

***Priručnik  
za razvrstavanje i utvrđivanje  
prioriteta među rizicima  
izazvanim velikim nesrećama  
u procesnoj i srodnim industrijama***

*Međuagencijski program procjene i upravljanja  
zdravstvenim i okolišnim rizicima izazvanim energetskim  
i drugim složenim industrijskim sustavima*

Izvorni dokument nastao u IAEA odsjeku:

Odsjek za procjenu sigurnosti (Safety Assessment Section)  
International Atomic Energy Agency  
Wagramerstrasse 5  
P.O. Box 100  
A-1400 Wien, Austria

PRIRUÈNIK ZA RAZVRSTAVANJE I UTVRĐIVANJE PRIORITETA MEĐU RIZICIMA IZAZVANIM VELIKIM  
NESREÆAMA U PROCESNOJ I SRODNIM INDUSTRIJAMA

IAEA, BEÈ, 1993.

IAEA-TECDOC-727

## PROSLOV

Industrijski je razvoj nužan za podizanje životnog standarda u svim zemljama. To pretpostavlja izgradnju rafinerija, elektrana i drugih velikih industrijskih sustava. Ipak, na ljudsko zdravlje, izravno ili neizravno, može utjecati svakodnevno ispuštanje otpada iz industrijskih postrojenja. Na okoliš nepovoljno utječu emisije iz elektrana i nezbrinjavanje industrijskoga otpada. Oslobađanje toksičnih materijala može imati katastrofalne učinke na zdravlje i okoliš. Niz velikih industrijskih nesreća sedamdesetih i osamdesetih godina ovog stoljeća ukazalo je na potrebu boljšeg sagledavanja rizika i nesreća u industrijskim procesima.

Dosadašnji naponi vezani uz takve rizike, ako ih je i bilo, bili su uglavnom usamljeni. Neka su postrojenja dobro opremljena za upravljanje opasnostima za okoliš, a druga nisu. Pojedine studije upravljanja rizikom usredotočene su na opasnosti na radu, druge na opasnosti na okoliš, poput onečišćenja, a ostale su se pak usredotočene na planove intervencija u slučajevima velikih nesreća.

Ako je rizike moguće procijeniti i njima cjelovito upravljati, tada se i skromna sredstva mogu djelotvornije iskoristiti, čime se olakšava i industrijski razvoj. Zemlje u razvoju, osobito, mogu imati veliku korist od razboritog upravljanja rizicima koje sobom nosi industrijski razvoj.

Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), Program Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP), Organizacija Ujedinjenih naroda za industrijski razvoj (UNIDO) i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) odlučile su 1986. ujediniti snage na promicanju primjene cjelovitih područnih pristupa upravljanju rizikom. Međuagencijski program ujedinjuje stručna znanja s područja zdravstva, okoliša, industrije i energije – sva ključna za djelotvorno upravljanje rizikom.

Svrha je Međuagencijskoga programa razvijanje cjelovitog pristupa prepoznavanja, utvrđivanja prioriteta i svođenja na najmanju moguću mjeru industrijskih opasnosti na određenom zemljopisnom području. Ovo je jedan iz niza dokumenata čije je objavljivanje planirano u ime četiriju UN-ovih organizacija sudionica.

#### *BILJEŠKA IZDAVAËA (IAEA)*

*Pripremajuæi ovaj dokument za tisak, IAEA se slu•ila izvornim rukopisima. Izra•ena stajališta nu•no ne odra•avaju stajališta vlada navedenih dr•ava èlanica odnosno navedenih organizacija.*

*U èitavom su tekstu nazivi dr•ava èlanica zadr•ani u obliku u kojem su navedena u izvornim materijalima.*

*Pojedine odrednice koje se odnose na dr•ave ili podruèja ne podrazumijevaju ocjenu izdavaèa (IAEA) glede pravnog statusa takvih dr•ava ili podruèja, njihovih tijela vlasti i institucija, niti glede odreðenja njihovih granica.*

*Navoðenje naziva odreðenih tvrtki ili proizvoda (registriranih ili ne) nije usmjereno na narušavanje vlasnièkih prava, niti ih treba shvatiti kao potporu ili preporuke od strane IAEA-e.*

#### *NAPOMENA IZDAVAËA HRVATSKOG IZDANJA*

*Na izrièit zahtjev IAEA, naslovna stranica hrvatskog izdanja nije istovjetna naslovnoj stranici izvornika.*

## PREDGOVOR

Međuagencijski program procjene i upravljanja zdravstvenim i okolišnim rizicima izazvanim energetskim i drugim složenim industrijskim sustavima usmjeren je na promicanje i olakšavanje primjene cjelovite procjene i upravljanja rizikom u velikim industrijskim područjima. Ova inicijativa obuhvaća prikupljanje postupaka i metoda procjene rizika za okoliš i javno zdravlje, prijenos znanja i iskustava među zemljama primjenom ovih postupaka i provedbom cjelovitoga pristupa upravljanju rizikom.

Program zajednički provode četiri UN-ove organizacije: IAEA, UNEP u okviru programa Svijesti i pripravnosti na neželjene događaje na lokalnoj razini (APELL), UNIDO i WHO.

Organizacije UN-a koje su pokrovitelji ovoga programa već su nekoliko godina uključene u djelatnosti procjene i upravljanja zdravstvenim i okolišnim rizicima, sprječavanja velikih nesreća i pripravnosti na neželjene događaje. Ovaj je priručnik izrađen na temelju iskustava stečenih u tim djelatnostima, da bi se pomoglo pri razvrstavanju i utvrđivanju prioriteta među rizicima u velikim industrijskim područjima i kako bi se detaljna procjena obavljala na temelju utvrđenih prioriteta. To je u skladu s potrebom optimalizacije raspodjele sredstava u procesima procjene i upravljanja rizicima.

Nacrt ovoga priručnika razaslan je ograničenom broju primatelja, kako bi se dale primjedbe i ocjene predloženih metoda. Valja naglasiti kako rad s grubim procjenama i prosječnim scenarijima nesreća, kakvi se koriste u okviru ove metode, ne mogu odgovoriti na pitanje koji najveći broj ljudi može poginuti ili biti ozlijeđen u nesreći, niti dati najveću udaljenost učinka nesreće. Kao primjer, metoda može poslužiti pri utvrđivanju prioriteta među radnjama na području pripravnosti na neželjene događaje, ali je manje korisna pri izradi određenoga plana intervencija na neželjene događaje u (odabranoj) industrijskoj djelatnosti.

Nekoliko je zemalja dalo primjedbe u razdoblju od kolovoza 1991. do svibnja 1992. (Kolumbija, Indija, Italija, Nizozemska, Švicarska, SAD), koje su u ovom izvješću uzete u obzir. Rezultat je ovaj završni tehnički dokument.

Ovaj dokument predstavlja, zapravo, treću generaciju ocjenjivačkih metoda. Prva generacija, popis postupaka izrade popisa, razradio je D. van der Brand za provinciju Južnu Holandiju, koji postoji samo na nizozemskom jeziku. Drugu generaciju izradio je TNO Istraživanje okoliša i energetike iz Nizozemske, po narudžbi, i pretežito temeljeno na zamislima D. van der Branda, vladinog zastupnika u Nizozemskoj. Ove smjernice druge generacije prevedene su na nekoliko jezika pod nazivom Vodič kroz opasne industrijske djelatnosti. Dokument pred vama treće generacije, mada se većinom koristi istim tehničkim podacima, ima svoju vlastitu "težinu" i različite važne dodatke, kao i tzv. stupnjeviti pristup, koji nije korišten u ranijim radovima.

Ovaj su priručnik, na sastancima održanim u središnjici IAEA u Beču, u kolovozu 1991. i prosincu 1992. godine, priredili:

Savjetnik: D. van den Brand  
Ministarstvo okoliša Nizozemske

Znanstveno tajništvo: R. Dones (NENS-SAS, IAEA)  
S. Haddad (NENS-SAS, IAEA)  
A. Gheorghe (NENS-SAS, IAEA)

Sve primjedbe valja upućivati na sljedeću adresu: Safety Assessment Section  
(Odsjek za procjenu sigurnosti)  
Division of Nuclear Safety  
(Odjel za nuklearnu sigurnost)  
International Atomic Energy Agency  
(Međunarodna agencija za  
atomsku energiju)  
P.O. Box 100  
A-1400 Wien  
Austria  
Tel: (43 1) 2360-0  
Fax: (43 1) 2345 64

Informacije o ovom dokumentu i Međuagencijskom programu cjelovitog upravljanja rizikom mogu se dobiti od sljedećih organizacija:

- Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA)  
Odjel za nuklearnu sigurnost - Beč
- Svjetska zdravstvena organizacija (WHO)  
Odjel za zdravlje i okoliš - Ženeva
- Organizacija Ujedinjenih naroda za industrijski razvoj (UNIDO) - Beč
- Program Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP)  
Ured za industriju i okoliš - Pariz

## SADR•AJ

1. UVOD .....	9
1.1. Pregled .....	9
1.2. Predmet priručnika .....	9
1.3. Područja primjene .....	9
2. OPIS METODE I PROCEDURALNI KORACI .....	12
3. RAZVRSTAVANJE VRSTA DJELATNOSTI I POPISA .....	14
4. PROCJENA POSLJEDICA VELIKIH NESREĆEA ZA LJUDE .....	20
4.1. Primjer .....	30
5. PROCJENA VJEROJATNOSTI VELIKIH NESREĆEA NA NEPOKRETNIM POSTROJENJIMA .....	31
5.1. Primjer .....	37
6. PROCJENA VJEROJATNOSTI VELIKIH NESREĆEA PRI PROMETU OPASNIH MATERIJALA .....	37
6.1. Primjer .....	44
7. PROCJENA DRUŠTVENOG RIZIKA .....	45
7.1. Primjer .....	47
8. UTVRĐIVANJE PRIORITETA RIZIKA .....	49
9. NAPOMENA O PRIMJENI .....	49
Prilog I. POPIS TVARI .....	51
Prilog II. DODATNE OBAVIJESTI .....	59





## 1. UVOD

### 1.1. PREGLED

Razvijena gospodarstva, kao i ona u razvoju, imaju sve jaču potrebu za temeljitom procjenom i upravljanjem rizikom za ljude, imovinu i okoliš, a koje može prouzročiti smještaj i rad potencijalno opasnih i onesigurnih industrija. Uklapanje pitanja sigurnosti i razvoja u promišljanje društvenih i gospodarstvenih probitaka za zajednicu visoko je na popisu prioriteta u većini vlada. Jednako, postoji potreba osigurati djelotvornu i optimalnu raspodjelu ograničenih sredstava u procesima procjene i upravljanja rizikom. U tu svrhu, razvrstavanje i utvrđivanje prioriteta među različitim vrstama rizika koji podliježu daljnjoj detaljnoj procjeni postaju sve važnijim pitanjem.

Glavni je cilj ovoga priručnika prikazati sveobuhvatnu metodu i srodne postupke postavljanja prioriteta unutar različitih izvora rizika kako bismo usmjeravali detaljnu procjenu na temelju prioriteta rizika.

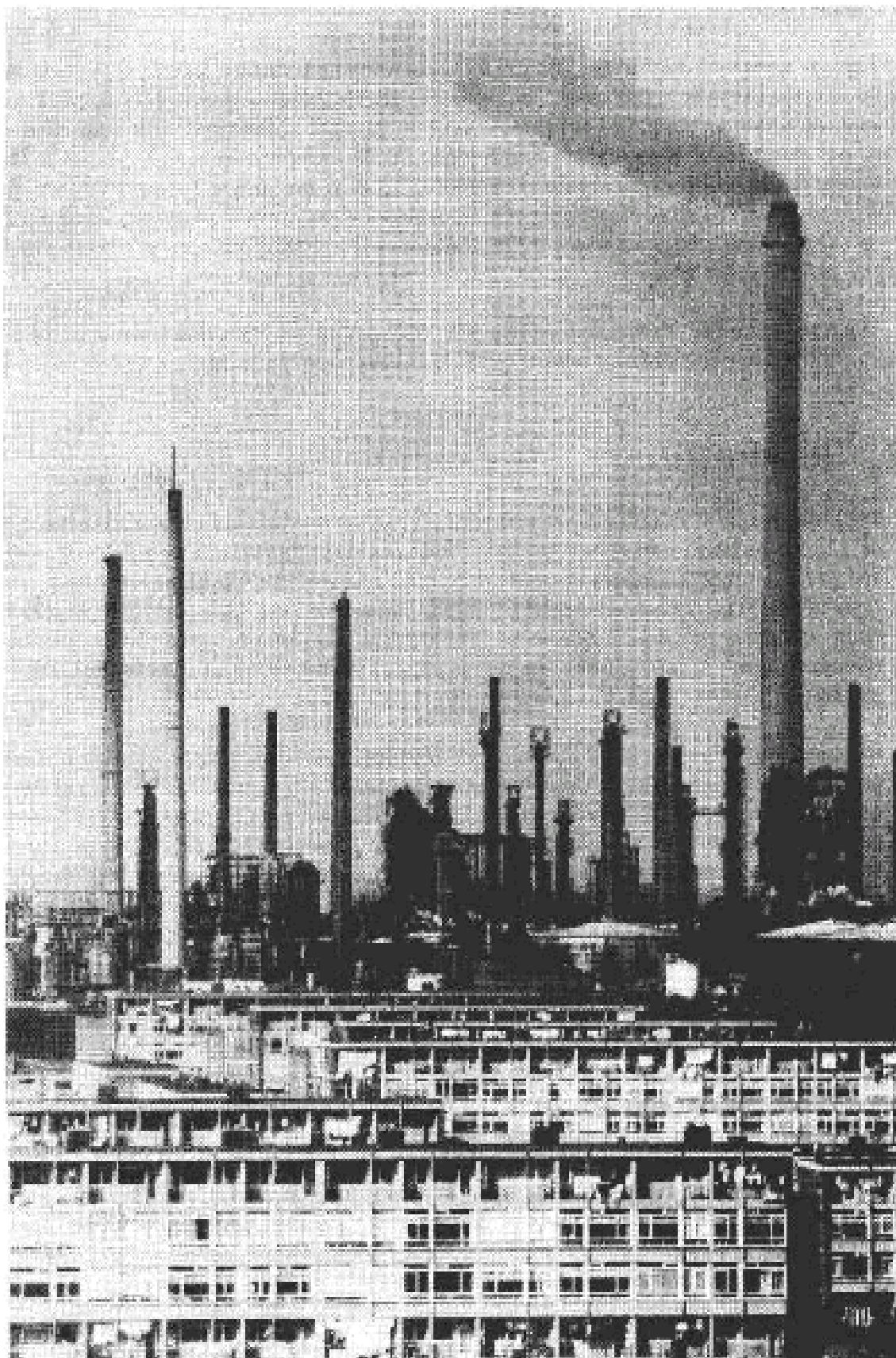
### 1.2. PREDMET PRIRUČNIKA

- (a) Metode i postupci navedeni u priručniku odnose se na rizike izazvane velikim nesrećama s posljedicama izvan mjesta događaja kod nepokretnih postrojenja za skladištenje, obradu i postupanje s opasnim materijalima te pri prometu opasnih materijala cestom, željeznicom, cjevovodima i kopnenim vodenim putevima. Vrste opisanih rizika su rizici za javno zdravlje izazvani požarima, eksplozijama i oslobađanjem toksičnih tvari izvan granica opasnih postrojenja. Rizik za radnike (opasnost na radnom mjestu) nije obuhvaćen. Rizici od nesreća za prirodni okoliš također nisu obuhvaćeni.
- (b) Pri tumačenju sadržaja priručnika, 'rizik' se određuje i u smislu posljedica i u smislu mogućnosti (vjerojatnosti) nastupanja ishoda (opasnih događaja). Pojedinačni rizik od gubitka života određuje se kao godišnja vjerojatnost da će bilo koji stanovnik zajednice poginuti zbog izlaganja nekoj djelatnosti. Društveni rizik određuje se kao odnos između broja ljudi smrtno nastradalih u jednoj nesreći i šanse ili vjerojatnosti da će taj broj biti premašen. Klasifikacijski raspored u priručniku odnosi se na koncept društvenoga rizika, iako je dan samo općeniti grafički prikaz stvarnoga društvenoga rizika.
- (c) Pretpostavka korištena pri procjeni posljedica nesreća navedenih u priručniku jest ta da bi najveće moguće posljedice mogle biti veće od opisanih. Posljedice i vjerojatnost scenarija prema kojima se posljedice procjenjuju, u međusobnom su odnosu. Procjene posljedica temelje se na prosječnim vremenskim uvjetima i 100% stopi smrtnosti unutar područja definirana određenim mjerilima učinka (npr. požari, eksplozije).

Nesigurnost korištenih mjerila (npr. vrijednosti  $LC_{50}$ ), kao i relativno ograničeni utjecaj nekih učinaka unutar pogođenoga područja (npr. toplinsko zračenje i prekomjerni tlak izazvan eksplozijama oblaka pare) vode grubim procjenama učinaka, odabranih radi usporedbe rizika u različitim industrijskim djelatnostima na najpogodniji i najlogičniji mogući način.

### 1.3. PODRUČJA PRIMJENE

Velika industrijska područja (vidi sliku 1.) uključuju i mnoštvo izvora i djelatnosti koje izazivaju rizik različite prirode i raspona. Takvi izvori mogu uključivati radna procesna postrojenja, skladišne terminale, djelatnosti prometa itd. Isto se odnosi i na razinu pojedinačnoga postrojenja na kojem postoji mnoštvo izvora rizika raznolikih veličina.



*SLIKA 1. Veliko industrijsko podruèje (snimio Jan van de Kam)*

Idealno, kumulativna procjena takvih rizika trebala bi uključivati detaljnu analizu opasnosti i količinsku procjenu rizika za sve industrijske objekte i srodne djelatnosti. U mnogim slučajevima, ipak, zbog ograničenja sredstava i vremena, potrebno je provesti prethodnu procjenu različitih rizika kako bismo utvrdili na koje se djelatnosti valja usredotočiti pri detaljnoj procjeni rizika i kamo treba rasporediti sredstva za procjenu kako bi se polučio najkvalitetniji mogući rezultat.

Glavne su pretpostavke ove metode sljedeće:

- Pri procjeni vjerojatnosti i posljedica nesreća korištene su samo najvažnije varijable (npr. gustoća naseljenosti, sigurnost prometa, učestalost radnje utovara/istovara).
- Procjene posljedica i vjerojatnosti obavljene su pomoću kategorija koje se međusobno razlikuju za najviše po jedan red veličine.

Pretpostavke mjera smrtih slučajeva su sljedeće:

- U području u kojem se za fizičke ili toksične učinke pretpostavlja da izaziva 50-100% smrtnost, postoji 100% smrtnost;
- Izvan toga područja ne broje se smrtni slučajevi;
- Ublažavajući čimbenici ovise o vrsti korištene tvari.

Pretpostavke za proračunavanje posljedica su sljedeće:

- Razmatranje triju tipičnih kategorija učinaka: krušni (npr. eksplozije), polukrušni (npr. teški oblak), izduljeni (npr. raspršenje);
- Učinak na udaljenosti do 10.000 m;
- Kategorije tvari prema zapaljivosti, eksplozivnosti i otrovnosti - potrebno je do pet podkategorija (za toksične tvari);
- Proračunavanje različitih djelatnosti vezanih uz proces, skladištenje i promet tvari.

Pretpostavke za proračunavanje vjerojatnosti su sljedeće:

- Prosječna učestalost kvarova, na temelju protekloga iskustva;
- Korekcijski čimbenici prema različitostima među industrijskim djelatnostima;
- Razrada metode uporabom koncepcije 'broja vjerojatnosti' (vidi Poglavlje 5.).

Ova metoda pravi razliku između rizika u industrijskim djelatnostima koje se mogu razlikovati najviše do jednog reda veličine.

n **Metode i rezultati navedeni u priručniku mogu se koristiti u sljedeće svrhe:**

- (a) Uvodni općeniti pregled različitih rizika u velikom industrijskom području, na temelju koncepta (zdravstvenog) društvenog rizika;
- (b) Utvrđivanje prioriteta različitih izvora rizika, što omogućuje daljnju detaljnu analizu.

**METODE I REZULTATI IZ PRIRUÈNIKA MOGU SE PRIMJENJIVATI SAMO U RELATIVNOM SMISLU.**

**APSOLUTNE VRIJEDNOSTI RIZIKA NE TREBAJU SE KORISTITI ZASEBNO.**

n **Metode i rezultati navedeni u priručniku ne mogu se koristiti u sljedeće svrhe:**

- (a) Procjena rizika u zasebnim objektima ili kao temelj upravljanja rizikom;
- (b) Donošenje odluka o smještaju opasnih postrojenja ili planiranju puteva prometa opasnih materijala, ako proces odlučivanja u određenoj situaciji ovisi o razlikama za koje je potrebna detaljnija analiza;
- (c) Prosuđivanje o sigurnosti nekoga određenog postrojenja ili djelatnosti ili pak o njezinoj prihvatljivosti rizika;
- (d) Usporedbu apsolutnih vrijednosti s bilo kojim mjerilom ili normom prihvatljivosti rizika;
- (e) Izradu plana hitnih intervencija za određenu situaciju u kojoj postoje takvi 'rizici' (npr. postrojenje u naseljenom području, promet opasnih materijala u blizini naseljenih područja).

n

## 2. OPIS METODE I PROCEDURALNI KORACI

Metoda se temelji na razvrstavanju opasnih djelatnosti u interesnom području na temelju kategorizacije posljedica i vjerojatnosti pojave velikih nesreća. Kategorizacija posljedica navodi korisnika na izračunavanje približnog broja smrtnih slučajeva izazvanih nesrećom na nepokretnom postrojenju ili pri prometu opasnih materijala. Procjena vjerojatnosti donosi informacije o učestalosti nesreća (broj slučajeva po djelatnosti godišnje). Rezultati se mogu prikazati u grafičkom obliku na x-y koordinatnom sustavu, pri čemu os x prikazuje razrede posljedica, a os y razrede vjerojatnosti. Stoga se sve opasne djelatnosti u nekom području mogu rasporediti i prikazati na matrici. Kada smo jednom utvrdili mjerilo ili nekoliko mjerila prihvatljivosti društvenoga rizika, korisnik može, na matrici, uočiti sve djelatnosti koje ne udovoljavaju zahtjevima. Rezultat ove zadatke je sastavljanje popisa djelatnosti čije rizike valja podrobnije raščlaniti, dajući im prednost pred drugim djelatnostima.

Kako bismo utvrdili kategorije učinaka, razrađen je niz pretpostavki kojih korisnik mora biti svjestan:

n Jačina izvora je najveća moguća.

n Kako bi se obavilo osnovno proračunavanje raspršenja toksičnih plinova, odabrana je postojanost vremenskih prilika klase D s brzinom vjetera od 5 m/s. Valja naglasiti kako ovo nije najlošija situacija već samo pretpostavka načinjena s obzirom na prosječne vremenske uvjete kako bi bila moguća usporedba između toksičnih, zapaljivih i eksplozivnih tvari.

n Mjerilo nastradalih u požarima:

100 % smrtnost izloženih osoba unutar vatrom zahvaćenoga područja. Ovaj priručnik ne uzima u obzir toplinsko strujanje. Toplinsko strujanje od 5-10 kW/m<sup>2</sup> na 30 sekundi može prouzročiti teške ozljede; ipak, većina ozljeda ne bi bila smrtonosna (1%).

n Mjerilo nastradalih u eksplozijama:

Za eksploziju oblaka pare, 100% smrtnost među osobama zahvaćenim gorućim oblakom; pretpostavka paljenja s ničom granicom zapaljivosti (tj. do zapaljenja dolazi pri koncentraciji pare od  $\geq$ NGZ). Prekomjerni tlak se ne uzima u obzir. Prekomjerni tlak (sagorijevanje nezatvorenoga oblaka pare max. 0,3 bar) može izazvati teške ozljede zbog mehaničkih oštećenja, iako je postotak smrtnih slučajeva razmjerno nizak. Za eksplozivne tvari, 100% smrtnost u neposrednoj blizini središta detonacije, što znači visoki prekomjerni tlak veći od 1 bara i visoku gustoću letućih djelića.

n Mjerilo nastradalih od toksičnih oblaka:

100% smrtnost među osobama izloženim dulje od 30 minuta koncentraciji od  $\geq$ LC<sub>50</sub> za ljude. Iako je ovo preuveličana procjena unutar određenog pogođenog područja, to je i preniska procjena za područje izvan granica pogođenoga, gdje je moguća postojanje ničih, ali još uvijek smrtonosnih koncentracija.

Tablica I. prikazuje najvažnije zadatke i odgovarajuća poglavlja priručnika.

Slijedi sa•etak proceduralnih koraka.

n Razvrstavanje vrsta djelatnosti i popisa

Kada smo jednom utvrdili granice i glavne opæenite znaèajke podruèja, valja prikupiti opæe informacije za sva opasna nepokretna postrojenja i sve puteve i naèine prometa opasnih tvari (dalje u tekstu: opasne djelatnosti). Izmeðu ovih djelatnosti valja odabrati samo one koje predstavljaju rizik za javnost i o njima treba prikupiti podrobnije informacije. Nakon toga obraðene opasne tvari treba popisati i rasporediti u razrede.

n Procjena vanjskih posljedica velikih nesreæa za ljude

Metoda se temelji na procjeni posljedica (tj. broju izvanjskih smrtnih sluèajeva) koje mogu biti izazvane i velikim nesreæama za svaku od aktivnosti koje se rašèlanjuju umnoškom pogoðenoga podruèja i gustoæe naseljenosti unutar podruèja i primjenom niza korektivnih èimbenika. Ovi èimbenici odra•avaju: udaljenost od najbli•eg naseljenog podruèja; rasprostranjenost stanovništva u tom podruèju; i moguæe ubla•avajuæe radnje.

TABLICA I. PREGLED NAJVA•NIJIH ZADAÆA RAZVRSTAVANJA RIZIKA I RASPOREDA ODREĐENJA PRIORITETA

Zadaæe	Poglavlje u priručniku
Razvrstavanje vrsta djelatnosti i popisa	3
Procjena posljedica	4
Procjena vjerojatnosti:	
Nepokretna postrojenja	5
Promet	6
Procjena društvenoga rizika	7
Utvrđivanje prioriteta meðu rizicima	8

n Procjena vjerojatnosti velikih nesreæa:

*Nepokretna postrojenja*

Metoda se temelji na procjeni uèestalosti velikih nesreæa za svaku promatranu djelatnost, izvođenjem prosjeène (standardne) vrijednosti vjerojatnosti (koja je apsolutna vrijednost logaritma broja pojavljivanja nesreæe u toj ‘standardnoj’ djelatnosti), te ugrađujuæi i nekoliko korekcijskih parametara za broj

vjerojatnosti. Ovi parametri odnose se na: uèestalost radnji utovara/istovara; sigurnosne sustave povezane sa zapaljivim tvarima; organizaciju i sigurnost; i vjerojatnost smjera puhanja vjetra prema naseljenim podruèjima u pogoðenom pojasu.

### *Promet opasnih materijala*

Metoda se temelji na odabiru prosjeène (standardne) vrijednosti vjerojatnosti za svaku opasnu tvar (ili skupinu tvari) utvrðenu za svaki promatrani dio ceste/eljeznièke pruge/vodenoga toka/cjevovoda, te primjeni nekih korekcijskih parametara na predmetnu standardnu vrijednost vjerojatnosti. Ovi parametri odra•avaju: sigurnosne uvjete prometnoga sustava; gustoæu prometa; i vjerojatnost smjera puhanja vjetra prema naseljenim podruèjima u pogoðenom pojasu.

#### n Procjena društvenoga rizika

Svaka djelatnost razvrstava se prema ljestvici razreda posljedica i ljestvici razreda vjerojatnosti. Sve razvrstane opasne djelatnosti u podruèju tako se prikupljaju i prikazuju na jednoj matrici vjerojatnosti nasuprot posljedici.

#### n Utvrðivanje prioriteta meðu rizicima

Mjerilo (ili mjerila) prihvatljivosti društvenoga rizika moraju se odrediti prije obavljanja zadaæe. Oni se mogu prikazati na matrici tako da sve djelatnosti koje ne udovoljavaju zahtjevima mogu biti lako uoèene. Djelatnosti koje ne udovoljavaju mjerilu (mjerilima) izdvajaju se za daljnju detaljnu analizu i imaju prvenstvo pred onim djelatnostima koje udovoljavaju mjerilu (mjerilima).

## **3. RAZVRSTAVANJE VRSTA DJELATNOSTI I POPISA**

Priruènik korisniku iznosi metode prepoznavanja i kategorizacije, pomoæu tablica, opasnih djelatnosti i opasnih tvari. Prilog I. daje popis opasnih tvari. U èitavom dokumentu tvari se navode po svojoj oznaci.

### **PROCEDURALNI KORACI**

#### n Odredite granice podruèja; opišite podruèje. Nu•no je imati karte u razlièitim mjerilima.

Odabrano je podruèje, na primjer, podruèje kojim upravlja jedno (lokalno) tijelo dr•avne vlasti ili podruèje u kojem se nalaze va•ne industrijske djelatnosti i/ili va•na stambena podruèja. Obièno to biva podruèje velièine od 10-200 km<sup>2</sup>.

Takoðer je moguæe koristiti ovaj priruènik za utvrðivanje prioriteta meðu specifiènim industrijskim djelatnostima neke zemlje (npr. ran•irni kolodvori, u tom sluèaju su korisniku potrebne samo one informacije i tablice u priruèniku koje se odnose na ran•irne kolodvore. Isto se mo•e odnositi i na amonijski lanac, npr. proces njegove proizvodnje, skladištenja i prometa, u tom sluèaju treba se koristiti informacijama i tablicama koje se odnose na amonijak i na specifiènu djelatnost, ovisno o ciljevima korisnika).

#### n Prikupite informacije o svim opasnim djelatnostima u odreðenom podruèju. Podijeliti ih na nepokretna postrojenja i na promet: naziv, smještaj, vrsta, proizvodnja, uvjeti skladištenja; naziv, fizièko stanje i kolièina opasnih tvari. Mo•e se koristiti popis pregleda prikazan u tablici II.

Utvrdjivanje opasnih tvari korištenih u procesu uključuje procjenu mogućega stvaranja nusproizvoda opasnih tvari putem kemijskih reakcija ili fizičkih procesa.

- n Razvrstajte djelatnosti po različitim vrstama uz pomoć preglednih popisa iz tablice II.
- n Iz rasporeda razvrstavanja isključite opasne djelatnosti koje ne predstavljaju izravnu štetu za ljude zbog udaljenosti od naseljenih područja; mjerilo odabira za nepokretna postrojenja kao i za promet prikazano je u tablici III(a).
- n Iz studije isključite puteve s neučestalim prometom opasnih tvari - mjerilo gustoće prometa prikazano je u tablici III(b).
- n U slučaju kopnenih vodenih puteva, zanemarite promet topivih tekućina (tlak pare <1 bar na 20°C) i promet tvari specifične mase veće od 1 kg/dm<sup>3</sup> (gustoće veće od gustoće vode). Imajte na umu proizvode koji mogu izazvati specifične kemijske reakcije s vodom, u tom slučaju valja procijeniti količinu opasnog proizvoda koji nastaje tom reakcijom.
- n Odabrane ceste/eljezničke pruge/vodene tokove/cjevovode valja razdijeliti na dionice od po 1 km (iznosi vjerojatnosti navedeni u priručniku temelje se na jednokilometarskim dionicama). Dionice koje ne udovoljavaju kriteriju udaljenosti od naseljenoga područja iz tablice III(a) mogu se zanemariti. Unutar svake dionice treba odabrati mjesto najbliže naseljenim područjima. U slučaju eljezničkoga prometa, osobitu pozornost treba posvetiti ranjivim kolodvorima.
- n Razmotrite popis opasnih tvari i raspored objekta. Oprezno procijenite najveću moguću količinu koja bi realno mogla biti uključena u nesreću.

Ako su u objektu na zadovoljavajuć način fizički razdvojene posude za skladištenje opasnih tvari, količina koju treba razmotriti pri procjeni jest sadržaj najvećega spremnika (drugi spremnici ne sudjeluju kako bi se naglasio izvor). Fizička razdvojenost znači dostatni razmak između posuda za skladištenje. Zadovoljavajuća razdvojenost znači postojanje zasebnih jama za spremnike ili postojanje automatskih sigurnosnih ventila na cjevovodima koji spajaju posude. Otvoreni spojevi među posudama ili spojevi s ručnim ventilima ne mogu se smatrati dobrom fizičkom/djelotvornom razdvojenošću.

P

n



TABLICA II. PREGLEDNI POPIS

	Djelatnost	Najvažnije tvari	Oznake (tablica IV.)
<b>Skladište goriva</b>	Prijamna postaja	Benzin	6
	Benzinska postaja	Benzin i ukapljeni naftni plin (UNP)	7
	Međuskladište	Benzin	6
		UNP	7, 9
	Glavno skladište	Ulja	1, 3
		Benzin	4, 6
		UNP	7,9, 10,11
		Prirodni plin	10,11
	Skladište plinskih cilindara	Razni plinovi	13
	<b>Obrada i skladištenje goriva</b>	Rafinerija	UNP, propan
Proces alkilacije		Fluorovodik	31
Kreking		Butilen	7, 9
		Etilen	12
		Etilen-oksidi	30
		Propilen	7, 9
	Vinil-klorid	7, 9	
<b>Prijevoz goriva</b>	Cjevovod	UNP, propan	8
		Prirodni plin	12
		Benzin	5
		Ulje	2
		Voda (kopneni vodotok)	UNP (pod tlakom)
		UNP (pothlađen)	11
		Benzin	6
	•eljeznica/cesta	Ulje	3
		UNP	7
		Benzin	6
Ulja		4	
<b>Postrojenje za dopunsko hlađenje</b>	Klaonica, mljekara, pivovara, industrija margarina, sladoleda, čokolade, skladištenje mesa, ribe, voća, cvijeća, klizalište	Amonijak	31
<b>Hrana i stimulansi</b>	Industrija šećera	Sumporov dioksid	31
	Industrija brašna	Metil-bromid	32
	Dobivanje ulja/masti	Heksan	1, 3
	Tvornica kvasca, destilacija alkohola	Zapaljive tekućine	4, 6
	Industrija kakaoa	Heksan	1, 3
<b>Posebni temeljni proizvodi</b>	Industrija kože	Akroleinske kiseline	18,21
	Industrija drveta	Formaldehid	32
	Industrija papira	Etilen-oksidi	30
		Epiklorohidrin	16,17
		Industrija gume	Stiren
		Akilonitril	18,21
	Pomoćne tekstilne djelatnosti	Etilen-oksidi	30
		Formaldehid	32
		Alkil-fenoli	

	Djelatnost	Najvažnije tvari	Oznake (tablica IV.)
<b>Metalurške, elektronske industrije</b>	Visoke peći	Ugljikov monoksid	31
	Površinska obrada	Amonijak Arsin	31 34
<b>Posebne kemikalije</b>	Umjetna gnojiva	Amonijak	31,36
	Sumporna kiselina Sintetičke gume	Proizvodi sagorijevanja	43
		Sumporovi oksidi	45
		Etilen-oksidi	30
		Klor	32
		Akrilonitril	18,21
	Plastika/sintetika	Fozgen	33
		Formaldehid	32
		Vinil-klorid	7, 9
		Akrilonitril	18,21
		Klor	32
	Boje/pigmenti	Proizvodi izgaranja	46
		Fosfen	33
		Otapala	4, 6
	Klor-fluorugljikovodici (freoni)	Proizvodi izgaranja	46
		Klorovodik	40,42
		Klor	32
		Fluorovodik	31
		Klor	32, 37
	Klor Vinil-klorid	Klor	32
		Vinil-klorid	7, 9
Klorovodik		40,42	
Amonijak		31,36	
Klorovodik		40,42	
<b>Pesticidi</b>	Vlakna	Klor	32
		Ugljikov disulfid	18
	Lijekovi/farmaceutski proizvodi	Vodikov sulfid	32
		Klor	32
		Otapala	4, 6
	Polimerizacija	Butilen	7, 9
		Etilen	12
		Propan	7, 9
		Vinil-acetat	1, 3
	Umjetna vlakna	Metanol	1, 3
Klorova lužina	Klor	32	
	Vodik	12	
<b>Pesticidi</b>	Proizvodnja sirovina	Fozgen	33
		Izocijanati	26,29
		Klor	32
	Proizvodnja (namješavanje) i skladištenje	Proizvodi izgaranja	43
		Proizvodi izgaranja	43
Prodaja na malo i skladištenje	Proizvodi izgaranja Metil-bromid	43 32	

Djelatnost		Najvažnije tvari	Oznake (tablica IV.)
<b>Eksplozivi</b>	Proizvodnja i skladištenje	Razno	14
	Skladišta streljiva	Razno	14,15
<b>Javni prostori i usluge</b>	Vodovod	Klor	32
	Skladišta pesticida	Proizvodi izgaranja	43
<b>Lučki objekti</b>	Spremnici	Razno	a
	Rezervoari (skladišni objekti)	Razno	a
<b>Prijevoz</b>	Cjevovodi	Klor	41
		Amonijak	40
		Etilen-oksid	40
		Klorovodik	41,42
		Zapaljivi plinovi <sup>b</sup> : 23, 236, 239	7
		Zapaljive tekućine <sup>b</sup> : 33, 336, 338, 339, 333, x338, x323, x423, 446, 539	6
	Cesta i željeznica (i rani kolodvori)	Visoko toksični plinovi <sup>b</sup> : 26, 265, 266	32
		Srednje toksični plinovi <sup>b</sup> : 236, 268, 286	31
		Toksične tekućine <sup>b</sup> : 336, 66, 663	19
		Eksplozivi <sup>b</sup> : 1.1., 1.5.	14
		Zapaljivi plinovi <sup>b</sup> : 23, 236, 239	9 <sup>c</sup> , 11 <sup>d</sup>
		Zapaljive tekućine <sup>b</sup> : 33, 336, 338, 339, 333, x338, x323, x423, 446, 539	6
Voda	Visoko toksični plinovi <sup>b</sup> : 26, 265, 266	32 <sup>c</sup> , 37 <sup>d</sup>	
	Srednje toksični plinovi <sup>b</sup> : 236, 268, 286	31 <sup>c</sup> , 36 <sup>d</sup>	
	Toksične tekućine <sup>b,e</sup> : 336, 66, 663	20	

<sup>a</sup> Vidi Prilog I. radi specifičnih oznaka.

<sup>b</sup> Međunarodni razredbeni prometni kodovi (također u tablici IV.).

<sup>c</sup> Pod tlakom.

<sup>d</sup> Rashlađeni.

<sup>e</sup> Netopivo; specifična težina  $\leq 1 \text{ kg/dm}^3$ .

TABLICA III(a). MJERILA ODABIRA INDUSTRIJSKIH DJELATNOSTI ZA UKLJUÈENJE U STUDIJU

(a) Mjerilo udaljenosti od naseljenih područja (poèetak naselja)

Industrijska djelatnost		Udaljenost od naseljenih područja (m)
Nepokretna postrojenja	zapaljive tvari i/ili eksplozivi	< 1000
	posebno: - benzinska postaja - postaja s UNP - cjevovod sa zapaljivim tekuæinama - skladište cilindara (25-100 kg)	< 50 < 100 < 50 < 100
	toksiène tvari	
	posebno: - postrojenje za hlaðenje - skladište pesticida za maloprodaju	< 10 000 < 100 < 50
Promet	UNP: cestom/•eljeznicom vodom	< 200 < 500
	benzin: cestom/•eljeznicom vodom	< 50 < 200
	ulje: cestom/•eljeznicom vodom	< 25 < 100
	toksiène tvari: cestom/•eljeznicom vodom	< 3000 < 3000

<sup>a</sup> Vrijednosti se odnose na najveæe moguæe kolièine (i najveæu toksiènost za toksiène tvari) koje postoje u uobiæajenoj praksi u industriji.

TABLICA III(b). MJERILA ODABIRA INDUSTRIJSKIH DJELATNOSTI ZA  
UKLJUÈENJE U STUDIJU

(b) Mjerilo gustoæe prometa

Industrijska djelatnost		Gustoæa prometa (broj jedinica/s)	
Promet	plin:	cestom	> 50
		•eljeznicom	> 500
		ran•irni kolodvor	> 50
		vodom	> 500
	tekuæine:	cestom	> 50
		•eljeznicom	> 5000
		ran•irni kolodvor	> 50
		vodom	> 50
	eksplozivi:	cestom	> 20
		•eljeznicom	> 200
		ran•irni kolodvor	> 20
		vodom	> 20

#### 4. PROCJENA POSLJEDICA VELIKIH NESREĆA ZA LJUDE

Kada je jednom prikupljen dovoljan broj informacija o opasnim djelatnostima u određenom području i kada se one strukturiraju na način opisan u poglavlju 3., za svaku se od djelatnosti mogu izračunati izvanjske posljedice.

Što se tiče ovoga priručnika, izvanjske posljedice nesreće znače broj smrtnih slučajeva među ljudima koji žive ili rade u području koje okružuje objekt u kojem se odvija opasna djelatnost; ili, cesta/eljeznička pruga/vodeni tok/cjevovod kojim se prenose/prevoze opasne tvari.

Izvanjske posljedice ( $C_{d,t}$ , broj smrtnih slučajeva/nesreća) nesreće koju izaziva tvar ( $Q$ ) po svakoj utvrđenoj djelatnosti ( $d$ ), mogu se izračunati pomoću jednadžbe (1):

Za nepokretna postrojenja: svi ljudi koji žive ili rade izvan mjesta događaja moraju biti uzeti u obzir s jednom iznimkom.

Za prometne puteve: kao i kod nepokretnih postrojenja, korisnik mora odlučiti želi li uzimati u obzir i ljude koji putuju cestom. Kada se u izračun uključuju npr. motoristi, imajte na umu i prometna zakrčenja koja su rezultat same nesreće.

$$C_{d,t} = P \cdot \delta \cdot f_p \cdot f_u \quad (1)$$

gdje je:

$P$  = pogođeno područje (hektari;  $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$ );

$\delta$  = gustoća naseljenosti u naseljenim područjima unutar pogođenoga pojasa (osoba/ha);

$f_p$  = korekcijski koeficijent područja za rasprostranjenost stanovništva u pogođenom području;

$f_u$  = korekcijski koeficijent ublažavajućih učinaka.

## PROCEDURALNI KORACI

- n Odaberite jednu djelatnost.
- n Ako više od jedne tvari u istoj djelatnosti mogu izazvati štetu neovisno o drugim tvarima, raščlanite ih odvojeno. Ako skupina tvari može djelovati zajedno, razmatrajte ju kao jednu (ekvivalentnu) tvar. Ako je zapaljiva tvar ujedno i toksična, treba u obzir uzeti oba njezina učinka. Slijedeći ove postupke, razjasnite se jesu li značajke zapaljivosti važne ili nisu važne u usporedbi sa značajkama toksičnosti.
- n Razvrstajte djelatnost pomoću tablica IV(a) i IV(b) (potonja se odnosi na tvari koje prolaze cjevovodima).

Tvari se ponovno dijele prema:

- vrsti moguće štete (zapaljivost, eksplozivnost i toksičnost);
- općim fizičkim i kemijskim značajkama; i
- vrsti djelatnosti.

Tvari se zatim mogu razvrstati prema količini koja sudjeluje u nesreći (tablica IV(b)).

Određenje kategorija (ili razreda) učinaka prikazano je u tablici V. Kategorizacija se obavlja pomoću dviju kategorija učinaka: najveća udaljenost učinaka (u metrima) i pogođeno područje (hektari).

Slike 2. i 3. ilustriraju postupak u dva značajna slučaja:

Slika 2. prikazuje primjer kružnog pogođenog područja (kategorija I. područja učinaka - tipično za eksplozije);

Slika 3. prikazuje primjer pogođenoga područja jednako kružnom sektoru (kategorija III. područja učinaka - tipično za oslobađanje toksičnih tvari, vidi tablice IV. i V.).

- n Zabilježite najveću udaljenost učinaka (vezano uz slova A-H) i pogođeno područje (vezano uz rimske brojeve I-III i slova A-H) iz tablice V.
- n Procijenite rasprostranjenost stanovništva unutar kružnoga područja čiji je promjer najveća udaljenost učinaka. Procijenite gustoću naseljenosti u najvažnijem dijelu (dijelovima).
- n Ako vrijednost nije poznata ili ako nema dovoljno vremena/ljudi, gustoća naseljenosti u naseljenim područjima može se procijeniti pomoću tablice VI., temeljem generičkoga opisa područja.

TABLICA IV(a). RAZVRSTAVANJE TVARI PREMA KATEGORIJAMA UËINKA

Oznaka	Vrsta tvari	Opis tvari	Djelatnost
1 2 <sup>a</sup> 3 4 5 <sup>a</sup> 6	Zapaljiva tekuæina	Tlak pare < 0,3 bara na 20 °C  Tlak pare ≥ 0,3 bara na 20 °C	Skladište s jamom za spremnik Cjevovod Drugo Skladište s jamom za spremnik Cjevovod Drugo
7 8 <sup>a</sup> 9 10 11 12 <sup>a</sup> 13	Zapaljivi plin	Ukapljen pomoæu tlaka  Ukapljen hlaðenjem  Pod tlakom	•eljeznica, cesta, nadzemno skladište Cjevovod Drugo Skladište s jamom za spremnik Drugo Cjevovod Skladište cilindara (25-100 kg)
14 15	Eksploziv	U rasutom stanju (izaziva jednu eksploziju) U paketima (npr. èahure)	
16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	Toksiæna tekuæina	Niska toksiænost  Srednja toksiænost  Visoka toksiænost  Vrlo visoka toksiænost	Skladište s jamom za spremnik Drugo Skladište s jamom za spremnik Cesta/•eljeznica Voda Drugo Skladište s jamom za spremnik Cesta/•eljeznica Voda Drugo Skladište s jamom za spremnik Cesta/•eljeznica Voda Drugo
30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 <sup>a</sup> 41 <sup>a</sup> 42 <sup>a</sup> 43 44 45 46	Toksiæni plin	Ukapljen pomoæu tlaka: niska toksiænost srednja toksiænost visoka toksiænost vrlo vis. toksiænost krajnja toksiænost Ukapljen hlaðenjem: niska toksiænost srednja toksiænost visoka toksiænost vrlo vis. toksiænost krajnja toksiænost U cjevovodima: srednja toksiænost visoka toksiænost Pod tlakom: >25 bar: visoka toksiænost Proizvodi toksiænog sagorijevanja	pesticida umjetnih gnojiva (dušikovih) sumporne kiseline plastike (s klorom)

<sup>a</sup> Kategorije za cjevovode navedene su u tablici IV(b).



TABLICA IV(a). (nastavak)

Ozna- ka	Količina (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
1	—	—	—	—	—	AI	BI	BI	CI
2 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	AI	BI	CI	DII	X	X
4	—	—	—	—	—	BI	CII	CII	DII
5 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	BII	CII	DII	EII	X	X
7	—	AI	BI	CI	DI	EI	X	X	X
8 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	BII	CIII	CIII	DIII	EIII	X	X	X
10	—	—	—	—	—	BI	CII	CII	DII
11	—	—	—	BII	CII	DII	EII	X	X
12 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	CIII	CII	CI	CI	X	X	X
14	AI	BI	BI	CI	CI	DI	X	X	X
15	BIII	BIII	CIII	CI	CI	DI	X	X	X
16	—	—	—	—	—	AII	AII	BII	CIII
17	—	—	—	AIII	AII	BII	CII	CII	CII
18	—	—	—	AIII	BIII	DIII	EIII	FIII	FIII
19	—	AII	CIII	DIII	X	X	X	X	X
20	—	BII	DIII	EIII	FIII	GIII	X	X	X
21	—	BII	CIII	DIII	EIII	FIII	FIII	X	X
22	—	—	AII	BIII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII
23	BII	CII	DIII	EIII	X	X	X	X	X
24	CII	DII	EIII	FIII	GIII	HIII	X	X	X
25	BII	CII	DIII	EIII	FIII	GIII	GIII	X	X
26	AII	BII	CIII	EIII	FIII	GIII	GIII	HIII	HIII
27	CII	DIII	EIII	FIII	X	X	X	X	X
28	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X
29	CIII	DIII	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X
30	—	—	AII	AI	BII	BI	CIII	CII	X
31	—	—	BII	CII	DIII	EIII	FIII	FIII	X
32	CII	DIII	EIII	EIII	FIII	FIII	GIII	X	X
33	DIII	EIII	FIII	GIII	GIII	GIII	X	X	X
34	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
35	—	—	—	AII	AII	BII	BII	BII	CII
36	—	AII	BII	CII	DIII	DIII	DIII	EIII	FIII
37	BII	CII	DIII	EIII	EIII	EIII	FIII	GIII	X
38	DIII	EIII	FIII	FIII	GIII	GIII	X	X	X
39	EIII	FIII	GIII	HIII	HIII	X	X	X	X
40 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42 <sup>a</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43	—	—	—	BII	DIII	EIII	EIII	X	X
44	—	AII	AII	CIII	EIII	FIII	FIII	X	X
45	—	—	BII	AII	CIII	DIII	DIII	X	X
46	—	—	—	AII	CIII	DIII	DIII	X	X

Simboli: X znači kako spoj te tvari i te količine u praksi ne postoji; — označava zanemarive učinke.

TABLICA IV(b). RAZVRSTAVANJE PREMA KATEGORIJAMA UÈINKA TVARI KOJE PUTUJU PODZEMNIM CJEVOVODIMA IZVAN POSTROJENJA

Oznaka	Vrsta tvari	Opis tvari	Promjer <sup>a</sup> (m)	Kategorija
2	Zapaljiva tekuæina	Tlak pare < 0,3 bara na 20 °C	> 0,2	AI
5		Tlak pare ≥ 0,3 bara na 20 °C	0,2-0,4 > 0,4	AI BII
8	Zapaljivi plin	Ukapljen pomoæu tlaka	< 0,1 0,1-0,2 > 0,2	CI DI EI
12		Pod tlakom	0,2-1 > 1	AI BI
40	Toksièni plin	Srednja toksiènost	< 0,1 0,1-0,2	EIII FIII
41		Visoka toksiènost	< 0,1 0,1-0,2	FIII GIII
42		Tlak > 25 bar, visoka toksiènost	< 0,02 0,02-0,04 0,04-0,1	DIII EIII FIII

<sup>a</sup> Promjer najveæe cijevi.

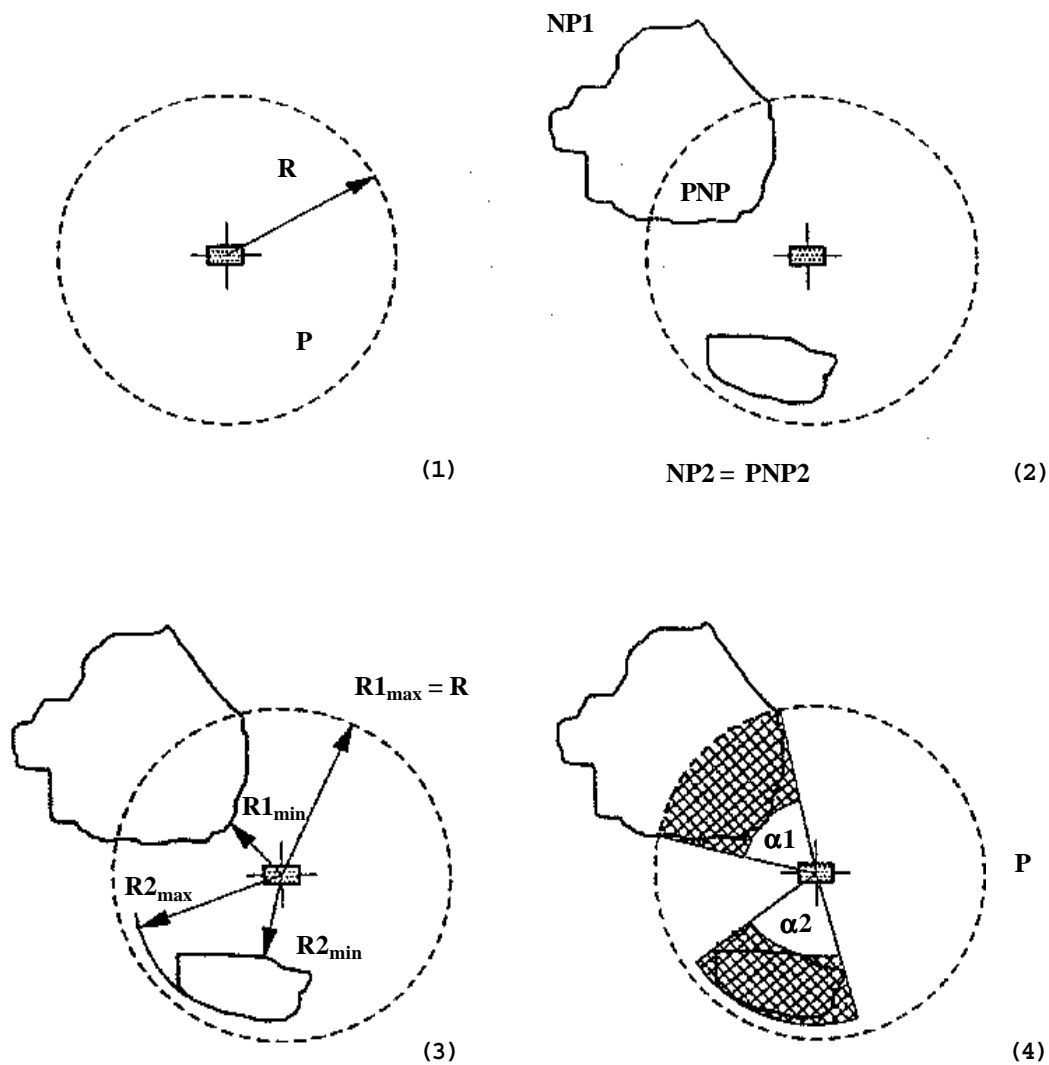
Kao primjer, slike 2. i 3. prikazuju dva naseljena podruèja unutar kruga èiji je polumjer najveæa udaljenost uèinka (R). Ako je pogoðeno podruèje kru•nog oblika (slika 2. kategorija I. podruèja), sva naseljena podruèja unutar kruga èiji je polumjer jednak najveæoj udaljenosti uèinka moraju biti ukljuèeni u procjenu. Posljedica nesreæe tada je ukupni broj smrtnih sluæajeva u svim obuhvaæenim podruèjima. Ako je pogoðeno podruèje sektor kruga (tj. kategorije II. i III. podruèja uèinka - primjer kategorije III. je na slici 3.), korisnik mora odabrati sektor koji najviše uveæava izraèunate posljedice  $C_{d,t}$ .

n Procijenite korekcijski èimbenik podruèja  $f_p$ .

Ovaj èimbenik oznaèuje naseljeni udio u podruèju uèinka P (tj. omjer naseljenog pogoðenog podruèja i podruèja uèinka). Primjeri su prikazani na slikama 2. i 3.

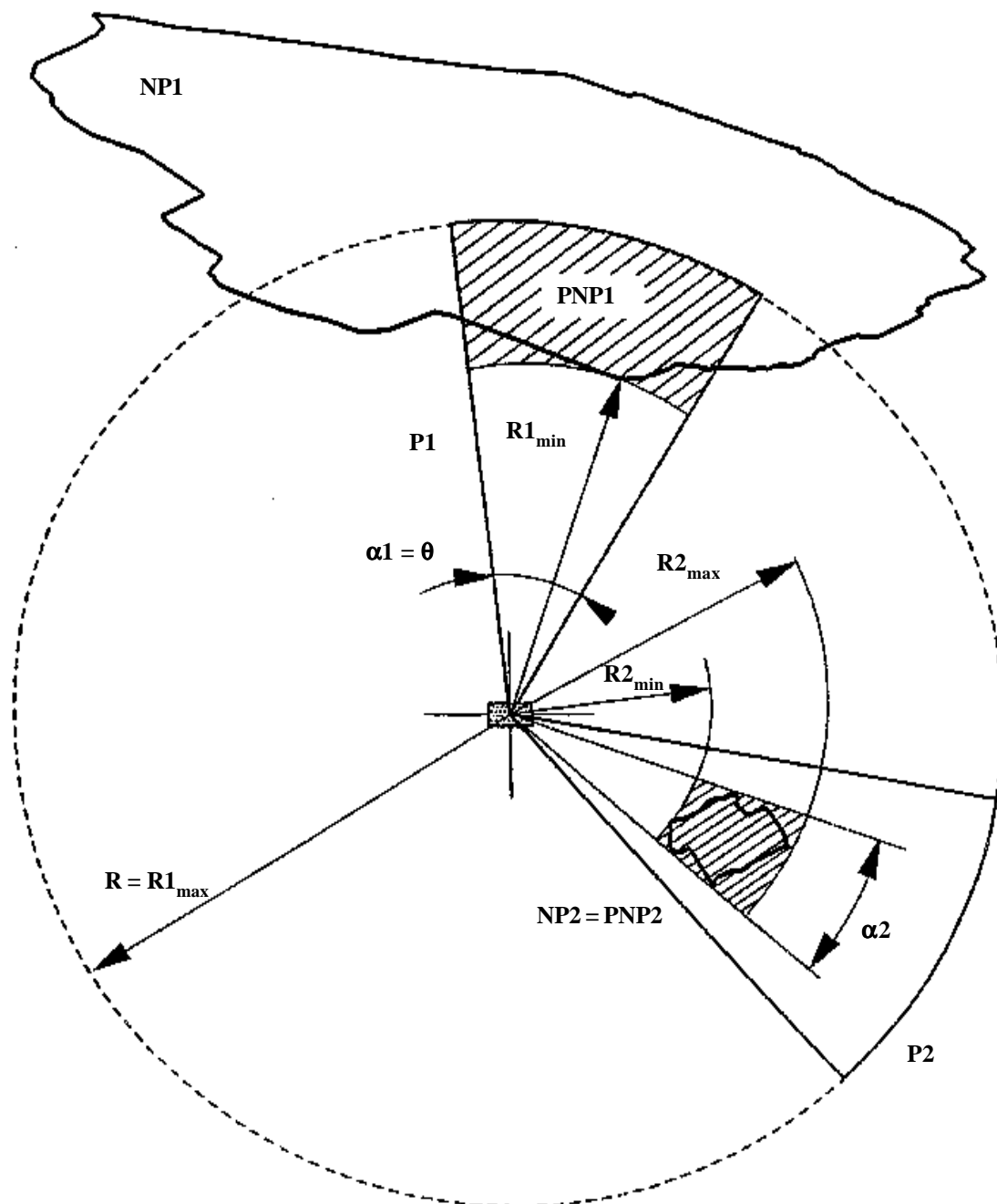
Toèno procjenjivanje udjela mo•e biti te•ak ili dugotrajan proces ako nije raspolo•iva najnovija karta podruèja ili ako su obrisi naseljenoga podruèja slo•eni.

Naèin rješavanja toga problema je izraèunavanje pribli•noga podruèja naseljenih pojaseva te njegovom podjelom pomoæu pogoðenoga podruèja P. Pribli•ni prikaz podruèja mo•e biti najmanji djeliæ sektora ili krug koji ukljuèuje naseljeno podruèje. Izraèun ima tri koraka. Za svako naseljeno podruèje:



Koraci	Opis
(1)	Procjena pogođenoga područja P i najveća udaljenost uèinka R ( <b>tablica V.</b> ).
(2)	Utvrđivanje naseljenih područja (NP) i pogođenih naseljenih područja (PNP); procjena gustoæe naseljenosti $\delta$ ( <b>tablica VI.</b> ).
(3)	Procjena najmanje i najveæe udaljenosti ( $R_{\min}$ i $R_{\max}$ ) naseljenih područja od opasne djelatnosti.
(4)	Procjena omjera ukupnih PNP (ili približno, zbiru ucrtanih područja) i P (ili procjene $f_p$ iz <b>tablice VII.</b> ).

SLIKA 2. Ilustracija procjene posljedica za kategoriju I. područja uèinka.



Simboli	Opis
<b>R</b>	Najveća udaljenost učinka ( <b>tablica V.</b> )
<b>P</b>	Pogođeno područje ( <b>tablica V.</b> )
<b>NP</b>	Naseljeno područje.
<b>PNP</b>	Pogođeno naseljeno područje (gustoća naseljenosti $\delta$ iz <b>tablice VI.</b> )
<b><math>R_{min}</math></b>	Najmanja udaljenost naseljenoga područja od opasne djelatnosti.
<b><math>R_{max}</math></b>	Najveća udaljenost ( $\leq R$ ) naseljenoga područja od opasne djelatnosti.
$\Theta$	Kut pogođenoga sektora.
$\alpha$	Kut sektora uključujući pogođeno naseljeno područje.

SLIKA 3. Ilustracija procjene posljedica za kategoriju III. područja učinka. Mora se odabrati sektor koji rezultira najvećim brojem izračunatih •rtava.

TABLICA V. KATEGORIJE UÈINKA: NAJVEÆA UDALJENOST I PODRUÈJE UÈINKA

Kategorija udaljenosti uèinka (m)		Kategorija podruèja uèinka (ha) <sup>a</sup>		
		I.	II.	III.
A	0-25	0,2	0,1	0,02
B	25-50	0,8	0,4	0,1
C	50-100	3	1,5	0,3
D	100-200	12	6	1
E	200-500	80	40	8
F	500-1000	—	—	30
G	1000-3000	—	—	300
H	3000-10 000	—	—	1000

<sup>a</sup> 1 ha = 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>.

Napomena:

Velika slova A-H oznaèuju kategorije udaljenosti uèinka u rastuæem redoslijedu; rimski brojevi I-III oznaèuju kategorije podruèja uèinka u padajuæem redoslijedu. Svaka kategorija udaljenosti uèinka odreðuje se nizom vrijednosti za odgovarajuæe najveæe udaljenosti uèinka, u metrima. Svaka kategorija podruèja uèinka odreðuje se jednom vrijednošæu koja predstavlja procijenjeno pogodeno podruèje, u hektarima.

- Oznaka I. odgovara kru•nom podruèju s najveæom udaljenošæu uèinka kao promjerom (kru•ni uèinak procijenjen u sluèaju detonacije eksploziva);
- Oznaka II. odgovara polukru•nom podruèju (tipièni teški zapaljivi plinski oblak koji mo•e imati odgoðeno paljenje i/ili oblak izazvan isparavanjem velikog bazena);
- Oznaka III. odgovara otprilike 1/10 velièine kruga (izduljeni oblak izazvan raspršenjem). Kategorija udaljenosti mo•e se uoèiti u spoju sa svakom kategorijom podruèja. Iznimka F, G i H, koji se spajaju samo podruèjem kategorije III., mo•e se objasniti èinjenicom da su te udaljenosti povezane s raspršivanjem velikih kolièina toksiènih plinova u obliku izduljenih oblaka (vidi sliku 4.).
- izraèunajte udio  $f_p$  (1) podruèja prstena koji ukljuèuje naseljeni pojas (unutar najveæe udaljenosti uèinka R) u podruèju kruga èiji polumjer iznosi najveæu udaljenost uèinka:

$$f_p = \frac{R_{\max}^2 - R_{\min}^2}{R^2}$$

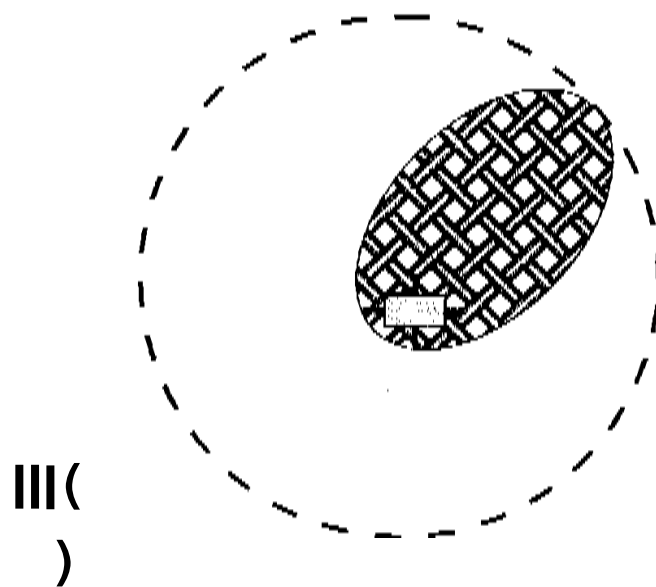
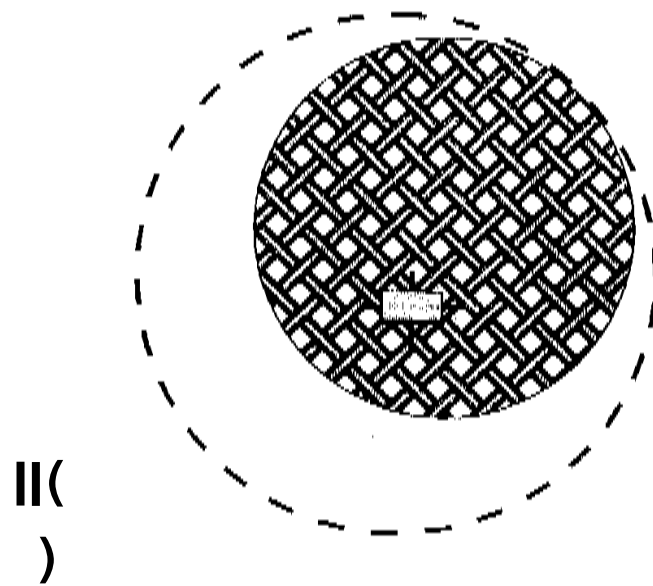
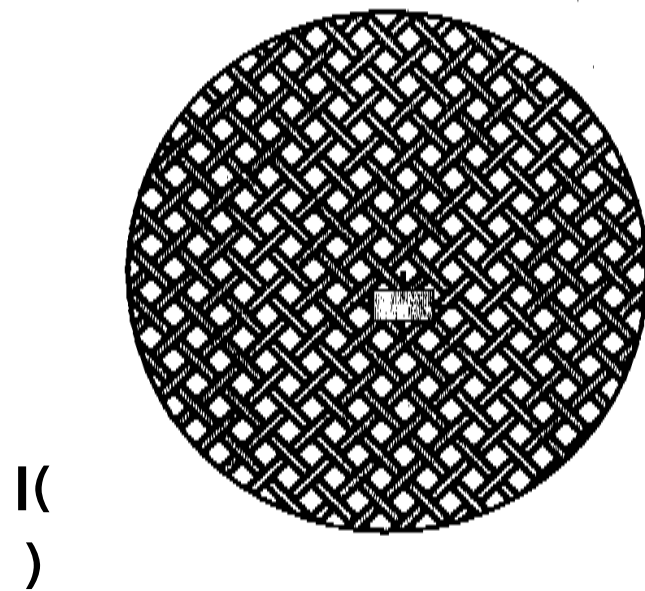
gdje je  $R_{\max}$  ( $\leq R$ ) vanjski polumjer (tj. najveæa udaljenost naseljenoga pojasa od opasne djelatnosti), a  $R_{\min}$  unutarnji polumjer (tj. najmanja udaljenost naseljenoga podruèja od opasne djelatnosti);

- izraèunajte udio  $f_\alpha$  ( $\leq 1$ ) kuta, a koji ukljuèuje naseljeno podruèje u  $\Theta$  kutu pogoðenoga sektora ( $\Theta = 360^\circ$  za kategoriju I. podruèja;  $\Theta = 180^\circ$  za kategoriju II. podruèja;  $\Theta \approx 36^\circ$  za kategoriju III. podruèja);

$$f_\alpha = \alpha/\Theta$$

- èimbenik podruèja,  $f_p$ , proizvod je sljedeæih podèimbenika:

$$f_p = f_p \cdot f_\alpha$$



SLIKA 2. Ilustracija kategorija područja uèinka.

TABLICA VI. GUSTOĆEA NASELJENOSTI

Opis područja	Gustoća (osoba/ha)
Seosko gospodarstvo, raspršene kuće	5
Pojedinačne nastambe	10
Selo, mirno stambeno područje	20
Stambeno područje	40
Aktivno stambeno područje	80
Gradsko područje, trgovačka središta, središte grada	160

TABLICA VII. KOREKCIJSKI ĆIMBENIK  $f_p$  ZA RASPORED GLAVNIH NASELJENIH PODRUĀJA UNUTAR KRUGA ĀIJI JE POLUMJER NAJVEĆEA UDALJENOST UĀINKA

Kategorija područja ućinka	Naseljeni udio (%) u krućnom području				
	100%	50%	20%	10%	5%
I.	1	0,5	0,2	0,1	0,05
II.	1	1	0,4	0,2	0,1
III.	1	1	1	1	1

TABLICA VIII. KOREKCIJSKI ĀIMBENIK ( $f_u$ )  
UBLAĆAVANJA

Tvari (oznake)	Ćimbenik
zapaljive (1-12)	1
zapaljive (13)	0,1
eksplozivne (14, 15)	1
toksićne tekućine (16-29, 43-46)	0,05
toksićni plin (30-34, 40-42)	0,1
toksićni plin (35-39)	0,05

Ovi se Āimbenici temelje na sljedećem:

- trebaju li se mjerenja provoditi ovisno o:  
naćinu pojave ućinka, trajanju ućinka (na primjer: vrijeme između nesreće i pojave predvićenoga ućinka);
- imaju li ljudi unutar izloćenoga područja mogućnost zaštiti ili skloniti se.

Èak i ako primjena ove pojednostavljene metode izraèunavanja  $f_p$  nije izvediva, pomoæu tablice VII. moæe se naèiniti gruba procjena èimbenika. Tablica prikazuje  $f_p$  kao funkciju kategorije podruèja i naseljeni dio kruönoga podruèja èiji je polumjer najveæa udaljenost uèinka.

n Procijenite korekcijski èimbenik  $f_u$  (predloene vrijednosti u tablici VIII.)

Ovaj korekcijski èimbenik odgovara moguæim ublaavajuæim radnjama koje bi mogli poduzeti ljudi, poput evakuacije, bijega u zaklon itd. Ove radnje u velikoj mjeri ovise o vrsti nesreæe i stvari o kojoj se radi.

Na primjer, u sluèaju eksplozije moguænosti su ublaavanja ogranièene i stoga nije primjenjiva korekcija ( $f_u=1$ ). Iznimka je predloena vrijednost pohrane cilindara zapaljivoga plina - oznake 13 - za koje je  $f_u=0,1$  zbog èinjenice da oni eksplodiraju u nizu, a ne odjednom kao cjelina.

Predloene niske vrijednosti toksiènih tvari opravdane su za sljedeæe:

- trajanje izloenosti toksiènim tvarima prije nego li doæe do smrtonosnih posljedica;
- vrijeme potrebno za dalekoseono raspršenje;
- upozorenje o neugodnim mirisima, itd.

Izloene osobe tada bi mogle poduzeti djelotvorne zaštitne radnje – pobjeæi, skloniti se, itd.

n Izraèunajte izvanjske posljedice  $C_{d,t}$  pomoæu jednadbe (1).

n Jednadba (1) sluèi se èimbenicima  $P$ ,  $d$  i  $f_p$  u procjeni  $N$ , broja ljudi (unutar i izvan) pogoðenoga podruèja  $P$ .

Posljedice se mogu procijeniti izraèunavanjem broja ljudi u pogoðenom podruèju, kako je opisano u tablici V. U tablici V. podruèjem se smatra podruèje na odreðenoj udaljenosti (najveæa udaljenost jedne od kategorija A-H) i odreðenoga oblika (kruono podruèje I., polukruono podruèje II. i izduljeni oblak III.).

Procjena najjaèih posljedica u sluèaju kategorija II. i III. podruèja moguæa je korištenjem podataka o smjeru vjetra; najveæi broj ljudi unutar pogoðenih podruèja tada se izraèunava u skladu s time.

Uporabom gornje metode mogu se odbaciti koraci: “procjena rasprostranjenosti stanovništva” i “procjena korekcijskoga èimbenika podruèja  $f_p$ ”.

Izvanjske posljedice  $C_{d,t}$  mogu se izraèunati uporabom jednostavne jednadbe  $N \cdot f_u$ .

n Ponovite sve navedene korake za sve nepokretne djelatnosti i prometne puteve.

#### 4.1. PRIMJER

Spremnik benzina je zapremnine 2.000 tona, opremljen sabirnom jamom. Selo moæe biti pogoðeno velikom nesreæom; gustoæa njegova stanovništva je otprilike 20 osoba po hektaru. Najmanja udaljenost izmeðu sela i skladišta je 30 m. Selo se proteæe na udaljenosti veæoj od 100 m od skladišta. Selo pokriva 20% podruèja u promjeru od 100 m od skladišta.



## Procjena

Prilog I.,

tablica II. (nadzorni popis)

i tablica IV(a): Skladište benzina s jamom za spremnik.

tablica IV(a): 2000 t: kategorija uèinka = C II.

tablica V.: Kategorija uèinka C II. odgovara sljedeæem: najveæoj udaljenosti uèinka = 100 m; i pogoðenom podruèju = 1,5 ha

O selu imamo samo najopæenitije podatke; stoga æemo se za potrebe procjene korekcijskih èimbenika posluèiti podacima iz tablica VI. i VII.;

tablica VI.: Gustoæa naseljenosti u selu = 20 osoba/ha.

tablica VII.: Korekcijski èimbenik rasprostranjenosti stanovništva = 0,4 (podruèje uèinka kategorije II.; dio podruèja u kojem su smješteni stambeni objekti èini 20% kru•noga podruèja promjera 100 m).

tablica VIII.: Korekcijski èimbenik ubla•avanja = 1 (zapaljiva tvar, oznaka 4).

Procjena broja ljudskih •rtava:

$$1,5 \text{ ha} \cdot 20 \text{ (osoba/ha)} \cdot 0,4 \cdot 1 = 12 \text{ smrtnih sluèajeva}$$

## 5. PROCJENA VJEROJATNOSTI VELIKIH NESREĆEA NA NEPOKRETNIM POSTROJENJIMA

Kako bismo izračunali učestalost ( $\mathbf{P}_{p,t}$ , broj nesreća godišnje) nesreća s opasnim tvarima ( $\mathbf{P}$ ) na svakom nepokretnom postrojenju ( $\mathbf{P}$ ), koje prouzrokuje posljedice procijenjene u prethodnom poglavlju 4., nužno je izračunati odgovarajući tzv. broj vjerojatnosti ( $N_{p,t}$ ).

$N_{p,t}$  se može izračunati pomoću jednadžbe (2):

$$N_{p,t} = N_{p,t}^* + n_{ui} + n_z + n_o + n_n$$

gdje je:

$N_{p,t}^*$  = prosječni broj vjerojatnosti za postrojenje i tvar

$n_{ui}$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za učestalost radnji utovara/istovara

$n_z$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za sigurnosne sustave povezane sa zapaljivim tvarima

$n_o$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za organizacijsku i upravljačku sigurnost

$n_n$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za smjer vjetra prema naseljenom području.

Unutar prikazane metodologije  $N$  je određen kao 'broj vjerojatnosti'. Ovom se 'broju vjerojatnosti' uvijek pridružuje ekvivalentna vrijednost učestalosti  $P$ . Odnos između  $N$  i  $P$  je sljedeći:

$$N = |\log_{10} \mathbf{P}|$$

TABLICA IX. PROSJEÈNI BROJ VJEROJATNOSTI ( $N_{p,t}^*$ ) ZA NEPOKRETNA POSTROJENJA

Tvari (oznake)		Djelatnost	
		Skladište	Postrojenje za obradu
Zapaljiva tekuæina	(1-3)	8	7
Zapaljiva tekuæina	(4-6)	7	6
Zapaljivi plin	(7)	6	5
Zapaljivi plin	(9)	7	6
Zapaljivi plin	(10, 11)	6	—
Zapaljivi plin	(13)	4	—
Eksploziv	(14, 15)	7	6
Toksièna tekuæina	(16-29)	5	4
Toksièni plin	(30-34)	6	5
Toksièni plin	(35-39)	6	—
Toksièni plin	(42)	5	4
Proizvodi izgaranja	(43-46)	3	—

## PROCEDURALNI KORACI

- n Odaberite jednu od djelatnosti.
- n Ako više od jedne tvari moæe prouzroèiti štetu neovisno o drugim tvarima, rašèlanite ih zasebno. Ako skupina tvari moæe djelovati zajedno, razmatrajte ih kao jednu (ekvivalentnu) tvar.
- n Odaberite prosjeèni broj vjerojatnosti za svaku opasnu tvar (ili skupinu tvari) utvrðenu za svaku od djelatnosti (tablica IX).
- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_u$  (tablica X(a)).  
Ovaj parametar odnosi se na uèestalost radnji utovarivanja/istovarivanja opasnih tvari u postrojenju.
- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_z$  (tablica XI.).  
Ovaj parametar koristi se samo za zapaljive tvari. On uzima u obzir postojanje sigurnosnih sustava i broj uskladištenih cilindara.
- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_o$  (tablica XII.).  
Ovaj se parametar odnosi na organizacijske aspekte i aspekte upravljanja sigurnošæu poput: starosti objekta, kakvoæe upravljanja sigurnošæu, postojanja i kakvoæe sigurnosnih procedura, kakvoæe i primjena sigurnosti, postojanja planova intervencija i evakuacije itd. Parametre treba pažljivo procjenjivati, osobito ako objekt ne moæe biti neposredno pregledan.
- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_n$  (tablica XIII.).

TABLICA X(a). KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_u$ ) ZA UÈESTALOST RADNJI UTOVARA/ISTOVARA

Uèestalost utovara/istovara* (godišnje)	Parametar
1-10	+0,5
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1,5
500-2000	-2

\* Za sve djelatnosti osim cjevovoda i skladištenja cilindara (oznaka 13). Pri izraèunavanju posljedica važno je imati na umu količinu opasnoga materijala u natovarenom/istovarenom spremniku broda, željeznièkoga/cestovnoga spremnika/vozila ili cisterne. Za brodove je takoðer, važno uzeti u obzir mogućnost sudara u luci (vidi tablicu X(b)).

TABLICA X(b). KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_u$ ) ZA UÈESTALOST RADNJI UTOVARA/ISTOVARA (nastavak)

Osim kod radnji utovara/istovara, moguæi su i sudari brodova u luci, što može oštetiti brod za utovar/istovar.	
(I)	Broj brodova koji godišnje prolaze kroz luku:
	300-3000 -3
	3000-30 000 -4
	30 000-300 000 -5
(II)	Broj brodova za utovar/istovar godišnje:
	30-300 -2
	300-3000 -3
	3000-30 000 -4
(III)	Prosjeèno vremensko razdoblje jedne radnje utovara/istovara:
	1 sat 0
	3 sata -0,5
	10 sati -1
Do broja vjerojatnosti može se doæi na sljedeæi naèin:	
$10 + (I) + (II) + (III)$	
Posljedica se izraèunava na temelju sadržaja jednoga od (prosjeènih) spremnika u nekom (prosjeènom) brodu za utovar/istovar.	

TABLICA XI- KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_z$ ) ZA ZAPALJIVE TVARI

Tvar (oznaka)	Sigurnosne mjere - broj cilindara	Parametar
Zapaljivi plin (7, 13)	sustav prskalica	+0,5
Zapaljivi plin (10)	dvostruki sadržaj	+1
Zapaljivi plin (13)	vatrootporni zid	+1
	sustav prskalica	+0,5
	5-50 uskladištenih cilindara	+1
	50-500 uskladištenih cilindara	0
	> 500 uskladištenih cilindara	-1

TABLICA XII. KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_o$ ) ZA ORGANIZACIJSKU SIGURNOST<sup>a</sup>

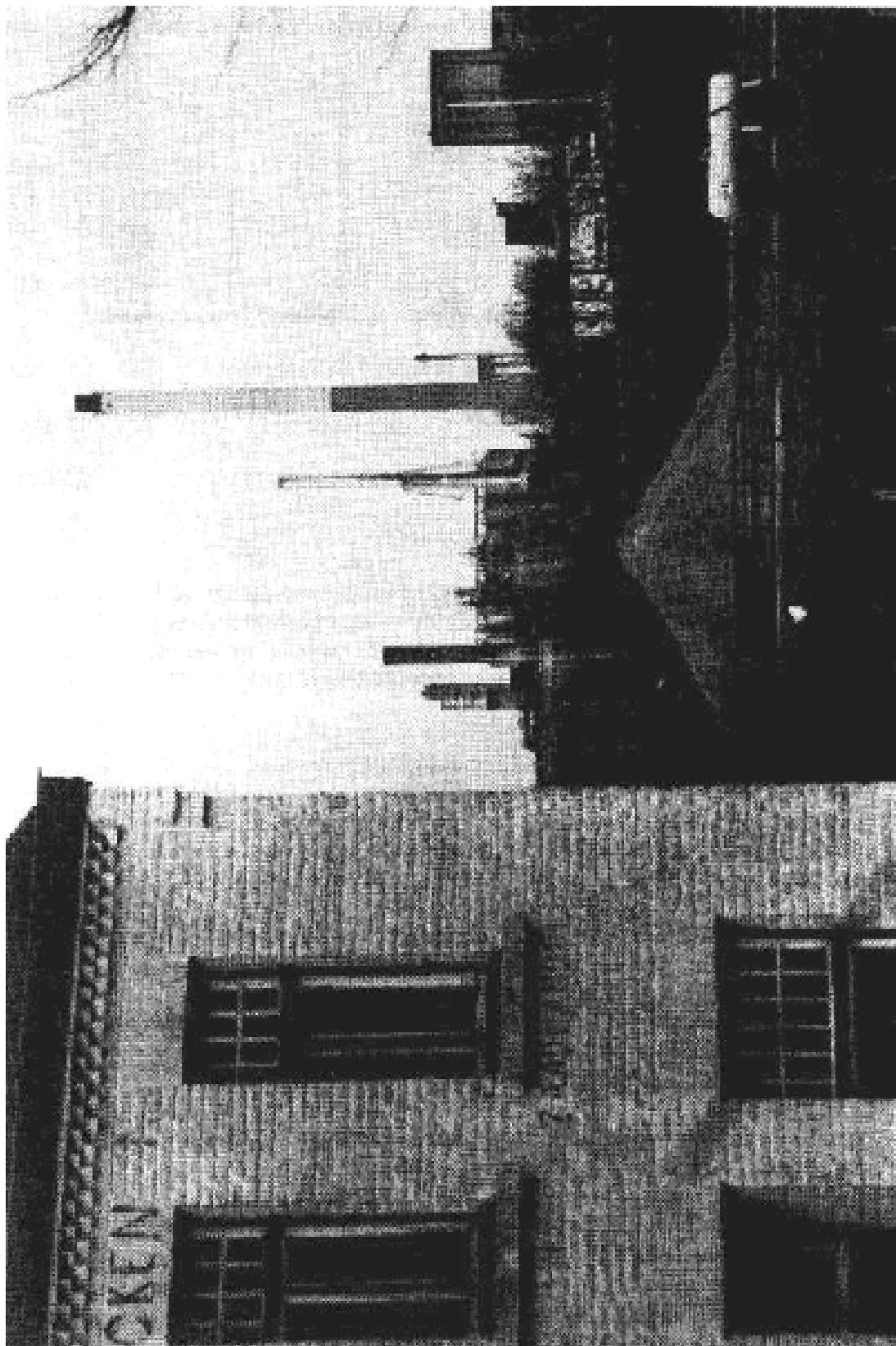
Natprosječna primjena sigurnosti u industriji	+0,5
Prosječna primjena sigurnosti u industriji	0
Ispodprosječna primjena sigurnosti u industriji	-0,5
Slaba primjena sigurnosti u industriji	-1
Nepostojeća primjena sigurnosti u industriji	-1,5

<sup>a</sup> Uključeno je nekoliko čimbenika: upravljanje sigurnošću, starost postrojenja, održavanje, dokumentacija i postupci, kultura sigurnosti, obuka, planiranje za neželjene događaje itd.

Iako je poznato kako su ovdje opisani parametri važni za procjenu rizika, nije moguće odrediti rutinsku metodu koja bi uključivala sve te čimbenike. Na ovom su području radili Technica iz Ujedinjenog Kraljevstva i Sveučilište Leiden iz Nizozemske, ali su izradili samo ograničen broj detaljnih specijaliziranih studija. Takve specifične rašelambe nisu bile predmetom ovoga priručnika.

TABLICA XIII. KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_n$ ) ZA SMJER VJETRA PREMA NASELJENIM PODRUČJIMA U POGOĐENOM POJASU

Kategorija područja učinka	Naseljeni dio područja (%)				
	100%	50%	20%	10%	5%
I.	0	0	0	0	0
II.	0	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
III.	0	+0,5	+0,5	+1	+1,5



*SLIKA 5. Naseljena područja u blizini industrijskih područja (snimio Michel Sablerolle).*

TABLICA XIV. PRETVARANJE BROJEVA VJEROJATNOSTI (N) U UÈESTALOST (P, događaj/godina)<sup>a</sup>

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0,5	$3 \cdot 10^{-1}$	5,5	$3 \cdot 10^{-6}$	10,5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1,5	$3 \cdot 10^{-2}$	6,5	$3 \cdot 10^{-7}$	11,5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2,5	$3 \cdot 10^{-3}$	7,5	$3 \cdot 10^{-8}$	12,5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3,5	$3 \cdot 10^{-4}$	8,5	$3 \cdot 10^{-9}$	13,5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4,5	$3 \cdot 10^{-5}$	9,5	$3 \cdot 10^{-10}$	14,5	$3 \cdot 10^{-15}$

<sup>a</sup> N je apsolutna vrijednost logaritma P ( $N = |\log_{10} P|$ ).

Ovaj se parametar odnosi na vjerojatnost smjera vjetra prema naseljenom području (naseljenim područjima) koje je prethodno utvrđeno kao najvjerovatnije unutar kruga čiji je promjer najveća udaljenost učinka.

Osobito, ovaj se parametar ne odnosi na nesreće koje izazivaju simetrične učinke (tj. kod kružnog pogođenog područja, kategorija područja učinka I.; tipično za eksplozije).

U slučaju necjelovitoga pogođenog područja (kategorije područja učinka II. i III.; tipično za raspršivanje toksičnih tvari), korisnik mora razmatrati isti onaj sektor kruga koji se razmatrao slijedom uputa iz poglavlja 4. za korekcijski čimbenik  $f_p$ .

Ako je pogođeno područje raspršeno, a stanovništvo živi posvuda oko područja odvijanja djelatnosti, parametar je nula (vidi sliku 5.).

Vrijednosti u tablici XIII. izračunate su uz pretpostavku jednolike rasprostranjenosti učestalosti smjerova vjetra u jačanju.

- n Izračunajte broj vjerojatnosti  $N_{p,t}$  pomoću jednadžbe (2).
- n Pretvorite broj vjerojatnosti u vjerojatnost  $P_{p,t}$  pomoću tablice XIV. ili neposredno, pomoću definicije za N.
- n Ponovite sve navedene korake za sve nepokretne djelatnosti.

### 5.1. PRIMJER

Skladište s 1700 cilindara teških 40 kg, koje sadrži propan i butan, ima vatrozaštitni zid i sustav prskalica. Najmanja udaljenost između skladišta i naseljenoga područja je 10 m. Naseljeno područje zauzima oko 15% kružnoga područja od 10-100 m od skladišta.

*Procjena*

Prilog I., tablica II. (Pregledni popis) i tablica IV(a):

Skladište zapaljivog plina (oznaka 13).

tablica IV(a), tablica V.: Ukupna masa plina =  $0,04 \cdot 1700 = 68$  t; kategorija uèinka = C I. (udaljenost uèinka = 100 m; podruèje uèinka = 3 ha).

tablica IX.: Standardni broj vjerojatnosti = 4.

tablica X(a): Preskoèiti (vidi bilješku za tablicu X(a)).

tablica XI.: Treba uzeti u obzir tri korekcijska èimbenika broja vjerojatnosti za zapaljive tvari:

vatrozaštitni zid = +1

sustav prskalica = +0,5

više od 500 uskladištenih cilindara = -1

Ukupni korekcijski parametar za zapaljive tvari = +0,5.

tablica XII.: Korekcijski parametar broja vjerojatnosti za upravljanje, itd.: pretpostavljamo kako je za djelatnost u razmatranju = -0,5.

tablica XIII.: Korekcijski parametar broja vjerojatnosti za rasprostranjenost stanovništva u kružnom podruèju i vjerojarnost određenog smjera vjetra = 0 (kategorija podruèja uèinka I).

Procjena uèestalosti pojave (iz tablice XIV.):

$4 + 0,5 - 0,5 = 4$ , što odgovara  $10^{-4}$  nesreæa godišnje.



## **6. PROCJENA VJEROJATNOSTI VELIKIH NESREĆA PRI PROMETU OPASNIH MATERIJALA**

Kako bismo izračunali učestalost ( $N_{p,t}$ , broj nesreća godišnje) nesreća u prometu ( $p$ ) opasnih tvari ( $t$ ), što rezultira posljedicama procijenjenima u poglavlju 4., prvo valja procijeniti odgovarajuće tzv. broj vjerojatnosti  $N_{p,t}$ .

$N_{p,t}$  se može izračunati jednadžbom (3):

$$N_{p,t} = N_{p,t}^* + n_{su} + n_{p\delta} + n_n \quad (3)$$

gdje je:

$N_{p,t}^*$  = prosječni broj vjerojatnosti za promet tvari;

$n_{su}$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za sigurnosne uvjete prometnoga sustava;

$n_{p\delta}$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za gustoću prometa;

$n_n$  = korekcijski parametar broja vjerojatnosti za smjer vjetra prema naseljenom području.

U okviru prikazane metodologije  $N$  se određuje kao 'broj vjerojatnosti'. Ovom 'broju vjerojatnosti' uvijek se pridružuje ekvivalentna vrijednost učestalosti  $P$ .

Odnos između  $N$  i  $P$  je sljedeći:

$$N = \lceil \log_{10} P \rceil$$

## PROCEDURALNI KORACI

- n Odaberite jednu rutu (cestu/željezničku prugu/vodeni put/cjevovod); odaberite dionicu te putne pravce duljine 1 km; utvrdite, na toj dionici mjesto koje je najopasnije zbog nepovoljnoga spoja velike gustoće naseljenosti i slabe sigurnosti prometa (vidi i poglavlje 3.).
- n Ako se tim putnim pravcem prevozi nekoliko opasnih tvari, raščlanite svaku zasebno.
- n Odaberite u tablici XV. prosječni broj vjerojatnosti za svaku opasnu tvar ili skupinu tvari (vidi i tablicu XVI., koja navodi međunarodne prometne kodove za zapaljive, toksične i eksplozivne tvari). Ovo treba napraviti za svaku utvrđenu dionicu promatranih putnih pravaca.
- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_{su}$  (tablica XVII.).

Ovaj parametar uzima u obzir sigurnosne uvjete prometnoga sustava. Tablica je podijeljena u dva dijela: tablica XVII(a) prikazuje općenite podatke o korekcijskim parametrima (prosjeak odgovara onom prethodno definiranom); tablica XVII(b) prikazuje korekcijski parametar za željeznicu. Posebnu pozornost treba posvetiti ranjivim kolodvorima željeznica u blizini industrijskih područja.

- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_{p\delta}$  (tablica XVIII.).

Ovaj parametar uzima u obzir gustoću prometa, tj. broj prometnih jedinica (cisterni, vagona, tegljača itd.) godišnje potrebnih za prijevoz opasne tvari, ili broj onih koje se godišnje obrade na ranjivom kolodvoru (željeznica). Za podzemne cjevovode  $n_{p\delta} = 1$ , jer se oni neprekidno koriste.

Zadatak procjenjivanja gustoće prometa mogao bi biti teak i dugotrajan. Kako sadašnja metoda dopušta samo uvodne i brze procjene, predlaže se korisniku, u okvirima ograničene informiranosti, provođenje detaljnije analize prometa na nekoj dionici putanje, samo ako ta dionica utječe na razinu javnog rizika.

- n Procijenite korekcijski parametar broja vjerojatnosti  $n_n$  (tablica XIX.).

Ovaj parametar, prethodno opisan u poglavlju 5., uzima u obzir smjer vjetra i rasprostranjenost stanovništva unutar kruga čiji je polumjer najveća udaljenost učinka.

- n Izračunajte broj vjerojatnosti  $N_{p,t}$  pomoću jednadžbe (3).

TABLICA XV. PROSJEÈNI BROJ VJEROJATNOSTI ( $N_{p,t}^*$ ) ZA PROMETNE NESREÈEE<sup>a</sup>

Tvari (oznake)	Promet			
	cesta	•eljeznica	voda <sup>b</sup>	cjevovod
Zapaljiva tekuæina (2)				6
Zapaljiva tekuæina (5)				5
Zapaljiva tekuæina (6)	8,5	9,5	8 10 <sup>c</sup>	
Zapaljivi plin (7)	9,5	10,5		
Zapaljivi plin (8)				6
Zapaljivi plin (9)			11	
Zapaljivi plin (11)			10	
Zapaljivi plin (12)				6
Eksploziv (14)	9	10	9	
Toksiæna tekuæina (19, 23, 27)	7,5	8,5		
Toksiæna tekuæina (20, 24, 28)			7 9 <sup>c</sup>	
Toksiæni plin (31, 32)	9,5	10,5	10	
Toksiæni pin (36, 37)			9	6
Toksiæni plin (40, 41, 42)				5 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Tablica prikazuje samo vrijednosti potrebne u okviru priruènika.

<sup>b</sup> Kopneni vodeni putevi.

<sup>c</sup> Dvostruka stijenka trupa broda.

<sup>d</sup> Za tvari vrlo korozivne u dodiru s vodom.

TABLICA XVI. MEÐUNARODNI PROMETNI KODOVI (IMDG-RID-ADR-ADNR)

Tvar	(oznaka)	Meðunarodni prometni kod
Zapaljivi plin	7	spoj prve znamenke 2 i znamenke 3
Zapaljive tekuæine	6	spoj prve znamenke 3 i znamenke 3
Visoko toksiæni plinovi	32	26 265 266
Srednje toksiæni plinovi	31	236 268 286
Toksiæne tekuæine	19	spoj prve znamenke 3 i znamenke 6 spoj prve znamenke 6 (i ponekad 8)
Eksplozivi	14	1.1 1.2 1.5

Samo za toksiæne tvari, nu•no je raditi s UN-ovim brojevima u spoju s popisom tvari iz priloga I.

TABLICA XVII. KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_{su}$ ) ZA SIGURNOSNE UVJETE PROMETNIH SUSTAVA

(a) Opæenito

	cesta	•eljeznica (b)	brod	cjevovod
sigurno <sup>a</sup>	+1		+0,5	+1
prosjeèno <sup>b</sup>	—		—	—
nesigurno <sup>c</sup>	-1		-0,5	-1

<sup>a</sup> Primjeri: - putevi bez raskršæa; put sa slabim ili nikakvim prometom;  
 - ceste sa zasebnim kolnim putevima;  
 - vodotoci: široki, pravocrtni;  
 - cjevovodi s vaæeom regulacijom i specifiènim mjerama.

<sup>b</sup> Vrijednosti koje valja rabiti ako nije moguæe kategorizirati put u okviru drugih dviju kategorija.

<sup>c</sup> Primjeri: - putevi koji su èesto mjesto nezgoda;  
 - ceste s raskri•jem i s gustim prometom; s oštrim zavojem; bez prometne rasvjete; sa skliskim asfaltom;  
 - vodeni putevi: sa zavojima; s prijelazima; s trajektnim prometom; s vezovima za pretovar; s preprekama poput mostova i ustava;  
 - cjevovodi: ako su stari; ako imaju zastarjelu regulaciju; ako im smještaj nije poznat ili ako nisu naznaèeni.

U stvarnosti prave vrijednosti za 'sigurno' i 'nesigurno' mogu i više odstupati od prosjeka nego što je to sluèaj s iznosima u tablici.

(b) •eljeznièki promet

Standardni slobodni kolosijek		-
Industrijski kolosijek <sup>d</sup>		-1
Ran•irni kolodvor	proces koji ukljuèuje uzvisinu	-3
	proces s lokomotivom i slobodnim vagonima	-3
	proces u kojem vagoni stoje s lokomotivom	-2
	prolazni vagoni u lošem stanju <sup>e</sup>	-1
	ran•irni kolodvor u lošem stanju <sup>f</sup>	-1

<sup>d</sup> Osobito sporedne linije prema objektima.

<sup>e</sup> Èesto se pojavljuju curenja itd.

<sup>f</sup> Slobodan pristup; oneišeeno tlo; loše stanje kolosijeka; ruèno obavljanje procesa itd.

TABLICA XVIII. KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_{p\delta}$ ) ZA GUSTOÆU PROMETA

Broj vozila/brodova godišnje	Parametar
10-50	-1,5
50-200	-2
200-500	-2,5
500-2000	-3
2000-5000	-3,5
5000-20 000	-4

TABLICA XIX. KOREKCIJSKI PARAMETAR BROJA VJEROJATNOSTI ( $n_n$ ) ZA SMJER VJETRA PREMA NASELJENIM PODRUËJIMA U POGOÐENOM POJASU

Kategorija područja uëinka	Naseljeni dio područja (%)				
	100%	50%	20%	10%	5%
I.	0	0	0	0	0
II.	0	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
III.	0	+0,5	+0,5	+1	+1,5

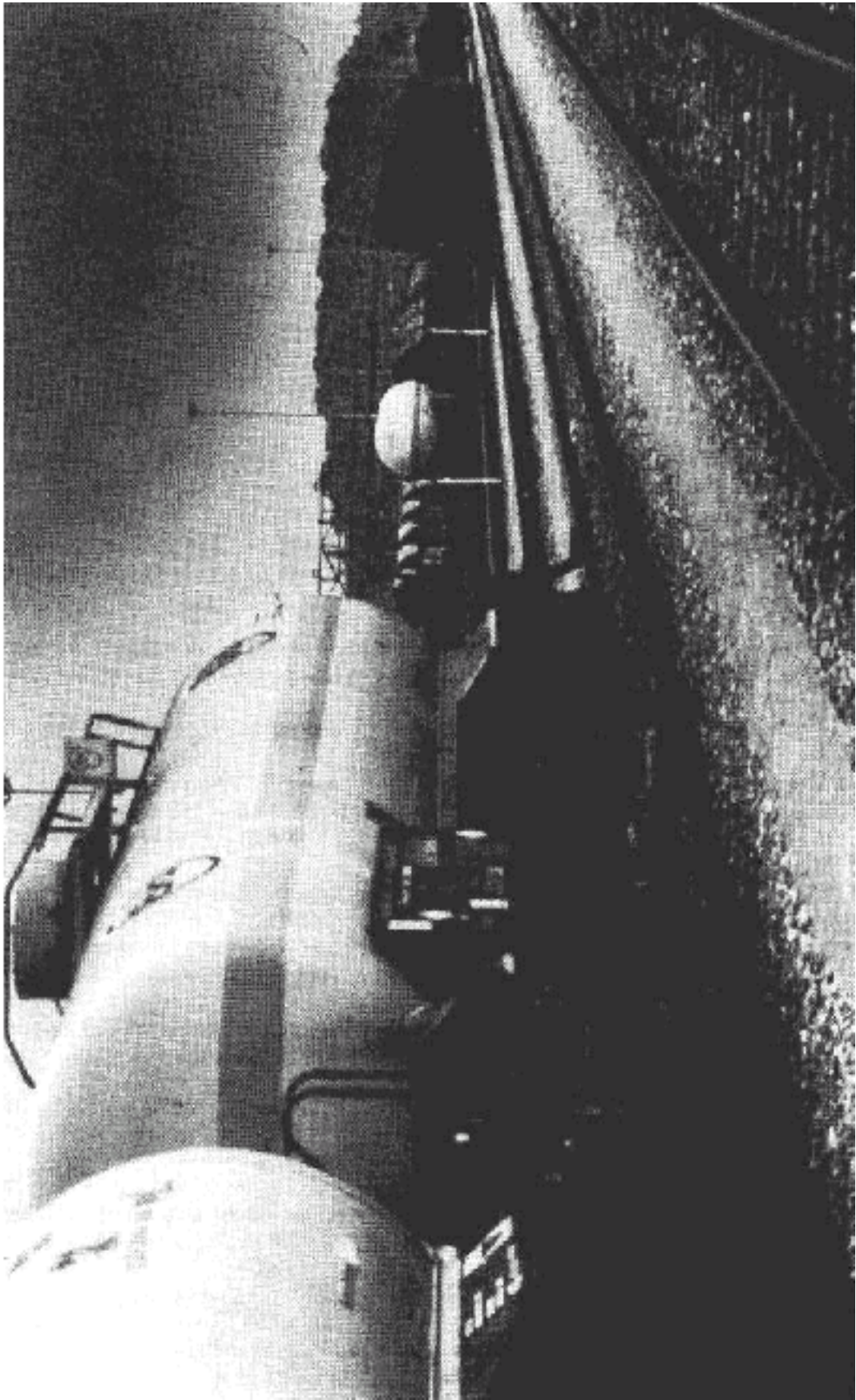
TABLICA XX. PRETVARANJE BROJEVA VJEROJATNOSTI (N) U UËESTALOST (P, događaj/godina)<sup>a</sup>

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0,5	$3 \cdot 10^{-1}$	5,5	$3 \cdot 10^{-6}$	10,5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1,5	$3 \cdot 10^{-2}$	6,5	$3 \cdot 10^{-7}$	11,5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2,5	$3 \cdot 10^{-3}$	7,5	$3 \cdot 10^{-8}$	12,5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3,5	$3 \cdot 10^{-4}$	8,5	$3 \cdot 10^{-9}$	13,5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4,5	$3 \cdot 10^{-5}$	9,5	$3 \cdot 10^{-10}$	14,5	$3 \cdot 10^{-15}$

<sup>a</sup> N je apsolutna vrijednost logaritma P ( $N = |\log_{10} P|$ ).



*SLIKA 6. Pokretne opasne djelatnosti (snimio Michel Sablerolle).*



*SLIKA 7. Sustavi •eljezničkoga prijevoza; ran•irni kolodvor (snimio Michel Sablerolle).*

- n Pretvorite broj vjerojatnosti u vjerojatnost  $P_{p,t}$  pomoću tablice XX. ili izravno pomoću definicije za N.
- n Ako je dionica ceste/eljezničke pruge/vodotoka/cjevovoda izložena riziku od nesreće izazvane prometom različitih tvari (vidi slike 6. i 7.), izračunate učestalosti za svaku tvar moraju se grupirati po razredima ozljeda (određenja u poglavlju o društvenom riziku). Dobivene učestalosti, koje se odnose na isti razred ozljeda, moraju se naposljetku dodati. Broj izračunat za svaki razred je učestalost po kilometru / godini nesreća koje rezultiraju brojem smrtnih slučajeva unutar raspona koji karakterizira sam taj razred.
- n Ponovite sve navedene korake za sve utvrđene dionice trgovačkih ruta.

## 6.1. PRIMJER

Rašelanjaju se rizici vezani uz cestu dugu 10 km. Promet opasnih materijala obuhvaća: 4000 cisterni s ukapljenim naftnim plinom (UNP) godišnje i 200 cisterni plina srednje toksičnosti godišnje (npr. amonijak). Naglasak rašelambe je na jednoj dionici, dugoj otprilike 1200 m, na kojoj nije riješena sigurnost prometa, s gusto naseljenim područjem s jedne strane ceste.

### Procjena

Valja provesti dva zasebna izračuna učestalosti nesreća zbog različitih značajki tvari. Nadalje se u tekstu ukapljeni naftni plin označava simbolom  $S_1$ , a promet amonijaka  $S_2$ .

#### Prilog I.,

tablica II. (pregledni popis)

i tablica IV(a):

Ukapljeni naftni plin je zapaljivi plin, ukapljen pomoću tlaka: oznaka za  $S_1 = 7$ .

Amonijak je srednje toksični plin: oznaka za  $S_2 = 31$ .

tablica IV(a), tablica V.:

Masa ukapljenog naftnog plina koja se prevozi u rasponu je od 10-50 (t/cisterni); kategorija uèinka  $S_1 = C I$ . (najveća udaljenost uèinka = 100 m; područje uèinka = 3 ha).

Masa amonijaka koja se prevozi u istom je rasponu; kategorija uèinka  $S_2 = C II$ . (najveća udaljenost uèinka = 100 m; područje uèinka = 1,5 ha).

tablica XV.:

Prosječni broj vjerojatnosti:

za  $S_1$  i  $S_2 = 9,5$ .

tablica XVII.:

Korekcijski parametar broja vjerojatnosti za sigurnosne uvjete promatrane dionice ceste:

za  $S_1$  i  $S_2 = -1$ .

tablica XVIII.:

Korekcijski parametar broja vjerojatnosti za gustoću prometa:

$S_1 = -3,5$ ;

$S_2 = -2$ .

tablica XIX.:

Korekcijski parametar broja vjerojatnosti za rasprostranjenost stanovništva i smjer vjetra:

$S_1 = 0$  (kategorija područja uèinka = I.);



$S_2 = +0,5$  (kategorija uèinka = II.; 50% naseljeno).

Procjena uèestalosti nesreæa (iz tablice XX.):

za  $S_1 = 9,5 - 1 - 3,5 = 5 \Rightarrow 10^{-5}$  pojava/godišnje;

za  $S_2 = 9,5 - 1 - 2 + 0,5 = 7 \Rightarrow 10^{-7}$  pojava/godišnje.

## 7. PROCJENA DRUŠTVENOG RIZIKA

Za svaku promatranu djelatnost (nepokretno postrojenje ili dionica ceste/elj. pruge/vodenog puta/cjevovoda) izraèunat je par brojeva (ili više u sluèaju razlièitih kategorija tvari, kako je ranije opisano): (i) broj smrtnih sluèajeva (poglavlje 4.); i (ii) uèestalost velikih nesreæa koje rezultiraju tim brojem smrtnih sluèajeva (poglavlja 5. i 6.). Rizik za ljude izazvan tim djelatnostima procjenjuje se razmatranjem obiju vrijednosti (vidi sliku 8.).

### PROCEDURALNI KORACI

- n Razvrstajte svaku djelatnost pomoæu ljestvice razreda posljedica i ljestvice razreda vjerojatnosti. Oni su odreæeni kako slijedi:

#### **razredi posljedica:**

0-25

26-50

51-100

101-250

251-500

> 500

smrtnih sluèajeva/nesreæa.

**razredi vjerojatnosti:** za po jedan red velièine u odnosu na godišnji broj nesreæa.

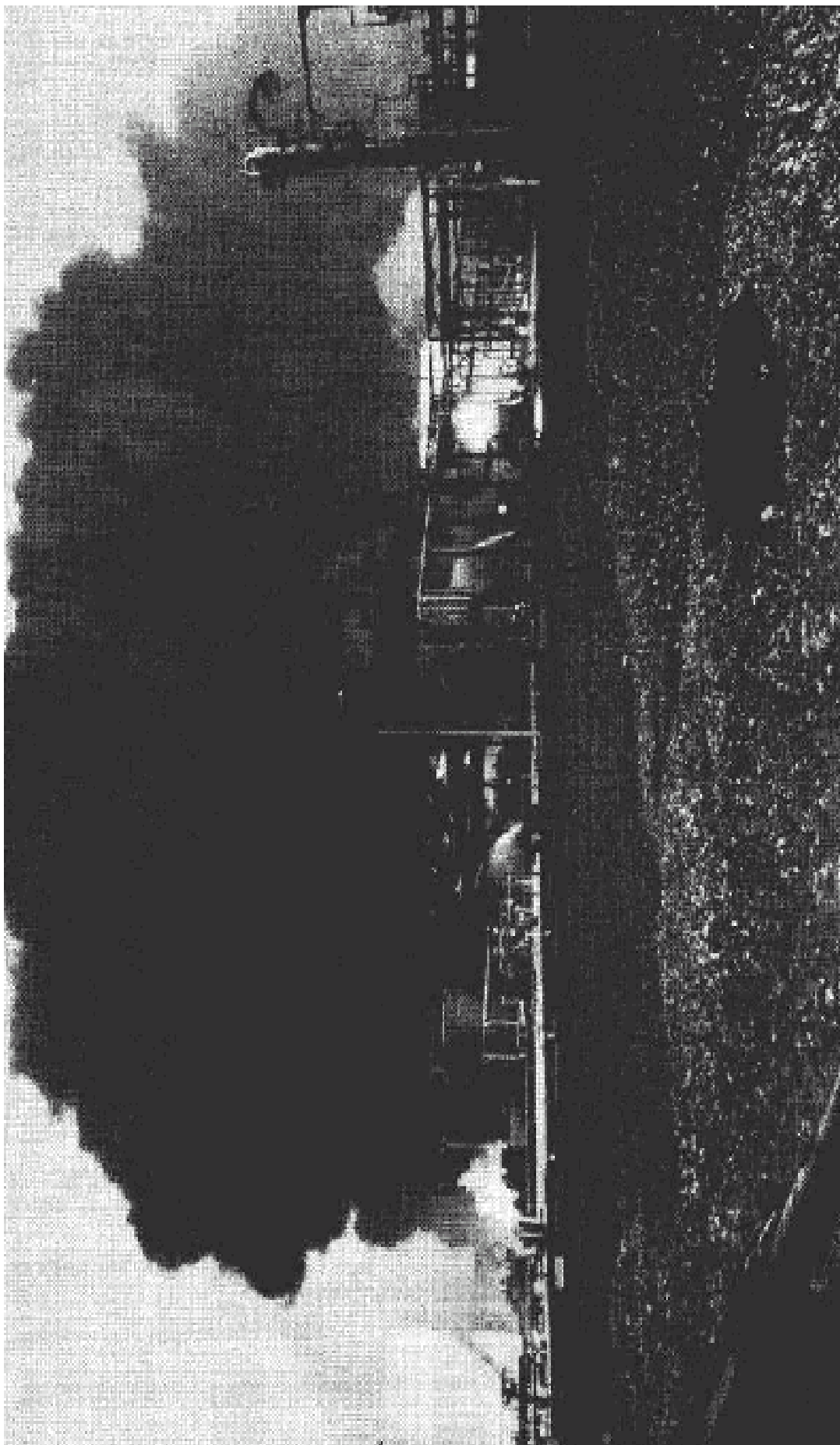
- n Ako odreæena djelatnost predstavlja rizik za društvo zbog razlièitih tvari koje mogu izazvati nesreæe neovisno jedne o drugima, zbrojite rizik tvari unutar istog razreda posljedica (primjer u poglavlju 7.1.).
- n Postavite sve razvrstane djelatnosti na matricu uèestalosti spram posljedice u analizi rizika (primjer na slici 9.).

Stoga, u kvadratu matrice navedene su sve djelatnosti koje pokazuju isti razred rizika. Sve opasne djelatnosti u odreæenom podruèju tako su prikazane na matrici uèestalosti spram posljedica.

### 7.1. PRIMJER

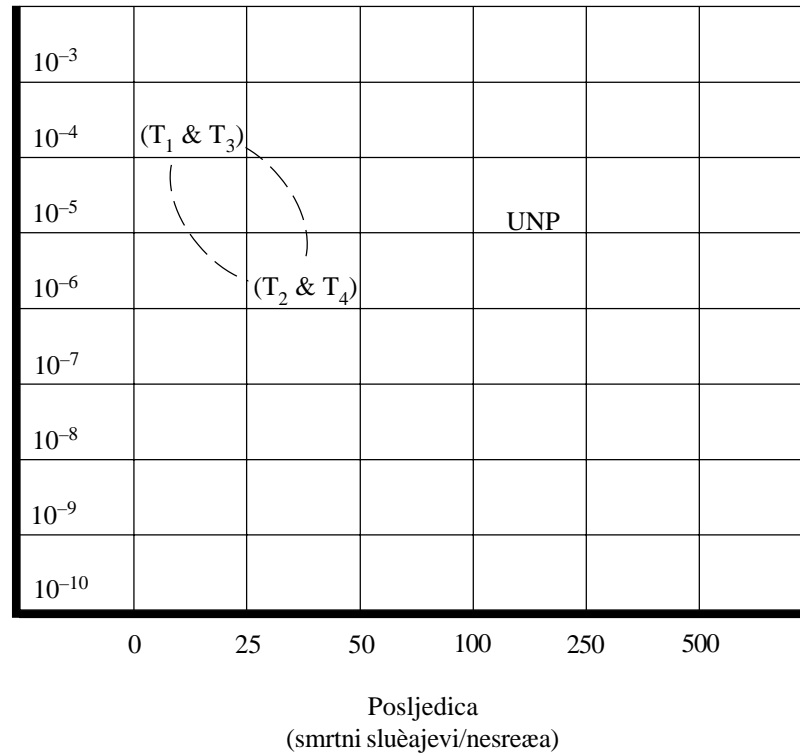
Odreæeno podruèje promatrano je u okviru metodologija objašnjenih u poglavljima 3.-6. Na dionici ceste duge oko 1 km utvræene su dvije djelatnosti koje oznaèuju rizik za stanovništvo: skladište ukapljenog naftnog plina i promet èetiri opasne tvari (o kojima se dalje u tekstu govori kao o  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  i  $T_4$ ). Izraèunat je sljedeæi par vrijednosti ( $C$  = smrtni sluèajevi/nesreæa, a  $P$  = godišnja uèestalost te nesreæe).

Skladište UNP:  $C_{UNP} = 120$  smrtnih sluèajeva/nesreæa  
 $P_{UNP} = 3 \cdot 10^{-5}$  nesreæa/godina



*SLIKA 8. Posljedice industrijskih nesreća (snimio Roel Dijkstra, Nizozemska)*

Uèestalost  
(nesreæa/god)



SLIKA 9. Matrica uèestalosti spram posljedice u analizi rizika (s primjerom).

Cestovni promet:  $C_{T1} = 6$  smrtnih sluèajeva/nesreæa  
 $P_{T1} = 10^{-5}$  nesreæa/godina

$C_{T2} = 50$  smrtnih sluèajeva/nesreæa  
 $P_{T2} = 3 \cdot 10^{-6}$  nesreæa/godina

$C_{T3} = 4$  smrtnih sluèajeva/nesreæa  
 $P_{T3} = 10^{-4}$  nesreæa/godina

$C_{T4} = 45$  smrtnih sluèajeva/nesreæa  
 $P_{T4} = 10^{-6}$  nesreæa/godina

*Procjena*

- $C_{T1}$  i  $C_{T3}$  pripadaju u razred nesreæa koje rezultiraju brojem smrtnih sluèajeva <25.
- $C_{T2}$  i  $C_{T4}$  u rasponu su od 26-50 smrtnih sluèajeva po nesreæi.

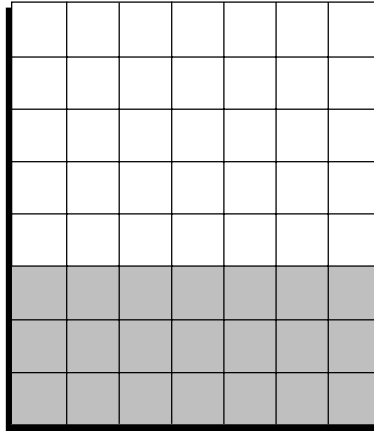
Stoga,

$$P_{T1} + P_{T3} \approx 10^{-4} \text{ nesreæa/godina;}$$

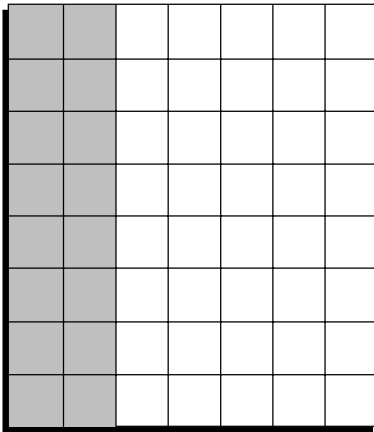
$$P_{T2} + P_{T4} \approx 4 \cdot 10^{-6} \text{ nesreæa/godina.}$$

Učestalost

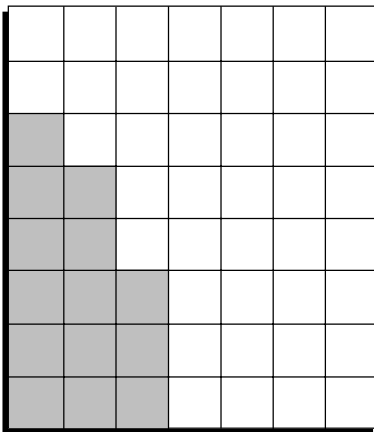
(a)



(b)



(c)



Posljedica

SLIKA 10. Mogućnosti mjerila prihvatljivosti društvenog rizika.

- Rezultati sada mogu biti prikazani na matrici razreda vjerojatnosti naspram razreda posljedica, što daje općenitu sliku rizika u određenom području (slika 9.).

## 8. UTVRĐIVANJE PRIORITETA RIZIKA

Mjerilo (ili mjerila) prihvatljivosti društvenoga rizika moraju se odrediti prije početka obavljanja zadatka.

S obzirom na sliku 8., kategorije rizika prema ocjeni prioriteta odgovaraju gornjoj lijevoj strani matrice vjerojatnosti naspram posljedice, tj. djelatnostima s relativno visokom vjerojatnošću i velikim posljedicama. Ipak, valja uzeti u obzir činjenicu kako pojam društvenoga rizika podrazumijeva i situaciju u kojoj se rizik od jačih posljedica, manje učestalosti, doživljava važnijim od onih rizika s manjim posljedicama veće vjerojatnosti.

**Mjerila prihvatljivosti** mogu se utvrditi na različite načine:

- samo postavljanjem granične vrijednosti razreda vjerojatnosti (slika 10(a)); ili
- samo postavljanjem granične vrijednosti razreda posljedica (slika 10(b)); ili
- uzimanjem u obzir spoja obaju razreda (slika 10(c)).

### PROCEDURALNI KORACI

- n Utvrdite na matrici učestalosti naspram posljedice sve djelatnosti koje ne udovoljavaju odabranim mjerilima (tj. za sve djelatnosti izračunati rizik koji je iznad prihvatljivog).
- n Završni je proizvod ovoga zadatka popis svih ovih djelatnosti.

## 9. NAPOMENA O PRIMJENI

- n Svaka zemlja zasebno određuje kojim djelatnostima će dati prednost pred drugim djelatnostima pri određivanju mjerila ili skupine mjerila za utvrđivanje prioriteta među djelatnostima čiji rizici se procjenjuju detaljnije.

Ovaj priručnik ne obuhvaća preporuke za bilo koje određeno mjerilo prihvatljivosti ili tolerancije rizika.

- n Općenito, moguće je detaljnoj procjeni podvrći djelatnosti s potencijalno relativno jakim posljedicama naspram visoke vjerojatnosti i one s relativno jakim posljedicama naspram niske vjerojatnosti, u odnosu na one s malim posljedicama naspram njihove visoke vjerojatnosti.
- n Moguće je dobiti dvije vrste konačnih rezultata:

Slučaj (i): Djelatnosti su raspršene kroz matricu posljedice naspram vjerojatnosti, omogućujući razvrstavanje i utvrđivanje prioriteta među njima, izravno slijedeći navedena načela.

Slučaj (ii): Sve se djelatnosti nalaze unutar jednoga područja (ili ispod ili iznad) prihvatljive linije mjerila posljedice naspram vjerojatnosti. U ovom slučaju, za daljnje utvrđivanje prioriteta treba razmotriti dodatno mjerilo. Ovo se može temeljiti ili samo na nizu posljedica, ili samo na nizu vjerojatnosti, ili pak prebacivanjem linije posljedica naspram vjerojatnosti na njezine vrijednosti.

**Prilog I**  
**POPIS TVARI**

Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
1-3	Zapaljiva tekuæina tlak pare < 0,3 bar na 20 °C (toæka paljenja > 20 °C)	Alil-alkohol Anilin Benzaldehid Benzil-klorid Butanol Butil-diglikol Diklorbenzen Diklorpropen Diesel ulje Dietil-karbonat Dimetil-formamid Etanolamin Etil formijat Etilglikol acetat Etil silikat Etilen-klorhidrin Etilen-glikol Lo•ivo ulje Furfural Firil-karbinol Izoamilni alkohol Izobutanol Izopropanol Metil-butyl-keton Metilglikol Metilglikol acetat Naftalen Nitrobenzen Ulja Fenol Stiren Trioksan Ksilen



Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
1-3	Zapaljiva tekuæina tlak pare < 0,3 bar na 20 °C (toæka paljenja ≤ 20 °C)	Acetal Acetaldehid Aceton Acetonitril Benzen Benzil-klorid Butandion Butanol Butanon Butil-klorid Butilformijat Cikloheksen Dikloretan Diklorpropan Dietil-amin Dietil-ke-ton Dimetil-karbonat Dimetilcikloheksan Dioksan Etanol Etil acetat Etil akrilat Etilbenzen Etil formijat Heptan Heksan Izobutil acetat Izopropil-eter Metanol Metil acetat Metilcikloheksan Meti-izobutil-ke-ton Metil metakrilat Metil propionat Metil-vinil-ke-ton Oktan Piperidin Propil acetat Pirdin Toluen Trietil-amin Vinil acetat

Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
4-6	Zapaljiva tekućina tlak pare $\geq 0,3$ bar na 20 °C	Ugljikov disulfid Otopina kolodija Ciklopentan Dietil-eter Etil-bromid Izopropen Izopropil-alkohol Metil formijat Nafta Ukapljeni prirodni plin Pentan Benzin Propanol (propil-alkohol) Propilen-oksid
7-9	Zapaljivi plin ukapljen pomoću tlaka	1,3-butadien Butan Buten Ciklopropan Difluoretan Dimetil-eter Etan Etil-klorid Izobutan Izobutilen Ukapljeni naftni plin (UNP) Metil-eter Propadien Propan Propilen
10, 11	Zapaljivi plin ukapljen hlađenjem*	Eten Metan Metilacetilen Prirodni plin
12	Zapaljivi plin pod tlakom	Etilen Vodik Metan Metilacetilen Prirodni plin
13	Zapaljivi plin u cilindrima	Acetilen Butan Vodik UNP Propan

\* Vidi i popis zapaljivih plinova ukapljenih pomoću tlaka (oznake 7-9).

Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
14, 15	Eksploziv	Amonijev nitrat (gnojivo A1) Streljivo Nitroglicerin TNT
16, 17	Nisko toksična tekućina	Acetil-klorid Alil-amin Alil-bromid Alil-klorid Kloropikrin Diklordietil-eter Dimetilhidrazin Dimetil-sulfid Epiklorohidrin Etantioi Etil-izocijanat Etiltriklorosilan •eljezo pentakarbonil Izopropil-amin Metakrolein Metil-hidrazin Osmijev tetroksid Perklormetiltioi Fosforov oksiklorid Fosforov triklorid Sulfuril-klorid Tetraetil-olovo Tetrametil-olovo Triklorsilan Viniliden-klorid

Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
18-21	Srednje toksièna tekuæina	Akrolein Akrilonitril Brom Ugljikov sulfid Kloroacetaldehid Klormetileter Cijanogen-bromid Dimetildiklorosilan Etil klorformijat Etilenimin Izobutilamin Metilklor-tomat Metildiklorosilan Metil-jodid Metiltriklorosilan Dimeæa dušiaèna kiselina Oleum (Dimeæa sumporna kiselina) Pentaboran Propilen-imin Propilen-oksid Kositrov tetraklorid
22, 25	Visoko toksièna tekuæina	Vodikov cijanid Dušikov dioksid Sumporov trioksid Tetrabutil-amin
26, 29	Vrlo visoko toksièna tekuæina	Metil-izocijanat Niklov-karbonil Sumporov pentafluorid
30, 35	Nisko toksièni plin	Etil-amin Etilen-oksid Vinil-klorid
31, 36, 40	Srednje toksièni plin	Amonijak Borov trifluorid Ugljikov monoksid Klorov trifluorid Dimetil-amin Vodikov fluorid Dušikov trifluorid Perkloril-fluorid Silan Sumporov dioksid Trimetil-amin Vinil-bromid

Oznaka	Vrsta tvari	Tvari (primjeri)
32, 37, 41, 42	Visoko toksièni plin	Borov triklorid Karbonil-sulfid Klor Klorov dioksid Dikloracetilen Formaldehid Heksafluoraceton Bromovodik Klorovodik Sumporovodik Metil-bromid Metil-klorid Dušikov monoksid Silicijev tetrafluorid Sulfuril fluorid Kositrov tetrahidrid
33, 38	Vrlo visoko toksièni plin	Boretan Karbonil-klorid Karbonil-fluorid Cijanogen Dimetil-eter Fluor Keten Kisikov difluorid Fozgen Fosfin Stibin Sumporov tetrafluorid Telurov heksafluorid
34, 39	Krajnje toksièni plin	Arsenov trioksid Selenovodik Ozon Selenov heksafluorid

Za tvar koja se ne nalazi na popisu u navedenoj tablici, razred toksiènosti mo•e se odrediti primjenom sljedeæih opæih pravila:

- smatrati tekuæinom, ako je tlak pare  $< 1$  bar na  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- smatrati plinom, ako je tlak pare  $> 1$  bar na  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- zbrojiti izraèunate brojeve pod (a) i (b) izvedene iz  $\text{LC}_{50}$  i donjih tablica fizièkih osobina te usporediti sa sljedeæim:

Zbroj a + b	Razred toksičnosti
6	niska
7	srednja
8	visoka
9	vrlo visoka
10	krajnja

LC <sub>50</sub> štakor 4h u ppm (čestica na milijun)	Broj izračuna (a)
0,01-0,1	8
0,1-1	7
1-10	6
10-100	5
100-1000	4
1000-10 000	3
10 000-100 000	2

Fizičke osobine	Broj izračuna (b)	
Tekućine (tlak na 20 °C)	< 0,05 bar	1
	0,05-0,3 bar	2
	0,3-1 bar	3
ukapljeni plin komprimiran vrelište	> 265 K	3
	< 265 K	4
ukapljeni plin ohlađen vrelište	> 245 K	3
	< 245 K	4

## Prilog II.

### DODATNE OBAVIJESTI

Priručnik za razvrstavanje i utvrđivanje prioriteta rizika izazvanih velikim nesrećama u procesnoj i srodnim industrijama temelji se na zamislima starim više od 10 godina. Dosadašnje, vrlo često skupe i dugotrajne analize provedene su, ali bez odgovora na pitanja: (a) jesu li obrađene najvažnije industrijske djelatnosti? (b) jesu li analize rađene s ciljem da konačni rezultat bude donošenje odluka usmjerenih na poboljšanje stanja?

Stanje je danas takvo da, uz sve veća iskustva na određenom području analize rizika, ipak je samo nekoliko stotina stručnjaka na svijetu u stanju procijeniti potrebu za detaljnom analizom, naravno, imajući na umu potrebu smanjenja relativno visokog rizika. Uz obimne projekte izrade popisa, potrebne za općenito stjecanje uvida, ova relativno mala radna snaga nalazi se u teškoj situaciji. Priručnici poput ovoga pišu se radi razrješavanja toga problema.

Ovaj se priručnik temelji na nekoliko (sukobljenih) ciljeva:

- (1) Priručnik je morao biti jednostavan za korištenje.
- (2) Priručnik je morao uzimati u obzir različitost rizika među promatranim industrijskim djelatnostima.
- (3) Priručnik bi trebao biti primjenjiv na sve vrste industrijskih djelatnosti.
- (4) Priručnik je morao biti logičan i služiti se znanstvenim pristupom.
- (5) Korisnik ne bi trebao imati veliku količinu prethodnih informacija.
- (6) Korisnik bi morao odlučiti koliki se stupanj važnosti valja pridati rizicima od industrijskih djelatnosti.

Jasno je kako je pri pisanju ovoga priručnika nužno bilo napraviti neke kompromise. Usporedba rezultata metoda opisanih u priručniku s rezultatima specifične detaljne analize rizika je poput usporedbe karte u mjerilu 1:200 000 s mapom u mjerilu 1:10 000. Ljudima su i dalje potrebne obje karte, jedino se ciljevi uporabe karata razlikuju, i to je upravo ono što valja naglasiti.

Kako je već spomenuto, pri izradi ovakvog priručnika neizbježno je susresti se s mnogim ograničenjima. Glavni je problem ipak kako spojiti informacije raspoložive iz detaljnih analiza, iskustva na danom području i korisnike prve generacije priručnika. Godinama je trajalo bavljenje ovim glavnim problemom te prikupljanje podataka iz studija koje su ranije provedene.

U Nizozemskoj je primjena pristupa količinskog rizika u djelatnostima tzv. kemijske industrije započela prije više od deset godina. Ovaj se pristup intenzivnije zastupa u Nizozemskoj nego u drugim zemljama. Pitanja poput rizika za pojedinca i društvenog rizika otvoreno se raspravljaju. Taj se pristup sve češće rabi unutar procesa donošenja odluka i u politici (mjere koje valja poduzeti, prostorno planiranje, planiranje intervencija itd.). Provedene su detaljne studije s integralnim proučavanjem LP6 i proučavanjem prometa amonijaka i klora. Primjenom tzv. *post-Seveso direktive EZ-a*, provedena je detaljna analiza rizika vrlo različitih industrijskih djelatnosti. Štoviše, već je uobičajena praksa bila procjenjivanje rizika izazvanih nesrećama u sustavu izdavanja dozvola. Prošlogodišnji događaji bili su izrazito usmjereni na rizike izazvane prometom opasnih tvari. Razrađene su metode procjene ovih opasnosti. Većina njih, poput ovoga priručnika, spremna je za uporabu kao prvi općeniti planski postupak.

Metode ovoga priručnika temelje se na profesionalnom iskustvu i stručnim prosudbama. Zapravo je većina znanstvenih činjenica, čak i mnoštvo korištenih iznosa, bilo na raspolaganju, ali nikad saeti (stupnjevitim pristupom) na ovakav način.

## FILOZOFIJA

Lanac je onoliko jak koliko je jaka njegova najslabija karika. Procjena rizika je poput lanca različitih modela procjene vjerojatnosti, modela za izračunavanje učinaka određenih odabranih scenarija i modela za opisivanje štete izazvane određenim učincima (npr. funkcije jedinice vjerojatnosti za toksične tvari). Dobro je poznato kako se čak i vrlo detaljna procjena rizika bavi i nesigurnim iznosima, npr. vjerojatnošću zapaljenja, utjecajem održavanja ili načinom slušanja podacima iz pokusa sa štakorima (npr. vrijednosti  $LC_{50}$ ).

Čak i detaljna procjena rizika ima ograničenja kod svoje apsolutne uporabe, ali se rezultati poput ovih koriste zato što ne postoji nikakva druga praktična mogućnost.



*Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Hrvatske,  
prilagodilo je ovaj priručnik, uz suglasnost UNEP-a i IAEA\*, hrvatskom govornom području.*

*\*IAEA ne odgovara za sadržaj hrvatskog prijevoda priručnika na svoj zahtjev.*

CIP – Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

UDK 614.82/.84(035)  
620.26(035)

PRIRUČNIK za razvrstavanje i  
utvrđivanje prioriteta među rizicima  
izazvanim velikim nesrećama u procesnoj i  
srodnim industrijama : međuagencijski  
program procjene i upravljanja  
zdravstvenim i okolišnim rizicima  
izazvanim energetske i drugim složenim  
industrijskim sustavima / <za tisak  
pripremile Valburga Kanazir, Anamarija  
Matak ; prevela Irena Brnada>. – Zagreb :  
Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog  
uređenja Republike Hrvatske, 2001

Prijevod djela: Manual for the  
classification and prioritization of risks  
due to major accidents in process and  
related industries.

ISBN 953-6793-08-3

1. Kanazir, Valburga 2. Matak, Anamarija. -  
I. Industrijski akcidenti - - Procjena  
opasnosti II. Opasne tvari - - Procjena  
rizika

410201074

Izdavač

*Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja*

Prevela

*Irena Brnada*

Stručna recenzija

*Boris Ćavrak*

*Dr. Sc. Spomenka Bojanica – Kovač*

Lektura

*Ruža Beljan*

Za tisak pripremile

*Valburga Kanazir*

*Anamarija Matak*

Grafička urednica

*Tamara Ćubretović*

DTP i tisak

*Znanje d.d.*

Naklada

*700 komada*

IAEA obièno ne izrađuje velike kolièine izvješæa u ovoj seriji. Ipak, primjerci ovakvih izvješæa na mikrofilmu mogu se dobiti na sljedeæoj adresi:

INIS Clearinghouse  
International Atomic Energy Agency  
Wagramerstrasse 5  
P.O. Box 100  
A-1400 Beè, Austrija

Uz narud•bu treba poslati potvrdu o uplaæenih 100.- ATS, u obliku èeka ili IAEA kupona za uslugu prodaje mikrofilma, koje se mogu naruèiti zasebno u INIS Clearinghouse.