogodke omejene na poškodbe ali eno smrtno žrtev od težjih nesreč z več kot eno žrtvijo. Razpoložljivi podatki ne podajajo števila žrtev ob posameznih nesrečah. Kratki opisi o pet iztirjenj na progi Divača - Koper (Tab. 3-12) kažejo na to, da so dogodki bili incidenti z materialno škodo prej kot nesreče z žrtvami. Dodatno, iz reference [13] je, na primer, razvidno, da nobena od 18 smrtnih žrtev v letu 2007 (Tab. 3-16) ni bila povzročena z nekaterim od 5 iztirjenj ali pa 2 trčenja (Tab. 3-4), ki so za to leto navedena v statistiki. (Pogledati poglavje 3.5.4.1).

Za predmetno analizo tveganja bo prevzeto, da pogojna verjetnosti, da dogodek (iztirjenje/trčenje) pri nižji hitrosti povzroči več kot eno smrtno žrtev znaša 10%.

(Pripomba: katastrofalni dogodki, kot je bil tisti v Divači leta 1984, [10], so pokriti posebej, s scenariji z višjimi hitrostmi, Sl. 3-1.) Torej:

$$Q_{C2} = 0.1$$

### 3.5.2.2. Izračun

Z uvrščanjem zgoraj ocenjenih verjetnosti v posamezna vozlišča dreva dogodkov na Sl. 3-1, lahko pridobimo oceno pogostosti posameznih scenarijev za iztirjenja/trčenja na novi progi Divača - Koper (kategorija nevarnosti H1).

Vrednotenje scenarijev za iztirjenja/trčenja je prikazano na Sl. 3-4. Povzetek pogostosti dogodkov s posameznimi posledicami je podan v Tab. 3-14.

*Tab. 3-14: Ocenjene pogostosti nesreč s posameznimi posledicami zaradi iztirjenja /trčenja (nova proga Divača - Koper)*

Posledica	Ocena pogostosti dogodkov (dog/leto)
C2	2.83E-02
C3	1.37E-02
C4	2.63E-03
C5	3.68E-04

H1	NH	TOV	IZTNS	POSK	QC2	Posledica Pogostost	
3.00E-01	9.90E-01	4.00E-01			9.00E-011	C1	1.07E-01
					1.00E-012	C2	1.19E-02
		6.00E-01	7.50E-01		9.00E-013	C1	1.20E-01
					1.00E-014	C2	1.34E-02
			2.50E-01	6.92E-01	9.00E-015	C1	2.77E-02
					1.00E-016	C2	3.08E-03
				3.08E-01	7	C3	1.37E-02
	1.00E-02	4.00E-01			8	C4	1.20E-03
		6.00E-01	5.50E-01		9	C4	9.90E-04
			4.50E-01	5.41E-01	10	C4	4.38E-04
				4.59E-01	11	C5	3.68E-04

*Sl. 3-4: Vrednotenje scenarijev za iztirjenja / trčenja (H1)*

### 3.5.3. Požari (H2)

V tem poglavju smo ovrednotili tveganje zaradi požarov na podlagi poenostavljenega modela iz poglavja 3.3.2, kot je določen z obsegom razpoložljivih podatkov za predmetno analizo.

#### 3.5.3.1. Vrednotenje scenarijev

##### Nevarnost požarov na vlakih (funkcija H2)

Kot je razvidno iz Tab. 3-4, sta v triletnem obdobju 2006 - 2008 bila zabeležena le dva požara na tirnih vozilih. Opisi dogodkov niso na razpolago. Kar se pa tiče proge Divača - Koper, v projektnemu dokumentu [11] (dopis SŽ) ni posebej omenjenih požarov.

Za oceno tveganja smo prevzeli pogostost nevarnosti od dva dogodka v treh letih, za celotno področje slovenskega železniškega sistema. Pogostost smo preslikali na novo progo Divača - Koper ( $2 \times 28 \text{ km} = 56 \text{ km}$ , [17]) s pomočjo predpostavke, da je verjetnost požara enakomerno razporejena po vseh kilometrih slovenskih prog (1229 km slovenskih železniških prog). Ob takšni predpostavki:

$$f_{H3} = \frac{56}{1229 + 56} \times \frac{2}{3} = 0.03 \text{ dog/leto}$$

##### Pogojne verjetnosti (funkcija QC)

Kot je zgoraj omenjeno, v projektnemu dokumentu [Ref. 11] (dopis SŽ) ni posebej omenjenih požarov na progi Divača - Koper. Iz profila prepeljanega nevarnega blaga za triletno obdobje (2006 - 2008), podanega v omenjenemu viru, se vidi, da je delež eksplozivnih in samovnetljivih snovi zelo majhen: od skupno prepeljanih 4939373.327 ton nevarnih snovi, 98.760 ton odpade na eksplozivne snovi, samovnetljivih snovi pa sploh ni bilo. V profilu prepeljanega nevarnega blaga je dominanten, kot je že omenjeno, delež vnetljivih snovi, kar v glavnem odpade na naftne derivate. Z druge strani, za vnetje je v tem primeru potreben določen scenarij: nastanek požara, požar nastane v bližini vnetljivega tovora, požar ni pravočasno opažen in ugasnjen itn.

V Državnemu načrtu za zaščito in reševanje [Ref. 10] (ažuriran septembra 2007) se za zadnjih nekaj desetletij ne omenja večja železniška nesreča, ki bi bila povzročena požarom. (Kot je že bilo omenjeno navajajo se le težka nesreča od 14. julija 1984 v Divači in prevrnitev dveh cistern s bencinom v Zalogu leta 1995.)

Za potrebe predmetne ocene tveganja smo predpostavili, da je v zadnjih 20 let bil eden dogodek s posledicami C2 ali C3 (čeprav ga, na podlagi razpoložljive dokumentacije, ni bilo). Za dogodek kategorije C3, ki vključuje posledice na okolje in ljudi smo predpostavili, da je »za faktor« manj verjeten kot dogodek kategorije C2 (ki vključuje le žrtve brez vplivov na okolje). Za katastrofalne dogodke

kategorij C4 oz. C5 smo predpostavili, da so za velikostni red manj verjetni kot dogodki kategorij C2 oz. C3.

Na podlagi Tab. 3-4 (dva požara v triletnem obdobju 2006 – 2008) je v Sloveniji v povprečju 2/3 požara na vlakih. Ob tej predpostavki *je v zadnjih 20 let* bilo

$$\frac{2}{3} \times 20 = 13.3$$

dogodkov od katerih je eden, po predpostavki, končal z posledico C2 ali C3. Torej, pogojna verjetnost, da se požar konča z posledico C2 ali C3 je

$$\frac{1}{13.3} = 0.075 \text{ .}$$

Ob omenjeni predpostavki, da je posledica C3 »za faktor« manj verjetna kot C2 dobimo oceno pogojne verjetnosti za C2 kot 0.050 oziroma za C3 kot 0.025. Torej, na podlagi zgornjega opazovanja in predpostavk ocenjujemo pogojne verjetnosti, da požar pripelje do posameznih posledic kot:

$$Q_{C1} = 0.9175$$

$$Q_{C2} = 0.050$$

$$Q_{C3} = 0.025$$

$$Q_{C4} = 0.005$$

$$Q_{C5} = 0.0025$$

$$Vsota = 1.0$$

Torej, predpostavka je, da so v največjem številu (več kot 90%) primerov dogodka požara na vlak posledice omejene na materialno škodo (brez bistvenega vpliva na okolje) in/ali največ eno smrtno žrtev.

### 3.5.3.2. Izračun

Na podlagi zgornjih ocen pogostosti nevarnosti in pogojnih verjetnosti lahko dobimo oceno tveganja zaradi požarov na vlakih (kategorija nevarnosti H2) na novi progi Divača – Koper z uvrščanjem odgovarjajočih vrednosti v poenostavljeno drevo dogodkov, Sl. 3-2.

Izračun ocene tveganja za predmetno kategorijo nevarnosti je prikazan na Sl. 3-5. Na sliki se direktno vidijo pogostosti za posamezne posledice. Pogostosti so podane kot pričakovano število dogodkov v enem letu.



H2	QC		Posledica	Pogostost
3.00E-02	9.18E-01	1	C1	2.75E-02
	5.00E-02	2	C2	1.50E-03
	2.50E-02	3	C3	7.50E-04
	5.00E-03	4	C4	1.50E-04
	2.50E-03	5	C5	7.50E-05

Sl. 3-5: Vrednotenje scenarijev za požare na vlakih (H2)

### 3.5.4. Druge nesreče (H3)

Spodaj je ovrednoteno tveganje zaradi drugih nesreč na vlakih na podlagi poenostavljenega modela iz poglavja 3.3.3, diktiranega z obsegom razpoložljivih podatkov za predmetno analizo.

#### 3.5.4.1. Vrednotenje scenarijev

##### Nevarnost zaradi drugih nesreč (funkcija H3)

Kot je razvidno iz Tab. 3-4, podajajo reference [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14] skupna števila drugih dogodkov za triletno obdobje 2006 - 2008 kot je prikazano v Tab. 3-15. Podatki se nanašajo na celoten železniški sistem.

Tab. 3-15: Skupno število drugih dogodkov v obdobju 2006 - 2008

Nesreče na prehodih	89
Tirna vozila med gibanjem	76
Drugo	9
<b>Skupno:</b>	<b>174</b>

Na podlagi podatkov iz Tab. 3-15 lahko ocenimo, da povprečno letno število dogodkov, ki sodijo v (oziroma lahko povzročijo) nevarnost kategorije H3 znaša okrog:

$$\frac{174}{3} = 58 \text{ dog/leto}$$

Ob predpostavki, da je verjetnost drugih dogodkov (H3) enakomerno razporejena po vseh kilometrih slovenskih prog (1229 km slovenskih železniških prog, [Ref. 10]) se bi pogostost preslikala na novo progo Divača-Koper (2 x 28 km = 56 km, [Ref. 17]) kot:

$$58 \times \frac{56}{1229 + 56} = 2.53 \text{ dog/leto}$$

Kot je razvidno na podlagi triletna statistike, nekaj več kot 50 procentov drugih dogodkov odpade na nesreče na prehodih. Po drugi strani je v projektnemu dokumentu [Ref. 17] navedeno, da na obeh (novih) progah ni predvideno križanje ceste in železnice na istem nivoju. Zaradi tega predvideno pogostost drugih dogodkov znižamo na 1.5 na leto:

$$f_{H3} = 1.5 \text{ dog/leto}$$

#### Pogojne verjetnosti (funkcija QC)

Poročila [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14] podajajo letna števila smrtnih žrtev v železniških nesrečah v triletnem obdobju 2006 - 2008 kot je to prikazano v Tab. 3-16.

*Tab. 3-16: Letna števila smrtnih žrtev v železniških nesrečah v obdobju 2006 - 2008*

Leto	2006 [Ref. 14]	2007 [Ref. 13]	2008 [Ref. 12]	Skupaj
Število smrtnih žrtev	22	18	9	49

V istemu obdobju (2006 - 2008) je bilo skupno 174 nesreč, Tab. 3-15. Torej, najmanjše število dogodkov pri katerih ni bilo smrtnih žrtev je

$$174 - 49 = 125$$

Na podlagi tega ocenimo pogojno verjetnost, da dogodek ne povzroči smrtne žrtve kot:

$$q_0 = \frac{125}{174} \approx 0.7$$

Reference [Ref. 12], [Ref. 13] in [Ref. 14] ne vsebujejo statistike o številu žrtev pri posameznih nesrečah. Navajajo se le skupne številke. Reference ne navajajo posebej nobeno nesrečo pri kateri bi bila več kot ena žrtev.

Referenca [Ref. 13] podaja opis vzrokov nesreč, preostali dve referenci ne podajata opisov vzrokov, ki ga podajamo v nadaljevanju.

Glavni vzroki nesreč, ki so imeli za posledico usodne in ne-usodne telesne poškodbe za katere železnica ni bila odgovorna so:

- Neizpolnjevanje zahtev cestnega prometa na nivojskih križišč (10 smrtno ponesrečenih in 14 ranjenih oseb).
- Prečkanje ali hoja po železniški progi, kjer je to prepovedano (8 smrtno ponesrečenih in 8 ranjenih oseb).
- Neizpolnjevanje zahtev Pravilnika o notranjem ustroju železnice (12 poškodovanih oseb).
- Skoki ali padci iz vozečega vlaka (3 poškodovane osebe).

Iz zgornjih navedb sledi, da je do vseh smrtnih žrtev v letu 2007 ( $10 + 8 = 18$ , Tab. 3-16) prišlo zaradi kršitve predpisov. Na podlagi zgoraj opisanih vzrokov je najbolj verjetno, da gre za posamezne primere kršitve predpisov, ki so povzročili smrtne žrtve.

Lahko se predpostavi, da sta bili v omenjenemu letu 1 do 2 nesreči z več kot eno smrtno žrtvijo, kar bi predstavljalo okrog 10% nesreč.

Za potrebe predmetne analize smo predpostavili:

- pogojna verjetnost, da dogodek, pri katerem je bilo smrtnih žrtev vključuje več kot eno smrtno žrtev znaša približno  

$$q_{>1} \approx 0.1$$
- pogojna verjetnost, da dogodek, pri katerem je bila več kot ena smrtna žrtev vključuje več kot deset smrtnih žrtev znaša približno  

$$q_{>10} \approx 0.1$$

Ob upoštevanju zgornjih predpostavk izhajajo pogojne verjetnosti, da nesreča pripelje do posameznih posledic kot sledi:

$$Q_{C4} = (1 - q_0)q_{>1}q_{>10} = (1 - 0.7) \times 0.1 \times 0.1 = 0.003$$

$$Q_{C2} = (1 - q_0)q_{>1}(1 - q_{>10}) = (1 - 0.7) \times 0.1 \times (1 - 0.1) = 0.027$$

$$Q_{C1} = q_0 + (1 - q_0)(1 - q_{>1}) = 0.7 + (1 - 0.7) \times (1 - 0.1) = 0.97$$

$$Vsota = 1.0$$

#### 3.5.4.2. Izračun

Enako kot v prejšnjih primerih, oceno tveganja zaradi drugih nesreč na novi progi Divača - Koper dobimo z uvrščanjem zgoraj ocenjenih vrednosti pogostosti nevarnosti in pogojnih verjetnosti v odgovarjajoča vozlišča na Sl. 3-3.

Izračun ocene tveganja za druge nesreče je prikazan na Sl. 3-6. Na sliki se direktno vidijo pogostosti za posamezne posledice, ki so podane kot pričakovano število dogodkov v enem letu.

H3	QC		Posledica	Pogostost
1.50E+00	9.70E-01	1	C1	1.46E+00
	2.70E-02	2	C2	4.05E-02
	3.00E-03	3	C4	4.50E-03

Sl. 3-6: Vrednotenje scenarijev za druge nesreče (H3)

### 3.5.5. Ocena skupnega tveganja

Na podlagi vrednotenja tveganja za posamezne kategorije nevarnosti opisane v poglavjih 3.5.2, 3.5.3 in 3.5.4 lahko ocenimo skupno tveganje vseh obravnavanih kategorij nevarnosti. Ocena skupnega tveganja je podana v Tab. 3-17. Posamezne kategorije posledic so bolj natančno razložene v poglavju 3.2.3.

Tab. 3-17: Skupno tveganje od vseh obravnavanih kategorij nevarnosti

Posledica	Opis	Ocenjeno pričakovano število dogodkov na leto na novi progi Divača - Koper
C2	Več kot ena smrtna žrtev	7.03E-02
C3	Izpust nevarnih snovi (NS) s posledicami na okolje in/ali ljudi	1.45E-02
C4	Večje število smrtnih žrtev	7.28E-03
C5	Izpust nevarnih snovi z večjimi posledicami na okolje in/ali ljudi	4.43E-04

Na podlagi ocene se lahko pričakuje nekoliko dogodkov (do deset) na novi progi v stotih letih, ki bi povzročili več kot eno, toda ne več kot deset smrtnih žrtev, z določenim omejenim vplivom na okolje.

Število katastrofalnih dogodkov z večjim številom smrtnih žrtev (več kot deset) na novi progi je ocenjeno kot nekoliko (do deset) na tisoč let. Ta kategorija dogodkov ne vključuje nevarnih vplivov na okolje. Nesreča, ki se je zgodila na postaji v Divači leta 1984 sodi v to kategorijo.

Število dogodkov s katastrofalnim vplivom na okolje in ljudi je ocenjeno kot nekoliko dogodkov na deset tisoč let.

Za pravilno razumevanje zgornjih rezultatov je potrebno poudariti način kako predmetna analiza tolmači omenjeni dogodek v Divači: bistvena predpostavka je, ki je vgrajena v predmetno analizo, da se bi ta dogodek lahko zgodil tudi na drugih mestih v železniškemu sistemu. Z drugimi besedami: predpostavka je, da se dogodek ni zgodil zaradi določene specifične pomanjkljivosti postaje v Divači, ki ne bi bila prisotna na drugih postajah. Oziroma: če se je dogodek zgodil zaradi takšne specifičnosti, je bila omenjena specifičnost v tem času že odstranjena in vsekakor ne bo prisotna na novi progi.

## 4. ZAKLJUČKI

Predmetna analiza podaja kvantitativno oceno, izdelano na podlagi razpoložljivih vhodnih podatkov, tveganja nastanka nesreč na novi železniški progi Divača - Koper. Z namenom pridobivanja perspektive s stališča sprejemljivosti so za definirane kategorije posledic bili ocenjeni indikativni kriteriji za slovenski železniški sistem v celoti (poglavje 3.4). Tab. 4-1 podaja primerjavo ocenjenih kategorij tveganja (na podlagi definiranih posledic) z odgovarjajočimi indikativnimi kriteriji.

*Tab. 4-1: Primerjava ocenjenih kategorij tveganja z indikativnimi kriteriji*

Posledica	Ocenjeno pričakovano število dogodkov na leto na novi progi Divača - Koper	Indikativni kriterij za Slovenijo (dog/leto)	Primerjava (%)
C2	7.03E-02	2	3.5%
C3	1.45E-02	1	1.4%
C4	7.28E-03	0.2	3.6%
C5	4.43E-04	0.1	0.4%

Kot lahko vidimo je ocenjeno tveganje nesreč na novi progi Divača - Koper v vseh kategorijah velikostnega reda nekoliko procentov od indikativnega kriterija za celo Slovenijo.

## 5. REFERENCE

1. COMMISSION REGULATION (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union L 108/4, 29.4.2009
2. DIREKTIVA 2004/49/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 29. aprila 2004 o varnosti na železnicah Skupnosti ter o spremembi Direktive Sveta 95/18/ES o izdaji licence prevoznikom v železniškem prometu in Direktive 2001/14/ES o dodeljevanju železniških infrastrukturnih zmogljivosti, naložitvi uporabnin za uporabo železniške infrastrukture in podeljevanju varnostnega spričevala (Direktiva o varnosti na železnici), URADNI LIST EVROPSKE UNIJE L 164/44, 30.4.2004
3. ERA/GUI/01-2008/SAF, Guide for the application of the Commission Regulation on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(a) of the Railway Safety Directive, Version 1.1, European Railway Agency, 06/01/2009
4. ERA/GUI/02-2008/SAF, Collection of examples of risk assessments and of some possible tools supporting the CSM Regulation, Version 1.1, European Railway Agency, 06/01/2009
5. ERA/2009/SAF/S-01, Final Report - Risk Acceptance Criteria for Technical Systems and Operational Procedures, Report for European Railway Agency, Report No: 24127328/03, Rev: 02, Det Norske Veritas, 22 January 2010
6. Collision Hazard Analysis Guide: Commuter and Intercity Passenger Rail Service, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Washington, October 2007
7. DOT/FRA/ORD-09/15, A Practical Risk Assessment Methodology for Safety-Critical Train Control Systems, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Research and Development, Washington, July 2009
8. DOT/FRA/ORD-88/14, A Risk Assessment Study on the Transportation of Hazardous Materials over the U.S. Railroads, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Research and Development, Washington, November 1988
9. DOT/FRA/RRS-22, FRA Guide for Preparing Accident/Incident Reports, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, Office of Safety, Washington, May 1, 2003
10. Državni načrt zaščite in reševanja ob železniški nesreči, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, verzija 3.0, september 2007
11. Slovenske železnice d.o.o., dopis št. 1-65/10 z 14.01.2010, Zadeva: Podatki za izdelavo ocene tveganja za novo progo Divača - Koper

12. NSA Annual Report 2008, Republic of Slovenia, Public Agency of the Republic of Slovenia for Railway Transport (AŽP), 2009
13. NSA Annual Report 2007, Republic of Slovenia, Public Agency of the Republic of Slovenia for Railway Transport (AŽP), september 2008
14. NSA Annual Report 2006, Republic of Slovenia, Public Agency of the Republic of Slovenia for Railway Transport (AŽP), september 2007
15. Annual Safety Performance Report 2008, A Reference Guide to Safety Trends on GB Railways, Rail Safety and Standards, Board 2009
16. National Rail Trends 2008-2009 Yearbook, Office of Rail Regulation
17. Opis tehničnih karakteristik proge (projektni dokument)