
Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža

prosinac 2011.



Lator d.o.o.

Breščenskoga 11

HR-10000 Zagreb

Tel: +385 (0) 1 4573831

Fax: +385 (0) 1 4573883

info@lator.hr

www.lator.hr

Lator d.o.o. pruža usluge konzaltinga u telekomunikacijama. Naš cilj je svojom stručnošću i neovisnošću dati značajan doprinos daljnjem razvoju hrvatskog telekomunikacijskog tržišta te u tom procesu biti vjerodostojan i pouzdan partner svim sudionicima na tržištu.

SADRŽAJ:

Izvršni sažetak	4
Uvod	6
1 Podjela u geotipove	8
2 Referentna arhitektura svjetlovodnih pristupnih mreža	10
2.1 OSNOVNI DIJELOVI FTTH MREŽE	10
2.2 OPCIJE VOĐENJA KABELA I SMJEŠTAJA OPREME	11
2.3 TOPOLOGIJE I TEHNOLOGIJE FTTH MREŽE.....	15
3 Troškovi izgradnje FTTH mreža po geotipovima	20
3.1 TROŠKOVNI MODEL FTTH MREŽE	20
3.2 URBANI I SUBURBANI GEOTIPOVI	20
3.3 RURALNI GEOTIPOVI	24
3.4 UKUPNI IZNOSI INVESTICIJA U FTTH MREŽE.....	25
4 Tržišni interes za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima	27
4.1 RAZVOJ INFRASTRUKTURE I USLUGA ŠIROKOPOJASNOG PRISTUPA.....	27
4.2 PROSJEČNI PRIHODI PO KORISNIKU NA FTTH MREŽI.....	28
4.3 METODOLOGIJA PRORAČUNA EKONOMSKE ODRŽIVOSTI FTTH POSLOVNIH MODELA.....	29
4.4 GEOTIPOVI S TRŽIŠNO ODRŽIVIM FTTH MODELIMA	34
4.5 GEOTIPOVI S TRŽIŠNO NEODRŽIVIM FTTH MODELIMA I POTREBOM ZA POTICAJIMA	38
Skraćenice	41
Reference	42

SLIKE:

Slika 1 – Dijelovi i čvorovi u FTTH mrežama	11
Slika 2 – Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži.....	12
Slika 3 – Struktura P2P FTTH mreže	17
Slika 4 – Struktura P2P FTTH mreže s integriranim čvorovima	18
Slika 5 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u DČ-u	18
Slika 6 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u LČ-u	19
Slika 7 – Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu	21
Slika 8 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže	22
Slika 9 – Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM, SGM i P2P/P2MP mrežna oprema, pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže	23
Slika 10 – Investicijski troškovi po kućanstvu - SDM dio mreže, P2P topologija, prema smještaju DČ-a	23
Slika 11 – Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM dio mreže, P2P topologija, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima	24
Slika 12 – Investicijski troškovi pristupne mreže i mrežne opreme (P2P/P2MP), pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže	25
Slika 13 – Ukupne investicije u FTTH pristupne mreže u svim naseljima Hrvatske po geotipovima	26
Slika 14 –Struktura jediničnih troškova FTTH operatora – idealni ekonomski održivi slučaj.....	31
Slika 15 – Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini.....	32
Slika 16 – Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s <i>bitstream</i> pristupom na LČ razini.....	33
Slika 17 – Jedinični troškovi u FTTH mreži – ekonomski neodrživi slučaj.....	34

Slika 18 – Ovisnost kritične utilizacije FTTH mreže u geotipovima (prikazani samo ekonomski održivi geotipovi).....	36
Slika 19 – Udjeli potrebnih poticaja u ukupnim jediničnim troškovima po geotipovima U4-R4	39
Slika 20 – Odnos iznosa poticaja po geotipovima U4-R4, prema poticajima za geotip U4.....	40
Slika 21 – Ukupni iznosi potrebnih poticaja po svim geotipovima.....	40

TABLICE:

Tablica 1 – Karakteristike geotipova	9
Tablica 2 – Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga	30
Tablica 3 – Kritični tržišni udjeli za alternativne operatore s fizičkim pristupom na DČ razini	37
Tablica 4 – Kritični tržišni udjeli za alternativne operatore s <i>bitstream</i> pristupom na LČ razini.....	38

Izvršni sažetak

Studijom su analizirana tehno-ekonomska obilježja izgradnje svjetlovodnih pristupnih mreža (FTTH) na cijelom području Hrvatske, s posebnim naglaskom na razlike u izgradnji u urbanim i ruralnim područjima. Naselja, kao osnovne geodemografske jedinice, analizirane su kao nedjeljive cjeline kod izgradnje FTTH mreža. Na 6.062 naselja u Hrvatskoj napravljena je podjela prema kriteriju broja stanovnika te kriteriju urbanosti, odnosno ruralnosti. Podjelom je formirano ukupno 12 karakterističnih skupina naselja - geotipova, od čega četiri s urbanim, četiri sa suburbanim i četiri s ruralnim obilježjima.

Analiza investicijskih (kapitalnih) troškova izgradnje FTTH mreža po geotipovima, iskazanih po broju kućanstava pokrivenih FTTH mrežom, ukazala je na sljedeće činjenice:

- investicijski trošak po pokrivenom kućanstvu, obuhvaćajući troškove pasivnih dijelova mreže (DTK infrastruktura, svjetlovodni kabeli i prateća spojna oprema) i aktivnih dijelova mreže (mrežna oprema u pristupnim čvorovima i korisnička oprema), kreće se u rasponu od 3.700 kn u urbanim područjima do 17.500 kn u ruralnim područjima,
- mogućnost polaganja svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu dovoljnog kapaciteta (bez izgradnje nove DTK mreže), donosi značajne uštede u investicijskim troškovima, od 33% (u urbanim područjima) do 51% (u suburbanim područjima),
- izgradnja nadzemne infrastrukture stupova za vođenje svjetlovodnih kabela u ruralnim područjima rezultira s uštedama u investicijskim troškovima od 20% u najvećim ruralnim naseljima do 8% u najmanjim ruralnim naseljima,
- FTTH mreže izgrađene u P2P topologiji, s pripadajućom Ethernet mrežnom opremom, imaju do 8,5% veće investicijske troškove po pokrivenom kućanstvu u usporedbi s mrežama izgrađenim u P2MP topologiji i s pripadajućom GPON opremom (razlika je u najvećem dijelu posljedica razlike u cijenama aktivne mrežne opreme),
- smještaj opreme u distribucijskim čvorovima u vanjske kabinete (nasuprot smještaju u unutarnjim tehnološki opremljenim prostorima) rezultira povećanjem investicijskih troškova pristupne mreže u rasponu od 3% u suburbanim područjima do 12% u najgušće naseljenim urbanim područjima.

Studijom je analizirana i ekonomska održivost (isplativost) poslovnih modela infrastrukturnog operatora koji gradi FTTH mrežu, te ostalih operatora koji ostvaruju veleprodajni pristup toj mreži, po geotipovima. Pretpostavljeno je da su svi operatori, uključujući i infrastrukturnog, prisutni na maloprodajnom tržištu usluga putem FTTH mreže. Ekonomska održivost FTTH infrastrukturnih poslovnih modela implicira postojanje tržišnog interesa za izgradnju FTTH mreža od strane infrastrukturnih operatora koji mogu samostalno graditi pristupne mreže (bez potrebe za vanjskim poticajima). Suprotno, u geotipovima u kojima ne postoje ekonomski održivi FTTH infrastrukturni poslovni modeli, ne postoji tržišni interes za izgradnju FTTH mreža. Za ta područja studijom se analizira potrebna visina vanjskih poticaja pomoću kojih FTTH poslovni modeli mogu postati ekonomski održivi.

Analizom ekonomske održivosti FTTH poslovnih modela došlo se do sljedećih zaključaka:

- ekonomski održivi FTTH poslovni modeli, s jednim infrastrukturnim operatorom koji gradi FTTH mrežu i barem dva alternativna operatora koji ostvaruju veleprodajni pristup FTTH mreži, postoje samo u urbanim geotipovima U1-U3, odnosno na području 7 najvećih gradova u Hrvatskoj (Zagreb, Split, Rijeka, Osijek, Zadar, Pula i Slavonski Brod),
- ograničeni broj ekonomski održivih FTTH poslovnih modela, koji omogućuju prisutnost na tržištu samo infrastrukturnog operatora uz eventualno tek jednog alternativnog operatora, postoje u urbanom geotipu U4 i suburbanim geotipovima S1 i S2 (manji i srednji gradovi u Hrvatskoj s više od 7.500 i manje od 50.000 stanovnika) - navedeni FTTH poslovni modeli su održivi samo uz izbor P2MP topologije pristupne mreže i uz pretpostavku dostupnosti postojeće DTK mreže za polaganje svjetlovodnih kabela (bez izgradnje nove DTK mreže),
- u suburbanim geotipovima S3 i S4 te svim ruralnim geotipovima ne postoje ekonomski održivi FTTH poslovni modeli, zbog prevelikih troškova FTTH pristupne mreže koji se ne mogu pokriti iz očekivanih prihoda po korisniku.

Analiza potrebne visine poticaja obuhvatila je sve geotipove s ekonomski neodrživim FTTH poslovnim modelima (suburbane geotipove S3 i S4 i sve ruralne geotipove) te geotipove u kojima postoje ekonomski održivi FTTH poslovni modeli, ali za ograničeni broj operatora na tržištu, čime je kompetitivnost operatora na tržištu ograničena (urbani geotip U4 i suburbane geotipove S1 i S2). Pokazuje se da:

- udio potrebnih poticaja u prosječnom trošku pružanja usluge putem FTTH mreže, izraženom po aktivnom korisniku u pristupnoj mreži, iznosi od 9% u urbanom geotipu U4 do 70% u najmanjim naseljima ruralnog geotipa R4,
- ukupni iznos poticaja za sva naselja u promatranim geotipovima bez ekonomski održivih ili s ograničenim brojem održivih FTTH poslovnih modela iznosi od 4,0 do 4,5 milijarde kn (ovisno o odabiru topologije i tehnologije), pri čemu čak 75% od tog iznosa otpada na ruralna područja u kojima živi tek 38% stanovništva Hrvatske,
- radi smanjenja visine poticaja u ruralnim geotipovima, posebno u najmanjim naseljima geotipa R4 s manje od 200 stanovnika, uputno je razmotriti mogućnost uvođenja alternativnih širokopojsnih infrastruktura i tehnologija (npr. bežične mreže) koje bi izvjesno bile troškovno učinkovitije, a također bi osigurale dostupnost širokopojsnog i brzog širokopojsnog pristupa u tim područjima.

Uvod

Ova studija napravljena je za potrebe Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM), prema Ugovoru br. 89/11 između HAKOM-a i Latora sklopljenog 15.12.2011.

Studija analizira tehničke i ekonomske parametre izgradnje svjetlovodnih pristupnih mreža s dosegom svjetlovodnih niti do krajnjih korisnika (engl. *Fiber To The Home* – FTTH) u Republici Hrvatskoj. Težište je stavljeno na analizu razlika u izgradnji takvih mreža u gušće naseljenim urbanim područjima, u kojima će postojati tržišni interes za izgradnju FTTH mreža od strane telekomunikacijskih operatora, naspram rjeđe naseljenih suburbanih i ruralnih područja u kojima neće biti dovoljnog tržišnog interesa za izgradnju FTTH mreža. Studijom se identificira granica između područja s nedovoljnim tržišnim interesom za izgradnju FTTH mreža i područja u kojima će postojati tržišni interes za izgradnju FTTH mreža. Vezano na to, za dio područja s nedovoljnim tržišnim interesom za izgradnju FTTH mreža, daje se kvantitativna analiza potrebnih poticaja (neovisno o načinu njihove neposredne alokacije). Uz pomoć tih poticaja, poslovni modeli izgradnje FTTH mreža u područjima s nedovoljnim tržišnim interesom, mogu postati ekonomski održivi.

U tehničkom smislu, u pogledu načina izgradnje FTTH mreže, u studiji se slijede pravila koja su propisana relevantnim podzakonskim aktima u Hrvatskoj (pravilnicima), što se prvenstveno odnosi na dozvoljene arhitekturne opcije u krajnjem segmentu pristupne mreže između distribucijskog čvora i korisnika, odnosno svjetlovodnoj distribucijskoj mreži. Time su studijom obuhvaćena i dva osnovna topološka i tehnološka načina izvedbe FTTH mreža – kao *točka-do-točke* mreže (engl. *point-to-point* – P2P), uz primjenu Ethernet protokola na aktivnom sloju, te *točka-do-više točaka* mreže (engl. *point to multipoint* – P2MP), uz primjenu PON standarda (engl. *Passive Optical Network*) na aktivnom sloju.

U demografskom i zemljopisnom pogledu, radi uvođenja reprezentativnih uzoraka naselja, unutar studije se uvodi podjela naselja u Republici Hrvatskoj na 12 *geotipova* (engl. *geotypes*, često nazvanih i engl. *clusters*), koji odražavaju specifičnosti prostornog rasporeda kućanstava kao potencijalnih korisnika usluga putem FTTH mreža. Poslovni korisnici nisu u fokusu studije, jer (pogotovo veći poslovni korisnici) imaju različite zahtjeve u pogledu FTTH usluga u usporedbi s privatnim korisnicima, a time i tehnološke zahtjeve vezane uz izvedbu priključaka u FTTH mreži. Od 12 definiranih geotipova po četiri se odnose na urbane, suburbane, te ruralne tipove naselja.

Analiza ekonomskih parametara u studiji obuhvaća proračun investicijskih troškova izgradnje FTTH mreže po pokrivenom kućanstvu (uvijek je predviđeno pokrivanje svih kućanstava unutar geotipa) te proračun inkrementalnih troškova FTTH mreže izraženih po aktiviranom korisniku (korisniku koji koristi usluge preko FTTH mreže). Inkrementalni trošak odgovara dugoročnom inkrementalnom trošku (engl. *Long Run Incremental Cost* – LRIC) koji se koristi kod regulacije cijena na veleprodajnim tržištima elektroničkih komunikacija. Inkrementalni troškovi se uspoređuju s očekivanim prosječnim prihodima po korisniku, čime je moguće odrediti održivost, odnosno isplativost FTTH poslovnih modela. Poslovni model FTTH mreže uključuje opciju vertikalno integriranog infrastrukturnog operatora FTTH mreže

koji je ujedno i pružatelj maloprodajnih usluga krajnjim korisnicima, opciju infrastrukturnog operatora FTTH mreže koji ostalim operatorima pruža veleprodajne usluge pristupa FTTH mreži (bez maloprodajnih usluga za krajnje korisnike), te opciju operatora koji ostvaruje veleprodajni pristup FTTH mreži infrastrukturnog operatora i pruža maloprodajne usluge krajnjim korisnicima.

Studija je podijeljena u četiri glavna poglavlja. U prvom poglavlju daje se pregled podjele naselja u geotipove, dok drugo poglavlje daje detaljni prikaz referentne arhitekture FTTH mreža s pripadajućom terminologijom. Treće poglavlje analizira opće investicijske troškove izgradnje FTTH mreža u različitim geotipovima te daje pregled razlika u troškovima kroz različite arhitekturne i tehnološke opcije. Četvrtim se poglavljem studije određuje granica između geotipova u kojima je moguća ekonomski održiva izgradnja FTTH mreža, te geotipova u kojima takva izgradnja nije moguća zbog neisplativosti povezanih poslovnih modela. Nastavno na to, određuje se i potrebna razina poticaja uz koje poslovni modeli izgradnje FTTH mreža u inicijalno ekonomski neodrživim geotipovima postaju održivi.

1 Podjela u geotipove

Statistički podaci o naseljima u Hrvatskoj većim su dijelom preuzeti iz rezultata popisa stanovništva 2001. godine (Državni zavod za statistiku – DZS [1]). U dijelu podataka o ukupnom broju stanovnika i naselja u Republici Hrvatskoj, podaci iz 2001. korigirani su preliminarnim podacima iz popisa stanovništva 2011. godine [2], koji su bili dostupni u vrijeme izrade studije.

Potrebno je naglasiti da *naselja* predstavljaju osnovne statističke jedinice u pogledu koncentracije stanovništva na određenom zemljopisnom području, a time, u studiji, i područjima izgradnje svjetlovodnih pristupnih mreža (FTTH). Naselja ne treba dovoditi u izravnu vezu s administrativno-upravnim jedinicama *općina* i *gradova*, koje u praksi obuhvaćaju nekoliko naselja. Osim toga, unutar općina i gradova značajni su udjeli površina koje nisu nastanjene, odnosno na kojima ne postoji potreba za izgradnja FTTH mreža (npr. polja, šume, nenastanjena brdska i planinska područja).

U Hrvatskoj je ukupno 6.062 naselja, od čega u 8% naselja, s više od 1.000 stanovnika, živi 72% ukupnog hrvatskog stanovništva. S druge strane, u najvećem broju naselja (92%, odnosno oko 5.500 naselja), živi ukupno tek oko 28% stanovništva Hrvatske. Ovakva neravnomjerna raspodjela stanovnika s obzirom na veličinu i broj naselja utječe na razlike u tehnološkim i ekonomskim parametrima izgradnje FTTH mreža po geotipovima.

Pri podjeli naselja u geotipove osnovni kriterij bila je veličina naselja po broju stanovnika. Nadalje, vodilo se računa da naselja unutar istog geotipa imaju približno podjednake karakteristike u pogledu prevladavajućeg oblika stanovanja (samostalne obiteljske kuće ili višestambene zgrade) te prema gustoći naseljenosti. Ukupno, jedan od kriterija bio je i jednolika raspodjela ukupnog stanovništva Hrvatske po pojedinim geotipovima.

Prevladavajući oblik stanovanja kao i gustoća naseljenosti utječu i na urbanost geotipa, koju ne treba dosljedno povezivati i kvantitativno korelirati s demografskim i statističkim definicijama urbanosti, odnosno ruralnosti, kakve se koriste u EU. Naime, takve definicije urbanosti nekog područja (npr. prag naseljenosti od najmanje 150 stanovnika po km² kao kriterij urbanosti) izravno su primjenjive npr. kod analiza područja pokrivanja bežičnih pokretnih mreža koje nisu, kao nepokretne mreže, koncentrirane na uža područja stalne naseljenosti potencijalnih korisnika.

Zbog jednostavnosti prosječna površina naselja unutar pojedinog geotipa izračunata je na temelju podataka o površini barem deset naselja po geotipu u različitim dijelovima Hrvatske, dobivenih putem *Google Maps* [3].

Za potrebe studije formirano je ukupno 12 geotipova, po četiri urbana (gradska), suburbana (prigradska) i ruralna (seoska). Tablica 1 daje prikaz relevantnih demografskih i zemljopisnih podataka za svaki od geotipova. Urbani geotipovi naselja (U1-U4) ukupno obuhvaćaju 36,3% stanovništva Hrvatske, suburbani (S1-S4) 25,9% te ruralni (R1-R4) 37,8% od ukupnog stanovništva Hrvatske.

Tablica 1 – Karakteristike geotipova

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

2 Referentna arhitektura svjetlovodnih pristupnih mreža

Ovim se poglavljem, radi usklađenja arhitekturnih, topoloških i terminoloških razlika u prisutnim definicijama svjetlovodnih pristupnih mreža (FTTH), uvodi referentna arhitektura FTTH mreža za potrebe ove studije, s pripadajućim segmentima i čvorovima mreže, uz adekvatne terminološke nazive.

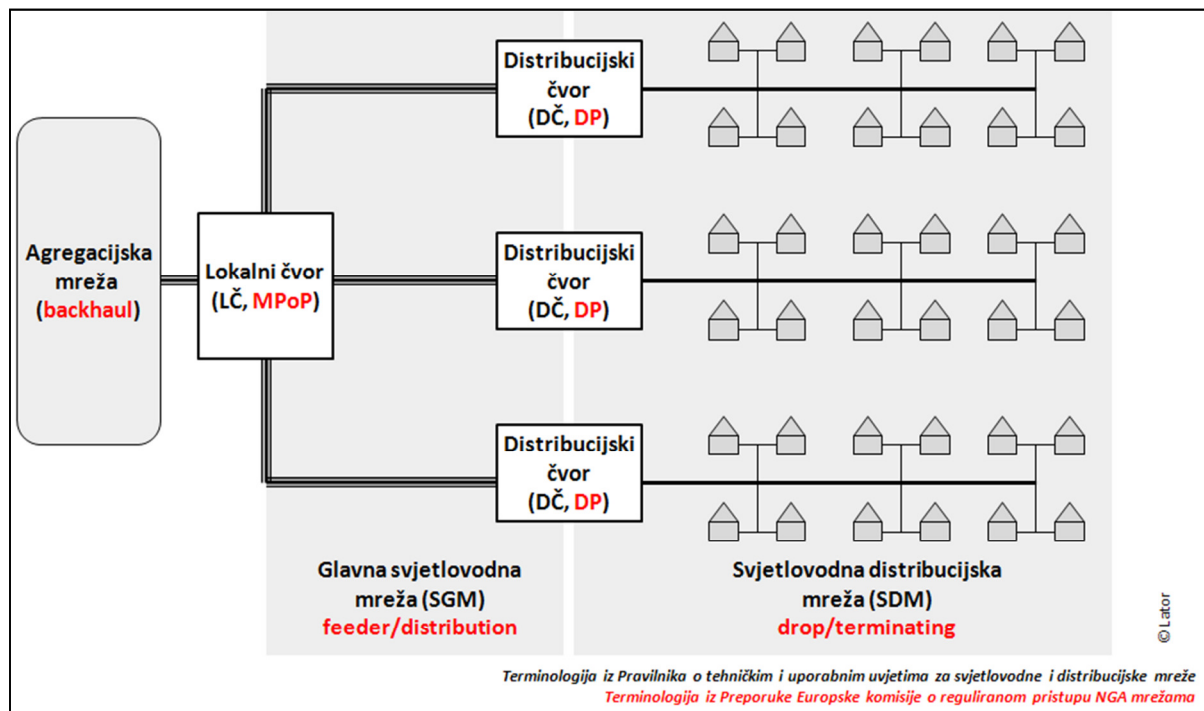
Studijom definirana referentna arhitektura i način izgradnje FTTH mreža oslanjaju se prvenstveno na relevantne hrvatske podzakonske propise (pravilnike), kojima se propisuju pravila izgradnje krajnjeg segmenta FTTH mreža prema korisnicima [4], pravila o izgradnji i zajedničkom korištenju distributivne telekomunikacijske kanalizacije (DTK) [5],[6], te pravila za izgradnju elektroničke komunikacijske mreže unutar stambenih i poslovnih objekata [7]. Također, studija se u dijelovima referencira i na terminologiju i regulatorna pravila unutar Preporuke Europske komisije vezane uz regulaciju pristupnih mreža nove generacije (engl. *Next Generation Network Access – NGA*) [8], te Smjernice Europske komisije o primjeni pravila o državnim potporama vezanim uz širokopojasne mreže [9].

2.1 Osnovni dijelovi FTTH mreže

FTTH mreža podrazumijeva pristupnu mrežu izveden pomoću svjetlovodnih niti između krajnjih korisnika i prvog agregacijskog čvora operatora (lokalnog čvora – LČ, odnosno engl. *Metro Point of Presence – MPoP*). Unutar FTTH mreže smješten je i tzv. distribucijski čvor (DČ, engl. *Distribution Point – DP*), kao točka razgraničenja krajnjeg segmenta mreže prema korisnicima - svjetlovodne distribucijske mreže (SDM, odnosno engl. *drop* ili *terminating segment*) te preostalog segmenta mreže prema LČ-u – glavne svjetlovodne mreže (SGM¹, odnosno engl. *feeder* ili *distribution segment*). DČ je fizička točka agregacije većeg broja trasa vođenja svjetlovodnih niti iz SDM-a, uobičajeno u nekoliko trasa vođenja svjetlovodnih niti u SGM-u. Unutar područja pokrivanja jednog LČ-a nalazi se više DČ-ova. Od LČ-a prema jezgri mreže (engl. *core network*), nalazi se agregacijska transportna mreža (uobičajeno nazvana engl. *backhaul*).

Slika 1 daje shematski prikaz dijelova i čvorova u FTTH mreži.

¹ Glavna svjetlovodna mreža u studiji se označava kraticom SGM, kako se, u slučaju uporabe dosljedne kratice GSM, isti pojam ne bi miješao s GSM pokretnim mrežama.



Slika 1 – Dijelovi i čvorovi u FTTH mrežama

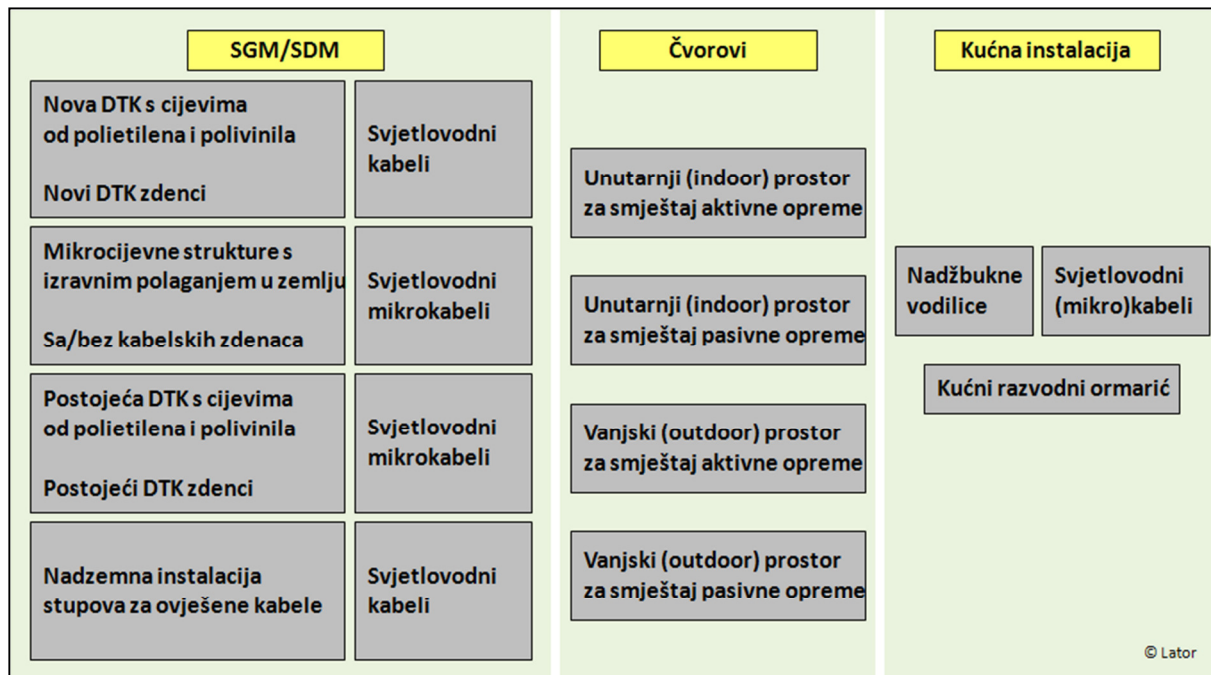
2.2 Opcije vođenja kabela i smještaja opreme

Svjetlovodne niti, odnosno svjetlovodne kabele unutar kojih se nalazi od nekoliko do nekoliko stotina pojedinačnih svjetlovodnih niti, moguće je polagati i voditi duž trasa FTTH mreža na različite načine. Najzastupljeniji način je polaganje kabela unutar plastičnih cijevi podzemne distributivne telekomunikacijske kanalizacije (DTK). Drugi način, uobičajeno korišten u rjeđe naseljenim ruralnim područjima, pretpostavlja nadzemno vođenje svjetlovodnih kabela, ovješanih o stupove. Smještaj neophodne pasivne i aktivne mrežne opreme (pasivna, za razliku od aktivne opreme, ne zahtijeva strujno napajanje) u čvorovima FTTH mreže (DČ i LČ) može biti ostvaren u unutarnjim tehnološki opremljenim prostorima (engl. *indoor*) ili unutar kabineta postavljenih na vanjskim površinama (engl. *outdoor cabinet*).

Važan segment FTTH mreže, pogotovo u višestambenim zgradama, predstavlja i završna kućna instalacija svjetlovodnih niti koja se proteže od uvida u zgradu do prostora (stana) krajnjeg korisnika. Naime, za razliku od tradicionalnih kućnih instalacija bakrenih parica, koje su većinom položene unutar postojećih zgrada, svjetlovodne instalacije nisu izvedene unutar većine zgrada (ili su moguće izvedene samo kod manjeg broja novogradnji), te je, u troškovnom smislu, i taj završni segment FTTH mreže uvijek uključen u proračune u ovoj studiji, kao trošak infrastrukturnog operatora u SDM segmentu FTTH mreže. Zbog strukture vlasništva nad nekretninama u Hrvatskoj (velik broj pojedinačnih vlasnika – fizičkih osoba), ne može se očekivati da vlasnici nekretnina sami investiraju u izgradnju svjetlovodne mreže unutar zgrada (za razliku od nekih država EU-a, gdje su stambeni prostori većinom u vlasništvu specijaliziranih tvrtki koje takve nekretnine nude u najam te im je u interesu poboljšanje opremljenosti stanova).

Slika 2 daje pregled mogućih infrastrukturnih opcija vođenja svjetlovodnih kabela, izbora vrste svjetlovodnih kabela, kao i opcije smještaja opreme unutar čvorova FTTH mreže u dijelu glavne svjetlovodne mreže, svjetlovodne distribucijske mreže i kućne instalacije.

U nastavku su detaljno objašnjene sve opcije prikazane na slici.



Slika 2 – Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži

Nova DTK s PEHD/PVC cijevima

Opcija predviđa izgradnju nove podzemne DTK mreže, uz polaganje standardnih cijevi od polietilena visoke gustoće (PEHD) promjera 20 do 50 mm ili cijevi većeg promjera od 63 do 110 mm koje mogu biti izrađene također od polietilena ili od polivinil klorida (PVC). Ovisno o potrebnom prostoru za smještaj svjetlovodnih kabela, polaže se određeni broj cijevi adekvatnog promjera uz ugradnju kablskih zdenaca, na točkama grananja DTK trasa ili unutar samih segmenata trasa ukoliko su ti segmenti veće duljine. Veličina kablskih zdenaca odgovara broju i kapacitetu svjetlovodnih kabela unutar pojedinog segmenta DTK mreže te se biraju standardizirane veličine kablskih zdenaca oznaka D0-D4. Ovakva DTK mreža prvenstveno je namijenjena za prihvata standardnih svjetlovodnih kabela, najvećeg kapaciteta do 288 niti i najvećeg promjera do 19 mm.

Potrebno je naglasiti da se danas kod izgradnje novih DTK mreža u pravilu ne prakticira ovakav način izgradnje, već se koriste mikrocijevne strukture unutar kojih se polažu svjetlovodni mikrokabe. U tom smislu, prilikom proračuna u studiji opcija izgradnje DTK mreže od cijevi od polietilena i polivinil klorida koristi se isključivo kao referentni scenarij kojim se može provjeriti opravdanost izbora troškovne povoljnije opcije izgradnje nove DTK mreže s mikrocijevnim strukturama i svjetlovodnim mikrokabelima.

Nova DTK s mikrocijevnim strukturama

DTK mreža s mikrocijevnim strukturama predviđena je za prihvata svjetlovodnih mikrokabela koji imaju manji promjer u odnosu na svjetlovodne kabe standardnih dimenzija (najčešće su korišteni svjetlovodni mikrokabe vanjskog promjera 5 i 10 mm,

kapaciteta do 72 niti). Mikrocijevne strukture sastavljene su od nekoliko pojedinačnih mikrocijevi, od kojih je svaka predviđena za uvlačenje pojedinačnog svjetlovodnog mikrokabela. Mikrocijevne strukture koje su obložene plaštom adekvatne debljine, koji osigurava fizičku zaštitu i mehaničku čvrstoću, mogu se izravno polagati u zemlju (upravo je takva mogućnost i predviđena ovom studijom).

Kod izravnog polaganja mikrocijevnih struktura u zemlju, na točkama račvanja DTK trasa, nije potrebno ugraditi i kableske zdence za manipulaciju svjetlovodnim kabelima i nitima. Naime, u tim točkama dovoljno je povezati segmente mikrocijevnih struktura iz više trasa s mikrocijevnim spojnicama (razdjelnicama), unutar kojih se, odmah kod polaganja u zemlju, obavlja prospajanje odgovarajućih mikrocijevi iz segmenata DTK trasa, te je naknadno, uvlačenjem svjetlovodnih mikrokabela unutar odgovarajućih mikrocijevi, moguće dosegnuti sve segmente mreže. U proračunima u ovoj studiji, u scenarijima u kojima se gradi nova DTK mreža s mikrocijevnim strukturama, ugradnja kableskih zdenaca nije predviđena unutar SDM dijela FTTH mreže, dok je ugradnja zdenaca unutar SGM dijela mreže predviđena, budući da se to u praksi, zbog većeg broja niti i dužine trasa, najčešće pokazalo tehnički boljim rješenjem za taj segment mreže.

Postojeća DTK s PEHD/PVC cijevima

Ovom se opcijom predviđa polaganje svjetlovodnih mikrokabela unutar postojeće DTK izgrađene sa standardnim PEHD i PVC cijevima. U scenarijima s ovom opcijom investicijski troškovi izgradnje DTK mreže nisu uzeti u obzir te je predviđeno da se samo plaća najam DTK prostora zauzetog sa svjetlovodnim mikrokabelima.

Prvenstvena namjena ove opcije je troškovna analiza ušteda koje se mogu ostvariti ukoliko je svjetlovodne kabele u pristupnoj mreži moguće polagati u postojeću DTK mrežu, bez potrebe izgradnje nove mreže. Pri tome se uvijek pretpostavlja da su dostupni kapaciteti u DTK mreži, odnosno slobodni prostor u PEHD i PVC cijevima za uvlačenje svjetlovodnih mikrokabela, u potpunosti dovoljni i u SGM i u SDM dijelu mreže.

Iako je u postojeću DTK mrežu s PEHD i PVC cijevima moguće uvlačiti i standardne svjetlovodne kabele većeg promjera, zbog potrebe optimizacije zauzeća prostora unutar DTK cijevi kao i fleksibilnosti upravljanja DTK mrežom unutar koje se moguće nalaze svjetlovodni kabeli više operatora, isključivo je predviđeno uvlačenje svjetlovodnih mikrokabela i to unutar prethodno uvučenih mikrocijevi. Fleksibilnost manipulacije svjetlovodnih mikrokabela unutar postojeće DTK na mjestima račvanja trasa osigurana je, prema potrebi, pristupom kroz postojeće ugrađene kableske zdence.

Nadzemna instalacija stupova za ovješene kabele

Nadzemnu instalaciju stupova za vođenje svjetlovodnih kabela moguće je koristiti ukoliko to dozvoljavaju lokalni urbanistički uvjeti u pojedinom naselju ili administrativnoj jedinici (općini ili gradu). Prema trenutnoj situaciji u Hrvatskoj, u većini naselja u urbanim i suburbanim geotipovima nadzemno vođenje telekomunikacijskih kabela nije dozvoljeno. U praksi, izgradnja nadzemne instalacije stupova moguća je tek u ruralnim krajevima. Slijedom toga, u scenarijima u studiji, izgradnja nadzemne instalacija stupova predviđena je samo u naseljima ruralnih geotipova R1-R4.

Kako će biti dokazano studijom, izgradnja nadzemne instalacije stupova za ovješene svjetlovodne kabele u ruralnim naseljima je troškovno povoljnija opcija od izgradnje podzemne DTK mreže unatoč većim troškovima održavanja nadzemne mreže i kraćim predviđenim vijekom trajanja infrastrukture stupova, u usporedbi s podzemnom DTK mrežom.

Nadzemni svjetlovodni kabele koje je moguće postavljati na stupove, posebni su svjetlovodni kabele koji imaju robusnije fizičke karakteristike i uobičajeno, povezano s time, manji kapacitet niti u istom promjeru kabela, u usporedbi s kablom za podzemno polaganje.

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 uvijek je troškovno povoljnija opcija, uz pretpostavku dostupnosti takvih prostora na potrebnim lokacijama. Pri tome dostupnost prostora u praksi podrazumijeva postojanje ranije opremljenog prostora koji je služio ili još uvijek služi za smještaj opreme u DSL pristupnoj mreži u vlasništvu bivših monopolističkih operatera, ili je isti takav adekvatan prostor moguće osigurati najmom od vlasnika nekretnine, te ga zatim adekvatno opremiti za prihvatanje telekomunikacijske opreme. U suprotnom slučaju, odnosno slučaju nedostupnosti unutarnjeg prostora, potrebna oprema smješta se u vanjske kabinete predviđene za smještaj telekomunikacijske opreme što je uvijek troškovno nepovoljnija opcija.

U scenarijima u studiji uvijek je predviđeno da oprema u LČ-u bude smještena u unutarnjem prostoru, dok oprema u DČ-u može biti alternativno smještena u unutarnji prostor ili u vanjski kabinet.

Ovisno o izboru tehnologije u FTTH mreži, unutar DČ-a predviđen je smještaj aktivne opreme (kod P2P mreža, odnosno Ethernet tehnologije) ili pasivne opreme (kod P2MP mreža, odnosno PON tehnologije). Smještaj aktivne opreme zahtijeva dovod strujnog napajanja te, prema potrebi, osiguranje adekvatnih klimatskih uvjeta, dok kod smještaja pasivne opreme dovod strujnog napajanja i, u pravilu, osiguranje klimatskih uvjeta nisu potrebni. U LČ-u je predviđen smještaj isključivo aktivne opreme.

U oba čvora (LČ i DČ), predviđen je i prostor za smještaj svjetlovodnih prospojnika (engl. *Optical Distribution Frame – ODF*), kao točki fleksibilnog prospajanja svjetlovodnih niti između SDM-a i opreme u DČ-u, odnosno opreme u DČ-u i SGM-a, te, u LČ-u, za prospajanje svjetlovodnih niti između SGM-a i opreme u LČ-u, odnosno opreme u LČ-u i agregacijskog dijela mreže.

Izvedba kućne instalacije

Troškovi kućne instalacije svjetlovodnih niti, od uvoda u zgradu neposredno do prostora krajnjeg korisnika, predstavljaju značajnu stavku u ukupnim troškovima izgradnje FTTH mreže, naročito u naseljima gdje prevladavaju višestambene zgrade, u kojima je taj

krajnji segment FTTH mreže ukupno značajne duljine. S obzirom da u većini postojećih zgrada adekvatni podžbukni kanali (vertikalni i horizontalni razvodi), koji bi mogli služiti za vođenje svjetlovodnih kabela, ne postoje ili su zauzeti s drugim vrstama instalacija (strujni kabele, bakrene parice), u studiji je isključivo predviđeno postavljanje novih nadžbuknih kanala za vođenje svjetlovodnih kabela unutar zgrada. Unutar tako postavljenih kanala predviđeno je polaganje završnih svjetlovodnih kabela s manjim brojem niti, koji neposredno opslužuju svakog krajnjeg korisnika.

Neovisno o veličini zgrade, odnosno broju potencijalnih krajnjih korisnika, na uvodu svake zgrade predviđeno je postavljanje adekvatnog svjetlovodnog prospojnika (kućni razvodni ormarić), kao fleksibilne prospojne točke između SDM dijela pristupne mreže i kućne instalacije.

2.3 Topologije i tehnologije FTTH mreže

U tržišnim implementacijama FTTH mreža najčešće se pojavljuju dvije osnovne skupine tehnologija, povezane s pripadajućim topologijama za koje su namijenjene.

Tako se u P2P mrežama koriste različite inačice Ethernet protokola, ovisno o najvećoj ciljanoj korisničkoj brzini, najvećoj duljini niti u SDM segmentu pristupne mreže te predviđenom broju niti po korisniku (jedna nit po korisniku za bidirekcionalni promet, odnosno dvije niti po korisniku za unidirekcionalni promet). Zbog troškovne učinkovitosti, u praksi se najčešće koristi jedna nit po korisniku s najvećom brzinom do 100 Mbit/s u oba smjera (100-BX Ethernet sučelje) i najvećim dometom do 10 km. Druga, dodatna nit po korisniku, ukoliko je postavljena, ponekad se koristi za usluge distribucije TV programa i sadržaja.

U P2MP mrežama koriste se PON tehnologije (u Europi ITU-T G.984 standardizirana GPON tehnologija). U krajnjem segmentu pristupne mreže (nakon *splitera*) rezervirana je po jedna svjetlovodna nit za svakog korisnika, dok se u segmentu mreže između OLT čvora (engl. *Optical Line Termination – OLT*) i *splitera* koristi po jedna svjetlovodna nit za grupu od 32 ili 64 korisnika, ovisno o korištenom razdjelnom omjeru (engl. *splitting ratio*). Prosječni kapaciteti po korisniku u P2MP PON mrežama manji su od P2P mreža te su brzine u smjeru od korisnika manje od brzina prema korisniku (npr. trenutna generacija GPON tehnologije podržava do 2,5 Gbit/s u smjeru prema korisnicima, odnosno do 1,25 Gbit/s u smjeru od korisnika, dijeljeno između 32 ili 64 korisnika koji se nalaze u istoj razdjelnoj grupi *splitera*²). Kod PON tehnologija najveća udaljenost između korisnika i OLT čvora je do 20 km te se u pravilu smanjuje s povećanjem broja *splitera* u pristupnoj mreži (npr. uvođenjem kaskada *splitera*).

U pogledu budućeg razvoja FTTH tehnologija, puno se nada polaže u tzv. WDM PON (engl. *Wavelength Division Multiplexing PON*), kod kojeg bi svakom korisniku bila dodijeljena zasebna valna duljina unutar valnog multipleksa u niti P2MP mreže te bi kapacitet po

² Na tržištu je već dostupna i oprema prema novom 10G-PON standardu, koji omogućuje 10 Gbit/s i 2,5 Gbit/s dijeljene kapacitete u smjeru prema korisnicima, odnosno od korisnika.

korisniku bio uvjetovan najvećim kapacitetom pojedinačne valne duljine (trenutno do 1 Gbit/s u oba smjera). Zbog većeg dometa (do 100 km), WDM PON tehnologijom bit će, u odnosu na sadašnje generacije PON tehnologija i P2P tehnologija, moguće značajno povećati udaljenost između korisnika i OLT čvora, čime se potencijalno omogućuje smanjenje broja čvorova u pristupnoj mreži. Osim toga, princip podjele korisnika po valnim duljinama omogućio bi lakše dijeljenje kapaciteta pristupne mreže između operatora u usporedbi sa sadašnjim PON tehnologijama.

U nastavku se daje detaljni prikaz arhitektura P2P i P2MP mreža koje su korištene u ovoj studiji, također uz navođenje dostupnih opcija fizičkog i *bitstream* pristupa mreži od strane ostalih operatora.

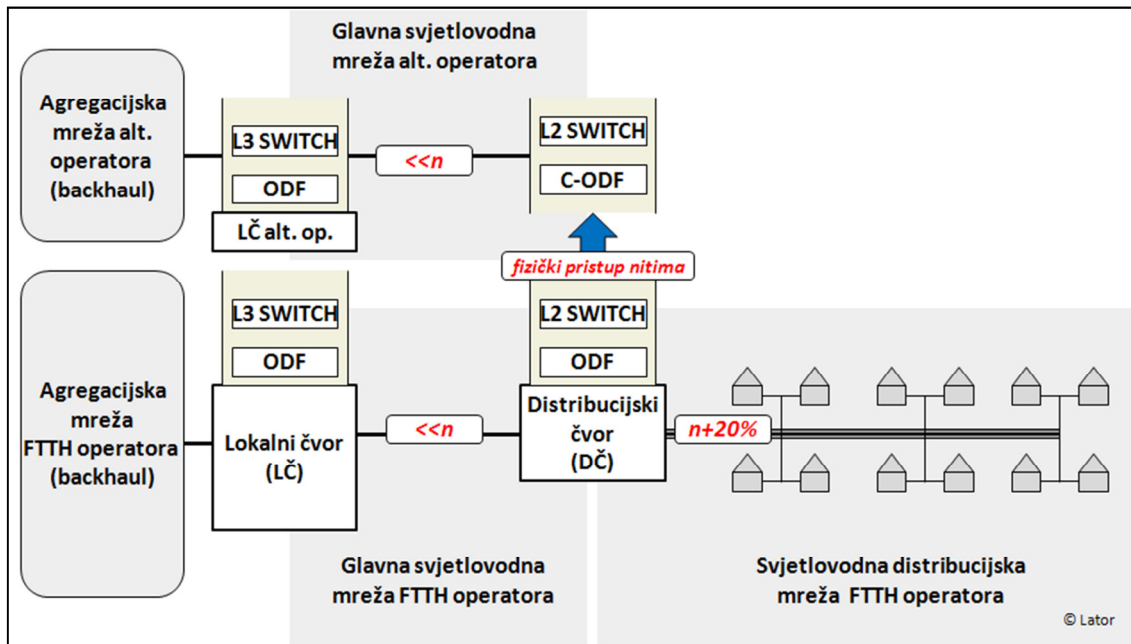
P2P mreže

Slika 3 daje prikaz arhitekture P2P mreže uz primjenu Ethernet tehnologije. U SDM segmentu mreže, u skladu s Pravilnikom [4], predviđeno je polaganje 20% više svjetlovodnih niti u odnosu na ukupni potencijalni broj korisnika (odgovara broju kućanstava na ciljanom području), s tim da je za svakog korisnika rezervirana po jedna svjetlovodna nit. Optimizacija, odnosno smanjenje broja niti u DČ-u, predviđena je uporabom jednostavnijih Ethernet preklopnika (uobičajeno nazivanih engl. *Layer 2 switches*) kojima se promet s korisničkih pojedinačnih svjetlovodnih niti agregira na manji broj niti u SGM-u s većim brzinama prijenosa (npr. 1 ili 10 Gbit/s po niti u SGM-u). U LČ-u predviđeno je postavljanje kompleksnijeg Ethernet preklopnika (engl. *Layer 3 switch* ili *Metro Ethernet Edge*) kojim se korisnički promet dalje usmjerava prema agregacijskoj i jezgrenoj mreži.

Fizički pristup korisničkim nitima od strane ostalih (alternativnih) operatora³, predviđen je u DČ-u, gdje alternativni operatori kolociraju svoju opremu (vlasitit ODF i Ethernet preklopnik) te dalje samostalno grade ili osiguravaju potrebne kapacitete i opremu u SGM-u, LČ-u i agregacijskoj mreži (također Slika 3).

Iako, teoretski, alternativni operatori mogu kroz pristup u DČ-u implementirati i vlastitu P2MP mrežu (kolociranjem *splitera* u DČ, odnosno postavljanjem OLT-a u LČ), ovakav slučaj nije predviđen kod P2P mreža FTTH operatora, odnosno, zbog jednostavnosti i manjeg ukupnog broja scenarija u studiji, pretpostavlja se da FTTH i alternativni operatori koriste iste tehnologije. Isto tako, slijedom osnovne regulatorne ideje poticanja infrastrukturnog natjecanja među operatorima i svođenja reguliranog pristupa mreži samo na tzv. uska grla (engl. *bottleneck*), opcije fizičkog pristupa nitima na razini LČ-a ili eventualnog *bitstream* pristupa na LČ ili višoj mrežnoj razini kod P2P FTTH mreža nisu razmatrane kao mogući scenariji u studiji.

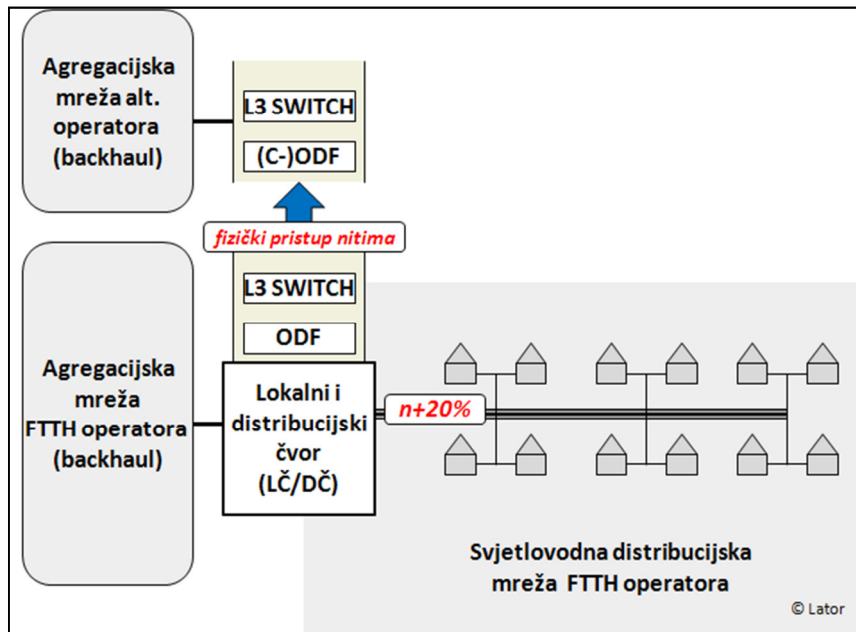
³ U studiji se u pravilu za infrastrukturnog operatora koji gradi FTTH mrežu (neovisno o tome je li to bivši monopolistički operator ili neki drugi operator) koristi pojam *FTTH operator*, dok se za ostale operatore koji ostvaruju fizički ili *bitstream* pristup mreži FTTH operatora koristi pojam *alternativni* ili *ostali operatori* (iako u nekim slučajevima, npr. ruralnih krajeva, takav alternativni operator može biti i bivši monopolistički operator, ukoliko samostalno ne gradi FTTH mrežu u tim krajevima, već mrežu gradi neki drugi infrastrukturni operator).



Slika 3 – Struktura P2P FTTH mreže

Potrebno je naglasiti da se ovakvo rješenje FTTH mreža s optimizacijom broja niti u DČ-u u praksi često naziva i engl. *Active Ethernet*, te se ponekad i ne smatra pravom P2P mrežom. Međutim, iz aspekta lokalnih uvjeta u Hrvatskoj i pratećih podzakonskih akata (posebno vezano uz SDM i nužnost izgradnje DČ-a te nepostojanja čvrstih zahtjeva u pogledu broja niti u SGM segmentu pristupne mreže [4]), DČ se, s obzirom na obuhvat SDM segmenta mreže, može hijerarhijski poistovjetiti s krajnjim pristupnim čvorom operatora, čime je DČ u takvim uvjetima funkcionalno bliži LČ-u, odnosno takva mreža funkcionalno odgovara pravoj P2P mreži. S druge strane, SGM segment mreže može se u tom slučaju funkcionalno svrstati u agregacijsku mrežu. Naime, zbog zahtjeva za pristupom alternativnih operatora korisničkim svjetlovodnim nitima u DČ-u, lokacija DČ-a mora biti odabrana tako da alternativnim operatorima omogući troškovno učinkovit pristup, odnosno da obuhvat pojedinačnog DČ-a bude dovoljno velik da omogući ekonomski održiv pristup za alternativne operatore u DČ-u. Nasuprot tome, izgradnja DČ-a s manjim obuhvatom, predviđenih za pristup korisničkim nitima od strane alternativnih operatora, a kod kojih to ne bilo ekonomski održivo, rezultiralo bi nesvrhsivnim ulaganjem kod izgradnje FTTH mreža. Unutar ove studije pitanje optimalne veličine DČ-a, odnosno veličine obuhvata korisničke baze, nije detaljnije razmatrano (za svaki pojedini geotip pretpostavljene su srednje veličine obuhvata DČ-a, što se, s obzirom na ciljane proračune u studiji, odnosno potrebnu preciznost proračuna, pokazalo zadovoljavajućim).

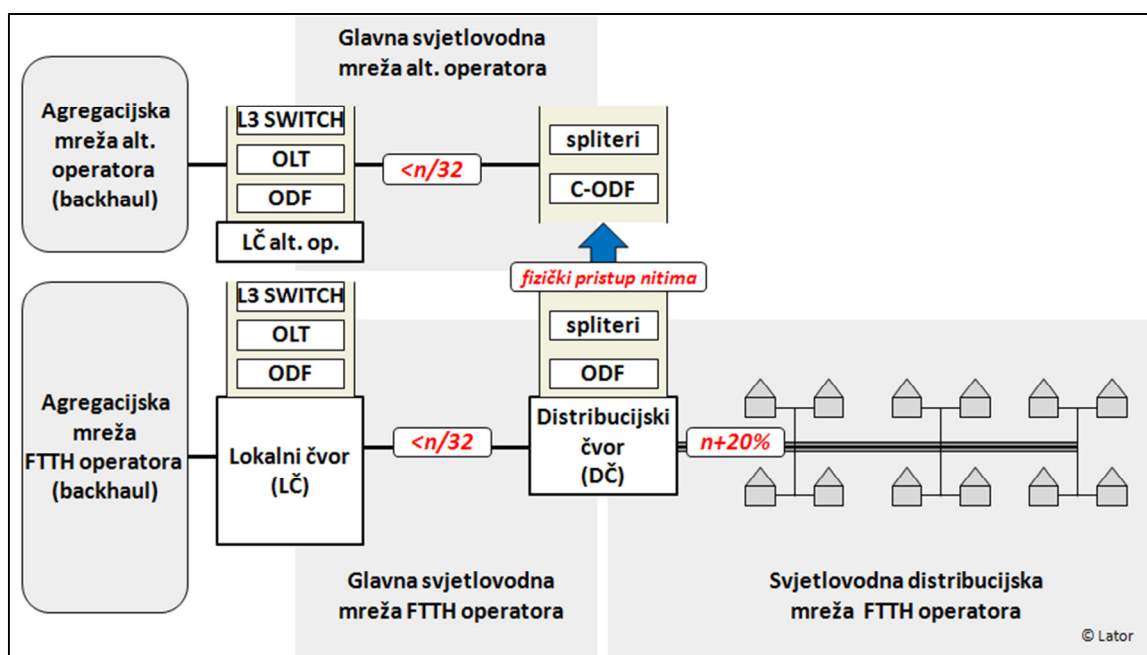
U posebnom slučaju arhitekture P2P FTTH mreža, uobičajeno primjenjivom za rjeđe naseljena ruralna područja, DČ i LČ uputno je objediniti u zajednički čvor (Slika 4). Primarni razlog tome je relativno mali broj korisnika na ograničenom zemljopisnom području, a time ne postoje tehnički i ekonomski razlozi da se unutar relativno male pristupne mreže, uz LČ, gradi i poseban DČ. Eventualni fizički pristup korisničkim nitima za alternativne operatore ostvaren je u objedinjenom čvoru (DČ/LČ).



Slika 4 – Struktura P2P FTTH mreže s integriranim čvorovima

P2MP FTTH mreže

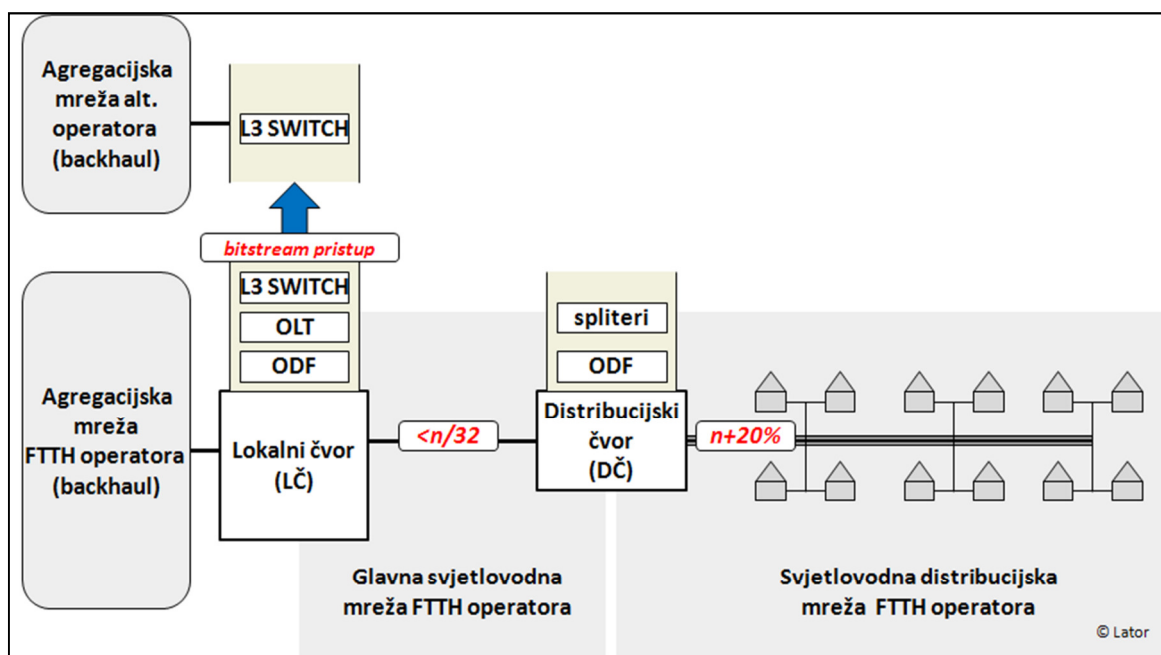
Kod P2MP mreža SDM segment pristupne mreže identičan je P2P mrežama, a razlika prema P2P mrežama očituje se u različitoj vrsti opreme koja se postavlja u DČ i LČ te razlike u potrebnom broju svjetlovodnih niti u SGM segmentu pristupne mreže (Slika 5). Tako se u DČ-u, uz uobičajene ODF-ove, postavljaju *spliteri*, kojima se, ovisno o PON razdjelnom omjeru, smanjuje broj niti u SGM dijelu mreže. Za razliku od P2P mreža, u DČ-ovima P2MP mreža smješta se samo pasivna oprema koja ne zahtijeva strujno napajanje. U LČ-ove postavljaju se OLT-ovi te adekvatni Ethernet preklopnici koji agregiraju promet prema višim razinama mreže (*backhaul-u*).



Slika 5 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u DČ-u

U P2MP, kao i u P2P mrežama, alternativni operatori također mogu ostvariti fizički pristup korisničkim nitima iz SDM-a u DČ-u, uz kolociranje vlastitih *splitera* unutar DČ-a i izgradnju ili osiguranje potrebnih kapaciteta i opreme u SGM-u, LČ-u i agregacijskom dijelu mreže (isto Slika 5). Zbog potrebe ograničenja ukupnog broja scenarija, u studiji je i ovdje prepostavljeno da će alternativni operatori u P2MP mrežama isključivo koristiti PON tehnologiju kao i FTTH infrastrukturni operatori (iako bi, fizičkim pristupom nitima u DČ-u, mogli realizirati vlastitu P2P mrežu uz primjenu Ethernet tehnologije).

Kod P2MP pristupnih mreža u studiji je razmatran i slučaj *bitstream* pristupa od strane alternativnih operatora u LČ-u (Slika 6), pri kojem alternativni operatori pristupaju krajnjim korisnicima na višem mrežnom sloju putem adekvatnog sučelja na Ethernet preklopticima unutar LČ-a (moguće i izravno putem odgovarajućeg sučelja na OLT-u). Uz pretpostavku otvorenosti arhitekture pristupne mreže, ovakav *bitstream* pristup u regulatornom smislu nema neke očite prednosti u odnosu na fizički pristup na DČ razini te ne promiče infrastrukturno natjecanje između operatora u najvećoj mjeri. Međutim, isti je razmatran u studiji prvenstveno u kontekstu aktualnog uvođenja *bitstream* pristupa na OLT razini (što je ekvivalentno *bitstream* pristupu u LČ-u) u do sada izgrađenoj FTTH mreži HT-a (premda, prema saznanjima autora studije, sadašnja P2MP FTTH mreža HT-a nije arhitekturno podudarna P2MP mreži iz ove studije, prvenstveno u pogledu postojanja DČ-a kao točke mogućeg fizičkog pristupa korisničkim nitima pa treba biti pažljiv kod interpretacije rezultata ove studije u pogledu opcije *bitstream* pristupa na razini LČ-a, a izvan konteksta pretpostavki ove studije).



Slika 6 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u LČ-u

3 Troškovi izgradnje FTTH mreža po geotipovima

U ovom poglavlju prikazuju se rezultati analize troškova izgradnje FTTH mreža u definiranim geotipovima. Troškovi izgradnje izračunati su pomoću modela s pristupom *odozdo prema gore* (engl. *bottom-up*, „inženjerski“ model), uz pretpostavku pokrivenosti svih kućanstava, kao potencijalnih krajnjih korisnika, unutar naselja određenog geotipa. Kao osnovni arhitekturni predlošci u modelu korištene su referentne arhitekture za P2P, odnosno P2MP mreže prema prikazu u prethodnom poglavlju. Dodatno, pojedini parametri u modelu mreže po geotipovima mijenjani su s ciljem optimiziranja troškova u realnim tržišnim okolnostima primjenjivim na Hrvatsku. Konkretno, to se odnosi na pretpostavke vezane uz dostupnost postojeće DTK mreže dovoljnog kapaciteta za uvlačenje svjetlovodnih kabela u pristupnoj FTTH mreži, eventualnoj izgradnji nadzemne infrastrukture za vođenje kabela te odabira vrste distribucijskih i lokalnih čvorova unutar pristupne mreže.

3.1 Troškovni model FTTH mreže

Troškovi FTTH pristupne mreže u studiji proračunati su pomoću troškovnog modela FTTH mreže s pristupom *odozdo prema gore* (engl. *bottom-up*), razvijenog u Latoru. Model se temelji na MS Excel programskom paketu.

Ulazni geodemografski parametri modela (površina naselja, broj kućanstava) određuju veličinu geometrijske pravokutne matrice kojom se modelira prostorni raspored korisnika unutar naselja te koridori i trase DTK, odnosno nadzemne mreže stupova. Ovisno o veličini geotipa, unutar naselja predviđen je jedan ili više LČ-ova, pri čemu je najveći broj kućanstava po pojedinačnom LČ-u 20.000 (LČ-ovi s više od 10.000 kućanstava pojavljuju se samo u urbanim geotipovima U1-U3). Broj kućanstava po DČ-u, ovisno o geotipu, kreće se unutar raspona od 500-1.000.

Za vrijednosti troškova nabavke i instalacije neophodnih materijala, pribora i mrežne opreme za izgradnju FTTH mreže korišteni su podaci iz interne Latorove baze podataka. Dodatna provjera i usklađenje troškova obavljani su na temelju podataka iz studija koje su se bavile sličnom tematikom [10],[11],[12], te referentnih troškova vezanih uz izgradnju i opremanje DTK prema važećoj standardnoj ponudi HT-a za pristup DTK [13].

U smislu obuhvata modela, odnosno troškova FTTH pristupne mreže, modelom su obuhvaćeni relevantni troškovi do razine LČ-a, bez troškova transportne mrežne opreme i sučelja u LČ-u na agregacijskoj (*backhaul*) strani mreže.

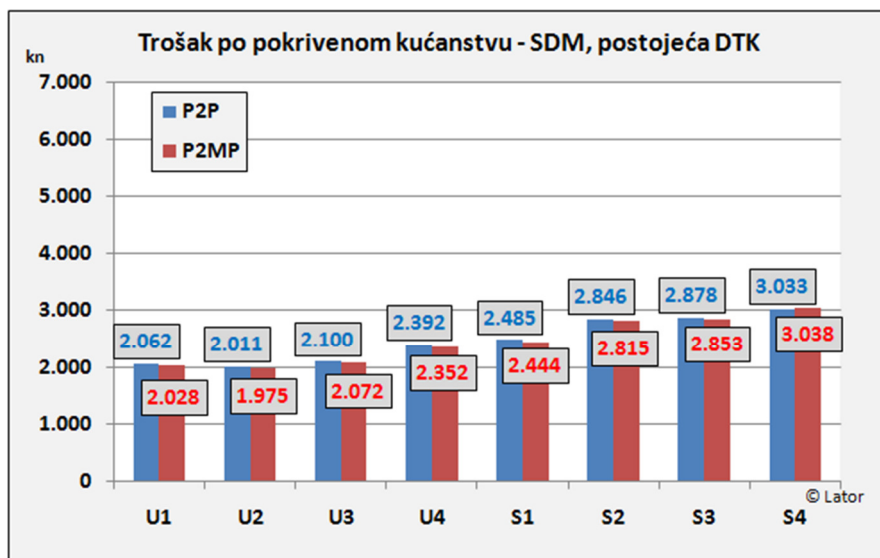
3.2 Urbani i suburbani geotipovi

U urbanim i suburbanim geotipovima (U1-U4 te S1-S4) predviđeno je isključivo postavljanje svjetlovodnih kabela u podzemnu DTK mrežu, odnosno opcija izgradnje nadzemne mreže sa stupovima nije razmatrana. Naime, temeljem provjere urbanističkih propisa za nekoliko gradova ili općina koje obuhvaćaju naselja u navedenim geotipovima, evidentno je da je, izravno ili neizravno, propisana obveza izgradnje podzemne mreže za

razvod telekomunikacijskih kabela⁴. Time je opcija izgradnje nadzemne infrastrukture sa stupovima u praksi neostvariva pa, prema tome, nije niti razmatrana u studiji.

U pogledu topologije i tehnologije pristupne FTTH mreže, usporedno su prikazani rezultati za P2P i P2MP scenarije. Neovisno o razmatranoj topologiji, pozicija i veličina DČ-a, odnosno broj pokrivenih kućanstava po DČ-u, pretpostavljen je u osnovnom slučaju u rasponu od 1.000 korisnika u geotipu U1 (prostoru s velikom koncentracijom korisnika), do 500 korisnika u geotipu S4 (prostor s manjom koncentracijom korisnika)⁵. SDM segment pristupne mreže, također neovisno o P2P ili P2MP topologiji, je potpuno identičan, a do tehničkih, a time i manjih troškovnih razlika, dolazi tek u samom DČ-u zbog potrebe za smještajem aktivne (za P2P), odnosno pasivne mrežne opreme (za P2MP).

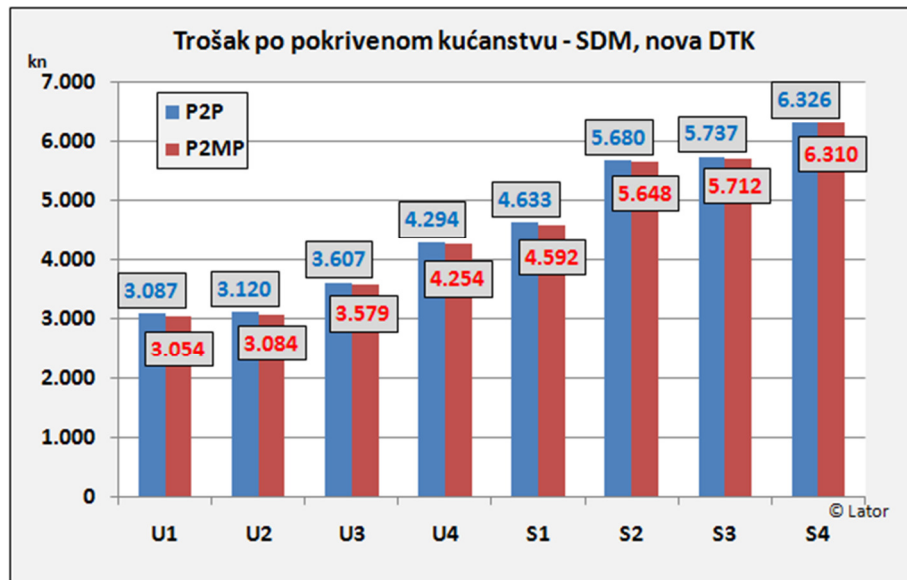
U nastavku su prikazani investicijski troškovi izgradnje SDM dijela mreže za geotipove U1-S4, u prvom slučaju uz pretpostavku dostupnosti postojeće DTK mreže dovoljnog kapaciteta u koju se polažu svjetlovodni kabeli (Slika 7), te u drugom slučaju uz pretpostavku izgradnje nove DTK mreže temeljene na rješenju s mikrocijevnim strukturama izravno položenim u tlo, prema opisu u poglavlju 2.2 (Slika 8). Često se ovi troškovi u praksi nazivaju *troškovima pasivne mreže*. Prikazani investicijski troškovi obuhvaćaju sve kapitalne troškove nabavke, ugradnje i postavljanja potrebne opreme u SDM dijelu mreže, uključujući i kućnu instalaciju neposredno do prostora krajnjeg korisnika te izgradnju i opremanje DČ-a. Osim toga, u drugom slučaju u kojem se ne koristi postojeća DTK mreža, obuhvaćeni su i troškovi građevinskih radova izgradnje DTK infrastrukture. U oba slučaja nisu uključeni troškovi SGM dijela pristupne mreže (uključujući i LČ) te troškovi Ethernet (za P2P), odnosno PON mrežne opreme (za P2MP).



Slika 7 – Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu

⁴ Provjereni su *generalni urbanistički i prostorni planovi* za grad Zagreb (U1), grad Split (U2), grad Pulu (U3), grad Samobor (S1) i grad Krk (S4).

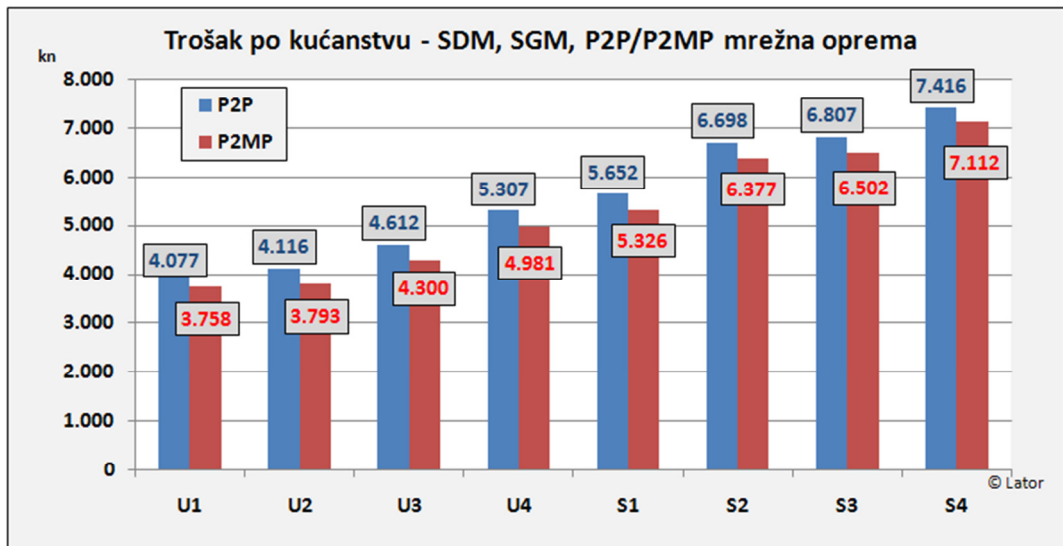
⁵ Analiza optimalne veličine DČ-a po geotipovima nije bila predmet analize ove studije te su za potrebe proračuna u ovoj studiji korištene srednje veličine DČ-a koje se mogu očekivati u praksi (500-1.000 korisnika). Naknadnom provjerom pomoću modela potvrđeno je da varijacije u veličini DČ-a po geotipovima unutar ovog raspona ne utječu značajnije (više od 5%) na rezultate modela predstavljene u ovoj studiji.



Slika 8 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže

Prije svega, uočljivo je da su razlike u troškovima P2P i P2MP topologija minimalne te su posljedica dodatnih troškova u infrastrukturnom opremanju DČ-eva u P2P mrežama, zbog potrebe osiguranja strujnog napajanja i klimatizacije. Nadalje, vidljivo je da dostupnost postojeće DTK mreže značajno smanjuje investicijske troškove izražene po pokrivenom kućanstvu, od 33% u geotipu U1 do čak 51% u geotipu S4 (u praksi je realno za očekivati da je vjerojatnost dostupnosti odgovarajuće DTK mreže dovoljnog kapaciteta sve manja s udaljavanjem od urbanih geotipova, odnosno u naseljima suburbanih geotipova češće će biti potrebno graditi novu DTK mrežu). Prema očekivanjima, s padom broja potencijalnih korisnika u naselju kao i gustoće naseljenosti, odnosno udaljavanjem od najgušće naseljenog geotipa U1, rastu i jedinični troškovi po pokrivenom kućanstvu.

Slijedeći graf (Slika 9) prikazuje investicijske troškove u koje su, osim SDM-a i DČ-a, uključeni i troškovi SGM dijela pristupne mreže, opremanja LČ-a te troškove Ethernet i PON mrežne opreme (uobičajeno nazvani troškovima *aktivnog operatora*). Ovakav scenarij odgovara slučaju infrastrukturnog operatora FTTH mreže koji je ujedno i pružatelj usluga krajnjim korisnicima unutar nekog naselja (ne nužno i jedini pružatelj usluga).

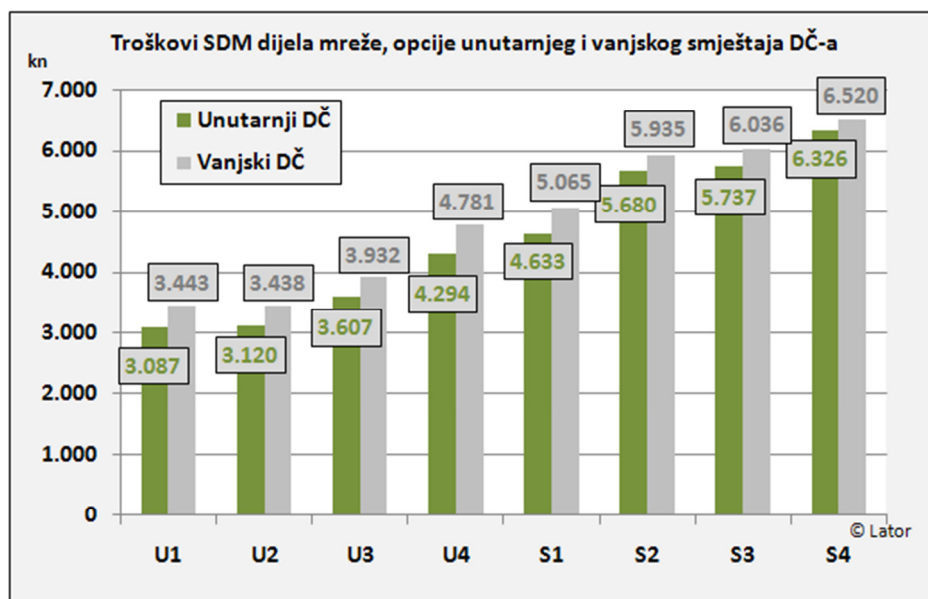


Slika 9 – Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM, SGM i P2P/P2MP mrežna oprema, pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže

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.

Smještaj DČ-ova u vanjske kabinete

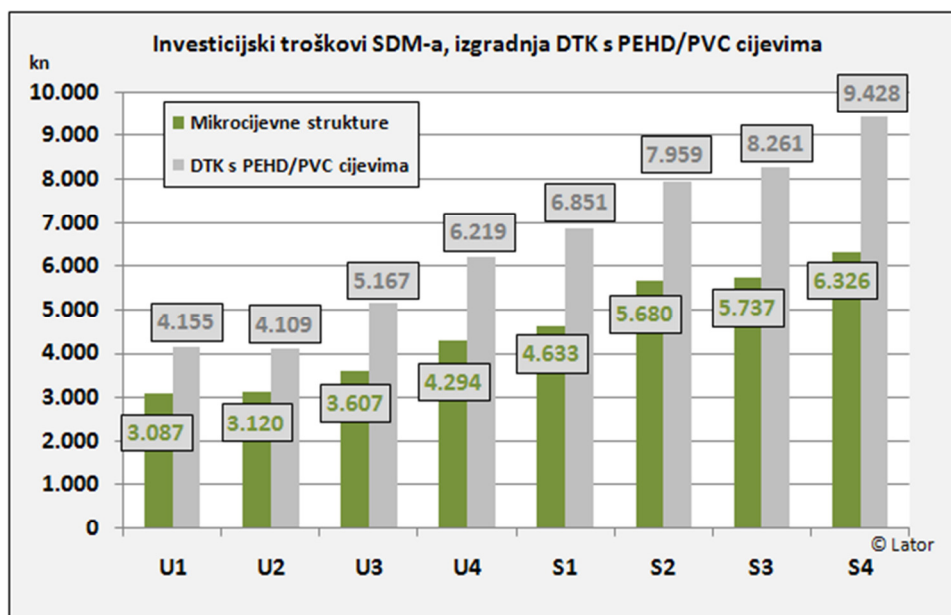
Svi prethodni slučajevi analizirani su uz pretpostavku smještaja DČ-a u unutarnjim tehnološki opremljenim prostorima. Kako bi se pokazala razlika u troškovima, u slučaju da se DČ-ovi smještaju u vanjske kabinete, napravljena je usporedna analiza na slučaju izgradnje SDM dijela mreže za P2P topologiju te uz pretpostavku izgradnje nove DTK mreže (Slika 10). Uočljivo je da smještaj DČ-ova u vanjskim kabinetima donosi uvećane investicijske troškove, relativno u rasponu od 3-12%, i to najviše u urbanim geotipovima (posljedica potrebe za većim prostorom unutar vanjskih kabineta u urbanim geotipovima s većim brojem kućanstava po DČ-u).



Slika 10 – Investicijski troškovi po kućanstvu - SDM dio mreže, P2P topologija, prema smještaju DČ-a

Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima

S ciljem provjere koliko je opcija izgradnje „standardne“ DTK mreže s PEHD i PVC cijevima skuplja od izgradnje DTK mreže s mikrocijevnim strukturama koje se izravno polažu u zemlju, usporedno su analizirani investicijski troškovi po pokrivenom kućanstvu za P2P topologiju u geotipovima U1-S4 (Slika 11). Vidljivo je da su troškovi izgradnje FTTH pristupne mreže uz izgradnju „standardne“ DTK mreže s PEHD i PVC cijevima od 30-50% veći u usporedbi s opcijom izgradnje DTK mreže s mikrocijevnim strukturama. To samo potvrđuje troškovnu učinkovitost opcije mikrocijevnih struktura koje se izravno polažu u zemlju i opravdava činjenicu što je upravo ta opcija uzeta kao glavna kod analize poslovnih slučajeva u kojima je potrebna izgradnja nove DTK mreže.



Slika 11 – Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM dio mreže, P2P topologija, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima

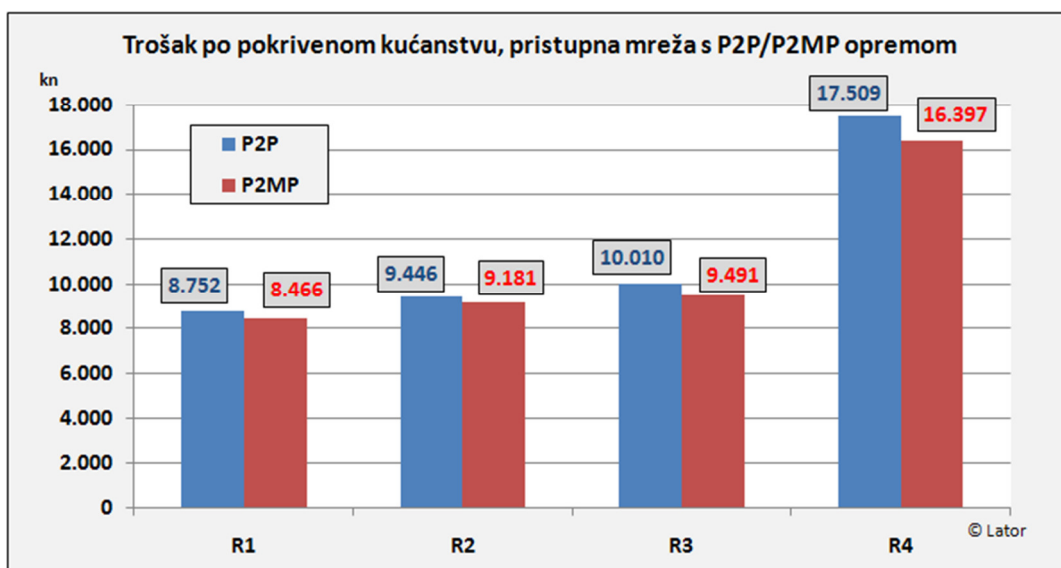
3.3 Ruralni geotipovi

U naseljima ruralnih geotipova (R1-R4) ukupni broj potencijalnih korisnika, odnosno kućanstava, kreće se u rasponu od 500 u geotipu R1 do samo 30 u geotipu R4. Izgradnja pristupne mreže sa zasebnim DČ-ovima u ruralnim geotipovima nema ekonomskog smisla, tj. nepotrebno povećava ukupne investicijske troškove (što je i neposredno provjereno proračunima u modelu). Upravo iz tog razloga, u ruralnim geotipovima primijenjeno je rješenje s jedinstvenim pristupnim čvorom po naselju, koji funkcionalno odgovara i DČ-u i LČ-u.

Kao i kod urbanih i suburbanih geotipova, P2P i P2MP topologije pristupne mreže u potpunosti su identične i u ruralnim geotipovima, a dodatno je i pristupni čvor (LČ i DČ istovremeno), neovisno o odabranoj topologiji, opremljen za prihvatanje aktivne opreme.

Osnovni scenarij proračuna investicijskih troškova po pokrivenom kućanstvu u ruralnim geotipovima obuhvaća, uz troškove same pristupne mreže, i troškove P2P i P2MP mrežne opreme (troškovi *aktivnog operatora*). Dodatno, navedeni osnovni scenarij pretpostavlja polaganje svjetlovodnih kabela u novoizgrađenu DTK mrežu.

Slika 12 daje prikaz investicijskih troškova po pokrivenom kućanstvu za *aktivnog operatora* u ruralnim geotipovima R1-R4, i to za P2P i P2MP varijante mreže. Uočljivo je da su investicijski troškovi P2P mreže do 7% veći u odnosu na P2MP mrežu (posljedica veće cijene P2P mrežne opreme) te, prema očekivanjima, da troškovi rastu prema manjim naseljima, odnosno geotipu R4. Posebno za geotip R4 vidljivo je da su troškovi po pokrivenom kućanstvu iznimno visoki (u odnosu na sve ostale ruralne geotipove). Zbog toga u najmanjim naseljima geotipa R4 (što je ukupno 6% stanovništva Hrvatske) FTTH mreže ne predstavljaju nužno troškovno optimalno rješenje za osiguranje dostupnosti brzog širokopojasnog pristupa (potrebno je razmotriti i ostake širokopojasne tehnologije, prvenstveno tehnologije bežičnog širokopojasnog pristupa, koje bi u ovom geotipu mogle biti troškovno učinkovitije rješenje osiguranja dostupnosti brzog širokopojasnog pristupa).



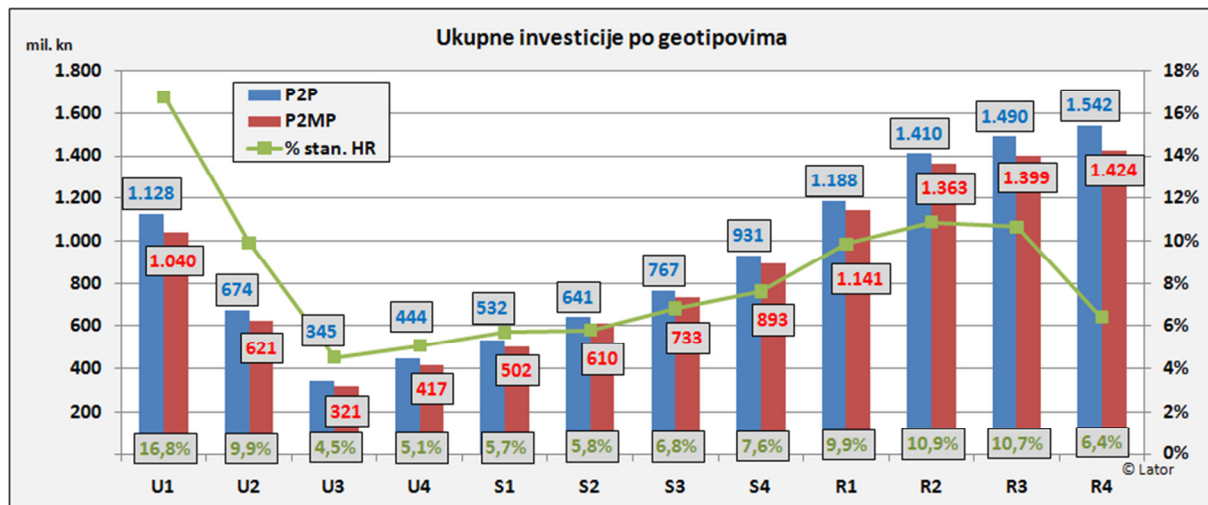
Slika 12 – Investicijski troškovi pristupne mreže i mrežne opreme (P2P/P2MP), pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže

Dodatno, u ruralnim krajevima, cilj je bio provjeriti i utjecaj koji na ukupne troškove može imati nadzemna izgradnja FTTH mreže sa svjetlovodnim kabelima koji su ovješeni o stupove. Tako je proračunom u modelu utvrđeno da su investicijski troškovi po pokrivenom kućanstvu (također za scenarij *aktivnog operatora*), u slučaju izgradnje nadzemne infrastrukture, manji za 8-20% u odnosu na opciju izgradnje podzemne DTK mreže. Pri tome se najveća razlika u troškovima od 20% odnosi na geotip R1 (zbog najvećeg broja korisnika, odnosno razvedenosti pristupne mreže u odnosu na ostale ruralne geotipove), a najmanja (8%) na geotip R4. Takva relativno mala razlika posljedica je i pretpostavke o izgradnji DTK mreže s mikrocijevnim strukturama izravno položenim u zemlju.

3.4 Ukupni iznosi investicija u FTTH mreže

U nastavku su prikazani skupni podaci o potrebnim investicijama u FTTH pristupne mreže u svim naseljima Hrvatske po geotipovima (Slika 13). Prikazani investicijski troškovi na grafu obuhvaćaju troškove izgradnje SDM i SGM segmenata pristupne mreže, s pripadajućim DČ i LČ čvorovima. Također, uključeni su i troškovi aktivne mrežne opreme za obje topološke opcije izgradnje P2P (Ethernet), odnosno P2MP (PON) pristupne mreže. Unutar geotipova

U1-S4 predviđena je izgradnja nove DTK mreže (temeljene na mikrocijevnim strukturama izravno položenim u zemlju), dok je u ruralnim geotipovima R1-R4 predviđena izgradnja nadzemne mreže s ovješnim svjetlovodnim kabelima.



Slika 13 – Ukupne investicije u FTTH pristupne mreže u svim naseljima Hrvatske po geotipovima

Prikazani troškovi obuhvaćaju ukupne investicijske troškove izgradnje mreže, uz pretpostavke pokrivenosti svih kućanstava kao potencijalnih korisnika usluga FTTH mreže, te razine utilizacije mreže (engl. *take-up rate*) od 50%. Radi ilustracije na grafu je prikazana i krivulja udjela stanovništva po geotipovima u ukupnom stanovništvu Hrvatske. Time je kvalitativno moguće ocijeniti geotipove u kojima su investicije razmjerno manje u odnosu na udjele pokrivenog stanovništva (npr. geotipovi U1-S1), odnosno preostale geotipove u kojima su potrebne investicije razmjerno veće, što naročito dolazi do izražaja u najmanjim naseljima geotipova R3 i R4. Detaljnija analiza ekonomske održivosti investicija, odnosno potrebe za poticajima po geotipovima, prikazana je u idućem poglavlju.

4 Tržišni interes za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima

U vezi s prethodnim proračunima investicijskih troškova izgradnje FTTH mreža, ovim se poglavljem daju rezultati analize ekonomske održivosti poslovnih modela izgradnje i pružanja usluga putem FTTH mreža po geotipovima. Eventualna ekonomska održivost implicira i postojanje tržišnog interesa za izgradnju i pružanje usluga putem FTTH mreže. Pri tome se, zbog prisustva regulacije pristupa FTTH mreži, pretpostavlja da, pored infrastrukturnog operatora koji gradi FTTH mrežu, usluge na maloprodajnoj razini pružaju i ostali operatori koji ostvaruju pristup FTTH mreži infrastrukturnog operatora putem veleprodajnog fizičkog ili *bitstream* pristupa na različitim razinama mreže. U geotipovima u kojima je utvrđeno da FTTH poslovni modeli nisu ekonomski održivi, analizira se potrebna razina vanjskih poticaja pomoću kojih bi isti modeli postali ekonomski održivi.

Na početku poglavlja prikazane su općenite tržišne pretpostavke u pogledu razvoja usluga širokopojsnog pristupa te je objašnjena metodologija proračuna ekonomske održivosti poslovnih modela.

4.1 Razvoj infrastrukture i usluga širokopojsnog pristupa

Referentno razdoblje za koje je prikazana analiza, odnosi se na srednjoročno razdoblje od 2015.-2020., u kojem se pretpostavlja značajno povećanje korištenja širokopojsnih usluga, a posebno usluga brzog širokopojsnog pristupa u FTTH mrežama (brzi širokopojsni pristup podrazumijeva brzinu pristupa u dolaznom smjeru prema korisniku od barem 30 Mbit/s [14]).

Predviđanja raširenosti infrastrukture brzog širokopojsnog pristupa (populacijska pokrivenost) kao i razine korištenja širokopojsnih usluga u Hrvatskoj temelje se na ciljnim vrijednostima ključnih pokazatelja iz *Strategije razvoja širokopojsnog pristupa u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2012.-2015.* [15] na kraju razdoblja (2015.). Dodatno, u razdoblju nakon 2015., vrijednosti istih pokazatelja predviđene su temeljem ciljnih vrijednosti istovrsnih pokazatelja iz *Digitalne Agende EU-a* [14], te općenito usporedbom dinamike kretanja pokazatelja o penetraciji širokopojsnih prikaza u Hrvatskoj i EU unutar višegodišnjeg razdoblja (od 2006.-2011.), na temelju podataka HAKOM-a [16] i službenih izvještaja EU-a [17].

Pretpostavke kretanja vrijednosti ključnih pokazatelja tržišta za analizu u ovom poglavlju su:

- penetracija širokopojsnog pristupa u populaciji na kraju 2015. u Hrvatskoj dosegnut će 30% (predviđanje se temelji na dosadašnjem „obrascu“ zaostajanja vrijednosti penetracije širokopojsnog pristupa u Hrvatskoj za EU-om u prosjeku za 4 godine⁶, pri čemu je predviđeno smanjenje postojećeg raskoraka između penetracije u EU i Hrvatskoj do kraja 2015., također uzevši u obzir i gornju granicu

⁶ 2006. populacijska penetracija širokopojsnog pristupa iznosila je u EU 16,3% (prosjeak država članica), dok je u Hrvatskoj vrijednost od 18,1% dosegnuta tek krajem 2010. Isto tako 2007. penetracija u EU iznosila je 21,8%, a u Hrvatskoj krajem 2011. tek približno 20%. Sredinom 2011. penetracija u EU iznosila je 27,2%.

zasićenja penetracije u Hrvatskoj od 40%⁷) – podaci se odnose isključivo na širokopojasne priključke u nepokretnoj mreži,

- 2/3 korisnika širokopojasnih usluga u nepokretnoj mreži do 2015. bit će na FTTH mreži, dok će preostalih 1/3 ostvarivati širokopojasne usluge putem tradicionalne ADSL tehnologije ili ostalih širokopojasnih tehnologija (npr. kabelske mreže) – predviđeni omjer odnosi se na područja na kojima je dostupna FTTH infrastruktura,
- uzevši u obzir pretpostavke o populacijskoj penetraciji širokopojasnog pristupa, ukupnom broju kućanstava i odnosa korisnika na FTTH i ostalim nepokretnim mrežama, predviđena utilizacija FTTH mreže (*take-up rate*), uz pretpostavku potpune pokrivenosti FTTH mrežom svih kućanstava na određenom području, iznosi 50%,
- u apsolutnim brojkama, uz prethodno navedene pretpostavke i pretpostavku da će biti ostvareni ciljni pokazatelji iz *Strategije razvoja širokopojasnog pristupa* [15] u pogledu dostupnosti FTTH priključaka (35% populacije do kraja 2015.), broj FTTH priključaka bit će krajem 2015. oko 300.000, odnosno u razdoblju do kraja 2020., uz pretpostavku ostvarenja ciljnih pokazatelja *Digitalne agende* EU-a u pogledu dostupnosti brzih širokopojasnih priključaka (100% populacije, odnosno svi geotipovi), broj FTTH priključaka dosegnut će 800.000.

Za proračun ekonomske održivosti, od najveće je važnosti parametar utilizacije FTTH mreže, budući da on presudno utječe na jedinične troškove u FTTH pristupnoj mreži. Dinamika izgradnje FTTH mreža po naseljima unutar geotipova, odnosno ukupno za sve geotipove i cijelu Hrvatsku, nije bitna za proračun ekonomske održivosti FTTH modela unutar pojedinog naselja, budući da se svako pojedinačno naselje (geotipovi) promatraju zasebno.

Smatramo također da predviđena vrijednost utilizacije FTTH mreže od 50% u srednjoročnom razdoblju predstavlja relativno konzervativnu vrijednost, ali vrijednost kojom se ipak pravi odmak od trenutno nezadovoljavajućeg stanja širokopojasnog pristupa u Hrvatskoj (u usporedbi s EU), dok se istovremeno i dalje predviđa manje zaostajanje u usporedbi s očekivanim budućim vrijednostima u EU do kraja 2020.

4.2 Prosječni prihodi po korisniku na FTTH mreži

Za potrebe proračuna bitno je predvidjeti odgovarajuću vrijednost prosječnog prihoda po maloprodajnom korisniku koji koristi usluge putem FTTH mreže (engl. *Average Revenue per User* – ARPU). Dodatne usluge, mimo osnovne usluge širokopojasnog pristupa u FTTH mreži, kao što su npr. usluga nepokretne telefonije ili IPTV usluga putem FTTH mreže, nisu uključene u predviđeni prosječni prihod po korisniku. Iako navedene dodatne usluge, kao i eventualne buduće nove usluge na FTTH mreži, mogu značajnije povećati prosječne prihode po korisniku, predviđanje penetracije i udjela dodatnih usluga među korisnicima povećalo bi kompleksnost proračuna, pogotovo uzevši u obzir i troškove mrežne opreme i sustava unutar

⁷ Prema zadnjem popisu stanovništva u Hrvatskoj 2011., omjer broja stanovnika i kućanstava iznosio je 2,5, te je najveća teoretska vrijednost populacijske penetracije širokopojasnog pristupa u Hrvatskoj 40%.

jezgre mreže koji su potrebni za pružanje dodatnih usluga (npr. *softswitch* za usluge telefonije ili troškovi preuzimanja TV sadržaja). Iz tog razloga u obzir je uzeta samo osnovna usluga pristupa FTTH mreži koja, uz sam fizički pristup mreži, uključuje i uslugu širokopojasnog pristupa internetu. Slijedom toga, pored pristupne FTTH mreže, unutar agregacijskog i jezgrenog dijela mreže obuhvaćeni su samo relevantni troškovi potrebni za ostvarenje te usluge (prema detaljnijem opisu u idućem poglavlju).

Kvantitativno, u studiji je pretpostavljena vrijednost prosječnog prihoda po FTTH korisniku od 200kn na mjesečnoj razini što je vrijednost za 11% veća od prosječnog prihoda po ADSL korisniku prema podacima HT-a iz 2011. [18] (180,00 kn⁸). Nadalje, treba imati na umu da se, prema dosadašnjem razvoju regulative maloprodajnih cijena usluga, može očekivati određeno povećanje maloprodajnih cijena širokopojasnih usluga na FTTH mreži u usporedbi s ADSL uslugama. Isto tako, budući da se opisanim proračunom razmatra predviđena stabilna situacija u pogledu razvoja FTTH mreže nekoliko godina unaprijed (prvenstveno u pogledu veće pokrivenosti i korištenja usluga preko FTTH mreže), razumno je za pretpostaviti da će više cijene usluga na FTTH mreži u početnoj fazi razvoja FTTH mreže (u odnosu na ADSL), s vremenom biti smanjene, kako zbog povećanja broja maloprodajnih FTTH korisnika, tako i zbog natjecanja operatora na maloprodajnim tržištima.

4.3 Metodologija proračuna ekonomske održivosti FTTH poslovnih modela

Ekonomska održivost FTTH poslovnih modela podrazumijeva situaciju u kojoj su troškovi FTTH mreže manji ili jednaki приходima od usluga na FTTH mreži. Troškovi FTTH mreže izraženi su kroz dugoročni inkrementalni trošak (LRIC) pružanja usluge po korisniku, te obuhvaćaju anualizirane kapitalne troškove izgradnje mreže⁹ te operativne troškove pružanja usluga. LRIC troškovi obuhvaćaju troškove same pristupne FTTH mreže te troškove agregacijske i jezgrene mreže koji su neophodni za pružanje usluga širokopojasnog pristupa. LRIC troškovi pristupne mreže izračunati su pomoću Latorovog LRIC troškovnog modela FTTH mreže opisanog u prošlom poglavlju, dok su troškovi agregacijskog i jezgrenog dijela mreže izračunati prema prosjecima relevantnih troškova, izraženih po aktivnom korisniku koji koristi kapacitete u agregacijskom i jezgrenom dijelu mreže, temeljenih na rezultatim ranijih proračuna i studija koje je Lator izradio za potrebe HAKOM-a¹⁰. Maloprodajni troškovi pružanja usluge (oglašavanje, akvizicija, odnosi s korisnicima, naplata) postavljeni su na 30 kn po maloprodajnom korisniku mjesečno. Zajednički troškovi (engl. *common costs*) obuhvaćeni su dodatkom (engl. *mark-up*) od 10% na ukupne izravne troškove pružanja usluga. Prosječni ponderirani trošak kapitala (engl. *Weighted Average Cost of Capital*) pretpostavljen je na razini od 10%.

U nastavku, Tablica 2 daje pregled osnovnih parametara za proračun troškova pružanja usluga putem FTTH mreže.

⁸ Unutar toga 121 kn otpada na samu ADSL uslugu i 60 kn za pristup mreži (sve vrijednosti bez PDV-a).

⁹ Kod anualizacije korištena je metoda kosih anuiteta (engl. *tilted annuity*).

¹⁰ Proračuni kapaciteta u agregacijskom i jezgrenom dijelu mreže temelje se na prosječnom kapacitetu od 30 Mbit/s po korisniku, uz *oversubscription rate* 45.

Tablica 2 – Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga

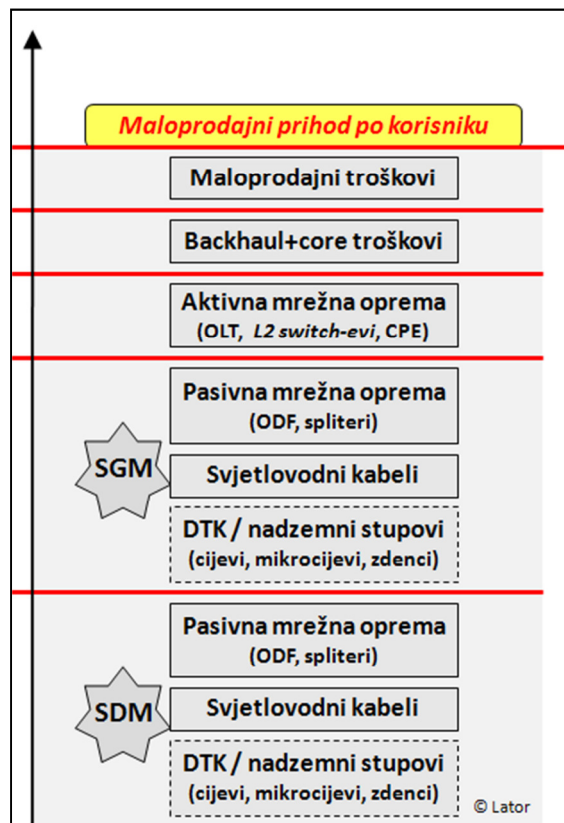
Parametar	Vrijednost
Maloprodajni troškovi po korisniku (mjesečno)	30 kn
Dodatak (<i>mark-up</i>) za zajedničke troškove	10%
Ponderirani prosječni trošak kapitala (WACC)	10%
Vijek trajanja podzemne DTK infrastrukture (cijevi, mikrocijevi, zdenci)	40 godina
Vijek trajanja nadzemne infrastrukture stupova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

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.

U nastavku su detaljnije prikazani odnosi jediničnih troškova pružanja usluga iz aspekta ekonomske održivosti FTTH modela, uključujući i moguće tržišne FTTH poslovne modele, s odnosima između infrastrukturnih operatora, koji grade FTTH mrežu te eventualno i sami pružaju usluge na maloprodajnom tržištu, i ostalih operatora koji ostvaruju veleprodajni pristup FTTH mreži infrastrukturnog operatora i pružaju usluge na maloprodajnom tržištu.

Struktura jediničnih troškova FTTH operatora

Slika 14 prikazuje strukturu troškova FTTH operatora koji, osim što posjeduje FTTH pristupnu infrastrukturu, ujedno i nudi usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu. Na grafu je prikazan idealni slučaj u kojem zbroj svih jediničnih troškova točno odgovara maloprodajnim prihodima po korisniku, odnosno slučaj je ekonomski održiv pokrivajući sve troškove koji se pojavljuju pri pružanju usluga putem FTTH mreže.



Slika 14 –Struktura jediničnih troškova FTTH operatora – idealni ekonomski održivi slučaj

Na ovom mjestu uputno je detaljnije obrazložiti i strukturu jediničnih troškova operatora po komponentama mreže, s naglaskom na ovisnost koju isti jedinični troškovi imaju prema broju aktivnih korisnika u mreži.

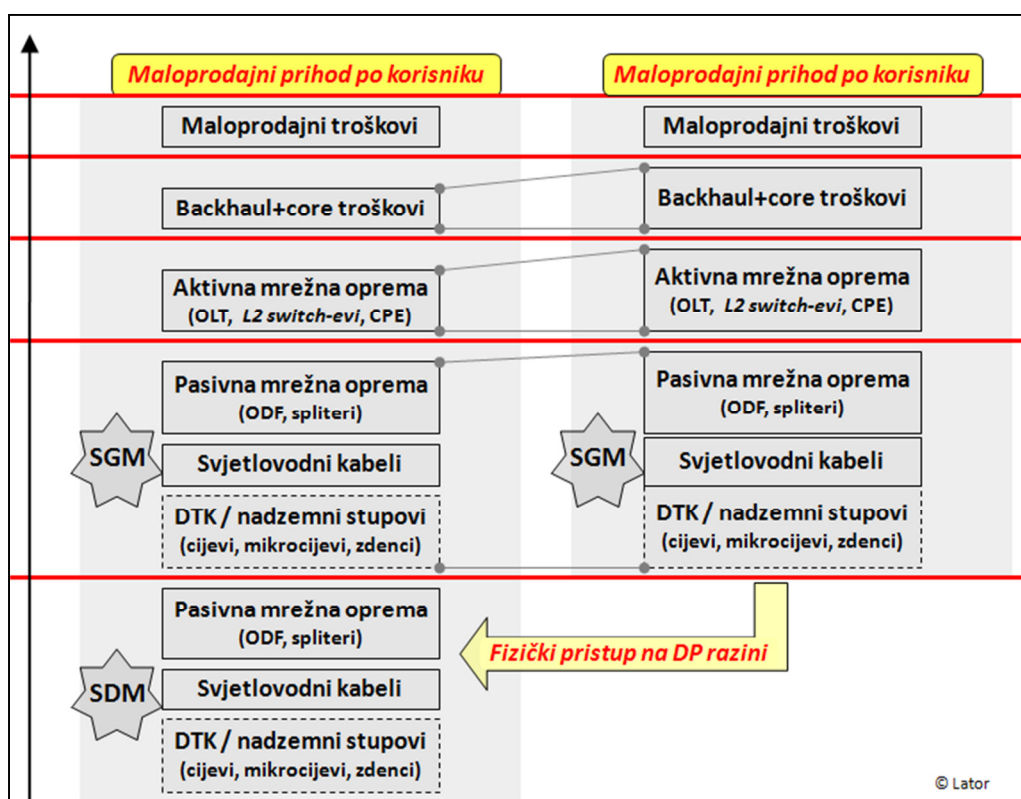
Ukupni troškovi pasivne infrastrukture unutar SDM i SGM segmenata pristupne mreže fiksni su unutar određenog geotipa, odnosno uvjetovani su geodemografskim okolnostima i brojem pokrivenih kućanstava kao potencijalnih korisnika¹¹. Jedinični troškovi SDM i SGM segmenata mreže, izraženi po broju aktivnih korisnika u mreži, smanjuju se s povećanjem utilizacije mreže. Ukupni troškovi aktivne mrežne opreme (OLT-ovi kod P2MP topologije, odnosno Ethernet preklopnici kod P2P topologije, uključujući i korisničku opremu) rastu s brojem aktivnih korisnika, dok su jedinični troškovi u najvećoj mjeri jednoliki za srednje vrijednosti utilizacije mreže (do povećanja jediničnih troškova u pravilu dolazi kod smanjene utilizacije mreže, kod koje dio sučelja na osnovnoj konfiguraciji Ethernet preklopnika (P2P) ili OLT opreme (P2MP) nije iskorišten). Transportni troškovi u agregacijskoj (*backhaul*) i jezgrenoj mreži uključuju troškove uspostave same veze do pojedinačnog naselja i osiguranja potrebnog kapaciteta na istoj vezi. Dok je prvi dio troškova, vezan uz uspostavu veze, najviše ovisan o položaju naselja, odnosno udaljenosti od glavnih mrežnih čvorova koji se uobičajeno nalaze u urbanim sredinama (prema tome troškovi rastu prema ruralnim geotipovima), drugi dio troškova raste s brojem aktivnih korisnika (rast je u pravilu sporiji što je veći broj korisnika). Povezani jedinični troškovi, uzevši u obzir samo aktivne korisnike, time u pravilu rastu prema ruralnim naseljima (neovisno o broju aktivnih korisnika). Razlog tomu je i što se

¹¹ U studiji, kod izgradnje FTTH mreža, pretpostavljeno je isključivo potpuno pokrivanje kućanstava u određenom naselju (geotipu), kao potencijalne korisničke baze (nasuprot mogućem pokrivanju npr. samo dijela naselja s višestambenim zgradama).

u ruralnim naseljima uobičajeno nalazi manji broj potencijalnih, pa time i aktivnih, korisnika u usporedbi sa suburbanim i urbanim naseljima. Konačno, jedinični maloprodajni troškovi pružanja usluga su, prema ranijim pretpostavkama, fiksni i neovisni o geotipu.

Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora

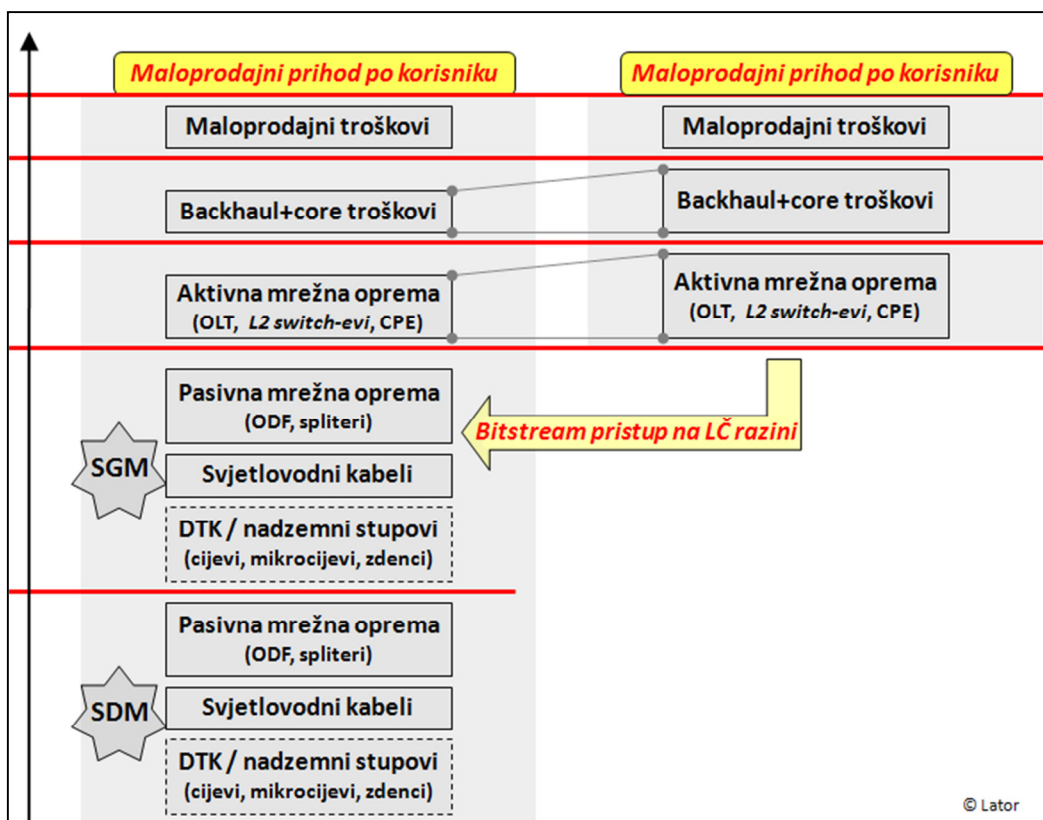
U nastavku je prikazana struktura jediničnih troškova u slučajevima kod kojih FTTH infrastrukturni operator, osim što posjeduje pristupnu mrežu i nudi usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu, nudi i pristup FTTH mreži alternativnim operatorima pod veleprodajnim uvjetima. Prikazana su dva slučaja u kojima alternativni operatori ostvaruju fizički pristup nitima na razini DČ-a (primjenjivo kod P2P i P2MP topologija) te *bitstream* pristup na LČ razini (primjenjivo samo za P2MP topologiju mreže). Alternativni operatori samostalno grade ili osiguravaju kapacitete u preostalom dijelu mreže (SGM segment, agregacijski i jezgreni dio mreže) te u konačnici nude svoje usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu.



Slika 15 – Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini

U slučaju fizičkog pristupa nitima na razini DČ-a (Slika 15), alternativni operator koristi niti unutar SDM segmenta pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora, pristupajući im po veleprodajnim cijenama koje su idealno jednake jediničnom trošku FTTH operatora u SDM segmentu mreže. Na taj način alternativni operator, koristeći se učinkom *ekonomije razmjera* (engl. *economy of scale*) u mreži FTTH operatora, pristupa SDM dijelu mreže (tj. krajnjim korisnicima) pod troškovno povoljnijim uvjetima nego u hipotetskom slučaju u kojem bi sam morao graditi cjelokupnu FTTH pristupnu mrežu (i u kojoj bi mu jedinični troškovi SDM segmenta mreže bili značajno veći zbog manjeg broja korisnika, odnosno cjelokupni poslovni model bio bi mu ekonomski nepovoljan ili potpuno neodrživ). U višim

segmentima mreže (SGM segment pristupne mreže, agregacijska i jezgrena mrežu), alternativni operator sam gradi ili osigurava potrebne mrežne kapacitete (u praksi ti dijelovi mreže mogu biti opet unajmljeni pod veleprodajnim uvjetima od FTTH ili nekog drugog operatora na tržištu). Potrebno je naglasiti da, zbog uobičajenog manjeg broja maloprodajnih korisnika u usporedbi s FTTH operatorom, alternativni operatori općenito imaju veće jedinične troškove u vlastitoj mreži u usporedbi s FTTH operatorom. Ovakva je situacija uzeta u obzir u nastavku studije prilikom proračuna ekonomske održivosti modela alternativnih operatora, odnosno komparacije ukupnih jediničnih troškova alternativnih operatora i očekivanih maloprodajnih prihoda po korisniku.



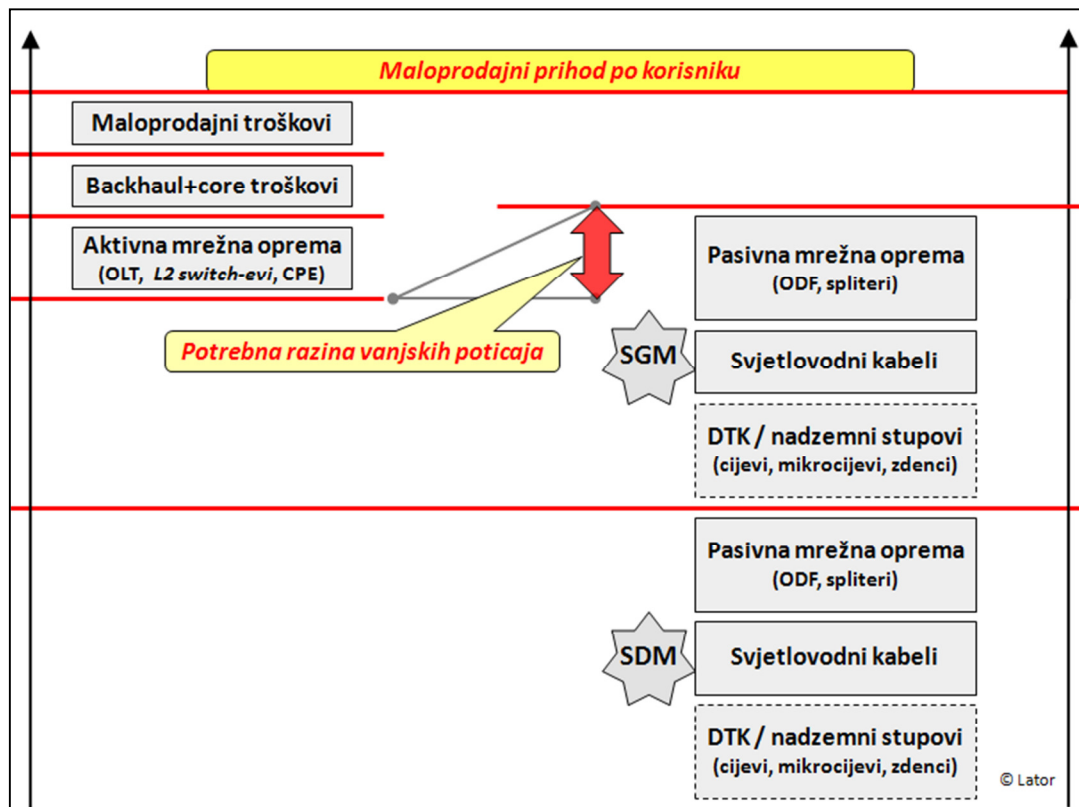
Slika 16 – Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na LČ razini

Slika 16 analogno prikazuje strukturu jediničnih troškova u slučaju *bitstream* pristupa alternativnih operatora na razini LČ-a (primjenjivo kod P2MP topologije). U usporedbi sa slučajem fizičkog pristupa na razini DČ-a, ukupni jedinični troškovi alternativnog operatora su manji, budući da alternativni operator u ovom slučaju koristi i SDM i SGM segment pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora. Time se potencijalno povećava prostor ekonomske održivosti poslovnih modela alternativnih operatora s pristupom na razini LČ-a (naravno uz pretpostavku stalne razine prosječnih maloprodajnih prihoda po korisniku).

Struktura jediničnih troškova u slučaju ekonomske neodrživosti FTTH modela

Prethodno prikazani slučajevi ekonomski održivih FTTH modela, kako za infrastrukturne, tako i za alternativne operatore, podrazumijevali su da je zbroj jediničnih troškova po korisniku u svim dijelovima mreže uvijek manji ili, u graničnom slučaju, jednak maloprodajnom prihodu po korisniku. Kada su ukupni jedinični troškovi veći od maloprodajnog prihoda, poslovni model postaje ekonomski neodrživ. Slika 17 prikazuje

strukturu jediničnih troškova u takvom slučaju, pri čemu je na grafu kvalitativno pokazan uobičajeni slučaj iz prakse u kojem do najvećeg povećanja jediničnih troškova dolazi u pristupnom dijelu FTTH mreže (zbog geodemografskih okolnosti, odnosno udaljavanja od urbanih geotipova koji imaju najmanje jedinične troškove). Isto tako, na povećanje ukupnih jediničnih troškova utjecaj imaju i troškovi agregacijske mreže (*backhaul*), također s udaljavanjem od urbanih područja.



Slika 17 – Jedinični troškovi u FTTH mreži – ekonomski neodrživi slučaj

Ekonomski neodrživi slučajevi FTTH mreža mogu postati ekonomski održivima u slučaju vanjskih poticaja (subvencija) koji se općenito mogu dodijeliti bilo kojem sudioniku u poslovnom modelu FTTH mreže (krajnji korisnik, infrastrukturni ili alternativni operator). Budući da cilj ove studije nije detaljno analizirati modele alokacije poticaja, u nastavku će poticaji biti analizirani samo u kvantitativnom aspektu, odnosno kao potrebni iznosi koje je potrebno alocirati unutar FTTH modela mreže kako bi isti postali ekonomski održivi. U tom smislu na prethodnoj slici crvenom strelicom kvalitativno je označen potrebni iznos poticaja koji pokriva raskorak između ukupnih jediničnih troškova po korisniku i maloprodajnih prihoda po korisniku. Uzevši u obzir korištenje inkrementalnog troškovnog modela, poticaji su također izraženi u jediničnim iznosima po korisniku te unutar sebe obuhvaćaju i dio koji se odnosi na kapitalne troškove izgradnje i dio za operativne troškove rada FTTH mreže.

4.4 Geotipovi s tržišno održivim FTTH modelima

Prema metodologiji opisanoj u prethodnom poglavlju, ekonomski održivim slučajevima izgradnje i pružanja usluga putem FTTH pristupne mreže smatrat će se slučajevi u kojima su ukupni jedinični (inkrementalni) troškovi operatora manji ili jednaki jediničnim prihodima po korisniku. Dodatno, unutar ekonomski održivih slučajeva analiziran je i mogući broj

infrastrukturnih i alternativnih operatora (koji ostvaruju pristup mreži infrastrukturnog operatora) koji mogu istovremeno biti aktivni na tržištu (pružati maloprodajne usluge krajnjim korisnicima), pod pretpostavkom isplativosti njihovih poslovnih modela.

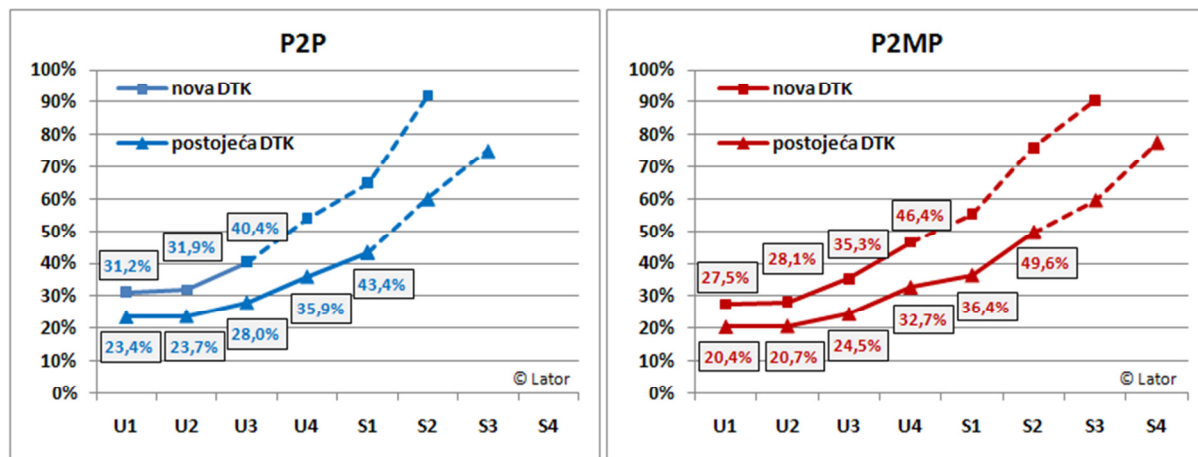
Broj operatora na tržištu utvrđen je pomoću minimalnih ili kritičnih tržišnih udjela koje operatori moraju ostvariti na tržištu kako bi njihovi poslovni modeli bili isplativi (odnosno kritičnog tržišnog udjela kod kojeg su jedinični troškovi izraženi po korisniku jednaki jediničnim приходima po korisniku). Pri tome se kritični tržišni udjeli odnose na maloprodajnu razinu, odnosno pružanje usluga krajnjim korisnicima. Pretpostavljeno je da infrastrukturni operator, vlasnik FTTH mreže, osim što alternativnim operatorima nudi pristup vlastitoj mreži pod veleprodajnim uvjetima, istovremeno nudi i usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu. Alternativni operatori ostvaruju pristup FTTH mreži uz veleprodajne troškove koji odgovaraju jediničnim troškovima infrastrukturnog operatora uz 50% utilizaciju mreže (odgovara srednjoročno stabilnoj situaciji na tržištu, odnosno pretpostavkama razvoja usluga širokopojasnog pristupa opisanim u poglavlju 4.1).

U pristupnom dijelu mreže vrijednosti kritičnog tržišnog udjela vezana je uz vrijednost kritične utilizacije FTTH mreže (*take-up rate*). Vrijednosti kritičnog tržišnog udjela uvijek su dvostruko veće od kritične utilizacije FTTH mreže (kritični tržišni udio na maloprodajnom tržištu isključivo je vezan uz usluge putem FTTH mreže i kao takav se, zbog jasnoće, koristi u nastavku studije¹²).

Važno je naglasiti da se, u slučaju postojanja ekonomski održivih FTTH poslovnih modela, pretpostavlja da će postojeći operatori (prvenstveno biviši monopolistički operator – *incumbent*), zbog mogućnosti ostvarenja dobiti, krenuti u izgradnju FTTH mreža. Pri tome, zbog vertikalne integriranosti, ciljani poslovni model bivšeg monopolističkog operatora podrazumijeva i pružanje usluga krajnjim korisnicima na maloprodajnom tržištu. Time je takav poslovni model različit od poslovnog modela infrastrukturnog operatora koji bi gradio FTTH mrežu i temeljio svoj poslovni model samo na pružanju veleprodajnog pristupa za ostale operatore, bez usluga za krajnje korisnike na maloprodajnoj razini (takav poslovni model u studiji je analiziran u ekonomski neodrživim geotipovima, gdje je, uz dodjeljivanje poticaja, puno vjerojatniji u praksi).

Slika 18 prikazuje ovisnost kritične utilizacije mreže o geotipu, na slučaju FTTH operatora koji ujedno pruža i usluge krajnjim korisnicima na maloprodajnoj razini, za P2P i P2MP topologije mreže. Prikazani su samo urbani i suburbani geotipovi (U1-S4) u kojima postoje ostvarive vrijednosti utilizacije ispod 100% (odnosno poslovni model je ekonomski održiv). Na grafovima su punom crtom prikazane vrijednosti utilizacije manje od 50% (budući da je, prema tržišnim pretpostavkama studije, najveća vrijednost utilizacije 50%).

¹² Hipotetskim razmatranjem cjelokupnog širokopojasnog tržišta (koje se odnosi i na ostale tehnologije i načine pristupa, koji, prema pretpostavkama studije, sudjeluju s 1/3 u ukupnim širokopojasnim priključcima i obuhvaćaju 25% kućanstava) odnos između kritičnog tržišnog udjela na cijelom maloprodajnom širokopojasnom tržištu i kritične utilizacije FTTH mreže bio bi 1,32.



Slika 18 – Ovisnost kritične utilizacije FTTH mreže u geotipovima (prikazani samo ekonomski održivi geotipovi)

Uočljivo je da su vrijednosti kritične utilizacije mreže općenito manje kod P2MP topologije. Isto tako, kritične vrijednosti se značajno smanjuju u slučaju uporabe postojeće DTK mreže. Ekonomski održivim slučajevima, prema tržišnim pretpostavkama studije u pogledu najveće utilizacije mreže, mogu se smatrati svi prikazani slučajevi u urbanim geotipovima U1, U2 i U3, neovisno o odabiru topologije i dostupnosti postojeće DTK mreže. Slučajevi u urbanom geotipu U4, te suburbanim geotipovima S1 i S2 granični su slučajevi u kojima ekonomska održivost ovisi o izboru topologije i dostupnosti postojeće DTK mreže, te se općenito ovi geotipovi ne mogu smatrati područjima s mogućnošću ekonomski održive izgradnje FTTH mreže (npr. u geotipu S2 izgradnja FTTH mreže ekonomski je isplativa samo kod P2MP topologije i uz pretpostavku dostupnosti postojeće DTK mreže).

Ovdje je potrebno istaknuti i teoretsku mogućnost izgradnje paralelne svjetlovodne pristupne mreže od strane više operatora (tzv. replikabilnosti infrastrukture). Konkretno, za urbane geotipove U1-U2, u slučaju dostupnosti postojeće DTK infrastrukture, teoretski je moguć slučaj u kojem bi dva operatora paralelno izgradila FTTH mrežu, jer svakom od njih kritična utilizacija FTTH mreže iznosi manje od 25%. No, iako ovakva mogućnost može biti praktično izvediva (npr. dva operatora polažu svjetlovodne kabele paralelno unutar postojeće DTK infrastrukture) te je čak pozitivna iz aspekta infrastrukturnog natjecanja među operatorima, u praksi je vrlo malo vjerojatna budući da u pravilu zahtjeva značajno veća ukupna investicijska sredstva (što je ekonomski neracionalno) te, osim toga, dodatno sužava tržišni prostor ili potpuno onemogućava ulazak na tržište ostalim operatorima koji ostvaruju veleprodajni pristup FTTH mreži (uz tržišne pretpostavke u studiji i kritične utilizacije mreže, oba bi operatora koja grade vlastitu FTTH mrežu, praktički ostvarila približno 100% tržišni udio u segmentu usluga na FTTH mreži).

U nastavku su prikazani kritični maloprodajni tržišni udjeli za alternativne operatore koji ostvaruju pristup mreži FTTH operatora na DČ razini (Tablica 3). Kritični tržišni udjeli proračunati su temeljem strukture jediničnih troškova alternativnih operatora prikazanoj u prethodnom poglavlju 4.3. Minimalni kritični tržišni udio iznosi 5,0%, budući da manji tržišni udjeli rezultiraju većim jediničnim troškovima po korisniku zbog fiksnih troškova koji su potrebni za inicijalnu uspostavu vlastite mreže (SGM segment pristupne mreže, LČ, *backhaul*), čime poslovni modeli alternativnih operatora ne bi bili isplativi (općenito je pretpostavljeno stabilno tržišno stanje, odnosno zanemareni su prijelazni učinci ulaska na

tržište i povećanja tržišnog udjela do stabilnog stanja). Također, prikazani su samo urbani geotipovi (U1-U4) u kojima postoje kritični tržišni udjeli za alternativne operatore, odnosno ekonomski održivi poslovni modeli s fizičkim pristupom nitima na DČ razini.

Tablica 3 – Kritični tržišni udjeli za alternativne operatore s fizičkim pristupom na DČ razini

	U1	U2	U3	U4
Kritični tržišni udio P2P, nova DTK mreža	5,0%	5,0%	19,2%	-
Kritični tržišni udio P2P, postojeća DTK mreža	5,0%	5,0%	6,0%	20,0%
Kritični tržišni udio P2MP, nova DTK mreža	5,0%	5,0%	8,8%	-
Kritični tržišni udio P2MP, postojeća DTK mreža	5,0%	5,0%	5,0%	14,0%
<p><i>Napomena: Minimalni tržišni udio za alternativne operatore unutar svih geotipova je 5,0% (pretpostavljeno stabilno stanje na tržištu). Eventualni manji tržišni udio od 5,0% u pravilu povećava jedinične troškove po korisniku zbog učinaka fiksnih troškova uspostave vlastitih dijelova mreže (SGM, backhaul).</i></p>				

Vidljivo je da je unutar geotipova U1 i U2, neovisno o raspoloživosti postojeće DTK infrastrukture i izboru topologije, prag ekonomski održivog ulaska na tržište za alternativne operatore relativno nizak. S obzirom na kritičnu utilizaciju pristupne mreže i povezani kritični tržišni udio infrastrukturnog FTTH operatora, kojima FTTH operator posjeduje od 41-64% maloprodajnog tržišta FTTH usluga (minimalno), postoji teoretska mogućnost da na tržištu istovremeno koegzistira i do 10 alternativnih operatora (naravno, uz pretpostavku da svaki ostvaruje minimalni tržišni udio od 5%). Iz aspekta dobrobiti krajnjih korisnika, odnosno mogućnosti izbora maloprodajnih ponuda, ovo je sigurno pozitivan slučaj. Treba naglasiti da, zbog ranije iznesenih pretpostavki o bivšim monopolističkim, vertikalno integriranim, operatorima kao investitorima u FTTH mreže koji svakako ciljaju i na maloprodajno tržište FTTH usluga, ovdje nisu analizirani hipotetski slučajevi u kojima FTTH operator ostvaruje manji maloprodajni tržišni udio na račun povećanja istog udjela od strane alternativnih operatora (ali i dalje uz ekonomski održivu utilizaciju FTTH pristupne mreže). Takvi slučajevi izvjesno bi, zbog manjeg profita FTTH operatora, rezultirali povećanjem kritične utilizacije FTTH mreže što bi smanjilo tržišni interes za investicijama u FTTH mrežu od strane bivših monopolističkih operatora, odnosno suprotno je pretpostavkama o tržišnom interesu za izgradnju mreže u studiji.

Nadalje, analizirajući kritične tržišne udjele alternativnih operatora u geotipovima U3 i U4, uočljiv je njihov porast u usporedbi s geotipovima U1 i U2. Porast je veći u slučaju P2P topologije i nedostupnosti postojeće DTK infrastrukture. Uzevši u obzir i kritične maloprodajne tržišne udjele FTTH operatora, u nekim slučajevima P2P topologije (geotip U3, uz izgradnju nove DTK mreže te geotip U4, uz korištenje postojeće DTK mreže), samo jedan alternativni operator može biti prisutan na tržištu, uz FTTH operatora. Vidljivo je da uz potrebu izgradnje nove DTK mreže, ne postoje održivi slučajevi za alternativne operatore u geotipu U4, neovisno o izboru topologije.

Tablica 4 daje vrijednosti kritičnog tržišnog udjela za *bitstream* pristup na LČ razini kod P2MP topologije. Očekivano, u usporedbi s fizičkim pristupom na DČ razini, kritični tržišni

udjeli (u geotipovima U3 i U4) su nešto manji. No ta činjenica nema presudni utjecaj na mogućnost ulaska alternativnih operatora na tržište, budući da manji kritični tržišni udjeli ne povećavaju broj alternativnih operatora koji mogu biti prisutni na tržištu, u usporedbi s pristupom na DČ razini. Također, i kod *bitstream* pristupa na LČ razini, u geotipu U4 ne postoji održivi model za alternativne operatore u slučaju nedostupnosti postojeće DTK mreže.

Tablica 4 – Kritični tržišni udjeli za alternativne operatore s *bitstream* pristupom na LČ razini

	U1	U2	U3	U4
Kritični tržišni udio P2MP, nova DTK mreža	5,0%	5,0%	8,2%	-
Kritični tržišni udio P2MP, postojeća DTK mreža	5,0%	5,0%	5,0%	12,0%
<p><i>Napomena: Minimalni tržišni udio za alternativne operatore unutar svih geotipova je 5,0% (pretpostavljeno stabilno stanje na tržištu). Eventualni manji tržišni udio od 5,0% u pravilu povećava jedinične troškove po korisniku zbog učinaka fiksnih troškova uspostave vlastitih dijelova mreže (backhaul).</i></p>				

Zaključno, vidljivo je da unutar geotipova U1, U2 i U3 postoji veći broj tržišno održivih slučajeva s jednim infrastrukturnim operatorom koji gradi FTTH mrežu i barem dva alternativna operatora koji ostvaruju veleprodajni pristup toj infrastrukturi te, uz samog infrastrukturnog operatora, nude svoje usluge putem FTTH mreže na maloprodajnom tržištu. Unutar geotipova U4, S1 i S2 postoji ograničen broj održivih slučajeva (s obzirom na izbor topologije i prema raspoloživosti postojeće DTK infrastrukture) s jednim infrastrukturnim operatorom i eventualno tek jednim alternativnim operatorom koji zajedno nude usluge na maloprodajnom tržištu. Takvi slučajevi, iako pružaju tržišni potencijal bivšim monopolističkim operatorima za izgradnju FTTH mreže, nisu pozitivni iz aspekta kompetitivnosti operatora na tržištu, a time i koristi za maloprodajne korisnike (pogotovo slučajevi bez alternativnih operatora).

Stoga se samo geotipovi U1, U2 i U3 mogu smatrati geotipovima s ekonomski održivim i tržišno ispravnim FTTH modelima. Svi ostali geotipovi analiziraju se u nastavku studije iz aspekta potrebnih poticaja, kojima se FTTH modeli u tim geotipovima mogu dovesti u ekonomski i tržišno prihvatljive okvire.

4.5 Geotipovi s tržišno neodrživim FTTH modelima i potrebom za poticajima

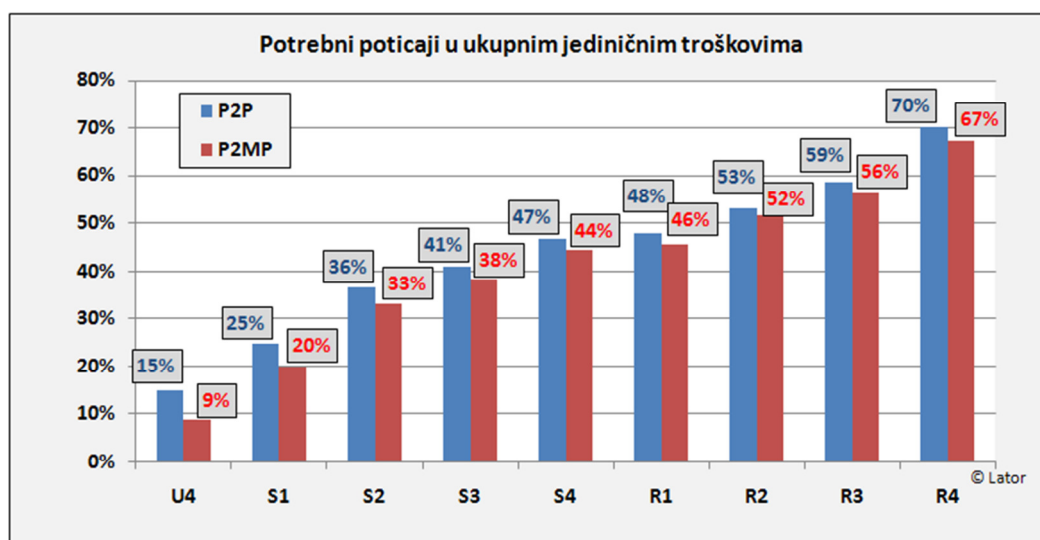
U slučajevima tržišno neodrživih geotipova (svi geotipovi osim U1-U3), pretpostavljeni FTTH model podrazumijeva uključanje vanjskih poticaja kojima se pokriva razlika između troškova i prihoda, odnosno uspostavlja ekonomska održivost FTTH modela. Ovdje se, prvenstveno zbog primjene poticaja, pretpostavlja poslovni model otvorene infrastrukturne mreže, odnosno operatora (koji može biti i bivši monopolistički operator) koji gradi FTTH mrežu i obavezan je pružati pristup ostalim operatorima pod veleprodajnim uvjetima (fizički pristup nitima na razini DČ-a). Pretpostavka je da FTTH infrastrukturni operator, ovisno o geotipu, gradi samo SDM ili cjelokupnu FTTH pristupnu mrežu (u ruralnim geotipovima gdje pristupna mreža nije podijeljena u SDM i SGM segmente). S obzirom na strukturu jediničnih

troškova po korisniku (poglavlje 4.3), pretpostavljena je 50% utilizacija pristupne mreže (stabilni tržišni slučaj s najvećom ostvarenom penetracijom korisnika). U preostalom dijelu mreže (*backhaul*), kojeg operatori osiguravaju neovisno o infrastrukturnom operatoru, jedinični trošak izračunat je za slučaj posjedovanja 20% maloprodajnog tržišnog udjela. Na taj način iz analize su isključeni slučajevi manjih tržišnih udjela koji bi hipotetski mogli pripadati manjim operatorima, a koji bi mogli rezultirati većim troškovima u *backhaul* dijelu mreže i posljedično većim potrebnim poticajima (pogotovo u ruralnim geotipovima). S druge strane, ovakav pristup osigurava prostor za nekoliko (najviše 5 operatora) na maloprodajnom tržištu, što je zadovoljavajuće iz aspekta konkurentnosti operatora i dobrobiti krajnjih korisnika.

Prikazani poticaji, budući da se temelje na razlici jediničnih troškova i prosječnog prihoda po korisniku, također imaju istu takvu strukturu i praktično odgovaraju poticajima koji pokrivaju investicijske troškove izgradnje mreže kao i operativne troškove mreže. Prema ranije pretpostavkama, cilj studije je samo kvantificirati potrebne poticaje, bez detaljne analize načina alokacija tih poticaja (npr. jednokratno po aktiviranom korisniku ili inicijalno kod izgradnje mreže u vidu nepovratnih sredstava).

Proračuni za slučajeve ekonomski neodrživih geotipova predviđaju izgradnju nove DTK infrastrukture za polaganje svjetlovodnih kabela u geotipovima U4-S4 (budući da je mala vjerojatnost dostupnosti postojeće DTK mreže dovoljnog kapaciteta), odnosno izgradnju nadzemne mreže za vođenje svjetlovodnih kabela u ruralnim geotipovima R1-R4 (troškovno učinkovitija opcija od podzemne DTK mreže). Usporedno su razmatrane obje topološke opcije, P2P i P2MP.

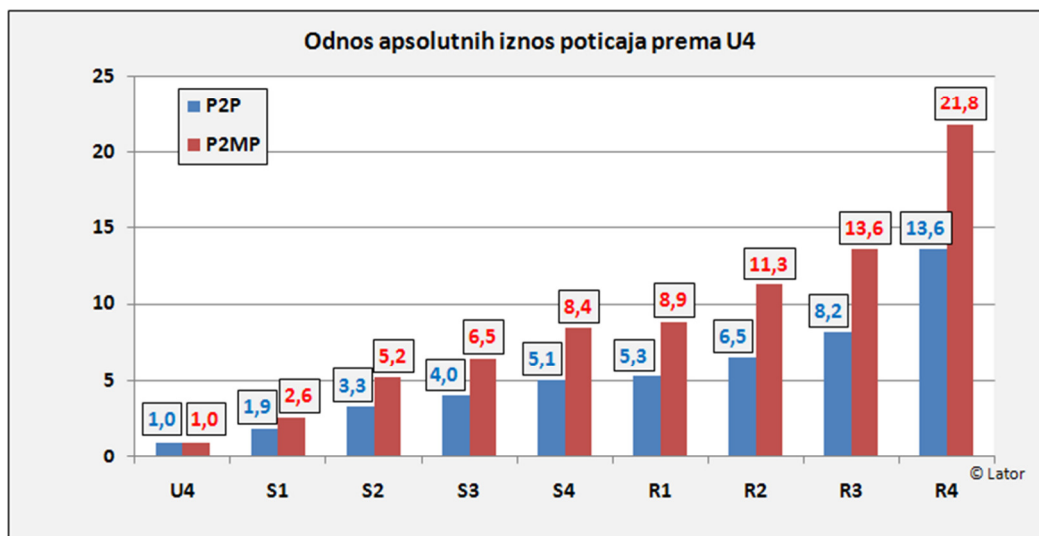
Slika 19 daje pregled udjela visine poticaja u jediničnom trošku mreže po geotipovima, za P2P i P2MP topologiju (jedinični troškovi odgovaraju jediničnim troškovima po aktivnom korisniku). Prema očekivanjima, udio potrebnih poticaja u jediničnim troškovima raste prema ruralnim geotipovima (od 9% u U4 do čak 67% u R4), te je općenito nekoliko postotnih bodova manji kod P2MP topologije.



Slika 19 – Udjeli potrebnih poticaja u ukupnim jediničnim troškovima po geotipovima U4-R4

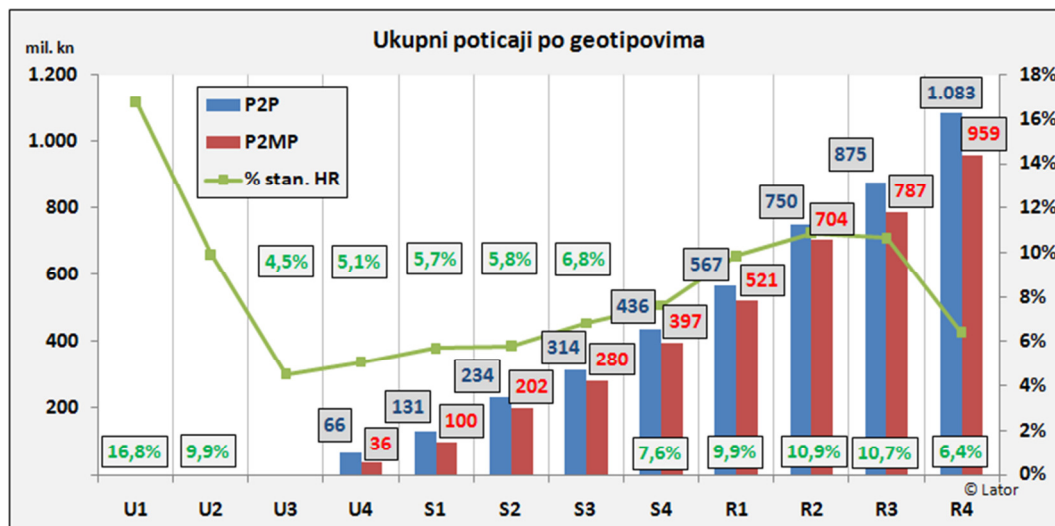
Radi bolje predodžbe odnosa apsolutnih iznosa poticaja, idući graf (Slika 20) daje odnose apsolutnih iznosa poticaja (izraženih također po aktivnom korisniku) po geotipovima,

posebno za P2P i P2MP topologiju (prema referentnoj vrijednosti poticaja za geotip U4). Uočljivi su u ruralnim geotipovima poticaji po aktivnom korisniku za faktor 10 i više veći nego u geotipu U4.



Slika 20 – Odnos iznosa poticaja po geotipovima U4-R4, prema poticajima za geotip U4

Uzevši u obzir sva naselja u svim geotipovima, moguće je i kvantificirati ukupne iznose poticaja za sve geotipove u kojima su FTTH poslovni modeli ekonomski neodrživi. Slika 21 daje pregled ukupnih iznosa poticaja za sve geotipove, za P2P i P2MP topologiju mreže. Usporedno po geotipovima dan je i podatak o udjelu stanovništva po svim naseljima geotipa u ukupnom stanovništvu Hrvatske, kako bi se mogli korelirati ukupni iznosi poticaja s dijelovima stanovništva kome su namijenjeni.



Slika 21 – Ukupni iznosi potrebnih poticaja po svim geotipovima

Ukupna poticajna sredstva, za izgradnju FTTH mreža u ekonomski neodrživim slučajevima, kreću se na razini od 4 do 4,5 milijardi kn, ovisno o odabranoj topologiji. Pri tome za 31% stanovništva u urbanim geotipovima U1-U3 nije potrebno dodijeljivati poticaje, budući da su FTTH poslovni modeli u tim područjima ekonomski održivi. S druge strane, za 38% stanovništva u ruralnim geotipovima potrebno je izdvojiti gotovo 75% od ukupnog iznosa poticaja (naravno uz već prethodno iznesenu ogradu da FTTH mreže ne moraju nužno biti troškovno najučinkovitije infrastrukturno rješenje za najmanja naselja u geotipu R4).

Skraćenice

ADSL	- asimetrična digitalna pretplatnička linija, engl. <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
ARPU	- prosječni prihod po korisniku, engl. <i>Average Revenue per User</i>
DČ	- distribucijski čvor, engl. <i>Distribution Point</i>
DTK	- distributivna telekomunikacijska kanalizacija
LRIC	- dugoročni inkrementalni trošak, engl. <i>Long-run Incremental Cost</i>
FTTH	- pristup svjetlovodnim vlaknom do korisnika, engl. <i>Fiber to the Home</i>
GPON	- standard FTTH pristupa, engl. <i>Gigabit Passive Optical Network</i>
IPTV	- televizija putem IP protokola, engl. <i>Internet Protocol TeleVision</i>
LČ	- lokalni čvor, engl. <i>Local Node</i>
MPoP	- engl. <i>Metro Point of Presence</i> , isto što i LČ
NGA	- pristupne mreže nove generacije, engl. <i>Next Generation Network Access</i>
NGN	- mreže nove generacije, engl. <i>Next Generation Network</i>
ODF	- svjetlovodni prospojnik, engl. <i>Optical Distribution Frame</i>
OLT	- mrežni element u GPON sustavu u pristupnoj centrali, engl. <i>Optical Line Termination</i>
P2MP	- mrežna topologija <i>točka-do-više točaka</i> , engl. <i>Point to Multi-Point</i>
P2P	- mrežna topologija <i>točka-do-točke</i> , engl. <i>Point to Point</i>
PEHD	- polietielen visoke gustoće
PON	- pasivna svjetlovodna mreža, engl. <i>Passive Optical Network</i>
PVC	- polivinil klorid
SDM	- svjetlovodna distribucijska mreža
SGM	- glavna svjetlovodna mreža
WACC	- ponderirani prosječni trošak kapitala, engl. <i>Weighted Average Cost of Capital</i>

Reference

- [1] *Popis stanovništva 2001. – rezultati*, Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>
- [2] *Popis stanovništva 2011. – prvi rezultati*, Državni zavod za statistiku, <http://www.dzs.hr>
- [3] *Google maps*, <http://maps.google.com>
- [4] *Pravilnik o tehničkim i uporabnim uvjetima za svjetlovodne distribucijske mreže*, HAKOM, rujan 2010.
- [5] *Pravilnik o tehničkim uvjetima za kabelsku kanalizaciju*, HAKOM, rujan 2010.
- [6] *Pravilnik o načinu i uvjetima pristupa i zajedničkog korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme*, HAKOM, studeni 2011.
- [7] *Pravilnik o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada*, HAKOM, prosinac 2009.
- [8] *Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA)*, {SEC(2010) 1037}, preporuka Europske komisije, 2010.
- [9] *Odluka o objavljivanju pravila o državnim potporama koja se odnose na brzi razvoj širokopoljnih mreža*, Vlada Republike Hrvatske, 2011.
- [10] Bouras et al., *Broadband Municipal Networks in Greece: A suitable business model*, *Telematics and Informatics* 26 (2009), pp. 391-409
- [11] *Architectures and competitive models in fibre networks*, WIK Consult studija za Vodafone, 2010.
- [12] Brusic et al., *Community Owned fibre optic networks – a sustainable broadband future for rural areas in Croatia*, 21st European Regional ITS Conference, Copenhagen, 2010
- [13] *Standardna ponuda Hrvatskog Telekoma d.d. o načinu i uvjetima pristupa i zajedničkog korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme (kabelske kanalizacije)* Hrvatskog Telekoma d.d., veljača 2011.
- [14] *Digital Agenda for Europe*, Europska komisija, 2010., http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/index_en.htm
- [15] *Strategija razvoja širokopoljnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2012. do 2015. godine*, Vlada Republike Hrvatske, listopad 2011.
- [16] *E-tržište, pokazatelji tržišta elektroničkih komunikacija*, HAKOM, <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=60>
- [17] *Digital Agenda Scoreboard, Fast and ultra-fast Internet access*, Europska komisija, http://ec.europa.eu/information_society/digital-agenda/scoreboard/pillars/broadband/index_en.htm
- [18] *Godišnja izvješća*, Hrvatski Telekom d.d., <http://www.t.ht.hr/investitori/rezultati.asp>