Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka

Smiljanić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:119:144307

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Luka Smiljanić

ANALIZA ISPLATIVNOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNE PRISTUPNE MREŽE NA PODRUČJU GRADA ZABOKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 1. travnja 2020.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5899

Pristupnik: **Luka Smiljanić (0135237557)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

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

Opis zadatka:

Opisati tehnologije širokopojasnog pristupa i analizirati primjenu postojećih tehnologija na primjeru grada Zaboka. Primjenom geodemografske analize analizirati troškove i ocjeniti isplativost implementacije svjetlovodne pristupne mreže.

Mentor:

prof. dr. sc. Zvonko Kavran

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka

Analisys of Optical Access Network Implementation in Zabok

Mentor: Prof. dr. sc. Zvonko Kavran

Student: Luka Smiljanić

JMBAG: 0135237557

Zagreb, 2020.

SAŽETAK

Svrha istraživanja u ovom diplomskom radu je utvrditi geodemografski tip naselja Zabok iz podataka o broju i gustoći stanovnika, te na osnovu toga primjenom odgovarajućeg modela utvrditi troškove uvođenja svjetlovodne pristupne mreže. Isplativost uvođenja svjetlovodne mreže analizira se primjenjujući metodu anketiranja kojom se istražuje potražnja za uslugama i mogući budući prosječni prihodi po korisniku. U radu su provedena dva slučaja isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže, pesimistični i optimistični. Za oba slučaja smo izračunavali moguće prosječne prihode po korisniku i na temelju njih i kretanja broja korisnika po usluga, provedena je analiza iz koje je dokazano da je investicija isplativa u oba slučaja.

KLJUČNE RIJEČI: svjetlovodne pristupne mreže; uvođenje; analiza; isplativost; grad Zabok

SUMMARY

The purpose of research in this thesis is to determine the geodemographic type of the settlement Zabok from data on the number and density of inhabitants, and based on that by applying the appropriate model to determine the costs of introducing fiber optic access network. The cost-effectiveness of introducing a fiber optic network is analyzed by applying a survey method that investigates the demand for services and possible future average revenues per user. The paper presents two cases of cost-effectiveness of the introduction of a fiber optic access network, pessimistic and optimistic. For both cases, we calculated the possible average revenue per user and based on them and the movement of the number of users per service, an analysis was performed which proved that the investment is profitable in both cases.

KEY WORDS: fiber access networks; introduction; analysis; cost-effectiveness; Zabok

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Arhitektura svjetlovodne mreže 3

2.1. Arhitektura FTTx mreža 5

2.1.1. Svjetlovodno vlakno do telekomunikacijskog ormarića(distribucijskog čvora) – FTTCab/FTTN 6

2.1.2. Svjetlovodno vlakno do pločnika (FTTC) 6

2.1.3. Svjetlovodno vlakno do zgrade (FTTB) 7

2.2. Arhitektura FTTH mreže 8

2.2.1. Izvedba FTTH pristupne mreže 8

2.2.2. Smještaj opreme i svjetlovodnih vlakana 9

2.2.3. Nova DTK s PEHD/PVC cijevima 10

2.2.4. Nova DTK s mikrocijenim strukturama 10

2.2.5. Postojeća DTK s PEHD/PVC cijevima 10

2.2.6. Nadzemna instalacija stupova za ovješene kablove 11

2.2.7. Opcije smještaja opreme u čvorovima 11

2.2.8. Izvedba kućne instalacije 12

2.3. Tehnologije i topologije FTTH mreža 12

2.3.1. Point-to-point FTTH mreže (P2P) 14

2.3.2. Point-to-multipoint FTTH mreže (P2MP) 15

3. Analiza postojećih pristupnih mreža u gradu Zaboku 17

3.1. Trenutno stanje u Republici Hrvatskoj 17

3.2. Trenutno stanje u gradu Zaboku 21

4. Troškovi uvođenja svjetlovodne pristupne mreže 28

4.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora 30

4.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora 31
4.3. Struktura jediničnih troškova u slučaju ekonomske neodrživosti FTTH modela 34
4.4. Poslovni model FTTH mreže 35
4.4.1. FTTH pristupna mreža 36
4.4.2. Geodemografske kategorije naselja 36
4.4.3. Potražnja za uslugama 36
4.4.4. Agregacijska jezgrena mreža 37
4.4.5. Ekonomski pokazatelji 37
4.5. Troškovi izgradnje svjetlovodne mreže po pokrivenom kućanstvu 39
4.5.1. Smještaj distribucijskih čvorova u vanjske kabinete 41
4.5.2. Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima 42
5. Tržišni interes za izgradnju FTTH mreže 43
5.1. Modeli poticanja izgradnje širokopojasne infrastrukture 44
5.2. Izvori financiranja projekata koji koriste poticaje 45
6. Studija isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka 47
6.1. Geodemografske karakteristike naselja 48
6.2. Prosječni prihodi po korisniku (ARPU) 49
6.2.1. Pesimističan scenarij 51
6.2.2. Optimistični scenarij 52
6.3. Analiza isplativosti 54
6.3.1. Analiza isplativosti pesimističnog scenarija 55
6.3.2. Analiza isplativosti u optimističnog scenarija 56
7. Zaključak 58
Literatura
Popis kratica
Popis slika

Popis grafova

Popis tablica

1. Uvod

Kako bi se zadovoljile potrebe suvremenih korisnika Interneta, razvojem novih tehnologija (IPTV, video on demand, VoIP itd), povećanjem količine podataka, što većom razinom željene kvalitete usluge i sl., porasla je potreba za većim brzinama pristupa Internetu. Velika većina područja Republike Hrvatske je pokrivena bakrenom infrastrukturom (čime zaostajemo u odnosu na druge države u Europskoj uniji (1)), koja postiže puno manje brzine u odnosu na svjetlovodnu infrastrukturu. Stoga postoji potreba da se implementira svjetlovodna infrastruktura kako bi se zadovoljile potrebe i želje što većeg broja korisnika. Ograničavajući čimbenik je cijena provođenja svjetlovodne infrastrukture, koja je izrazito visoka u odnosu na bakrenu infrastrukturu i mrežnu opremu.

Isplativost uvođenja FTTH (eng. Fiber To The Home) tehnologije prvenstveno se analizira sa geodemografskog aspekta koji uključuje kriterije stupnja urbanosti naselja, prevladavajući oblik stanovanja, broj stanovnika te površinu naselja. Isplativost uvođenja FTTH tehnologije se analizira i s tehničkog i ekonomskog aspekta. Ovim diplomskim radom se nastoji utvrditi isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na promatranom području primjenom FTTH poslovnih modela, te uzimajući u obzir geodemografske karakteristike promatranog područja. Naslov diplomskog rada je „Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka“. U izradi rada korišteni su podaci prikupljeni anketnim upitnikom. Rad je strukturiran u sedam cjelina:

1.Uvod

2.Arhitektura svjetlovodne mreže

3.Analiza postojećih pristupnih mreža u gradu Zaboku

4.Troškovi uvođenja svjetlovodne pristupne mreže

5.Tržišni interes za izgradnju FTTH mreže

6.Studija isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka

7.Zaključak

U drugom poglavlju rada opisana je arhitektura svjetlovodnih pristupnih mreža, opcije vođenja svjetlovodnih kabela i smještaj opreme, te topologije u kojima se izvode i tehnologije koje se primjenjuju u pojedinoj topološkoj izvedbi.

Treće poglavlje obuhvaća analizu postojeće infrastrukture na razini RH, te u gradu Zaboku, uz prikaz podataka i obradu podataka prikupljenih u anketi, s obzirom više faktora, udio operatora na području grada Zaboka, brzine pristupa, usluge koje korisnici koriste itd. U anketi je sudjelovalo 62 ispitanika.

Kroz četvrto poglavlje su obuhvaćeni modeli troškova uvođenja svjetlovodne pristupne mreže, s obzirom na čimbenike kao što su strukture jediničnih troškova FTTH operatora, alternativnih operatora, struktura troškova u slučaju da je FTTH model ekonomski neodrživ. Navedeni su i poslovni modeli FTTH, te troškovi izgradnje FTTH mreže po pokrivenom kućanstvu s obzirom na više parametara.

U petom poglavlju obrađuje se tržišni interes za uvođenje FTTH mreže, iz pogleda investitora i samih korisnika, o kojima su prikupljeni podaci uz pomoć ankete, te analizirani isti.

Šesto poglavlje opisuje studiju isplativosti cijelog projekta, gdje je provedena analiza s geodemografskim podacima, te podacima o prihodima korisnika, koji su također prikupljeni iz ankete.

U sedmom poglavlju iznose se zaključna razmatranja diplomskog rada.

2. Arhitektura svjetlovodne mreže

U svjetlovodne mreže ubrajaju se sve mreže kojima je cilj prijenos informacija/podataka sa jedne lokacije na drugu primjenom svjetlosnih impulsa putem svjetlovodnog vlakna.

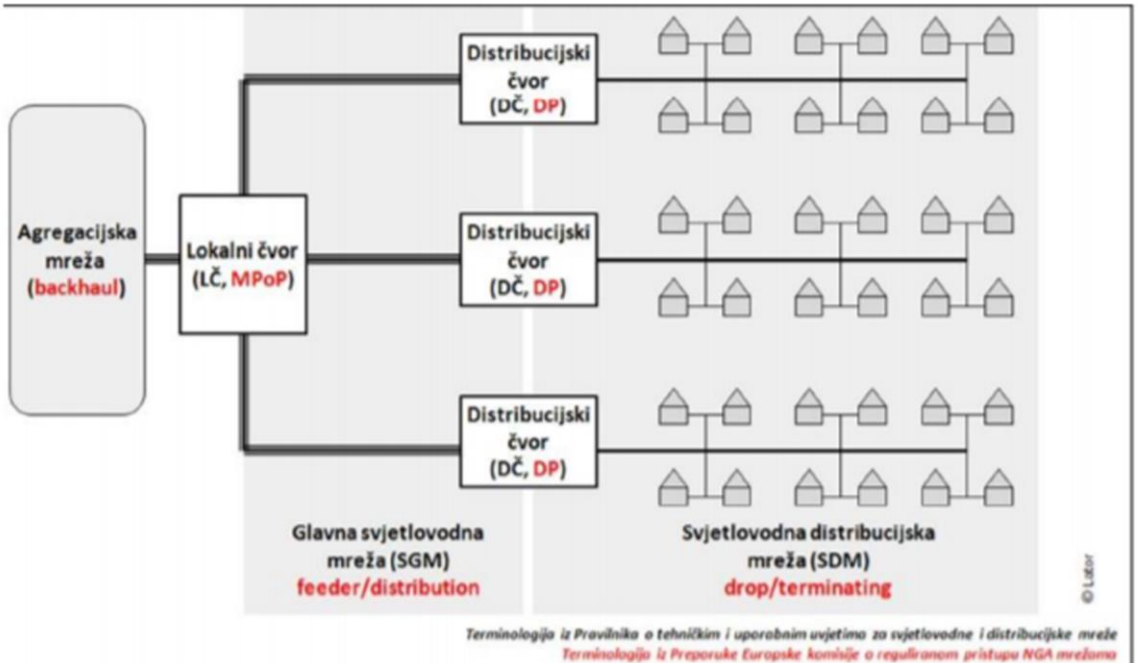
Svjetlovod je medij kojeg čini mnoštvo staklenih ili plastičnih niti koje su u mogućnosti provoditi svjetlosni signal. Iako postoje brojne prednosti u korištenju tog načina prijenosa podataka, još uvijek je većina telekomunikacijskih mreža zasnovana na širokopojasnom prijenosu podataka putem bakrenih parica odnosno na temelju primjene digitalne pretplatničke linije (eng. Digital Subscriber Line - DSL). (2)

Prednosti korištenja svjetlovodne pristupne mreže su:

- omogućuju značajno veće brzine
- omogućuju prijenos podataka na velike udaljenosti, sa manjim prigušenja signala, neovisno o lokaciji rezidencijalnog korisnika ili poslovnog prostora sa znatno manjom potrebnom energijom
- neosjetljive su na elektromagnetske smetnje, što osigurava bolju kvalitetu.

Svjetlovodna distribucijska mreža (SDM) je dio svjetlovodne pristupne mreže u cijelosti izgrađen od svjetlovodnih niti ili kabela koji povezuje neku privatnu mrežu (zgradu, stan, poslovni prostor…) i distribucijski čvor (DČ).

Distribucijski čvor (DČ) je točka koncentracije kabela SDM-a s jedne strane te pristupnih svjetlovodnih kabela spojne mreže s druge strane. DČ može biti smješten u tipskom uličnom ormaru ili u tehničkom prostoru građevine koji služi za smještaj opreme elektroničkih komunikacijskih mreža. SDM započinje u DČ-u a završava u sučelju vanjske pristupne elektroničke komunikacijske mreže (ENI; eng. external network interface), odnosno u točki zaključenja koja određuje granicu između kabliranja vanjske (javne) pristupne mreže i kabliranja elektroničke komunikacijske mreže zgrade/objekta/korisničke jedinice kao što je vidljivo na slici 1. ENI se može nalaziti u prostoru krajnjeg korisnika (stan, poslovni prostor) ili u uvodnom ormariću u zgradi. (3)



Slika 1. Shema svjetlovodne distribucijske mreže. **(4)**

Opće je poznato da je velika većina infrastrukture temeljena na bakrenim paricama, te je prvotno bila namijenjena isključivo analognom prijenosu govora, te zbog toga ima i mnogo ograničenja. Ipak, prednosti poput velike rasprostranjenosti i mogućnosti pružanja kvalitetnih širokopojasnih usluga temeljenih na DSL tehnologiji velikom broju krajnjih korisnika uz minimalna ulaganja i dalje usporavaju zamjenu postojeće mreže svjetlovodnom.

Svjetlovodne mreže u odnosu na prevladavajuće mreže temeljene na bakrenim paricama, omogućuju prijenos podataka mnogo većim brzinama, smanjena je potreba za učestalim regeneracijama signala što omogućuje prijenos podataka na velikim udaljenostima te je medij prijenosa u potpunosti neosjetljiv na elektromagnetne smetnje što u konačni osigurava bolju kvalitetu signala na odredištu. (2)

2.1. Arhitektura FTTx mreža

Najkvalitetniju varijantu širokopojasnog pristupa predstavlja pristup svjetlovnodnim vlaknima (FTTx) jer omogućava postizanje velikih brzina prijenosa i dometa prijenosa. Mana takve vrste pristupne tehnologije je cijena koja je potrebna za samu infrastrukturu mreže, čime dolazi i do povećanja cijena usluga.

Pristup mreži pomoću svjetlovodnih niti skraćeno se naziva FTTx (engl. Fiber to the x) gdje x predstavlja točku do koje je provučena svjetlovodna mreža. Pa tako postoje četiri različita tipa pristupa mreži pomoću svjetlovodne mreže, a to su svjetlovodna nit do kuće – Fiber to the Home (FTTH), svjetlovodna nit do zgrade – Fiber to the Building (FTTB), svjetlovodna nit do pločnika – Fiber to the Curb (FTTC) i svjetlovodna nit do kabineta – Fiber to the Cabinet (FTTCab). U tablici 1 su prikazane značajke tehnologija putem bakrene parice i FTTx tehnologija. (2)

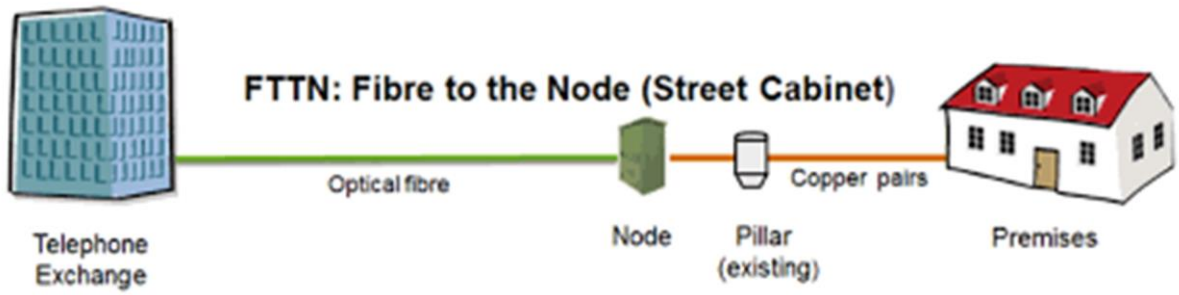
Tablica 1. Vrste žičnih pristupnih tehnologija, te njihove značajke. **(5) (6)**

Vrsta tehnologije	Pristupni medij	Potrebna infrastruktura u pristupnoj mreži	Raspon brzina: DS(silazna propunost), US(uzlazna propusnost)	Udaljenost od centrale
ADSL, ADSL2, ADSL2+	Bakrena parica	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj DSLAM-ova, ADSL modem	4-24 Mbps DS, 0,5-2 Mbps US	Do 4000 m
VDSL/FTTC, VDSL2, VDSL2+	Bakrena parica/svjetlovodno vlakno	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj DSLAM-ova, VDSL modem	16-100 Mbps DS, 1-10 Mbps US	Do 1500 m
FTTB, G.Fast	Bakrena parica/svjetlovodno vlakno	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj ONT-ova, VDSL/FTTH modem	100-330 Mbps DS 50-150 Mbps US	-
FTTH P2MP/GPON	Svjetlovodno vlakno/P2MP topologija	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj OLT-ova, ONU korisnički uređaji	2,4 Gbps DS, 2,4 Gbps US	Ograničenje najveće duljine P2MP pristupne grane do 20 km.
FTTH P2MP/10GEPON	Svjetlovodno vlakno/P2MP topologija	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj OLT-ova, ONU korisnički uređaji	10 Gbps DS, 10 Gbps US	Ograničenje najveće duljine P2MP pristupne grane do 20 km.
FTTH P2P/EFM	Svjetlovodno vlakno/P2P topologija	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj ONT-ova i usmjerivača/preklopnika	925 Mbps DS, 925 Mbps Us	Ograničenje najveće duljine P2P pristupne grane do 20 km.
NG PON1/NG PON2	Svjetlovodno vlakno/P2P topologija	DTK/nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj ONT-ova i usmjerivača/preklopnika	10 Gbps DS, 2,5 Gbps US	Ograničenje najveće duljine P2MP pristupne grane do 60 km.

2.1.1. Svjetlovodno vlakno do telekomunikacijskog ormarića(distribucijskog čvora) – FTTCab/FTTN

Kod navedenog modela svjetlovodne mreže svjetlovodno vlakno završava u aktivnom udaljenom čvoru, koji se naziva višenamjenski pristupni čvor (MSAN), obično smješten u vanjskom ormaru. Pristupni multiplekser smješten u njemu nosi sabrani promet susjedstva. Pristupni čvor povezan je s udaljenim čvorom optičkim kabelom, a zatim iz udaljenog čvora u prostor krajnjeg korisnika putem postojeće distribucijske mreže temeljene na bakrenoj infrastrukturi i VDSL tehnologiji.

FTTN (eng. *Fiber to the Node)* omogućuje širokopojasne (eng. broadband) usluge, a ovakva vrsta optičke petlje najčešće opslužuje nekoliko stotina korisnika u radijusu do 1500 m. Izgled FTTN mreže je prikazan na slici 2. (7)



Slika 2. FTTN mreža. **(8)**

2.1.2. Svjetlovodno vlakno do pločnika (FTTC)

Kao kod FTTN modela, kod FTTC modela je svjetlovodni kabel nalazi provučen od lokalne telefonske centrale do distribucijske točke (obično se naziva prigradni kabinet), odkud je i naziv modela. Od mjesta distribucije koristi se standardna telefonska linija na bazi bakrene parice, ali je manja udaljenost korisnika od centrale, obično unutar 500 m. Povezivanje s korisnicima temelji se na naprednim tehnologijama bakra, poput VDSL2 ili VDSL2 Vectoring. (7)

2.1.3. Svjetlovodno vlakno do zgrade (FTTB)

Optika do zgrade je vrsta kablovske svjetlovodne instalacije u kojoj svjetlovodna vlakna idu do točke na zajedničkom vlasništvu, a od te točke putem bakrenih parica povezuju kuće, urede ili druge prostore. FTTB aplikacije često koriste aktivne ili pasivne svjetlovodne mreže za distribuciju signala zajedničkog optičkog kabela u pojedinačna kućanstva ili urede.

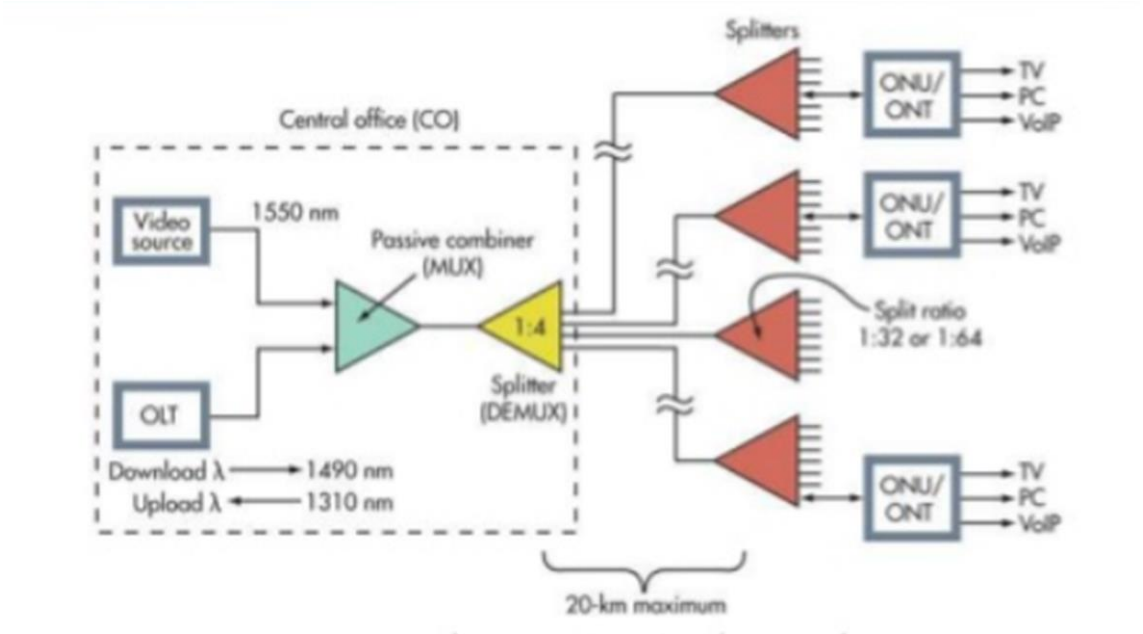
Svjetlovodna vlakna se završavaju na granici zgrade, kao što je podrum u višestambenoj jedinici. Veze između korisnika i građevinske sklopke nisu vlaknaste, ali mogu biti bakrene i sadrže neki oblik prijenosa koji odgovara sredstvu dostupnom u vertikali koja je povezana na stambene jedinice. Svaki čvor vlakna do zgrade služi jednom pretplatniku. To omogućava multi-gigabitne brzine korištenjem XG-fast tehnologije. (7)

2.2. Arhitektura FTTH mreže

2.2.1. Izvedba FTTH pristupne mreže

FTTH je pristupna mreža izvedena pomoću svjetlovodnih niti između krajnjeg korisnika i prvog zbirnog čvora operatora svjetlovodne pristupne mreže (lokalnog čvora - LČ, eng.Metro Point of Presence - MPoP). Unutar FTTH mreže smješten je i distribucijski čvor (DČ, eng. Distribution Point - DP) koji razdvaja krajnji dio mreže od korisnika (SDM - Svjetlovodna distribucijska mreža, eng. drop ili terminating segment) te preostali dio mreže prema LČ-u (SGM - glavne svjetlovodne mreže, eng. feeder ili distribution segment).

Distribucijski čvor je fizička točka sabiranja većeg broja trasa vođenja svjetlovodnih niti iz SDM u nekoliko trasa vođenja svjetlovodnih niti u SGM-u prema lokalnom čvoru. Unutar područja pokrivanja lokalnog čvora nalazi se više distribucijskih čvorova. Od LČ prema jezgrenoj mreži operatera nalazi se agregacijska mreža, a shema čvorova FTTH mreže se nalazi na slici 4. (9)



Slika 3. FTTH mreža. **(10)**

2.2.2. Smještaj opreme i svjetlovodnih vlakana

U razvijenijim i urbanim područjima najzastupljeniji način polaganja svjetlovodnih kabela je unutar plastičnih cijevi putem podzemne distribucijske telekomunikacijske kanalizacije (DTK). U ruralnim i suburbanim (rijeđe naseljena područja) područjima ovisno o razvoju naselja najuobičajeniji način vođenja kabela je putem nadzemnog vođenja svjetlovodnih kabela ovješenih na betonske stupove.

Ostala oprema pasivna ili aktivna (pasivna oprema ne zahtjeva strujno napajanje) koja se nalazi u čvorovima FTTH mreže (DČ i LČ) se može smjestiti u unutarnjim tehnološki opremljenim prostorima (engl. indoor) ili u kabinetima postavljenim na vanjskim površinama (engl. outdoor cabinet).

Jedan od važnijih djelova FTTH mreže predstavlja završna kućna instalacija svjetlovodnih niti od indoor ili outdoor cabineta do krajnjeg korisnika. U odnosu na stare kućne instalacije izvedene putem bakrenih parica koje su već bile postavljene zbog analogne telefonije svjetlovodne instalacije nisu izvedene u većini zgrada osim u novogradnji. (11)

Infrastrukturne opcije vođenja svjetlovodnih kabela između čvorova, njihova smještaja i izbora svjetlovodnih kabela su sljedeće:

- Nova DTK s PEHD/PVC cijevima
- Nova DTK s mikrocijevnim strukturama
- Postojeća DTK s PEHD/PVC cijevima
- Nadzemna instalacija stupova za ovješene kabele

2.2.3. Nova DTK s PEHD/PVC cijevima

Kod ove opcije vođenja svjetlovodnih kabela se predviđa izgradnja nove DTK mreže uz korištenje standardnih PEHD cijevi (eng. polyethylene high-density - polietilen visoke gustoće) koje su promjera od 20 do 50 mm ili 63 do 110 mm. Veće cijevi su isto izgrađene od polietilena ili od PVC (eng. Polyvinyl chloride - polivinil klorid).

Ovisno o planiranim kapacitetima i novčanim mogućnostima investitora, izgrađuju se adekvatni zdenci i uz njih se polažu odgovarajući broj cijevi sa odgovarajućim promjerom. Veličina zdenaca odgovara broju i kapacitetu svjetlovodnih kabela unutar pojedinog segmenta DTK mreže. Koriste se standardizirani kabelski zdenci D0-D4. Ova DTK mreža je namijenjna za standardne svjetlovodne kabele do 288 niti promjera 19mm. Kod izgradnje novih DTK mreža se u pravilu ne koristi ovaj način, nego se koriste mikrocijevne strukture u koje se polažu mikrokabeli.

2.2.4. Nova DTK s mikrocijenim strukturama

Ovaj način izvođenja svjetlovodne mreže se većinom koristi u ruralnim područjima i suburbanim područjima gdje je takav način izvođenja dopušten. Izgradnja nadzemne instalacije stupova za ovješene svjetlovodne kabele je puno povoljnija opcija u ruralnim područjima u odnosu na DTK, iako su veći troškovi održavanja i kraći je vijek trajanja. Kabeli koji se koriste kod nadzemnog postavljanja imaju robusnije karakteristike, ali manji kapacitet po istom promjeru kabela u odnosu na kabele za podzemno postavljanje. (12) (9)

2.2.5. Postojeća DTK s PEHD/PVC cijevima

Kod ovakve opcije se predviđa polaganje mikrocjevnih kabela unutar već postojeće DTK mreže sa standardnim PEHD i PVC cijevima. Ova se opcija koristi ako postoji znatno pojeftinjenje izgradnje svjetlovodne mreže, te se mora samo plaćati najam i održavanje ovisno o vlasničkoj strukturi. Moraju postojati dostupni kapaciteti u mreži, slobodni prostor u PEHD i PVC cijevima za uvlačenje svjetlovodnih mikrokabela. Manipulacija svjetlovodnim mikrokabelima unutar postojeće DTK mreže osigurana je kroz postojeće kabelske zdence.

2.2.6. Nadzemna instalacija stupova za ovješene kablove

Ovakav način izvođenja svjetlovodne mreže se većinom koristi u ruralnim područjima i suburbanim područjima gdje je takav način izvođenja dopušten. Izgradnja nadzemne instalacije stupova za ovješene svjetlovodne kabele je povoljnija opcija u ruralnim područjima u odnosu na DTK. Iako ima veće troškove održavanja i kraći vijek trajanja. Kabeli koji se koriste kod nadzemnog postavljanja imaju robusnije karakteristike, ali manji kapacitet po istom promjeru kabela u odnosu na kabele za podzemno postavljanje.

2.2.7. Opcije smještaja opreme u čvorovima

Unutar FTTH pristupne mreže nalaze se lokalni čvor (LČ) i distribucijski čvor (DČ). Neovisno o izabranoj opciji vođenja i vrste svjetlovodnih kabela, potrebnu opremu u LČ-u i DČ-u moguće je smjestiti u unutarnje tehnološki opremljene prostore ili u vanjske kabinete. Smještaj opreme u unutarnje prostore je jeftinija opcija. Predviđeno je da oprema u LČ bude smještena u unutarnje prostore a oprema u DČ po potrebi i mogućnostima u unutarnje prostore ili vanjske kabinete. (12)

Ovisno o tehnologiji u FTTH mreži unutar DČ smješta se aktivna oprema kod P2P (eng Point to Point - od točke do točke) mreža uz korištenje Ethernet tehnologije ili pasivna oprema kod P2MP (eng. Point to Multipoint - točka prema više točaka) uz korištenje PON (eng. Passive Optical Network - pasivna optička mreža) tehnologije.

Unutar distribucijskog čvora predviđen je smještaj aktivne ili pasivne opreme što ovisi o izboru tehnologije u FTTH mreži. Aktivna oprema se koristi ako se radi o Ethernet tehnologiji kod P2P (eng. Point to Point) mreža dok se pasivna oprema koristi ako se radi o PON tehnologiji kod P2MP (eng. Point to Multi Point) mreža. Ranije je spomenuto kako smještaj aktivne opreme zahtjeva dovod napajanja. Kako pasivna oprema ne zahtijeva dovod napajanja tako i klimatski uvjeti ne predstavljaju problem. Bitno je napomenuti kako se u LČ-u predviđa smještaj samo aktivne opreme.

U skladu s planiranim kapacitetima elektroničkih komunikacijskih mreža obavlja se planiranje kapaciteta distributivne kabelske kanalizacije. „Planirani kapaciteti pristupnih elektroničkih komunikacijskih mreža na određenom području moraju zadovoljiti potrebe svih izgrađenih i planiranih objekata na području planiranja i to za razdoblje od najmanje 5 godina. Osim kapaciteta pristupnih elektroničkih komunikacijskih mreţa planirani kapacitet kabelske kanalizacije mora zadovoljiti i potrebe za polaganje spojnih kabela.“ Svjetlovodni prospojnici ODF (eng. Optical Distribution Frame) smještaju se u za to predviđen prostor u oba čvora LČ i DČ. Svjetlovodni prospojnici predstavljaju točke fleksibilnog prospajanja svjetlovodnih niti između SDM-a i opreme u DČ-u, odnosno opreme u DČ-u i SGM-a, kao i točke prospajanja između SGM-a i LČ-a, odnosno opreme LČ-a i agregacijskog djela mreže.

2.2.8. Izvedba kućne instalacije

Troškovi instalacije svjetlovodnih niti u zgrade ili kuće do krajnjeg korisnika predstavljaju veliku stavku u ukupnim troškovima izgradnje FTTH mreže, te samim time i veliku prepreku. U većini postojećih građevina ne postoje adekvatni podžbukni kanali koji mogu poslužiti za uvođenje svjetlovodnih kabela ili su zauzeti drugim instalacijama kao što su strujni kabeli, bakrene parice, antenski kablovi. (12)

2.3. Tehnologije i topologije FTTH mreža

Pri implementaciji FTTH mreža najčešće se pojavljuju dvije osnovne skupine tehnologija i sa njima povezanih topologija. Te dvije osnovne skupine su:

- P2P (engl. point to point - od točke do točke) i
- P2MP (engl. point to multipoint - od točke prema više točaka).

U P2P mrežama koriste se različite verzije Ethernet protokola. Koja se verzija protokola koristi ovisi o najvećoj planiranoj brzini po korisniku, najvećom duljinom niti u SDM dijelu pristupne mreže i planiranom broju niti po korisniku. Može se koristiti jedna nit po korisniku za dvosmjerni promet ili dvije niti, svaka za jedan smjer. Zbog financijskih ograničenja najčešće se koristi jedna nit po korisniku sa najvećom brzinom od 100 Mbit/s u oba smjera (100-BX Ethernet sučelje). Domet je do 10 km. Po

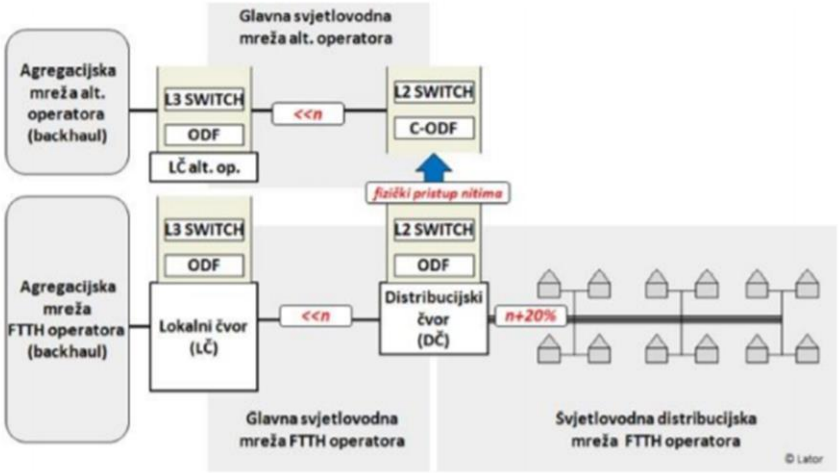
mogućnostima ako je uvedena i druga nit se može koristiti za za usluge TV programa i druge sadržaje. (13) (12)

P2MP mreže koriste PON (engl Passive Optical Network - pasivna optička mreža) tehnologije. U Europi je standardizirana GPON (Gigabit PON) tehnologija ITU-T G.984. U krajnjem dijelu mreže (nakon splitera) prema korisniku rezervirana je jedna svjetlovodna nit. U dijelu mreže između OLT čvora (engl. Optical Line Termination) i splitera koristi se jedna svjetlovodna nit za 32 ili 64 korisnika, ovisno o korištenom razdjelnom omjeru (engl. spliting ratio). Prosječni kapaciteti po korisniku u P2MP PON mreži su manji od P2P mreže. Brzine u smjeru korisnika su veće nego brzine od korisnika prema operateru.

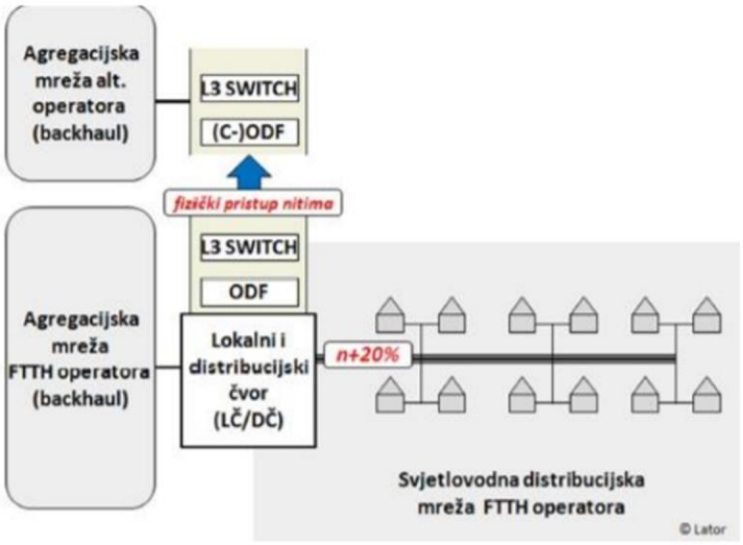
Trenutna GPON tehnologija podržava brzinu od 2.5 Gbit/s prema korisnicima i 1.25 Gbit/s od korisnika. Ta propusnost se dijeli između 32 i 64 korisnika koji se nalaze u istoj razdjelnoj grupi što daje pristupne brzine do 100 Mbit/s. U Hrvatskoj je T-com započeo izgradnju P2MP FTTH mreže sa GPON standardom. (4) (6) Kod pasivnih optičkih mreža najveća udaljenost između OLT čvora i korisnika je do 20 km. Ta udaljenost se smanjuje povećanjem broja splitera u pristupnoj mreži (npr. uvođenjem kaskada splitera). (13) (9)

2.3.1. Point-to-point FTTH mreže (P2P)

U SDM djelu mreže je planirano polaganje 20% više svjetlovodnih niti nego što je broj potencijalnih korisnika u ciljanom području. Za svakog korisnika je rezervirana po jedna nit. U ovoj arhitekturi (koja je prikazana na slici 4.) predviđeno je korištenje jednostavnijih Ethernet preklopnika (engl. Layer 2 switches) koji bi trebali smanjiti broj niti po DČ-u tako što se promet s pojedinačnih korisničkih niti sabire na manji broj niti u SGM-u. U LČ se postavlja kopleksniji Ethernet preklopnik (engl. Layer 3 Switch ili Metro Ethernet Edge) kojim se promet usmjerava dalje prema agregacijskoj mreži. Drugim alternativnim operatorima koji nisu vlasnici mreže a žele fizički pristup korisničkim nitima to je predviđeno u distribucijskom čvoru gdje oni postavljaju svoju opremu (ODF i Ethernet preklopnik) te dalje osiguravaju potrebne kapacitete i opremu u SGM-u, lokalnom čvoru i agregacijskoj mreži (prikazano na slici 5). Ovakvo rješenje FTTH mreže sa optimizacijom niti se naziva i Active Ethernet. U rijeđe naseljenim ruralnim područjima DČ i LČ se mogu objediniti u zajednički čvor kao što je prikazano na slici 6. Razlog tome je mali broj korisnika na određenom zemljopisnom području te ne postojanje tehničkih i ekonomskih razloga da se u maloj pristupnoj mreži uz lokalni čvor gradi i distribucijski čvor. Pristup alternativnim operatorima omogućava se u objedinjenom čvoru (LČ/DČ). (9)



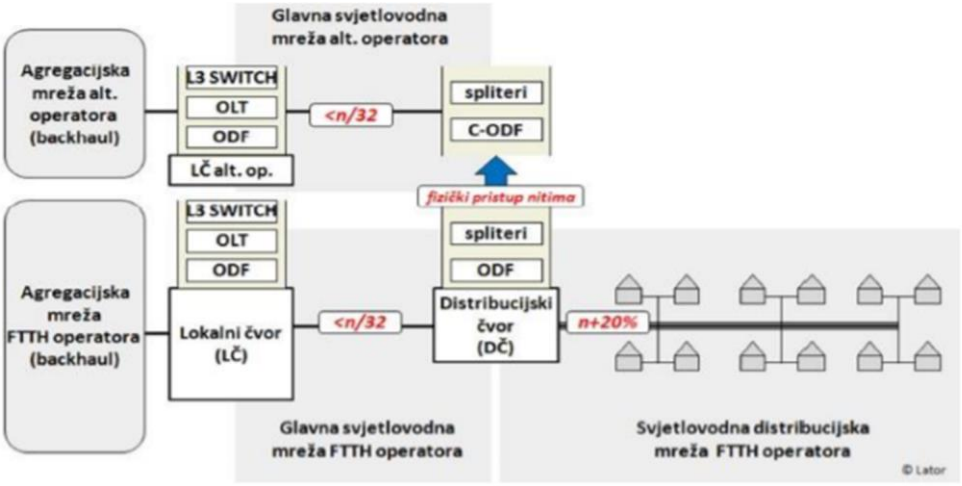
Slika 4. Arhitektura P2P mreže. **(9)**



Slika 5. Arhitektura P2P mreže s integriranim čvorovima. **(9)**

2.3.2. Point-to-multipoint FTTH mreže (P2MP)

P2MP mreža u SDM djelu pristupne mreže je identična P2P mrežama. Razlika se pokazuje u vrsti opreme postavljene u DČ i LČ te u potrebnom broju svjetlovodnih niti u SGM djelu pristupne mreže. U DČ-u se uz ODF-ove postavljaju i spliteri koji ovisno o razdjelnom omjeru PON mreže smanjuju broj niti u djelu SGM mreže. U DČ-ovima je smještena samo pasivna oprema, a u LČ-ove se postavljaju OLT-ovi i prikladni Ethernet preklopnici koji sabiru promet prema višim razinam mreže (backhaul), što je prikazano slikom 6.

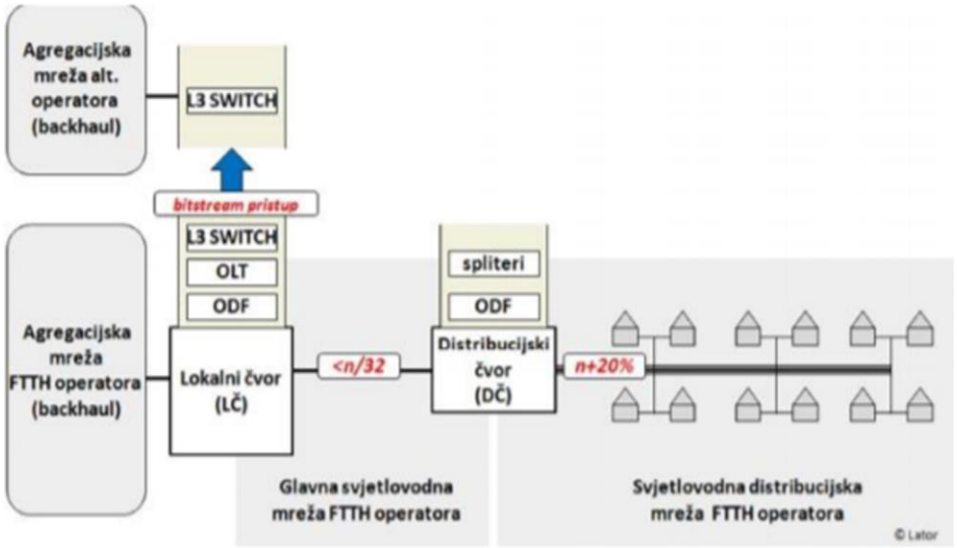


Slika 6. Arhitektura P2MP FTTH mreže, pristup alternativnih operatora u distribucijskom čvoru. **(9)**

Alternativni operatori mogu ostvariti fizički pristup korisničkim nitima iz SDM-a u distribucijskom čvoru uz postavljanje vlastitih splitera unutar distribucijskog čvora te izgradnji ili osiguranju potrebnih kapaciteta i opreme u ostalim djelovima mreže (SGM, LČ i agregacijski dio) kao što je prikazano na slici 6.

Alternativni operatori bi trebali koristiti PON tehnologiju kao i vlasnik FTTH infrastrukturni operator. Postoji mogućnost za alternativne operatore da fizičkim pristupon nitima u distribucijskom čvoru mogu ostvariti vlastitu P2P mrežu uz primjenu FTTH tehnologije.

U P2MP pristupnim mrežama postoji i mogućnost bitstream pristupa od strane alternativnih operatora u lokalnom čvoru gdje alternativni operatori na višem mrežnom sloju pristupaju korisnicima putem prikladnog sučelja na ethernet preklopnicima unutar LČ-a, a moguće i izravno putem odgovarajućeg sučelja na OLT-u, što je vidljivo na slici 7. (9)



Slika 7. Shema gdje je u P2MP mreži omogućen i bistream pristup od strane alternativnih operatora u lokalnom čvoru. **(9)**

3. Analiza postojećih pristupnih mreža u gradu Zaboku

U ovoj cjelini se navode činjenice o trenutnom stanju širokopojasnog pristupa Internetu na području Republike Hrvatske, te demografska slika RH.

Uz pomoć provedene ankete i podataka dostupnih Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti iz kojih će biti prikazani podaci o trenutnom stanju pristupnih mreža i korištenih usluga, te zadovoljstvo korisnika na području grada Zaboka.

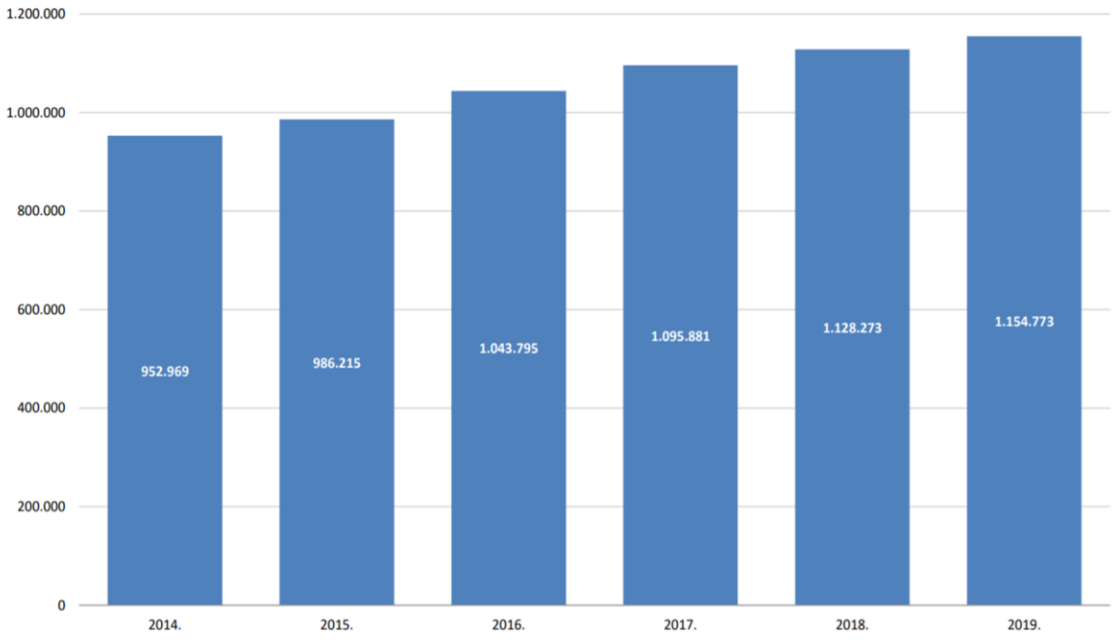
3.1. Trenutno stanje u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska je većinom ruralna država sa gustoćom naseljenosti od 72,23 st/km2 (prema procjeni broja stanovnika iz 2019. godine). U deset najvećih gradova živi trećina stanovništva. U ostalim djelovima Hrvatske naseljenost je raspršena, gdje je veliki broj manjih naselja (211) koji čine drugu trećinu stanovništva ima između 2000 i 30000 stanovnika. U preostalih 6.384 naselja naseljenosti je ispod 2.000 stanovnika. Izgradnja mreža sljedećih generacija nije isplativa za privatne operatore po uobičajenim tržišnim uvjetima izvan urbanih područja pa je potrebno koristiti državne poticaje, odnosno sredstva iz fondova Europske unije. (14)

Dosadašnje razvijanje NGA širokopojasnih infrastruktura je nezadovoljavajuće. Ponajviše zbog investicija u FTTH mreže u koje ulaže povijesni infrastrukturni operator, ali većinom u velike urbane sredine, dok alternativni operatori sudjeluju manjim dijelom u investicijama.

Prema HAKOM-ovom (Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti) izvještaju "Tromjesečni usporedni podaci tržišta elektroničkih komunikacija u RH" za drugi kvartal 2020. se vidi da je broj priključaka širokopojasnog pristupa putem nepokretnih mreža iznosi 1 025 384 što je za 0,21 % više u odnosu na prvi kvartal 2020. i 10,47% manje u odnosu na drugi kvartal 2019. Broj FTTx priključaka u tom istom razdbolju je 114 840 što daje povećanje od 2,53% u odnosu na Q1 2020 i 22,33% u odnosu na Q2 2019. Iz navedenih podataka se vidi da broj FTTX priključaka ima udio od samo 11,19% od ukupnog broja širokopojasnih priključaka, ali je vidljiv rast FTTH priključaka kroz razdbolja. (15)

Prema HAKOM-ovim podacima kreiran je graf 1 u kojem je vidljiv trend rasta priključaka širokopojasnog Interneta korisnika putem nepokretne mreže kroz nekoliko posljednjih godina. Vidljiv je postepeni rast broja širokopojasnih priključaka putem nepokretne mreže, od 2014. do 2019. je porastao broj priključaka sa 952 969 na 1 154 773, što je porast za 17,48%.



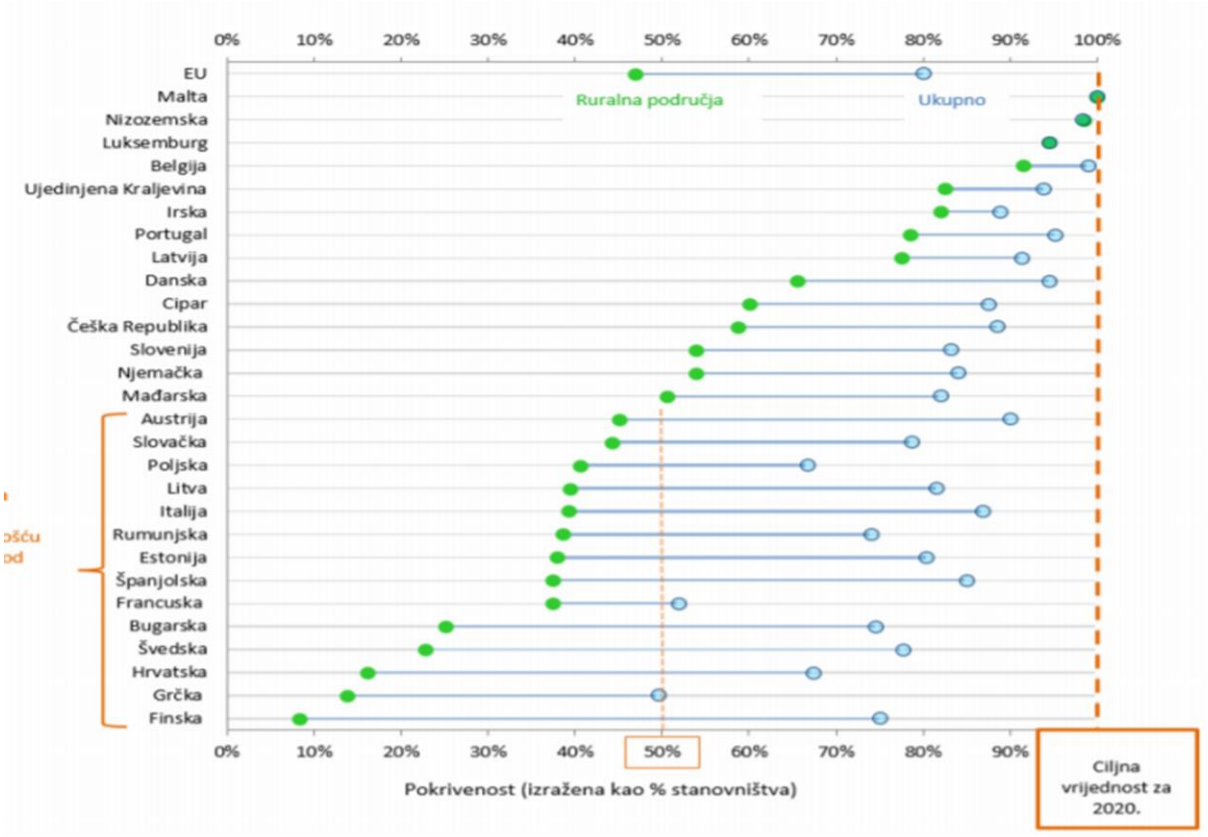
Graf 1. Porast broja priključaka širokopojasnih priključaka na nepokretnoj mreži za razdoblje 2014.-2019. **(15)**

EU je 2010. u okviru svoje strategije Europa 2020. utvrdio tri ciljne vrijednosti za širokopojasni pristup internetu: do 2013. omogućiti svim Europljanima osnovni širokopojasni pristup Internetu (do 30 megabita u sekundi (Mbps)), do 2020. omogućiti svim Europljanima brzi širokopojasni pristup Internetu (preko 30 Mbps) i do 2020. zajamčiti da je najmanje 50 % europskih kućanstava pretplaćeno na usluge ultrabrzog širokopojasnog pristupa Internetu (preko 100 Mbps). U svrhu potpore ostvarenju tih ciljeva EU je uveo niz mjera politike i regulatornih mjera te je državama članicama za razdoblje 2014. – 2020. stavio na raspolaganje otprilike 15 milijardi eura iz niza izvora i instrumenata za financiranje, uključujući 5,6 milijardi eura u okviru zajmova Europske investicijske banke (EIB). (16)

Prema strategiji Europa 2020., Hrvatska zaostaje za ostalim članicama EU s obzirom na brzinu širokopojasnog pristupa Internetu. Najveći pokazatelj zaostalosti RH u odnosu na prosjek EU je vidljivo prema brzinama širokopojasnog pristupa Internetu u ruralnim područjima što je vidljivo na grafu 2. EU dijeli brzine širokopojasnog pristupa u tri klase:

- „osnovni pristup“ (144 Kbps do 30 Mbps)
- „brzi pristup“ (30 do 100 Mbps)
- „ultrabrzi pristup“ (od 100 Mbps).

Hrvatska je u „osnovnom pristupu“ pri dnu ljestvice EU, čime je vidljivo da neće dostići cilj iz donešene „Strategije razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine, koji je bio dostići stopostotnu pokrivenost brzinama širokopojasnog Interneta od minimalno 30 Mbps, te dostupne brzine Interneta do 100 Mbps 50% kućanstava u RH. (16) (17)



Graf 2. Pokrivenost internet brzinama od 30 Mbps u ruralnim područjima u odnosu na ukupnu pokrivenost 2017.godine na razini EU. **(16)**

Uz prethodno navedene ciljeve, Strategija uključuje i „Okvirni nacionalni program za razvoj infrastrukture širokopojasnog pristupa u područjima u kojima ne postoji dostatan komercijalni interes za ulaganja", kojim se utvrđuju postupci za dobivanje državnih potpora i javno uvođenje infrastrukture IKT-a kod pristupnih mreža s brzinom preuzimanja podataka od najmanje 40 Mbit/s i brzinom učitavanja podataka od najmanje 5 Mbit/s na područjima u Hrvatskoj u kojima trenutačno ne postoji takva širokopojasna infrastruktura ili u kojima takva infrastruktura nije dostatna (tzv. bijela područja pristupa sljedeće generacije).

Sveukupni procijenjeni (maksimalni) proračun za razvoj širokopojasnih usluga iznosi 252 milijuna eura(EUR), od kojih bi 117,2 milijuna EUR trebao financirati Europski fond za regionalni razvoj, a ostatak od 134,8 milijuna EUR trebao bi pokriti zajam Europske investicijske banke. Očekuje se da će privatna sredstva dobivena tijekom provedbe projekta iznositi 120 milijuna EUR. Godišnji proračun iznosi 31,5 milijuna EUR za razdoblje 2016. – 2023.

Hrvatsko zakonodavstvo još nije u potpunosti prenijelo direktivu o smanjenju troškova kojom bi se moglo pridonijeti bržem uvođenju širokopojasnog pristupa. Povezivost je jedno od ključnih područja u koje je potrebno uložiti dodatne napore kako bi stanovništvo u Hrvatskoj mogli uživati u koristima digitalnoga gospodarstva. Iako bi se mjerama kojima se potiče konkurentnost cijena moglo riješiti pitanje financijske pristupačnosti, korisne bi bile aktivnosti kojima se osigurava uvođenje, te bolja pokrivenost. U kontekstu pokrivenosti širokopojasnim mrežama, mjerama kojima se potiču ulaganja u mreže sljedeće generacije pridonijelo bi se smanjivanju razlika u digitalnom razvoju između ruralnih i urbanih područja na način da se posveti pažnja tzv. „područjima bijele zone".

Većina ponuđenih širokopojasnih usluga je izvedena putem xDSL (eng. Digital Subscriber Line - digitalna pretplatnička linija, x - neka od DSL tehnologija) tehnologija u razini od 80%, što je iznad EU prosjeka od 66%. Korištenje bitstream usluga je poraslo sa 40% na 47% , značajno iznad EU prosjeka i proporcionalno sa padom korištenja izvedene lokalne petlje. Iako je došlo do pada u udjelu operatora sa značajnom tržišnom snagom u tržištu fiksnog širokopojasnog pristupa na 47% (EU 40%) operator sa značajnom tržišnom snagom još dominira tržištem. HT je vlasnik Iskona koji ima udio od 11.2% u fiksnom širokopojasnom tržištu, HT posjeduje 17,41% vlasničkog udjela Optima Telekoma, a Optima drži 10 % tržišnog udjela. (18)

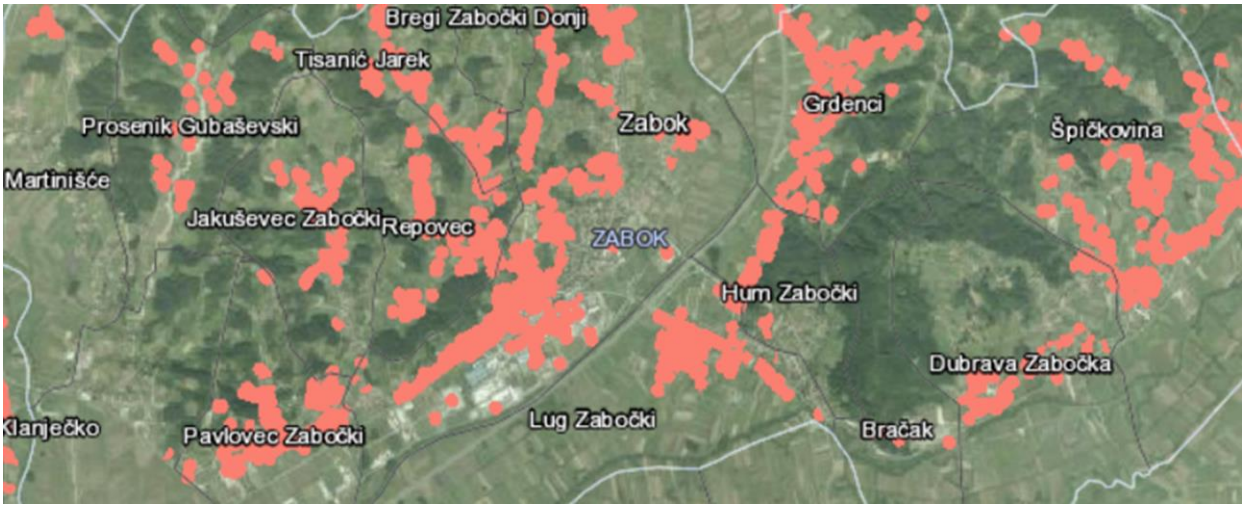
3.2. Trenutno stanje u gradu Zaboku

Grad Zabok drugi po veličini grad u Krapinsko-zagorskoj županiji i glavno je prometno središte u Hrvatskom Zagorju. Grad Zabok i okolica zajedno imaju 9 365 stanovnika, od čega u samom gradu Zaboku 2 714 stanovnika. Grad s okolicom zauzima 34,41 km2, što daje gustoću naseljenosti od 272 stanovnika/km2. Administrativno grad Zabok čini 17 jedinica što je prikazano na slici 8. (19)



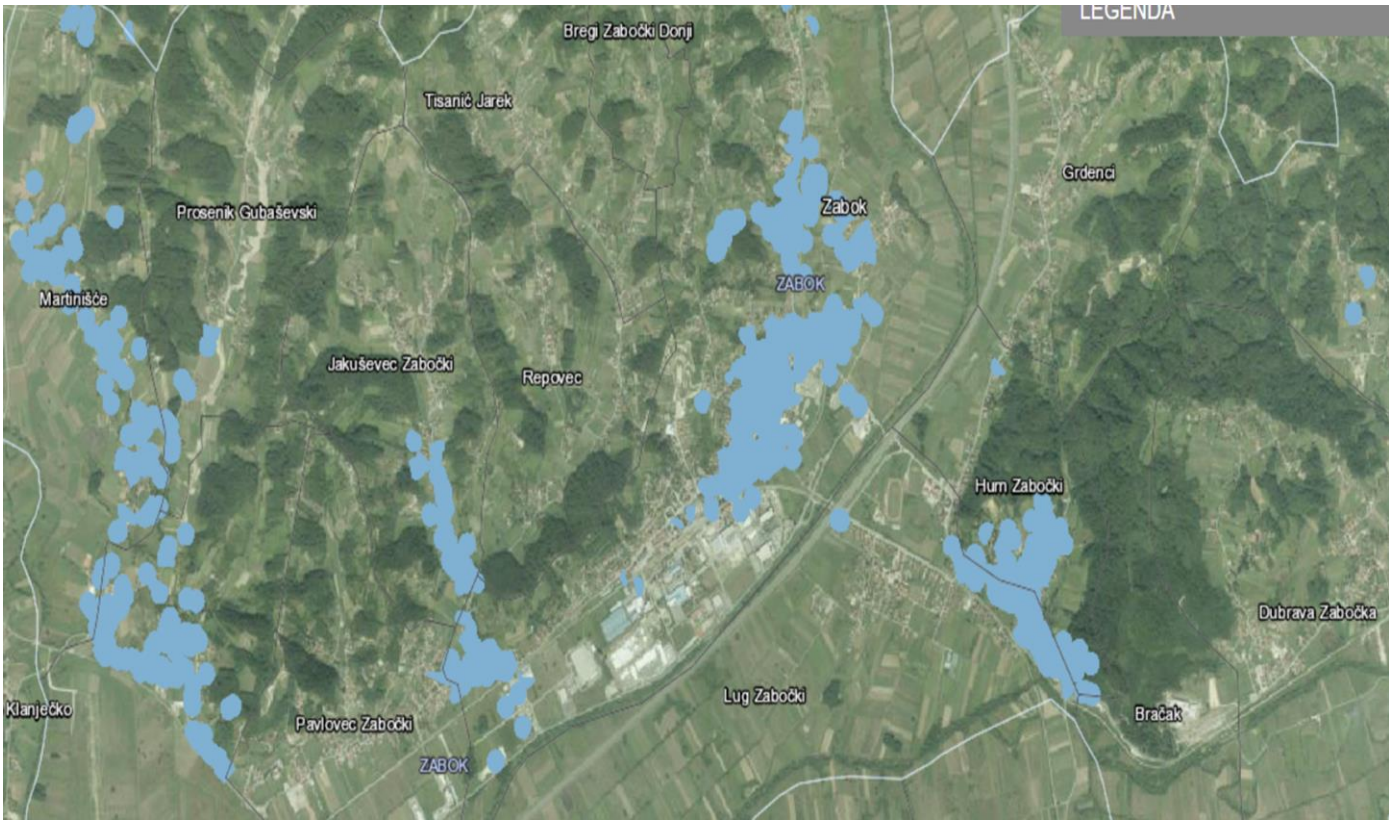
Slika 8. Administrativno područje grada Zaboka. **(20)**

U gradu Zaboku većina kućanstava ima dostupne brzine širokopojasnog pristupa Internetu do 30 Mbps što je vidljivo na slici 9, no kroz podatke koji su dobiveni iz anketa, će biti vidljivo da većina korisnika ima širokopojasni pristup Internetu s brzinama do 20 Mbps.

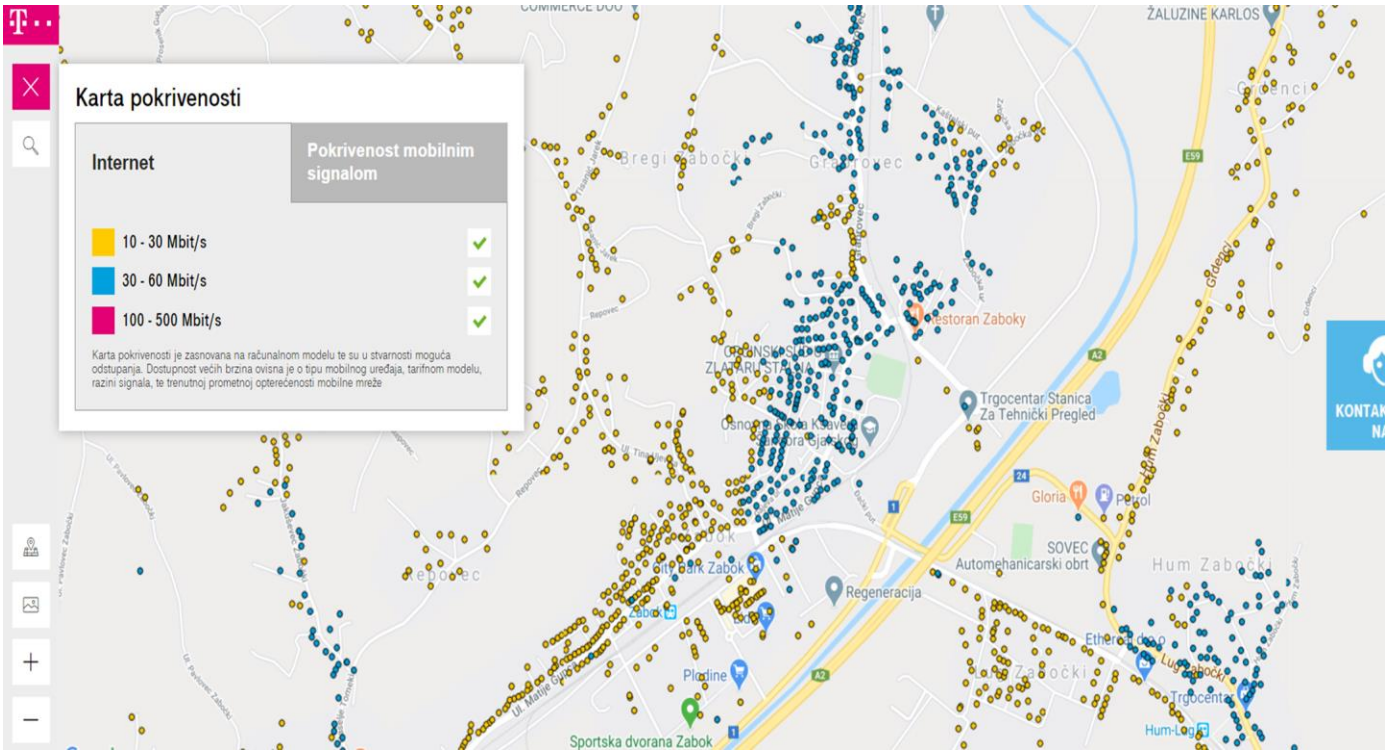


Slika 9. Pokrivenost brzinama do 30 Mbps. **(20)**

Na slici 10 je prikazana pokrivenost brzinama od 30 do 100 Mbps, i ta područja su u manjem krugu, što ukazuje na blizinu centrala do 500 m, gdje se postižu brzine do 50 Mbps. Poznato je da su u okolici grada Zaboka postavljene FTTN centrale koje omogućuje stanovnicima u više ruralnim područjima oko grada veće brzine Interneta (do 50 Mbps). Na slici 11 je vidljivo da je dostupan širokopojasan pristup s brzinama do max. 60 Mbps.



Slika 10. Pokrivenost brzinama 30-100 Mbps. **(20)**



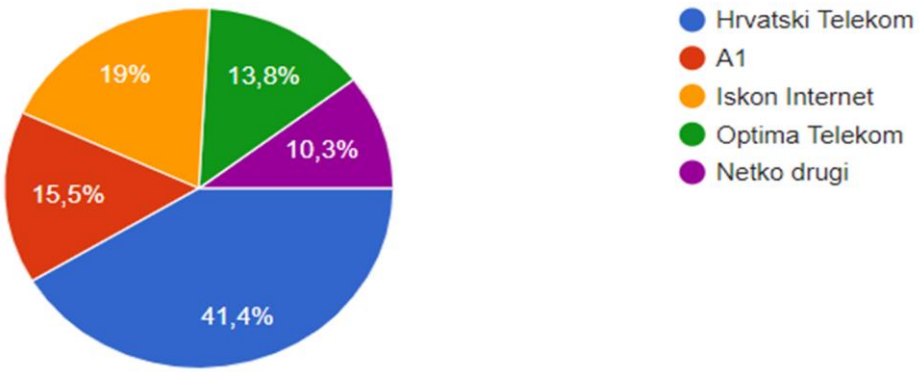
Slika 11. Karta dostupnosti širopojasnih brzina Hrvatskog telekoma u gradu Zaboku. **(21)**

Na slici 10 je vidljivo realnije stanje pokrivenosti na području grada Zaboka, gdje je prikazana po bojama kategorizacija dostupnih brzina širokopojasnog pristupa. Vidi se da je područje centra grada više obojano bojom dostupnih viših brzina, dok su dijelovi grada udaljeniji od centara pokriveni nižim brzinama. (21)

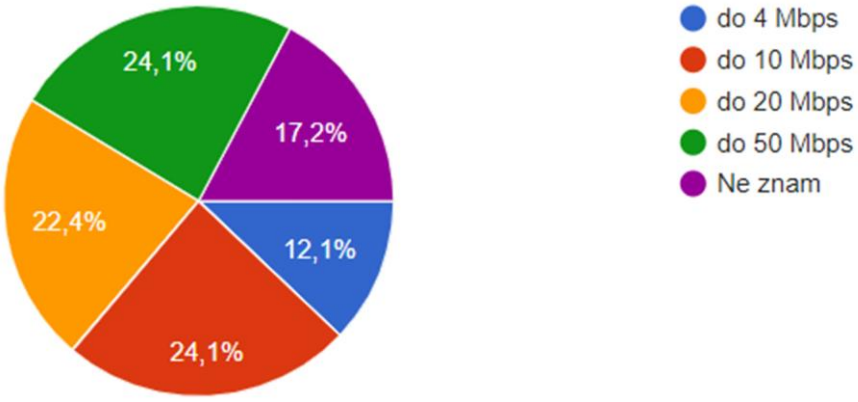
Operatori kao što su HT i Iskon Internet na tim područjima isporučuju usluge putem izdvojenih lokalnih petlji (ULL), čija je pokrivenost puno manja u odnosu na pokrivenost infrastrukture preko koje se isporučuje usluga strujenjem bitova (Naked Bitstream).

Iskon Internet u gradu Zaboku ima jednu centralu preko koje isporučuje usluge putem izdvojene lokalne petlje i isporučuju se širokopojasne usluge s maksimalnim brzinama pristupa s obzirom na udaljenost od centrale, bez da postoje rezervirani profili brzina koji su garantirani korisniku, što nije slučaj kod isporuke putem naked bitstreama, gdje su za svaku uslugu podešeni profili brzina koje korisnik može imati s obzirom na udaljenost parice od centrale i uz garantirani QoS.

Prema podacima koji su dobiveni iz ankete, iz grafa 3 je vidljivo da telekomunikacijski operator Hrvatski Telekom ima najveći broj korisnika u odnosu na druge operatore i čini više od 40% udjela na tržištu na tom području, što je i stanje u ostatku RH. Drugi operator u gradu Zaboku po zastupljenosti je Iskon Internet s 19%, a iza Iskona je A1 s 15,5%, zatim slijedi Optima Telekom s 13,8%, a 10,3% tržišta zauzima neki drugi operator.

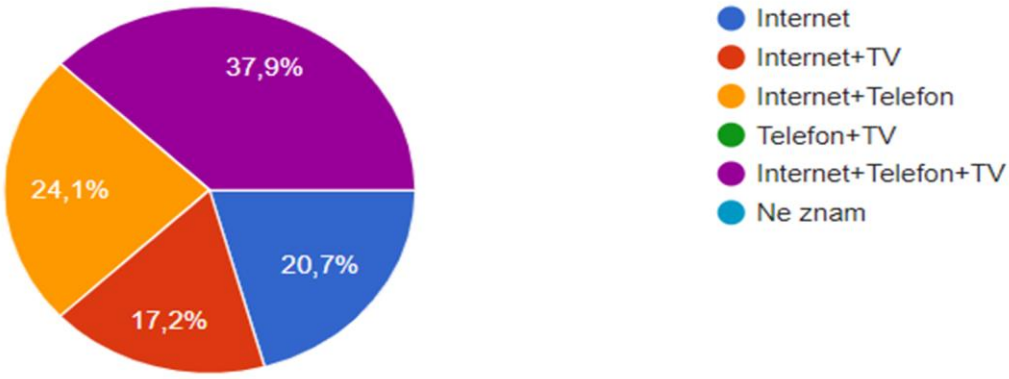


Graf 3. Udio operatora na tržištu u postocima.



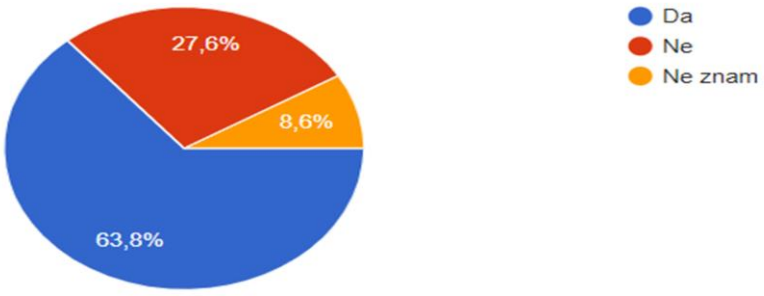
Graf 4. Brzine pristupa Internetu. **(22)**

Prema grafu 4 je vidljivo da gotovo 80% stanovništva u Zaboku i okolici imaju do brzinu Interneta do 20 Mbps, u što možemo uzeti u obzir mala odstupanja budući 17,2% anketiranog stanovništva ne zna koje su im brzine Interneta. 22,4% stanovništva imaju brzine Interneta do 20 Mbps, njih 24,1% ima brzine do 10 Mbps, a njih 12,1% ima brzine svega do 4 Mbps.



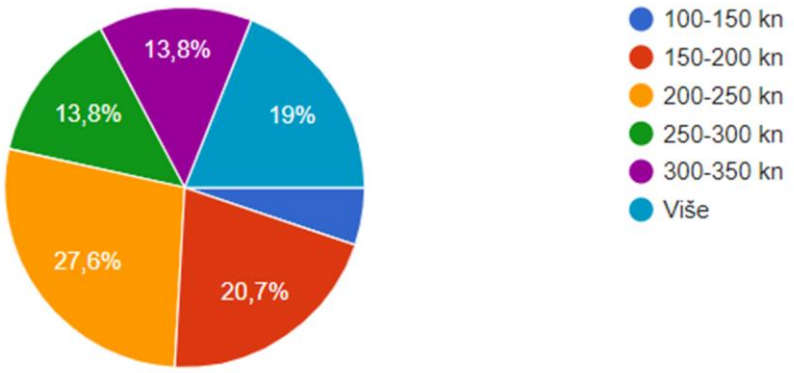
Graf 5. Podjela usluga po korisnicima u postocima. **(22)**

U grafu 5 vidimo podjelu usluga koju korisnice koriste, gdje je vidljivo da se u najvećem broju kućanstava, čak 37,9% njih koristi trio uslugu, tj. kombinaciju usluga Interneta, IPTV-a i telefona. U 24,1% kućanstava se koristi duo usluga, usluga Interneta i telefona, što pokazuje da se u više od 60% kućanstava koristi usluga telefona, za razliku od urbanih sredina gdje se smanjuje tradicija korištenja usluga telefona. 20,7% kućanstava ima uslugu samo Interneta, dok u 17,2% kućanstava se koristi kombinacija Interneta i IPTV-a.



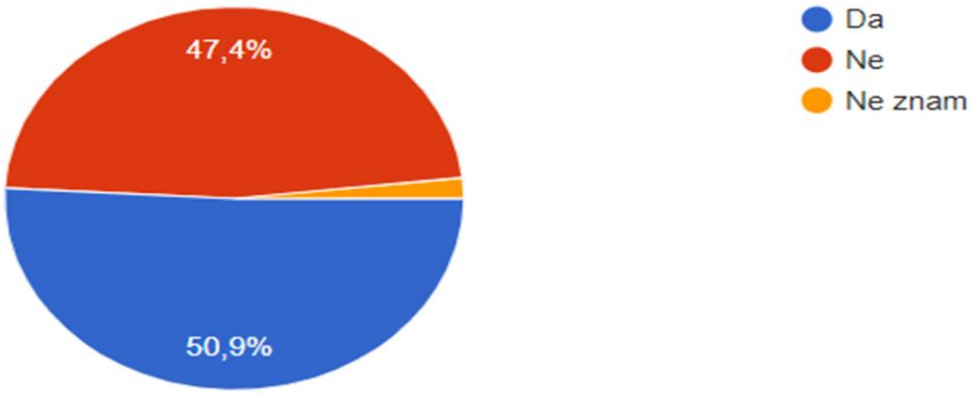
Graf 6. Podjela korisnika prema zadovoljstvu s trenutnim uslugama. **(22)**

Što se tiče zadovoljstva korisnika s uslugama koje koriste, prema grafu 6 je vidljivo da njih 63,8% ih se izjasnilo da su zadovoljni su uslugama koje koriste, što nam govori da su korisnici generalno zadovoljni s uslugama, budući da gotovo dvije trećina anketiranog stanovništva je zadovoljno. Njih 27,6% se izjasnilo da nisu zadovoljni s uslugama koje koriste, dok se njih 8,6% nije sigurno jesu li zadovoljni s trenutnom uslugom koju koriste ili nisu.



Graf 7. Podjela korisnika po mjesečnom izdvajanju financijskih sredstava za telekomunikacijske usluge. **(22)**

U grafu 7 je vidljiva podjela korisnika gdje su korisnici podijeljeni prema tome koliko mjesečno izdvajaju financijskih sredstava za telekomunikacijske usluge, gdje njih najveći postotak, 27,6% troši između 200 i 250 kn mjesečno, dok njih 20,7% troši između 150 i 200 kn mjesečno. 19% korisnika troši čak više od 350 kn mjesečno na telekomunikacijske usluge, što je u ovoj anketi bila gornja granica. U istoj mjeri korisnici troše na usluge između 250 i 300 kn, te 300 i 350 kn, 13,8% za svaku kategoriju. Najmanji broj korisnika, njih 5,2% troši na takvu vrstu usluga između 100 i 150 kn mjesečno.



Graf 8. Podjela korisnika prema tome primjećuju li zastajkivanje kod učitavanja Internet stranica i video sadržaja. **(22)**

Prema grafu 8, ispitani korisnici su odgovarali na pitanje primjećuju li zastajkivanje ili sporo učitavanje Internet stranica i video sadržaja, 50,9% ispitanika je odgovorilo da primjećuju, dok je njih 47,4% izjavilo da ne primjećuju, a njih 1,8% ne zna ako primjećuje zastajkivanja. Ovdje se vidi da blaga većina korisnika primjećuje probleme sa Internetom što ne mora uvijek biti povezano sa malim brzinama interneta ili lošom kvalitetom njihovog operatora, već može biti problem s razinom kvalitete usluge (Qos), a jedan od tih faktora može biti zagušenje kapaciteta mreže, na što pružatelj Internet usluga ne može utjecati.

4. Troškovi uvođenja svjetlovodne pristupne mreže

Troškovi FTTH mreže trebaju biti manji ili jednaki prihodima od usluga na FTTH mreži da bi poslovni model bio ekonomski održiv. Troškovi FTTH mreže su izraženi kroz dugoročni inkrementalni trošak (LRIC) pružanja usluge po korisniku, tj. koliko operatora stoji pružanje usluge po korisniku. Dugoročni inkrementalni trošak ili granični trošak je dodatni trošak koji nastaje proizvodnjom dodatne jedinice outputa. Oni pokazuju koliko se povećaju troškovi ako se poveća broj korisnika i na temelju toga se određuje cijena usluge. Proračun ekonomske održivosti svodi se na usporedbu jediničnih LRIC troškova izraženih po aktivnom korisniku s predviđenim prihodima po korisniku, oboje na mjesečnoj razini. U slučajevima u kojima su troškovi manji ili jednaki od prihoda, FTTH poslovni model je ekonomski održiv, te razlika između prihoda i troška odgovara dobiti (profitu) kojeg ostvaruje operator. U suprotnom slučaju, kod kojeg su troškovi veći od prihoda, model nije ekonomski održiv.

Obuhvaćaju anualizirane kapitalne troškove izgradnje mreže, te operativne troškove pružanja usluga. LRIC troškovi obuhvaćaju troškove pristupne mreže, troškove agregacijske i jezgrene mreže koji su neophodni za pružanje usluga. Maloprodajni troškovi pružanja usluga su postavljeni na 30 kn mjesečno po maloprodajnom korisniku, jer dodatne usluge koje se koriste uz osnovnu uslugu, nisu uzete u obzir uz predviđeni prosječni prihod po korisniku. Zajednički troškovi su obuhvaćeni dodatkom od 10% na ukupne izravne troškove pružanja usluga. Na razinu od 10% je postavljen i prosječni ponderirani trošak kapitala kao što je prikazano na tablici 2.

Tablica 2. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga **(9)**

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

Usporedbom jediničnih LRIC troškova koji su izraženi po aktivnom korisniku s predviđenim prihodima po korisniku na mjesečnoj razini se dobiva proračun ekonomske održivosti. Ako su troškovi manji ili jednaki prihodima FTTH poslovni model je održiv, te ta razlika između troškova odgovara dobiti koju ostvaruje operator. U suprotnom slučaju model nije ekonomski održiv. (9)

4.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora

Na slici 12 je prikazana struktura troškova FTTH troškova operatora koji posjeduje FTTH mrežu, te nudi usluge korisnicima na maloprodajnom tržištu. Slikom je prikazan idealan slučaj koji je ekonomski održiv i gdje su svi troškovi pokriveni prihodima od maloprodajnog korisnika.



Slika 12. Struktura jediničnih troškova za FTTH operatora u idealnom slučaju. **(9)**

Unutar određenog geotipa ukupni troškovi pasivne infrastrikture unutar SDM i SGM dijela pristupne mreže su fiksni. Uvjetovani su brojem pokrivenih kućanstava, potencijalnih korisnika i geodemografskim okolnostima. Jedinični troškovi SDM i SGM dijela mreže smanjuju se povećanjem iskoristivosti mreže sa povećanjem broja aktivnih korisnika. Sa rastom broja aktivnih korisnika rastu ukupni troškovi aktivne mrežne opreme kao što su:

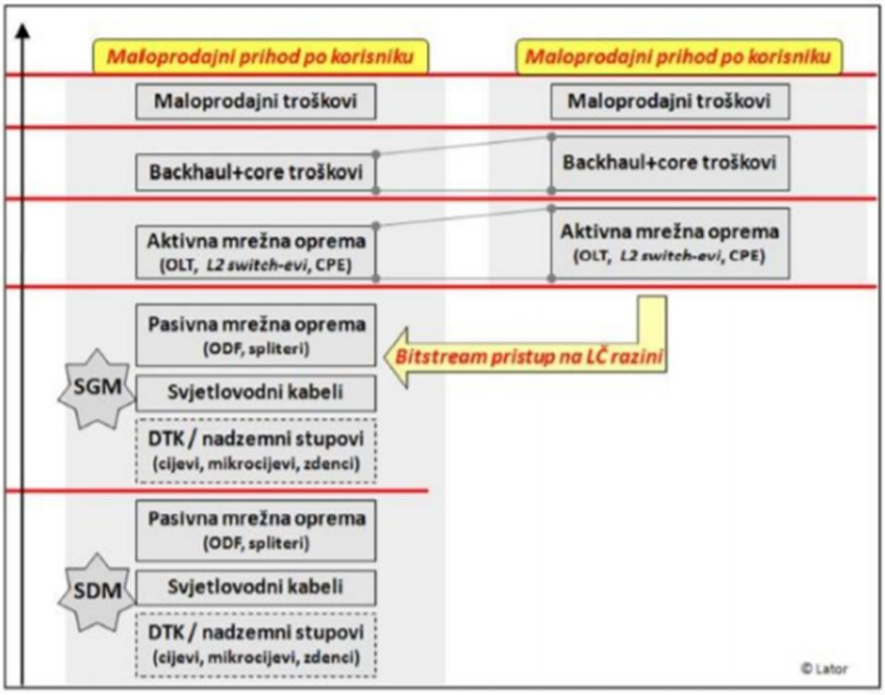
- OLT-ovi kod P2MP topologije,
- Ethernet preklopnici kod P2P topologije i
- korisnička oprema.

Za srednje vrijednosti iskoristivosti mreže jedinični troškovi su prilično jednoliki. Do povećanja jediničnih troškova uglavnom dolazi zbog manje iskoristivosti mreže gdje dio sučelja Ethernet preklopnika (P2P) ili OLT opreme (P2MP) nije iskorišten. U agregacijskoj (backhaul) i jezgrenoj mreži troškovi uspostave same veze do pojedinog naselja i osiguranja potrebnih kapaciteta za tu vezu spadaju pod transportne troškove.

Dio troška koji je vezan za samu uspostavu veze najovisniji je o položaju naselja, tj. o udaljenosti od glavnih mrežnih čvorova. Ti čvorovi se uglavnom nalaze u urbanim sredinama, te samim time troškovi rastu prema ruralnim geotipovima. Drugi dio troškova raste sa brojem korisnika, a taj rast je sporiji s porastom broja korisnika. (9)

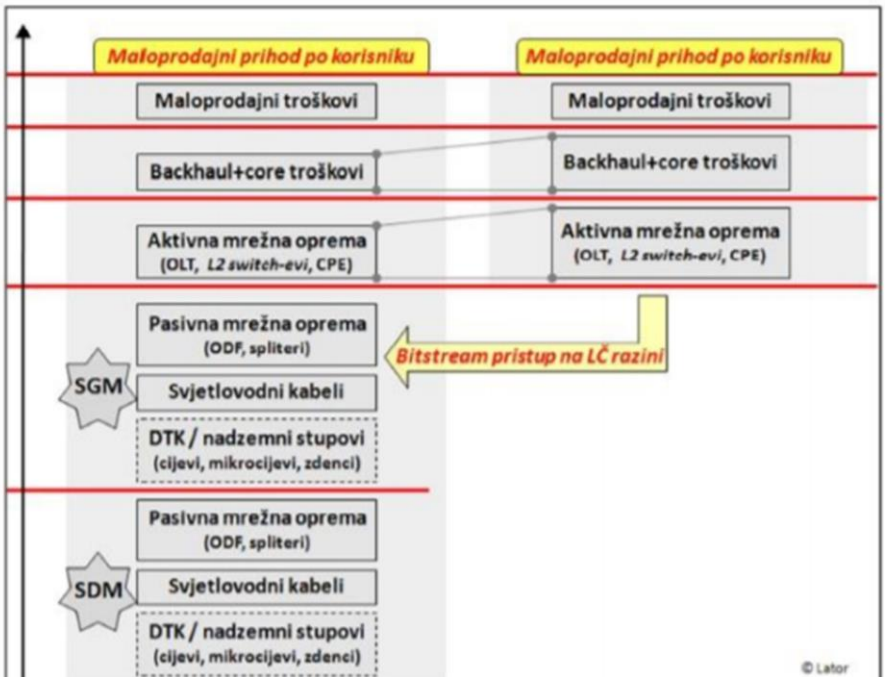
4.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora

Kroz sliku 13 prikazana je struktura jediničnih troškova gdje FTTH infrastrukturni operator posjeduje pristupnu mrežu, pruža maloprodajne usluge krajnjim korisnicima i daje pristup alternativnim operatorima po određenim veleprodajnim uvjetima. U jednom slučaju alternativni operator ostvaruje fizički pristup nitima u distribucijskom čvoru (P2P i P2MP topologije), a u drugom slučaju (slika 13) ima bitstream pristup u lokalnom čvoru (samo P2MP topologija). Alternativni operator mora sam izgraditi ili osigurati kapacitete u ostalom djelu mreže (SGM, agregacijski i jezgreni dio mreže). Nakon toga alternativni operator može pružati svoje maloprodajne usluge krajnjim korisnicima.



Slika 13. Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na razini lokalnog čvora. **(9)**

Na slici 14 je prikaz strukture jediničnih troškova kod bitstream pristupa alternativnog operatora u lokalnom čvoru (P2MP topologija).



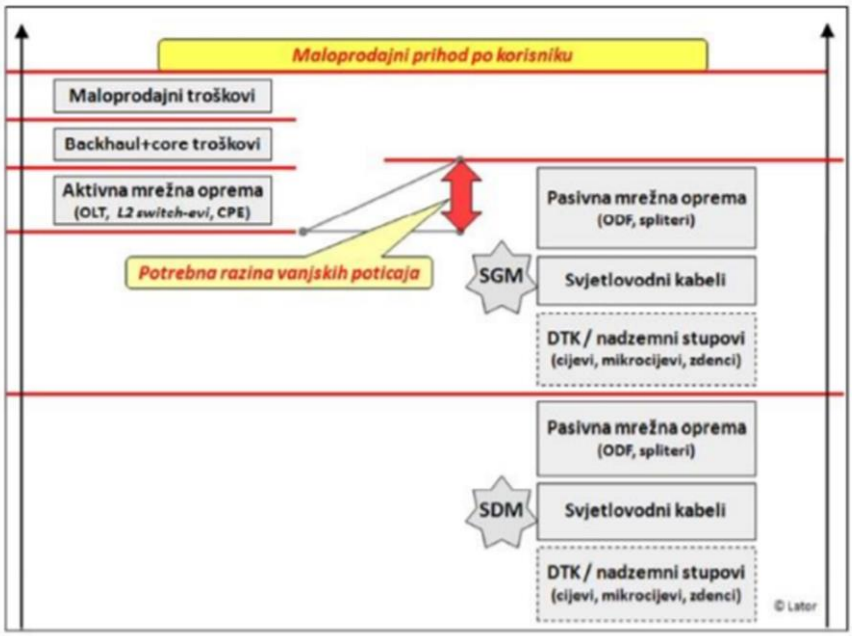
Slika 14: Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na razini lokalnog čvora. **(9)**

Alternativni operator kod fizičkog pristupa nitima distribucijskog čvora koristi niti unutar SDM djela pristupne mreže FTTH operatora po veleprodajnim cjenama koje su u najboljem slučaju jednake jediničnom trošku FTTH operatora u SDM djelu mreže. Koristeći se učinkom ekonomije razmjera (eng. economy of scale) alternativni operator u mreži FTTH operatora pristupa krajnjim korisnicima (SDM djelu mreže) po povoljnijim uvjetima nego da je sam morao graditi cjelu FTTH pristupnu mrežu. Alternativni operator sam gradi SGM, agregacijsku i jezgrenu mrežu ili osigurava potrebne kapacitete iznajmljivanjem od FTTH strukturnog operatora. Zbog manjeg broja korisnika alternativni operatori imaju veće jedinične troškove u odnosu na FTTH operatora.

Ukupni jedinični troškovi alternativnog operatora su manji kod bitstream pristupa u lokalnom čvoru u odnosu na fizički pristup u distribucijskom čvoru, jer alternativni operator koristi i SDM i SGM djelove pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora. Ovom metodom pristupa se potencijalno povećava ekonomska održivost poslovnih modela alternativnog operatora, ako je razina prosječnih maloprodajnih prihoda stalna. (9)

4.3. Struktura jediničnih troškova u slučaju ekonomske neodrživosti FTTH modela

Prethodni slučajevi održivih modela za infrastrukturne i alternativne operatore podrazumijevali su da jedinični troškovi po korisniku budu manji ili jednaki maloprodajnom prihodu po korisniku. Kada su ti troškovi veći model postaje neodrži, što je prikazano na slici 15. Na slici 15 je prikazan uobičajeni slučaj gdje do povećanja jediničnih troškova u pristupnom djelu FTTH mreže dolazi zbog udaljavanja od urbanih geotipova koji imaju najmanje jedinične troškove. Agregacijske mreže (backhaul) koje su udaljene od urbanih područja također povećavaju troškove.

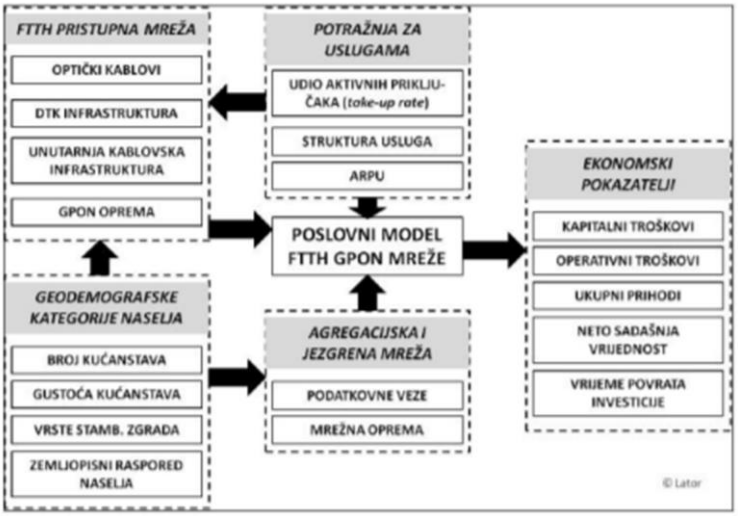


Slika 15. Model u kojem su jedinični troškovi u FTTH mreži ekonomski neodrživi. **(9)**

Korištenjem vanjskih poticaja (subvencija), ekonomski neodrživi slučajevi mogu postati održivi. Poticaji se mogu dati bilo kojem sudioniku u poslovnom modelu (korisniku, infrastrukturnom ili alternativnom operatoru). (9)

4.4. Poslovni model FTTH mreže

U radu će biti korišten tehno-ekonomski model koji je razvio Lator u svrhu analiziranja investicija i proračuna pokazatelja isplativosti FTTH poslovnog modela kroz više godina. Latorov model je napravljen za slučaj izgradnje P2MP topologije svjetlovodne mreže sa GPON tehnologijom.



Slika 16. Struktura FTTH poslovnog modela. **(23)**

Struktura FTTH poslovnog modela je prikazana slikom 16 je podjeljena u 5 modula koji će biti opisani kroz sljedeće podcjeline:

- FTTH pristupna mreža
- geodemografske kategorije naselja
- potražnja za uslugama
- agregacijska i jezgrena mreža
- ekonomski pokazatelji

4.4.1. FTTH pristupna mreža

U modulu FTTH pristupna mreža radi se izračun tehničkih parametara sastavnih djelova pristupne mreže. To obuhvaća GPON korisničku i mrežnu opremu unutarnju infrastrikturu za polaganje kablova unutar zgrada, optičke kablove i infrastrukturu digitalne telekomunikacijske kanalizacije (DTK).

Podaci koji su neophodni za ovaj modul su geodemografski parametri (broj kućanstava, njihova gustoća i vrsta stambenih zgrada) i parametri potražnje za uslugama putem FTTH mreže. Pod te parametre spada broj aktivnih priključaka koji određuju potrebnu količinu GPON korisničke opreme i vrste usluga koje se mogu isporučiti korisniku.

4.4.2. Geodemografske kategorije naselja

Geodemografske kategorije naselja i povezana geodemografska obilježja koja su bitna za ovaj modul su navedena u prethodnom poglavlju. Još jedan parametar koji je bitan za izračun zemljopisnog rasporeda jezgrenih i agregacijskih prijenosnih mreža je položaj ciljanih naselja po županijama.

4.4.3. Potražnja za uslugama

Kod predviđanja potražnje za uslugama uzima se parametar broja aktiviranih FTTH priključaka u odnosu na ukupan broj izvedenih priključaka po kućanstvu (eng. take-up rate) također se uzima kao parametar struktura usluga po vrstama i očekivani prosječni prihodi po korisniku (eng. Average Revenue per User - ARPU). Osim usluga pružanja pristupa internetu predviđeno je i pružanje multicast distribucije IPTV programa standardne i visoke rezolucije, te uobičajena telefonija izvedena preko VoIP tehnologije. (23)

4.4.4. Agregacijska jezgrena mreža

Ovaj modul, osim mrežne opreme koja obavlja funkciju usmjeravanja prometa u prijenosnoj mreži (eng. routers i switches), obuhvaća i dimenzioniranje prijenosnih veza čiji se kapaciteti mijenjaju prema potrebama prometa. Zbog utjecaja operatora sa značajnom tržišnom snagom na tržištu predpostavlja se da je u agregacijskom segmentu prijenosna mreža izvedena sa Metro Ethernet tehnologijom s izravnim prijenosom po agregacijskim optičkim vlaknima.

U jezgrenom djelu mreža je izvedena na osnovi prijenosa po SDH (eng. Synchronous Digital Hierarchy - sinkronizirana digitalna hijerarhija) hijerarhijskim razinama. Prostorno je predviđeno za agregacijski dio mreže da obuhvati veze iz pristupnih čvorova prema središnjim čvorovima u središtima svih pokrivenih županija. Jezgrena mreža obuhvaća veze između regionalnih središta (Zagreb, Split, Rijeka i Osijek) i između županijskih središta, odnosno regionalnih središta međusobno i prema međunarodnim IX čvorovima za razmjenu internet prometa (eng. Internet eXchange - IX). Kapacitet agregacijske i jezgrene mreže se izračunava na osnovu ulaza iz geodemografskog modula (broj i pozicija naselja) i modula potražnje za uslugama (volumen usluga).

4.4.5. Ekonomski pokazatelji

Modul ekonomskih pokazatelja daje osnovne pokazatelje za daljnu analizu FTTH poslovnih modela. Ti pokazatelji su sljedeći:

- kapitalni troškovi (eng. Capital Expenditures – CAPEX) - u FTTH modelu ovi troškovi obuhvaćaju sve jednokratne troškove nabave, izgradnje, opremanja, postavljanja i puštanja u radpotrebne infrastrukture i opreme
- operativni troškovi (eng. Operational Expenditures – OPEX) - to su svi troškovi koji se ponavljaju i koji su potrebni za nesmetano funkcioniranje infrastrukture i opreme u FTTH modelu
- ukupni prihodi - svi prihodi svih korisnika u nekom razdoblju
- neto sadašnja vrijednost (eng. Net Present Value - NPV) - je kumulativni zbroj diskontiranih tokova novca FTTH modela u nekom razdoblju sa definiranom diskontnom stopom. Ako je vrijednost pozitivna ona pokazuje da je poslovni model dobar i da se povraćuju ulaganja. Dok negativna stopa te vrijednosti pokazuje na model koji ne ostvaruje povrat ulaganja
- vrijeme povrata investicije (eng. Return of Investment - ROI) - to je razdoblje u kojem se ostvaruje povrat investicija. (23)

Pod kapitalnim troškovima koji su obuhvaćeni unutar modula poslovnog modela FTTH mreže spadaju:

- Izgradnja i opremanje DTK infrastrukture za smještaj optičkih kablova pod što spada iskop i sanacija trase DTK, zdenci u kojima se pristupa i manipulira kablovima, cijevi za 30 smještaj kabela, vanjski kabineti za smještaj pasivne optičke opreme(eng. spliter, ODF ako su naselja slabo nastanjena. U kategorijama sa većom gustoćom naseljenosti (urbane sredine) oprema se smješta unutar stambenih zgrada,
- nabava, postavljanje optičkih kablova i spajanje testiranje optičkih vlakana,
- stvaranje infrastrukture za polaganje svjetlovodnih vlakana u stambenim zgradama te spajanje i testiranje optičkih vlakana. U tu infrastrukturu spadaju nadžbukne vodilice, prospojnicioptičkih vlakana, te
- pasivni razdjelnici u pristupnoj mreži i GPON mrežna oprema u pristupnim čvorovima - OLT (eng. Optical Line Termination).

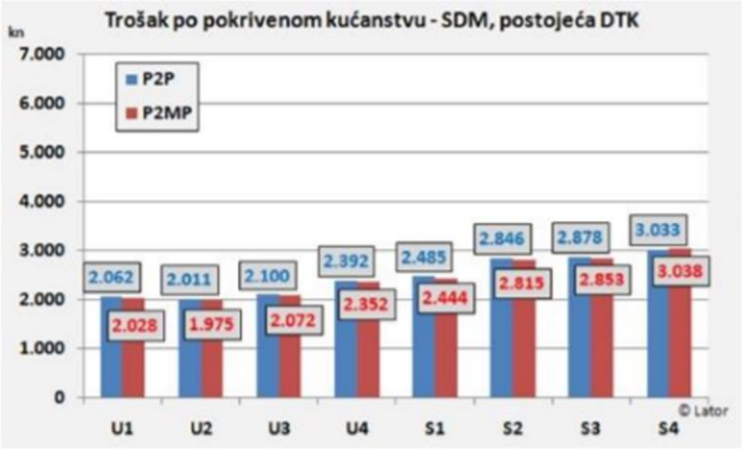
Ovi troškovi su općeniti slučaj izvođenja optičkog vlakna do krajnjeg korisnika sa postavljanjem potrebne GPON aktivne opreme (OLT) na mrežnoj strani. Priključak u početku ne mora biti aktivan tj. korišten od strane korisnika. Korisnička oprema za GPON nije uključena u proračun kapitalnih investivija po izvedenom prikključku. Nabava te opreme predviđa se u trenutku aktiviranja priključka. Time je izbjegnuta ovisnost proračuna početnih kapitalnih investicija po pojedinom priključku o udjelu aktivnih FTTH priključaka(take-up rate). (23)

Dobar poslovni model ne čini samo broj pretplatnika, nego i broj usluga po pretplatniku koje se koriste. Veći broj usluga povećava dobit i privlačnost pojedinog operatera korisnicima. Prosječna dobit po korisniku je jako važna mjera kod planiranja i održavanja FTTH poslovnog modela, ali osim ARPU-a jako važna je i razina marže. Marža je ovisna o izvoru proizvoda a i o samoj kvaliteti. Prihodi mogu biti veći ako se usluge proizvode vlastitim sredstvima ali kvaliteta je moguće bolja kod trećih strana kojima je to jezgreni posao. Stoga je potrebno pronaći ravnotežu između kvalitete, izvora i cijene usluga. FTTH mreže sa svojim velikim propusnim brzinama pružaju prilike stvarateljima i davateljima usluga da stvore nove usluge sa dodanim vrijednostima i time povećaju prihode. (24)

4.5. Troškovi izgradnje svjetlovodne mreže po pokrivenom kućanstvu

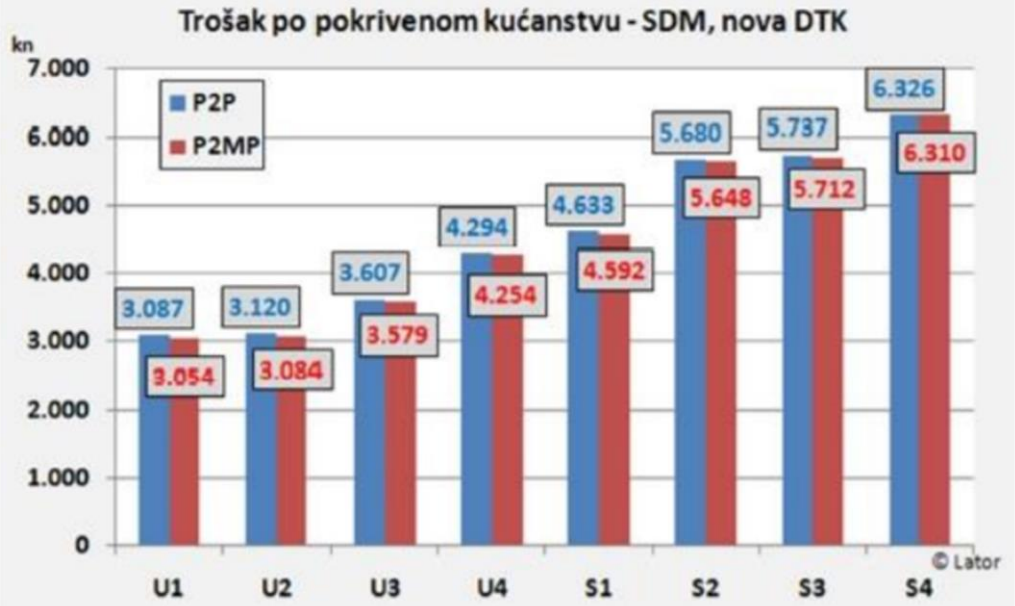
U urbanim i suburbanim područjima (U1-U4 i S1-S4) predviđa se postavljanje svjetlovodnih vodova samo u DTK mrežu. Mogućnost izgradnje nadzemne mreže na stupovima se ne razmatra, jer zbog urbanističkih propisa u nekoliko gradova i općina koje obuhvaćaju naselja u navedenim geotipovima propisana obveza gradnje podzemne mreža za razvod telekomunikacijskih kabela.

Za geotiop U1-S4 su prikazani investicijski troškovi izgradnje SDM djela mreže. Na grafu 9 je pretpostavljena dostupnost postojeće DTK mreže dovoljnog kapaciteta u koju se polažu svjetlovodni kabeli, kao što je vidljivo, troškovi izgradnje svjetlovodne mreže u rjeđe naseljenim kategorijama S3-S4 su 25-30% veći u odnosu na urbane kategorije U1-U3.



Graf 9. Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu. **(9)**

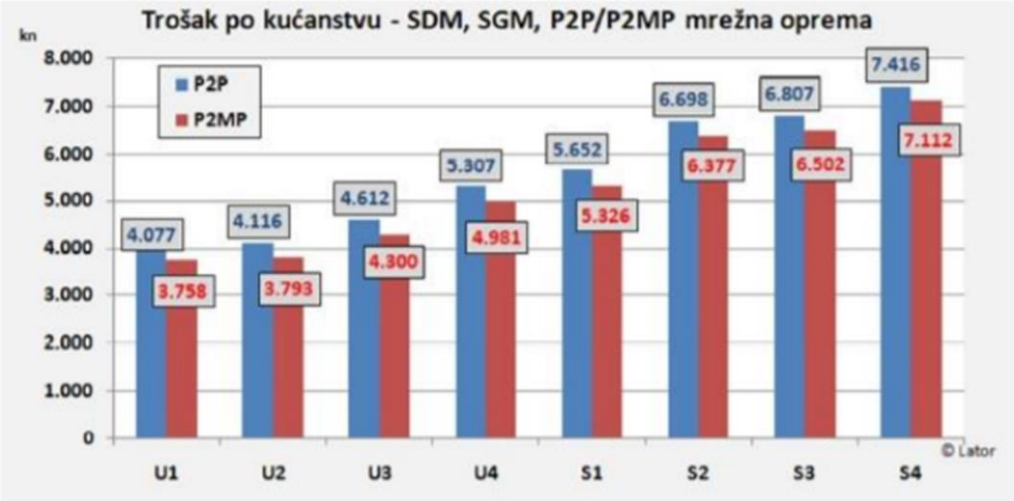
Graf 10 prikazuje je pretpostavljene troškove kod gradnje nove DTK mreže sa mikrocjevnim strukturama izravno položenim u tlo. Ti se troškovi često nazivaju troškovima pasivne mreže. Ovi investicijski troškovi obuhvaćaju sve troškove nabave, ugradnje i postavljanja potrebne opreme u SDM djelu mreže, kućnu instalaciju do prostora krajnjeg korisnika, izgradnju i opremanje DČ-a. U drugom slučaju u kojem je DTK mreža ne postojeća, obuhvaćaju se i troškovi izgradnje nove DTK infrastrukture. U oba slučaja nisu uključeni troškovi SGM djela mreže (LČ, Ethernet, PON).



Graf 10. Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže. **(9)**

Razlike u troškovima između P2P i P2MP su minimalne. Troškovi P2P su veći zbog infrastrukturnog opremanja distribucijskih čvorova zbog potreba uvođenja strujnog napajanja i klimatizacije. Iz grafa je vidljivo da postojanje stare DTK mreže uvelike smanjuje nove troškove po pokrivenom kućanstvu od 33% u geotipu U1 do 51% u geotipu S4 u odnosu na situaciju gdje ne postoji DTK.. Isto tako se vidi da sa padom broja korisnika i gustoće naseljenosti rastu i jedinični troškovi po pokrivenom kućanstvu, te kod suburbanih područja kategorija S2-S4 imaju 90-110% veće troškove u odnosu na naselja urbane kategorije U1 i U2.

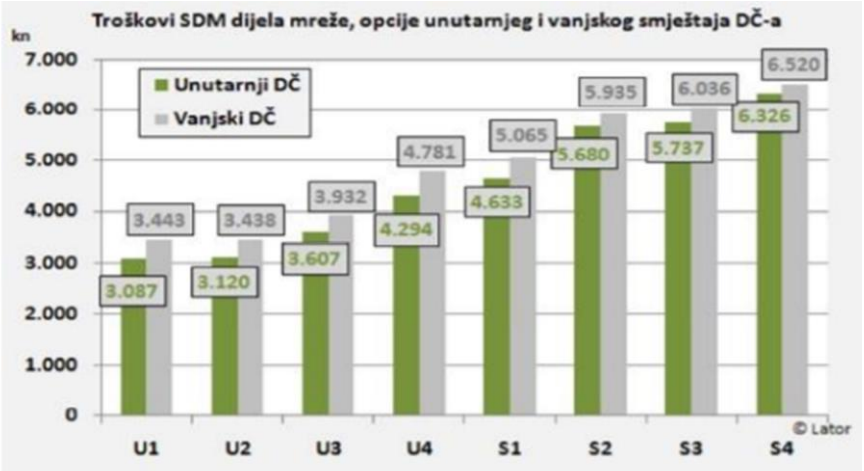
Na grafu 11 su prikazani investicijski troškovi koji osim SDM i DČ uključuju i troškove SGM dijela mreže, opremanje LČ-a i troškove Ethernet i PON mrežne opreme (uobičajeno nazvani troškovima aktivnog operatera). Zbog razlika u cijeni Ethernet i PON mrežne opreme (uključujući i korisničke uređaje), troškovi P2P mreža su, ovisno o geotipu, najviše 8,5% veći od P2MP mreža. Isto tako se vidi kao i u prethodnim situacijama da troškovi rastu za skoro 90% kod S4 kategorije u odnosu na U1. (9)



Graf 11. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM, SGM i P2P/P2MP mrežnu opremu, kod pretpostavljene izgradnje nove DTK mreže. **(9)**

4.5.1. Smještaj distribucijskih čvorova u vanjske kabinete

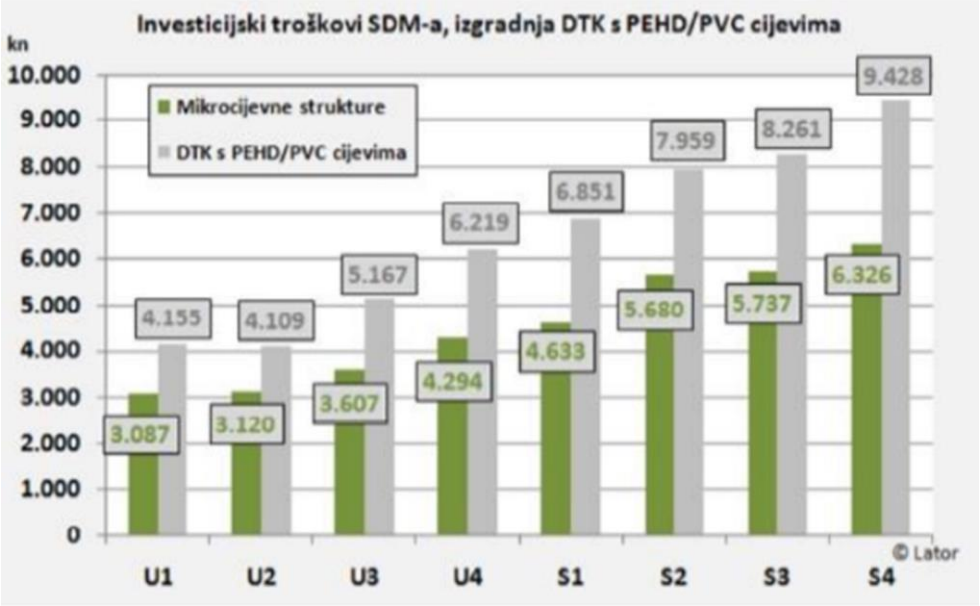
U prethodnim slučajevima pretpostavljeno je smještanje DČ-a u unutarnjim tehnološko opremljenim prostorima. Ako se distribucijski čvorovi smještaju u vanjske kabinete i gradi se SDM dio mreže sa P2P topologijom i novom DTK mrežom troškovi su prikazani grafom na grafu 12. Vidljivo je da se smještanjem DČ-ova u vanjske kabinete donose povećani troškovi od 3- 12 %, ponajviše u urbanim prostorima zbog povećane potrebe za prostorom unutar vanjskih kabineta u urbanim mjestima sa povećanim brojem kućanstava po DČ-u.



Graf 12. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM dio mreže, P2P topologiju, prema smještaju distribucijskog čvora. **(9)**

4.5.2. Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima

Prema grafu 13 je vidljivo da su troškovi izgradnje FTTH pristupne mreže uz izgradnju standardne DTK mreže sa PEHD i PVC cijevima od 30-50% veći, u odnosu na DTK mrežu sa mikrocjevnim infrastrukturama, te potvrđuju troškovnu učinkovitost opcije mikrocjevnih infrastruktura koje se polažu u zemlju. (9)



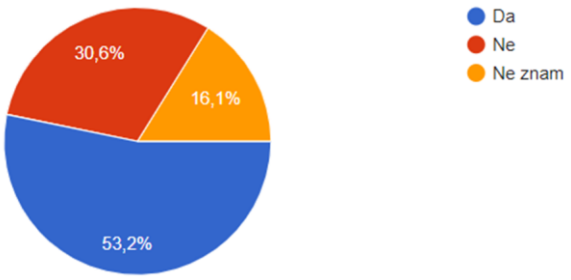
Graf 13. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM dio mreže, P2P topologiju, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima. **(9)**

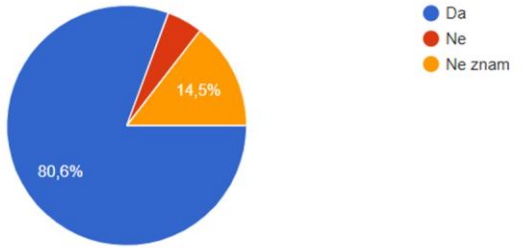
5. Tržišni interes za izgradnju FTTH mreže

Ekonomska održivost obuhvaća i postojanje tržišnog interesa za izgradnju i pružanje usluga putem FTTH mreža. Zbog zakonskih regulacija se pretpostavlja da će pored infrastrukturnog opreatora koji gradi mrežu usluge pružati i alternativni operateri koji ostvaruju pristup putem fizičkog ili bitstream pristupa na različitim razinama mreže.

U geotipovima i analizama u kojima se utvrdi neisplativost poslovnog modela pokušavaju se pronaći potrebni vanjski poticaji kojima bi se poslovni model učinio održivim. Za takva područja, uz „Digitalnom agendom za Europu u razdoblju do 2020. godine“, te „Strategijom razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2016.-2020. godine“ izvlače se sredstva potpore iz fondova EU za izgradnju svjetlovodne pristupne mreže. U planu je do 2023. godine, da 580 000 kućanstava ima mogućnost pristupna na svjetlovodnu pristupnu mrežu. (25)

Prema provedenoj anketi, svega 53% korisnika s prostora grada Zaboka je čula za svjetlovodnu infrastrukturu (graf 14), ali zato je na pitanju ako su zainteresirani za korištenje bržeg Interneta i kvalitetnije telekomunikacijske usluge putem svjetlovodne mreže, tada je taj postotak porastao na 81% (graf 15).





Graf 14. (lijevi) Prikaz udio ispitanika koji su upoznati sa svjetlovodnom infrastrukturom.

Graf 15. (desni) Udio ispitanih koji žele koristiti brže Internet usluge putem svjetlovodne infrastrukture. **(22)**

5.1. Modeli poticanja izgradnje širokopojasne infrastrukture

Izgradnja širokopojasne infrastrukture se može izvesti kroz nekoliko poticajnih investicijskih modela kojima se definira odnos između vlastujućih jedinica i privatnih poduzetnika. U te odnose spadaju odgovornosti za izgradnju i upravljanje infrastrukturom, investicijski udjeli, stjecanje i zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom. Ti modeli su sljedeći:

- Privatni DBO (eng. design, build and operate – planiraj, izgradi i upravljaj) model – kod ovog modela nema značajnijeg uplitanja organa javne vlasti tijekom provedbe projekta jer se pravo izgradnje i upravljanja infrastrukturom te pravo zadržavanja vlasništva nad tom infrastrukturom daje privatnim operatorima, korisnicima potpora. Zaštita javnog interesa je ograničena,
- Model vanjskih usluga (outsourcing) – sličan privatnom DBO modelu, ali nakon isteka ugovora infrastruktura koja je izgrađena poticajima ostaje u javnom vlasništvu,
- Model zajedničkog ulagarnja – ovime se podrazumijeva zajedničko ulaganje tijela javne vlasti i privatnika. Tim modelom se može uravnotežiti javni interes pokrivanja države, regije ili određenog područa širokopojasnom infrastrukturom i privatni interes ostvarivanja ekonomske dobiti,
- Javni DBO model – uključuje sve slučajeve u kojima je izgradnja, upravljanje, održavanje i vlasništvo nad infrastrukturom spada pod javno vlasništvo. Zahtijeva usku suradnju administracije i tehničkih kapaciteta unutar jedinica vlasti, ali omogućuje očuvanje javnih interesa,
- Model odozdo prema gore – skupina krajnjih korisnika na manjem području koja samostalno organizira izgradnju širokopojasne infrastrukture i ima cjelokupnu kontrolu nad provedbom projekta. Javna tijela su isključena iz planiranja i izgradnje projekta, a javna sredstva su dodjeljena skupini koja upravlja projektom. Izvor financiranja su često sami korisnici. Za samu provedbu obično se odabire telekom operater sa potrebnim znanjima i iskustvom.

Primjena navedenih modela ovisi o stanju na tržištu. Javni DBO model se koristi kada bi primjena drugih modela dala prevelike prednosti jednom privatnom operatoru, kao kod izgradnje temeljne infrastrukture (DTK mreže) ili kod izgradnje ekonomski neisplative infrastrukture u ili prema naseljima koja su rijetko naseljena.

Privatni DBO model je koristan kada operatori već posjeduju temeljnu infrastrukturu kao što su npr. parična ili radijska pristupna mreža pa je uz javne poticaje moguće unaprijediti postojeću mrežu u svrhu ostvarivanja javnih interesa kao što su povećanje pokrivenosti, broja korisnika, povećanje brzine itd.

Model zajedničkog ulaganja se koristi kod održivih poslovnih modela izgradnje FTTH mreže gdje tijela javne vlasti, uglavnom lokalne, svojim sudjelovanjem olakšavaju privatnicima ulaganja u infrastrukturu. Ovaj model se u pravilu ne smatra javnom potporom, Unutar nekog projekta moguća je kombinacija više poticajnih modela gdje se npr. DTK izgrađuje putem javnog modela, a upravljanje se prepušta privatnom operatoru putem modela vanjskih usluga. (4)

5.2. Izvori financiranja projekata koji koriste poticaje

Izvori financiranja za projekte koji koriste poticaje se mogu podijeliti u tri skupine:

- Javna sredstva,
- Privatna sredstva, te
- Sredstva institucionalnih investitora.

U javna sredstva spadaju sva proračunska sredstva na nacionalnoj razini, regionalnoj županijskoj razini te lokalnoj razini gradova i općina i sva sredstva investirana od tvrtki u javnom vlasništvu. Pod javna sredstva spadaju i sredstva iz europske unije (Europski fond za regionalni razvoj (EFRR, eng. ERDF) i Europski socijalni fond - ESF te EU kohezijski fond (KF, eng. CF)). Sa članstvom u europskoj uniji Hrvatska će dobiti mogućnosti financiranja projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture iz EU fondova do udjela od 85% a preostala sredstva će morati biti osigurana iz Hrvatskih izvora.

Privatna sredstva su sredstva privatnih operatora na tržištu i sredstva krajnjih korisnika u krajnjim djelovima mreže na manjim područjima, dok su sredstva institucionalnih investitora izvor financiranja u koji spadaju banke i razni oblici investicijskih fondova, a tu spadaju uz njih socijalni i mirovinski fondovi. Pošto su interesi ovih investitora izričito ekonomska dobit, oni sudjeluju u projektima izgradnje samo u gusto naseljenim područjima (crna područja) tj. u područjima gdje postoje održivi poslovni modeli. Banke mogu biti uključene kao kreditori od kojih se osiguravaju sredstva za izvođenje projekata. (4)

Sa smanjenjem broja stanovnika i gustoće naseljenosti udjeli potpora i javnih sredstava u financiranju projekata se povećavaju ponajviše u bijelim područjima i dosežu udjele od 100%. Udio privatnih ulaganja se povećava u gušće naseljenim sivim i crnim područjim, a udio javnih potpora opada. U crnim područjima javna sredstva mogu biti uložena po tržišnim uvjetima bez da ih se smatra kao državne potpore zbog ostvarivanja dobiti i povratka ulaganja.

Kod izgradnje telekomunikacijske infrastrukture troškovi građevinskih radova čine najveći udio u ukupnim troškovima izgradnje širokopojasne mreže velike brzine. Zbog toga treba smanjiti administrativne (Dugotrajne procedure dobivanja potrebnih dozvola i suglasnosti) i operativne prepreke kako bi se umanjili troškovi izgradnje.

Prednosti i koristi dostupnosti širokopojasnog pristupa velikih brzina nisu poznate ni korisnicima ni tjelima javne vlasti na lokalnoj i županijskoj razini. Potrebo je obrazovati lokalne i županijske uprave kako mogu unaprijediti razvoj i kakvoću života na vlastitom području uz izgradnju nove širokopojasne infrastrukture, te kako iskoristiti razne europske fondove i strane investitore.

Razvijanje novih usluga koje zahtijevaju velike brzine pristupa su jako značajne za gospodarski razvoj Republike Hrvatske. Osiguranje potpune pokrivenosti širokopojasnim pristupom je ambiciozan cilj koji zahtjeva izgradnju NGA mreža. Dostupnost širokopojasne pristupne infrastrukture je osnovni preduvjet za gospodarski i društveni razvoj države. Jedna od jako važnih odrednica strategije za razvoj širokopojasnog pristupa je ravnomjeran razvoj u svim djelovima Republike Hrvatske. (17)

6. Studija isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Zaboka

U sljedećem poglavnju se istražuje isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mrežeu gradu Zaboku, koristeći se Lator-ovim troškovnim modelom i podacima prikupljenih anketom koja je provedena kroz tjedan dana u kolovozu 2020 godine. Anketa u kojoj je sudjelovalo 62 ispitanika koja je provedena online anketom. U anketi je postavljeno 11 pitanja uz pomoć kojih je bilo utvrđeno postojeće stanje pristupnih mreža, vrste usluga koje se koriste i kod kojih operatora. Sljedeća pitanja su bila vezana za cijenu koju kućanstvo izdvaja za korištenje usluga na mjesečno razini, te zadovoljstvo korisnika tim uslugama. Istražuje se zainteresiranost ispitanika za uvodenjem bržih usluga putem svjetlovodne pristupne mreže i cijena koju su spremni platiti za te usluge. Iz toga se izvodi zaključak o isplativost izgradnje svjetlovodnih mreža u gradu Zaboku. Kako bi se mogla analizirati isplativost uvođenja svjetlovodne mreže potrebno je odrediti geodemografski tip naselja koje se želi analizirati, što je prikazano na tablici 3.

Osnovni kriterij kod podjele naselja u geotipove je veličina naselja po broju stanovnika i gustoća naseljenosti. Pritom je potrebno voditi računa da unutar pojedinog geotipa prevladavaju jednake karakteristike stanovanja (kuće ili zgrade).

6.1. Geodemografske karakteristike naselja

Tablica 3. Geodemografske karakteristike kategorija naselja. **(9)**

Oznaka geotipa	Raspon broja stanovnika u naseljima	Prosječna gustoća naseljenosti (stan./km2)	Broj naselja u geotipu	Udio u ukupnom stanovništvu Hrvatske	Naselja u geotipu
U1	<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, Pula, Slavonski Brod
U4	35 000 – 50 000	6 266	5	5,1%	Karlovac, Varaždin, Šibenik, Sisak, Sesvete
S1	15 000 – 35000	5 541	10	5,7%	Čakovec, Virovitica
S2	7 500 – 15000	2 860	22	5,8%	Umag, Makarska
S3	4000 – 7500	2 618	52	6,8%	Imotski, Gospić
S4	2000 – 4000	2 167	115	7,6%	Zabok, Bregana
R1	1000 – 2000	1 210	290	9,9%	Nin, Kašina
R2	500 – 1000	1 007	637	10,9%	Ston, Klanjec
R3	200 – 500	705	1 387	10,7%	Pokupsko, Sv. Rok
R4	>200	241	3 357	6,4%	Čigoč, Vilanci

Zabok s okolicom ima 9 365 stanovnika iz popisa stanovništva iz 2011., te administrativnu površinu od 34,41 km2. Gustoća naseljenosti je procijenjena na oko 272 st/km2, jer je većina stanovnika u gradu Zaboku koncentrirana u 11 područja, kao što je vidljivo na slikama u poglavlju 3. U centru Zaboka prevladavaju zgrade, tek na rubnim dijelovima grada prevladavaju kuće, dok u okolnim mjestima koje spadaju pod Zabok isključivo prevladavaju kuće. Ako su uzeti jedinični troškovi po izvedenom priključku sa izgradnjom nove DTK, jer Zabok nema DTK, za geotip S4 koji iznose 6 310 kn (graf 10) i taj broj se pomnoži s brojem kućanstava u cijelom naselju (2340 kućanstava) i dobiven je iznos inicijalnih kapitalnih troškova u iznosu od 14 765 400 kn za pokrivanje cijelog naselja svjetlovodnom pristupnom mrežom.

No kako je mrežu potrebno dimenzionirati za eventualno veće potrebne kapacitete u budućnosti, broj kućanstava za koje se predviđa ugradnja svjetlovodnog priključka uvećan je za 20%, te on iznosi 2808 kućanstava, što daje iznos inicijalnih kapitalnih troškova od 17 718 480 kn.

6.2. Prosječni prihodi po korisniku (ARPU)

Jedan od najbitnijih parametara pri provođenju analize poslovnih modela FTTH mreža je prosječan prihod po korisniku (ARPU - eng.Average Revenue per User). Pod ARPU spadaju svi prihodi od usluga koje koriste pretplatnici. Te usluge su: govorna usluga (sada preko VoIP-a), širokopojasni Internet velikih brzina, SD (eng. standard definition - standardna razlučljivost) i HD (eng. High Definition - visoka razlučljivost), IPTV (eng. Internet Protocol Television - televizija preko internet protokola).

Da bi se analiza isplativosti provela u potpunosti, uz navedene troškove, potrebno je izračunati i očekivani prihod po korisniku, odnosno ARPU na temelju kojeg će se onda simulirati dva scenarija povrata kapitalne investicije, dok je predviđeno kretanje korisnika po uslugama utvrđeno prema porastu broja korisnika prema

Kao polazne vrijednosti ARPU-a u analizi, uzeti su podaci o trenutnim prosječnim cijenama usluga koje pružaju četiri najveća telekom operatora u Hrvatskoj odnosno:

- Javna govorna usluga (telefon) stoji 40 kn mjesečno
- Pristup širokopojasnom Internetu stoji 160 kn mjesečno
- Usluga IPTV-a u SD kvaliteti slike stoji 80 kn mjesečno
- Usluga IPTV-a u HD kvaliteti slike stoji 35 kn mjesečno

Broj korisnika pojedinih usluga će se u vremenskom razdoblju provođenja isplativosti analize svakako mijenjati, a to će utjecati i na ukupan prihod od svih korisnika. Budući da se grad Zabok nalazi u geotipu S4, analizirani su podaci o promijeni broja svih korisnika za područje cijele RH za razdoblje od godine dana. Nakon provedene analize, uz podatke uzete s HAKOM-ove stranice o promjeni broja priključaka u drugom kvartalu 2020. godine i podataka prikupljenih anketom, opaženi trendovi su preslikani na trenutno stanje broja korisnika pojedinih usluga u Zaboku, tablicom 4 to izgleda ovako:

Tablica 4. Promjena broja korisnika prema uslugama na godišnjoj razini. **(15)**

Usluge	Korisnici	Zabok	Promjena broja korisnika u postocima na godišnjoj razini
Telefon	Migrirani[1]	1 195	-13%
	Novi	0	
	Ukupno	1039	
Internet	Migrirani	1896	2,35%
	Novi	48	
	Ukupno	1944	
IPTV SD	Migrirani	1023	2,88%
	Novi	29	
	Ukupno	1052	
IPTV HD	Migrirani	186	10%
	Novi	18	
	Ukupno	204	

Što se tiče promjene broja korisnika pojedinih usluga, korišten je linearan trend rasta, a početni i krajnji broj korisnika dobiven je promatranjem broja korisnika prema analizi realnih podataka iz HAKOM-ovih godišnjih izvješća.

[1] Migrirani korisnici su korisnici koji su prešli na usluge putem FTTH tehnologije.

Promjena broja korisnika na temelju koje će se raditi analize u ovom diplomskim radu prikazana je tablicom 5.

Tablica 5. Broj korisnika prema uslugama kroz godine.

Broj korisnika po godinama				
Godina	Telefon	Internet	IPTV SD	IPTV HD
2020.	1195	1896	1023	186
2021.	1039	1944	1052	204
2022.	904	1990	1082	224
2023.	786	2036	1113	246
2024.	683	2083	1145	270
2025.	594	2132	1178	297
2026.	516	2182	1212	326
2027.	449	2233	1247	358

6.2.1. Pesimističan scenarij

U ovom scenariju pretpostavlja se neznatna korekcija cijena usluga telefonije, širokopojasnog pristupa internetu i IPTV-a pri migraciji korisnika s dotadašnje tehnologije pristupa na FFTH. Predviđene vrijednost ARPU-a u ovom scenariju su sljedeće:

- Za uslugu telefonije 40 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili samo uslugu telefonije njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili, te stoga i cijena usluge ostaje ista
- Za širokopojasni pristup Internetu 195 kn mjesečno
    - ovakav dodatak posljedica je povećane vrijednosti usluge pristupa Internetu putem FTTH mreže, zbog povećanja prosječnih brzina, simetričnosti pristupa kao i veće stabilnosti i pouzdanosti FTTH veze. Vrijednost od 35 kn pretpostavljena je na osnovi konzervativnih procjena dodatnog ARPU-a za usluge pristupa Internetu putem FTTH mreža unutar više studija koje se bave izgradnjom FTTH mreža u zemljama EU-a. (26)

- Za uslugu IPTV-a u SD kvaliteti slike 80 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili uslugu IPTV-a u SD rezoluciji neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili, eventualno nešto veću stabilnost same usluge, te stoga i cijena usluge u ovom scenariju ostaje ista.
- za uslugu IPTV-a u HD kvaliteti slike 35 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili uslugu IPTV-a u HD rezoluciji njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili, eventualno nešto veću stabilnost same usluge, te stoga i cijena usluge u ovom scenariju ostaje ista.

6.2.2. Optimistični scenarij

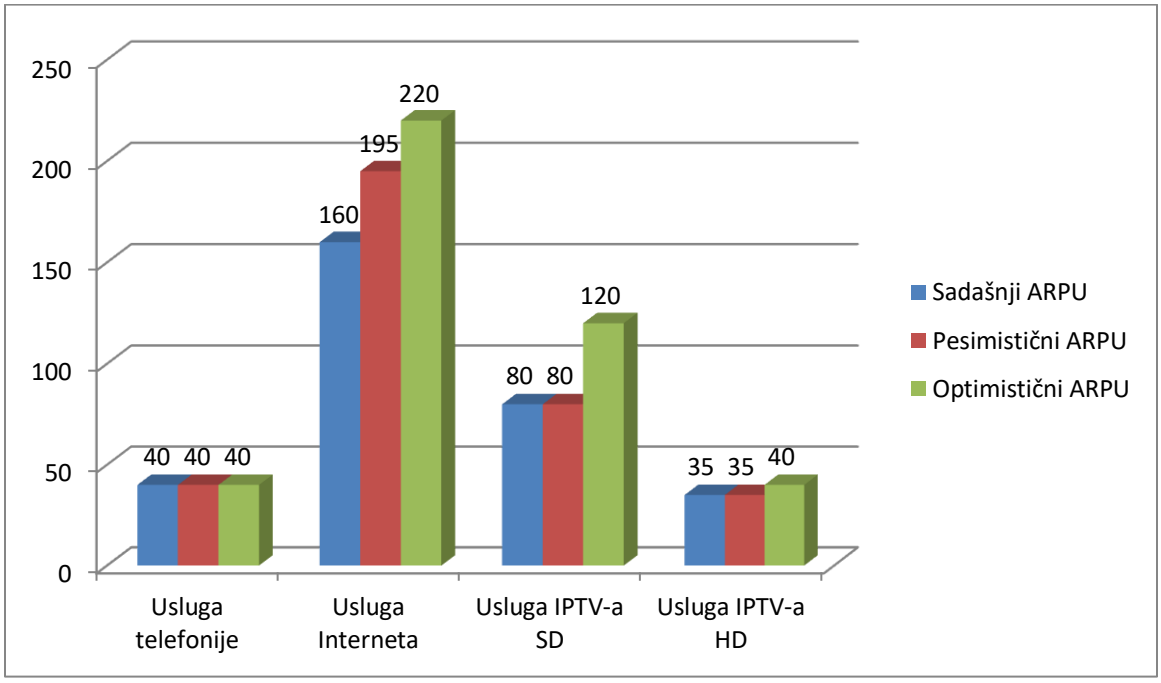
U ovom scenariju pretpostavlja se nešto veća korekcija cijena usluga telefonije, širokopojasnog pristupa internetu i IPTV-a pri migraciji korisnika s dotadašnje tehnologije pristupa na FFTH nego li je to bio slučaj u pesimističnom scenariju. Predviđene vrijednost ARPU-a su sljedeće:

- Za uslugu telefonije 75 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili samo uslugu telefonije njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili te stoga i cijena usluge ostaje ista. Iznos je isti kao i kod pesimističnog scenarija.
- Za širokopojasni pristup Internetu 220 kn mjesečno
    - za širokopojasnih pristup Internetu velikih brzina putem FTTH mreže dodatnih 60 kn u odnosu na ARPU za istovrsnu uslugu putem VDSL tehnologije
- Za uslugu IPTV-a u SD kvaliteti slike 120 kn mjesečno
    - povećanje ARPU-a u odnosu na pesimistični scenarij iznosi 30 kn
- Za uslugu IPTV-a u HD kvaliteti slike 40 kn mjesečno
    - povećanje ARPU-a u odnostu na pesimistični scenarij iznosi 5 kn

Ukupno povećanje ARPU-a u pesimističnom scenariju je 35 kn, dok je kod optimističnog scenarija 105 kn.

Usporedba ARPU-a prikazana je na grafu 16.

Graf 16. Usporedba ARPU-a prema scenarijima (u HRK)



6.3. Analiza isplativosti

Analiza isplativosti koja slijedi pokazat će da li je i u kojem slučaju ulaganje u gradnju FTTH infrastrukture na području Zaboka isplativo.

Uz troškove koji su ranije izračunati, kako bi se provela analiza isplativosti uvođenja FTTH na području Zaboka, neophodno je izračunati i očekivani prihod od korisnika u promatranom razdoblju.

Izračun prihoda je bio izveden na način da se u obzir uzeo očekivani broj korisnika pojedine usluge u određenoj godini, te pomnožio sa odgovarajućim ARPU-om za tu uslugu, kao što je prikazano slikom 17.

Slika 17. Shema računanja mjesečnih prihoda korisnika za optimističan scenarij u 2020. godini.

B19 f_x =(B3*D13)+(C3*D14)+(D3*D15)+(E3*D16)

	A	B	C	D	E	F
1	**Broj korisnika po godinama**					
2	**Godina**	**Telefon**	**Internet**	**IPTV SD**	**IPTV HD**	
3	**2020**	1195	1896	1023	186	
4	**2021**	1039	1944	1052	204	
5	**2022**	904	1990	1082	224	
6	**2023**	786	2036	1113	246	
7	**2024**	683	2083	1145	270	
8	**2025**	594	2132	1178	297	
9	**2026**	516	2182	1212	326	
10	**2027**	449	2233	1247	358	
11						
12		Sadašnji ARPU	Pesimistični ARPU	Optimistični ARPU		
13	Usluga telefonije	40	40	40		
14	Usluga Interneta	160	195	220		
15	Usluga IPTV-a SD	80	80	120		
16	Usluga IPTV-a HD	35	35	40		
17						
18						
19		595120				

6.3.1. Analiza isplativosti pesimističnog scenarija

Nakon provedene analize pomoću Excel alata, dobiveni su podaci prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za pesimistični scenarij

Godina	Prihod-pesimistični scenarij	Bilanca – pesimistični scenarij
Početno stanje	-	-17 718 480
2020.	6 070 440	-11 648 040
2021.	6 143 280	-5 504 760
2022.	6 223 320	718 560
2023.	6 313 320	7 031 880
2024.	6 414 660	13 446 540
2025.	6 529 620	19 976 160
2026.	6 654 000	26 630 160
2027.	6 788 220	33 418 380

Tablica 7. Vrijednosti ARPU-a u pesimističnom slučaju

Pesimistični scenarij – ARPU (HRK)	
Telefonija	40
Internet	195
IPTV SD	80
IPTV HD	35

Iz navedenih podataka je vidljivo da kako je i u pesimističnom slučaju u osmogodišnjem razdoblju uz ARPU navedenom u pesimističnom scenariju je moguće ostvariti prihode, tj. već nakon 3 godine investicija bude pokrivena i do kraja razdoblja se ostvari dobit u iznosu od 33 418 380 kn.

6.3.2. Analiza isplativosti u optimističnog scenarija

Nakon provedene analize pomoću Excel alata, dobiveni su podaci u tablici 8.

Tablica 8. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za optimistični scenarij

Godina	Prihod-optimistični scenarij	Bilanca – optimistični scenarij
Početno stanje	-	-17 718 480
2020.	7 141 440	-10 577 040
2021.	7 243 680	-3 333 360
2022.	7 353 120	4 019 760
2023.	7 473 120	11 492 880
2024.	7 605 360	19 098 240
2025.	7 752 480	26 850 720
2026.	7 909 920	34 760 640
2027.	8 078 160	42 838 800

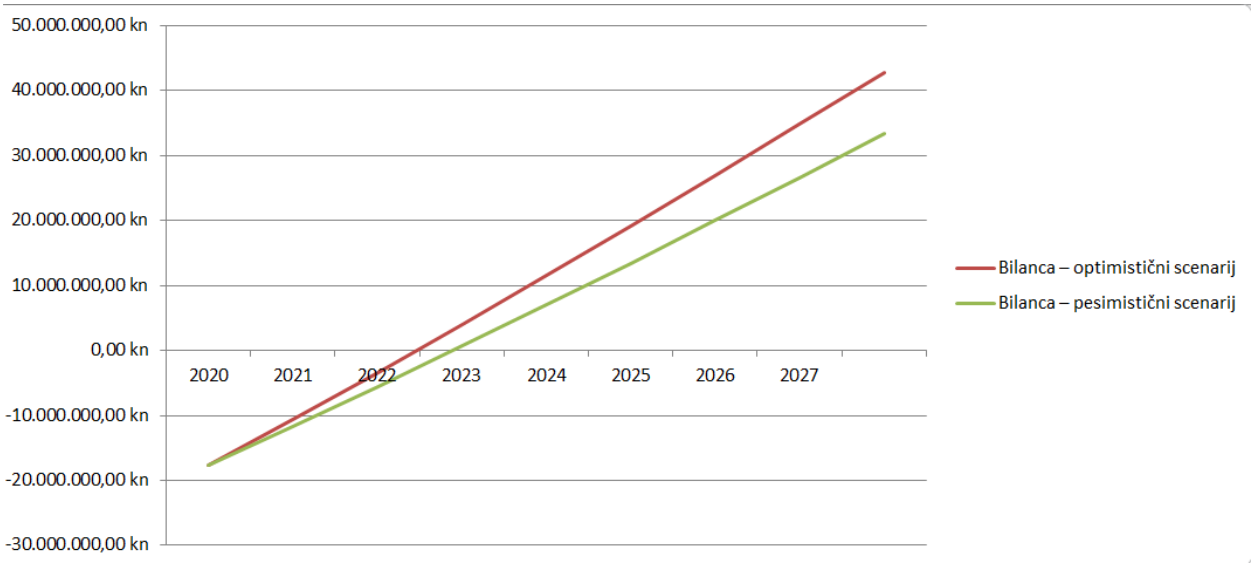
Tablica 9. Vrijednosti ARPU-a u optimističnom slučaju

Pesimistični scenarij – ARPU (HRK)	
Telefonija	40
Internet	220
IPTV SD	120
IPTV HD	40

Iz navedenih podataka je vidljivo da u optimističnom slučaju u osmogodišnjem razdoblju uz ARPU navedenom za optimisnični scenarij je moguće ostvariti prihode, tj. već nakon 3 godine investicija bude pokrivena i do kraja razdoblja se ostvari dobit u iznosu od 42 838 800 kn.

Usporedba pesimističnog i optimističnog scenarija prikazana je grafom 17. Na grafu je vidljivo da u pesimitičnom slučaju se projekt isplati nakon nešto više od 3 godine, dok kod optimističnog scenarija je projekt isplativ nakon 3 godine od početka projekta.

Graf 17. Usporedba pesimističnog i optimističnog scenarija projekta



7. Zaključak

S obzirom na to da u ovo naše „moderno doba“, Internet više nije luksuz, nego je postao potreba. Sve je više dostupnih podataka i taj broj se povećava na dnevnoj bazi, tako da je i potrebno povećati brzine pristupa Internetu svim korisnicima, što je i doneseno kroz razne direktive na razini Republike Hrvatske i na razini Europske Unije. Uz to se povećava i broj korisnika Interneta, tako da su i potrebne kvalitetnije mreže koje će izdržati napore velikog broja korisnika kako bi svi korisnici (ili barem veći dio njih) imali određenu razinu QoS-a (kvalitete usluge).

Telekomunikacijska infrastruktura u RH je relativno stara i većina stanovništva, pogotovo u ruralnim područjima, još uvijek koriste usluge putem bakrene parice uz relativno male brzine (na primjeru grada Zaboka, njih 70% koristi usluge s brzinama do 20 Mbps, dok njih gotovo 50% ima brzine do 10 Mbps), te je potrebna nadogradnja mreže novim tehnologijama, pogotovo povećanje pristupa svjetlovodnom mrežom. U zadnjih nekoliko godina se popravlja situacija što se tiče provedene svjetlovodne mreže i nastoji se uz financijska sredstva iz raznih fondova popraviti stanje, ponajviše u ruralnim područjima.

U gradu Zaboku svjetlovodna mreža je provedena na jako malom području, prema zadnjim dobivenim podacima su neke zgrade nedavno dobile pristup putem FTTB tehnologije, za koje nemamo točne podatke. Tako da baratamo podacima da korisnice koriste isključivo xDSL tehnologiju, prevladaju brzine pristupa, kao što je već navedeno od 4 do 20 Mbps. Nakon provedene analize uvođenja svjetlovodne pristupne mreže prema Latorov-om modelu i HAKOM-ovim podacima o promjenama usluga po korisnicima kroz godišnje razdoblje, gdje su se analizirala dva slučaja, pesimističniji i optimisitičniji slučaj, vidljivo je da bi se investicija isplatila kroz 3 godine u optimističnijem slučaju, a kroz pesimističniji slučaj bi investicija bila isplativa nakon 3 godine i 6 mjeseci.

Kroz analizu je dokazano da bi investicija bila isplativa u oba slučaja, budući da je referentno razdoblje u kojem je bilo očekivana isplativost investicije 8 godina, tako da bi investicija u oba slučaja bila vraćena u manje od pola referentnog razdoblja.

Literatura

1. European Commission. *Broadband data files, Digital Scoreboard.* [Mrežno] 2017. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/broadband-data-files-digital-scoreboard-2017.

2. **Bažant, A., G. Gledec, Ž. Ilić, G. Ježić, M. Kos, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević itd.** *Osnovne arhitekture mreža.*

3. **HAKOM.** *Svjetlovodne distribucijske mreže (SDM).* 2020.

4. **Lator.** Odabir najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu. [Mrežno] 2012. https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/Lator_MMPI_studija_Izvr%C5%A1ni_sa%C5%BEetak_final.pdf.

5. Tutorials Point. *FTTH-Introduction.* [Mrežno] https://www.tutorialspoint.com/ftth/ftth_quick_guide.htm.

6. **Horvath, Munster, Oujesky, Bao.** *Passive Optical Networks Progress.* s.l. : MDPI, 2020.

7. **TechnoPedia.** [Mrežno] 12 2018. https://www.technopediasite.com/2018/12/fttx-network-architectures-and.html.

8. **NBNCO.** [Mrežno] 2020. https://www.nbnco.com.au/content/dam/nbnco2/documents/fttn-construction-fact-sheet.pdf.

9. **Lator.** Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža. [Mrežno] 12 2011.

10. [Mrežno] 8 2014. https://www.slideshare.net/sujit21678/ftth-overview-training-naresh-singh-dhami.

11. Pravilnik o svjetlovodnim distribucijskim mrežama. [Mrežno] 5 2014. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_05_57_1087.html.

12. **HAKOM.** Pravilnik o svjetlovodnim distribucijskim mrezama. [Mrežno] 8. 9 2010.

13. **I. Forenbacher, S. Šarić.** Auditorna predavanja: "Svjetlovodni prijenosni sustavi i mreže". [Mrežno] 2014.

14. Državni zavod za statistiku. [Mrežno] 13. 9 2019. https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/07-01-03_01_2019.htm.

15. *Tromjesečje usporedni podaci Q2 2020.* [Mrežno] 2020. https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2020/e_trziste/Tromjese%C4%8Dni%20usporedni%20podatci%20za%20tr%C5%BEi%C5%A1te%20elektroni%C4%8Dkih%20komunikacija%20RH_Q12020.pdf.

16. Širokopojasni pristup internetu u državama članicama EU-a (12/2018). [Mrežno] 12 2018. https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/broadband-12-2018/hr/.

17. Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine. *Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.* [Mrežno] 2016. http://mppi.hr/default.aspx?id=41910.

18. Europe's Digital Progress Report 2017. [Mrežno] 2017. http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=44293.

19. Stranica grada Zaboka. [Mrežno] https://www.zabok.hr/.

20. Mapiranje Hakom. [Mrežno] 2020. http://mapiranje.hakom.hr/hr-HR/SirokopojasniPristup#sthash.MzoJXH02.Ja2yceON.dpbs.

21. Karta pokrivenosti. [Mrežno] Hrvatski Telekom, 2020. https://www.hrvatskitelekom.hr/karte-pokrivenosti.

22. **Autor.** [Mrežno] 2020.

23. **Lator.** Studija FTTH poslovnih modela u Hrvatskoj. [Mrežno] HAKOM, 2010. https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator_HAKOM_studija_N-VV-3_10.pdf.

24. FTTH Business guide v5. [Mrežno] https://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Business_Guide_V5.pdf.

25. **HAKOM.** Godišnje izvješće HAKOM-a za 2017. godinu. [Mrežno] 2017.

26. European Telecommunications Network Operators' Association. [Mrežno] 2020. https://d110erj175o600.cloudfront.net/wp-content/uploads/2020/01/ETNO-State-of-Digital-Communications-Report-2020.pdf.

Popis kratica

ADSL – eng. *Asymmetric Digital Subscriber Line* - asimetrična digitalna pretplatnička linija

ARPU – eng. *Average Revenue per User* - prosječni prihodi po korisniku

CAPEX - eng. *Capital Expenditures* - kapitalni troškovi

CPE – eng. *Customer-premises equipment* – korisnička oprema

DBO - eng. *design, build and operate* – planiraj, izgradi i upravljaj model

DP – eng. *Distribution Point* - distribucijski čvor

DSL- eng. *Digital Subscriber Line* - digitalna pretplatnička linija

DTK - distribuirana telekomunikacijska kanalizacija

ENI – eng. *External Network Interface* - sučelje vanjske pristupne elektroničke komunikacijske mreže

EPON - eng. *Gigabit Ethernet Passive Optical Network* – gigabitna ethernet pasivna optička mreža

ERDF - Europski fond za regionalni razvoj

EU – Europska unija

FTTB – eng. *Fiber to the Building* – optička nit do zgrade

FTTC - eng. *Fiber to the Cabinet* – optička nit do pločnika

FTTCab – eng. *Fiber to the Cabinet* - optička nit do kabineta

FTTH – eng. *Fiber to the Home* – optička nit do kuće

FTTN - eng. *Fiber to the Node)* – optička nit do čvora

GPON – eng. *Gigabit Passive Optical Network* – gigabitna pasivna optička mreža

HAKOM - Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti

HD - eng. *High Definition* - visoka razlučljivost

HT – Hrvatski telekom

IPTV – eng. *Internet Protocol TV* - TV baziran na Internet protokolu

ITU – eng. *International Telecommunication Union* – Međunarodna telekomunikacijska unija

IX - eng. *Internet eXchange* - čvorovi za razmjenu internet prometa

LRIC – eng. *Long run incremental cost* - dugoročni inkrementalni trošak

Mbps(Mbit/s) – megabita po sekundi

MPOP - eng. *Metro Point of Presence* – lokalni čvor

MSAN – eng. *Multi-service access node* - čvor za višestruki pristup

NBSA – eng. *Naked Bitstream Access* – bitstream pristup

NGA – eng. *Next Generationa Acces* - mreža nove generacije

NPV - eng. *Net Present Value* - neto sadašnja vrijednost

ODF – eng. *Optical Distribution Frame* - optički distribucijski okvir

OLT - eng. *Optical Line Terminal* – terminal optičke linije

ONT – eng. *Optical Network Terminal* – optički mrežni terminal

OPEX - eng. *Operational Expenditures* – operativni troškovi

PEHD - eng. Polyethylene High-density - polietilen visoke gustoće

PVC - eng. *Polyvinyl chloride* - polivinil klorid

P2MP – eng. *Point to Multipoint* – od jedne prema više točaka

P2P – eng. *Point to Point* – od točke do točke

QoS – eng. *Quality of Service* – kvaliteta usluge

RH – Republika Hrvatska

ROI - eng. *Return of Investment* - vrijeme povrata investicije

SD - eng. *standard definition* - standardna razlučljivost

SDH - eng. *Synchronous Digital Hierarchy* - sinkronizirana digitalna hijerarhija

SDM - svjetlovodna distribucijska mreža

SGM - glavne svjetlovodne mreže, eng. *Feeder/distribution segment*

ULL – eng. *Unbounded Local Loop* – lokalna petlja

WACC – eng. *The weighted average cost of capital* - ponderirani prosječni trošak kapitala

VDSL – eng. *Very high-speed Digital Subscriber Line* - nadogradnja DSL tehnologije koja omogućuje veće brzine prijenosa

VoIP – eng. *Voice over Internet Protocol* – tehnologija za telefoniranje preko IP protokola

Popis slika

Slika 1. Shema svjetlovodne distribucijske mreže. (4) 4
Slika 2. FTTN mreža. (8) 6
Slika 3. FTTH mreža. (10) 8
Slika 4. Arhitektura P2P mreže. (9) 14
Slika 5. Arhitektura P2P mreže s integriranim čvorovima. (9) 15
Slika 6. Arhitektura P2MP FTTH mreže, pristup alternativnih operatora u distribucijskom čvoru. (9) 15
Slika 7. Shema gdje je u P2MP mreži omogućen i bistream pristup od strane alternativnih operatora u lokalnom čvoru. (9) 16
Slika 8. Administrativno područje grada Zaboka. (20) 21
Slika 9. Pokrivenost brzinama do 30 Mbps. (20) 21
Slika 10. Pokrivenost brzinama 30-100 Mbps. (20) 22
Slika 11. Karta dostupnosti širopojasnih brzina Hrvatskog telekoma u gradu Zaboku. (21) 23
Slika 12. Struktura jediničnih troškova za FTTH operatora u idealnom slučaju. (9) 30
Slika 13. Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na razini lokalnog čvora. (9) 32
Slika 14: Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na razini lokalnog čvora. (9) 32
Slika 15. Model u kojem su jedinični troškovi u FTTH mreži ekonomski neodrživi. (9) 34
Slika 16. Struktura FTTH poslovnog modela. (23) 35
Slika 17. Shema računanja mjesečnih prihoda korisnika za optimističan scenarij u 2020. godini. 54

Popis grafova

Graf 1. Porast broja priključaka širokopojasnih priključaka na nepokretnoj mreži za razdoblje 2014.-2019. (15) 18
Graf 2. Pokrivenost internet brzinama od 30 Mbps u ruralnim područjima u odnosu na ukupnu pokrivenost 2017.godine na razini EU. (16) 19
Graf 3. Udio operatora na tržištu u postocima. 24
Graf 4. Brzine pristupa Internetu. (22) 24
Graf 5. Podjela usluga po korisnicima u postocima. (22) 25
Graf 6. Podjela korisnika prema zadovoljstvu s trenutnim uslugama. (22) 25
Graf 7. Podjela korisnika po mjesečnom izdvajanju financijskih sredstava za telekomunikacijske usluge. (22) 26
Graf 8. Podjela korisnika prema tome primjećuju li zastajkivanje kod učitavanja Internet stranica i video sadržaja. (22) 27
Graf 9. Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu. (9) 39
Graf 10. Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže. (9) 40
Graf 11. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM, SGM i P2P/P2MP mrežnu opremu, kod pretpostavljene izgradnje nove DTK mreže. (9) 41
Graf 12. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM dio mreže, P2P topologiju, prema smještaju distribucijskog čvora. (9) 41
Graf 13. Investicijski troškovi po kućanstvu za SDM dio mreže, P2P topologiju, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima. (9) 42
Graf 14. (lijevi) Prikaz udio ispitanika koji su upoznati sa svjetlovodnom infrastrukturom. 43
Graf 15. (desni) Udio ispitanih koji žele koristiti brže Internet usluge putem svjetlovodne infrastrukture. (22) 43
Graf 16. Usporedba ARPU-a prema scenarijima (u HRK) 53
Graf 17. Usporedba pesimističnog i optimističnog scenarija projekta 57

Popis tablica

Tablica 1. Vrste žičnih pristupnih tehnologija, te njihove značajke. (5) (6) 5
Tablica 2. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga (9) 29
Tablica 3. Geodemografske karakteristike kategorija naselja. (9) 48
Tablica 4. Promjena broja korisnika prema uslugama na godišnjoj razini. (15) 50
Tablica 5. Broj korisnika prema uslugama kroz godine. 51
Tablica 6. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za pesimistični scenarij 55
Tablica 7. Vrijednosti ARPU-a u pesimističnom slučaju 55
Tablica 8. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za optimistični scenarij 56
Tablica 9. Vrijednosti ARPU-a u optimističnom slučaju 56

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 Zaboka**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 17.9.2020

Luka Smiljanić
(potpis)