

# Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića

---

Škutin, Martin

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:119:752105>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

## DIPLOMSKI RAD

Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne  
pristupne mreže na području grada Gospića

Analysys of Optical Access Network  
Implementation in City of Gospić

Mentor: Prof. dr. sc. Zvonko Kavran

Student: Martin Škutin

JMBAG: 0135234394

Zagreb, 2021.

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

Zagreb, 25. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**

Predmet: **Planiranje telekomunikacijskih mreža**

**DIPLOMSKI ZADATAK  
br. 6501**

Pristupnik: **Martin Škutin (0135234394)**

Studij: **Promet**

Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića**

Opis zadatka:

Opisati tehnologije širokopojsnog pristupa i analizirati primjenu postojećih tehnologija na primjeru grada Gospića. Primjenom geodemografske analize analizirati troškove i ocijeniti isplativost implementacije svjetlovodne pristupne mreže.

## **SAŽETAK**

Cilj ovog rada je istražiti isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića. Anketnim istraživanjem istražio se interes krajnjih korisnika za izgradnjom svjetlovodne širokopojasne mreže te su dobiveni podaci o mogućim prosječnim prihodima po korisniku. Svrha ovog diplomskog rada je utvrđivanje geodemografskog tipa grada Gospića na temelju podataka o broju stanovnika te primjenom Lator-ovog modela troškovnog modela izračunati stvarne troškove projekta. Provedenom analizom utvrđena je isplativost investicije u pesimističnom i optimističnom scenariju.

**KLJUČNE RIJEČI:** istražiti; isplativost; uvođenje; svjetlovodne pristupne mreže; Lator-ov model; analiza; prihodi; grad Gospić

## **SUMMARY**

The goal of this research is to investigate the cost-effectiveness of the optical access network implementation in city of Gospić. This survey investigated the interest of end-users for the construction of fiber optic broadband network and obtained data on possible average revenues per user. The purpose of this research is to determine the geodemographic type of the city of Gospić based on population data and using Lator's cost model to calculate the actual project costs. The conducted analysis determined the profitability of the investment in the pessimistic and optimistic scenario.

**KEY WORDS:** investigate; cost-effectiveness; implementation; optical access network; Lator's model; analysis; profitability; city of Gospić

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Arhitektura svjetlovodnih mreža .....	3
2.1. Osnovni elementi FTTH mreže .....	4
2.1.1. FTTH mreže od točke do točke-P2P .....	5
2.1.2. FTTH PON-P2MP .....	6
2.2. Oprema i postupci implementiranja svjetlovodnih niti .....	8
3. Analiza postojećih pristupnih mreža u Republici Hrvatskoj i gradu Gospiću .....	12
3.1. Stanje u Republici Hrvatskoj .....	12
3.2. Trenutno stanje u gradu Gospiću .....	16
4. Interes tržišta za izgradnjom FTTx svjetlovodne pristupne mreže .....	24
4.1. Državne potpore za izgradnju širokopojasne mreže .....	26
4.2. Modeli investiranja u izgradnju širokopojasne infrastrukture .....	27
4.2.1. Privatni DBO model .....	27
4.2.2. Model odozdo prema gore .....	28
4.2.3. Model zajedničkog ulaganja .....	29
4.2.4. Model vanjskih usluga .....	29
4.2.5. Javni DBO model .....	29
4.3. Izvori financiranja izgradnje širokopojasne infrastrukture .....	30
4.3.1. Javna sredstva .....	31
4.3.2. Institucionalni investitori .....	31
4.3.3. Privatni investitori .....	32
5. Troškovi uvođenja FTTx mreže .....	33
5.1. Jediničnih troškovi FTTH operatora .....	34
5.2. Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora .....	36
5.3. Jedinični troškovi u slučaju neisplativosti FTTH modela .....	38
5.4. Geotipovi s ekonomski neodrživim FTTH modelima i potrebom za subvencijama .....	39
5.5. Troškovi realizacije projekta izgradnje svjetlovodne pristupne mreže po pokrivenom kućanstvu .....	40
5.5.1. Smještaj distributivnih čvorova (DČ-a) u vanjske kabinete .....	42
5.5.2. Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima .....	43
5.6. Poslovni model FTTH pristupne mreže .....	44
5.6.1. FTTH pristupna mreža .....	44
5.6.2. Geodemografske kategorije naselja .....	45

5.6.3.	Potražnja za uslugama.....	46
5.6.4.	Jezgrena i agregacijska mreža .....	46
5.6.5.	Ekonomski pokazatelji .....	46
6.	Case study: Isplativost implementacije FTTx mreže na području grada Gospića .....	47
6.1.	ARPU – prosječni prihodi po korisniku .....	48
6.1.1.	Pesimističan scenarij .....	50
6.1.2.	Optimističan scenarij.....	51
6.2.	Analiza isplativosti.....	52
6.2.1.	Analiza isplativosti kod pesimističnog scenarija .....	53
6.2.2.	Analiza isplativosti kod optimističnog scenarija .....	54
7.	Zaključak .....	57
	Literatura .....	58
	Popis kratica .....	61
	Popis slika.....	63
	Popis tablica.....	64
	Popis grafikona .....	65

# 1. Uvod

Ubrzani razvoj informacijsko komunikacijskih usluga dovodi do potreba za sve većim brzinama Interneta te razvojem kvalitetnije mrežne infrastrukture. U većini Republike Hrvatske prevladava bakrena infrastruktura koja nema mogućnost pružanja brzina Interneta većih od 100 Mbit/s koje korisnici u sve većoj mjeri zahtjevaju, zbog konstantnog napretka tehnologije. Takva situacija stvara potrebu za boljom infrastrukturom koja uključuje svjetlovodnu pristupnu mrežu. Raznim strategijama i nacionalnim programima, RH uz pomoć financijskih potpora Europske Unije, nastoji osigurati svjetlovodnu pristupnu mrežu za sve veći broj kućanstava. Najveći problem predstavljaju manje razvijena ruralna područja, gdje ne postoji dostatan tržišni interes za izgradnjom svjetlovodne infrastrukture te se nastoji raznim subvencijama i potporama postići ekonomska održivost takvih projekata. Time se radi na smanjenju razlika između većih urbanih i manjih ruralnih sredina, kako bi se ostvario društveni boljitak svih građana na području RH.

U ovom diplomskom radu istraživala se isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića. Za provedbu istraživanja koristili su se podaci građana Gospića prikupljeni anketom te Lator-ov model za analizu isplativosti investicija u svjetlovodne pristupne mreže. Rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Arhitektura svjetlovodnih mreža
3. Analiza postojećih pristupnih mreža u Republici Hrvatskoj i gradu Gospiću
4. Interes tržišta za izgradnjom FTTx svjetlovodne pristupne mreže
5. Troškovi uvođenja FTTx mreže
6. Case Study: Isplativost implementacije FTTx mreže na području grada Gospića
7. Zaključak

U drugom poglavlju rada prikazana je osnovna arhitektura svjetlovodnih mreža, topologije koje mogu biti korištene te potrebna oprema i postupci implementiranja svjetlovodnih kablova.

Treće poglavlje opisuje raširenost svjetlovodne infrastrukture na području Republike Hrvatske te prikazuje stanje i dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu na

području grada Gospića. Temeljem provedene ankete, prikazani su podaci o uslugama koje korisnici koriste, zastupljenost pojedinih operatera u Gospiću, brzine pristupa Internetu i dr.

U četvrtom poglavlju, podacima iz ankete prikazana je zainteresiranost korisnika za uvođenjem svjetlovodne pristupne mreže. Opisani su postojeći investicijski modeli koji se mogu koristiti pri izgradnji svjetlovodne infrastrukture te mogući izvori financiranja projekta.

Peto poglavlje opisuje različite kategorije troškova koji se odnose na infrastrukturne i alternativne operatore, zatim troškove izgradnje svjetlovodne mreže uz postojeću ili novu DTK infrastrukturu te poslovni FTTH model koji je razvila tvrtka Lator.

U šestom poglavlju je provedena analiza isplativosti implementacije svjetlovodne mreže u gradu Gospiću na osnovu Lator-ovog troškovnog modela te podacima prikupljenih anketom. Prikazani su prosječni prihodi po korisniku (ARPU) i isplativost investicije u pesimističnom i optimističnom scenariju.



## 2. Arhitektura svjetlovodnih mreža

Svjetlovodne distribucijske mreže su dio svjetlovodnih pristupnih mreža u potpunosti izgrađenih od svjetlovodnih niti ili kabela koji povezuje neku privatnu mrežu i distribucijski čvor.

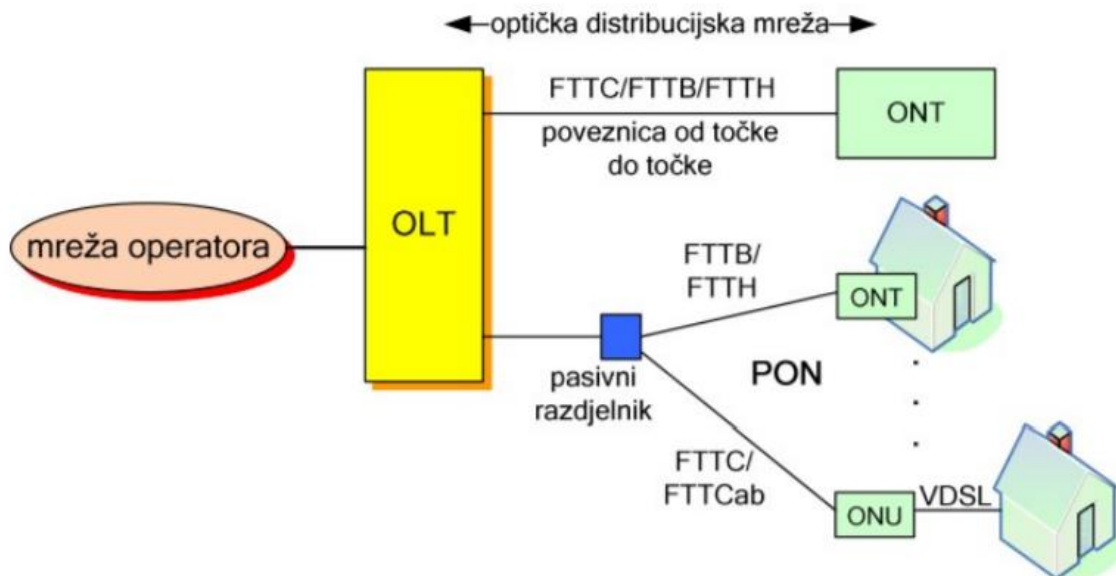
Optički pristup može biti realiziran bežično ili uz pomoć optičkih niti. Ukoliko se radi o pristupu putem optičkih niti, tada govorimo o konceptima eng. *Fiber to the x* (FTTx) [1]:

- optičke niti do kuće – eng. *Fiber to the Home* (FTTH),
- optičke niti do zgrade – eng. *Fiber to the Building* (FTTB),
- optičke niti do pločnika – eng. *Fiber to the Curb* (FTTC) ili *Fiber to the Kerb* (FTTK),
- optičke niti do kabineta – eng. *Fiber to the Cabinet* (FTTCab).

Širokopojasni pristup optičkim nitima (FTTx tehnologije) predstavlja najkvalitetniju i najbolju varijantu širokopojasnog pristupa jer omogućava postizanje velikih brzina i dometa prijenosa. Najveći nedostatak ovih tehnologija je njihova cijena i regulatorni uvjeti koji u većini zemalja zahtijevaju skupe zahvate u kabelskoj infrastrukturi, što se dugoročno odražava i na cijenu usluga.

Na slici 1. prikazana je arhitektura FTTx sustava. U FTTH i FTTB sustavima, optički linijski terminal (eng. *Optical Line Terminal-OLT*) povezan je pomoću optičkih niti s optičkim mrežnim završecima (eng. *Optical Network Termination-ONT*) instaliranim u kućama ili zgradama. U FTTC i FTTCab sustavima, OLT je pomoću optičkih niti povezan s optičkim mrežnim jedinicama (eng. *Optical Network Unit-ONU*) smještenima u blizini kuća ili zgrada koje su nekom od DSL tehnologija povezane s mrežnim završecima (eng. *Network Termination-NT*) unutar samih kuća ili zgrada. Pristupnu mrežnu zasnovanu na FTTx tehnologijama moguće je fizički realizirati pomoću [1]:

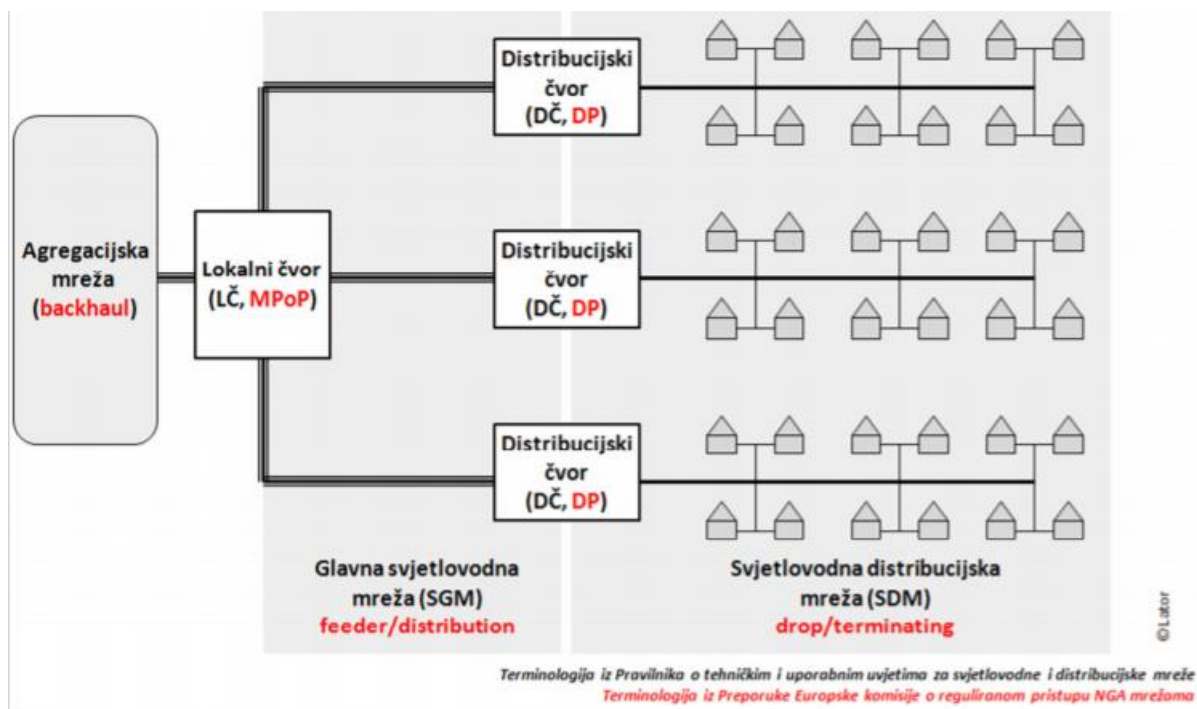
- poveznice od točke do točke (P2P), od kojih svaka izravno povezuje centralu i krajnjeg korisnika,
- od točke prema više točaka (P2MP)-pasivne optičke mreže.



Slika 1. Arhitektura FTTx sustava, [1]

## 2.1. Osnovni elementi FTTH mreže

FTTH mreža je pristupna mreža izvedena pomoću svjetlovodnih niti između krajnjih korisnika i lokalnog čvora operatora, LČ (eng. *Metro Point of Presence – MPoP*). Unutar FTTH mreže nalazi se i distribucijski čvor, DČ (eng. *Distribution Point – DP*), koji predstavlja točku razgraničenja krajnjeg segmenta mreže prema korisnicima SDM (svjetlovodne distribucijske mreže) i preostalog segmenta mreže prema LČ-u glavne svjetlovodne mreže (SGM). Jedan lokalni čvor u svom području pokrivanja ima više distribucijskih čvorova. Agregacijska transportna mreža (*backhaul*) se nalazi na putu od LČ-a prema jezgri mreže (eng. *core network*). Na slici 2 prikazani su elementi i čvorovi FTTH mreže. [2]



Slika 2. Elementi i čvorovi FTTH mreže, [2]

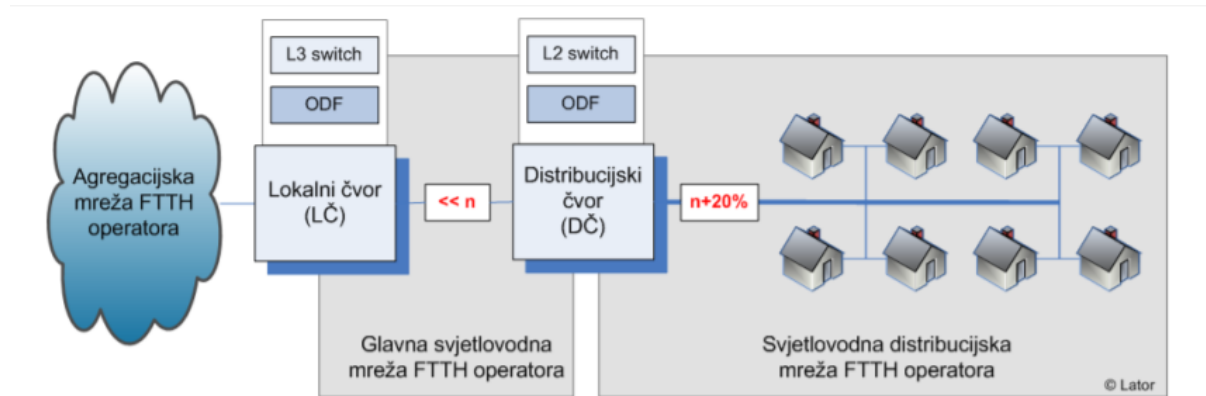
### 2.1.1. FTTH mreže od točke do točke-P2P

FTTH mreža od točke do točke smatra se najjednostavnijom i najskupljom FTTH mrežom. Koriste se različite inačice Ethernet protokola i svaki korisnik ima vlastitu optičku nit preko koje se izvodi prijenos signala, tj. dolazi do direktnog povezivanja lokalne centrale s krajnjim korisnicima pomoću dedisirane svjetlovodne niti. U SDM segmentu mreže zahtjeva se polaganje 20% više svjetlovodnih kablova u odnosu na ukupni broj potencijalnih korisnika što je prikazano na slici 3.

Uporaba jednostavnijih Ethernet preklopnika omogućuje manji broj niti u DČ-u, čime se promet s pojedinih korisničkih niti generira na manji broj niti u SGM-u sa većim brzinama prijenosa. U LČ-u se koristi kompleksniji Ethernet preklopnik kako bi se korisnički promet dalje usmjeravao prema agregacijskoj i jezgrenoj mreži.

Zbog svog velikog prijenosnog kapaciteta FTTH mreže od točke do točke najbolje se mogu iskoristiti u uslugama prijenosa videa u stvarnom vremenu kao što su: potpuni video na zahtjev, prijenos TV signala visoke razlučivosti, telekonferencije, teleedukacije i dr. Također, velika prednost ovakvih mreža je otpornost na radiofrekvencijske interferencije i impulsne smetnje,

kao i manje gušenje signala. Ovaj tip mreže ne preporuča se za rjeđe naseljena područja, jer dolazi do većih cijena priključaka zbog malog broja korisnika. [2] [3] [20]



Slika 3. Struktura FTTH mreže od točke do točke, [20]

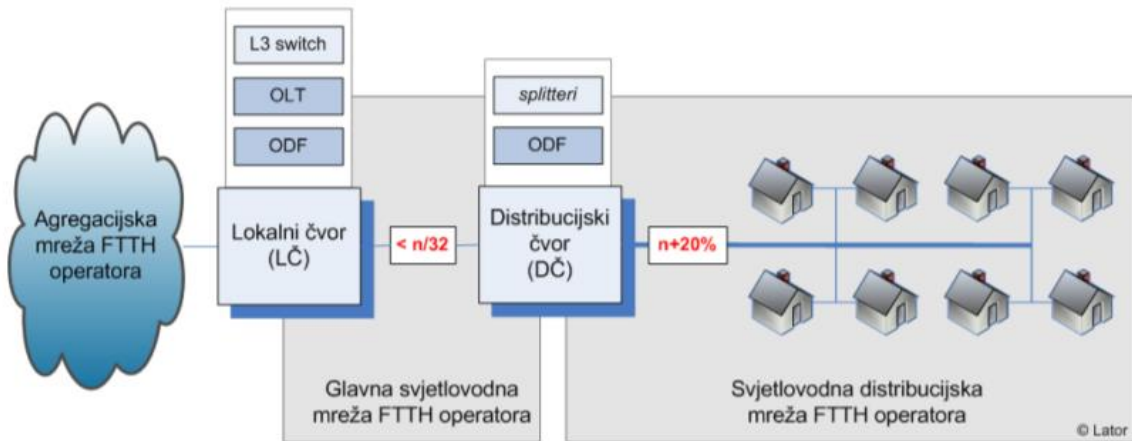
### 2.1.2. FTTH PON-P2MP

U P2MP mrežama dijeli se jedna svjetlovodna nit između više krajnjih korisnika uz pomoć pasivnog optičkog razdjelnika (razdjelni omjer  $1/N$ , gdje je  $N \leq 128$  korisnika). SDM segment mreže kod P2MP mreže isti je kao i kod P2P mreža, dok je glavna razlika različita oprema u DČ i LČ čvorovima te različit broj svjetlovodnih niti u SGM segmentu mreže što se može vidjeti na slici 4. Također, u DČ-u se uz ODF-ove smještaju *spliteri* koji služe za smanjivanje broja niti u SGM mrežnom dijelu ovisno o razdjelnom omjeru PON mreže. DČ čvorovi se kod P2MP mreža koriste za smještanje pasivne opreme bez električnog napajanja čime se razlikuju od P2P mreža. Za generiranje prometa prema višim razinama mreže, u LČ čvorovima se smještaju OLT-ovi te prikladni Ethernet preklopnici. U P2MP PON mrežama prosječni kapaciteti po korisniku su manji u odnosu na P2P mreže te su u većini slučajeva asimetrični. [2] [20]

Razlikujemo nekoliko vrsta PON standarda:

- APON (*ATM over PON*),
- BPON (*Broadband PON*),
- EPON (*Ethernet over PON*),

- GPON (*Gigabit PON*),
- 10G-EPON (*10 Gigabit Ethernet PON*),
- XG-PON,
- NG-PON2 (*Next-Generation Passive Optical Network 2*).



Slika 4. Struktura PON FTTH mreža, [20]

APON koristi ATM kao protokol nad fizičkim slojem i omogućava prijenosne brzine do 622,08 Mbit/s u dolaznom smjeru i 155,52 Mbit/s u odlaznom smjeru. Domet prijenosa je do maksimalno 20 km, a optička poveznica može posluživati najviše 32 krajnja korisnika.

BPON omogućava pristupne brzine u dolaznom smjeru do 1244,16 Mbit/s te 622,08 Mbit/s u odlaznom smjeru.

EPON omogućava prijenosne simetrične brzine definirane Ethernet standardima koje iznose 1,25 Gbit/s u oba smjera.

GPON se koristi prijenosnim brzinama u dolaznom smjeru do 2,5 Gbit/s dok u odlaznom smjeru brzine dostižu 1,25 Gbit/s.

10G-EPON omogućuje simetrične brzine u oba smjera do 10 Gbit/s koristeći Ethernet protokol i s dometom prijenosa do 20 km.

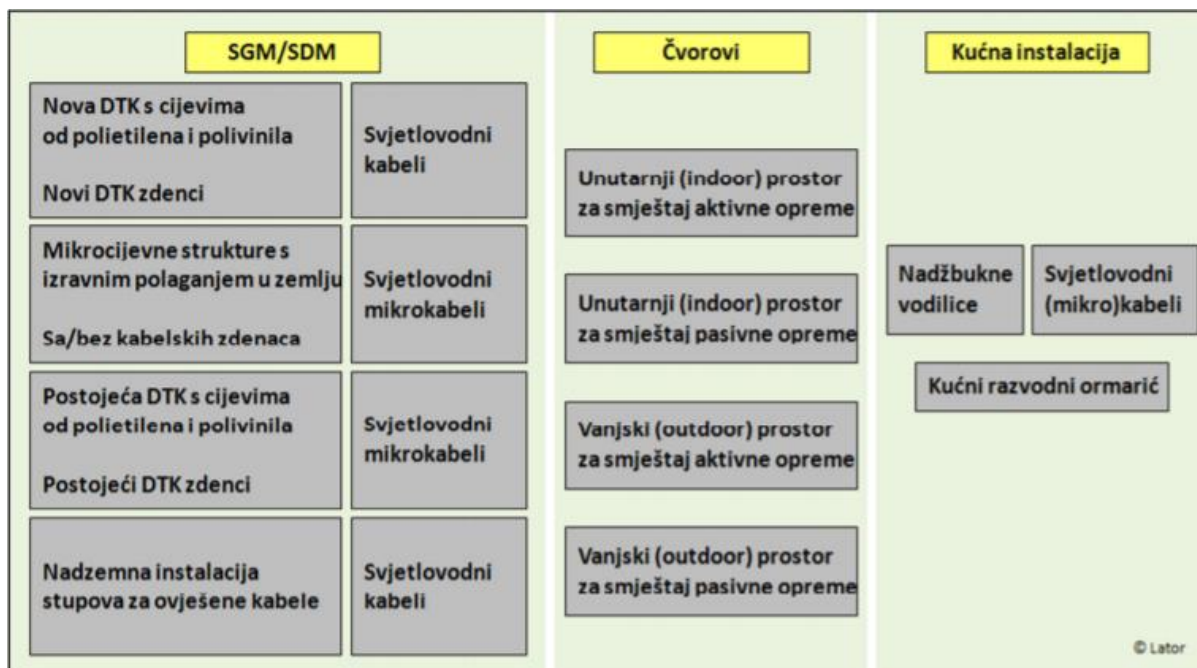
XG-PON omogućuje prijenosne brzine u doznom smjeru do 10 Gbit/s, a u odlaznom do 2,5 Gbit/s te dometom prijenosa do 60 km.

NG-PON2 predstavlja PON standard nove generacije koji omogućuje brzine u dolaznom smjeru do 40 Gbit/s te u odlaznom smjeru do 10 Gbit/s.

PON-ovi koji se koriste zajedno sa WDM-om predstavljaju puno kvalitetniju varijantu u odnosu na TDM, jer tada svaki korisnik ima svoju zasebnu valnu duljinu, pa je problem višetrukog pristupa zajedničkom mediju jednostavniji, a prijenosne brzine su puno veće. [2]  
[20]

## **2.2. Oprema i postupci implementiranja svjetlovodnih niti**

Postoje dva načina vođenja svjetlovodnih kabela duž mreže, a to su polaganje kabela unutar plastičnih cijevi ispod zemlje ili nadzemno vođenje svjetlovodnih kabela ovješanih o stupove. Ovaj drugi način karakterističan je za rjeđe naseljena područja. Velika većina zgrada i kuća posjeduje završnu instalaciju bakrenim paricama koja se prilikom implementacije nove tehnologije mora promjeniti u svjetlovodne niti što treba uzeti u obzir kao dodatan trošak infrastrukturnog operatora. Na slici 5. prikazane su vrste svjetlovodnih kabela, oprema, svjetlovodne distribucijske mreže i kućne instalacije. [2]



Slika 5. Opcije vođenja svjetlovodnih kablova i opreme u FTTH mreži, [2]

### Nova DTK s cijevima od polietilena i polivinila

Ova opcija predstavlja izgradnju podzemne mreže sa standardnim cijevima koje mogu biti izrađene od polietilena ili polivinil klorida. Unutar tih cijevi smještaju se svjetlovodni kablovi te se uz cijevi ugrađuju također kablanski zdenci na točkama granjanja DTK trasa. Veličina kablskih zdenaca ovisi o broju i kapacitetu svjetlovodnih kablova unutar pojedinog segmenta DTK mreže.

U današnje vrijeme ova opcija izgradnje DTK mreže smatra se zastarjelom, zbog pojave novih mikrocijevnih struktura unutar kojih se polažu mikrokabe- 
. [2]

### Nova DTK s mikrocijevnim strukturama

Mikrocijevne strukture omogućavaju provođenje mikrokablova čiji je promjer do 10 mm. Kod DTK mreže s mikrocijevnim strukturama nije potrebno ugrađivati kablške zdence na točkama granjanja DTK trasa, kao što je to slučaj kod mreže sa standardnim cijevima. Dovoljno je povezati segmente iz više trasa s mikrocijevnim spojnicama. Ovakva opcija izgradnje predstavlja najčešće korištenu varijantu kod gradnje novih DTK mreža gdje se cijevi izravno polažu u zemlju. [2]

## **Postojeća DTK s cijevima od polietilena i polivinila**

Ovakav tip polaganja svjetlovodnih mikrokabela odnosi se na polaganje unutar postojeće DTK infrastrukture te se umjesto troškova izgradnje plaća najam DTK zauzeća prostora. Ovakav način polaganja kablova omogućuje značajne uštede, pošto nema potrebe za izgradnjom nove DTK mreže. Svjetlovodnim mikrokablovima se može upravljati na mjestima račvanja kroz ugrađene kabelaške zdence.

## **Nadzemna instalacija stupova za ovješene kablove**

Ova opcija postavljanja svjetlovodnih kablova je jeftinija od izgradnje podzemne DTK mreže, iako se moraju uzeti u obzir veći troškovi održavanja kao i kraći vijek trajanja stupova. Što se tiče Republike Hrvatske, u većini urbanih i suburbanih naselja ova opcija nije dozvoljena, već je karakterističnija za ruralne krajeve. Također, postoje različitosti u debljini, veličini svjetlovodnih kablova za nadzemno vođenje u odnosu na podzemno. [2]

## **Smještaj opreme u čvorovima**

Oprema se u FTTH mreži unutar LČ-a i DČ-a može postaviti u unutarnje opremljene prostore ili vanjske kabinete. Unutarnji prostori predstavljaju jeftiniju opciju ukoliko se u njima prije smještala oprema u DSL pristupnoj mreži ili su dostupni putem najma od vlasnika nekretnine. U suprotnom slučaju tk oprema smješta se u vanjske kabinete što utječe na povećanje troškova.

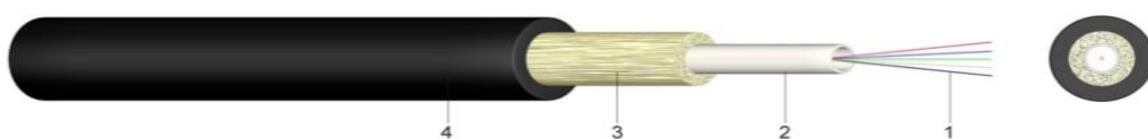
Unutar DČ-a smješta se aktivna ili pasivna oprema, ovisno o odabiru tehnologije u mreži, dok se unutar LČ-a smješta isključivo aktivna oprema. Smještaj obje opreme zahtjeva napajanje strujom te kod aktivne opreme i osiguranje povoljnih klimatskih uvjeta. Svjetlovodni prospojnici (eng. *Optical Distribution Frame-ODF*) smještaju se u oba čvora, LČ-u i DČ-u, a služe za prospajanje svjetlovodnih niti. [2]



## Izvedba kućne instalacije

Glavni problem u većini zgrada predstavljaju vertikalni i horizontalni razvodi koji ili ne postoje ili su kroz njih provedene druge instalacije kao što su strujni kablovi, bakrene parice i dr. Prema tome javlja se potreba za postavljanjem novih nadžbuknih kanala za polaganje svjetlovodnih kablova. Potrebno je na uvodu svake zgrade postaviti svjetlovodni prospojnik koji bi služio kao prospojna točka između SDM dijela mreže i kućne instalacije.

Na slici 6. može se vidjeti primjer jednog svjetlovodnog kabela za vanjsku primjenu koji je pogodan za postavljanje direktno u zemlju ili u kanale u telekomunikacijskim sustavima. [2]



1. Staklena vlakna
2. Vodonepropusni gel
3. Zaštita od staklenih vlakana protiv glodavaca
4. Vanjski plašt od polietilena

Slika 6. Svjetlovodni kabel, [4]

### **3. Analiza postojećih pristupnih mreža u Republici Hrvatskoj i gradu Gospiću**

U ovom je poglavlju opisano trenutno stanje usluga širokopojasnog pristupa internetu u Republici Hrvatskoj i gradu Gospiću.

Preuzetim podacima sa stranice Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti te provedenom anketom prikazano je trenutno stanje pristupnih mreža, usluga kao i zadovoljstvo korisnika trenutnim uslugama u gradu Gospiću.

#### **3.1. Stanje u Republici Hrvatskoj**

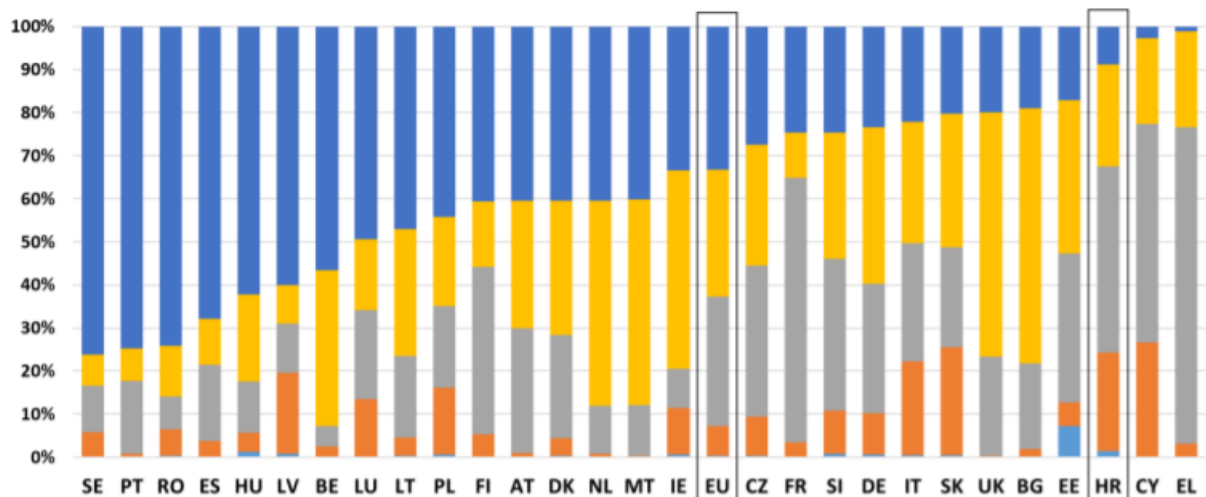
Republika Hrvatska se nalazi na jugoistoku Europe s površinom kopna od 56 594 km<sup>2</sup>. Ukupan broj stanovnika (prema procjeni stanovništva 2019.) iznosi 4,1 milijun, dok je gustoća naseljenosti 71,8 st/km<sup>2</sup>. Broj naselja u RH iznosi 6756, no međutim u 6384 naselja naseljenost je ispod 2000 stanovnika. Zapravo je četvrtina stanovništva smještena u 4 grada (Zagreb, Split, Rijeka, Osijek) pri čemu dolazi do povećanja digitalne nejednakosti između urbanih i ruralnih područja. [5]

Dosadašnji razvoj širokopojasnog pristupa u RH smatra se nezadovoljavajućim. Najviše zbog ulaganja u velike urbane sredine, dok manje ruralne sredine ostaju zapostavljene. Nastoji se postići jednaka razvijenost i dostupnost NGN (eng. *Next Generation Network*) infrastrukture i mreža na cijelom teritoriju države. Javlja se potreba za sve većim brzinama širokopojasnog pristupa koje sežu od 1 Gbit/s na više. Naglasak je na simetričnost brzina pristupa u oba smjera, kvalitetu i pouzdanost pristupa.

Vrste širokopojasnog pristupa [6]:

- Osnovni širokopojasni pristup – brzine manje od 30 Mbit/s,
- Brzi širokopojasni pristup – brzine jednake ili veće od 30 Mbit/s,
- Ultrabrzi širokopojasni pristup – brzine jednake ili veće od 100 Mbit/s,
- Gigabitna povezivost – simetrične brzine, jednake ili veće od 1 Gbit/s.

Strukturni fondovi Europske Unije omogućili su Hrvatskoj bespovratna sredstva za poticanje izgradnje širokopojasne infrastrukture u područjima gdje ne postoji interes operatora za izgradnjom iste. RH je 2016. godine donijela Strategiju razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine koja je za ciljeve imala osiguranje potpune pokrivenosti širokopojasnim pristupom brzinama od najmanje 30 Mbit/s te razvoj širokopojasnog pristupa od najmanje 100 Mbit/s. Međutim, zadane ciljeve nije uspjela ostvariti te ju je to smjestilo na začelje Europske unije što se tiče širokopojasnih priključaka prema brzinama 2019. godine (prikazano na grafu 1). Radi daljnjeg razvoja širokopojasnog pristupa, Vlada Republike Hrvatske donijela je Nacionalni plan razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2021. do 2027. godine koji je sastavljen radi uklanjanja prepreka i nedostataka dosadašnjih strategija.



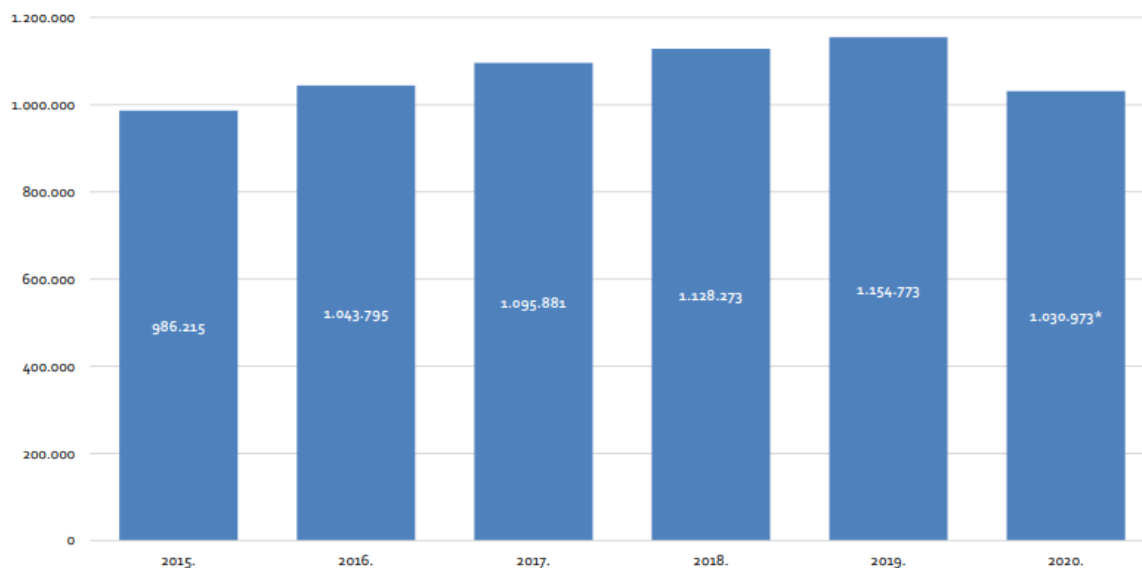
Graf 1. Širokopojasni priključci po brzinama 2019. godine EU, [6]

Prema podacima Europske komisije za 2020. godinu, Hrvatska se izjednačila s prosjekom EU-a u pokrivenosti fiksnom širokopojasnom mrežom nove generacije koja iznosi 86%. Što se tiče širokopojasnog pristupa brzina iznad 100 Mbit/s, tu sa rezultatom od 6% uvelike zaostaje za europskim prosjekom od 26 %. Također, visoke cijene paketa fiksnih i kombiniranih usluga smještaju ju na 18. mjesto Europske Unije. Hrvatskoj je 2021. godine odobreno 86 milijuna eura iz Europskog fonda za razvoj za proširenje širokopojasne infrastrukture nove generacije. Na slici 7. detaljnije su prikazani podaci o povezivosti RH u odnosu na EU. [7]

	Hrvatska		EU DESI 2020. vrijednos t
	DESI 2018. vrijednost	DESI 2019. vrijednost	
<b>1.a.1. Ukupna potražnja za fiksnim širokopojasnim pristupom</b> % kućanstava	<b>70 %</b> 2017.	<b>72 %</b> 2018.	<b>70 %</b> 2019.
<b>1.a.2 Potražnja za fiksnim širokopojasnim pristupom najmanje brzine 100 Mbps</b> % kućanstava	<b>1 %</b> 2017.	<b>5 %</b> 2018.	<b>6 %</b> 2019.
<b>1.b.1. Pokrivenost brzom širokopojasnom mrežom (nove generacije)</b> % kućanstava	<b>68 %</b> 2017.	<b>83 %</b> 2018.	<b>86 %</b> 2019.
<b>1.b.2. Pokrivenost fiksnom mrežom vrlo velikog kapaciteta</b> % kućanstava	<b>18 %</b> 2017.	<b>23 %</b> 2018.	<b>43 %</b> 2019.
<b>1.c.1. Pokrivenost mrežom 4G</b> % kućanstava (prosjeak operatora)	<b>73 %</b> 2017.	<b>94 %</b> 2018.	<b>98 %</b> 2019.
<b>1.c.2. Potražnja za mobilnim širokopojasnim pristupom</b> Broj pretplata na 100 stanovnika	<b>82</b> 2017.	<b>85</b> 2018.	<b>89</b> 2019.
<b>1.c.3. Spremnost za 5G</b> Dodijeljeni spektar kao % ukupnog usklađenog spektra za 5G	<b>nije primjenjivo</b> 2017.	<b>0 %</b> 2018.	<b>0 %</b> 2019.
<b>1.d.1. Indeks cijena širokopojasnog pristupa</b> Bodovi (od 0 do 100)	<b>nije primjenjivo</b> 2017.	<b>nije primjenjivo</b> 2018.	<b>61</b> 2019.
			<b>64</b> 2019.

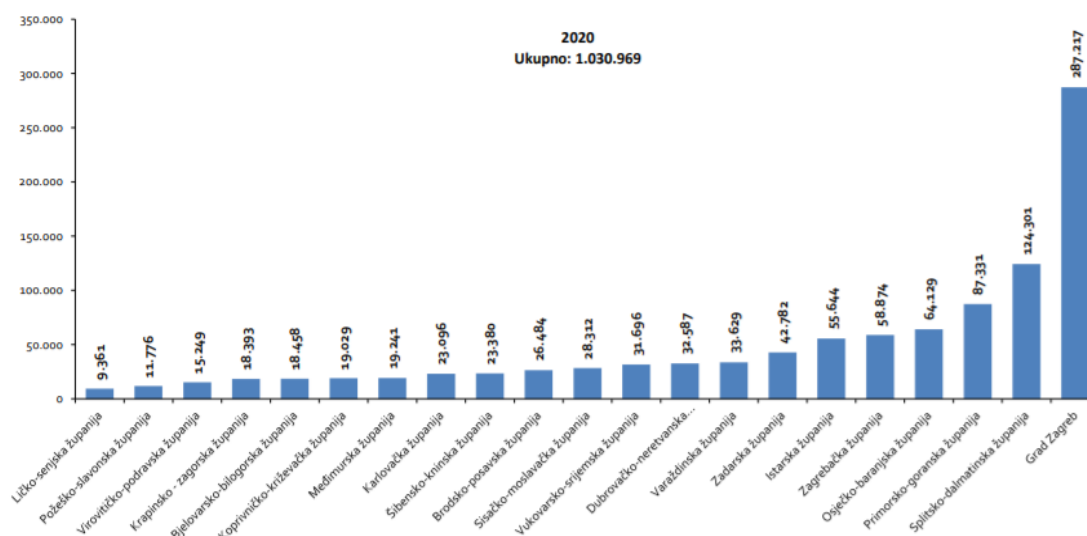
Slika 7. Podaci o povezivosti, [7]

Na grafu 2. prikazani su HAKOM-ovi podaci o broju širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže od 2015.-2020. godine, međutim od 2020.g. nadalje se u broj priključaka širokopojasnog pristupa više ne ubrajaju priključci kod kojih se usluga pruža putem pokretne mreže na odabranoj nepokretnoj lokaciji. Vidljivo je kako je svake godine došlo do porasta broja širokopojasnih priključaka, što pozitivno utječe na razvoj NGN mreže. [8]



Graf 2. Broj širokopoljnih priključaka putem nepokretne mreže, [8]

Broj širokopoljnih priključaka putem nepokretne mreže po županijama 2020. godine prikazan je na grafu 3. Iz njega se može iščitati da najmanji broj priključaka ima upravo Ličko-senjska županija gdje je smješten grad Gospić. Zbog svoje nerazvijenosti i malog broja stanovnika po km<sup>2</sup>, ovaj se podatak smatra očekivanim. Najveći broj priključaka očekivano ima Grad Zagreb sa najvećom gustoćom naseljenosti. [8]

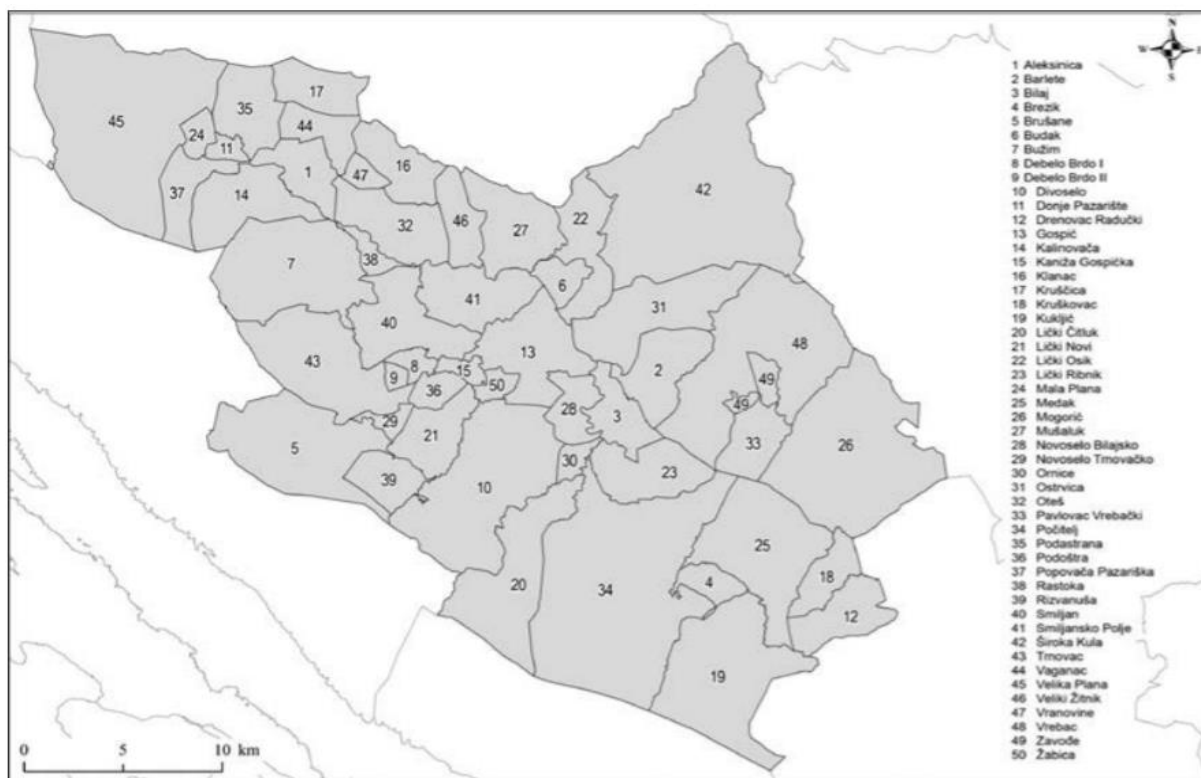


Graf 3. Broj širokopoljnih priključaka putem nepokretne mreže po županijama u RH 2020., [8]

Ukupna pokrivenost FTTH vlaknima 2019. u RH iznosi 31 %, što je za 8 % više nego 2018. godine. Svake godine se povećavaju ulaganja u širokopojasnu infrastrukturu, što je dovelo do pojave novog sudionika na tržištu, RENE. Tvrtka RENE ima za cilj izgradnju ultra brze širokopojasne optičke infrastrukture na području Primorsko goranske i Istarske županije. Također, pomaže lokalnim samoupravama u ostvarivanju ciljeva Digitalne agende za Europu povezivanjem na širokopojasnu mrežu s brzinama većim od 1 Gbit/s. Krajnjem korisniku omogućuje se sloboda izbora davatelja usluga koji mu se čini najpovoljniji u omjeru cijene i kvalitete. [9]

### **3.2. Trenutno stanje u gradu Gospiću**

Grad Gospić nalazi se u Ličko senjskoj županiji sa površinom od oko 967 km<sup>2</sup>. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, broj stanovnika iznosi 12 745, dok je gustoća naseljenosti na području grada malih 13,2 stanovnika po km<sup>2</sup>. Gospić se smatra gospodarskim, administrativnim i društvenim središtem Ličko senjske županije. U naselju Gospić nalazi se 6575 stanovnika, što čini više od polovice stanovništva cijelog grada, dok su ostali stanovnici smješteni u ostalom broju malih naselja. Dobna struktura stanovništva prikazuje najveći udio stanovništva između 15 i 64 godine. Uvođenje svjetlovodne pristupne mreže pozitivno bi se odrazilo na mlađe stanovništvo koje ima najveću potrebu za korištenjem svjetlovodne širokopojasne infrastrukture. Na slici 8. prikazano je administrativno područje grada Gospića sa 50 naselja koja mu pripadaju. [10]



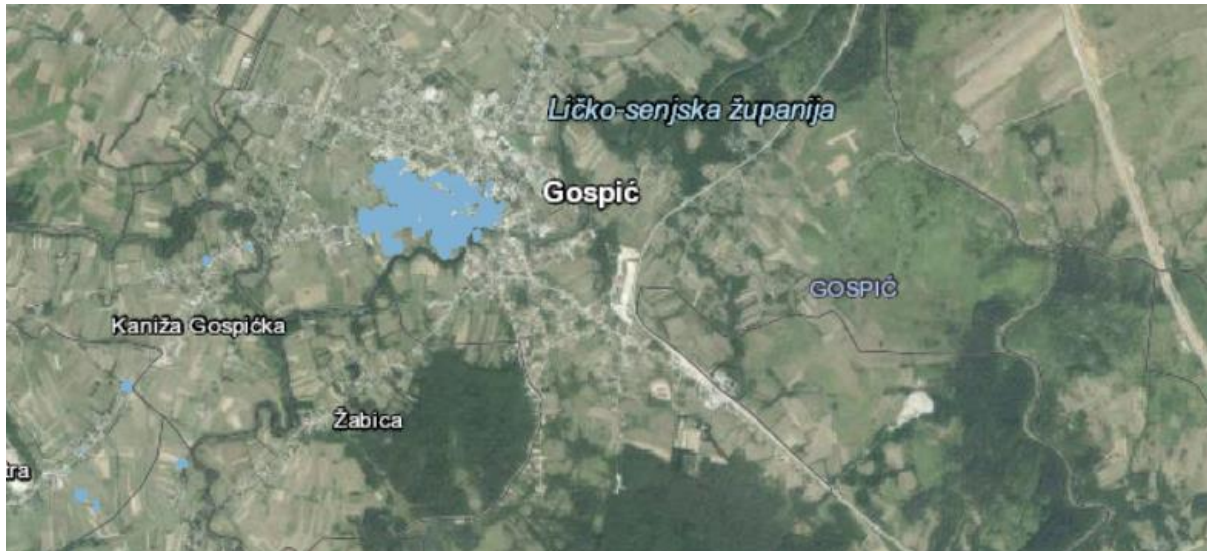
Slika 8. Administrativna podjela grada Gospića, [11]

Slika 9. prikazuje područja dostupnosti širokopojasnog pristupa brzinama od 2 do 30 Mbit/s. Anketno istraživanje u nastavku rada dokazat će pouzdanost ovih podataka sa slike, jer najveći dio anketiranih korisnika ima brzine u ovom rasponu od 2-30 Mbit/s, iako najviše prevladavaju korisnici s brzinama do 10 Mbit/s.



Slika 9. Dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu 2-30 Mbit/s, [12]

Na slici 10. prikazano je područje grada Gospića sa brzinama od 30 do 100 Mbit/s. Takve brzine dostupne su najviše u užem centru grada i mogućnost korištenja takvih brzina ima relativno mali broj korisnika što će biti prikazano i podacima iz ankete.



Slika 10. Dostupnost brzina širokopojsnog pristupa Internetu 30-100 Mbit/s, [12]

Slika 11. prikazuje područje grada gdje postoji mogućnost ostvarivanja brzina iznad 100 Mbit/s, no međutim takve brzine moguće su jedino korištenjem svjetlovodne pristupne mreže koja u gradu Gospiću još uvijek nije uvedena. Većina krajnjih korisnika ostvaruje pristup Internetu koristeći neku od xDSL tehnologija, a u većini grada prevladava osnovna parična telefonska infrastruktura. Podaci iz ankete također će prikazati da nitko od anketiranih korisnika nema mogućnost ostvarivanja brzina iznad 100 Mbit/s.

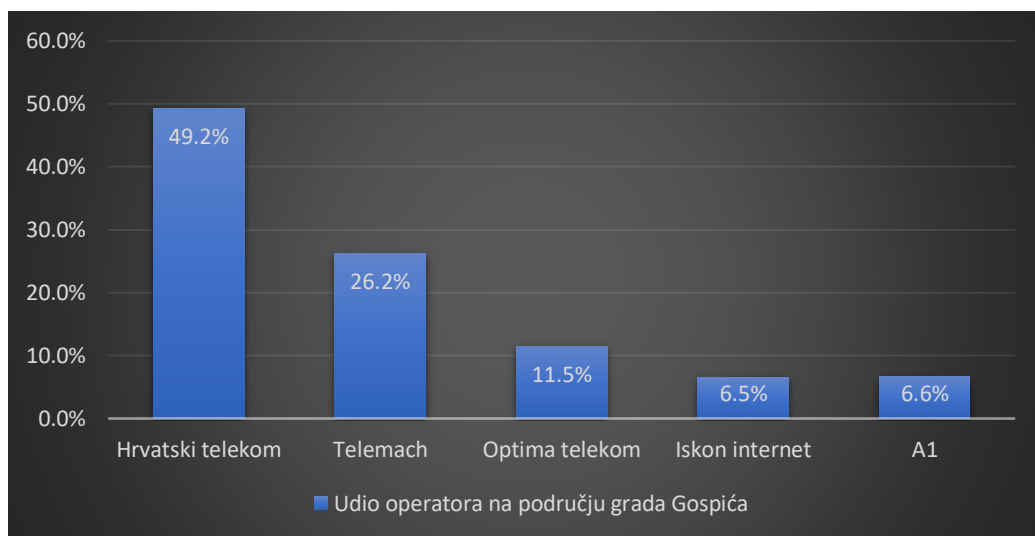




Slika 11. Dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu iznad 100 Mbit/s, [12]

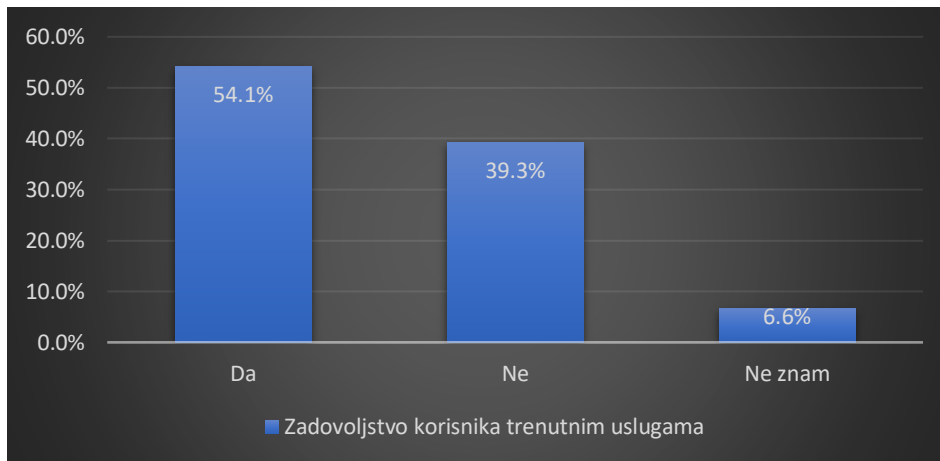
U nastavku, grafovima će biti prikazano anketno istraživanje korisnika na području grada Gospića o uslugama koje koriste, zadovoljstvu uslugama, troškovima po kućanstvu itd.

Graf 4. prikazuje udio telekomunikacijskih operatora na području Gospića, gdje se može vidjeti da je najzastupljeniji operator Hrvatski telekom čije usluge koristi 49,2% ispitanika. Ovaj je podatak relevantan i u ostatku Hrvatske te se HT smatra trenutno najmoćnijim operatorom na tržištu. Što se tiče korištenja usluga ostalih operatora u Gospiću, tu su još Telemach kojeg koristi 26,2% ispitanika, zatim Optima sa 11,5%, Iskon sa 6,5% te A1 sa 6,6%.



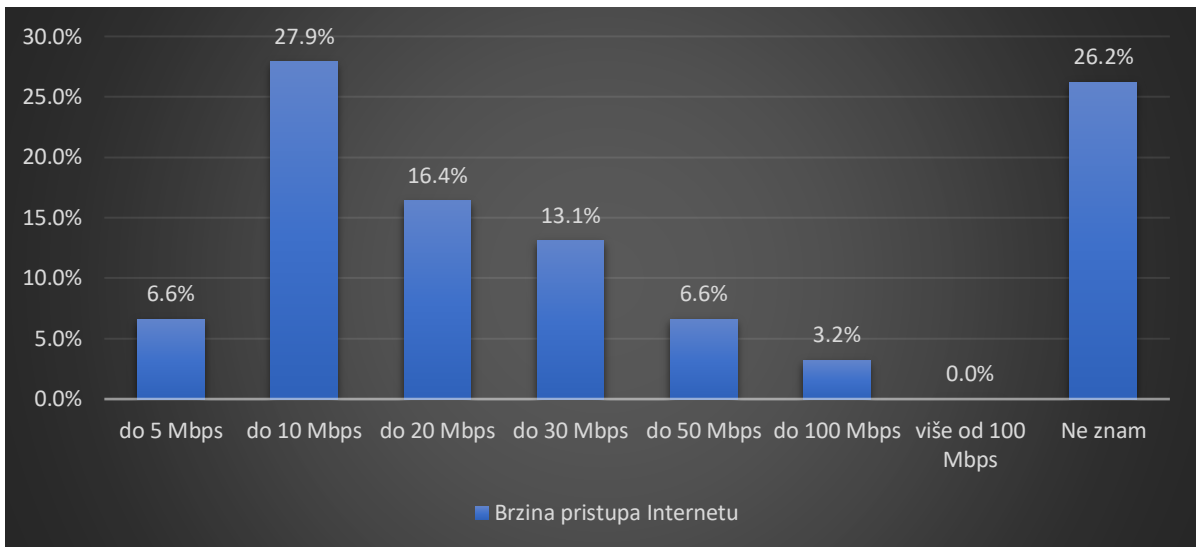
Graf 4. Udio operatora na području grada Gospića

Na grafu 5. može se vidjeti zadovoljstvo samih korisnika uslugama koje im operator pruža. Istraživanje je pokazalo da velik dio korisnika, njih čak 54,1% nije zadovoljno pruženim uslugama, dok se 39,3% ispitanika izjasnilo da su zadovoljni trenutnom uslugom. 6,6% korisnika ne zna ili nisu obraćali pažnju. Pretpostavka je da na viši broj nezadovoljnih korisnika utječe brzina pristupa Internetu u omjeru sa cijenom koju plaćaju te kvaliteta usluge.



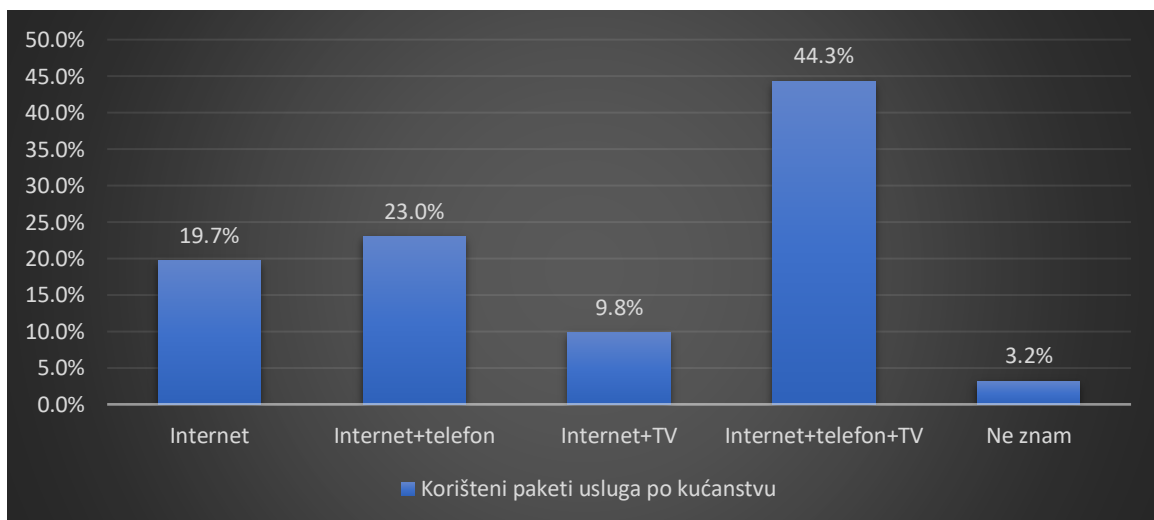
Graf 5. Zadovoljstvo korisnika trenutnim uslugama

Brzine pristupa Internetu koje korisnici ostvaruju prikazani su na grafu 6. Najveća većina korisnika ostvaruje brzine Interneta između 2-30 Mbps, njih čak 64% s time da 26,2% korisnika ne zna svoje brzine Interneta, iako je u anketi bio postavljen link gdje se to moglo pogledati. 27,9% korisnika ima brzine do 10 Mbps, što je i najveći pojedinačni postotak u ovom istraživanju. Zatim 16,4% korisnika koristi brzine do 20 Mbps, njih 13,1% brzine do 30 Mbps, 6,6% korisnika brzine do 5 Mbps te isti postotak korisnika brzine do 50 Mbps. Najmanji broj ispitanih korisnika, njih 3,2% ima mogućnost ostvarivanja brzina pristupa Internetu do 100 Mbps što je izuzetno rijetko na ovom području i moguće je samo u užem centru grada. Brzine od preko 100 Mbps koje su moguće putem svjetlovodne pristupne mreže nema niti jedan korisnik.



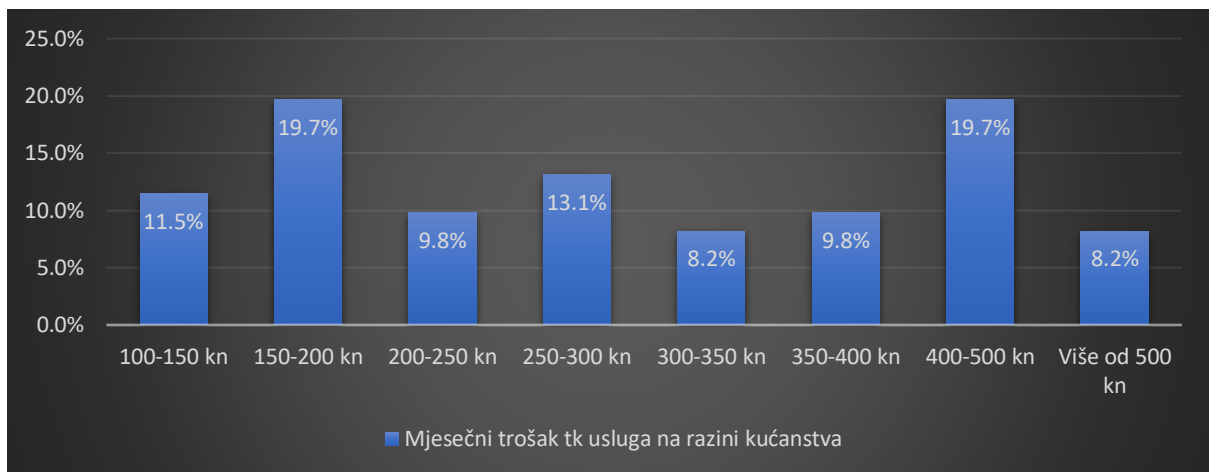
Graf 6. Brzine pristupa Internetu

Na grafu 7. vidljivi su paketi usluga koje korisnici koriste u svom kućanstvu. Najveći dio ispitanika koristi paket usluga Interneta, telefona i IPTV-a, njih 44,3%. Uslugu samo Interneta koristi 19,7% ispitanika. Kombinaciju Interneta i telefona koristi 23% korisnika, dok za zajedničko korištenje Interneta i IPTV-a izjasnilo se 9,8% korisnika. Različite kombinacije paketa usluga utječu na troškove koje korisnici plaćaju, što će biti prikazano grafom 8. Upravo zbog toga cijene variraju s obzirom na paket usluga koje korisnik koristi.



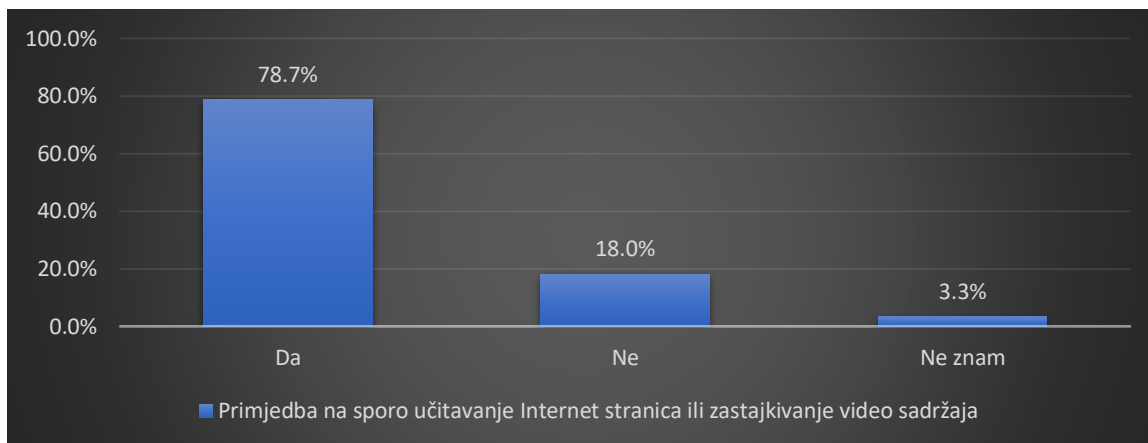
Graf 7. Korišteni paketi usluga po kućanstvu

Graf 8. prikazuje cijene tk usluga koje korisnici izdvajaju na mjesečnoj bazi. Veliki je raspon cijena bio ponuđen anketom te naravno cijene variraju s obzirom na paket usluga koje korisnik koristi. Iznos od 400-500 kn plaća 19,7% korisnika, gdje se dolazi do pretpostavke da ti korisnici koriste trio paket usluga Internet, telefon i IPTV. Također, 19,7% korisnika naknadu između 150-200 kn, čime se pretpostavlja da ti korisnici koriste uslugu samo Interneta ili neku povoljniju uslugu Interneta i telefona. Ostale cijene i postoci korisnika vide se na grafu 8.



Graf 8. Mjesečni trošak tk usluga na razini kućanstva

U anketi je korisnicima također postavljeno pitanje da li primjećuju sporo učitavanje Internet stranica ili zastajkivanje video sadržaja što je prikazano na grafu 9. Ogromna većina korisnika od njih čak 78,7% je primjetilo smetnje prilikom korištenja Interneta, 18% nije ništa primjetilo dok 3,3% korisnika ne zna. Zastajkivanje video sadržaja često predstavlja znak nedovoljne brzine Interneta, ali može biti posljedica zagušenja ili kašnjenja u mreži.



Graf 9. Primjedba korisnika na sporo učitavanje Internet stranica ili zastajkivanje video sadržaja

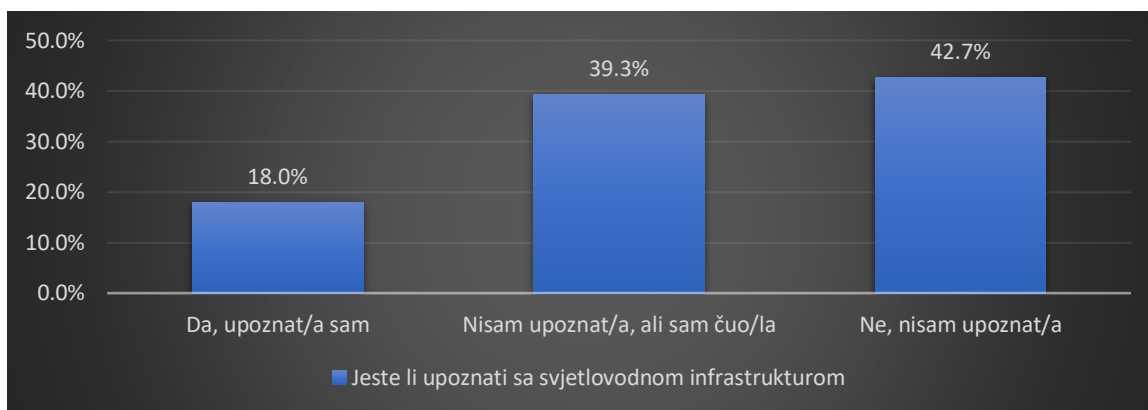
## **4. Interes tržišta za izgradnjom FTTx svjetlovodne pristupne mreže**

U većim hrvatskim gradovima postoje područja koja omogućavaju gigabitnu povezivost, dok je u ruralnim područjima to još uvijek iznimka. Građani stvaraju potrebe za širokopojasnim pristupom slijedeće generacije zbog sve bržeg razvoja informacijsko-komunikacijske tehnologije kao što je e-zdravstvo, rad od kuće, elektroničko trgovanje i dr. Tvrtke i obrti također pokazuju veliki interes za izgradnjom širokopojasne mreže kako bi povećale produktivnost poslovanja te poboljšale usluge videokonferencija, računalstva u oblaku.

Republika Hrvatska donijela je NP-BBI program usmjeren u izgradnju širokopojasne infrastrukture slijedeće generacije koji obuhvaća državne potpore. Sredstva za provedbu programa povlače se iz Europskog fonda za regionalni razvoj. NP-BBI program potpuno je prilagođen usmjerenju Europskog gigabitnog društva do 2025. godine. Sredstva potpore iz fondova EU osiguravaju veliki doprinos pri izgradnji svjetlovodnih pristupnih mreža na područjima gdje ne postoji komercijalni interes za ulaganja u razvoj NGA mreže. Pretpostavka je da zbog regulacije pristupa FTTH mreži, osim infrastrukturnog operatora koji gradi FTTH mrežu, usluge pružaju i ostali operatori koji pristupaju FTTH mreži putem fizičkog ili bitstream pristupa.

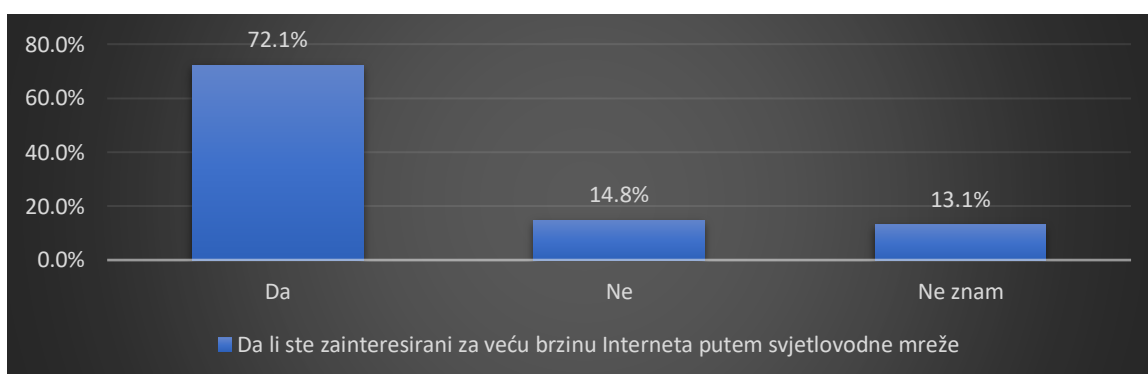
Kako bi se postigla ekonomska održivost izgradnje FTTH mreža, najvažnija stavka je upravo upotreba same mreže koja utječe na jedinične troškove u FTTH pristupnoj mreži. Za proračun ekonomske održivosti promatra se svako naselje (geotip) zasebno. [13]

Prema provedenoj anketi prikazan je postotak korisnika koji je upoznat sa svjetlovodnom infrastrukturom što se može vidjeti na grafu 10. Vrlo mali broj ispitanika je upoznat sa pružanjem usluga putem svjetlovodne mreže, njih 18%. 39,3% ispitanika nije upoznato, ali je čulo za takvu mogućnost pružanja usluga, dok njih 42,7% nisu upoznati što je i najveći postotak od sva tri ponuđena odgovora.



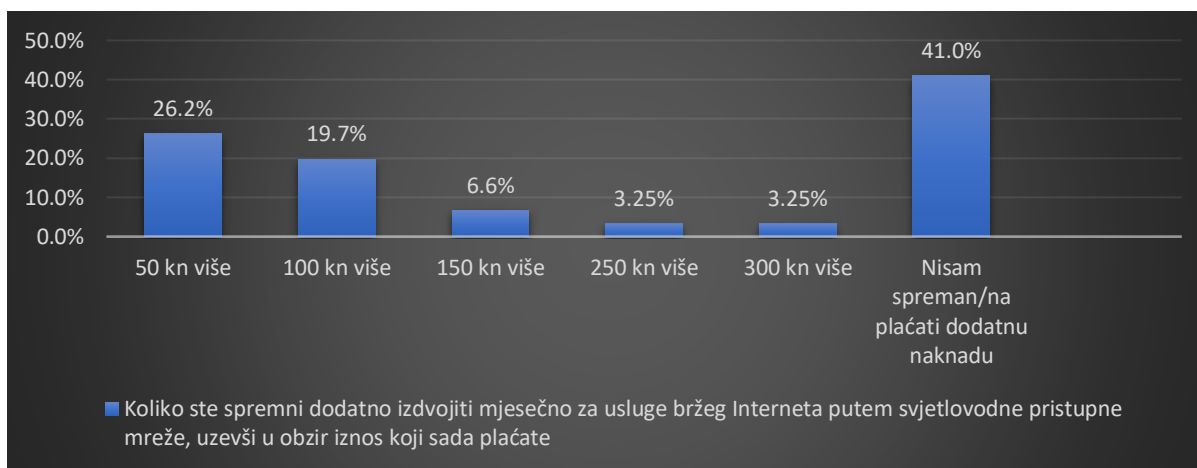
Graf 10. Podjela ispitanika s obzirom na poznavanje svjetlovodne infrastrukture

Ispitanicima je bilo postavljeno pitanje i da li su zainteresirani za veće brzine Interneta putem svjetlovodne mreže (graf 11.). 72,1% ispitanika se izjasnilo da želi veću brzinu Interneta putem svjetlovoda , 14,8% da ne želi dok 13,1% ispitanika ne zna.



Graf 11. Zainteresiranost korisnika za veće brzine Interneta putem svjetlovodne mreže

Također, anketiranim korisnicima je bilo postavljeno pitanje da li su i u kojoj mjeri spremni izdvajati novaca na mjesečnoj razini za usluge bržeg Interneta putem svjetlovodne pristupne mreže, uzevši u obzir mjesečni iznos koji sada plaćaju (graf 12.). 41% ispitanika nije spremno plaćati dodatnu naknadu, 26,2% spremno je odvojiti 50 kn mjesečno više s obzirom na iznos koji dosad plaćaju, 19,7% je spremno dati 100 kn više, 6,6% korisnika 150 kn više te za iznose 250 kn više i 300 kn više po 3,25% korisnika je spremno dodatno plaćati na mjesečnoj razini.



Graf 12. Udio ispitanika zainteresiranih za plaćanje dodatne naknade na mjesečnoj razini za usluge bržeg Interneta putem svjetlovodne mreže

#### 4.1. Državne potpore za izgradnju širokopojasne mreže

Europska komisija provodi test uravnoteženosti, kako bi procijenila opravdanost mjera novčanih potpora. Test uravnoteženosti analizira ciljeve mjere, oblik mjere te provjerava postoje li potencijalne posljedice narušavanja trgovine i tržišnog natjecanja. Također, provodi se kategorizacija naselja u Hrvatskoj prema bijeloj, sivoj i crnoj boji s obzirom na dostupnost širokopojasnog pristupa. Bijela područja odnose se na sva područja gdje ne postoji širokopojasna infrastruktura ili se neće graditi u iduće tri godine. Mjere potpore u bijelim područjima u skladu su sa tržišnim interesom EU-a koji potiče razvoj NGA mreža. U sivim područjima usluge pruža samo jedan operator koji ima monopol što može dovesti do tržišnog neuspjeha, ukoliko su usluge ponuđene krajnjim korisnicima lošije kvalitete i cijenovno neprihvatljive. Pojava tržišnog neuspjeha može rezultirati provođenjem mjera državnih potpora, ako su ispunjeni svi odgovarajući uvjeti. U crnim područjima, usluge širokopojasnog pristupa pružaju minimalno dva operatora i tamo državne potpore nisu dozvoljene kako se nebi narušilo konkurentsko tržište.

Kod NGA mreža mjere potpore moraju zadovoljiti slijedeće uvjete [13]:

- Pasivna i neutralna infrastruktura – potpore se moraju odnositi isključivo na pasivnu infrastrukturu koja mora biti neutralna uzevši u obzir izbor NGA tehnologije, što znači



da se mjerama mora osigurati da operator kao izravni korisnik potpora ne ostvaruje prednost na ostale operatore i pružatelje usluga na tržištu

- Veleprodajni pristup – potrebno je osigurati širi skup veleprodajnih proizvoda sa uključenim fizičkim pristupom lokalnim petljama te omogućiti pravo korištenja pasivnih dijelova mrežne infrastrukture. Pravo korištenja pasivne mrežne infrastrukture za koju su dodijeljene potpore treba biti vremenski neograničeno.
- Otvorenost topologije – gradnja NGA infrastrukture mora se temeljiti na principu topološke otvorenosti, što omogućuje implementaciju različitih mrežnih topologija kao npr. P2P ili P2MP FTTH mreže.

Infrastrukture širokopojsnih mreža za ultrabrzi pristup, koje koriste mjere potpore, moraju se upravljati po veleprodajnom poslovnom modelu (operator iste infrastrukture isporučuje veleprodajne usluge drugim operatorima koji ih zatim nude na maloprodajnom tržištu) te moraju imati kvalitetnije i bolje osobine mreža u odnosu na ostale npr. simetričnost pristupa.

## **4.2. Modeli investiranja u izgradnju širokopojsne infrastrukture**

Investicijski modeli izgradnje širokopojsne infrastrukture definirani su prema odnosima između tijela javnog sektora ili s njima povezanih tvrtki u javnom vlasništvu i privatnih poduzetnika koji sudjeluju u projektu izgradnje širokopojsne mreže. Odnosi između tijela javnih vlasti i privatnih poduzetnika uključuju stjecanje i zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom, investicijske udjele te odgovornost prilikom gradnje i upravljanja infrastrukturom. [14]

### **4.2.1. Privatni DBO model**

Model privatnog planiranja, izgradnje i upravljanja omogućuje privatnom operatoru da uz potpore tijela javnih vlasti, može graditi i upravljati širokopojsnom infrastrukturom te zadržava vlasništvo nad izgrađenom infrastrukturom. Sve rizike i koristi ovakvog načina

gradnje preuzima isključivo operator, dok tijela javne vlasti imaju pravo nadzirati provođenje projekta. Privatni DBO modeli najčešće se primjenjuju u slučajevima gdje privatni operatori već posjeduju temeljnu infrastrukturu u vidu parice ili radijske pristupne mreže te ju žele unaprijediti korištenjem državnih potpora. Također, primjenjuje se kod većih zemljopisnih područja gdje su osigurana veća novčana sredstva iz državnih potpora, čime se i povećava ekonomski interes operatora. [14]

**Prednosti:** minimalna uloga tijela javne vlasti, pa nema potrebe za trošenje resursa za planiranje i provođenje projekta od strane države (osim osiguranja potpora). Trajno zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom od strane operatora.

**Nedostaci:** tijela javne vlasti moraju osigurati veće financijske potpore, kako bi zainteresirali privatne operatore pogotovo u ruralnim sredinama. Ograničena kontrola projekta od strane tijela javne vlasti može dovesti do nezadovoljavajuće kvalitete usluga jer je operatorima cilj ostvariti što veće prihode u što kraćem roku što može dovesti do nezadovoljstva korisnika uslugama. [15]

#### **4.2.2. Model odozdo prema gore**

Karakteristika ovog modela je da krajnji korisnici samostalno organiziraju izgradnju širokopojasne infrastrukture, dok tijela javne vlasti ne sudjeluju u projektu već samo osiguravaju javna sredstva. Ukoliko javno financiranje nije moguće, krajnji korisnici često sami sudjeluju u troškovima izgradnje širokopojasne mreže te odabiru željenog operatora za provedbu projekta.

**Prednosti:** projekt je kontroliran od strane krajnjih korisnika što dovodi do dugoročnog zadovoljstva korisnika zbog toga što su korisnici svjesni svojih potreba za uslugama. Društvene koristi stavljaju se ispred ekonomskih kao što to rade privatni operatori.

**Nedostaci:** nedovoljno znanja i iskustva krajnjih korisnika koji kontroliraju projekt može povećati troškove projekta te ukoliko se ne osiguraju mjere potpore sve troškove snose sami korisnici. [15]

### **4.2.3. Model zajedničkog ulaganja**

Kod modela zajedničkog ulaganja vlasništvo nad širokopojasnom infrastrukturom dijeli se između javnog i privatnog sektora koji su uključeni u projekt, dok fazu gradnje i upravljanja infrastrukturom obavljaju privatni partneri. Ovaj tip modela se može koristiti kada postoje jednaki interesi privatnog i javnog sektora pri čemu obje strane snose jednak rizik. [14]

Prednosti: ostvarenje interesa javnog sektora i privatnih partnera. Javni sektor zadržava pravo vlasništva nad infrastrukturom pri čemu ima mogućnost nadzora projekta, dok je privatnim partnerima u interesu ostvarivanje financijske dobiti. Također, postoji mogućnost uključivanja u projekt institucionalnih investitora koji mogu novčano pomoći pri realizaciji projekta.

Nedostaci: više strana je uključeno u projekt, što može dovesti do neslaganja i smanjene učinkovitosti prilikom realizacije projekta. [15]

### **4.2.4. Model vanjskih usluga**

Model uključuje potpisivanje ugovora između tijela javne uprave i operatora kojem je nametnuto vremensko ograničenje za planiranje i izgradnju širokopojasne infrastrukture uz osiguranu potporu od strane javnog sektora. Jedina razlika između modela vanjskih usluga i privatnog DBO modela je ta što širokopojasna infrastruktura kod modela vanjskih usluga ostaje u javnom vlasništvu što omogućuje veću razinu nadzora nad operatorom. Također, ovaj model donosi i manje financijske koristi za operatora zbog vremenskog ograničenja trajanja ugovora u odnosu na privatni DBO model. Model vanjskih usluga ima mogućnost kombinacije sa drugim investicijskim modelima u kasnijim fazama projekta.

Prednosti: zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom te nadzor operatora od strane javne vlasti što dovodi do kvalitetnijih usluga i većeg zadovoljstva krajnjih korisnika.

Nedostaci: ograničeno vrijeme trajanja ugovora između javnog sektora i operatora, što može utjecati na ostvarivanje financijskih prihoda kod operatora zbog nedovoljnog vremena za postizanje rezultata. [14]

### **4.2.5. Javni DBO model**

Model javnog planiranja, izgradnje i upravljanja obuhvaća kompletnu izgradnju i upravljanje širokopojasnom infrastrukturom od strane tijela javne vlasti. Izgrađena infrastruktura ostaje u

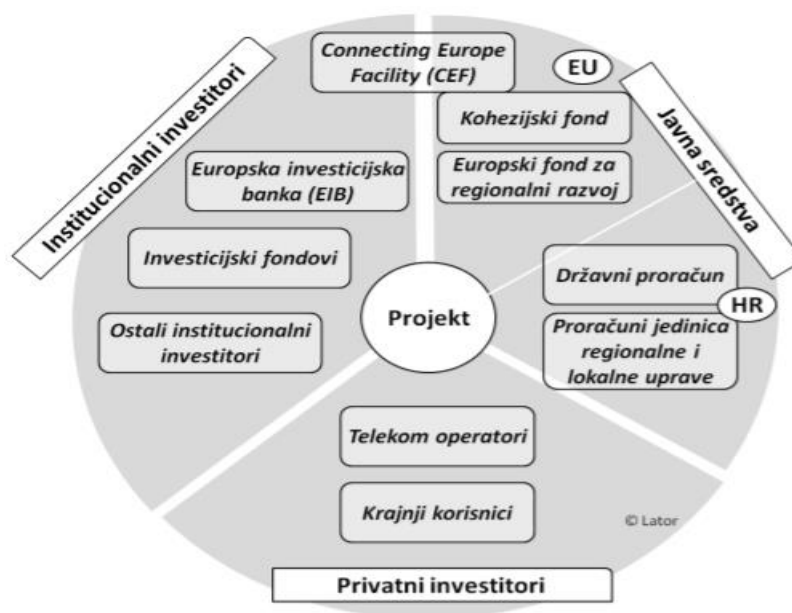
trajnom vlasništvu javnog sektora. Privatni operatori se u ovom slučaju koriste samo za pružanje usluga krajnjim korisnicima i to na način da iznajme infrastrukturu koja je građena po javnom DBO modelu. Ovaj se model primjenjuje kada se želi osigurati potpuni nadzor nad projektom čime se postiže konkurentnost tržišta te kako bi se izbjeglo davanje prednosti pojedinačnom operatoru za izgradnjom ekonomski neisplative infrastrukture.

Prednosti: potpuni nadzor projekta od strane tijela javne vlasti.

Nedostaci: javni sektor preuzima na sebe sve rizike prilikom realizacije projekta te ukoliko dođe do poteškoća može se narušiti povjerenje krajnjih korisnika te uspješnost projekta. Osnovne poteškoće javljaju se zbog manjka iskustva i stručnosti ljudi zaposlenih u tijelima javne vlasti. [6] [14] [15]

### 4.3. Izvori financiranja izgradnje širokopojasne infrastrukture

Na slici 12. prikazani su različiti izvori financiranja izgradnje širokopojasne infrastrukture koji će biti detaljnije objašnjeni u nastavku.



Slika 12. Prikaz različitih izvora financiranja izgradnje širokopojasne infrastrukture, [16]

#### **4.3.1. Javna sredstva**

Javna sredstva odnose se na sva proračunska sredstva koja uključuju sredstva državnog proračuna, sredstva regionalne i lokalne samouprave i sredstva iz EU fondova (Europski fond za regionalni razvoj, Europski socijalni fond i EU kohezijski fond).

U tzv. crnim, gospodarski razvijenijim područjima proračunska sredstva za izgradnju širokopojasne infrastrukture obično mogu osigurati tijela lokalne i regionalne samouprave. Zbog same razvijenosti takvih područja lokalna i regionalna samouprava posjeduje dovoljna financijska sredstva za realizaciju takvog projekta koji im omogućuje određenu isplativost na tržištu te povrat sredstava uložениh u projekt.

U slabije razvijenim područjima sredstva za realizaciju projekta najčešće se osiguravaju iz državnog proračuna uz pomoć sredstava iz fondova Europske Unije, pošto lokalna i regionalna uprava ne posjeduje dovoljna financijska sredstva.

Europski fond za regionalni razvoj najčešće se koristi u financiranju projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture, a između ostalog je usmjeren na povećanje razvijenosti regija EU-a te jačanju malog i srednjeg poduzetništva. Cilj Europskog socijalnog fonda je povećanje životnog standarda građana EU-a te postizanje uravnoteženog razvoja svih država članica. Iz kohezijskog fonda financiraju se veliki projekti u području prometa i zaštite okoliša. [17]

#### **4.3.2. Institucionalni investitori**

U institucionalne investitore ubrajaju se banke, mirovinski i investicijski fondovi te različiti ostali fondovi i zaklade koji investiraju u izgradnju širokopojasne infrastrukture. Prilikom izgradnje širokopojasne infrastrukture, institucionalni investitori mogu usko surađivati s operatorima ili tijelima javne vlasti radi postizanja dugoročne koristi što uključuje povrat uložениh sredstava. To se najčešće odvija u gusto naseljenim crnim područjima, gdje postoji najveća financijska korist uz smanjenje rizika ulaganja. Isto tako, banke kao što su Europska investicijska banka i Europska banka za obnovu i razvoj mogu odobriti kredite (niže kamate i duži rokovi otplate) telekomunikacijskim operatorima ili tijelima javne vlasti koji sudjeluju u projektu izgradnje širokopojasne infrastrukture. [17]

### **4.3.3. Privatni investitori**

Privatni investitori mogu biti telekomunikacijski operatori ili krajnji korisnici usluga širokopojasnog pristupa. Operatori se odlučuju na investiranje u širokopojasnu infrastrukturu, ukoliko imaju mogućnost povrata uloženi sredstava u razumnom roku (5-10 godina) te ako su im odobrene povoljne kamatne stope i rokovi otplate kredita. Na ovakvu vrstu investicije odlučuju se samo u gusto naseljenim urbanim područjima, gdje postoji isplativost investicije u takvu vrstu projekta. Također, operatori izbjegavaju investiranje u rjeđe naseljenim ruralnim područjima, zbog vremenski dugačkih rokova na povrat uloženi sredstava. U takvim tzv. bijelim područjima većina sredstava osigurava se kroz državne potpore dok investicije operatora ne prelaze 50%.

Investiranje krajnjih korisnika u izgradnju širokopojasne infrastrukture odvija se na prostorno malim područjima, zbog nedovoljnih investicijskih sredstava krajnjih korisnika. Npr. glavni dijelovi mreže mogu biti izgrađeni pomoću sredstava državnih potpora, dok se krajnjim korisnicima prepušta izgradnja krajnjeg dijela mreže do korisnika maksimalne duljine do 1 km. Međutim, ovakav tip izgradnje mreže smatra se ograničenim jer se obično moraju osigurati dodatna sredstva za izgradnju krajnjeg dijela pristupne mreže kako bi svi korisnici imali mogućnost korištenja širokopojasnih usluga. [16]

## 5. Troškovi uvođenja FTTx mreže

Investicijskim troškovima pripadaju svi troškovi koji nastaju tijekom izgradnje nove infrastrukture širokopojasnog pristupa, a to se odnosi na sve troškove građevinskih radova, troškove implementiranja svjetlovodnih kabela te troškove nabave i implementiranja aktivne i pasivne mrežne opreme. Kod aktivne mrežne opreme potrebno je osigurati elektroenergetsko, ali i klimatizacijske uređaje kako bi se postigla odgovarajuća temperatura i vlažnost. Prilikom same izgradnje širokopojasne mreže temeljenih na FTTH i FTTx rješenjima, najviše troškova odnosi se na implementaciju svjetlovodnih kabela u dovodnom i distribucijskom dijelu mreže.

Troškovi FTTH mreže moraju biti manji ili jednaki ostvarenim prihodima od korištenja usluga, da bi se postigla održivost i isplativost FTTH poslovnih modela. Također, izraženi su kroz LRIC (eng. *Long Run Incremental Cost*) odnosno dugoročni inkrementalni trošak pružanja usluge po korisniku. Dugoročni inkrementalni troškovi (LRIC) sadrže troškove jezgrene i agregacijske mreže kao i troškove same širokopojsne mreže. Za izračun LRIC troškova koristi se Latorov troškovni model. Maloprodajni troškovi koji uključuju oglašavanje, odnose s korisnicima, naplatu postavljeni su na 30 kn po korisniku mjesečno, dok zajednički troškovi uključuju dodatak od 10% na ukupne troškove pružanja usluga. Prosječni ponderirani trošak kapitala postavljen je također na razini od 10%. U tablici 1. prikazani su osnovni parametri za izračun troškova pružanja širokopojsnih usluga. [2]

Tablica 1. Osnovni parametri za izračun troškova pružanja širokopojasnih usluga

Parametar	Vrijednost
Maloprodajni troškovi po korisniku (mjesečni)	30 kn
Dodatak ( <i>mark-up</i> ) za zajedničke troškove	10%
Ponderirani prosječni trošak kapitala (WACC)	10%
Vijek trajanja podzemne DTK infrastrukture (cijevi, mikrocijevi, zdenci)	40 godina
Vijek trajanja nadzemne infrastrukture (stupova)	20 godina
Vijek trajanja svjetlovodnih kablova i pasivne opreme (spojnice, ODF-ovi, <i>splitteri</i> )	20 godina
Vijek trajanja aktivne mrežne opreme (P2P ethernet preklopnici, OLT-ovi)	10 godina
Vijek trajanja P2P/P2MP korisničke opreme (CPE)	5 godina

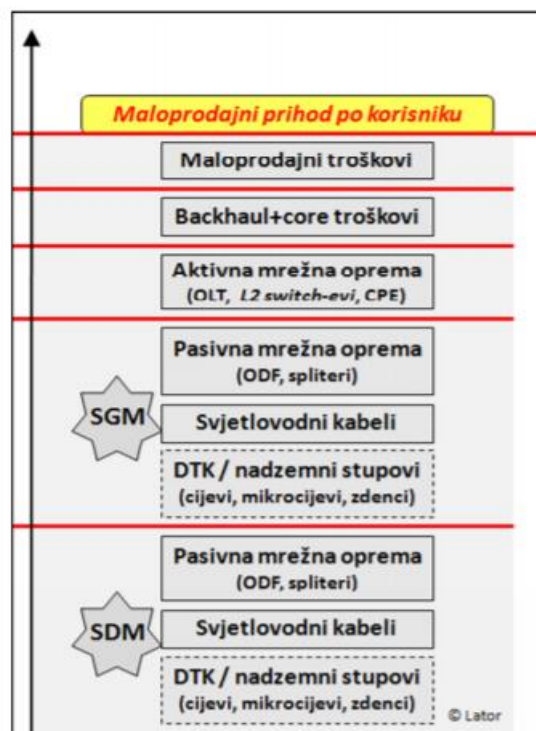
Izvor: [2]

Za izračun ekonomske isplativosti projekta, uspoređuju se LRIC troškovi po aktivnom korisniku sa predviđenim prihodima po korisniku, ali na mjesečnoj razini. Ukoliko su troškovi jednaki ili manji od prihoda, projekt je isplativ i održiv, no ukoliko su troškovi veći od prihoda, projekt nije isplativ. [2]

## 5.1. Jediničnih troškovi FTTH operatora

Operator, uz pristupnu infrastrukturu koju posjeduje, nudi usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu. Na slici 13. prikazana je struktura troškova FTTH operatora u idealnom slučaju.





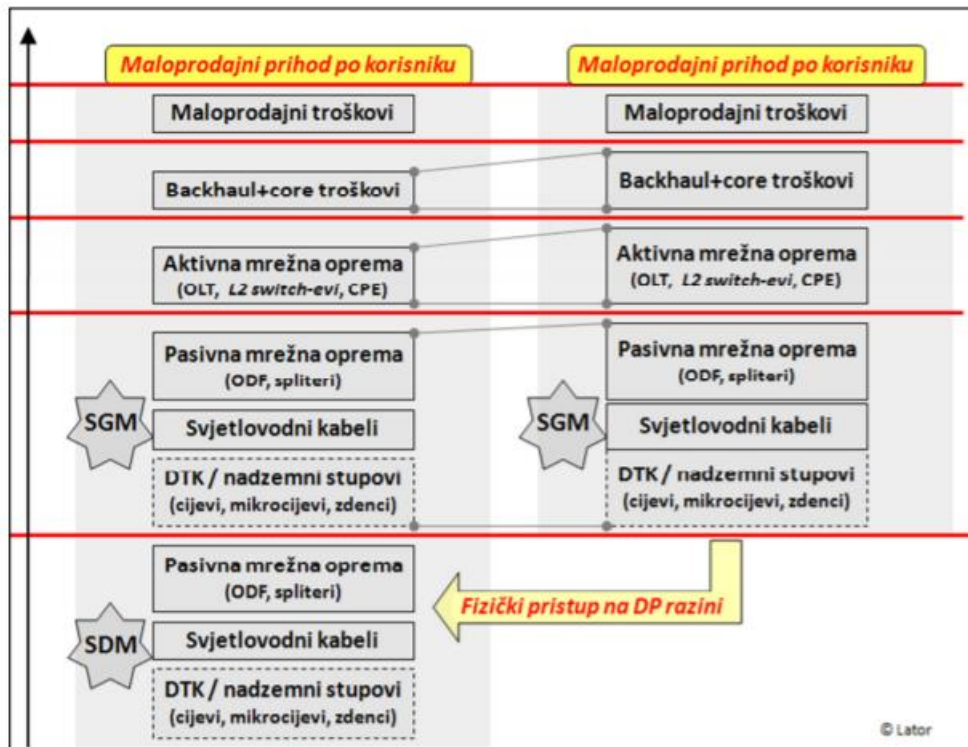
Slika 13. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora (idealni slučaj), [2]

Unutar SGM i SDM segmenata širokopojasne mreže troškovi pasivne infrastrukture su fiksni i uvjetovani geodemografskim okolnostima te brojem korisnika unutar pokrivenih kućanstava. Što je veći broj aktivnih korisnika, to su i veći ukupni troškovi aktivne mrežne opreme što podrazumijeva OLT-ove kod P2MP topologije ili Ethernet preklopnike kod P2P topologije ali i korisničku opremu. Za jedinične troškove je karakteristično da se ne mijenjaju prilikom srednje vrijednosti iskorištenosti mreže, ali se zato povećavaju ukoliko dođe do smanjenja iskorištenosti širokopojasne mreže. Troškovi uspostave veze do određenog naselja sa osiguranim kapacitetom veze nazivaju se transportni troškovi u agregacijskoj i jezgrenoj mreži.

Troškovi vezani uz uspostavu veze rastu prema rjeđe naseljenim područjima, dok drugi dio troškova raste s brojem korisnika, odnosno što je manji broj aktivnih krajnjih korisnika, troškovi će biti veći. Zbog toga u rijetko naseljenim ruralnim sredinama gdje se nalazi manji broj korisnika, povećavaju se povezani jedinični troškovi. [2]

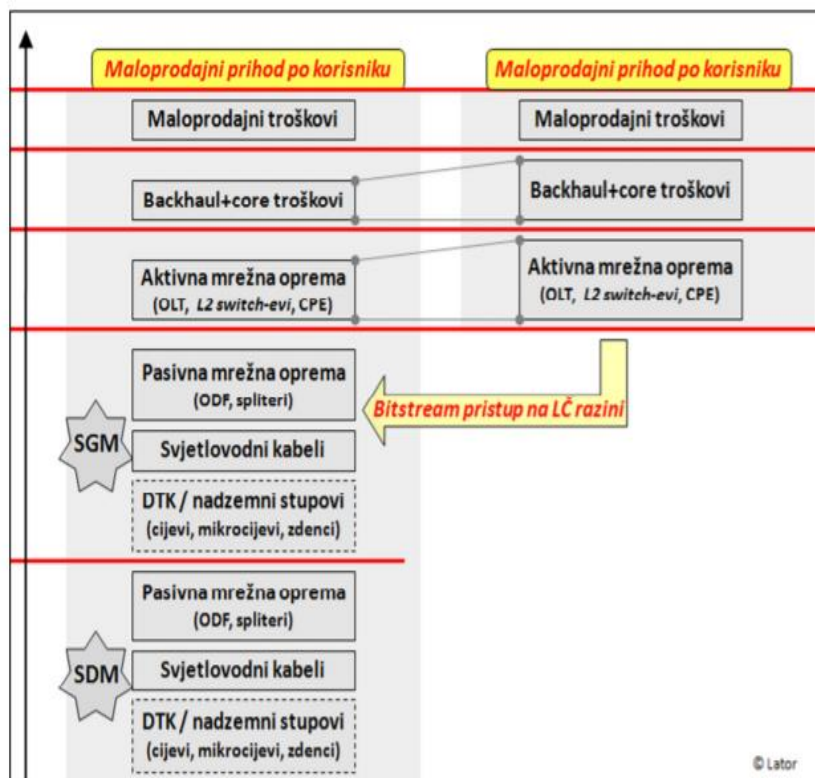
## 5.2. Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora

Slika 14. prikazuje strukturu jediničnih troškova gdje infrastrukturni operator uz posjedovanje pristupne mreže i pružanja usluga krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu, ima mogućnost pružanja pristupa FTTH mreži alternativnim operatorima po veleprodajnim uvjetima. Postoje dvije opcije, gdje alternativni operatori koriste fizički pristup pomoću svjetlovodnih niti na DČ razini (P2P i P2MP topologija) ili gdje koriste *bitstream* pristup na LČ razini koji se može primjeniti samo za P2MP topologiju. Kod fizičkog pristupa svjetlovodnim nitima, niti koje alternativni operator upotrebljava nalaze se unutar SDM segmenta mreže infrastrukturnog operatora i pristupa im se po veleprodajnim cijenama koje su jednake troškovima FTTH operatora u SDM segmentu mreže. Samim time, alternativni operator prilikom pristupa krajnjim korisnicima u mreži FTTH operatora ima financijski povoljnije uvjete nego da sam gradi FTTH mrežu. Također, alternativni operatori imaju funkciju gradnje te osiguranja kapaciteta u agregacijskom i jezgrenom dijelu mreže te SGM segmentu. Prilikom usporedbe FTTH operatora i alternativnih operatora, alternativni operatori zbog manjeg broja maloprodajnih korisnika, imaju veće troškove u svojoj mreži od FTTH operatora. [2]



Slika 14. Struktura jediničnih troškova alternativnog i infrastrukturnog operatora s fizičkim pristupom na razini DČ-a, [2]

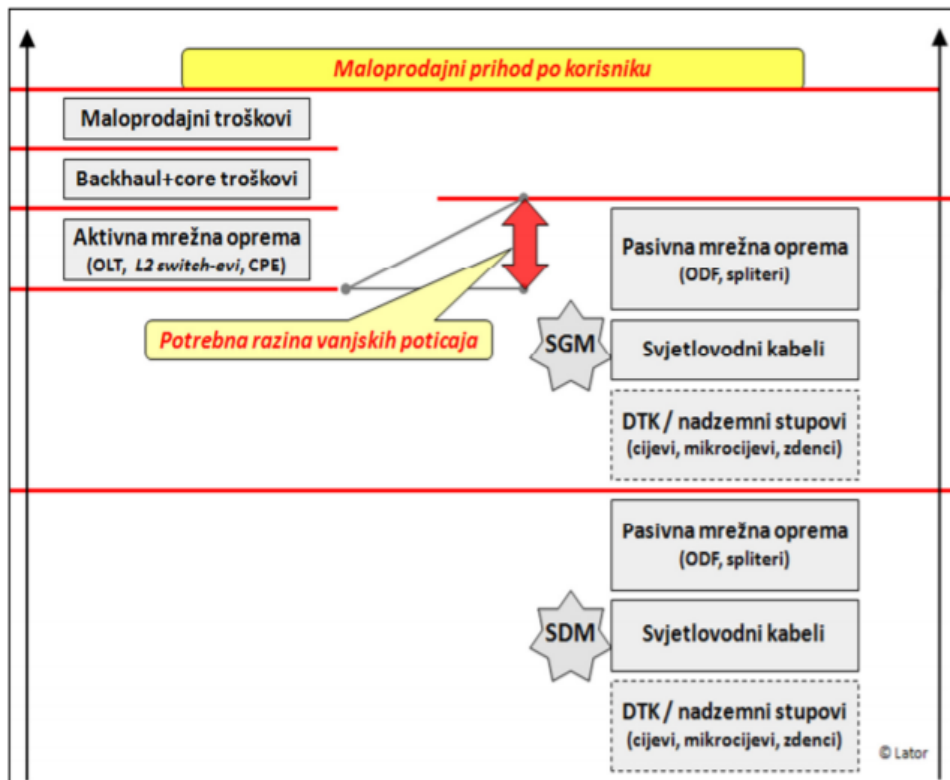
Na slici 15. može se vidjeti struktura jediničnih troškova prilikom *bitstream* pristupa alternativnih operatora na LČ razini. Ovaj slučaj se smatra troškovno povoljnijim od fizičkog pristupa na DČ razini, jer alternativni operator koristi i SGM i SDM segment mreže. [2]



Slika 15. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na razini LČ-a, [2]

### 5.3. Jedinični troškovi u slučaju neisplativosti FTTH modela

Kada su svi jedinični troškovi po korisniku u svim dijelovima mreže manji ili jednaki maloprodajnim prihodima po korisniku tada govorimo o ekonomski isplativom i održivom FTTH modelu, no ukoliko su troškovi veći od maloprodajnih prihoda, FTTH model smatra se ekonomski neodrživim (slika 16.). Na troškove najviše utječu troškovi agregacijske mreže i povećavaju se u pristupnom dijelu širokopolasne mreže (veći troškovi prema ruralnijim sredinama). [2]



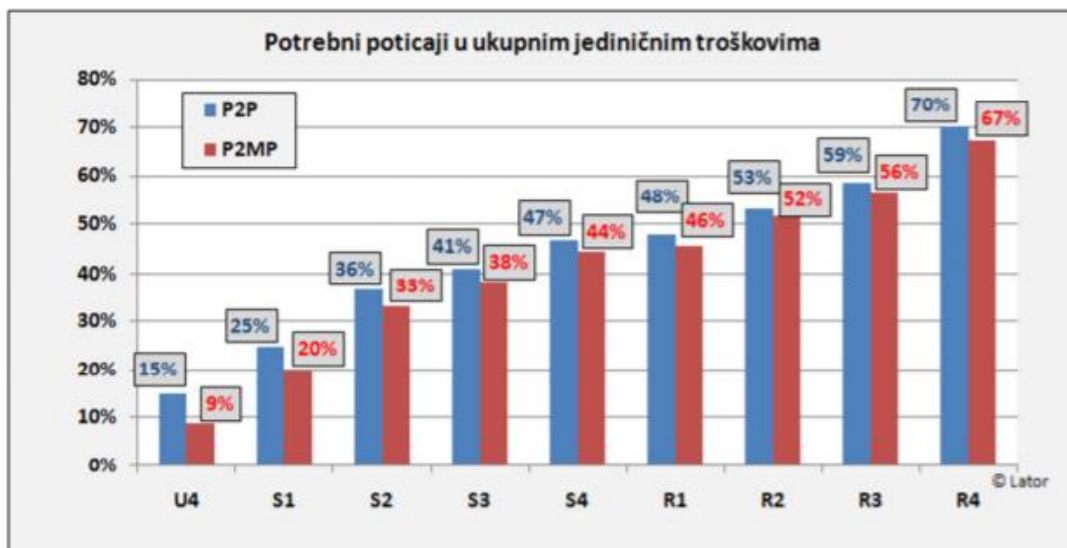
Slika 16. Struktura jediničnih troškova u FTTH mreži u slučaju ekonomske neodrživosti, [2]

Ekonomski neisplativi FTTH modeli korištenjem državnih poticaja mogu postati isplativi. Na slici 16. (iznad) se još može vidjeti kvalitativno izražen potreban iznos subvencija koji je označen strelicom, da bi se pokrili razmjeri između ukupnih jediničnih troškova i maloprodajnih prihoda po korisniku. [2]

#### 5.4. Geotipovi s ekonomski neodrživim FTTH modelima i potrebom za subvencijama

U mjestima gdje je ekonomski neisplativo uvođenje širokopojasne mreže kao npr. Gospić, javlja se potreba za vanjskim poticajima kojima se pokriva razlika između troškova i prihoda. Infrastrukturni operator koji gradi mrežu, gradi samo distribucijski dio svjetlovodne mreže ili cijelu FTTH mrežu u ruralnim sredinama (pristupna mreža nije podijeljena u SDM I SGM segmente) te ima obvezu pružanja pristupa ostalim operatorima po veleprodajnim uvjetima.

Osigurava se prostor za najviše pet operatora na maloprodajnom tržištu čime se postiže konkurentnost operatora i zadovoljstvo krajnjih korisnika. Prilikom proračuna troškova kod ekonomski neodrživih geotipova planira se izgradnja nove DTK infrastrukture za polaganje svjetlovodnih kablova, pošto postoji vjerojatnost da postojeća DTK infrastruktura nema dovoljan kapacitet. Na grafu 13. prikazani su udjeli potrebnih poticaja u postocima za geotipove naselja (P2P i P2MP topologija mreže). Iz grafa se može zaključiti da potreba za poticajima raste prema ruralnim geotipovima. [2]



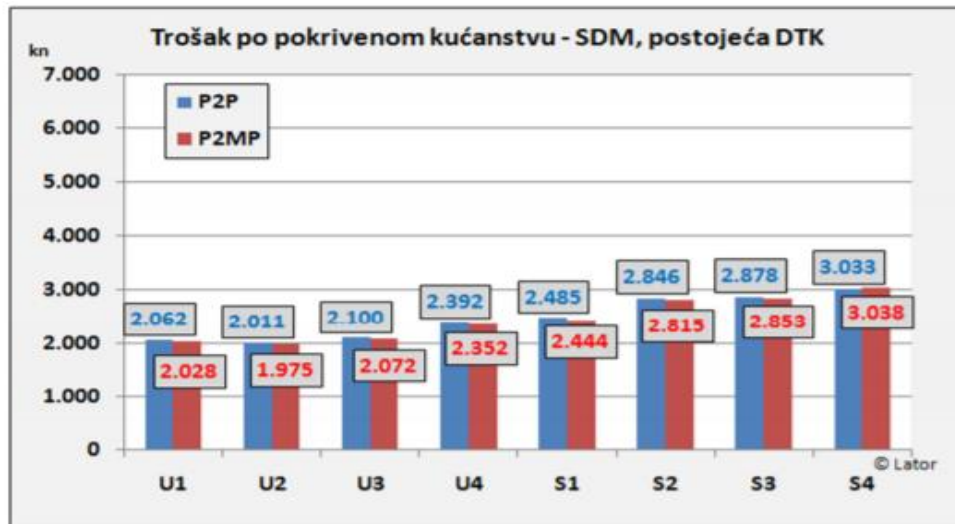
Graf 13. Postotak potrebnih poticaja u ukupnim jediničnim troškovima po geotipovima U4-R4, [2]

### 5.5. Troškovi realizacije projekta izgradnje svjetlovodne pristupne mreže po pokrivenom kućanstvu

Kod urbanih i suburbanih geotipova (U1-U4, S1-S4) svjetlovodni kablovi se najčešće postavljaju u podzemnu DTK mrežu za koju je i propisana obveza izgradnje temeljem provjere urbanističkih propisa više gradova i općina.

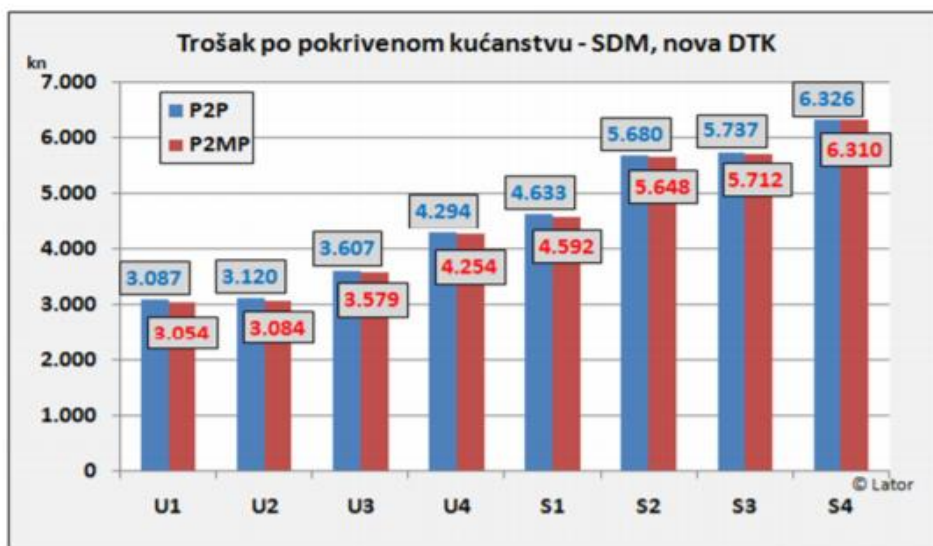
Na grafu 14. prikazani su troškovi izgradnje SDM dijela svjetlovodne mreže za geotipove U1-S4, pri čemu se kablovi polažu u postojeću DTK mrežu. Ovakve vrste troškove se nazivaju još

troškovi pasivne mreže koji uključuju nabavu, ugradnju, postavljanje opreme u SDM segmentu mreže ali i postavljanje kućne instalacije do prostora krajnjeg korisnika te izgradnju i opremanje distributivnih čvorova. Kod postojeće DTK mreže smatra se da postoji dovoljno prostora za polaganje svjetlovodnih kablova. [2]



Graf 14. Troškovi izgradnje SDM segmenta svjetlovodne mreže (P2P i P2MP) sa postojećom DTK infrastrukturom, [2]

Na grafu 15. su također prikazani troškovi izgradnje SDM dijela svjetlovodne mreže, ali s pretpostavkom gradnje nove DTK mreže sa mikrocijevnim strukturama izravno smještenim u tlo. U grafu 14. i grafu 15. nisu uzeti u obzir troškovi SGM dijela pristupne mreže, PON mrežne opreme kao niti troškovi Ethernet-a za P2P. [2]



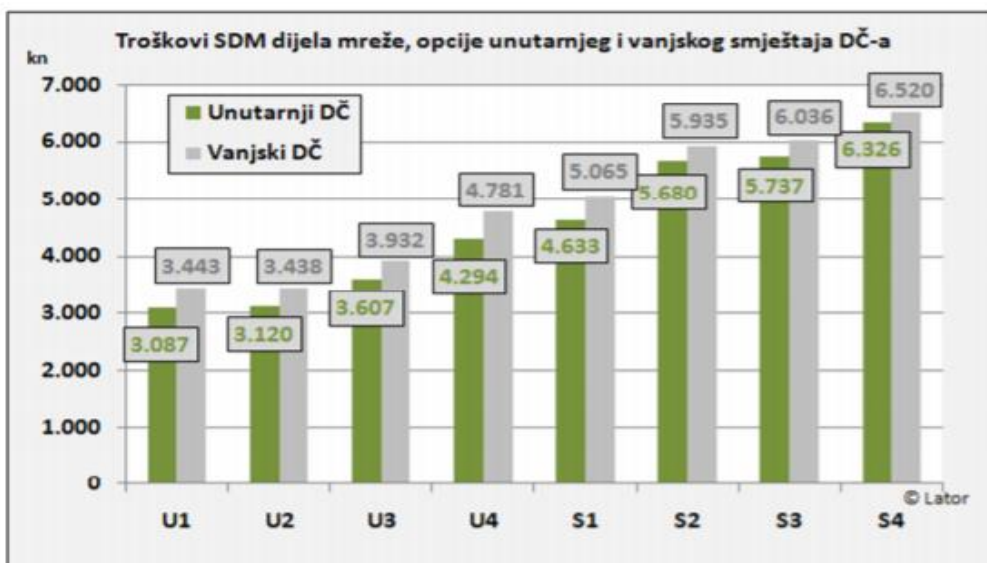
Graf 15. Troškovi izgradnje SDM dijela svjetlovodne mreže (P2P i P2MP) i izgradnja nove DTK mreže, [2]

U oba grafa je vidljivo da su razlike troškova između P2P i P2MP topologija minimalne, ali se dešavaju zbog dodatnih troškova u opremanju distributivnih čvorova strujnim napajanjem i klimatizacijom u P2P mrežama. Udaljavanjem od urbanih dijelova naselja, češće se javlja potreba za izgradnjom nove DTK mreže, samim time rastu i jedinični troškovi po kućanstvu zbog npr. manje gustoće naseljenosti. [2]

### 5.5.1. Smještaj distributivnih čvorova (DČ-a) u vanjske kabinete

Na grafu 16. može se vidjeti razlika u troškovima ukoliko se DČ-ovi smještaju u vanjske kabinete, a ne u unutarnje kao što je to inače bio slučaj. Ovaj slučaj se uzima u obzir kada se gradi nova DTK mreža gdje se vidi da su troškovi smještaja DČ-ova u vanjske kabinete veći nego kod unutarnjih i to najviše u urbanim sredinama gdje je veći broj korisnika. [2]

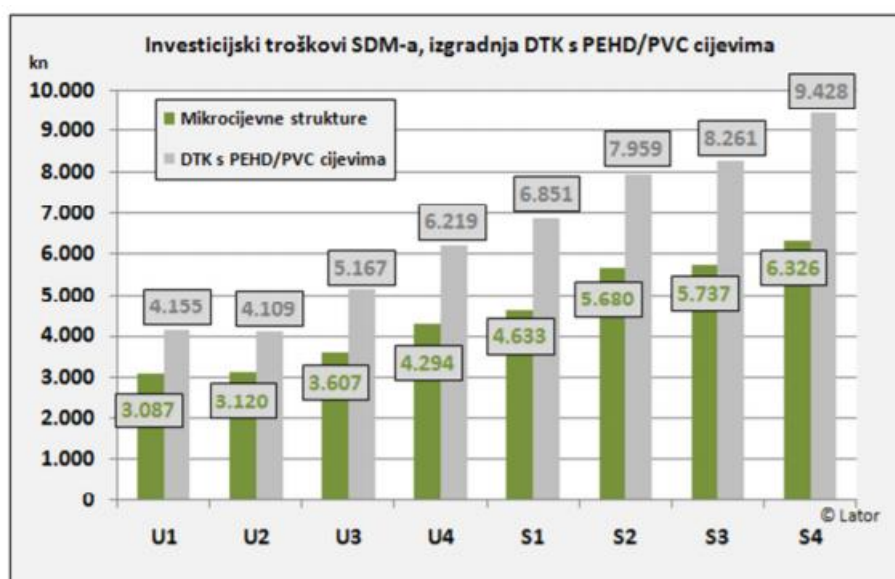




Graf 16. Troškovi po kućanstvu (SDM segment) prema smještaju distributivnih čvorova (P2P), [2]

### 5.5.2. Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima

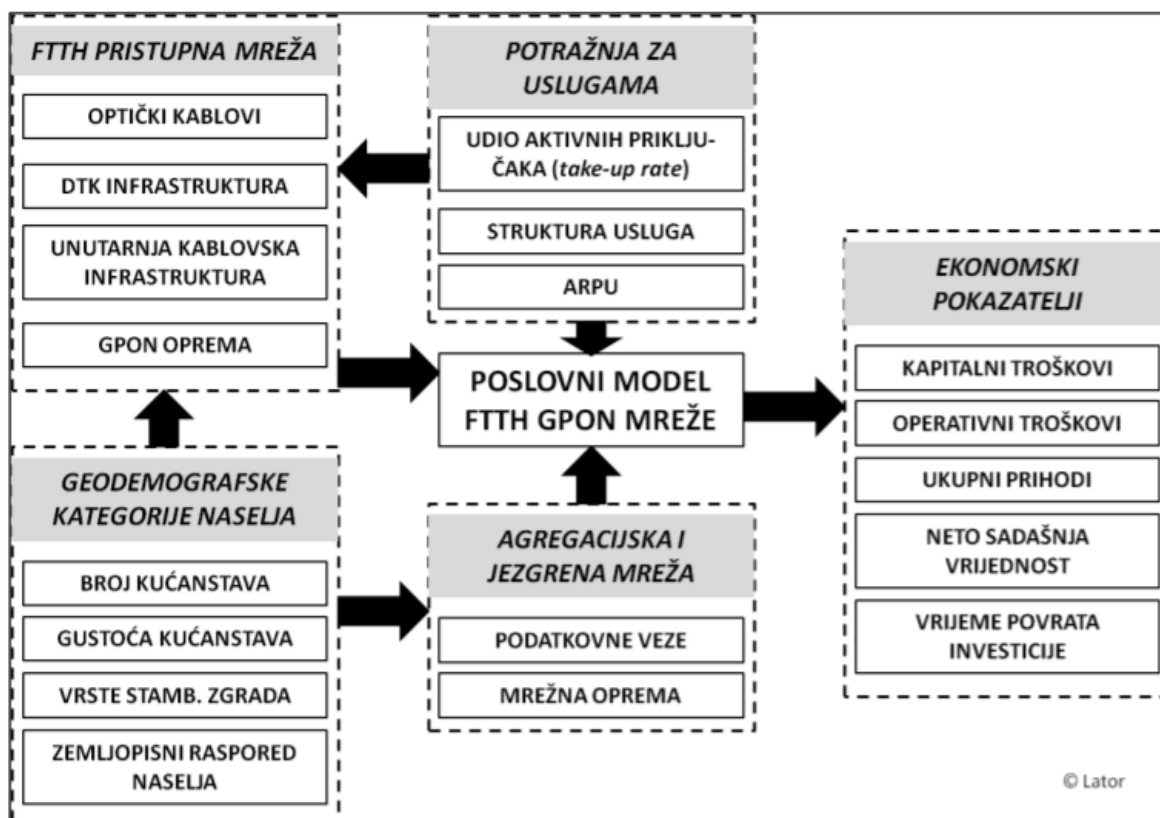
Graf 17. prikazuje razliku u troškovima između izgradnje DTK mreže s mikrocijevnim strukturama i s PEHD/PVC cijevima za P2P topologiju. Jasno je vidljivo da su troškovi standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima znatno skuplji što dokazuje da je izravno polaganje mikrocijevnih struktura u zemlju bolje rješenje u realizaciji projekta. [2]



Graf 17. Troškovi po kućanstvu (SDM segment mreže), DTK mreža sa PEHD/PVC cijevima, P2P topologija, [2]

## 5.6. Poslovni model FTTH pristupne mreže

Lator je razvio poslovni model koje se odnosi na izgradnju FTTH mreže za P2MP topologiju uz korištenje GPON tehnologije. Na slici 17. prikazani su moduli poslovnog modela koji će biti detaljnije analizirani u nastavku. [18]



Slika 17. Latorov poslovni FTTH model, [18]

### 5.6.1. FTTH pristupna mreža

Ovaj modul se koristi za izračun tehničkih parametara gdje spadaju DTK mreža, svjetlovodni kablovi, unutarnji kabineti za polaganje kablova, korisnička i GPON mrežna oprema. Podaci koji se smatraju relevantnima za ovaj modul su parametri gustoće i broja kućanstava, vrste zgrada te broj aktivnih priključaka koji određuju mogućnosti pružanja usluga krajnjim korisnicima. [18]

## 5.6.2. Geodemografske kategorije naselja

Na tablici 2. prikazana su naselja u Hrvatskoj svrstana u određene geodemografske kategorije tj. geotipove. Položaj naselja u županijama je bitna stavka za izračun zemljopisnog rasporeda jezgrenih i agregacijskih prijenosnih veza.

Tablica 2. Karakteristike geotipova, [2]

Oznaka geotipa	Raspon broja stanovnika u naseljima	Prosje. gustoća naseljenosti (stan/km <sup>2</sup> )	Broj naselja u geotipu	Udio u uk. stanovništvu Hrvatske	Naselja (neka od naselja) u geotipu
U1	više od 250.000	8.536	1	16,8%	Zagreb
U2	75.000 – 250.000	8.528	3	9,9%	Split, Rijeka, Osijek
U3	50.000 – 75.000	7.783	3	4,5%	Zadar, Slavonski Brod, Pula
U4	35.000 – 50.000	6.266	5	5,1%	Karlovac, Varaždin, Šibenik, Sisak, Sesvete
S1	15.000 – 35.000	5.541	10	5,7%	Čakovec, Virovitica, Vukovar, V. Gorica, ...
S2	7.500 – 15.000	2.860	22	5,8%	Umag, Slatina, Opatija, Ogulin, Makarska, ...
S3	4.000 – 7.500	2.618	52	6,8%	Imotski, Vela Luka, Gospić, Jastrebarsko, M. Lošinj, ...
S4	2.000 – 4.000	2.167	115	7,6%	Ludbreg, Zabok, Cres, Hvar, Bregana, ...
R1	1.000 – 2.000	1.210	290	9,9%	Lumbarda, Nin, Sunja, Kašina, Feričanci, ...
R2	500 – 1.000	1.007	637	10,9%	Ston, Karlobag, Klanjec, Aljmaš, Đeletovci, ...
R3	200 - 500	705	1.387	10,7%	Krapanj, Brod na Kupi, Pokupsko, Sv. Rok, ...
R4	manje od 200	241	3.537	6,4%	Osor, Nečujam, Čigoč, Oprtalj, Prgomet, ....

### **5.6.3. Potražnja za uslugama**

Da bi se mogla predvidjeti potražnja za uslugama potrebni su podaci o broju aktiviranih FTTH priključaka, vrste usluga i ARPU (eng. *Average Revenue per User*) što označava očekivane prosječne prihode po korisniku. Usluge koje se nude korisnicima uz širokopolasni pristup Internetu su IPTV u SD i HD varijanti te javna govorna usluga temeljena na VoIP-u. [18]

### **5.6.4. Jezgrena i agregacijska mreža**

U ovom se modulu osim usmjeravanja prometa u mreži pomoću usmjerivača i preklopnika, odvija se i dimenzioniranje prijenosnih veza. Prijenosna mreža je u agregacijskom dijelu realizirana pomoću Metro Ethernet tehnologija s direktnim prijenosom optičkim vlaknima, a u jezgrenom dijelu koristi se prijenos po SDH hijerarhijskim razinama. Za izračun kapaciteta jezgrene i agregacijske mreže uzima se u obzir broj i pozicija naselja te potražnja za uslugama.

### **5.6.5. Ekonomski pokazatelji**

Ekonomski pokazatelji uključuju:

- Kapitalne troškove – objedinjuju sve troškove nabave, izgradnje, opremanja postavljanja i puštanja u rad infrastrukture i potrebne opreme,
- Operativne troškove – svi troškovi potrebni za redovno i ispravno funkcioniranje infrastrukture i opreme FTTH modela,
- Ukupne prihode – ukupan zbroj svih prihoda korisnika FTTH modela u određenom periodu vremena,
- Neto sadašnju vrijednost – odnosi se na kumulativan zbroj diskontiranih tokova novca u određenom vremenu i sa definiranom diskontnom stopom. Ukoliko je neto sadašnja vrijednost pozitivna tada se ostvaruje povrat ulaganja u projekt, dok negativna vrijednost znači da neće doći do povrata uloženi sredstava.,
- Vrijeme povrata investicije – vremenski period unutar kojeg dolazi do povrata uloženi sredstava u poslovnom modelu.

## 6. Case study: Isplativost implementacije FTTx mreže na području grada Gospića

Analiza isplativosti implementacije svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića računat će se korištenjem Lator-ovog troškovnog modela te podataka prikupljenih anketom. U anketnom istraživanju je bilo postavljeno 10 pitanja i sudjelovao je 61 ispitanik. Podaci iz ankete dali su bolji uvid u postojeće stanje u gradu Gospiću, pokazali su također zadovoljstvo odnosno nezadovoljstvo korisnika uslugama, troškove na razini kućanstva, zainteresiranost za uvođenjem svjetlovodne mreže i dr. Prema tim dobivenim podacima može se izvesti zaključak o isplativosti ovakve vrste projekta.

Geodemografski tip naselja za koje želimo izračunati isplativost projekta prikazan je u tablici 2. Naselje Gospić pripada geotipu S3 gdje je raspon broja stanovnika između 4000 i 7500, no međutim mi ćemo ovdje uzeti u razmatranje cijeli grad Gospić kojem pripada naselje Gospić i 49 ostalih naselja. Grad Gospić smješten je u geotip S2, zbog toga što je za geotip S2 raspon broja stanovnika 7500-15000, a grad Gospić ima 12 745 stanovnika prema popisu stanovništva iz 2011. Gustoća naseljenosti je skromnih 13,2 st/km<sup>2</sup>, dok je površina grada oko 967 km<sup>2</sup>.

Podaci o stanju DTK mreže za polaganje svjetlovodnih kablova na području grada Gospića nisu poznati, pa će se prilikom izračuna troškova uzeti u obzir 4 različita slučaja. Za prvi slučaj pretpostavit će se da ne postoji izgrađenost DTK mreže potrebne za polaganje svjetlovodnih kablova odnosno da je ona 0%, za drugi slučaj pretpostavka će bit 30% izgrađenosti DTK, treći slučaj 50% i četvrti slučaj 70% izgrađenosti DTK mreže potrebne za implementaciju optike. U obzir se uzimaju troškovi po izvedenom priključku te će se graditi jedan svjetlovodni priključak za svako od 4717 kućanstava na području grada. Međutim, mrežu je potrebno dimenzionirati za potencijalne veće kapacitete u budućnosti te se broj kućanstava uvećava za 20% što iznosi 5660 kućanstava. Broj kućanstava se zatim množi sa jediničnim troškovima po izvedenom priključku za geotip S2 ovisno da li postoji DTK mreža (graf 14.) ili se gradi nova (graf 15.). Matematičkim izračunom, u slučaju izgradnje nove DTK infrastrukture inicijalni kapitalni troškovi iznose 31 967 680 kn. U slučaju izgrađenosti DTK mreže od 30% troškovi su 27 157 246 kn, zatim uz izgrađenost DTK 50% troškovi su 23 950 290 kn te u slučaju 70% izgrađenosti DTK mreže inicijalni kapitalni troškovi iznose 20 743 334 kn.

## 6.1. ARPU – prosječni prihodi po korisniku

Prosječni prihodi po korisniku obuhvaćaju prihode od svih usluga koje korisnici koriste, a to su javna govorna usluga, širokopojasni pristup Internetu velikih brzina, IPTV SD (standardna razlučivost) te IPTV HD (visoka razlučivost). Dva su osnovna ARPU scenarija koji pokrivaju granične slučajeve, pesimistični i optimistični. Kod pesimističnog scenarija vrijednosti ARPU-a za širokopojasan pristup Internetu i IPTV su nadovezane na vrijednosti ARPU-a za usluge putem ADSL-a što znači da su maloprodajne cijene postavljene prenisko. U optimističnom scenariju radi se korekcija maloprodajnih cijena usluga Interneta i IPTV-a na realnu razinu. Oba scenarija će biti uzeta u obzir u nastavku. [18]

Za provedbu analize isplativosti uvođenja svjetlovodne mreže, potrebne su vrijednosti ARPU-a koje su uzete na temelju podataka prosječnih cijena usluga 4 hrvatska operatora na mjesečnoj razini (HT, Telemach, A1 i Optima telekom) te one iznose:

- Javna govorna usluga (telefon) – 105 kn,
- Širokopojasni pristup Internetu – 150 kn,
- IPTV SD kvaliteta – 110 kn,
- IPTV HD kvaliteta – 30 kn.

Na tablici 3. prikazana je promjena broja korisnika različitih usluga u gradu Gospiću. Podaci su dobiveni analizom promjene broja korisnika na području cijele Hrvatske iz HAKOM-ovih godišnjih izvješća i provedenom anketom te su u skladu s tim podaci preslikani na grad Gospić koji pripada geotipu S2. Za analizu se koristio Lator-ov model promjene korisničke baze na temelju geotipova.

Tablica 3. Promjena broja korisnika prema različitim uslugama na godišnjoj razini

Usluge	Korisnici	Promjena broja korisnika u % na godišnjoj razini	Grad Gospić
Telefon	Migrirani	-1,2%	2966
	Novi		0
	Ukupno		2930
Širokopojasni pristup Internetu	Migrirani	2,66%	2744
	Novi		73
	Ukupno		2817
IPTV SD	Migrirani	2,4%	1038
	Novi		25
	Ukupno		1063
IPTV HD	Migrirani	4,2%	778
	Novi		33
	Ukupno		811

Izvor: [18]

U tablici 3. migriranim korisnicima se smatraju korisnici koji su prešli na usluge putem FTTH tehnologije.

Tablicom 4. prikazana je promjena broja korisnika prema korištenim uslugama kroz osmogodišnje razdoblje. Temeljem tablice 4. provest će se analiza isplativosti projekta za pesimistični i optimistični scenarij.

Tablica 4. Promjena broja korisnika različitih usluga na godišnjoj razini

<b>Godišnji broj korisnika</b>				
Godina	Telefon	Širokopojasni pristup Internetu	IPTV SD	IPTV HD
<b>2021.</b>	2966	2744	1038	778
<b>2022.</b>	2930	2817	1063	811
<b>2023.</b>	2895	2892	1089	845
<b>2024.</b>	2860	2969	1115	880
<b>2025.</b>	2826	3048	1142	917
<b>2026.</b>	2792	3129	1169	956
<b>2027.</b>	2758	3212	1197	996
<b>2028.</b>	2725	3297	1226	1038

### 6.1.1. Pesimističan scenarij

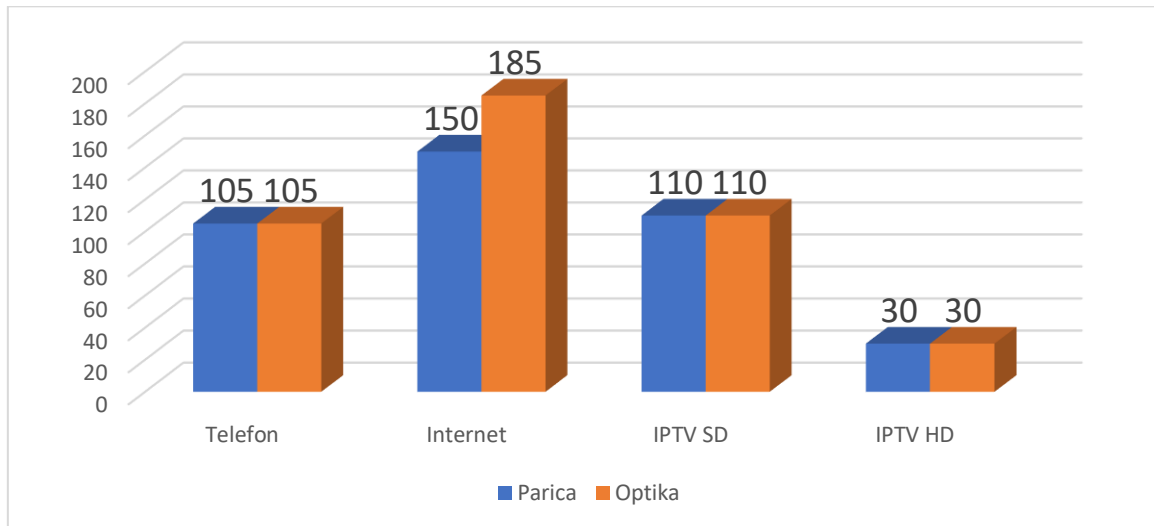
Kod pesimističnog scenarija prilikom migracije korisnika na FTTH mrežu dolazi do izuzetno malog povećanja cijena i to za širokopojasan pristup Internetu. Vrijednosti ARPU-a dane su u nastavku:

- Javna govorna usluga (telefon) ostaje 105 kn mjesečno kao i putem parične mreže jer operator ne ostvaruje dodatne prihode.
- Širokopojasan pristup Internetu putem svjetlovodne pristupne mreže povećava se za 35 kn te umjesto dosadašnjih 150 kn kod ADSL pristupa, iznosi 185 kn mjesečno. Do povećanja dolazi zbog veće brzine Interneta, simetričnosti pristupa te veće pouzdanosti i kvalitete veze ostvarene putem svjetlovodne mreže. Povećanje od 35 kn dobiveno je na osnovu istraživanja više studija koji proučavaju izgradnju FTTH mreža u zemljama EU-a. [19]
- IPTV SD usluga ostaje 110 kn mjesečno kao i kod ADSL mreže, jer operator nema mogućnost povećanja prihoda prilikom migracije korisnika na svjetlovodnu mrežu.



- IPTV HD usluga ostaje ista te iznosi 30 kn na mjesečnoj razini. Kao i kod IPTV SD usluge operator nema mogućnost povećanja prihoda.

Na grafu 18. prikazan je prosječni prihod po korisniku kod pesimističnog scenarija, gdje je vidljivo povećanje prihoda samo kod usluge Interneta.



Graf 18. ARPU (pesimističan scenarij)

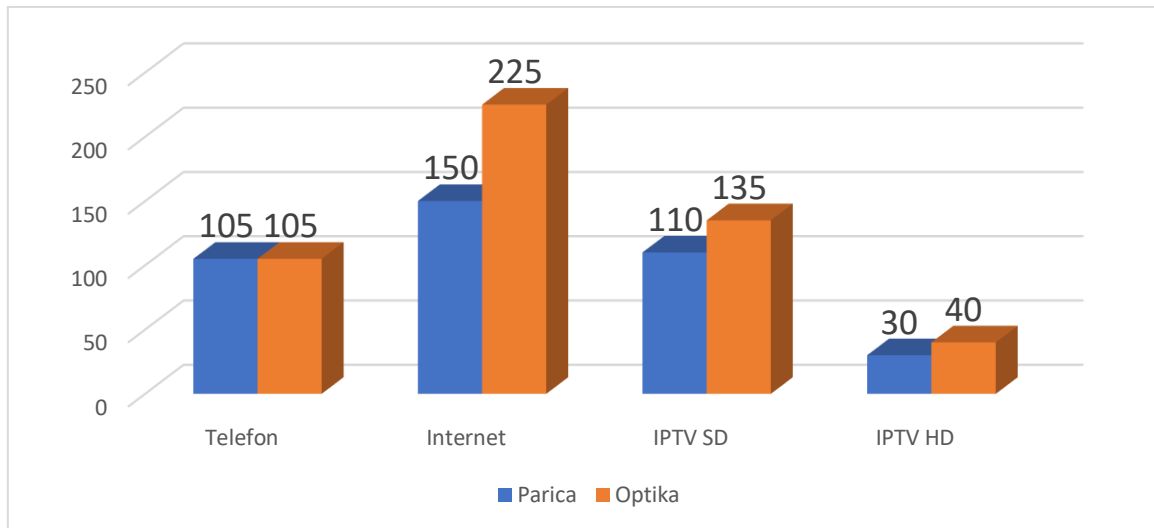
### 6.1.2. Optimističan scenarij

U optimističnom scenariju dolazi do povećanja cijena maloprodajnih usluga u vidu Interneta i IPTV usluga. Vrijednosti ARPU-a prikazane su u nastavku:

- Javna govorna usluga ostaje 105 kn kao i u pesimističnom scenariju, jer migracija usluge na FTTH mrežu ne donosi dodatnu vrijednost za krajnjeg korisnika.
- Usluga širokopojasnog pristupa Internetu veća je za 75 kn te sada iznosi 225kn u odnosu na početnu vrijednost od 150 kn, odnosno veća je za 40 kn u odnosu na pesimističan scenarij gdje je iznosila 185 kn mjesečno.
- IPTV SD usluga povećava se za 25 kn u odnosu na početnu vrijednost i pesimističan scenarij (110 kn) te iznosi 135 kn na mjesečnoj razini.

- IPTV HD usluga veća je za 10 kn u odnosu na početnu vrijednost i pesimističan scenarij (30 kn) te sada iznosi 40 kn na mjesečnoj razini.

Na grafu 19. može se vidjeti ARPU kod optimističnog scenarija čije su vrijednosti usluga veće za ukupno 110 kn u odnosu na početne.



Graf 19. ARPU (optimističan scenarij)

## 6.2. Analiza isplativosti

Podaci dobiveni nakon provedene analize isplativosti pokazat će da li je izgradnja svjetlovodne infrastrukture na području grada Gospića financijski isplativa.

Za izračun isplativosti potrebni su troškovi izgradnje mreže koji su izračunati u šestom poglavlju te očekivani prihod od korisnika usluga u osmogodišnjem razdoblju. Postupak računanja prihoda od korištenja usluga od strane korisnika prikazan je na slici 18. i odnosi se za 2021.g. Isti postupak izračuna provodi se i za ostale godine.

Godišnji broj korisnika				
Godina	Telefon	Širokopojasni pristup Internetu	IPTV SD	IPTV HD
2021.	2966	2744	1038	778
2022.	2930	2817	1063	811
2023.	2895	2892	1089	845
2024.	2860	2969	1115	880
2025.	2826	3048	1142	917
2026.	2792	3129	1169	956
2027.	2758	3212	1197	996
2028.	2725	3297	1226	1038

	Sadašnji ARPU	Pesimističan ARPU	Optimističan ARPU
Telefon	105	105	105
Internet	150	185	225
IPTV SD	110	110	135
IPTV HD	30	30	40

Izračun za pesimističan scenarij 2021.:

$$(2966*105)+(2744*185)+(1038*110)+(778*30)= 956 590 \text{ (prihod na mjesečnoj razini)*12=}$$

$$11 479 080 \text{ kn}$$

Izračun za optimističan scenarij 2021.:

$$(2966*105)+(2744*225)+(1038*135)+(778*40)= 1 100 080*12= 13 200 960 \text{ kn}$$

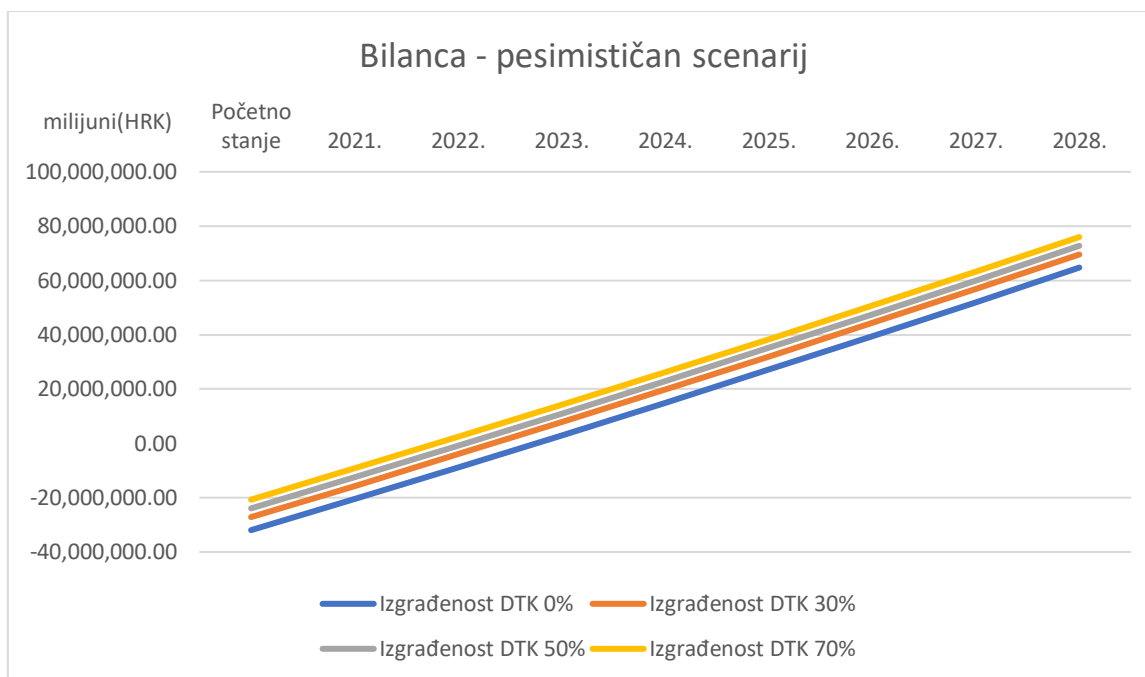
Slika 18. Postupak izračuna prihoda od korisnika za 2021.g. (pesimističan i optimističan scenarij)

### 6.2.1. Analiza isplativosti kod pesimističnog scenarija

Nakon provedene analize i izračuna, dobiveni su podaci o prihodima i bilanci za pesimističan scenarij (tablica 5. i graf 20.).

Tablica 5. Prihodi i bilanca tijekom osmogodišnjeg razdoblja za pesimistični scenarij (HRK)

Godina	Prihod pesimističan scenarij	Bilanca – pesimističan scenarij, uz izgrađenost DTK mreže od:			
		0%	30%	50%	70%
<b>Početno stanje</b>	-	-31 967 680	-27 157 246	-23 950 290	-20 743 334
<b>2021.</b>	11 479 080	-20 488 600	-15 678 166	-12 471 210	-9 264 254
<b>2022.</b>	11 640 660	-8 847 940	-4 037 506	-830 550	2 376 406
<b>2023.</b>	11 809 620	2 961 680	7 772 114	10 979 070	14 186 026
<b>2024.</b>	11 983 380	14 945 060	19 755 494	22 962 450	26 169 406
<b>2025.</b>	12 164 880	27 109 940	31 920 374	35 127 330	38 334 286
<b>2026.</b>	12 351 540	39 461 480	44 271 914	47 478 870	50 685 826
<b>2027.</b>	12 544 320	52 005 800	56 816 234	60 023 190	63 230 146
<b>2028.</b>	12 744 840	64 750 640	69 561 074	72 768 030	75 974 986



Graf 20. Bilanca tokom osmogodišnjeg razdoblja za pesimističan scenarij

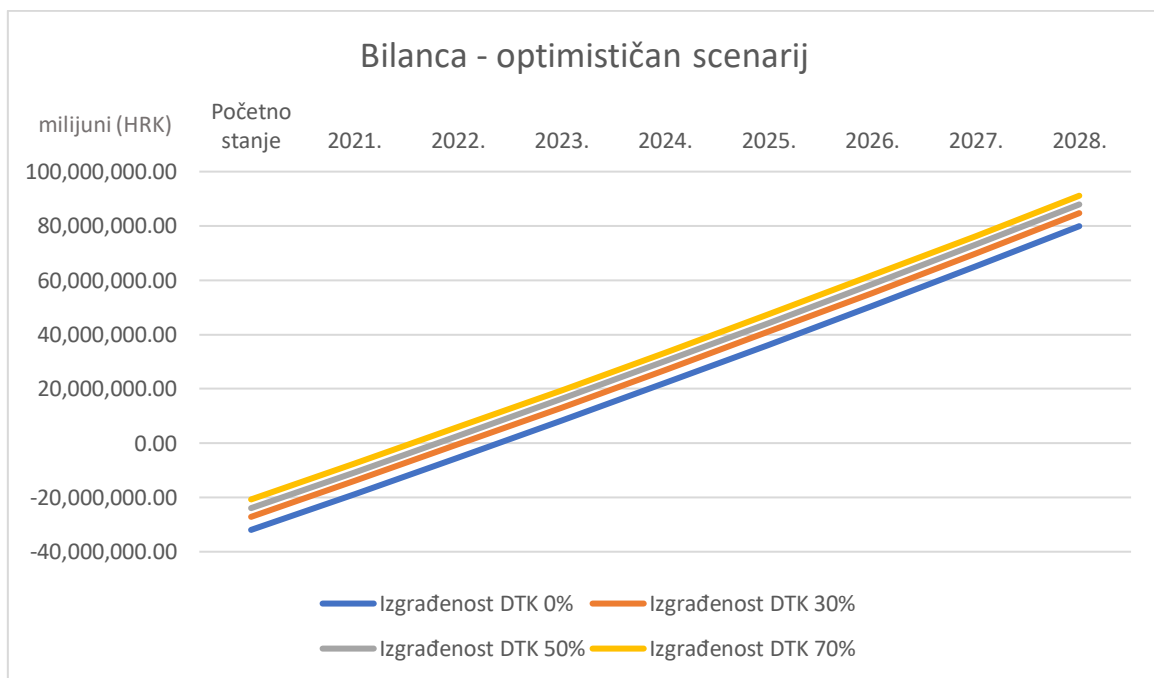
Iz podataka dobivenih u tablici 5. za pesimističan scenarij u osmogodišnjem razdoblju, može se zaključiti da je investicija isplativa u sva četiri slučaja. Uz pretpostavku da je na području grada Gospića potrebna izgradnja nove DTK infrastrukture, investicija će biti isplativa nakon 3 godine i 9 mjeseci, te će na kraju razdoblja prihodi iznositi 64 750 640 kn. U slučaju izgrađenosti DTK infrastrukture od 30%, investicija će biti isplativa za 3 godine i 5 mjeseci s prihodima od 69 561 074 kn na kraju razdoblja. Ukoliko je izgrađenost DTK 50%, investicija će biti isplativa za 3 godine i 1 mjesec s prihodima na kraju razdoblja od 72 768 030 kn te uz izgrađenost DTK od 70% isplativost će biti nakon 2 godine i 10 mjeseci uz prihode na kraju razdoblja od 75 974 986 kn. Pretpostavka je da je na području grada Gospića maksimalna izgrađenost DTK infrastrukture koja ima dovoljne kapacitete za polaganje svjetlovodnih kablova do 30% te se ti podaci smatraju najrelevantnijima.

### 6.2.2. Analiza isplativosti kod optimističnog scenarija

Provedenom analizom i potrebnim izračunima, dobiveni su podaci o prihodima i bilanci za optimističan scenarij (tablica 6. i graf 21.).

Tablica 6. Prihodi i bilanca tijekom osmogodišnjeg razdoblja za optimističan scenarij (HRK)

Godina	Prihod – optimističan scenarij	Bilanca – optimističan scenarij, uz izgrađenost DTK mreže od:			
		0%	30%	50%	70%
<b>Početno stanje</b>	-	-31 967 680	-27 157 246	-23 950 290	-20 743 334
<b>2021.</b>	13 200 960	-18 766 720	-13 956 286	-10 749 330	-7 542 374
<b>2022.</b>	13 409 040	-5 357 680	-547 246	2 659 710	5 866 666
<b>2023.</b>	13 625 880	8 268 200	13 078 634	16 285 590	19 492 546
<b>2024.</b>	13 848 600	22 116 800	26 927 234	30 134 190	33 341 146
<b>2025.</b>	14 080 560	36 197 360	41 007 794	44 214 750	47 421 706
<b>2026.</b>	14 318 880	50 516 240	55 326 674	58 533 630	61 740 586
<b>2027.</b>	14 564 700	65 080 940	69 891 374	73 098 330	76 305 286
<b>2028.</b>	14 819 760	79 900 700	84 711 134	87 918 090	91 125 046



Graf 21. Bilanca tokom osmogodišnjeg razdoblja za optimističan scenarij

Ukoliko je investicija bila isplativa u pesimističnom scenariju, logično je zaključiti da će biti i u optimističnom što je prikazano i podacima u tablici 6. Uz pretpostavku da se na području grada Gospića gradi nova DTK infrastruktura za polaganje svjetlovodnih kablova, tada će

investicija u optimističnom scenariju biti isplativa za 3 godine i 5 mjeseci, uz prihod od 79 900 700 kn na kraju osmogodišnjeg razdoblja. Uz izgrađenost DTK od 30%, isplativost će biti nakon 3 godine uz prihod na kraju razdoblja 84 711 134 kn. Za izgrađenost DTK od 50%, isplativost investicije biti će u 2 godine i 10 mjeseci uz prihod na kraju 2028. od 87 918 090 kn. Zadnji slučaj kod izgrađenosti od 70% DTK, investicija će biti isplativa za 2 godine i 7 mjeseci uz prihode na kraju osmogodišnjeg razdoblja od 91 125 046 kn.

## 7. Zaključak

Razvijanje novih tehnologija i usluga odvija se velikom brzinom i u skladu s time potrebna je odgovarajuća infrastruktura. Infrastruktura izvedena pomoću svjetlovodnih kablova smatra se najboljim rješenjem kao odgovor na zahtjeve korisnika za većom kvalitetom usluge te većim brzinama Interneta. Većina telekomunikacijske infrastrukture u Hrvatskoj se još uvijek zasniva na bakrenim paricama koje se ne smatraju idealnim rješenjem za budućnost, zbog manjih brzina i kvalitete u odnosu na svjetlovodnu mrežu. Glavni nedostatak svjetlovodnih mreža je visoka cijena implementacije pogotovo u ruralnim područjima gdje ne postoji odgovarajući tržišni interes. Brojne subvencije Europske unije povećavaju interes i olakšavaju izgradnju svjetlovodne mreže upravo u takvim područjima.

Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Gospića. Provedenom anketom utvrđeno je da brzine pristupa Internetu na području grada ne prelaze 100 Mbit/s, tj. najveći postotak korisnika koristi brzine do 30 Mbit/s koje omogućuju xDSL tehnologije te se javlja potreba za kvalitetnijom infrastrukturom putem FTTx tehnologija.

Analiza isplativosti projekta izgradnje svjetlovodne pristupne mreže provedena je koristeći Lator-ov troškovni model, HAKOM-ova godišnja izvješća o promjenama broja korisnika na bazi određenih usluga te na temelju podataka dobivenih anketom.

Izračuni isplativosti investicije dobiveni su koristeći dva karakteristična scenarija, pesimistični i optimistični. Također, zbog nepoznatih podataka o stanju DTK mreže na području grada Gospića, u obzir su bila uzeta 4 različita slučaja (izgrađenost DTK mreže od 0%, 30%, 50% i 70%). Kod pesimističnog scenarija, investicija je isplativa u sva 4 slučaja tokom osmogodišnjeg razdoblja i to u najboljem slučaju (izgrađenost DTK 70%) nakon 2 godine i 10 mjeseci, dok u najgorem (izgrađenost DTK 0%) za 3 godine i 9 mjeseci. Analizom optimističnog scenarija, investicija je također isplativa u sva 4 promatrana slučaja i to u najboljem slučaju za 2 godine i 7 mjeseci, a u najgorem za 3 godine i 5 mjeseci.

Rezultati dobiveni analizom u ovom radu mogli bi biti korisni potencijalnim investitorima za ulaganje u izgradnju svjetlovodne mreže na području grada Gospića, što je svakako u interesu samih građana, ali i mogućih budućih investitora, pošto je utvrđena isplativost investicije.

## Literatura

- [1] Bažant, A. et. al. (2007.) Telekomunikacije – tehnologija i tržište. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti
- [2] Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža 2011. Preuzeto sa: [https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija\\_Tehno-ekonomska%20obilje%C5%BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%C5%BEa-v%201%200.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija_Tehno-ekonomska%20obilje%C5%BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%C5%BEa-v%201%200.pdf) (Pristupljeno: lipanj 2021.)
- [3] Bažant, A. et. al. (2007.) Osnove arhitekture mreža. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti
- [4] Tesla cables. Preuzeto sa: <https://www.teslacables.com/proizvod/377> (Pristupljeno: lipanj 2021.)
- [5] Hrvatska u brojkama 2020. Preuzeto sa: [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/CroInFig/croinfig\\_2020.pdf](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/CroInFig/croinfig_2020.pdf) (Pristupljeno: lipanj 2021.)
- [6] Nacionalni plan razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2021. do 2027. godine. Preuzeto sa: [https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/PROMET/Promet%203\\_21/MMPI-NPR-BB2021-2027-VRH%2011-3\\_21.pdf](https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/PROMET/Promet%203_21/MMPI-NPR-BB2021-2027-VRH%2011-3_21.pdf) (Pristupljeno: srpanj 2021.)
- [7] Indeks gospodarske i društvene digitalizacije (DESI) za 2020. Preuzeto sa: <https://www.hst.hr/media/DESI-2020-CROATIA.pdf> (Pristupljeno: srpanj 2021.)
- [8] HAKOM. Preuzeto sa: <https://www.hakom.hr/hr/e-trziste/212> (Pristupljeno: srpanj 2021.)
- [9] European commission. Preuzeto sa: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/INF\\_19\\_4251](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/INF_19_4251) (Pristupljeno: srpanj 2021.)



- [10] Grad Gospić. Preuzeto sa: <https://gospic.hr/> (pristupljeno: srpanj 2021.)
- [11] Šimunić, N., Turk I. Stanovništvo grada Gospića i održivi razvoj: Izazovi budućnosti
- [12] Područja dostupnosti širokopojasnog pristupa. Preuzeto sa: <http://bbzone.hakom.hr/hr-HR/SirokopojasniPristup#sthash.yZHZseKK.dpbs> (Pristupljeno: srpanj 2021.)
- [13] Odabir najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu širokopojasnog pristupa - izvršni sažetak 2012. Preuzeto sa: [https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator\\_MMPI\\_studija\\_Izvr%C5%A1ni\\_s\\_a%C5%BEetak\\_final.pdf](https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator_MMPI_studija_Izvr%C5%A1ni_s_a%C5%BEetak_final.pdf) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [14] Shaping Europe's digital future. Preuzeto sa: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/broadband-investment-guide> (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [15] Priručnik za nositelje projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture nove generacije. Preuzeto sa: [https://nop.hakom.hr/UserDocsImages/Dokumenti/Digitalni%20priru%C4%8Dnik%20ESI%20fondovi%20i%20ONP\\_HAKOM\\_NOP.pdf](https://nop.hakom.hr/UserDocsImages/Dokumenti/Digitalni%20priru%C4%8Dnik%20ESI%20fondovi%20i%20ONP_HAKOM_NOP.pdf) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [16] Odabir najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu širokopojasnog pristupa 2012. Preuzeto sa: [https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator\\_MMPI\\_studija\\_final.pdf](https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator_MMPI_studija_final.pdf) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [17] Radionov N. Financiranje univerzalne usluge širokopojasnog pristupa Internetu: Novi izazovi za Hrvatsku 2017. Znanstveni rad
- [18] Studija FTTH poslovnih modela u Hrvatskoj 2010. Preuzeto sa: [https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator\\_HAKOM\\_studija\\_N-VV-3\\_10.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator_HAKOM_studija_N-VV-3_10.pdf) (Pristupljeno: kolovoz 2021.)

- [19] Elixmann, D. WIK-Consult, The Economics of Next Generation Access – Final Report. 2008.
- [20] Planiranje telekomunikacijskih mreža. Preuzeto sa: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/P/Planiranje\\_telekomunikacijskih\\_mreza/Materijali/12\\_2\\_Sir\\_okopojasna\\_pristupna\\_mreza.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/P/Planiranje_telekomunikacijskih_mreza/Materijali/12_2_Sir_okopojasna_pristupna_mreza.pdf) (Pristupljeno: rujan 2021.)

## Popis kratica

FTTx (Fiber to the x) optička nit do x

FTTH (Fiber to the Home) optička nit do kuće

FTTB (Fiber to the Building) optička nit do zgrade

FTTC (Fiber to the Curb) optička nit do pločnika

FTTCab (Fiber to the Cabinet) optička nit do kabineta

OLT (Optical Line Terminal) optički linijski terminal

ONT (Optical Network Termination) optički mrežni završetak

ONU (Optical Network Unit) optička mrežna jedinica

NT (Network Termination) mrežni završetak

P2P (Point-to-point) poveznica od točke do točke

P2MP (Point-to-multipoint) od točke prema više točaka

MpoP (Metro Point of Presence) lokalni čvor

DP (Distribution Point) distributivni čvor

SDM svjetlovodna distribucijska mreža

SGM glavna svjetlovodna mreža

PON (Passive Optical Network) pasivna optička mreža

TDM (Time Division Multiplexing) vremensko multipleksiranje

APON (ATM over PON) atm preko pasivne optičke mreže

EPON (Ethernet over PON) ethernet preko pasivne optičke mreže

BPON (Broadband over PON) širokopojasnost preko pasivne optičke mreže

GPON (Gigabit PON) gigabitna pasivna optička mreža

NG-PON2 (Next Generation Passive Optical Network 2) pasivna optička mreža sljedeće generacije

ATM (Asynchronous Transfer Mode) asinkroni mod prijenosa

WDM (Wavelength Division Multiplexing) valno multipleksiranje

DTK distributivna telekomunikacijska kanalizacija

DSL (Digital Subscriber Line) digitalna pretplatnička linija

ODF (Optical Distribution Frame) svjetlovodni prospojnik

HAKOM Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti

NGN (Next Generation Network) mreža nove generacije

EU Europska unija

DBO (design, build and operate) planiraj, izgradi i upravljaj model

LRIC (Long Run Incremental Cost) dugoročni inkrementalni trošak

ARPU (Average Revenue per User) prosječni prihodi po korisniku

IPTV SD (Internet Protocol Television-Standard Definition) televizija bazirana na Internet protokolu standardne rezolucije

IPTV HD (Internet Protocol Television-High Definition) televizija bazirana na Internet protokolu visoke rezolucije

VoIP (Voice over Internet Protocol) prijenos glasa preko Internet protokola

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) asimetrična digitalna pretplatnička linija

ERDF Europski fond za regionalni razvoj

HT Hrvatski telekom

Mbit/s (Mbps) megabita po sekundi

PVC (Polyvinyl chloride) polivinil klorid

PEHD (Polyethylen High-density) polietilen visoke gustoće

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) sinkronizirana digitalna hijerarhija

WACC (The Weighted Average Cost of Capital) ponderirani prosječni trošak kapital

## Popis slika

Slika 1. Arhitektura FTTx sustava, [1].....	4
Slika 2. Elementi i čvorovi FTTH mreže, [2].....	5
Slika 3. Struktura FTTH mreže od točke do točke, [20].....	6
Slika 4. Struktura PON FTTH mreža, [20].....	7
Slika 5. Opcije vođenja svjetlovodnih kablova i opreme u FTTH mreži, [2] .....	9
Slika 6. Svjetlovodni kabel, [4] .....	11
Slika 7. Podaci o povezivosti, [7] .....	14
Slika 8. Administrativna podjela grada Gospića, [11] .....	17
Slika 9. Dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu 2-30 Mbit/s, [12].....	17
Slika 10. Dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu 30-100 Mbit/s, [12].....	18
Slika 11. Dostupnost brzina širokopojasnog pristupa Internetu iznad 100 Mbit/s, [12].....	19
Slika 12. Prikaz različitih izvora financiranja izgradnje širokopojasne infrastrukture, [16]...	30
Slika 13. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora (idealni slučaj), [2].....	35
Slika 14. Struktura jediničnih troškova alternativnog i infrastrukturnog operatora s fizičkim pristupom na razini DČ-a, [2].....	37
Slika 15. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na razini LČ-a, [2].....	38
Slika 16. Struktura jediničnih troškova u FTTH mreži u slučaju ekonomske neodrživosti, [2] .....	39
Slika 17. Latorov poslovni FTTH model, [18] .....	44
Slika 18. Postupak izračuna prihoda od korisnika za 2021.g. (pesimističan i optimističan scenarij) .....	53

## Popis tablica

Tablica 1. Osnovni parametri za izračun troškova pružanja širokopojasnih usluga .....	34
Tablica 2. Karakteristike geotipova, [2].....	45
Tablica 3. Promjena broja korisnika prema različitim uslugama na godišnjoj razini.....	49
Tablica 4. Promjena broja korisnika različitih usluga na godišnjoj razini .....	50
Tablica 5. Prihodi i bilanca tijekom osmogodišnjeg razdoblja za pesimistični scenarij (HRK) .....	53
Tablica 6. Prihodi i bilanca tijekom osmogodišnjeg razdoblja za optimističan scenarij (HRK) .....	55

## Popis grafikona

Graf 1. Širokopojasni priključci po brzinama 2019. godine EU, [6].....	13
Graf 2. Broj širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže, [8].....	15
Graf 3. Broj širokopojasnih priljučaka putem nepokretne mreže po županijama u RH 2020., [8] .....	15
Graf 4. Udio operatora na području grada Gospića .....	19
Graf 5. Zadovoljstvo korisnika trenutnim uslugama .....	20
Graf 6. Brzine pristupa Internetu .....	21
Graf 7. Korišteni paketi usluga po kućanstvu.....	21
Graf 8. Mjesečni trošak tk usluga na razini kućanstva.....	22
Graf 9. Primjedba korisnika na sporo učitavanje Internet stranica ili zastajkivanje video sadržaja.....	23
Graf 10. Podjela ispitanika s obzirom na poznavanje svjetlovodne infrastrukture .....	25
Graf 11. Zainteresiranost korisnika za veće brzine Interneta putem svjetlovodne mreže .....	25
Graf 12. Udio ispitanika zainteresiranih za plaćanje dodatne naknade na mjesečnoj razini za usluge bržeg Interneta putem svjetlovodne mreže .....	26
Graf 13. Postotak potrebnih poticaja u ukupnim jediničnim troškovima po geotipovima U4-R4, [2].....	40
Graf 14. Troškovi izgradnje SDM segmenta svjetlovodne mreže (P2P i P2MP) sa postojećom DTK infrastrukturom, [2] .....	41
Graf 15. Troškovi izgradnje SDM dijela svjetlovodne mreže (P2P i P2MP) i izgradnja nove DTK mreže, [2].....	42
Graf 16. Troškovi po kućanstvu (SDM segment) prema smještaju distributivnih čvorova (P2P), [2].....	43
Graf 17. Troškovi po kućanstvu (SDM segment mreže), DTK mreža sa PEHD/PVC cijevima, P2P topologija, [2] .....	43
Graf 18. ARPU (pesimističan scenarij).....	51
Graf 19. ARPU (optimističan scenarij) .....	52
Graf 20. Bilanca tokom osmogodišnjeg razdoblja za pesimističan scenarij .....	54
Graf 21. Bilanca tokom osmogodišnjeg razdoblja za optimističan scenarij .....	55



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 isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže**  
**na području grada Gospića**

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 9.9.2021 \_\_\_\_\_

Student/ica:

(potpis)