

# Analiza isplativosti izgradnje optičke mreže na općini Peščenica

---

Pejić, Denis

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:621287>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Denis Pejić

ANALIZA ISPLATIVOST IZGRADNJE OPTIČKE MREŽE NA  
OPĆINI PEŠČENICA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

Zagreb, 11. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Planiranje telekomunikacijskih mreža**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 6126**

Pristupnik: **Denis Pejić (0135234235)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza isplativosti izgradnje optičke mreže na općini Peščenica**

**Opis zadatka:**

Opisati tehnologije širokopojasnog pristupa i analizirati primjenu postojećih tehnologija na primjeru općine Peščenica u gradu Zagrebu. Primjenom geodemografske analize analizirati troškove i ocjeniti isplativost implementacije svjetlovodne pristupne mreže.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Zvonko Kavran

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

Analiza isplativost izgradnje optičke mreže na općini Peščenica

Analysis of Optical Access Network Implementation in Peščenica  
Municipality

Mentor: Prof.dr.sc. Zvonko Kavran

Student: Denis Pejić

JMBAG: 0135234235

Zagreb, rujan 2021.

## SAŽETAK

Svrha istraživanja diplomskog rada je analizirati tip naselja u koji pripada općina Peščenica, korištenjem podataka o broju stanovnika i površine, te primijeniti odgovarajući model kako bi se utvrdili troškovi polaganja svjetlovodne pristupne mreže. U radu je napravljeno anketno istraživanje koje obuhvaća stanovnike sa područja općine Peščenice, kako bi dobili informacije o tipu usluge koju korisnici koriste i samoj cijeni usluge. Pomoću cijene usluge, izračunava se dobit operatora korištenjem svjetlovodne infrastrukture na općini Peščenica.

**KLJUČNE RIJEČI:** Svjetlovodna infrastruktura; općina Peščenica; troškovi; dobit

The purpose of the research thesis is to analyze the type of settlement in which it belongs to the municipality of Peščenica, using data on the number of inhabitants and areas, applying the appropriate model to determine the cost of laying the fiber access network. The paper is a survey that will include residents from the municipalities of Peščenice, in order to obtain information on the type of services used by users and only valued services. Using the price of services, we will calculate the profit of the operator using the fiber optic infrastructure in the municipality of Peščenica.

**KEY WORDS:** Fiber optic infrastructure; Peščenica municipality; costs; profit

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. SVJETLOVODNI PRIJENOSNI SUSTAV.....	3
2.1. Optički predajnik .....	4
2.2. Prijenosni medij.....	5
2.3. Optički prijemnik.....	7
2.4. Multipleksor i demultipleksor .....	8
2.4.1. Valno multipleksiranje .....	8
2.4.2. Vremensko multipleksiranje .....	8
2.5. Optička pojačala .....	9
2.6. Optički prespojnik .....	9
2.7. Prednosti i nedostaci svjetlovodne mreže .....	10
3. ARHITEKTURA SVJETLOVODNE MREŽE.....	12
3.1. Arhitektura FTTx mreže .....	12
3.2. Fiber to the home .....	14
3.3. Fiber to the bulding.....	14
3.4. Fiber to the Curb.....	15
3.5. Fiber to the Cabinet.....	15
4. UČINCI SVJETLOVODNIH DISTRIBUCIJSKIH MREŽA NA TRŽIŠTE I DRUŠTVO U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	17
4.1. Tržišni i tehničko-tehnoški utjecaj.....	17
4.2. Društveno ekonomski utjecaj .....	19
4.3. Trenutno stanje širokopojasnih priključaka u RH .....	20
4.4. Poticanje izgradnje širokopojasne infrastrukture .....	22
4.5. Trenutno stanje na općini Peščenica .....	23
5. TROŠKOVI UVOĐENJA SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE.....	29

5.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora .....	30
5.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora .....	31
5.3. Struktura jediničnih troškova u sučaju ekonomske neodrživosti FTTH.....	32
5.4. Poslovni model FTTH mreže .....	33
5.4.1. FTTH pristupna mreža.....	34
5.4.2. Geodemografska kategorija naselja.....	35
5.4.3. Potražnja za uslugom.....	36
5.4.4. Agregacijska i jezgrena mreža .....	36
5.4.5. Ekonomski pokazatelji .....	36
6. STUDIJA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNE PRISTUPNE MREŽE NA PODRUČJU OPĆINA PEŠČENICA .....	38
6.1. Geodemografska karakteristika naselja .....	38
6.2. Prosječan prihod po pretplatniku .....	39
6.3. Analiza isplativosti .....	41
7. ZAKLJUČAK.....	43
LITERATURA .....	44
POPIS SLIKA.....	48
POPIS KRATICA.....	49
POPIS TABLICA .....	51
POPIS GRAFOVA .....	52

## 1. UVOD

Primjena svjetlovodnih prijenosnih sustava u pristupnim mrežama više nije bliska budućnost nego sadašnjost, što zahtjeva ulaganja odgovarajućih sredstava da bi se navedeno ostvarilo. Uvođenje svjetlovodnog prijenosnog sustava treba gledati kroz dva slučaja: potrebe korisnika i potrebe operatora. Korisnik zahtjeva velike brzine prijenosa podataka, stalni pristup bez smetnji. Potrebe operatora podrazumijevaju novčane prihode, tj. povratak uloženi sredstava uz određenu dobit što se naziva ekonomska održivost. Svjetlovodni prijenosni sustavi omogućavaju veće brzine prijenosa, što omogućava korisniku brži i jednostavniji rad od kuće koje u današnjem razdoblju COVID-a, a što unapređuje kvalitetu doživljaja usluge.

Isplativost uvođenja svjetlovodne mreže promatra se kroz geodemografski aspekt, koji uključuje gustoću stanovnika na promatranom području, urbanost naselja i prevladavajući oblik stanovanja. U ovom diplomskom radu analizira se isplativost izgradnje optičke mreže na određenom području. Naslov rada je „Isplativost izgradnje optičke mreže na općini Peščenica“. U izradi rada korišteni su podaci prikupljeni anketnim upitnikom. Rad je strukturiran u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Svjetlovodni prijenosni sustav
3. Arhitektura svjetlovodne mreže
4. Učinci svjetlovodnih distribucijskih mreža
5. Troškovi uvođenja svjetlovodne distribucijske mreže
6. Studija isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području općine Peščenice
7. Zaključak

U drugom poglavlju rada prikazuju se osnovni elementi u prijenosu podataka pomoću svjetlovodne infrastrukture. Također svi elementi biti će objašnjeni, tj. koja je njegova funkcija u samom prijenosu.

Kroz treće poglavlje objašnjavaju se prednost i nedostaci svjetlovodnog prijenosnog sustava. Unutar poglavlja posebna pažnja je posvećuje na arhitekturu FTTx, gdje su obuhvaćeni



svi načini na koje operator može dostavljati uslugu korisniku, što utječe na samu brzinu prijenosa.

U četvrtom poglavlju određuju se društveni ekonomski učinci svjetlovodne mreže, kao i tržišno tehničko-tehnološki učinci. Unutar poglavlja još se obrađuje trenutno stanje u Hrvatskoj i stanje na općini Peščenica. Prilikom objašnjavanja stanja na općini Peščenica provedena je anketa u kojoj je sudjelovalo 165 ispitanika za određivanje pojedinih segmenata o operatorima.

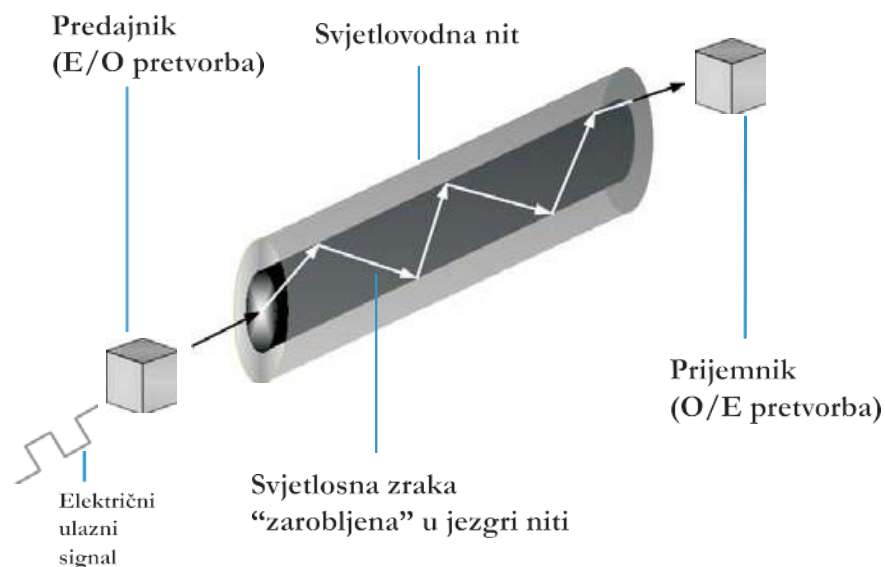
U petom poglavlju obrađuje se tržišni interes za uvođenje FTTH mreže, izpogleda investitor u našem slučaju operatora i krajnjeg korisnika, o kojem su prikupljeni podaci pomoću ankete.

U šestom poglavlju napravljene su tablice o broj priključaka na području općine Peščenica i buduća pretpostavka o broju priključaka na navedenom području. Također određene su cijene samih usluga najvećih operatora na području općine Peščenica.

U sedmom poglavlju iznose se zaključna razmatranja diplomskog rada.

## 2. SVJETLOVODNI PRIJENOSNI SUSTAV

Svjetlovodni prijenosni sustav u svom današnjem obliku nagli razvoj započinjaju tek 80-tih godina prošlog stoljeća. Svjetlovodni sustavi se sastoje od izvora svjetlosti, prijenosnog medija i prijemnika. Kvalitetne karakteristike svjetlovodnog sustava uzrokuju njegovu primjenu u različitim granama ljudskih djelatnosti. Osnovni dijelovi svjetlovodnog sustava su optički predajnik što predstavlja svjetleće led diode ili poluvodički laser kao predajnik koji se koristi za pretvorbu električnog signala u svjetlosni kako bi se putem prijenosnog medija pomoću refleksije stigao do odredišta. Prijenosni medij je svjetlovodna nit, čija je svrha prenijeti signal do prijemnika to jest odredišta. Na kraju samog sustava se nalazi optički prijemnik koji detektira signala pri čemu pretvara svjetlosni signal u električni, a komponenta koja izvršava navedeni zadatak naziva se fotodioda. Osim osnovnih elemenata koji su vidljivi na slici potrebno je navesti multipleksor koji omogućava spajanje korisničkih signala u jedan prijenosni koji se dalje prenosi putem prijenosnog medija. Demultipleksor na prijemnoj strani ima zadatak razdvojiti prijenosni signal na pojedine korisničke signale. Demultipleksor i multipleksor su omogućili proširenja kapaciteta bez dodatnih polaganja kablova. Zbog nesavršenosti prijenosnog medija, postavlja se element koji se naziva optičko pojačalo kako bi spriječio prigušenje signala. Osnovni elementi svjetlovodnog sustava su prikazani slikom 1[1].



*Slika 1. Prikaz osnovnog rada svjetlovodnog sustava[1].*

## 2.1. Optički predajnik

Jedan element koja se može koristiti kao izvor svjetlosti je LED dioda. Sama dioda se koristi za emitiranje svjetlosti kada je propusno polarizirana. Prilikom rekombinacije elektrona i šupljina, emitira se foton svjetla. Navedena pojava se naziva elektroluminiscencija ili pojednostavljeno pretvaranje električne energije u svjetlosnu. Prilikom komunikacije na kratke udaljenosti LED dioda predstavlja bolji izbor, u odnosu na poluvodičke lasere. Kvalitete led diode u odnosu na poluvodički laser su niže cijene, jednostavnija uporaba i dulje vrijeme trajanja.[2].

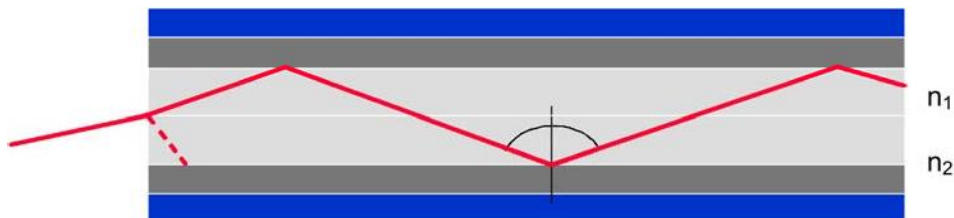
Drugi element koja se koristi kao izvor svjetlosti je poluvodički laser. Navedene diode imaju veću izlaznu snagu, te užu frekvencijski spektar. Navedena svojstva uzrokuju korištenje poluvodičkog lasera za prijenos velike količine podataka na većim udaljenostima. Nedostatak poluvodičkog lasera je osjetljivost na promjene u temperaturi prilikom rada, zbog čega mijenja amplitudu izlazne svjetlosti. Što stvara potrebu za temperaturnom kompenzacijom uz kontrolu snage zračenja.

*Tablica 1: Usporedba Led i poluvodičkog lasera[2].*

<b>Parametar</b>	<b>LED</b>	<b>Laserska dioda</b>
Širina optičkog spektra	25-100 nm	0,1-5 nm
Modulacijski raspon	<200 MHz	>1 Ghz
Minimalna divergencija izlazne zrake	Široka (oko 0,5°)	Uska (oko 0,01°)
Ovisnost o temperaturi	Niska	Visoka
Zahtjev za posebnim sklopovljem	Ne	Da
Cijena	Niska	Visoka
Radni vijek	Dug	Srednji
Pouzdanost	Visoka	Srednja
Opasnost za vid	Ne	Da

## 2.2. Prijenosni medij

Prijenosni mediji u svjetlovodnim sustavima je svjetlovodna nit, ali zbog vanjskih utjecaja navedenu nit potrebno je pravilno zaštititi to jest upakirati a krajnji proizvod je svjetlovodni kabel. Svjetlost se zbog niza refleksija kroz svjetlovodnu nit prenosi od kraja do kraja između jezgre i omotača. Kako bi uopće refleksija bila ostvarena potrebno je ispuniti dva uvjeta. Prvi uvjet je veći svjetlosni indeks loma materijala od kojeg je izgrađena jezgra u odnosu na materijal od koga je izgrađen omotač, dok drugi uvjet je dovoljno mali upadni kut loma svjetlosti u odnosu na svjetlovodnu nit. Ispunjavanjem dva navedena uvjeta svjetlost se prenosi kroz nit do njenog završetka, prikazano slikom 2. Svjetlovodne niti mogu se podijeliti na jednomodne ili monomodne. Pojam mod podrazumijeva jedan prijenosni kanal po kojem se širi zraka svjetlosti. Za ilustraciju može se zamisliti da jedan mod predstavlja isto što i jedna bakrena žica unutar višežičnog bakrenog sustava[4].



*Slika 2.: Prostiranje svjetlosti kroz svjetlovodnu nit[4]*

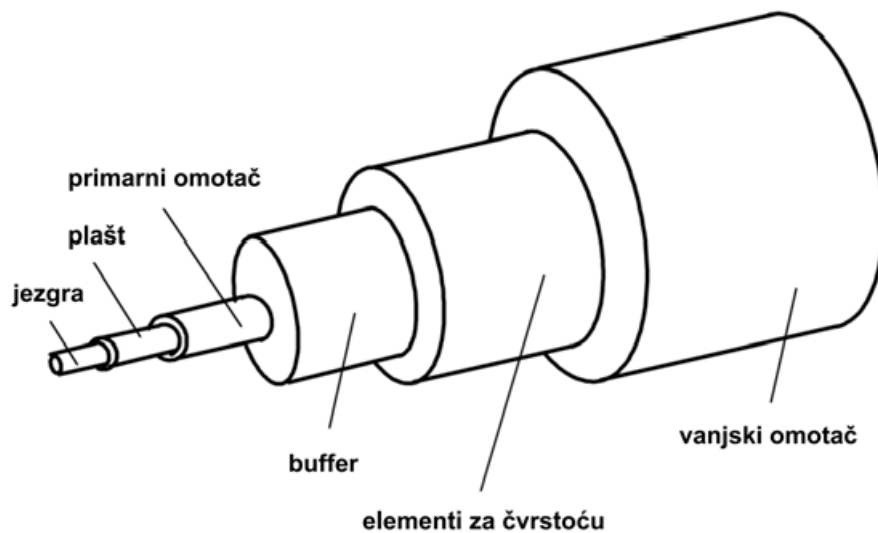
Svjetlovodni kabel predstavlja pravilnu zaštitu svjetlovodne niti prilikom prijenosa, u kojem mogu biti zaštićene jedna ili više niti. Sami kabel štiti nit od mehaničkih, kemijskih i drugih utjecaja okoline kroz koju se postavlja sama nit. Glavni dijelovi optičkog kabela su, koji su prikazani slikom 3:

1. Svjetlovodna nit,
2. Zaštitni omotač,
3. Element za čvrstoću,
4. Vanjski omotač.

Zaštitni omotač se nanosi izravno na nit i omogućava najjednostavniju zaštitu. Navedeni tip zaštite nanosi proizvođač svjetlovodne niti, također sama zaštita je i element koji određuje

boju niti. Zaštitni omotač dodaje proizvođač kabela. Prema[4], zaštitni omotač se može podijeliti na:

- Labavi zaštitni omotač upotrebljava čvrstu plastičnu cjevčicu čiji je unutrašnji promjer nekoliko puta veći od vanjskog promjera niti. Unutar plastične cjevčice mogu se nalaziti jedna ili više niti, a ispunjene su gelom ili uljem. Cjevčica izolirana od ostatka kabela i štiti ih o mehaničkih naprezanja.
- Čvrsti zaštitni omotač predstavlja plastičnu zaštitu koja se stavlja izravno na samu nit. Takva konstrukcija omogućava veća mehanička naprezanja što olakšava rad sa svjetlovodnim kablom. Ali zbog različitih temperaturnih koeficijenata uslijed promjena temperature dolazi do mehaničkog opterećenja niti. Navedeni nedostatak može uzrokovati pojavu mikro pregiba u niti.
- Polučvrsti zaštitni omotač predstavlja tip omotača koji objedinjuje dobra svojstva čvrstog i labavog zaštitnog omotača.



*Slika 3.: Izgled svjetlovodnog kabela[4]*

Prema[4], niti se mogu podijeliti s obzirom od kojih se materijala izrađuju na:

- Staklene koje se najčešće koriste, izrađuje se od ultra čistog, ultra transparentnog silicij dioksida. Unutar same niti dodaju se nečistoće kako bi se postigao željeni indeks loma.
- Staklo – plastika navedene niti imaju staklenu jezgru i plastični omotač.

- Plastične niti imaju jezgru i plašt napravljen od plastike. Prilikom usporedbe sa ostalim vrstama imaju lošija svojstva što se tiče prigušenja signala i širine prijenosnog pojasa. Ali s druge strane niska cijena i jednostavnost uporabe čine zanimljivim za određene primjene.

Prema [4], svjetlovodne niti također se mogu podijeliti prema dimenzijama. Prvi podatak daje informaciju o promjeru jezgre dok drugi ima za ulogu omogućiti prikaz dimenzija promjera omotača:

- 9/125  $\mu\text{m}$
- 50/125  $\mu\text{m}$ ,
- 62,5/125  $\mu\text{m}$ ,
- 100/140  $\mu\text{m}$ .

Osim parametara koji određuju prijenosne karakteristike svjetlovodne niti, potrebno je razumjeti njezina mehanička svojstva. Svjetlovodna nit može izdržati silu vlaka dvostruko veću od čelične niti iste debljine. Glavni nedostatak svjetlovodne niti su pukotine na površini koje se pod povećanim opterećenjem šire te u krajnjem slučaju mogu dovesti do puknuća niti. Svjetlovodna nit ima ograničenja u savijanju te se definira najmanje dopušteni polumjer savijanja. Osim mehaničkih oštećenja savijanjem se smanjuje izdržljivost niti na vlačna naprezanja i povećava efekt slabljenja signala[4].

### **2.3. Optički prijemnik**

Na prijemnoj strani potrebno je pretvoriti svjetlosni signal koji je generirao optički predajnik ponovo u električni signal. Trenutno se koriste dvije vrste fotodetektora, PIN fotodioda i APD fotodioda. Za razliku od LED dioda koja odašilje signal, PIN fotodioda ima ulogu apsorpiranja signala. Fotoni se pretvaraju u elektrone u mjerilu 1:1. Fotodioda PIN i APD imaju slične uloge ali razlikuje se rezultat pretvorbe. Fotodioda APD osigurava dobitak kroz proces pojačanja, jedan foton koji dolazi u uređaj oslobađa više elektrona. Fotodioda PIN ima nisku cijenu i pouzdanost, dok APD ima veću prijemnu osjetljivost i preciznost. Ipak APD su daleko skuplje od PIN fotodiode, imaju veliku potrebu prema napajanju i temperaturno su osjetljivo[5].

## **2.4. Multipleksor i demultipleksor**

Multipleksiranje s valnom podjelom je tehnologija koja predstavlja sadašnjost i budućnost u telekomunikacijskoj industriji. Komponente multipleksor i demultipleksor postale su sastavni dio optičkog prijenosnog sustava jer omogućavaju proširivanje postojećih kapaciteta bez dodatnih polaganja optičkih kabela, te daju dvosmjerni prijenos po jednom optičkom vlaknu. Optički multipleksor ima za ulogu kombiniranje svjetlosnih signala na različitim valnim dužinama iz različitih izvora u jedinstvenu svjetlosnu zraku i slanje iste u svjetlovod. Dok na prijemnoj strani demultipleksor mora svjetlosnu zraku rastaviti na njezine komponente po valnoj dužini i nakon navedenog procesa mora svaku valnu duljinu posebno poslati na individualnu vlakno ili fotodetektor[7].

### **2.4.1. Valno multipleksiranje**

Tehnologija valnog multipleksiranja omogućila je proširenja kapaciteta za 50 do 60 posto bez dodatnih polaganja svjetlovodnih niti. Navedena tehnologija multipleksira više optičkih nosioca signala na jedno optičko vlakno prilikom upotrebljavanja različitih duljina laserskih izvora svjetlosti za prijenos podataka. Razvoj valnog multipleksiranja počeo je osamdesetih godina prošlog stoljeća, kada su se signali prenosili dvokanalno, na kratkim udaljenostima i u dva široko odvojena prozora. Kako bi unaprijedili postojeću tehnologiju razvijene su dvije vrste valnog multipleksiranja koje se zasnivaju na istom principu rada, ali koriste različite valne duljine, broj kanala i različite mogućnosti pojačavanja signala. Prema [7], dvije osnovne vrste multipleksa su:

- CWDM koji predstavlja WDM s rijetkom podjelom kanala
- DWDM koji predstavlja WDM s gustom podjelom kanala

### **2.4.2. Vremensko multipleksiranje**

TDM predstavlja multipleksiranje s vremenskom raspodjelom kanala koji omogućuje povećanje broja govornih kanala koji se mogu prenositi jednim medijem. Multipleksiranjem s vremenskom raspodjelom uzima sinkrone i asinkrone signale, multipleksira ih u jedan signal veće brzine za prijenos preko jedne valne dužine kroz svjetlovod. Prilikom čega može doći do potrebe za električno-optičkom, optično električnom i ponovo električno-optičkom pretvorbom signala prije nego što se može multipleksirati[9].

## 2.5. Optička pojačala

Tijekom prolaska kroz svjetlovodni kabel signal je neophodno pojačati zbog nesavršenosti prijenosnog medija gdje se događa njegovo prigušenje. U prošlosti su to radili regeneratori koji su vršili optičko-električno-optičku pretvorbu, dok danas to čini optičko pojačalo bez potrebe za pretvorbu signala. Također pojava optičkih signala omogućila je istovremeno linearno pojačanje svih korištenih valnih duljina dok regeneratori su mogli regenerirati samo jedan kanal optičkog signala. Osim korištenja prilikom prijenosa na velike udaljenosti, optička pojačala se koriste za pojačanje signala poslije postupka modulacije, odnosno prije postupka demodulacije jer navedeni postupci pridonose prigušenju signala zbog svoje nesavršenosti[5].

Erbium dopirana svjetlovodna pojačala su omogućila prijenos signala visokog kapaciteta na više valnih dužina i na veće udaljenosti. Navedena pojačala su ključna za razvoj DWDM (predstavlja optički prijenos s gustom raspodjelom kanala) prijenosa. Erbium je rijetki kemijski element u zemljinoj kori koji kada se pobudi emitira svjetlost u području 1540 nm upravo na valnoj dužini trećeg prostora. Podatkovni signal ulazi u erbium dopirano vlakno u koje se laserski injektira svjetlost na valnoj dužini 980nm ili 1480nm, Upravo navedena svjetlost stimulira atome erbium koji zatim mijenjaju energetska stanja otpuštajući akumuliranu energiju u vidu dodatne valne dužine od 1550nm. Navedeni proces odvija se duž cijelog vlakna i time se sve više povećava razina svjetlosti[5].

## 2.6. Optički prespojnik

Optički prespojnici ili OCC koriste se za prespajanje i preusmjeravanje signala različitih valnih duljina. Prema [8], koriste se dvije vrste prespojnika:

1. Logički uređaji – podatkovni ulazni signal određuje stanje uređaja tako da se neka logička funkcija izvrši nad ulazom. Nudi fleksibilnost ali ograničava maksimalnu brzinu. Realizira se pomoću optičko-električno-optičke pretvorbe.
2. Relacijski uređaji – postavlja relacije između ulaznih i izlaznih portova, koje su funkcije upravljačkih signala neovisno o podatkovnom signalu. Podatkovni signal ne može mijenjati relacije. Glavni nedostatak je gubitak fleksibilnosti jer se dijelovi ne mogu drugačije usmjeriti.



## 2.7. Prednosti i nedostaci svjetlovodne mreže

Sve veća količina informacija stvara potrebu brzog internetskog pristupa uz veliki „*dawnload*“ i „*upload*“ za potrebe poslovnih ili ostalih aktivnosti. Da se zadovolje navedene potrebe, potrebno je kreirati prijenosni sustav koji bi navedene stavke mogao ispuniti. Navedeno ostvaruje optički prijenosni sustav, koji kao i svi ostali sustavi ima prednosti i nedostatke u odnosu na ostale sustave prijenosa. Prema [9], prednosti optičkog prijenosnog sustava u odnosu na prijenos putem bakrene parice je:

- Veliki kapacitet prijenosa,
- Veće udaljenost između pojačala signala,
- Nema električnih spojeva,
- Mala vjerojatnost pogreške,
- Veće udaljenosti između obnovitelja,
- Jednostavna nadogradnja kapaciteta,
- Visoka razina sigurnosti prilikom prijenosa informacija,
- Mala dimenzija i težina.

Prema [9], nedostaci optičkog prijenosnog sustava u odnosu na prijenos putem bakrene parice su:

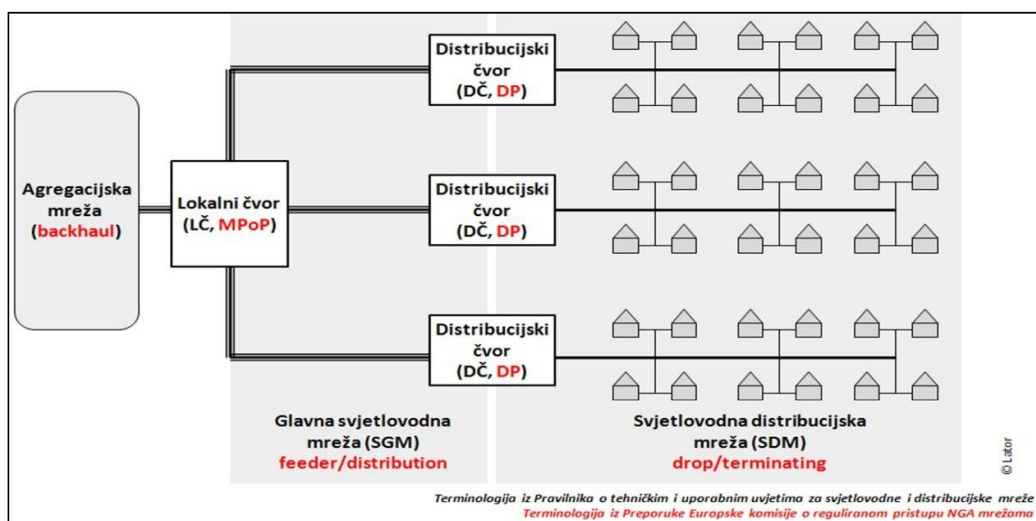
- **Narušavanje snage** – U svakom sustavu se nalaze elementi koji unose raznorazne efekte koji mogu dovesti do narušavanja snage. Ukoliko u sustavu je prisutan uzorak narušavanja snage tada će biti potrebno povećati snagu signala kako bi se na prijemnoj strani održala kvaliteta pogreške. Najčešće se dopušta da BER bude između  $10^{-9}$  i  $10^{-15}$ .
- **Parametri odašiljača, prijemnika i optičkih pojačala** – prilikom konstrukcije potrebno je pažljivo definirati parametre izlazne snage, vrijeme porasta, omjer prigušenja, vrta modulacije i točnost valne duljine.
- **Preslušavanje** – može se definirati kao utjecaj drugog signala na željeni signal, što uvodi pogrešku to jest izobličenje signala. U WDM sustavima skoro svaki element poput multipleksora, demultipleksora pa čak i samo optičko vlakno unosi neku vrstu preslušavanja. Preslušavanje se može podijeliti na preslušavanje između kanala i na preslušavanje unutar kanala. U slučaju preslušavanja između kanala signal preslušavanja

nalaz se na valnoj duljini koja je dovoljno različita od valne duljine signala. Dok u slučaju preslušavanja unutar kanala signal preslušavanja nalazi se na valnoj duljini kao i željeni signal.

- Disperzija – je svaki efekt kod kojeg različite komponente signala putuju različitom brzinom, te zbog toga ne dolazi istovremeno prijemnika. Što uzrokuje razmazan primljeni signal koji može dalje narušiti snagu signala. Polarizacijska disperzija se događa zbog činjenice da jezgra svjetlovoda nije savršeno okrugla. Modalna disperzija javlja se kod višemodnih svjetlovoda pri čemu ima različite fazne brzine, zbog čega na krajevima dolazi sa vremenskim kašnjenjem. Kromatska disperzija ima najveći efekt na jednomodno vlakno, uzrokovano činjenicom da različite frekvencije putuju različitom brzinom te ne dolaze istovremeno do odredišta.
- Prigušenje – se može podijeliti na vanjsko i unutarnje. Unutarnje prigušenje signala uzrokuju nečistoće prijenosnog medija. A vanjsko prigušenje uzrokuje vanjski utjecaj na svjetlovodni kabel . Vanjski utjecaj su posljedica fizičkog djelovanja na svjetlovodni kabel, najčešće savijanje što mijenja put kojim zraka prolazi.

### 3. ARHITEKTURA SVJETLOVODNE MREŽE

Svjetlovodna distribucijska mreža (SDM) je dio svjetlovodne pristupne mreže u potpunosti izgrađen od svjetlovodnog kabela koji povezuje privatnu mrežu (stan, zgradu, kuću, itd) i distribucijskog čvor (DČ). Shema prikaza SDM mreže prikazana je slikom 4. Distribucijski čvor je točka koncentracije kabela SDM-a s jedne strane, dok s druge strane se nalaze pristupni svjetlovodni kabeli spojne mreže. Navedeni DČ može biti smješten u uličnom ormariću ili u tehničkom prostoru građevine koja služi za smještaj opreme komunikacijskih mreža. Svjetlovodna distribucijska mreža započinje u DČ-u a završava u sučelju vanjske pristupne električne komunikacijske mreže. Odnosno u točki zaključavanja koja određuje granicu između kalibriranja vanjske pristupne mreže i kabliranja elektroničke komunikacijske mreže[10].

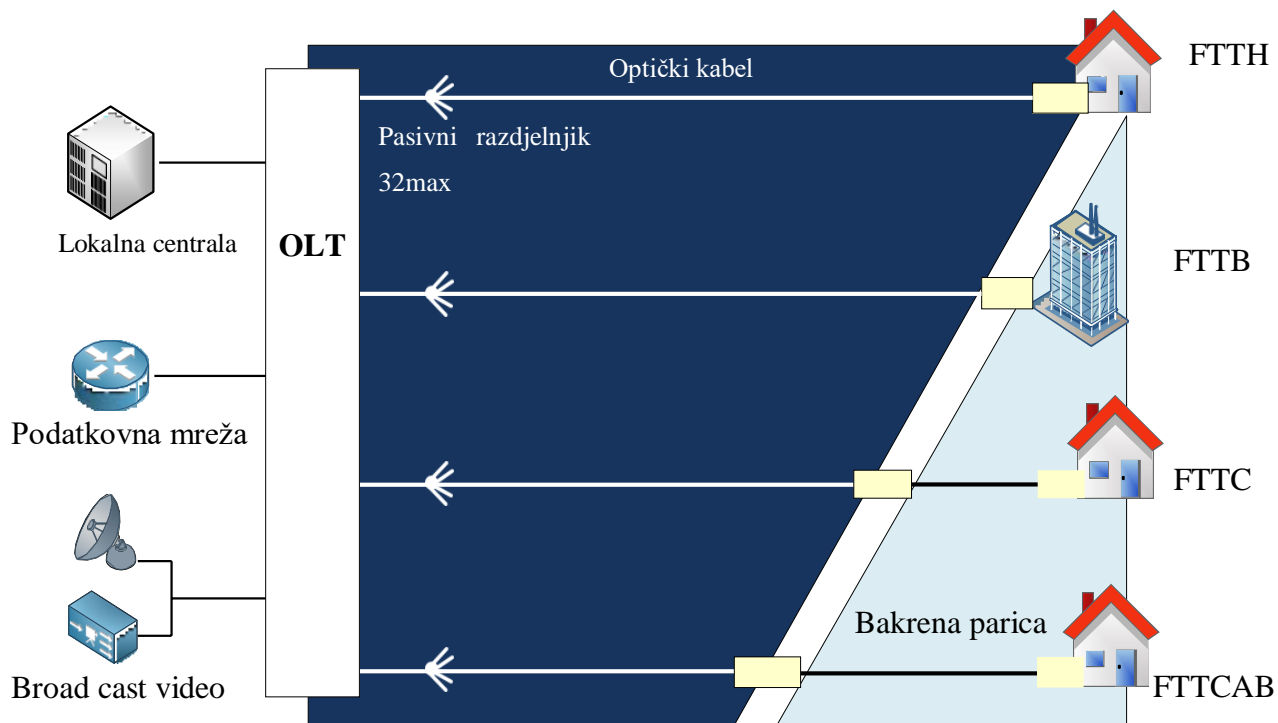


Slika 4: Shema svjetlovodne distribucijske mreže[11].

#### 3.1. Arhitektura FTTx mreže

Širokopojasni pristup FTTx omogućava velike brzine prijenosa i postiže veći domet prijenosa. Nedostatak navedene pristupne tehnologije su sredstva koja su potrebna uložiti za samu infrastrukturu mreže, čime dolazi i do povećanje cijene usluge. Pristup mreži pomoću svjetlovodnog kabela skraćeno se naziva FTTx prilikom čega x predstavlja točku do koje je povučena svjetlovodna nit. Pa tako postoji četiri različita tipa pristupa mreži pomoću svjetlovodnog kabela, prikazano pomoću slike 5. Prvi pristup je FTTH ili Svjetlovodna nit koja dolazi do samog doma pretplatnika. Drugi pristup se naziva FTTB svjetlovodna nit do zgrade

pretplatnika. Treći pristup je FTTC ili svjetlovodna nit do pločnika. I zadnji četvrti pristup je FTTCab ili svjetlovodna nit do ormarića[12].



*Slika 5. Prikaz načina spajanja optičkog kabela do preplatnika[13].*

Prema [16], FTTx tehnologija omogućava pretplatnicima:

- Pouzdanu i kvalitetnu komunikaciju - Na brzine prijenosa kanala ne utječu vremenski uvjeti, vanjske elektromagnetske smetnje, nema prekida i brzina ne opada. Ako nema oštećenja na kabeu dobivate ugovorenu uslugu to jest dobit ćete točnu onu brzinu koja vam je navedena u ugovoru.
- Pristup internetu uz velike brzine – Korištenjem FTTx tehnologije pristupa omogućava pretplatnicima da koriste brzine do 100Mbit/s, a u nekim slučajevima i do 1Gbit/s, što omogućava korisniku značajni protok informacija.
- Povezivanje više komunikacijskih usluga putem jednog kabela – Ako korisnik poželi određene usluge, može se povezati putem jedne linije na 3 usluge u istom trenutku a to su Internet, telefon i digitalna televizija.

### 3.2. Fiber to the home

Navedena usluga se može pronaći pod nazivom *Fiber to the premises*. Navedena tehnologija FTTH omogućava velike pristupne usluge i sadržaj svakom kupcu/pretplatniku, uz maksimalnu propusnost za buduće potrebe novih usluga. Metoda optičkih vlakna može se primijeniti na dva načina, aktivna i pasivna metoda. Tehnologija FTTH upotrebljava pasivnu metodu koja ima dvije tipične tehnologije, *Ethernet* pasivna optička mreža i Gigabitna pasivna optička mreža. Inače pasivna optička mreža označava optičku distribucijsku mrežu koja ne sadrži nikakve optičke uređaje i električnu struju[14].

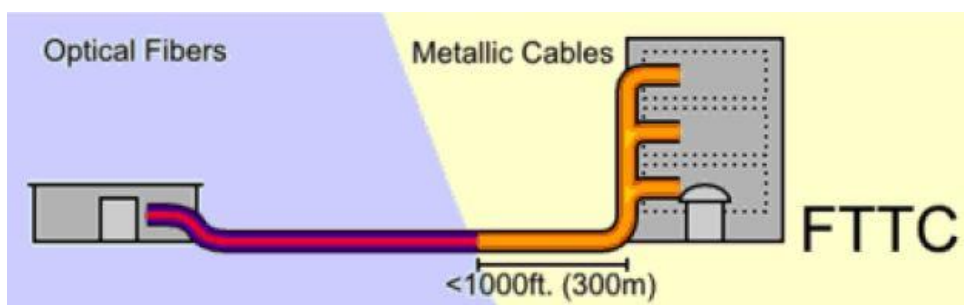
Pasivna optička mreža se sastoji od terminala za optičku liniju (OLT) u središnjem uredu pružatelja usluge i velikog broja jedinica optičke mreže (ONU) u blizini krajnjeg korisnika. Ethernet pasivna mreža (Epon) se fokusira na FTTH aplikacije, dok se GPON tehnologija usredotočila na potpunu podršku usluge. EPON ima brojne prednosti, kao što su niži troškovi održavanja, velike udaljenosti i veće propusne širine. GPON koristi topologiju od „točke do više točaka“. GPON standard razlikuje se od drugih PON standarda zato što postiže veću propusnost i bolju učinkovitost korištenjem većih paketa promjenjivih duljina. GPON i EPON podržavaju iste mrežne topološke metode i FTTx aplikacije sadrže istu WDM tehnologiju, pružajući istu valnu duljinu. PON tehnologija pruža video usluge triple-play, IPTV i CATV[15].

### 3.3. Fiber to the bulding

*Fiber to the bulding* ili FTTB predstavlja povezivanje optičkog vlakna do stambene ili poslovne zgrade. Ovisno o implementiranoj tehnologiji može razviti brzine od 10 do 100 Mbp/s za pristup internetu. A optički kabel može isporučiti brzinu između 1 i 10 Gbp/s do sklopke koja se nalazi u zgradi, a dalje idem pomoću koaksijalnog kabela, optičke parice ili bakrene parice do pojedinog korisnika. Kvalitativna razlika između FTTB i ADSL tehnologije je simetričan kanal, što označava da su „*dawnload*“ i „*upload*“ brzine jednake. Što omogućava veliku prednost pogotovo za korisnike koji preuzimaju velike datoteke na poslužitelju ili imaju svoje *web* stranice. Glavni nedostatak navedene tehnologije je relativna mala pouzdanost i ovisnost brzine pristupa interneta o broju korisnika koji su spojeni na navedenu sklopku. Propusnost po korisniku ovisi o broju korisnika koji je povezan na sklopku, pri čemu treba obaviti logističke proračune kako bi se održala kvaliteta uz povoljnu cijenu[16].

### 3.4. Fiber to the Curb

FTTC ili Fiber to the Curb predstavlja postavljanje optičkog kabela od poslužitelja do pločnika. Gdje dalje ide do pojedinog korisnika putem koaksijalnog kabela ili bakrene parice. Ako petlja posluživanja korisnika koji su udaljeni minimalno 300 metara tada se takva optička arhitektura naziva FTTC, prikazano pomoću slike 6. FTTC se znatno razlikuje od FTTN ili FTTP (sve su to verzije optičke petlje). Bitna razlika između optičkih petlji je mjesto postavljanja kabineta. Tako će FTTC kabinet biti postavljen blizu 'pločnika' gdje će se optičko vlakno prostirati do vanjskog kabineta na udaljenosti od 300 do 600 m od korisnika, te kao last mile tehnologiju koristit će VDSL kao pristup korisniku, što se razlikuje od FTTN kabineta koji će biti postavljen znatno dalje od korisnika, i na kraju FTTP kabinet koji će biti postavljen na samoj lokaciji posluživanja usluge. Za razliku od konkurentne FTTP tehnologije, FTTC koristi postojeću koaksijalnu ili paričnu infrastrukturu koja omogućava tzv. last mile uslugu. Iz toga razloga realizacija Fiber to the Curb (FTTC) stoji manje. Ali ima nedostatak vezan za propusnost, jer propusnost po korisniku je manja nego za FTTH[17].

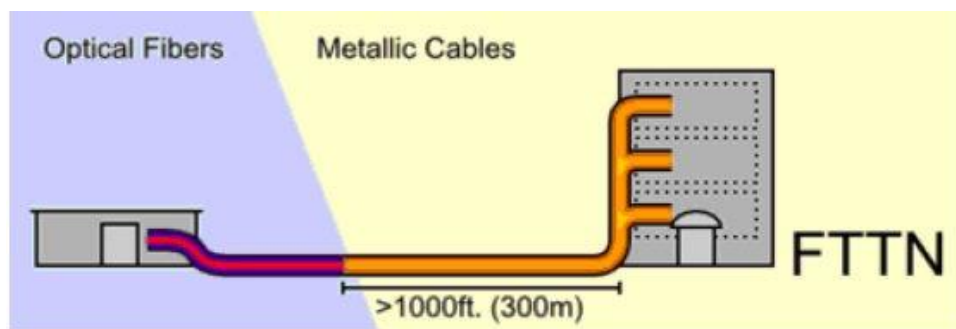


*Slika 6: Prikaz optičkog vlakna do pločnika[18].*

### 3.5. Fiber to the Cabinet

Fiber to the Node ili fiber to the cabinet predstavlja povezivanje optičkog vlakna od poslužitelja do ormarića ili kabineta. A s druge strane korisnik je povezan do ormarića putem koaksijalnog kabela ili bakrene parice. Radijus područja koje se obično poslužuje

ovom vrstom manji je od 15000 metara. Broj korisnika koji mogu biti posluženi navedenom optičkom petljom je nekoliko stotina korisnika. Propusnost po korisniku odnosno brzina informacija ovisi o komunikacijskom protokolu koji se upotrebljava ili koliko je pretplatnik udaljen od ormarića. Za razliku od konkurentne FTTH tehnologije, FTTN (slika 7.) može koristiti postojeću koaksijalnu ili paričnu infrastrukturu da omogući tzv. „*last mil*“ odnosno posljednju milju prijenosa podataka do korisnika. Baš iz tog razloga realizacija tehnologije Fiber to the Node (čvora) košta manje, te također ima manji potencijal propusnosti od FTTP-a (optičko vlakno do posjeda) [18].



Slika 7. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node[18]

## **4. UČINCI SVJETLOVODNIH DISTRIBUCIJSKIH MREŽA NA TRŽIŠTE I DRUŠTVO U REPUBLICI HRVATSKOJ**

SDM osigurava fizičku infrastrukturu za implementaciju pristupnih mreža nove generacija, a sami učinci ovise o drugim karikama u lancu isporuke elektroničkih komunikacijskih usluga te uspostave intenziteta i održavanju tržišta povratne veze. Mreža nove generacije omogućava nesputani korisnički pristup mrežama i na konkurentskih davateljima usluga, podržava neograničenu pokretljivost koja omogućuje konzistentno i sveprisutno pružanje usluga. A glavna značajka navedene mreže je mod prijenosa paketa i koja omogućuje uporabu višestrukih širokopoljnih tehnologija i koja ima razvijenu podršku za kvalitetu usluge u kojoj su uslužne funkcije neovisne o transparentnim tehnologijama[20].

### **4.1. Tržišni i tehničko-tehnološki utjecaj**

Mreža otvorenog pristupa kao što su sve SDM grada Zagreba, u svijetu su pokazale akceleratorima implementacije pristupnih mreža sljedeće generacije. Prema[21], prikazano je tržišno i tehničko tehnološki utjecaj SDM:

1. Osigurava dugovječnost i stvara širokopoljnu transmisijsku infrastrukturu neosjetljivu na vanjske smetnje, što trenutno bakrena parica nije u mogućnosti pružiti. Također SDM je sposobna zadovoljiti novim zahtjevima koji postavljaju nove pristupne tehnologije.
2. Ubrzava tehnološki razvoj nepokretne širokopoljne mreže na području grada Zagreba.
3. Omogućava pretplatnicima slobodan izbor operatora isključivo na temelju kvaliteta njihovih usluga i cjenovne ponude. Dok se operatoru nudi mogućnost privlačenja novih korisnika pod jednakim i transparentnim uvjetima.
4. Postavljanje SDM pomiče tržište iz domene natjecanja u infrastrukturi u domenu natjecanja ponudi usluge i povećava udjela alternativnih operatora na tržištu. Što krajnjem korisniku ili budućem pretplatniku osigurava veći izbor kvalitetnijih i jeftinijih usluga.
5. Osigurava infrastrukturu koja jamči visoku razinu sigurnosti ( nemogućnost jednostavnog preslušavanja) i stabilnost mrežne veze ( značajne za rad određenih poslovnih subjekata poput banke, uprave i drugih). Operator Verizon u Sjedinjenim Američkim Državama objašnjavaju kako se prelaskom na FTTH pristup broja prijavljenih mrežnih grešaka u komunikaciji smanjuje na 80 posto.



6. Eliminacije aktivne opreme u polju bitno smanjuje operativne pogreške koje su prije radili distributivni segmenti pristupne mreže izvedene bakrenim vodovima.
7. Potiče rast i razvoj širokopojsnih usluga za javne, poslovne i privatne korisnike, primjeri mogu biti:
  - a. E-obrazovanje koje omogućava cjeloživotno i interaktivno učenje bez obzira na udaljenost. Što u današnjem razdoblju od bitnog značaja.
  - b. E-zdravstvo predstavlja rješenje za zdravstvene radnike i pacijente, zbog uštede u vremenu i novčanim sredstvima. Na način da se kreira *online* klinika, što smanjuje ili eliminira čekanje u ambulantama, putovanje itd.
  - c. E-uprava/vlada omogućuje građanima pristup informacijama državnih uprava izvan radnog vremena. Dok poslovni subjekti dostavljaju propisanu regulativu u elektroničkom obliku, što radi uštedu na vremenu i putovanju.
  - d. E-skrb predstavlja daljinski nadzor u realnom vremenu za djecu, starije i nemoćne osobe i održavanje njihove komunikacije s centrima za pomoć, komunikacija s osobama s posebnim potrebama na njima prilagođeni način i druge.
  - e. E-trgovina omogućava *online* pregled i kupovinu raznih proizvoda, mrežno zahtijevane *online* prezentacije proizvoda.
  - f. E-bankarstvo krajnjem korisniku nudi mogućnost novčane transakcije putem interneta mrežna konverzija valute ili eliminira čekanje na putovanje i u redu, pruža mogućnost brzog uvida u račun i transakcija po istim.
  - g. E-turizam omogućava brzu dostavu svih potrebnih informacija vezanih za putovanje, detaljni uvid u samu turističku ponudu.
  - h. Rad od kuće/na daljinu omogućuje rad na složenim i mrežno zahtjevnim dokumentima od hotela ili kuće. Smanjuje troškove putovanja i ureda, smanjuje gubitke vremena za putovanje na posao ili s posla. Također omogućuje neprekidan rad u slučaju vremenskih neprilika.
  - i. *Online* konzultacijske usluge nudi poslovne savjete za poslovne subjekte za obavljanje njihovih aktivnosti, zakonske i tehničke regulative, analize tržišta, ponudi i potražnja poslova.
  - j. Nadzor, upravljanje i uzbunjivanje putem raznih senzora nudi se mogućnost daljinskog upravljanja i nadzora za potrošnju energiju, plina, vode i toplinske energije i slično. Također u slučaju nesreće ako se pojavi može ostvariti daljinsko uzbunjivanje.

- k. Računalstvo u oblaku omogućava pristup povjerljivim dokumentima i rad na njima s bilo kojeg mjesta i bilo kojeg uređaja opremljenog odgovarajućim širokopojasnim pristupom.
- l. Razne informacijske usluge daje pristup vremenskoj prognozi, prometu, informacijskim portalima, zanimljivostima i slično.
- m. Razne komunikacijske usluge nudi pristup elektroničkoj pošti, videokonferencija, forumima, pričaonici, društvenoj mreži i slično.
- n. Zabava korisnici traže pristup online igrama, čak štoviše određeni servisi nude igranje putem interneta iako nemate instaliranu igru nego ona se pokreće na udaljenom serveru, interaktivni kvizovi, audiovizualne usluge i slično.

## **4.2. Društveno ekonomski utjecaj**

Izravna korist od razvoja širokopojasnog pristupa u republici Hrvatskoj u razdoblju od 2010 do 2019 godine iznosila je između 2,2 i 3,2 milijarde eura. Prema[21], mogući pozitivni učinci svjetlovnog pristupa prema društvu su:

1. Smanjenje troškova elektroničkih komunikacijskih usluga otvoreni pristup omogućava natjecanje u uslugama koje utječu na smanjenje cijena širokopojasnog pristupa i elektroničkih komunikacijskih usluga.
2. Povećanje fiskalnih prihoda nove usluge omogućavaju operatorima veće prihode i tvrtki. Koje izravno utječe na povećanje gospodarske aktivnosti, povećavajući poreze, komunalne i druge fiskalne prihode grada i države.
3. Ekonomski rast povećanje korisnika širokopojasnih usluga za 10 posto omogućuje povećanje BDP-a za 1,38 posto. Navedeni rast može se dobiti kroz povećanje broja radnih mjesta u poslovima poput rasta i razvoja mreže, te povećanje opće gospodarske aktivnosti zbog povećanog korištenja elektroničkih usluga dostupnih putem širokopojasnog pristupa.
4. Porast poslovanja i povećanja prihoda tvrtke razvojem novih i atraktivnih usluga koje privlače nove pretplatnike, jednostavnije pronalaženje i veća dostupnost kupaca i dobavljača, rezultira efikasnim poslovanjem i povećanjem njegovog opsega, s većim brojem inovacija i boljom konkurentnošću.
5. Povećanje gospodarske aktivnosti mogu ostvariti gradovi s naprednom širokopojasnom infrastrukturom zadržavaju i privlače veći broj investitora.

6. Opće smanjenje troškova može se ostvariti postavljanjem FTTS mreža pored izravnih koristi u elektroničkim komunikacijama može u razdoblju od 10 godina donijeti uštedu od 1.5% elektroprivredi, prometu, obrazovanju i zdravstvu.
7. Smanjenje troškova poslovanja uzrokovano većom migracijom poslovanja na mrežu, rad od kuće, smanjenje troškova elektroničkih komunikacijskih usluga zbog natjecanja operatora u uslugama.
8. Povećanje prihoda operatora događa se zbog krajnjeg korisnika koji provodi više vremena na mreži, što povećava prosječan prihod po korisniku sa 30 posto na 46 posto.
9. Smanjenje troškova operatora ostvaruje se smanjivanjem operativnih troškova (eliminacije potrebne aktivni opreme u polju, manja potrošnja energije, manja prijava kvarova i slično).
10. Povećanje zaposlenosti izravno je povezana sa gradnjom FTTS mreže koja omogućava nove poslove i radna mjesta za inženjere, instalatere i drugu struku u razdoblju od više godina.
11. Povećanje produktivnosti izravno se događa zbog lakše dostupnosti informacija potrebnih za obavljanje poslova, efikasniji rad s naprednim mrežnim aplikacijama i migracija poslovanja u e-sfeu.
12. Povećanje vrijednosti nekretnine ugradnjom FTTS mreže širokopojasnog pristupa omogućava postavljanje dodatne vrijednosti koja povećava atraktivnost poslovnih i stambenih prostora prilikom njihove prodaje.
13. Poboljšanje kvalitete života samih građana se ostvaruje pute e-obrazovanja, e-skrbi, e-bankarstva, e-trgovine itd.
14. Smanjenje negativnog utjecaja na okoliš jer postavljanje FTTS za razliku od bakrene parice ili koaksijalnog kabela smanjuje potrošnju električne energije za 20 posto. Uporaba FTTS mreže i usluga može smanjiti godišnju emisiju CO<sub>2</sub> u količini nastalom automobilskom vožnjom od 4600 kilometara.

### **4.3. Trenutno stanje širokopojasnih priključaka u RH**

Državni zavod za statistiku provodi procjenu ukupnog broja stanovnika Republike Hrvatske koja u 2018. godini iznosi 4 087 843 stanovnika. Broj stanovnika po kvadratnom kilometru u Republici Hrvatskoj iznosi 72,23 st/km<sup>2</sup>. Pad ukupnog broja stanovništva doživjele su sve županije, osim Grada Zagreba koji je ostvario porast od 0.22%. U deset najvećih gradova

živi trećina stanovništva Republike Hrvatske. Izgradnja mreža sljedeće generacije nije isplativa za privatne operatore po trenutnim tržišnim uvjetima izvan urbanih područja pa su potrebne državne subvencije, odnosno novčana sredstva iz Europske unije[31].

Pomoću izvještaja iz HAKOM-a, „Tromjesečni usporednih podataka sa tržišta elektroničkih komunikacija u RH“, daju informacije o drugom tromjesečju 2017. godine. Iz navedenog tromjesečja vidi se da je broj priključaka širokopojasnog pristupa putem nepokretne mreže iznosi 1 007 798 što je za 1.9% više nego u odnosu na prvo tromjesečje 2016. godine. Broj FTTx priključaka je 64 719 što je povećanje od 8% u odnosu na Q1 2017. godine[32].

Pomoću grafa 1, može se uočiti trend rasta širokopojasnih priključaka interneta putem nepokretne mreže. U prve tri godine rast broja priključaka je 340 000, dok daljnji rast je 30 000 godišnje. Uspoređujući prvi i zadnju godinu na grafu može se uočiti da se broj priključaka udvostručio. Trenutna gustoća broja priključaka iznosi 25.15%.



Graf 1: Broj priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže[33,37,38].

Strategija Europe 2020. godine, pokrenuta je 2010. godine, koja je zamišljena kao dugoročna strategija za pametan, održiv i uključiv rast. Navedenom strategijom utvrđene su

ciljne vrijednosti za brzi i ultra brzi pristup interneta s ciljanim cjelovitim iskorištenjem društvenog i gospodarskog potencijala koji informacijske i komunikacijske tehnologije, u prvom redu Internet, donosi građanima i poslovnim subjektima. U okviru jedne od inicijativa pod nazivom „Digitalna agenda za Europom“ utvrđena su tri cilja za širokopojasni internet, prema [34]:

1. Omogućiti osnovni širokopojasni Internet svim građanima Europe do 2013. godine.
2. Građanima Europe potrebno je dostaviti brzinu Interneta veće od 30Mbps do 2020. godine.
3. Omogućiti brzine Interneta veće od 100 Mbps za najmanje 50% europskog kućanstva do 2020. godine.

Komisija u komunikacijskom društvu pod nazivom „Gigabitno društvo do 2025“ u rujnu 2016. godine postavila je tri strateška cilja za 2025 godinu. kojim se nadopunjuju ciljevi iz 2020. godine za Digitalnu agendu, prema[34]:

- Omogućiti brzinu pristupa od najmanje jednog gigabitnog interneta za sve glavne pokretače socioekonomskog razvoja ( škole, prometna čvorišta i glavni pružatelji javnih usluga)
- Kontinuirana pokrivenost svih urbanih područja i svih glavnih kopnenih prometnih pravaca 5G tehnologijom.
- Omogućiti brzine interneta od najmanje 100 Mbps za sva europska ruralna ili urbana kućanstva.

#### **4.4. Poticanje izgradnje širokopojasne infrastrukture**

Projekti poticanja izgradnje širokopojasne infrastrukture mogu biti izvedeni kroz nekoliko investicijskih modela, koji su definirani prema odnosima tijela javnih vlasti i operatora u projektu. Navedeni odnosi obuhvaćaju investicijske udjele, odgovornost za izgradnju i upravljanje infrastrukturom, te stjecanje i zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom. Najčešće u praksi se koriste idući modeli, prema [40]:

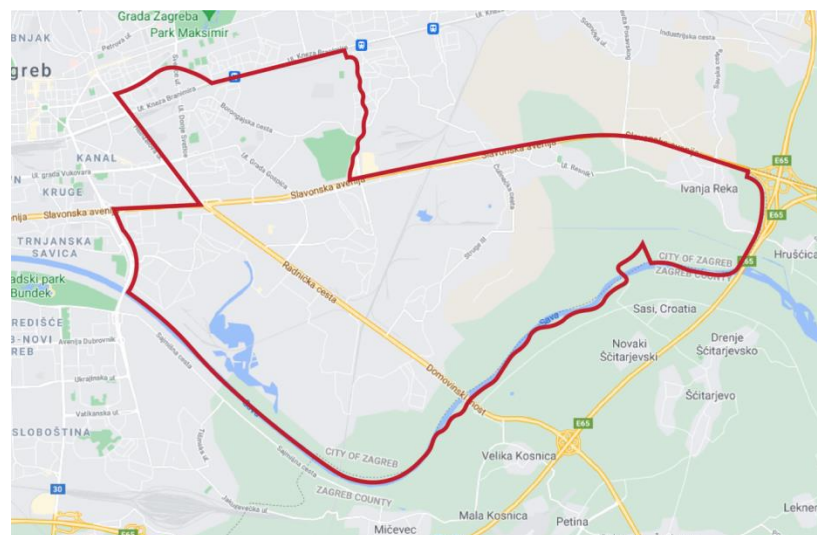
- Privatni DBO model – predstavlja slučajeve u kojima se privatnim operatorima, korisnicima potpora, daje pravo za postavljanje i upravljanje infrastrukturom, uz

trajno zadržavanje vlasništva nad tako izgrađenom infrastrukturom. Navedeni model ne zahtjeva nadzor javne vlasti, čime se gubi zaštita javnog interesa zbog gubljenja vlasništva imovine iako su uloženi poticaji.

- Model vanjskih usluga - predstavlja model koji je sličan DBO modelu, ali razlika je da infrastruktura postavljena poticajima nakon isteka ugovora o vanjskim uslugama ostaje u javnom vlasništvu.
- Model zajedničkog korištenja – slučaju u kojem tijela javnih vlasti i operatora ulaze u zajednički investicijski poduhvat. Navedenim modelom je moguće uravnotežiti javni interes (pokrivenost širokopojasnim pristupom) i interese privatnih ulagača (ostvarivanje novčanih prihoda).
- Javni DBO model – predstavlja model u kojem je kompletna provedba izgradnje širokopojasne infrastrukture pod nadzorom tijela javne vlasti. Što omogućava da infrastruktura ostaje u vlasništvu javne vlasti. Navedeni model zahtjeva angažman administrativnih i tehničkih kapaciteta unutar tijela javnih vlasti, no istovremeno omogućuje dugoročno očuvanje javnog interesa.

#### 4.5. Trenutno stanje na općini Peščenica

U ovom dijelu rada iz provedenog anketnog ispitivanja opisuje se trenutno stanje pristupnih mreža i korištenih usluga na području općine Peščenica u gradu Zagrebu. Na slici 8, prikazano je administrativno područje općine Peščenica u gradu Zagrebu.



### *Slika 8. Prikaz područja općine Peščenice[30]*

Općina Peščenica ima 56487 stanovnika iz popisa stanovništva koje je provedeno 2011 godine, te administrativnu površinu od 35.30 km<sup>2</sup>. gustoća naseljenosti je procijenjena na 1608 st/km<sup>2</sup>. Najveću površinu zauzima mjesni odbor Žitnjak koja iznosi 6.62 km<sup>2</sup>, dok najviše stanovnika ima mjesni odbor Kozari putevi koja ima 6462 stanovnika. Ali najveći broj stanovnika po kvadratnom kilometru ima „Oton Županičić“ koja iznosi 12955 st/km<sup>2</sup>. Od ukupno 56487 stanovnika koji žive unutar općine, radno sposobno ih je 38889 stanovnika. Navedeni broj je napravljen prema popisu stanovništva iz 2011 godine, a radno sposobni ljudi su između 15 i 64 godine[22].

Na području općine Peščenica postoje četiri područja na kojima su operatori postavili svjetlovodnu mrežu. Od navedenog broja A1 je postavio dvije svjetlovodne mreže. Na postavljenoj infrastrukturi mogu poslužiti 1065 subjekta. Dok ukupna površina na kojoj je postavljena infrastruktura iznosi 1.301 km<sup>2</sup>. Nazivi mjesta na kojima je postavljena infrastruktura su treće struge 1 i 1 Petreševac 61-[24][25].

Drugi dva područja na kojima je postavljena svjetlovodna mreža je u vlasništvu HT. Navedena dva područja obuhvaćaju 5003 subjekta. Površina na kojoj je izgrađena infrastruktura 0.76km<sup>2</sup>. Naselja koja obuhvaća su Ivanićgradska 64 i ulica grada Chicage 6. Također HT planira izgraditi i treće područje Zagreb-Sunekva s adresom Radnička cesta 21. Planira izgraditi infrastrukturu koja bi bila postavljena na 0.255 kvadratna kilometra, koja bi mogla poslužiti 359 subjekta. Planirani završetak radova je 31.12.2022. godine[26][27][28].

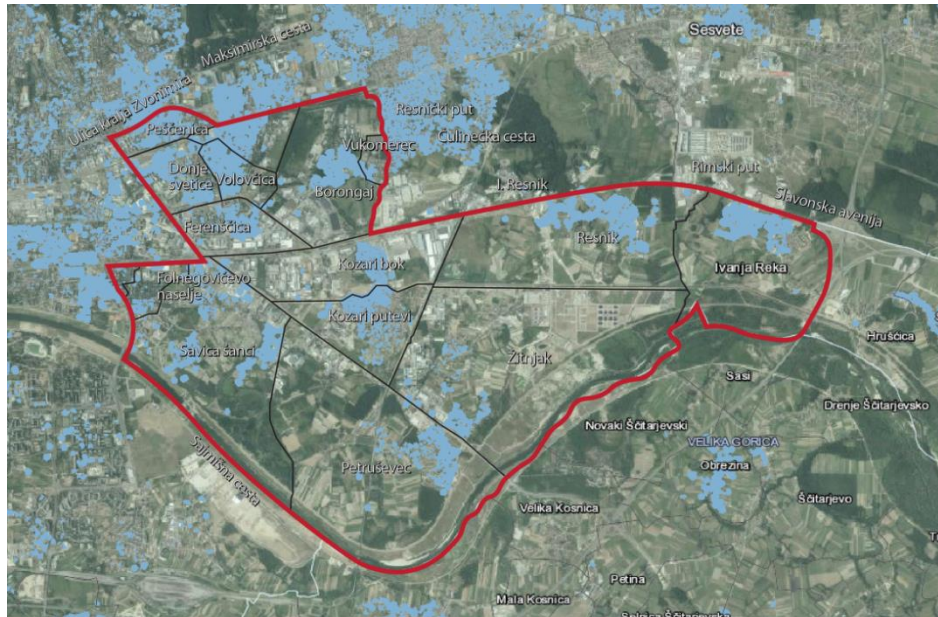
Postoji još dva područje na kojem se planira izgraditi svjetlovodna mreža, od investitora Zagrebačkog holdinga. Prva planirana investicija je kompleks Lipa Mill. sa planiranom površinom od 0.042kilometra kvadratna. Planirani završetak radova je 20.04.2024. godine. Dok je druga investicija na području Lovinčičeve ulice s adresom Avenija Dubrovnik 15. Površinu koju obuhvaća investicija iznosi 0.02 kilometra kvadrtna. Planirani završetak radova je 28. veljače 2022.godine.[29][39].

Na slici 9 je prikazana potpuna pokrivenost do 30 Mbit/s na području općine Peščenice.



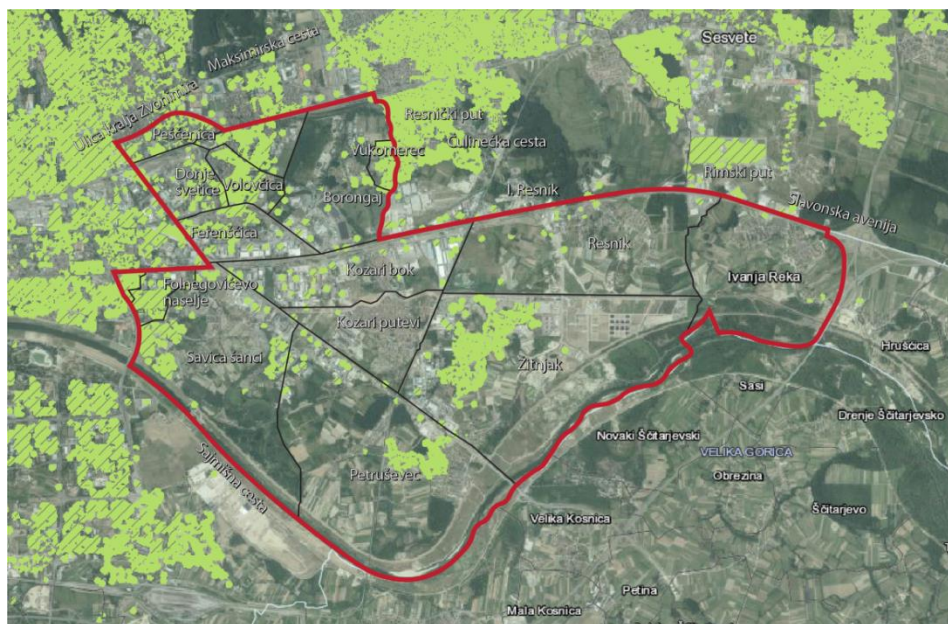
*Slika 9: Pokrivenost do 30 Mbit/s [23].*

Na slici 10 je prikazana pokrivenost između 30 Mbit/s do 100Mbit/s na području općine Peščenice.



*Slika 10: Pokrivenost između 30 i 100 Mbit/s[23].*

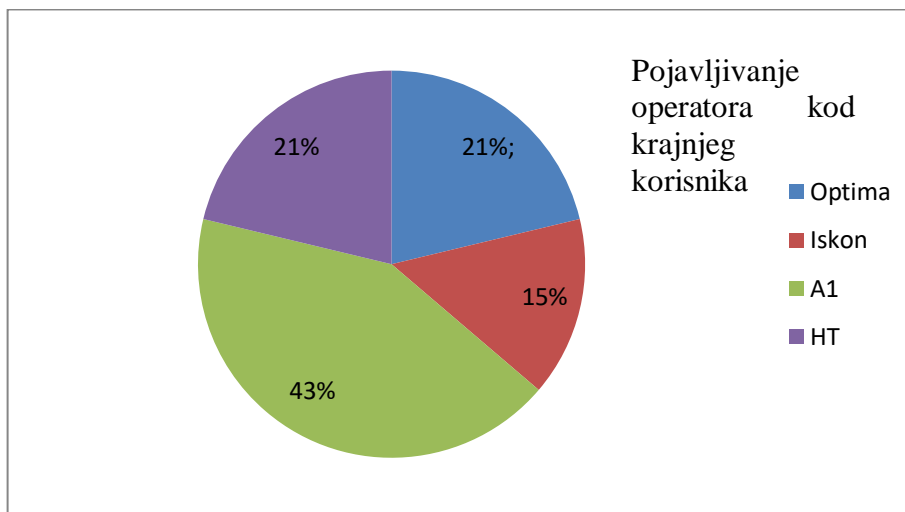
Na slici 11 je prikazana pokrivenost iznad 100Mbit/s na području općine Peščenice. Podaci sa mape za pokrivenost se čine nepouzdanim jer pokazuje dostupnost brzine preko 100Mbit/s, iako na određenim naznačenim području nema navedene mogućnosti.





*Slika 11: Pokrivenost veća od 100Mbit/s[23].*

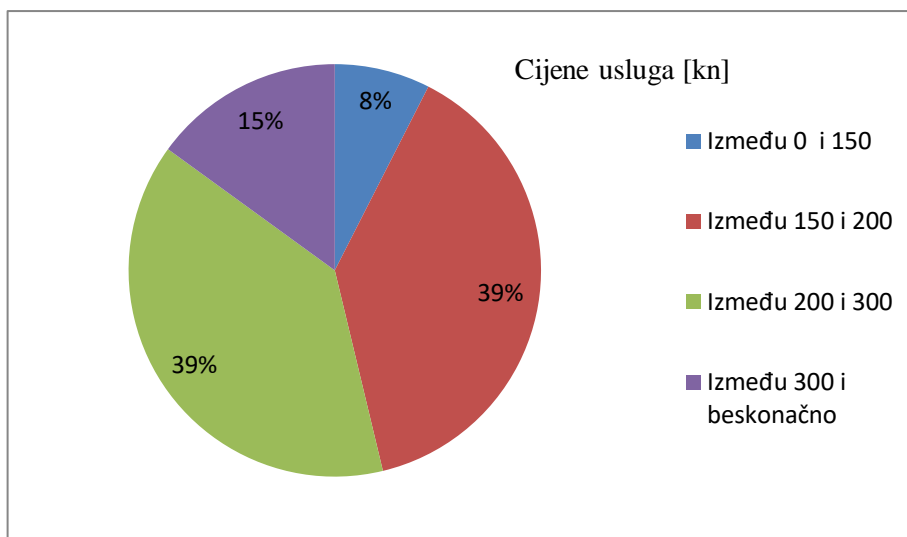
U daljnjem dijelu rada istražuje se isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na općini Peščenica, korištenjem Lator-ovih troškovnih modela i podataka iz ankete koja je provedena kroz deset dana u svibnju 2021. godine. Anketa u kojoj je sudjelovalo 165 ispitanika je prevedena kroz društvenu mrežu i od vrata do vrata. U anketi je korisnicima usluge postavljeno par pitanja pomoću kojih je utvrđeno postojeće stanje pristupnih mreža, vrsta usluga koje koriste, kojeg operatora koriste i poteškoće prilikom spajanja. U daljnjem dijelu ankete istražena je cijena usluge koju krajnji korisnik plaća i kako je zadovoljan navedenom uslugom. Iz toga se izvodi zaključak o isplativosti izgradnje svjetlovodne mreže na općini Peščenica. Kao što je vidljivo iz grafa 2 prema anketnom listu na općini Peščenica najveći tržišni udio ima A1 koji iznosi 43%, zatim slijedi HT od 21%, nakon njega Iskon sa 15 % i na kraju Optima sa 21%. Kao što je prikazano 24% udjela ima HT, budući da je u vlasništvu 100 posto Iskona, udio na tržištu iznosi 37%. Dodatno HT ima udio u vlasničkoj strukturi Optime koja iznosi 17,41%, nakon čega udio HT na tržištu raste nakon čega dolazi se do zaključka da je HT vodeći na tržištu operatora.



*Graf 2 : Udio operatora na tržištu u postotku*

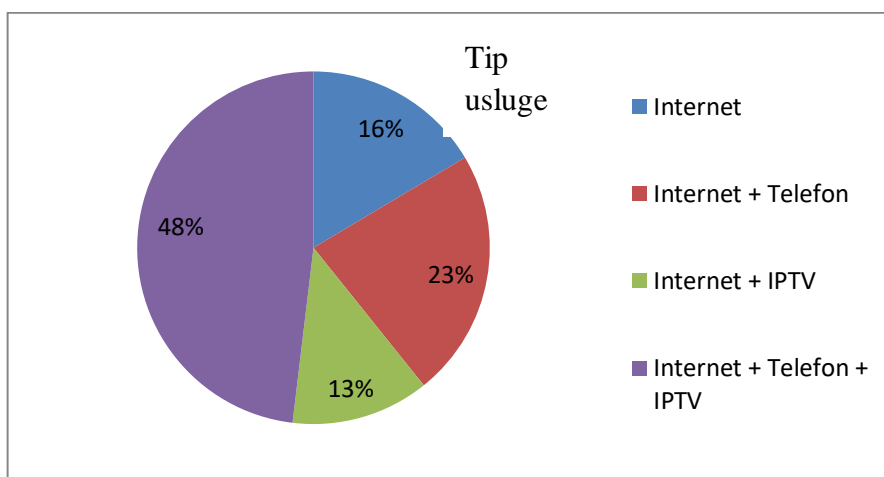
Na grafu 3 vidljiva je cijena usluge koju operatori postavljaju za svoje korisnike. Naravno u samo cijenu ulazi različiti tip usluge koju krajnji korisnik zahtjeva od operatora. Najveći

postotak ljudi plaća uslugu između 150 i 300 kuna, a taj postotak iznosi 39%. Mali broj ljudi plaća više od 300 kuna, što iznosi 15%. Dok 8% ljudi plaća cijenu usluge do 150 kuna.



*Graf 3: Cijena usluge na tržištu*

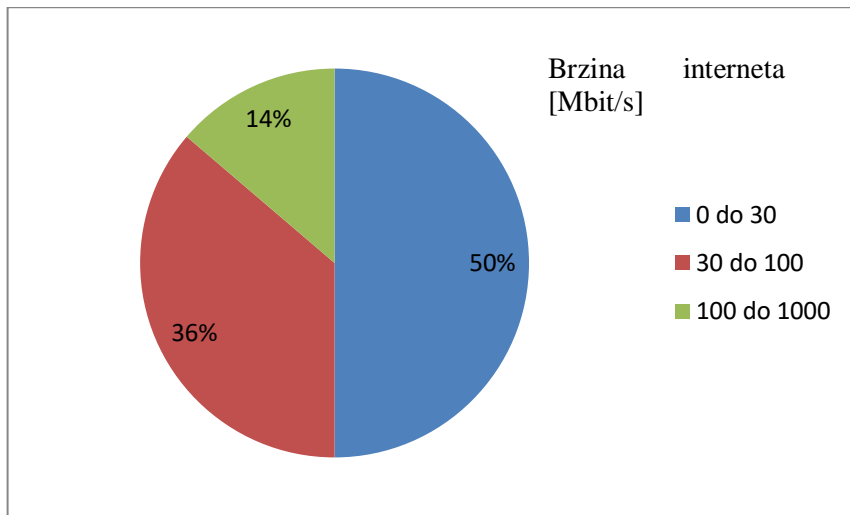
Na grafu 4, najveći broj ljudi koristi sva tri tipa usluge koju operator nudi krajnjem korisniku a taj postotak iznosi čak 48 posto. Najmanji broj ljudi koristi internet i televiziju preko operatora koja iznosi 13%. Internet uz kućni telefon koristi 23%, dok samo 16% korisnika je zahtjevalo od operatora isključivo pristup Internetu.



*Graf 4: Udio korisnika koji zahtijevaju određeni tip usluge od operatora*

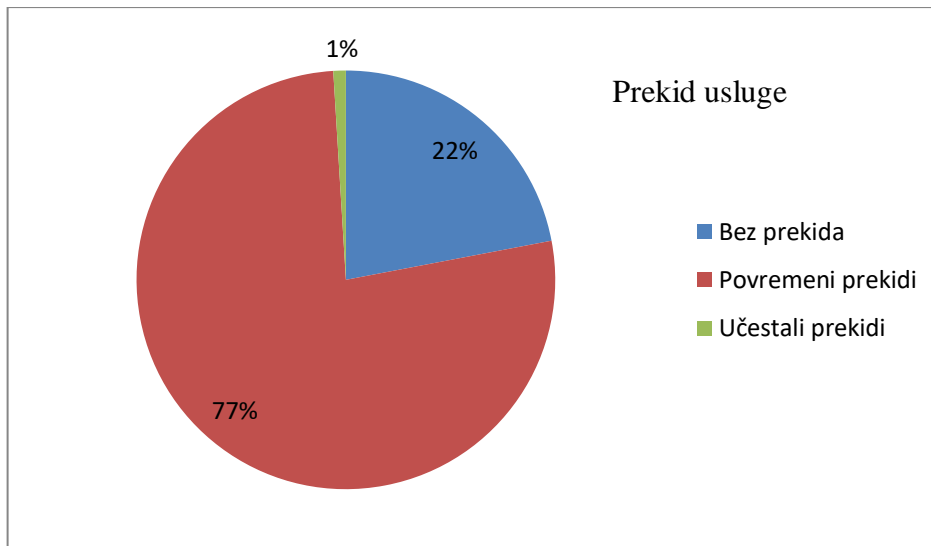
Na grafu 6 prikazano je koju brzinu operatori dostavljaju svojim pretplatnicima. Najveći broj krajnjih korisnika ima brzine do 30 Mbit/s koja iznosi 50%, što u današnjem razdoblju nije

na zadovoljavajućoj razini. Mali broj korisnika ima optičku mrežu što im omogućuje brzine veće od 100Mbit/s, a taj postotak iznosi 14%. I najmanji broj korisnika ima brzinu između 30 i 100 Mbit/s, što iznosi 17% ukupnog broj korisnika.



*Graf 5: Brzina pristupa Interneta*

Prema grafu 6, mali udio korisnika nema nikakvih poteškoća kod svojih operatora, a taj udio iznosi 22%. Najveći udio pretplatnika je uočilo povremene prekide što iznosi 77%, i najmanji broj ima učestale probleme a taj udio iznosi svega 1%.



*Graf 6: Poteškoće prilikom spajanja na Internet*

## 5. TROŠKOVI UVOĐENJA SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Kako bi FTTH poslovni model bio ekonomski održiv, potrebno je troškove izgradnje FTTH mreže produžiti da budu jednaki ili manji nego prihodi od usluga na FTTH mrežu. Sami troškovi FTTH mreže mogu se izraziti kroz dugoročnu inkrementalni trošak (LRIC) pružanje usluge po korisniku, to jest koliko je operator dužan uložiti za pružanje usluge po korisniku. Troškovi (LRIC) sadrže troškove pristupne, jezgrene i agregacijske mreže, koji su neophodni za povećanje usluge. Maloprodajni troškovi pružanja usluge iznose 30 kuna po korisniku na mjesečnoj bazi. U maloprodajne troškove su uključeni potrebe za oglašavanjem, aktivacijom, odnos sa korisnicima i izvršavanje naplate. Zajednički troškovi sadrže u sebi dodatak od 10 posto na ukupne izravne troškove pružanja usluge. Prosječan trošak kapitala postavljen je na razini od 10 posto. U nastavku prema [35], tablica 3 prikazuje osnovne parametri za proračun troškova pružanja usluge putem FTTH mreže.

*Tablica 2. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga[35].*

Parametri	Troškovi
Maloprodajni trošak po korisniku (mjesečni)	30 kuna
Dodatak za zajedničke troškove	10%
Ponderirani prosječan trošak kapitala	10%
Vijek trajanja podzemne DTK infrastrukture	40 godina
Vijek trajanja nadzemne infrastrukture	20 godina
Vijek trajanja svjetlovodnog kabela i pasivne opreme	20 godina
Vijek trajanja aktivne mrežne opreme	10 godina
Vijek trajanja P2P/P MP korisničke opreme	5 godina

Ekonomska održivost dobiva se uspoređivanjem jedinične LRIC troškove izražene po aktivnom korisniku s predviđenim prihodima po korisniku, navedeni trošak i prihod promatra se na mjesečnoj bazi. Ako je navedeni prihod veći od troška, FTTH poslovni model je ekonomski održiv, te navedena razlika je novčani prihod koji ostvaruje operator. U slučaju da su troškovi veći od prihoda ekonomski model nije održiv i operator ostvaruje gubitak[36].

## 5.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora

Na slici 12 prikazana je struktura troškova FTTH operatora koji posjeduje FTTH pristupnu infrastrukturu mrežu, također i nudi uslugu krajnjem korisniku/pretplatniku na maloprodajnom tržištu. Na slici je prikazan najbolji slučaj u kojem zbroj svih jediničnih troškova točno odgovara maloprodajnim prihodima po korisniku, tj. ekonomski je održiv[35].



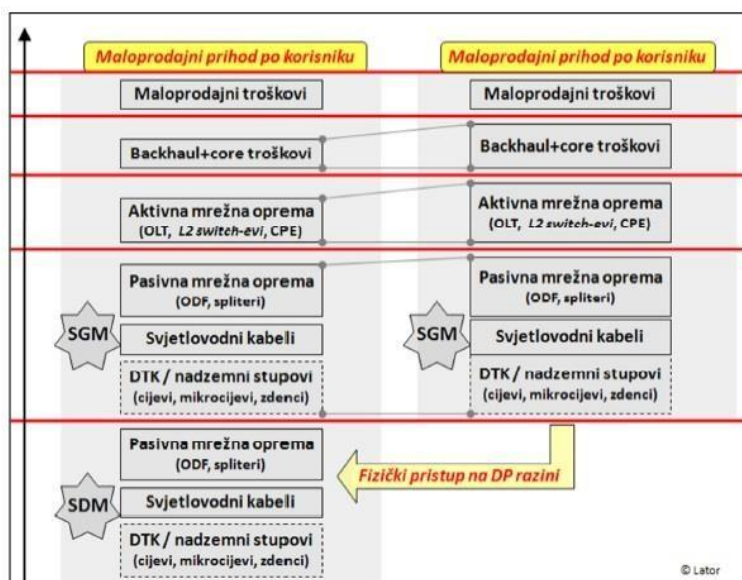
Slika 12: Struktura jediničnih troškova za FTTH operatora u idealnom slučaju[35].

Ukupni troškove pasivne infrastrukture unutar SDM i SGM segmenata pristupne mreže fiksni su na određenom geotipu, tj. uvjetovani su geodemografskim okolnostima i brojem prekrivenih kućanstava kao potencijalnih pretplatnika. Iskoristivost mreže postiže se povećanjem broja aktivnih korisnika, što uzrokuje smanjenje jediničnih troškova SDM i SGM dijela mreže. Prilikom rasta broja aktivnih korisnika dolazi do rasta troškova aktivne opreme kao što su OLT-ovi kod P2MP topologije, Ethernet preklopnici kod P2P topologije i korisnička oprema. Za srednje vrijednosti iskoristivosti mreže jedinični troškovi su jednoliki.

Dio troškova koji je povezan za samu uspostavu veze ovisi o polažaju naselja, tj. o udaljenosti od glavnih mrežnih čvorova. Navedene čvorove uglavnom nalazimo u urbanim sredinama, što uzrokuje da troškovi rastu prema ruralnim geotipovima. Drugi dio troškova raste sa brojem pretplatnika, a navedeni rast je sporiji sa porastom broja pretplatnika[36].

## 5.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora

Na slici 13 prikazani su, jedinični troškovi gdje FTTH infrastrukturni operator vlasnik pristupne mreže, daje maloprodajne usluge pretplatnicima i pruža pristup alternativnim operatorima po veleprodajnim uvjetima. U jednom slučaju alternativni operator ostvaruje fizički pristup svjetlovodnim nitima u distribucijskom čvoru, a u drugom slučaju ( iz slike 13) ima bitstream pristup u lokalnom čvoru. Alternativnom operatoru nužno je izgraditi ili osigurati kapacitete u ostalom dijelu mreže ( SGM, agregacijski i jezgreni dio mreže). Nakon čega alternativni operator može dati maloprodajne usluge krajnjem korisniku, tj. pretplatniku[35]



Slika 13: Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini[35].

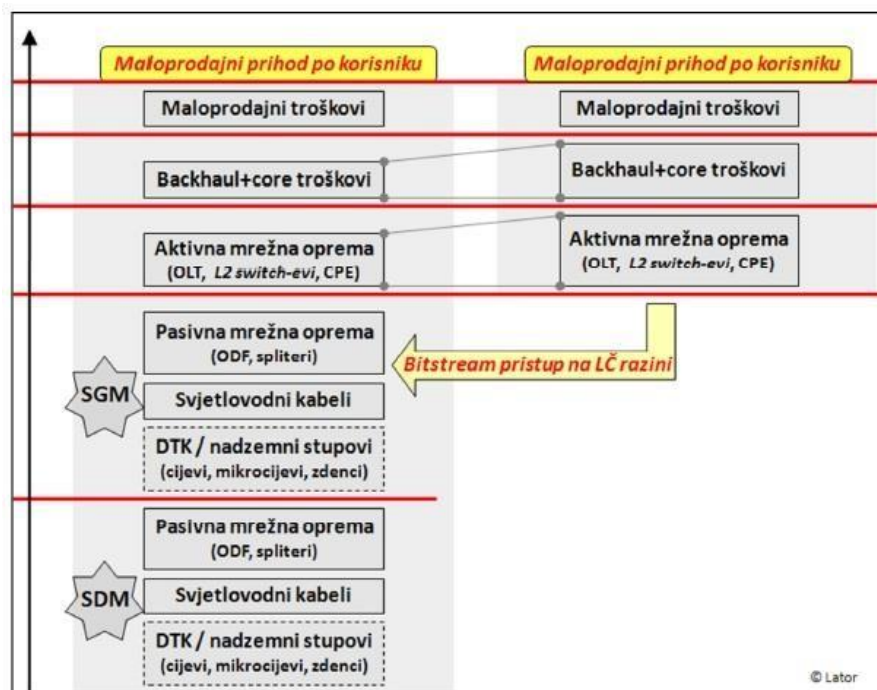
Alternativnim operator kod fizičkog pristupa svjetlovdonim nitima distribucijskog čvora koristi niti unutar SDM dijela pristupa mreže FTTH operatora po veleprodajnim cijenama koje su u optimalnom slučaju jednake jediničnom trošku FTTH operatora u SDM dijelu mreže. Alternativni operator u mreži FTTH operatora pristupa krajnjem korisniku po povoljnijim

uvjetima nego da je sam morao graditi cijelu FTTH pristupnu mrežu, korištenjem ekonomije razmjera. Alternativni operator može iznajmiti potrebne kapacitete od FTTH strukturnog operatora ili sam gradi SGM, agregacijsku i jzgrenu mrežu. Zbog manjeg broja korisnika koje poslužuju alternativni operatori imaju veće jedinične troškove u odnosu na FTTH operatore. Ukupni troškovi alternativnog operatora su manji kod bitstream pristupa u lokalnom čvoru, u odnosu na fizički pristup u distribucijskom čvoru zbog korištenja SDM i SGM dijelova pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora. Navedena metoda pristupa omogućava povećanje ekonomske održivosti poslovnih modela alternativnog operatora ako je razina prosječnih maloprodajnih prihoda stalna. Pomoću slike 14, može se vidjeti struktura jediničnih troškova kod bitstream pristupa alternativnog operatora u lokalnom čvoru.

*Slika 14: Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupa na LČ razini[35].*

### **5.3. Struktura jediničnih troškova u sučaju ekonomske neodrživosti FTTH**

Prethodni slučajevi održivih modela za infrastrukturne i alternativne operatore podrazumjeva da jedinične troškove po korisniku budu jednaki ili manji maloprodajnim prihodima po korisniku, tj. ekonomski održivi. U slučaju kada su troškovi veći od maloprodajnih prihoda sami model postaje neodrživ. Na slici 15 prikazani je uobičajen slučaj gdje do povećanja jediničnih troškova u pristupnom djelu FTTH mreže dolazi zbog udaljavanja od urbanih geotipova koji imaju najmanje jedinične troškove. Agregacijske mreže koje su udaljene od urbanih područja također povećavaju troškova. Ekonomski neodrživi slučaj može se riješiti pomoću subvencija. Same subvencije mogu se dati na korištenje bilo kojem sudioniku u poslovnom modelu[35].

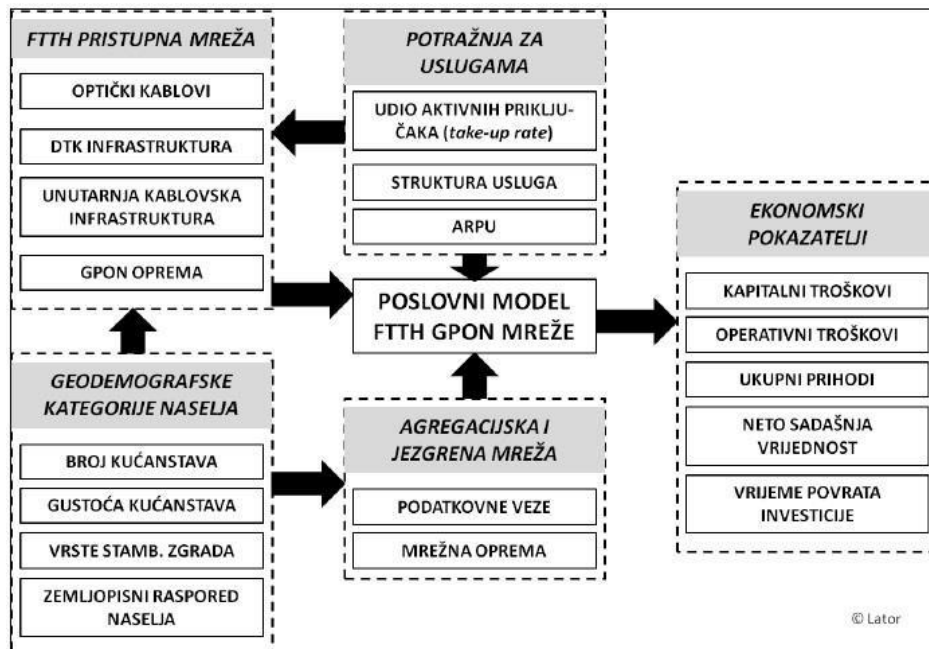


Slika 15: Jedinični toškovi u FTTH mreži, ekonomski neodrživ model[35].

#### 5.4. Poslovni model FTTH mreže

U ovom dijelu rada biti će korišten proračun isplativosti FTTH poslovnog modela u višegodišnjem razdoblju koji je razvio Lator. Sami model je razvijen s obzirom na hrvatsko telekomunikacijsko tržište, model je prilagođen isključivo slučaju izgradnje FTTH mreže u topologiji točka-više-točaka uz primjenu GPON tehnologije. Na slici 16 prikazana je struktura osnovnih modula spomenutog FTTH modela[35].





Slika 16: Struktura FTTH poslovnog modela [35].

Struktura FTTH poslovnog modela prikazana je slikom 17, a sami model je podijeljen na 5 modula koji će u daljnjem dijelu rada biti opisani:

- FTTH pristupna mreža
- geodemografska kategorija naselja
- potražnja za uslugom
- agregacijska i jezgrena mreža
- ekonomski pokazatelj

#### 5.4.1. FTTH pristupna mreža

Unutar ovog modela izračunava se proračun tehničkih parametara za sastavne dijelove pristupne mreže, što uključuje digitalne telekomunikacijske kanalizacije, optičke kablove, unutarnja infrastruktura za polaganje kablova unutar zgrade, te GPON mrežnu i korisniku opremu. Podaci koji ulaze u ovaj modul ovise o karakteristikama geodemografskim parametrima ( broj i prostor gustoća kućanstva, vrsta stambene zgrade) te parametri potražnje za uslugama putem FTTH mreže ( broj aktiviranih priključaka koji određuju potrebnu količinu korisničke opreme te vrsti usluge koja se isporučuje pojedinom kranjem korisniku, koje određuje dodatne mogućnosti korisničke opreme u pogledu govornih ili IPTV usluga)[35].

## 5.4.2. Geodemografska kategorija naselja

Kako bit što preciznije mogli odrediti relevantne geodemografske aspekte izgradnje i uporabe FTTH mreže u Hrvatskoj, u studiji je napravljena podjela naselja, kao kao osnova geodemografskih jedinica, u ukupno šest kategorija, prema slijedećim kriterijima:

- Stupanj urbanizacije naselja
- Prevladavajući oblik stanovanja (npr. višestambena zgrada ili obiteljska kuća)
- broj stanovnika u naselju
- površina-veličina naselja

Podaci za više od 7 tisuća naselja u Hrvatskoj, potrebni za navedenu kategorizaciju naselja, preuzeti su iz javno dostupnih podataka Državnog zavoda za statistiku iz popisa stanovništva 2001. godine. Tablica 4 omogućava pregled osnovnih karakteristika naselja, oznake G1, G2, G3, G4, G5, G6, prilikom čega je G6 kategorija najmanje naseljeno urbano naselje, dok je G1 kategorija najgušće naseljeno urbano naselje[35].

*Tablica 3: Pregled demografskih karakteristika kategorija naselja[35].*

Oznaka	Opis	Oblici stanovanja				Prosječni broj stanovnika	Prosječna površina (km <sup>2</sup> )
		Višestambene zgrade više od 8 katova	Višestambene zgrade s 4 do 8 katova	Višestambene zgrade do 3 kata	Obiteljske kude		
G1	Urbana naselja s izrazito velikom koncentracijom stanovništva na maloj površini	60%	40%	0%	0%	11.091	2,0
G2	Urbana naselja sa značajnom koncentracijom stanovništva	5%	85%	10%	0%	9.017	2,6
G3	Urbana i suburbana naselja srednje koncentracije stanovništva	0%	15%	30%	55%	10.577	5,0
G4	Urbana i suburbana naselja manje koncentracije stanovništva	0%	5%	20%	75%	7.486	2,3
G5	Pretežno ruralna naselja vede koncentracije stanovništva	0%	0%	5%	95%	3.340	1,0
G6	Izrazito ruralna naselja male koncentracije stanovništva	0%	0%	0%	100%	287	0,7

Važno je napomenuti da podaci koji su prokazani na tablici 3, vezani uz prosječan broj stanovnika i prosječnu zemljopisnu površinu naselja, koja se odnosi samo na zemljopisnu

površinu na kojoj se nalaze stambene zgrade. Dodatni parametar modula geodemografske kategorije naselja, bitan za proračun zemljopisnog rasporeda agregacijskih i jezgrenih prijenosnih veza, jest položaj ciljanih naselja u županijama[35].

### **5.4.3. Potražnja za uslugom**

Relevantni parametri u postupku predviđanja potražnje uza uslugom su broj aktiviranih FTTH priključaka ( u odnosu na ukupan broj izvedenih priključaka po kućanstvu). Također je bitna struktura usluge po vrstama i očekivani prosječan prihod po korisniku. Osim usluge pristupa Internetu putem FTTH mreže, korisnik ima mogućnost usluge IPTV standardne i visoke rezolucije, te javna govorna mreža, napravljena pomoću VoIP tehnologije[35].

### **5.4.4. Agregacijska i jezgrena mreža**

Mogul agregacijskih i jezgrenih mreža obuhvaća mrežnu opremu koja obavlja funkciju usmjeravanja prometa u prijenosnoj mreži, također modul obuhvaća dimenzioniranje prijenosnih veza, čije se kapaciteti skaliraju prema potrebama volumenima prometa. Pomoći analiziranja prilika na tržištu, odnosno analiziranjem monopolističkog operatora HT-a, pretpostavljeno je da u agregacijskom dijelu prijenosa mreža izvedena pomoću Metro Ethernet tehnologije s izravnim prijenosom po agregacijskim optičkim vlaknima, dok je u jezgrenom dijelu mreža izvedena na osnovi prijenosa po SDH hijerarhijskim razinama. Prostorno je predviđeno da agregacijski dio mreže obuhvaća veza iz pristupnih čvorova prema središnjem čvorovima u središtima svih pokrivenih županija. Dok jezgrena mreža obuhvaća vezu između županijskih središta i regionalnih središta ( Zagreb, Split, Rijeka i Osijek), odnosno regionalnih središta međusobno i prema međunarodnim središtima za razmjenu Internet prometa. Proračun kapaciteta agregacijskih i jezgrenih mreža izračunava se na osnovu ulaza geodemografskih modula / broj i pozicija naselja) te modula potražnje za uslugama (volumeni usluga)[35].

### **5.4.5. Ekonomski pokazatelji**

Modul ekonomski pokazatelji izračunava osnovne ekonomske pokazatelje potrebne za daljnju analizu FTTH poslovnog modela. Prema [35], ekonomski pokazatelj obuhvaća iduće parametre:

- Kapitalni troškovi (CAPEX) – sadrži sve jednokratne troškove nabavke, izgradnje, opremanja, postavljanja i puštanja u rad potrebne infrastrukture i opreme u FTTH modelu.
- Operativne troškove (OPEX) – obuhvaća sve repetitivne troškove nužne za redovno i nesmetano funkcioniranje infrastrukture i opreme u FTTH modelu.
- Ukupni prihodi – zbroj svih prihoda koje je generirao krajnji korisnik u FTTH modelu, u određenom vremenskom razdoblju.
- Neto sadašnja vrijednost (NPV) - kumulativni zbroj diskontiranih tokova novca FTTH modela u promatranom razdoblju, s definiranom diskontnom stopom. Pozitivna vrijednost na kraju razdoblja implicira pozitivan poslovni model uz ostvarenje povrata ulaganja i obratno. Negativna vrijednost neto sadašnja vrijednosti na kraju razdoblja implicira poslovni model koji ne ostvaruje povrat ulaganja.
- Vrijeme povrata investicije (ROI) – vremensko razdoblje unutar kojeg se ostvaruje povrat investicije u poslovnom modelu.

## 6. STUDIJA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNE PRISTUPNE MREŽE NA PODRUČJU OPĆINA PEŠČENICA

U ovom poglavlju prikazuju se geodemografska karakteristika općine Peščenice, te određuje cijena postavljanja svjetlovodne infrastrukture ovisno o veličini promatranog naselja. Također obrađuju se podaci iz anketnog istraživanja, a koje se koriste za izračun dobiti operatora.

### 6.1. Geodemografska karakteristika naselja

Općina Peščenica ima gustoću stanovnika od 1600 st/km<sup>2</sup>, unutar kojeg ovisno od mjesnog odbora prevladavaju stambene zgrade ili privatne kuće. Broj stanova na općini Peščenici iznosi 26 711, dok broj kućanstava iznosi 21 628. Prije nego što se izračuna jedinični trošak moramo uzeti u obzir da na području općine Peščenica već postoji izgrađena svjetlovodna infrastruktura, što uzrokuje manji broj stanovnika koji se moraju poslužiti svjetlovodnom infrastrukturom. Prilikom čega je HT izgradio na područje gdje su stambene zgrade, dok je A1 izgradio na području gdje su kućanstva. Gdje nam broja stanova koje trebamo poslužiti pada na 21 708, dok broj kućanstava pada na 20 563. Broj subjekata koje moramo poslužiti je 42 271, kada podijelimo sa 32.922 km<sup>2</sup> gustoća stanovnika koja nemaju optiku iznosi 1284 st/km<sup>2</sup>.

*Tablica 4. Cijena postavljanja svjetlovodne infrastrukture ovisno o gustoći naselja [36].*

Gustoća (korisnika/km <sup>2</sup> )		Troškovi izgradnje
OD	DO	FTTH (P2MP)
0	159	1.300,00 eura
159	318	1.200,00 eura
318	477	1.100,00 eura
477	636	1.000,00 eura
636	795	900,00 eura
795	954	800,00 eura
954	1113	700,00 eura
1113	1272	600,00 eura
1272	1431	500,00 eura
Grad Rijeka		500,00 eura

Jedinični trošak po izvedenom priključku je 500 eura, kada pretvorimo iz eura u kune dobijemo približni iznosi od 3750 kuna (P2MP) i pomnožimo taj broj sa ukupnim brojem subjekata i dobit ćemo inicijalne kapitalne troškove od 158 516 250 kuna za pokrivanje cijelog naselja svjetlovodnu pristupnom mrežom.

## 6.2. Prosječan prihod po pretplatniku

Najbitniji parametar koji operator kod analize poslovnog modela FTTH proučava je prosječan prihod po krajnjem korisniku. Navedeni prihod operator dobiva kroz korištenja usluge od strane krajnjeg korisnika. Usluge možemo podijeliti na:

- *Voice over IP* – gdje sami operator može uključiti određene pogodnosti (npr. besplatni pozivi prema drugim fiksnim mrežama, besplatne minute prema drugim državama, dr.) kako bi povećao svoj prihod.
- Širokopolasni internet velikih brzina – prilikom podizanja brzina, tj. usluge operator može dignuti cijenu same usluge.
- IPTV – označava isporuku tv sadržaja putem IP paketa. Gdje operator može ostvariti najveću zaradu, zbog slanja signala različite kvalitete ( standardna razlučivost ili visoka razlučivost). Također ostvaruje zaradu na različitom sadržaju koji dostavlja krajnjem korisniku (filmski, sportski, glazbeni i drugi sadržaj).

Kako bi proveli analizu, uz navedene troškove, potrebno je izračunati i očekivane prihode po korisniku. Navedena očekivanja simulirali bi na dva načina, prvi bi bio povrat kapitalne investicije, dok je drugi bio predviđanje kretanja korisnika po uslugama.

Kao polazne vrijednosti prosječnog prihoda po korisniku u analizu, uzeti su podaci o trenutnim cijenama usluge koje pružaju četiri najveća telekom operatora u Hrvatskoj;

- Između 170 kuna cijene usluga za internetski pristup.
- Između 90 kuna je cijena usluge za osnovnu uslugu TV sadržaja putem IP.
- 90 kuna je cijena usluge za osnovnu uslugu VoIP ( ako tražite isključivo fiksni telefon bez drugih paketa).
- Operatori nude IPTV i internet za cijenu od 250 kuna.
- Operatori nude internet i telefon za 180 kuna
- Operatori nude popuste za pakete, pa ako uzmete sve tri prethodno navedene usluge možete dobiti navedeni paket za cijenu od 280 kn, čak pojedini operatori nude popuste za određene usluge ako naručite putem interneta.

Broj korisnika pojedinih usluga mijenja se u vremenu, za analizu se uzimaju podaci iz 2019 i 2020. godine kako bi utvrdio trend za buduće razdoblje. U navedenoj analizi prikazani su podaci o promjeni broja korisnika za područje općine Peščenica za buduće razdoblje od godinu dana. Opaženi trendovi su objašnjeni na trenutnom stanju broja korisnika pojedinih usluga na općini Peščenica i prikazani su u tablici 5.

*Tablica 5: Promjena broja korisnika na godišnjoj razini [32].*

Usluga	Broj priključaka		Korisnik	Broj
Telefon	17100		Migrirani	689
			Novi	0
			Ukupno	16817
Internet	Bakrena parica	5888	Migrirani	874
			Novi	0
			Ukupno	5841
	FTTx	6068	Migrirani	901
			Novi	1530
			Ukupno	7598
TV	6032		Migrirani	834
			Novi	90
			Ukupno	6122

Na temelju podataka prikazanih u tablici 5, u tablici 6 prikazane su promjene broja priključaka u vremenskom razdoblju između 2021. godine do 2030. godine.

*Tablica 6: Prikazuje godišnje promjene broja priključaka*

Godina	Telefon	Internet		IPTV
		Bakrena parica	FTTx	
2020	17100	5888	6068	6032

2021	16817	5841	7598	6122
2022	16534	5794	9128	6212
2023	16251	5747	10658	6302
2024	15968	5700	12188	6392
2025	15685	5653	13718	6482
2026	15402	5606	15248	6572
2026	15119	5559	16778	6662
2028	14836	5512	18308	6752
2029	14553	5465	19838	6842
2030	14270	5418	21368	6932

Iz tablice 6, može se vidjeti da će se nastaviti ulaganja u svjetlovodnu infrastrukturu i u 2030. godini imati 3 puta više priključaka nego u 2021. godini. Također se vidi porast priključaka prijenosa TV sadržaja putem IP paketa. Dok broj priključaka putem telefona je u velikom padu, također priključak putem bakrene parice opada ali veoma sporo.

### 6.3. Analiza isplativosti

Na temelju podataka iz tablice 5, odnosno broj priključaka u 2020. godini za FTTH koja iznosi 6068 troškovi uvođenja navedene mreže su iznosili 22 800 000 kuna. Iz anketnog istraživanja koristimo navedene postotke, 48 posto korisnika koristi sva tri tipa usluge, 13 posto korisnika koristi internet i IPTV, 23 posto korisnika koristi internet i telefon i 16 posto isključivo internet. Svaki od tih korisnika generira dobit u 2020. godini od:

- 2913 priključka koristi sva tri tipa usluge koji kada se pomnoži sa cijenom usluge od 280 dobijemo 815 640 kuna prihoda.
- 789 priključka koristi internet i IPTV uslugu koji kada se pomnoži sa cijenom usluge od 250kuna dobijemo 197 250 kuna prihoda.
- 1395 priključka koristi internet i telefon uslugu koji kada se pomnoži sa cijenom usluge od 200kuna dobijemo 279 000 kuna prihoda.
- 971 priključka koristi internet koji kada se pomnoži sa cijenom usluge od 170kuna dobijemo 165 070 kuna prihoda.



Broj priključaka svjetlovodne infrastrukture iznosi 6068, koji generira 1 456 950 kuna dobiti na području općine Peščenica za jedan mjesec. U navedenu dobit nisu uračunati fiksni troškovi održavanja usluge za sve korisnike, dok za pojedinog korisnika iznosi 30 kuna. Fiksni troškovi za sve korisnike izračunavaju se umnoškom broja priključaka svjetlovodne infrastrukture i fiksnih troškova za pojedinog korisnika, nakon umnoška dobijemo 182 400 kuna. Što označava da operator ostvaruje 1 274 550 kuna profita. Kada uzmemo u obzir da je operator uložio 22 800 000 kuna da napravi 6068 priključaka, prilikom čega ima profit od 1 274 550 kuna, potrebno mu je samo 18 mjeseci da si vrati investiciju a sve dalje je dobit koju može prenamijeniti u daljnja ulaganja u mrežu.

## 7. ZAKLJUČAK

U današnjem razdoblju vidljiv je pozitivan utjecaj širokopojsnih tehnologija na sve segmente života, a posebno na poslovne aktivnosti budući da raste udio obavljanja posla na daljinu. Svjetlovodna infrastruktura omogućava širokopojsni pristup i velike brzine prijenosa podataka. Na primjeru općine Peščenice provedenom analizom podataka utvrđeno je da 25 posto stanovnika ima pristup svjetlovodnom prijenosnom sustavu. Iako je u strateškim dokumentima Republike Hrvatske navedeno da će taj udio iznositi 50 posto koji je trebalo ispuniti do 2020. godine. Inicijativa Europske unije „Digitalna agenda za Europom“, postavila je uvjet da do 2020. godine svi građani moraju imati minimalnu brzinu od 30Mbit/s. Na primjeru općine Peščenica 60 posto stanovnika primjenom različitih tehnologija širokopojsnog pristupa ima brzinu 30Mbit/s.

Novčana sredstva koja bi operator uložio da izgradi infrastrukturu za 25 posto stanovništva iznosi 22 800 000 kuna. Ukoliko se troškovi promatraju uzimajući u obzir dobit od 1 274 550 kuna, operatoru je potrebno 18 mjeseci da vrati uložena financijska sredstva. Ukoliko bi operator uveo svjetlovodnu infrastrukturu na cijeloj općini Peščenica, troškovi bi iznosili 158 546 250 kuna. Povećanje broja korisnika širokopojsnih usluga izravno utječe na BDP, što se postiže otvaranjem novih radnih mjesta za postavljanje i održavanje rada mreže. Povećanje gospodarske aktivnosti mogu ostvariti područja s naprednom širokopojsnom infrastrukturom zadržavanjem ili privlačenjem većeg broj investitora.

## LITERATURA

- [1]. Jurdana I.: Primjena svjetlovodne tehnologije na brodovima, pregledni članak, Pomorski fakultet u Rijeci, 2008.
- [2]. Perčić R.: Uporaba led u komunikacijskim sustavima, diplomski rad, Pomorski fakultet u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, 2013.
- [3]. Vugrinčić S.: Poluvodički laseri i primjene, diplomski rad, Prirodoslovni-matematički fakultet fizički odsjek, Sveučilište u Rijeci, 2016.
- [4]. CARNet: Sigurnost i svjetlost, CARNet CERT u suradnji s LS & S, 2007.
- [5]. Šarić S., Forenbacher I.: Svjetlovodni prijenosni sustavi i mreže, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2014.
- [6]. Smuković A.: Svjetlovodni prijenosni sustavi s valnim multipleksiranjem, Završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišt u Zagrebu, 2015.
- [7]. Tomislav H.: Analiza troškova primjene DWDM/CWDM tehnologije u optičkoj mreži, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu, 2010.
- [8]. Skorin-Kapov N., Furdek M., Vuković M.: Optičke komponente, , autorizirani nastavni materijali, Zavod za telekomunikacije, Sveučilište u Zagrebu, 2016.
- [9]. Šarić S., Forenbacher I.: Svjetlovodni prijenosni sustavi i mreže, autorizirani nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2014.
- [10]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti web portal. Preuzeto sa: <https://www.hakom.hr/hr/svjetlovodne-distribucijske-mreze-sdm/2690> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]
- [11]. Smiljanić L.: Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišt u Zagrebu, 2020.
- [12]. Bažant, A., G. Gledec, Ž. Ilid, G. Ježid, M. Kos, M. Kunštid, I. Lovrek, M. Matijašević itd. Osnovne arhitekture mreža.
- [13]. Šarić S., Forenbacher I.: Arhitektura telekomunikacijske mreže, Osnove telekomunikacije,

autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.

[14]. FOCC web portal. Preuzeto sa: <http://ba.opticalpatchcable.com/info/ftth-introduction-39293244.html> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]

[15]. FOCC web portal. Preuzeto sa: <http://hr.opticalpatchcable.com/info/epon-and-gpon-of-passive-optical-network-38608318.html> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]

[16]. Dialogue-irk.ru web portal. Preuzeto sa: <https://dialogue-irk.ru/hr/rentabelnost/ftb-kakoi-metrazh-kabelya-do-abonenta-cto-takoe-ftx-tehnologiya-dostupa-ftth-ftb-ftc/> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]

[17]. Sarajlija E.: Uporaba optike u pristupnim mrežama, pregledni članak, Fakultet za elektrotehniku, Univerzitet u Ljubljani, 2019.

[18]. Prtenjača M.: Analiza isplativosti uvođenja FTTH mreže u ruralnim području, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.

[19]. Karaica I.: FTTx mrežne tehnologije, završni rad, Stručni studij elektrotehnike, Tehničko veleučilište Zagrebu, 2009.

[20]. Mrvelj Š., Matulin M.: Nova generacija mreže, autorizirani nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2020.

[21]. DIMANIS: Studija provedivosti projekta izgradnje svjetlovodne distribucijske mreže grada Zagreba, 2012.

[22]. Peščenica-Žitnjak: Gradske četvrti grada Zagreba, prostorna i statistička analiza, 2018.

[23]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti web portal. Preuzeto sa: <http://mapiranje.hakom.hr/hr-HR/SirokopojasniPristup#sthash.MzoJXH02.BBQ3TIPj.dpbs> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]

[24]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Zagreba, Peščenica-Žitnjak, 2019.

[25]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Zagreba, Žitnjak, 2018.

- [26]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Zagreba-Borovje, 2018.
- [27]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Zagreba-Žitnjak 1, 2019.
- [28]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti web portal. Preuzeto sa: <http://bbzone.hakom.hr/hr-HR/SvjetlovodnaMreza#map> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]
- [29]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Zagreba-Žitnjak 1, 2017.
- [30]. Google karte. Preuzeto sa: <https://www.google.com/maps/search/Pe%C5%A1%C4%8Denica+zagreb/@45.8046994,16.0149685,14.75z> [Pristupljeno : Travanj, 2021.]
- [31]. Državni zavod za statistiku Republike hrvatske. Preuzeto sa: [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2019/07-01-03\\_01\\_2019.htm](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/07-01-03_01_2019.htm) [Pristupljeno : Svibanj, 2021.]
- [32]. Tromjesečni usporedni podaci sa tržišta elektroničkih komunikacija u Republici Hrvatskoj. Preuzeto sa: [https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2020/e\\_trziste/Tromjese%C4%8Dni%20usporedni%20podatci%20za%20tr%C5%BEi%C5%A1te%20elektroni%C4%8Dkih%20komunikacija%20RH\\_Q12020.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2020/e_trziste/Tromjese%C4%8Dni%20usporedni%20podatci%20za%20tr%C5%BEi%C5%A1te%20elektroni%C4%8Dkih%20komunikacija%20RH_Q12020.pdf) [Pristupljeno : Svibanj, 2021.]
- [33]. Marić M.: Analiza isplativosti svjetlovodne pristupne mreže u naselju Sveta Klara, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2017.
- [34]. Širokopolasni pristup interneta u državama članicama EU-a. Preuzeto sa: [https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18\\_12/SR\\_BROADBAND\\_HR.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_12/SR_BROADBAND_HR.pdf) [Pristupljeno : Svibanj, 2021.]
- [35]. LATOR: Studija FTTH poslovnih modela u Hrvatskoj, 2010.
- [36]. Grad Rijeka uz podršku Ericsson Nikole Tesle d.d., Nact plana razvoja širokopolasne infrastrukture Grada Rijeke, 2017.

- [37]. Hrvatska gospodarska komora. Županije-razvojna raznolikost i gospodarski potencijal. Preuzeto sa <https://www.hgk.hr/documents/analiza-zupanija-2020-web5ffd68620c52c.pdf> [Pristupljeno : Kolovoz, 2021.]
- [38]. Hrvatska gospodarska komora. Županije-razvojna raznolikost i gospodarski potencijal. Preuzeto sa <https://www.hgk.hr/documents/analiza-zupanija-2019-web5e1da0dbdae42.pdf> [Pristupljeno : Kolovoz, 2021.]
- [39]. Hrvatska regulativna agencija za mrežne djelatnosti: Objava namjere postavljanja svjetlovodne distribucijske mreže na području Lovinčićeve ulice, 2019.
- [40]. Lator. Odabir najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganje u infrastrukturu. Preuzeto sa [https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator MMPI studija Izvr%C5%A1ni sa%C5%B Eetak\\_final.pdf](https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator_MMPI_studija_Izvr%C5%A1ni_sa%C5%B Eetak_final.pdf) [Pristupljeno : Kolovoz, 2021.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz osnovnog rada svjetlovodnog sustava[1].	3
Tablica 1: Usporedba Led i poluvodičkog lasera[2].	4
Slika 2.: Prostiranje svjetlosti kroz svjetlovodnu nit[4]	5
Slika 3.: Izgled svjetlovodnog kabela[4]	6
Slika 4: Shema svjetlovodne distribucijske mreže[11].	12
Slika 5. Prikaz načina spajanja optičkog kabela do preplatnika[13].	13
Slika 6: Prikaz optičkog vlakna do pločnika[18].	15
Slika 7. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node[18].	16
Slika 8. Prikaz područja općine Peščenice[30]	24
Slika 9: Pokrivenost do 30 Mbit/s [23].	25
Slika 10: Pokrivenost između 30 i 100 Mbit/s[23].	25
Slika 11: Pokrivenost veća od 100Mbit/s[23].	26
Slika 12: Struktura jediničnih troškova za FTTH operatora u idealnom slučaju[35].	30
Slika 13: Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini[35].	31
Slika 14: Jedinični troškovi FTTH infrstrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupa na LČ razini[35].	32
Slika 15: Jedinični toškovi u FTTH mreži, ekonomski neodrživ model[35].	33
Slika 16: Struktura FTTH poslovnog modela [35].	34

## **POPIS KRATICA**

ATM (eng. asynchronous transfer mode)

ADSL (eng. asymmetric digital subscriber line)

BER (eng. bit error rate)

CATV (eng. cable television)

CAPEX (kapitalni troškovi)

CWDM (valno multipleksiranje s rijetkom podjelom kanala)

DSL (eng. digital subscriber line)

DČ (distribucijski čvor)

DWDM (eng. dense wavelength division multiplexing)

EPON (eng. ethernet passive optical network)

FTTB(engl. Fiber to thebuilding)

FTTC (eng. Fiber to the Curb)

FTTCab( eng. Fiber to the Cabinet)

FTTH (eng. Fiber to the home)

FTTP (eng. Fiber to the premises)

FTTN (eng. Fiber to the node)

FTTS (eng. Fiber to the subscriber)

FTTX (eng. Fiber to the x)

GPON (eng. gigabit passive optical networks)

HAKOM ( Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti)



HT ( Hrvatski telekom)

ISP (eng. internet service provider)

OLT ( eng. optical line terminal)

OCC (optički prespojnik)

OPEX ( operativni troškovi)

IPTV ( eng. internet protocol television)

LRIC (inkrementalni trošak)

NPV ( neto sadašnja vrijednost)

ROI ( vrijeme povrata investicije)

SDM (svjetlovodna distribucijska mreža)

SGM (glavne svjetlovodne mreže)

TDM ( vremensko multipleksiranje)

VoIP (eng. voice over IP)

WDM (eng. wavelength-division multiplexing)

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1: Usporedba Led i poluvodičkog lasera[2]. .....	4
Tablica 2. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga[35]. .....	29
Tablica 3: Pregled demografskih karakteristika kategorija naselja[35]. .....	35
Tablica 4. Cijena postavljanja svjetlovodne infrastrukture ovisno o gustoći naselja [36]. .....	38
Tablica 5: Promjena broja korisnika na godišnjoj razina[32]. .....	40
Tablica 6: Prikazuje godišnje promjene broja priključaka .....	40

## **POPIS GRAFOVA**

Graf 1: Broj priključaka širokopojsnog pristupainterneta putem nepokretne mreže[33].	21
Graf 2 : Udio operatora na tržištu u postotku	26
Graf 3: Cijena usluge na tržištu	27
Graf 4: Udio korisnika koji zahtjevaju određeni tip usluge od operatora	27
Graf 5: Brzina pristupa Interneta	28
Graf 6: Poteškoće prilikom spajanja na Internet	28



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.  
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.  
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.  
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **Analiza isplativost izgradnje optičke mreže na općini Peščenica**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

u Zagrebu, 4.9.2021 \_\_\_\_\_

Student/ica:  
Denis Pejić  
(potpis)