

# Kvaliteta prijenosnog signala preko svjetlovodne mreže

---

Sokač, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:899546>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

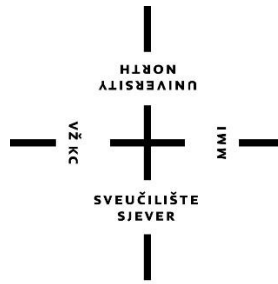
Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

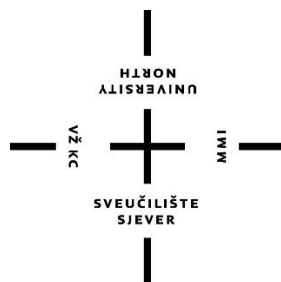
Završni rad br. 366/EL/2015

## Kvaliteta prijenosnog signala preko svjetlovodne mreže

Nikola Sokač, 1150/601

Varaždin, veljača 2016. godine





# **Sveučilište Sjever**

**Odjel za elektrotehniku**

**Završni rad br. 366/EL/2015**

## **Kvaliteta prijenosnog signala preko svjetlovodne mreže**

**Student**

Nikola Sokač, 1150/601

**Mentor**

doc.dr.sc. Emil Dumić

Varaždin, veljača 2016. godine



## **Sažetak:**

Tema ovog završnog rada je *Kvaliteta prijenosnog signal preko svjetlovodne mreže*. Rad se bavi opisivanjem i mjerenjem svjetlovodne mreže uz osvrt na kvalitetu. Prvi i drugi dio opisuju arhitekturu i elemente svjetlovodne mreže na našem području. Proračun gubitka signala i mjerenja na instalacijama dokazuju kvalitetu izvedbe svjetlovodne mreže. Rezultat ovoga rada je na ukazivanje prednosti koje nudi svjetlovodna mreža u odnosu na današnje bakrene parice ili bežične prijenose i to u zadnjem dijelu petlje koja dolazi do krajnjeg potrošača. Današnji telekomunikacijski prijenos lagano zastarijeva, te je potrebno što brže okrenuti se prema svjetlovodnome prijenosnom sustavu koji je već godinama vrlo malo iskorišten.

## **Ključne riječi:**

- Svjetlovodni prijenosni sustav
- Pasivna optička mreža
- Multipleksiranje po valnim duljinama
- Optički sprežnik
- Aktivna i pasivna oprema

## **Abstract:**

The theme of this final work is the quality of signal transmission over fiber optic networks. The work deals with the description and measurement of optical network with reference to quality. The first and the second part describe the architecture and elements of the fiber optic network in our area. The calculation of loss of signal and the measuring of the installations prove the quality of the performance of the optical network. The result of this work is to point out the advantages offered by fiber optic network in relation to today's twisted pair copper wire or wireless transmissions and that on the last part which comes to the final consumer. Today's telecommunications transmission is slowly becoming obsolete and because of this it is a need to turn as quickly as possible to the optical transmission system which has been very little used yet.

## **Key words:**

- Optical transmission system
- Passive optical network
- Wavelength division multiplexing
- Optical splitter
- Active and passive equipment

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|                             |  |              |                      |
|-----------------------------|--|--------------|----------------------|
| ODJEL                       | Odjel za elektrotehniku  |              |                      |
| PRISTUPNIK                  | Nikola Sokač   | MATIČNI BROJ | 1150/601             |
| DATUM                       | 27.11.2015.  | KOLEGIJ      | Osiguranje kvalitete |
| NASLOV RADA                 | Kvaliteta prijenosnog signala preko svjetlovodne mreže   |              |                      |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Signal quality in optical networks   |              |                      |
| MENTOR                      | Emil Dumić   | ZVANJE       | docent               |
| ČLANOVI POVJERENSTVA        | 1. Dunja Srpak, dipl.ing.el. - predsjednica povjerenjstva<br>2. mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.el. - član<br>3. doc. dr. sc. Emil Dumić - član<br>4. _____<br>5. _____ |              |                      |

## Zadatak završnog rada

|      |   |
|------|---|
| BROJ | 366/EL/2015   |
| OPIS | <p>U zadatku završnog rada s ciljem osiguranja kvalitete potrebno je objasniti svjetlovodnu mrežu. Funkcionalno opisati sastavne elemente svjetlovodne mreže. Nabrojiti i opisati tehnološki razvoj prijenosnog signala svjetlovodima. Napraviti proračun gubitaka signala kod izgradnje svjetlovodne mreže. Opisati program kontrole kvalitete kod izrade projekta svjetlovodne mreže. Objasniti i nabrojiti ITU-T (International Telecommunication Union) standarde. Napraviti mjerenja i izraditi dokumentaciju svjetlovodnih kabela uz opis mjernih instrumenata. Napraviti analizu na užem području grada Čakovca kod pojave grešaka na svjetlovodnom i bakrenom prijenosnom sustavu.</p> <p>U radu je potrebno:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- objasniti pasivnu svjetlovodnu mrežu i vrste izvedbi</li><li>- opisati elemente svjetlovodne mreže</li><li>- opisati sadržaj programa kontrole kvalitete</li><li>- opisati ITU-T standarde uz primjene korištenja</li><li>- opis ispitivanja svjetlovodne instalacije, te mjerne instrumentacije</li><li>- analiza grešaka signala za dva različita prijenosna medija uz osvrt na kvalitetu</li></ul> |

ZADATAK URUČEN

29.01.2016.



POTPIS MENTORA

Emil Dumić





IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, NIKOLA SOKAČ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KVALITETA PREDENOSNOG SIGNALA PREKO SVJETLOVODNE PREČE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikola Sokač  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, NIKOLA SOKAČ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KVALITETA PREDENOSNOG SIGNALA PREKO SVJETLOVODNE PREČE (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikola Sokač  
(vlastoručni potpis)

## Sadržaj:

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | UVOD.....  | 1  |
| 2.     | PASIVNA OPTIČKA MREŽA (PON).....   | 3  |
| 2.1.   | Point to Point Fiber (Svjetlovod od točke do točke).....                         | 3  |
| 2.2.   | Izvedbe pasivne optičke mreže .....  | 4  |
| 2.3.   | Multipleksiranje po valnim duljinama (WDM) .....                                 | 5  |
| 2.4.   | Gubitak snage u svjetlovodnim sustavima.....                                     | 9  |
| 2.4.1. | Proračun ukupnog svjetlovodnog slabljenja za $\lambda = 1310$ nm .....           | 10 |
| 2.4.2. | Proračun ukupnog svjetlovodnog slabljenja za $\lambda = 1550$ nm .....           | 11 |
| 3.     | ELEMENTI SVJETLOVODNE MREŽE.....   | 14 |
| 3.1.   | Svjetlovodni kabeli.....   | 14 |
| 3.2.   | Konektori.....   | 17 |
| 3.3.   | Sprežnik (Splitter) .....  | 19 |
| 3.4.   | Spojnice.....  | 19 |
| 3.5.   | Zdenci i cijevi.....   | 20 |
| 3.6.   | Razdjelnici i priključni ormari .....  | 21 |
| 3.7.   | Aktivna oprema .....   | 22 |
| 4.     | PROGRAM KONTROLE KVALITETE.....  | 24 |
| 4.1.   | ITU-T standardi.....   | 25 |
| 5.     | MJERNA INSTRUMENTACIJA I DOKUMENTACIJA.....                                      | 28 |
| 5.1.   | Mjerenja .....   | 29 |
| 5.2.   | Projektna dokumentacija svjetlovodnog sustava.....                               | 30 |
| 6.     | ANALIZA GREŠAKA ZA DVA RAZLIČITA PRIJENOSNA MEDIJA UZ OSVRT<br>NA KVALITETU..... | 34 |
| 7.     | ZAKLJUČAK.....   | 37 |
| 8.     | LITERATURA .....   | 38 |
| 9.     | DODACI.....  | 39 |
| 9.1.   | Dodaci A .....   | 39 |
| 9.2.   | Dodaci B.....  | 44 |
| 9.3.   | Popis slika .....  | 45 |
| 9.4.   | Popis tablica .....  | 46 |
| 9.5.   | Popis korištenih kratica .....   | 46 |



# 1. UVOD

Brzi ritam života koje nam društvo nameće, tehnološka dostignuća koja se svakim danom sve brže mijenjaju nameću nam više ciljeve za prijenos informacija koje do sada trenutno imamo. Brz protok i velika količina podataka bitna je u svakoj industriji, uredu i vlastitom domu. Danas imamo pristup informacijama više nego smo to ikad imali. Živimo u digitalnom svijetu, a propusnost (bandwidth) je ono što čini taj digitalni svijet. Razvojem komunikacijske tehnologije dolazi do globalne prespojenosti ili širokopojasne mreže (broadband). Širokopojasne usluge kao što su prijenos digitalnog TV signala, telemedicina, videokonferencije, mrežne igre prenose se brzinama od nekoliko Kbit/s, pa do nekoliko Mbit/s i Gbit/s. Za pristup tim podacima moramo se spajati na bazu podataka preko prijenosnog medija. Postavlja se pitanje kojom komunikacijskom tehnologijom je najekonomičnije, najefikasnije i najpouzdanije dostaviti usluge do krajnjeg korisnika. Uglavnom se koriste svjetlovodna vlakna (FTTx), bakreni kabeli (DSL) i bežični prijenos (WiMAX). Trenutno najčešće kod nas se još uvijek koristi preko bakrenih vodova koji su sve opterećeniji i ne mogu ostvariti sve zahtjeve potrošača. Bakrene parice su ograničene svojom prijenosom brzinom i njihovo nadograđivanje ili povećanje kapaciteta do neke granice bilo bi jako skupo i do određene granice nemoguće, iako trenutno i preko njih idu brzine koje se koriste i za druge prijenosne medije, ali na vrlo kratke udaljenosti (VDSL).

Rješenje problema je u uvođenju svjetlovodnog prijenosa, koji se zadnjih nekoliko godina masovno proširio i sve više zamjenjuje bakrene vodove.

Optička mreža radi trenutno samo u centralnim gradovima županija, ali s vremenom će se proširiti na ostale gradove i naselja, bilo to podzemnim ili dio zračnim putem. Sam taj proces je vrlo složen i zahtjeva vrlo velike investicijske cikluse. Problem je u tome što ne postoji u svim naseljima telekomunikacijska kanalizacija, već je potrebna kompletna rekonstrukcija mreže.

U prvom dijelu se opisuje pasivna optička mreža (PON), njezine izvedbe i karakteristike. Opisuje se tehnologija koja se primjenjuje za multipleks po valnim duljinama i proračun gušenja koji je potreban za izgradnju optičke mreže.

U drugom dijelu opisani su elementi koji čine optičku mrežu. To su: svjetlovodni kabeli, spreznici, konektori, kabela kanalizacija. Gradovi najčešće imaju podzemnu distributivnu kabela kanalizaciju (DTK), pa su opisani i dijelovi kao što su zdenci i cijevi.

Treći dio opisuje program kontrole i osiguranje kvalitete za izradu SVK projekta, te opisuje ITU-T preporuke.

Četvrti dio opisuje ispitivanje svjetlovodne instalacije, te mjernu instrumentaciju koja se koristi za mjerenje optičkih niti nakon završene izgradnje kompletne mreže od centrale (UPS-a) preko sprežnika do krajnjeg korisnika. U dodacima se nalaze rezultati mjerenja na 5 različitih lokacija. Napravljena je shematska dokumentacija za jedno mjerenje.

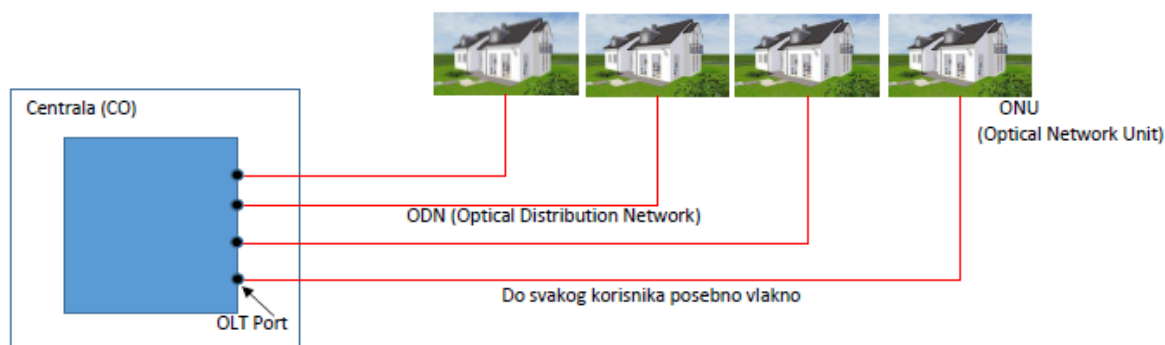
Peti dio analizira podatke iz istog dijela područja grada gdje su prisutni optički i bakreni kabeli. Analiziraju se greške koje su nastale na tom području.

## 2. PASIVNA OPTIČKA MREŽA (PON)

Općenito, postoji više vrsta mreža koje prenose različite vrste informacije. Međutim, sve one se mogu grupirati u dvije skupine: pasivne i aktivne. Pasivne mreže ne koriste električnu opremu ili komponente kako bi dobili signal iz jednog mjesta na drugo, već na mjestima spajanja umjesto aktivne opreme postavljamo pasivne optičke sprežnike, koji razdjeljuju ulazni informacijski tok na veći broj fizički puteva. Aktivne mreže koriste električnu opremu ili optičke komutatore za distribuciju signala s jednog mjesta na drugo.

### 2.1. Point to Point Fiber (Svjetlovod od točke do točke)

Tehnologija za optičku mrežu od točke do točke koristi direktno optičko vlakno ili dijeljeno optičko vlakno. Direktno optičko je najjednostavnije za distribuciju, ali i najskuplje i zbog toga se rijetko koristi. Svako vlakno iz centrale dolazi točno do jednog korisnika. Moguć je veliki prijenosni pojas, te je moguća kasnija nadogradnja neke druge tehnologije. Slika 2.1. prikazuje Point to Point Fiber izvedbu optičkog kablenskog sustava.



Slika 2.1. Point to Point Fiber pasivna optička mreža (izvor: autor)

Dijeljeno optičko vlakno se dijeli među više korisnika. Tek u relativnoj blizini korisnika jedno vlakno se dijeli u više vlakana, gdje je svako određeno za više korisnika.

U početku uvođenja optičke mreže je u vrlo rijetkoj upotrebi do svakog korisnika vodila optička parica. Jedna optička nit je služila za slanje, a druga za primanje prijenosnog signala. Danas se razvojem valnog multipleksiranja (WDM) koristi samo jedna nit između davatelja usluga i samog korisnika. Korištenjem pasivnog WDM sprežnika na obje strane protok informacija se spreže u optički prozor 1310 nm i 1550 nm. Danas su sprežnici relativno jeftini i najčešće su ugrađeni u terminalnu opremu, te omogućuju prijenos kompletne komunikacije

između davatelja i primatelja usluga po jednoj optičkoj niti. Usprkos korištenju samo jedne optičke niti po korisniku postoji problem velikog broja niti u magistralnom vodu što navedeno rješenje uvelike poskupljuje[6].

Vrlo veliki problem u gradovima je ograničen kapacitet distributivne telekomunikacijske kanalizacije (cijevi i kanala). PON je najisplativija na gusto naseljenim područjima. Vrlo velike prijenosne brzine od 100Mbit/s i više ovakvom tipu mreže nije problem, kao niti udaljenosti od više desetaka kilometara. Zbog mogućnosti pasivnog prespajanja niti (varenjem vlakana) pouzdanost sustava je vrlo velika, a održavanje jeftino. Pouzdanost samog sustava je veća i zbog nekorištenja aktivne mrežne opreme koja zahtijeva održavanje, a postaje i mjesto potencijalnih kvarova. Naknadno proširivanje mreže je jednostavno, ali uz uvjet da kapacitet magistrale to omogućuje [6].

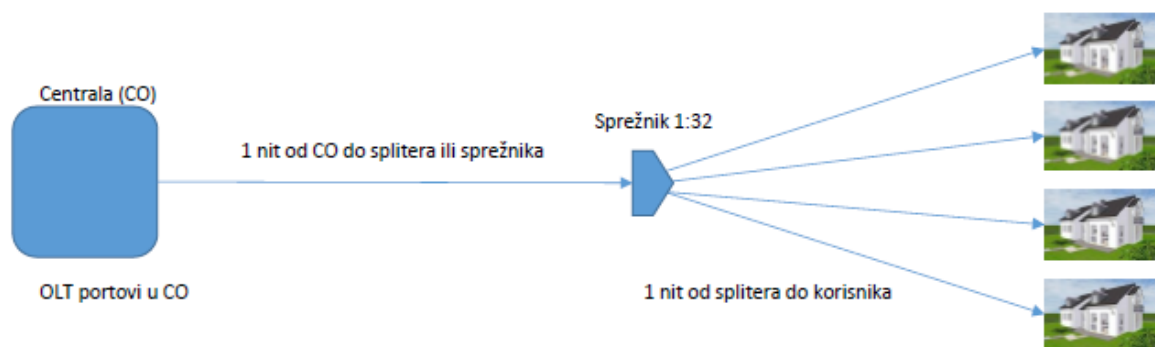
Kvaliteta i pouzdanost mreže je veća u odnosu na druge pristupne mreže jer se uz optičke mreže vežu i sljedeće karakteristike:

- vrlo mala gušenja signala
- neosjetljivost na radiofrekvencije, interferencije i impulsne smetnje
- vrlo velike brzine prijenosnog signala i preko 100Gbit/s
- pojava smetnji i pogrešaka je manja
- širina propusnog pojasa je veća
- manje dimenzije i težina kabela, više mogućih korisnika

## **2.2. Izvedbe pasivne optičke mreže**

Najveći problem kod Point to Point pasivne optičke mreže je preveliki broj niti koje se nalaze u magistralnom vodu. Da bi se ona mogla provesti u nekom gradu u potpunosti i da cijeli grad koristi optičku mrežu, distributivna kabela kanalizacija bi se trebala utrostručiti ili dosta proširiti, što bi rezultiralo dodatnim velikim troškovima.

Da bi se izbjeglo korištenja velikog broja niti i nepotrebnih troškova, pasivna optička mreža se razvila u Point to Multi Point. Taj način se danas kod nas najviše koristi. Slika 2.2. prikazuje Point to Multi Point mrežu.



Slika 2.2. Pasivna optička širokopojasna mreža (izvor: autor)

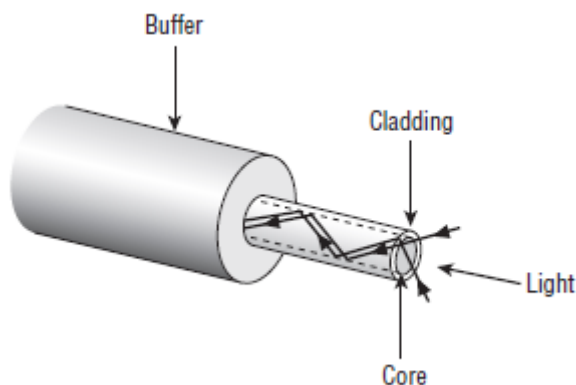
Općenita karakteristika optičkih mreža je nepostojanje aktivnih komponenti u distribucijskoj mreži. OLT (Optical Line Termination) je aktivna komponenta koja se nalazi u centrali (CO), dok se na strani korisnika nalazi ONU (Optical Network Unit).

Point to Multi Point mrežom iskoristivost optike svodi se na veću razinu i optičke niti se bolje iskorištavaju. Da bi prijenosni signal putovao od centrale i njezinog OLT porta do korisnika treba postaviti još jedan element koji se zove optički spliter ili sprežnik. Međutim, da bi optički sprežnik funkcionirao i svaki od njegovih korisnika dobivao zasebni optički signal potrebno se poslužiti metodama multipleksiranja. Koriste se dvije metode: vremensko multipleksiranje (TDM) ili multipleksiranje po valnim duljinama (WDM). Glavna osobina optičkog sprežnika je da omogućuje komunikaciju za više korisnika po samo jednoj optičkoj niti. Maksimalan broj dijeljenja optičkog signala ovisi od proračuna gubitka u pasivnoj optičkoj mreži i korištenog protokola. Što se više dijeli prijenosni signal smanjuje se kapacitet linka koji se nudi pojedinim korisnicima kao i domet linka, jer se smanjuje optička snaga koja se prenosi duž njega. Standardi za pasivne optičke mreže su maksimalne dužine do 20 km, sa 8, 16, 32 i 64 dijeljenja. Kod nas su trenutno najpopularniji sprežnici 1:16 i 1:32.

### 2.3. Multipleksiranje po valnim duljinama (WDM)

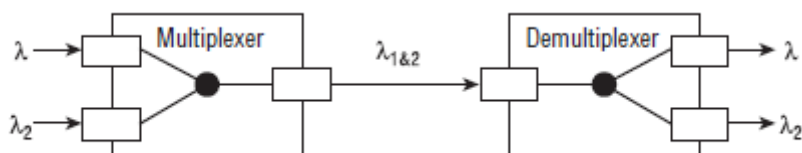
Optička tehnologija je drugačija od standardnog bakrenog prijenosnog sustava, jer prenosi impulse svjetla umjesto električnog napona. Vrlo jednostavno, optički prijenosni sustav kodira nule i jedinice za digitalni prijenos preko mreže uključivanjem i isključivanjem laserske zrake na određenoj valnoj duljini i vrlo visoke frekvencije. Izvor svjetla je obično laser.





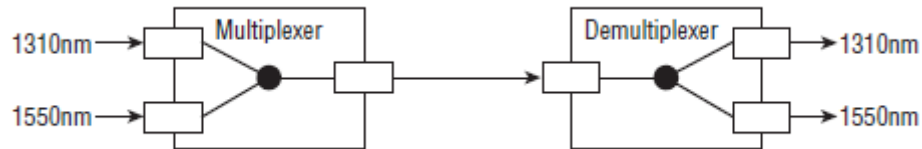
Slika 2.3. Refleksija svjetlosnog signala u optičkom kabelu [1]

Optički kabel omogućuje prijenos jedne ili više svjetlosne valne duljine, slika 2.3. Valna duljina mjeri se u nanometrima između vrhova valova. WDM multipleksori se koriste u paru, jedan na početku vlakna na nekoliko ulaza i jedan na kraju vlakna gdje se razdvajaju valne duljine u odvojenim vlaknima. WDM multipleksor može podržati vrlo veliku propusnost, čime se povećava kapacitet sustava. Svaki kanal na WDM multipleksoru je dizajniran za prijenos određene optičke valne duljine. Multipleksor djeluje vrlo slično kao spojnica na početku vlakna i kao filter na kraju optičkog vlakna. Slika 2.4. pokazuje jednostavan WDM sustav koji se sastoji od više izvora svjetlosti, multipleksora koji kombinira valne duljine u jednu optičku vlaknu, a demultipleksor koji razdvaja valne duljine.



Slika 2.4. Jednostavni WDM sustav [1]

Tipovi multipleksora su širokopolasni (crossband), uskopolasni i gusti (Dence Wavelength Division Multiplexing – DWDM). Širokopolasni multipleksori su uređaji koji kombiniraju širok raspon valnih duljina, kao što su 1310nm i 1550 nm. Uskopolasni multipleksori će kombinirati valnu duljinu sa 1000GHz kanalnog razmaka. Gusti multipleksor kombinirat će valne duljine sa 100GHz kanalnog razmaka. Slika 2.5. pokazuje osnovni širokopolasni WDM sustav.



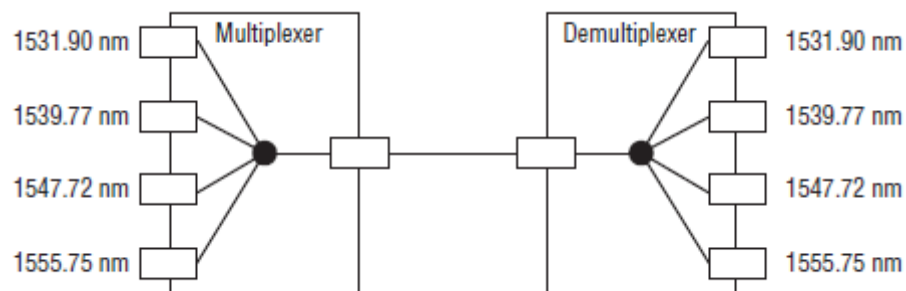
Slika 2.5. Širokopojasni WDM sustav [1]

Uskopojasni WDM sustav ima raspored kanala 1000GHz ili 8 nm, slika 2.6.

Tablica 2.1. pokazuje podatke valne duljine i frekvencije za uskopojasni WDM sustav.

Tablica 2.1. Uskopojasni WDM sustav s razmakom kanala

| $\lambda$ (nm) | f (THz) |
|----------------|---------|
| 1531.90        | 195.7   |
| 1539.77        | 194.7   |
| 1547.72        | 193.7   |
| 1555.75        | 192.7   |



Slika 2.6. Osnovni uskopojasni WDM sustav [1]

Industrijski standardi za gusto multipleksiranje (Dense Wavelength Division Multiplexing - DWDM) koje preporuča ITU (International Telecommunications Union) je 100 GHz s razmakom kanal 0,8 nm. Tablica 2.2. prikazuje vrijednosti u C pojasu koji koristi valne duljine između 1530 nm i 1565 nm. Pojasevi koji se još koriste su: S (short) pojas s valnim duljinama od 1525 nm do 1538 nm i L (long) pojas s valnim duljinama između 1570 nm do 1610 nm.

Tablica 2.2.. DWDM 100 GHz razmak između kanala

| S (short) pojas |                |         | L (long) pojas |                |         |
|-----------------|----------------|---------|----------------|----------------|---------|
| Kanal           | $\lambda$ (nm) | f (THz) | Kanal          | $\lambda$ (nm) | f (THz) |
| 65              | 1525.66        | 196.5   | 40             | 1545.32        | 194.0   |
| 64              | 1526.44        | 196.4   | 39             | 1546.12        | 193.9   |
| 63              | 1527.21        | 196.3   | 38             | 1546.92        | 193.8   |
| 62              | 1527.99        | 196.2   | 37             | 1547.72        | 193.7   |
| 61              | 1528.77        | 196.1   | 36             | 1548.51        | 193.6   |
| 60              | 1529.55        | 196.0   | 35             | 1549.32        | 193.5   |
| 59              | 1530.33        | 195.9   | 34             | 1550.12        | 193.4   |
| 58              | 1531.12        | 195.8   | 33             | 1550.92        | 193.3   |
| 57              | 1531.90        | 195.7   | 32             | 1551.72        | 193.2   |
| 56              | 1532.68        | 195.6   | 31             | 1552.52        | 193.1   |
| 55              | 1533.47        | 195.5   | 30             | 1553.33        | 193.0   |
| 54              | 1534.25        | 195.4   | 29             | 1554.13        | 192.9   |
| 53              | 1535.04        | 195.3   | 28             | 1554.94        | 192.8   |
| 52              | 1535.82        | 195.2   | 27             | 1555.75        | 192.7   |
| 51              | 1536.61        | 195.1   | 26             | 1556.55        | 192.6   |
| 50              | 1537.40        | 195.0   | 25             | 1557.36        | 192.5   |
| 49              | 1538.19        | 194.9   | 24             | 1558.17        | 192.4   |
| 48              | 1538.98        | 194.8   | 23             | 1558.98        | 192.3   |
| 47              | 1539.77        | 194.7   | 22             | 1559.79        | 192.2   |
| 46              | 1540.56        | 194.6   | 21             | 1560.61        | 192.1   |
| 45              | 1541.35        | 194.5   | 20             | 1561.42        | 192.0   |
| 44              | 1542.14        | 194.4   | 19             | 1562.23        | 191.9   |
| 43              | 1542.94        | 194.3   | 18             | 1563.05        | 191.8   |
| 42              | 1543.73        | 194.2   | 17             | 1563.86        | 191.7   |
| 41              | 1544.53        | 194.1   | 16             | 1564.68        | 191.6   |

Trenutno danas na tržištu kod nas koristimo kombinaciju valnog multipleksiranja sa GPON (Gigabit Passive Optical Networks). Jedan od operatera koristi P2P (Point to Point) topologiju koja je puno skuplja, kvalitetnija i građena za buduće naraštaje i brzine koje će se koristiti zasigurno neće moći nadmašiti bilo koja tehnologija sa valnim multipleksiranjem. Iako se

većina korisnika nalazi na bakrenom prijenosu, današnji optički prijenosni sustav će još neko dugo vrijeme zadovoljavati potrebe korisnika i tvrtki, te će se valno multipleksiranje konstantno nadograđivati i poboljšavati.

## 2.4. Gubitak snage u svjetlovodnim sustavima

Najveći negativni faktor u svjetlovodnim sustavima je slabljenje ili gubitak snage signala koji prenosi podatke, mjeri se u decibelima (dB).

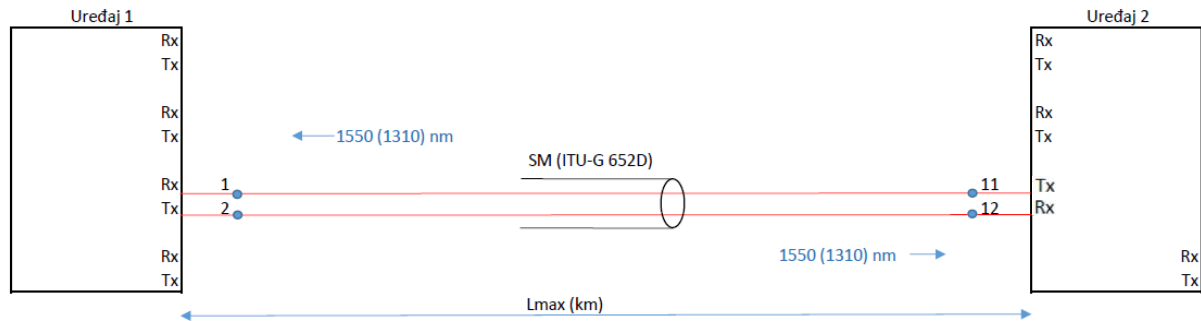
Kabeli koji imaju viša gušenja obično imaju niže vrijednosti za udaljenosti između predajnika i prijemnika. Slabljenje negativno utječe na brzinu prijenosa za sve kabelaške sustave, a osobito za optičke gdje su posebno osjetljive. Različiti problemi mogu uzrokovati gušenje svjetlosnog signala u optičkim vlaknima. Kod proračuna gubitka signala na određenoj duljini optičke veze gubici su zbog:

- lošeg spajanja (varenja) niti
- prljavih i nečistih vlakna
- slabljenja svjetlovodne niti
- gubitka na konektorima i spojnica
- slabljenje spreznika (splitera)
- pretjeranog naprezanja i savijanja kabela
- starenja komponenata
- svakog daljnjeg spajanja ili prekidanja kabela dolazi do određenog gubitka prijenosnog signala

Česta pojava kod koje se gubi snaga signala je zbog pretjeranog savijanja optičke niti (makro savijanje). Svako veće savijanje niti ili kabela od dopuštenog radijusa povećava gušenje tako što uzrokuje skretanje zrake svjetla iz jezgre u omotač i van niti. Uz pomoć lasera ili određenog izvora svjetlosti čak je moguće prostim okom vidjeti gdje svjetlost izlazi iz jezgre. Da bi znali da postoji makro savijanje potrebno je izmjeriti gušenje niti za dvije različite valne duljine. Uz pomoć lasera ili određenog izvora svjetlosti čak je moguće prostim okom vidjeti gdje svjetlost izlazi iz jezgre.

Slika 2.7. prikazuje konfiguraciju spojne mreže sa aktivnim uređajima, te prema ovome modelu možemo izračunati maksimalne udaljenosti između predajnika-svjetlovodnog izvora (lasera) u ovom slučaju uređaj 1 i prijamnika-svjetlovodnog detektora u ovom slučaju uređaj 2 za jednomodne (SM) svjetlovodne niti 9/125  $\mu\text{m}$ , definirane ITU-G-652D, na valnima duljinama 1310 nm i 1550 nm. Proračun svjetlovodne veze vrši se po dvije niti tako da se po

jednoj niti vrši predaja, a po drugoj niti prijem svjetlovodnog signala. Za svaki optički sustav mora se predvidjeti održivost BER-a u dozvoljenim granicama i on je tipično od  $10^{-9}$  do  $10^{-12}$ . Za primjer proračuna uzet ćemo relaciju od AXE Čakovec do UPS-a Štrigova.



Slika 2.7. Konfiguracija spojne mreže sa aktivnim uređajima (izvor: autor)

### 2.4.1. Proračun ukupnog svjetlovodnog slabljenja za $\lambda = 1310$ nm

Slabljenje svjetlovodne mreže i komponenti mreže:

$\alpha_F$  – dužinsko slabljenje svjetlovodnog kabela (0,4 dB/km)

$\alpha_k$  – slabljenje konektorskog spoja (1,0 dB/kom)

$\alpha_s$  – slabljenje varenog spoja u spojnicama (0,1 dB/kom)

$n_k$  – broj konektorskih spojeva (4 kom)

$n_{s1}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Štrigova (16 kom)

$n_{s2}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Šenkovec (4 kom)

$n_{s3}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Lopatinec (8 kom)

$n_{s4}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Prekopa (12 kom)

$n_{s5}$  – broj varenih spojeva: UPS Šenkovec – UPS Lopatinec (7 kom)

$n_{s6}$  – broj varenih spojeva: UPS Šenkovec – UPS Prekopa (11 kom)

$n_{s7}$  – broj varenih spojeva: UPS Lopatinec – UPS Prekopa (7 kom)

$n_{s8}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Prekopa (7 kom)

$n_{s9}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Lopatinec (11 kom)

$n_{s10}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Šenkovec (15 kom)

$L_1$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Štrigova (20,89 km)

$L_2$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Šenkovec (2,36 km)

$L_3$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Lopatinec (7,83 km)

$L_4$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Prekopa (13,81 km)

- L<sub>5</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Šenkovec – UPS Lopatinec (5,97 km)  
 L<sub>6</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Šenkovec . UPS Prekopa (11,95 km)  
 L<sub>7</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Lopatinec – UPS Prekopa (6,12 km)  
 L<sub>8</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Prekopa (6,45 km)  
 L<sub>9</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Lopatinec (12,49 km)  
 L<sub>10</sub> – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Šenkovec (18,52 km)

$$A_{\text{ukupno}} = \alpha_F \cdot L + n_k \cdot \alpha_k + n_s \cdot \alpha_s$$

- 1) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Štrigova

$$A_{\text{ukupno1}} = 0,4 \cdot 20,89 + 4 \cdot 1,0 + 16 \cdot 0,1 = 13,96 \text{ dB}$$

- 2) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Šenkovec

$$A_{\text{ukupno2}} = 0,4 \cdot 2,36 + 4 \cdot 1,0 + 4 \cdot 0,1 = 7,53 \text{ dB}$$

- 3) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Lopatinec

$$A_{\text{ukupno3}} = 0,4 \cdot 7,83 + 4 \cdot 1,0 + 8 \cdot 0,1 = 7,93 \text{ dB}$$

- 4) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Prekopa

$$A_{\text{ukupno4}} = 0,4 \cdot 13,81 + 4 \cdot 1,0 + 12 \cdot 0,1 = 10,72 \text{ dB}$$

- 5) Za relaciju UPS Šenkovec – UPS Lopatinec

$$A_{\text{ukupno5}} = 0,4 \cdot 5,97 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 7,09 \text{ dB}$$

- 6) Za relaciju UPS Šenkovec – UPS Prekopa

$$A_{\text{ukupno6}} = 0,4 \cdot 11,95 + 4 \cdot 1,0 + 1 \cdot 0,1 = 9,88 \text{ dB}$$

- 7) Za relaciju UPS Lopatinec – UPS Prekopa

$$A_{\text{ukupno7}} = 0,4 \cdot 6,12 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 7,15 \text{ dB}$$

- 8) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Prekopa

$$A_{\text{ukupno8}} = 0,4 \cdot 6,45 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 7,28 \text{ dB}$$

- 9) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Lopatinec

$$A_{\text{ukupno9}} = 0,4 \cdot 12,49 + 4 \cdot 1,0 + 11 \cdot 0,1 = 10,10 \text{ dB}$$

- 10) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Šenkovec

$$A_{\text{ukupno10}} = 0,4 \cdot 18,52 + 4 \cdot 1,0 + 15 \cdot 0,1 = 12,91 \text{ dB}$$

#### 2.4.2. Proračun ukupnog svjetlovodnog slabljenja za $\lambda = 1550 \text{ nm}$

Slabljenje svjetlovodne mreže i komponenti mreže:

$\alpha_F$  – dužinsko slabljenje svjetlovodnog kabela (0,25 dB/km)

$\alpha_k$  – slabljenje konektorskog spoja (1,0 dB/kom)

$\alpha_s$  – slabljenje varenog spoja u spojnicama (0,1 dB/kom)

$n_k$  – broj konektorskih spojeva (4 kom)

$n_{s1}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Štrigova (16 kom)

$n_{s2}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Šenkovec (4 kom)

$n_{s3}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Lopatinec (8 kom)

$n_{s4}$  – broj varenih spojeva: AXE Čakovec – UPS Prekopa (12 kom)

$n_{s5}$  – broj varenih spojeva: UPS Šenkovec – UPS Lopatinec (7 kom)

$n_{s6}$  – broj varenih spojeva: UPS Šenkovec – UPS Prekopa (11 kom)

$n_{s7}$  – broj varenih spojeva: UPS Lopatinec – UPS Prekopa (7 kom)

$n_{s8}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Prekopa (7 kom)

$n_{s9}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Lopatinec (11 kom)

$n_{s10}$  – broj varenih spojeva: UPS Štrigova – UPS Šenkovec (15 kom)

$L_1$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Štrigova (20,89 km)

$L_2$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Šenkovec (2,36 km)

$L_3$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Lopatinec (7,83 km)

$L_4$  – duljina svjetlovodnog kabela: AXE Čakovec – UPS Prekopa (13,81 km)

$L_5$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Šenkovec – UPS Lopatinec (5,97 km)

$L_6$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Šenkovec . UPS Prekopa (11,95 km)

$L_7$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Lopatinec – UPS Prekopa (6,12 km)

$L_8$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Prekopa (6,45 km)

$L_9$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Lopatinec (12,49 km)

$L_{10}$  – duljina svjetlovodnog kabela: UPS Štrigova – UPS Šenkovec (18,52 km)

$$A_{\text{ukupno}} = \alpha_F \cdot L + n_k \cdot \alpha_k + n_s \cdot \alpha_s$$

1) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Štrigova

$$A_{\text{ukupno1}} = 0,25 \cdot 20,89 + 4 \cdot 1,0 + 16 \cdot 0,1 = 10,82 \text{ dB}$$

2) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Šenkovec

$$A_{\text{ukupno2}} = 0,25 \cdot 2,36 + 4 \cdot 1,0 + 4 \cdot 0,1 = 4,99 \text{ dB}$$

3) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Lopatinec

$$A_{\text{ukupno3}} = 0,25 \cdot 7,83 + 4 \cdot 1,0 + 8 \cdot 0,1 = 6,76 \text{ dB}$$

- 4) Za relaciju AXE Čakovec – UPS Prekopa  

$$A_{\text{ukupno4}} = 0,25 \cdot 13,81 + 4 \cdot 1,0 + 12 \cdot 0,1 = 8,65 \text{ dB}$$
- 5) Za relaciju UPS Šenkovec – UPS Lopatinec  

$$A_{\text{ukupno5}} = 0,25 \cdot 5,97 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 6,19 \text{ dB}$$
- 6) Za relaciju UPS Šenkovec – UPS Prekopa  

$$A_{\text{ukupno6}} = 0,25 \cdot 11,95 + 4 \cdot 1,0 + 1 \cdot 0,1 = 8,09 \text{ dB}$$
- 7) Za relaciju UPS Lopatinec – UPS Prekopa  

$$A_{\text{ukupno7}} = 0,25 \cdot 6,12 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 6,23 \text{ dB}$$
- 8) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Prekopa  

$$A_{\text{ukupno8}} = 0,25 \cdot 6,45 + 4 \cdot 1,0 + 7 \cdot 0,1 = 6,31 \text{ dB}$$
- 9) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Lopatinec  

$$A_{\text{ukupno9}} = 0,25 \cdot 12,49 + 4 \cdot 1,0 + 11 \cdot 0,1 = 8,22 \text{ dB}$$
- 10) Za relaciju UPS Štrigova – UPS Šenkovec  

$$A_{\text{ukupno10}} = 0,25 \cdot 18,52 + 4 \cdot 1,0 + 15 \cdot 0,1 = 10,13 \text{ dB}$$

S obzirom da je ovime potvrđeno da prijenos podataka funkcionira bez ikakvih problema i ne samo na tu duljinu nego i puno više kilometara, kvaliteta i sama iskoristivost optičke mreže je neupitna. Samo radi usporedbe na bakrenom prijenosu debljine žice  $0,6 \text{ mm}^2$  gušenje bi do 4 km iznosilo oko 55 dB i brzina bi se mjerila do 7-8 Mbit/s u jako dobrim uvjetima s novim elementima mreže, a kod optike bi to iznosilo i do nekoliko Gbit/s. Optikom bi se zasigurno riješilo pitanje problema udaljenosti od centrale koji je u manjim naseljenim područjima sve veći problem. U dodacima B se nalazi mjerenje br. 1 koje je izvršeno OTDR-om, te dokazuje naš proračun svjetlovodnog slabljenja za udaljenost između Čakovca i Štrigove. Mjerni uređaj OTDR je objašnjen u kasnijim poglavljima.



### **3. ELEMENTI SVJETLOVODNE MREŽE**

Prijenos optičkog signala od predajnika do prijamnika odvija se preko pasivnih optičkih komponenata. Komponente moraju tvoriti cjelinu kako bi optička mreža ispravno funkcionirala. U pasivne optičke komponente spadaju:

- Svjetlovodni kabeli
- Konektori
- Spojnice
- Sprežnik
- Priključni ormari
- Razdjelnici
- Zdenci i cijevi

Aktivne optičke komponente su:

- OLT (eng. Optical Line Terminal) – optički uređaj u centrali
- ONT (eng. Optical Network Terminal) – optički uređaj kod korisnika

#### **3.1. Svjetlovodni kabeli**

Najperspektivniji svjetlovodni prijenosni sustavi pokazali su se oni koji kao prijenosni medij rabe svjetlovodne niti. Svjetlovodni kabeli mogu se podijeliti u više skupina. S obzirom na konstrukcijsku izvedbu, prema namjeni, vrsti materijala jezgre i ovojnice, dimenzijama jezgre i ovojnice, te karakteristikama. Razlika između izgleda svjetlovodnog i bakrenog kabela prikazana je na slici 3.1. Optički kabeli imaju višestruke prednosti u odnosu na bakrene vodiče, a to su:

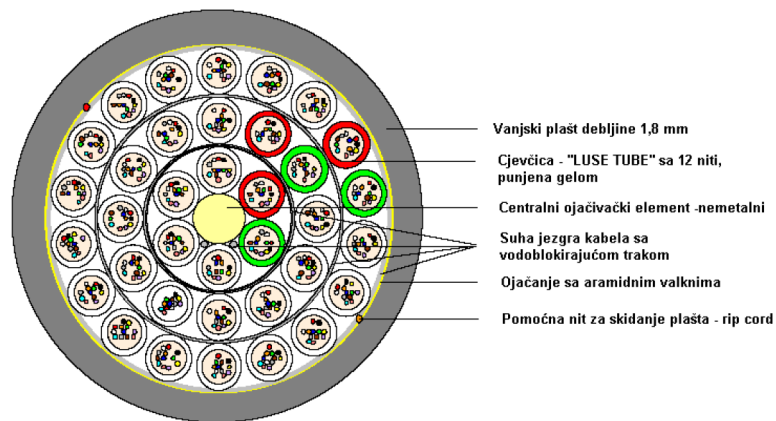
- Manja težina kabela
- Jeftinija cijena
- Neosjetljivost na elektromagnetsku interferenciju
- Manji promjer
- Manje gušenje
- Manje niti je potrebno za funkcioniranje istih broja korisnika u odnosu na korištenje bakrenih vodiča



Slika 3.1. Razlika između svjetlovodnog i bakrenog kabela [13]

Obzirom na podjelu prema primjeni svjetlovodni kabeli mogu biti:

1. Uvlačeni (podzemni) – predviđeni su za polaganje u kanalizaciju, uglavnom su nemetalni. Mogu se instalirati u cijev upuhivanjem. Staklene niti daju mu otpornost na vlačna istezanja i štite od glodavaca. Postoji još jedna vrsta podzemnih kabela koji se mogu direktno polagati u zemlju, samo što imaju dodatnu vanjsku zaštitu. Slika 3.2 prikazuje presjek uvlačenog kabela s dijelovima.

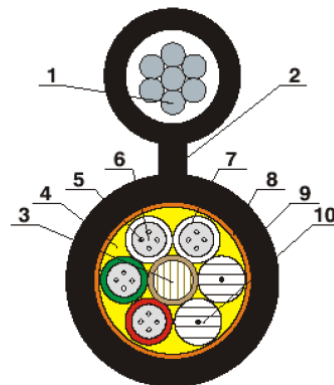


Slika 3.2. Elementi uvlačenog kabela [11]

2. Samonosivi (zračni) – namijenjeni su za zračnu mrežu, najčešće se koriste u ruralnim područjima. Mogu biti metalni i nemetalni. Metalni imaju čelično nosivo užad (slika 3.3.), a nemetalni ne sadrže nikakve metalne dijelove te su posebno pogodni za ugradnju u blizini elektroprivrednih elemenata, gdje postoji mogućnost jakih elektromagnetskih polja.

**OPIS KONSTRUKCIJE**

1. Nosivo užde iz čelične pocinčane žice
2. Mostić
3. Centralni rasteretni nemetalni element
4. Petrolatna masa
5. Svjetlovodna vlakna
6. Tikotropična masa
7. Cjevčica Pa; PBT; Pa/PBT
8. Aramidna vlakna
9. Plašt PE
10. Ispuna



Slika 3.3. Elementi samonosivog kabela [11]

3. Instalacijski – pogodni su za polaganje unutar objekta, ne sadržavaju tvari koje podržavaju gorenje. Kabel je vodonepropustan i otporan na UV-zračenje. Niti su dodatno zaštićene od savijanja, udaraca i istežanja.
4. Podmorski – slični su uvlačenima, samo što imaju dodatnu zaštitu od prodora vlage i vanjskom mehaničkom zaštitom. Pogodni su za polaganje u dubine do 200 m. Razlozi uvođenja svjetlovodne tehnologije na plovne objekte su visoka pouzdanost sustava odnosno nemogućnost pojave prenapona, iskrenja, kratkog spoja te požara.

Na vanjskom plaštu kabela naveden je proizvođač, tip kabela, duljina kabela i simbol telefonske slušalice koja označava telekomunikacijski kabel. Da bi znali spajati niti potreban nam je „Color Code“ od proizvođača kabela. „Color Code“ nam označava redosljed niti po bojama. Tablica 3.1. prikazuje nekoliko standarda za označavanje niti u svjetlovodnom kabeu. Kada u kabeu ima više popunjenih cjevčica s nitima onda brojanje počinje od crvene prema zelenoj i dalje nastavljamo smjer, te ako je kabel većeg kapaciteta brojimo od središta prema vanjskom plaštu.

Tablica 3.1.. Standardi za „Color Code“

|            | <b>DIN 0888-3</b> | <b>ISO</b> | <b>IEC 60794-2</b> |
|------------|-------------------|------------|--------------------|
| <b>1.</b>  | Crvena            | Plava      | Plava              |
| <b>2.</b>  | Zelena            | Narančasta | Žuta               |
| <b>3.</b>  | Plava             | Zelena     | Crvena             |
| <b>4.</b>  | Žuta              | Crvena     | Bijela             |
| <b>5.</b>  | Bijela            | Siva       | Zelena             |
| <b>6.</b>  | Siva              | Žuta       | Ljubičasta         |
| <b>7.</b>  | Smeđa             | Smeđa      | Narančasta         |
| <b>8.</b>  | Ljubičasta        | Ljubičasta | Siva               |
| <b>9.</b>  | Tirkizna          | Bijela     | Tirkizna           |
| <b>10.</b> | Crna              | Crna       | Crna               |
| <b>11.</b> | Narančasta        | Roza       | Smeđa              |
| <b>12.</b> | Roza              | Tirkizna   | Roza               |

Ovisno o vrsti izvedbe svjetlovodne niti dijele se na jednomodne (engl. Singlemode Fiber) kod kojih je broj usmjerenih modova jedan i na višemodne (engl. Multimode Fiber), po čijoj se jezgri mogu širiti stotine i tisuće modova.

S obzirom na način širenja svjetla unutar jezgre, mogu se podijeliti u tri osnovne skupine:

- Višemodna nit sa skokovitim indeksom loma
- Višemodna nit sa stalno promjenjivim indeksom loma
- Jednomodna nit

S obzirom na materijal od kojih su izrađene dijele se na:

- Staklene niti – najčešće se koriste, imaju odlične parametre za prijenos signala.
- Plastične niti – najčešće se koriste industrijskim postrojenjima, imaju lošije značajke što se tiče slabljenja signala, ali su jeftinija i jednostavnija za upotrebu.

### **3.2. Konektori**

Svrha svih optičkih konektora je prijenos svjetla iz jednog u drugi aktivni element sustava s najmanjim mogućim gubitkom ili spajanje svjetlovodne niti u kabelu s aktivnom opremom ili sa svjetlovodnim nitima u drugim kabelima. Proizvođači su stvorili više vrsta priključaka koji se danas koriste, a razlikuju se po gubitku snage signala. Konektori se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: s jednim vlaknom (engl. Single Fiber) i više vlakana (engl. Multi Fiber). Priključci s jednim vlaknima su dizajnirani za samo jednu optičku nit, iako se više niti iz kabela mogu koristiti za posebnu nit u komunikacijskom ormariću. Priključci s više vlakana služe za povezivanje uparenih vlakana u dvostrukom spoju.

Trenutno se koriste sljedeći konektori:

- FC konektor - konektor s robusnijim metalnim priključkom. Ima navoj kojim se učvršćuje na spojnik, te na taj način ostvaruje siguran spoj u teškim uvjetima vibracije. Najvažniji dio konektora je ferula. To je centralna cjevčica unutar koje je smještena nit, a izrađena od čelika, plastike ili keramike. Ferula konektora je promjera 2,5 mm. Gubitak snage signala iznosi 0,25 dB [6]. FC konektor prikazan je na slici 3.4.



*Slika 3.4. FC konektor [6]*

- SC konektor – kvadratni konektor izrađen od plastike. Ferula konektora je promjera 2.5 mm. Pogodan je za rad s aplikacijama koje zahtijevaju dvostruki spoj. Najčešće služi za priključenje terminalne opreme. Gubitak snage signala iznosi 0,25 dB [6]. SC konektor prikazan je na slici 3.5.



*Slika 3.5. SC konektor [6]*

- LC konektor – kvadratni konektor izrađen od plastike. Zbog sličnosti smatra se manjom verzijom SC konektora, a ponekad ga zovemo mini SC. Postoje verzije konektora za jednomodne i višemodne svjetlosne niti. Ferula je promjera 1,5 mm. Gubitak snage signala iznosi 0,15 dB [6]. LC konektor prikazan je na slici 3.6.

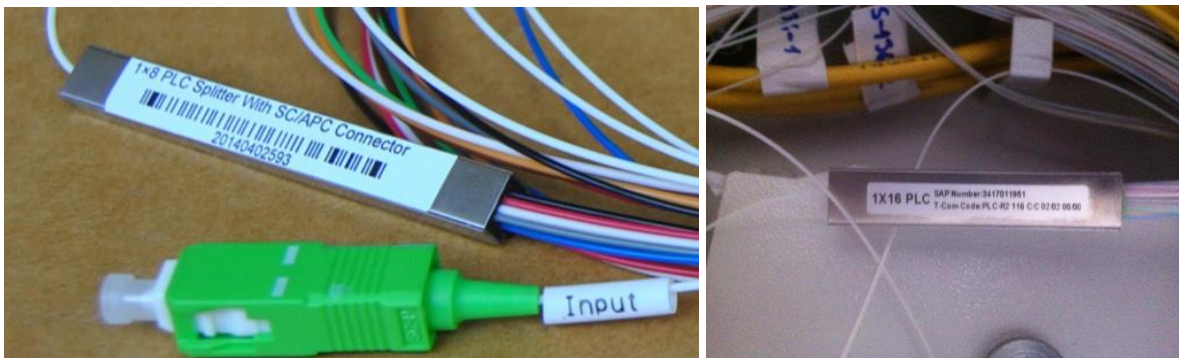


*Slika 3.6. LC konektor [6]*

Ovo su nekoliko konektora koji se danas najčešće upotrebljavaju i koji su po kvaliteti i po gubitku najbolji. Sve više i više se i na komunikacijske ormare priključuju razvodne kutije sa LC konektorima zbog boljih karakteristika i manjeg gubitka signala.

### 3.3. Sprežnik (Splitter)

U poglavlju prije objasnili smo tehnologiju valnog multipleksiranja koja prevladava u mreži. WDM tehnologija nam omogućuje da preko jedne svjetlovodne niti prenosi puno više valnih duljina, što nam omogućuje povezivanje više korisnika na jednu svjetlovodnu nit. Kako bi to fizički mogli ostvariti trebaju nam pasivni optički sprežnici. Takvi elementi u smjeru protoka signala prema korisnicima imaju ulogu razdvajanje signala iz jedne svjetlovodne niti prema određenom broju korisnika, dok u drugom smjeru spreže signale korisnika u jednu svjetlovodnu nit. Najčešće se koriste sprežnici s 2, 4, 8, 16 i 32 dijeljenja. Primjeri sprežnika 1:8 i 1:16 prikazani su na slici 3.7.



Slika 3.7. Sprežnik 1:8 i 1:16 (izvor: autor)

### 3.4. Spojnice

Spojnicu je element kablenskog prijenosnog sustava na kojemu se spajaju svjetlovodni kabeli i niti. Postupkom zavarivanja (fusion-splicing) spajaju se niti optičkog kabela. Spojnica mora biti otporna na atmosferske uvjete, vlagu i mehanička oštećenja. Većina njih se montira u zdenice. Sastoji se od baze gdje ulazi svjetlovodni kabel, kućišta, nosača i kazete na koju se učvršćuju spojevi i namataju niti. Za spojnicu je potrebno ostaviti dovoljnu rezervu kabela od nekih 20 m za buduće korištenje i otvaranje spojnice. Pošto samo spajanje optike zahtjeva mirno i čisto mjesto, najčešće se spajanje vrši u preuređenim kombi vozilima koje štite od vremenskih uvjeta. Sama priprema otvaranja kabela, otvaranja tube i priprema spajanja ponekad traje više nego čitavo spajanje niti. Na spojnici se otvaraju ulazi kroz koje se uvlače pripremljeni i očišćeni dijelovi kabela od izolacije. Ulaz kabela i spojnice zatvori se termoskupljajućim cijevima. Nakon što se izvrši varenje niti spojevi se slažu u kazete po grupama i učvršćuju se u spojnici. Nit se tako dugo spaja dok se ne dobije gušenje spoja manje od 0.05 dB. Mirnoća radnika koji vrši spajanje i čistoća niti je presudan faktor u brzom i efikasnom

spajanju. Danas je već svaki noviji uređaj opremljen LID sustavom kontrole i mjerenja parametara spoja. Optička spojnica prikazana je na slici 3.8.



*Slika 3.8. Optička spojnica (izvor: autor)*

### **3.5. Zdenci i cijevi**

Montažni zdenci kabelaške kanalizacije su sklopive armirano-betonske konstrukcije i koriste nam za prihvatanje kanalizacijskih cijevi i za izradu spojnica na svjetlovodnim kabelima. Sastavni elementi zdenca su: gornji element, donji element, komplet s poklopcem, uvedne ploče tipa G i S. Montažni zdenci s betonskom ispunom moraju izdržati bez deformacije opterećenje od 150 kN. Uvodne ploče moraju biti izrađene od dobro nabijene betonske mase bez pukotina, mjehura, šupljina i drugih mana koje bi utjecale na čvrstoću gotovog montiranog zdenca. Montažni zdenci se u pravilu postavljaju na pozicijama potrebnim za izradu nastavaka na svjetlovodnom kabelu, na prijelazu ispod prometnice ili drugih objekata, te na pozicijama gdje trasa naglo skreće ili će se u nekoj budućnosti ukazati potreba za iskorištenjem kabelaškog zdenca. Za točno i efikasno održavanje kabelaški zdenci se pozicioniraju preko GPS koordinate.

Za izradu kabelaške kanalizacije upotrebljavaju se cijevi iz polietilena visoke gustoće (PEHD). Najčešće se koriste promjera  $\varnothing$  50 mm, a u magistralnim svjetlovodnim kanalizacijama se mogu koristiti još i cijevi PEHD  $\varnothing$  40 mm,  $\varnothing$  32 mm,  $\varnothing$  110 mm. U komadu te cijevi je



moguće naručiti do 300 m. Cijev je dosta fleksibilna, pa je sama izrada DTK jeftinija i brža. Zadnjih nekoliko godina umjesto uvlačenja kabela u cijev koristimo se metodom upuhivanja kabela u cijev. Metodom upuhivanja (pomoću Cablejeta i kompresora) smanjio se broj ljudi potrebnih za uvlačenje za 2/3, a ukupna dužina na dnevnoj bazi se povećala. Cabeljet je uređaj koji uz pomoć kompresora upuhuje optički kabel u postojeću telekomunikacijsku cijev, slika 3.9. S jedne strane se postavi novi kabel na bubanj, a s druge strane dio cijevi koja se spaja na spojni element s ostalom dužinom cijevi kroz koju će prolaziti novi kabel. Cijev kompresora se postavi na gornji dio koji tjera kotačiće koji pomiču kabel. Trenutno najpopularnije cijevi za optiku su mikro cijevi kojih u komadu ima do 2000 m. Mikro cijevi se upuhuju u cijev Ø 50 mm, a nakon toga u mikro cijev upuhuje se mikro optika.



Slika 3.9. Aparat za upuhivanje optike, Cablejet (izvor: autor)

### 3.6. Razdjelnici i priključni ormari

Razdjelnici (ODF – engl. Optical Distribution Frame) i priključni ormari su elementi mreže koji se smještene u postojećim centralnim jedinicama (UPS-ima). To je početni dio optičke mreže, gdje se vrše prespajanja unutar razdjelnika od nekoliko desetaka do nekoliko stotina niti. U priključne ormare spadaju i završne kutije koje se spajaju kod korisnika.

Osnovni elementi ODF-a su:

- glavni razdjelnik ili kombinirani razdjelnik
- međurazdjelnik (prespojna jedinica)
- instalacijski kabel
- sustav kanalica sa ispustima



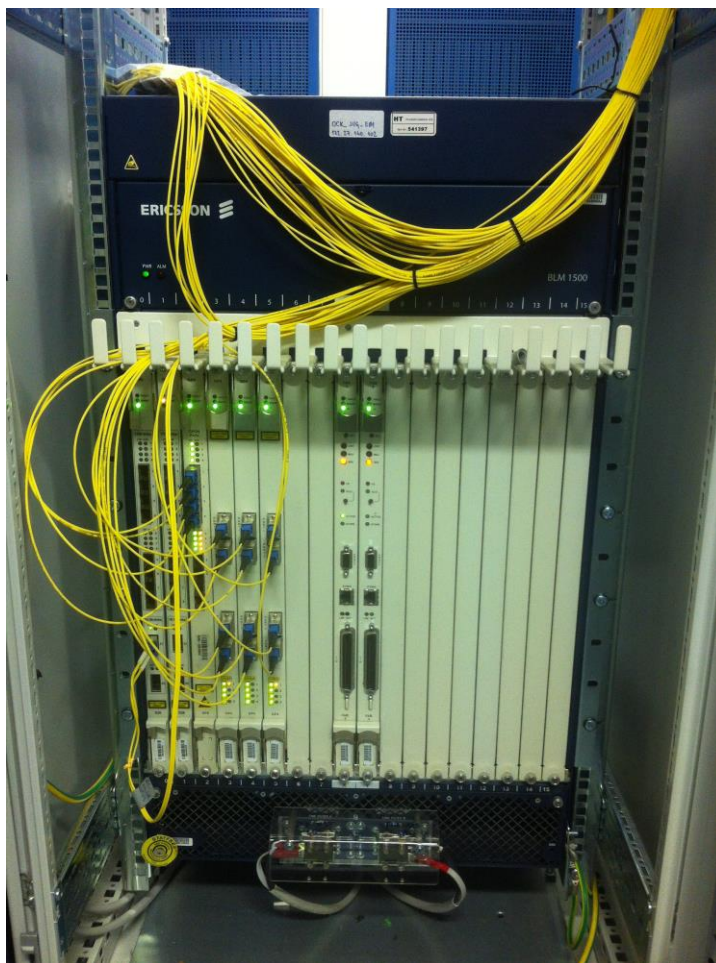
Razdjelnik se montira na zid ili u ormar. Kroz otvor za uvod kabela uvodi se očišćeni optički kabel i učvršćuje se na plašt ili na rasteretni dio. Cjevčice s nitima dovedu se na kazetu gdje se režu na mjeru i učvršćuju se vezicama na kazetu na koje se spajaju završne vrpce, a slobodne niti se namataju u kazetu. Potrebno je ostaviti dovoljnu duljinu kabela između točke učvršćenja na razdjelniku kako ne bi došlo do ispadanja niti iz kazete prilikom izvlačenja kazete iz razdjelnika. Pri ugradnji razdjelnika potrebno je paziti da se ima otvoreni i jednostavan pristup te se sve konektora treba zaštititi sa kapticama. Slika 3.10. prikazuje razdjelnik sa elementima razdjelnika.



Slika 3.10. Razdjelnik (izvor: autor)

### 3.7. Aktivna oprema

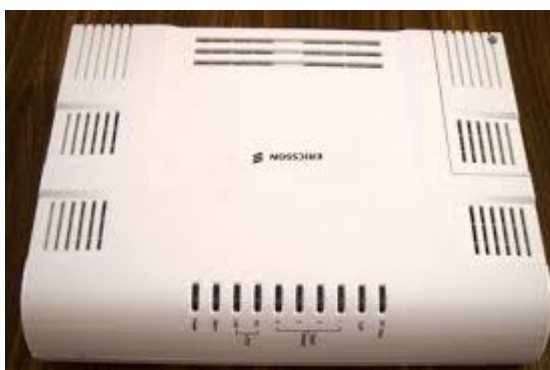
OLT (eng. Optical Line Terminal) je optički linijski terminal koji je smješteni u centrali, a služi davatelju usluga kao krajnja točka u pasivnoj optičkoj mreži. Ima dvije glavne funkcije. Prva je da izvrši pretvorbu između električnog signala kojeg koristi oprema davatelja usluge i optičkog signala kojeg koristi pasivna optička mreža, a druga je da koordinira multipleksiranje između uređaja za pretvorbu na kraju te mreže. Slika 3.11. pokazuje OLT u centrali CK\_JUG.



*Slika 3.11. OLT Optical Line Terminal (izvor: autor)*

ONT (eng. Optical Network Terminal) je optički uređaj kod korisnika koji pretvara ulazni optički signal u električni s ciljem pružanja telekomunikacijske usluge preko optičke mreže.

Slika 3.12. prikazuje ONT.



*Slika 3.12. ONT Optical Network Terminal (izvor: autor)*

## 4. PROGRAM KONTROLE KVALITETE

Programom kontrole potrebno je osigurati potrebnu kvalitetu, a što će se postići na taj način da se za opremu predviđenu nekakvim projektom tijekom gradnje i puštanja u rad, kontrolom dokaže funkcionalna ispravnost prema važećim zakonima, propisima i standardima i to u pogledu pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti u slučaju požara, da ne ugrožava zdravlje ljudi, ne stvara preveliku buku i vibraciju, štedi energiju i da se što bezbolnije uklopi u okoliš [10].

Kod izrade određenog projekta predviđeni su samo gotovi materijali, proizvodi i oprema, čija je kvaliteta dokazana ispravom proizvođača, odnosno certifikatom suglasnosti. Time se garantira da će svi predviđeni radovi biti trajni i kvalitetni uz uvjet da se radovi izvedu prema propisima i normama [10].

Ako se koristi materijal za koji ne dolazi gotov proizvod kao što je beton i mort, potrebno je uzimati uzorke svake mješavine i kontrolirati postignutu marku betona. Prilikom pripremanja betonske mješavine potrebno je pridržavati se odredbi važećih propisa i normi. U slučaju eventualne ugradnje opreme ili materijala koji nije predviđen projektom potrebno je dobiti suglasnost projektanta [10].

Obzirom da telekomunikacijski kapaciteti u eksploataciji ne mogu biti izvor požara, ne ugrožavaju zdravlje ljudi, ne stvaraju buku i vibraciju i ne troše energiju, kontrolom kvalitete potrebno je utvrditi samo pouzdanost i kvalitetu izgrađenih telekomunikacijskih kapaciteta.

Nakon izgradnje kabelaške kanalizacije, a prije puštanja u rad, potrebno je izvršiti kontrolu kvalitete. Pod kontrolom kvalitete kabelaške kanalizacije razumijeva se skup ispitivanja koja se vrše na novoizgrađenim, rekonstruiranim i proširenim telekomunikacijskim kapacitetima s ciljem da se utvrdi jesu li radovi izvršeni prema investicijsko – tehničkoj dokumentaciji.

Kontrolom kvalitete kabelaške kanalizacije utvrđuje se [10]:

- Jesu li radovi izvršeni prema važećoj investicijsko – tehničkoj dokumentaciji
- Postoje li za ugrađenu opremu atesti
- Postoje li dokazi o izvršenim kontrolnim ispitivanjima
- Odgovaraju li izvedeni radovi tehničkim propisima, standardima i uvjetima utvrđenim ugovorom između investitora i izvođača
- Ispunjavaju li izvršeni radovi uvjete dane u građevinskoj dozvoli

Kontrolu kvalitete tijekom građenja provodi nadzorni inženjer, dok kontrolu kvalitete na kraju izvedenih radova provodi stručna komisija [10].

Po završetku radova izvođač je dužan dostaviti sljedeće ateste:

- Dokaz o zbijenosti rova
- Dokaz o kvaliteti saniranih površina
- Dokaz o kvaliteti ugrađenih telekomunikacijskih zdenaca
- Dokaz o kvaliteti ugrađenih cijevi i spojnog materijala
- Dokaz o kvaliteti ugrađenih samostojećih i fasadnih ormarića

Kontrola kvalitete izgrađene kabelaške kanalizacije vrši se prema Pravilniku o kontroli kvalitete telekomunikacijskih sredstava [10].

#### **4.1. ITU-T standardi**

ITU-T (International Telecommunication Union) okuplja stručnjake iz cijelog svijeta koji razvijaju međunarodne standarde vezane za definiranje elemenata u globalnoj infrastrukturi informacijskih i komunikacijskih tehnologija. Ima više od 20 serija preporuka, gdje opet svaka ima puno više podpreporuka. U daljem tekstu biti će objašnjeno nekoliko preporuka serije G. Serije preporuka su:

- Serija A: Organizacija rada ITU-T
- Serija B: Načini izražavanja
- Serija C: Opća telekomunikacijska statistika
- Serija D: Opći principi tarifa
- Serija E: Telefonska mreža i ISDN
- Serija F: Netelefonski komunikacijski servis
- Serija G: Prijenosni sistem, digitalni sistem i mreža
- Serija H: Prijenos netelefonskih signala
- Serija I: Integrirane usluge digitalnih mreža
- Serija J: Prijenos zvučnog programa i telefonskih signala
- Serija K: Zaštita od smetnji
- Serija L: Konstrukcija, instalacija i zaštita kablova i drugih elemenata spojne opreme
- Serija M: Telekomunikacijsko upravljanje
- Serija N: Održavanje međunarodnih zvučnih programa i televizijskih prijenosa

- Serija O: Karakteristike i mjerna oprema
- Serija P: Kvaliteta telefonskih prijenosa
- Serija Q: Prebacivanje i signalizacija
- Serija R: Telefonski prijenos
- Serija S: Oprema terminalnih telefonskih servisa
- Serija T: Oprema terminala i protokoli za telematske servise
- Serija U: Telegrafsko prebacivanje
- Serija V: Prijenos podataka preko telefonske mreže
- Serija X: Mreže podataka i komunikacija otvorenih sistema
- Serija Y: Globalna informacijska infrastruktura, internetski protokoli i mreže buduće generacije
- Serija Z: Programski jezici

Serija G.600 – G.699 preporuke govore o karakteristikama optičkog sistema i prijenosnih medija. Serija G.650 – G.699 preporuke su za kablove svjetlovodnih vlakana.

- **ITU - T G.651** – višemodna vlakna koja se koriste za pristupne mreže u pojedinim sredinama. Višemodno vlakno je isplativo za korištenje od 1 Gbit/s preko veze do 550 m. Najčešće se temelji na 850 nm primopredajniku.
- **ITU – T G.652** – jednomodno optičko vlakno koje ima nultu disperziju i optimizirano je za 1310 nm. Jednomodni svjetlovod 9/125  $\mu\text{m}$  sa stepeničastim indeksom loma radi u 2. i 3. prozoru. Mogu se koristiti i za 1550 nm. Najčešće se u Hrvatskoj koristi ova vrsta vlakna. Prigušenje je manje od 0.5dB/km kod 1310 nm, a 0.4 dB/km kod 1550 nm.
- **ITU – T G.653** – optičko vlakno s pomaknutom disperzijom. Namijenjeno je za valnu dužinu od 1500 nm – 1600 nm. Gušenje je manje od 0.35 dB/km.
- **ITU – T G.654** – jednomodno optičko vlakno s pomaknutom cutoff (granična vrijednost propuštanja moda ili prekidna valna dužina) vrijednošću. Ovim standardom je poboljšán omjer optičkog signala i šuma, što se vidi povećanjem brzine podzemnih sustava.
- **ITU – T G.655** – vlakno s pomaknutom non-zero disperzijom (pomaknuta nulta disperzija izvan 3. prozora koja upada prije 1550 nm ili poslije te valne dužine).

Gušenje je oko 0.2 dB/km. Ova disperzija smanjuje rast nelinearnih efekata koji su posebno štetni u gustim multipleksiranim sustavima.

Proračun gušenja u prijašnjim poglavljima je napravljen za kabel koji ima ITU-T G.652 standarde. Ujedno su to preporuke koje se kod nas najviše koriste. Samo za veće magistralne vodove se polažu kabeli prema ITU-T G.655 preporukama ili kabeli koji se sastoje od dijela niti prema ITU-T G.652 i dijela niti prema ITU-T G.655 [14].

## 5. MJERNA INSTRUMENTACIJA I DOKUMENTACIJA

Jedan od bitnih i posljednjih koraka u izgradnji optičke mreže su završna mjerenja, koja ne bi mogli izvršiti bez adekvatne mjerene opreme. Za mjerenje optički instalacija i kablova koristimo optički reflektometar u vremenskoj domeni OTDR (engl. Optical Time Domain Reflectometry) i mjerač snage (engl. Powermeter). Optički reflektometar je uređaj koji služi za mjerenje duljine optičke niti, detektiranje i lociranje pogrešaka duž optičkog kabela, te mjerenja prigušenja, gubitaka na konektorima, spliterima i spojevima. Radi na principu optičkog reflektometra, gdje se na laserskoj diodi emitira svjetlost u optičko vlakno, ta svjetlost se odbija i vraća nazad u mjerni uređaj. Optički signal se pretvara u električni, te se prikazuje na zaslonu uređaja. U praksi se najčešće mjere duljine do 20 km zbog gubitaka optičke distribucijske mreže. Mjerenje je moguće izvršiti od korisnika prema centrali i obrnuto. Uređaj koji je trenutno popularan i koji smo mi koristili za mjerenje je EXFO FTB-200. Valne duljine koje se ispituju su 1310 nm i 1550 nm. Postoji još jedna valna duljina koja se koristi samo u onim situacijama kod kojih imamo korisnike koje već rade po jednoj niti, pa preko splitera moramo napraviti mjerenja za druge korisnike. Da se ne bi prekinuo promet i prijenos podataka koristimo valnu duljinu 1610 nm. Obzirom da se zadnju godinu svjetlovodni promet vrlo brzo proširio i krajnji korisnici sve više koriste svjetlovodni prijenos valna duljina 1610 nm je u konačnici vrlo korisna. Problem je samo što se ona mjeri od korisnika do splitera, te je pogodna samo mjerenje izvedbe kućne instalacije. Podaci se izravno prebacuju iz uređaja u software za obradu, te on ispisuje reflektogram za mjerenu nit. Prilikom mjerenja dobijemo sljedeće podatke:

- Reflektograf
- Tablicu s podacima o duljini linka, broju i poziciji gušenja, prigušenje reflektiranog signala, ukupno prigušenje, ukupno prigušenje reflektiranog signala
- Parametre instrumenta
- Gušenje po dužini
- Lokacije mjerenja i završetka

Slika 5.1. prikazuje mjerni instrument EXFO FTB-200 koji je korišten za mjerenja koja su navedena u sljedećem dijelu.





Slika 5.1. Mjerni instrument EXFO FTB-200 (izvor: autor)

Mjeračem snage (engl. Powermeter) se ispituje prohodnost svjetlovodne niti na taj način da se s jedne strane pusti signal određene snage i valne duljine, a s druge strane se mjeri primljeni signal. Taj primljeni signal pokazuje gušenje koje prema valnim duljinama određuje njegovu kvalitetu. Uz pomoć mjerača snage može se odrediti dali je nečisti konektor ili je loš spoj u ormariću ili spojnici.

## 5.1. Mjerenja

Mjerenja koja su napravljena u ovome radu izvršena su na području grada Čakovca koji ima dvije centrale s optičkim razdjelnicima. Mjereno je od UPS-a CK\_CENTAR prema završetku kabela ili do krajnjeg potrošača. Pet različitih mjerenja na vrlo sličnim dužima prikazuju razlike u kvaliteti izvođenja radova. Neke niti su direktne koje dolaze iz centrale do krajnjeg potrošača, a neke funkcioniraju preko splitera. Mjerenje je izvršeno na valnim duljinama od 1310 nm i 1550 nm (Dodaci A). Iz ovih 5 mjerenja vidi se na točno kojem mjestu se vršilo spajanje i gdje se nalaze određeni gubici. Duljine niti, ovisno o pojedinom mjerenju su sve



oko 1700 m. Iz ovih mjerenih podataka vidimo da su prva četiri projekta dobro i kvalitetno napravljena i da su mjerni podaci u dozvoljenim granicama. Brojevi koji se prikazuju na reflektografu su mjesta gdje su niti spajanja, te se vide gubici. Današnji kriteriji za puštanje u pogon optičke mreže su vrlo visoki te su se kriteriji zadnjih nekoliko godina promijenili. Ova optička mreža koja je mjerena napravljena je prije otprilike 8 godina, pa su uvjeti bili malo drugačiji i tolerantniji. Jako puno ovisi o kvaliteti spajanja niti i samom optičaru koji to obavlja. Mjerenje br. 5 pokazuje nam neka odstupanja od normalnih vrijednosti, te je graf na reflektografu izobličeni. Nakon ovog mjerenja pristupilo se popravku kabela i niti. Jako je bitna kontrola kvalitete nakon samog izvedenog projekta, te ova mjerenja pokazuju da se nije dovoljno ozbiljno pristupilo kontroli i nadzoru nad izvođačem radova.

## **5.2. Projektna dokumentacija svjetlovodnog sustava**

Za bilo kakvu izgradnju mreže potrebno je izgraditi projektnu dokumentaciju. Prema zakonu projekat može izraditi i potpisati ovlaštenu projektant. Projektna i tehnička dokumentacija mora biti izrađena prema važećim zakonima, normama i primjenjivim pravilima struke za sustav koji se projektira [10].

Osnovni dijelovi projekta su [9]:

- Opći dio projekta
  - Sadržaj dokumentacije
  - Projektni zadatak
  - Mjere zaštite
  - Tehnički uvjeti
- Tehnički opis
  - Opis tehničkog rješenja
  - Način gradnje pojedinih dijelova sustava
  - Popis opreme
  - Popis važećih zakona i normi
- Dokumentacija optičkog sustava
  - Blok shema sustava
  - Situacijski prikaz sustava u mjerilu
  - Shema niti svjetlovodnog kabela
  - Detalji spajanja pojedinih dijelova

- Proračun sustava
- Financijski troškovi za materijal i obavljen rad

Prilikom izvođenja radova od iznimne važnosti je pridržavati se zakona, pravilnika, normi, tehničkih specifikacija. Neki od njih su [10]:

- Zakon o elektroničkim komunikacijama (NN 73/08)
- Pravilnik o načinu i uvjetima pristupa i zajedničkog korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme (NN 154/08)
- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 58/93)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 59/96, 94/96, 114/03)
- Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 59/96, 105/04)
- Upute za projektiranje i gradnju DTK (HPT 97)
- ITU preporuke
- Upute o polaganju i montaži optičkih kabela (PTT vjesnik 4/89)

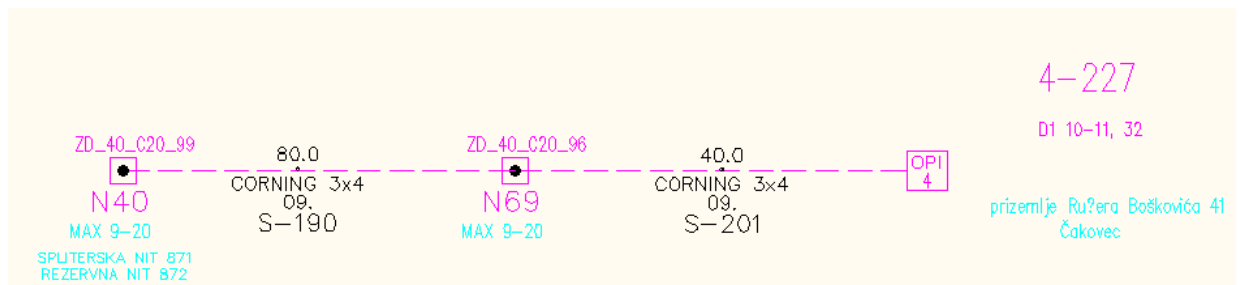
U nastavku se nalazi dokumentacija projektnog sustava kao što su blok shema, shema spajanja i dr.:

Slika 5.2 prikazuje shemu s podacima od izvodnog zdenca do korisničkog ormarića;

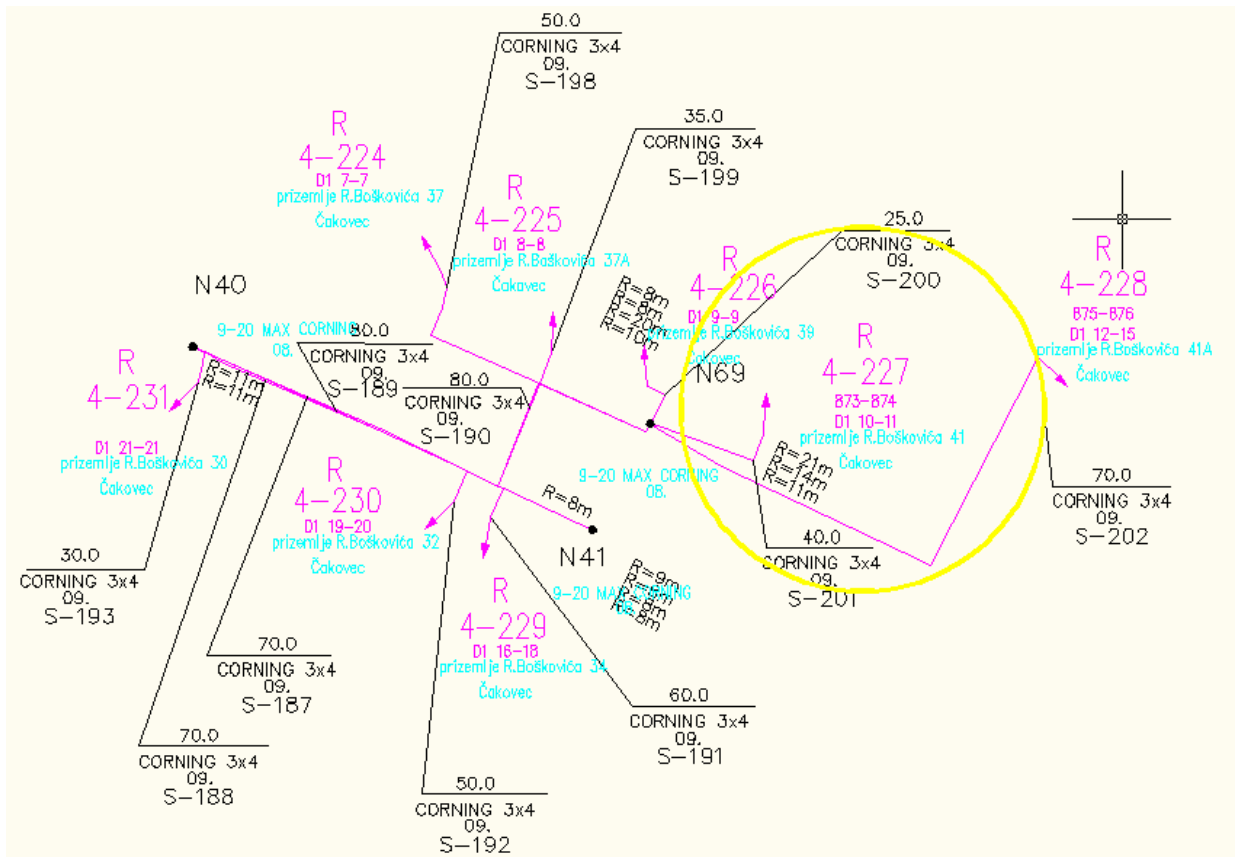
Slika 5.3 prikazuje blok shemu kapaciteta optike i duljina kablova;

Slika 5.4. prikazuje shemu spajanja niti od splitera do korisnika;

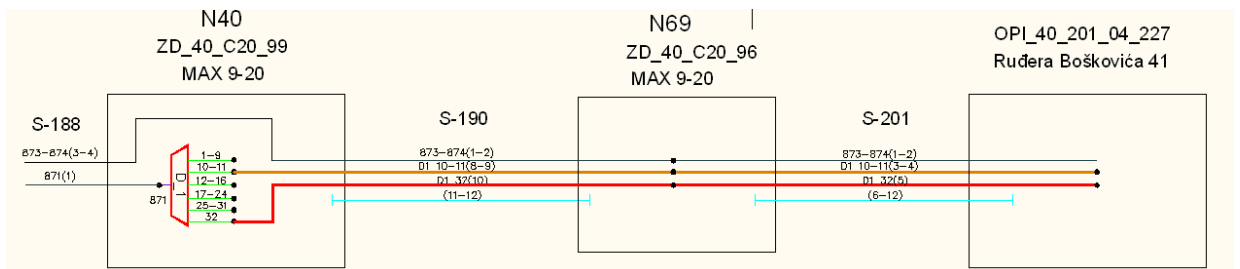
Slika 5.5. prikazuje shemu splitera 1:32 i svih njegovih odlaznih pravaca.



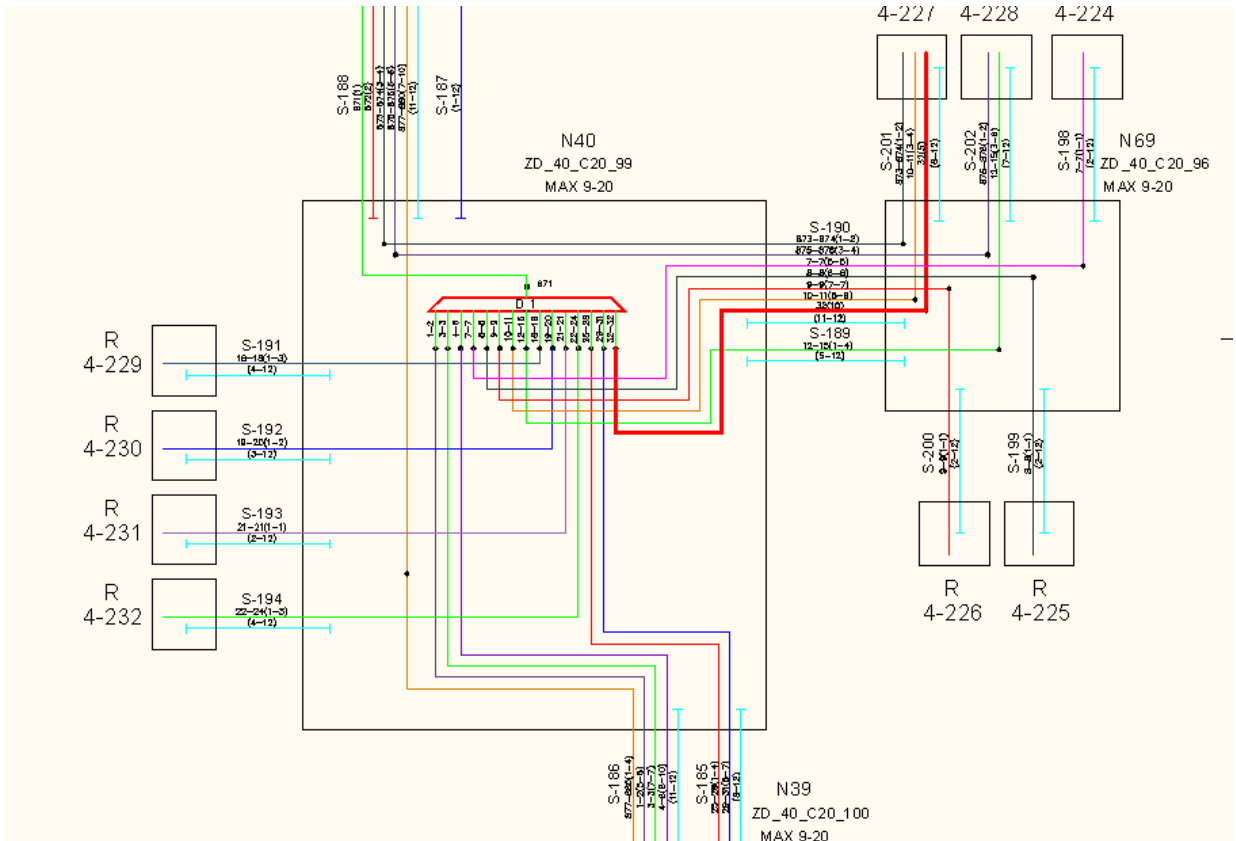
Slika 5.2. Shema s podacima od izvodnog zdenca do korisničkog ormarića [9]



Slika 5.3. Blok shema kapaciteta optike i duljina kablova [9]



Slika 5.4. Shema spajanja niti od splitera do korisnika [9]



Slika 5.5. Shema splitera 1:32 i svih njegovih odlaznih pravaca [9]

## **6. ANALIZA GREŠAKA ZA DVA RAZLIČITA PRIJENOSNA MEDIJA UZ OSVRT NA KVALITETU**

Vrlo važno je usporediti dva različita prijenosna sustava da bi se uvidjele prednosti jednog u odnosu na drugi, u ovom slučaju mislimo na optički prijenos i bakreni. Prednosti optičke mreže u odnosu na bakrenu naveo sam u prijašnjim poglavljima. U ovom poglavlju analizirat će se smetnje koje su se dogodile u 90 dana na području centrale CK\_JUG u Čakovcu. Centrala CK\_JUG ima otprilike 3000 korisnika, od kojih je oko 1000 korisnika na optičkoj mreži i taj broj svakim danom raste. Najveći broj potrošača optičke mreže se nalazi baš u toj centrali s obzirom na ukupan broj korisnika, te je ta centrala pogodna za našu analizu.

Najčešći uzroci smetnji na bakrenoj mreži su:

- Blokada
- Dotrajalost
- Greška korisničkog računa
- Ispad naponske mreže
- Neispravna oprema
- Nestručno rukovanje korisnika
- Oksidacija
- Oštećenje zbog radova drugih
- Padaline (kiša, snijeg, tuča)
- Pogreška u konfiguraciji
- Prekid, odvod i kratki spoj
- Prevelika udaljenost od centrale
- Vjetar

Najčešća mjesta na kojima se događaju smetnje su:

- Podzemni kabel
- Zračni kabel
- DSLAM port
- DSLAM pločica
- Izvod
- Instalacija u vlasništvu korisnika
- MDF/ODF

- Kabelski zdenac
- Komutacija (AXA, EWSD)
- Oprema u vlasništvu korisnika
- Javna govornica
- PLC uređaj
- Platforma
- Sekundarna oprema (PCM, PGS)
- Uvodna kutija na objektu korisnika

U periodu od 90 dana na području samog grada Čakovca dogodi se preko 1000 različitih grešaka. Od tih 1000 smetnji, centrali CK\_JUG pripada 250 smetnji u vremenskom periodu od 3 mjeseca. Putem bakrenog prijenosnog sustava bilo je 220 smetnji, a putem optičkog prijenosa 30. S obzirom da putem bakrenog prijenosa ima duplo više korisnika, da bi izjednačili broj korisnika, smetnje na bakrenom sustavu bi bile oko 110. U konačnici vidimo da je taj broj puno veći od optičkog prijenosa. Prednosti optičkog prijenosa u odnosu na bakreni navedena su u prijašnjim poglavljima, ali jedan vrlo bitan faktor kod uzroka smetnji je taj da korisnici postupaju s dozom opreza prema novoj optičkoj mreži, te se ne žele upuštati u bilo kakve samostalne popravke. Preko 20 % svih smetnji je posljedica nestručnog rukovanja korisnika. Kod izgradnje pilot projekta optičke mreže na kanalicama i optičkim kabelima su bile oznake „opasnost laser“. S obzirom da su se potrošači bunili da im to smeta u drugoj fazi izgradnje optičke mreže po stanovima nisu se postavljale te oznake s vidljive strane. Ali posljedica toga su bila povećanja kvarova na korisničkim instalacijama. Potrošači se upuštaju u onaj dio posla za što nisu ovlašteni. Ova analiza je napravljena od siječnja do ožujaka, mjesecima gdje nema previše kiše i grmljavine. Dolaskom promjenjivog vremena, a posebice grmljavine i kiše rezultati idu i više nego u korist optičkoj mreži, jer optičkim kablovima ne smeta grmljavina niti vlaga. Analiza je rađena na području grada gdje postoji podzemna telekomunikacijska infrastruktura. U manje naseljenim područjima, gdje ima zračna infrastruktura i gdje je broj smetnji povećani u odnosu na grad, optikom bi se ta razlika još više povećala.

Najveći problem izgradnje zračne optičke mreže u manje naseljena područja je one financijske prirode. S obzirom da se nalazimo u Europskoj uniji, te se standardi za širokopolasni internet odnose i na nas, nadamo se da će izgradnja optike po manje naseljenim područjima ubrzo krenuti i proširiti se na sve dijelove Hrvatske. Cilj koji je postavljen je da se

do 2020. godine putem optičkog prijenosa koristi 50 % stanovništva, do 2024. godine 70 %. Te godine nisu nimalo daleko, naprotiv već je to vrlo blizu, a izgradnja i investicije u optički prijenos još uvijek nije doživio ekspanziju kakvu bi trebao da bi se ti rezultati postigli. Ima gomilu neiskorištene optike koju imaju HEP, HAC, HŽ i JANAF, ali ta infrastruktura ne dolazi do krajnjeg korisnika. Oni trebaju osigurati da se infrastruktura dovede u blizinu kako bi telekomunikacijskim poduzećima bilo isplativo nastaviti dalje, jer bez toga telekomi iz komercijalnih razloga neće ulagati jer ga jednostavno nemaju. Telekom operateri su ti koji bi trebali izgraditi „zadnju milju“, odnosno razvoditi kablove po naseljima i kućama. Europa zadnjih nekoliko godina potiče izgradnju širokopojasnog interneta kroz svoje fondove, a lokalne uprave i samouprave bi u malo većem angažmanu trebale povući novac iz EU fondova. Time bi se izgradila kvalitetna infrastruktura, gdje je najbitnije njome upravljati i pravilno je održavati.

## 7. ZAKLJUČAK

Svjetlovodna mreža i optički kabeli sve više se implementiraju u sva informacijska i komunikacijska prijenosna sredstva. Granica bakrenog prijenosa je već odavno bila određena i postignuta. Svakodnevno se polažu optički kabeli, te se iskorištava svaki slobodni put. Dnevno se reklamiraju nove komunikacijske i multimedijske usluge, a u cijeloj toj priči svjetlovodna mreže se nametnula kao najkvalitetnije rješenje. Internetska tehnologija, internetski servisi, oprema i inovacije na području telekomunikacija mijenjaju se skokovitim brzinom, pa i u vrijeme izrade završnog rada aktivna oprema koja je smještena u centrali doživjela je procvat.

Nažalost kod nas glavnu riječ na telekomunikacijskom području ne vode ICT stručnjaci koji su školovani, osposobljeni i iskusni u svome području, već ekonomski stručnjaci za koje svjetlovodna mreža predstavlja preveliki investicijski trošak. Jedino svjetlovodna nit do krajnjeg korisnika (FTTH – Fiber to the home) predstavlja trajno rješenje za komunikaciju.

Najzahtjevniji dio posla je izgradnja pasivne optičke mreže. Pošto je to segment koji treba ostati najdugovječniji vrlo važno je podići razinu kvalitete mreže, te osigurati strožu kontrolu prilikom njenog izvođenja. Što su mjerenja rigoroznija i brojnija, manja je potreba za intervencijama u fazi održavanja.

U ovom radu opisano je planiranje, potrebni elementi i postupci za izvedbu svjetlovodne mreže kao najprihvatljivije širokopojasno rješenje. Naglasak završnog rada je na usporedbi i kvaliteti između bakrene mreže i svjetlovodne mreže.

Vlastoručni potpis:

U Varaždinu, 27.5.2016.

---



## 8. LITERATURA

- [1] Andrew Oliviero, Bill Woodward, Cabling – The Complete Guide to Copper and Fiber-Optica Network, Fourth Edition, Wiley Publishing, Inc. 2009
- [2] Eric R. Peterson, Fiber Optic System Installation, Delmar Publishers
- [3] Govind P. Agrawal, Fiber-Optic Communications System, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- [4] ITU-T Recommendation G.983.1, Broadband optical access system on Passive Optical Network, 2005
- [5] Optical Fiber Theory for Communication Network, Second Edition, Ericsson Network Technologies AB, 2002
- [6] Strukturno kabliranje – planiranje, projektiranje, izvođenje i održavanje, Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) ZESOI/LS&S Zagreb, 2004
- [7] WDM tehnologija u razvoju optičkih pasivnih mreža, doc.dr.sc. Winton Afrić
- [8] Z. Šipuš, M. Bosiljevac, T. Komljenić, Tehnologija optičkih komunikacija, Predavanja Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER), ak. God. 2002/2003
- [9] FTTH dokumentacija na području Čakovca, Hrvatski Telekom, 2008
- [10] Program kontrole i osiguranje kvalitete ( Zakon o gradnji NN br.52/99 , Pravilnik o kontroli TK sredstva PTT Vjesnik br.14/79)
- [11] <http://www.ericsson.com/hr>
- [12] <http://www.corning.com>
- [13] <http://www.tim-kabel.hr>
- [14] <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations>
- [15] <http://www.hakom.hr>

# 9. DODACI

## 9.1. Dodaci A – mjerenje br. 1

### OTDR Report

#### General Information

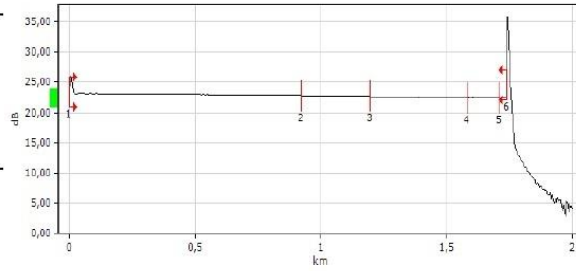
Filename: NIT\_873.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:33 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:

#### Location A

Location: Čakovec, Zavnoha 2a  
 Operator: Sokač Nikola  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325

#### Location B

Location: R.Boškovića 41  
 Operator:



#### Results

Span length: 1,7400 km Average splice loss: 0,066 dB  
 Span loss: 0,833 dB Maximum splice loss: 0,132 dB  
 Average loss: 0,479 dB/km Span ORL: 33,87 dB

#### Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

#### Test Settings

IOR: 1,467700 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

#### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,966 dB B: 0,9604 km, 22,778 dB  
 a: 0,3201 km, 23,082 dB b: 1,2806 km, 22,531 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,188 dB

#### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,022 dB A-B LSA att.: 0,534 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,171 dB 3-pt. reflectance: \*\*\*\*\*  
 2-pt. sect. att.: 0,586 dB/km A-B ORL: 44,60 dB

#### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -55,2           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 0,9210               | 0,320     |                 | 0,348                 | 0,320       |
| Non-Reflective Event | 2  | 0,9210               | 0,091     |                 |                       | 0,411       |
| Section              |    | 0,2753               | 0,081     |                 | 0,295                 | 0,492       |
| Non-Reflective Event | 3  | 1,1963               | 0,132     |                 |                       | 0,624       |
| Section              |    | 0,3856               | 0,128     |                 | 0,331                 | 0,752       |
| Positive Event       | 4  | 1,5819               | -0,079    |                 |                       | 0,673       |
| Section              |    | 0,1287               | 0,032     |                 | 0,250                 | 0,705       |
| Non-Reflective Event | 5  | 1,7106               | 0,119     |                 |                       | 0,824       |
| Section              |    | 0,0294               | 0,007     |                 | 0,250                 | 0,832       |
| Reflective Event     | 6  | 1,7400               |           | -31,9           |                       | 0,832       |

### OTDR Report

#### General Information

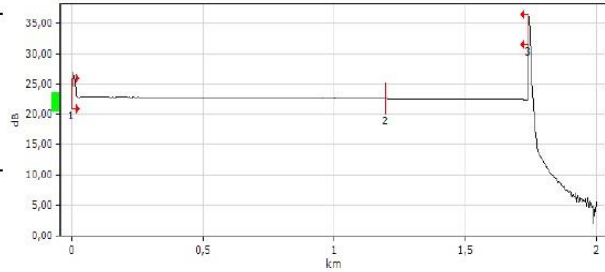
Filename: NIT\_873.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:34 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:

#### Location A

Location: Čakovec, Zavnoha 2a  
 Operator: Sokač Nikola  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325

#### Location B

Location: R.Boškovića 41  
 Operator:



#### Results

Span length: 1,7402 km Average splice loss: 0,165 dB  
 Span loss: 0,486 dB Maximum splice loss: 0,165 dB  
 Average loss: 0,280 dB/km Span ORL: 35,86 dB

#### Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

#### Test Settings

IOR: 1,468325 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

#### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,737 dB B: 0,9604 km, 22,658 dB  
 a: 0,3201 km, 22,824 dB b: 1,2806 km, 22,446 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,079 dB

#### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,068 dB A-B LSA att.: 0,209 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,067 dB 3-pt. reflectance: \*\*\*\*\*  
 2-pt. sect. att.: 0,247 dB/km A-B ORL: 46,94 dB

#### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,7           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 1,1966               | 0,256     |                 | 0,214                 | 0,256       |
| Non-Reflective Event | 2  | 1,1966               | 0,165     |                 |                       | 0,421       |
| Section              |    | 0,5436               | 0,066     |                 | 0,121                 | 0,486       |
| Reflective Event     | 3  | 1,7402               |           | -34,5           |                       | 0,486       |

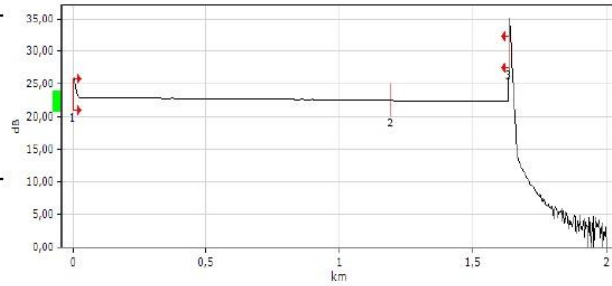
# Mjerenje br. 2

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 872.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:32 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:

Comments:  
**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec, Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,6358 km Average splice loss: 0,073 dB  
 Span loss: 0,588 dB Maximum splice loss: 0,073 dB  
 Average loss: 0,359 dB/km Span ORL: 34,91 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,467700 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,722 dB B: 0,9604 km, 22,634 dB  
 a: 0,3201 km, 22,839 dB b: 1,2806 km, 22,442 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,088 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,063 dB A-B LSA att.: 0,336 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,108 dB 3-pt. reflectance: -72,2 dB  
 2-pt. sect. att.: 0,275 dB/km A-B ORL: 44,57 dB

### Event Table

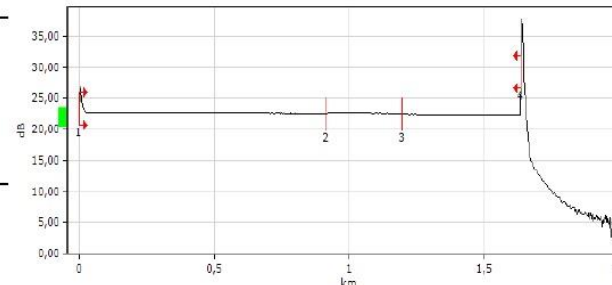
| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,6           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 1,1930               | 0,404     |                 | 0,339                 | 0,404       |
| Non-Reflective Event | 2  | 1,1930               | 0,073     |                 |                       | 0,477       |
| Section              |    | 0,4427               | 0,111     |                 | 0,250                 | 0,588       |
| Reflective Event     | 3  | 1,6358               |           | -34,4           |                       | 0,588       |

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 872.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:32 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:

Comments:  
**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec, Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,6355 km Average splice loss: 0,043 dB  
 Span loss: 0,387 dB Maximum splice loss: 0,151 dB  
 Average loss: 0,236 dB/km Span ORL: 33,43 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,468325 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,555 dB B: 0,9604 km, 22,550 dB  
 a: 0,3201 km, 22,620 dB b: 1,2806 km, 22,353 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,005 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,160 dB A-B LSA att.: 0,068 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,022 dB 3-pt. reflectance: -74,9 dB  
 2-pt. sect. att.: 0,015 dB/km A-B ORL: 46,94 dB

### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,3           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 0,9151               | 0,177     |                 | 0,194                 | 0,177       |
| Positive Event       | 2  | 0,9151               | -0,065    |                 |                       | 0,112       |
| Section              |    | 0,2803               | 0,056     |                 | 0,198                 | 0,168       |
| Non-Reflective Event | 3  | 1,1954               | 0,151     |                 |                       | 0,319       |
| Section              |    | 0,4402               | 0,067     |                 | 0,152                 | 0,386       |
| Reflective Event     | 4  | 1,6355               |           | -31,2           |                       | 0,386       |

# Mjerenje br. 3

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 874.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:35 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:

### Location A

Location: Čakovec,Zavnoha 2a  
 Operator: Sokač Nikola  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325

### Location B

Location: R.Boškovića 41  
 Operator:

### Results

Span length: 1,7401 km Average splice loss: -0,138 dB  
 Span loss: 0,628 dB Maximum splice loss: -0,138 dB  
 Average loss: 0,361 dB/km Span ORL: 27,00 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

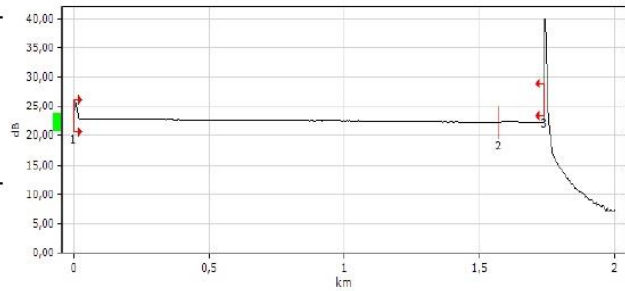
IOR: 1,467700 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,655 dB B: 0,9604 km, 22,581 dB  
 a: 0,3201 km, 22,784 dB b: 1,2806 km, 22,423 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,074 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,075 dB A-B LSA att.: 0,271 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,087 dB 3-pt. reflectance: -71,3 dB  
 2-pt. sect. att.: 0,232 dB/km A-B ORL: 44,57 dB



### Event Table

| Type             | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level     | 1  | 0,0000               |           | -54,6           |                       | 0,000       |
| Section          |    | 1,5710               | 0,535     |                 | 0,340                 | 0,535       |
| Positive Event   | 2  | 1,5710               | -0,138    |                 |                       | 0,397       |
| Section          |    | 0,1692               | 0,231     |                 | 1,367                 | 0,628       |
| Reflective Event | 3  | 1,7401               |           | -23,5           |                       | 0,628       |

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 874.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:35 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:

### Location A

Location: Čakovec,Zavnoha 2a  
 Operator: Sokač Nikola  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325

### Location B

Location: R.Boškovića 41  
 Operator:

### Results

Span length: 1,7401 km Average splice loss: -0,027 dB  
 Span loss: 0,435 dB Maximum splice loss: 0,122 dB  
 Average loss: 0,250 dB/km Span ORL: 32,58 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

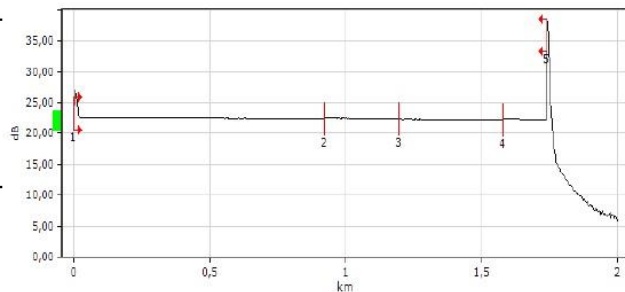
IOR: 1,468325 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,443 dB B: 0,9604 km, 22,461 dB  
 a: 0,3201 km, 22,518 dB b: 1,2806 km, 22,272 dB  
 B-A: 0,3201 km, -0,018 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,161 dB A-B LSA att.: 0,017 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,006 dB 3-pt. reflectance: -74,5 dB  
 2-pt. sect. att.: -0,055 dB/km A-B ORL: 46,93 dB



### Event Table

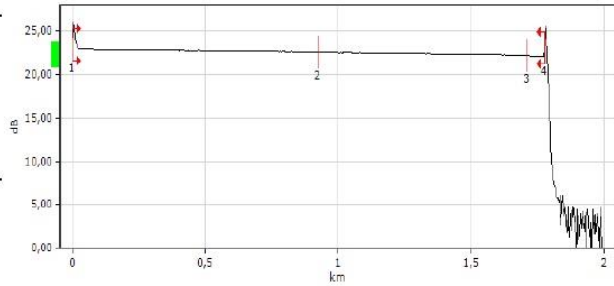
| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,0           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 0,9211               | 0,171     |                 | 0,186                 | 0,171       |
| Positive Event       | 2  | 0,9211               | -0,076    |                 |                       | 0,095       |
| Section              |    | 0,2739               | 0,059     |                 | 0,214                 | 0,154       |
| Non-Reflective Event | 3  | 1,1950               | 0,122     |                 |                       | 0,276       |
| Section              |    | 0,3838               | 0,063     |                 | 0,163                 | 0,338       |
| Positive Event       | 4  | 1,5788               | -0,127    |                 |                       | 0,211       |
| Section              |    | 0,1613               | 0,223     |                 | 1,361                 | 0,434       |
| Reflective Event     | 5  | 1,7401               |           | -30,0           |                       | 0,434       |

# Mjerenje br. 4

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 875.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:36 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:  
**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec,Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,7769 km Average splice loss: 0,071 dB  
 Span loss: 0,790 dB Maximum splice loss: 0,108 dB  
 Average loss: 0,444 dB/km Span ORL: 37,54 dB

### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,7           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 0,9261               | 0,315     |                 | 0,341                 | 0,315       |
| Non-Reflective Event | 2  | 0,9261               | 0,035     |                 |                       | 0,350       |
| Section              |    | 0,7872               | 0,315     |                 | 0,400                 | 0,666       |
| Non-Reflective Event | 3  | 1,7133               | 0,108     |                 |                       | 0,774       |
| Section              |    | 0,0636               | 0,016     |                 | 0,250                 | 0,790       |
| Reflective Event     | 4  | 1,7769               |           | -53,7           |                       | 0,790       |

### Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,467700 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,699 dB B: 0,9604 km, 22,528 dB  
 a: 0,3201 km, 22,812 dB b: 1,2806 km, 22,422 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,171 dB

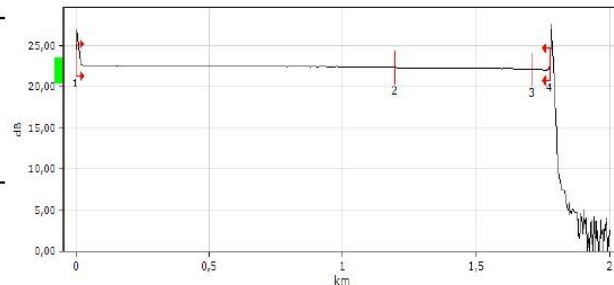
### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: 0,031 dB A-B LSA att.: 0,412 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,132 dB 3-pt. reflectance: \*\*\*\*\*  
 2-pt. sect. att.: 0,534 dB/km A-B ORL: 44,60 dB

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT 875.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:36 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:  
**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec,Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,7768 km Average splice loss: 0,098 dB  
 Span loss: 0,560 dB Maximum splice loss: 0,105 dB  
 Average loss: 0,315 dB/km Span ORL: 39,52 dB

### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,1           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 1,1951               | 0,211     |                 | 0,177                 | 0,211       |
| Non-Reflective Event | 2  | 1,1951               | 0,091     |                 |                       | 0,302       |
| Section              |    | 0,5153               | 0,134     |                 | 0,260                 | 0,436       |
| Non-Reflective Event | 3  | 1,7104               | 0,105     |                 |                       | 0,541       |
| Section              |    | 0,0664               | 0,019     |                 | 0,282                 | 0,560       |
| Reflective Event     | 4  | 1,7768               |           | -50,2           |                       | 0,560       |

### Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,468325 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,516 dB B: 0,9604 km, 22,463 dB  
 a: 0,3201 km, 22,574 dB b: 1,2806 km, 22,307 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,053 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,075 dB A-B LSA att.: 0,175 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,056 dB 3-pt. reflectance: \*\*\*\*\*  
 2-pt. sect. att.: 0,165 dB/km A-B ORL: 46,95 dB



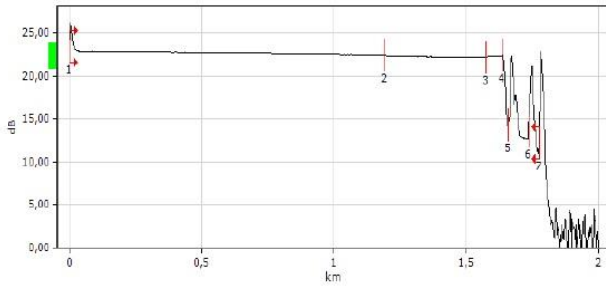
# Mjerenje br. 5

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT\_871.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:29 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:

**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec,Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,7776 km Average splice loss: 0,002 dB  
 Span loss: 11,922 dB Maximum splice loss: 0,142 dB  
 Average loss: 6,707 dB/km Span ORL: 37,87 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1310 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,467700 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -79,44 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,657 dB B: 0,9604 km, 22,491 dB  
 a: 0,3201 km, 22,740 dB b: 1,2806 km, 22,258 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,166 dB

### Manual Measurements

4-pt. ev. loss: -0,084 dB A-B LSA att.: 0,401 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,128 dB 3-pt. reflectance: \*\*\*\*\*  
 2-pt. sect. att.: 0,519 dB/km A-B ORL: 44,62 dB

### Event Table

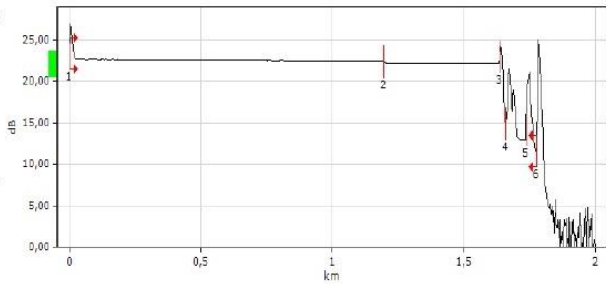
| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,3           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 1,1952               | 0,444     |                 | 0,371                 | 0,444       |
| Non-Reflective Event | 2  | 1,1952               | 0,142     |                 |                       | 0,586       |
| Section              |    | 0,3794               | 0,132     |                 | 0,347                 | 0,717       |
| Positive Event       | 3  | 1,5746               | -0,137    |                 |                       | 0,580       |
| Section              |    | 0,0634               | 0,030     |                 | 0,473                 | 0,610       |
| Reflective Event     | 4  | 1,6380               | 7,883     | -68,6           |                       | 8,493       |
| Section              |    | 0,0227               | 0,039     |                 | 1,700                 | 8,532       |
| Reflective Event     | 5  | 1,6607               | 1,413     | -43,5           |                       | 9,945       |
| Section              |    | 0,0762               | 0,130     |                 | 1,700                 | 10,074      |
| Reflective Event     | 6  | 1,7368               | 1,778     | -42,4           |                       | 11,852      |
| Section              |    | 0,0408               | 0,069     |                 | 1,700                 | 11,922      |
| Reflective Event     | 7  | 1,7776               |           | -35,9           |                       | 11,922      |

## OTDR Report

### General Information

Filename: NIT\_871.trc Cable ID:  
 Test date: 20.4.2000 Fiber ID: 0001  
 Test time: 20:29 (GMT+01:00) Customer:  
 Job ID: Company:  
 Comments:

**Location A** **Location B**  
 Location: Čakovec,Zavnoha 2a Location: R.Boškovića 41  
 Operator: Sokač Nikola Operator:  
 Unit's model: FTB-7300E-234B-EA  
 Unit's s/n: 486325



### Results

Span length: 1,7773 km Average splice loss: 0,215 dB  
 Span loss: 11,225 dB Maximum splice loss: 0,215 dB  
 Average loss: 6,316 dB/km Span ORL: 39,94 dB

### Test Parameters

Wavelength: 1550 nm (9 μm) Duration: 15 s  
 Range: 2,0000 km High resolution: No  
 Pulse: 50 ns Resolution: 0,080 m

### Test Settings

IOR: 1,468325 Splice loss threshold: 0,020 dB  
 Backscatter: -81,87 dB Reflectance threshold: -72,0 dB  
 Helix factor: 0,00 % End-of-fiber threshold: 24,000 dB

### Markers Information

A: 0,6403 km, 22,510 dB B: 0,9604 km, 22,468 dB  
 a: 0,3201 km, 22,576 dB b: 1,2806 km, 22,198 dB  
 B-A: 0,3201 km, 0,042 dB

### Manual Measurements

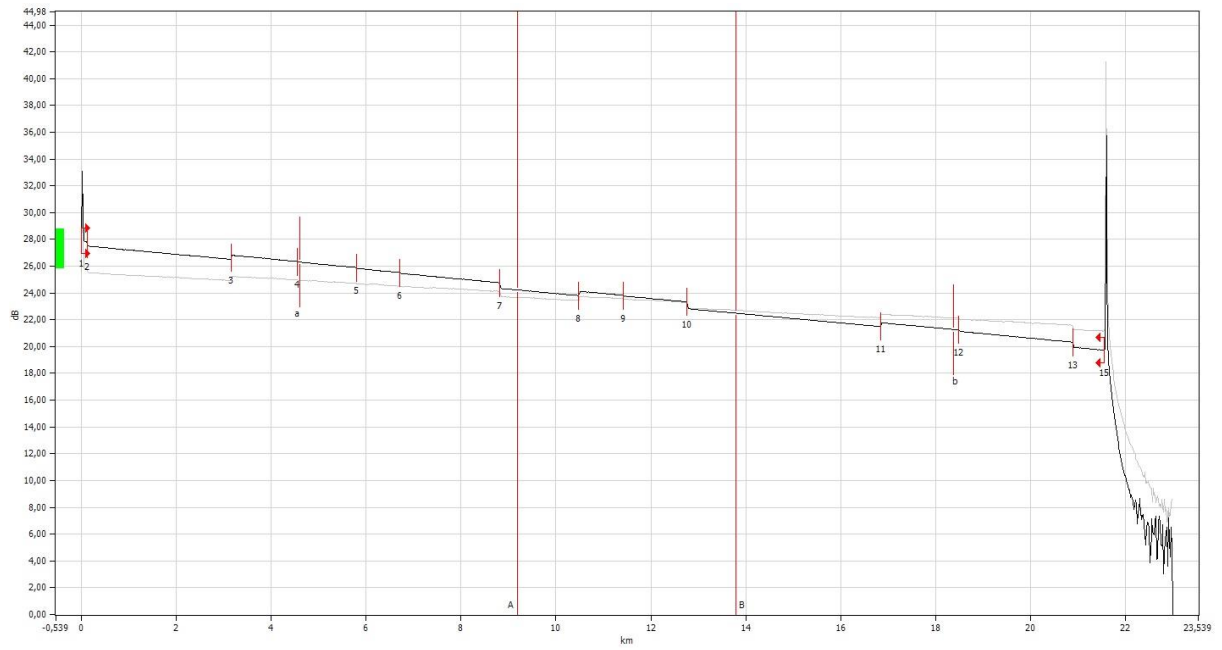
4-pt. ev. loss: -0,116 dB A-B LSA att.: 0,187 dB/km  
 A-B LSA loss: 0,060 dB 3-pt. reflectance: -76,0 dB  
 2-pt. sect. att.: 0,131 dB/km A-B ORL: 46,96 dB

### Event Table

| Type                 | No | Location/Length (km) | Loss (dB) | Reflection (dB) | Attenuation (dB / km) | Cumul. (dB) |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------|
| Launch Level         | 1  | 0,0000               |           | -54,2           |                       | 0,000       |
| Section              |    | 1,1947               | 0,235     |                 | 0,196                 | 0,235       |
| Non-Reflective Event | 2  | 1,1947               | 0,215     |                 |                       | 0,450       |
| Section              |    | 0,4430               | 0,044     |                 | 0,100                 | 0,494       |
| Reflective Event     | 3  | 1,6378               | 6,853     | -60,2           |                       | 7,347       |
| Section              |    | 0,0227               | 0,034     |                 | 1,500                 | 7,381       |
| Reflective Event     | 4  | 1,6605               | 2,233     | -50,0           |                       | 9,614       |
| Section              |    | 0,0758               | 0,114     |                 | 1,500                 | 9,728       |
| Reflective Event     | 5  | 1,7363               | 1,436     | -45,6           |                       | 11,164      |
| Section              |    | 0,0411               | 0,062     |                 | 1,500                 | 11,225      |
| Reflective Event     | 6  | 1,7773               |           | -35,2           |                       | 11,225      |

## 9.2. Dodaci B

### Mjerenje br. 1



### 9.3. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 2.1. Point to Point Fiber pasivna optička mreža.....                  | 3  |
| Slika 2.2. Pasivna optička širokopojasna mreža.....                         | 5  |
| Slika 2.3. Refleksija svjetlosnog signala u optičkom kabelu.....            | 6  |
| Slika 2.4. Jednostavni WDM sustav.....                                      | 6  |
| Slika 2.5. Širokopojasni WDM sustav.....                                    | 7  |
| Slika 2.6. Osnovni širokopojasni WDM sustav.....                            | 7  |
| Slika 2.7. Konfiguracija spojne mreže sa aktivnim uređajima.....            | 10 |
| Slika 3.1. Razlika između svjetlovodnog i bakrenog kabela.....              | 15 |
| Slika 3.2. Elementi uvlačenog kabela.....                                   | 15 |
| Slika 3.3. Elementi samonosivog kabela.....                                 | 15 |
| Slika 3.4. FC konektor.....   | 18 |
| Slika 3.5. SC konektor.....   | 18 |
| Slika 3.6. LC konektor.....   | 18 |
| Slika 3.7. Sprežnik 1:8 i 1:16.....   | 19 |
| Slika 3.8. Optička spojnica.....  | 20 |
| Slika 3.9. Aparat za upuhivanje optike (Cablejet).....                      | 21 |
| Slika 3.10. Razdjelnik.....   | 22 |
| Slika 3.11. OLT (Optical Line Terminal) .....                               | 23 |
| Slika 3.12. ONT (Optical Network Terminal) .....                            | 23 |
| Slika 5.1. Mjerni instrument EXFO FTB-200.....                              | 29 |
| Slika 5.2. Shema s podacima od izvodnog zdenca do korisničkog ormarića..... | 31 |
| Slika 5.3. Blok shema kapaciteta optike i duljina kablova.....              | 32 |
| Slika 5.4. Shema spajanja niti od splitera do korisnika.....                | 32 |
| Slika 5.5. Shema splitera 1:32 i svih njegovih odlaznih pravaca.....        | 33 |



## 9.4. Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 2.1. Uskopojasni WDM sustav s razmakom kanala..... | 7  |
| Tablica 2.2. DWDM 100 GHz razmak između kanala.....        | 8  |
| Tablica 3.1. Standardi za „Color Code“.....                | 16 |

## 9.5. Popis korištenih kratica

|              |   |
|--------------|---|
| <b>PON</b>   | Passive Optical Network<br>Pasivna optička mreža  |
| <b>FTTx</b>  | Fiber to the x<br>Svjetlovodna nit do x   |
| <b>FTTH</b>  | Fiber to the Home<br>Svjetlovodna nit do kuće   |
| <b>FTTB</b>  | Fiber to the Building<br>Svjetlovodna nit do zgrade   |
| <b>DSL</b>   | Digital Subscriber Line<br>Digitalna pretplatnička linija   |
| <b>WiMAX</b> | Worldwide Interoperability For Microwave Access<br>Širokopoljasni bežični prijenos                            |
| <b>VDSL</b>  | Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line<br>Vrlo visok prijenos bitova preko digitalne pretplatničke linije |
| <b>DTK</b>   | Distribucijska kabela kanalizacija  |
| <b>SVK</b>   | Svjetlovodni kabel  |
| <b>P2P</b>   | Point to Point Fiber<br>Svjetlovodna nit od točke do točke  |
| <b>P2MP</b>  | Point to Multi Point<br>Svjetlovodna nit od točke do više točaka  |
| <b>WDM</b>   | Wavelength Division Multiplexing<br>Valni multipleks  |
| <b>OLT</b>   | Optical Line Terminal<br>Optički linijski uređaj  |

|                |   |
|----------------|---|
| <b>CO, UPS</b> | Central Office<br>Centrala  |
| <b>ONU</b>     | Optical Network Unit<br>Optička mrežna jedinica                               |
| <b>ONT</b>     | Optical Network Terminal<br>Optički mrežni uređaj                             |
| <b>TDM</b>     | Time Division Multiplexing<br>Vremenski multipleks                            |
| <b>DWDM</b>    | Dence Wavelength Division Multiplexing<br>Valni multipleks s malim razmakom   |
| <b>ITU</b>     | International Telecommunication Union<br>Međunarodna telekomunikacijska unija |
| <b>GPON</b>    | Gigabit Passive Optical Network<br>Gigabitna pasivna optička mreža            |
| <b>SM</b>      | Single Mode Fiber<br>Jednomodno vlakno  |
| <b>MM</b>      | Multi Mode Fiber<br>Multimodno vlakno   |
| <b>PEHD</b>    | Polyethylene Hige Density<br>Politilen visoke gustoće                         |
| <b>OTDR</b>    | Optical Time Domain Reflectometry<br>Optički reflektometar                    |
| <b>AXE</b>     | Sistem telefonskih centrala   |