

"FTTH mreža Sopnica-Jelkovec: projektno rješenje i iskustva u izgradnji"

mr.sc.Sead Dubravić, dipl.ing.
NETIKS d.o.o. , Sarajevska c.60, Zagreb

Sažetak: U radu autor u svojstvu ugovornog nadzornog inženjera analizira projekt i izgradnju širokopojasne distributivne telekomunikacijske mreže izvedene u novoizgrađenom stambenom naselju Sopnica-Jelkovec u Zagrebu. Detaljnije se iznosi tehnološki koncept ove čisto optičke FTTH mreže izvedene u suvremenoj tehnologiji mikrokabela i mikrocijevi, i koja je zamišljena kao model koji će se implementirati i na drugim naseljima unutar grada. Analiziraju se prednosti ovog koncepta kao i stvarni problemi uočeni tijekom izgradnje. Poseban osvrt je dan na usklađenost izvedene FTTH komunikacijske mreže sa postojećim Zakonima i Pravilnicima o elektroničkim komunikacijskim mrežama (EKM), budući da se radi o oglednoj instalaciji. Pored tehnološkog, posebno se obrađuje i liberalni aspekt mreže Sopnica-Jelkovec, zamišljen od investitora - "Zagrebačkog holdinga", kao elektronička komunikacijska mreža koja će svim stanarima naselja omogućiti slobodan izbor operatora, a svim operatorima pristup objektima uz ravnopravne i nediskriminirajuće uvjete. U tom smislu analizira se i uloga grada kao novog tipa davatelja usluga - infrastrukturnog operatora, koji treba osigurati željene preduvjete za obje zainteresirane strane.

1. UVOD

Smanjivanjem cijena optičke tehnologije došlo je do njene masovne primjene u magistralama suvremenih mreža, a od početka ovog stoljeća i u distributivnoj i razvodnoj mreži FTTB (optika do zgrade) i FTTH (optika do doma). Ovakav tehnološki pomak u smislu širokopojasnosti i velikih premostivih distanci uzrokovao je liberalizaciju tržišta i profiliranje novih telekom operatora koji su u mogućnosti samostalno ili zajednički pružiti usluge koje su nekad bile podržane samo od jednog davatelja usluga, a nastale se i mnoge nove telekomunikacijske usluge. Ovaj projekt, uz omogućavanje širokopojasnih veza velikih brzina, omogućuje korisniku izbor pružatelja usluga za svaku uslugu posebno, što znači da je svim zainteresiranim operatorima osiguran pristup do korisnika, bez ograničenja, koristeći resurse infrastrukturnog operatora.

Projektirano i izvedeno tehničko rješenje EKM Sopnica-Jelkovec treba značajno doprinjeti brzom razvoju naselja kao samostalne cjeline u stambenom, prometnom, trgovačkom, poslovnom, kulturnom, obrazovnom, sportskom, rekreativnom, zabavnom i inom smislu. U obuhvatu Projekta smještene su osim stambenih građevina, koje fizičkom zastupljenošću dominiraju, sve bitne prateće građevine koje su neophodne i koje oplemenjuju dominantno stambenu funkciju naselja. Unutar granica obuhvata Projekta predviđene su dvoje dječje jaslice, dva dječja vrtića, osnovna škola, srednja škola, otvorena sportska igrališta, zatvorena sportska dvorana, zatvoreni bazen, višenamjenska dvorana, knjižnica, crkva,

ambulanta, apoteka, veterinarska ambulanta, tržnica te niz lokala poslovno-trgovačko-uslužne namjene. Naselje treba moći funkcionirati kao samostalna cjelina, ali i biti efikasno povezano sa preostalim svijetom, uz dovoljno brz i kvalitetan pristup svim elektroničkim komunikacijskim uslugama modernog vremena. Sa tim ciljem, tijekom 2009. godine u novoizgrađenom zagrebačkom naselju realizirana je optička komunikacijska infrastruktura koja je zamišljena i projektirana da predstavlja suvremeni pilot-model FTTH mreže koju će grad implementirati i na drugim novoizgrađenim naseljima.



Slika 1. Novoizgrađeno zagrebačko naselje Sopnica-Jelkovec

Radi ilustracije, naselje Sopnica-Jelkovec obuhvaća cca 2.700 stambenih jedinica i 100-njak poslovnih prostora i ostalih javnih sadržaja (škola, vrtić, ambulanta isl.), raspoređenih u cca odvojenih 200 ulaza na potezu od par km, prema Slici 1. U smislu

organizacije prostor obuhvaćen Projektom podijeljen je u četiri izdvojene megacjeline: A,B,C i D, a podijeljene su tako da se uklope u okolni prostor, te da se postepenom transformacijom okolni prostor prilagodi novim prostornim potrebama šireg okruženja novoizgrađenog stambenog naselja. Ovim Projektom realizirana je kompletna FTTH infrastruktura za cca 3000 korisnika, uz ugrađenu zalihost svjetlovodnog kablenskog sustava i pripadajuće kanalizacijske infrastrukture.

2. ZAGREBAČKI DIGITALNI GRAD I EKM MREŽA SOPNICA-JELKOVEC

U naselju Sopnica – Jelkovec kao investitor elektroničke komunikacijske mreže pojavljuje se "Zagrebački holding" d.o.o., tvrtka u 100% vlasništvu Grada Zagreba. "Zagrebački digitalni grad" je podružnica u sastavu "Zagrebačkog holdinga" d.o.o. na koju je Grad Zagreb prenio sva prava i obveze u vezi izgradnje, najma i eksploatacije kablenske kanalizacije (DTK) u vlasništvu Grada Zagreba.

Želja Grada Zagreba da se proaktivno uključi u promicanje i razvoj Grada Zagreba kao digitalnog grada su utjecale na donošenje odluke o investiranju u izgradnju elektroničke komunikacijske infrastrukture i elektroničke komunikacijske mreže u naselju Sopnica – Jelkovec. Odabrana je izgradnja suvremene FTTH mreže sa P2P (engl. "point-to-point") topologijom elektroničke komunikacijske mreže. Razlog odabira P2P topologije je upravo njena mogućnost tzv. "otvorenog pristupa uslugama". Prostorija centralnog komunikacijskog čvorišta naselja je u potpunosti tehničko - tehnološki opremljena i prilagođena potrebama operatora korisnika prostora. U skladu sa navedenim, "Zagrebački holding" d.o.o., podružnica "Zagrebački digitalni grad" se kod "Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije" registrirala kao **infrastrukturni operator** koji obavlja djelatnost elektroničkih komunikacijskih mreža i usluga davanja u najam elektroničke komunikacijske mreže i/ili vodova, te davanja pristupa i zajedničkog korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme. Zainteresirani operatori korisnici koji su ovlašteni pružati javnu komunikacijsku uslugu na području Republike Hrvatske će sklopiti Ugovore o pristupu i zajedničkom korištenju infrastrukture sa podružnicom. Na temelju potpisanog ugovora, operatori korisnici daju zahtjeve za najam dediceranog svjetlovodnog vlakna od komunikacijskog čvorišta do stana krajnjeg korisnika s kojim imaju potpisani ugovor i zahtjeve za najam komunikacijskog čvorišta za potrebe smještanja njihove aktivne opreme.

Konceptom u kojem se gradovi, odnosno trgovačka društva u njihovom vlasništvu pojavljuju kao infrastrukturni operatori i investitori izgradnje elektroničke komunikacijske mreže stvaraju se temeljene pretpostavke za kvalitetnu tržišnu utakmicu na području elektroničkih komunikacija, od čega posrednim putem profitiraju krajnji korisnici – građani, a trgovačka društva u vlasništvu gradova ostvaruju svoju funkciju (dobrobit, te podizanje razine kvalitete života građana). Osim poticanja tržišnog natjecanja i omogućavanja nediskriminirajućeg korištenja elektroničke komunikacijske infrastrukture, posredno se potiče razvoj novih operatora i inovativnih komunikacijskih tehnologija i usluga, budući da operatori ne moraju izdvajati značajna financijska sredstva i kadrovske resurse za izgradnju mreže. Primarni cilj operatora postaje razvoj naprednije, pristupačnije i kvalitetnije usluge koju će pružiti krajnjem korisniku.

Osim neospornog doprinosa liberalizaciji tržišta elektroničkih komunikacija, neosporna je i dobrobit građana, gdje u konačnici svaki građanin ima mogućnost odabira naprednih komunikacijskih usluga koje su za njega cijenom i kvalitetom najbolje. Ovakva aktivna uloga gradova doprinosi razvoju društva znanja i ICT tehnologije u Republici Hrvatskoj.

3. ZAHTJEVI POSTAVLJENI NA PROJEKTO I IZVEDBENO RJEŠENJE EKM

Prilikom definiranja projektnog rješenja trebalo je uvažiti zahtjeve vremena i Investitora - Grada Zagreba:

- **Sa stajališta operatora i krajnjih korisnika usluga, treba primjeniti liberalni koncept elektroničke komunikacijske mreže - EKM**, koja će svim stanarima naselja omogućiti slobodan izbor operatora, a svim operatorima korisnicima pristup objektima uz ravnopravne i nediskriminirajuće uvjete. U tom smislu definirana je i uloga "Zagrebačkog digitalnog grada" kao novog tipa davatelja usluga - infrastrukturnog operatora, koji treba osigurati željene nediskriminirajuće uvjete svim zainteresiranim davateljima usluga.

- **Zbog zatečene poodmakle faze izgradnje objekata, EKM sustav je trebalo izgraditi u kratkom roku, a tehnološko rješenje odabrati da efikasno i pouzdano integrira naselje sa ciljem pristupanja svim danas raspoloživim širokopojasnim uslugama**

Odabran je sustav mikrocijevi i mikrokabela jer omogućava brzu izgradnju "point-to-point" mikrocijevnog sustava, u koji se potom efikasno i brzo upuhuju mikrokabeli željenih kapaciteta (mikrokabel se upuhuje brzinom cca 40-50m/min). Izmjena kompletnog kabela do objekta može

prouzročiti prekid u isporuci elektroničkih komunikacijskih usluga od max 6 sati, bez potrebe za aktivnostima van TK čvorišta i ulaza u objekte. Konačno, i cijene opreme za izvedbu mikrokabelskog sustava su drastično pala u posljednje 2-3 godine. I najbitnije, pogotovo za Grad kao infrastrukturnog operatora: cijeli sustav zauzima minimalni mogući prostor unutar postojeće DTK i unutar već izvedene podžbukne cijevne instalacije u objektima, tako da se ne očekuju obimniji građevinski zahvati, a nešto prostora ostaje i za buduća proširivanja.

- Zbog nedostatka prostorija za smještaj TK ormara i osiguranja električnog napajanja u već izvedenim objektima, te zbog nemogućnosti kvalitetnog održavanja velike količine disperzirane aktivne opreme u objektima, rješenje EKM mora biti kolapsirano - centralizirano u jednoj jedinoj točki: TK čvorištu naselja

Bilo kakvo bakreno rješenje xDSL tipa ili hibridna rješenja FTTx tipa otpadaju ne samo zbog ograničenog propusnog pojasa, već ne mogu dati kolapsirano topološko rješenje sa jednom jedinom točkom koncentracije. Odabrano je monolitno optičko FTTH rješenje EKM koje predviđa da iz centralnog čvorišta optički mikrokabeli dolaze direktno do stanova. Veći dio objekata bio je u podmakloj fazi izgradnje, što onemogućava izvedbu novih trasa u objektima do svakog pojedinog stana, ali i unutar samih stambenih jedinica. Rješenje je korištenje postojećih već izvedenih podžbuknih trasa. U podžbukne cijevi uvučeni su svi potrebni optički mikrokabeli, koji su odabrani da budu što tanji, otporni na vlak i performansi ugrađenih svjetlovodnih vlakana otpornih na savijanje sukladno normi G.657.A.

- Projekt je ogledan i treba zadovoljavati sve postojeće i očekivane zakonske regulative:

1. ZAKON O ELEKTRONIČKIM KOMUNIKACIJAMA od 01.07.2008. uvjetuje izgradnju mreže koja će omogućiti ravnopravne i nediskrimirajuće uvjete davanja i primanja usluga kako za operatore, tako i za korisnike

2. PRAVILNIK O NAČINU I UVJETIMA PRISTUPA I ZAJEDNIČKOG KORIŠTENJA ELEKTRONIČKE KOMUNIKACIJSKE INFRASTRUKTURE I POVEZANE OPREME od 5.12.2008. određuje način izgradnje vanjske DTK i komunikacijske infrastrukture između objekata, te detaljno definira odnos infrastrukturnog operatora i mrežnih operatora

3. PRAVILNIK O TEHNIČKIM UVJETIMA ZA ELEKTRONIČKU KOMUNIKACIJSKU MREŽU POSLOVNIH I STAMBENIH ZGRADA, NN 155/2009., primjenjuje se pri planiranju, projektiranju, rekonstrukciji, dogradnji i upotrebi i održavanju EKM-a poslovnih, stambenih i poslovno-stambenih zgrada, a definira način izvedbe EKM-a unutar objekata i/ili campusa

(samostalnog naselja), konačno uvodeći obavezu izgradnje generičkog (strukturalnog) kabelskog sustava u građevinama.

To je uvjetovalo određena strateška opredjeljenja i izvedbi EKM koja su primjenjena u skladu sa zakonskim propisima.

4. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKO RJEŠENJE EKM MREŽE

Elektronička komunikacijska mreža EKM naselja Sopnica-Jelkovec projektirana je kao FTTH centralizirana zvjezdasta topološka izvedba "point-to-point" tipa, u kojoj su svi krajnji korisnici usluga povezani dediceranim svjetlovodnim vlaknom sa centralnim čvorištem (kolokacijom). Tehnološki odabir prijenosnog medija je "dehidrirano" jednodimenzionalno svjetlovodno vlakno G.562.D. i pripadajući kabelski pribor, prilagođeno mogućoj implementaciji CWDM multipleksera, za slučaj da će multipleksiranjem valnih duljina jednom biti potrebno znatno pojačati kapacitete.

Radi procjene veličine projekta, slijedi izvedbeni parametri ove FTTH instalacije:

- iskopano je preko 8.500 metara rova u koju je uvučeno 15.000 metara primarne cijevi PVC 110

- postavljeno je 170 kabelskih zdenaca

- u primarne cijevi je uvučeno 30.000 metara sekundarne tvornički usnopljene mikrocijevi 7x10/8mm, promjera 35mm

- u sekundarne usnopljene cijevi upuhano je 130.000 metara mikrokabela kapaciteta 12,24,48 ili 72 niti, ovisno o lokaciji

- unutar objekata je položeno 130.000 metara mikrokabela kapaciteta dva G.657.A vlakna

- ukupno je realizirano cca 6.000 optičkih linkova.

Topološki, ova FTTH mreža se može podijeliti na 3 slojevite međusobno povezane fizičke razine:

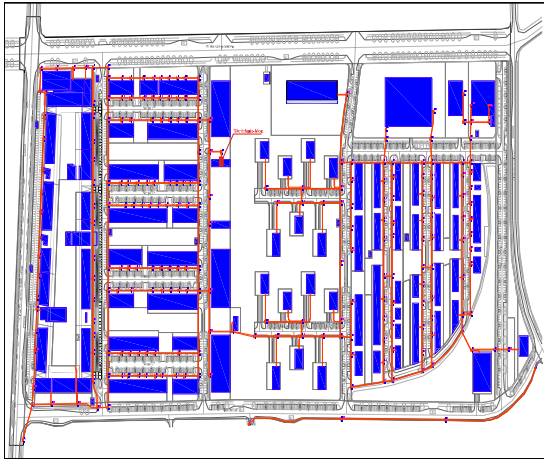
1. Distributivna telekomunikacijska kanalizacija (DTK), kojom je ostvaren fizički put za povlačenje optičkih kabela i/ili mikrocijevi distributivne TK mreže između objekata i do ulaza u objekte (fizička magistrala)

2. Distributivna TK mreža, koja omogućava kabelsko/mikrocjevno povezivanje TK čvorišta Sopnica-Jelkovec sa korisnicima unutar DTK izvan objekata i unutar rebrastih cijevi u objektima

3. Centralnog TK čvorišta Sopnica-Jelkovec u koje su smješteni centralnog optički razdjelnik (ODF) i aktivna telekomunikacijska oprema zainteresiranih operatora korisnika (kolokacija)

Distributivna telekomunikacijska kanalizacija (DTK) jeste magistrala naselja kojom je ostvaren fizički put od centralnog čvorišta uključivo ulazi u objekte do izvodnih ormarića ITO smještenih u prizemlju objekata. Pažljivim projektiranjem i centraliziranim topološkom izvedbom prilagođenom mikrocjevnom svjetlovodnom kabelskom sustavu, smanjen je ukupni kapacitet

DTK, a time i cijena DTK, za cca 30% u odnosu na konvencionalne (hibridne) sustave. Topološka izvedba DTK prikazana je na Slici 2.



Slika 2. Topološka izvedba EKM Sopsnica-Jelkovec

DTK magistrala naselja Sopsnica-Jelkovec izvedena je tehnološki kao podzemna instalacija od cca 15.000 met cijevi PVC 110mm zakopane u preko 8.500 metara rova, a postavljeno je i 170 kablskih zdenaca. Time je postignuta "debeli magistrala" koja je zadovoljila trenutne potrebe operatora i pretplatnika u naselju, ali i potrebe eventualnih proširivanja kapaciteta u budućnosti. Na nju su priključeni uvodi u svaki pojedini ulaz objekta putem PEHD 50mm cijevi i to od najbližeg zdenca do svakog pojedinog ulaza u objekt. Uvodna PEHD cijev završava u izvodnom ormariću ITO smještenom u prizemlju objekta.

Distributivnu TK mrežu čini 30.000 metara sekundarne tvornički usnopljene mikrocijevi 7x10/8mm, vanjskog promjera 35mm koja je uvučena u postojeći DTK izveden PVC 110 cijevima, a od krajnjeg zdenca do ulaza u objekte unutar PEHD 50 cijevi. U zdencima kod svakog pojedinog ulaza, pomoću mikrokabelske spojnice izdvojena je po jedna mikrocijev 8/10 u koju je uvučen mikrokabel željenog kapaciteta. Kabelsku infrastrukturu distributivne mreže čine izravne veze iz TK čvorišta do ulaza u objekte, te usponske veze od ulaza u objekte do priključnice u korisničkom prostoru (stanu/poslovnom prostoru).

U primarnu DTK uvučene su tvornički usnopljene sekundarne mikrocijevi (maksimalno četiri) konstruirane od sedam tercijarnih mikrocijevi 8/10mm. U svaki stubišni ulaz objekta je uvedena minimalno jedna mikrocijev 8/10mm, koja je ravnim spojnica izvedena kao kontinuirana mikrocijev do centralne lokacije:TK čvorišta Sopsnica-Jelkovec. U tako položene mikrocijevi upuhani su svjetlovodni mikrokabeli kapaciteta 12, 24, 48 ili 72 niti karakteristika G.652D i maksimalnog promjera 6mm, ovisno o topološkom rješenju te lokacije. Maksimalna duljina trase od TK čvorišta do najudaljenijeg objekta iznosi cca 1.300 metara. Mikrokabeli su metodom upuhivanja

u mikrocijevi dovedeni do izvodnih ormarića ITO u ulazima objekata. Na Slici 3. prikazani su elementi odabranog mikrocijevnog sustava.

Za uspostavljenje komunikacije između korisnika i centralnog TK čvorišta Sopsnica-Jelkovec korišteni su mikrokabeli debljine 2.5mm, u kojima su dva vlakna specijalne otpornosti na savijanja po normi G.657.A. Ona su u izvodnim ormarićima ITO fiksno prospojena fuzijskim varenjem na dolazna svjetlovodna vlakna. U svaki izvodni ormarić ITO je iz centralnog TK čvorišta dovedeno više svjetlovodnih niti od broja potencijalnih korisnika, čime je osigurana dostatna zalihnost koja služi kao rezerva za buduće potrebe. Projektom je predviđeno da se do korisnika prosloji samo jedno vlakno, no naknadno je donesena odluka o terminiranju i drugog vlakna, dok se u ormariću ITO višak niti ostavlja za buduće potrebe. Na takav način je ostvarena određena zalihnost svjetlovodnih niti za buduće potrebe unutar objekata.



Slika 3. Građevni elementi mikrocijevnog sustava

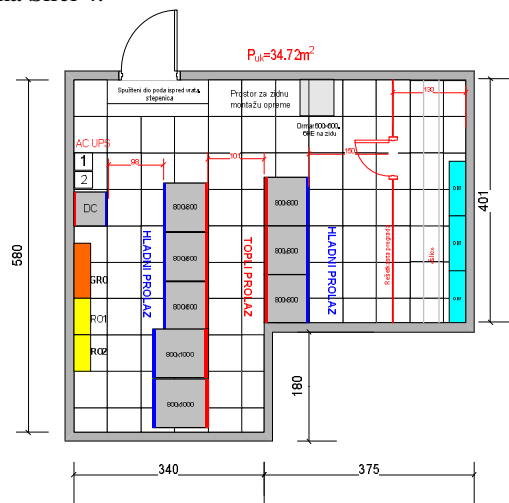
Do stanova su uvlačeni svjetlovodni kabeli kapaciteta 2 vlakna po stanu. Kabeli su polagani bez prekida od izvodnog TK ormarića do pozicije TK priključnice u svakom stanu. Kako je za svaki stan bio potreban po jedan svjetlovodni kabel sa dvije niti, a kapaciteti usponskih trasa su ograničeni ugrađenim podžbuknim cijevima promjera 32mm i/ili 20mm, vanjski promjer korištenog svjetlovodnog kabela morao je biti unutar 2.5mm, a zbog "izlomljenosti" podžbukne trase i malih radijusa savijanja položenih podžbuknih cijevi, svjetlovodna vlakna morala su, osim prijenosnih karakteristika sukladnih normi G.652.D, imati i povećanu otpornost na savijanje sukladno normi G.657A.

Na poziciji TK priključnice, u svakom stanu je montirana nadžbukna svjetlovodna priključnica opremljena sa dva SC konektora (1xSC Duplex), gdje su dolazna svjetlovodna vlakna završila fuzijskim spajanjem na SC spojni kabel terminiran na priključnici. U stanovima je birana pozicija svjetlovodne priključnice u blizini električne utičnice, radi napajanja terminalne opreme.

Postojeći telefonski izvodni ormarići ITO su bili premalih dimenzija da bi se u njih smjestili svi potrebni elementi potrebni za spajanje predviđenog broja svjetlovodnih niti fuzijskim spajanjem. Zbog toga su zamjenjeni odgovarajućim podžbuknim ormarićima adekvatnih (većih) dimenzija. Ormarići su opremljeni sa dostatnim brojem kazeta za zaštitu optičkih varova, sustavom za vođenje i sortiranje rezervnih optičkih niti, a poštivaju i elemente za pravilno vođenje kabela, kao što su minimalni dozvoljeni polumjer savijanja, jednostavan i siguran pristup do svih kabela bez narušavanja prijenosnih karakteristika instaliranih kabela. Novi izvodni

5. Centralno čvorište EKM (kolokacija)

TK centralno čvorište (kolokacija) ukupne površine 35 m² nalazi se približno u sredini naselja, u prostoru ispod tribina igrališta Srednje škole Sopnica–Jelkovec. U prostoriju ulazi 11 trasa PVC 110mm cijevi iz poda koje su dio magistralne DTK mreže, ali i dodatne cijevi za dovod električnih kabela iz transformatorske stanice i diesel-generatora. Opremanja kolokacije i razmještanje opreme napravljeno je u skladu s veličinom i namjenom prostora, te uobičajenom praksom i smjernicama za izgradnju podatkovnih centara, prema Slici 4.



Slika 4. Tlocrt kolokacije s rasporedom pojedinih elemenata

Postavljeno je ukupno 8 kabineta (ormara) za smještaj komunikacijske opreme operatora korisnika. Od toga je šest tlocrtno površine 800x800 mm, a dva 800x1000 mm. Visina pojedinog ormara je 46HE, što sa kućištem približno iznosi 210 cm. Ormari su postavljeni tako da sa stražnjim stranama zatvaraju „topli prolaz“, dok je sa prednje strane „hladni prolaz“ s obzirom na smjer cirkulacije hladnog i toplog zraka. Postavljene su tri stropne klimatizacijske inverterske jedinice. Ispod podignutog poda postavljene su police od pocinčanog lima za polaganje energetskih i telekomunikacijskih kabela. Uz desni zid gledano

ormarići ITO ugrađeni su dodatnim dubljenjem otvora u zidu na poziciji postojećih paričnih ormarića.

U poslovnim objektima, javnim sadržajima i ostalim objektima koji nisu primarno namjenjeni stambenoj uporabi, postavljeni su nadžbukni priključni TK ormarići opremljeni SC priključcima, na koje se dovedeni mikrokabeli kapaciteta 12 vlakana i terminirani varenjem SC spojnih kabela (pigtails) na SC konektore ugrađenog minipanela, tako da je moguće istovremeno povezati do 12 direktnih FTTB korisnika.

od ulaza postavljena je elektroenergetska oprema (AC UPS, DC jedinica, glavna razvodna ploča i razvodni ormari s osiguračima). Uz lijevi zid postavljen je centralni optički razdjelnik (ODF) distributivne mreže naselja. ODF je odvojen od ostatka prostorije rešetkastom ogradom s vratima, radi autorizacije ekskluzivnog pristupanja infrastrukturnog operatora kod priključivanja ugovornog mrežnog operatora-davatelja usluga.

Na centralnoj lokaciji montira se i aktivna mrežna oprema koja omogućava koncentraciju korisničkih veza i re-distribuciju dolaznog i odlaznog prometa od krajnjih korisnika usluge do odabranog operatora. Zainteresirani operatori sami instaliraju svoju aktivnu opremu i spojnu infrastrukturu (dolazni kabel i pribor), kako bi realizirali veze prema svojim centralama višeg stupnja. Za opremu operatora korisnika je predviđeno 8 komunikacijskih ormara ukupnog kapaciteta 368HE.

Tehnička zaštita kolokacije izvedena je protuprovalnim alarmom (sa infracrvenim i mikrovalnim detektorima) uz aktivaciju/deaktivaciju utipkavanjem PIN-a, te nadzor video-kamerama. Predviđena je i mogućnost naknadne ugradnje sustava za kontrolu ulaza beskontaktnim karticama. Protupožarna zaštita je riješena sustavom za vatrodojavu i automatsko gašenje plinom. TK čvorište je iz razloga raspoloživosti i pouzdanosti podržano klimatizacijom 3x10kW i diesel-agregatom 25kVA, te UPS-om 220V AC 2x15kVA(30min) i UPS-om - 48 V DC 7.5 kVA (30 min).

Centralni optički razdjelnik (ODF) čine četiri međusobno povezana 19" optička razdjelnika u kojima su sukladno shemi razbrajanja po megacjelinama terminirana sva dolazna svjetlovodna vlakna svih potencijalnih FTTH korisnika u naselju. Sva vlakna su terminirana SC konektorima i izvedena na prednje maske pripadajućih optičkih panela ODF-a, ukupnog kapaciteta 6.000 svjetlovodnih vlakana/dionica. Razdjelnik sa pripadajućim optopanelima kapaciteta 48xSC i prospojnim kasetama omogućava prespajanje ili prospajanje velikog broja vlakana na malom i ograničenom prostoru. Aktivna oprema operatora korisnika prospaja se

pomoću odgovarajućeg broja prespojnih SC-SC kabela na ODF, sukladno broju ugovorenih pretplatnika. Ovo prespajanje obavlja isključivo djelatnici Investitora - Grada u svojstvu infrastrukturnog operatora, na bazi ugovora Grad - operater korisnik. Izvedba ODF prikazana je Slikom 5.



Slika 5. Izvedba centralnog optičkog razdjelnika (ODF)

Nakon završenih spajanja svjetlovodnih vlakana i na priključnicama u stanovima i prospajanja u izvodnim ormarićima ITO, predviđena su mjerenja komunikacijskih parametara svjetlovodnih dionica. Mjere su kompletne dionice od priključnice u stanu do SC priključka na centralnom optičkom razdjelniku TK čvorišta Sopsnica-Jelkovec. Mjerenje gušenja izvedeno je mjeranjem gušenja svake pojedine dionice na valnim duljinama 1310nm i 1550nm, te dokumentirano i pohranjeno radi informacije terenskim tehničarima o kvaliteti linije kod spajanja pretplatnika. Optičkim reflektometrom (OTDR) je dodatno izmjerena po jedna nit iz svake tube mikrokabela terminiranog u centralnom optičkom razdjelniku TK čvorišta Sopsnica-Jelkovec, radi procjene izvedene duljine, geometrije i kvalitete trasa za svaku pojedinu tubu.

6.ZAKLJUČAK

Smanjivanjem cijena optičke tehnologije došlo do njene masovne primjene u magistralama suvremenih mreža, a od početka ovog stoljeća i u distributivnoj i razvodnoj mreži FTTB (optika do

LITERATURA:

- /1/ Sead Dubravić, "Ubrzanje GPON širokopolasnih mreža primjenom CWDM sprežnika" KOM'2007: Zbornik radova sa Savjetovanja, 2007
- /2/ Sead Dubravić "Tehnološke izvedbe FTTx kablinskih sustava", KOM'2006: Zbornik radova sa Savjetovanja, 2006
- /3/ Marijan Gržan, Ivana Krivić, Petar Čovo, Zagrebački digitalni grad "Sopsnica– Jelkovec,

zgrade) i FTTH (optika do doma). Ovakav tehnološki pomak u smislu širokopolasnosti i velikih premostivih distanci uzrokovao je liberalizaciju tržišta i profiliranje novih telekom operatora koji su u mogućnosti samostalno ili zajednički pružiti usluge koje su nekad bile podržane samo od jednog davatelja usluga, a nastale se u mnoge nove telekomunikacijske usluge.

Europska unija i međunarodna zajednica su nizom ISO/IEC/EN/ETSI i drugih normi pripremili put za tehničku implementaciju suvremenih elektroničkih komunikacijskih mreža - EKM. U Republici Hrvatskoj doneseni su ili su pred prihvaćanjem zakoni i pravilnici koji bi konačno trebali uvesti reda u projektiranje i izgradnju širokopolasnih sustava. Ukoliko budu prihvaćeni, konačno će prestati zastarjela praksa telefonskog paričnog kabliranja koja je još uvijek dominantna, poglavito u izgradnji stambenih objekata. Pravilnom izgradnjom i korištenjem DTK, te implementacijom generičkog (strukturalnog) kablenskog sustava unutar objekta kao preduvjeta za dobivanje uporabne dozvole građevine, omogućit će se kvalitetan i efikasan pristup širokopolasnim uslugama suvremenih operatora.

Sa tim ciljem, tijekom 2009. godine u novoizgrađenom zagrebačkom naselju projektirana je i izgrađena je optička komunikacijska infrastruktura koja je zamišljena i projektirana da predstavlja suvremeni pilot-model FTTH mreže koju će Grad implementirati i na drugim novoizgrađenim naseljima 21.stoljeća. Sa stajališta operatora i krajnjih korisnika usluga, primjenjen je liberalni koncept elektroničke komunikacijske mreže - EKM koja će svim stanařima naselja omogućiti slobodan izbor operatora, a svim operatorima korisnicima pristup objektima uz ravnopravne i nediskriminirajuće uvjete. U tom smislu definirana je i uloga "Zagrebačkog digitalnog grada" kao novog tipa davatelja usluga - infrastrukturnog operatora, koji to treba osigurati.

Koliko se u tome uspjelo, pokazat će stvarna ekspanzija FTTH mreže Sopsnica-Jelkovec u nastupajućem razdoblju, te postignuti stupanj zadovoljstva davatelja usluga (operatora), krajnjih korisnika usluga (pretplatnika) i Grada u smislu povrata uložene investicije.

optikom od kuće- pilot projekt u Hrvatskoj", KOM 2008: Zbornik radova sa Savjetovanja, 2008

- /4/ Zagrebački digitalni grad: "Poziv za Nadmetanje: Izvedba distributivne tk infrastrukture stambenog naselja Sopsnica-Jelkovec sustavom mikrokabliranja optičkim kablama...", 2008
- /5/ Paul Whittlesey "Fiber to the Curb and Beyond", WaveOptics, 2002