

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Lombar, J.N., 2014. Ocena ranljivosti infrastrukturnih objektov na primeru vodovoda Gora v občini Ajdovščina. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Logar, J., somentor Turk, G.): 27 str.

Datum arhiviranja:09-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Lombar, J.N., 2014. Ocena ranljivosti infrastrukturnih objektov na primeru vodovoda Gora v občini Ajdovščina. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Logar, J., co-supervisor Turk, G.): 27 pp.

Archiving Date: 09-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

JERNEJ NEJC LOMBAR

**OCENA RANLJIVOSTI INFRASTRUKTURNIH
OBJEKTOV NA PRIMERU VODOVODA GORA V
OBČINI AJDOVŠČINA**

Diplomska naloga št.: 166/B-GR

**VULNERABILITY ASSESSMENT OF
INFRASTRUCTURE FACILITIES IN CASE OF WATER
SUPPLY GORA IN THE MUNICIPALITY AJDOVŠČINA**

Graduation thesis No.: 166/B-GR

Mentor:

izr. prof. dr. Janko Logar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

prof. dr. Goran Turk

Ljubljana, 25. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisani Jernej Nejc Lombar izjavljam, da sem avtor dela z naslovom »Ocena ranljivosti infrastrukturnih objektov na primeru vodovoda Gora v občini Ajdovščina«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 20.9.2014

Jernej Nejc Lombar

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	628.1(1-3)(497.4)(043.2)
Avtor:	Jernej Nejc Lombar
Mentor:	izr. prof. dr. Janko Logar
Somentor:	prof. dr. Goran Turk
Naslov:	Ocena ranljivosti infrastrukturnih objektov na primeru vodovoda Gora v občini Ajdovščina
Tip dokumenta:	Diplomska naloga, univerzitetni študij
Obseg in oprema:	27 str., 3 slik, 15 pregl., 2 graf.
Ključne besede:	ranljivost, tveganje, analiza tveganja, vodovodni sistem

Izvleček:

V diplomski nalogi je izdelana ocena tveganja pri oskrbovanju s pitno vodo. Gre za vodovodni sistem na področju Trnovskega gozda. Zanimiva je predvsem njegova zgodovina gradnje, saj je bil grajen s pomočjo 4 držav. Oskrbovanje s pitno vodo pa je pri tem vodovodnem sistemu v celotni meri odvisen od delovanja trase tlačnega cevovoda od zajetja Skuk pa do vodohrana Predmeja. Zato je bila ocena tveganja izdelana predvsem za območje trase tlačnega cevovoda. Na podlagi razdelitve vodovodnega sistema na različne podsisteme, gradnike in sestavne dele je omogočena izdelava registra tveganj, katere namen je pomagati upravljavcu pri določanju ukrepov za izboljšanje delovanja in zmanjšanja tveganja. Metoda, ki je privzeta za oceno tveganja na vodovodnem sistemu Gora, je omogočila dobro ugotavljanje tveganj za različne nevarne dogodke, ki bi lahko ogrozili delovanje vodovodnega sistema. Na podlagi izdelanega registra tveganj bi lahko izdelali dobre preventivne ukrepe, ki bi pripomogli k večji varnosti obratovanja vodovodnega sistema. Pri analizi tveganj nam je s poznavanjem sistema pomagal upravljavec vodovodnega sistema Gora.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 628.1(1-3)(497.4)(043.2)
Author: Jernej Nejc Lombar
Supervisor: Assoc. Prof. Janko Logar Ph.D.
Co-advisor: Prof. Goran Turk M. Sc.
Title: Vulnerability assessment of infrastructure facilities in case of water supply Gora in the municipality Ajdovščina
Document type: Graduation thesis, university studies
Scope and tools: 27 p., 3 fig., 15 tab.
Key words: vulnerability, risk, risk analysis, water supply

Abstract:

The thesis produces a risk assessment of supplying drinking water. It focuses on a water supply system in the area of the Trnovo Forest. The building history of the forest is specially interesting, since it has been built with the help of 4 countries. The drinking water supply in this system is entirely dependent on the performance of the penstock route from the Skuk reservoir to the water storage Predmeja. Therefore, the risk assessment was made primarily on the penstock route area. Based on the distribution of the water supply system into different subsystems, building blocks and components, it is possible to create a register of risks, the purpose of which is to assist the operator in determining the measures and actions to improve performance and reduce risk. The method used for risk assessment in the water supply system Gora has allowed a good identification of risks for various hazardous events that could endanger the operation of the water supply system. Based on the produced risk register, the creation of preventive measures, that would contribute to greater operation safety of the water supply system, is possible. All results of the risk assessment were produced with the help of the operator of the water supply system.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Janku Logarju, ki mi je ves čas nudil strokovno pomoč in odgovarjal na moja vprašanja. Rad bi se zahvalil tudi somentorju prof. dr. Goranu Turku, za vso strokovno pomoč in nasvete. Ob tej priložnosti bi se zahvalil še g. Igorju Benku, ge. Polonci Vodopivec in upravljavcu vodovoda Gora g. Mihu Bizjaku, ki so mi omogočili ogled vodovodnega sistema in mi pomagali s pridobivanjem podatkov za izdelovanje moje diplomske naloge.

Jernej Nejc Lombar

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
2 DEFINICIJA TVEGANJA	2
3 DEFINICIJA RANLJIVOSTI	3
4 PROCES ANALIZE TVEGANJA	4
4.1 VZPOSTAVITEV DELOVNE SKUPINE	4
4.2 IZBIRA METODE ANALIZE TVEGANJA	4
4.3 PREPOZNAVANJE IZREDNIH DOGODKOV IN OCENA TVEGANJA	4
4.4 ZMANJŠANJE OZ ODPRAVLJANJE TVEGANJA	5
5 METODE ANALIZE TVEGANJA	6
5.1 ANALIZA OBRATOVANJA IN NEVARNOSTI PREKINITVE DELOVANJA SISTEMA (HAZOP: HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS)	6
5.2 ANALIZA POTENCIALNIH NAPAK IN NJIHOVIH POSLEDIC OZIROMA UČINKOV (FMEA: FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)	7
5.3 DOLOČEVANJE ŠTEVILA PRIORITETE TVEGANJA	12
6 OPIS VODOVODNEGA SISTEMA GORA	15
6.1 ZGODOVINA	15
6.2 KONFIGURACIJA TERENA.....	16
6.3 OPIS TRASE TLAČNEGA CEVOVODA OD ZAJETJA SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA.....	16
6.4 KLORIRANJE VODE	17
6.5 REZERVOAR PREDMEJA	18
7 OPIS PROBLEMATIKE TLAČNEGA VODA OD ZAJETJA SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA	19
8 REGISTER TVEGANJ IN ŠTEVILO PRIORITETE TVEGANJ ZA VODOVOD GORA	21
8.1 REGISTER TVEGANJ.....	21
8.2 DOLOČITEV ŠTEVIL PRIORITETE TVEGANJA (<i>RPN</i>) ZA IZREDNE DOGODKE Z NAJVIŠJO STOPNJO TVEGANJA.....	23
9 KOMENTAR REZULTATOV OCENE TVEGANJA IN PREDLAGANJE PREVENTIVNIH UKREPOV	25
10 ZAKLJUČEK	27
VIRI	28

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1-	Primer HAZOP pred-definiranih izrazov (Rosen at all, 2007, cit. po Ulčar, M., 2011)	6
Preglednica 2-	Primer obrazca in analize HAZOP [4]	7
Preglednica 3-	Določitev kategorij pogostosti in zmožnosti zaznave izrednega dogodka	9
Preglednica 4-	Nevarnosti izrednega dogodka	10
Preglednica 5-	Kategorija nevarnosti izrednega dogodka	10
Preglednica 6-	Kategorije trajanja posledic izrednega dogodka in izpostavljenost končnih uporabnikov	11
Preglednica 7-	Matrika posledic izrednega dogodka	11
Preglednica 8-	Kategorije posledic izrednega dogodka	12
Preglednica 9-	Matrika tveganja izrednega dogodka	12
Preglednica 10-	Kategorije tveganja izrednega dogodka	12
Preglednica 11-	Prepoznana tveganja za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja	19
Preglednica 12-	Izsek iz registra tveganj za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja	22
Preglednica 13-	Izračun števila prioritete tveganja za izredne dogodke z najvišjo stopnjo tveganja	23
Preglednica 14-	Izračun celotnega in kumulativnega deleža tveganj z najvišjo stopnjo tveganja	24
Preglednica 15-	Ponovni izračun RPN in TRPN po izvršenih predlaganih ukrepih za tveganji T3 in T20	26

KAZALO SLIK

Slika 1:	Hidrogeološka zgradba Slovenije (Geološki zavod Slovenije)	1
Slika 2:	Prikaz reliefa površja, kjer poteka trasa tlačnega voda	17
Slika 3:	Prikaz trase tlačnega voda iz zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja	17

KAZALO GRAFIKONOV

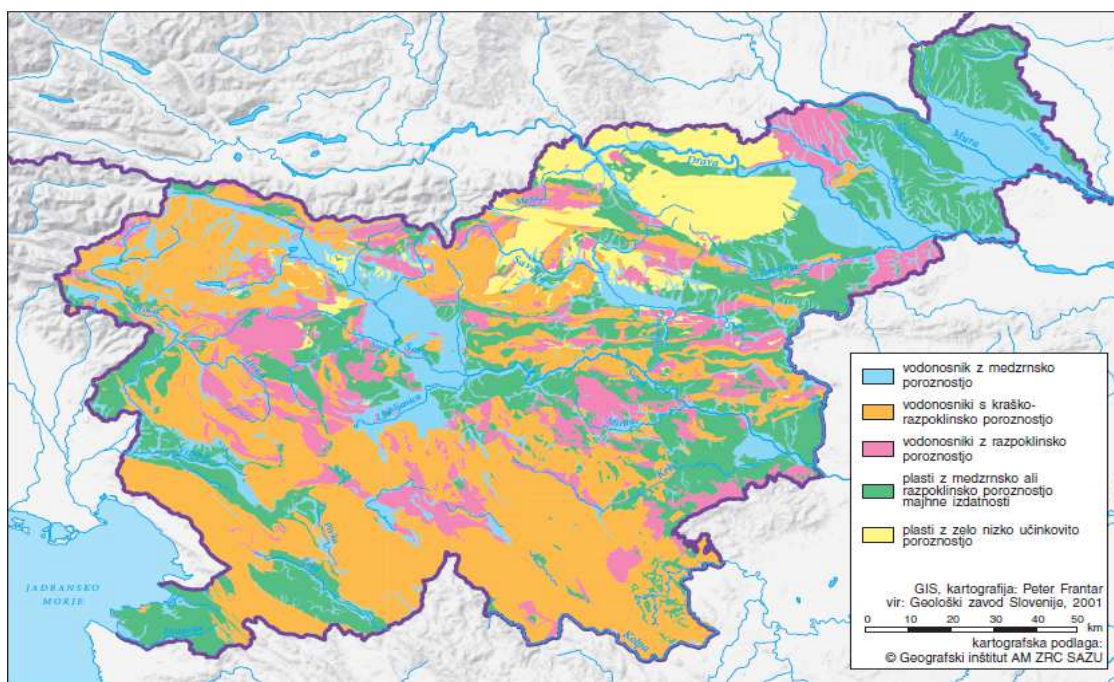
- GRAFIKON 1- Pareto diagram za oceno tveganja za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja
Predmeja **Napaka! Zaznamek ni definiran.**
- GRAFIKON 2- Prikaz zmanjšanja tveganja po izvršitvi predlaganih ukrepov **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

SEZNAM PRILOG

**PRILOGA A: REGISTER TVEGANJ ZA TLAČNO TRASO VODOVODA GORA OD ZAJETJA
SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA**

1 UVOD

Voda je naravna dobrina, ki predstavlja pogoj za življenje na Zemlji. V zadnjih 100 letih se je poraba vode (pitne ali sladke) povečala kar za šestkrat. Že danes je na svetu mnogo dežel, kjer je pomanjkanje čiste pitne vode velik problem. Naraščanje števila prebivalstva kakor tudi podnebne spremembe lahko ob dosedanjem načinu uporabe pitne vode pripelje do svetovne krize z vodo. Slovenija je bogata z vodami, čeprav niso prostorsko in časovno enakomerno razporejene. Podobno kot v večini evropskih držav, tudi v Sloveniji v skladu z Okvirno direktivo o vodah uvajamo celovito upravljanje z vodnimi viri. Ena od prednostnih nalog nam je odpravljanje škodljivih vplivov na vode, zagotavljanje primerne kakovosti vode za človeka in naravne ekosisteme ter ohranjanje biotske raznovrstnosti. Vodovodni sistem je torej zelo pomemben infrastrukturni objekt, saj zagotavlja varno oskrbo s pitno vodo kakor tudi zadostno količino in kakovost le te. Različni dogodki kot so spremembe klime, rast prebivalstva, onesnaževala, staranje samih gradnikov vodovodnega sistema ter izdatnosti vodnih virov lahko zelo vplivajo na delovanje vodovodnega sistema. Zaradi navedenih problemov postaja vedno bolj aktualna tema ocena tveganja, ki bi pomagala upravljavcu obvladovati tveganja, zaradi katerih je ogroženo oskrbovanje s pitno vodo. Za oceno tveganja pri vodovodnem sistemu obstaja več metod. V nalogi opisujem metodi HAZOP in FMEA, slednjo pa sem tudi izbral za oceno tveganja vodovodnega sistema Gora. Za oceno tveganja velja, da je najbolj učinkovita, če jo izvedemo že pred gradnjo objekta oz. v fazi načrtovanja objekta. Prav je, da je v postopku ocene tveganja vključenih več strokovnjakov in poznavalcev obravnavanega infrastrukturnega objekta, kakor tudi stranka, arhitekt in gradbenik. [1]



Slika 1-: Hidrogeološka zgradba Slovenije (Geološki zavod Slovenije)

2 DEFINICIJA TVEGANJA

Velikokrat je zaradi laičnega prevajanja strokovnih besed ta termin zamenjan s terminom nevarnost. Smith (2004) opredeli tveganje kot »verjetnost nastopa nevarnosti« medtem ko Varnes (1984) definira nevarnost kot »verjetnost nastopa potencialno škodljivega pojava« (citirano po Đurović B., Mikoš M. 2006). Vidimo, da sta si ti definiciji zelo podobni, lahko bi rekli skoraj identični. Če razložimo na primeru: prva oseba potuje s potniškim letalom, druga pa z jadralnim letalom. Glavna nevarnost, ki grozi obema letaloma je veter. Nevarnost je torej za obe osebi enaka, vendar pa je tveganje oz. verjetnost strmoglavljenja večje za osebo v jadralnem letalu. Tveganje , ki ga sprejmeta (uničenje plovila), določa še njuna ranljivost. Ta je odvisna od tehničnega stanja plovil, njenih sposobnosti in drugega. K ranljivosti lahko torej štejemo tudi njuno izpostavljenost.

V letu 1982 se je poskusilo razmejiti termina nevarnosti in tveganja (UNDRO; zdaj UNDHA: United Nations Department of Humanitarian Affairs) vendar se je njuna narava žal skazila. Zato so morali avtorji še vedno uporabljati svoje lastne definicije. Če nevarnosti torej ne štejemo za verjetnost nastopa dogodka, ampak kar za dogodek sam, takrat je tveganje verjetnost nastopa dogodka in izgube življenj (ali dobrin), torej posledice te nevarnosti. Evropejci na področju naravnih nesreč največ uporabljamo francosko verzijo Unescove definicije tveganja kot produkt možnosti nevarnosti in ranljivosti. Po tej definiciji se torej ne moremo ukvarjati s tveganjem, če se že poprej ne ukvarjamo z ranljivostjo. [2]

3 DEFINICIJA RANLJIVOSTI

Smith (2004) je uporabljal naslednjo definicijo ranljivosti: »ranljivost je stopnja, do katere sistem ali del sistema lahko reagira proti nastopu nevarnega dogodka«. Obstajata dva pogleda na ranljivost. Prvi se imenuje »dominantna paradigma«. Ta obravnava ranljivost kot nivo izpostavljenosti naravni nevarnosti. Predpostavlja, da so ljudje ranljivi zato, ker zasedajo območje tveganja. Drugi, »strukturalna paradigma« pa obravnava ranljivost kot funkcijo socialne in ekonomske situacije izpostavljene družbe. Blaikie et.al. (1994) opredelijo ranljivost kot neko »karakteristiko osebe ali skupine v smislu njihove sposobnosti predvidevanja, ravnanja, upiranja ali okrevanja od učinkov naravne nevarnosti« (citirano po Đurović B., Mikoš M. 2006). To predpostavlja, da so nekatere skupine znotraj družbe bolj nagnjene k temu, da utrpijo škodo in izgubo zaradi dane naravne nevarnosti. Primer lahko navedemo kot ranljivost ljudi zaradi onesnaženja pitne vode. Če določena oseba zaradi onesnaženja pitne vode zboli, so posledice odvisne od ranljivosti te osebe. Ranljivost je v tem primeru odvisna od starosti osebe in imunskega sistema. Torej imamo pri enaki jakosti nevarnosti prisotne različne stopnje ranljivosti. [2]

4 PROCES ANALIZE TVEGANJA

Najbolj učinkovito upravljanje s tveganjem v smislu, če hočemo tveganje čim bolj zmanjšati, je v času načrtovanja gradnje. Za gradbene projekte to pomeni že pred nakupom zemljišč za gradnjo. Faza načrtovanja projekta se razteza od točke, kjer je poslovna priložnost prvič ugotovljena, skozi faze načrtovanja vse do konca idejne zasnove. To je faza gradnje, kjer stranka oz. naročnik najbolj sodeluje in kjer so opredeljeni vsi cilji projekta, finančni okvirji in opredeljeni potrebni viri. Geotehnično upravljanje s tveganjem tako ponuja priložnost za zmanjšanje neke negotovosti in v nekaterih primerih celo zmanjšanje stroškov projekta in časa gradnje.

Prvi koraki v postopku geotehničnega tveganja so:

- opredelitev vseh nevarnosti (geotehničnih, kakor tudi vseh drugih), ki bi lahko bile prisotne
- oceniti ranljivost možnih tipov gradnje do geotehničnih tveganj, ki izhajajo iz teh nevarnosti. [3]

4.1 VZPOSTAVITEV DELOVNE SKUPINE

Najprej moramo vzpostaviti delovno skupino oz. svetovalce in strokovnjake. Ti nam pri analizi ocene tveganja lahko pomagajo pri prepoznavanju vseh potencialnih nevarnosti, ki povzročajo na obravnavanem objektu neko tveganje. [4]

4.2 IZBIRA METODE ANALIZE TVEGANJA

Metodo analize tveganja izberemo na podlagi rezultatov, ki jih pričakujemo. Izbira metode je tudi odvisna od področja uporabe in pa seveda predvsem od informacij, ki so nam dostopne ter od zapletenosti obravnavanega sistema, kakor tudi od drugih faktorjev. Pristop, kako izbrati analizo tveganja lahko pričnemo z identifikacijo nevarnih oz. izrednih dogodkov in njihovih posledic ali obratno, z identifikacijo možnih posledic in nato določitev izrednih dogodkov. [4]

4.3 PREPOZNAVANJE IZREDNIH DOGODKOV IN OCENA TVEGANJA

Prepoznavanje izrednih dogodkov oz. nevarnosti predstavlja prvi korak pri oceni tveganja. V tem delu uporabimo kombinacijo obstoječih informacij, izkušenj in strokovnega mnenja za prepoznavanje neugodnih pogojev. Faze prepoznavanja nevarnosti so:

- identificirati strokovnjake za prepoznavanje nevarnosti,
- iskanje obstoječih informacij (topografske karte, zračne fotografije, geološke karte in evidence, zemljevidi in zapisi raziskav tal, meteorološki podatki, demografski podatki, izkušnje, podatkovne zbirke, specifični podatki za vsak obravnavan primer posebej),
- opredelitev vseh nevarnosti, ki predstavljajo tveganja,
- predložitev poročila o ugotovitvah stranki, gradbeniku ali upravljavcu (seznam oz. register izrednih dogodkov). [3]

Za način, kako se lotiti prepoznavanja nevarnosti oz. izrednih dogodkov, obstaja več različnih metod. V nadaljevanju bom opisal dve metodi.

4.4 ZMANJŠANJE OZ ODPRAVLJANJE TVEGANJA

Po izvršeni prepoznavi nevarnih dogodkov lahko na podlagi ocene tveganja sprejmemo določene odločitve o ukrepih, ki bi tveganje zmanjšali ali pa celo odpravili. S tem lahko zmanjšamo verjetnost nastopa nekega prepoznanega izrednega dogodka, in lahko znatno zmanjšamo njegove posledice. Ukrepi pa imajo v večini primerov tako pozitivni kot negativni učinek, kar se moramo zavedati pri sprejetju le teh. Če npr. v vodovodnem sistemu z neki ukrepom zmanjšamo vodne izgube, to pomeni, da je varnost glede zadostne količine vode večja. To predstavlja pozitivni učinek ukrepa. Kljub temu pa se moramo zavedati, da se zaradi večje vodne količine poveča tudi zadrževalni čas vode v sistemu. S tem pa lahko pride do poslabšanja kakovosti vode, kar pa predstavlja negativni učinek ukrepa.

5 METODE ANALIZE TVEGANJA

Glede na kompleksnost obravnavanega sistema ter časovne in finančne omejitve moramo za analizo tveganja izbrati najbolj primerno metodo.

5.1 ANALIZA OBRATOVANJA IN NEVARNOSTI PREKINITVE DELOVANJA SISTEMA (HAZOP: HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS)

Pri tej analizi gre za strukturiran oz. sistematičen pristop, s katerim določamo in ocenjujemo težave oz. nevarnosti, ki bi lahko za obravnavan sistem povzročale neko tveganje ali pa deloma preprečujejo učinkovito delovanje nekega obrata (npr. črpališče za vodo). Tovrstna analiza se uporablja predvsem za predvidevanje možnih nevarnosti v sistemu, katere so posledica pomanjkanja podatkov ter znanja ali sprememb v sistemu. Za izvajanje te analize mora biti usposobljena ustrezna multidisciplinarna ekipa strokovnjakov. Za tehniko HAZOP velja, da je bila na začetku uporabljena le za analize kemičnih procesnih sistemov. Kasneje se je ta tehnika začela uporabljati tudi pri drugih vrstah sistemov, danes celo za jedrske elektrarne.

Osnovni cilji analize Hazop so (Nolan, 1994, Wirth in Sieber, 2000, cit. po Ulčar M., 2011):

- popoln opis sistema oz. procesa, ki vključuje tudi bodoče spremembe delovanja sistema oz. obratovanja,
- identificiranje posledic zaradi sprememb v sistemu in
- opredelitev, če lahko te spremembe pripeljejo do izrednega dogodka.

V prvem koraku analize HAZOP se določijo posamezne faze ali sklopi sistema, ki jih bomo analizirali. Potem se za vsako fazo oz. sklop določi ustrezne parametre (tlak, temperatura, pretok, parametri vode, itd.) . Da bi ugotovili odstopanja oz. da prepoznamo možne spremembe v omenjenih parametrih, moramo določiti še pred-definirane izraze za vsako obravnavano fazo. Na spodnji preglednici bomo prikazali primer pred-definiranih izrazov. Drugače pa za analizo HAZOP velja, da je zahtevna in kompleksna, obrazec za HAZOP analizo in sama metoda pa je zelo podobna FMEA analizi. [4]

Preglednica 1-: Primer HAZOP pred-definiranih izrazov (Rosen at all, 2007, cit. po Ulčar, M., 2011)

IZRAZ	DEFINICIJA
Ne	Popolna negacija želenega rezultata (npr. v cevi ni pretoka)
Več	Povečanje, količinsko (npr. visok tlak)
Manj	Zmanjšanje, količinsko (npr. nizek tlak)
Toliko kot	Povečanje kakovostno (npr. dodaten material)
Del	Zmanjšanje, kakovostno (npr. samo ena izmed dveh komponent v mešanici)
Obratno	V nasprotni smeri (npr. povratni tok)
Drugo kot	Zgodi se nekaj popolnoma drugega

Slabost pri analizi HAZOP je, da gre za oceno tveganja kjer ni vključena interakcija med različnimi deli oz. gradniki nekega procesa. Za analizo HAZOP velja, da zahteva veliko dela in časa in velja za eno bolj kompleksnih analiz.

Preglednica 2-: Primer obrazca in analize HAZOP [4]

Procesna enota: priprava pitne vode- kloriranje				
Procesni parameter: pretok				
Pred-definirani izraz	Odmik	Vzrok	Posledica	Ukrep
Ne	Ni pretoka	Pomanjkanje klora, prelom cevi ali puščanje iz rezervoarja, okvara ventila v zaprtem stanju	Oskrbe z vodo ni	
Več	Pretok je prevelik	Oprema nekalibrirana	Visoka koncentracija klora v vodi	
Manj	Pretoka je manj	Omejena zaloga vode, oprema nekalibrirana	Omejena oskrba z vodo	

5.2 ANALIZA POTENCIALNIH NAPAK IN NJIHOVIH POSLEDIC OZIROMA UČINKOV (FMEA: FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)

Ta metoda velja za enostavnejšo od metode HAZOP. Gre za analitično metodo in temelji na prepoznavanju možnih okvar oz. napak pri konstrukciji, proizvodnem ali montažnem procesu ali pa pri samem procesu oz. storitvi. Metoda nudi vpogled v področja, katera je potrebno posebej obravnavati in jim nameniti tudi več pozornosti. Za doseg čim boljšega rezultata je potrebno FMEA metodo izvesti v dovolj zgodni začetni fazi načrtovanja, razvoja in ga kasneje ponoviti na istem proizvodu ali procesu. Odpovedi oz. napake so pri metodi FMEA razdeljene glede na resnost njihovih posledic, pogostost pojavljanja in kako enostavno oz. težko jo lahko odkrijemo. FMEA pogosto predstavlja prvi korak študije zanesljivosti sistema. Pri tej analizi se upošteva odpoved le ene od komponent sistema, medtem ko se za ostale komponente smatra kot da delujejo brezhibno. Za preučevanje delovanja sistema se uporablja specifičen obrazec, ki vsebuje:

- **Identifikacija gradnika sistema:** Tukaj je opisan gradnik sistema.
- **Identifikacija funkcije gradnika:** Opis gradnika sistema glede na njegovo funkcijo, delovanje in pa stanje gradnika pri normalnem delovanju sistema.
- **Možni načini odpovedi gradnika sistema:** Tukaj so opisani vsi možni načini odpovedi oz. okvare nekega gradnika. Možne odpovedi oz. napake, ki so vključene v tem delu so tudi tiste, ki so posledice zunanjih vplivov.

- **Vpliv napak na druge gradnike sistema:** Tukaj definiramo kakšen vpliv ima nek gradnik na ostale komponente v sistemu (npr. izpad električnega toka povzroči, da vodne črpalke ne delujejo).
- **Vpliv napake na sistem:** Opis vpliva okvare določenega gradnika na celoten sistem. V tem delu moramo oceniti stanje sistema po nastopu okvare.
- **Korektivni ukrep:** Postopki oz. ukrepi, s katerimi lahko neko okvaro oz. njene posledice deloma ublažimo ali v celoti odpravimo.
- **Definiranje procesnih kontrol:** Opis ukrepov ali postopkov, ki se jih izvede za odpravo okvare in njenih posledic.
- **Določitev verjetnosti okvare in njenih posledic:** V tem stolpcu se oceni ali izračuna kolikšna je verjetnost za neko okvaro in njene posledice.
- **Rangiranje posledic okvar:** Okvare ki jih je potrebno prioritarno obravnavati določimo na podlagi izračunanega prioritarnega števila tveganja (RPN- Risk priority number) za posamezno okvaro oz. posledico.

Obliko in vsebino obrazca lahko prilagodimo glede na potrebe analize za določeno področje. Ta obrazec metode FMEA bomo aplicirali na vodovodni sistem Gora v občini Ajdovščina. Najbolj pogosto definiramo nevarnosti kot verjetnost nastopa nekega potencialnega nevarnega pojava v določenem časovnem intervalu in na nekem območju. Tveganje pa je definirano kot produkt verjetnosti nekega pojava in posledic oz. ranljivost zaradi pojava. V tej enačbi kaže ranljivost obnašanje nekega objekta pod vplivom nevarnosti in v zvezi s škodo oz. posledicami. Pri vodovodnem sistemu lahko pride do poškodb oz. motenega delovanja zaradi izpostavljenosti nevarnostim premalo ali celo neodpornih gradnikov oz. sestavnih delov vodovodnega sistema. Tukaj moramo nameniti posebno pozornost odjemalcem pitne vode, saj lahko posledice tudi ogrožajo človekovo zdravje. Ocena tveganja je pravzaprav metoda, s katero lahko razdelimo tveganja v bolj pomembna in manj pomembna tveganja. Za omenjen vodovodni sistem Gora moramo prepoznati vse nevarnosti, ki mu grozijo. Najprej moramo oceniti, kolikšna je verjetnost, da se bo nek izredni dogodek zgodil. Najboljša metoda za to je, da se uporabijo podatki iz preteklosti. Če teh podatkov nimamo, to verjetnost ocenimo. Vemo, da če se na nek dogodek pripravimo oz. smo ga že pričakovali, lahko zmanjšamo njegove posledice oz. jih ublažimo z ukrepi. Tako je nevarnost pojava odvisna od pogostosti in zmožnostjo zaznave (mišljeno v smislu monitoringa oz. nadzora). To odvisnost podaja spodnja enačba. [4]

$$N = P \times Z$$

Kjer so:

- N nevarnost pojava,
- P pogostost pojava,
- Z zmožnost zaznave,

V preglednici 3 so prikazane kategorije pogostosti in zmožnosti zaznave izrednega dogodka. Glede na kategorije pogostosti izrednega dogodka je podanih 6 kategorij. V kolikor je za nek izredni dogodek ugotovljena kategorija pogostosti 6, to pomeni, da se izredni dogodek »zgodí« vsaj enkrat v času od 1 meseca do pol leta. Enako število kategorij je podanih za kategorije zmožnosti zaznave. Če je za nek izredni dogodek prepoznana kategorija zmožnosti zaznave 6, pomeni, da je nadzorovanje posledic zaradi izrednega dogodka opravljeno manj kot 1-krat na 20 let. Če je npr. zmožnost zaznave spoznana kot kategorija 5, to pomeni, da je nadzorovanje posledic opravljeno npr. 1-krat na 10 let.

Preglednica 3-: Določitev kategorij pogostosti in zmožnosti zaznave izrednega dogodka

nevarnost				
POGOSTOST		ZMOŽNOST ZAZNAVE		
opis	kategorija	opis	kategorija	pojasnilo
od 1 meseca do pol leta	6	manj	6	manj kot 1-krat na 20 let
od pol leta do 1 leta	5	kontinuirano (10 letna raven)	5	1-krat na 4 leta do 1-krat na 20 let
od 1 leta do 10 let	4	kontinuirano (letna raven)	4	3-krat na leto do 1-krat na 3 leta
od 10 let do 50 let	3	kontinuirano (mesečna raven)	3	2-krat na mesec do 4-krat na leto
od 50 let do 100 let	2	kontinuirano (tedenska raven)	2	1-krat na dan do 3-krat na mesece
od 100 let naprej	1	kontinuirano	1	4-krat na dan do 1-krat na dva dni

Za vsak izredni dogodek lahko torej na podlagi pogostosti in zmožnosti zaznave določimo njegovo nevarnost, da se bo zgodil. Dobimo torej 36 možnih vrednosti za verjetnost pojava, ki so prikazane v naslednji preglednici.

Preglednica 4-: Nevarnosti izrednega dogodka

		pogostost P						
		od 100 let naprej	od 50 let do 100 let	od 10 let do 50 let	od 1 leta do 10 let	od pol leta do 1 leta	od 1 meseca do pol leta	
nevarnosti N		1	2	3	4	5	6	
zmožnost zaznave Z	kontinuirano	1	1	2	3	4	5	6
	kontinuirano (tedenska raven)	2	2	4	6	8	10	12
	kontinuirano (mesečna raven)	3	3	6	9	12	15	18
	kontinuirano (letna raven)	4	4	8	12	16	20	24
	kontinuirano (10 letna raven)	5	5	10	15	20	25	30
	manj	6	6	12	18	24	30	36

Dobimo štiri kategorije nevarnosti pojava, ki so označene z različnimi barvami in sicer z rdečo velika nevarnost, rumeno srednja nevarnost, zeleno majhna nevarnost in pa belo zelo majhna nevarnost pojava.

Preglednica 5-: Kategorija nevarnosti izrednega dogodka

NEVARNOST	KATEGORIJA	OZNAKA
velika	4	N4
srednja	3	N3
majhna	2	N2
zelo majhna	1	N1

S tem smo definirali nevarnost nekega dogodka. Sedaj moramo definirati še stopnjo posledic, ki jih dogodek povzroči. Pri tem se upošteva trajanje posledic oziroma čas in pa izpostavljenost oz. število končnih uporabnikov. Enako se lahko tako trajanje kot izpostavljenost določi iz preteklih izkušenj ali pa se ju oceni.

Preglednica 6-: Kategorije trajanja posledic izrednega dogodka in izpostavljenost končnih uporabnikov

Posledice			
Trajanje		Izpostavljenost glede na število oseb z moteno oskrbo	
Opis	Kategorija	Opis	Kategorija
od 1 tedna naprej	6	od 1000 naprej	6
od 3 dni do 1 tedna	5	od 500 do 1000	5
od 1 dneva do 3 dni	4	od 100 ljudi do 500 ljudi	4
od 12 ur do 1 dneva	3	od 50 ljudi do 100 ljudi	3
od 6 ur do 12 ur	2	od 10 do 50 ljudi	2
od 1 ure do 6 ur	1	od 1 človeka do 10 ljudi	1

Za vsak izredni dogodek moramo torej določiti njegovo trajanje kakor tudi izpostavljenost končnih uporabnikov. Izpostavljenost je odvisna od velikosti območja, ki ga vodovod oskrbuje oz. dela vodovodnega sistema, ki je prizadet, ko pa je trajanje odvisno seveda od reakcijskega časa upravljavca in zmožnosti odprave posledic izrednega dogodka. Iz preglednice 3, kjer so prikazane kategorije trajanja in izpostavljenosti se lahko posledice oz. stopnjo posledic izračuna kot:

$$C = T \times I$$

Kjer so:

C posledice pojava,

T čas oz. trajanje pojava,

I izpostavljenost uporabnikov.

Enako kot za stopnjo verjetnosti pojava dobimo 36 možnih vrednosti za stopnjo posledic izrednega dogodka. To prikazuje preglednica 6.

Preglednica 7-: Matrika posledic izrednega dogodka

Izpostavljenost I	Posledice	Trajanje					
		od 1 ure do 6 ur	od 6 ur do 12 ur	od 12 ur do 1 dneva	od 1 dneva do 3 dni	od 3 dni do 1 tedna	od 1 tedna naprej
		1	2	3	4	5	6
od 1 človeka do 10 ljudi	1	1	2	3	4	5	6
od 10 ljudi do 50 ljudi	2	2	4	6	8	10	12
od 50 ljudi do 100 ljudi	3	3	6	9	12	15	18
od 100 ljudi do 500 ljudi	4	4	8	12	16	20	24
od 500 do 100 ljudi	5	5	10	15	20	25	30
od 1000 naprej	6	6	12	18	24	30	36

Ponovno smo dobili štiri različne kategorije posledic izrednega dogodka. Rdeča barva pomeni zelo velike posledice, rumena velike posledice, zelena srednje velike posledice in pa bela barva majhne posledice.

Preglednica 8-: Kategorije posledic izrednega dogodka

POSLEDICE	KATEGORIJA	OZNAKA
zelo velike	4	C4
velike	3	C3
srednje	2	C2
majhne	1	C1

Na podlagi izračuna stopnje nevarnosti pojava izrednega dogodka in njegovih posledic se s pomočjo matrike tveganja ocenijo razredi tveganja, kot smo prikazali v preglednici 8.

Preglednica 9-: Matrika tveganja izrednega dogodka

Tveganje	C1	C2	C3	C4
N1	N1,C1	N1,C2	N1,C3	N1,C4
N2	N2,C1	N2,C2	N2,C3	N2,C4
N3	N3,C1	N3,C2	N3,C3	N3,C4
N4	N4,C1	N4,C2	N4,C3	N4,C4

Iz matrike tveganja izrednega dogodka lahko označimo tri stopnje oz. kategorije tveganja, ki jih prikazuje preglednica 9.

Preglednica 10-: Kategorije tveganja izrednega dogodka

Tveganje	Kategorija	Oznaka
veliko	3	R3
srednje	2	R2
majhno	1	R1

5.3 DOLOČEVANJE ŠTEVILA PRIORITETE TVEGANJA

Z uporabo podanih matrik za določitev stopnje tveganja za različne nevarne dogodke dobimo »grobo« sliko tveganja. Pomaga nam, da lahko izločimo tiste dogodke, ki predstavljajo minimalno oz. sprejemljivo tveganje. Na drugi strani pa dobimo število dogodkov, ki predstavljajo najvišjo stopnjo tveganja. Če dodatno naredimo izračun števila prioritete tveganja za vsak nevaren dogodek z najvišjo stopnjo tveganja, lahko razlikujemo med seboj bolj pomembna in manj pomembna tveganja. [4]

Število prioritete tveganja RPN določimo z množenjem posledic (C) in nevarnosti (N) po naslednji enačbi:

$$RPN = C \times N$$

Poleg RPN se izračuna tudi celotno število prioritete tveganja. Tako določimo s seštevanjem RPN za vse analizirane dogodke oz. nevarne pojave z najvišjo stopnjo tveganja t.i. $TRPN$ (Total risk priority number). Število prioritete tveganja RPN pravzaprav predstavlja oceno ogroženosti sistema in nam v veliki meri pomaga pri presoji preventivnih in korektivnih ukrepov. [4]

$$TRPN = RPN(1) + RPN(2) + \dots + RPN(n)$$

kjer so:

$TRPN$ Celotno število prioritete tveganja

$RPN(n)$ Število prioritete tveganja za izredni dogodek n ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

Zelo dobro orodje za natančno ponazoritev tveganja je Pareto diagram.

Z njim lahko dobro pokažemo razlike med posameznimi nevarnostmi in njihovimi posledicami. V prvem koraku moramo v preglednici prikazati rezultate ocene tveganja in na podlagi le teh izračunati njihov celotni in kumulativni delež. Celotni delež izračunamo kot delež RPN posamezne nevarnosti glede na $TRPN$:

$$C(x) = \frac{RPN(x)}{TRPN} \times 100,$$

kjer so:

$C(x)$ celotni delež,

$RPN(x)$ število prioritete tveganja za izredni dogodek x ,

$TRPN$ celotno število prioritete tveganja.

Kumulativni delež pa izračunamo po naslednji enačbi:

$$Kx(n) = RPN(x) + RPN(x-1) + RPN(x-n),$$

kjer so:

$Kx(n)$ kumulativni delež,

$RPN(x)$ število prioritete tveganja za dogodek x ,

n število tveganj v seznamu pred tveganjem x .

Analiza FMEA ima v globalu na koncu lahko različne koristi, ki vplivajo na izboljšanje samega videza izdelka, izboljšanje kakovosti procesa ter povečano varnost. Posredno vpliva tudi na večje zadovoljstvo potrošnikov. Najbolj pomembno pri analizi FMEA je pravzaprav njen prispevek k dopolnjevanju razvoja nadzornih načrtov, zahtev testiranja in optimalnega načrta vzdrževanja. [4]

6 OPIS VODOVODNEGA SISTEMA GORA

6.1 ZGODOVINA

Vodovodni sistem na Goro so gradile kar štiri države, Avstrija, Italija, Jugoslavija in Slovenija. Prvi vodovod na Goro so zgradili Avstrijci zaradi bližajoče se vojne in so pripravljali zaledno infrastrukturo. Kasneje so tako kot Avstrijci, tudi Italijani začeli razmišljati o oskrbi svojih vojakov in začeli z gradnjo drugega vodovoda na Goro. Ti so si izbrali povsem drugo traso. Vodovod so gradili iz izvira Hublja (218 metrov nadmorske višine) na Sinji Vrh (980 metrov nadmorske višine). Še danes so iz tega obdobja gradnje vodovoda ohranjeni podzemni rovi in rezervoarji. Ta vodovod se je začel graditi v letu 1937. Cevi, ki so jih uporabljali za vodovodni sistem, so bile litoželezne. V letu 1940 je bil ta vodovod dokončan, nadaljnja dela pa je preprečila vojna. Zanimivo je to, da ta vodovod med drugo svetovno vojno ni bil praktično nič poškodovan. Med letoma 1948 in 1956 so ta vodovod popolnoma demontirali in ga del odpeljali v Goriška Brda, del pa v Črno Goro. Sanje o vodovodnem sistemu so se od takrat naprej za prebivalce področja Gore za dolgo časa razblinile. Težave z vodo na Gori so skozi zgodovino v največji meri reševali vodnjaki. Bili pa so premajhni in že po krajšem sušnem obdobju je vode zmanjkalo. O vodovodu, kakršnega so imeli v Dolini, verjetno Gorjani niso niti sanjali, kaj šele razmišljali, da bi se dalo na ta način olajšati težko breme življenja na Gori (Mikuž, S., 1999, cit. po Černigoj, F. 2001). Šele leta 1988 je bila sprejeta odločitev o gradnji tretjega vodovodnega sistema na Goro. Gradnja je bila zelo zahtevna, predvsem zaradi same razgibanosti terena in je potekala v štirih fazah:

- 1.faza – izgradnja zajetja Skuk in črpališče,
- 2.faza – tlačni vod Skuk - Predmeja in vodohran Predmeja,
- 3.faza – primarni vod Predmeja - Col z vsemi spremljajočimi objekti,
- 4.faza – sekundarna omrežja na Predmeji, Otlici, Kovku, Gozdu in Žagoliču.

Leta 1989 je bilo zgrajeno zajetje Skuk nad cesto Lokavec – Predmeja. Izvir Skuk zagotavlja izredni čisto in kvalitetno vodo. Izdatnost izvira je okrog 17 l/s. Pod cesto pa je bilo zgrajeno črpališče z dieselskim agregatom. Tlačni vod premaguje višinsko razliko 426 m in oskrbuje z vodo vodohran, prostornine 200 m³. V spodnjem delu je tlačni vod zaradi visokega pritiska narejen v dolžini 991 m iz jeklenih cevi, s premerom 150 mm. V zgornjem delu pa iz litoželeznih cevi s posebnim sistemom spajanja. Oskrbovalni vod od vodohrana nad Predmejo do križišča v Predmeji, dolžine 218 m, je bil zgrajen istočasno s tlačnim vodom in ima cevi premera 200 mm. Zgrajen je bil tudi daljnovod 20 kV vse od Slokarjev do zajetja Skuk. Daljnovod zagotavlja zanesljivo, cenejše in ekološko prijaznejše napajanje črpalk za črpanje vode. Voda je v prve hiše pritekla ponovno šele v sredini leta 1999. Leto 2000 je bilo gradbeno zelo intenzivno. Dograjenega je bilo dobrih 10 km primarnega voda do Gozda. Vodovod je bil zgrajen za dolgoročno oskrbo z vodo za 1700 prebivalcev in 700 glav drobnice. Do

danes se je to število prebivalcev že povečalo čez 2000. Vodovod zagotavlja potrebno požarno varnost po celotnem območju trase. Domačije, ki ležijo višje od vodohranov, se oskrbujejo preko hidroforskih postaj. [5]

6.2 KONFIGURACIJA TERENA

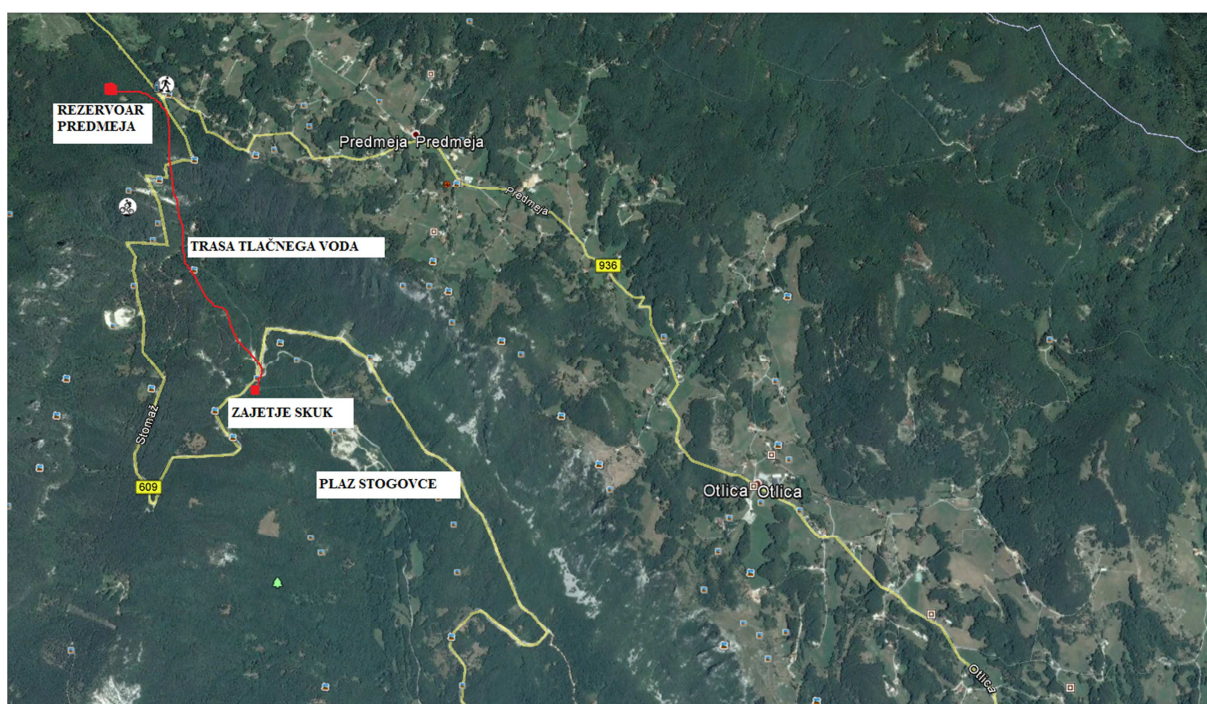
Vas Predmeja leži na povprečni koti 900 m. Gre za razloženo gorsko naselje, ki je razpotegnjeno 3 km v dolžino in okoli 1 km v širino. Hiše so večinoma postavljene ob cesti proti vasi Col. Najvišje ležeča kmetija, ki je oskrbovana z vodo, leži na koti okoli 1040 m. Taka konfiguracija terena je narekovala od Predmeje do Cola primarni cevovod s tlakom, ki dovoljuje oskrbo visokoležečih kmetij pretežno brez prečrpavanja. Nižjeležeči potrošniki pa so priključeni na primarni cevovod preko reducirnega ventila. Iz zajetja Skuk, ki se nahaja v Trnovskem gozdu na koti 529 m, se voda črpa do rezervoarja nad vasjo Predmeja na koto 960 m. Za tlačni vod so bile izbrane jeklene brezšivne cevi $\phi 219 \times 7,1$ mm (JUS C.B5.221), ki so stično varjene in v dolžino tvorijo 2200 m dolgo traso. [6]

6.3 OPIS TRASE TLAČNEGA CEVOVODA OD ZAJETJA SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA

Trasa poteka od zajetja Skuk levo ob poti do ceste Ajdovščina – Predmeja, jo prečka in nadaljuje nad opuščenim kamnolomom po kolovozni poti. Potem se trasa nadaljuje po strugi potoka in se kasneje strmo vzpne še vedno po bivši trasi nekdanjih položnih vodovodnih cevi, katere je v letu 1916 položila tedanja avstroogrška vojska za potrebe soške fronte. Trasa nadaljuje vse do križišča cest za Lokve in Col in se od spomenika Ressleru, ki je znan kot izumitelj ladijskega vijaka, vzpne do rezervoarja Predmeja, skupaj s traso za glavni oskrbovalni vod proti vasi Predmeja. Geodetska višina, ki jo mora premagati tlačni vod je 434 m. V črpalnici notranje tlorisne površine $10,71 \times 5$ m je poleg glavnega prostora za namestitev črpalk in tlačne posode, tudi prostor za jeklenke, prostor za kloriranje in sanitarije ter poglobljeni del za namestitev cevnih prevezav sesalnega in tlačnega voda. Za pokrivanje potrošnje skladno z upravljavcem vodovoda so uporabljene 3 centrifugalne večstopenjske črpalke s karakteristiko $Q = 7,8 - 8$ l/s. Delovanje črpalk je uravnavano z nivojem vode v zbiralniku z vsebino 50 m^3 in rezervoarjem vode Predmeja s prostornino 500 m^3 . Dnevno je potrebno prečrpati 801300 litrov vode. Zato je predvideno 12-urno črpanje črpalk. [6]



Slika 2:- Prikaz reliefa površja, kjer poteka trasa tlačnega voda



Slika 3:- Prikaz trase tlačnega voda iz zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja

6.4 KLOORIRANJE VODE

Po kvaliteti voda ustreza normam za zdravo pitno vodo, zato kloriranje vode ni predvideno. Za potrebe kloriranja v prihodnosti pa je v črpalnici predviden prostor s posebnim vhodom za skladiščenje jeklenk. [6]

6.5 REZERVOAR PREDMEJA

Rezervoar je postavljen na strmem in stabilnem severovzhodnem pobočju Čavna s koto pretoka 960 m. Tla tvorijo površinsko prepereli sloji dolomita. Objekt je sestavljen iz armaturne in vodne celice. Notranja tlorisna površina armaturne celice pravokotne oblike znaša $4,20 \times 3,60$ m in vodne celice okrogle oblike s premerom 12,40 m. V armaturno celico je speljana tlačna cev $\phi 200$ mm. Izpust praznotoka je speljan do mulde ob cesti asfaltnega cestišča v Lokve. [6]

7 OPIS PROBLEMATIKE TLAČNEGA VODA OD ZAJETJA SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA

V diplomski nalogi smo po opisani metodi FMEA naredili oceno tveganja v primeru izrednih dogodkov, ki bi lahko ogrozili delovanje oziroma distribucijo vode iz zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja. Kot prvo smo si ogledali celotno traso tlačnega voda, zajetje Skuk in rezervoar Predmejo. S posvetovanjem z upravljavcem vodovodnega sistema Gora in drugih tam živečih ljudi smo prepoznali 20 izrednih dogodkov, ki bi lahko ogrozili delovanje vodovodnega sistema. Pri oblikovanju registra tveganj smo ugotovili, da je problematično nemoteno delovanje črpališča v zajetju Skuk, kakor tudi sama kvaliteta vode (sabotaža). V spodnji preglednici so prikazani vsi izredni dogodki, ki bi lahko povzročali visoko tveganje.

Preglednica 11-: Prepoznana tveganja za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja

št. tveganja	objekt	sestavni del	nevarnost	izredni dogodek	posledice
T1	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	usahni tev vodnega vira	veliko sušno obdobje, edini vodni vir usahne	1700 prebivalcev brez pitne vode
T2	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	izdatnost vodnega vira močno pade	sušno obdobje	nezadostna količina vode
T3	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	tladne črpalke	nizke temperature žled	izpad elektrike, črpalice ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja
T4	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	tladne črpalke	tehnične okvare električnega omrežja	izpad elektrike, črpalice ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja
T5	zajetje Skuk	vodohran Skuk	onesnaženje nadzorovanih voda,	sabotaža	boljezi, smrtne žrtve
T6	zajetje Skuk	elementi za črpanje pitne vode	tehnične okvare električnega omrežja	(kerni rezervoarja vira elektrike se uporablja agregati) Pri pretekanju naftne aride do razlitja	motena dobava pitne vode, onesnaženje naravnostriženega okolja
T7	vodovod od zajetja Skuk do VH Predmeja	tladne cavi	poškodbe cavi	potres (območje 8. stopnje nevarnosti potresa)	motena dobava pitne vode in onesnaženost pitne vode
T8	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	strojne napeljave	udar strele	izpad elektrike, črpalice ni v delovanju	motena dostava pitne vode
T9	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	strojne napeljave	požar	izpad elektrike, črpalice ni v delovanju	motena dostava pitne vode
T10	zajetje Skuk	plinski klor	patogeni organizmi odporni proti dezinfekcijskemu sredstvu	pristotnost patogenih organizmov	Patogeni organizmi v dezinficirani vodi, boljezi
T11	zajetje Skuk	tladne črpalke	nečistode v bazenu	zamašitev tladne črpalke	moteno črpanje vode v vodohran
T12	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	divja odlagalniška odpadkov na področju prispevnega območja vodnega zajetja (organski, kemični odpadki)	onesnaženje vode z raznimi kemikalijami ali patogenimi organizmi
T13	vodohran Predmeja	vodna celica	onesnaženje pitne vode v vodni celici	Zaradi netesnosti vodohrana kot objekta pride do vdora mrčesa, nabiranje kondenzata na stenah in posledično odpadanje ometa	kvaliteta vode se poslabša
T14	vodohran Predmeja	celoten objekt	poškodbe na objektu ali opremi, onesnaženje pitne vode	vandalizem	onesnaženje vode z raznimi kemikalijami ali patogenimi organizmi
T15	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	industrijski izpus kemijskih onesnažil v območje vodnega zajetja	onesnaženje vode z raznimi kemikalijami ali patogenimi organizmi
T16	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	prometna nesreča v območju prispevnega območja vodnega zajetja, razlitje bencina, nafte ali drugih kemikalij	onesnaženje vode s strupenimi kemikalijami
T17	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	zaradi preobitnih padavin pride do izpiranja peska, zemljin ali pa drugih onesnaževal na dodatek zajetja	onesnaženje vode (strupene kemikalije, patogeni organizmi) ali pa samo kalnost vode
T18	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	visokonapectostni kablil	pretrg visokonapectostnih kablilov	potres (območje 8. stopnje nevarnosti potresa)	pretrg visokonapectostnega kabla, črpanje vode se ustavi
T19	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	celotno omrežje z vsemi stebri	porušitev stebov in posledično pretrg Vnkablilov	plaz	pretrg visokonapectostnega kabla, črpanje vode se ustavi
T20	daljnovid in transformatorska postaja Skuk	visokonapectostni kablil	pretrg visokonapectostnih kablilov	močan veter povzroči padec drevesa čez daljnovid	pretrg visokonapectostnega kabla, črpanje vode se ustavi

Na podlagi vprašalnika, ki sem ga naslovil upravljavcu vodovodnega sistema, smo dobili podatke iz katerih smo lahko za vsak izredni dogodek določili kategorijo tveganja glede na preglednico 10. V vprašalniku nas je zanimalo za vsak izredni dogodek kategorija zmožnosti zaznave in kategorija pogostosti izrednega dogodka.

Primer:

- Objekt: Zajetje Skuk,
- Sestavni del: Vodohran Skuk,
- Nevarnost: Onesnaženje nadzorovanih voda,
- Izredni dogodek: Sabotaža,
- Posledice: bolezni, smrtne žrtve,
- Kako pogosto izvajate nadzor kakovosti in onesnaženosti pitne vode? Npr. meritve kakovosti pitne vode in onesnaženosti delate enkrat letno, torej je to kategorija detekcije 4 (preglednica 3).

Kako pogosto v preteklosti ste ugotovili pri nadzorovanju kakovosti in onesnaženosti pitne vode, da voda ne ustreza oz. ni pitna? Npr. voda še nikoli ni bila onesnažena, torej je to kategorija pogostosti izrednega dogodka od 100 let naprej (preglednica 3).

Kako pogosto izvajate nadzor kakovosti in onesnaženosti pitne vode? Npr. meritve kakovosti pitne vode in onesnaženosti delate enkrat letno, torej je to kategorija detekcije 4!

8 REGISTER TVEGANJ IN ŠTEVILO PRIORITETE TVEGANJ ZA VODOVOD GORA

8.1 REGISTER TVEGANJ

Iz podatkov, ki smo jih pridobili z izpolnjenim vprašalnikom smo v skladu z obrazcem metode FMEA izračunali kategorije tveganj za vsak nevarni dogodek posebej. Rezultati so pokazali, da kar 10 izrednih dogodkov od 20 spada v najvišjo kategorijo tveganja glede na preglednico 10. Register tveganj in izračun tveganj je v celoti prikazan v prilogi. V spodnji preglednici pa je prikazan le del registra tveganj za deset izrednih dogodkov, ki bi lahko povzročali visoko tveganje.

Preglednica 12-: Izsek iz registra tveganj za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja [7]

Št. tveganja	objekt	sestavni del	nevarnost	izredni dogodek	posledice	kategorijska zmožnosti zaznave	kategorijska pogostosti	kategorijska nevarnosti	kategorijska trajanja posledic	kategorijska izpostavljenosti	kategorijska posledic izrednega	kategorijska tveganja izrednega
T11	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	usahničev vodnega vira	veliko sušno obdobje, edini vodni vir usahne	1700 prebivalcev brez pitne vode	6	1	N2	6	6	C4	R3
T12	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	izdatnost vodnega vira	sušno obdobje	nezadostna količina vode	6	1	N2	6	6	C4	R3
T13	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	tlačne črpalke	nižje temperature žled	izpad elektrike, črpalke ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja	5	5	N3	6	6	C4	R3
T14	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	tlačne črpalke	tehnične okvare električnega omežja	izpad elektrike, črpalke ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja	4	4	N3	3	4	C2	R2
T15	zajetje Skuk	vodohran Skuk	onesnaženje nadzorovanih voda,	sabotaža	bolezni, srčne žrve	3	4	N2	6	6	C2	R3
T16	zajetje Skuk	elementi za črpanje pitne vode	tehnične okvare električnega omežja	(Ker ni rezervnega vira elektrike se uporablja agregat) Pri	motena dobava pitne vode, onesnaženje naravovarstvenega okolja	4	3	N2	1	3	C1	R1
T17	vodovod od zajetja Skuk do VH Predmeja	tlačne cevi	poškodbe cevi	potres (območje 8. stopnje nevarnosti potresa)	motena dobava pitne vode in onesnaženost pitne vode	4	2	N2	6	6	C4	R3

8.2 DOLOČITEV ŠTEVIL PRIORITETE TVEGANJA (RPN) ZA IZREDNE DOGODKE Z NAJVIŠJO STOPNJO TVEGANJA

V skladu z metodo FMEA smo za vsak izredni dogodek z najvišjo stopnjo tveganja določili še prioriteto število tveganja. Izračun števila prioritete tveganja za vsak izredni dogodek najvišje stopnje tveganja je pokazal razlike v tveganju med desetimi nevarnimi dogodki (preglednica 13). Izračunano je bilo tudi celotno število prioritete tveganja *TRPN*.

Preglednica 13-: Izračun števila prioritete tveganja za izredne dogodke z najvišjo stopnjo tveganja

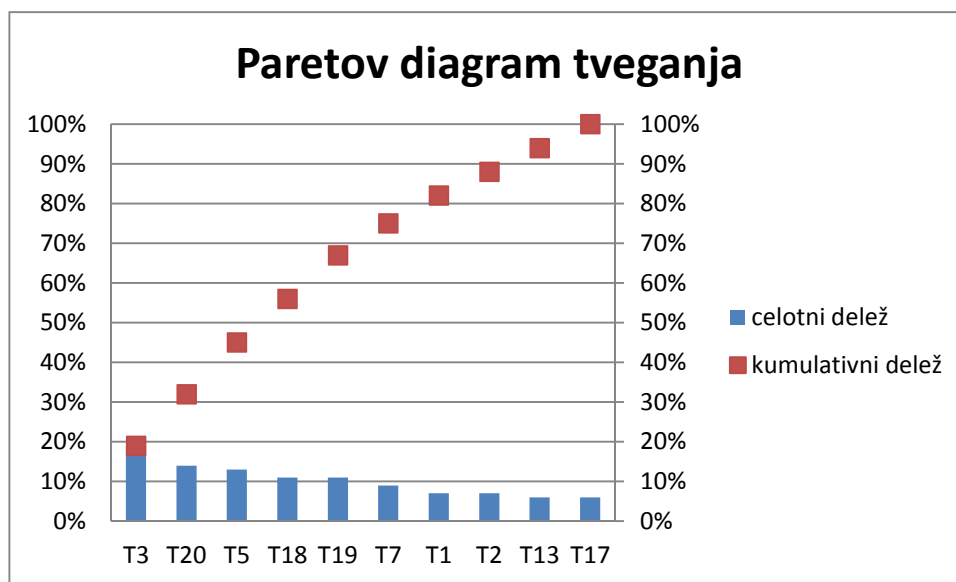
TVEGANJE	NEVARNOST		POSLEDICE		RPN
	ZMOŽNOST ZAZNAVE	POGOSTOST	TRAJANJE	IZPOSTAVLJENOST	
T1	6	1	6	6	216
T2	6	1	6	6	216
T3	5	5	6	6	625
T5	3	4	6	6	432
T7	4	2	6	6	288
T13	4	6	2	4	192
T17	2	4	4	6	192
T18	4	3	5	6	360
T19	4	3	5	6	360
T20	4	4	5	6	480
TRPN					3361

Iz preglednice 13 lahko razberemo, da največji delež tveganja izmed 10 najvišjih tveganj predstavlja izredni dogodek 3. To rangiranje tveganj je predvsem uporabno, kadar smo pri določevanju ukrepov finančno omejeni. Za izračun deleža stopnje tveganja posameznega izrednega dogodka in prikaz slike tveganja na Paretovem diagramu, je potrebno izračunati še za vsak izredni dogodek celotni in kumulativni delež. Pred izračunom moramo števila prioritete tveganja razdeliti od največjega do najmanjšega (preglednica 14).

Preglednica 14-: Izračun celotnega in kumulativnega deleža tveganj z najvišjo stopnjo tveganja

TVEGANJE	RPN	CELOTNI DELEŽ (%)	KUMULATIVNI DELEŽ (%)
T3	625	19	19
T20	480	14	32
T5	432	13	45
T18	360	11	56
T19	360	11	67
T7	288	9	75
T1	216	7	82
T2	216	7	88
T13	192	6	94
T17	192	6	100
TRPN	3361	100	-

Rezultate izračuna celotnega in kumulativnega deleža smo prikazali v Paretovem diagramu, ki je prikazan v grafikonu 1.



GRAFIKON 1- Pareto diagram za oceno tveganja za traso tlačnega voda od zajetja Skuk do rezervoarja Predmeja

Iz Paretovega diagrama lahko ugotovimo, da skoraj 20 % vsega tveganja predstavlja izredni dogodek 3, to je izpad elektrike in posledično nedelovanje črpalnišča. Nevarnost, ki bi lahko pripeljala do tega dogodka, je pojav žledu zaradi nizkih temperatur. Na podlagi te ugotovitve lahko upravljavec določi korektivne ukrepe s katerimi lahko zmanjša ali celo odpravi tveganje, ki ga povzroča izredni dogodek 3.

9 KOMENTAR REZULTATOV OCENE TVEGANJA IN PREDLAGANJE PREVENTIVNIH UKREPOV

Glede na rezultate ocene tveganja, sta najbolj problematična izredna dogodka, ki sta povezana z daljnovodom in transformatorsko postajo Skuk. Visoko tveganje je pokazal izredni dogodek močnega vetra, ki bi lahko povzročil padec drevesa čez visokonapetostni kabel in tako povzročil pretrg le tega in izredni dogodek, ki je povezan z nevarnostjo nastanka žledu zaradi nizkih temperatur. Že ob ogledu vodovodnega sistema Gora, smo pa lahko opazili kako blizu trase daljnovoda se je zgodil plaz Stogovce. To lahko predstavlja hud problem vodovodnemu sistemu Gora. Ob podrtju samo enega stebra daljnovoda, bi lahko odjemalci vode čutili velike posledice pri oskrbovanju z vodo. Predlagana bi bila lahko nova trasa daljnovoda, ki bi se v večji meri izognila območju plazu Stogovce, poleg tega pa bi morala biti trasa daljnovoda vsaj na vsakih 5 let očiščena v smislu redčenja gozdu ob trasi daljnovoda, pregledana pa vsaj enkrat letno. V povezavi z nevarnostjo nastanka žledu zaradi nizkih temperatur je predlagan ukrep odtaljevanja vodnikov. Električne rešitve taljenja lednih oblog temeljijo na segrevanju vodnikov. Teoretično se da to rešiti s fizičnim opazovanjem daljnovodov in vremenskih razmer ali pa z montažo posebnih žlednih detektorjev, ki preko radijskih zvez signalizirajo pojav dodatnega bremena na vodnikih. Praktična uporaba metode taljenja vodnikov pa zahteva dobro predpripravo procesa taljenja, ki vsebuje tudi točna navodila in postopke ravnanja, namenjene vzdrževalnemu in distribucijskemu osebju. [8]

Visoko tveganje tudi povzroča izredni dogodek 5, kar predstavlja sabotazo. Mislim, da se v današnjem času premalo zavedamo, kako hude posledice bi lahko povzročil nekdo s sabotazo. Vodna zajetja in vodohrani so glede dostopnosti ljudi premalo zaščiteni. V tem primeru je predlagana vzpostavitev videonadzora okoli vodnega zajetja Skuk in okoli vodohrana Predmeja.

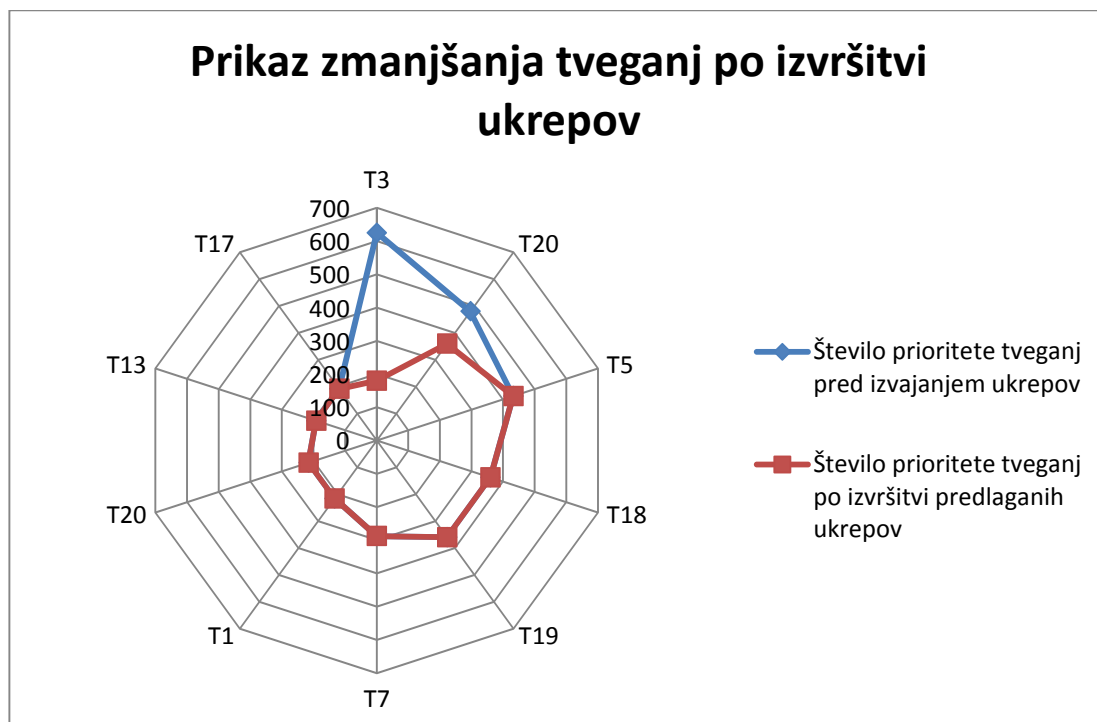
Zaradi tveganj T1 in T2, ki sta povezana z daljšim obdobjem suše, je predlagan ukrep s postavitvijo dodatnega rezervoarja v vodohranu Predmeja, ki bi lahko hranil v takih primerih večjo količino vode za dalj časa, vendar pa to lahko hkrati predstavlja negativni ukrep, saj z zastajanjem vode njena kvaliteta pada.

Najmanjši delež tveganja predstavljata T13 in T17. T13 predstavlja izredni dogodek vdiranja mrčes v vodohran, nabiranje kondenza in odpadanje ometa. V tem primeru je predlagano kontinuirano vzdrževanje vodohrana Predmeja.

V spodnji preglednici (preglednica 15) je prikazan ponovni izračun *RPN* in *TRPN* po realizaciji dveh ukrepov (nova trasa daljnovoda, čiščenje in redčenje gozdu ob trasi na vsakih 5 let in pregled trase enkrat letno), ki zadevata tveganji najvišje stopnje. V grafikonu 2 sem prikazal vpliv teh dveh ukrepov na zmanjšanje tveganja.

Preglednica 15-: Ponovni izračun RPN in TRPN po izvršenih predlaganih ukrepih za tveganji T3 in T20

TVEGANJE	RPN	CELOTNI DELEŽ (%)	KUMULATIVNI DELEŽ (%)
T5	432	16	16
T18	360	13	29
T19	360	13	42
T20	360	13	55
T7	288	11	66
T1	216	9	75
T13	192	7	82
T17	192	7	89
T3	180	7	96
T20	120	4	100
TRPN	2700	100	



GRAFIKON 2- Prikaz zmanjšanja tveganja po izvršitvi predlaganih ukrepov

V grafikonu 2 lahko vidimo, kako se je na podlagi dveh ukrepov (nova trasa daljnovoda in čiščenje trase daljnovoda na vsakih 5 let ter pregled trase vsako leto) delež tveganj z najvišjo stopnjo zmanjšal. Če ocenimo procentualno, za koliko se je zmanjšal delež tveganja (na podlagi TRPN pred ukrepoma in TRPN po izvršenima ukrepoma), ugotovimo, da skoraj za 20%.

10 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bila ocenitev ranljivosti infrastrukturnih objektov vodovodnega sistema Gora. V prvem delu naloge sta bili opisani dve obstoječi metodi ocene tveganja, ki služijo kot podpora sprejemanju odločitev ukrepov. Običajno upravljavcem za natančnejše statistične analize manjka zadostno število podatkov, zato je bila v tem primeru izbrana metoda FMEA (Failure Mode, Effect Analysis). Prepoznavanje nevarnosti in ocena tveganja je bila zato izdelana na podlagi obstoječih podatkov in preteklih izkušenj. Skupno je bilo prepoznanih 20 tveganj, ki zadevajo tako količino pitne vode, kot tudi kakovost. Kot najbolj ogrožen del vodovodnega sistema, tako količinsko kot kakovostno, je bila izpostavljena trasa tlačnega cevovoda zajetje Skuk – rezervoar Predmeja. Ugotovljeno je bilo 10 najbolj kritičnih tveganj, ki bi lahko povzročila težave pri delovanju tlačnega cevovoda. Poleg matrike tveganja so bila na podlagi izračuna prioritete števila tveganja (*RPN*) različna tveganja rangirana na tista, ki so bolj pomembna in tista, ki so manj pomembna. Predlagana je bila uporaba Paretovega diagrama, ki je izdelan prav na podlagi izračuna števila prioritete tveganja. Na koncu so predlagani tudi preventivni ukrepi, s katerim bi lahko v veliki meri zmanjšali tveganje ali ga celo odpravili. Glede na rezultate ocene tveganja je v največji meri kritičen daljnovod do transformatorske postaje Skuk, ki napaja črpališče z električno energijo. Predlagana sta dva ukrepa, ki zadevata najvišje tveganje. Prvi ukrep, ki bi preprečil nastanek žledu, je odtaljevanje vodnikov, drugi ukrep, ki bi preprečil podrtje drevesa čez visokonapetostni kabel, pa je čiščenje in redčenje gozdu ob trasi daljnovoda. Zaradi bližine plazu Stogovce, kjer poteka trasa daljnovoda, se predlaga tudi prestavitev trase daljnovoda, ki bi se izognila območju plazu.

VIRI

- [1] Uhan J., Krajnc M. Podzemna voda.
http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Vodno_bogastvo_5podzeme_vode.pdf (Pridobljeno 04.09.2014)
- [2] Đurović B., Mikoš M. 2006. Ali smo ogroženi kadar tvegamo? Pojmi in izrazje teorije tveganj zaradi naravnih, geološko pogojenih nevarnosti. GEOLOGIJA 49/1, str: 151-161
- [3] Clayton C. R. I. 2001. Managing geotechnical risk. London, University of Southampton: 80 str.
- [4] Ulčar M. 2011. Celovito upravljanje s tveganjem pri oskrbi s pitno vodo. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Ulčar): 88f
- [5] Černigoj F. 2001. Mati Gora: Zbornik o Gori, Gorjankah in Gorjanih
- [6] Komunalno cestna skupnost Ajdovščina. 1989. Lokacijske osnove.
- [7] Wikipedia. Failure mode and effects analysis.
http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis (Pridobljeno 04.09.2014)
- [8] Zadnik B. 2006. Fenomen žleda in njegov vpliv na objekte za prenos električne energije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 55 str.

PRILOGA A: REGISTER TVEGANJ ZA TLAČNO TRASO VODOVODA GORA OD ZAJETJA SKUK DO REZERVOARJA PREDMEJA

št.tveganja	objekt	sestavni del	nevarnost	izredni dogodek	posledice	kategorija zmožnosti zaznave	kategorija pogostosti	kategorija nevarnosti	kategorija trajanja posledic	kategorija izpostavljenost i	kategorija posledic izrednega dogodka	kategorija tveganja izrednega dogodka
T1	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	usahnitev vodnega vira	veliko sušno obdobje, edini vodni vir usahne	1700 prebivalcev brez pitne vode	6	1	N2	6	6	C4	R3
T2	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	izdatnost vodnega vira močno pade	sušno obdobje	nezadostna količina vode	6	1	N2	6	6	C4	R3
T3	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	tlačne črpalke	nizke temperature-žled	izpad elektrike, črpališče ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja	5	5	N3	6	6	C4	R3
T4	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	tlačne črpalke	tehnične okvare električnega omrežja	izpad elektrike, črpališče ni v delovanju	1700 prebivalcev brez pitne vode, dostava vode v vodohran Predmeja	4	4	N3	3	4	C2	R2
T5	zajetje Skuk	vodohran Skuk	onesnaženje nadzorovanih voda,	sabotaža	bolezni, smrtne žrtve	3	4	N2	6	6	C2	R3
T6	zajetje Skuk	elementi za črpanje pitne vode	tehnične okvare električnega omrežja	(Ker ni rezervnega vira elektrike se uporablja agregat) Pri pretakanju nafte pride do razlitja	motena dobava pitne vode, onesnaženje naravovarstvenega okolja	4	3	N2	1	3	C1	R1
T7	vodovod od zajetja Skuk do VH Predmeja	tlačne cevi	poškodbe cevi	potres (območje 8. stopnje nevarnosti potresa)	motena dobava pitne vode in onesnaženost pitne vode	4	2	N2	6	6	C4	R3
T8	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	strojne napeljave	udar strele	izpad elektrike, črpališče ni v delovanju	motena dostava pitne vode	4	3	N2	2	3	C2	R1
T9	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	strojne napeljave	požar	izpad elektrike, črpališče ni v delovanju	motena dostava pitne vode	4	1	N2	2	4	C2	R1
T10	zajetje Skuk	plinski klor	patogeni organizmi odporni proti dezinfekcijskemu sredstvu	pristotnost patogenih organizmov	Patogeni organizmi v dezinficirani vodi, bolezni	3	4	N2	2	6	C2	R1
T11	zajetje Skuk	tlačne črpalke	nečistoče v bazenu	zamašitev tlačne črpalke	moteno črpanje vode v vodohran	2	6	N2	1	6	C2	R1
T12	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	divja odlagališča odpadkov na področju prispevnega območja vodnega zajetja (organski, kemični odpadki)	onesnaženje vode z različnimi kemikalijami ali patogenimi organizmi	4	2	N2	3	2	C2	R1
T13	vodohran Predmeja	vodna celica	onesnaženje pitne vode v vodni celici	Zaradi netesnosti vodohrana kot objekta pride do vdora mrčesa, nabiranje kondenza na stenah in posledično odpadanje ometa	kvaliteta vode se poslabša	4	6	N4	2	4	C2	R3
T14	vodohran Predmeja	celoten objekt	poškodbe na objektu ali opremi, onesnaženje pitne vode	vandalizem	onesnaženje vode z različnimi kemikalijami ali patogenimi organizmi	3	4	N2	2	6	C2	R1
T15	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	industrijski izpust kemijskih onesnažil v območje vodnega zajetja	onesnaženje vode z različnimi kemikalijami ali patogenimi organizmi	4	3	N2	3	6	C3	R2
T16	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	prometna nesreča v območju prispevnega območja vodnega zajetja, razlitje bencina, nafte ali drugih kemikalij	Onesnaženje vode s strupenimi kemikalijami	2	3	N2	2	6	C2	R1
T17	zajetje Skuk	prispevno območje vodnega zajetja	onesnaženje prispevnega območja vodnega zajetja	zaradi preobilnih padavin pride do izpiranja peska, zemljine ali pa drugih onesnaževal na področje zajetja	onesnaženje vode (strupene kemikalije, patogeni organizmi) ali pa samo kalnost vode	2	4	N2	4	6	C4	R3
T18	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	visokonapetostni kabli	pretrg visokonapetostnih kablov	potres (območje 8. stopnje nevarnosti potresa)	pretrg visokonapetostnega kabla, črpanje vode se ustavi	4	3	N2	5	6	C4	R3
T19	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	celotno omrežje z vsemi stebri	porušitev stebrov in posledično pretrg VN kablov	plaz	pretrg visokonapetostnega kabla, črpanje vode se ustavi	4	3	N2	5	6	C4	R3
T20	daljnovod in transformatorska postaja Skuk	visokonapetostni kabli	pretrg visokonapetostnih kablov	močan veter povzroči padec drevesa čez daljnovod	pretrg visokonapetostnega kabla, črpanje vode se ustavi	4	4	N3	5	6	C4	R3