

e-škole

USPOSTAVA SUSTAVA RAZVOJA
DIGITALNO ZRELIH ŠKOLA
(PILOT PROJEKT)



Priručnik

Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL B

Zagreb, 2017.



Ovo djelo dano je na uporabu pod licencijom [Creative Commons Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Europska unija
Zajedno do fondova EU



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI



UČINKOVITI
LJUDSKI
POTENCIJALI

Projekt je sufinancirala Europska
unija iz Europskog socijalnog fonda.

Više informacija o EU fondovima možete
pronaći na: www.strukturnifondovi.hr

Sadržaj

Sažetak.....	3
Osnove mrežnog sustava	4
Pasivna mrežna oprema	5
Instalacija kabliranja	5
Prijenosni mediji	6
Terminiranje kabela i smještaj opreme	6
Sustav označavanja.....	12
Potrebni dispozicijski nacrti opreme.....	14
Atestiranje ugrađenih linkova	18
Aktivna mrežna oprema	21
Sustav za upravljanje i nadzor mreže	21
Integrirani sigurnosni sustav.....	28
Mrežni preklopnici	30
Bežične pristupne točke	32
Arhitektura sustava i konfiguracijske značajke računalne mreže	34
Arhitektura sustava	34
Sustav za označavanje aktivne opreme	39
Konfiguracijske značajke sustava.....	40
Konfiguracijske značajke WAN mreže	41
Konfiguracija LAN mreže	42
Sigurnosne postavke	50
MDM – sustav za upravljanje klijentskim uređajima	52
Administracija, održavanje i nadogradnja LAN infrastrukture.....	54
Spajanje Meraki mrežnog uređaja u mrežu	54
Vraćanje konfiguracije Meraki mrežnog uređaja na tvorničke postavke.....	54
Uključivanje mrežnog uređaja drugog proizvođača na Meraki mrežu	55
Nadzor mrežne opreme	55
Nadzor klijenata spojenih na računalnu mrežu.....	63
Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi.....	68
Prijava problema na helpdesk sustav	77
Popis literature.....	78
Impresum	78

Sažetak¹

Priručnik je izrađen za realizaciju edukacije imenovanih e-Škole tehničara na temu „Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže u školama – MODEL B“. Edukacija se održava tijekom 2016./2017. šk. god. u sklopu projekta „e-Škole: Uspostava sustava razvoja digitalno zrelih škola (pilot-projekt)“.

Cilj je edukacije imenovanim e-Škole tehničarima i zainteresiranim administratorima resursa u školama modela B pružiti osnovna znanja potrebna za administraciju, praćenje rada, detektiranje i otklanjanje manjih problema u radu mrežnog višekomponentnog sustava zasnovanog na Cisco Meraki i Aruba AirWave rješenju te omogućiti kvalitetnu prijavu u slučaju većih problema u radu sustava na helpdesk sustav naručitelja. Stoga su u sklopu edukacije planirane i mnogobrojne praktične vježbe kako bi se polaznici što bolje upoznali sa sustavom.

¹ Tekst je djelomično preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.

Osnove mrežnog sustava ²

Kao preduvjet za administraciju i nadzor računalne mreže instalirane u sklopu projekta e-Škole nužno je da tehničar koji će se time baviti bude upoznat s osnovama mrežnog sustava, mrežnim protokolima i servisima te osnovama rada bežične mreže i sigurnosti računalnih mreža. Budući da se od e-Škole tehničara očekuje osnovno znanje o tome, barem na razini poznavanja pojmova, u ovom dokumentu neće biti detaljno opisani mrežni protokoli i njihov način rada, nego će biti samo naveden popis termina za koje se smatra da bi ih tehničar trebao poznavati.

- 7 slojeva OSI mrežnog modela, 4 sloja mrežnog TCP/IP modela
- Adresiranje u računalnim mrežama
 - MAC adresa, IP adresa, UDP/TCP port
- Mrežni protokoli
 - IEEE 802.1Q – VLAN – *access, trunk, native* VLAN
 - ARP, DHCP, PoE/PoE+, STP, CDP/LLDP
- Sigurnost lokalnih mreža
 - L3 ACL, L7 ACL, NAT, L2L VPN / Remote Access VPN
 - QoS, Traffic shaping/policing
- Mrežni uređaji
 - L2/L3 preklopnik, usmjeritelj, vatrozid, UTM, bežična pristupna točka
- Bežična mreža
 - Frekvencijski pojas (2,4 GHz, 5 GHz) i kanali
 - Standardi 802.11 a/b/g/n/ac
 - Sigurnost u bežičnim mrežama – autentikacija i enkripcija

² Tekst u cijelosti preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.

Pasivna mrežna oprema ³

U sklopu projekta e-Škole u Glavnim izvedbenim projektima (skraćeno: GIP) definirani su parametri kvalitete pasivne mrežne infrastrukture koja se postavlja u školama. Ako u školama postoji dio infrastrukture koji udovoljava traženim parametrima kvalitete, projektom je dopuštena uporaba postojeće infrastrukture, bilo da je riječ o mrežnim ormarima, priključnicama ili kablskim trasama itd. te je ta mogućnost iskorištena u nekim školama određeni u ovoj fazi projekta. Za potrebe novog sustava kabliranja u školama, sukladno GIPU dogovoreno je da će se iskoristiti postojeće trase (kabelski kanali) i EFD razdjelnici ako raspolažu dovoljnim kapacitetom.

Novoizgrađena pasivna infrastruktura omogućit će:

- stabilnu i kvalitetnu pasivnu mrežu,
- povezivanje oprema iz STEM učionica i bežičnih pristupnih točaka na novu mrežu,
- integraciju postojeće mreže s novom,
- veći kapacitet LAN veza,
- mogućnost proširenja mreže sukladno GIP-u.

Instalacija kabliranja

U školama je izvedeno strukturno kabliranje, u skladu s normom HRN EN 50173 (Generički sustav kabliranja) te HRN EN 50174 (Instalacija kabliranja – Specifikacija i osiguranje kvalitete, Planiranje instalacije i instalacijska praksa unutar zgrada). U sklopu izvođenja lokalne računalne mreže predložene su trase polaganja kabela lokalne računalne mreže te smještaj potrebne telekomunikacijske opreme (razdjelnici, prespojni paneli, priključne kutije i sl.).

Strukturno kabliranje izvedeno je u matičnim i područnim školama onako kako je zahtijevano glavnim izvedbenim projektom.

U svakoj školi postavljen je novi razdjelnik građevine +BD1 koji se povezuje s komunikacijskim razdjelnicima +FDx sa svjetlovodnim višemodnim kabelom (12 niti, OM4 kategorija) i postojeći komunikacijski razdjelnici +EFDx s dva neoklopljena bakrena 4-parična kabela (U/UTP, Cat.6A prema normi ISO/IEC 11801:2002, odnosno HRN EN 50173).

Telekomunikacijski priključci (TO) povezuju se s razdjelnicima +FDx ili +BD1 ovisno o svojoj poziciji s jednim neoklopljenim bakrenim 4-paričnim kabelom (U/UTP, Cat.6A prema normi ISO/IEC 11801:2002, odnosno HRN EN 50173).

Količina potrebnih telekomunikacijskih TO (engl. *Telecommunications Outlet*) priključaka za svaku prostoriju specificirana je na priloženim tlocrtima glavnog izvedbenog projekta.

Matične škole i područne škole

U školama su strukturnim kabliranjem obuhvaćene sljedeće prostorije:

³ Tekst u cijelosti preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.

- u matičnim školama po dvije STEM učionice (učionica u kojima se održava nastava predmeta iz područja koja obuhvaćaju fiziku, biologiju, kemiju i matematiku) koja se kablira s pet kabela, a u područnim školama postoji po jedna STEM učionica kablirana na jednak način;
- u pet škola obuhvaćenih projektom – jedna ROC učionica (učionice u kojima se održava regionalno obrazovanje iz predmeta područja koje obuhvaćaju fiziku, biologiju, kemiju i matematiku) kablira se s deset kabela;
- glavni i etažni komunikacijski ormari (BD i/ili FD) spajaju se s postojećim školskim komunikacijskim ormarima (EFD – ako ih ima s po dva kabela);
- sve bežične pristupne točke (WAP) ugrađuju se s po jednim kabelom uz daljinsko istosmjerno napajanje terminalne opreme sukladno aplikacijskoj normi za napajanje (npr. IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE)).

Prijenosni mediji

Prijenosni mediji korišteni za izvedbu strukturnog kabliranja jesu:

- višemodni svjetlovodni kabeli OM4 kategorija s 12 niti (navedeni kabeli namijenjeni su za unutarnje i vanjsko okomito polaganje, bez halogena (LSOH) pa zadovoljavaju odredbe pravilnika glede smanjenja požarne opasnosti u zgradama u kojima se okuplja veći broj ljudi). Mehaničke karakteristike i utjecaji okoline na kabel definirani su prema normama EN 18700, IEC 60794-2 i IEC 60794-3 (EN 187100);
- neoklopljeni bakreni 4-paričnih kabel (U/UTP), klase EA ,kategorije 6A (Cat.6A) prema normi HRN EN 50173 bez halogena). Presjek je svake bakrene žice maksimalno 23 AWG (*American Wire Gauge*). Kabeli su proizvedeni od materijala koji pri gorenju stvaranju smanjene količine otrovnih plinova, tj. *halogen free (smoke zero halogen* – LSZH ili LSOH) materijala.

Takvi prijenosni mediji omogućuju primjenu strukturnog kabliranja definiranog ovim projektom za više budućih generacija računalnih mreža koje će raditi na većim brzinama.

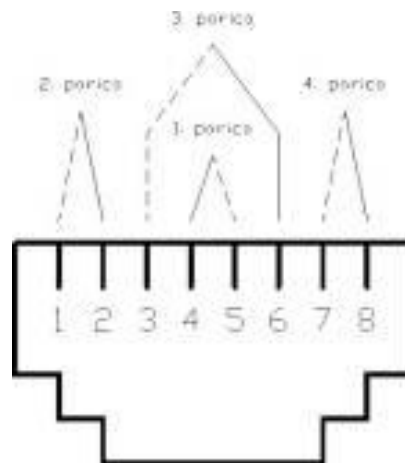
Sukladno standardu, dužina pojedinih segmenata U/UTP kabela između razdjelnika i priključnih kutija (treća razina kabliranja) ne prelazi 90 m.

Terminiranje kabela i smještaj opreme

Terminiranje kabela

Terminiranje odnosno zaključivanje kabela jest montaža konektora na njegove krajeve. Pri terminiranju kabela primijenjena su sljedeća pravila:

- za spajanje pojedinih vodova 4-paričnog U/UTP kabela na RJ-45 module priključnih kutija s jedne strane i prespojne panele s druge strane poštovana je norma ISO/IEC 11801 (odnosno HRN EN 50173) koja propisuje način spajanja parica prema slici 1,
- parice u kabelu označene su bojama. Prikazan je pogled s prednje strane RJ45 modula.



Slika 1. Terminiranje UTP kabela

Spajanje pojedinih vodiča U/UTP kabela izvedeno je prema normi EIA/TIA 568, a prema shemi spajanja T568B.

Tablica 1. Spajanje U/UTP kabela na RJ-45 konektor prema shemi spajanja T568B

Pin konektora	Bakreni vodič
1.	bijela/narančasta
2.	narančasta
3.	bijela/zelena
4.	plava
5.	bijela/plava
6.	zelena
7.	bijela/smeđa
8.	smeđa

Smještaj opreme

Aktivni uređaji, prespojni paneli i sl. smještaju su u razdjelnike prema GIP-ovima u kojima je predložen raspored opreme po komunikacijskim ormarima. Razmještaj i eventualna manja preraspodjela opreme po razdjelnicima izvedeni su na lokaciji prilikom same instalacije pasivne i aktivne opreme.



Slika 2. Primjer razdjelnika BD



Slika 3. Primjer razdjelnika FD

Glavni razdjelnik zgrade (BD; *building distributor* u HRN EN 50173-1) služi za smještaj aktivne mrežne opreme i pratećih sredstava nužnih za osiguranje pune funkcionalnosti dijela EKM-a dijela zgrade koju opslužuju. BD služi za povezivanje s terminalnom opremom za površine koje mu gravitiraju kao i završavanje kabela na okosnici zgrade, tj. veze s etažnim razdjelnicima. Prilikom izrade GIP-a naručitelj je u dogovoru sa školom odabrao poziciju BD

ormara, a ona osigurava da vodoravna ili okomita udaljenost između RJ45 prespojnog panela u BD i TO mjerena dužinom pojedinog kabela ne premašuje 90 m.

U svakoj školi predviđen je jedan samostojeći BD koji se pozicionira u prostoriji prema odobrenom GIP-u.

Karakteristike i sastavni dijelovi:

- standardnih dimenzija,
- visine 42U, širina i dubina prema troškovniku,
- samostojeće izvedbe,
- odvojiva prednja vrata s ugrađenim sigurnosnim staklom s bravicom i ključevima,
- odvojive bočne i stražnja stranica s bravicom i ključevima,
- s elementima za aktivno hlađenje (ventilatori s termoregulacijom),
- četiri 19" (inča) nosača podesiva po dubini,
- 19" razmak između nosača,
- najmanje dvije revizije/otvora za uvođenje kabela,
- fiksna polica 19", 1U, dubine najmanje 190 mm, nosivost minimalno 15kg,
- vodoravne vodilice kabela 19" 1U,
- dvije strujne letve 230V/50Hz/16A, 19", svaka 1U s minimalno 6 priključnih mjesta sa zaštitnim kontaktom smještenih pod kutom od 45° te ugrađenom prenaponskom zaštitom tip III.

U BD ormar, sukladno GIP-u, predviđena je instalacija većeg djela aktivne mrežne opreme instalirane u sklopu ovog projekta i CARNet-ove CPE opreme te je u školama u kojima to već nije slučaj planirana migracija glavne optičke veze u BD ormar.

Etažni (katni) razdjelnik (FD; *floor distributor* u HRN EN 50173-1 i HRN EN 50173-2): u smislu HRN EN 50173-1: povezan je kabelom okosnice zgrade s glavnim razdjelnikom zgrade BD. Prema namjeni, uz povezivanje na okosnicu zgrade, služi za smještaj opreme za zaključenje etažnog kabliranja EKM-a opsluživanog područja i pripadajućim sustavima za vođenje kabela.

U FD ormare instalira se potreban tip i broj mrežnih preklopnika sukladno GIP-u.

Pozicija FDx odabrana je u dogovoru s predstavnicima škole u projektnom zadatku, a na način da vodoravna ili okomita udaljenost između prespojnog panela u FD-a i TO, mjereno dužinom pojedinog kabela, ne premašuje 90 m. U razdjelnike FDx ugrađuje se i aktivna mrežna oprema te popratna sredstva nužna za osiguranje pune funkcionalnosti dijela EKM-a koji opslužuju.

Karakteristike i sastavni dijelovi:

- standardnih dimenzija (najmanje 600 mm širine i najmanje 450 mm dubine, a visina prema potrebi (minimalno 12U),
- prilagođen za montažu na zid,
- minimalno opterećenje/nosivost najmanje 35 kg,

- odvojiva prednja vrata s ugrađenim sigurnosnim staklom s bravicom i ključevima, odvojive bočne i stražnja stranica s bravicom i ključevima,
- najmanje dvije perforirane stranice zbog odvođenja generirane topline,
- s elementima za aktivno hlađenje (ventilatori s termoregulacijom),
- dva 19" (inča) nosača podesiva po dubini, 19" razmak između nosača,
- najmanje dvije revizije / dva otvora za uvođenje kabela,
- minimalno 2 ili više vodoravne vodilice kabela 19" 1U,
- napojna letva 230V/50Hz/16A, 19",1U s minimalno 6 priključnica sa zaštitnim kontaktom za napajanje smještenih pod kutom od 45° te ugrađenom prenaponskom zaštitom tipa III.

Priključne kutije, prespojni paneli i konektori

Za potrebe vodoravnog kabliranja upotrebljavaju se telekomunikacijski priključci (TO) koji su modularne (ugrađuju se u parapetne kanale) ili nadžbukne (samostojeće) izvedbe. Telekomunikacijskim priključcima terminiraju se kabele na strani korisničke opreme i ispred AP-ova. Precizna pozicija svih mjesta završetka kabela, odnosno TO specificirana je crtežnom dokumentacijom.



Slika 4. Primjer priključne kutije

Za potrebe vodoravnog kabliranja upotrebljavaju se RJ45 prespojni paneli *rack mount* izvedbe 19" (inča), visine 1U s 24 priključna mjesta za module čiji standard odgovara ugrađenom kabele. Potreban broj RJ45 prespojnih panela i pozicija unutar pojedinog razdjelnika definiran je u crtežnoj dokumentaciji. RJ45 prespojni panel služi za terminiranje svih U/UTP kabela koji gravitiraju razdjelniku u kojem završavaju.



Slika 5. Primjer modula RJ45

Prespojni paneli namijenjeni su za ugradnju u razdjelnike, širine okomitih tračnica 19". Prespajanje krajnjih točaka kabela međusobno, kao i spajanje aktivnih uređaja na njih izvedeno je prespojnima kabelima unutar razdjelnika.



Slika 6. Primjer optičkog LC prespojnog panela



Slika 7. Primjer UTP modularnog prespojnog panela

Svjetlovodni prespojni kabeli imaju dvije niti (engl. *duplex*). Na njihovim su završecima svjetlovodni konektori tipa LC.



Slika 8. Svjetlovodni LC konektor

Na završecima U/UTP prespojnih kabela Cat.6A s obje su strane neoklopljeni RJ45 konektori.



Slika 9. UTL RJ45 konektor

Sustav označavanja

Oznake komunikacijskih ormara i krajnjih točaka terminacije slijede preporuke standarda za strukturno kabliranje, uz prilagodbe i specifičnost prostora. U nastavku slijedi detaljan opis sustava označavanja.

Fizičke pozicije

Fizičkim pozicijama prethodi znak "+". Položaj građevina, položaj komunikacijskih razdjelnika i položaj opreme prikazan je dispozicijskim nacrtima.

Radni prostori u kojima se izvode radovi instalacija strukturnog kabliranja lokalne računalne mreže smješteni su po etažama građevine. Svaka od etaža i pripadajuće fizičke pozicije oprema na pojedinoj etaži označavaju se odgovarajućom oznakom.

Oznaka etaže

Oznake etaža koje će se prikazati u crtežima navedene su u tablici 2.

Tablica 2. Oznake etaža

etaža	oznaka
1.kat	+01
Prizemlje	+00
Podrum	+99

Primjer:

- +01. - predstavlja fizičku poziciju na prvoj etaži (+01).

Oznaka razdjelnika

Glavna čvorišta instalacija strukturnog kabliranja čine razdjelnici koji služe za smještaj aktivnih uređaja računalne mreže te opreme za prespajanje segmenata strukturnog kabliranja. U nastavku slijedi opis funkcija razdjelnika i način označavanja pojedinih dijelova razdjelnika:

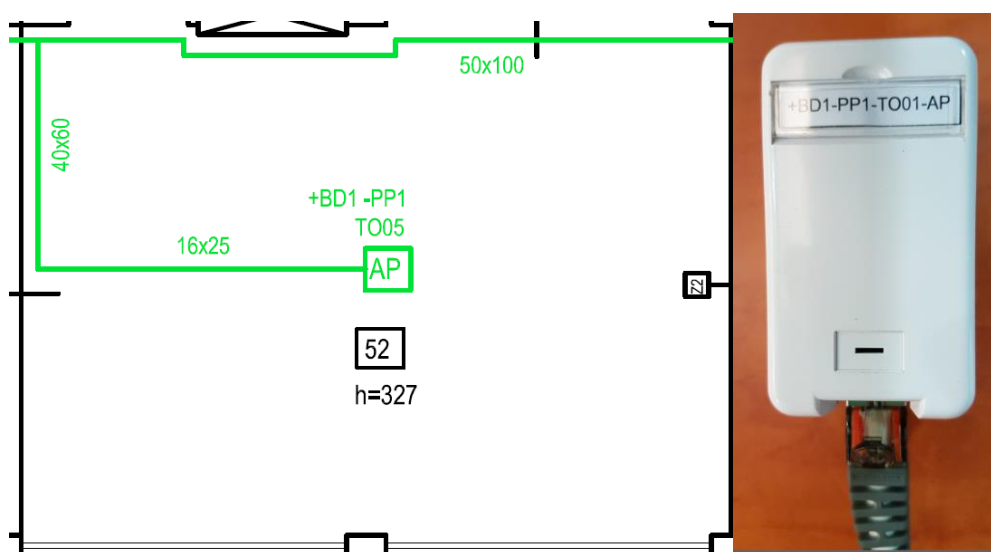
- +BD – glavni razdjelnik građevine – čvor koji povezuje okomite razvode (prvi u drugu razinu kabliranja) s vodoravnim razvodom kabela. U razdjelniku je ujedno postavljen i izlaz na WAN mrežu.
- +FD – razdjelnik etaže – čvor koji povezuje vodoravne razvode kabela (treća razina kabliranja) za priključna mjesta u učionicama te ostalim uredima. U pojedinoj školi može biti više razdjelnika etaže, ali ne mora biti nijedan ako svi razvodi kabela završavaju u glavnom razdjelniku.

Unutar razdjelnika pojedine pozicije definiraju se na sljedeći način:

- **+BDy+PPx-z** – **y** označava broj **BD** razdjelnika, **PP** označava prespojni panel, **x** označava njegov redni broj, a **z** označava poziciju na panelu, tj. broj porta.
- Primjer:
 - **+BD1+PP1-TO05-AP** – predstavlja fizičku poziciju koja čitana zdesna nalijevo označava priključak **5** na prespojnom panelu **1** (PP1) u razdjelniku **BD** (+BD1);
 - **+BD1+PP2-TO01** – predstavlja fizičku poziciju koja čitana zdesna nalijevo označava priključak **1** na prespojnom panelu **2** (PP2) u razdjelniku **BD** (+BD1).



Slika 10. Primjer označavanja razdjelnika i panela



Slika 11. Primjer označavanja priključnica

Potrebni dispozicijski nacrti opreme

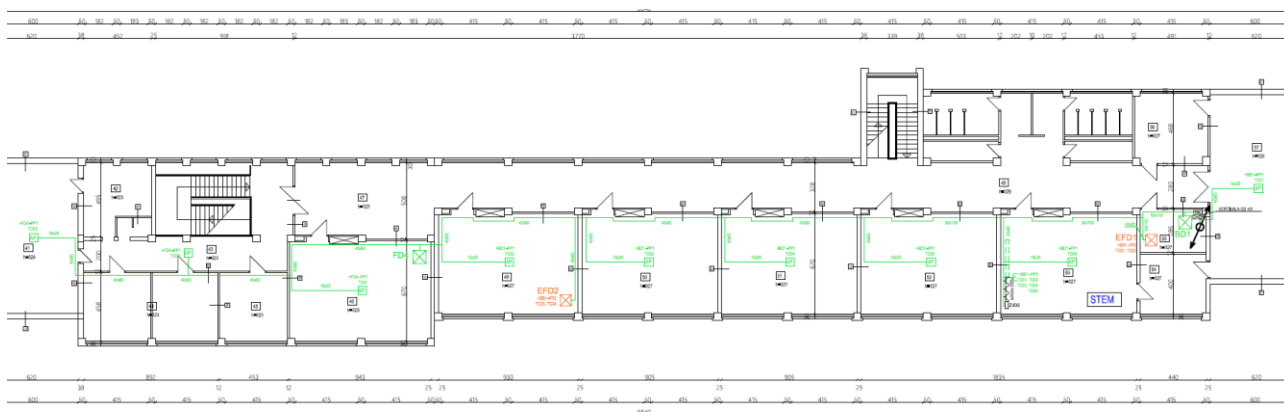
Potrebni dispozicijski nacrti opreme ucrtani su u nacrtima isporučenim u sklopu izvedbene dokumentacije u .dwg formatu s pripadajućim opisom u legendi. Dispozicijski nacrti sadržavaju:

- trase kabela i sustav za vođenje kabela,
- popis razdjelnika i smještaj (fizičke pozicije),
- pozicioniranu opremu unutar razdjelnika.

Trase kabela i sustava za vođenje kabela

Trase kabela i sustav za vođenje kabela (kabelske kanalice) ucrtani su u priloženim nacrtima u sklopu izvedbene dokumentacije u .dwg formatu s pripadajućim opisom u legendi. Sustav za vođenje kabela sastoji se od plastičnih kabelskih kanala određenih dimenzija koje su naznačene u nacrtima.

Primjer za jednu školu:



Slika 12. Sustav vođenja kabela

Sve tablice kabela i tablice spajanja kabela priložene su izvedbenoj dokumentaciji. Primjer za jednu školu:

Tablica 3. Tablice kabela i tablice spajanja kabela

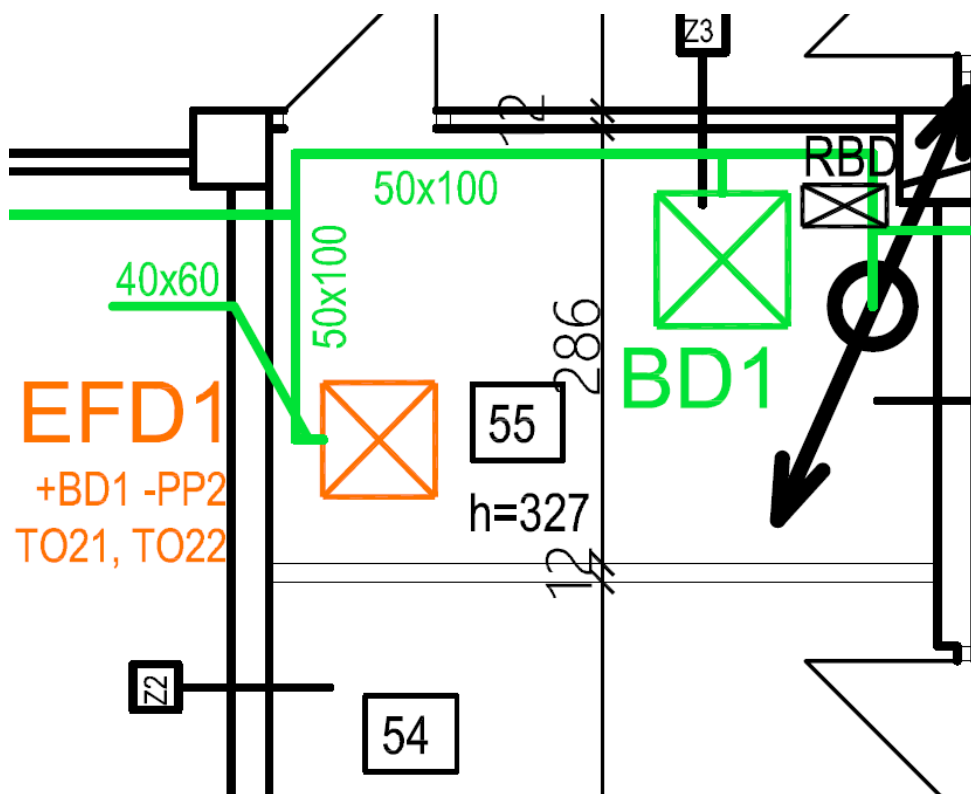
Prikaz 2

Ormar	Panel	Port	Završni uređaj	Vrsta kabela	Puna oznaka uređaja
BD1	OP1	1, 2, 3	FD1	FO OM4 12 niti	+BD1-FD1
BD1	OP1	7, 8, 9	FD2	FO OM4 12 niti	+BD1-FD2
BD1	OP1	13,14,15	FD3	FO OM4 12 niti	+BD1-FD3
BD1	PP1	1	TO01-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO01-AP
BD1	PP1	2	TO02-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO02-AP
BD1	PP1	3	TO03-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO03-AP
BD1	PP1	4	TO04-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO04-AP
BD1	PP1	5	TO05-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO05-AP

BD1	PP1	6	TO06-AP	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP1-TO06-AP
BD1	PP2	1	TO01	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO01
BD1	PP2	2	TO02	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO02
BD1	PP2	3	TO03	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO03
BD1	PP2	4	TO04	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO04
BD1	PP2	5	TO05	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO05
BD1	PP2	6	TO06	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO06
BD1	PP2	7	TO07	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO07
BD1	PP2	8	TO08	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO08
BD1	PP2	9	TO09	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO09
BD1	PP2	10	TO10	U/UTP Cat.6A	+BD1-PP2-TO10
BD1	PP2	23	EFD1	U/UTP Cat.6A	+BD1-EFD1
BD1	PP2	24	EFD1	U/UTP Cat.6A	+BD1-EFD1
FD1	PP1	1	TO01-AP	U/UTP Cat.6A	+FD1-PP1-TO01-AP
FD1	PP1	2	TO02-AP	U/UTP Cat.6A	+FD1-PP1-TO02-AP
FD1	PP1	3	TO03-AP	U/UTP Cat.6A	+FD1-PP1-TO03-AP
FD1	PP1	4	TO04-AP	U/UTP Cat.6A	+FD1-PP1-TO04-AP
FD1	PP2	19	EFD2	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD2
FD1	PP2	20	EFD2	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD2
FD1	PP2	21	EFD3	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD3
FD1	PP2	22	EFD3	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD3
FD1	PP2	23	EFD4	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD4
FD1	PP2	24	EFD4	U/UTP Cat.6A	+FD1-EFD4
FD2	PP1	1	TO01-AP	U/UTP Cat.6A	+FD2-PP1-TO01-AP
FD2	PP1	2	TO02-AP	U/UTP Cat.6A	+FD2-PP1-TO02-AP
FD2	PP1	3	TO03-AP	U/UTP Cat.6A	+FD2-PP1-TO03-AP
FD2	PP2	21	EFD5	U/UTP Cat.6A	+FD2-EFD5
FD2	PP2	22	EFD5	U/UTP Cat.6A	+FD2-EFD5
FD2	PP2	23	EFD6	U/UTP Cat.6A	+FD2-EFD6
FD2	PP2	24	EFD6	U/UTP Cat.6A	+FD2-EFD6
FD3	PP1	1	TO01-AP	U/UTP Cat.6A	+FD3-PP1-TO01-AP
FD3	PP1	1	TO02-AP	U/UTP Cat.6A	+FD3-PP1-TO02-AP

Popis razdjelnika i smještaj na nacrtu

Svi potrebni razdjelnici BD i FD ucrtani su u izvedbenoj dokumentaciji u .dwg formatu s pripadajućom oznakom. Primjer za jednu školu:



Slika 13. Smještaj razdjelnika na nacrtu

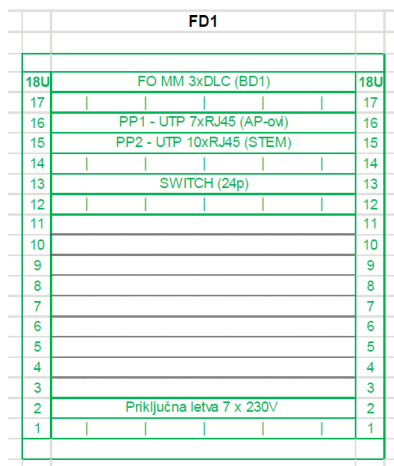
Nacrti pozicioniranja opreme unutar razdjelnika

Nacrti pozicioniranja opreme unutar razdjelnika BD i FD nalaze se u priloženim nacrtima (dwg).

Primjer za jednu školu:

BD1	
42U	42U
41	41
40	40
39	39
38	38
37	37
36	36
35	35
34	34
33	33
32	32
31	31
30	30
29	29
28	28
27	27
26	26
25	25
24	24
23	23
22	22
21	21
20	20
19	19
18	18
17	17
16	16
15	15
14	14
13	13
12	12
11	11
10	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1

Slika 14. BD1 razdjelnik škole



Slika 15. FD razdjelnik škole

Atestiranje ugrađenih veza

Nakon završetka instalacije pasivne mrežne infrastrukture u školi provedena su atestiranja svih ugrađenih linkova – bakrenih i optičkih. U nastavku je naveden primjer rezultata atestiranja jednog bakrenog te jednog optičkog linka.

supranet
TO MAKE IT SIMPLE

Supra Net d.o.o. - Matijevečke 5 - 10000 Zagreb - HR
Tel:01-4343-900 Fax:01-4343-999 Email: supranet@supranet.hr



Cable ID: BD1-OP1-FD1-OP1-01

Date / Time: 12/04/2017 14:28:29
Cable Type: Brand-Rex OM4

n = 1.4820 (850 nm)
n = 1.4770 (1300 nm)

Test Summary: PASS

Modal Bandwidth: 3500MHz-km (850 nm)
Modal Bandwidth: 3500MHz-km (1300 nm)

Loss (M->R)

PASS

Date / Time: 12/04/2017 14:28:29
Test Limit: ISO 11801-2002 OF-300 CH
Limits Version: 1.9400
Operator: FABIJAN MATANOVIC
DTX-1800 (9349047 v2.7700)
Module: DTX-MFM2(9185009)
Calibration Date: 09/12/2016
DTX-1800R (9349048 v2.7700)
Module: DTX-MFM2(9185007)
Calibration Date: 09/12/2016

Propagation Delay (ns)	427	
Length m	86.7	PASS
Limit 300.0		
	850 nm	1300 nm
Result	PASS	PASS
Loss (dB)	0.79	0.67
Limit (dB)	2.55	1.95
Margin (dB)	1.76	1.28
Reference (dBm)	-22.87	-23.53

Number of Adapters: 2
Number of Splices: 4
Patch Type: Brand-Rex OM4
Patch Length1 (m): 1.0
Patch Length2 (m): 1.0
Reference Date: 12/04/2017 13:52:31
2 Jumper

Compliant Network Standards:

10/100BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-SX
100BASE-FX	100GBASE-SR10	100GBASE-SR4
10BASE-FL	10GBASE-LRM	10GBASE-LX4
10GBASE-SR	40GBASE-SR4	ATM155
ATM155SWL	ATM62	ATM622 Fiber Optic
ATM622SWL Fiber Optic	FD01 Fiber Optic	Fibre Channel 100-M5-SN-I
Fibre Channel 100-M5E-SN-I	Fibre Channel 1200-M5E-SN-I	Fibre Channel 133
Fibre Channel 1600-M5E-SN-I	Fibre Channel 1600-M5F-SN-I	Fibre Channel 200-M5-SN-I
Fibre Channel 200-M5E-SN-I	Fibre Channel 268	Fibre Channel 268SWL
Fibre Channel 400-M5E-SN-I	Fibre Channel 400-M5E-SN-I	Fibre Channel 400-M5F-SN-I
Fibre Channel 800-M5E-SN-I	Fibre Channel 800-M5F-SN-I	

Slika 16. Rezultat atestiranja optičke veze



Cable ID: FD1-PP1-T001-AP

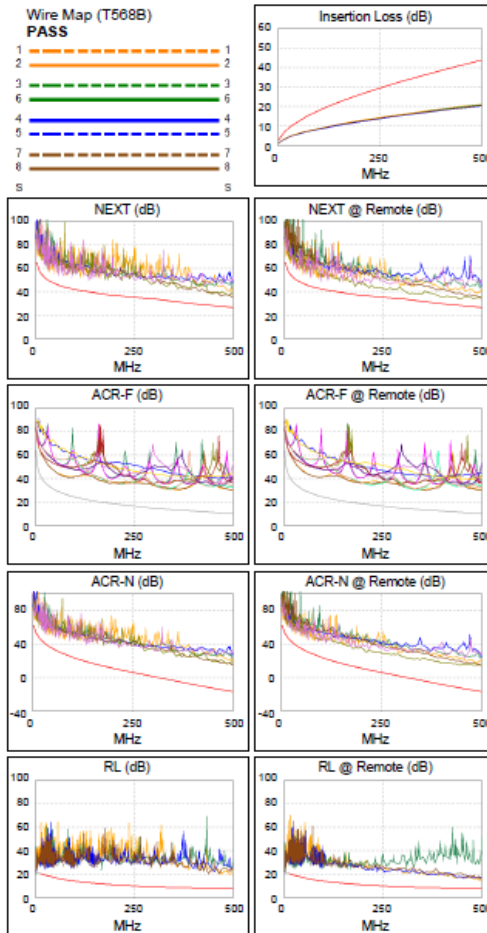
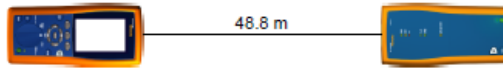
Date / Time: 12/04/2017 12:57:25
Headroom 5.2 dB (NEXT 36-78)
Test Limit: TIA Cat 6A Perm. Link
Cable Type: AC6U
NVP: 67.0%

Operator: FABIJAN MATANOVIĆ
Software Version: 2.7700
Limits Version: 1.9400
Calibration Date:
Main (Tester): 28/07/2016
Remote (Tester): 28/07/2016

Test Summary: PASS

Model: DTX-1800
Main S/N: 9349047
Remote S/N: 9349048
Main Adapter: DTX-PLA002
Remote Adapter: DTX-PLA002

Length (m), Limit 90.0	[Pair 45]	48.8
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	259
Delay Skew (ns), Limit 44	[Pair 12]	16
Resistance (ohms)	[Pair 12]	7.3
Insertion Loss Margin (dB)	[Pair 12]	22.6
Frequency (MHz)	[Pair 12]	500.0
Limit (dB)	[Pair 12]	43.8



Worst Case Margin Worst Case Value

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	12-36	36-78	36-45	36-78
NEXT (dB)	8.5	5.2	8.7	6.3
Freq. (MHz)	34.5	316.0	497.0	476.0
Limit (dB)	49.3	33.3	26.7	27.4
Worst Pair	36	36	36	36
PS NEXT (dB)	8.9	6.6	9.1	7.2
Freq. (MHz)	486.0	303.0	497.0	486.0
Limit (dB)	24.2	31.3	23.8	24.2

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36-12	36-12	12-36	36-12
ACR-F (dB)	14.7	14.9	16.8	16.4
Freq. (MHz)	63.0	64.8	359.0	359.0
Limit (dB)	26.2	28.0	13.1	13.1
Worst Pair	36	36	45	12
PS ACR-F (dB)	17.0	16.5	18.1	21.8
Freq. (MHz)	62.5	63.0	329.0	500.0
Limit (dB)	25.3	25.2	10.8	7.2

N/A	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	12-36	12-36	36-45	36-78
ACR-N (dB)	11.4	10.4	32.0	29.0
Freq. (MHz)	4.8	4.6	497.0	476.0
Limit (dB)	59.1	59.3	-16.9	-15.2
Worst Pair	36	36	36	36
PS ACR-N (dB)	12.6	12.0	31.8	30.5
Freq. (MHz)	4.8	4.6	497.0	500.0
Limit (dB)	56.8	57.0	-19.7	-20.0

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	45	12	12	12
RL (dB)	7.7	6.6	11.3	6.6
Freq. (MHz)	23.8	494.0	490.0	494.0
Limit (dB)	19.1	8.0	8.0	8.0

Compliant Network Standards:
 10BASE-T 100BASE-TX 100BASE-T4
 1000BASE-T 10GBASE-T ATM-25
 ATM-51 ATM-156 100VG-AnyLan
 TR-4 TR-16 Active TR-16 Passive

Slika 17. Rezultat atestiranja UTP veze



Vježba 1. Upoznavanje s pasivnom infrastrukturom

U sklopu ove vježbe zajedno s predavačem potrebno je obići BD komunikacijski ormar te jedan FD odnosno FD/EFD komunikacijski ormar ako postoji u školi te jednu učionicu. U sklopu vježbe polaznici će se upoznati s:

- oznakama mrežnih ormara i prespojnih panela,
- mrežnim priključcima u učionicama,
- aktivnom mrežnom opremom u komunikacijskom ormaru,
- načinu povezivanja aktivne mrežne opreme unutar ormara i između ormara.

U sklopu vježbe potrebno je odraditi aktivaciju (tzv. *patchiranje*) jedne mrežne utičnice u STEM učionici.

Aktivna mrežna oprema⁴

U sklopu projekta, u školama koje su definirane kao škole MODEL A B, isporučeno je mrežno rješenje zasnovano na UTM opremi proizvođača *Cisco Systems – Cisco Meraki* koje se temelji na upravljanju sustavom putem oblaka i *Aruba Networks* opremi koja uključuje bežične pristupne točke i preklopnike, kojima se upravlja iz privatnog oblaka. Sukladno zahtjevima definiranim natječajem, u škole su isporučene sljedeće hardverske komponente:

- integrirani sigurnosni sustav – Meraki MX,
- mrežni preklopnik – Aruba 2930F,
- bežična pristupna točka – Aruba IAP-205-RW.

Cisco Meraki UTM opremom u školama upravlja se putem *Cisco Meraki dashboarda*, a Aruba Networks opremom upravlja se putem *Aruba AirWave* sustava, odnosno središnjeg sustava za upravljanje i nadzor mreže. U nastavku ovog poglavlja bit će opisane spomenute komponente sustava.

Sustav za upravljanje i nadzor mreže

U većini tradicionalnih mrežnih rješenja fokus se stavlja na samu mrežnu opremu te funkcionalnost i konfiguraciju samih uređaja, a sustav za upravljanje i nadzor obično se smatra nadogradnjom mrežnog rješenja. U ovom mrežnom rješenju sustav za upravljanje i nadzor mreže (odnosno *Meraki dashboard* i *Aruba AirWave*) središnje su mrežne komponente, a mrežni uređaji imaju funkciju odrađivanja funkcionalnosti i konfiguracije koju dobivaju od sustava za upravljanje i nadzor.

Sustav za nadzor i upravljanje Meraki UTM opreme nužna je komponenta sustava budući da konfiguracija Meraki mrežne opreme nije moguća ni na koji drugi način osim kroz *Meraki dashboard*, a Aruba mrežna oprema, IAP i preklopnik, može se konfigurirati sa ili bez *AirWave* sustava za upravljanje i nadzor.

Aruba i *Meraki* sustav za centralizirano upravljanje i nadzor je administratorsko *web-* sučelje, izrazito intuitivno i jednostavno za uporabu IT administratorima. IT administratori koji održavaju taj sustav ne moraju nužno biti eksperti u području računalnih mreža da bi se koristili tim sustavom. Stoga je takvo rješenje vrlo pogodno za instalaciju u školama.

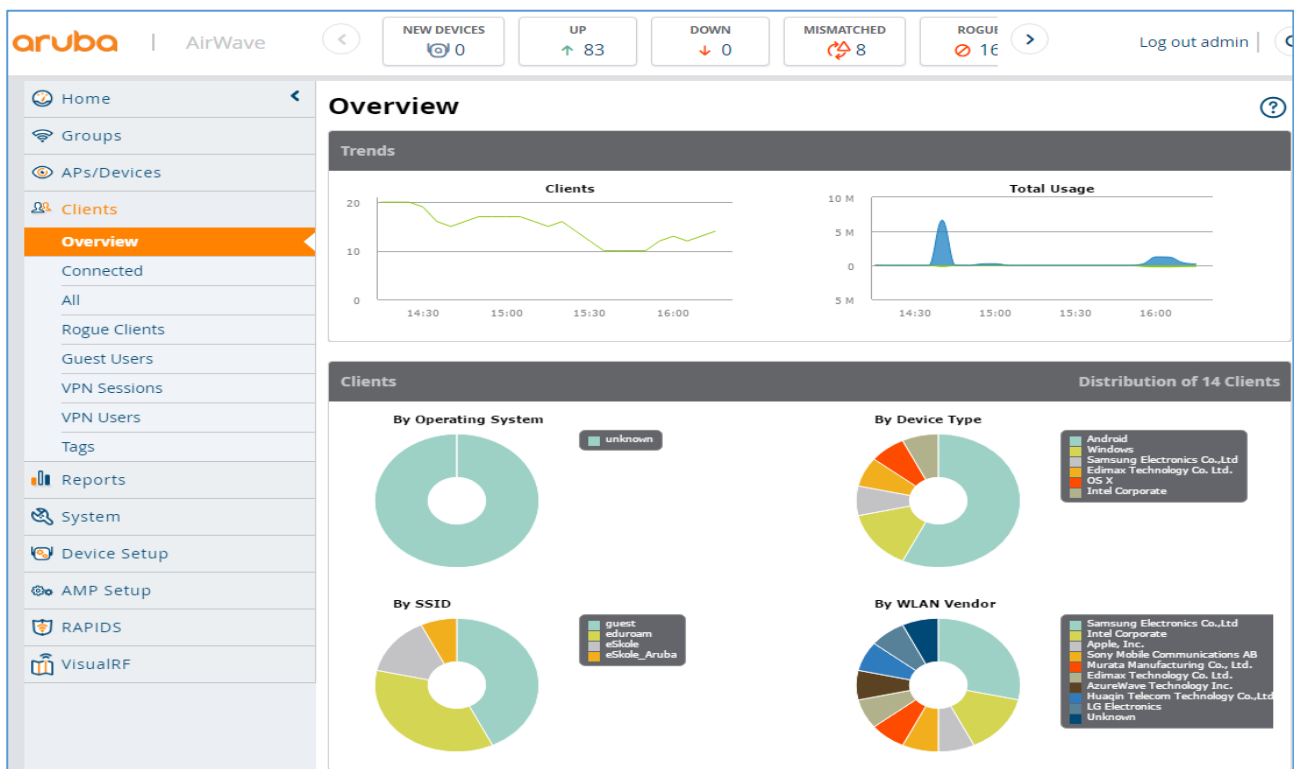
⁴ Tekst je djelomično preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.



Slika 18. Meraki dashboard

Meraki dashboard omogućuje korisnicima upravljanje UTM opremom putem jedinstvenog i centraliziranog web-sučelja, a Aruba AirWave omogućuje upravljanje putem jedinstvenog i centraliziranog web-sučelja s Aruba Networks opremom. U školama su instalirane sljedeće komponente mrežnog rješenja:

- integrirani sigurnosni sustav – Meraki UTM,
- mrežni preklopnici – Aruba Networks,
- bežične pristupne točke – Aruba Networks,
- MDM – sustav za upravljanje klijentskim uređajima – Cisco Meraki.

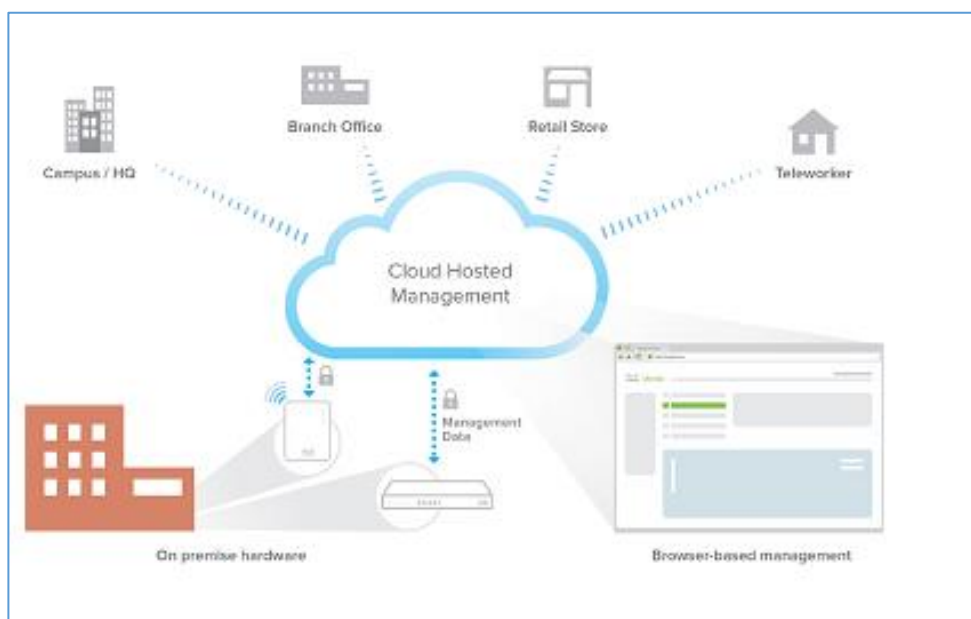


Slika 19. Aruba AirWave

Cloud networking arhitektura mreže – oblak

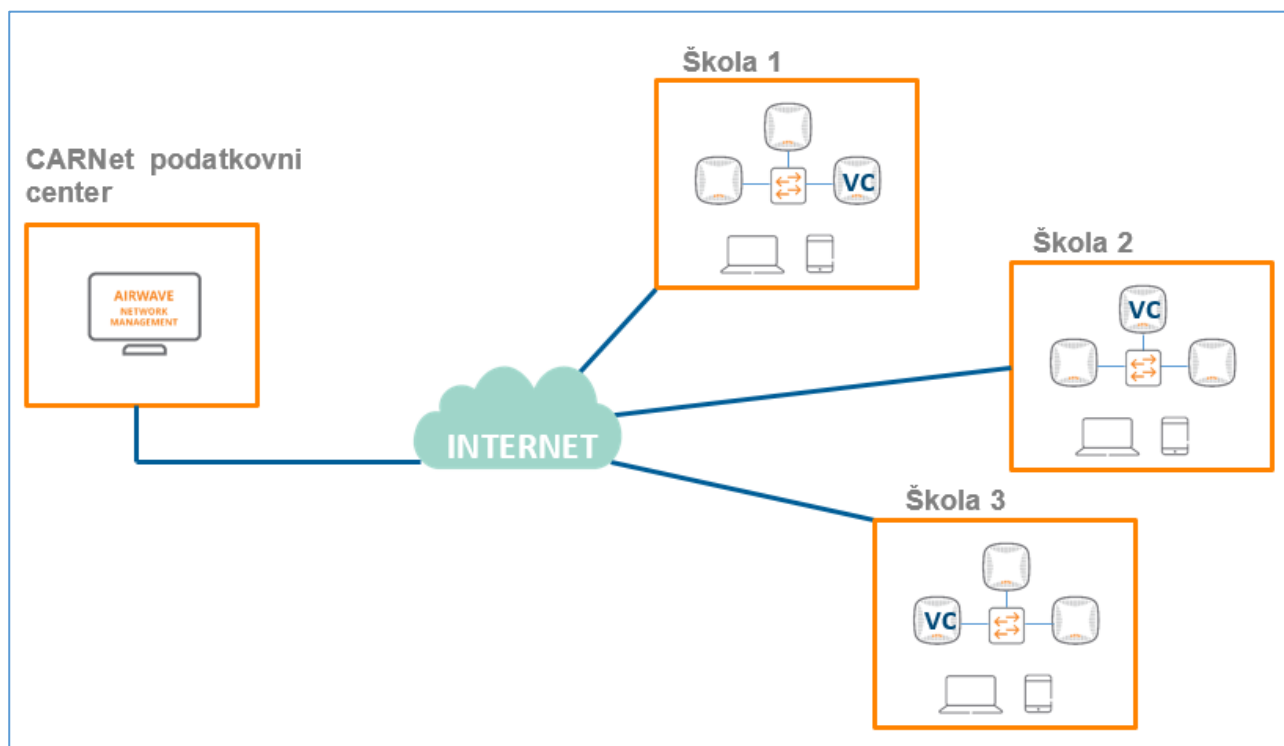
Cloud networking arhitektura (oblak) mreže omogućuje upravljanje i nadzor s centraliziranog web-sučelja cjelokupnom mrežnom opremom. Postoji više verzija cloud networking arhitektura, kao npr. *Public Cloud arhitektura – Cisco Meraki* i *Private Cloud arhitektura – Aruba AirWave*. Fizička lokacija opreme kojom se upravlja i način povezivanja na mrežu nije važan sa stajališta upravljanja mrežom, budući da se putem sustava smještenog u javnom i privatnom oblaku upravlja opremom instaliranom na udaljenim lokacijama – u matičnim školama i područnim školama.

Cisco Meraki mrežna oprema komunicira sa servisima u javnom oblaku, odnosno s *Meraki* podatkovnim centrom putem interneta, putem kriptirane upravljačke (*management*) veze. *Aruba Networks* mrežna oprema komunicira sa servisima u privatnom oblaku, tj. s *Aruba AirWave* putem kriptiranog tunela prema podatkovnom centru u CARNetu. U podatkovnom centru i na svakoj udaljenoj lokaciji nalaze se *Meraki MX UTM* uređaji koji uspostavljaju *IPSec Site-to-Site* tunel kroz koji prolazi upravljački (*management*) promet. Putem tih veza iz oblaka se šalje konfiguracija na mrežnu opremu, nadograđuje se *firmware* na opremi, a oprema u podatkovne centre, *Meraki Cloud* i *Aruba AirWave*, šalje statističke podatke o prometnim karakteristikama kako bi putem *Meraki dashboarda* i *Aruba AirWavea* administratorima bio dostupan prikaz različitih statistika o korisnicima i tipu prometa koji prolazi mrežom. Budući da sva komunikacija teče putem interneta, sustav je izrazito jednostavan za implementaciju i uporabu.

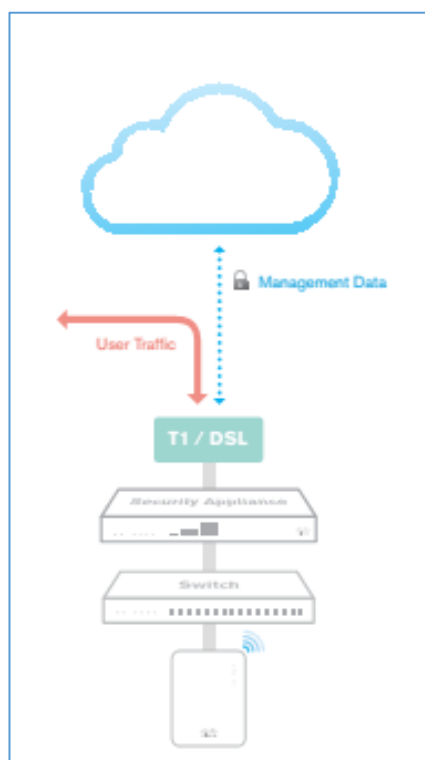


Slika 20. Meraki dashboard arhitektura

Na slikama 20. i 21. vidimo da je Meraki i Aruba rješenje pogodno i za organizacije koje imaju mrežnu opremu instaliranu samo na jednoj lokaciji i za organizacije koje imaju velik broj udaljenih lokacija, budući da se kompletno upravljanje i nadzor obavlja putem središnjeg *web*-sustava.

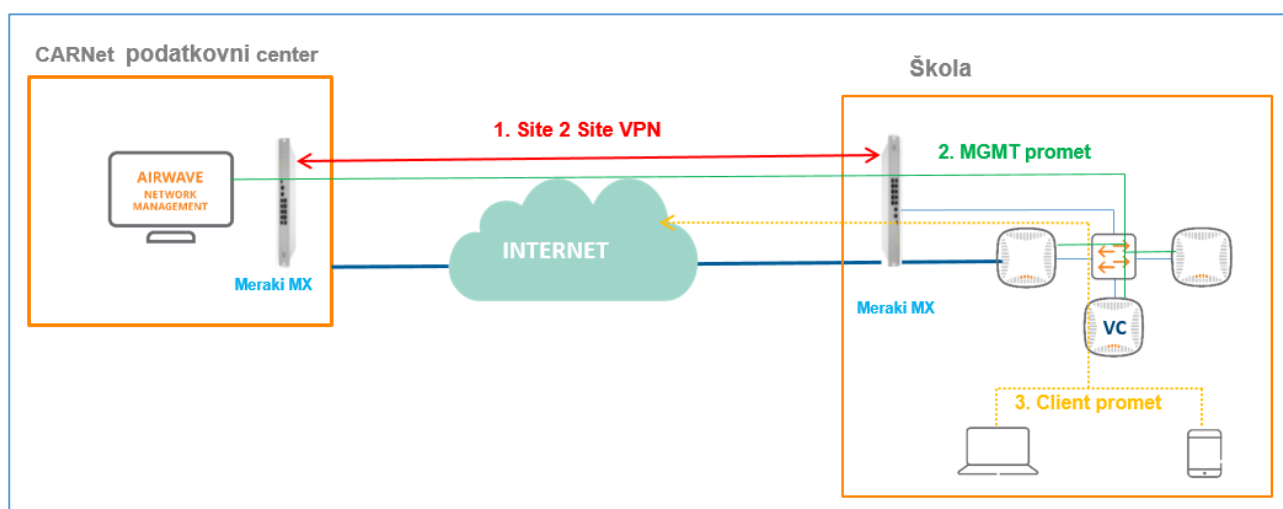


Slika 21. Aruba AirWave arhitektura



Slika 22. Povezivanje Meraki opreme na Cloud

Kao što vidimo na slici 22., za pristup Meraki servisima nužno je osigurati pristup internetu s *management* adresa mrežne opreme. Kako je već spomenuto, za upravljački (*management*) promet rabi se kriptirana veza između uređaja i Meraki servisa. Količina podataka koja se prenosi tom vezom vrlo je mala i obično je manja od 1 kbps po mrežnom uređaju, tako da takva vrsta prometa ne opterećuje mrežu. Korisnički promet ne ulazi u oblak nego izravno izlazi na internet. U slučaju ispada veze prema Meraki podatkovnom centru korisnici se i dalje mogu koristiti mrežnim servisima.



Slika 23. Povezivanje Aruba opreme

Na slici 23. vidi se način povezivanja Aruba opreme u privatni oblak – CARNetov podatkovni centar. Prvo se kreira kriptirani IPsec tunel između škole i podatkovnog centra kroz koji prolazi samo *management* promet i logovi. Zatim se oprema spaja s AirWave sustavom i preuzima konfiguraciju, a sav klijentski promet odvaja se lokalno na lokaciji škole. Bitno je napomenuti da se u slučaju ispada podatkovnog centra klijenti i dalje mogu koristiti svim lokalnim mrežnim resursima i pristupati internetu.

U sklopu rješenja e-Škole za autentikaciju na *Meraki dashboard* koristi se SAML protokol koji omogućuje autentikaciju na servis u oblaku, s time da se korisnički podatci poput korisničkog imena i lozinke ne pohranjuju u oblak, čime se podatci čuvaju od eventualnog neovlaštenog preuzimanja. Za autentikaciju na *Meraki i Aruba* koristi se AAI@EduHr baza korisnika te se korisnicima na temelju njihovih prava omogućuje pristup organizacijama, odnosno školama za čiju su administraciju zaduženi.



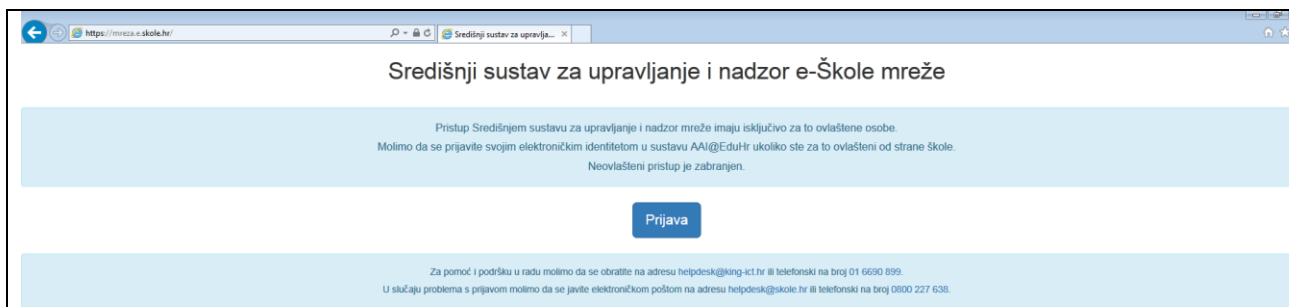
Vježba 2. Pristup na *Meraki dashboard* i *Aruba Airwave*

Za pristup na *Meraki dashboard* upotrebljava se računalo spojeno na internet. U internetski preglednik unesemo sljedeći URL: <https://mreza.e.skole.hr>.
Za pristup na *Aruba AirWave* kad se e-tehničar nalazi u školi, treba biti spojen na SSID: eduroam te u internetski preglednik upisuje sljedeći URL: <https://10.255.255.10>

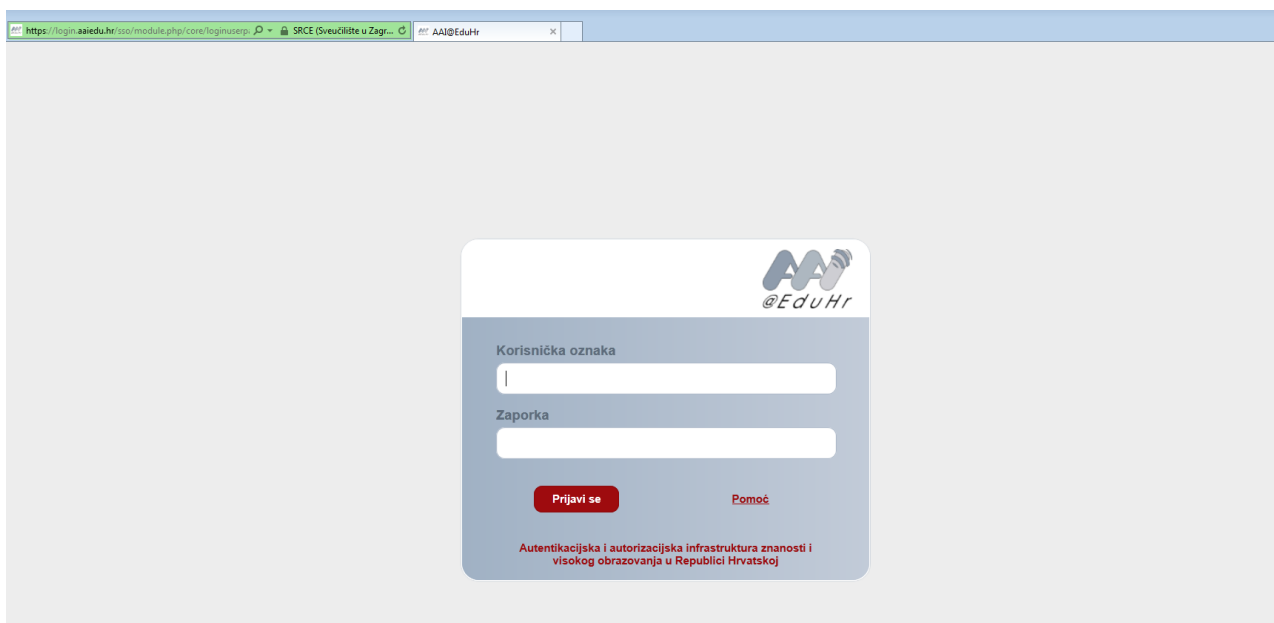
Napomena: Kad e-tehničar nije u školi, potrebno se spojiti na sustav putem VPN klijenta. Primjer konfiguracije klijentskog računala koje VPN-om pristupa na mrežu škole može se vidjeti na sljedećem linku:
<https://docs.meraki.com/display/MX/VPN+settings+for+Windows+7>.

Primjer 1: Prijava putem portala <https://mreza.e.skole.hr> za upravljanje Meraki UTM opremom

Za autentikaciju na sustav koristimo se vlastitim korisničkim imenom i lozinkom iz AAI@EduHr imeničke baze. Ako je korisničko ime dodijeljeno u administratorsku grupu mrežnog rješenja za e-Škole, pristup sustavu trebao bi biti omogućen.



Slika 24. Sustav za upravljanje i nadzor – početna stranica



Slika 25. Prijava na sustav za upravljanje i nadzor

Primjer 2: Prijava putem portala <https://10.255.255.10> za upravljanje Aruba AirWave sustavom.

Za autentikaciju na sustav koristimo se vlastitim korisničkim imenom i lozinkom iz AAI@EduHr imeničke baze. Ako je korisničko ime dodijeljeno u administratorsku grupu mrežnog rješenja za e-Škole, pristup sustavu trebao bi biti omogućen.



Slika 26. Aruba AirWave – prijava u sustav

Zajedno s instruktorom potrebno je proći kroz osnovne mogućnosti *Meraki dashboard* i *Aruba AirWave* sustava bez izmjena konfiguracije sustava.

Sigurnost – cloud rješenja

Budući da sustav za upravljanje i nadzor mreže nije smješten u lokalnoj mreži korisnika, važno je osigurati sigurnost i visoku dostupnost podataka i sustava. Stoga je Meraki podatkovni centar certificiran kao tier-1, SAS70 type II podatkovni centar izgrađen prema PCI DSS Level 1 standardu te jamči dostupnost od 99,99 %.

Redundancija podatkovnog centra postignuta je na način da Meraki ima pet podatkovnih centara na različitim lokacijama u svijetu od kojih se tri podatkovna centra nalaze unutar Europske unije (Dublin, München i Frankfurt) kako bi se zadovoljile EU regulative. Private Cloud rješenje *Aruba AirWave* nalazi se u podatkovnom centru CARNeta koji jamči sigurnost, dostupnost i redundanciju cijelog sustava.

Integrirani sigurnosni sustav

U sklopu projekta u svakoj školi instaliran je jedan *Meraki MX* vatrozid koji odrađuje funkciju integriranog sigurnosnog sustava. Tip MX vatrozida koji se instalira u pojedinoj školi projektom je definiran prema broju učenika koji u školi pohađaju nastavu u jednoj smjeni.

Meraki MX sadržava velik broj sigurnosnih mogućnosti, od klasičnih funkcionalnosti L3/L4 vatrozida, naprednih (*next-gen*) funkcionalnosti vatrozida, IPS-a, mrežnog antivirusa i sl., stoga ga u daljnjem tekstu možemo zvati i UTM – (*Unified threat management*) uređajem. Osim toga sadržava i mogućnosti klasičnog tzv. *border gateway* uređaja namijenjenog za pozicioniranje na perimetru lokalne mreže prema internetu.



Slika 27. Integrirani sigurnosni sustav – Meraki MX84



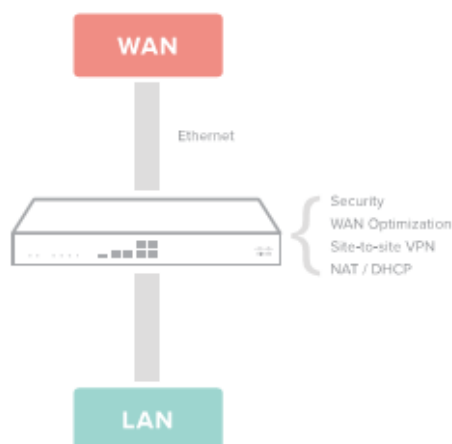
Slika 28. Integrirani sigurnosni sustav – Meraki MX100



Slika 29. Integrirani sigurnosni sustav – Meraki MX400

Svi tipovi *Meraki MX* integriranog sigurnosnog sustava imaju jednak skup mogućnosti. Razlikuju se isključivo po performansama, odnosno količini prometa i broju konekcija koje mogu istodobno proći kroz sustav te o broju fizičkih sučelja na samom uređaju.

U ovisnosti o procijenjenom broju korisnika koji će se istodobno koristiti sustavom, u škole je instaliran određeni model *Meraki MX* integriranog sustava. Navedeni modeli imaju propusnost od 500 Mbps pa do 1 Gbps, a podupiru maksimalno između 100.000 i 1.000.000 istodobnih konekcija.



Slika 30. Mogućnosti Meraki MX integriranog sigurnosnog sustava

Kao što vidimo na slici 30., *Meraki MX* razdvaja WAN od LAN mrežnog segmenta. Na njemu se odrađuje tzv. *gateway* odnosno *routing* funkcionalnost te sigurnosna analiza prometa. Velika je prednost instaliranog rješenja centralizirano upravljanje putem sustava za nadzor i upravljanje mreže koje omogućuje jednostavnu administraciju i nadzor sustava.

Od *gateway* funkcionalnosti uređaj omogućuje:

- definiranje VLAN-ova i L3 mrežnih segmenata,
- DHCP server za LAN klijente,
- NAT, PAT, *Port forwarding*,
- QoS klasificiranje prometa i ograničavanje prometa (engl. *traffic shaping*),
- povezivanje redundantnih veza prema LAN mreži,
- potporu za ugradnju 3G/4G kartice koja će omogućiti redundantni izlaz na internet.

Od sigurnosnih mogućnosti MX serija omogućuje:

- prepoznavanje aplikacija na L7 mrežnom sloju te primjena *firewall* i QoS politika zasnovanih na tipu aplikacije (npr. *YouTube*, *Skype*, *P2P...*),
- *Content filtering* s potporom za *YouTube for Schools*,
- definiranje GeolP sigurnosnih pravila,
- integrirani IPS (*Intrusion Prevention System*) s integriranom bazom *SNORT* pravila,
- integrirani *Anti-Virus* i *Anti-phishing* sustav,
- konfiguraciju tzv. *Identity-based* sigurnosnih pravila,
- terminaciju LAN-to-LAN i *Remote Access* VPN tunela.

Mrežni preklopnici

U sklopu projekta e-Škole, u dijelu pristupnog dijela LAN infrastrukture, instaliraju se mrežni preklopnici Aruba 2930F serije. Ovisno o količini potrebnih sučelja, u svaki mrežni ormar u kojem završavaju nove RJ-45 priključnice instalira se preklopnik s 8 ili 24 sučelja. Minimalni

broj preklopnika odnosno mrežnih sučelja u pojedinom ormaru određen je brojem RJ-45 mrežnih priključaka koji završavaju u pojedinom ormaru. Svi preklopnici unutar jednog ormara povezani su na jedan preklopnik unutar ormara, a veze između ormara realizirane su putem optičkih veza. Za to se upotrebljavaju multimodni SFP optički moduli.



Slika 31. Mrežni preklopnik – Aruba 2930F 8G PoE+ 2SFP+



Slika 32. Mrežni preklopnik – Aruba 2930F 24G PoE+ 4SFP Switch



Slika 33. SFP - HPE X121 1G SFP LC SX Transceiver

Serijski preklopnici Aruba 2930F omogućuju klasično L2 preklapanje prometa i osnovne L3 mogućnosti. Budući da je predviđeno da se kompletna L3 funkcionalnost odrađuje na MX seriji integriranih sigurnosnih sustava, preklopnici ne trebaju L3 mogućnosti.

Od značajnijih mogućnosti koje ima serija preklopnika Aruba 2930F važno je spomenuti:

- centralizirano upravljanje putem sustava za nadzor i upravljanje mreže,
- povezivanje u tzv. virtual VSF stack – odnosno mogućnost upravljanja i konfiguracije više preklopnika putem istog konfiguracijskog sučelja,
- napredne alate za klasifikaciju i prioritizaciju prometa – QoS,
- PoE i PoE+ funkcionalnost na sučeljima preklopnika,
- upravljanje i konfiguracija putem oblaka omogućuju tzv. *zero-touch provisioning* instalaciju uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije.

Bežične pristupne točke

Za pokrivanje škola bežičnim signalom instalirana je serija bežičnih pristupnih točaka Aruba IAP-205-RW.

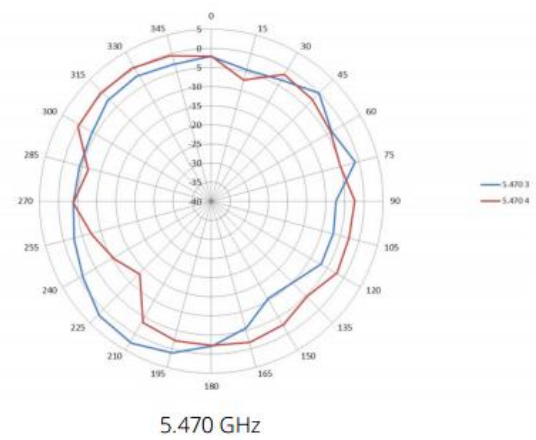
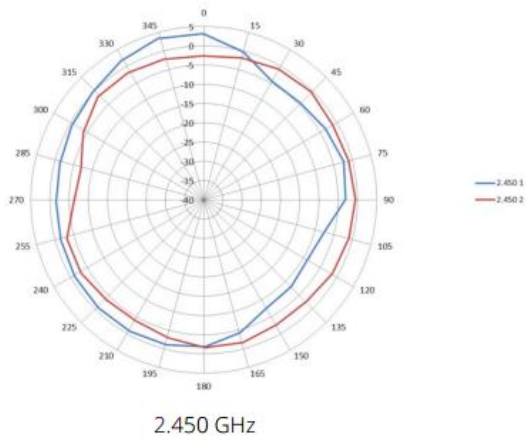


Slika 34. Bežična pristupna točka – Aruba IAP-205-RW

Aruba IAP-205-RW serija bežičnih pristupnih točaka pripada u *enterprise* klasu uređaja, a glavne su značajke:

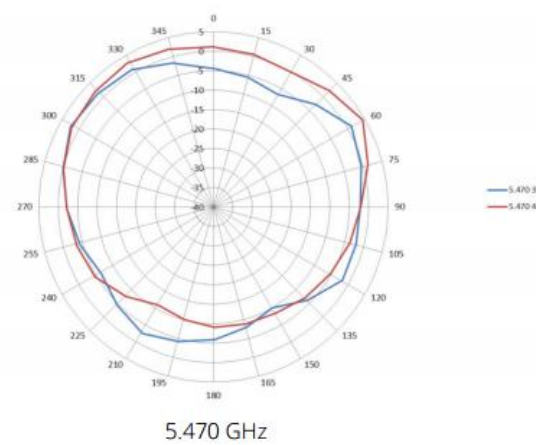
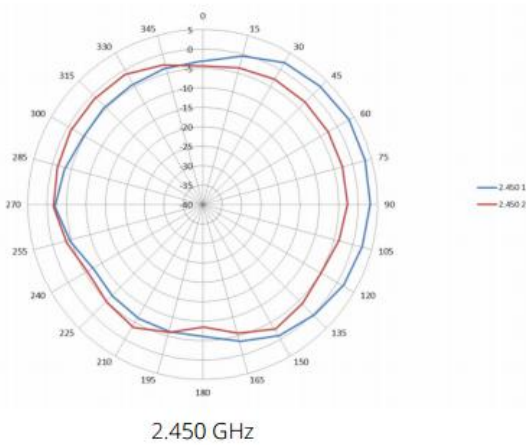
- mogućnost centraliziranog upravljanja putem AirWave sustava,
- automatska RF optimizacija mreže,
- mogućnost konfiguracije sigurnosnih pravila,
- *Traffic Shaping* na *Layer 7* aplikativnoj razini,
- jednostavna konfiguracija *guest* mreža,
- autentikacija na mrežu putem tzv. *Captive portala*,
- upravljanje i konfiguracija putem oblaka – AirWave ili Aruba Cloud omogućuje tzv. *zero-touch provisioning*, odnosno instalaciju uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije,
- istodobni rad na 2,4 i 5 GHz frekvencijskom području,
- potpora za najnoviji standarde u području bežičnih mreža – 802.11ac wave 1 s 1,3 Gbps agregiranom propusnošću uređaja,
- potpora za 2x2 MU-MIMO standard.

Horizontal or azimuth plane (top view), 0 degrees downtilt



Slika 35. Dijagram zračenja integrirane antene IAP-205-RW na području 2,4 i 5 GHz

Elevation plane (side view, 0 degrees angle)



Slika 36. Dijagram zračenja integrirane antene u IAP-205-RW na području 2,4 i 5 GHz

Arhitektura sustava i konfiguracijske značajke računalne mreže⁵

Arhitektura sustava

U sklopu projekta e-Škole, u dijelu izgradnje aktivne mrežne infrastrukture u školama, implementirano je Cisco Meraki i Aruba Airwave mrežno rješenje opisano u prethodnom poglavlju. Navedeno rješenje specifično je budući da se kompletno upravljanje i nadzor mreže provodi putem sustava u oblaku. Stoga kad govorimo o arhitekturi sustava, možemo razmatrati arhitekturu na više razina:

- Cloud Networking arhitektura,
- Meraki dashboard arhitektura,
- Aruba AirWave arhitektura,
- LAN/WAN mrežna arhitektura.

Cloud Networking arhitektura

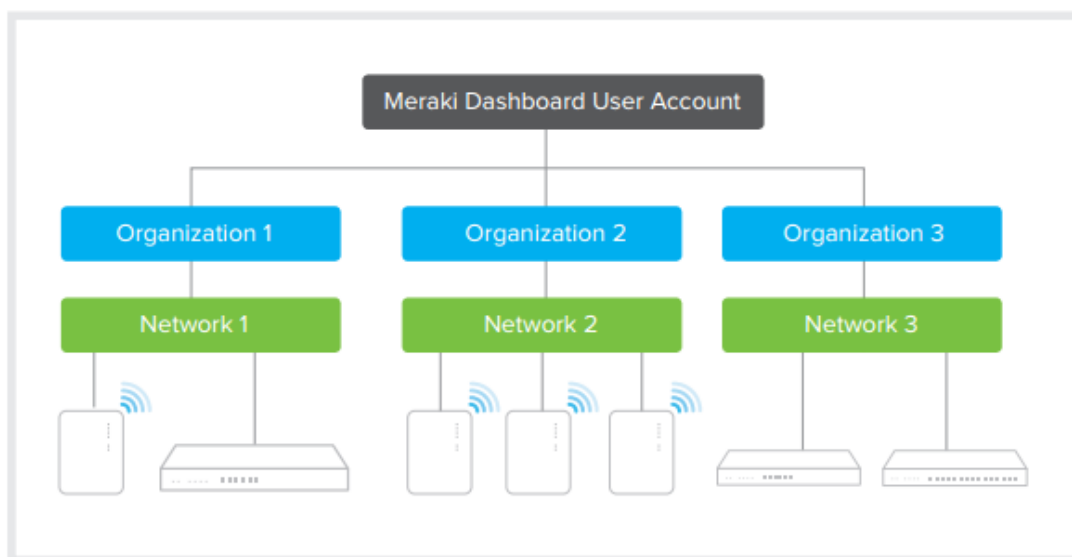
Cloud Networking arhitektura sustava detaljno je objašnjena u poglavlju „Sustav za upravljanje i nadzor mreže“.

Meraki dashboard arhitektura

Meraki dashboard arhitektura objašnjava podjelu sustava na različite administrativne cjeline. Arhitektura je podijeljena na tri razine:

- *MSP – Managed Service Provider,*
- *Organization,*
- *Network.*

⁵ Tekst je djelomično preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.



Slika 37. Meraki dashboard arhitektura

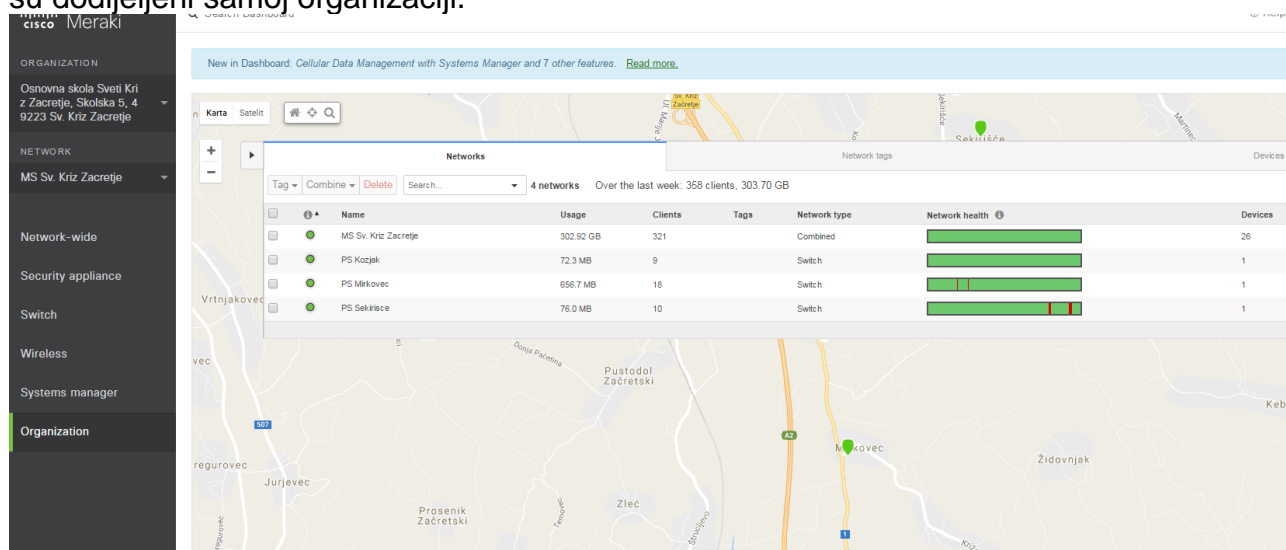
MSP razina krovna je razina koja omogućuje administratorima da putem jednog sučelja pristupaju mrežama različitih organizacija. U našem slučaju CARNet i izvođač radova predstavljaju MSP razinu. Navedeni administratori mogu se spojiti u svrhu održavanja sustava na računalne mreže svih škola obuhvaćenih ovim projektom. U sklopu projekta dio e-Škole tehničara, koji su imenovani e-Škole tehničari u više škola imat će uvid u djelomičnu MSP razinu jer će imati izravan pristup u mrežu svih škola koje administriraju. Ostali e-Škole tehničari koji su imenovani tehničari u jednoj školi neće imati uvid u MSP razinu.

Organization	Tickets	License Status	License Expiration	Networks	Devices	MX	MS	MR
Gimnazija Prva gimnazija, Petra Preradovića 14, 42000 Virovitica	0	OK	Dec 31, 2020	6	88	1	10	55
Osnovna škola Ivana Gundulića Dobrović, Susedjanska 4, Dobrović	0	License Required	N/A	9	0	2	5	41
Osnovna škola Vladimira Nazora, Bara Josipa Jelčića 23, 48200 Krievci	0	OK	Dec 30, 2020	9	43	1	10	34
Osnovna škola Domovinske zahvalnosti, Josipa Jovića 2, 22300 Krievci	0	OK	Jan 11, 2021	6	43	1	9	33
Osnovna škola Ivana Lovrića Srij, Put Ferate 2, Srij	0	License Required	N/A	4	0	1	4	36
Osnovna škola Ive Andrića Zagreb, Milovane Kovacovića 16, Zagreb	0	OK	Apr 18, 2023	4	38	1	4	35
Osnovna škola Iztokora Krijevsoga, Krijevsoga 2, 10000 Zagreb	0	OK	Dec 30, 2020	5	40	1	7	32
Gimnazija Antuna Vrančića Šibenik, Put gimnazije 64, Šibenik	0	License Required	N/A	4	0	1	3	35
Pomorska škola Zadar, A. Kuzmanića 1, 23000 Zadar	0	OK	Jan 11, 2021	4	36	1	5	33
Završna škola, Solbarska 15, 21000 Špilj	0	OK	Jan 11, 2021	4	39	1	6	32
Gimnazija Matije Mesić, Naselje Silevrije 1 br 6, 35000 Slavonski Brod	0	OK	Jan 12, 2021	4	39	1	5	33
Osnovna škola Eugena Kumičića, Dobriše Cesarica 24, 33520 Slatina	0	OK	Jan 11, 2021	9	38	1	9	28
Osnovna škola Lovre pl. Matićica Zagreb, J. Laurencića bb, Zagreb	0	OK	Apr 18, 2023	4	37	1	5	31
Osnovna škola Sjena, 43. interakcijska divizija 5, 52100 Pula	0	OK	Jan 11, 2021	6	36	1	6	28
Osnovna škola Otok Zagreb, Gradecova 4, Zagreb-Slobodna	0	OK	Apr 18, 2023	4	35	1	3	31
Gimnazija Bernardina Frankopana, Sluga 3, 47300 Opuzen	0	OK	Dec 31, 2020	4	35	1	5	29
Osnovna škola Cazma, Abiza Vilićica 22, 43240 Cazma	0	OK	Dec 30, 2020	9	33	1	10	24

Slika 38. MSP razina

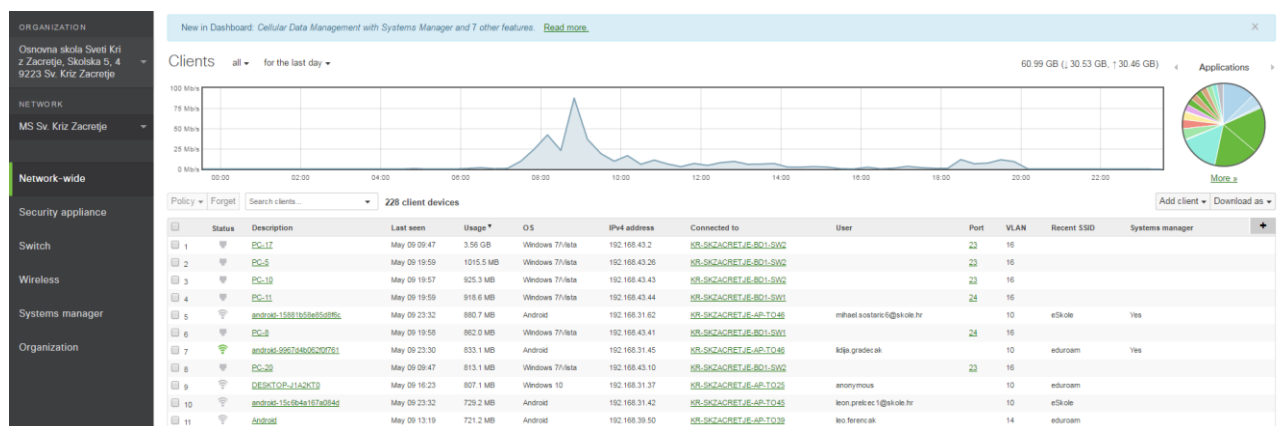
U sklopu projekta Organizacija (*Organization*) organizacija je definirana kao administrativna jedinica koja predstavlja jednu školu. Svaka organizacija jedinstvena je cjelina na koju se primjenjuju licencije za hardversku opremu koja ima vlastitu konfiguraciju mrežne opreme i za koju je moguće generirati različite izvještaje o stanju i uporabi mreže. Da bi mreža mogla

funkcionirati, nužno je da organizacija ima dovoljan broj licencijskih za sve tipove uređaja koji su dodijeljeni samoj organizaciji.



Slika 39. Organizacija

Network je niža administrativna jedinica u sklopu organizacije. Svaka organizacija mora imati definiran barem jedan network, a moguće je da u organizaciji postoji veći broj networka. U network se dodjeljuju mrežni uređaji, međutim oprema je licencirana na razini organizacije. Svaki network može imati svoje konfiguracijske značajke. U našem slučaju svaka lokacija škole predstavlja jedan network, odnosno matična škola jedan je network, a svaka područna škola predstavlja svoj zaseban network unutar iste organizacije s matičnom školom.

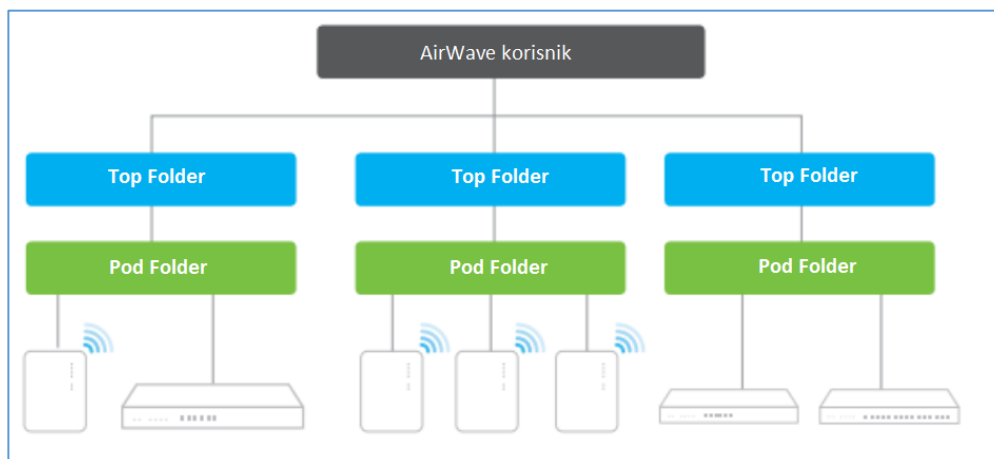


Slika 40. Network

Aruba AirWave arhitektura

Aruba AirWave arhitektura objašnjava podjelu sustava na različite administrativne cjeline. Arhitektura je podijeljena na tri razine:

- *AMP administrator sustava*,
- *Top Folder* – u našem slučaju matična škola,
- *Sub Folder* – u našem slučaju područna škola.



Slika 41. Arhitektura AirWave sustava

Najveća je razina *AMP administrator* sustava u *Aruba AirWave* privatnom oblaku arhitekture sustava. *AMP administrator* razina je dodijeljena administratoru *Aruba AirWave* sustava u cjelini. *AMP administrator* ima sva prava na sustavu te ujedno uvid u sve *Top Foldere* i *Sub Foldere*. U ovom slučaju *Top Folder* predstavlja matičnu školu, a *Sub Folder* područnu školu. *AMP administrator* također može prilagođavati sve parametre *Aruba AirWave* sustava u što spada:

- kreiranje matičnih i područnih škola (*Top Folder* i *Sub Folder*),
- kreiranje grupa uređaja za konfiguraciju,
- upravljanje logovima,
- upravljanje konfiguracijama,
- održavanje sustava,
- nadogradnja sustava,
- prilagođavanje sustavnih postavki i svih ostalih postavki sustava.

Ova razina dodijeljena je CARNetovim administratorima sustava i izvođačima radova.

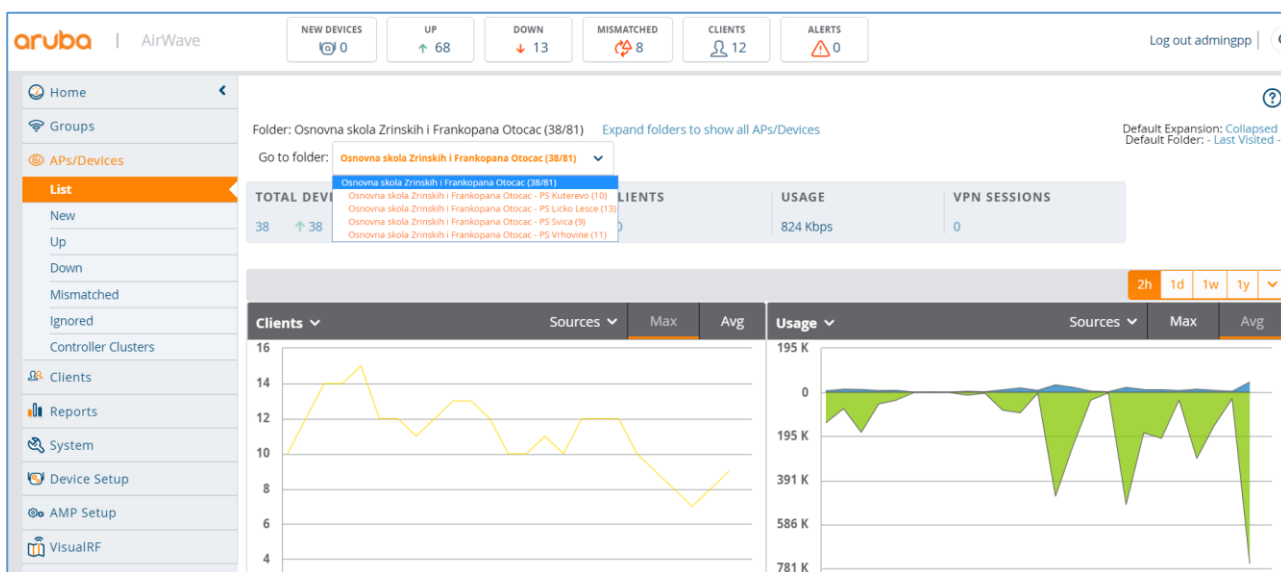
Folder: Top (0/684 Devices) Expand folders to show all APs/Devices

Go to folder: Top (0/684 Devices)

FOLDER	APs/DEVICES
Access Points	0
CARNet_Lastovska	3
Gimnazija Josipa Slavenskog Cakovec	35
Gimnazija Petra Preradovica	36
Gimnazija Pula	39
Gimnazija Vladimira Nazora Zadar	22
II. osnovna skola Bjelovar	23
III. Osnovna skola Bjelovar	26
Medicinska skola Ante Kuzmanica Zadar	16
Osnovna skola Ivane Brlic Mazuranic Ogulin	26/38
Osnovna skola Ivanovec	17
Osnovna skola Joze Surana Visnjan	28/64
Osnovna skola Jurja Dalmatinca Pag	2
Osnovna skola Kursanec Cakovec	27
Osnovna skola Nedelisce	23
Osnovna skola Novigrad	12
Osnovna skola Perusic	23
Osnovna skola Porec	2
Osnovna skola Recica	2
Osnovna skola Slavka Kolara Hercegovac	2
Osnovna skola Starigrad	13
Osnovna skola Stoja Pula	29

Slika 42. AMP administrator

Top folder razina jest razina jedne škole ili matične škole. Na razini škole definiraju se grupe uređaja koje pripadaju određenoj školi. Na svakoj školi imamo dvije grupe uređaja, to su: preklopnici i bežične pristupne točke – *engl. Access point* – AP. Sva mrežna oprema nalazi se u tim dvjema grupama i ta razina dodijeljena je e-Škole tehničarima. Ta razina omogućuje e-Škole tehničarima upravljanje, nadgledanje i administriranje sve opreme na jednoj školi. Kad je riječ o matičnoj školi s jednom ili više područnih škola, e-Škole tehničar ima prava na *Top Folder* i *Sub Folder*, znači prava na matičnu školu i sve pripadajuće područne škole.



Slika 43. Top Folder

Razina *Sub Folder* dodijeljena je e-tehničarima koji su zaduženi za matične škole s pripadajućim područnim školama. Prilikom izbora foldera/škole i grupe/opreme škole, e-tehničar će trebati voditi računa da izabere odgovarajući folder ili grupu škole.

NAME	SSID	TOTAL DEVICES	DOWN	MISMATCHED	IGNORED	CLIENTS	USAGE	VPN SESSIONS	UP/DOWN STATUS POLLING PERIOD
AP_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac	-	34	0	0	0	6	358.98 Kbps	0	5 minutes
AP_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Kuterevo	-	9	0	0	0	0	- 0	- 0	5 minutes
AP_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Licko Lesce	-	12	12	0	0	0	- 0	- 0	5 minutes
AP_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Svica	-	8	0	0	0	0	- 0	- 0	5 minutes
AP_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Vrhovine	-	10	0	0	0	1	- 0	- 0	5 minutes
Switch_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac	-	4	0	4	0	0	- 0	- 0	5 minutes
Switch_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Kuterevo	-	1	0	1	0	0	- 0	- 0	5 minutes
Switch_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Licko Lesce	-	1	1	1	0	0	- 0	- 0	5 minutes
Switch_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Svica	-	1	0	1	0	0	- 0	- 0	5 minutes
Switch_Osnovna škola Zrinskih i Frankopana Otocac - PS Vrhovine	-	1	0	1	0	0	- 0	- 0	5 minutes

Slika 44. Sub Folder – grupa

Sustav označavanje aktivne opreme

Prilikom spajanja na sustav pristupamo na željenu organizaciju. Ime organizacije sastoji se od punog imena i adrese škole.

Primjer imena organizacije:

Osnovna skola Sveti Kriz Zacretje, Skolska 5, 49223 Sveti Kriz Zacretje.

Unutar organizacije postoji jedan Network ili više njih. Primjeri imena:

- MS Sv. Kriz Zacretje
- PS Kozjak
- PS Mirkovec
- PS Sekirisce.

U svakoj mreži definirani su mrežni uređaji. Ime uređaja sastoji se od skraćene oznake imena županije, imena škole, tipa uređaja i pozicije u skladno poziciji definiranoj GIP-om.

Iznimka je i ime UTM-a koji je uvijek smješten u BD ormar i to se ne navodi u njegovu nazivu. Kod AP-a se u imenu navodi točna oznaka mrežne utičnice na koju je spojen, odnosno njegova točna pozicija iz GIP-a, odnosno pozicija koja je označena u Dokumentaciji izvedenog stanja.

Primjer imenovanja UTM-a:

KR-SKZACRETJE-UTM.

Primjer imenovanja AP-a:

KR-SKZACRETJE- FD1-PP1-TO14-AP
KR-SKZACRETJE- BD1-PP2-TO03-AP.

Primjer imenovanja preklopnika:

KR-SKZACRETJE-BD1-SW1
KR-SKZACRETJE-BD1-SW2
KR-SKZACRETJE-FD1-SW3.

Konfiguracijske značajke sustava

U sklopu projekta naglasak je na implementaciji bežične mrežne infrastrukture. Žičana infrastruktura izgrađena je samo u STEM učionicama. U GIP-ovima je definirana druga faza projekta u sklopu koje je moguće izvesti kabliranje, tako da u svakoj učionici i poslovnim prostorijama budu izvedene po dvije mrežne utičnice.

Budući da je trenutačno fokus na pristupu bežičnoj mreži, u nastavku je razrađen model koji definira prava pristupa učenika, nastavnog osoblja, djelatnika i gostiju bežičnoj infrastrukturi. Za pristup mreži u školama razrađen je model koji definira prava pristupa učenika, nastavnog osoblja, vannastavnog osoblja i gostiju bežičnoj infrastrukturi. Budući da je CARNet u sklopu projekta obvezan pratiti statistike o korištenju mrežom u školama u različitim fazama projekta, važno je da su svi korisnici koji pristupaju mreži na jedinstven način autenticirani.

Prilikom definiranja modela prava pristupa razmatrani su sljedeći slučajevi:

1. Učenici

a. Učenici pristupaju mreži putem tableta u STEM učionicama

Učenicima se prilikom uporabe zajedničkih tablet uređaja u STEM učionicama omogućuje pristup bežičnoj mreži eSkole. Za pristup mreži za autentikaciju na mrežu i enkripciju prometa primjenjuje se WPA2 PSK metoda. Za pristup internetu i servisima svaki se učenik mora autenticirati putem tzv. *Captive portala* uporabom vlastitog AAI@edu računa. Nakon završetka rada s tabletom svaki učenik obavezan je odjaviti se s uređaja.

b. Učenici pristupaju mreži putem vlastitih uređaja

Učenicima je omogućen pristup bežičnoj mreži putem eduroam mreže. Za autentikaciju na eduroam mrežu učenici se koriste vlastitim AAI@edu računom.

2. Nastavno osoblje i djelatnici škole

Nastavnici i djelatnici škole bežičnoj mreži pristupaju putem vlastitih uređaja ili uređaja dobivenih u sklopu projekta. Budući da su uređaje dobivene u sklopu projekta (računala, tablete i sl.) osobno zadužili, nije planirano da se koriste uređajima koje dijele s kolegama. Stoga se nastavnici i djelatnici za pristup mreži koriste eduroam mrežom te se autenticiraju vlastitim AAI@edu računom. Ako povremeno u STEM učionicama ipak rabe zajedničke tablete, moraju se kao i učenici putem *Captive portala* autenticirati na mrežu eSkole.

3. Vanjski partneri i posjetitelji

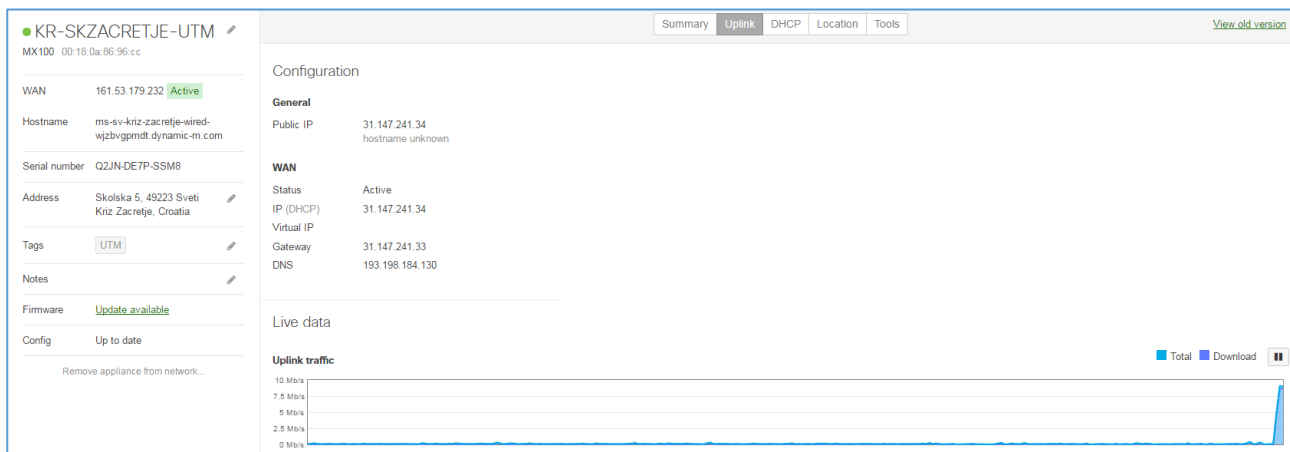
Partnerima i posjetiteljima koji imaju AAI@edu račun omogućen je pristup na eduroam mrežu uz ograničenje brzine pristupa. Ostalim partnerima i posjetiteljima može se, na zahtjev, omogućiti pristup bežičnoj mreži. Bežična mreža guest otvorenog je tipa, a za autentikaciju se rabi tzv. *Captive portal*. Kako bi im se omogućio pristup, e-Škole tehničar u *Meraki dashboardu* mora kreirati korisnički račun, ime i lozinku za svakog korisnika kojem škola odobri pristup mreži.

4. Postojeća mrežna infrastruktura

S obzirom na to da se sva postojeća mrežna infrastruktura na jednostavan način integrira s novom mrežom, odnosno postojeći preklopnici izravno se spajaju na Aruba preklopnike, nije moguće razdvajanje poslovnih računala spojenih na žičanu infrastrukturu od npr. računala u računalnim učionicama, stoga trenutno nije definiran autentikacijski mehanizam za spajanje na postojeća računala instalirana u školama.

Konfiguracijske značajke WAN mreže

Sa stajališta škole WAN mrežu označava pristup na CARNetovu infrastrukturu. Povezivanje na WAN mrežu odrađuje Središnji integrirani sustav odnosno Meraki MX uređaj koji predstavlja granicu između LAN mreže škole i CARNet mreže, odnosno interneta. Meraki MX se na ISP mrežu povezuje putem tzv. internetskog sučelja koje je izravno povezano na CARNetov CPE (*customer-provided equipment*) usmjerivač. internetsko sučelje Meraki MX UTM-a dobiva IP adresu dinamički putem DHCP protokola iz CARNet mreže.



Slika 45. Konfiguracija WAN mreže

S interneta, odnosno iz CARNet mreže nije moguće pristupiti izravno u LAN škole, odnosno na računala i poslužitelje spojene na LAN infrastrukturu. Ako u školi postoje javni servisi, potrebno je omogućiti pristup s interneta prema servisima tako da se na MX uređaju definiraju NAT pravila i pristupne liste koji omogućuju pristup servisima škole po točno definiranim UDP/TCP portovima.

Za udaljenu administraciju opreme u školama potrebno je omogućiti VPN pristup.

Konfiguracija LAN mreže

LAN mrežni segment se sastoji od sljedećih hardverskih komponenta:

- Meraki MX serije integriranih sigurnosnih sustava,
- Aruba 2930F serije mrežnih preklopnika,
- Aruba IAP-205RW serije bežičnih pristupnih točaka.

U nastavku je naveden detaljan pregled konfiguracijskih značajki svake komponente.

Integrirani sigurnosni sustav

Središnja je komponenta LAN mreže Meraki MX uređaj, odnosno integrirani sigurnosni sustav. On odrađuje sve funkcionalnosti klasičnog UTM sustava, mrežnog usmjerivača te središnje L3 točke u mreži.

Virtualni LAN (VLAN) i IP adresiranje

Na MX uređaju definirano je više virtualnih LAN-ova (VLAN-ova) kako bi se mreža segmentirala prema namijeni. Tako je lakše izolirati potencijalne probleme u mreži. Smanjuje se i utjecaj mrežnih problema na jedan segment što rezultira znatnim povećanjem sigurnosti mreže. U školama su definirani VLAN-ovi i pripadajuće IP adresiranje popisani u tablici u nastavku.

Tablica 4. Popis virtualnih mreža i mrežnih raspona

VLAN ID	Ime VLAN-a	Mrežni raspon
1	management	10.0.x.0/24
10	ucenici	192.168.30.0/23
11	nastavnici	192.168.32.0/23
12	djelatnici	192.168.34.0/23
13	gosti	192.168.36.0/23
14	eduroam	192.168.38.0/23
15	javni_servisi	192.168.40.0/23*
16	info_ucionica	192.168.42.0/23*

U nastavku je kratak opis namjene pojedinog VLAN-a:

- VLAN 1 je takozvani *management* VLAN i služi za upravljanje mrežnom opremom i njezino povezivanje na internet,
- VLAN 10 služi za povezivanje učeničkih tableta u STEM učionicama na bežičnu mrežu eSkole . U isti VLAN smješta se oprema instalirana u STEM učionicama (poput pametnih ploča). IP adrese iz tog segmenta dobivaju i e-tehničari spojeni na eduroam mrežu.
- VLAN 12 služi za povezivanje djelatnika i nastavnika škole u budućnosti.
- VLAN 13 služi za povezivanje gostiju na bežičnu mrežu guest. Brzina te mreže ograničena je na 10 % ukupne brzine internetskog linka.
- VLAN 14 služi za povezivanje posjetitelja škole koji imaju mogućnost spajanja na eduroam mrežu. Brzina te mreže ograničena je na 10 % ukupne brzine internetskog linka.
- VLAN 15 služi za spajanje javnih servisa (poput sustava Videonadzora). Zbog specifičnosti postojećih mreža u svakoj školi te zahtjeva za integracijom svake od škola na novu mrežnu infrastrukturu moguća je izmjena dogovorenog IP adresnog prostora za taj VLAN sukladno postojećem IP adresiranju škole.
- VLAN 16 služi za povezivanje postojeće infrastrukture na novu mrežu. Zbog specifičnosti postojećih mreža u svakoj školi te zahtjeva za integracijom svake škole na novu mrežnu infrastrukturu moguća je izmjena dogovorenog IP adresnog prostora za taj VLAN sukladno postojećem IP adresiranju škole.

Konfiguracijske postavke moguće je vidjeti u *Meraki dashboardu* klikom na **Security appliance > Configure > Addressing&VLANs**.

Routing

VLANs

Routes

Subnet	Type ▲	Details		MX IP	VLAN	
192.168.128.0/24	Local VLAN	Name	management	192.168.128.1	1	✘
192.168.30.0/23	Local VLAN	Name	ucenici	192.168.30.1	10	✘
192.168.32.0/23	Local VLAN	Name	nastavnici	192.168.32.1	11	✘
192.168.34.0/23	Local VLAN	Name	djelatnici	192.168.34.1	12	✘
192.168.36.0/23	Local VLAN	Name	gosti	192.168.36.1	13	✘
192.168.38.0/23	Local VLAN	Name	eduroam	192.168.38.1	14	✘
192.168.40.0/23	Local VLAN	Name	javni_servisi	192.168.40.1	15	✘
192.168.42.0/23	Local VLAN	Name	info_uciona	192.168.42.1	16	✘

[Add a Static Route](#) [Add a Local VLAN](#)

Slika 46. Popis mreža kreiranih na MX-u

Konfiguracija DHCP servera

Za svaki VLAN konfiguriran na mreži podignut je DHCP server na Meraki MX UTM uređaju. U pravilu, vrijeme čuvanja IP adrese (*Lease time*) pojedinom klijentu iznosi 4 sata – za VLAN-ove koji se upotrebljavaju za bežične klijente te 24 sata za VLAN-ove koji se upotrebljavaju samo za spajanje žičanih klijenata. Dodatne konfiguracijske značajke DHCP servera u školama nisu konfigurirane.

Konfiguracijske postavke DHCP servera mogu se vidjeti u *Meraki dashboardu* klikom na **Security appliance > Configure > DHCP**.

DHCP

VLAN 1 (Default) 192.168.128.0/24 ⓘ

Client addressing Run a DHCP server ▼

Lease time 1 day ▼

DNS nameservers Proxy to upstream DNS ▼
For DHCP responses

Boot options ⓘ Boot options disabled ▼

Boot next-server ⓘ

Boot filename ⓘ

DHCP options ⓘ There are no special DHCP options on this DHCP section.
[Add a DHCP option](#)

Reserved IP ranges ⓘ There are no reserved IP address ranges on this DHCP section.
[Add a reserved IP address range](#)
[Import CSV](#)

Fixed IP assignments There are no fixed IP address assignments on this DHCP section.
[Add a fixed IP assignment](#)
[Import CSV](#)

Slika 47. Konfiguracijske postavke DHCP servera

Popunjenost DHCP *poola* i popis klijenata i njihovih IP adresa može se vidjeti klikom na **Security appliance > Appliance Status** te odabirom **DHCP**.

NAT i pristupne kontrolne liste (*engl. Access Control List*)

MX UTM uređaj služi za zaštitu lokalne mreže škole od prijetnji s interneta. U tu svrhu MX se ponaša kao klasičan vatrozid. On potpuno blokira dolazni promet s interneta, a propušta odlazni promet s LAN mreže prema internetu te omogućuje odgovor s interneta na upite koji dolaze s LAN mreže.

U slučaju da je potrebno omogućiti izravan pristup s interneta određenom servisu, primjenjuje se 1:1 NAT uz propuštanje prometa prema IP adresi servera po određenim UDP/TCP portovima.

Za većinu VLAN-ova nema definiranih pristupnih lista, što znači da je sav promet između VLAN-ova, kao i prema internetu, omogućen. Iznimka je guest VLAN kojem je zabranjen pristup LAN infrastrukturi i omogućen je isključivo pristup internetu.

Na uređaju je moguće definirati i tzv. pristupne liste *Layer 7* koje nisu zasnovane na IP adresi i portu, nego na zapisu u sklopu *Layer 7 headera*. Drugim riječima, omogućuje se zabrana prometa na određeni *web site*, zabrana, P2P razmijene, tj. BitTorrent prometa, portala s računalnim igrama i slično.

U *Meraki dashboardu*, klikom na **Security appliance > Configure > Firewall** moguće je vidjeti konfiguraciju pristupnih lista Layer 3 i Layer 7 i konfiguraciju NAT pravila.

Firewall

Layer 3

Inbound rules Inbound traffic will be restricted to the services and forwarding rules configured below.

Outbound rules [ⓘ]

#	Policy	Protocol	Source [ⓘ]	Src port	Destination [ⓘ]	Dst port	Comment	Hits	Actions
1	Deny	TCP	192.168.36.0/23	Any	192.168.0.0/16	Any	Zabrani gostima pristup na LAN	0	⊕ ×
	Allow	Any	Any	Any	Any	Any	Default rule	0	

[Add a rule](#)

Cellular failover rules [ⓘ]

#	Policy	Protocol	Source [ⓘ]	Src port	Destination [ⓘ]	Dst port	Comment	Actions
	Allow	Any	Any	Any	Any	Any	Default rule	

[Add a rule](#)

Security appliance services [ⓘ]

Service	Allowed remote IPs
ICMP ping	Any
Web (local status & configuration)	None

Layer 7

Firewall rules There are no rules defined for this network.
[Add a layer 7 firewall rule](#)

Forwarding rules

Port forwarding There are no port forwarding rules on this network.
[Add a port forwarding rule](#)

1:1 NAT [ⓘ] There are no 1:1 NAT mappings.
[Add a 1:1 NAT mapping](#)

1:Many NAT There are no 1:Many NAT mappings.
[Add 1:Many IP](#)

Slika 48. Ispis ACL konfiguracije

Name: Exchange-2010 Public

Public IP: 66.254.89.179

LAN IP: 192.168.19.122

Uplink: Internet 1

Allowed inbound connections

Protocol	Ports	Remote IPs	Actions
TCP	80	any	×
TCP	443	any	×
TCP	25	any	×
TCP	143	any	×
TCP	110	any	×

[Allow more connections](#)

Slika 49. Primjer NAT konfiguracije

Ograničavanje brzine pristupa mreži

Meraki sustav ima mogućnost ograničavanja brzine pristupa mreži klijentima, tj. posjeduje *Traffic Shaping* mogućnost. Ograničavanje je moguće postaviti za pojedinog klijenta, za korisnike spojene na određeni VLAN, za određeni SSID, za pristup određenoj aplikaciji ili servisu na internetu i sl.

VPN postavke

U slučaju potrebe za udaljenim spajanjem djelatnika ili administratora sustava na pojedine resurse smještene u LAN mreži škole moguće je na Meraki MX UTM uređaju omogućiti udaljeni VPN pristup. U mrežama škola koje nisu izričito zahtijevale omogućivanje VPN pristupa on nije konfiguriran te se može kreirati po potrebi.

Kroz *Meraki dashboard*, klikom na **Security appliance > Configure > Client VPN** otvara se prozor kao na slici u nastavku.

Host	Port	Secret	Actions
193.1.1.2	1812	Show key X

Slika 50. Konfiguracija udaljenog VPN pristupa

Za potrebe udaljenog administriranja *Aruba AirWave* sustava potrebno je pokrenuti VPN te pristupiti sustavu putem URL: <https://10.255.255.10>. Primjer konfiguracije klijentskog računala koje VPN-om pristupa na mrežu škole može se vidjeti na sljedećem linku: <https://docs.meraki.com/display/MX/VPN+settings+for+Windows+7>.

Mrežni preklopnici

Konfiguracijske su značajke Aruba 2930F mrežnih preklopnika instaliranih u školama sljedeće:

- Na njima se propagiraju svi VLAN ID-evi definirani na MX integriranom sigurnosnom sustavu u školi.
- Sučelja u koja su spojeni AP-ovi i integrirani sigurnosni sustav konfigurirana su kao trunk sučelja s native VLAN ID-em 1.
- Sučelja u kojima su aktivirane mrežne utičnice u STEM učionicama konfigurirana su kao access i dodijeljena u VLAN 10.
- Sučelja u koja su spojeni postojeći preklopnici u školama u koja su spojena računala iz računalnih učionica konfigurirana su kao access i dodijeljena u VLAN 16.

Prilikom konfiguracije sučelja i definiranja VLAN-a na sučelju se automatski definira i propagira VLAN. Za zaštitu od mrežnih petlji na preklopniku je uključen RSTP (Rapid

Spanning-tree protokol). Preklopnici su konfigurirani tako da je glavni preklopnik u BD ormaru *STP root* preklopnik.

Preklopnik ima mogućnost napajanja uređaja putem PoE/PoE+ standarda. Količina struje koju preklopnici mogu isporučiti (neovisno o tome je li riječ o modelu s 8 ili 24 sučelja) dovoljna je da omogući istodobno napajanje na svim sučeljima. S obzirom na to da IAP-205 serija bežičnih pristupnih točaka prilikom spajanja na preklopnik rezervira PoE+ snagu od 17W, a AP-ovi u najzahtjevnijim uvjetima troše između 7 i 12W, preklopnik ima dovoljno snage za napajanje svih AP-ova spojenih na njega.

Port	Port Name	Power Enabled	Maximum Watts	Current Watts	Power Priority	Allocation	LLDP	Configured Type	Detection Status	Power Class
1		Yes	17	7.71	low	usage	enabled		Delivering	3
2		Yes	17	7.78	low	usage	enabled		Delivering	3
3		Yes	17	7.84	low	usage	enabled		Delivering	3
4		Yes	17	7.7	low	usage	enabled		Delivering	3
5		Yes	17	7.74	low	usage	enabled		Delivering	3
6		Yes	17	7.71	low	usage	enabled		Delivering	3
7		Yes	17	7.6	low	usage	enabled		Delivering	3
8		Yes	17	8.06	low	usage	enabled		Delivering	3

Slika 51. Prikaz statusa PoE sučelja preklopnika

Bežične pristupne točke

Prilikom dizajniranja bežične mreže vodilo se računa o tome da se postigne jednostavnost pristupa mreži za korisnike, a s druge strane da se zadrži sigurnost u mreži i uvid u ponašanje korisnika na mreži kako bi se neprimjerena ponašanja mogla otkriti i uvesti mehanizmi za njihovo sprječavanje.

Osim konfiguracijskih postavki koje definira sam administrator sustava, sustav IAP ima integrirane značajke koje poboljšavaju rad bežične mreže bez uplitanja administratora u konfiguraciju sustava. Najvažnija je integrirana funkcionalnost *Load balancinga*, tj. prebacivanja opterećenja u slučaju velikog broja korisnika spojenih na mrežu. Sustav u uvjetima velikog broja klijenata spojenih na jednu bežičnu pristupnu točku automatski prebacuje klijente na bežične pristupne točke koje imaju manji broj spojenih klijenata umjesto da se spajaju na točku s najjačom snagom signala. Tako se znatno povećavaju performance bežične mreže i omogućuje neometan pristup mreži velikom broju korisnika koji se nalaze na relativno malom prostoru.

Transmit Rates
 2.4GHz: 12 - 54 mbps
 5GHz: 12 - 54 mbps

Bandwidth Limits
 Airtime
 Each radio
 Downstream: [] kbps Per user
 Upstream: [] kbps Per user

WMM
 Share DSCP Mapping
 Background WMM share: 0 % []
 Best effort WMM share: 0 % []
 Video WMM share: 0 % []
 Voice WMM share: 0 % []

Miscellaneous
 Content filtering: Enabled Disabled
 Band: All
 Inactivity timeout: 1000 sec
 SSID: Hide: Disable:
 Disable SSID on uplink failure:
 Max clients threshold: 64
 Local probe request threshold: 0

2.4 GHz band
 Mode: Access
 Adaptive radio management assigned
 Administrator assigned
 Channel: 1
 Transmit power: 0 dBm

5 GHz band
 Mode: Access
 Adaptive radio management assigned
 Administrator assigned
 Channel: 36
 Transmit power: 0 dBm

Slika 52. Napredne postavke bežične mreže

U bežičnoj mreži škole sve su pristupne točke postavljene u automatski način rada, odnosno automatski odabiru izlaznu snagu signala te kanal na kojem rade. Aruba IAP ima mogućnost osluškivanja snage signala susjednih pristupnih točaka i zagušenosti pojedinih kanala u mreži pa stoga može automatski smanjiti odnosno povećati izlaznu snagu i prema potrebi u stvarnom vremenu promijeniti kanal na kojem pojedina bežična točka trenutačno radi.

U sklopu projekta u bežičnoj mrežnoj infrastrukturi škole definirana su 3 SSID-a (*Service Set Identifier*) odnosno tri različite bežične mreže:

- eSkole,
- eduroam,
- guest.

Svaka mreža prilagođena je tako da je vidljiva korisnicima. Mreža radi na 2,4G Hz i 5 GHz frekvencijskom pojasu uz opciju da se klijente forsira na korištenje 5 GHz spektra, (korištenjem tzv. *Band Steering* opcije), ako klijentski uređaji podupiru takvu mogućnost. Zbog optimizacije rada bežične mreže definirano je da klijenti moraju biti u mogućnosti spojiti se na bežičnu mrežu s minimalno 12 Mbps kako bi ostvarili asocijaciju. Navedena postavka onemogućuje pristup mreži starim 802.11b klijentima, ali je nužna kako spori klijenti, kao i klijenti koji se pokušavaju spojiti na udaljene bežične pristupne točke, ne bi degradirali kvalitetu cijele bežične mreže. Sve mreže imaju definiran vidljiv SSID.

Za pristup mreži eSkole primjenjuju se sljedeći parametri:

- PSK (*pre-shared key*) za autentikaciju korisnika i pristup na bežičnu mrežu,
- WPA2 enkripcija podataka na pristupnom sloju bežične mreže,
- *Captive portal* za autentikaciju korisnika prilikom pristupa internetu,
- korisnici nakon pristupa u mrežu eSkole pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.30.0/23.

Za pristup mreži eduroam primjenjuju se sljedeći parametri:

- 802.1X enterprise RADIUS autentikacija uz WPA2 enkripciju podataka.
- Za pristup mreži eduroam primjenjuju se postavke TTLS-PAP. Detaljnije upute mogu se naći na installer.eduroam.hr.
- Korisnici nakon pristupa u mrežu eduroam pripadaju u VLAN 14 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.38.0/23, osim ako je riječ o nastavnicima i e-tehničarima koji tada pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.30.0/23.
- Za navedenu mrežu limitira se ukupna propusnost na 10 % ukupne propusnosti linka ako nije riječ o nastavnicima, odnosno ako se klijenti pozicioniraju u VLAN 14.

Za pristup mreži guest mreži primjenjuju se sljedeći parametri:

- Otvoren pristup mreži uz mogućnost *Captive portal* autentikacije pristupa na internet.
- Za autentikaciju se primjenjuje interna baza korisnika na lokalnom virtualnom kontroleru. Svakom gostu kojem treba omogućiti pristup internetu tehničar mora unijeti username i password kako bi mu omogućio pristup.
- Korisnici nakon pristupa mreži guest pripadaju u VLAN 13 i imaju IP adresu iz mreže 192.168.36.0/23.
- Za navedenu mrežu limitira se ukupna propusnost na 10 % ukupne propusnosti linka prema internetu.



Vježba 3. Spajanje uređaja na bežičnu mrežu

Polaznici edukacije vlastitim se mobilnim uređajima uz pomoć instruktora prijavljuju na sve tri bežične mreže eSkole, eduroam i guest.

Za pomoć prilikom spajanja na eduroam mrežu moguće je iskoristiti instalacijski paket koji se nalazi na <http://installer.eduroam.hr/HomeOrg/skole.hr/index.php>.

Sigurnosne postavke

Sigurnosne postavke definiraju se na MX uređaju ili na Wi-Fi mreži. Prilikom implementacije sustava klijentima je omogućen neograničen pristup internetu – odnosno CARNet mreži. Promet se filtrira isključivo na CARNetovu središnjem sustavu za filtriranje nepoćudnog sadržaja. U slučaju potrebe, moguće je na Meraki MX UTM-u uključiti *Content Filtering* opciju i zabranjivati pristup određenim sadržajima na internetu koji već nisu obuhvaćeni zabranom na CARNetovu središnjem sustavu. Klikom na **Security appliance > Configure > Content filtering** u *Meraki dashboardu* otvara se prozor kao na slici u nastavku. Na tom mjestu moguće je konfigurirati zabranu pristupa dijelu internetskog sadržaja.

Content filtering

These settings will apply to all clients that are not whitelisted.

Set identity-based policies by configuring this network to authenticate clients with [Active Directory](#).

Category filtering

Blocked website categories

Alcohol and Tobacco x
Adult and Pornography x
Gambling x

URL category list size ⓘ Full list (better coverage) ▼

Web search filtering ⓘ Enabled ▼

Block encrypted search ⓘ Disabled ▼

YouTube for Schools ⓘ Enabled ▼

YouTube EDU ID ⓘ YouTube for Schools ID

URL blocking

[Learn how URL blocking works](#)

Blocked URL patterns

www.index.hr
(Enter one pattern per line)

Whitelisted URL patterns

www.carnet.hr
(Enter one pattern per line)

Slika 53. Meraki Content filtering

Osim spomenutog filtriranja sadržaja, moguće je blokirati pristup pojedinim mrežama uz pomoć klasičnih *Layer 3* i *Layer 7* pristupnih lista (ACL – *Access Control List*). Prilikom implementacije sustava u školama nije zabranjena komunikacija između različitih mreža, odnosno VLAN-ova unutar školske mreže niti je zabranjen pristup servisima na internetu. Iznimka je guest mreža (VLAN 13) za koju je zabranjen pristup na bilo koju drugu mrežu unutar školskog LAN-a. Guest mreži omogućen je isključivo pristup na internet.

Firewall

Layer 3

Inbound rules Inbound traffic will be restricted to the services and forwarding rules configured below.

Outbound rules ⓘ

#	Policy	Protocol	Source ⓘ	Src port	Destination ⓘ	Dst port	Comment	Hits	Actions
1	Deny ▼	TCP ▼	192.168.36.0/23	Any	192.168.0.0/16	Any	Zabrani gostima pristup na LAN	0	⊕ ✕
	Allow	Any	Any	Any	Any	Any	Default rule	0	

[Add a rule](#)

Cellular failover rules ⓘ

#	Policy	Protocol	Source ⓘ	Src port	Destination ⓘ	Dst port	Comment	Actions
	Allow	Any	Any	Any	Any	Any	Default rule	

[Add a rule](#)

Security appliance services ⓘ

Service	Allowed remote IPs
ICMP ping	Any
Web (local status & configuration)	None

Slika 54. ACL na Meraki MX UTM-u

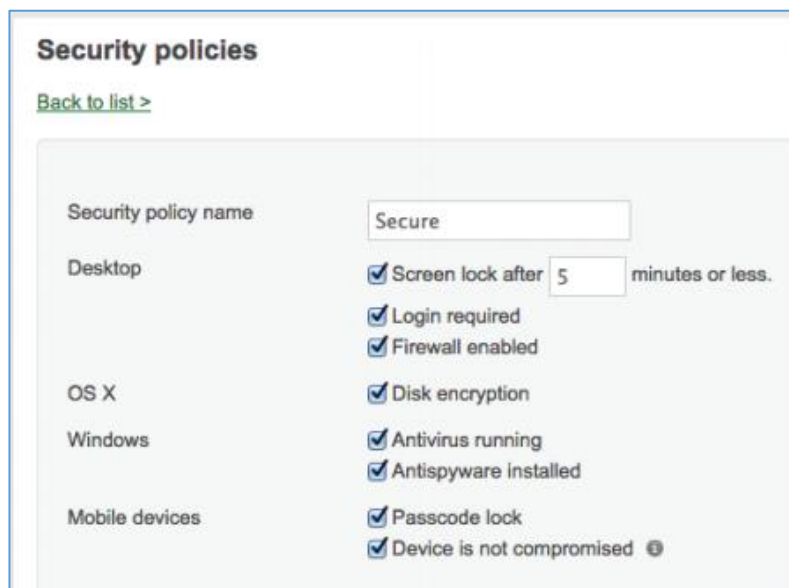
Na Meraki MX UTM-u uključen je i IPS (*Intrusion Prevention System*) modul koji štiti mrežu od različitih napada s interneta i sustav za otkrivanje i blokiranje nepoželjnog *Malwarea*. Navedene opcije uključuju se na Meraki UTM-u klikom na **Security appliance > Configure > Security filtering**.

Slika 55. Meraki Security filtering

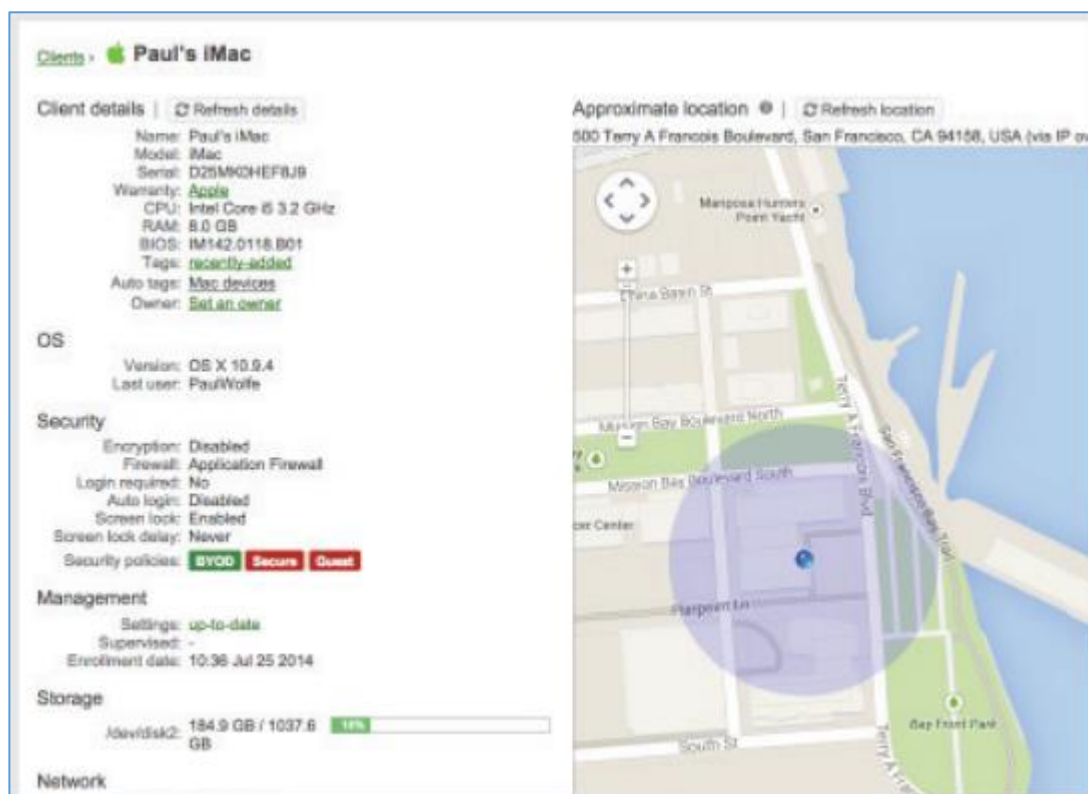
MDM – sustav za upravljanje klijentskim uređajima

U sklopu Meraki mrežnog rješenja integrirano je i MDM rješenje, tj. sustav za upravljanje klijentskim uređajima kroz Meraki centralizirano *web*-sučelje. Navedeno rješenje omogućuje upravljanje, dijagnostiku, nadzor i upravljanje sigurnosnim postavkama klijentske opreme s IOS, android, Windows phone, Windows, Windows Server i MacOS operativnim sustavom. Putem navedenog sustava moguće je sljedeće:

- određivanje lokacije uređaja,
- zabrana rada uređaja ako se ne nalazi u određenom području,
- instalacija softvera i aplikacija na uređaje,
- definiranje sigurnosnih postavki na uređajima,
- automatska konfiguracija Wi-Fi i VPN postavki na klijentskim uređajima,
- provjera statusa uređaja,
- nadzor te udaljena dijagnostika i mogućnost otklanjanja problema na klijentskim uređajima,
- selektivno i potpuno brisanje podataka na uređajima.



Slika 56. Meraki MDM politike



Slika 57. Meraki MDM otkrivanje lokacije uređaja

Spajanje mrežnog uređaja u mrežu

Uključivanje i spajanje mrežne opreme na mrežu izrazito je jednostavan proces. Ako je riječ o bežičnoj pristupnoj točki IAP-205-RW, dovoljno je IAP spojiti na sučelje Aruba preklopnika koje je konfigurirano u trunk modu. IAP će se automatski spojiti s postojećim bežičnim pristupnim točkama te preuzeti svu potrebnu konfiguraciju. Uređaj je aktivan i spojen na *Aruba AirWave* kad njegova LED žaruljica svijetli zeleno.

Ako je riječ o preklopniku, prvo ga treba konfigurirati i nakon toga spojiti na preklopnik na trunk port. Uređaj je aktivan kad njegova žaruljica svijetli zeleno.

Detalji o inicijalnoj instalaciji Meraki MX UTM i Aruba opreme na mrežu, kao i značenje LED žaruljica na uređajima mogu se vidjeti na sljedećim linkovima:

<https://docs.meraki.com/display/MX/Meraki+MX100+Installation+Guide>,
https://support.arubanetworks.com/Documentation/tabid/77/DMXModule/512/Command/Core_Download/Default.aspx?EntryId=14548,
http://h20566.www2.hp.com/hpsc/doc/public/display?sp4ts.oid=1008995294&docLocale=en_US&docId=emr_na-c05163011.

Vraćanje konfiguracije mrežnog uređaja na tvorničke postavke

U slučaju problema s pristupom određenog uređaja na Meraki cloud moguće je vratiti konfiguraciju uređaja na tvorničke postavke. Konfiguracija mreže u školama određena je tako da omogućuje povezivanje uređaja s tvorničkim postavkama na internet odnosno na *cloud*. Vraćanje Aruba opreme na tvorničke postavke opisano je u dokumentima koji se nalaze na linkovima u prethodnom poglavlju.



Slika 58. Reset tipka na Meraki MX100 UTM uređaju

⁶ Tekst je djelomično preuzet iz Pavelin, Krešimir (2017) Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.



Slika 59. Reset tipka na Aruba 2930F preklopniku



Slika 60. Reset tipka na Aruba IAP

Uključivanje mrežnog uređaja drugog proizvođača na mrežu

U slučaju potrebe za instalacijom dodatnih mrežnih preklopnika u školi, npr. za potrebe proširenje broja mrežnih sučelja ili za prihvatanje novih računalnih učionica na mrežu, novi mrežni preklopnik potrebno je konfigurirati i spojiti na postojeći preklopnik.

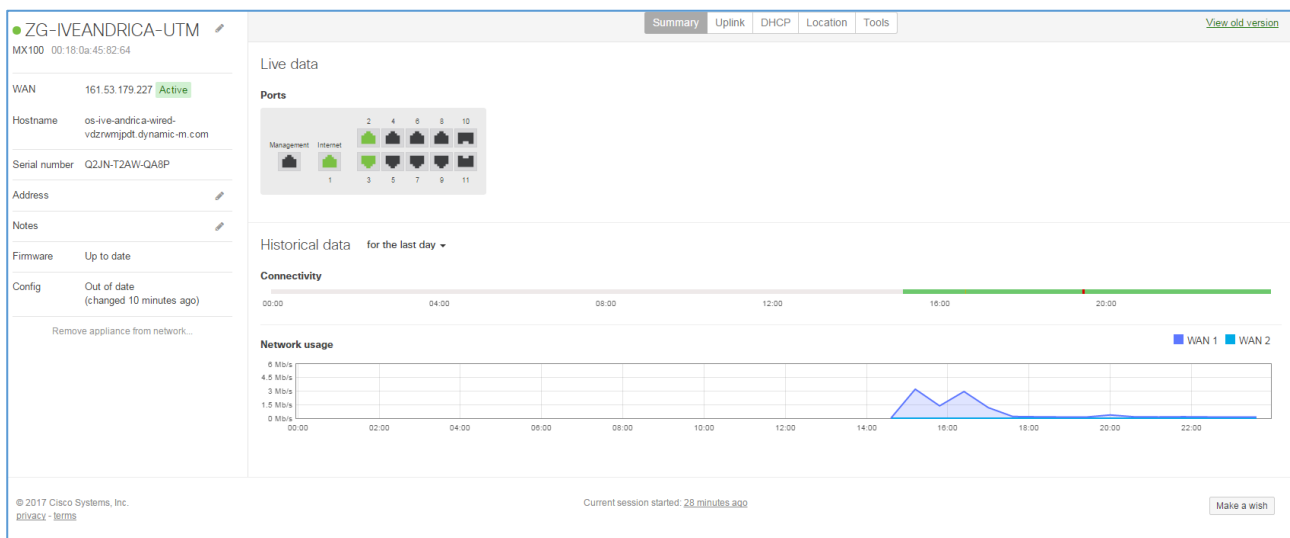
Sučelje na mrežnom preklopniku može se konfigurirati kao *trunk* ako je preklopnik drugog proizvođača koji se spaja na mrežu upravljiv i ako će se on administrirati i konfigurirati. Ako se uređaj neće administrirati ili nije upravljiv, sučelje na postojećem Aruba preklopniku na koje se spaja novi preklopnik konfigurira se kao *access* te se postavlja u VLAN 16 definiran za prihvatanje računalnih učionica.

Nadzor mrežne opreme

Nadzor cjelokupne mrežne infrastrukture u školama određuje se putem *Meraki dashboard* i *Aruba AirWave* sustava. U nastavku možete pronaći detaljno objašnjene mogućnosti nadzora i administracije sustava putem *Meraki dashboard* i *Aruba AirWave* sustava.

Integrirani sigurnosni sustav

Za nadzor statusa i pregled osnovnih informacija o stanju integriranog sigurnosnog sustava (UTM-a) potrebno je kliknuti na **Security Appliance > Monitor > Appliance status**. Nakon toga otvara se ekran kao na slici u nastavku.



Slika 61. Status Meraki UTM-a

U navedenom prikazu možemo, među ostalim, vidjeti sljedeće informacije:

- status mrežnih sučelja,
- serijski broj uređaja,
- javnu IP adresu uređaja,
- broj klijenata koji je generirao promet putem uređaja u posljednja 24 sata,
- grafički prikaz količine podataka koja u stvarnom vremenu prolazi kroz uređaj,
- prosječnu količinu prometa koja prolazi kroz uređaj u određenom razdoblju.

Osim samog prikaza informacija o uređaju, moguće je pokrenuti razne alate koji su korisni prilikom analize rada mreže i otkrivanja mrežnih problema.

Najvažniji su alati u sklopu provjere statusa UTM uređaja:

- *DHCP leases* – prikaz imena računala i DHCP-om dodijeljenih IP adresa te informacije o broju slobodnih IP adresa u DHCP poolu,
- *Ping/Traceroute* – omogućuje slanje ICMP paketa prema željenom klijentu u LAN-u ili na internetu,
- *Throughput* – mjerenje mrežne propusnosti s UTM-a prema internetu, odnosno poslužitelju u Meraki cloudu.

Summary Uplink DHCP Location **Tools** [View old version](#)

Select a tool: Throughput

Throughput to meraki.com

57.7 Mbps

ARP table

Client ARP entries

Filter by:

IP	MAC	VLAN	Age (sec)
192.168.128.241	0C:8D:DB:24:91:1C	0	13
192.168.128.179	0C:8D:DB:17:54:3F	0	13
192.168.128.244	0C:8D:DB:17:54:3B	0	10
192.168.128.253	0C:8D:DB:17:4C:40	0	9
192.168.128.195	0C:8D:DB:17:40:4D	0	9
192.168.128.194	A0:D3:C1:4E:63:D5	0	9
0.0.0.0	0C:8D:DB:17:4A:8F	0	8
192.168.128.238	0C:8D:DB:17:30:4F	0	8
192.168.128.212	28:10:7B:F1:0F:97	0	8
192.168.31.45	00:24:81:0D:33:EE	0	8

10 results per page < 1 2 3 4 5 >

Internet 1 ARP entries
No arp entries found

Slika 62. Meraki UTM Live tools

Klikom na **Security Appliance > Monitor > Route table** može se vidjeti routing tablica UTM uređaja. U konkretnom slučaju, routing tablica vrlo je jednostavna jer se u njoj nalaze samo tzv. *directly connected* mreže.

Route table

Subnet	Name	Via	Status
192.168.128.0/24	Default	Local VLAN	●
192.168.30.0/23	uc_enici	Local VLAN	●
192.168.32.0/23	nastavnici	Local VLAN	●
192.168.34.0/23	djelatnici	Local VLAN	●
192.168.36.0/23	gosti	Local VLAN	●
192.168.38.0/23	eduroam	Local VLAN	●
192.168.40.0/23	javni_servisi	Local VLAN	●
192.168.42.0/23	info_uciona	Local VLAN	●

Slika 63. Meraki UTM routing tablica

Mrežni preklopnici

Za osnovni nadzor mrežnih preklopnika spojenih u mrežu škole, odnosno pregled njihova statusa potrebno je kliknuti na **Aps/Devices** nakon čega se prikazuje popis svih uređaja u određenoj školi.

DEVICE	STATUS	TYPE	SERIAL NUMBER	LAN MAC ADDRESS	IP ADDRESS	CONFIGURATION
c8:b5:ad:c0:20:76	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ23V	C8:B5:AD:C0:20:76	10.0.28.38	Good
c8:b5:ad:c0:20:84	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ242	C8:B5:AD:C0:20:84	10.0.28.39	Good
c8:b5:ad:c0:23:80	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2JD	C8:B5:AD:C0:23:80	10.0.28.47	Good
GS-ZRINSKI-BD1-SW1	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20NT	9C:DC:71:38:13:80	10.0.28.4	Error
GS-ZRINSKI-BD1-SW2	Up	Aruba 2930F-8G-PoE+-25FP+	CN71HKZ0HL	F4:03:43:07:63:D0	10.0.28.5	Error
GS-ZRINSKI-FD1-SW3	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20C7	9C:DC:71:38:42:40	10.0.28.6	Error
GS-ZRINSKI-FD2-SW4	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20W0	9C:DC:71:38:D1:E0	10.0.28.7	Error
instant-C0:21:02	Up	Aruba Instant Virtual Controller	-	-	10.0.28.21	Good

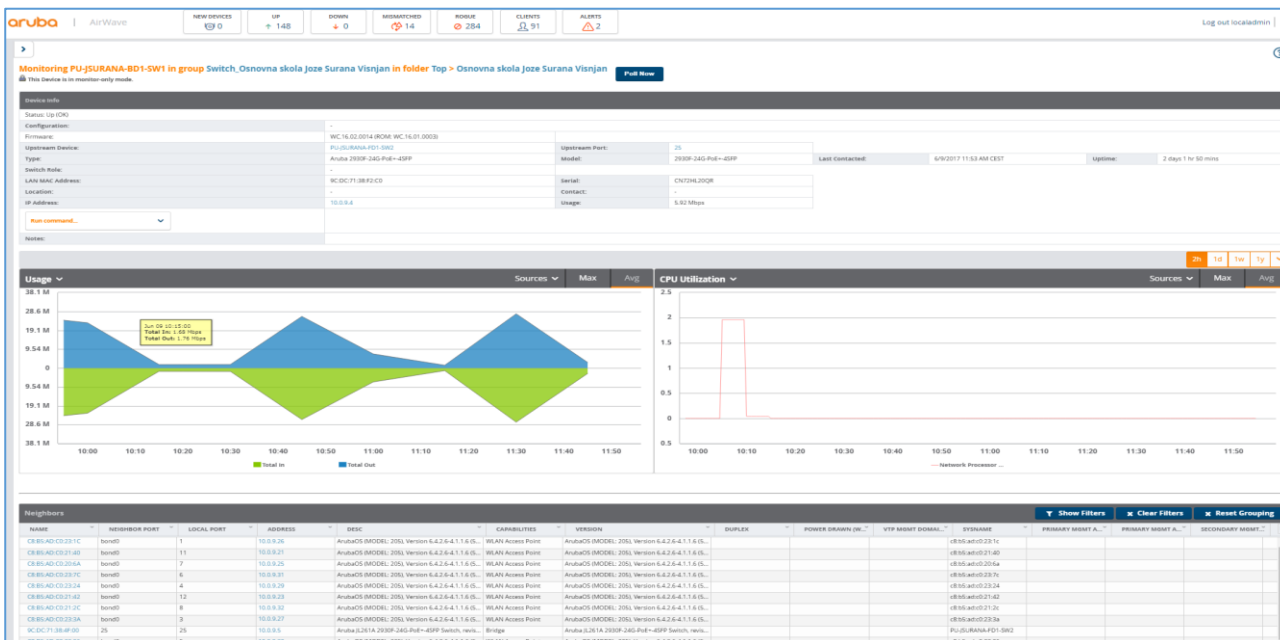
Slika 64. Popis preklopnika u pojedinoj školi

Na navedenom ekranu vidimo popis svih preklopnika spojenih u mrežu škole. Ako im je status označen kao **UP**, znači da je s preklopnicima sve u redu. Ako je **status** označen kao **DOWN**, tada preklopnik nema vezu s *Aruba AirWave* sustavom i njega trenutačno nije moguće konfigurirati. U tom slučaju, ovisno o tipu problema, moguće je da korisnički promet prolazi mrežom, ali i da korisnički promet ne prolazi kroz njega ako postoji problem sa samim preklopnikom. U polju **Configuration** vidimo da kod svih preklopnika stoji status **Error**. Razlog je to što su preklopnici dodani u *Aruba AirWave* sustav u read-only modu, jer se konfiguracija preklopnika izvršava na njima samima.

Ako kliknemo na ime određenog preklopnika, sustav nas preusmjeruje na detaljnije informacije povezane s preklopnikom (model uređaja, serijski broj, IP adresa, broj zauzetih portova...) i statistike o uporabi preklopnika u određenom razdoblju, poput broja klijenata i količine prometa koja je prošla kroz uređaj.

Na slici u nastavku vide se sljedeće informacije o preklopniku:

- MAC adresa uređaja,
- serijski broj,
- privatna i javna IP adresa preklopnika te pripadajući VLAN,
- informacije o statusu firmwarea i konfiguracije uređaja,
- informacije o statusu mrežnih sučelja.



Slika 65. Detaljan prikaz informacija o pojedinom preklopniku

Bežične pristupne točke

Za nadzor bežičnih pristupnih točaka u mreži u Aruba AirWave sustavu potrebno je otići na **APs/Devices**. Nakon toga otvara se prozor kao na slici u nastavku.

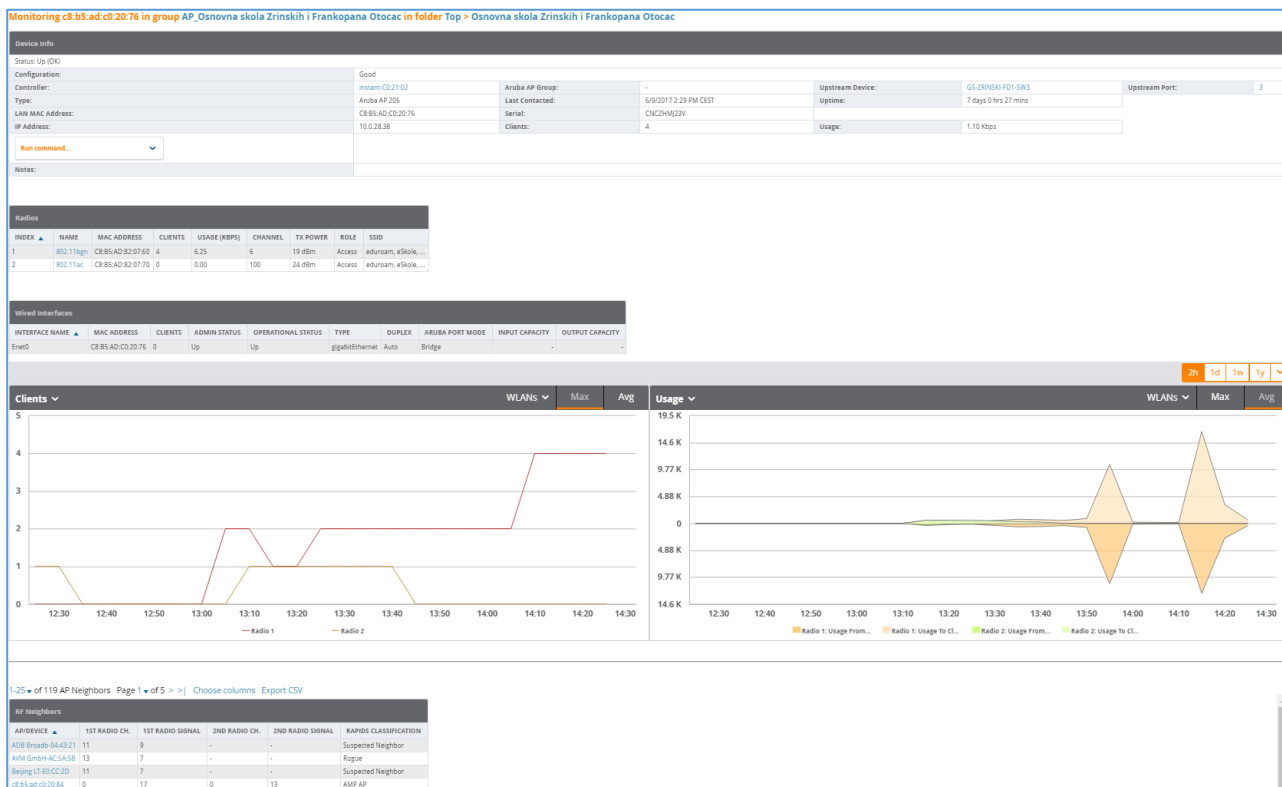
DEVICES LIST

Copy of Default View: Devices [Total Row Count: 38]

DEVICE	STATUS	TYPE	SERIAL NUMBER	LAN MAC ADDRESS	IP ADDRESS	CONFIGURATION
c8b5adc0:20:76	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ23V	C8:B5:AD:C0:20:76	10.0.28.38	Good
c8b5adc0:20:84	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ242	C8:B5:AD:C0:20:84	10.0.28.39	Good
c8b5adc0:20:b6	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ24W	C8:B5:AD:C0:20:b6	10.0.28.42	Good
c8b5adc0:20:de	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ25J	C8:B5:AD:C0:20:de	10.0.28.22	Good
c8b5adc0:20:ea	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ25Q	C8:B5:AD:C0:20:ea	10.0.28.50	Good
c8b5adc0:20:f0	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ25T	C8:B5:AD:C0:20:f0	10.0.28.41	Good
c8b5adc0:20:f2	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ25V	C8:B5:AD:C0:20:f2	10.0.28.51	Good
c8b5adc0:20:f6	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ25X	C8:B5:AD:C0:20:f6	10.0.28.40	Good
c8b5adc0:21:02 *	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ263	C8:B5:AD:C0:21:02	10.0.28.21	Good
c8b5adc0:21:04	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ264	C8:B5:AD:C0:21:04	10.0.28.49	Good
c8b5adc0:22:02	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2B7	C8:B5:AD:C0:22:02	10.0.28.44	Good
c8b5adc0:22:1c	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2BN	C8:B5:AD:C0:22:1c	10.0.28.23	Good
c8b5adc0:22:28	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2BV	C8:B5:AD:C0:22:28	10.0.28.29	Good
c8b5adc0:22:2c	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2BX	C8:B5:AD:C0:22:2c	10.0.28.26	Good
c8b5adc0:22:40	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2C7	C8:B5:AD:C0:22:40	10.0.28.43	Good
c8b5adc0:22:58	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2CM	C8:B5:AD:C0:22:58	10.0.28.48	Good
c8b5adc0:22:60	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2CR	C8:B5:AD:C0:22:60	10.0.28.28	Good
c8b5adc0:22:64	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2CT	C8:B5:AD:C0:22:64	10.0.28.25	Good
c8b5adc0:22:68	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2CW	C8:B5:AD:C0:22:68	10.0.28.32	Good
c8b5adc0:22:6a	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2CX	C8:B5:AD:C0:22:6a	10.0.28.24	Good
c8b5adc0:22:a4	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2DV	C8:B5:AD:C0:22:a4	10.0.28.46	Good
c8b5adc0:22:aa	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2DY	C8:B5:AD:C0:22:aa	10.0.28.34	Good
c8b5adc0:22:d4	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2FM	C8:B5:AD:C0:22:d4	10.0.28.33	Good
c8b5adc0:22:d6	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2FR	C8:B5:AD:C0:22:d6	10.0.28.30	Good
c8b5adc0:22:e6	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2FX	C8:B5:AD:C0:22:e6	10.0.28.36	Good
c8b5adc0:22:e8	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2FY	C8:B5:AD:C0:22:e8	10.0.28.37	Good
c8b5adc0:22:ea	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2FZ	C8:B5:AD:C0:22:ea	10.0.28.35	Good
c8b5adc0:22:ec	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2G0	C8:B5:AD:C0:22:ec	10.0.28.27	Good
c8b5adc0:22:ee	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2G1	C8:B5:AD:C0:22:ee	10.0.28.45	Good
c8b5adc0:22:f4	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2G4	C8:B5:AD:C0:22:f4	10.0.28.31	Good
c8b5adc0:23:60	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2HW	C8:B5:AD:C0:23:60	10.0.28.52	Good
c8b5adc0:23:66	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2HZ	C8:B5:AD:C0:23:66	10.0.28.53	Good
c8b5adc0:23:80	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2JD	C8:B5:AD:C0:23:80	10.0.28.47	Good

Slika 66. Prikaz statusa bežičnih pristupnih točaka

Kao što možemo vidjeti, prikaz sadržava različite informacije o statusu uređaja, broju klijenata trenutno spojenih na uređaj te kanala na kojem uređaj radi. Kao i u primjeru s preklopnicima, klikom na ime bežične pristupne točke otvara se prozor s detaljnim informacijama te bežične pristupne točke.



Slika 67. Detaljan prikaz statusa pojedine bežične pristupne točke

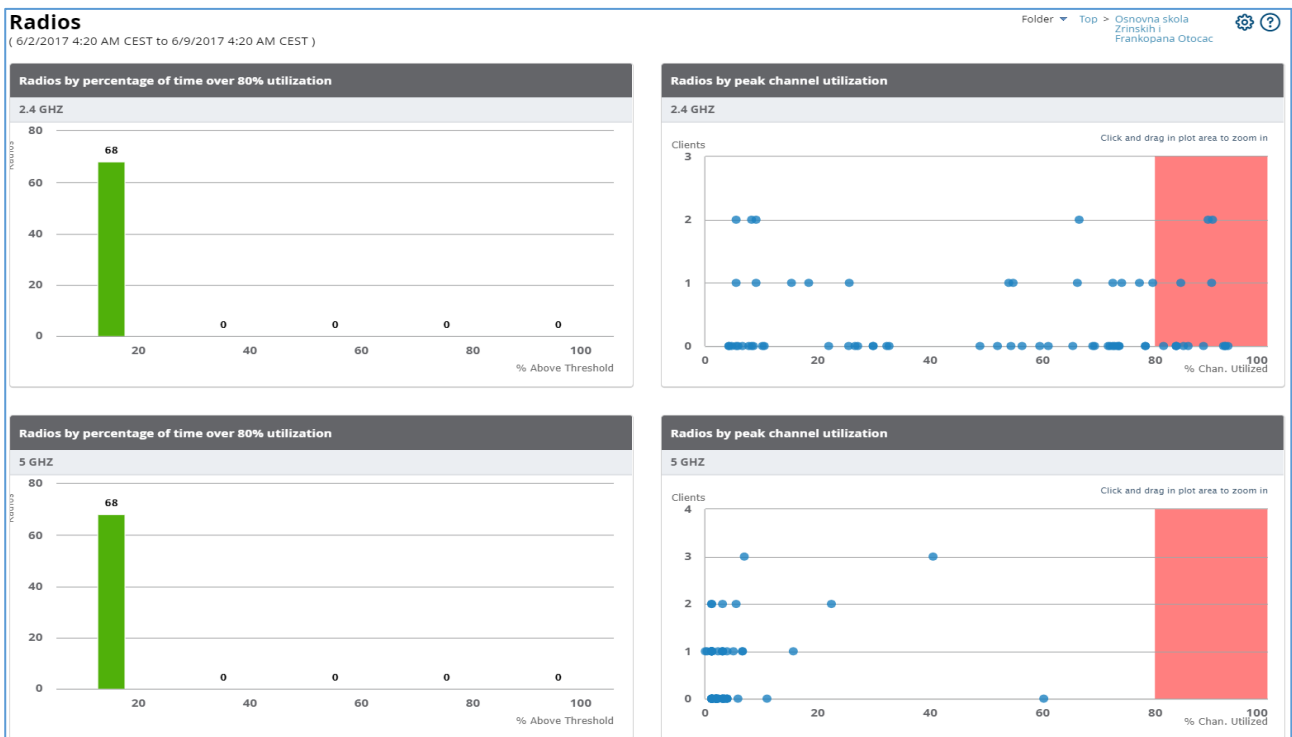
Na detaljnom prikazu možemo vidjeti popis SSID-ova aktivnih na AP-u, privatnu IP adresu uređaja, serijski broj, verziju *firmwarea*. Moguće je vidjeti i broj klijenata spojenih na AP, količinu prometa koju generira pojedini klijent, količinu prometa koja kroz AP prolazi u stvarnom vremenu, TX snagu kojom se odašilje, kanal na kojem radi AP i dr.

IAP ima i vrlo koristan alat za analizu stanja radiofrekvencijskog spektra. Klikom na **RF Performance** karticu otvara se prozor kao na slici u nastavku. Na njemu možemo vidjeti status i zagušenost RF spektra, broj klijenata na određenim AP-ovima i kanalima, kanal kojim se AP trenutno koristi, razina SNR-a i broj klijenata s određenom razinom SNR-a. Također, može se vidjeti „zdravlje“ bežične mreže po AP-ovima i s ukupnim brojem klijenata izraženo u postotcima. Možemo vidjeti i na kojem se Wi-Fi standardu spojio određeni klijent 802.11g/n/a/ac te širinu kanala kojom se koristi određeni klijent: 20, 40 ili 80 MHz.

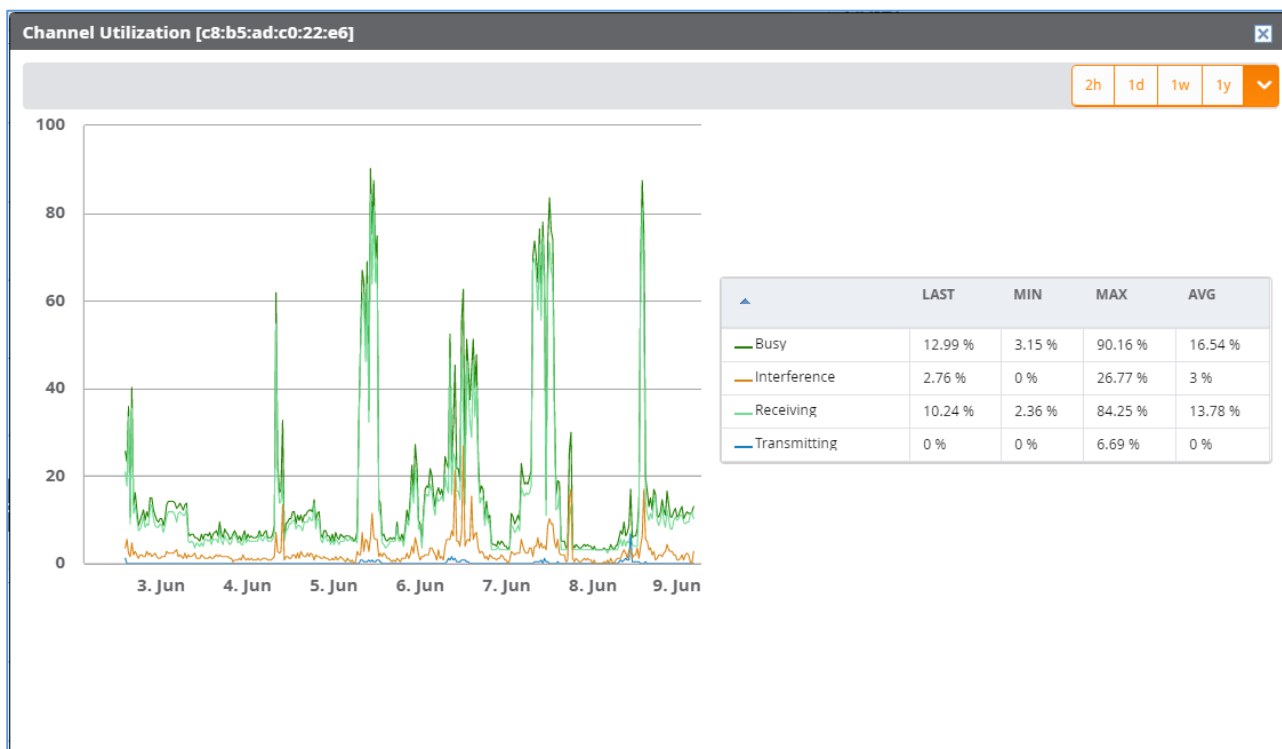


Slika 68. Prikaz RF spektra

Osim **RF Performance** pregled, može se gledati kapacitet mreže klikom na **RF Capacity**. Tu se vidi kapacitet RF spektra bežične mreže, iskorištenost/zauzeće radiospektra na 2,4 ili 5 GHz u određenom vremenu.



Slika 69. Prikaz zauzeća RF spektra po svim AP-ovima instaliranim u mreži



Slika 70. Prikaz zauzeća RF spektra po svim AP-ovima instaliranim u mreži

Klikom na neku točku (koja predstavlja bežičnog klijenta) na grafikonu *Radios by peek channel utilization* prikazuje se prozor s detaljnom zauzećem kanala, smetnjama na kanalu te primljenim i poslanim paketima u % što se može vidjeti na slici.

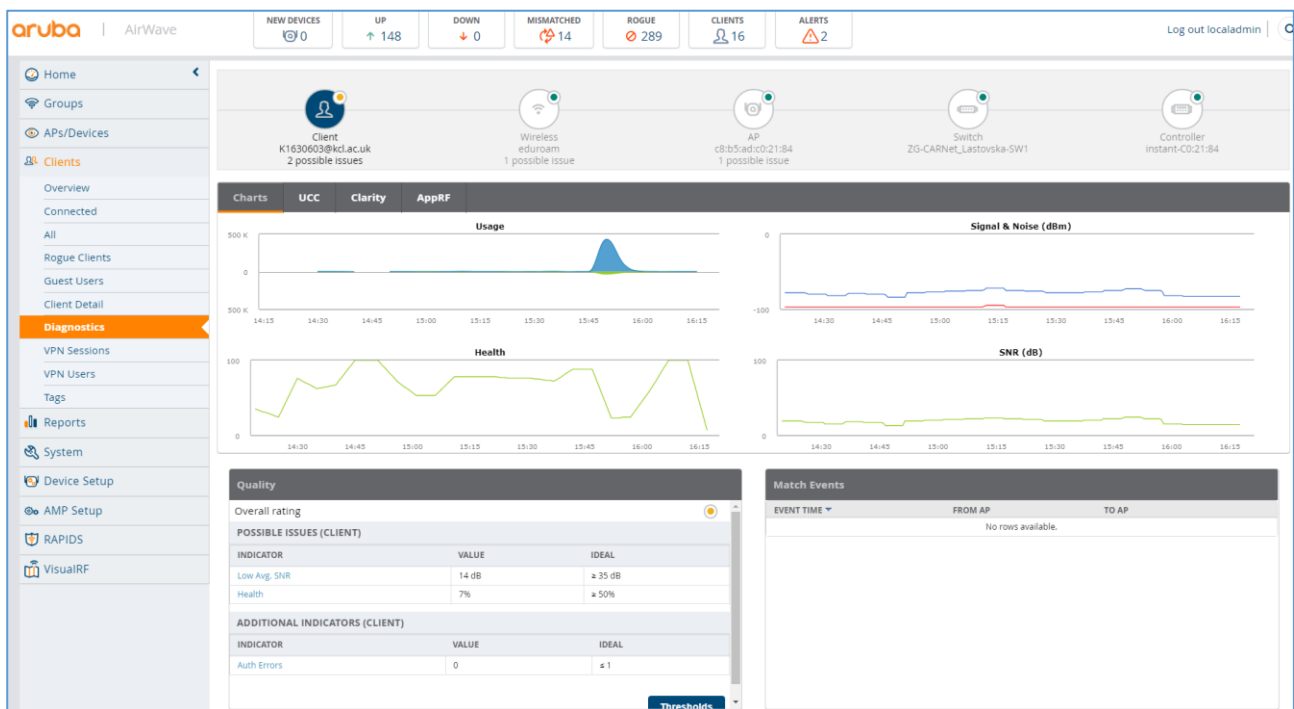
Kao što je već spomenuto, kanal na kojem AP radi i izlazna snaga signala AP-a određuje se automatski i sustav sam prilagođava parametre ovisno o stvarnom stanju na terenu.



Vježba 4. Provjera RF spektra

Polaznici edukacije prijavljuju se na *Aruba AirWave* sustav i moraju odrediti:

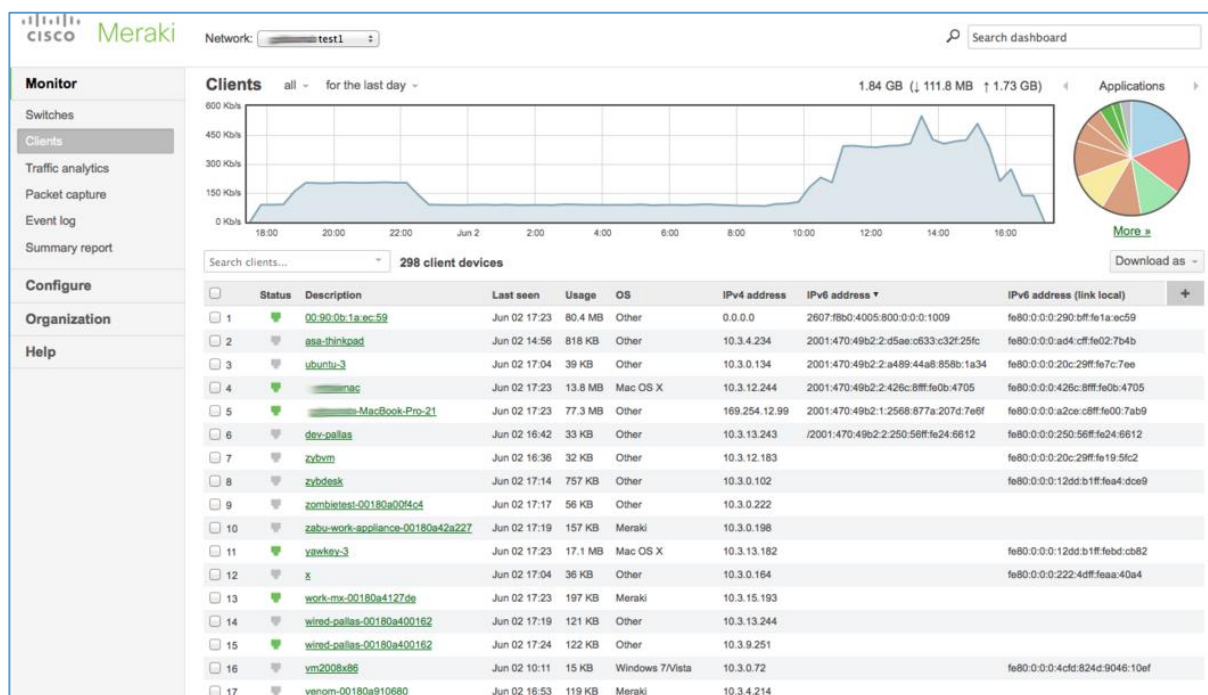
- provjeru „zdravlja“ RF spektra,
- provjeru iskorištenosti kanala na 5 GHz,
- provjeru „zdravlja“ određenog klijenta.



Slika 71. Provjera RF statusa „zdravlja“ bežičnog klijenta

Nadzor klijenata spojenih na računalnu mrežu

Meraki UTM nudi vrlo jednostavnu mogućnost nadzora klijenata spojenih na mrežu te njihovih aktivnosti. Web-sučelje jednostavno i pregledno prikazuje popis klijenata spojenih na mrežu te njihovu aktivnost na mreži. Aktivnostima klijenata vidljivih na Meraki UTM pristupa se klikom na **Network-wide > Monitor > Clients** nakon čega se otvara prozor kao na slici u nastavku.



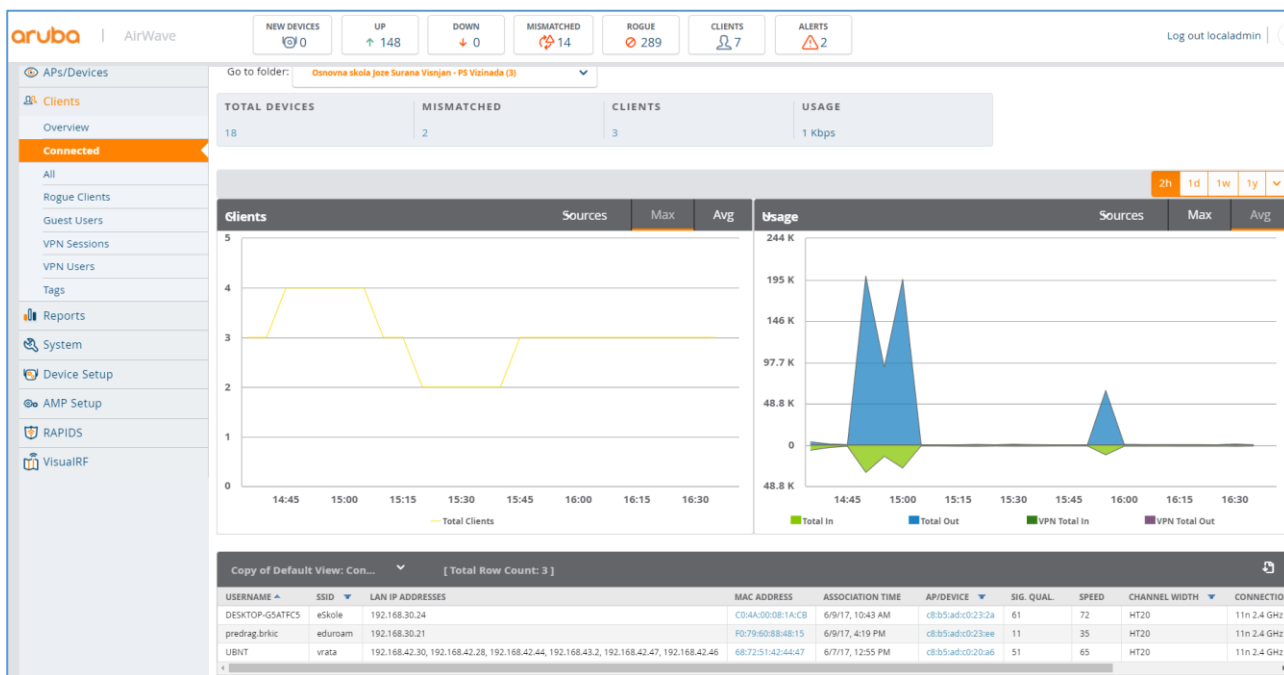
Slika 72. Popis klijenata spojenih na mrežu

Na prikazu je moguće vidjeti popis klijenata koji su se koristili mrežom u određenom razdoblju i različite informacije o klijentima:

- njihov trenutni status (aktivan na mreži ili neaktivan),
- IP adresu i VLAN-ID klijenta,
- OS instaliran na klijentskom uređaju,
- vrijeme kad je klijent prvi te posljednji put viđen na mreži,
- SSID na koji je korisnik spojen ako se koristi bežičnom mrežom,
- preklopnik i sučelje na preklopniku na koje je korisnik spojen ako se koristi žičanom mrežom,
- količinu prometa ostvarenu u određenom razdoblju,
- mrežne aplikacije kojima klijent pristupa,
- korisničko ime ako se klijent autenticirao za pristup mreži.

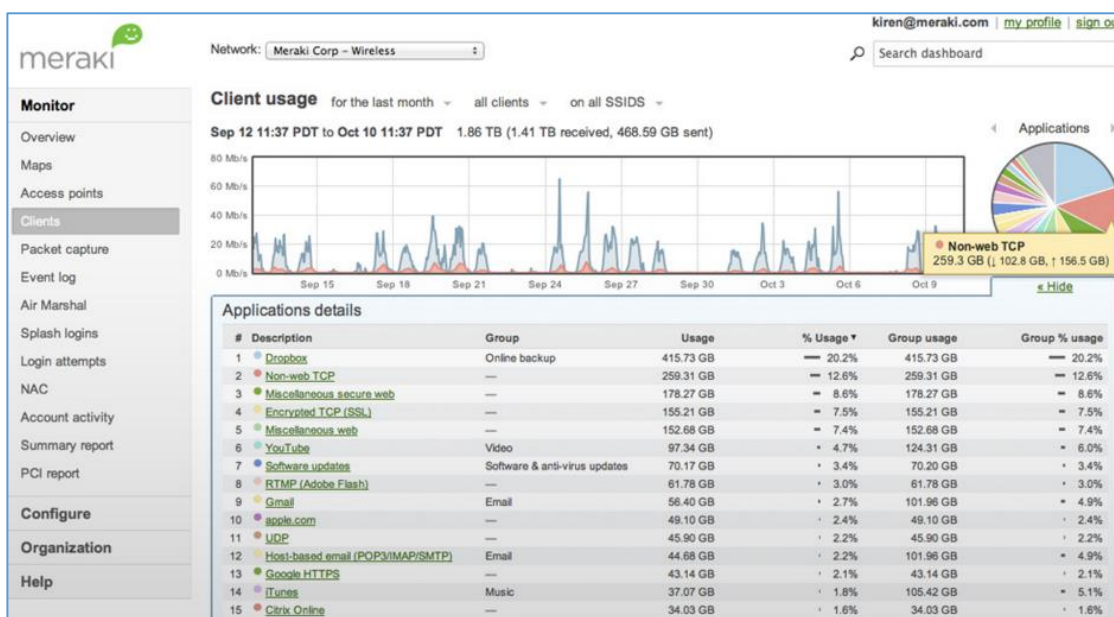
Da bi se vidio popis spojenih klijenata na bežičnoj mreži, potrebno je kliknuti na **Clients > Connected** gdje se mogu vidjeti detalji spojenih bežičnih klijenata kao što su:

- IP adresa,
- SSID,
- MAC adresa,
- *username* – korisničko ime,
- AP na koji je klijent spojen,
- Speed – brzina,
- širina kanala,
- *signal quality* – kvaliteta signala SNR.



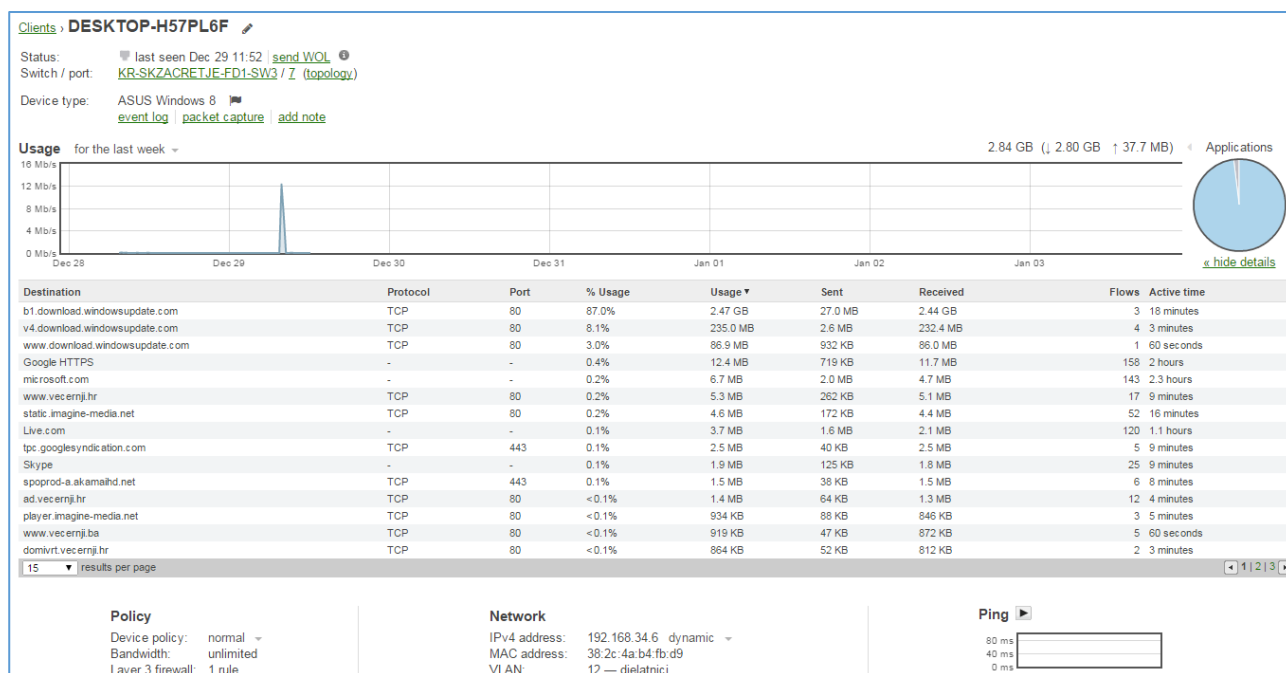
Slika 73. Popis klijenata spojenih na bežičnu mrežu

Osim informacija o klijentima, na grafičkom i tabličnom prikazu moguće je vidjeti koje se aplikacije primjenjuju u mreži, koliko pojedine aplikacije opterećuju mrežu te po potrebi klikom na željenu aplikaciju moguće je ograničiti brzinu pristupa na nju ako se utvrdi da prekomjerno opterećuje mrežu. Detaljnom prikazu o korištenju aplikacijama pristupa se klikom na *More* ispod grafičkog prikaza u gornjem desnom kutu ekrana. Nakon toga otvara se prozor kao na slici u nastavku.



Slika 74. Popis aplikacija korištenih u mreži

Klikom na pojedinog klijenta otvara se prozor kao na slici u nastavku, gdje možemo vidjeti detaljan prikaz aktivnosti tog klijenta na mreži.



Slika 75. Popis aplikacija kojima određeni klijent pristupa

Filtriranje klijenata

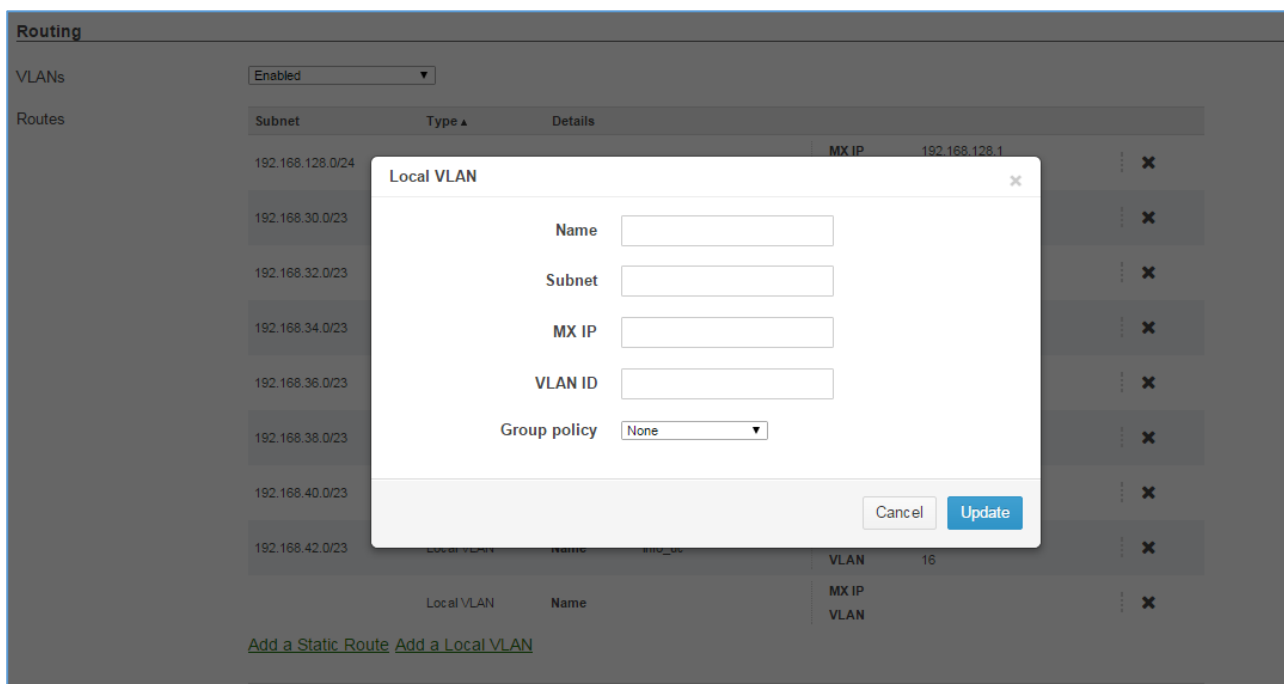
Ako se primijeti da pojedini klijent generira previše prometa te time opterećuje mrežu i ometa rad ostalih korisnika, moguće mu je onemogućiti pristup mreži ili ograničiti pristup mreži primjenom tzv. *Group-policy* pravila.

Na slici u nastavku prikazana je opcija zabrane pristupa mreži za željenog klijenta.

Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi

Kreiranje novog VLAN-a na UTM-u

U Meraki dashboardu klikom na **Security Appliance > Configure > Addressing&VLANs** u dijelu routing potrebno je kliknuti na **Add a Local VLAN** nakon čega se otvara prozor kao na slici u nastavku.



Slika 77. Kreiranje novog VLAN-a na Meraki MX UTM-u

Prilikom kreiranja ovog VLAN-a potrebno je definirati ime, IP mrežu, IP adresu UTM-a te VLAN ID. Prema potrebi na VLAN se može primijeniti i *Group-policy*. Prilikom kreiranja novog VLAN-a na Meraki MX-u automatski se aktivira DHCP server za navedeni VLAN.

Rekonfiguracija sučelja na preklopniku

Rekonfiguracija sučelja na preklopniku radi se klikom na **APs/Devices**, nakon čega se otvara prozor kao na slici u nastavku. U navedenom prozoru prikazani su svih preklopnici instalirani na lokaciji.

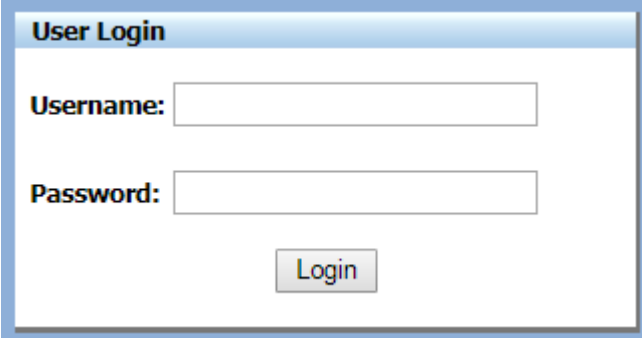
Mišem se pozicioniramo iznad IP adrese željenog preklopnika i na skočnom prozoru izabiremo **HTTPS** što nas preusmjeruje na web-stranicu preklopnika.

DEVICE	STATUS	TYPE	SERIAL NUMBER	LAN MAC ADDRESS	IP ADDRESS	CONFIGURATION
c8b5:ad:c0:20:76	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ23V	C8:B5:AD:C0:20:76	10.0.28.38	Good
c8b5:ad:c0:20:84	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ242	C8:B5:AD:C0:20:84	10.0.28.39	Good
c8b5:ad:c0:23:80	Up	Aruba AP 205	CNCZHMJ2JD	C8:B5:AD:C0:23:80	10.0.28.47	Good
GS-ZRINSKI-BD1-SW1	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20NT	9C:DC:71:38:13:80	10.0.28.4	Error
GS-ZRINSKI-BD1-SW2	Up	Aruba 2930F-8G-PoE+-25FP+	CN71HKZ0HL	F4:03:43:07:63:D0	10.0.28.5	Error
GS-ZRINSKI-FD1-SW3	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20C7	9C:DC:71:38:42:40	10.0.28.6	Error
GS-ZRINSKI-FD2-SW4	Up	Aruba 2930F-24G-PoE+-45FP	CN72HL20W0	9C:DC:71:38:D1:E0	10.0.28.7	Error
Instant-C0:21:02	Up	Aruba Instant Virtual Controller	-	-	10.0.28.21	Good

Slika 78. Popis preklopnika u mreži

Prilikom spajanja na preklopnik potrebno je kliknuti na Login i unijeti korisničko ime i lozinku (username i password AAI@EduHr, slika 78.), nakon čega se otvara početna stranica preklopnika. Da bismo promijenili VLAN ili kreirali novi VLAN na sučelju, potrebno je kliknuti na **VLAN > VLAN Mgmt**. Postupak kreiranja novog VLAN-a vidljiv je na slici 79. Prvo kliknemo na **Add VLAN**, zatim upisujemo **VLAN ID**, tj. jedinstveni broj VLAN-a u numeričkom obliku, i upisujemo u polje **VLAN Name** opisni naziv VLAN-a. Na kraju unosa kliknemo na **Save**.

U slučaju da želimo samo promijeniti VLAN na sučelju, potrebno je kliknuti na **VLAN > VLAN Mgmt** i izabirati postojeći VLAN. Zatim na izborniku **Ports** kliknemo na **Change** i izabiremo **broj sučelja**. Odaberemo **Mode: no** i kliknemo na **Save**. Nakon toga izabiremo VLAN koji želimo postaviti na sučelje. Na **Ports** kliknemo na **Change** i izabiremo **broj sučelja**. Odaberemo **Mode: untagged** i kliknemo na **Save**. Slika 80. prikazuje proceduru promjene VLAN-a na sučelju preklopnika.



The image shows a web-based login interface for an Aruba switch. It features a light blue header with the text 'User Login'. Below the header, there are two text input fields. The first is labeled 'Username:' and the second is labeled 'Password:'. At the bottom center of the form is a button labeled 'Login'.

Slika 79. Logiranje na Aruba preklopniku

aruba

VT-GIMPPRERAD-FD1-SW3

- Home
 - Quick Setup
 - Status
- System
- Interface
- VLAN
 - VLAN Mgmt**
 - Traffic Mgmt
 - Spanning Tree
 - Multicast
 - Security
 - Troubleshooting

VLAN > VLAN Mgmt [Reboot] ?

VLAN Information Change ?

Primary VLAN:	VLAN 1	Max VLANs:	256	QinQ:	Disabled
Management VLAN:	NONE	GVRP:	Disabled	Tag Type:	0x88a8

VLAN Table Add VLAN Delete VLAN ?

Filter By: ID

ID	Name	Status	Voice	Jumbo	IP Config	IP Address
New_Vlan						
1	MGMT	Port Based	No	No	Manual	10.0.1.6
10	ucenici	Port Based	No	No	Disabled	
11	nastavnici	Port Based	No	No	Disabled	
12	djelatnici	Port Based	No	No	Disabled	
13	gosti	Port Based	No	No	Disabled	
14	eduroam	Port Based	No	No	Disabled	
15	javni_servisi	Port Based	No	No	Disabled	
16	info_unionica	Port Based	No	No	Disabled	

Page 1 of 1 Displaying VLAN 1 - 8 of 8

VLAN undefined

VLAN Properties [Save] [Cancel] ?

ID: 100

VLAN Name: TEST

Status: Port Based

Primary VLAN:

Management VLAN:

Slika 80. Kreiranje novog VLAN-a na preklopniku

GS-ZRINSKI-BD1-SW1

- Home
 - Quick Setup
 - Status
- System
- Interface
- VLAN**
 - VLAN Mgmt**
- Traffic Mgmt
- Spanning Tree
- Multicast
- Security
- Troubleshooting

VLAN > VLAN Mgmt [Reboot] ?

VLAN Information Change ?

Primary VLAN:	VLAN 1	Max VLANs:	256	QinQ:	Disabled
Management VLAN:	NONE	GVRP:	Disabled	Tag Type:	0x88a8

VLAN Table Add VLAN Delete VLAN ?

Filter By: ID

ID	Name	Status	Voice	Jumbo	IP Config	IP Address
1	MGMT	Port Based	No	No	Manual	10.0.28.4
10	ucenici	Port Based	No	No	Disabled	
11	nastavnici	Port Based	No	No	Disabled	
12	djelatnici	Port Based	No	No	Disabled	
13	gosti	Port Based	No	No	Disabled	
14	eduroam	Port Based	No	No	Disabled	
15	javni_servisi	Port Based	No	No	Disabled	
16	info_ucionica	Port Based	No	No	Disabled	

Page 1 of 1 Displaying VLAN 1 - 8 of 8

VLAN 16

VLAN Properties [Change] ?

Ports [Save] [Cancel] ?

Modify port VLAN Configuration

Port	Port Name
14	IAP
15	IAP
16	
17	
18	STEM_TV
19	
20	
21	
22	
23	TRUNK
24	

Mode for selected ports

Mode:

Slika 81. Promjena VLAN-a na sučelju



Vježba 6. Kreiranje novog VLAN-a i dodjela sučelja na preklopniku u novi VLAN

Na Meraki MX UTM-u potrebno je kreirati novi VLAN sa sljedećim postavkama:

- Name: TEST,
- Subnet 172.0.0.0/24,
- MX IP 172.0.0.1,
- VLAN ID 100.

Na Aruba preklopniku potrebno jedno od nekorištenih sučelja treba postaviti u *untagged* način rada i postaviti u VLAN 100.

Spojiti PC u konfigurirano sučelje i provjeriti IP adresu koja je dodijeljena PC-ju.

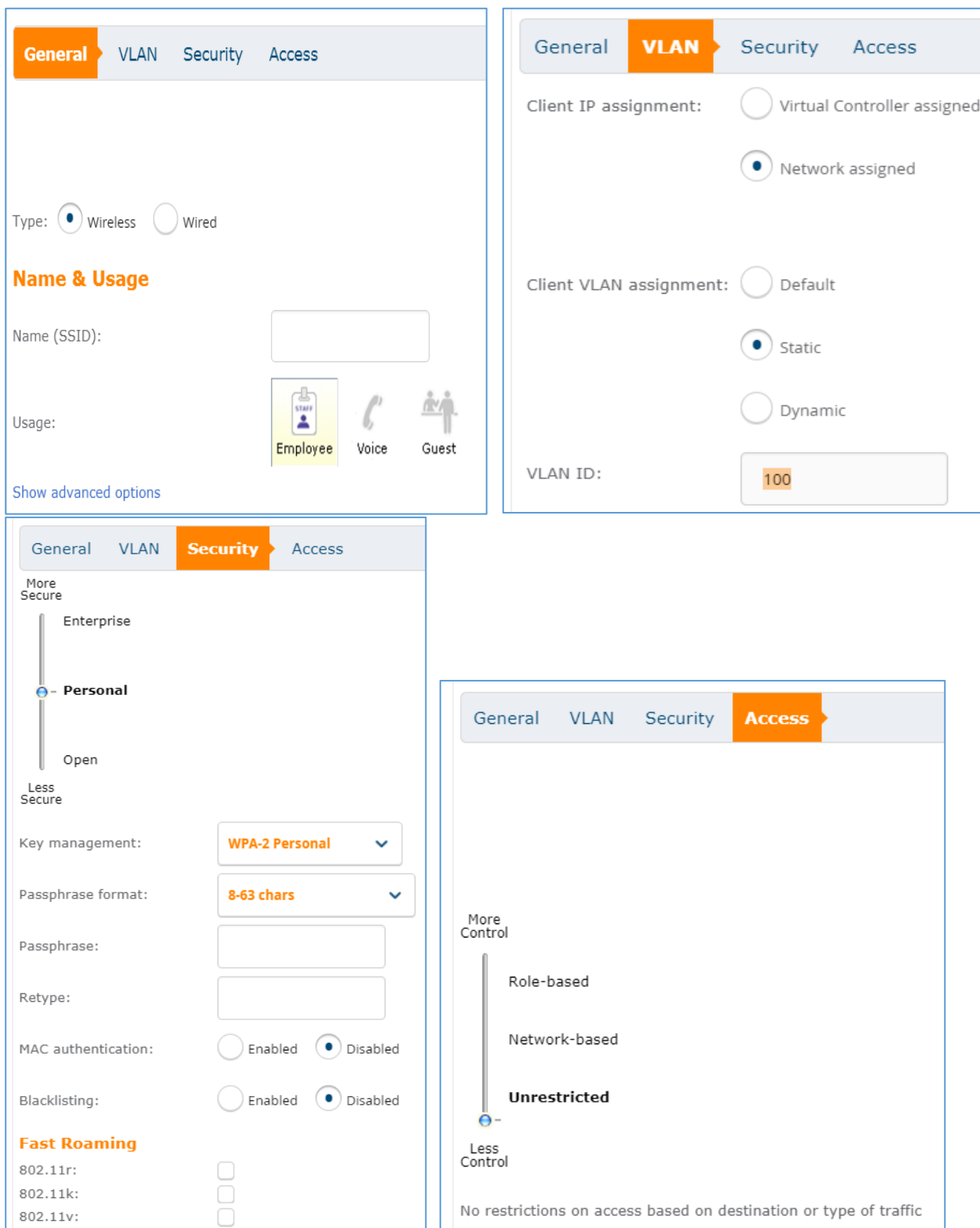
Kreiranje nove bežične mreže

Prilikom kreiranja bežične mreže na *Aruba AirWave* sučelju treba kliknuti na **Groups > AP_Škola_x > Instant Config** nakon čega se otvara prozor kao na slici u nastavku.

NAME	USAGE	TYPE	SECURITY
default_wired_port_profile	employee	Wired	trunk
eduroam	employee	Wireless	wpa2-aes
eSkole	guest	Wireless	wpa2-psk-aes
guest	guest	Wireless	opensystem
wired-instant	guest	Wired	access

Slika 82. Popis bežičnih mreža kreiranih u školi

Da bi se kreirala nova mreža, kliknemo na znak **+** kod **Networks** i slijedimo upute čarobnjaka. Čarobnjak nas vodi kroz postavke bežične mreže: General, VLAN, Security i Access. Nakon što unesemo i popunimo sva potrebna polja na svakoj kartici – engl. *tab*, potrebno je kliknuti na **Save** pa na **Apply** i **Yes**.



Slika 83. Konfiguracijske postavke bežične mreže

U navedenom dijelu konfiguriraju se sigurnosne postavke, mehanizmi autentikacije, LAN postavke i dodatne opcije bežične mreže.



Vježba 7. Kreiranje nove bežične mreže

Na *Aruba AirWave* bežičnoj mreži potrebno je kreirati novi VLAN sa sljedećim postavkama:

- SSID Name: TEST,
- Usage: Employee,
- Definirati da klijenti pripadaju u VLAN 100,
- Security: Personal,
- Key management: WPA2 Personal,
- Passphrase format: UpisiLozinkuPoZelji,
- Access: Unrestricted.

Klijentski uređaj potrebno je spojiti na mrežu i provjeriti IP adresu uređaja te mogućnost pristupa internetu.

Kreiranje računa Gost za spajanje na SSID: *Guest*

Za spajanje u guest mrežu potrebno je kreirati korisnički račun u *Aruba AirWave* sustavu. Klikom na **Groups > AP_Škola_x > Instant Config** otvara se prozor kao na slici u nastavku te na lijevoj strani kliknemo na **Security > Users for Internal Server**. Zatim upisujemo potrebne podatke **Username** i **Password** te kliknemo na **Add**.

Slika 84. Dodavanje novog korisnika na guest mrežu

Nakon unosa **Username** i **Password** u polju **Type** treba odabrati tip korisnika, što je u našem slučaju uvijek **Guest** i kliknemo na **Add**. Zatim je potrebno pohraniti podatke pritiskom na tipku **Save** i **Apply**.

Provjera statusa licencija

U slučaju isteka Meraki UTM licencija može doći do prekida rada mreže. Stoga je važno voditi računa da su licencije ažurne. Status licencija može se provjeriti klikom na **Organization > Configure > License info**.

License information

License status **Ok**
 License expiration **Dec 30, 2020 (1821 days from now)**
 MX Advanced Security **Enabled**
 Systems Manager **Enabled (free <= 100 devices)**

	License limit	Current device count
MX100	1	1
MS220-8P	7	7
MS220-24P	3	3
Systems Manager Agent	100	0
Wireless AP	24	24

[Add another license](#)

License History

Show invalidated licenses

Key	Start date	Claimed at	Type	Edition	Devices	License Term
ZZXM-SM9R-67Y5	01/03/2016	01/04/2016 06:46AM	Add devices	Advanced Security	3 MS220-24P, 7 MS220-8P, 1 MX100, 24 Wireless APs	1823 days

Slika 85. Status licencije u Meraki dashboardu

Provjera statusa licencija na *Aruba AirWave* sustavu potrebna je samo kad dodajemo nove mrežne uređaje u mrežu. *Aruba AirWave* licencije dodaju se jednokratno i nemaju ograničeno trajanje, a u sustav ih može dodati jedino AMP administrator sustava. Da bismo provjerili stanje licencija, na početnoj stranici **Home** treba kliknuti na **License**, kao što je vidljivo na slici u nastavku.

The screenshot shows the Aruba AirWave dashboard. At the top, there are status indicators for NEW DEVICES (0), UP (638), DOWN (74), MISMATCHED (98), ROGUE (2457), CLIENTS (43), and ALERTS (3). The main content area is titled 'License' and includes a summary table, a list of licenses, and 'Expiry Notification Settings'.

ORGANIZATION	PRODUCT	PACKAGE	TYPE	DEVICE COUNT	IP ADDRESS	DAYS REMAINING	EXPIRATION DATE	VALID
<input type="checkbox"/> Hrvatska akademska i istraživačka mreža - CARNet	AMP	LIC-AW	AMP	360	10.255.255.10	-	-	Yes
<input type="checkbox"/> Hrvatska akademska i istraživačka mreža - CARNet	AMP	LIC-AW	AMP	535	10.255.255.10	-	-	Yes

Expiry Notification Settings:
 Receive Email Notification
 Recipient Email Addresses:

Slika 86. Status licence Aruba AirWave

Prijava problema na helpdesk sustav

Za vrijeme izvođenja projekta, odnosno do **1. rujna 2017.**, problemi se prijavljuju elektroničkom poštom na adresu hdesk@storm.hr. U slučaju nemogućnosti prijave putem e-pošte ili u slučaju da u roku od dva sata od zaprimanja prijave nije primljena povratna informacija o preuzimanju problema, problem treba prijaviti:

- elektroničkom poštom na adresu infra.odrzavanje@storm.hr,
- pozivom na broj 01/2352 201.

Nakon **1. rujna 2017.**, odnosno kad projekt uđe u fazu održavanja, problemi se prijavljuju:

- elektroničkom poštom na adresu helpdesk@king-ict.hr,
- putem *web*-stranice helpdesk sustava na adresu <https://support.king-ict.hr>,
- pozivom na broj 01/6690 899.

Popis literature

Literatura se navodi abecednim redom prezimena autora kako slijedi u primjerima.

Bybee, R. W. (2010) **Advancing STEM Education: A 2020 Vision. Technology & Engineering Teacher**. 70:1, 30-35.2.

Jandrić, Petar; Boras; Damir (ur.) (2015) **Critical Learning in Digital Networks**. New York: Springer.

MZOŠ (2014) **Strategija obrazovanja, znanosti i tehnologije**. Dostupno na <http://public.mzos.hr/Default.aspx>, 27.4.2015.

Pavelin, Krešimir (2017) **Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A**. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža –CARNet.

Šimović, V.; Ružić-Baf, M. (2013) **Suvremeni informacijski sustavi**. Pula: Sveučilište Jurja Dobrile.

Impresum

Nakladnik: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet

Projekt: „e-Škole: Uspostava sustava razvoja digitalno zrelih škola (pilot-projekt)“

Autor: Tomislav Bagarić

Zagreb, kolovoz 2017.

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske akademske i istraživačke mreže – CARNet.

Kontakt

Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

Tel.: +385 1 6661 555

www.carnet.hr

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na *web*-stranicama Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije: www.strukturnifondovi.hr.

Ovaj priručnik izrađen je s ciljem podizanja digitalne kompetencije korisnika u sklopu projekta e-Škole: Uspostava sustava razvoja digitalno zrelih škola (pilot-projekt), koji sufinancira Europska unija iz europskih strukturnih i investicijskih fondova. Nositelj je projekta Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.