

# Projekt laboratorijskog panela za laboratorij za napredne instalacije

---

**Galić, Bruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:056202>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni studij**

**Projekt laboratorijskog panela za laboratorij za napredne  
instalacije**

**Završni rad**

**Bruno Galić**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 13.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Bruno Galić
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	4822, 29.07.2020.
<b>OIB Pristupnika:</b>	15956829408
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	Zorislav Kraus, dipl. ing. el.
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Projekt laboratorijskog panela za laboratorij za napredne instalacije
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	Opisati povijest i razvoj tehnologija naprednih instalacija. Objasniti razliku naprednih i tradicionalnih instalacija te način funkcioniranja naprednih instalacija. Izraditi projekt laboratorijskog panela naprednih instalacija za praktičnu obuku studenata.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	13.09.2023.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	24.09.2023.
<b>Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:</b>	Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 25.09.2023.

**Ime i prezime studenta:**

Bruno Galić

**Studij:**

Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

4822, 29.07.2020.

**Turnitin podudaranje [%]:**

6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Projekt laboratorijskog panela za laboratorij za napredne instalacije**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Zvonimir Klaić

i sumentora Zorislav Kraus, dipl. ing. el.

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>6</b>
1.1. Zadatak završnog rada .....	6
<b>2. PREGLED PODRUČJA TEME</b> .....	<b>7</b>
<b>3. POČETAK I RAZVOJ KNX-A</b> .....	<b>8</b>
3.1. Zahtjevi modernih zgrada .....	9
3.2. Uloga KNX-a u energetskej učinkovitosti .....	11
<b>4. KNX INSTALACIJE</b> .....	<b>13</b>
4.1. Općenito o KNX instalacijama .....	13
4.2. Tradicionalne instalacije i napredne instalacije .....	15
4.3. Prednosti i mogućnosti KNX instalacija .....	18
4.3.1. Integracija drugih protokola s KNX-om .....	20
<b>5. PROJEKTNI ZADATAK</b> .....	<b>24</b>
5.1. Tema zadatka .....	24
5.2. Elementi panela .....	27
5.2.1. Općenito o aktuatorima .....	27
5.2.2. Aktuatori korišteni na panelu .....	28
5.2.3. Napajanje KNX sabirnice .....	31
5.2.4. Sučelja, pristupnici i spojnici .....	32
5.2.5. Senzori .....	35
5.2.6. Senzori korišteni na panelu .....	36
5.2.7. Tipkala .....	38
5.2.8. Tipkala na panelu .....	38
5.2.9. Programska podrška eConfigure for KNX .....	42
5.3. Konfiguracija panela .....	42
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>49</b>
<b>7. LITERATURA</b> .....	<b>50</b>

<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>56</b>
<b>9. ABSTRACT .....</b>	<b>56</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>57</b>

## 1. UVOD

Prirodno urođena težnja za napretkom i olakšavanjem načina života usmjerava ljude prema istraživanjima i novim tehnologijama. Od samih početaka čovječanstva, čovjek konstantno nastoji učiniti život lakšim tako što otkriva nove načine poboljšanja svih aspekata života. Razvoj potrebnih tehnologija za iskorištavanje električne energije datira počecima 18. stoljeća, no električna energija 1893. godine dobiva veći značaj uvodom Teslinog prijedloga korištenja izmjenične struje (AC) koja se suprostavila Edisonovom konceptu korištenja istosmjerne struje [1]. Izmjenična struja postaje standard u kućama i ostalim objektima i ostavlja trajni utjecaj na način na koji koristimo električnu energiju i razumijemo sustave instalacija danas.

Razvojem instalacija u 21. stoljeću dolazi do izuma naprednih električnih instalacija te tehnologija poput pametnih kuća, mjerača i implementacija obnovljivih izvora energije radi postizanja što veće energetske učinkovitosti, sigurnosti i praktičnosti instalacija koje danas koristimo. Istovremeno povećanje životnih standarda i promjenom načina života povećava i samu potrebu za naprednim instalacijama. Iako se prve pojave naprednih instalacija vežu za Teslino otkriće o upravljanju daljinskom kontrolom 1898. godine, prva bitnija upotreba se dogodila tek 1966. godine s integracijom Echo IV sustava koji je omogućavao automatsko upravljanje temperaturom i radom kućanskih uređaja [2]. Tijekom 20. stoljeća tehnologija sigurnosnih standarda raste te samim time i implementacija sigurnosnih standarda se očituje s primjenom osigurača, prekidača i uzemljenja. Daljni razvoj naprednih instalacija pripomoglo je otkriće mikrokontrolera 1971. godina, dok svoj pravi procvat doživljavaju 90-ih godina 20. stoljeća kada je osnovana EIBA (European Installation Bus Association).

### 1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je napraviti projekt laboratorijskog panela za laboratorij za napredne instalacije. Projektirani panel treba objediniti funkcije KNX sustava naprednih instalacija i njihove promjene vizualizirati. Završnim radom potrebno je objasniti KNX sustave i njihove prednosti i mogućnosti, te objasniti proces konfiguracije potrebnih elemenata kako bi panel bio funkcionalan.

## 2. PREGLED PODRUČJA TEME

Tema završnog rada je projektiranje panela za laboratorij za napredne instalacije.

Autor završnog [3] rada objašnjava kako implementiranje naprednih instalacija u građevinske objekte postiže veću energetska učinkovitost te kako se najveće uštede energije događaju na sustavima grijanja i rasvjete.

U završnom radu [4] prikazani su elementi i realiziran je sustav naprednih instalacija te je objašnjeno zašto su napredne instalacije energetska učinkovitije od prijašnjih, tradicionalnih instalacija. Navedene su karakteristike sastavnih elemenata električnih instalacija te su istaknute mjere za postizanje energetska ušteda.

Autor je u završnom radu [5] opisao način rada senzora u pametnim instalacijama na primjeru obiteljske kuće. Prikazano je funkcioniranje i princip rada senzora te njihova struktura i adresiranje.

Diplomskim radom [6] opisane su KNX instalacije i njihova prednost kada su u pitanju primjene u zgradarstvu. Izgrađen je projekt zgrade i objašnjen je način postizanja povećanja energetska učinkovitosti.

Na web stranici [7] dostupne su sve potrebne informacije o KNX instalacijama podijeljene po temama. Svaka tema na stranici obrađuje određeni dio vezan za napredne instalacije te daje informacije o mnogim dijelovima naprednih instalacija poput upravljanja energijom, sigurnosnim sustavima te njihova integracija u druge sustave.



### 3. POČETAK I RAZVOJ KNX-A

Početak KNX-a smatra se 1990. godina, kada su poznati proizvođači električnih uređaja i instalacija osnovali EIBA (European Installation Bus Association) kako bi omogućili veću energetska učinkovitost raznih objekata putem lakše međusobne povezanosti uređaja u instalacijama. KNX je nastao udruživanjem tri europska standarda (EIB, EHS i BCI) sa sjedištem u Bruxellesu (Belgija). EIB standard odnosi se na omogućavanje povezivanja svih električnih komponenti putem jedne električne sabirnice, što je osnovni princip spajanja elemenata KNX protokola. Organizacija je 1993. godine razvila ETS (eng. *Engineering Tool Software*), računalni program koji je objedinio sve potrebe konfiguracije KNX uređaja u instalacije te samim time postavila svjetski standard u implementaciji ovakvih instalacija. KNX protokol je bio podvrgnut procesu standardizacije s ciljem da postane prihvaćeni standard na međunarodnoj razini. 1999. godine, protokol je dobio status europskog standarda pod nazivom EN 50090. Nakon toga, također je usvojen kao međunarodni standard pod oznakom ISO/IEC 14543. Ovaj proces standardizacije omogućio je KNX protokolu da bude priznat i prihvaćen kao standardna metoda komunikacije i upravljanja u elektroinstalacijskom sektoru.

Godine 2002. KNX organizacija postaje sve popularnija u elektroinstalacijskom sektoru te je iste godine preimenovana u KNX Association radi održavanja međunarodne prihvaćenosti protokola. Nakon dužeg rada na razvijanju tehnologije, KNX je u rad implementirao radio frekvenciju koja je omogućila uređajima bežično korištenje, a nakon nekog vremena u cjelokupni sustav je implementiran i KNX IP, za povezivanje instalacija s internetom. Povezivanjem uređaja međusobno uz mogućnosti povezivanja na internet i daljinsku kontrolu, povećava se energetska učinkovitost uštedom električne i toplinske energije. Uz implementaciju novih načina povezivanja instalacija s ostalim vrstama mreža, u protokol je implementiran i KNX IoT (Internet of Things), koji omogućava integraciju protokola s IoT tehnologijom radi povezivanja KNX sustava s drugim pametnim uređajima i platformama. Integracija KNX sustava s IoT tehnologijom omogućuje instalacijama unaprjeđenje funkcionalnosti i kompatibilnosti s drugim sustavima. Sustavi naprednih instalacija uglavnom se koriste u javnom sektoru u objektima kao što su hoteli, bolnice, aerodromi, poslovni prostori, ali i u modernijim kućama. Slika 1.1 prikazuje razne funkcije KNX standarda koje omogućuje korisnicima automatsko upravljanje sigurnosnim sustavima, rasvjetom, ventilacijom, temperaturom, čak i prostorom (zidne pregrade i sl).



Sl. 3.1. KNX Funkcije [8]

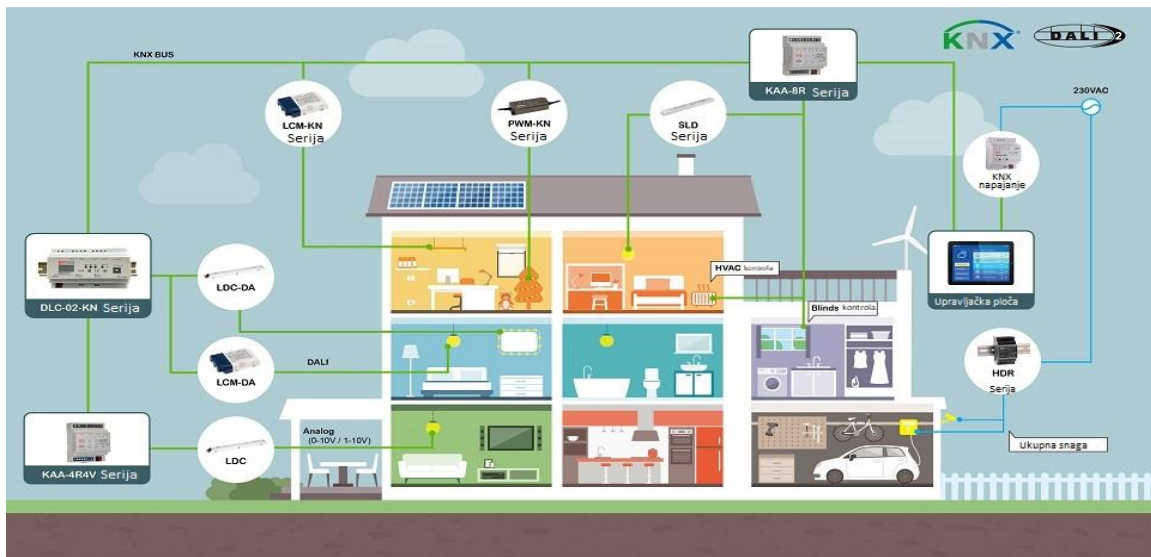
### 3.1. Zahtjevi modernih zgrada

Pametne zgrade su automatizirane zgrade dizajnirane za povećanje sigurnosti i udobnosti, uštedu troškova i zaštitu okoliša, dok su istovremeno u mogućnosti komuniciranja s drugim pametnim zgradama i mrežama. Ovakve zgrade podržavaju sustavi BACS (eng. *Building Automation and Control Systems*) u koje je poželjno implementirati sustave koji podržavaju implementaciju napredne instalacije [9]. U suvremenim zgradama postoji sve veća potreba za instalacijama koje su energetske učinkovite što uključuju praktičnu primjenu svih elemenata instalacije poput primjene visoko energetske učinkovitih rasvjetnih tijela, senzora prisutnosti i razine rasvjete radi automatskog upravljanja.

Električne instalacije u modernim zgradama trebaju biti fleksibilne radi prilagodbe promjenama u prostornom rasporedu, raznolikosti mogućih potreba raznih korisnika i tehnološkim napretcima. Takvu vrstu instalacija objedinjuje primjena modularnih i inteligentnih sustava koji omogućuju jednostavno ažuriranje instalacije pri potrebi. Glavna prednost modularnih zgrada je brza izgradnja i skraćeno vrijeme izgradnje projekta zbog paralelne proizvodnje modula s pripremom gradilišta. Tip električnih instalacija koje se primjenjuju u modularnom načinu izgradnje objekata može se prilagoditi potrebama i zahtjevima svake zgrade. Modularni sustav gradnje omogućuje implementaciju KNX

protokola što čini moderne zgrade popularnim izborom u građevinskim projektima novog doba. KNX protokol modernim zgradama i kućama daje mogućnost praćenja potrošnje energije putem senzorskih modula potrošnje električne energije, grijanja, hlađenja, rasvjete i ostalih sustava koje čine kompletnu cjelinu jedne napredne instalacije. Takav način rada omogućuje korisnicima identificiranje mogućih energetske gubitaka te im daje uvid na trendove potrošnje.

Velika prednost i jedno od rješenja loše energetske učinkovitosti je implementacija sustava za upravljanje energijom koji automatski optimizira rad sustava na temelju podataka u stvarnom vremenu i izborima korisnika. Na slici 1.2. prikazani su moduli koji omogućuju praćenje i analizu potrošnje energije u kući na temelju čega korisnici mogu identificirati područja s visokom potrošnjom i poduzeti odgovarajuće korake za smanjenje potrošnje. Time se postiže veća kontrola nad energetske potrošnjom i moguće su uštede energije.

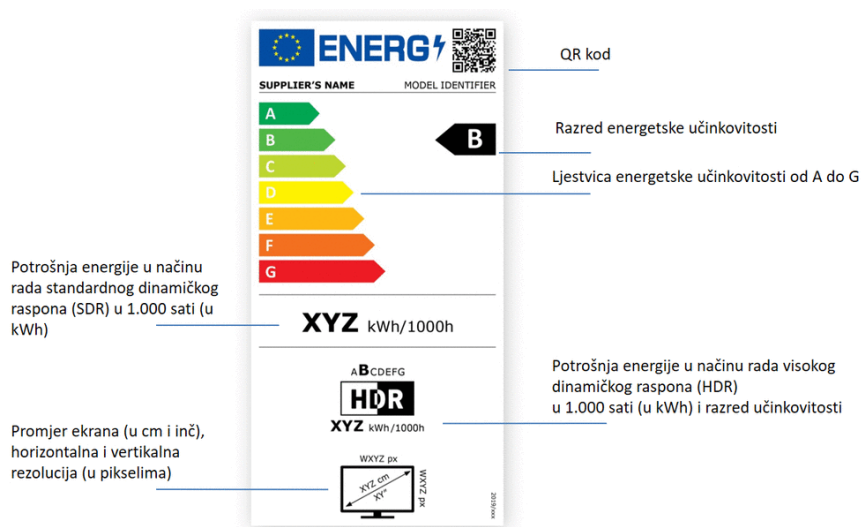


**Slika. 3.2.** : KNX sustav u modernoj kući [10]

### 3.2. Uloga KNX-a u energetskej učinkovitosti

Općeniti pojam energetske učinkovitosti definira se kao omjer između uspješno realizirane količine energije i ukupno potrošene energije kako bi ostvarili željeni učinak. Postizanje energetske učinkovitosti u modernim zgradama uključuje primjenu raznih sustava koji smanjuju potrošnju energije i postižu optimalno i željeno energetske stanje u zgradama. Automatizacija zgrada s KNX sustavom omogućuje korisnicima upravljanje energetske situacijom objekta na način da smanjuje ukupne troškove koji bi bili veći ako se koristi tradicionalna instalacija.

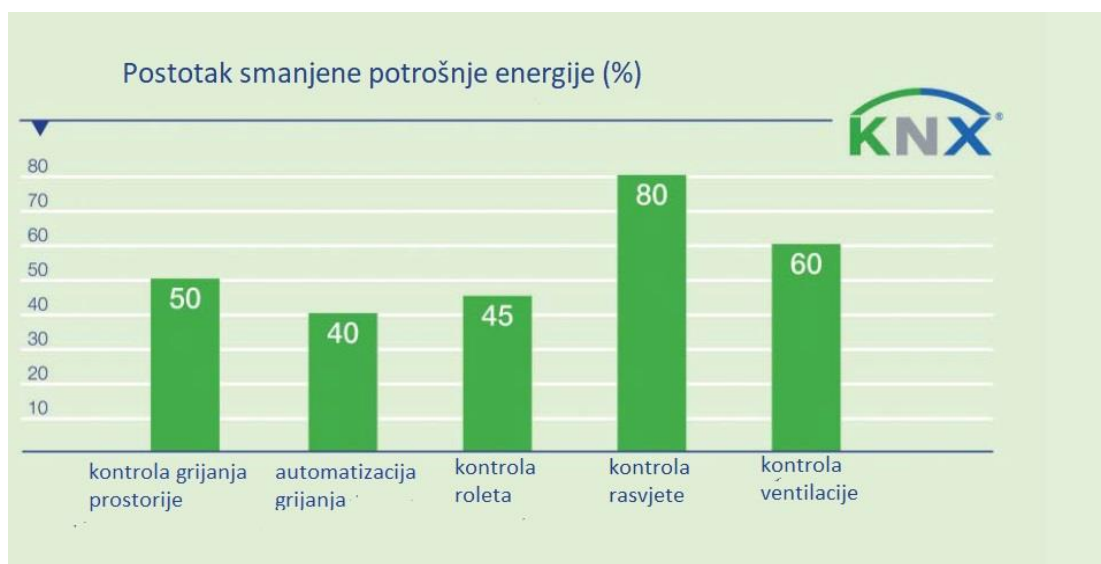
Postizanje što veće razine energetske certifikata je nužno pri izgradnji zgrada i kuća. Energetske certificiranje je skup radnji i postupaka koji se provode u svrhu izdavanja energetske certifikata a uključuje energetske pregled zgrade, potrebne proračune za referentne klimatske podatke za iskazivanje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, specifične godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje, specifične godišnje isporučene energije, specifične godišnje primarne energije, specifične godišnje emisije CO<sub>2</sub>, određivanje energetske razreda zgrade i izradu energetske certifikata [11]. Stambene i nestambene zgrade do 1. ožujka 2021. svrstavale su se u osam energetske razreda prema energetske ljestvici od A+ do G, s tim da A+ označava energetske najpovoljniji, a G energetske najnepovoljniji razred [11]. Nova energetske oznaka predstavljena je potrošačima u fizičkim trgovinama i internetskim stranicama 1. ožujka 2021. godine, a uključuje samo energetske razrede od A do G [12] kao što je prikazano na slici 1.3.



Slika. 3.3. : Nove oznake energetske certifikata [12]

Energetska učinkovitost zgrada i učinak korištenja automatiziranih sustava u zgradama je opisana u Europskom standardu EN 15232, a neki od načina korištenja KNX sustava radi postizanja veće uštede energije su [13]:

- od 50 do 60% uštede energije može se postići individualnim upravljanjem ventilacije jedne sobe ili ukupnog ventilacijskog sustava u cjelini
- detektori prisutnosti reguliraju rasvjetu i neovisno o količini dnevne svjetlosti daju informaciju upravljačkom sustavu sobe o stanju prisutnosti u sobi, na taj način se postiže od 60% do 80% veća energetska učinkovitost
- 40% uštede energije može se uštedjeti koristeći upravljanje KNX aktuatora za pokretanje roleta, koji su zaslužni za prilagodbu unutarnjih roleta ili zavjesa na odgovarajuću razinu kako bi se dinamički postigla ili izbjegla izravna sunčeva radijacija kroz zasjenjivanje, ovisno o temperaturi u svakom godišnjem dobu [14]
- kod grijanja, prosječna ušteda energije iznosi od 30% do 50%. KNX sustav može koristiti temperaturne senzore kako bi izbjegao pregrijavanje prostorije, posebno ako nitko nije prisutan, ili je predviđeno da ne bude prisutan, npr. noću. Neki sustavi su povezani sa sensorima prozora i neće zagrijavati prostoriju ako je prozor otvoren. Također, senzori kvalitete zraka u ventilacijskim kanalima sprječavaju prekomjerno prozračivanje prostorije i time njeno hlađenje [15].



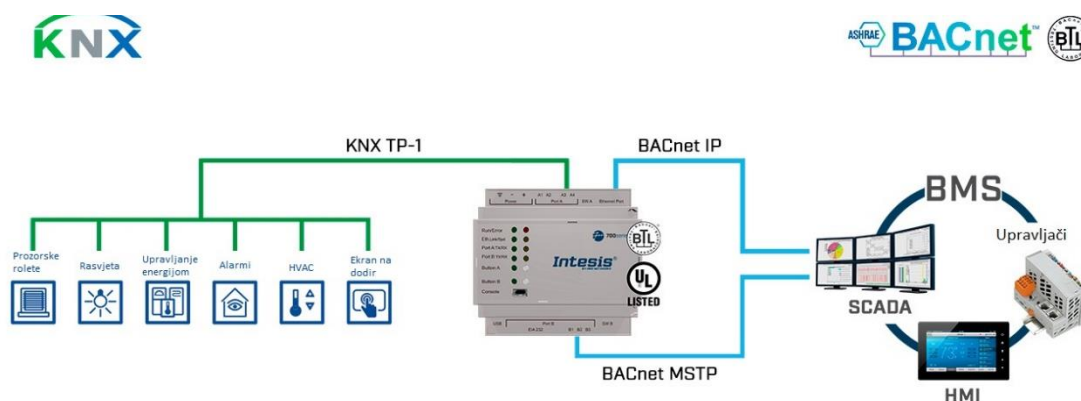
**Slika. 3.4.** : Graf postotne uštede energije KNX-om [16]

## 4. KNX INSTALACIJE

### 4.1. Općenito o KNX instalacijama

KNX sustav temelji se na sabirničkim instalacijama koje su sastavni dio skoro pa svih automatiziranih sustava u modernim objektima. Sabirnice su električni elementi koji prenose signale za upravljanje (telegrame), a mogu napajati uglavnom manja trošila, dok se aktuatori i trošila spajaju na izmjenični napon od 230 V. Aktuatori i trošila svoju upravljačku funkciju dobivaju od telegrama putem sabirnica te na taj način dobivaju informaciju o načinu rada. Sabirnice djeluju kao vodiči koji omogućuju struji da se distribuira i koristi za napajanje. Električni standardi i propisi mogu se razlikovati kada su u pitanju specifične norme i same države u kojima se mogu primijeniti napredne instalacije.

Tako će npr. u usporedbi sa Europskim standardom koje je postavila KNX/EIB organizacija, u SAD-u prevladavati BACnet (eng. *Building Automation and Control Network*), glavni protokol proveden Nacionalnom električnom kodnom organizacijom (NECO). Slikom 2.1. shematski je prikazan BACnet (eng. *Building Automation and Control Network*) koji je stvoren kao odgovor na spoznaju da građevinska industrija treba ekonomičan način integracije različitih sustava od različitih proizvođača u jedan koherentan sustav automatizacije i upravljanja. To je zahtijevalo razinu interoperabilnosti podataka koja nije postojala, pa su se u lipnju 1987. godine sudionici industrije sastali na godišnjem sastanku ASHRAE-a u Nashvillu, Tennesseeju, kako bi razgovarali o rješenju. To je bio prvi sastanak koji je kasnije rezultirao osnivanjem BACnet odbora [17]. Kombiniranjem KNX i BACnet protokola moguće je dobiti veću fleksibilnost i skalabilnost u dizajnu automatizacije sustava, no treba voditi računa o kompatibilnosti i integracijskim mogućnostima zbog različitosti sustava i uređaja.



**Slika. 2.1.** : Povezivanje KNX i BACnet pomoću Intesis KNX pristupnika [18]

Važno je također pridržavati se odgovarajućih standarda i smjernica prilikom instalacije i konfiguracije sustava kako bi se osigurala uspješna integracija i ispravno funkcioniranje kombiniranih sustava.

Sustavi naprednih instalacija sastoje se od međusobno povezanih skupina aktuatora i senzora koji su povezani sabirnicama, te koje su u programskom software-u programirani za upravljanje raznim potrebnim funkcijama u objektima. Osim na standardnom sustavu s upredenom paricom („Twisted Pair prijenosni medij“), KNX/EIB je također moguće implementirati na postojeću 230 V („Powerline prijenosni medij“) mrežu, na prijenos radio-frekventnom mrežom („Radio-frekventni prijenosni medij“) i na prijenos posredstvom IP-a („Ethernet prijenosni medij“). Povezivanje spomenutih aktuatora i senzora vrši se međusobnim dodjeljivanjem grupnih adresa putem ETS software-a, pomoću kojeg se specificira točna povezanost i funkcija raznovrsnih odabranih tipkala.

U KNX instalacijama, komunikacija između uređaja u sustavu odvija se putem telegrama koji je osnovna jedinica podataka za prijenos naredbi i informacija. Kada bi željeli poslati telegram, npr. za uključivanje HVAC sustava (eng. *Heating, Ventilation and Air Conditioning*), uređaj pošiljatelj šalje odgovarajući telegram koji sadrži adrese uređaja uključenja u komunikaciju te njegovu funkciju, primjerice uključivanje ili isključivanje klima uređaja ili sl. Slanje telegrama može se odvijati žično, putem električnih signala, ili bežično, radio-frekventnom vezom.

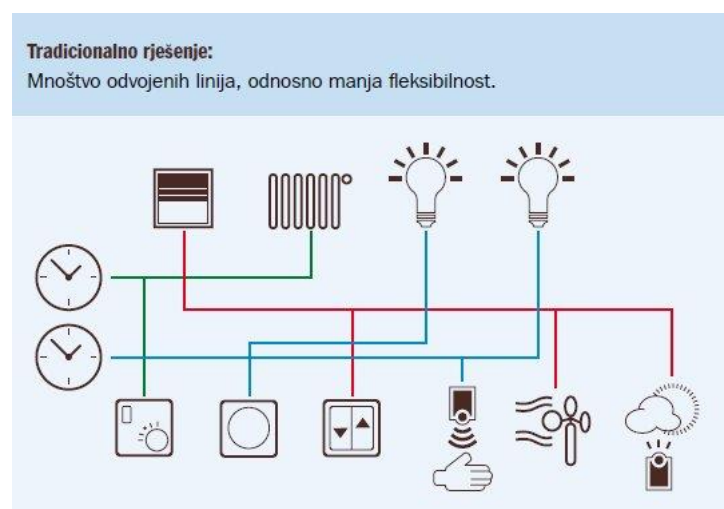
KNX protokol omogućava dvosmjernu komunikaciju i pruža potrebnu komunikaciju između svih uređaja u instalaciji. Topologija KNX mreže je hijerarhijska te se sastoji od linija na koje su spojeni razni sabirnički uređaji (DVC). Linije su zatim podijeljene u zone od kojih svaka linija, uključujući i glavnu liniju, mora imati vlastitu napojnu jedinicu. Ovisno o strukturi mreže, maksimalan broj od 15 linija može se spojiti „glavnom linijom“ preko linijskih spojnika (LC, eng. *Line Coupler*) u područje. KNX/EIB Twisted Pair bus može se proširiti, tj. povezati s ostalim sustavima preko kičmene linije područnim spojnikom (BC – eng. *Bus Coupler*). Ovakav hijerarhijski sustav omogućava KNX sustavu nesmetan rad u slučaju kvara određenog dijela hijerarhijskog stabla. KNX TP1 kabel prikazan je na slici 2.2.



**Slika. 2.2.** : KNX/EIB 2 Pair TP1 kabel [19]

## 4.2. Tradicionalne instalacije i napredne instalacije

Jedan od primarnih razloga inovacije naprednih instalacija je postizanje što veće razine energetske učinkovitosti. Iako primjena naprednih instalacija nije toliko efikasna u svakom objektu, napredne instalacije dobivaju na značaju i njihova ugradnja uskoro će postati standardni tip instalacije u svijetu. Slika 2.3. prikazuje shematski prikaz tradicionalne instalacije koje ne postižu velike energetske učinke i ne omogućuju veće uštede električne energije upravo zbog načina ugradnje i nedostatka automatizacije takvog sustava u usporedbi sa naprednim instalacijama. Sustav klasičnih instalacija obično uključuje glavne elemente poput prekidača, rasvjetnih tijela, grijanja i ventilacije, te su svi elementi žičano povezani i ovise o potrošaču koji upravlja njihovim radom ručno.

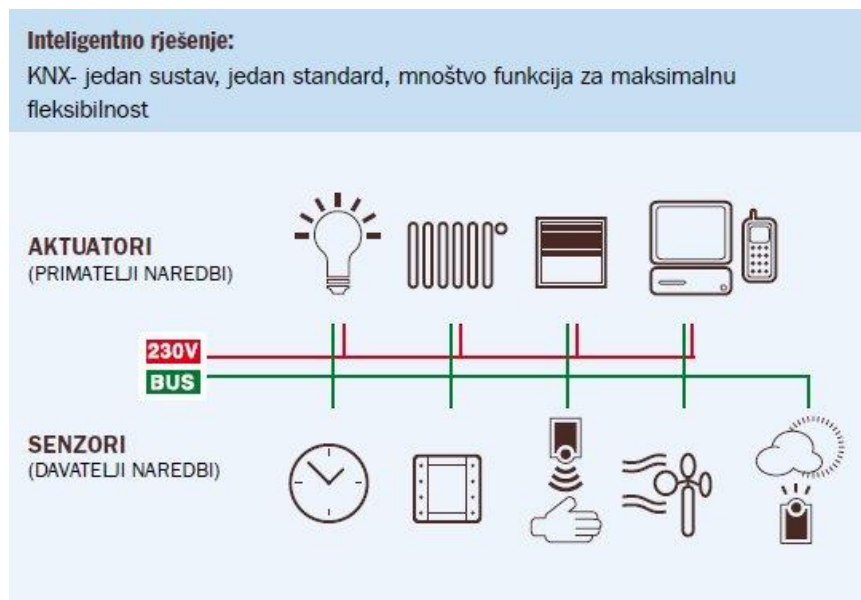


**Slika. 2.3.** : Tradicionalna instalacija [20]



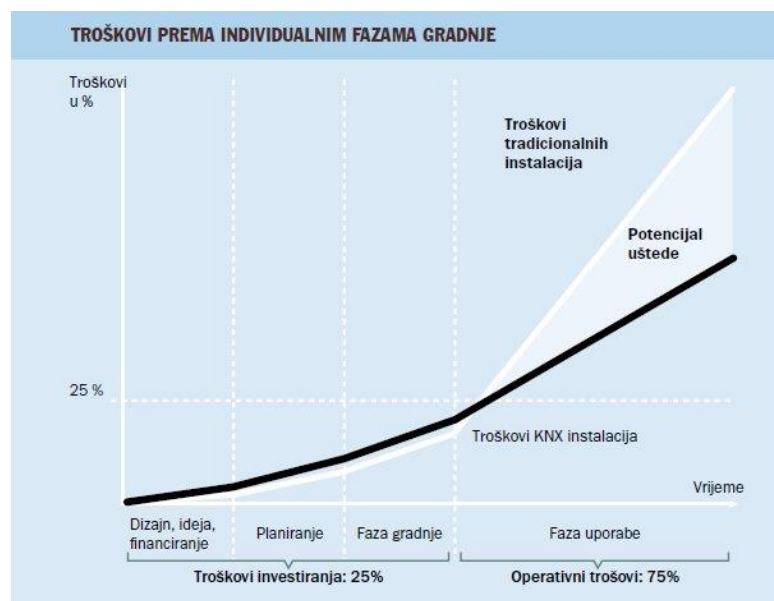
Nedostatak takvih instalacija je manjak funkcionalnosti jer tradicionalan tip instalacije nudi osnovne funkcije poput uključivanja i isključivanja, dok im u usporedbi sa naprednim instalacijama nedostaje razina automatskog upravljanja i programiranja po želji. Prilikom ugradnje takvih sustava dolazi do manjka fleksibilnosti i adaptacije objekta po potrebi, pri čemu napredne instalacije imaju veću razinu mogućnosti promjena što se tiče dodavanja ili uklanjanja određenih uređaja iz sustava.

Interoperabilnost sustava koja se postiže naprednom instalacijom nudi više rješenja prilikom povezanosti naprednih instalacija s drugim sustavima, dok je to istovremeni manjak tradicionalnim instalacijama zbog nedostatka inteligencije same mreže. Slika 2.4. prikazuje shematski prikaz spajanja naprednih instalacija.



**Slika. 2.4.** : Napredna instalacija [20]

Inteligentna tehnologija u zgradarstvu ne nudi samo fleksibilnost, praktičnost i sigurnost, već je itekako isplativa. Dugoročno je moguće umanjiti uobičajene troškove za do 30% u usporedbi s tradicionalnim rješenjima, iako se troškovi KNX rješenja čine većim od troškova tradicionalnih rješenja kod planiranja [20]. Troškovi ugradnje instalacija dijele se na troškove investiranja i operativne troškove, pri čemu na slici 2.5. možemo uočiti puno veći potencijal uštede pri fazi uporabe KNX instalacija u usporedbi s tradicionalnim instalacijama.

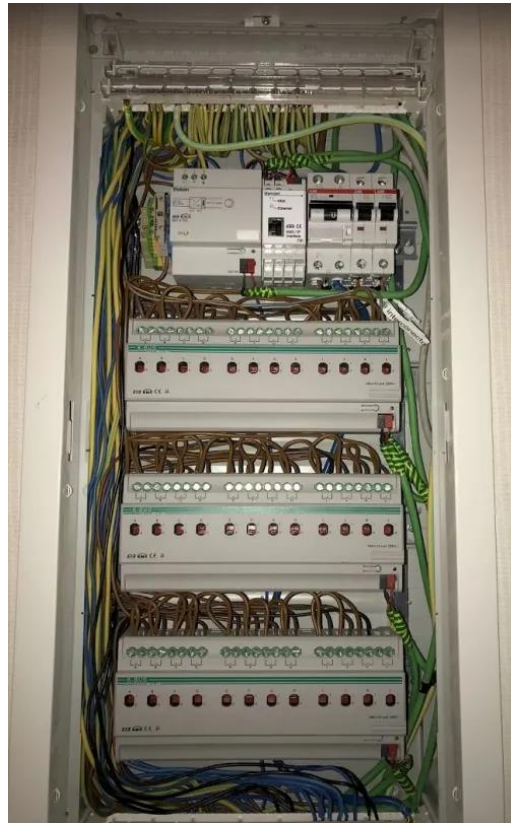


**Slika. 2.5.** : Troškovi instalacija prema fazama ugradnje [20]

Neki od faktora koji ograničavaju potpuni prijelaz sa tradicionalnih instalacija na napredne instalacije su:

- iako je relativno lagano dodati nove elemente u sustav napredne instalacije, ograničena je fleksibilnost dostupnih materijala u usporedbi sa svjetski popularnijim tradicionalnim instalacijama, jer za svaki novi ili premješteni element potrebno je provesti nove žičane instalacije [21].
- KNX instalacija uvijek se gradi, postavlja i mijenja od strane certificiranog profesionalnog instalatera, dok svaki novi uređaj i svaka promijenjena scena zahtijevaju posjet instalatera, što često nije besplatno.

- prosječni sustav za kuće obično košta oko 30.000 dolara, a veći projekti za kuće mogu čak premašiti i sto tisuća dolara te troškovi za izmjene, nadogradnje ili održavanje dodatno povećavaju troškove nakon početne instalacije [21].
- za potpuni KNX sustav kao što je prikazano na slici 2.6. potrebno je unaprijed detaljno planiranje, jer se sustav može instalirati samo uz strukturalne mjere [22].



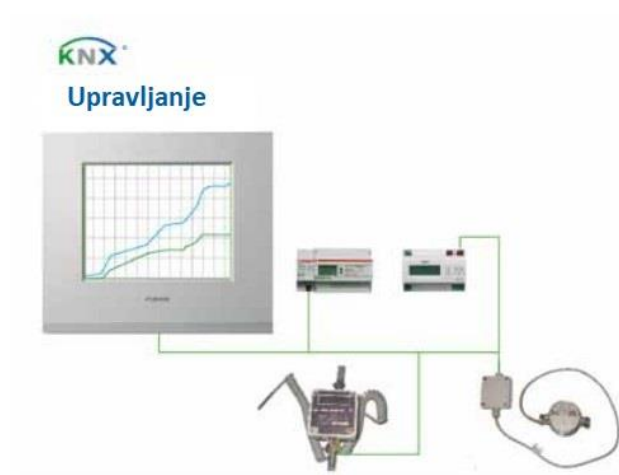
**Slika 2.6.** : Instalirani KNX sustav rasvjetnog centralnog distribucijskog ormara [23]

### **4.3. Prednosti i mogućnosti KNX instalacija**

Jedna od najvećih prednosti KNX instalacija je njihova interoperabilnost s drugim sustavima naprednih instalacija. Tako je npr. moguće implementirati KNX sustav za upravljanje cijelom javnom rasvjetom. Velike uštede u potrošnji električne energije nakon implementacije KNX automatiziranog sustava javne rasvjete postigao je grad Salzburg u Austriji. Grad Salzburg smanjio je ukupnu potrošnju energije za javnu rasvjetu za 2,5 % čime je smanjio emisiju CO<sub>2</sub> za 750t [24]. Budući da je paljenje i gašenje javne rasvjete automatizirano, omogućene su velike uštede električne energije, a i produljen je životni vijek samih svjetiljki. Za automatizaciju korišten je ovaj KNX sustav jer bi prema izračunima,

klasični industrijski PLC sustav bio višestruko skuplji. Vrijednost investicije, koja uključuje opremu i inženjering, je 10.250 €.

Veliko je postignuće umrežiti sve sustave zgrade u KNX sustav, ali je još veće postignuće to sve postići na intuitivan i jednostavan način. Još jedan inovativan i autentičan način korištenja naprednih instalacija je ostvarivanje pristupa otiskom prsta. Korisnici se prepoznaju na osnovu otiska prsta. Samo dodiranjem prsta korisnik upravlja sjenilima, rasvjetom i temperaturom. Razne predprogramirane scene pripremljene su za svakog korisnika [24]. Novi KNX proizvodi nude mogućnost elektroničkog zapisa podataka o potrošnji energije i mogućnost njihove obrade aplikacijama za računovodstvo i naplatu što je shematski prikazano na slici 2.7.



**Slika 2.7.** : Shematski prikaz povezivanja s KNX Metering pristupnikom [24]

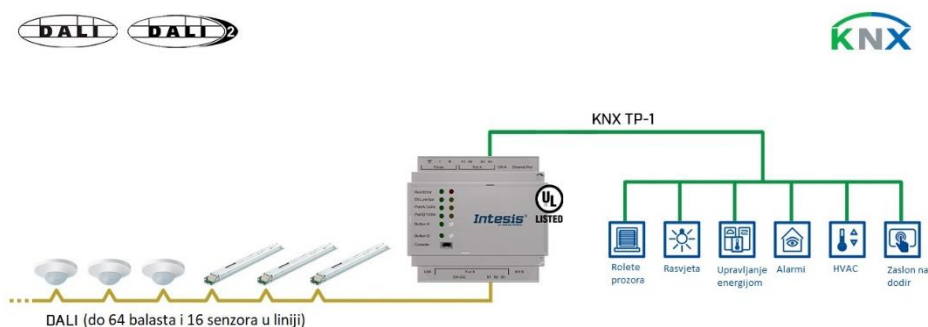
Rastuća ponuda proizvoda različitih proizvođača u ovom segmentu omogućuje te funkcionalnosti. Upotreba mjerila električne energije, plinomjera, tank sonde, vodomjera sa mogućnošću elektroničkog zapisa i pohrane podataka pri nestanku napajanja omogućuje sigurno rješenje. Povezivanje mjerila na KNX sustav te povezivanje sa KNX/ IP poveznikom omogućuje prikaz i obradu podataka na ekran osjetljiv na dodir [24].

### 4.3.1. Integracija drugih protokola s KNX-om

Postoji mnogo proizvoda koji omogućuju integraciju s KNX-om, od najjednostavnijih do najkompleksnijih protokola. U nekim slučajevima dostupne su različite verzije koje omogućuju integraciju pojedinačnih uređaja ili povezivanje cijelih sustava. Najčešći podržani protokoli su sljedeći [25]:

- BACnet
- DALI
- DMX
- EnOcean
- IFTTT
- LON
- Modbus
- MBUS
- OPC

Integracija BACnet protokola s KNX-om omogućuje povezivanje i koordinaciju sustava koja omogućuje centralizirano upravljanje i nadzor različitih uređaja poput rasvjete, klimatizacije, sigurnosnih sustava i druge. Spojem DALI i KNX korisnici mogu dobiti bolju povezanost i sinkronizaciju rasvjetnih tijela koja podržavaju ove tehnologije. DALI (eng. *Digital Addressable Lighting Interface*) je protokol za upravljanje rasvjetom te kada se on integrira sa KNX-ovim protokolom, korisnici mogu centralizirano upravljati rasvjetnim sustavima, određivati rasvjetu, kontrolirati razinu rasvijetljenosti i selektivno upravljati određenim grupama svjetiljki kako bi postigli što veću energetska učinkovitost.

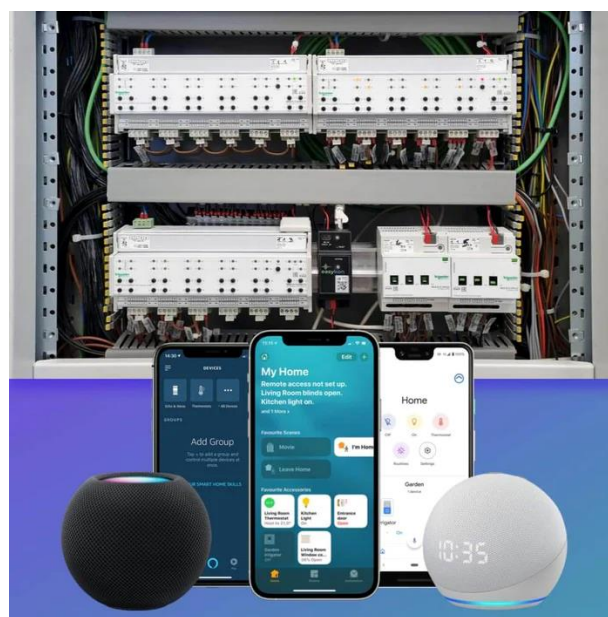


Slika 2.8. : Povezivanje KNX i DALI pomoću Intesis DALI pristupnika [26]

Digital Multiplex (DMX) protokol, također poznat kao DMX512 ili DMX512-A, je industrijski standardni način upravljanja rasvjetom, kako ručno (pomoću upravljačke ploče), tako i za automatizaciju rasvjete (pomoću računala). Koristi se u noćnim klubovima, restoranima i kazalištima [27]. DMX je komunikacijski protokol koji se koristi u industrijskoj automatizaciji, između ostalog, za komunikaciju s uređajima na pozornici poput stroboskopa, reflektora i drugih elemenata rasvjetnog sustava, te scenskim efektima, poput generatora dima [28].

EnOcean je bežični komunikacijski protokol koji se koristi za bežičnu interakciju između različitih uređaja u pametnim zgradama, kao što su senzori, prekidači i aktuatori. Ono što čini EnOcean posebnim je njegova energetska samoodrživost, jer uređaji koriste okolinu kako bi prikupili energiju koja im je potrebna za rad. To se postiže korištenjem beskontaktnih metoda, poput pokretne energije, svjetlosti ili temperaturnih razlika. Integracija EnOcean sa KNX-om može se postići s KNX ENO 630 pristupnikom.

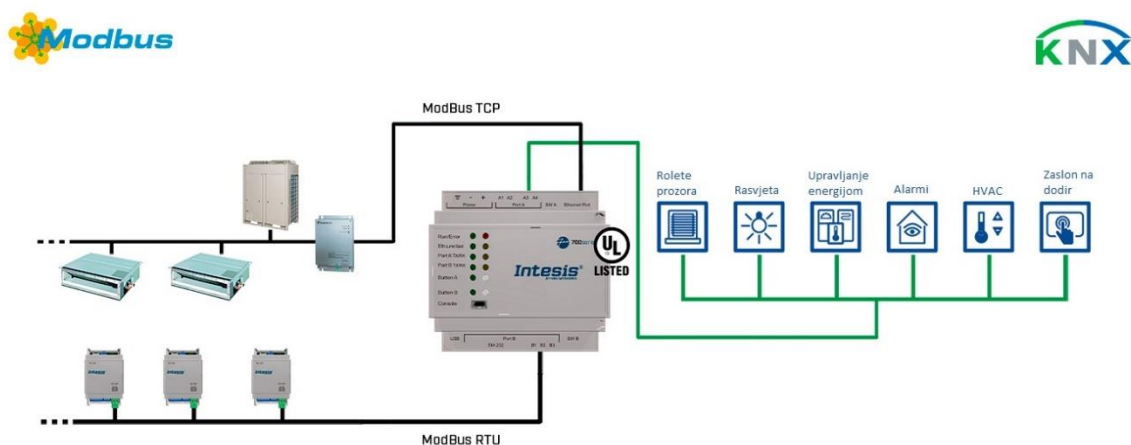
IFTTT je besplatna web usluga i mobilna aplikacija koja pomaže korisnicima automatizirati zadatke temeljene na webu i povećati produktivnost tako da omogućava integraciju popularnih aplikacija. IFTTT je kratica za "If This Then That", što je odavanje počasti uvjetnom izrazu u programiranju. Koristeći formule nazvane "recepti", korisnici mogu definirati automatizaciju zadataka, tako da ako se nešto dogodi u jednoj aplikaciji, to pokreće akciju u drugoj aplikaciji [29]. Integracija IFTTT-a sa KNX-om moguća je korištenjem Easykon KNX modula koji se spaja isto kao i aktuator.



**Slika 2.9.** : Povezivanje KNX i IFTTT pomoću Easykon modula [30]

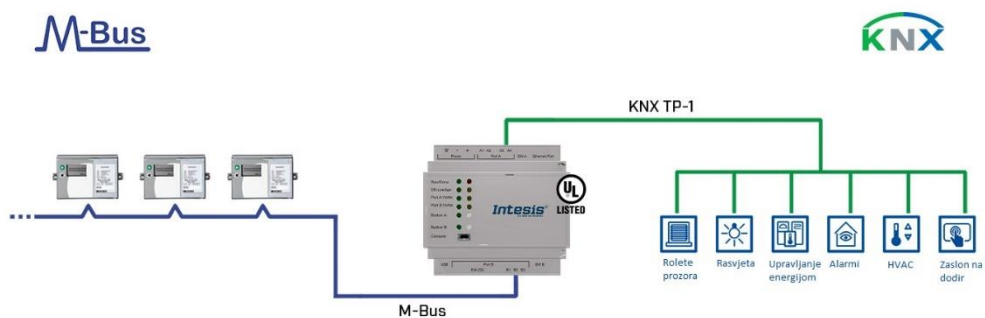
LonWorks protokol je stvoren od strane tvrtke Echelon Corp. 1988. godine. To je vodeće mrežno rješenje za sustave automatizacije zgrada. Procjene za broj instaliranih čvorova diljem svijeta kreću se u milijunima. LonMark International ima više od 300 članica, što odražava njegovu snagu na tržištu automatizacije. KNX protokol je moguće povezati s LonWorks-om putem IntesisBox pristupnik, LonWorks uređaja koji omogućuje čitanje i upis točaka drugog ili drugih uređaja povezanih na LonWorks mrežu te na taj način pruža vrijednosti tih točaka putem svojeg KNX/EIB sučelja.

Modbus je otvoreni protokol, što znači da je besplatan za proizvođače koji ga žele ugraditi u svoju opremu bez plaćanja naknada. Postao je standardni komunikacijski protokol u industriji i sada je najčešće dostupan način povezivanja industrijskih elektroničkih uređaja [31]. Kako bismo povezali Modbus i KNX, možemo koristiti Intesis Modbus pristupnik koji omogućava dvosmjernu integraciju oba protokola.



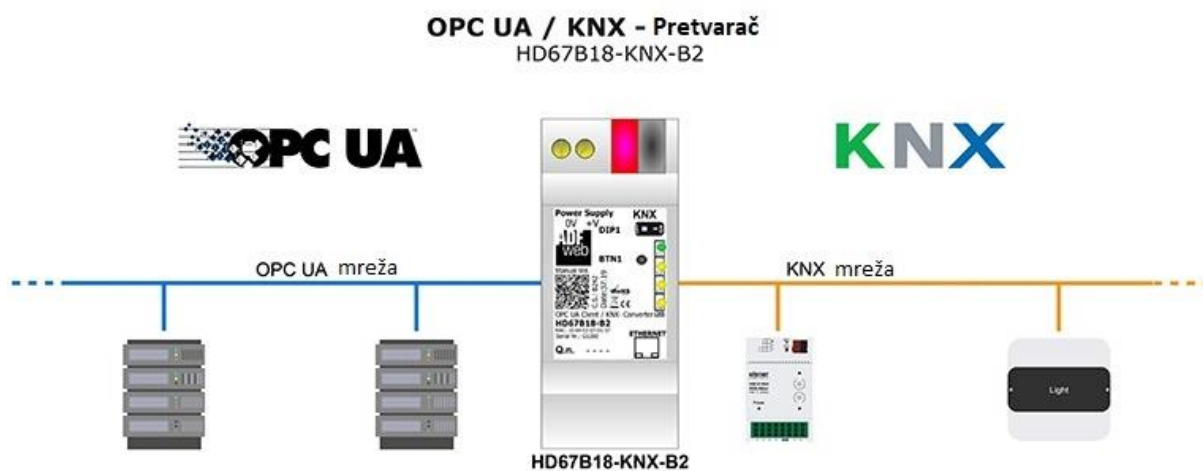
**Slika. 2.10.** : Povezivanje KNX i Modbus pomoću Intesis Modbus pristupnika [32]

M-Bus (Meter-Bus) je europski standard (fizički i sloj veze EN 13757-2, sloj aplikacije EN 13757-3) za daljinsko očitavanje vodomjera, plinomjera ili električnih brojila. Svoju primjenu također može naći u automatiziranim i pametnim objektima na način da se efikasno integrira s KNX protokolom, što je moguće putem Intesis pristupnika



**Slika 2.11.** : Povezivanje KNX i M-Bus pomoću Intesis M-Bus pristupnika [33]

OPC je standard koji omogućuje interoperabilnost za sigurnu i pouzdanu razmjenu podataka u području industrijske automatizacije i drugim industrijama. Neovisan je o platformi i osigurava protok informacija među uređajima različitih proizvođača. Razvoj i održavanje ovog standarda povjereno je OPC zakladi.



**Slika 2.12.** : Povezivanje KNX i M-Bus pomoću OPC / KNX pretvarača [34]



## 5. PROJEKтни ZADATAK

### 5.1. Tema zadatka

Cilj projektnog zadatka je osmisliti i projektirati panel koji bi objedinio određene tražene funkcije u laboratoriju. Sličan takav primjer možemo uočiti kod Siemens GAMMA GTK opreme za simulaciju KNX sustava te kod Schneider sustava kućne automatizacije koji objedinjuje sve funkcije u prikladnu simulaciju za lakše razumijevanje načina na koji funkcioniraju KNX sustavi. Tvrtka Siemens proizvodi GAMMA Training Kit upravo za simulaciju i vježbu te pomoć studentima u lakšem razumijevanju logike funkcioniranja naprednih instalacija. GTK (Gamma Training Kit) dolazi u raznim oblicima, no najprodavaniji i najučestaliji je GTK 5.1 koji je osnovni i klasični kovčeg koji sadrži osnovne module za simulaciju poput modula za prisutnost, rolete, rasvjetu i druge. Na slikama 3.1 i 3.2 prikazani su elementi KNX simulacije na GTK kovčegu.



Slika 3.1. : Lijeva strana GAMMA – Training Kit-a [autorska fotografija]



**Slika 3.2.** : Desna strana GAMMA – Training Kit-a [autorska fotografija]

Upravo nalik GTK-u, osmišljen je simulacijski panel za laboratorijske instalacije koji bi objedinio razne uloge jednog modernog laboratorija za napredne instalacije. Sve bi bilo objedinjeno na jednom panelu koji bi bio većih dimenzija (jer sadrži i shemu laboratorija te odvojeni dio sa sklopkama i aktuatorima) isključivo radi lakše pristupačnosti i prilagođenosti korisniku. Na panelu će biti prikazane razne funkcije i mogućnosti KNX sustava.

Schneider KNX radna postaja prikazana na slici 3.3 je namijenjena otkrivanju rješenja za kućnu automatizaciju u stambenim i poslovnim instalacijama. Radna postaja sastoji se od KNX proizvoda koji se često koriste. KNX moduli su programibilni i nude mogućnost upravljanja mrežom [35].

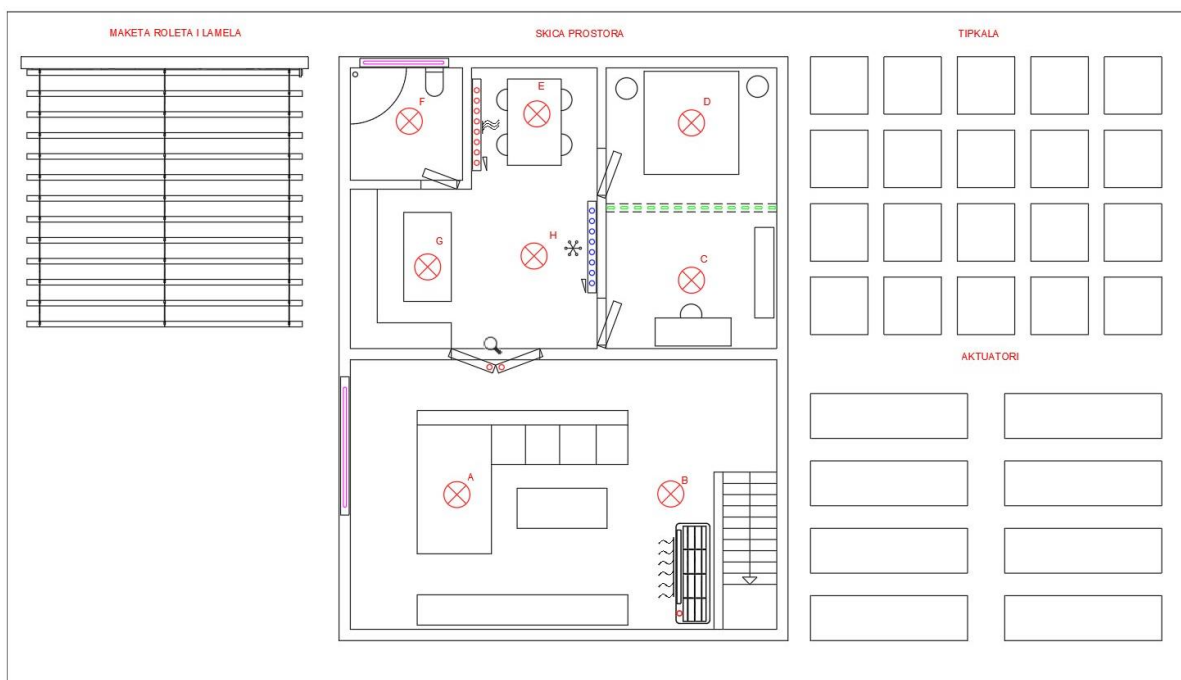


**Slika 3.3.** : Schneider Electric sustav kućne automatizacije - AET-P01-HAS [35]

Projektirani panel za laboratorij naprednih instalacija bio bi unaprijeđena kombinirana verzija GTK 5.1 i AET-P01-HAS te bi sadržavao shematski zamišljeni prostor jednog laboratorija u kojemu bi bile objedinjene sve potrebne funkcije za učenje KNX sustava. Panel je zamišljen tako da je podijeljen na tri dijela od kojih se može raspoznati:

1. dio sa maketom roleta i lamela koje rade sukladno sa promjenama tipkala i promjenama na shematskom prostoru,
2. dio koji predstavlja zamišljeni prostor kuće u kojemu su objedinjene sve funkcije KNX instalacija koje su potrebne, te
3. dio koji predstavlja zamišljeni prostor u koji bi se ugrađivala tipkala i aktuatori.

Na taj način bi na jedno radno mjesto spojili sve funkcije KNX instalacija te se panel može ugraditi u zid ili čak staviti na određeni pokretni stalak radi praktičnosti. U usporedbi s GTK, panel je većih dimenzija zbog toga što nema svojstvo preklapanja strana u kovčeg, te samim time ima sličan princip rada kao i Schneider Electric sustav kućne automatizacije. Sadržaj elemenata panela i tri dijela panela prikazani su u shemi na slici 3.4.



**Slika 3.4.** : Prikaz elemenata na panelu [autorska fotografija]

## 5.2. Elementi panela

### 5.2.1. Općenito o aktuatorima

Aktuatori u KNX instalacijama su elektronički uređaji koji se koriste za i upravljanje različitim funkcijama u sustavu. Oni reagiraju na naredbe koje primaju putem KNX protokola i izvršavaju odgovarajuće akcije na povezanim uređajima ili sustavima. Princip rada aktuatora svodi se na upravljanje primljenih signala koje zatim pretvaraju u stvarnu funkciju ovisno o uređaju. Aktuator prima razne naredbe od senzora, automatskih upravljačkih prekidača ili mjerača vremena te predstavlja logičko sučelje između KNX sustava i električnih uređaja raznih funkcija. Postoji mnogo vrsta aktuatora, a neke od njih su:

- rasvjetni aktuatori – koriste se za upravljanje rasvjete te daju funkcije uključivanja, isključivanja, prigušivanja i promjene prethodno postavljenjih scena
- aktuatori za rolete i lamele – služe za upravljanje roleta i lamela radi postavljanja željenje razine osvjetljenosti
- aktuatori za grijanje i hlađenje – daju kontrolu grijanja, hlađenja ili klimatizacije prostora te omogućuju regulaciju temperature koristeći vezu s termostatom i sensorima topline
- multimedijски aktuatori – služe za integraciju KNX protokola s ostalim integrabilnim protokolima radi postizanja što veće funkcionalnosti u kontroli audio i video uređaja te ostalih vrsti multimedija
- univerzalni aktuatori – daju mogućnost integracije više različitih vrsta aktuatora u jedinstveni aktuator te ovise o broju kanala aktuatora

Svi električni uređaji koji se spajaju na aktuatore moraju biti kompatibilni s navedenim aktuatorom, što je velika prednost, jer nema ograničenosti pri biranju elemenata ukoliko je popunjen uvjet kompatibilnosti.

## 5.2.2. Aktuatori korišteni na panelu

### JAL-0410.02: Aktuator roleta i lamela sa 4 kanala

MDT aktuator roleta sa 4 kanala prima KNX/EIB telegram i upravlja do 4 neovisna pogona za rolete ili tende. MDRC aktuatori za rolete mogu se ručno upravljati putem tipke, a izlazi se individualno parametriziraju putem ETS-a. Uređaj pruža brojne funkcije poput povratnih informacija o statusu, blok funkcija, centralne funkcije te pozicioniranja roleta, zavjesa i drugih oblika zaštite od sunca. U slučaju da u instalaciji dođe do prekida napajanja, svi izlazi se isključuju, a nakon prekida ili obnove napona na sabirnici, odabrana je pozicija rolete ovisno o parametrizaciji. Maksimalno opterećenje za motor rolete je 600 W, nazivni napon je 230 V, a nazivna struja 10 A. Uređaj ima mogućnosti uključivanja funkcija samostalnog učenja scena, omogućavanje regulacije temperature prostorije radi zaštite od sunca te za svaki uključeni kanal ima statusnu LED žarulju.



**Slika 3.5.** : MDT Technologies JAL-0410.02: Aktuator roleta i lamela sa 4 kanala [36]

### SCN-RTC20.02: Vremenski prekidač

MDT Time Switch SCN-RTC20.02 omogućuje realizaciju 20 funkcija s do 8 nezavisnih vremenskih perioda. Za svakodnevne ponavljajuće zadatke, poput podizanja i spuštanja roleta/zavjesa u jutarnjim ili večernjim satima, ili uključivanja i isključivanja vanjske rasvjete. To se može postići ne samo prema vremenu, već i prema izračunatom izlasku i zalasku sunca za parametriranu lokaciju, zahvaljujući integriranoj funkciji astro prekidača. Nova funkcionalnost za upravljanje žaluzinama omogućuje i kontrolu visine i položaja letvica prema

potrebi. Kao glavni uređaj, MDT vremenski prekidač isporučuje vrijeme i datum svim uređajima na KNX busu. Kao podređeni uređaj, on prima vrijeme i datum s vremenskog poslužitelja, na primjer, putem IP sučelja (SCN-IP000.03). U slučaju prekida internetske veze, MDT Time Switch automatski prelazi u način rada glavnog uređaja. Veliki aktivni zaslon u boji omogućuje uređivanje vremenskih perioda i ručno upravljanje uređajem.



**Slika 3.6.** : MDT Technologies SCN-RTC20.02: Vremenski prekidač [37]

### **MDT AKI-0816.04 aktuator sklopki/prigušivač rasvjete 8-fold**

MDT AKI-0816.04 aktuator ima funkciju reguliranja rasvjete korištenjem sustava za reguliranje rasvijetljenostipojedinih elemenata rasvjete te istodobnu funkciju uključivanja i isključivanja rasvjetnih elemenata. Reguliranje količine svjetlosti može se odvojiti na posebnu tipku tipkala, ali se također može i implementirati funkcija istodobnog paljenja svjetla i reguliranja količine svjetline odjednom. Uređaj pruža obilje funkcija poput logičkog rada, odgovora na status, blok funkcija, centralne funkcije, funkcija kašnjenja i funkcije stubišne rasvjete. Osim toga, uređaj omogućuje više vremenskih i scenarijskih kontrola.



**Slika 3.7.** : MDT AKI-0816.04 Aktuator sklopki/prigušivač rasvjete [38]

## MDT MDRC-AKD-0424R.02 RBGW LED Controller 4-fold

MDT AKD-0424R.02 RBGW LED upravljač prima KNX/EIB telegrame te na taj način upravlja 12/24V RGB LED trakama. Uređaj objedinjuje funkcije apsolutnog i relativnog prigušivanja svjetlosti HSV i RGB modelima boja. Definiranjem boja uređaj se može postaviti na predefinirane scene koje se mogu povezati s vanjskim uvjetima svjetlosti koje se programiraju u ETS 5 programskom softveru. Uz kontrolu prekoračenja struje, uređaj ima senzore koji kontroliraju temperaturu spojenih LED uređaja. Ovim uređajem projektiranom panelu dajemo mogućnost implementacije LED uređaja kojima bi se ostvarila bolja vizualizacija raznih elemenata poput grijanja, hlađenja, simulacije roleta te pomicanje pregradnog zida. KNX LED upravljač ima 4 izlaza te je svaku od tih funkcija moguće povezati na LED upravljač, ali istovremeno i na ostala tipkala koja bi vizualizirala promjene grijanja i hlađenja u zamišljenoj shemi prostora. Tako bi izlaze KNX LED upravljača povezali na način da jedan izlaz kontrolira LED traku za vizualizaciju roleta (roza boja), jedan za grijanje (crveno), jedan za hlađenje (plavo) i preostali izlaz za vizualizaciju pregradnog zida (zeleno). Svi izlazi LED upravljača spajaju se na tipkala i univerzalni aktuator, te na taj način dobivamo potpunu vizualizaciju promjene prostora.



**Slika 3.8.** : Primjena RGB LED upravljača za različite boje na panelu [autorska fotografija]



Slika 3.9. : MDT MDRC-AKD-0424R.02 LED Controller [39]

### AKU-2416.03 MDT Univerzalni aktuator

Kompletna aplikacija pruža potpunu funkcionalnost u sva tri zadatka, a moguća je i kombinirana operacija funkcija sklopke, upravljanje roletama ili grijanjem. Jedinstvena značajka u radu s roletama je integrirana automatska zaštita od sunca s praćenjem lamela prema izračunatoj poziciji sunca. Neke od funkcija koje AKU-2416.03 MDT univerzalni aktuator pruža su: automatsko zasjenjivanje s praćenjem lamela prema izračunatoj poziciji sunca, funkcija otvaranja/nagiba prozora s praktičnom ventilacijskom funkcijom i zaštitom od zaključavanja, funkcija zasjenjivanja za optimalno korištenje energije i uštedu te proširena logika i funkcija scene.



Slika 3.10. : MDT AKU-2416.03 Univerzalni aktuator [40]

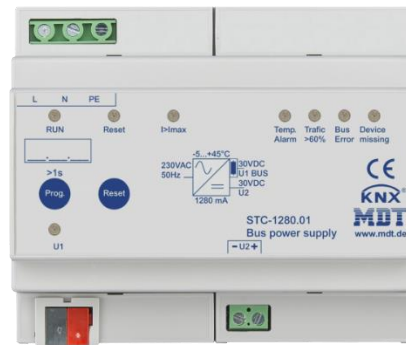
### 5.2.3. Napajanje KNX sabirnice

#### STC-1280.01: Napajanje sabirnice s dijagnostičkom funkcijom, 1280 mA, 230 V AC

Napajanje sabirnice u KNX instalacijama je odgovorno za osiguravanje stabilnosti i pouzdanosti KNX sabirnice. Ova napajanja pružaju potrebnu električnu energiju za rad KNX uređaja i omogućavaju komunikaciju unutar KNX sustava. MDT KNX napajanje s integriranim gušenjem opskrbljuje KNX sabirnicu s konstantnim, stabiliziranim naponom od 30V DC. Integrirana jedinica za povezivanje sabirnice s dijagnostičkom funkcijom nadzire



napon sabirnice, struju sabirnice, preopterećenje sabirnice te pad i povrat napona sabirnice. Svi događaji se bilježe s vremenom u unutarnjem prstenu spremnika. Prstenasti spremnik se može očitati putem 14B telegrafa. Trenutno stanje rada prikazuje se putem 8 obojenih LED svjetala na vrhu uređaja koje daju uvid moguće probleme poput prevelike struje, prevelike temperature, nedostajanje KNX uređaja te javlja o greškama u sabirnici.



**Slika 3.11.** : STC-1280.01: Napajanje sabirnice [41]

#### 5.2.4. Sučelja, pristupnici i spojnici

##### SpaceLogic KNX DALI Gateway 2.0 Pro, MTN6725-0101

Uređaj pretvara naredbe za prekidač i prigušivanje iz povezanog KNX sustava u odgovarajuće DALI telegrame, ili statusne i događajne informacije s DALI sabirnice u KNX telegrame, a realiziran je kao višenamjenski kontroler aplikacija za upravljanje elektronskim balastima s DALI sučeljem putem KNX instalacijske sabirnice. Uz kontrolu svih standardnih radnih uređaja, SpaceLogic KNX DALI Gateway Pro omogućuje i rad pojedinačnih baterijskih svjetiljki za nuždu (EN 62386-202). Također se podržavaju sustavi za nužnu rasvjetu s centralnom baterijom. Posebno sučelje za konfiguriranje DALI segmenata dizajnirano je kao DCA (eng. *Device Control App*) za ETS5 te se navedena aplikacija može instalirati putem Konnex ili Schneider Electric web stranice.



**Slika 3.12.** : MTN6725-0101 DALI pristupnik [42]

### Siemens N 148/12 USB sučelje

Primjena USB sučelja je potrebna u svakoj KNX instalaciji jer se njome uspostavlja kompatibilnost sa USB 2.0 i USB 3.0 priključcima. USB sučelje N 148/12 omogućuje povezivanje osobnog računala radi adresiranja, parametriranja, vizualizacije, bilježenja i dijagnosticiranja uređaja na sabirnici putem ugrađenog USB priključka.



Slika 3.13. : Siemens N 148/12 [43]

### Schneider Electric Wiser for KNX logički upravljač

Wiser for KNX je najlakši način vizualizacije i kontrole kompletnog automatiziranog kućnog sustava u KNX i Modbus mrežama. Logički upravljač ima mnogo funkcija a neke od njih su: logičke funkcije, WEB SCADA vizualizacija za PC i uređaje na dodir, služi kao standard između KNX i Modbus protokola, potpora kao BACnet server te omogućuje prijenos kamera koje mogu biti postavljeni u instalaciji.



Slika 3.14. : Schneider Electric Wiser for KNX [44]

### Siemens N 140/13 Line/Backbone Coupler

Siemens linijski i kičmeni spojnik služi pri izmjeni podataka između dvije KNX sabirnice sa telegramima do 64 bajta. Koristi se za upotrebu kao spojnica linija za povezivanje jedne linije s glavnom linijom ili kao spojnica leđne linije za povezivanje glavne linije s leđnom linijom ili kao pojačalo signala za povezivanje dva segmenta iste linije, s električnom izolacijom dviju sabirnica. Uz njegovu osnovnu funkciju, ima i funkciju implementacije promjenjive tablice filter koje koriste za kontrolu razmjene podataka između dviju sabirnica.



Slika 3.15. : Siemens N 140/13 spojnik [45]

### ITR420-0001 KNX – IR pristupnik

ITR420-0001 Interra IR pristupnik je višenamjenski uređaj za IR prijenos koji pruža pet funkcija: jednokratni način, ponavljajući način, sekvencijski način, upravljanje klima uređajem i detekciju struje. Ovaj uređaj podržava do 150 univerzalnih IR kodova i do 810 AC IR kodova. Također, opremljen je s četiri izlazna sučelja: A, B, C i D. Interra IR pristupnik se koristi za upravljanje različitim elektroničkim uređajima kao što su televizori, DVD uređaji, klima uređaji i drugi uređaji koji podržavaju IR komunikaciju. Interra proizvodi su proizvedeni u skladu s europskim standardima za elektromagnetsku kompatibilnost i električnu sigurnost.



Slika 3.16. : ITR420-0001 KNX – IR pristupnik [46]

## MDT SCN-SAFE.01 sigurnosni modul

MDT sigurnosni modul sprječava sve pristupe povezane na ETS-u, poput programiranja i implementacije novih uređaja na KNX sabirnici. Takvim postupkom dobiva se povećana sigurnost KNX linije u prostoru jer se smanjuje manipulacija uređaja vanjski programiranjem. Sigurnosni modul kao integrirani uređaj u sustavu ciklički kontrolira do 100 povezanih KNX uređaja te čim neki uređaj nedostaje ili ne odgovara zbog određenog kvara, sigurnosni modul šalje upozoravajuću poruku alarmom.



Slika 3.17. : MDT SCN-SAFE.01 sigurnosni modul [47]

### 5.2.5. Senzori

Senzori su sastavni dijelovi svake KNX instalacije. Primjena senzora ima neograničene mogućnosti. Služe za prikupljanje podataka o promjeni koja se događa unutar ili izvan određenog prostora. Prikupljene podatke šalju do aktuatora koji zatim provode daljnje upravljanje sustavom.

Najčešće vrste senzora koji se koriste u naprednim instalacijama su senzori pokreta, senzori za kontrolu kvalitete zraka, senzori ukupne svjetlosti te senzori temperature. Senzori pružaju KNX sustavu veliku količinu informacija koja može biti iskorištena za reguliranje ukupno potrošene energije zbog konstantnog slanja podataka glavnom sustavu te automatskog ispravljanja mogućih energetske gubitaka. Tako se može postići potpuna automatizacija sustava jer pomoću njih možemo doznati apsolutno stanje o svim potrebnim informacijama u instaliranom KNX sustavu. Dobivenom većom razinom automatizacije sustava korisniku se pruža veća sposobnost upravljanja sustava te se postiže fleksibilnost i veća energetska učinkovitost. Neke od uobičajenih primjena senzora u KNX sustavu su:

- kontrola ventilacije i zraka - putem senzora kvalitete zraka, kojim se automatski može adaptirati stanje u prostoru na način da ukoliko je kvaliteta zraka u određenom prostoru loša, može se informirati centralizirani sustav s ciljem povećanja ventilacije prostora ili automatskog otvaranja prozora, vrata i sl.
- kontrola ukupne razine svjetlosti senzorom za rasvijetljenost – senzor za ukupnu rasvijetljenost prepoznaje količinu potrebne svjetlosti za prostor, te ovisno o situaciji, može na automatski način pomicati lamele roleta ili podizati rolete, ali istovremeno nakon slanja informacije aktuatorima, može se upravljati sklopkama za rasvjetu te namjestiti optimalna razina svjetlosti u prostoriji kako bi se uštedjela energija
- senzori pokreta – imaju mnogo primjena, a neke od njih su: automatsko uključivanje i isključivanje rasvjete, regulacija prostora ovisno o zatvorenosti prostora (senzorom pokreta na vratima možemo sustavu dati signal da su vrata zatvorena te na taj način programirati sustav da prilagodi sve ostale segmente instalacije da rade sukladno s tom situacijom) te njima može postići veća razina sigurnosti (prepoznavanje mogućih provalnika i sl.)

#### **5.2.6. Senzori korišteni na panelu**

##### **Schneider MTN630919 Argus senzor prisutnosti s kontrolom svjetlosti i IR prijemnikom**

KNX Argus senzor prisutnosti i pokreta detektira manje pokrete unutar kruga od 360° i radijusa od 7 m (na visini montaže od 2,5 m). Kada se detektira pokret, senzor šalje definirani podatkovni telegram koji se zatim analizira kako bi se upravljalo rasvjetom, roletama ili grijanjem. ARGUS funkcija prisutnosti kontinuirano prilagođava rasvijetljenost u prostoru. Ako je dostupna dovoljna prirodna svjetlost, uređaj će isključiti umjetno svjetlo čak i ako je osoba prisutna. ARGUS također ima četiri senzora pokreta. Njihovu osjetljivost i područje djelovanja se može specifično postaviti programiranjem u ETS-u. Detektori pokreta/prisutnosti se uključuju čim detektiraju pokretni izvor topline. To može biti osoba, ali i životinje, drveće, automobili ili razlike u temperaturi na prozorima. Kako bi se izbjegli lažni alarmi, odabrano mjesto instalacije trebalo bi biti takvo da se ne mogu detektirati neželjeni izvori topline. IR prijamnik ARGUS može upravljati do 50 kanala te se njihovo dodjeljivanje određuje u ETS-u.



**Slika 3.18.** : Schneider MTN630919 Argus [48]

### **WinDoor RF ZRFWD magnetski kontakti senzor za vrata/prozore/pregradni zid**

WinDoor RF je Zennio uređaj koji detektira i obavještava o zatvaranju i otvaranju vrata i prozora koristeći potpuno bežičan sustav komunikacije putem radio frekvencija. Postoje više vrsta WinDoor uređaja te one ovise o frekvenciji na kojoj ti senzori rade (868 MHz ili 915 MHz). Uređaj se postavlja u okvire vrata ili prozora te na taj način izvršava svoju funkciju. Kontaktni senzor se može iskoristiti pri aktivaciji pomičnog zida te bi na taj način imali informaciju o njegovom položaju, što bi rezultiralo automatskom adaptacijom KNX instalacije i promjeni načina rada.



**Slika 3.19.** : WinDoor RF ZRFWD [49]

### **MDT SCN-MGSUP.01 senzor kvalitete zraka**

MDT senzor kvalitete zraka hlapljivih organskih spojeva i plinova s izračunom ekvivalenta ugljičnog monoksida nadzire kvalitetu zraka u zatvorenim prostorijama. MDT senzor kvalitete zraka periodično bilježi trenutne podatke o CO<sub>2</sub> i temperaturi radi kontrole ventilacije s svježim zrakom. Senzor sadrži integrirani upravitelj temperature, postavlja temperaturna ograničenja i ograničenja kvalitete zraka, te sadrži PI kontroler za regulaciju kvalitete zraka. Temperaturni doseg mu je od 0 do 40 °C te doseg CO<sub>2</sub> koncentracije mu iznosi od 400 do 2000 ppm.



**Slika 3.20.** : MDT SCN-MGSUP.01 senzor kvalitete zraka [50]

### **5.2.7. Tipkala**

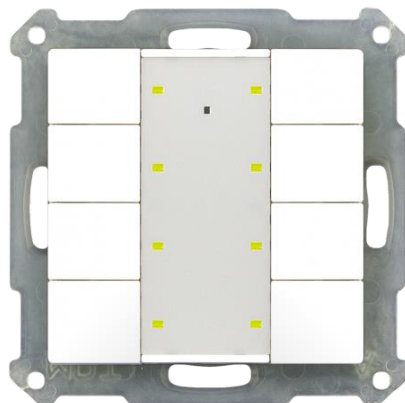
Korisnici KNX instalacija svoje operacije izvršavaju pritiskom na tipkala koja su prethodno programirana u ETS-u te na taj način, ukoliko je cijeli sustav ispravno povezan, dobivaju promjenu u prostoru kada je u pitanju rasvjeta, sustavi ventilacije, grijanja, hlađenja i pokreta položaja lamela ili roleta. Tipkala se pojavljuju u mnogo oblika te daju korisniku veću fleksibilnost zbog svojstva programibilnosti zasebnih tipki, što može rezultirati većom povezanosti sustava i postizanja veće energetske učinkovitosti, što je i jedan od primarnih ciljeva KNX instalacija. Kada korisnik pritisne tipkalo, informacija u obliku podatkovnog telegrama se šalje aktuatorima koji obavljaju zadatak koji je predviđen za to tipkalo. Postoje razne vrste tipkala te se one uglavnom razlikuju po broju elemenata kojima mogu upravljati (dvostruka, četverostruka i sl.).

### **5.2.8. Tipkala na panelu**

#### **MDT Technologies BE-TA55P8.01 Push Button 8-fold,**

MDT KNX tipkalo nakon pritiska na tipke šalje KNX telegrame ovisno o njihovoj parametrizaciji u ETS programu. Tipkalo pruža mnogo funkcija poput upravljanja rasvjete, položaja lamela i roleta te može funkcionirati kao običan sklopka za druge razne funkcije. BE-TA55P8.01 ima svojstvo grupnog povezivanja tipkala, ali također je moguće i izdvojiti logičke funkcije tipki i na taj način dobiti više izbora kada je u pitanju programiranje zasebnih dijelova tipkala. Također sadrži indikacijske LED lampice koje označavaju rad pojedinih dijelova tipkala. Ovakvo tipkalo uklapa se savršeno u projektirani panel jer ga je moguće iskoristiti kada je u pitanju rasvjetni sustav panela. Kao što je i na shemi panela navedeno, u projektiranoj shemi prostora zamišljen je rasvjetni sustav sa 8 rasvjetnih elemenata (rasvjetni element E je grupna rasvjeta) te univerzalnost i logička sposobnost BE-TA55P8.01 tipkala omogućuje nam da identično tipkalo iskoristimo pri kontroliranju rasvjetnih elemenata. Programiranjem tipkala

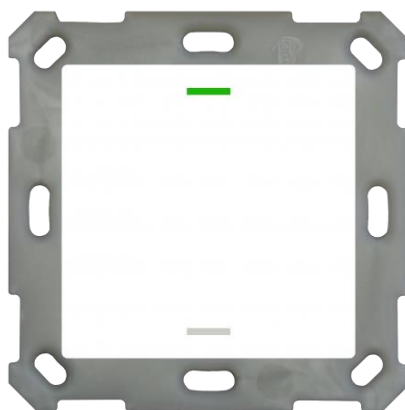
može se postići kontrola svih rasvjetnih elemenata, ali i istodobno se ostvaruje svojstvo kontroliranja količine emitirane svjetlosti.



**Slika 3.21.** : MDT Technologies BE-TA55P8.01 tipkalo [51]

#### **MDT Technologies BE-TAL5501.01: Push Button Lite 55 1-fold**

Tipkalo BE-TAL5501.01 je jednostruko tipkalo koje bi se isključivo koristilo za pomicanje pregradnog zida između rasvjetnih elemenata C i D, te bi se na taj način otvorila opcija stvaranja scena u ETS-u kojim bi se bolje dočarala situacija prilagodljivosti svih elemenata koji sudjeluju u instalaciji. Kako bi se aktivirala pomična stijenka, tako bi se indikatorske LED lampice upalile radi lakšeg shvaćanja promjene.



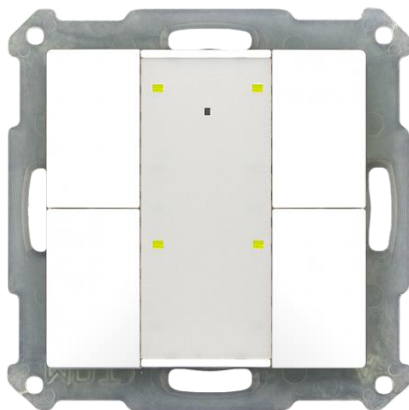
**Slika 3.22.** : MDT Technologies BE-TAL5501.01 tipkalo [52]

#### **MDT Technologies BE-TA55P4.G1: Push Button Plus 4-fold**

Tipkalo BE-TA55P4.G1 je četverostruko tipkalo koje je istog dizajna i svojstava tipkala s 8 tipki, ali bi se u ovom slučaju iskoristilo za grupno kontroliranje rasvjetnih elemenata koje se



može postići grupnim adresiranjem u ETS programu. Tipkalo se sastoji od četiri tipke te bi one djelovale na način da kontroliraju rasvjetne elemente E, G, H na jednoj tipki, elemente D i C na drugoj, rasvjetu A i B na trećoj i zasebna rasvjeta F ostaje na posljednjoj tipki uređaja. Takva konfiguracija adresa nam omogućuje lakše objašnjavanje grupnog logičkog adresiranja te je primjenjivo ovisno o položaju pomičnog zida, zbog rasvjetnih elemenata D i C.



**Slika 3.23.** : MDT Technologies BE-TA55P4.G1 tipkalo [53]

Identično kao i kod tipkala s 8 tipki, ovo tipkalo možemo iskoristiti i kod primjene HVAC elemenata koji su postavljeni na shemi prostora (klima uređaj, grijanje, hlađenje). HVAC uređaji u prostoru rade ovisno o otvorenosti i zatvorenosti prostora, te bi ovim tipkalom omogućili kontrolu uključivanja HVAC sustava pri otvaranju ili zatvaranju prozora ili vrata, uz mogućnost namještanja scena u ovisnosti o položaju pregradne stijenke. Tipke tipkala se mogu iskoristiti na način da jedna kontrolira hlađenje, druga grijanje, treća klima uređaj, dok zadnja dostupna tipka gasi elemente HVAC sustava ovisno o zamišljenoj situaciji. Potrebno je u takvoj situaciji povezati tipkalo na LED upravljač kako bi se ostvarila vizualizacija HVAC uređaja. Isto tipkalo može se iskoristiti pri upravljanju roletama i lamela panela, na način da lijeve tipke tipkala upravljaju položajem roleta (spuštanje gore i dolje), a desne tipke reguliraju nagib lamela (povećavanje i smanjivanje nagiba)

### **KNX Multitouch Pro MTN6215-5910 Termostat**

MTN6215-5910 je termostat koji je ujedno i cijelo korisničko sučelje za KNX instalaciju, što je također poželjno jer se takvim termostatom može kontrolirati i ostatak KNX instalacije. Korisniku omogućuje kontrolu sobne temperature u slučaju grijanja ili hlađenja, dopušta kontrolu klima uređaja ukoliko je ispunjena njihova integrabilnost i kompatibilnost.

Pružna jednostavan način korištenja zaslonom na dodir te se svaka funkcija unutar uređaja može konfigurirati radi lakšeg korištenja cjelokupnog sustava. Uređaj možemo povezati sa HVAC uređajima na shemi prostora te tako dobiti uvid u njihovo funkcioniranje putem LED lampica koje bi se upalile ukoliko uređaji rade. Sustave grijanja i hlađenja možemo povezati s termostatom kako bi dobili vizualizaciju rada grijanja i hlađenja na shemi.



**Slika 3.24.** : MTN6215-5910 termostat i sučelje [54]

### **SpaceLogic KNX Touch IP 7 MTN6260-7770**

SpaceLogic KNX Touch IP 7 je 7-inčni dodirni zaslon s horizontalnim ili vertikalnim položajem koji nudi širok raspon funkcija. Panel je opremljen ugrađenom aplikacijom koja omogućuje jednostavnu i brzu konfiguraciju. Rješenje je dizajnirano da blisko surađuje s Wiser for KNX i spaceLYnk logičkim kontrolerima. Kako je većih dimenzija, na panelu se može postaviti ispod makete roleta i lamela radi iskorištenja praznog prostora. Dodirni zaslon je kompatibilan s Wi-Fi postavkama što omogućuje lakše upravljanje KNX funkcijama panela te postavljanja raznih opcija. SpaceLogic KNX Touch IP 7 je kompatibilan s Schneider Electric Wiser for KNX logičkim upravljačem koji je nužan dio pri instalaciji dodirnog zaslona.



**Slika 3.25.** : SpaceLogic KNX Touch IP 7 [55]

### **5.2.9. Programska podrška eConfigure for KNX**

eConfigure KNX je softverski alat koji se koristi za jednostavnu i efikasnu konfiguraciju KNX instalacija prema specifičnim zahtjevima klijenta. Integratori ili instalateri mogu koristiti ovaj alat kako bi postavili parametre i konfigurirali različite KNX uređaje, uključujući senzore, aktuatore i sučelja. On pruža precizno podešavanje funkcionalnosti, logike, rasporeda i automatizacije unutar KNX sustava. Također nudi vizualno sučelje koje olakšava pregled i uređivanje KNX topologije te pruža dijagnostiku i rješavanje problema. Glavna uloga eConfigure KNX je pojednostaviti i ubrzati proces konfiguracije KNX instalacija, omogućujući integratorima prilagodbu sustava prema potrebama korisnika na intuitivan način.

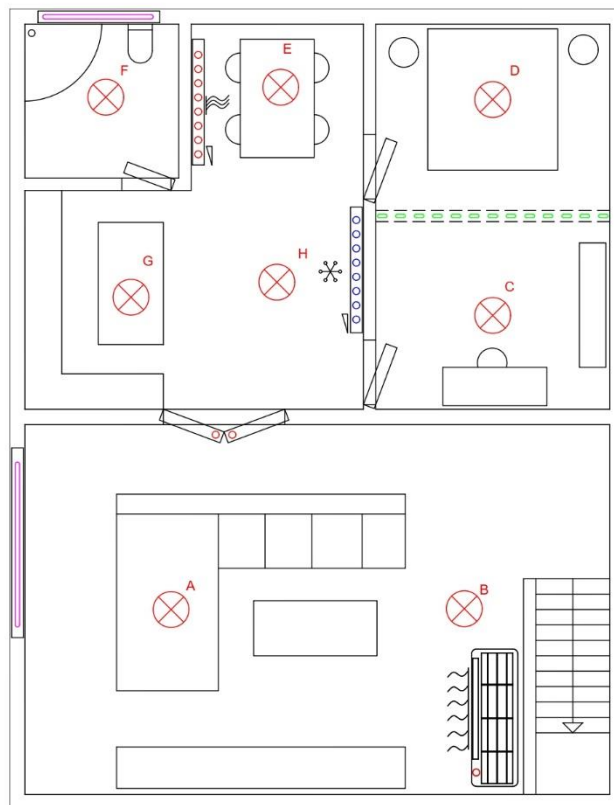
### **5.3. Konfiguracija panela**

Panel je zamišljen tako da na osnovi željenih promjena u shematskom prostoru panela, korisnici bi pritiskom na tipkala ostvarivali učinke koji bi se identificirali putem LED traka i stvarnih rasvjetnih elemenata. Glavno napajanje KNX sabirnice izvršava se pomoću STC-1280.01 napajanja koje ima dijagnostičke funkcije u slučaju kvara ili nedostataka KNX elemenata. Sigurnosnu razinu panela postizemo MDT SCN-SAFE.01 sigurnosnim modulom koji sprječava vanjsko i neželjeno programiranje naše KNX instalacije. Linijsko i kičmeno povezivanje panela omogućuje Siemens N 140/13 spojnik koji se koristi za upotrebu pri izmjeni podataka putem telegrama od 64 bajta.

Implementacija cijelog programiranog panela odvija se putem ETS programa, a njegovu integraciju u panel omogućava Siemens N 148/12 USB sučelje, dok njegovu online kontrolu i vizualizaciju možemo obavljati putem eConfigure KNX softverskog alata koji je dostupan na KNX web stranicama.

Kako je zamišljeni prostor prikazan u obliku tlocrta kuće, integracijom različitih pristupnika i sučelja na panelu je ostvarena interoperabilnost s drugim protokolima. SpaceLogic KNX DALI pristupnik služi pri boljem upravljanju svih rasvjetnih elemenata u prostoru pretvarajući informacije u DALI telegrame. Integracijom ITR420-0001 KNX IR pristupnika u panel, pravilnim adresiranjem elemenata i postavljanjem IR pristupnika moguće je kontrolirati konfigurirane elemente daljinskim upravljačem koji se može namjestiti prema uputama korištenja IR pristupnika. Tako bi dobili još veću razinu ugodnosti jer je željene uređaje moguće kontrolirati na daljinu, bez potrebe pritiska na tipkalo.

Iako je moguća veća razina automatskog upravljanja cijelog panela, potrebno je da panel sadrži i tipkala koja bi bila direktno povezana sa indikacijskim rasvjetnim elementima na shematskom prostoru. Tako bi tipkalo BE-TA55P8.01 predstavljalo tipkalo zasebne kontrole svakog rasvjetnog elementa na panelu, te bi njime bio ostvaren učinak kontrole razine emitirane svjetlosti. Rasvjetno tipkalo BE-TA55P8.01 ima mogućnost grupnog i razdvojenog logičkog upravljanja, no ovdje bi bilo iskorišteno za prikaz potpune kontrole zasebnih rasvjetnih elemenata, kao što je prikazano na slici 3.26.

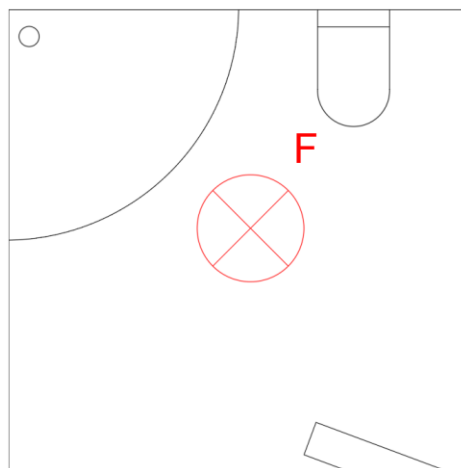


**Slika 3.26.** : Skica prostora sa naznačenim rasvjetnim elementima A-H [autorska fotografija]

Njegova funkcionalnost se izvršava spajanjem na MDT AKI-0816.04 aktuator rasvjete kojim bi se u ETS programu logički povezali elementi rasvjete (u ovom slučaju možemo iskoristiti više različitih KNX kompatibilnih rasvjetnih elemenata) s funkcijama aktuatora. Svaki pritisak na tipkalo rezultira određenom promjenom na zamišljenoj shemi prostora radi lakšeg shvaćanja načina funkcioniranja KNX instalacija.

Rasvjetni elementi također se mogu povezati na senzor pokreta ARGUS kojim bi se ostvarila funkcija uključanja/isključanja rasvjetnog elementa F (dio sheme prikazan na slici 3.27) radi prikaza različitih načina na koje elemente rasvjete možemo spojiti. ARGUS senzor

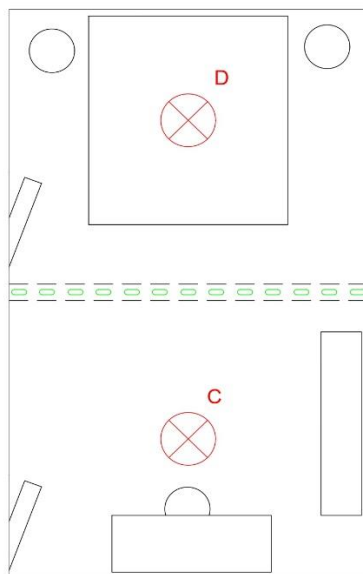
ima implementiranu kontrolu svjetlosti te bi nakon spajanja rasvjetnog elementa F na ARGUS senzor imali mogućnost postavljanja konstantne rasvijetljenosti. ARGUS senzor pokreta moguće je adresirati an roletu koja se nalazi u toaletu te na osnovi količine rasvijetljenosti i perioda dana, senzor je moguće postaviti da automatski održava konstantu rasvijetljenost u toaletu povećavanjem količine emitirane svjetlosti rasvjetnog elementa F, ili podizanjem/spuštanjem roleta u istoj prostoriji. Na taj način dobivamo mogućnost zadavanja konstantne rasvijetljenosti implementacijom funkcija odabranog senzora i kontrolom različitih elemenata KNX instalacija (rolete i rasvjeta).



**Slika 3.27.** : Dio sheme prostora gdje ARGUS senzor utječe na F rasvjetu [autorska fotografija]

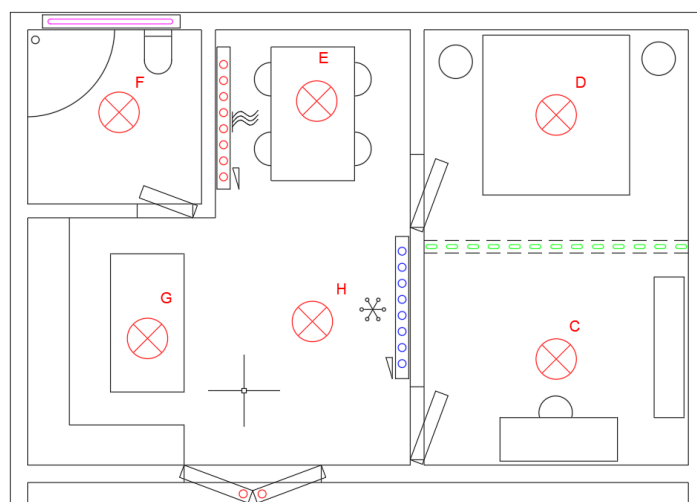
Kako je tipkalom BE-TAL5501.01 Lite 55 omogućena simulacija pregradnog zida u prostoriji gdje se nalaze rasvjetni elementi D i C (isprekidana linija tj. LED traka simulira položaj zida), tipkalom BE-TA55P4.G1 moguće je ostvariti funkcije grupne rasvjete. Grupna rasvjeta također se adresira u ETS programu te je potrebno sve elemente za koje želimo da se pale ili gase u isto vrijeme povezati na istu adresu. Ovdje je prisutan još jedan primjer iznimne fleksibilnosti KNX sustava jer je korištenjem jednog aktuatora na koji spajamo sve rasvjetne elemente sustava, možemo postupkom adresiranja ostvariti istodobno paljenje ili gašenje odabranih elemenata.

Tako bi četverostruko tipkalo BE-TA55P4.G1 djelovalo na način da jedna tipka kontrolira rasvjetu E, G i H (zamišljen prostor kuhinje i blagavaonice), druga tipka povezuje elemente D i C (time dobivamo mogućnost istodobnog paljenja elemenata u ovisnosti o položaju pregradnog zida) te također možemo iskoristiti preostale tipke za istovremeno uključivanje elemenata A i B (prostor dnevnog boravka). Slika 3.28 prikazuje dio prostora gdje se grupno mogu upaliti rasvjetni elementi D i C ovisno o položaju pregradnog zida.



**Slika 3.28.** : Dio skice sa naznačenim pregradnim zidom i grupnom rasvjetom

Primjenom KNX LED upravljača ostvarujemo kontrolu LED traka koje će uz stvarne rasvjetne elemente biti jedan od načina vizualizacije promjena na shematskom prostoru panela. RGBW svojstvo LED upravljača omogućuje da željene funkcije signaliziramo na različite načine pomoću boja. LED upravljač u ETS programu možemo povezati na tipkala te pritiskom na odabrano tipkalo dobivamo promjenu u prostoru u obliku paljenja/gašenja LED lampica. Jedan izlazni kanal upravljača možemo adresirati na aktuator roleta i lamela, te na taj način, uz stvarnu promjenu na maketi rolete pokraj shematskog prostora, dobijemo vizualizaciju promjene i na samome shematskom prostoru. Na slici skice prostora 3.29 možemo uočiti raznu upotrebu korištenja RGB svojstva LED upravljača.

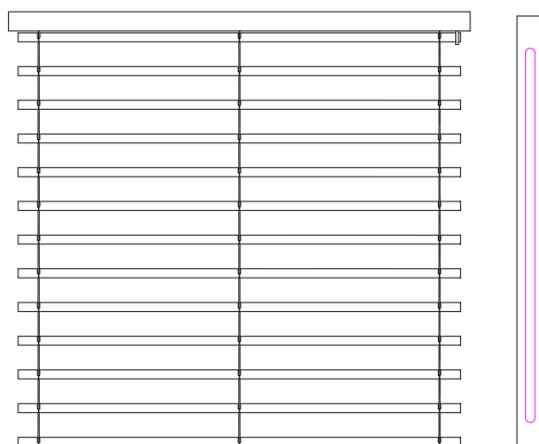


**Slika 3.29.** : Upotreba različitih boja na panelu [autorska fotografija]

Pomoću SpaceLogic Touch IP 7 dodirnog panela možemo namjestiti različite scene u kontroli našeg prostora. Jedna od scena se može iskoristiti pri upravljanju prostorom spavaće sobe (soba gdje su rasvjetni elementi D i C), koja se može podijeliti u dva prostora koristeći simulaciju pregradnog zida. Ukoliko LED lampice između D i C elemenata svijetle, možemo namjestiti automatsko upravljanje količinom emitirane svjetlosti zasebnih elemenata koji su sada odvojeni.

Korištenjem SCN-RTC20.02 vremenskog prekidača, možemo postaviti različite načine rada svjetlosnih elemenata, roleta i lamela. Radi simulacije, na vremenskom prekidaču je moguće postaviti način rada koji bi predstavljao dan, u kojemu bi svi rasvjetni elementi znatno smanjili količinu emitirane svjetlosti, te bi prevladale funkcije roleta i lamela. Tako je istovremeno moguće ostvariti noćni način rada rasvjete i roleta, u kojemu bi se rolete zatvorile i lamele prešle u najveći nagib (možemo primjetiti vizualizacijom LED lampica i promjenom na maketi) te bi se količina emitiranog svjetla rasvjete povećala.

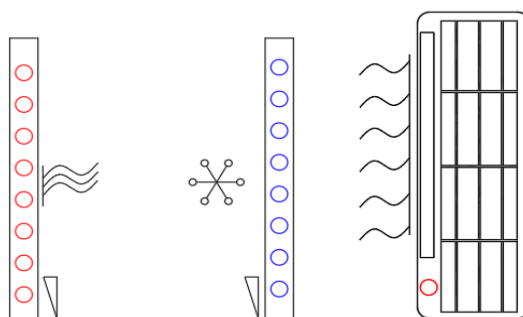
Upravljanje roletama i lamelama odvijala bi se pomoću četverostrukog tipkala BE-TA55P4.G1 koje nije isključivo tipkalo samo za rasvjetne elemente, već ima mogućnosti namještanja tipki u ulozi upravljanjem scena, sklopki, sklopki koje se pale nakon određenog vremena, prigušivanjem razine svjetlosti i upravljanjem roleta. Na taj način bi povezali roletu na sve tipke tipkala, ali i objedinili funkciju LED upravljača i makete rolete za vizualizaciju na shematskom prostoru. Na slici 3.30 prikazana je skica makete rolete i odgovarajuća LED traka za vizualizaciju.



**Slika 3.30.** : Skice makete rolete i LED trake za vizualizaciju [autorska fotografija]

Istovremeno je moguće programirati tipku četverostrukog tipkala na maketu roleta i lamela koja bi simulaciju pretvorila u stvarnu situaciju jer se na taj način pomiču rolete i lamele makete. Četverostruko tipkalo za rolete i lamele se povezuju na aktuator roleta i lamela JAL-0810.02. Pri konfiguraciji elemenata roleta i lamela bitno je uzeti u obzir da se njihova adresa mora povezati i na senzor prisutnosti koji sudjeluje skupa s rasvjetnim elementom u toaletu (rasvjeta F).

Sve adrese roleta moraju se povezati na MDT SCN-MGSUP.01 senzor kvalitete zraka kojim se regulira kvaliteta zraka u prostorijama u slučajima kada su prozori, rolete i lamele zatvorene/otvorene zbog smanjenog/povećanog protoka zraka u prostoriju. MDT SCN-MGSUP.01 senzor kvalitete zraka se također može povezati na HVAC sustav panela koji se sastoji od elemenata grijanja, klima uređaja (u prostoriji rasvjetnih elemenata A i B) te od simulacijskog elementa hlađenja (kod rasvjetnog elementa H). Na taj način pomoću senzora dobivamo uvid u kvalitetu zraka ukoliko određeni HVAC uređaji rade. Slika 3.31 prikazuje skice HVAC uređaja sa sheme prostora.



**Slika 3.31.** : Skice HVAC uređaja na shemi [autorska fotografija]

WinDoor RF ZRFWD magnetski kontaktni senzor za vrata povezuje se na vrata između dvije glavne prostorije te se u ovisnosti njegovog položaja upali mijenjanje scene i nastaje promjena uvjeta prostora. Senzor za vrata se mora povezati na jednostruko tipkalo (isto tipkalo koje bi upalilo LED lampice i simuliralo pregradni zid u sobi C i D), te tako bi automatski dao indicaciju na promjenu u prostoru, a samim time i dao do znanja univerzalnom aktuatoru AKU-2416.03 MDT (aktuator na kojeg spajamo sve ostale senzore, jednostruka tipkala i HVAC uređaje) da se dogodila promjena u prostoru. Takvom promjenom možemo odvojiti prostorije



i simulirati situaciju gdje se HVAC uređaji automatski adaptiraju na količinu emitiranog grijanja ili hlađenja.

HVAC uređaji na panelu spajaju se na drugo četverostruko tipkalo BE-TA55P4.G1 programirano tako da jedna tipka upravlja grijanjem, druga hlađenjem, treća klima uređajem, dok četvrta gasi sve HVAC uređaje (tipkalo je identično onome za kontrolu grupne rasvjete, samo drugačije programirano u ETS-u). HVAC uređaje je potrebno adresirati na funkciju termostata KNX Multitouch Pro dodirnog zaslona čime bi se istovremeno upalile/ugasile lampice HVAC uređaja. Dodirnim zaslonom možemo upravljati razinu emitiranog grijanja/hlađenja elemenata u prostoriji gdje su elementi E, H i G. Vremenskim prekidačem moguće je napraviti scenu kojom bi se kontrolirala količina grijanja ukoliko se namjesti noćno vrijeme (kada je inače hladnije). Raspored tipkala na desnom dijelu panela prikazan je slikom 3.32.



**Slika 3.32.** : Zamišljeni raspored i opis dijela panela s tipkalima [autorska fotografija]

## 6. ZAKLJUČAK

Tehnološke inovacije poput naprednih instalacija uvelike moderniziraju i olakšavaju suvremeni način života. Upotrebom naprednih KNX instalacija moguće je poboljšati kvalitetu života te postići veću energetska učinkovitost u odnosu na klasične instalacije. Raznolikost mogućih funkcija koje pružaju KNX instalacije puno je veća od standardnih, tradicionalnih instalacija. Razvojem tehnologija stvaraju se novi protokoli koji su interoperabilni s naprednim instalacijama. Projektirani panel ovog završnog rada objedinjuje gotovo sve funkcije KNX protokola te kroz interaktivan način opisuje promjene koje su moguće u sustavima naprednih instalacija. KNX instalacije pružaju jednostavniji način uvođenja promjena u postavljenoj instalaciji objekta te će njihova primjena u potpunosti prevladati nad klasičnim instalacijama u budućnosti.

## 7. LITERATURA

- [1] J. E. Brittain, »The Tesla alternating-current power system,« *Proceedings of the IEEE*, svez. 72, br. 2, pp. 65 - 165, 1984.
- [2] J. E. Tomkayo, »Anecdotes,« *IEEE Annals of the History of Computing*, svez. 16, br. 1994.03, pp. 59-61, 1994.
- [3] M. Lekić, »ENERGETSKA UČINKOVITOST U NAPREDNIM INSTALACIJAMA,« 2021. [Mrežno]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:272395>. [Pristup 12. 9. 2023.].
- [4] V. Tatarin, »Završni rad; PRIMJENA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI POMOĆU PAMETNE INSTALACIJE,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:189440>. [Pristup 12. 9. 2023.].
- [5] D. Buzov, »Senzori u pametnim instalacijama; Završni rad,« 2020. [Mrežno]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:092467>. [Pristup 12. 9. 2023.].
- [6] Đ. Šašlić, »Energetska učinkovitost pomoću naprednih instalacija; Diplomski rad,« 2022. [Mrežno]. Available: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:628241>. [Pristup 12. 9. 2023.].
- [7] KNXtoday, »Articles,« 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.knxtoday.com/articles>. [Pristup 12. 9. 2023.].
- [8] M. Warburton, »Tips: Why use KNX for HVAC in Commercial Buildings?,« *KNXtoday*, 10 1 2017. [Mrežno]. Available: <https://www.knxtoday.com/2017/01/8989/tips-why-use-knx-for-hvac-in-commercial-buildings.html>. [Pristup 27. 5. 2023.].
- [9] V. Graveto, T. Cruz i P. Simoes, »Security of Building Automation and Control Systems: Survey and future research directions,« *Computers & Security*, svez. 112, br. 102527, 2022.
- [10] B. M. Well, »Product Series,« Mean Well, 2023. [Mrežno]. Available: <https://building.meanwell.com/productSeries.aspx#tag-6-66>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [11] g. i. d. i. Ministarstvo prostornoga uređenja, »Energetsko certificiranje zgrada,« Republika Hrvatska, 2021. [Mrežno]. Available: <https://mpgi.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug/energetsko-certificiranje-zgrada-8304/8304>. [Pristup 28. 5. 2023.].

- [12] eHome, »Nove energetske oznake,« eHome, 1. 3. 2021.. [Mrežno]. Available: <https://ehome.hr/2021/03/10/nove-energetske-oznake/>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [13] KNX, »Flyers for general customer consultation,« 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [14] K. f. LEED, »KNX Solutions: Blind & Shutter Control,« KNX for LEED, 2014. [Mrežno]. Available: <https://www.knxforleed.com/en/solutions/64-knx-for-leed-solutions/blind-shutter-system/63-knx-solutions-blind-shutter-control.html>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [15] T. S. Energy, »Building automation: energy savings, KNX case studies and companies?,« 2023. [Mrežno]. Available: <https://thundersaidenergy.com/downloads/building-automation-energy-savings-knx-case-studies-and-leading-companies/>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [16] K. Ireland, »KNX ENERGY SAVING,« KNX, [Mrežno]. Available: <https://knxireland.com/knx-energy-saving/>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [17] BACnet, »A Brief History of BACnet,« BACnet, 2023.. [Mrežno]. Available: <https://bacnet.org/history/>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [18] Intesis, »Intesis KNX Gateways,« HMS Networks, 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.intesis.com/products/protocol-translator/knx-gateways/knx-bacnet-server-ibox-bac-knx>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [19] DTECH, »KNX/EIB 2 PAIR 0.8MM (QUAD) CABLE LSZH,« DTECH Cabling Systems, [Mrežno]. Available: <https://www.dtechcables.com/product/dtech-eib-knx-2-pair-0-8mm-control-cable-200m>. [Pristup 28. 5. 2023.].
- [20] L. d.o.o, »KNX sustav upravljanja,« Lipapromet, 2011. [Mrežno]. Available: <https://www.lipapromet.hr/Usluge/Projektiranje/sustavazupravljanjeuzgradarstvu/Privatnestambenezgrade/tabid/77/ctl/details/itemid/223/mid/558/knx-sustav-upravljanja.aspx>. [Pristup 29. 5. 2023.].
- [21] Homey, »KNX Explained – What is KNX?,« Homey, 2022. [Mrežno]. Available: <https://homey.app/en-ie/wiki/what-is-knx/>. [Pristup 31. 5. 2023.].
- [22] PEAKnx, »Disadvantages of KNX wiring,« [Mrežno]. Available: <https://www.peaknx.com/en/blog/news/knx-verkabelung-oder-funksystem-fuers-smart-home.html#knx>. [Pristup 31. 5. 2023.].

- [23] S. B. B. P. H. (Passivhaus), »KNX LIGHTING CENTRAL DISTRIBUTION BOARD WIRING,« Passivhaus, 2019 3 22. [Mrežno]. Available: <https://selfbuild.blog/knx-lighting-central-distubition-board-wiring/>. [Pristup 4 6 2023].
- [24] KNX, »KNX For Professionals - Energetska učinkovitost sa KNX-om,« KNX, 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/downloads/>. [Pristup 4 6 2023].
- [25] M. Warburton, »Integration: the versatility of KNX to connect with almost anything,« Ivory Egg., 5 12 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.knxtoday.com/2019/12/14772/integration-the-versatility-of-knx-to-connect-with-almost-anything.html>. [Pristup 4 6 2023].
- [26] Intesis, »Intesis DALI Gateway,« KNX, 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.intesis.com/products/protocol-translator/dali-gateways/dali-knx-ibox-knx-dali?ordercode=INKNXDAL0640200>. [Pristup 4. 6. 2023.].
- [27] »DMX Explained; DMX512 and RS-485 Protocol Detail for Lighting Applications,« 2017. [Mrežno]. Available: <https://community.element14.com/technologies/open-source-hardware/b/blog/posts/dmx-explained-dmx512-and-rs-485-protocol-detail-for-lighting-applications>. [Pristup 4. 6. 2023.].
- [28] C. Electronics, »Industrial DMX512 converters to KNX,« CONSTEEL Electronics, [Mrežno]. Available: <https://consteel-electronics.com/DMX-to-KNX>. [Pristup 4. 6. 2023.].
- [29] D. Cotriss, »How IFTTT Can Help Your Business,« Business news daily, 21. 2. 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.businessnewsdaily.com/4919-ifttt-for-business.html>. [Pristup 4. 6. 2023.].
- [30] Freedompro, »Manage your KNX home with IFTTT,« [Mrežno]. Available: <https://freedompro.eu/pages/knx-ifttt>. [Pristup 4. 6. 2023.].
- [31] Schneider, »What is Modbus and How does it work?,« Schneider Electric, 19 3 2013. [Mrežno]. Available: <https://www.se.com/us/en/faqs/FA168406/>. [Pristup 5. 6. 2023.].
- [32] Intesis, »Intesis Modbus Gateways,« HMS NETWORKS, [Mrežno]. Available: <https://www.intesis.com/products/protocol-translator/modbus-gateways/modbus-rtu-tcp-knx-ibox-knx-mbm?ordercode=IN701KNX1000000>. [Pristup 5. 6. 2023.].
- [33] Intesis, »Intesis M-Bus Gateways,« HMS Networks, [Mrežno]. Available: <https://www.intesis.com/products/protocol-translator/m-bus-gateways/mbus-knx-ibox-knx-mbus?ordercode=INKNXMEB0100000>. [Pristup 5. 6. 2023.].

- [34] A. Web. [Mrežno]. Available: [https://www.adfweb.com/Home/products/KNX\\_OPcua.asp?frompg=nav32\\_9](https://www.adfweb.com/Home/products/KNX_OPcua.asp?frompg=nav32_9). [Pristup 6. 6. 2023.].
- [35] T. Global, »Smart Home Automation - KNX Panel - Schneider,« Schneider Electric, [Mrežno]. Available: <https://www.tescaglobal.com/product/smart-home-automation---knx-panel-schneider>. [Pristup 7. 6. 2023.].
- [36] PREMISA, »JAL-0410.02: Shutter Actuator 4-fold, 10A, 230VAC,« Smart-Building Store, [Mrežno]. Available: <https://smart-building.store/en/mdt-technologies/79-jal-041002-shutter-actuator-4-fold.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [37] F. K. GROUP, »TIME SWITCH 20-CHANNEL WITH COLOUR DISPLAY, 4SU MDRC,« MDT Technologies, 2022. [Mrežno]. Available: [https://www.futurasmus-knxgroup.com/producto.php?cod\\_producto=41404](https://www.futurasmus-knxgroup.com/producto.php?cod_producto=41404). [Pristup 7. 8. 2023.].
- [38] e. t. store, »Switch actuator,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://www.eibabo.com/en/mdt/knx-switch-actuator-8-fold-industry-aki-0816.04-ebn760000>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [39] eibmarkt.com, »Dimming Actuators,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://www.eibmarkt.com/gb/products/MDT-LED-Controller-4-fold-RGBW-4SU-MDRC-AKD-0424R-01.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [40] F. K. Group, »UNIVERSAL ACTUATOR 24-FOLD, 8SU MDRC, 16A, 230VAC, 100MF, 15ECG,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: [https://www.futurasmus-knxgroup.com/producto.php?cod\\_producto=41410](https://www.futurasmus-knxgroup.com/producto.php?cod_producto=41410). [Pristup 7. 8. 2023.].
- [41] PREMISA, »STC-1280.01: Bus Power Supply with diagnostic function, 1280mA,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://smart-building.store/en/mdt-technologies/97-stc-128001-bus-power-supply-with-diagnostic-function.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [42] S. Electric, »SpaceLogic KNX DALI Gateway 2.0 Pro 1kanal,« [Mrežno]. Available: <https://www.se.com/hr/hr/product/MTN6725-0101/spacelogic-knx-dali-gateway-2-0-pro-1kanal/>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [43] SIEMENS, »N 148/12 USB Interface,« SIEMENS, [Mrežno]. Available: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=HQEU&lang=en&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=5WG1148-1AB12>. [Pristup 7. 8. 2023.].

- [44] S. Electric, »WISER FOR KNX,« blueknx, [Mrežno]. Available: <https://theblueknx.store/products/wiser-for-knx>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [45] SIEMENS, »N 140/13,« Siemens, [Mrežno]. Available: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?rc=GR&lang=en&module=Catalog&action=ShowProduct&key=5WG1140-1AB13>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [46] INTERRA, »KNX - IR Gateway,« [Mrežno]. Available: <https://interra.com.tr/en/product/knx-devices/knx-gateways/knx-ir-gateway>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [47] KNXwarehouse.com, »SAFETY MODULE,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://www.knxwarehouse.com/en/safety-module.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [48] S. Electric, »KNX ARGUS Presence with light control and IR receiver, polar white,« KNX, [Mrežno]. Available: <https://www.se.com/za/en/product/MTN630919/knx-argus-presence-with-light-control-and-ir-receiver-polar-white/>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [49] Zennio, »WinDoor RF,« KNX, [Mrežno]. Available: <https://www.zennio.com/product/window-door-rf>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [50] E. Electric, »MDT SCN-MGSUP.01 KNX air quality sensor,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://www.energom.hu/en/MDT-SCN-MGSUP-01-KNX-air-quality-sensor>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [51] PREMISA, »BE-TA55P8.01: Push Button Plus 8-fold, 55mm, White - Matt finish,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://smart-building.store/en/mdt-technologies/198-be-ta55p801-push-button-plus-8-fold-55mm-white-matt-finish.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [52] PREMISA, »BE-TAL5501.01: Push Button Lite 55 1-fold, RGBW, White - Glossy finish,« MDT Technologies, [Mrežno]. Available: <https://smart-building.store/en/mdt-technologies/199-be-tal550101-push-button-lite-55-1-fold-rgbw-white-glossy-finish.html>. [Pristup 7. 8. 2023.].
- [53] PREMISA, »BE-TA55P4.G1: Push Button Plus 4-fold, 55mm, White - Glossy finish,« MDT TECHNOLOGIES, [Mrežno]. Available: [https://smart-building.store/en/mdt-technologies/193-be-ta55p4g1-push-button-plus-4-fold-55mm-white-glossy-finish.html?search\\_query=BE-TA&results=35](https://smart-building.store/en/mdt-technologies/193-be-ta55p4g1-push-button-plus-4-fold-55mm-white-glossy-finish.html?search_query=BE-TA&results=35). [Pristup 7. 8. 2023.].
- [54] S. Electric, »KNX MULTITOUCH PRO,« Schneider Electric, [Mrežno]. Available: <https://theblueknx.store/products/knx-multitouch-pro>. [Pristup 7. 8. 2023.].

- [55] S. Electric, »SpaceLogic KNX Touch IP 7 inch Smart Screen White,« KNX, [Mrežno]. Available: <https://www.se.com/eg/en/product/MTN6260-7770/spacelogic-knx-touch-ip-7-inch-smart-screen-white/>. [Pristup 7. 8. 2023.].



## 8. SAŽETAK

Kontinuiranim razvojem ljudskih sposobnosti dolazi do pojave nove tehnološke inovacije kao što su napredne instalacije koje unaprjeđuju i olakšavaju suvremeni način života. Cilj ovog završnog rada bio je projektirati električni laboratorijski panel koji bi objedinio najbitnije funkcije KNX instalacija te osmisliti načine vizualizacije promjena koje se mogu dogoditi u stvarnom KNX sustavu. Korištenjem KNX instalacija moguće se je lakše prilagoditi promjenama u samoj instaliranoj mreži zbog fleksibilnosti i efikasnosti naprednih instalacija. Usporedbom sa klasičnim instalacijama, lakše je spoznati veću energetska učinkovitost naprednih instalacija, stoga su ovakve instalacije sve više primjenjivane u novijim objektima. Projektirani panel sastoji se od makete rolete, sheme prostora i odvojenog dijela za tipkala i aktuatora. U radu su navedeni svi potrebni elementi za predviđeno funkcioniranje panela te je detaljno objašnjeno njihovo međudjelovanje.

**Ključne riječi:** KNX, napredne instalacije, efikasnost, fleksibilnost, panel, elementi, energetska učinkovitost

## 9. ABSTRACT

Continuous development of human abilities leads to the emergence of new technological innovations, such as advanced installations that enhance and simplify modern living.. The aim of this final paper was to design an electrical laboratory panel which would connect the most important functions of KNX installations, and design methods for visualizing changes that can occur in a real KNX system. Utilizing KNX installations makes it easier to adapt to changes within the installed electrical grid due to flexibility and efficiency of advanced installations. When compared to conventional installations, it is easier to acknowledge higher energy efficiency of advanced installations, which leads to their increased application in newer objects. The designed panel consists of a model of a shutter, a room layout design, and a separate section for the switches and actuators. The paper includes all the necessary elements for the intended functioning of the panel.

**Keywords:** KNX, advanced installations, effectiveness, flexibility, panel, elements, energy efficiency

## **10. ŽIVOTOPIS**

Bruno Galić rođen je 1.8.2001. u Požegi. Nakon završetka osnovne škole u Požegi 2016. godine upisuje Prirodoslovno-matematičku gimnaziju u Požegi. Završetkom srednje škole, 2020. godine upisuje preddiplomski studij Elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.