



e-Škole  
RAZVOJ SUSTAVA  
DIGITALNO ZRELIH ŠKOLA  
(II. FAZA)

Upoznavanje s mrežnom  
opremom i sustavom za  
upravljanje i nadzor mreže:

**Mrežno rješenje Cisco Meraki**

**CARNET**



2023. GODINA  
**EUROPSKI STRUKTURNI  
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



Operativni program  
**KONKURENTNOST  
I KOHEZIJA**

## Sadržaj

Popis kratica .....	4
1. Uvodne informacije .....	5
2. Osnove mrežnog sustava .....	6
3. Aktivna mrežna oprema u školama .....	7
3.1. Arhitektura sustava .....	7
3.2. WAN i LAN mreža .....	8
3.2.1. Mrežni usmjerivač .....	8
3.2.2. Konfiguracijske značajke .....	10
3.3. Bežična mreža .....	11
3.3.1. Bežične pristupne točke .....	11
3.3.2. Konfiguracijske značajke .....	13
4. Sustav za upravljanje i nadzor mreže .....	15
4.1. Osnovne sastavnice sustava .....	15
4.2. Pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti .....	17
5. Administracija i održavanje implementirane mrežne infrastrukture .....	19
5.1. Spajanje mrežnog uređaja .....	19
5.2. Vraćanje konfiguracije na tvorničke postavke .....	24
5.2.1. Vraćanje usmjerivača na tvorničke postavke .....	24
5.2.2. Vraćanje bežične pristupne točke na tvorničke postavke .....	25
5.3. Nadzor nad mrežnom opremom .....	25
5.4. Nadzor nad klijentima na mreži .....	29
5.5. Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi .....	32
5.5.1. Primjer konfiguracije sučelja usmjerivača .....	32
5.5.2. Primjer konfiguracije rute na usmjerivaču .....	34
5.5.3. Primjer dodavanja sigurnosnog pravila .....	35
5.5.4. Primjer kreiranja novog VLAN-a i DHCP poola .....	36
5.5.5. Definiranje dodatnih postavki za DHCP .....	38
5.5.6. Primjer uključenja i kreiranja novih bežičnih mreža ( <i>SSID-a</i> ) .....	39
5.5.7. Primjer kreiranja i uklanjanja korisnika na Meraki sustav .....	43
5.5.8. Spajanje na bežičnu mrežu <i>guest</i> .....	46
5.5.9. Spajanje na bežične mreže <i>eSkole</i> i <i>eduroam</i> .....	48
5.5.10. Postavljanje korisnika na listu blokiranih ( <i>blacklist</i> ) .....	52

5.5.11. Postavljanje korisnika na listu bez ograničenja ( <i>whitelist</i> ) .....	56
5.6. Otklanjanje poteškoća na mreži.....	58
5.6.1. Prikaz snimanja mrežnog prometa.....	58
5.6.2. Pregled detalja bežičnih pristupnih točaka .....	61
5.6.3. Primjena opcije <i>Ping</i> .....	66
5.6.4. Smjernice za otklanjanje poteškoća .....	68
6. Prijava poteškoća i upita CARNET-ovom <i>helpdesku</i> .....	70
Popis slika .....	71
Popis tablica .....	73
Popis literature.....	73
Impresum.....	74

## Popis kratica

**ACL** (engl. *Access Control List*) – Lista s pravima pristupa

**AP** (engl. *Access Point*) – Bežična pristupna točka

**APIPA** (engl. *Automatic Private IP Addressing*) – DHCP klijenti automatski dobivaju IP adresu kada DHCP poslužitelj nije dostupan.

**BD** (engl. *Building Distributor*) – Razdjelnik zgrade

**CPE** (engl. *Customer Premises Equipment*) – Oprema smještena na lokaciji korisnika

**DHCP** (engl. *Dynamic Host Configuration Protocol*) – Mrežni protokol korišten od strane mrežnih računala za dodjeljivanje IP adresa

**DIS** – Dokumentacija izvedenog stanja

**DNS** (engl. *Domain Name System*) – Domenski sustav imena

**EANE** (engl. *Existing Active Network Equipment*) – Postojeća aktivna mrežna oprema

**EFD** (engl. *Existing Floor Distributor*) – Postojeći etažni razdjelnik

**EKM** – Elektronička komunikacijska mreža

**FD** (engl. *Floor Distributor*) – Etažni razdjelnik

**GE** (engl. *Gigabit Ethernet*) – Prijenos Ethernet okvira brzinom od gigabita u sekundi

**GIP** – Glavni izvedbeni projekt

**HTTPS** (engl. *Hypertext Transfer Protocol Secure*) – Skup pravila koja se koriste za siguran prijenos hipertekstualnih dokumenata između dva računala

**IP** (engl. *Internet Protocol*) – Mrežni protokol za prijenos podataka

**LAN** (engl. *Local Area Network*) – Lokalna računalna mreža

**MU-MIMO** (engl. *Multi-user MIMO*) – Skup tehnologija s više ulaza i više izlaza za višestruku bežičnu komunikaciju

**MSP** (engl. *Managed Service Provider*) – Upravljeni davatelj usluga

**NAT** (engl. *Network Address Translation*) – Prijevod IP adrese iz jedne mreže u drugu IP adresu u drugoj mreži

**OSI** (engl. *Open Systems Interconnection*) – Model ili referentni model za otvoreno povezivanje sustava, predstavlja najčešće korišten apstraktni opis arhitekture mreže

**PDF** (engl. *Portable Document Format*) – Format zapisa dokumenata kojeg je kreirala kompanija Adobe Systems

**PoE** (engl. *Power Over Ethernet*) – Napajanje preko pasivne mrežne infrastrukture

**PSK** (engl. *Pre-shared key*) – Unaprijed podijeljeni ključ

**PP** – Prespojni panel

**QoS** (engl. *Quality of Service*) – Kvaliteta usluge u mreži

**RF** (engl. *Radio Frequency*) – Radijska frekvencija

**SSID** (engl. *Service Set Identifier*) – Naziv (identifikator) bežične mreže

**STP** – Stručnjak za tehničku podršku

**STP** (engl. *Spanning Tree Protocol*) – Mrežni protokol koji gradi logičku topologiju mreže bez petlji

**TCP/IP** (engl. *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) – Referentni model, tehnički otvoreni standard Interneta

**TO** (engl. *Telecommunications Outlet*) – Priključna točka na pasivnu mrežnu infrastrukturu

**UTP** (engl. *Unshielded Twisted Pair*) – Neoklopljena upletena parica

**VLAN** (engl. *Virtual Local Area Network*) – Virtualna lokalna mreža

**WAN** (engl. *Wide Area Network*) – Mreža širokog područja

**WPA2** (engl. *Wi-Fi Protected Access 2*) – Algoritam za sigurnu komunikaciju putem IEEE 802.11 bežičnih mreža

## 1. Uvodne informacije

Priručnik o mrežnoj opremi i sustavu za upravljanje i nadzor mreže opisuje aktivnu mrežnu infrastrukturu implementiranu u školama u sklopu druge faze programa “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)”.

Osim opisa implementirane mrežne infrastrukture priručnik pruža osnovne informacije potrebne za administraciju, praćenje rada, detektiranje i otklanjanje manjih poteškoća u radu implementiranog aktivnog mrežnog sustava koji se zasniva na rješenju proizvođača Cisco.

U priručniku se ujedno nalaze upute o postupanju u slučajevima poteškoća u radu sustava te načinu prijave takvih poteškoća CARNET-ovom helpdesku.

Priručnik je namijenjen osobama koje pružaju tehničku podršku školama, odnosno stručnjacima za tehničku podršku, administratorima resursa u školama te svim drugim osobama koje jesu ili će biti angažirane na održavanju funkcionalnog mrežnog sustava u školama, a kako bi se što bolje upoznali s implementiranim sustavom na operativnoj razini.

## 2. Osnove mrežnog sustava

Kao preduvjet za administraciju i nadzor nad računalnom mrežom infrastrukturom implementiranom u sklopu projekta “e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“, nužno je da stručnjak za tehničku podršku (STP) zadužen za administraciju sustava bude upoznat s osnovama mrežnog sustava, mrežnim protokolima i servisima, osnovama rada bežične mreže, kao i sa sigurnošću računalnih mreža.

Budući da se od stručnjaka za tehničku podršku očekuje poznavanje osnova mrežnih tehnologija i pripadajućih protokola, u ovom priručniku osnove neće biti dodatno pojašnjene.

Od stručnjaka za tehničku podršku očekuje se osnovno znanje o sljedećim područjima implementacije i održavanja sustava mrežnih tehnologija:

- 7 slojeva OSI mrežnog modela (OSI - engl. *Open Systems Interconnection*), 4 sloja mrežnog TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) modela,
- adresiranje u računalnim mrežama,
- mrežni protokoli,
- sigurnost lokalnih mreža,
- mrežni uređaji
  - L2/L3 preklopnik, usmjeritelj, vatrozid, bežična pristupna točka (AP – engl. *Access Point*),
- bežična mreža
  - frekvencijski pojas (2,4 GHz, 5 GHz) i kanali,
  - standardi 802.11 a/b/g/n/ac,
  - sigurnost u bežičnim mrežama – autentikacija, autorizacija i enkripcija.

### 3. Aktivna mrežna oprema u školama

Implementirani mrežni sustav u cijelosti je zasnovan na rješenjima proizvođača Cisco.

Osnovne komponente implementiranog aktivnog mrežnog sustava u školama, isporučeni modeli, njihova uloga i konfiguracijske značajke opisani su niže u ovome poglavlju.

#### 3.1. Arhitektura sustava

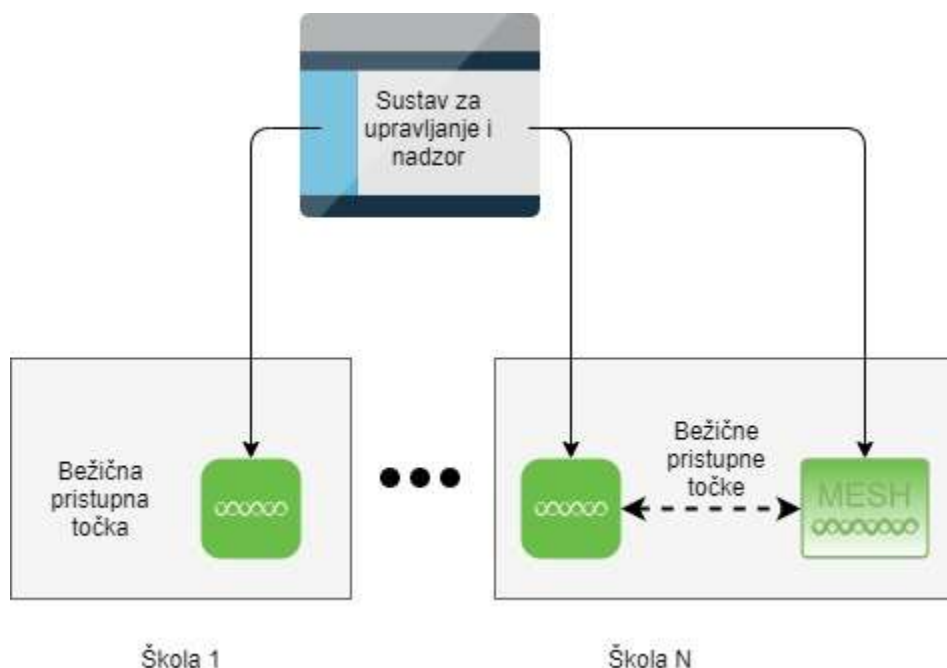
Implementirani mrežni sustav predstavlja rješenje u kojem se instaliranom mrežnom opremom upravlja putem središnjeg sustava za upravljanje i nadzor mreže.

Implementirani mrežni sustav sastoji se od središnjeg upravljačkog dijela mreže i lokalne mreže škole. U ovom poglavlju stavljen je naglasak na implementiranu aktivnu mrežnu opremu lokalne mreže škole, dok je upravljački dio implementiranog mrežnog sustava opisan u poglavlju 5 „Sustav za upravljanje i nadzor mreže“.

Sve aktivne mrežne komponente škole čine logičku cjelinu pristupnog sloja, a sastoje se od:

- mrežnog usmjerivača (žični pristup),
- bežičnih pristupnih točaka (bežični pristup).

Na mrežni usmjerivač su povezane bežične pristupne točke.



Slika 1: Shema implementiranog sustava sa sastavnim blokovima

## 3.2. WAN i LAN mreža

U ovom poglavlju su opisani mrežni usmjerivač i virtualni LAN-ovi.

### 3.2.1. Mrežni usmjerivač

Mrežni usmjerivač omogućuje prijenos podataka između mreža, prilagođavajući pritom podatke za prijenos iz jednog sustava u drugi.

Osnovni zadatak koji usmjerivači obavljaju je provjera odredišne IP adrese za svaki paket koji pristigne na neko od mrežnih sučelja na usmjerivaču, pronalazak gdje treba preusmjeriti taj paket u tablici usmjeravanja te prosljeđivanje paketa na odgovarajuće sučelje.

U sklopu implementiranog mrežnog rješenja u školama, ulogu mrežnog usmjerivača ima uređaj **Cisco Meraki Z3** (u daljnjem tekstu usmjerivač). Ovaj usmjerivač omogućuje povezivanje LAN mreže škole na internet. Usmjerivač se na mrežu povezuje preko Port 1 sučelja.

Usmjerivač Cisco Meraki Z3 prikazan je na slici u nastavku.



Slika 2: Prednja strana usmjerivača Cisco Meraki Z3



Slika 3: Stražnja strana usmjerivača Cisco Meraki Z3



Količine i tipovi ugrađenih sučelja usmjerivača Cisco Meraki Z3:

- 1 x WAN GbE (Port 1)
- 3 x LAN GbE (Port 2 – Port 4)
- 1 x LAN PoE GbE (Port 5)

Uz funkciju usmjeravanja podatkovnih paketa, usmjerivač Cisco Meraki Z3 ima i druge ključne mrežne funkcionalnosti koje su opisane u nastavku.

Funkcionalnosti usmjerivača Cisco Meraki Z3 u sklopu implementiranog mrežnog rješenja:

- centralizirano upravljanje uređajem putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- tzv. *Zero-touch* instalacija uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije, putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- usmjeravanje prometa (IPv4/IPv6),
- segmentiranje lokalne mreže (IPv4/IPv6) na više virtualnih mreža – VLAN-ova
- translacija privatne IPv4 adrese u jednu javnu IPv4 adresu,
- definiranje L3/L4 sigurnosnih pravila (IPv4/IPv6),
- osiguravanje kvalitete usluge (QoS – engl. *Quality of Service*), klasificiranje prometa i ograničavanje prometa (engl. *traffic shaping*),
- DHCP servis za LAN klijente.
- prihvata klijentskih računala te bežičnih pristupnih točaka,
- sigurnosne mogućnosti,
- napajanje za spajanje bežične pristupne točke na sučelju usmjerivača.

### 3.2.2. Konfiguracijske značajke

Virtualni LAN-ovi (VLAN) i IP adresiranje je prikazano u tablici 1.

VLAN ID	Ime VLAN-a	Mrežni raspon /CIDR	Podmreža ( <i>Subnet</i> )
1	default	192.168.129.0/24	255.255.255.0
3	management	192.168.128.0/24	255.255.255.0
10	ucionice	192.168.30.0/23	255.255.254.0
13	gosti	192.168.36.0/23	255.255.254.0
14	eduroam	192.168.44.0/23	255.255.254.0
16	postojeca_mreza	192.168.1.0/24	255.255.255.0

Tablica 1: VLAN i IP adresiranje

Opis namjene pojedinog VLAN-a:

- VLAN 1 je zadani VLAN na Cisco Meraki Z3 uređaju te se ne koristi
- VLAN 3 je *management* VLAN i služi za upravljanje bežičnim pristupnim točkama,
- VLAN 10 služi za povezivanje dijeljenih učeničkih uređaja u odabranim učionicama na bežičnu mrežu *eSkole*. U isti VLAN smješta se oprema instalirana u učionicama (poput pametnih ploča). IP adrese iz tog segmenta dobivaju stručnjaci za tehničku podršku i nastavno osoblje spojeni na *eduroam* mrežu,
- VLAN 13 služi za povezivanje gostiju na bežičnu mrežu *guest*. Brzina te mreže ograničena je na 50% ukupne brzine internetskog linka,
- VLAN 14 služi za povezivanje učenika i posjetitelja škole koji imaju dostupnu *eduroam* mrežu na svom uređaju. Brzina te mreže ograničena je na 50% ukupne brzine internetskog linka,
- VLAN 16 služi za povezivanje postojeće mrežne infrastrukture na novu implementiranu mrežnu infrastrukturu.

Pristup svim potrebnim resursima omogućen je povezivanjem usmjerivača Cisco Meraki Z3 sa ISP-ovim usmjerivačem. Usmjerivaču se dodjeljuje IP adresa iz /29 ili /30 javnog raspona.

Cisco Meraki Z3 također služi za povezivanje uređaja na mrežnu infrastrukturu u pristupnom sloju mreže. Cisco Meraki Z3 ima mogućnost logičkog razdvajanja mrežnih segmenata u zasebne domene, odnosno VLAN-ove, u svrhu optimizacije i primjene sigurnosnih politika za pojedine segmente. Ovakav model implementacije ustaljena je praksa u mrežama i integracijama ovakve složenosti.

Integracija postojeće mreže škole s novom mrežnom opremom obavlja se preko sučelja na usmjerivaču. Ta sučelja su konfigurirana u pristupnom načinu rada (engl. *Access Mode*) i dodijeljen im je VLAN 16. Putem ove mrežne integracije uređaji na postojećoj mreži dobivaju IP adrese od DHCP poslužitelja s usmjerivača.

Ako je na sučelje spojena bežična pristupna točka, tada je sučelje postavljeno u način rada koji dozvoljava propuštanje više VLAN-ova (engl. *Trunk Mode*), čime je omogućena komunikacija uređajima spojenima na bežične mreže (VLAN-ovi 10, 13 i 14). Na Port 5

sučelju je omogućena i opcija PoE (engl. *Power Over Ethernet*) koja osigurava napajanje bežične pristupne točke preko pasivne mrežne infrastrukture.

### 3.3. Bežična mreža

U ovom poglavlju su opisane bežične pristupne točke i konfiguracijske značajke bežičnih mreža.

#### 3.3.1. Bežične pristupne točke

Uloga pristupne točke je odašiljanje bežičnog signala za pristup mrežnoj infrastrukturi te služi za pokrivanje prostora unutar škola bežičnim signalom. U svakoj školi instalirana je jedna ili više bežičnih pristupnih točaka, a implementirani sustav podržava mobilnost klijenata bez prekida u komunikaciji prilikom prijelaza klijenata s jedne na drugu bežičnu pristupnu točku.

U navedenom sustavu implementiran je model različitih bežičnih mreža (SSID – engl. *Service Set Identifier*) s različitim konfiguracijskim postavkama, načinima autentikacije te pravima pristupa kroz spajanje na pojedinačnu mrežu.

U sklopu implementiranog mrežnog rješenja u školama, ulogu bežične pristupne točke ima uređaj **Cisco Meraki MR20**.

Bežična pristupna točka **Cisco Meraki MR20** prikazana je na slici u nastavku.



Slika 4: Bežična pristupna točka Cisco Meraki MR20

Funkcionalnosti bežične pristupne točke Cisco Meraki MR20 u sklopu implementiranog mrežnog rješenja:

- centralizirano upravljanje putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- tzv. *Zero-touch* instalacija uređaja bez postavljanja inicijalne konfiguracije, putem sustava za nadzor i upravljanje mrežom,
- podrška za IEEE 802.11a/b/g/n/ac standarde,
- istovremeni rad na 2,4 i 5 GHz frekvencijskom području,
- zasebni radio za dedikirano skeniranje, koji se ne koristi za prijenos korisničkih podataka već isključivo za kontinuiranu WIDS/WIPS analizu te analizu i optimizaciju korištenja RF (engl. *Radio Frequency*) spektra,
- automatska RF optimizacija mreže,
- podrška za standard 2 x 2 MU-MIMO (engl. *Multi-user MIMO*) standard,
- podrška za 802.1x autentikacijske mehanizme i AES enkripciju,
- autentikacija korisnika na mrežu preko zaštitnog portala (*Captive portal*) korištenjem imeničkih sustava,
- podrška za implementaciju QoS mehanizama,
- ograničavanje propusnosti po pojedinom SSID-u te klijentu.

### 3.3.2. Konfiguracijske značajke

U svakoj školi definirane su tri bežične mreže, odnosno tri SSID-a:

- **eSkole** – služi za povezivanje uređaja u odabranim učionicama na bežičnu mrežu, odnosno za povezivanje uređaja koje koristi više različitih osoba,
- **eduroam** – služi za povezivanje učenika, nastavnika i ostalog osoblja na bežičnu mrežu, odnosno za povezivanje uređaja koji u pravilu koristi samo jedna osoba,
- **guest** – služi za povezivanje vanjskih posjetitelja i partnera na bežičnu mrežu.

Bežične mreže eSkole i guest su po zadanim postavkama isključene te se uključuju prema potrebama škole. U nastavku su opisani konfiguracijski parametri svake od navedenih mreža.

Za pristup mreži **eSkole** koriste se sljedeći parametri:

- PSK (engl. *pre-shared key*) za autentikaciju korisnika i pristup na ograničenu bežičnu mrežu (*walled garden*, privremeni PSK koji stručnjak za tehničku podršku mreže može po želji zamijeniti je: `esko123#`),
- WPA2 (engl. *Wi-Fi Protected Access*) enkripcija podataka na pristupnom sloju bežične mreže,
- *Captive portal* za autentikaciju korisnika prilikom pristupa Internetu. Za autentikaciju se koristi `AAI@EduHr` sustav,
- nakon pristupa mreži *eSkole*, korisnici pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže `192.168.30.0/23`.

Za pristup mreži **eduroam** koriste se sljedeći parametri:

- 802.1X enterprise RADIUS autentikacija uz WPA2 enkripciju podataka ,
- za pristup mreži *eduroam* koristi se protokol TTLS-PAP. Detaljnije upute se mogu naći na mrežnoj adresi `installer.eduroam.hr`,
- za autentikaciju se koristi `AAI@EduHr` sustav,
- korisnici nakon pristupa mreži *eduroam* pripadaju u VLAN 14 i imaju IP adresu iz mreže `192.168.44.0/22`, osim ako se radi o nastavnicima koji tada pripadaju u VLAN 10 i imaju IP adresu iz mreže `192.168.30.0/23`,
- ako se ne radi o nastavnicima, za navedenu se mrežu propusnost limitira na 50 % ukupne propusnosti linka.

Za pristup mreži **guest** koriste se sljedeći parametri:

- otvoren pristup mreži uz mogućnost *Captive portal* autentikacije za pristup na okosnicu CARNET mreže,
- za autentikaciju se koristi baza korisnika iz ponuđenog sustava za upravljanje i nadzor. Kako bi stručnjak za tehničku podršku gostu omogućio pristup internetu, mora njegovu e-mail adresu unijeti u sustav,
- nakon pristupa mreži *guest*, korisnici pripadaju u VLAN 13 i imaju IP adresu iz mreže `192.168.36.0/23`,
- za navedenu mrežu se limitira propusnost na 50 % ukupne propusnosti linka

prema Internetu.

U nastavku su navedene upute za spajanje na svaku od navedenih mreža.

Upute za spajanje na **eSkole** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi**,
- odabrati bežičnu mrežu **eSkole**,
- u **Password** polje unijeti PSK – privremeni PSK koji stručnjak za tehničku podršku mreže može po želji zamijeniti je: **eskole123#**
- prilikom pristupa na okosnicu CARNET mreže u pretraživaču se otvara **Captive portal** za autentikaciju i ovdje je potrebno unijeti svoje **AAI vjerodajnice (korisničko ime u obliku „ime.prezime@skole.hr“ i lozinku)**.

Upute za spajanje na **eduroam** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi**,
- odabrati bežičnu mrežu **eduroam**,
- **EAP method** postaviti na **TTLS**,
- **PHASE 2 authentication** postaviti na **PAP**,
- u **CA certificate** postaviti na **Nemoj potvrditi** (eng. **Don't validate**),
- u **Identity** polje unijeti svoje AAI korisničko ime (u obliku „ime.prezime@skole.hr“),
- polje **Anonymus** indentitity **ostaviti prazno**,
- u **Wireless password** polje unijeti svoju **lozinku za AAI**.

Upute za spajanje na **guest** bežičnu mrežu:

- **Settings / Connections / Wifi**,
- odabrati bežičnu mrežu **guest**,
- prilikom pristupa na okosnicu CARNET mreže u pretraživaču se otvara **Captive portal** za autentikaciju i ovdje je potrebno unijeti svoje **vjerodajnice (korisničko ime i lozinku)** koje je prethodno kreirao stručnjak za tehničku podršku.

## 4. Sustav za upravljanje i nadzor mreže

U ovom poglavlju su opisane osnovne sastavnice sustava i pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti u sustavu za upravljanje i nadzor mreže.

### 4.1. Osnovne sastavnice sustava

Upravljanje i nadzor mrežne infrastrukture ostvareno je implementacijom redundantnog, centraliziranog sustava **Meraki Dashboard** koji omogućuje sljedeće:

- upravljanje, konfiguraciju i nadzor kompletne mrežne infrastrukture instalirane u lokalnoj mreži škole (mrežni usmjerivač i bežične pristupne točke),
- instalaciju svih mrežnih uređaja i spajanje na sustav za upravljanje i nadzor bez prethodnog spajanja na uređaj i promjene tvorničkih postavki uređaja (engl. *Zero-touch Deployment*),
- konfiguraciju svih podržanih funkcionalnosti mrežnih uređaja implementiranih u lokalnoj mreži škole,
- odvojenost kontrolne razine od podatkovne razine sustava što omogućuje da samo kontrolni promet komunicira direktno sa serverima u podatkovnom centru, dok se klijentski promet usmjerava direktno na internet, te ne prolazi kroz sustav za upravljanje i nadzor mreže,
- integraciju mrežnog rješenja s autentikacijskom imeničkom infrastrukturom, u svrhu autentikacije na sam sustav za upravljanje i nadzor, kao i u svrhu autentikacije prilikom klijentskog pristupa mreži,
- podjelu sustava za upravljanje i nadzor na više neovisnih lokacija, tako da svaka škola može biti neovisan logički segment unutar sustava za upravljanje i nadzor,
- pristup jednoj ili više lokacija imenovanim administratorima sustava za upravljanje i nadzor,
- dijagnostiku mreže u stvarnom vremenu, udaljeni nadzor mreže, te generiranje redovitih izvještaja o statusu mreže i ponašanju korisnika spojenih na mrežu,
- visoku dostupnost sustava za upravljanje i nadzor.

Osnovne programske sastavnice sustava za upravljanje i nadzor mreže je **Cisco Meraki Dashboard**, čije su glavne funkcionalnosti objašnjene u nastavku.

**Cisco Meraki Dashboard** je rješenje proizvođača Cisco za upravljanje mrežnom infrastrukturom iz jednog grafičkog sučelja. Omogućuje centralizirano rješenje za konfiguraciju i nadzor mrežnih usmjerivača.



Slika 5: Nadzorna ploča Cisco Meraki Dashboard

**Cisco Meraki Dashboard** je rješenje zasnovano na centralnom upravljačkom sustavu putem oblaka i služi za upravljanje, konfiguraciju i nadzor WLAN i LAN komponenti sustava: usmjerivača Cisco Meraki Z3 i bežičnih pristupnih točaka Cisco Meraki MR20. Sustav je visoko dostupan i implementiran na razini više podatkovnih centara fizički smještenih u Europi.



## 4.2. Pregled glavnih upravljačkih funkcionalnosti

Cisco Meraki Dashboard sustavu za upravljanje i nadzor mrežne opreme pristupa se putem internetskog preglednika (poput Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge i dr.) preko poveznica <https://mreza.e.skole.hr/> koristeći HTTPS protokol (engl. *Hypertext Transfer Protocol Secure*).

Prijava na sustav vrši se unosom vjerodajnica u formi korisničkog imena i lozinke prethodno definiranih od strane administratora sustava.



Slika 6: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava

Nakon uspješne prijave prikazuje se popis lokacija spojenih na sustav.



[Return to Dashboard](#) [sign in](#)

Choose an organization

- ID 2972, Podrucna skola Prvic Sepurine, Ulica IX 59, Prvic Sepurine
- ID 000, Osnovna skola Ime Prezime, Adresa br, Mjesto-template
- ID 0011, Z3 Osnovna skola Ime Prezime, Adresa br, Mjesto
- ID 1001, Osnovna skola Mate Lovraka, Aleja Blaza Jurisica 13, Zagreb
- ID 1002, Osnovna skola Simuna Kozicica Benje, Ulica Asje Petricic 7, Zadar
- ID 1006, Klasicna gimnazija Ivana Pavla II. s pravom javnosti, Ulica Jeromila Vidulica 2, Zadar
- ID 1007, Gimnazija Vladimira Nazora Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3, Zadar
- ID 1009, Graditeljsko-geodetska tehnicka skola, Matice Hrvatske 11, Split
- ID 1010, Biskupijska klasicna gimnazija Rudera Boskovicica s pravom javnosti, Polj. R.Boskovicica 6, Dubrovnik
- ID 1021, II. Gimnazija, Teslina 10, Split

Slika 7: Meraki Dashboard – nadzorna ploča - lokacije

Odabirom lokacije prikazuje se nadzorna ploča sa osnovnim informacijama o lokaciji i opcije koje se odabiru prilikom konfiguracije mrežnih uređaja.



Slika 8: Meraki Dashboard – nadzorna ploča - popis klijenata

## 5. Administracija i održavanje implementirane mrežne infrastrukture

U ovom poglavlju su opisane najvažnije značajke i koraci koji se primjenjuju prilikom administracije i održavanja mrežnih uređaja.

### 5.1. Spajanje mrežnog uređaja

Cjelokupni sustav je zasnovan na konceptu upravljanja iz jednog sučelja za usmjerivače i bežične pristupne točke. Za dodavanje novih pristupnih točaka uređaja u mrežu, sam uređaj na lokaciji spajanja nije potrebno konfigurirati, nego je dovoljno administratoru sustava javiti serijski broj uređaja, sučelje uređaja na koji se spaja te sučelje novog uređaja kojim će se spojiti, kako bi administrator na centralnom upravljačkom sustavu mogao definirati odgovarajuće konfiguracijske postavke (VLAN, STP i sl.).

Postoje dva načina na koja se bežične pristupne točke (AP) mogu dodati na mrežu:

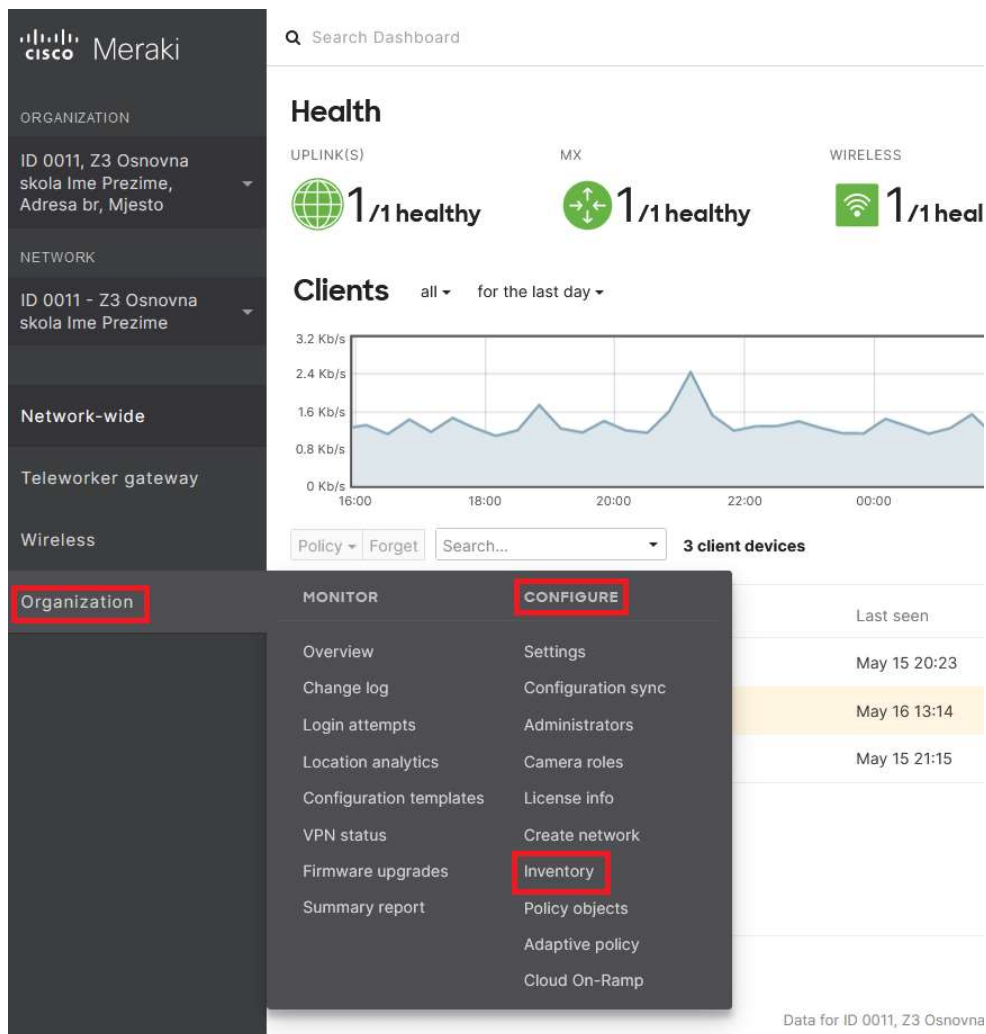
- spajanjem UTP kabela preko sučelja na usmjerivaču Cisco Meraki Z3,
- bežično preko *mesh* načina rada.

Bežični sustavi s *mesh* topologijom funkcioniraju na način da svi čvorovi komuniciraju sa spojenim klijentima, ali i međusobno. Time se povećava domet i brzina bežične mreže te se osigurava glatko i automatizirano prebacivanje klijenata između čvorova (prema tome koji im je najpovoljniji).

IP adresu za komunikaciju prema ostatku mreže pristupna točka dobiva dinamički putem DHCP protokola s usmjerivača.

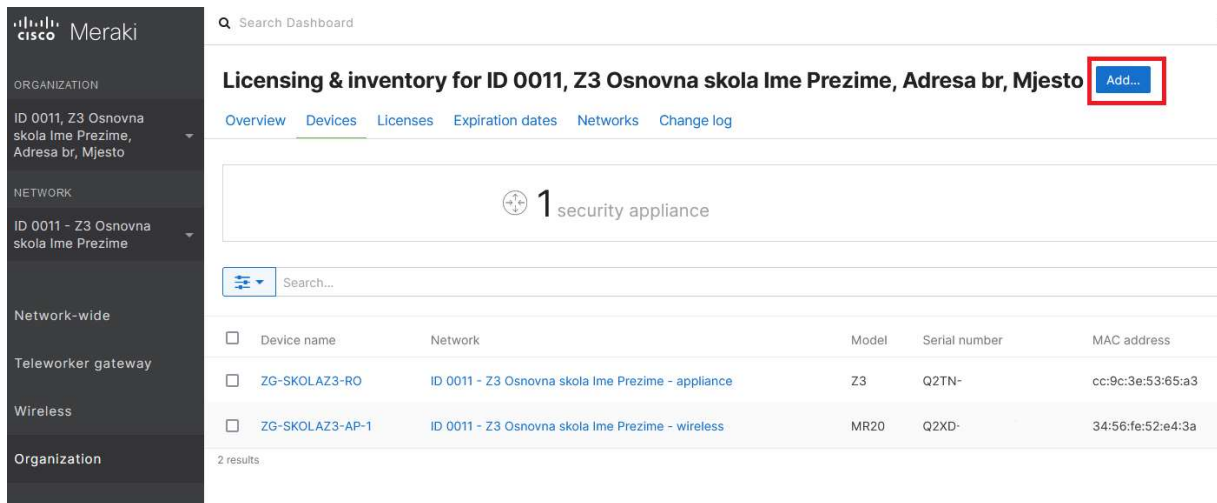
Prvi korak kod konfiguracije bežične pristupne točke je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

Sljedeći korak je odabir lokacije u koju se želi dodati bežična pristupna točka. Odabirom lokacije na listi, u glavnom izborniku odabire se opcija *Organization*, te zatim u stupcu *CONFIGURE* opcija *Inventory*:



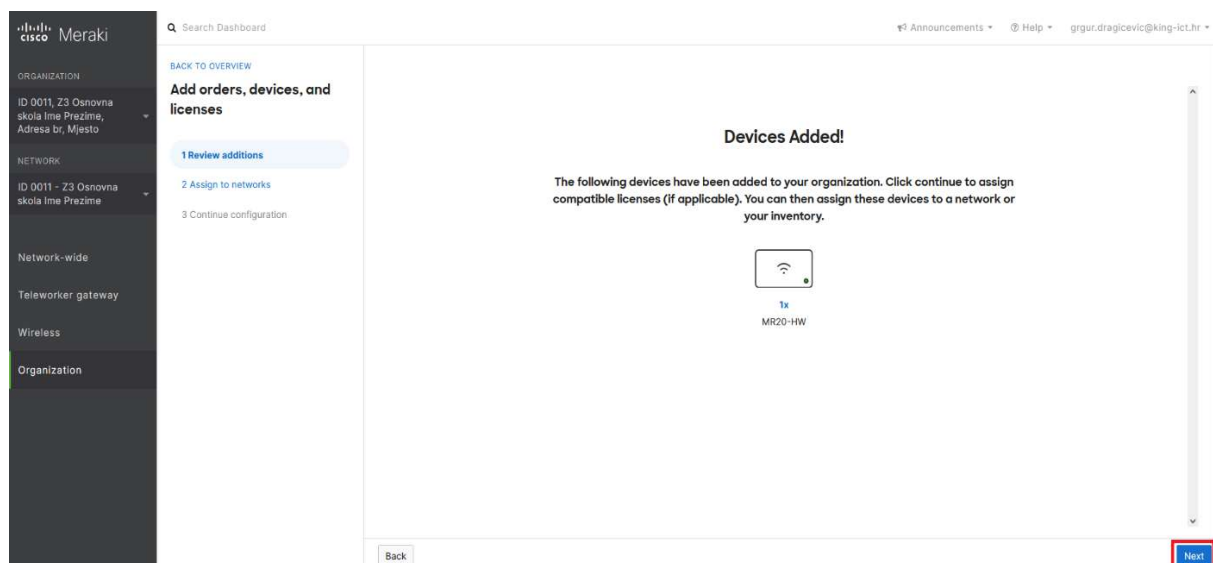
Slika 9: Meraki Dashboard – Dodavanje novog Meraki uređaja u organizaciju

U nastavku se pritisne na tipku *Add*



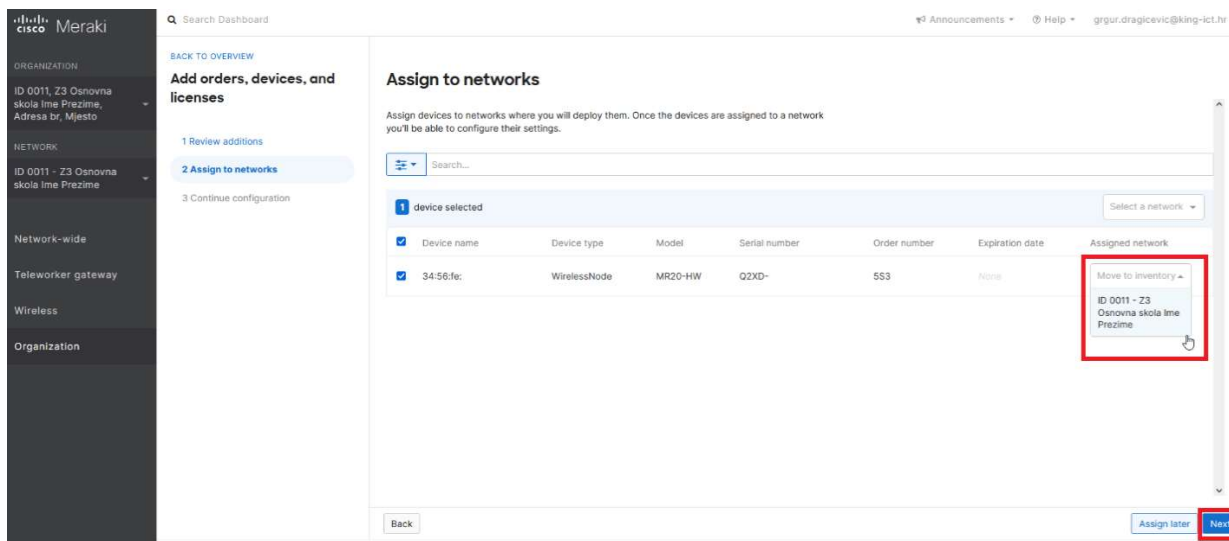
Slika 10: Meraki Dashboard – Inventory

Dobiva se poruka kako je uspješno dodan uređaj na mrežu. Idući korak je dodavanje uređaja na organizaciju te se pritisne na tipku *Next*



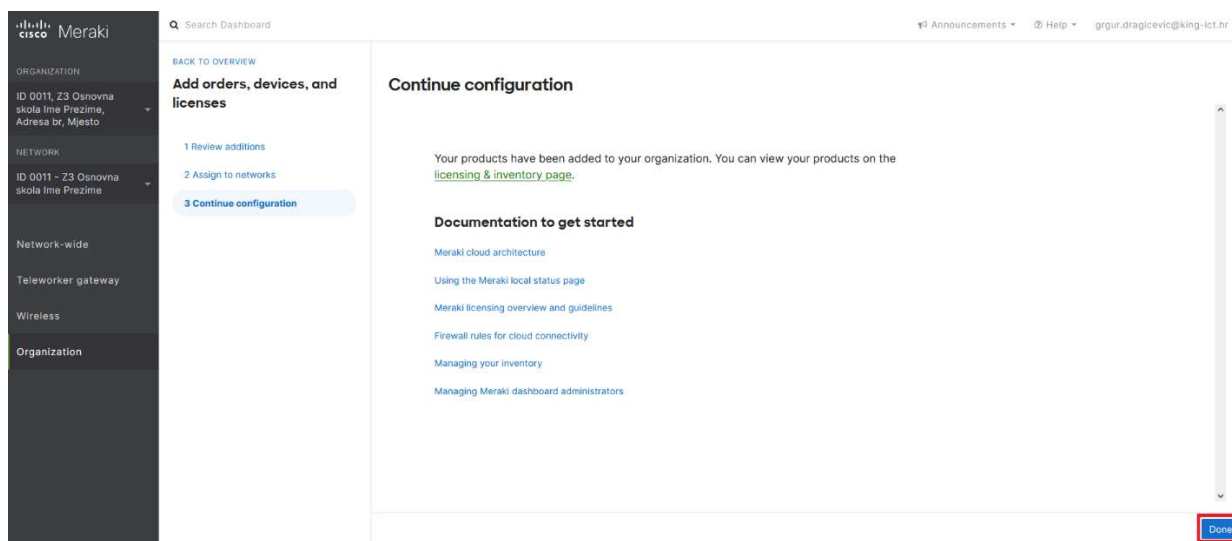
Slika 11: Meraki Dashboard – Prikaz uspješnog dodavanja novog Meraki uređaja

Pritiskom na tipku *Next* se nudi opcija za dodjeljivanje uređaja na organizaciju gdje će se pridružiti bežična pristupna točka (AP).



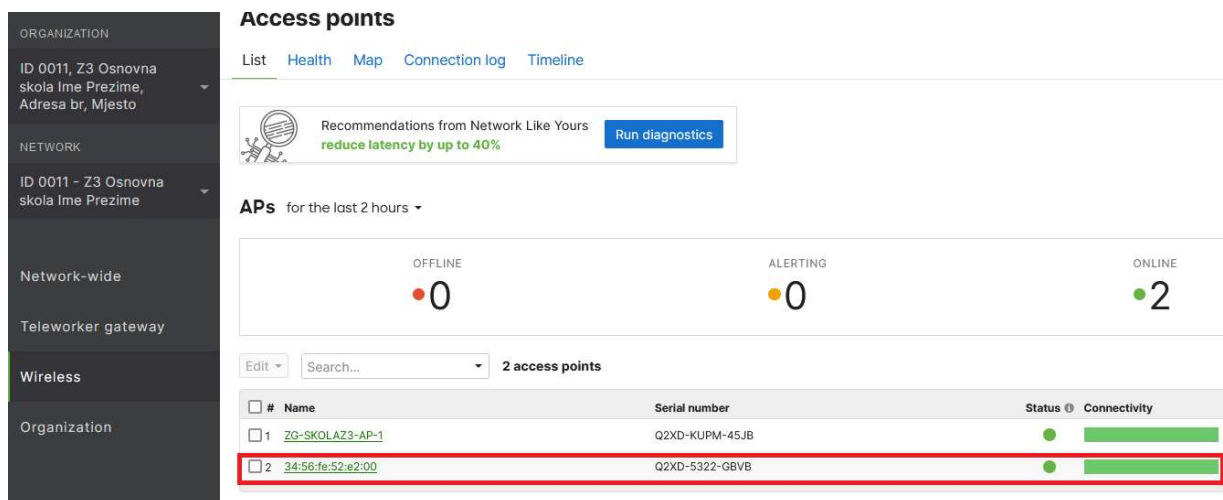
Slika 12: Meraki Dashboard – Dodjeljivanje uređaja na organizaciju

Nakon odabira se pritisne tipka *Next* te se na kraju pritisne tipka *Done* za završetak dodavanja novog uređaja.



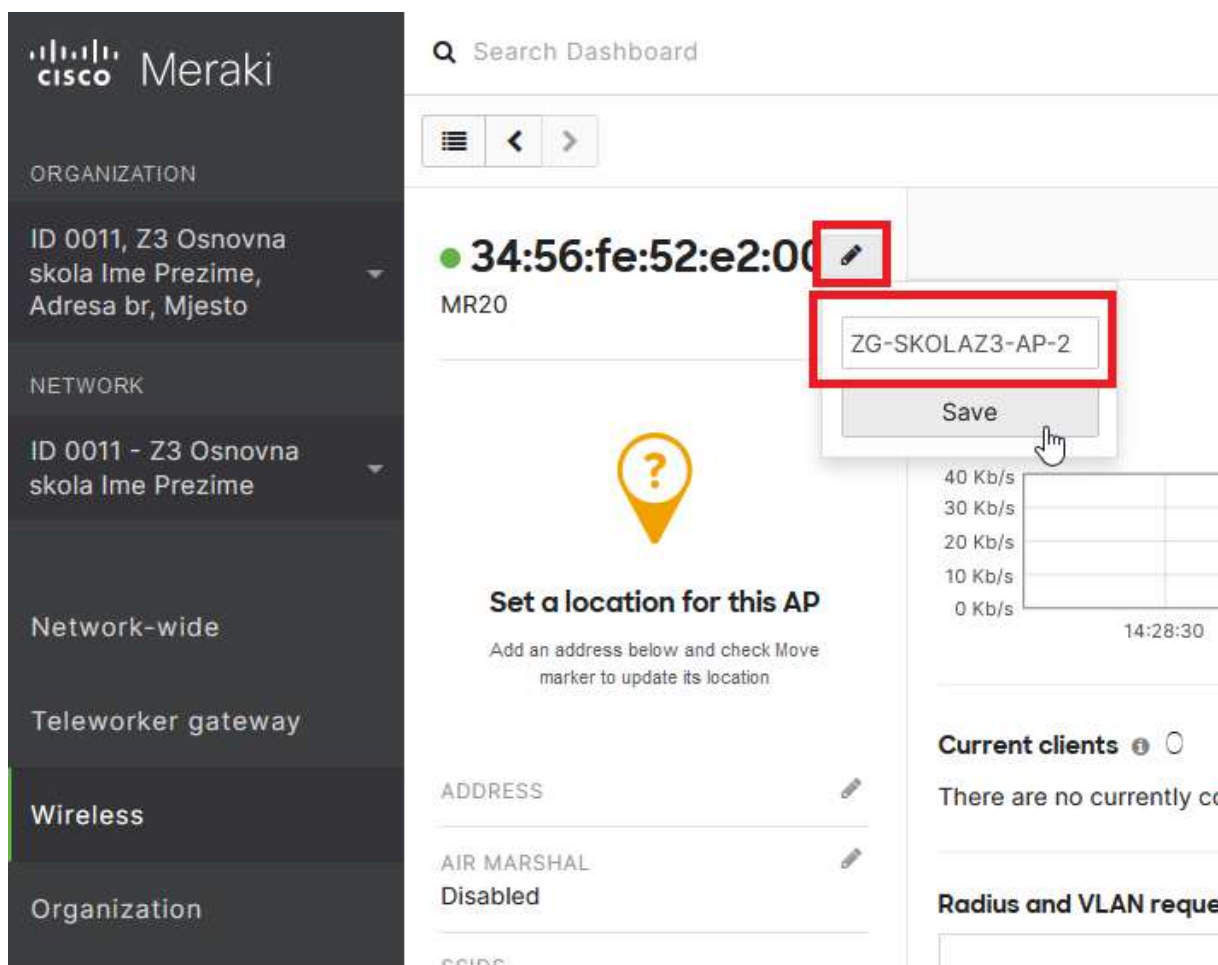
Slika 13: Meraki Dashboard – Završetak dodavanja novog uređaja

Nakon dodavanja novog uređaja, na nadzornoj ploči *Access points* su prikazane bežične pristupne točke s imenom, serijskim brojem, statusom i stanjem povezanosti.



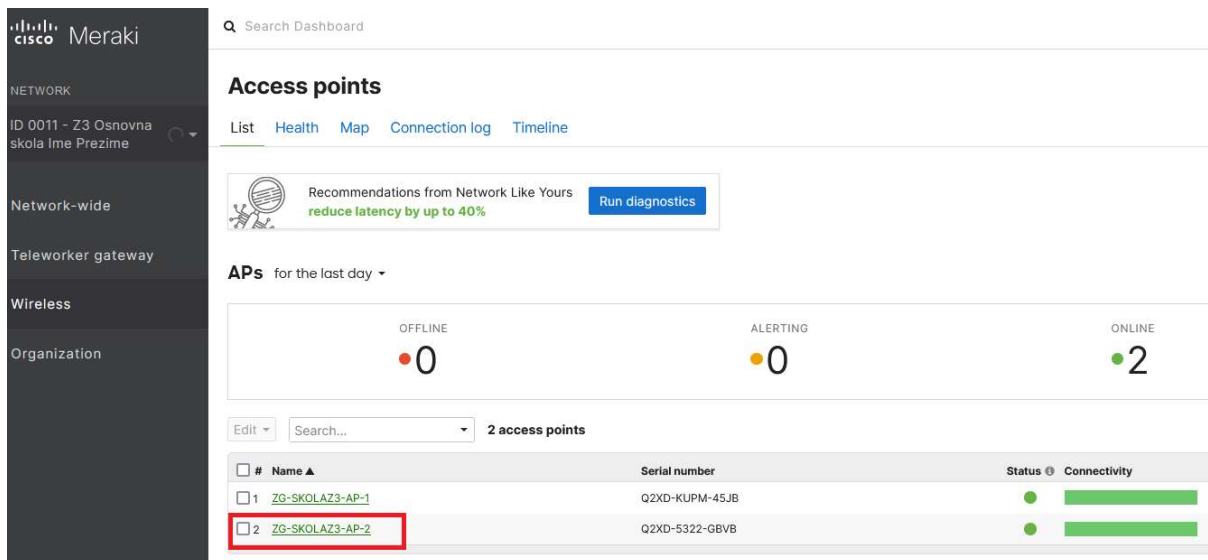
Slika 14: Meraki Dashboard – prikaz nove bežične točke

Nakon što se status bežične pristupne točke promijenio u *Online* nastavlja se s daljnjom konfiguracijom. Naziv bežične pristupne točke je sistemski zadan u obliku MAC adrese koja je jedinstvena za svaki uređaj. Odabire se bežična pristupna točka i postavlja se naziv prema unaprijed definiranoj nomenklaturi.



Slika 15: Meraki Dashboard – Imenovanje bežične točke

Ponovnim odabirom opcije *Wireless - Access Points* vrši se povratak na nadzornu ploču gdje postaje vidljivo da je bežična pristupna točka uspješno dodana u Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor mrežne opreme.



Slika 16: Meraki Dashboard – lista bežičnih pristupnih točaka

## 5.2. Vraćanje konfiguracije na tvorničke postavke

U ovom poglavlju su opisani postupci vraćanja konfiguracije na tvorničke postavke za bežične pristupne točke i usmjerivače.

### 5.2.1. Vraćanje usmjerivača na tvorničke postavke

Usmjerivač ima tipku za vraćanje na tvorničke postavke (*reset*). Na uključenom usmjerivaču, pritisne se tipka tankim predmetom i drži 10 do 15 sekundi.

Nakon navedenog postupka, slijedi ponovno pokretanje usmjerivača i treba pričekati 5 do 10 minuta kako bi se ponovno uključio i bio spreman za novo konfiguriranje.



Slika 17: Cisco Meraki Z3 – tipka za reset



## 5.2.2. Vraćanje bežične pristupne točke na tvorničke postavke

Bežična pristupna točka ima tipku za vraćanje na tvorničke postavke (*reset*). Na uključenom AP-u, pritisne se tipka tankim predmetom i drži 10 do 15 sekundi. Nakon navedenog postupka, slijedi ponovno pokretanje AP-a i treba pričekati 5 do 10 minuta kako bi bio spreman za novo konfiguriranje.



Slika 18: Cisco Meraki MR20 – tipka za reset

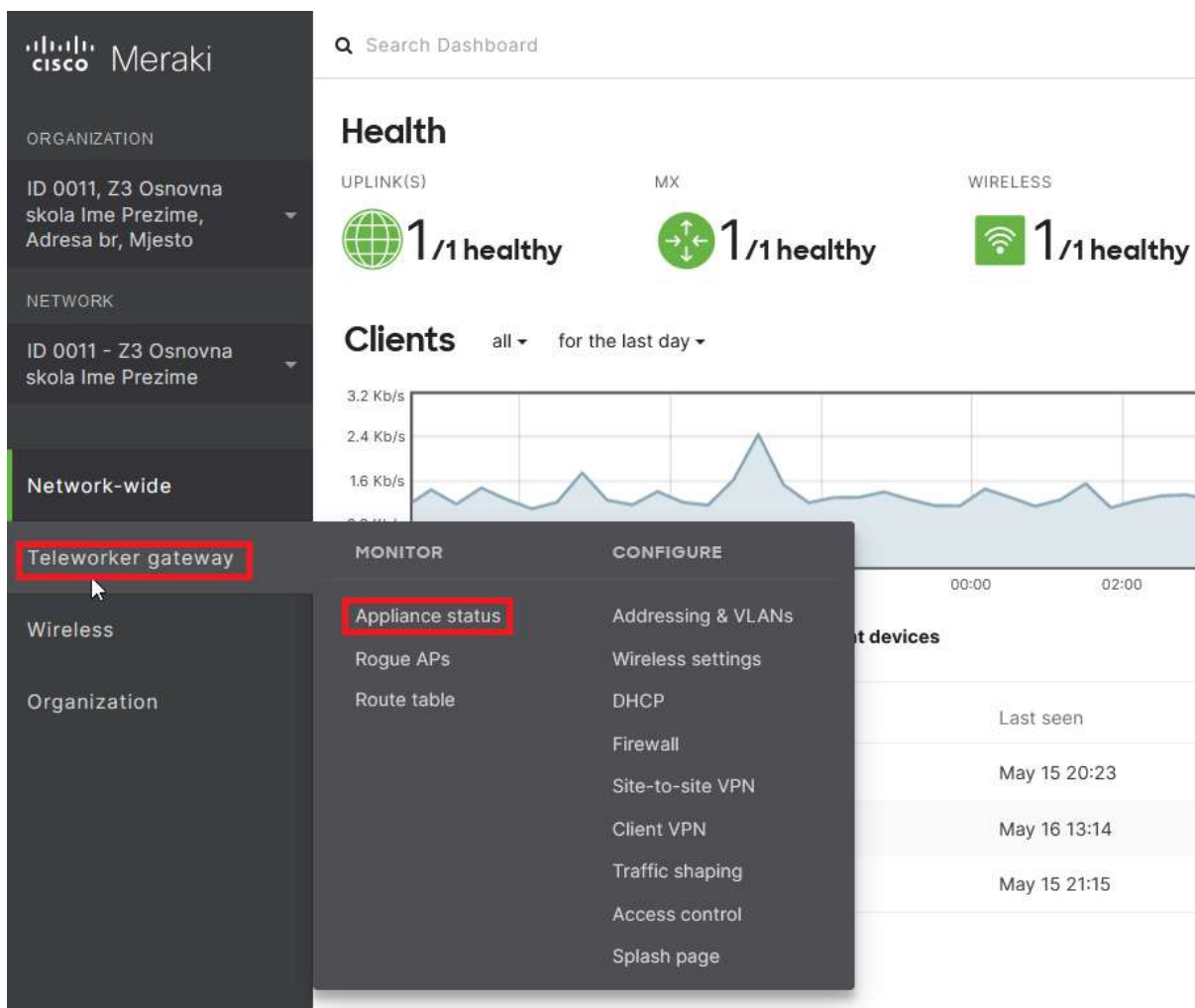
## 5.3. Nadzor nad mrežnom opremom

U ovom se poglavlju opisuje nadzor nad mrežnom opremom.

Prvi je korak prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki unosom korisničkog imena i lozinke koje je administrator sustava ranije odredio.

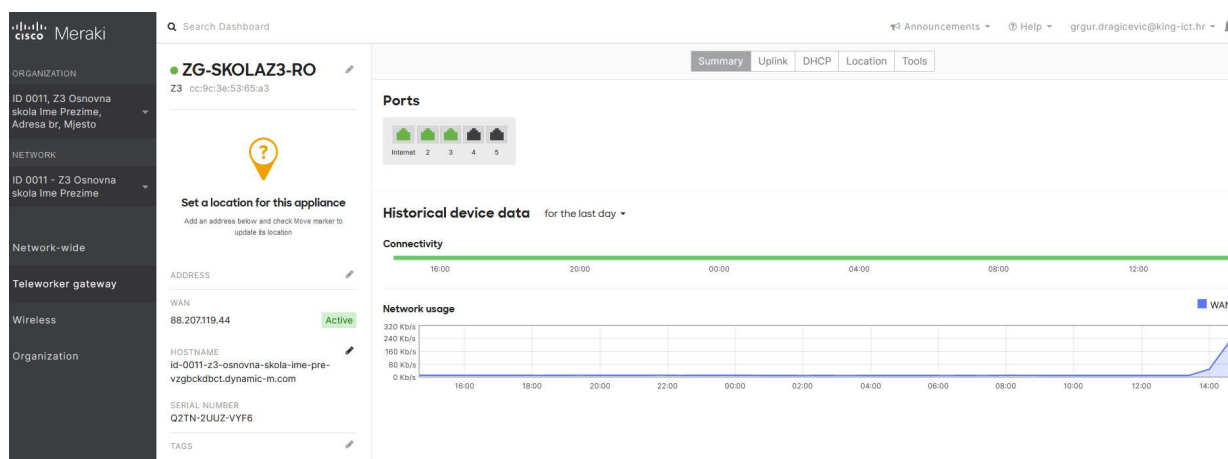
Nakon odabira lokacije, u glavnom se izborniku odabire *Teleworker gateway* i zatim opcija *Appliance status* u polju *MONITOR*.

***Teleworker gateway / MONITOR / Appliance status***



Slika 19: Meraki Dashboard – nadzorna ploča Teleworker gateway

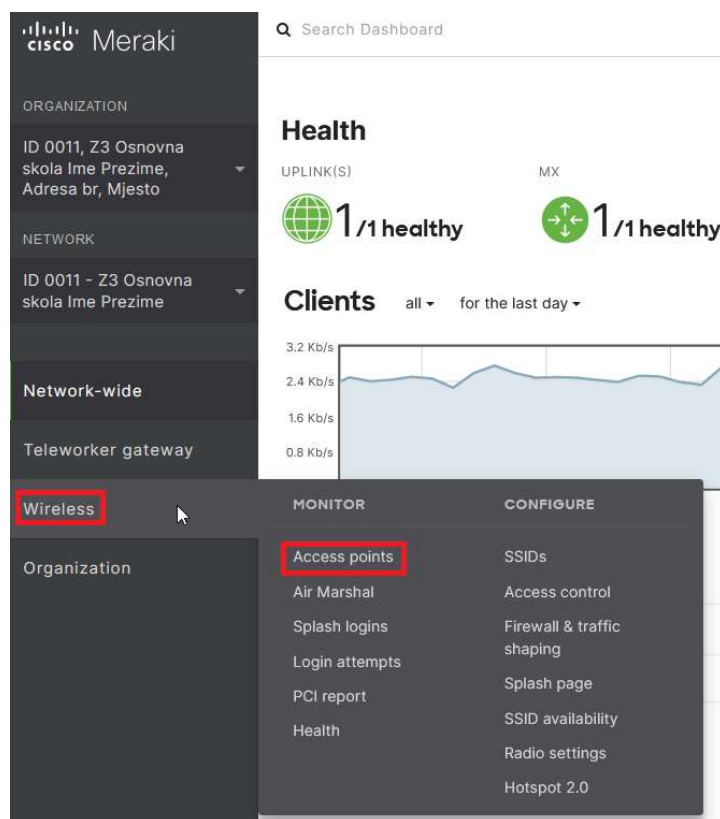
Odabirom usmjerivača prikazuju se informacije o aktivnim sučeljima, podatkovnom potrošnjom te informacijama o samom uređaju.



Slika 20: Meraki Dashboard – detalji Z3 usmjerivača

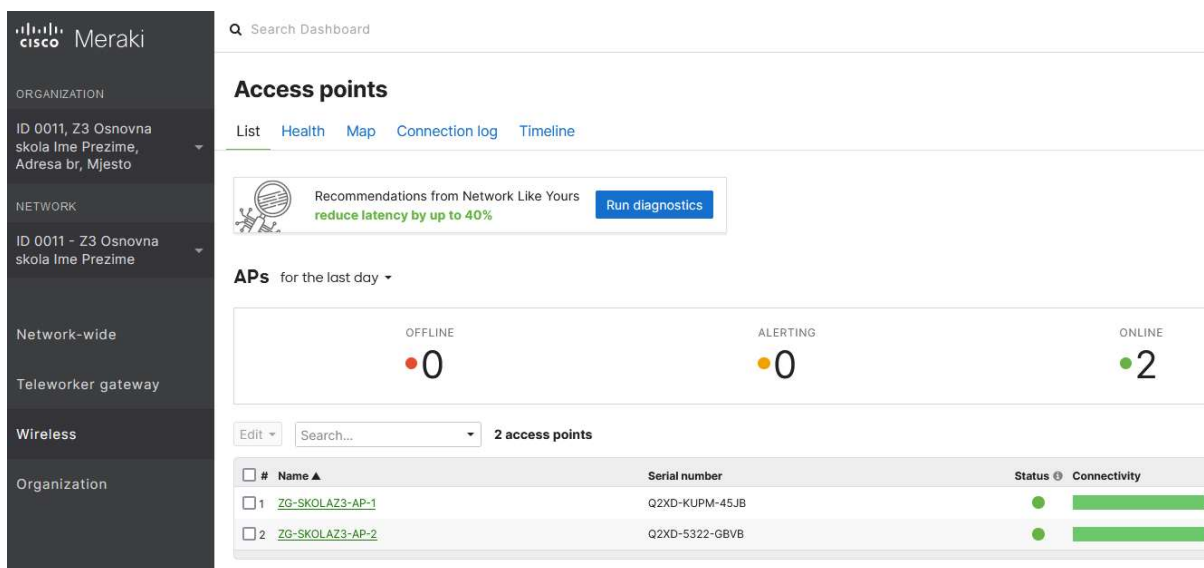
Nadzor bežične pristupne točke (AP) obavlja se putem nadzorne ploče kroz *Monitor* na Cisco Meraki centralnom sustavu.

## Wireless / MONITOR / Access point



Slika 21: Meraki Dashboard – nadzorna ploča – Monitor – Access Points

Nakon odabira, prikazuje se stranica s popisom bežičnih pristupnih točaka na lokaciji. Istaknut je status bežičnih pristupnih točaka i vidi se da su sve u statusu ONLINE.



Slika 22: Meraki Dashboard – pregled bežičnih pristupnih točaka

Odabirom pojedine bežične pristupne točke, prikazuju se podatci o statusu, trenutačnom mrežnom prometu i logovima.

The screenshot shows the Cisco Meraki dashboard for an access point named ZG-SKOLAZ3-AP-1. The interface is divided into several sections:

- Organization:** ID 0011, Z3 Osnovna skola Ime Prezime, Adresa br, Mjesto.
- Network:** ID 0011 - Z3 Osnovna skola Ime Prezime.
- Network-wide:** Teleworker gateway.
- Wireless:** Organization.

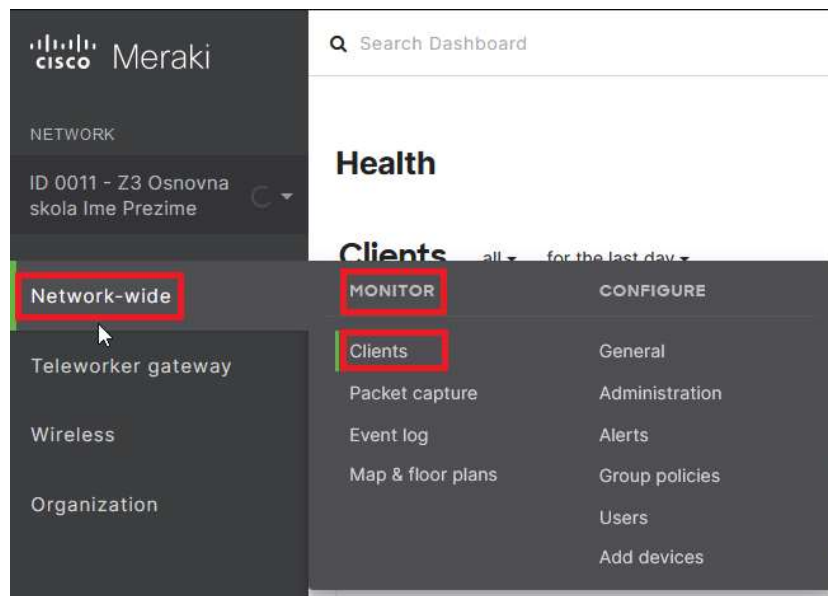
The main content area for the access point includes:

- Summary:** ZG-SKOLAZ3-AP-1, MR20, 34:56:fe:52:e4:3a.
- Live data:** Uplink traffic graph showing 0.00 to 1.00 Mbit/s over time.
- Current clients:** There are no currently connected clients.
- Radius and VLAN request status:** DNS (OK), DHCP (OK), ARP (OK).
- Utilization on current channels:** (Empty table).
- Live mesh neighbors:** This access point currently has no mesh neighbors.

Slika 23: Meraki Dashboard – detalji bežične pristupne točke

## 5.4. Nadzor nad klijentima na mreži

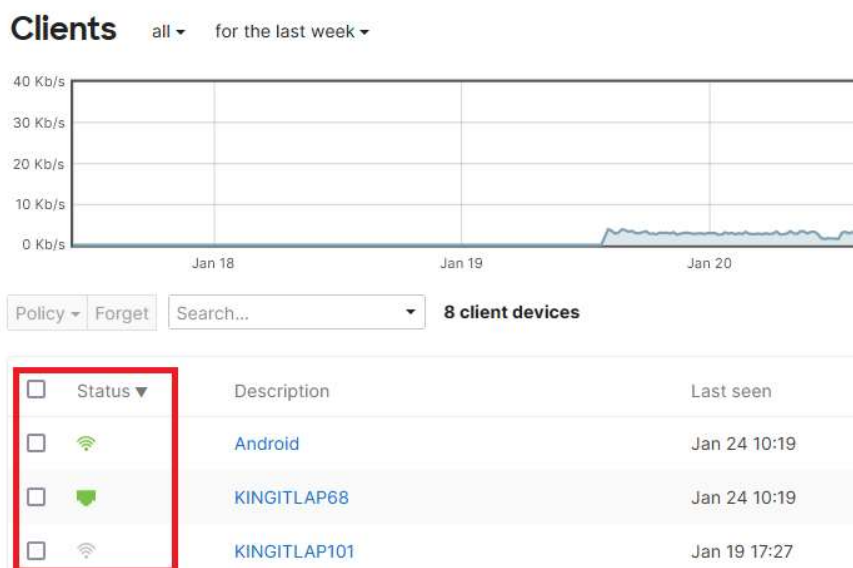
Nadzor klijenata obavlja se putem Cisco Meraki centralnog sustava. Odabirom nadzorne ploče *Clients* prikazuju se detalji o klijentima spojenim na mrežnu opremu.



Slika 24: Meraki Dashboard – Clients nadzorna ploča

Na popisu klijenata, stupac status prikazuje zelene i sive ikone koje predstavljaju aktivnost korisnika. Svi aktivni korisnici na mreži su označeni zelenom ikonom. Ukoliko korisnik nije stvarao mrežni promet u posljednjih 60 sekundi, Meraki sustav ga smatra neaktivnim te se njegova ikona mijenja u sivu boju.

Osim različite boje ikona, stupac status također prikazuje radi li se o klijentu povezanim žičanom vezom ili putem bežične mreže.



Slika 25: Meraki Dashboard – popis klijenata

Na popisu klijenata, pritiskom na ikonu ključa (🔑) mogu se uključiti dodatni stupci s informacijama o klijentima.

**Select columns**  
Check to add, drag columns to reorder.

Misc	Systems Manager
<input type="checkbox"/> Capable Wi-Fi standards	<input type="checkbox"/> Systems Manager
<input type="checkbox"/> Onboarding ⓘ	
<input type="checkbox"/> Performance ⓘ	
<input type="checkbox"/> Capable channel width	
<input checked="" type="checkbox"/> Connected To	
<input type="checkbox"/> First Seen	
<input type="checkbox"/> 802.1X policy	
<input checked="" type="checkbox"/> IPv4 address	
<input type="checkbox"/> IPv6 address	
<input type="checkbox"/> IPv6 address (link local)	
<input checked="" type="checkbox"/> Last seen	
<input type="checkbox"/> Notes	
<input type="checkbox"/> MAC address	
<input type="checkbox"/> Manufacturer	
<input checked="" type="checkbox"/> Device type, OS	
<input checked="" type="checkbox"/> Policy	
<input checked="" type="checkbox"/> Recent SSID	
<input checked="" type="checkbox"/> Usage	
<input type="checkbox"/> User	
<input type="checkbox"/> VLAN	
<input type="checkbox"/> Adaptive Policy Group	

Slika 26: Meraki Dashboard – Popis dodatnih informacijskih stupaca


Pritiskom na klijenta vide se različite informacije o korisnikovom uređaju. Neke od tih informacija su:

- **Status** – trenutak kada se korisnik spojio na mrežu,
- **SSID** – bežična mreža na koju je korisnik spojen,
- **Access point** – bežična točka na koju je korisnik spojen,
- **Signal** – jakost signala, kanal, radna frekvencija,
- **User** – korisnički račun (poput AAI elektroničkog identiteta),
- **Capable WiFi standards** – korišteni mrežni standard,
- **Notes** – napomena o uređaju.

CLIENTS

# Android


Overview **Connections** Performance Timeline

Status  associated since Jan 24 11:40

SSID eSkole

Access point [ZG-SKOLAZ3-AP-1](#) [topology](#)

Splash RADIUS splash [Revoke](#)  
Authorized about 2 hours ago. Expires in 8 minutes.

Signal  46dB (channel 44, 5 GHz)

User eskole.djelatnik@skole.hr (sign-on splash)

Device type, OS Android 

Capable Wi-Fi standards 802.11ac - 2.4 and 5 GHz [details](#)

Tools [history](#) [packet capture](#) [disconnect client](#)

Notes 

Slika 27: Meraki Dashboard – Informacije o klijentu

Pored podataka o klijentima, na istoj nadzornoj ploči odabirom opcije *Applications* prikazuje se popis najčešće korištenih aplikacija prema količini generiranog mrežnog prometa.



Slika 28: Meraki Dashboard – Applications

## 5.5. Konfiguracija osnovnih postavki na mrežnoj opremi

Sve promjene u sustavu i konfiguraciji rade se isključivo na Cisco Meraki Dashboard sustavu.

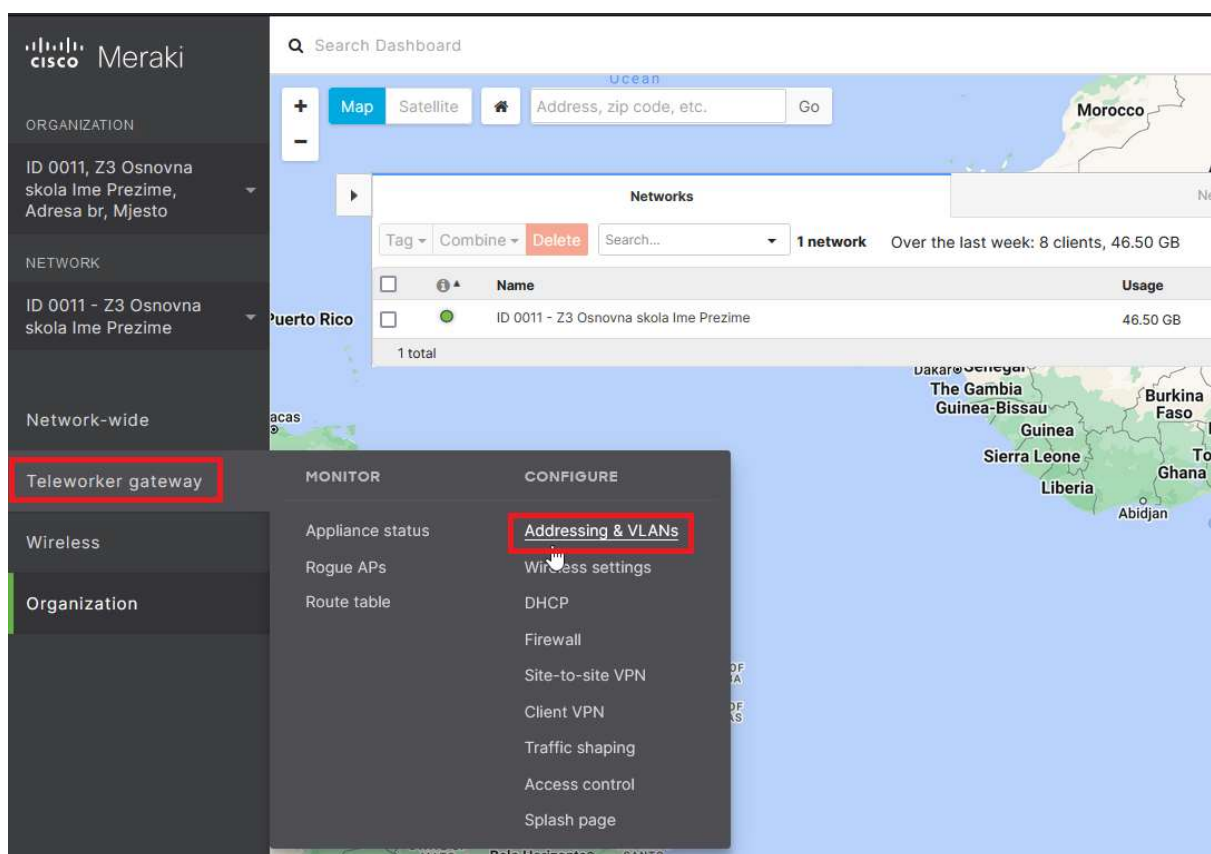
Na mrežne uređaje je postavljena inicijalna konfiguracija i odgovarajući broj SSID-a od strane CARNET-a kako bi se omogućilo optimalno korištenje mrežnih resursa.

Ne preporuča se izmjena inicijalno postavljenih konfiguracija!

### 5.5.1. Primjer konfiguracije sučelja usmjerivača

Prvi korak kod konfiguracije sučelja usmjerivača je prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

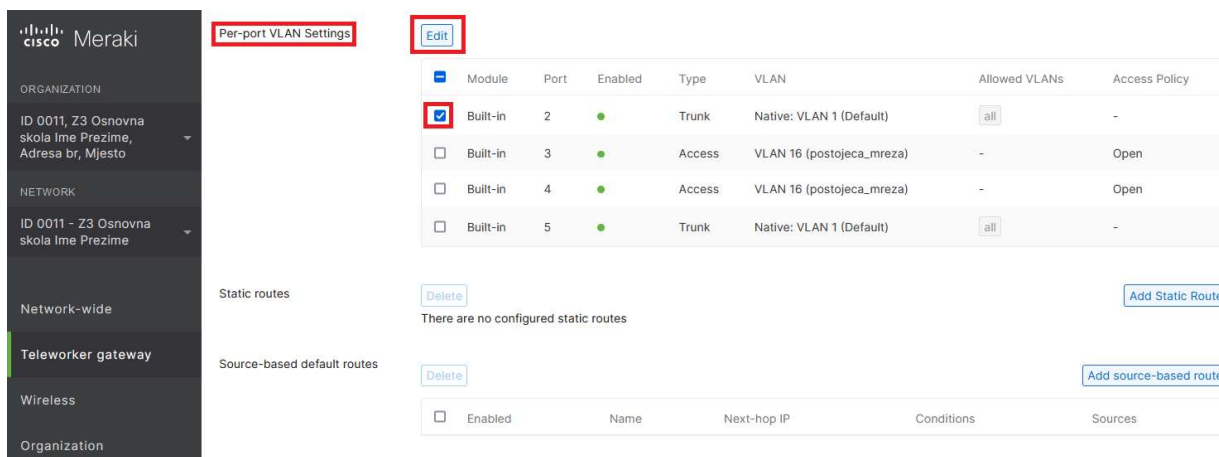
Za konfiguraciju sučelja na usmjerivaču s mišem se pređe preko opcije *Teleworker gateway* te odabire opcija *Addressing & VLANs*.



Slika 29: Meraki Dashboard – Odabir konfiguracije sučelja usmjerivača



U izborniku *Addressing & VLANs*, pod *Per-port VLAN Settings* označe se sučelja na kojima se želi izvršiti izmjena te se pritisne na tipku *Edit*.



Slika 30: Meraki Dashboard – odabir sučelja usmjerivača

Tipka *Edit* otvara novi prozor za konfiguraciju u kojem se definiraju parametri sučelja.

Prilikom konfiguracije sučelja popunjavaju se, odnosno odabiru, sljedeći istaknuti parametri:

- **Enabled** – definira hoće li sučelje biti u funkciji ili ne,
- **Type** – ako se na sučelje spaja klijent, odabire se *Access*, a ako se spaja neki drugi mrežni uređaj, odabire se opcija *Trunk*.

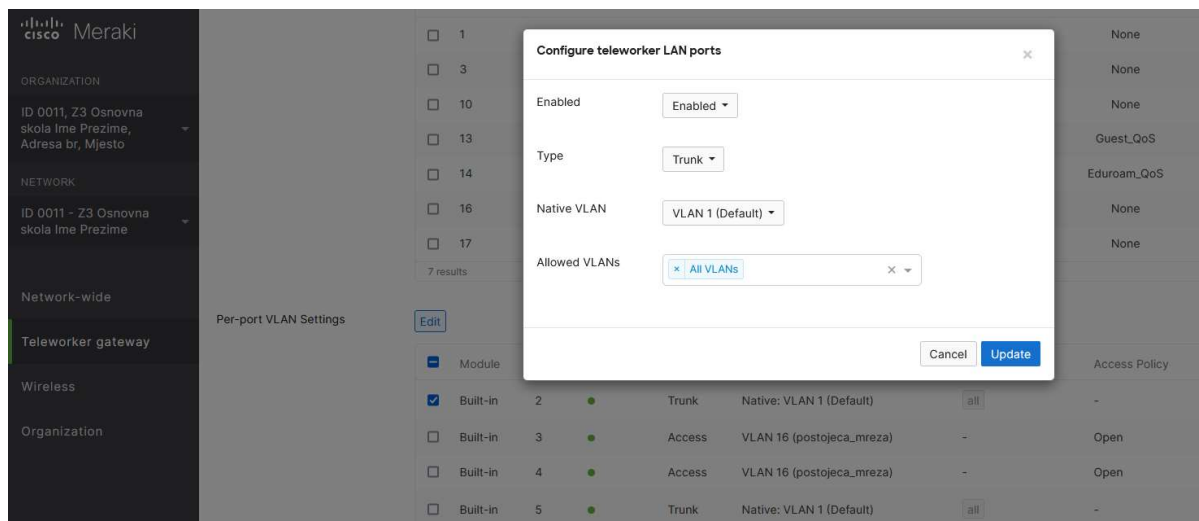
Prilikom odabira opcije *Trunk* definira se:

- **Native VLAN** – gdje je zadana vrijednost 1, a koja se po potrebi može promijeniti,
- **Allowed VLANs** – gdje je zadana vrijednost *all*, čime su svi VLAN-ovi dozvoljeni, a prema potrebi mogu se dozvoliti samo određeni VLAN-ovi.

Prilikom odabira opcije *Access* definira se parametar *VLAN*, gdje se unosi VLAN ID, unutar kojeg se omogućava komunikacija uređaja koji se spajaju na sučelje s preostalim uređajima unutar istog VLAN-a.

Preostali parametri ostavljaju se na zadanim vrijednostima.

Nakon završetka unosa parametara pritiskom na tipku *Update*, sprema se konfiguracija na usmjerivaču.



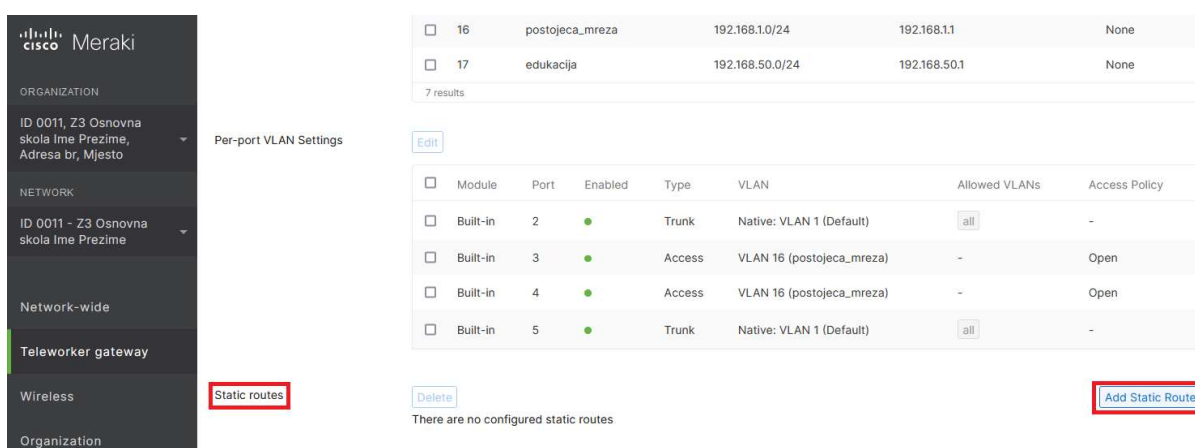
Slika 31: Meraki Dashboard – konfiguracija sučelja usmjerivača

## 5.5.2. Primjer konfiguracije rute na usmjerivaču

Konfiguracija rute na usmjerivaču realizira se kroz Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor. Prvi korak je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

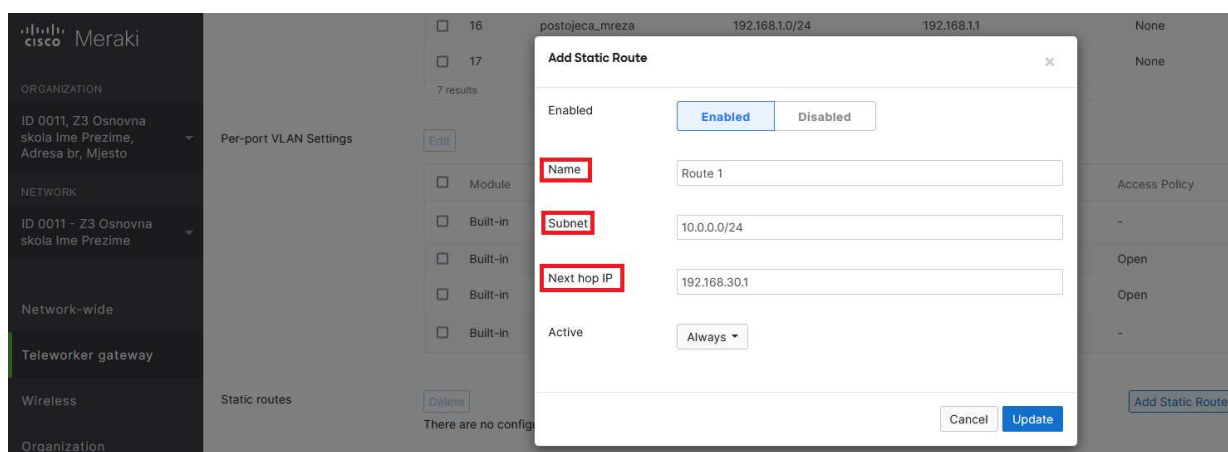
Za dodavanje nove statičke rute na usmjerivaču s mišem se pređe preko opcije *Teleworker gateway* te odabire opcija *Addressing & VLANs*.

U izborniku *Addressing & VLANs*, pod *Static routes* pritisne se na tipku *Add Static Route* gdje se otvara novi prozor za konfiguraciju rute.



Slika 32: Meraki Dashboard – popis statičnih ruta

Pod *Name* se unosi naziv mreže. Pod *Subnet* se unosi mrežni raspon i mrežna maska prema kojoj se želi usmjeriti promet. Pod *Next Hop IP* se odabire IP adresa preko koje će se pristupiti ruti. Nakon završetka unosa parametara pritiskom na tipku *Update*, sprema se konfiguracija na usmjerivaču.



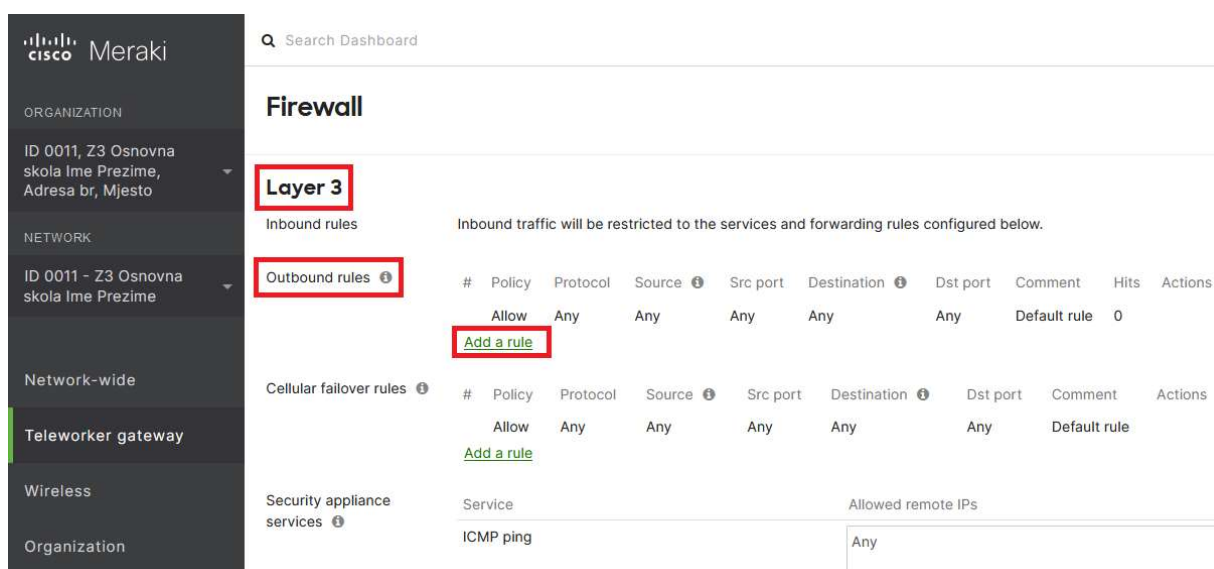
Slika 33: Meraki Dashboard – konfiguracija rute

### 5.5.3. Primjer dodavanja sigurnosnog pravila

Sigurnosno pravilo na usmjerivaču kreira se kroz Cisco Meraki centralni sustav za upravljanje i nadzor. Prvi korak je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

Za konfiguraciju sučelja na usmjerivaču, na glavnom izborniku se označi opcija *Teleworker gateway* te pod *CONFIGURE* odabire opcija *Firewall*.

Pod *Layer 3 - Outbound rules*, prikazuje se popis sigurnosnih pravila (prema zadanim postavkama, popis je prazan). Pritiskom na tipku *Add a rule* započinje se unos parametara za novo sigurnosno pravilo.



Slika 34: Meraki Dashboard – dodavanje sigurnosnog pravila

Parametri za konfiguraciju:

- **Policy** – određuje radnju koju će vatrozid poduzeti. *Allow* za dopuštanje ili *Deny*

za zabranu odlaznog prometa,

- **Protocol** – određuje protokol odabrane vrste paketa: ICMP, TCP, UDP ili bilo koji (ANY),
- **Source** – upisuje se izvorišna *IP adresa* te njena podmreža,
- **Src port** – upisuje se izvorišni broj porta. Može biti jedan port, raspon portova označenih s povlakom ( - ), više njih odvojeni sa zarezom ( , ) ili svi ( *Any* ),
- **Destination** – upisuje se destinacijska IP adresa te njena podmrežna maska,
- **Dst port** – upisuje se destinacijski broj porta,
- **Comment** – upisuje se komentar. Komentar je neobavezan, ali se preporuča.

Nakon završetka unosa parametara pritiskom na tipku **Save**, sprema se konfiguracija na usmjerivaču.

Primjer sigurnosnog 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	Any	192.168.36.0/23	Any	192.168.42.0/23	Any	Zabrana pristupa gostima žičanoj mreži	46	⊕ X
	Allow	Any	Any	Any	Any	Any	Default rule	0	

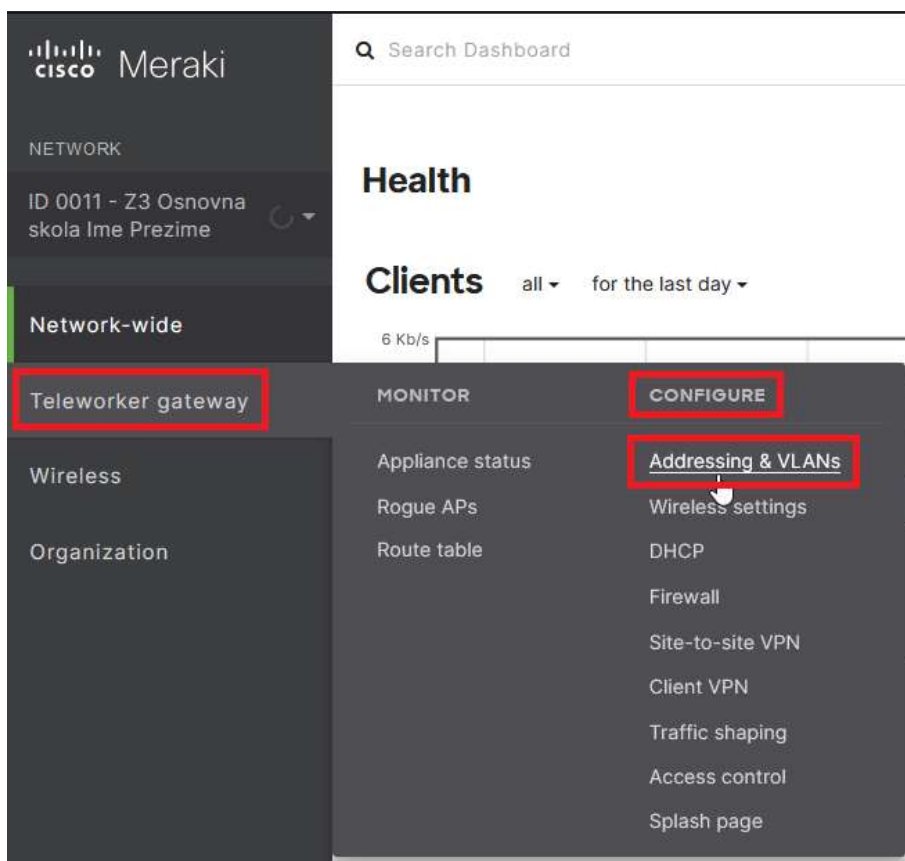
[Add a rule](#)

Slika 35: Meraki Dashboard – primjer sigurnosnog pravila

### 5.5.4. Primjer kreiranja novog VLAN-a i DHCP poola

Prvi korak je prijava u Cisco Meraki centralni sustav upravljanja, unosom korisničkog imena i lozinke, ranije definiranih od strane administratora sustava.

Za dodavanje novog VLAN-a i DHCP poola, na glavnom izborniku se označi opcija *Teleworker gateway* te pod *CONFIGURE* odabire opcija *Addressing & VLANs*.



Slika 36: Meraki Dashboard – konfiguracija VLAN sučelja

Pod opcijom *Routing*, pritisne se tipka *Add VLAN* kako bi se stvorio novi VLAN te uključila opcija za DHCP.

Definira se naziv VLAN-a (*VLAN name*), *VLAN ID*, IP adresa sučelja (*MX IP*) te raspon IP adresa (*Subnet*).

The image shows a screenshot of the 'Add VLAN' configuration form in the Meraki dashboard. The form has a title bar with 'Add VLAN' and a close button. It contains five input fields: 'VLAN name' with the value 'edukacija', 'VLAN ID' with the value '17', 'Group policy' with a dropdown menu set to 'None', 'MX IP' with the value '192.168.50.1', and 'Subnet' with the value '192.168.50.0/24'. At the bottom right, there are two buttons: 'Cancel' and 'Create'.

Slika 37: Meraki Dashboard – parametri VLAN sučelja

Nakon završetka unosa parametara pritiskom na tipku *Create* sprema se konfiguracija na usmjerivaču te je DHCP server automatski upaljen za navedeni VLAN.

### 5.5.5. Definiranje dodatnih postavki za DHCP

Nakon kreiranja novog VLAN-a, DHCP server je automatski uključen. DHCP servisi se po zasebnom VLAN-u mogu uključiti i isključiti te dodatno konfigurirati. Neke od dodatnih opcija su:

- **Client addressing** – uključenje i isključenje DHCP servera (1),
- **Lease time** – vrijeme zakupa adrese. Neaktivno vrijeme uređaja prije nego IP adresa istekne (2),
- **DNS nameservers** – promjena DNS servera (3),
- **Reserved IP ranges** – rezervirani raspon IP adresa. IP adrese koje DHCP neće dodjeljivati (4),
- **Fixed IP assignments** – fiksne dodjele IP adresa. Dodjeljivanje IP adresa uređaju po MAC adresi (5).

**VLAN 17 (edukacija)** 192.168.50.0/24 ⓘ

**1** Client addressing

**2** Lease time

**3** DNS nameservers   
For DHCP responses

Boot options ⓘ

Boot next-server ⓘ

Boot filename ⓘ

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

**4** Reserved IP ranges ⓘ

First IP	Last IP	Comment	Actions
<input style="width: 80%;" type="text" value="192.168.50.1"/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="192.168.50.20"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="Statičke IP adrese"/>	X

[Add a reserved IP address range](#)  
[Import CSV](#)

**5** Fixed IP assignments

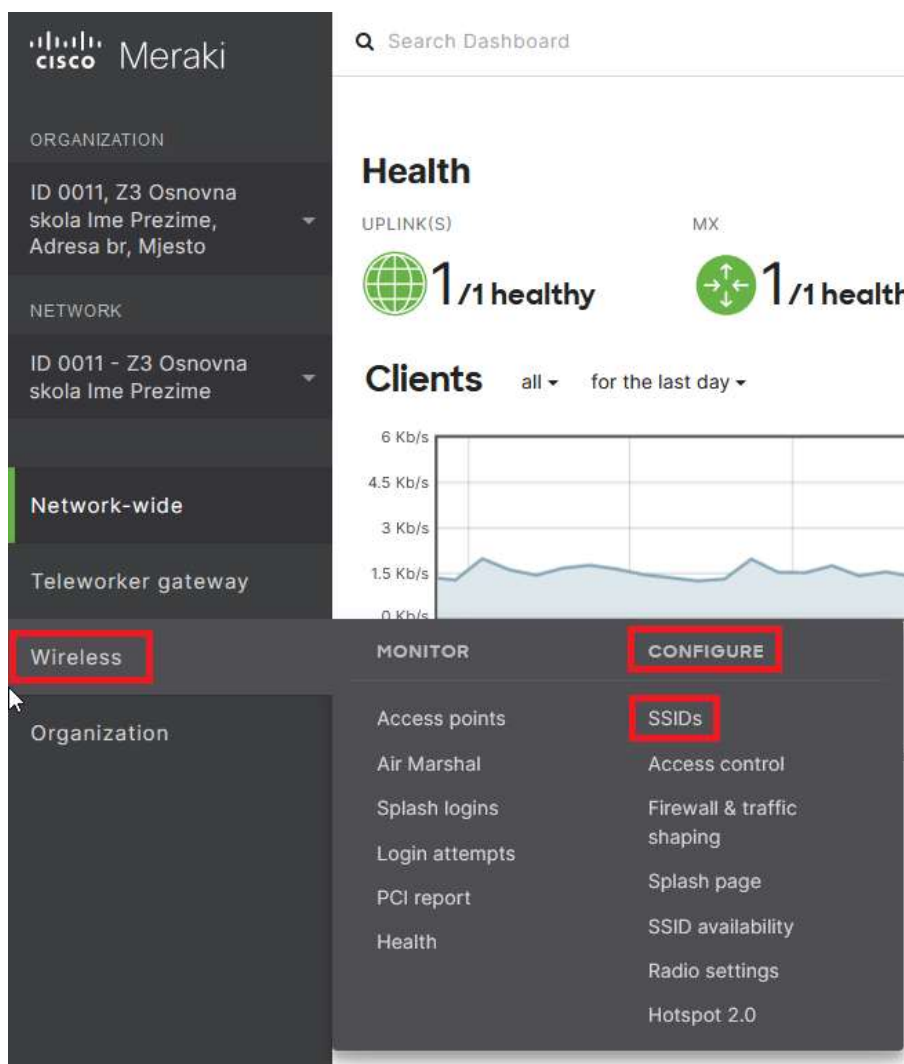
Client name	MAC address	LAN IP	Actions
<input style="width: 90%;" type="text" value="Informatika-računalo"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="00:11:22:33:44:55:66:77"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="192.168.50.253"/>	X

[Add a fixed IP assignment](#)  
[Import CSV](#)

Slika 38: Meraki Dashboard - Dodatne DHCP postavke

### 5.5.6. Primjer uključenja i kreiranja novih bežičnih mreža (SSID-a)

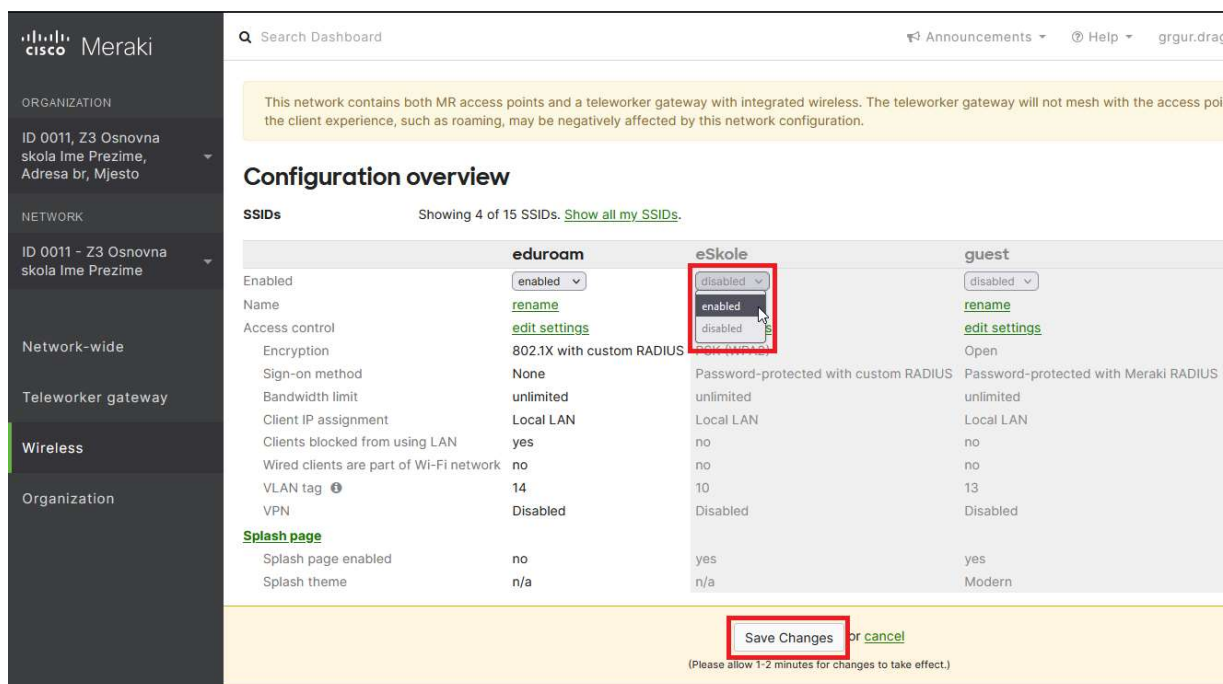
Konfiguracija SSID-a vrši se preko Cisco Meraki centralnog sustava upravljanja. Nakon prijave u sustav, na popisu školskih ustanova, odabire se lokacija u kojoj se želi izvršiti promjena. Sljedeći korak je odabir opcije *Wireless* u glavnom izborniku, a zatim pod *CONFIGURE* odabire se *SSID*.



Slika 39: Meraki Dashboard – SSID nadzorna ploča

Popis prikazuje listu svih konfiguriranih bežičnih mreža.

Za uključenje već definiranih bežičnih mreža eSkole i guest, potrebno je ispod odabrane bežične mreže promijeniti status iz *disabled* u *enabled*. Pritiskom na tipku *Save Changes* sprema se konfiguracija na usmjerivaču.



Slika 40: Meraki Dashboard – Uključenje bežične mreže

Za konfiguraciju novog SSID-a odabire se *edit settings* pod SSID-em naziva *Unconfigured SSID 4*.

Kreira se bežična mreža koja za autentikaciju klijenata koristi lokalno kreiranog korisnika na Cisco Meraki sustavu, i preko koje klijenti dobivaju IP adresu za daljnju komunikaciju putem DHCP servera postavljenog na usmjerivaču.

### Configuration overview

SSIDs Showing 4 of 15 SSIDs. [Show all my SSIDs.](#)

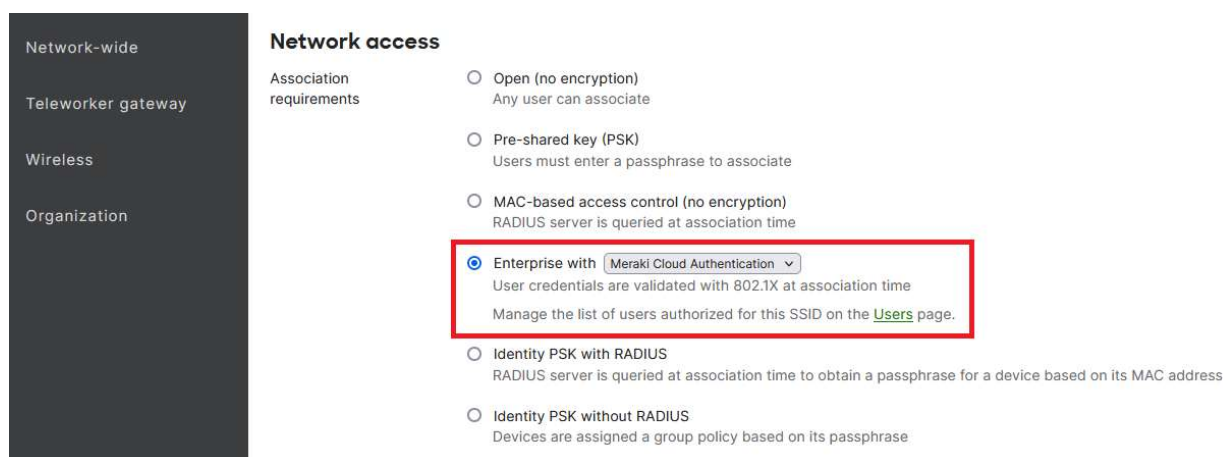
	eduroam	eSkole	guest	Unconfigured SSID 4
Enabled	<input type="button" value="enabled"/>	<input type="button" value="enabled"/>	<input type="button" value="disabled"/>	<input type="button" value="disabled"/>
Name	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>
Access control	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>
Encryption	802.1X with custom RADIUS	PSK (WPA2)	Open	PSK (WPA2)
Sign-on method	None	Password-protected with custom RADIUS	Password-protected with Meraki RADIUS	None
Bandwidth limit	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
Client IP assignment	Local LAN	Local LAN	Local LAN	Local LAN
Clients blocked from using LAN	yes	no	no	no
Wired clients are part of Wi-Fi network	no	no	no	no
VLAN tag ⓘ	14	10	13	17
VPN	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
<b>Splash page</b>				
Splash page enabled	no	yes	yes	no
Splash theme	n/a	n/a	Modern	n/a

Slika 41: Meraki Dashboard – popis SSID-eva



Nekoliko je opcija za autentikaciju korisnika:

- **Open (no encryption)** – otvorena mreža. Ne preporuča se jer može ugroziti sigurnost korisnika.
- **Pre-shared key (PSK)** – zatvorena mreža gdje se koristi jednostavni ključ za pristup mreži. NAPOMENA: Ukoliko se koristi ovaj način autentikacije, preporuka je da bežična mreža bude skrivena.
- **MAC-based access control** – zahtijeva RADIUS server s popisom MAC adresa dozvoljenih na mrežu,
- **Enterprise with Meraki Cloud Authentication** – popis korisnika koji se mogu dodati  
pod *Network-wide > Configure > Users*,
- **My RADIUS server** – korisnici autenticirani putem RADIUS servera.

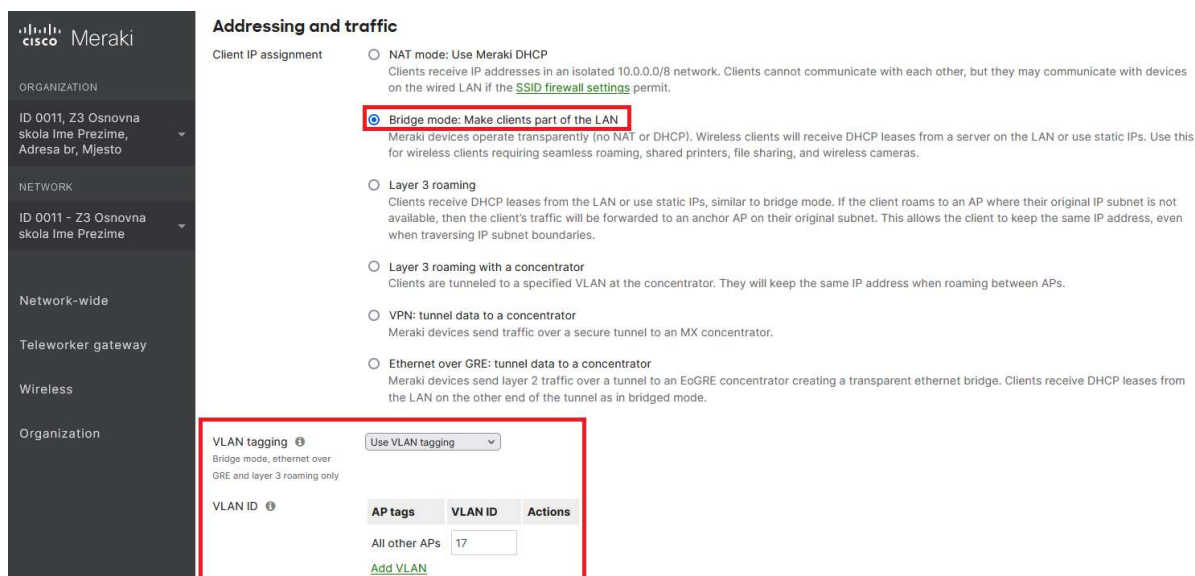


Slika 42: Meraki Dashboard – konfiguracija SSID-a

Pod opcijom *Client IP assignment* odabire se *Bridge mode: Make clients part of the LAN*.

Pod opcijom *VLAN tagging* odabire se *Use VLAN tagging*, a pod *VLAN ID* unosi se željeni VLAN.

Pritiskom na tipku *Save* sprema se konfiguracija na usmjerivaču.



Slika 43: Meraki Dashboard – VLAN ID

Nakon konfiguracije navedenih parametara, pritiskom na opciju *rename* mijenja se naziv novokreirane bežične mreže.

Nova bežična mreža aktivira se izmjenom opcije *disabled* u *enabled*.

### Configuration overview

SSIDs Showing 4 of 15 SSIDs. [Show all my SSIDs.](#)

	eduroam	eSkole	guest	Unconfigured SSID 4
Enabled	<input type="button" value="enabled"/>	<input type="button" value="enabled"/>	<input type="button" value="disabled"/>	<input type="button" value="disabled"/>
Name	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>	<a href="#">rename</a>
Access control	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>	<a href="#">edit settings</a>
Encryption	802.1X with custom RADIUS	PSK (WPA2)	Open	PSK (WPA2)
Sign-on method	None	Password-protected with custom RADIUS	Password-protected with Meraki RADIUS	None
Bandwidth limit	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
Client IP assignment	Local LAN	Local LAN	Local LAN	Local LAN
Clients blocked from using LAN	yes	no	no	no
Wired clients are part of Wi-Fi network	no	no	no	no
VLAN tag ⓘ	14	10	13	17
VPN	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
<a href="#">Splash page</a>				
Splash page enabled	no	yes	yes	no
Splash theme	n/a	n/a	Modern	n/a

Slika 44: Meraki Dashboard – uključenje i izmjena naziva novog SSID-a

Pritiskom na tipku *Save* sprema se konfiguracija na usmjerivaču.

Nakon uključjenja nove bežične mreže (SSID-a), po potrebi se mogu izmijeniti dodatne postavke.

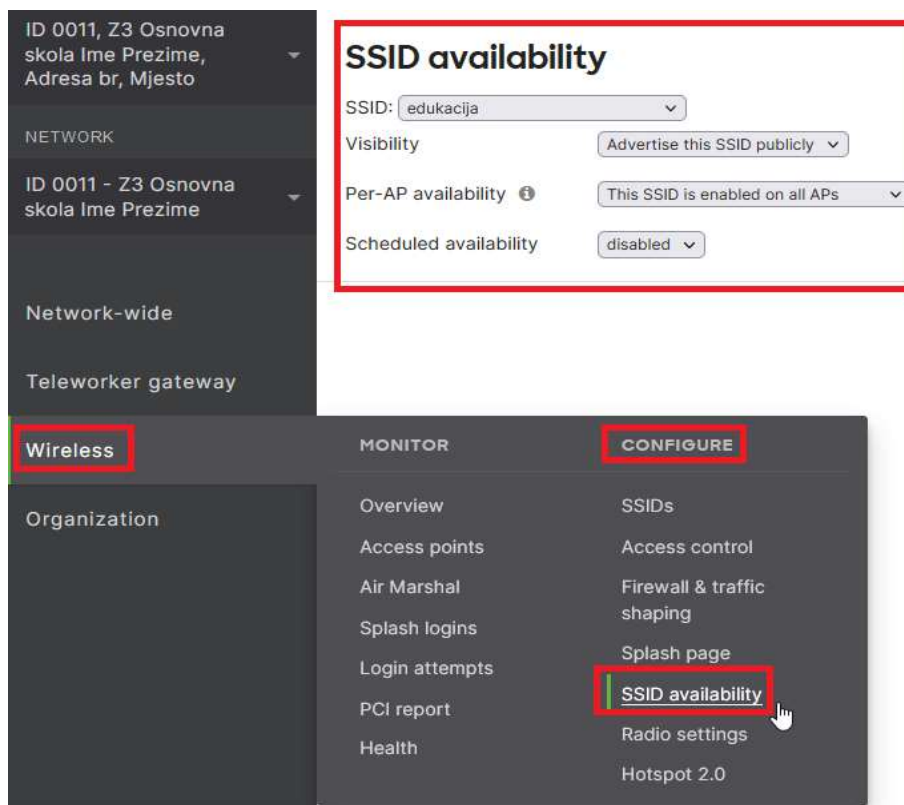
U glavnom izborniku na *Wireless* pod *CONFIGURE* odabire se opcija *SSID availability*.

Pod SSID, odabire se bežična mreža te se mijenjaju postavke:

- **Visibility** – prikazivanje ili sakrivanje bežične mreže,
- **Per-AP availability** – oglašavanje bežične mreže na određenim bežičnim

točkama,

- **Scheduled availability** – vremensko definiranje dostupnosti bežične mreže.

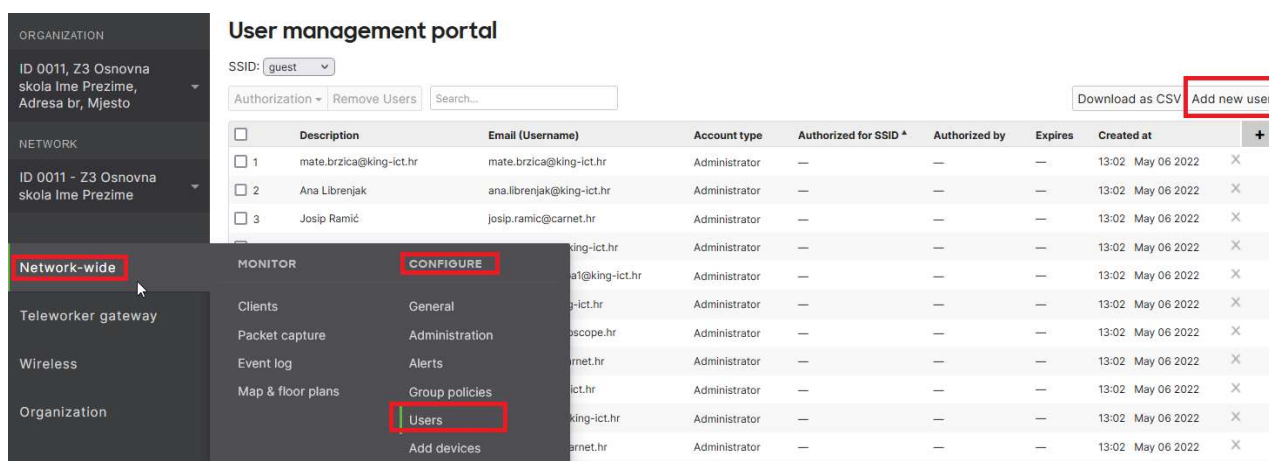


Slika 45: Meraki Dashboard – Dodatne opcije bežičnih mreža

### 5.5.7. Primjer kreiranja i uklanjanja korisnika na Meraki sustav

Početni korak kod konfiguracije korisnika je prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki unosom korisničkog imena i lozinke koje je administrator sustava ranije odredio.

U glavnom je izborniku potrebno odabrati *Network-wide* i zatim opciju *Users*. Nakon navedenog, prikazuje se *User management portal* s popisom svih korisnika kreiranih u sustavu.



Slika 46: Meraki Dashboard – User management portal

Odabirom opcije *Add new user*, otvara se konfiguracijski prozor u kojem treba unijeti sljedeće parametre:

- **Description** – unosi se opis, npr. ime i prezime ili namjena,
- **E-mail (Username)** – korisničko ime mora biti definirano u obliku adrese elektroničke pošte,
- **Password** – služi za unos lozinke. Nakon unosa lozinke, ponuđena je mogućnost slanja lozinke na adresu elektroničke pošte definiranu u parametru *korisničko ime*,
- **Authorized** – korisniku se omogućava (Yes), odnosno onemogućava (No) pristup na bežičnu mrežu. Ako se pristup omogući, otvara se nova opcija za definiranje isteka vremenskog intervala unutar kojeg je korisniku omogućen pristup bežičnoj mreži.

Slika 47: Meraki Dashboard – kreiranje korisnika za bežičnu mrežu guest

Odabirom opcije *Create user*, završava se postupak kreiranja korisničkog imena i lozinke za spajanje korisnika na bežičnu mrežu *guest*.

Novi korisnik prikazan je na popisu i vidljivi su podaci u kolonama *Description*, *E-mail (Username)*, *Account type*, *Authorized for SSIDS*, *Authorized by*, *Expires* i *Created at*.

## User management portal

SSID: guest

Authorization Remove Users

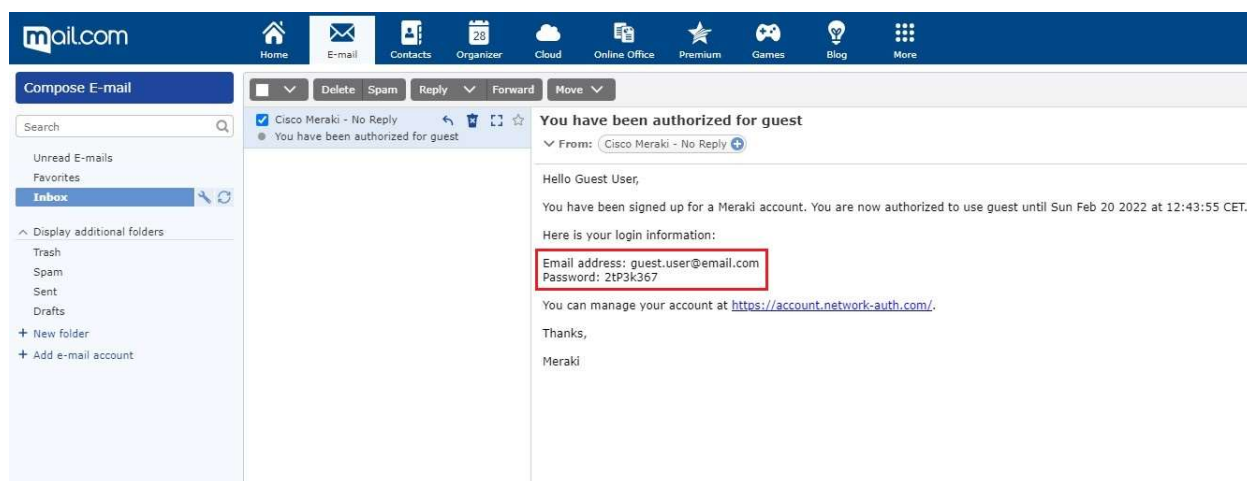
Download as CSV Add new user

<input type="checkbox"/>	Description	Email (Username)	Account type	Authorized for SSID	Authorized by	Expires	Created at		
<input type="checkbox"/>	1	Guest User	guest.user@email.com	Guest	Yes	grgur.dragicevic@king-ict.hr (grgur.dragicevic@king-ict.hr)	Jan 24 2023 12:56	12:59 Jan 23	X

Slika 48: Meraki Dashboard – prikaz novog korisnika za bežičnu mrežu guest

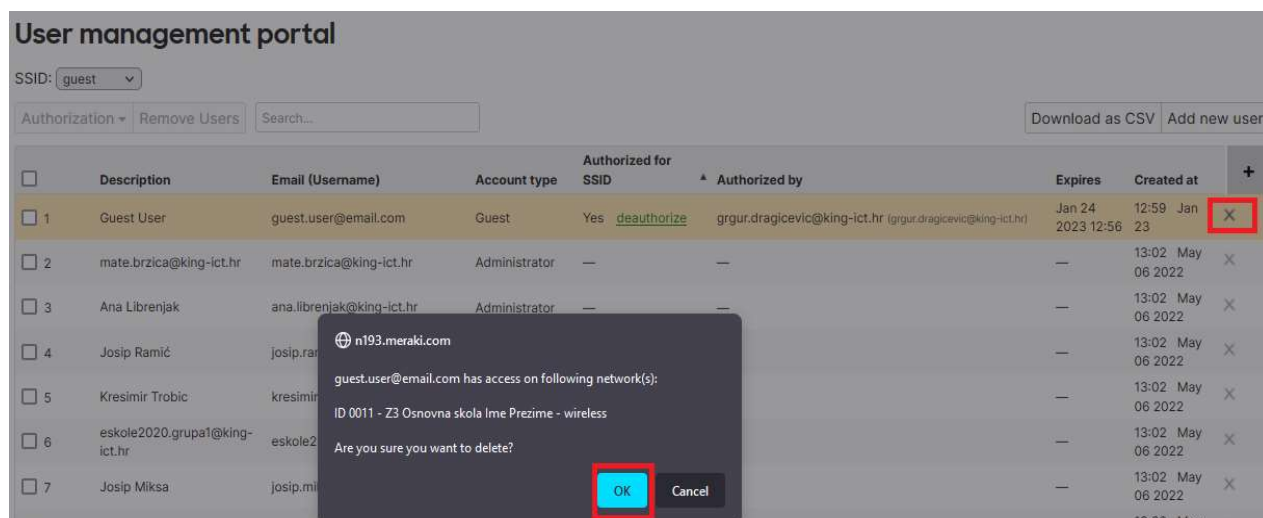
Nakon unosa novih gost korisničkih računa potrebno je pritisnuti tipku **Save** kako bi se spremila konfiguracija na usmjerivaču.

U međuvremenu, korisnik na adresu elektroničke pošte prima podatke za prijavu na bežičnu mrežu **guest**.



Slika 49: Korisnički podaci za spajanje na bežičnu mrežu guest

Za uklanjanje gost korisničkog računa, potrebno je pritisnuti na tipku **X** te u novom prozoru pritisnuti na tipku **OK** kako bi se potvrdilo uklanjanje računa.

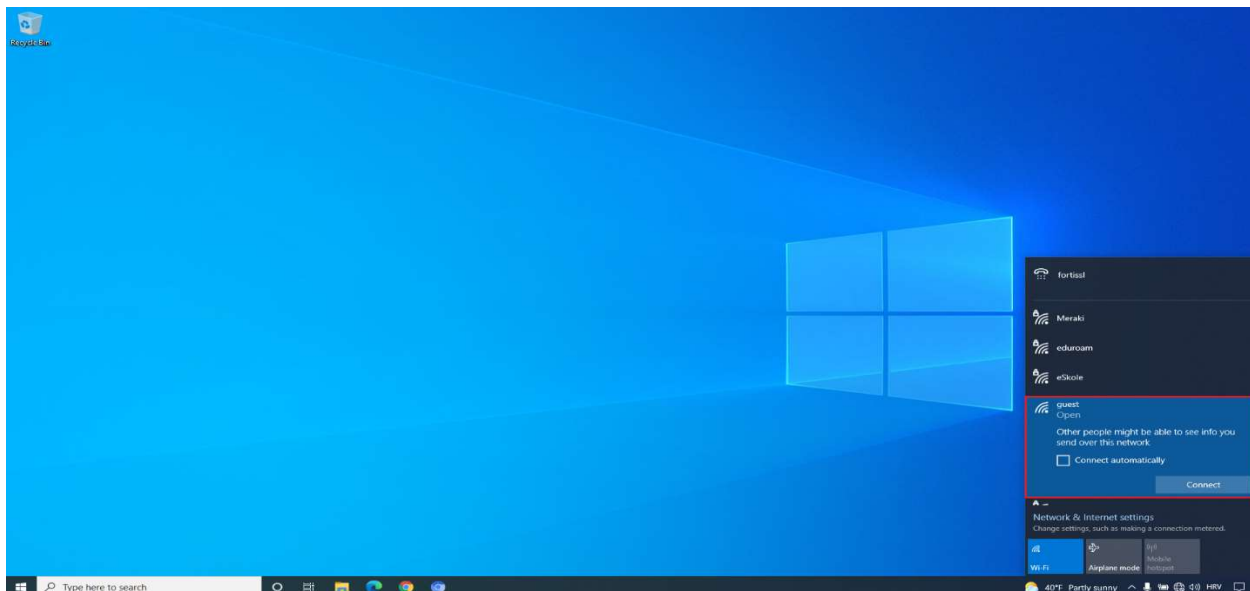


Slika 50: Potvrda uklanjanja gost korisničkog računa

## 5.5.8. Spajanje na bežičnu mrežu *guest*

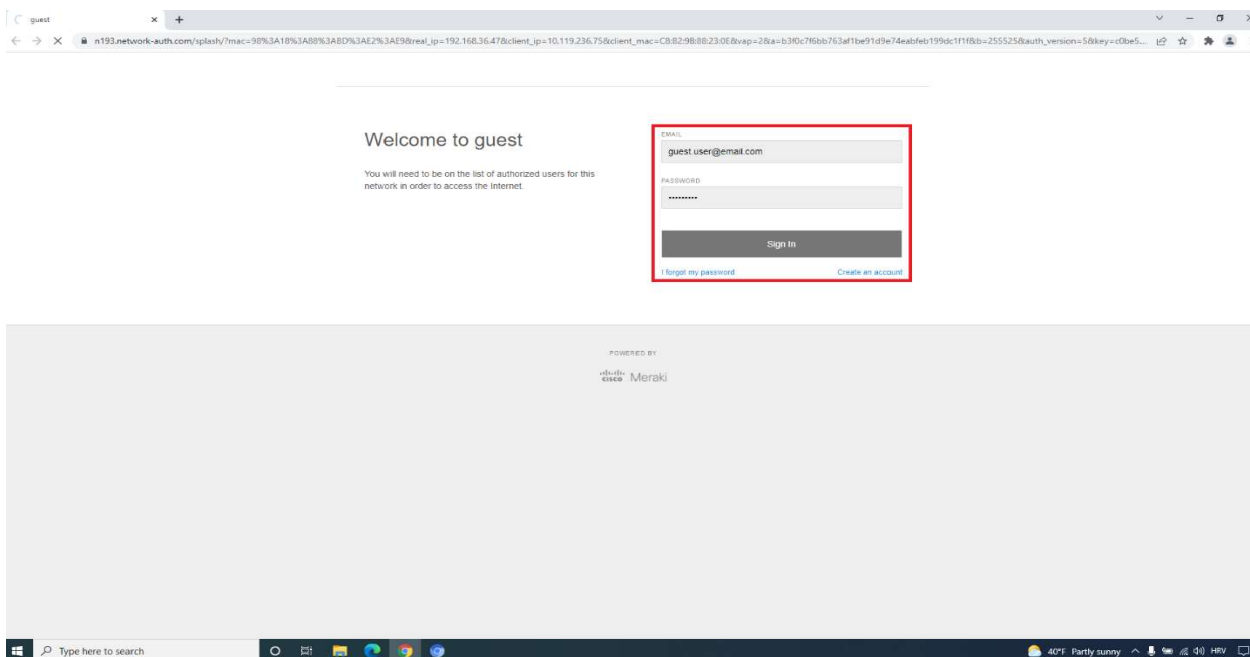
Nakon što administrator sustava, odnosno STP, kreira korisnički račun, slijedi prijava korisnika na računalo.

Korisnik na računalu odabire bežičnu mrežu *guest*.



Slika 51: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu *guest*

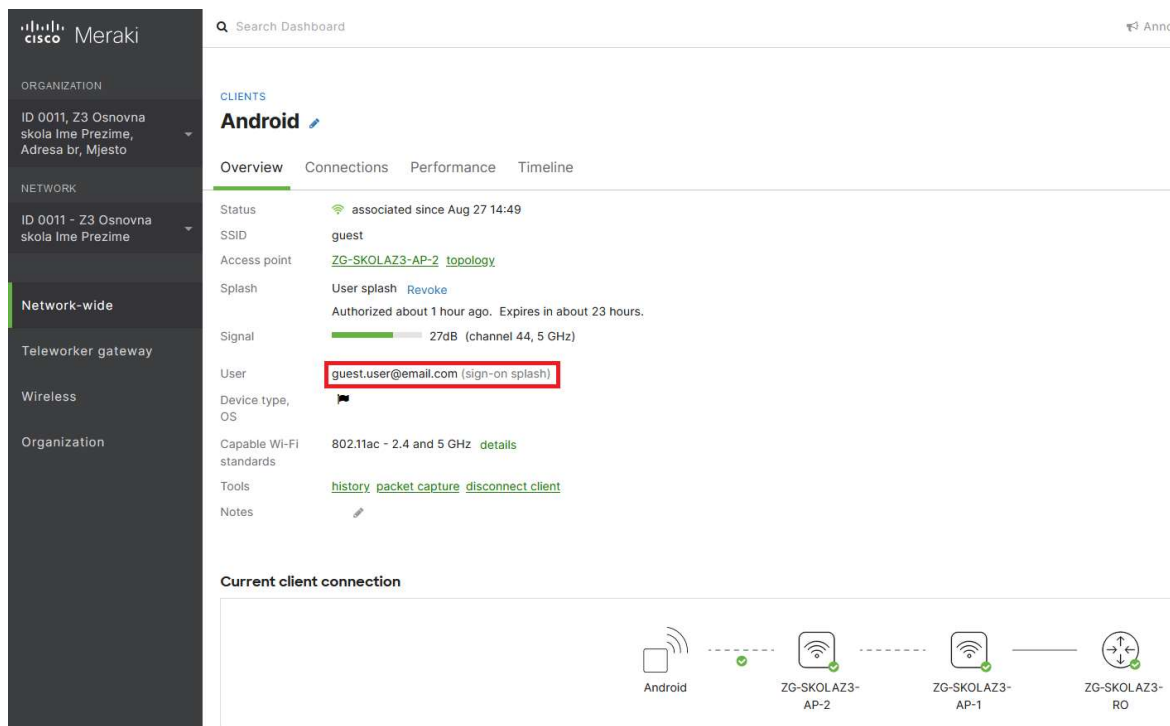
Nakon nekoliko trenutaka, u pregledniku se otvara mrežna stranica gdje korisnik upisuje korisničko ime i lozinku koje je prethodno dobio putem elektroničke pošte.



Slika 52: Autentikacija korisnika

Nakon uspješne autentikacije, korisniku je omogućen pristup resursima na internetu.

Na nadzornoj ploči *Clients Dashboard*, u centralnom sustavu za upravljanje Cisco Meraki, administratoru sustava (STP-u) pojavljuje se korisnikov klijent i njegovim odabirom je vidljivo da je korisnik uredno spojen na bežičnu mrežu *guest*.



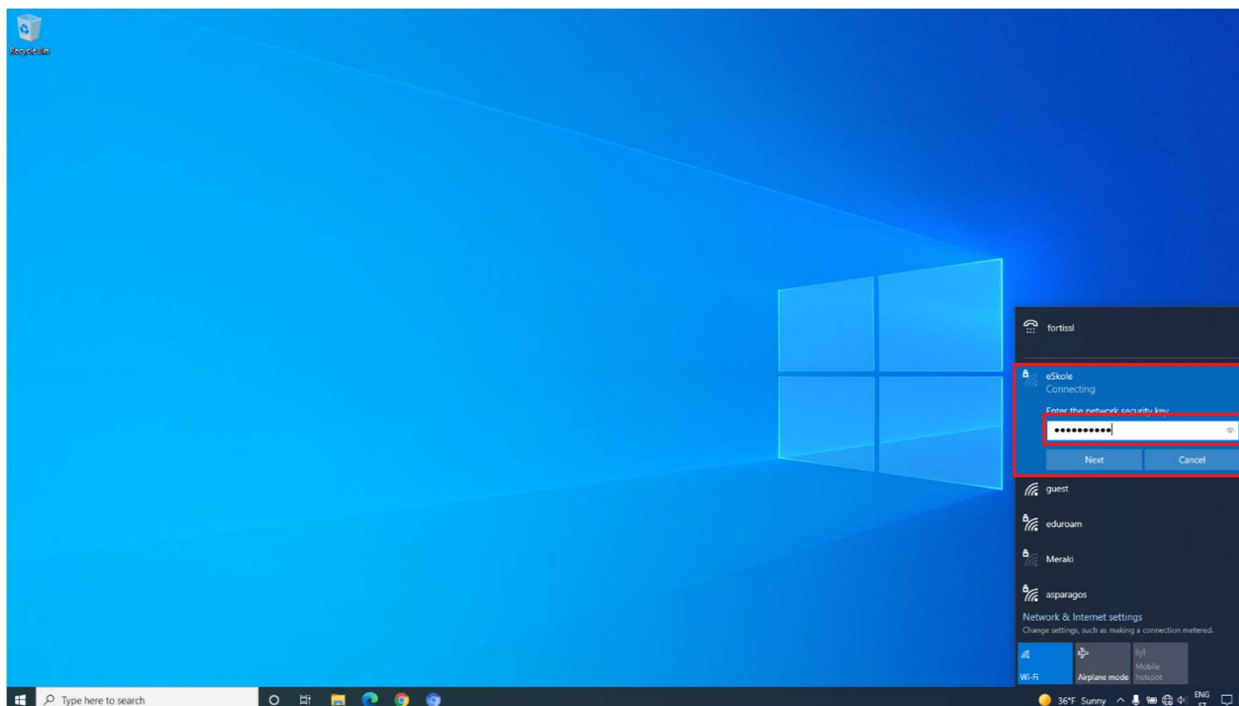
The screenshot displays the Cisco Meraki Clients Dashboard. On the left is a navigation sidebar with sections for Organization, Network, Network-wide, Teleworker gateway, Wireless, and Organization. The main content area shows details for a client named 'Android'. The 'User' field is highlighted with a red box and contains the email 'guest.user@email.com (sign-on splash)'. Below this, a 'Current client connection' diagram illustrates the network path: the Android client is connected to ZG-SKOLAZ3-AP-2, which is connected to ZG-SKOLAZ3-AP-1, which is connected to the central router ZG-SKOLAZ3-RO.

Slika 53: Meraki Dashboard – Dodatne informacije o klijentu

### 5.5.9. Spajanje na bežične mreže eSkole i eduroam

U ovom se poglavlju prikazuje postupak spajanja korisnika na bežične mreže eSkole i eduroam.

Prilikom spajanja korisnika na bežičnu mrežu eSkole, na listi dostupnih bežičnih mreža potrebno je odabrati mrežu eSkole i upisati *pre-shared key* (PSK) koji je proslijedio administrator sustava (privremeni PSK koji administrator sustava (STP) može po želji zamijeniti je eskole123#).

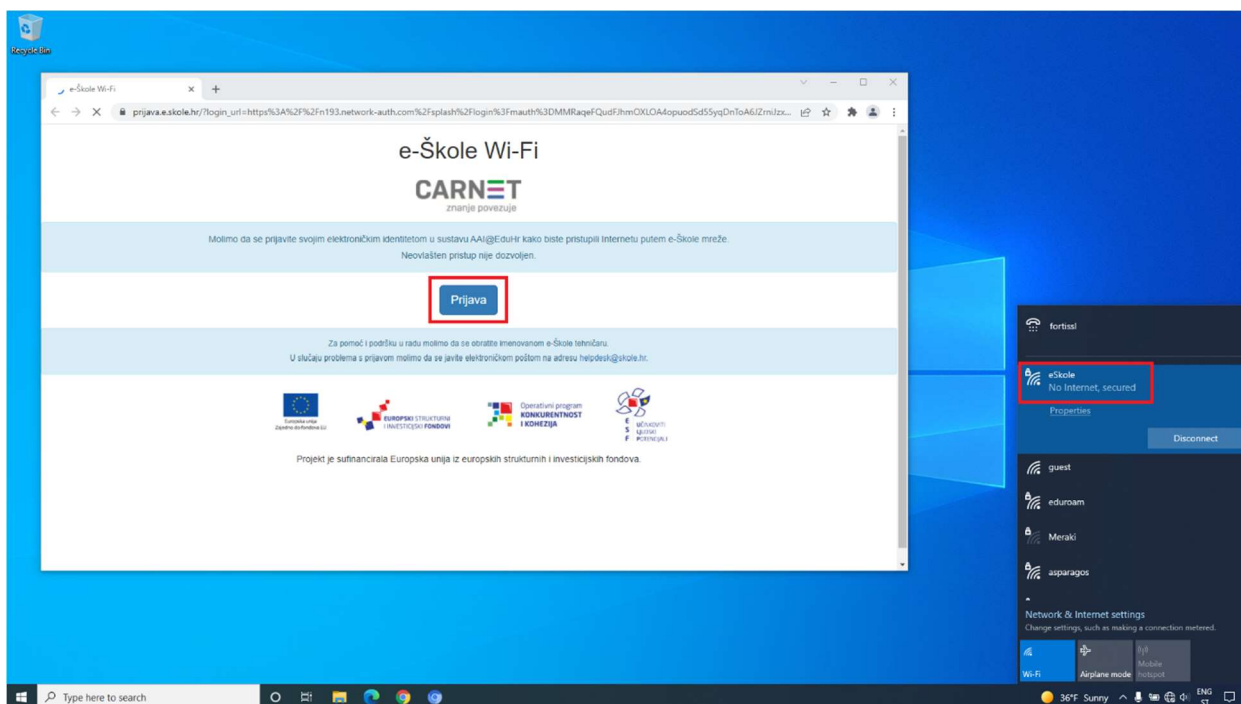


Slika 54: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eSkole

Nakon uspješnog spajanja, otvara se stranica za prijavu u koju se potrebno prijaviti unosom pristupnih podataka sustava AAI@EduHr ako je potreban pristup resursima na internetu.

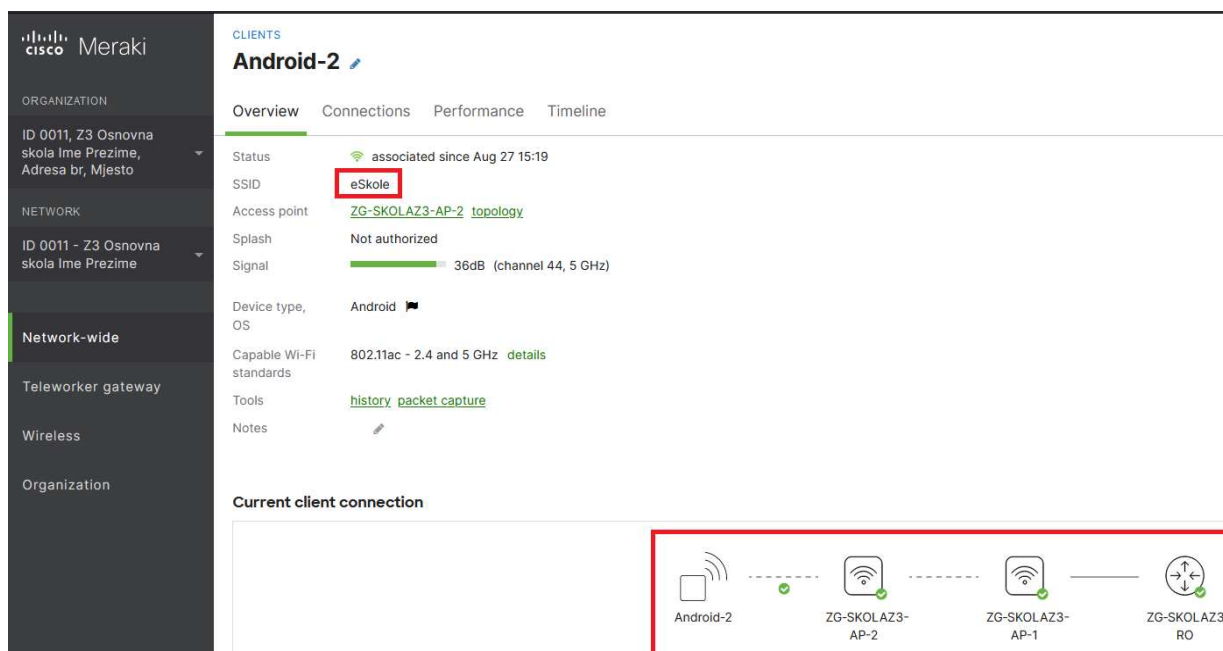
**Bez prijave na sustav AAI@EduHr, putem bežične mreže eSkole dozvoljeno je pristupati jedino servisima za nadogradnju operacijskog sustava na računalima ili drugim servisima koje CARNET dozvoljava.**





Slika 55: Prijava na sustav AAI@EduHr

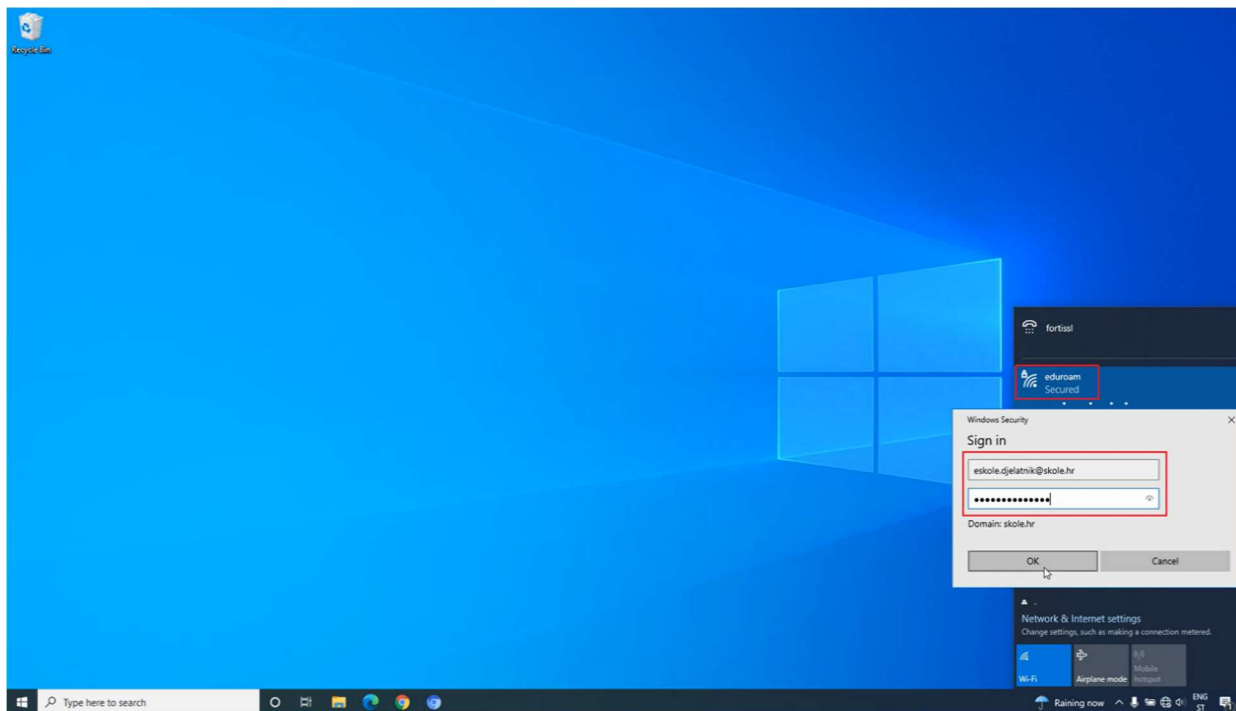
Na nadzornoj ploči *Clients Dashboard* u centralnom sustavu za upravljanje Cisco Meraki administratoru sustava (STP-u) pojavljuje se korisnikov klijent i njegovim je odabirom vidljivo da je korisnik uredno spojen na bežičnu mrežu *eSkole*.



Slika 56: Meraki Dashboard – Clients Dashboard – eSkole

Korisnik se na bežičnu mrežu *eduroam* može spajati uz instalaciju instalacijskog programa *eduroam installer* na uređaj ili bez njegove instalacije. Instalacijski se program preuzima na mrežnoj stranici <https://installer.eduroam.hr/>.

Za spajanje uređaja uz primjenu instalacijskog programa *eduroam installer*, navedeni je program potrebno preuzeti i instalirati na uređaj. Nakon instalacije, na listi dostupnih bežičnih mreža potrebno je odabrati *eduroam* i upisati podatke iz sustava *AAI@EduHr*.

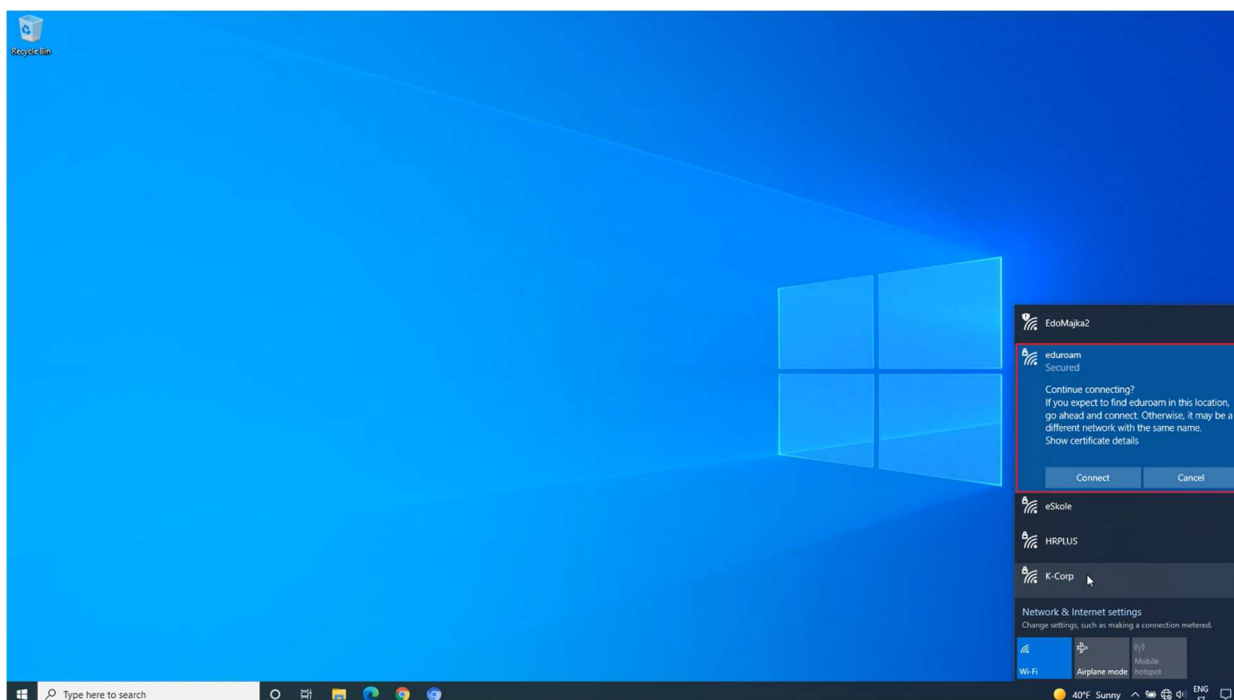


Slika 57: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eduroam pomoću instalacijskog programa

Za spajanje korisničkog računala bez instalacijskog programa *eduroam installer*, na listi dostupnih bežičnih mreža potrebno je odabrati *eduroam*, upisati podatke iz sustava *AAI@EduHr* i potvrditi ponuđene postavke certifikata.

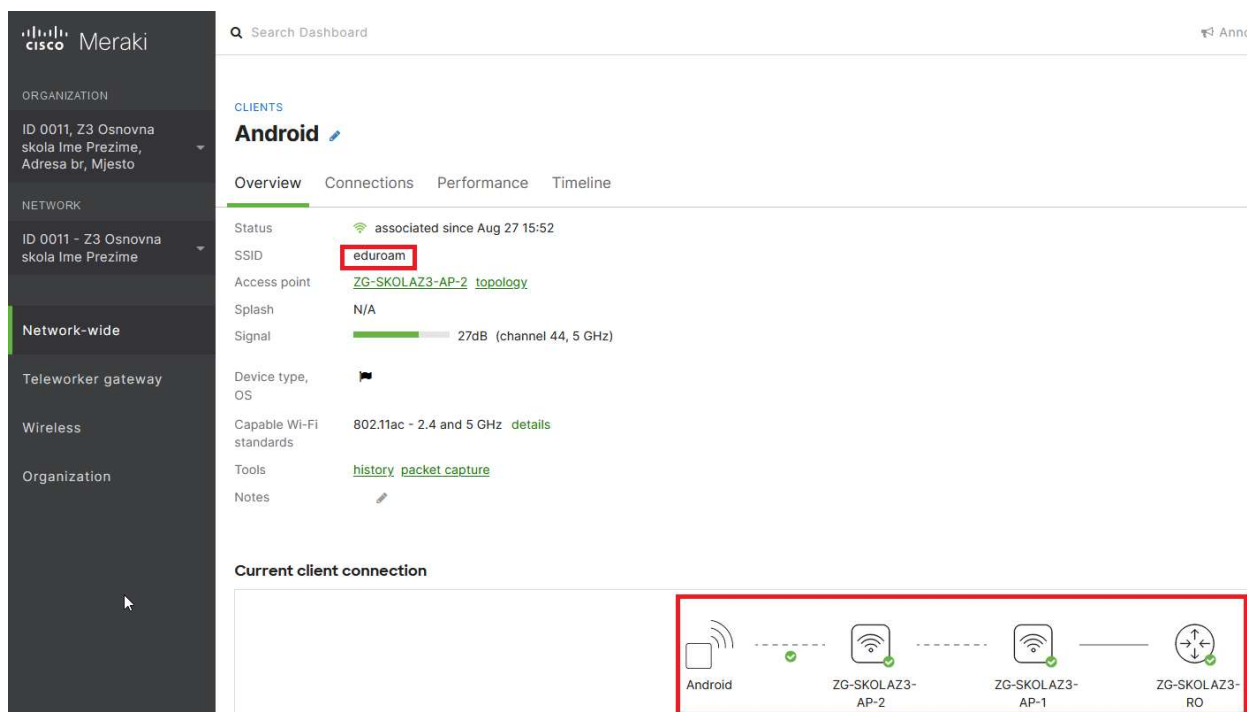
Ako se korisnik na bežičnu mrežu spaja mobilnim uređajem, potrebno je podesiti sljedeće parametre:

- **Settings / Connections / WiFi**,
- odabrati bežičnu mrežu **eduroam**,
- **EAP method** postaviti na **TTLS**,
- **PHASE 2 authentication** postaviti na **PAP**,
- u polju **CA certificate** nije potrebno mijenjati postavke,
- u polje **Identity** unijeti svoje **korisničko ime AAI** (u obliku „ime.prezime@skole.hr“),
- polje **Anonymus identity** ostaviti prazno,
- u polje **Wireless password** unijeti svoju lozinku za AAI.



Slika 58: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eduroam bez instalacijskog programa

Na nadzornoj ploči *Clients Dashboard* u centralnom sustavu za upravljanje Cisco Meraki administratoru sustava (STP-u) pojavljuje se korisnikov klijent i njegovim je odabirom vidljivo da je korisnik uredno spojen na bežičnu mrežu *eduroam*.



Slika 59: Meraki Dashboard – Clients Dashboard – eduroam

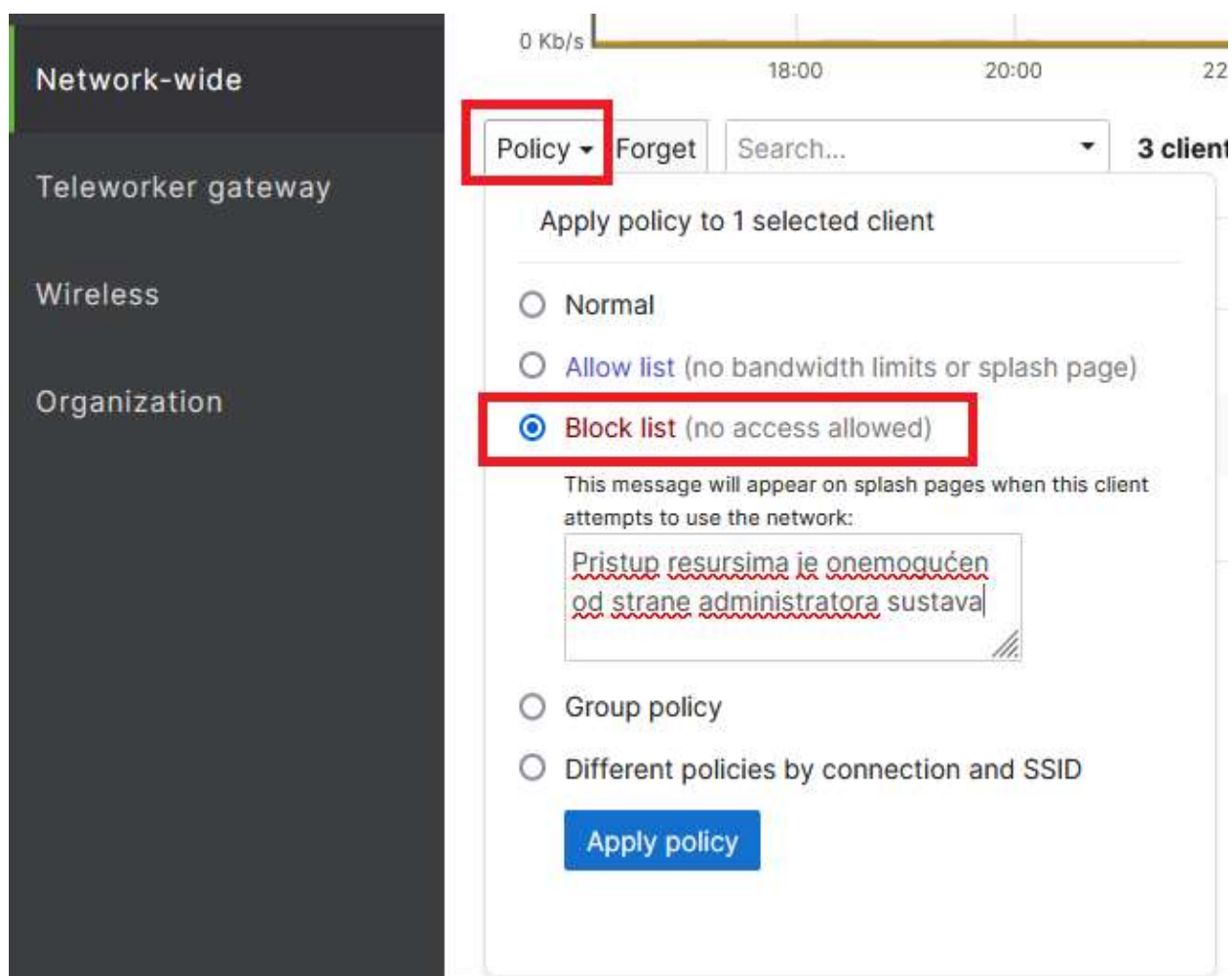
## 5.5.10. Postavljanje korisnika na listu blokiranih (*blacklist*)

U ovom je poglavlju je opisano postavljanje korisnika na listu blokiranih (*blacklist*). Korisnika se na ovu listu postavlja kako bi mu se onemogućio pristup određenim resursima.

Korisnike je na ovu listu moguće dodati na dva načina: odabirom korisnika na listi ili dodavanjem MAC adrese uređaja.

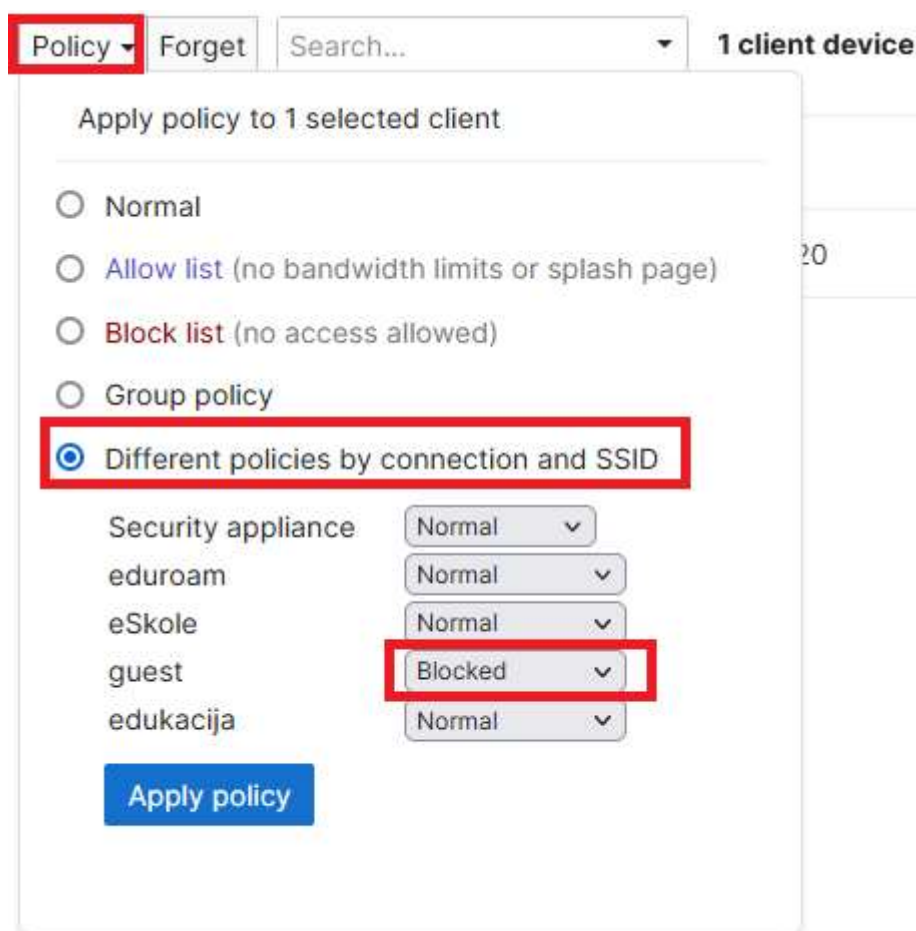
### 1) Dodavanje na listu blokiranih odabirom korisnika na listi

Sa popisa trenutno spojenih klijenata potrebno je odabrati uređaje koji se dodaju na listu blokiranih. Moguće je odabrati jedan ili više uređaja te u jednom koraku primijeniti pravilo na sve. Potrebno je odabrati opciju *Policy* i zatim *Block list*. Preporučeno je upisati poruku koja će biti prikazana korisniku. Odabirom *Apply policy*, nove se postavke spremaju u sustav.



Slika 60: Dodavanje na listu blokiranih odabirom korisnika na listi

Također je moguće staviti korisnike na listu blokiranih po određenim bežičnim mrežama. Na listi spojenih klijenata, odabire se jedan ili više uređaja te se pritisne tipka *Policy*. Pod *Different policies by connection and SSID* prikazuje se popis bežičnih mreža. Pored naziva bežične mreže odabire se pristup *blocked* ili *allowed* te se pritisne *Apply policy* kako bi se izmijenile postavke u sustav.



Slika 61: Postavljanje uređaja na listu blokiranih putem određene bežične mreže

## 2) Dodavanje korisnika na listu blokiranih (*blacklist*) dodavanjem MAC adrese

Za blokiranje korisnika putem MAC adrese, potrebno je odabrati opciju *Add client*, zatim *Block list* i upisati MAC adresu klijentskog uređaja. Ispod opcije *Block list* preporučeno je upisati poruku koja će biti prikazana blokiranom klijentu prilikom pokušaja pristupa resursima na internetu. Odabirom opcije *Add clients*, nove postavke spremaju se u sustav.

Add client ▾

Add clients here to set the policy for a given MAC address before that client ever associates to the network. You can see all clients with a policy assigned to their mac by selecting "only clients with a policy" from the top.

**Name (optional)**  
Grgur\_PC

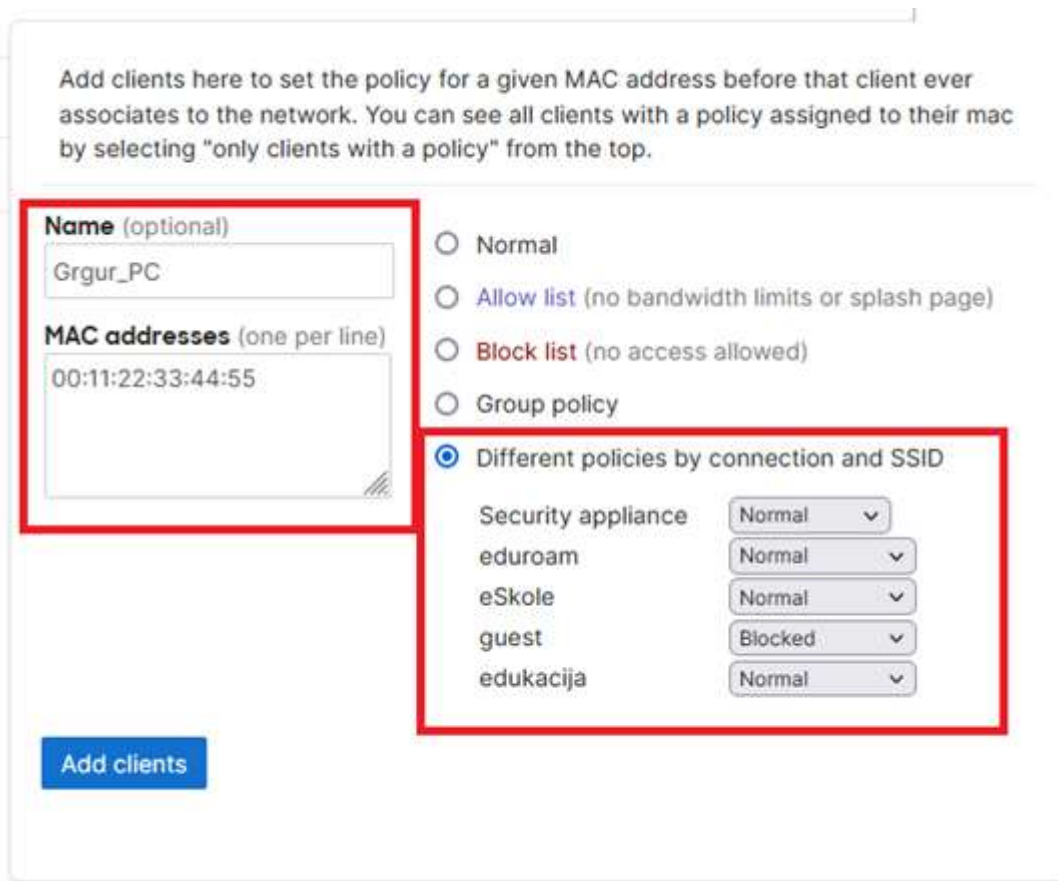
**MAC addresses (one per line)**  
00:11:22:33:44:55

Normal  
 Allow list (no bandwidth limits or splash page)  
 **Block list (no access allowed)**  
 This message will appear on splash pages when this client attempts to use the network:  
 Pristup resursima je onemogućen od strane administratora sustava  
 Group policy  
 Different policies by connection and SSID

Add clients

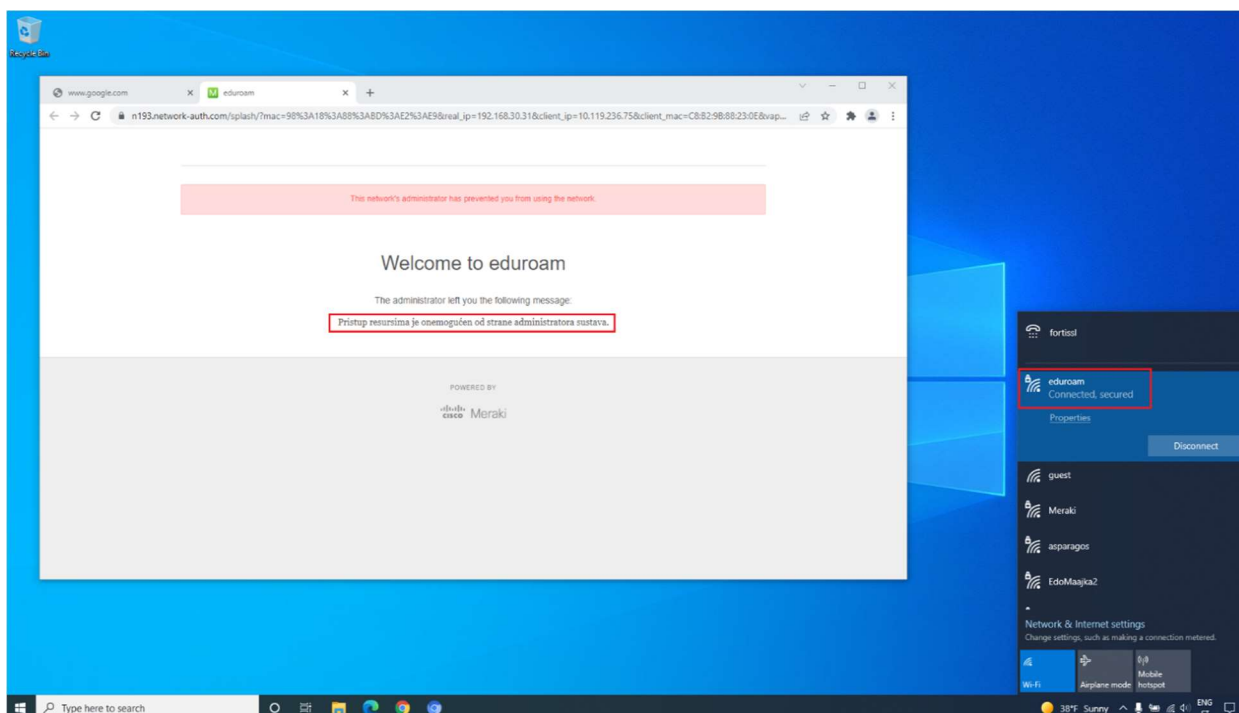
Slika 62: Postavljanje uređaja po MAC adresi na listu blokiranih

Korisnike je moguće postaviti na listu blokiranih po određenim bežičnim mrežama. Na listi spojenih klijenata, odabire se jedan ili više uređaj te se pritisne tipka *Policy*. Pod opcijom *Different policies by connection and SSID* se prikazuje popis bežičnih mreža. Pored naziva bežične mreže odabire se *Blocked* te se pritisne *Apply policy* kako bi se izmijenile postavke u sustavu.



Slika 63: Blokiranje MAC adresa po određenoj bežičnoj mreži

Kada korisnik pokuša pristupiti resursima na internetu putem blokiranog uređaja, otvara se mrežna stranica na kojoj je prikazana obavijest o onemogućenom pristupu, uz poruku koja je definirana prilikom njegova blokiranja.



Slika 64: Obavijest korisniku na listi blokiranih o nemogućnosti pristupa

## 5.5.11. Postavljanje korisnika na listu bez ograničenja (*whitelist*)

U ovom je poglavlju je opisano postavljanje korisnika na listu bez ograničenja (*whitelist*). Korisnici dodani na ovu listu izuzeti su od ograničenja kao što su ograničenje brzine prijenosa podataka i autentikacija putem zaštitnog portala (engl. *Captive portal*). Ova je lista namijenjena prvenstveno za spajanje pametnih ploča, pisača i uređaja koji nemaju mogućnost spajanja unosom korisničkog imena i lozinke iz sustava AAI@EduHr.

Korisnike je na ovu listu moguće dodati na dva načina: odabirom korisnika na listi ili dodavanjem MAC adrese uređaja.

### 1) Odabir korisnika na listi

Kod ovog načina potrebno je sa popisa trenutno spojenih klijenata odabrati one koji će biti dodani na listu bez ograničenja. Moguće je odabrati jednog ili više klijenata i u jednom koraku primijeniti pravilo na sve. Potrebno je odabrati *Policy* i zatim *Allow list*. Odabirom *Apply policy*, nove se postavke spremaju u sustav.

The screenshot shows the Meraki Dashboard interface. On the left is a dark sidebar with navigation items: 'ID 0011 - Z3 Osnovna skola Ime Prezime', 'Network-wide', 'Teleworker gateway', 'Wireless', and 'Organization'. The main content area is titled 'Clients' and includes a graph showing bandwidth usage (0 to 1.6 Mb/s) over time (16:00 to 20:00). Below the graph, there is a 'Policy' dropdown menu with a red box around it. The menu is open, showing options: 'Normal', 'Allow list (no bandwidth limits or splash page)' (selected and highlighted with a red box), 'Block list (no access allowed)', 'Group policy', and 'Different policies by SSID'. At the bottom of the menu is an 'Apply policy' button, also highlighted with a red box. The top right of the interface shows '11 client device'.

Slika 65: Meraki Dashboard – dodavanje korisnika na listu Allow



## 2) Dodavanjem MAC adrese

Za dodavanje korisnika putem MAC adrese na listu bez ograničenja, potrebno je odabrati opciju *Add client*, zatim *Allow list* i upisati MAC adresu klijentskog uređaja. Preporučeno je upisati naziv u opciju *Name*. Odabirom *Add clients*, nove se postavke spremaju u sustav.

Add clients here to set the policy for a given MAC address before that client ever associates to the network. You can see all clients with a policy assigned to their mac by selecting "only clients with a policy" from the top.

**Name (optional)**  
Grgur\_PC

**MAC addresses (one per line)**  
00:11:22:33:44:55

Normal  
 **Allow list (no bandwidth limits or splash page)**  
 Block list (no access allowed)  
 Group policy  
 Different policies by connection and SSID

Add clients

Slika 66: Meraki Dashboard – prikaz korisnika na listi bez ograničenja (*whitelist*)

Nakon dodavanja klijentskog uređaja na listu bez ograničenja (*whitelist*), korisnik ima pristup resursima na internetu.

## 5.6. Otklanjanje poteškoća na mreži

U ovom su poglavlju opisani postupci koji se primjenjuju kada se pojavi neka poteškoća, odnosno korisnik prijavi situaciju koju treba provjeriti.

### 5.6.1. Prikaz snimanja mrežnog prometa

U nastavku se obrađuje snimanje mrežnog prometa na odabranom sučelju.

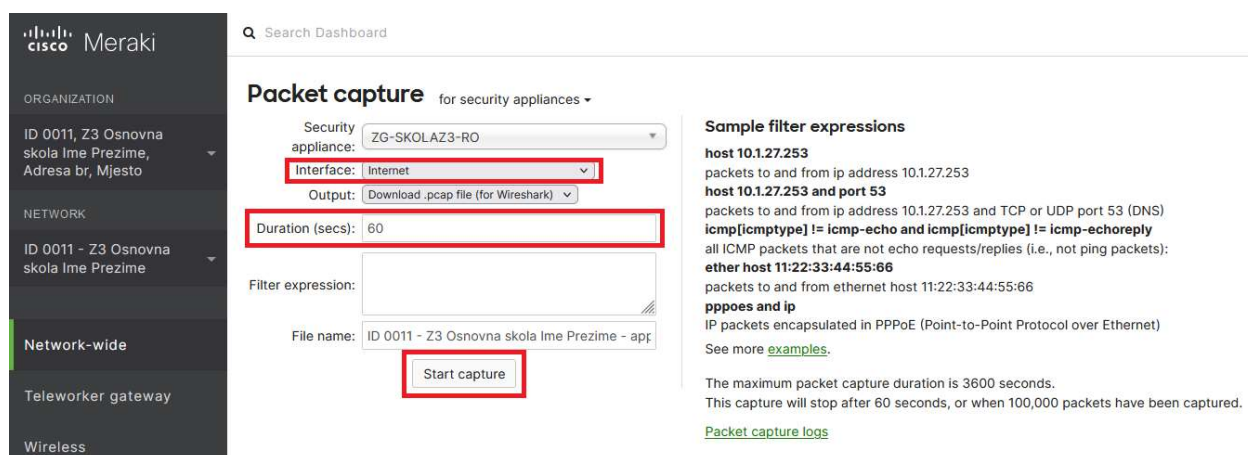
Prvi je korak prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki unosom korisničkog imena i lozinke koje je administrator sustava ranije odredio.

Nakon odabira lokacije, u glavnom se izborniku odabire *Network-wide*, zatim opcija *MONITOR* i potom opcija *Packet capture*.

The screenshot displays the Cisco Meraki dashboard interface. On the left, the navigation menu is visible, with 'Network-wide' highlighted in red. The main content area shows the 'Monitor Switches' configuration page. The 'MONITOR' menu is open, and 'Packet capture' is highlighted in red. The background shows a 'Health' section with '1/1 healthy' for UPLINK(S) and '2/2 healthy' for WIRELESS, and a 'Clients' section with a line graph showing network usage over time.

Slika 67: Meraki Dashboard – Monitor Switches

Pod *Packet Capture* odabire se opcija za snimanje mrežnog prometa na odabranom sučelju (*Interface*) te se odabire duljina (*duration*) koliko će se promet snimati.



Slika 68: Meraki Dashboard – pokretanje snimanja mrežnog prometa

Postoje dva načina za pregled i analizu snimljenog mrežnog prometa u sustavu Cisco Meraki: pregled snimljenog prometa u mrežnom pregledniku i preuzimanje datoteke te pregled snimljenog prometa na korisničkom klijentu.

Količina podatka koju je potrebno analizirati nakon snimanja ovisi o količini mrežnog prometa na sučelju i duljini perioda snimanja prometa. Za pregled i analizu mrežnog prometa koristi se aplikacija Wireshark.

U nastavku su obrađena oba načina pregleda snimljenog prometa.

## 1) Pregled snimljenog prometa u mrežnom pregledniku

Za analizu u mrežnom pregledniku, pod *output* je potrebno odabrati *View output below*. Zbog manjeg opterećenja sustava, postavljeno je da snimanje traje samo 5 sekunda. Prilikom snimanja prometa, bilježe se detalji o svim paketima koji prolaze kroz odabrano sučelje na usmjerivaču. Snimanje mrežnog prometa pokreće se pritiskom na *Start capture*.

U pregledniku se počinju prikazivati rezultati snimljenog mrežnog prometa i na razini paketa vide se detalji odvijanja komunikacije na odabranom sučelju.

**Packet capture** for security appliances

Security appliance: ZG-SKOLAZ3-RO  
 Interface: Internet  
 Output: View output below

Duration (secs): 5  
 Verbosity: Low  
 Ignore: broadcast packets, multicast packets

Filter expression:

clear output or Start capture

**Sample filter expressions**

**host 10.1.27.253**  
 packets to and from ip address 10.1.27.253

**host 10.1.27.253 and port 53**  
 packets to and from ip address 10.1.27.253 and TCP or UDP port 53 (DNS)

**icmp[icmptype] != icmp-echo and icmp[icmptype] != icmp-echo-reply**  
 all ICMP packets that are not echo requests/replies (i.e., not ping packets):

**ether host 11:22:33:44:55:66**  
 packets to and from ethernet host 11:22:33:44:55:66

**pppoe and ip**  
 IP packets encapsulated in PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet)

See more [examples](#).

The maximum packet capture duration is 3600 seconds.  
 This capture will stop after 5 seconds, or when 5000 packets have been captured.

[Packet capture logs](#)

```

13:25:30:325426 IP 54.184.141.61.9001 > 192.168.100.211.37614: Flags [P], seq 302:358, ack 557, win 27, options [nop,nop,TS val 2424946663 ecr 3456702015], length 56
13:25:30:374927 IP 192.168.100.211.37614 > 54.184.141.61.9001: Flags [], ack 358, win 368, options [nop,nop,TS val 3456702339 ecr 2424946663], length 0
13:25:30:632350 IP 192.168.100.211 > 8.8.8.8: ICMP echo request, id 45177, seq 43572, length 64
13:25:30:651694 IP 8.8.8.8 > 192.168.100.211: ICMP echo reply, id 45177, seq 43572, length 64
13:25:31:115632 IP 209.206.59.13.7351 > 192.168.100.211.44168: UDP, length 111
13:25:31:120417 IP 192.168.100.211.44168 > 209.206.59.13.7351: UDP, length 133
13:25:31:228592 IP 192.168.100.15.59692 > 239.255.255.250.1900: UDP, length 175
13:25:31:229795 IP 192.168.100.32.59695 > 239.255.255.250.1900: UDP, length 175
13:25:31:240368 IP 209.206.59.13.7351 > 192.168.100.211.44168: UDP, length 118
13:25:31:245516 IP 192.168.100.211.44168 > 209.206.59.13.7351: UDP, length 507
13:25:31:335787 IP 54.184.141.61.9001 > 192.168.100.211.37614: Flags [P], seq 358:441, ack 557, win 27, options [nop,nop,TS val 2424947673 ecr 3456702339], length 83
13:25:31:341303 IP 192.168.100.211.37614 > 54.184.141.61.9001: Flags [], ack 441, win 368, options [nop,nop,TS val 3456703312 ecr 2424947673], length 0
13:25:31:622845 IP 192.168.100.211 > 8.8.8.8: ICMP echo request, id 45177, seq 43573, length 64
13:25:31:652206 IP 8.8.8.8 > 192.168.100.211: ICMP echo reply, id 45177, seq 43573, length 64
13:25:31:895989 IP 54.184.141.61.9001 > 192.168.100.211.37614: Flags [P], seq 441:524, ack 557, win 27, options [nop,nop,TS val 2424948233 ecr 3456703312], length 83
13:25:31:902891 IP 192.168.100.211.37614 > 54.184.141.61.9001: Flags [], ack 524, win 368, options [nop,nop,TS val 3456703873 ecr 2424948233], length 0
13:25:32:196095 IP 54.184.141.61.9001 > 192.168.100.211.37614: Flags [P], seq 524:607, ack 557, win 27, options [nop,nop,TS val 2424948533 ecr 3456703873], length 83
13:25:32:209888 IP 192.168.100.211.37614 > 54.184.141.61.9001: Flags [], ack 607, win 368, options [nop,nop,TS val 3456704173 ecr 2424948533], length 0
13:25:32:231555 IP 192.168.100.15.59692 > 239.255.255.250.1900: UDP, length 175
13:25:32:233324 IP 192.168.100.32.59695 > 239.255.255.250.1900: UDP, length 175
13:25:32:506251 IP 54.184.141.61.9001 > 192.168.100.211.37614: Flags [P], seq 607:663, ack 557, win 27, options [nop,nop,TS val 2424948843 ecr 3456704173], length 56
13:25:32:522180 IP 209.206.59.13.7351 > 192.168.100.211.44333: UDP, length 122
13:25:32:524160 IP 192.168.100.211.44333 > 209.206.59.13.7351: UDP, length 133
13:25:32:528909 IP 192.168.100.211.37614 > 54.184.141.61.9001: Flags [], ack 663, win 368, options [nop,nop,TS val 3456704482 ecr 2424948843], length 0
--- End Of Stream ---

```

Slika 69: Meraki Dashboard – Packet capture – snimanje prometa

## 2) Preuzimanje datoteke sa snimljenim prometom na korisnički klijent

U polju *Output* potrebno je ostaviti opciju „Download .pcap file (for Wireshark)“. Vremenski interval snimanja u ovom primjeru traje 30 sekunda. U polju *Name* definira se ime datoteke koja se preuzima na korisnički klijent. Snimanje prometa započinje se pritiskom na *Start capture*. Prilikom preuzimanja datoteke na korisnički klijent, vidi se kako se ukupna količina podataka s vremenom povećava.

**Packet capture** for security appliances

Security appliance: ZG-SKOLAZ3-RO  
 Interface: Internet  
 Output: Download .pcap file (for Wireshark)

Duration (secs): 30  
 stopped

Filter expression:

File name: Packet\_capture\_test

Start capture

**Sample filter expressions**

**host 10.1.27.253**  
 packets to and from ip address 10.1.27.253

**host 10.1.27.253 and port 53**  
 packets to and from ip address 10.1.27.253 and TCP or UDP port 53 (DNS)

**icmp[icmptype] != icmp-echo and icmp[icmptype] != icmp-echo-reply**  
 all ICMP packets that are not echo requests/replies (i.e., not ping packets):

**ether host 11:22:33:44:55:66**  
 packets to and from ethernet host 11:22:33:44:55:66

**pppoe and ip**  
 IP packets encapsulated in PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet)

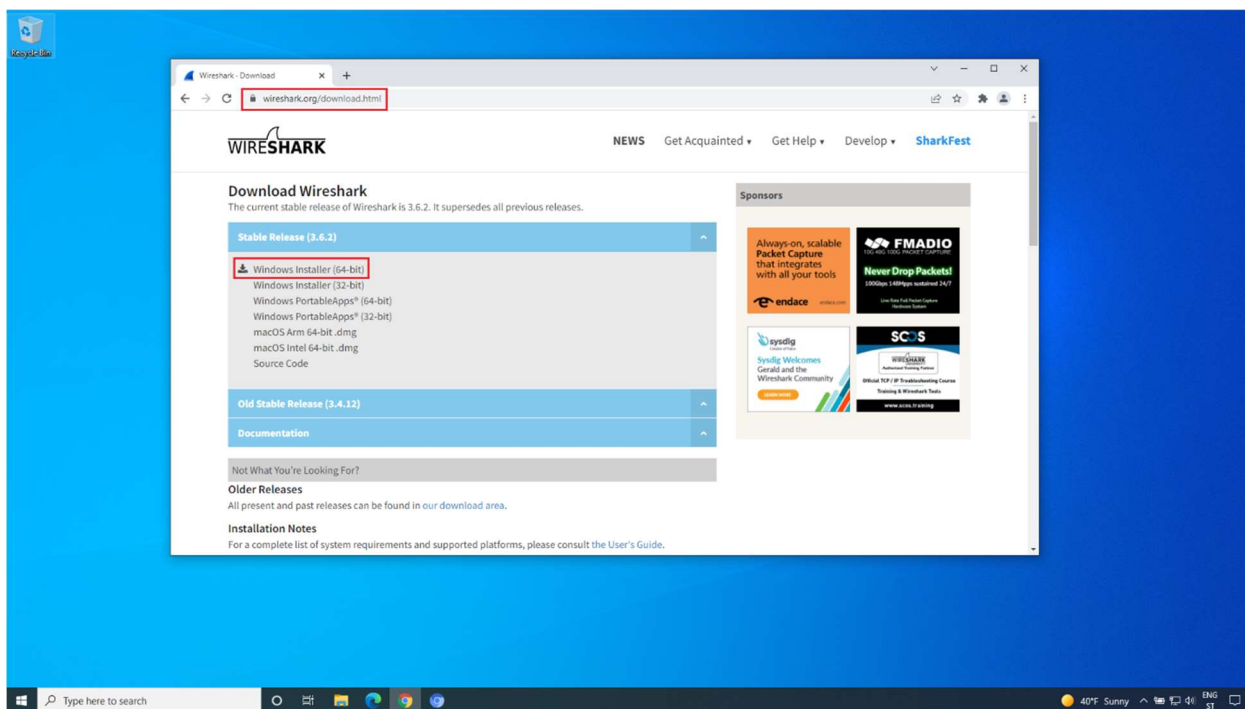
See more [examples](#).

The maximum packet capture duration is 3600 seconds.  
 This capture will stop after 5 seconds, or when 100,000 packets have been captured.

[Packet capture logs](#)

Slika 70: Meraki Dashboard – Packet capture – preuzimanje datoteke

Sljedeći je korak preuzimanje aplikacije *Wireshark* i instalacija na korisnički klijent. Sa stranice *Wireshark.org* preuzima se verzija aplikacije koja je namijenjena operacijskom sustavu kojim se koristi korisnik.



Slika 71: Korisnički klijent – preuzimanje aplikacije Wireshark

Nakon instalacije na korisnički klijent, pokreće se aplikacija *Wireshark* i odabire datoteka sa snimkom mrežnog prometa koju je preuzeo korisnički klijent.

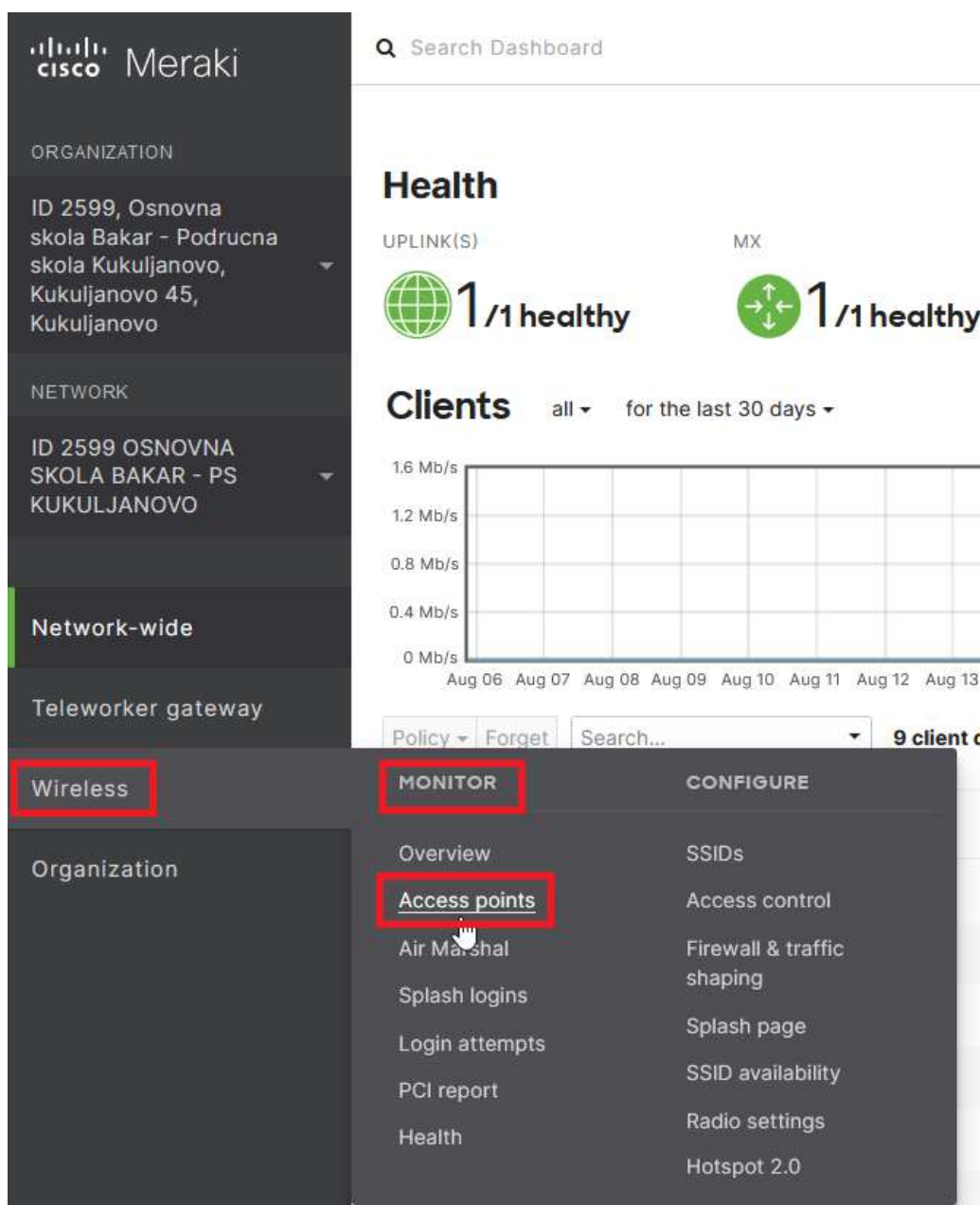
## 5.6.2. Pregled detalja bežičnih pristupnih točaka

U ovom se poglavlju prikazuju svi bitni parametri vezani uz bežične pristupne točke.

Prvi je korak prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki unosom korisničkog imena i lozinke koje je administrator sustava ranije odredio.

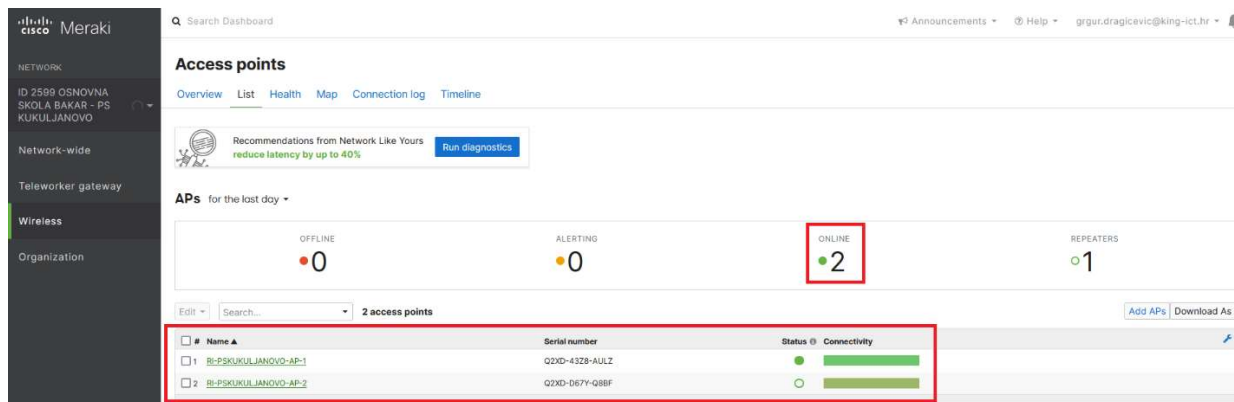
Nakon odabira lokacije, u glavnom se izborniku odabire *Wireless* i zatim u polju *MONITOR* opcija *Access points* ili prečac na nadzornoj ploči *Clients Dashboard*.

## Wireless / MONITOR / Access points



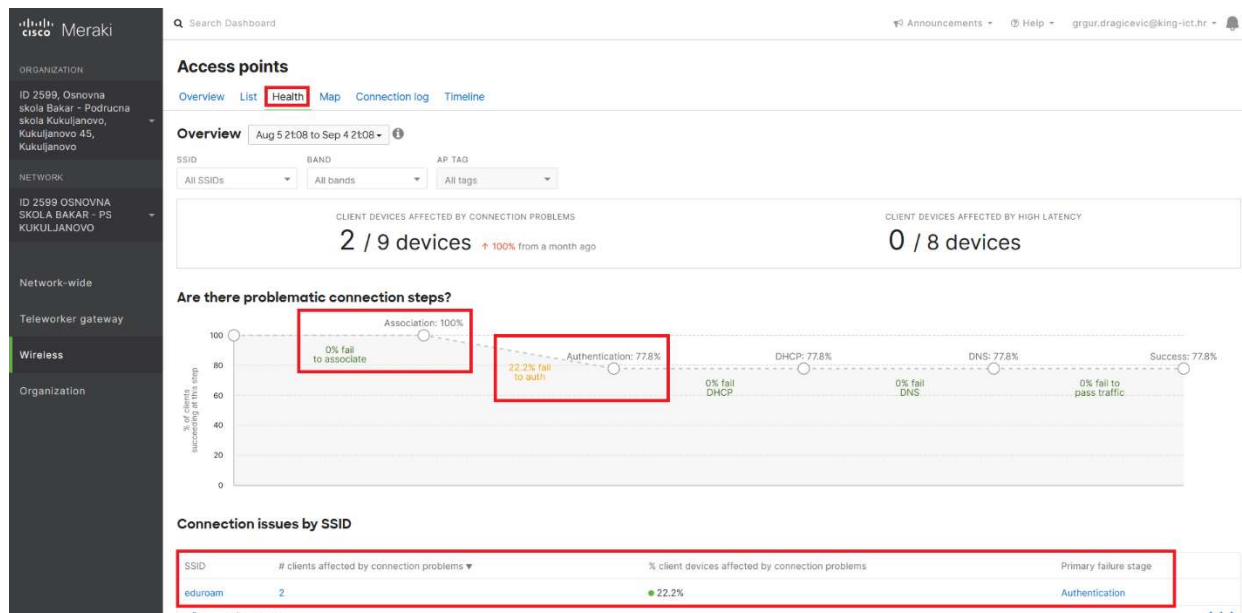
Slika 72: Meraki Dashboard – Access points

Nakon odabira, prikazuje se stranica s popisom bežičnih pristupnih točaka na lokaciji. Istaknut je status bežičnih pristupnih točaka i vidi se da su sve u statusu ONLINE.



Slika 73: Meraki Dashboard – Access points – popis AP-a

Odabirom opcije *Health*, vidi se da postoje određene poteškoće prilikom spajanja klijenata. Klijenti se uredno povezuju na bežične pristupne točke, ali postoji poteškoća s autentikacijom korisnika koji se manifestira kod spajanja na bežičnu mrežu *eduroam*.



Slika 74: Meraki Dashboard – Access points – poteškoće kod spajanja

Kod klijenata koji imaju poteškoće sa spajanjem, radi se o greškama prilikom autentikacije i nema poteškoća prilikom povezivanja na bežične pristupne točke.

Navedeni su i podaci o tome na kojoj je bežičnoj pristupnoj točki zabilježeno najviše nepravilnosti i na kojoj je zabilježena najveća latencija. Istaknuto je i kod kojeg je tipa uređaja zabilježeno najviše poteškoća sa spajanjem, kao i prosječna latencija po tipu uređaja.

The screenshot displays three summary tables from the Meraki Dashboard:

- Connection issues by AP:** A table with columns for AP, # clients affected, % client devices affected, Primary failure stage, and # failed connections. It lists two APs: RI-PSKUKULJANOVO-AP-1 (2 clients, 22.2% affected, 13 failed connections) and RI-PSKUKULJANOVO-AP-2 (1 client, 20% affected, 4 failed connections).
- Highest AP → client latency by AP:** A table showing average wireless latency and high latency traffic percentage for the same two APs. Both show an average latency of < 10ms and 0% high latency traffic.
- Connection issues by client device type:** A table showing that 1 Android device is affected by connection problems, with 50% of client devices affected and the primary failure stage being Authentication.

Slika 75: Meraki Dashboard – Access points – lista poteškoća

*Connection Log* u tabličnom formatu prikazuje popis svih neuspjelih spajanja, informacije o klijentu, bežičnoj pristupnoj točki, SSID-u, kao i u kojoj je fazi te iz kojeg razloga došlo do nepravilnosti prilikom spajanja klijenta na bežičnu mrežu.

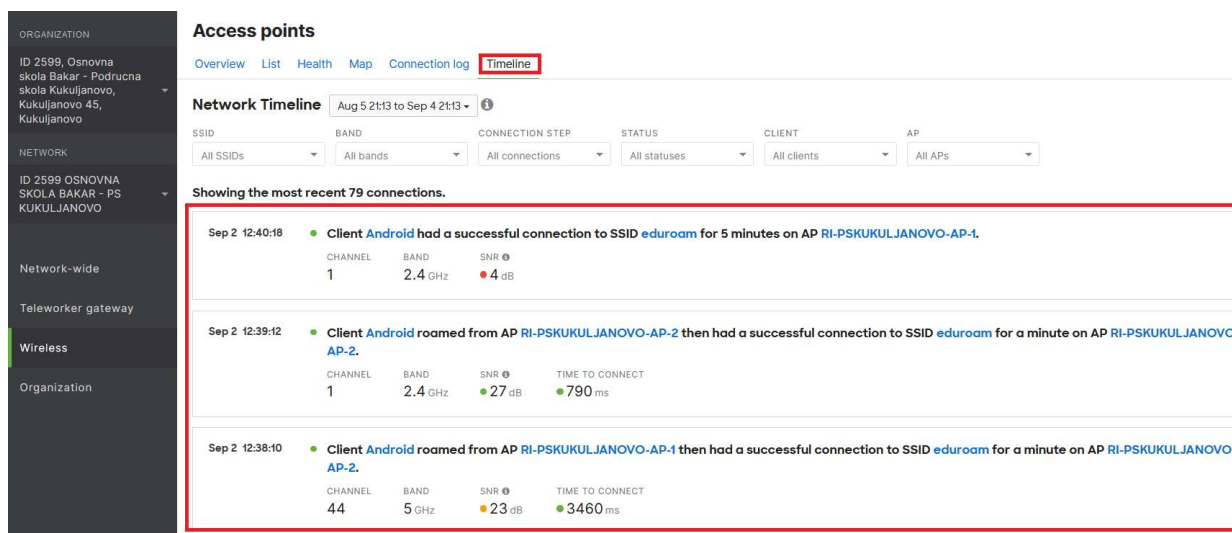
The screenshot shows the 'Connection Log' section of the Meraki Dashboard. It includes filters for SSID, BAND, AP TAG, AP, CLIENT, and FAILURE STEP. The log displays connection failures from a month ago with the following columns: Connection start time, Client device, AP, SSID, Failure stage, and Failure reason.

Connection start time	Client device	AP	SSID	Failure stage	Failure reason
Fri Sep 2, 2022, 11:17:13	76:14:fc:64:38:71	RI-PSKUKULJANOVO-AP-2	eduroam	DHCP	Client made a request to the DHCP server, but it did not respond. ⓘ
Fri Sep 2, 2022, 11:08:32	10:3f:44:c1:99:3d	RI-PSKUKULJANOVO-AP-1	eduroam	Authentication	Client made an 802.1X authentication request to the RADIUS server, but it did not respond. ⓘ
Wed Aug 31, 2022, 11:03:42	Android	RI-PSKUKULJANOVO-AP-1	eduroam	Authentication	Client made an 802.1X authentication request to the RADIUS server, but it did not respond. ⓘ
Wed Aug 31, 2022, 11:02:39	Android	RI-PSKUKULJANOVO-AP-1	eduroam	Authentication	Client made an 802.1X authentication request to the RADIUS server, but it did not respond. ⓘ
Wed Aug 31, 2022, 10:59:27	Android	RI-PSKUKULJANOVO-AP-1	eduroam	Authentication	Client made an 802.1X authentication request to the RADIUS server, but it did not respond. ⓘ
Wed Aug 31, 2022, 10:58:55	Android	RI-PSKUKULJANOVO-AP-2	eduroam	Authentication	Client made an 802.1X authentication request to the RADIUS server, but it did not respond. ⓘ

Slika 76: Meraki Dashboard – Access points – Connection log

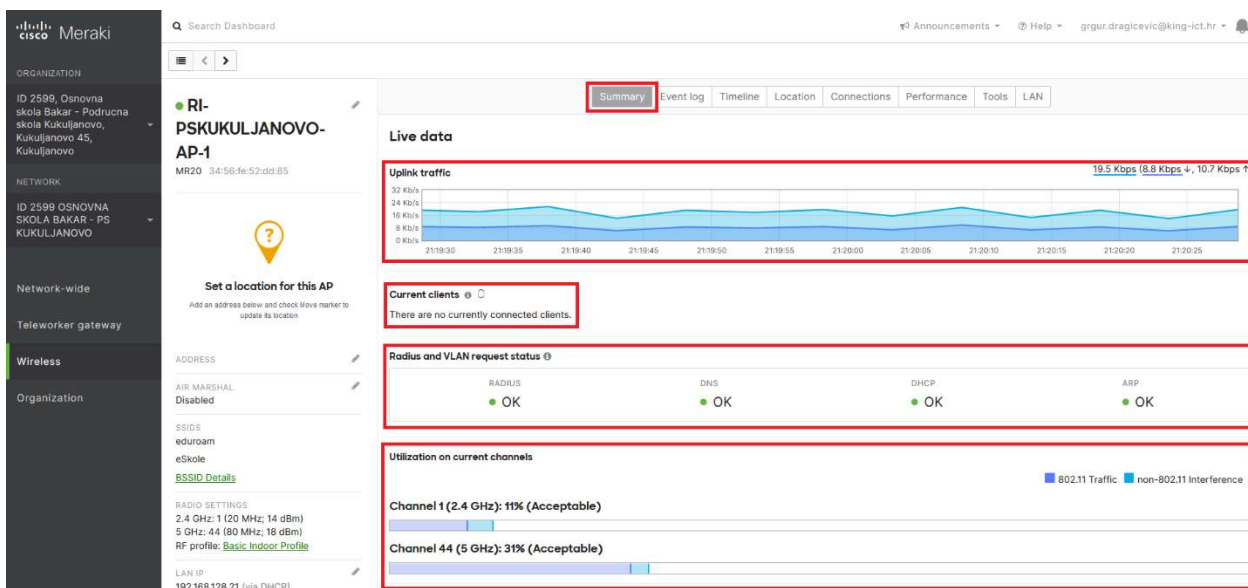
Pod opcijom *Timeline*, odnosno *Network Timeline*, istaknuti su svi važni događaji na svim bežičnim klijentima u mreži, što administratoru omogućuje brži pregled i detekciju klijenata na bežičnoj mreži.





Slika 77: Meraki Dashboard – Access points – Network Timeline

Nakon odabira pojedine bežične pristupne točke, u opciji *Summary* prikazuju se informacije o trenutnim klijentima, statusu servisa, zauzeću kanala i statusi ostalih parametra.



Slika 78: Meraki Dashboard – AP – Summary

Ovisno o potrebi za određenom vrstom informacija o bežičnoj pristupnoj točki, potrebno je odabrati jednu od sljedećih opcija:

- **Event log** – u tabličnom su prikazu istaknuti nedavno zabilježeni događaji.
- **View full event log** – preciznije filtriranje događaja vezanih za bežičnu pristupnu točku.
- **Timeline** – istaknuti su svi važni događaji na odabranoj bežičnoj točki, što administratoru omogućuje brži pregled i detekciju klijenata na bežičnoj mreži.

- **Connections** – pruža grafički prikaz podataka koji se tiču komunikacije između bežičnih mreža i klijenata.
- **Performance** – grafički su prikazani parametri vezani uz bežičnu pristupnu točku.

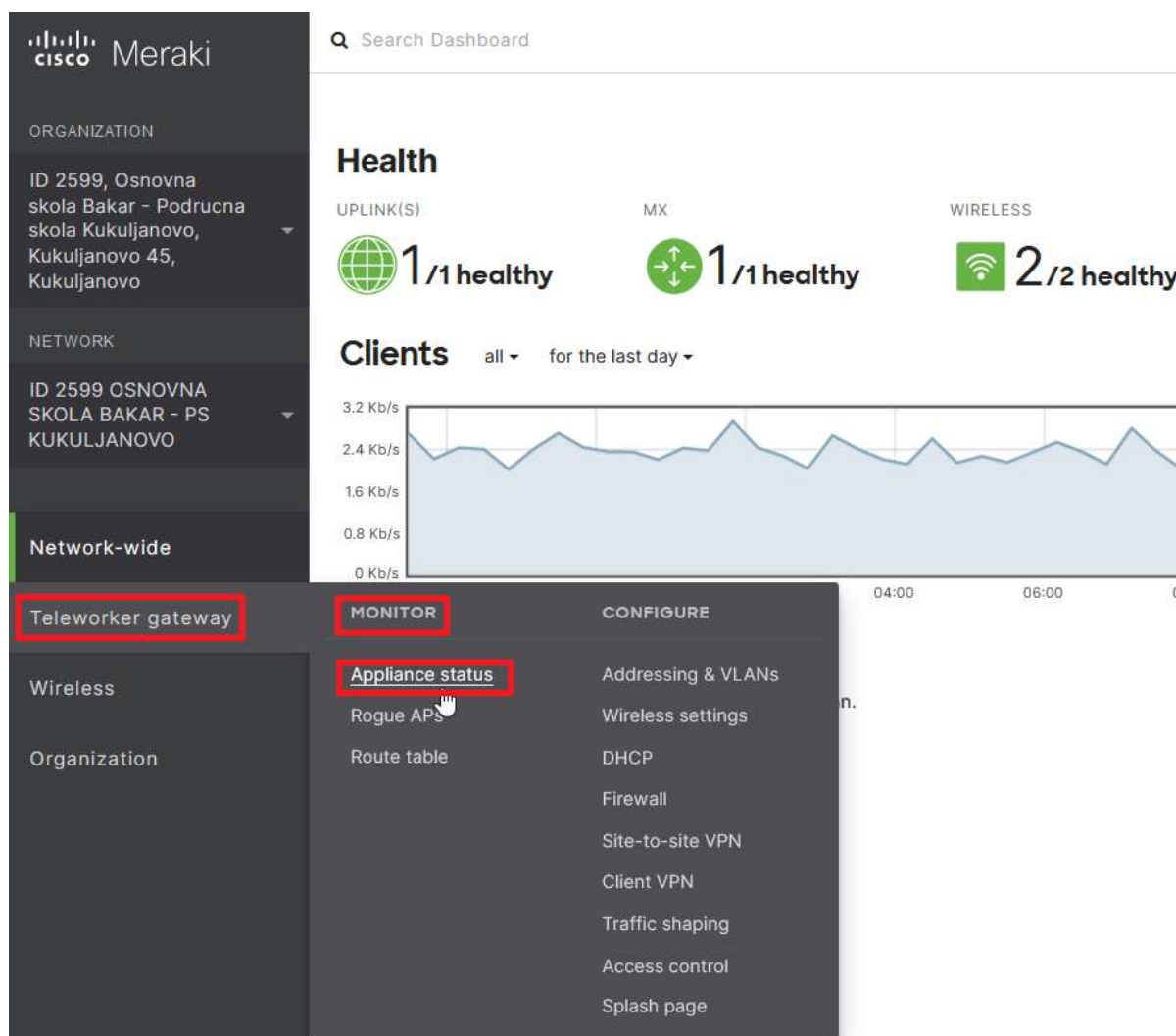
### 5.6.3. Primjena opcije Ping

U ovom se poglavlju opisuje način provjere dostupnosti raznih IP adresa.

Prvi je korak prijava u centralni sustav upravljanja Cisco Meraki unosom korisničkog imena i lozinke koje je administrator sustava ranije odredio.

Nakon odabira lokacije, u glavnom se izborniku odabire *Teleworker gateway* i zatim opcija *Appliance status* u polju *MONITOR*.

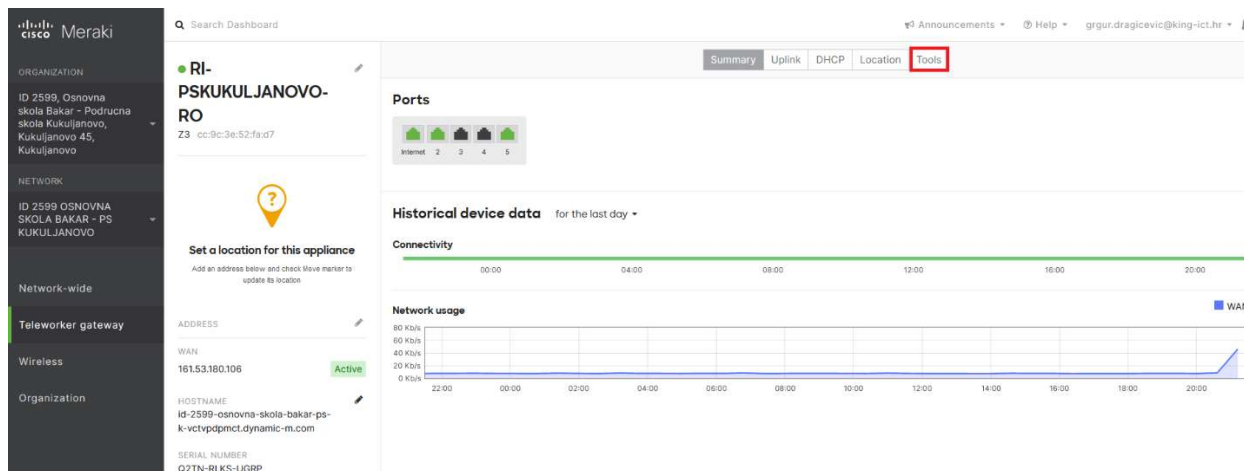
#### **Teleworker gateway / MONITOR / Appliance status**



Slika 79: Meraki Dashboard – Clients Dashboard

Nakon odabira, prikazuje se stranica sa statusom usmjerivača Meraki Z3.

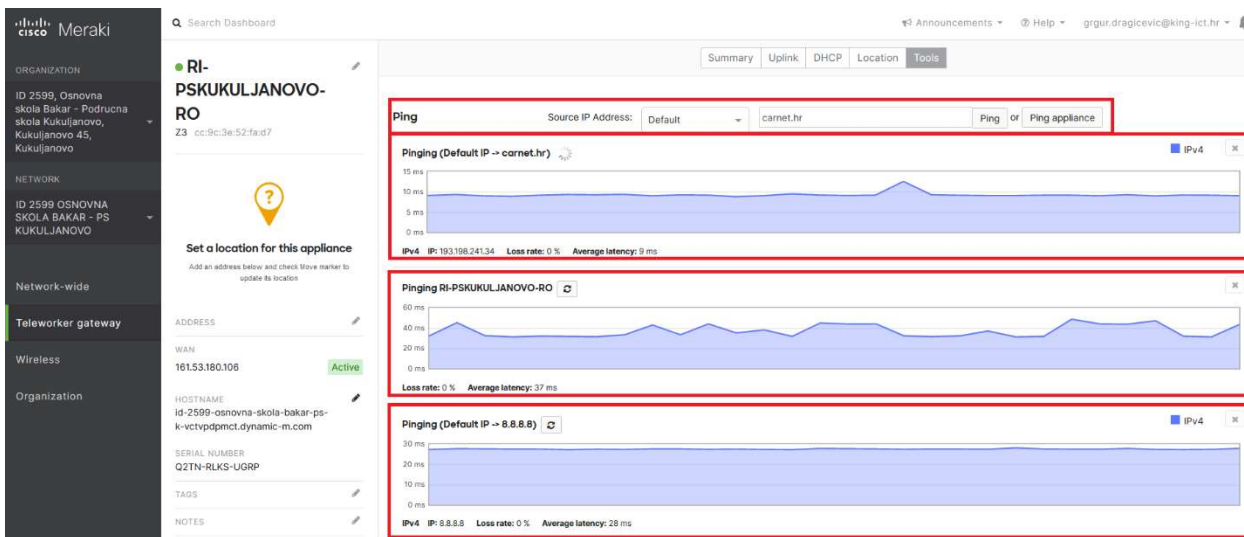
Potrebno je odabrati opciju *Tools* u okviru kojeg se nalazi alat *Ping*.



Slika 80: Meraki Dashboard – Tools

Alatom *Ping* provjerava se dostupnost javnih IP adresa, privatnih IP adresa žičnih i bežičnih korisnika te dostupnosti internetske adrese.

Primjenom alata *Ping* dobivaju se informacije o postotku izgubljenih paketa i latenciji prema resursu čija se dostupnost provjerava.



Slika 81: Meraki Dashboard – Tools – Ping

Odabirom opcije *Ping appliance* provjerava se dostupnost usmjernika.

## 5.6.4. Smjernice za otklanjanje poteškoća

Otklanjanje poteškoća (engl. *troubleshooting*) predstavlja sustavan pristup rješavanju poteškoća. Njegov je cilj utvrditi zašto nešto ne radi prema očekivanjima i objasniti kako riješiti poteškoću.

Budući da se poteškoćama ne pristupa stihijski i bez plana, definirane su osnovne smjernice, odnosno koraci kojih se potrebno pridržavati u cilju što bržeg i jednostavnijeg postizanja željenog rezultata.

**Prvi korak** u procesu rješavanja poteškoće je prikupljanje informacija o poteškoći, kao što je neželjeno ponašanje ili nedostatak očekivane funkcionalnosti.

Ovaj korak uključuje postavljanje nekoliko osnovnih pitanja:

- koji su simptomi poteškoće?
- gdje nastaje poteškoća?
- kada nastaje poteškoća?
- može li se poteškoća reproducirati?

Odgovori na ovakva pitanja obično vode do dobrog opisa poteškoće, a to je najbolji način da se započne s njenim rješavanjem.

Komunikacija s korisnikom koji prijavljuje poteškoću je ključna. Ona treba biti prilagođena korisniku kako ne bi došlo do međusobnog nerazumijevanja, odnosno pogrešnog tumačenja dobivenih odgovora.

Što se više kvalitetnih informacija prikupi od korisnika, kasnije će se manje vremena provesti u otklanjanju poteškoće.

**Drugi je korak** analiza na uređajima i provjera u centralnom sustavu za upravljanje.

Kod analize i provjere, ovisno o načinu na koji su spojena klijentska računala, razlikujemo dva niže navedena pristupa.

### 1) Klijentska računala spojena mrežnim kabelom

Kod klijentskih računala spojenih mrežnim kabelom, preporučljivo je započeti provjerom fizičkog (L1) i podatkovnog (L2) sloja kako bismo utvrdili pojavljuje li se poteškoća već kod fizičkog povezivanja računala s ostatkom mreže (npr. prekid mrežnog kabela).

Ako utvrdimo da je na tim slojevima sve u redu, upotrebljavaju se alati na samim računalima, kao što su *ipconfig*, *ping* i *tracert*, koji mogu pomoći u otklanjanju poteškoće bez spajanja na centralni sustav za upravljanje.

Ako navedeno ne rezultira otklanjanjem poteškoće, potrebno se spojiti na centralni sustav za upravljanje jer se iz zapisnika događaja u sustavu i korištenjem alata za otklanjanje poteškoća (*troubleshooting*) koji su na raspolaganju može precizno detektirati u kojoj fazi

i zbog čega nastaje poteškoća u komunikaciji.

## 2) Klijentska računala spojena na bežičnu mrežu

Kod klijentskih računala spojenih na bežičnu mrežu, za analizu se koriste alati na samim računalima kao što su *ipconfig*, *ping* i *tracert*.

Kod ostalih uređaja koji se spajaju isključivo bežičnim putem, informacije se pronalaze u postavkama mrežnih kartica.

Kod rješavanja poteškoće s ovakvim tipom uređaja, ključan je centralni sustav za upravljanje pomoću kojeg se prikupljaju informacije o postavkama mrežnih kartica. Ovisno o vrsti mreže (LAN / WAN) na kojoj je utvrđena poteškoća, upotrebljava se odgovarajući sustav upravljanja.

Ako se utvrdi da je poteškoća na lokalnoj mreži (LAN), za provjeru se koristi centralni sustav upravljanja Cisco Meraki, a ako je poteškoća vezana uz pristup resursima na javnoj mreži (WAN), za provjeru se koristi centralni sustav upravljanja Cisco Meraki.

**Ako osoba koja je angažirana na održavanju funkcionalnog mrežnog sustava u školama nakon prolaska kroz opisane korake i prikupljanje svih relevantnih informacija nije u mogućnosti riješiti poteškoću, preporučljivo je da se obrati CARNET-ovoj službi za podršku (*helpdesk*).**

## **6. Prijava poteškoća i upita CARNET-ovom *helpdesku***

U slučaju poteškoća u radu sustava i za sva pitanja vezana uz program „e-Škole“, potrebno je obratiti se CARNET-ovom *helpdesku*:

- telefonski broj podrške: +385 1 6661 500
- adresa elektroničke pošte podrške: [helpdesk@skole.hr](mailto:helpdesk@skole.hr)

## Popis slika

Slika 1: Shema implementiranog sustava sa sastavnim blokovima .....	7
Slika 2: Prednja strana usmjerivača Cisco Meraki Z3 .....	8
Slika 3: Stražnja strana usmjerivača Cisco Meraki Z3.....	8
Slika 4: Bežična pristupna točka Cisco Meraki MR20.....	11
Slika 5: Nadzorna ploča Cisco Meraki Dashboard.....	16
Slika 6: Središnji sustav za upravljanje i nadzor e-Škole mreže – prijava .....	17
Slika 7: Meraki Dashboard – nadzorna ploča - lokacije .....	18
Slika 8: Meraki Dashboard – nadzorna ploča - popis klijenata .....	18
Slika 9: Meraki Dashboard – Dodavanje novog Meraki uređaja u organizaciju .....	20
Slika 10: Meraki Dashboard – Inventory .....	21
Slika 11: Meraki Dashboard – Prikaz uspješnog dodavanja novog Meraki uređaja .....	21
Slika 12: Meraki Dashboard – Dodjeljivanje uređaja na organizaciju.....	22
Slika 13: Meraki Dashboard – Završetak dodavanja novog uređaja.....	22
Slika 14: Meraki Dashboard – prikaz nove bežične točke.....	23
Slika 15: Meraki Dashboard – Imenovanje bežične točke .....	23
Slika 16: Meraki Dashboard – lista bežičnih pristupnih točaka .....	24
Slika 17: Cisco Meraki Z3 – tipka za reset.....	24
Slika 18: Cisco Meraki MR20 – tipka za reset .....	25
Slika 19: Meraki Dashboard – nadzorna ploča Teleworker gateway .....	26
Slika 20: Meraki Dashboard – detalji Z3 usmjerivača .....	26
Slika 21: Meraki Dashboard – nadzorna ploča – Monitor – Access Points .....	27
Slika 22: Meraki Dashboard – pregled bežičnih pristupnih točaka.....	27
Slika 23: Meraki Dashboard – detalji bežične pristupne točke.....	28
Slika 24: Meraki Dashboard – Clients nadzorna ploča .....	29
Slika 25: Meraki Dashboard – popis klijenata .....	29
Slika 26: Meraki Dashboard – Popis dodatnih informacijskih stupaca.....	30
Slika 27: Meraki Dashboard – Informacije o klijentu .....	31
Slika 28: Meraki Dashboard – Applications .....	31
Slika 29: Meraki Dashboard – Odabir konfiguracije sučelja usmjerivača.....	32
Slika 30: Meraki Dashboard – odabir sučelja usmjerivača .....	33
Slika 31: Meraki Dashboard – konfiguracija sučelja usmjerivača.....	34
Slika 32: Meraki Dashboard – popis statičnih ruta .....	34
Slika 33: Meraki Dashboard – konfiguracija rute .....	35
Slika 34: Meraki Dashboard – dodavanje sigurnosnog pravila .....	35
Slika 35: Meraki Dashboard – primjer sigurnosnog pravila.....	36
Slika 36: Meraki Dashboard – konfiguracija VLAN sučelja .....	37
Slika 37: Meraki Dashboard – parametri VLAN sučelja .....	37
Slika 38: Meraki Dashboard - Dodatne DHCP postavke .....	38
Slika 39: Meraki Dashboard – SSID nadzorna ploča.....	39
Slika 40: Meraki Dashboard – Uključenje bežične mreže.....	40
Slika 41: Meraki Dashboard – popis SSID-eva.....	40
Slika 42: Meraki Dashboard – konfiguracija SSID-a .....	41
Slika 43: Meraki Dashboard – VLAN ID.....	42
Slika 44: Meraki Dashboard – uključenje i izmjena naziva novog SSID-a.....	42
Slika 45: Meraki Dashboard – Dodatne opcije bežičnih mreža.....	43
Slika 46: Meraki Dashboard – User management portal .....	44
Slika 47: Meraki Dashboard – kreiranje korisnika za bežičnu mrežu guest .....	44
Slika 48: Meraki Dashboard – prikaz novog korisnika za bežičnu mrežu guest .....	45
Slika 49: Korisnički podaci za spajanje na bežičnu mrežu guest .....	45

Slika 50: Potvrda uklanjanja gost korisničkog računa .....	45
Slika 51: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu guest.....	46
Slika 52: Autentikacija korisnika .....	46
Slika 53: Meraki Dashboard – Dodatne informacije o klijentu .....	47
Slika 54: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eSkole.....	48
Slika 55: Prijava na sustav AAI@EduHr .....	49
Slika 56: Meraki Dashboard – Clients Dashboard – eSkole .....	49
Slika 57: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eduroam pomoću instalacijskog programa .....	50
Slika 58: Spajanje korisnika na bežičnu mrežu eduroam bez instalacijskog programa ..	51
Slika 59: Meraki Dashboard – Clients Dashboard – eduroam .....	51
Slika 60: Dodavanje na listu blokiranih odabirom korisnika na listi .....	52
Slika 61: Postavljanje uređaja na listu blokiranih putem određene bežične mreže.....	53
Slika 62: Postavljanje uređaja po MAC adresi na listu blokiranih .....	54
Slika 63: Blokiranje MAC adresa po određenoj bežičnoj mreži.....	55
Slika 64: Obavijest korisniku na listi blokiranih o nemogućnosti pristupa .....	55
Slika 65: Meraki Dashboard – dodavanje korisnika na listu Allow .....	56
Slika 66: Meraki Dashboard – prikaz korisnika na listi bez ograničenja (whitelist).....	57
Slika 67: Meraki Dashboard – Monitor Switches .....	58
Slika 68: Meraki Dashboard – pokretanje snimanja mrežnog prometa.....	59
Slika 69: Meraki Dashboard – Packet capture – snimanje prometa .....	60
Slika 70: Meraki Dashboard – Packet capture – preuzimanje datoteke.....	60
Slika 71: Korisnički klijent – preuzimanje aplikacije Wireshark .....	61
Slika 72: Meraki Dashboard – Access points.....	62
Slika 73: Meraki Dashboard – Access points – popis AP-a .....	63
Slika 74: Meraki Dashboard – Access points – poteškoće kod spajanja .....	63
Slika 75: Meraki Dashboard – Access points – lista poteškoća .....	64
Slika 76: Meraki Dashboard – Access points – Connection log.....	64
Slika 77: Meraki Dashboard – Access points – Network Timeline .....	65
Slika 78: Meraki Dashboard – AP – Summary.....	65
Slika 79: Meraki Dashboard – Clients Dashboard .....	66
Slika 80: Meraki Dashboard – Tools.....	67
Slika 81: Meraki Dashboard – Tools – Ping.....	67



## Popis tablica

Tablica 1: VLAN i IP adresiranje .....	10
--	----

## Popis literature

- *Z3 – Cisco Meraki Documentation*  
[https://documentation.meraki.com/Architectures\\_and\\_Best\\_Practices/Meraki\\_and\\_Cisco\\_Collaboration\\_Teleworker\\_Solution\\_for\\_Businesses](https://documentation.meraki.com/Architectures_and_Best_Practices/Meraki_and_Cisco_Collaboration_Teleworker_Solution_for_Businesses)
- *Cisco Application Policy Infrastructure Controller Enterprise Module Administrator Guide, Release 1.6.x (2018)*, Cisco,  
[https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-enterprise-module/1-6-x/admin/b\\_apic\\_em\\_admin\\_guide\\_v\\_1-6-x.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cloud-systems-management/application-policy-infrastructure-controller-enterprise-module/1-6-x/admin/b_apic_em_admin_guide_v_1-6-x.html)
- *MS Switches (2020)*, Cisco Meraki Documentation,  
<https://documentation.CiscoMeraki.com/MS>
- *MR – Wireless LAN (2020)*, Cisco Meraki Documentation,  
<https://documentation.CiscoMeraki.com/MR>
- Pavelin, K. (2017). *Upoznavanje s mrežnom opremom i sustavom za upravljanje i nadzor mreže – MODEL A*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet.  
[https://pilot.e-skole.hr/wp-content/uploads/2016/12/Prirucnik\\_Upoznavanje-s-mreznom-opremom-i-sustavom-za-upravljanje-i-nadzor-mreze-%E2%80%93-MODEL-A.pdf](https://pilot.e-skole.hr/wp-content/uploads/2016/12/Prirucnik_Upoznavanje-s-mreznom-opremom-i-sustavom-za-upravljanje-i-nadzor-mreze-%E2%80%93-MODEL-A.pdf)

## Impresum

Nakladnik: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET

Projekt: e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)

Autori: Karlo Mrazović, Grgur Dragičević

Lektor: Mateja Međeši

Zagreb, 2023.

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

## Podatci za kontakt

Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

Telefon: +385 1 6661 500

Adresa elektroničke pošte: [helpdesk@skole.hr](mailto:helpdesk@skole.hr)

[www.carnet.hr](http://www.carnet.hr)

Više informacija o fondovima Europske unije možete pronaći na mrežnim stranicama Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije: [www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr)

Ovaj je priručnik izrađen s ciljem podizanja digitalne kompetencije korisnika u sklopu projekta „e-Škole: Razvoj sustava digitalno zrelih škola (II. faza)“, koji sufinancira Europska unija iz europskih strukturnih i investicijskih fondova. Nositelj projekta je Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNET.