

# Energetska učinkovitost pomoću naprednih instalacija

---

Šašlić, Đorđe

Master's thesis / Diplomski rad

2022

*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:200:628241>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**

*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**

**ENERGETSKA UČINKOVITOST POMOĆU  
NAPREDNIH INSTALACIJA**

**Završni rad**

**Dorđe Šašlić**

**Osijek, godina 2022.**

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

Osijek, 08.09.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

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

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Đorđe Šašlić
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	4733, 23.07.2019.
<b>OIB Pristupnika:</b>	18722196383
<b>Mentor:</b>	Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	.
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Energetska učinkovitost pomoću naprednih instalacija
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	Opisati i objasniti glavne pojmove vezane za energetska učinkovitost u zgradarstvu. Napraviti pregled zakonske regulative za energetska učinkovitost u zgradarstvu u Republici Hrvatskoj. Opisati glavne elemente i način rada naprednih KNX instalacija. Nabrojati i objasniti primjenu naprednih instalacija u zgradarstvu. Izraditi projekt napredne instalacije za obiteljsku kuću.
<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: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	08.09.2022.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	21.09.2022.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

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

Osijek, 22.09.2022.

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Đorđe Šašlić
<b>Studij:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	4733, 23.07.2019.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Energetska učinkovitost pomoću naprednih instalacija**

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

i sumentora ,

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>1</b>
1.1. Zadatak završnog rada .....	1
<b>2. PREGLED PODRUČJA TEME</b> .....	<b>2</b>
<b>3. ENERGETSKA UČINKOVITOST</b> .....	<b>3</b>
3.1. Zakon o energetske učinkovitosti .....	3
3.2. Oznaka energetske učinkovitosti .....	5
3.3. Energetska učinkovitost u zgradarstvu .....	7
3.4. Energetski certifikat .....	8
<b>4. NAPREDNE INSTALACIJE</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1. KNX</b> .....	<b>11</b>
4.1.1. Žično povezivanje .....	12
4.1.2. Bežično povezivanje .....	13
<b>4.2. Komunikacijski mediji</b> .....	<b>14</b>
4.2.1. Twisted pair kabel .....	15
4.2.2. KNX Powerline (KNX PL) .....	16
4.2.3. KNX Radio frekvencija (KNX RF) .....	17
4.2.4. Ethernet (KNX IP) .....	19
<b>5. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADAMA POMOĆU KNX-A</b> .....	<b>21</b>
5.1. Primjena KNX-a u školama .....	21
5.2. Primjena KNX-a u bolnicama .....	22
5.3. Primjena KNX-a u poslovnim zgradama .....	23
5.4. Primjena KNX-a u hotelima .....	25
<b>6. PROJEKT ZGRADE POMOĆU KNX-A</b> .....	<b>27</b>
6.1. Sistemski elementi .....	30
6.2. Ulazni elementi .....	31
6.3. Izlazni elementi .....	33
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>34</b>
<b>8. LITERATURA</b> .....	<b>35</b>

<b>9. SAŽETAK.....</b>	<b>36</b>
<b>10. ABSTRACT .....</b>	<b>36</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>37</b>

# 1. UVOD

Svakodnevno smo suočeni s problemima globalnog zagrijavanja, efektom staklenika i klimatskim promjenama. Korištenje energije ima značajan utjecaj na okoliš. Energija se uglavnom proizvodi iz fosilnih goriva čijim izgaranjem nastaju plinovi koji su glavni uzročnici globalnog zagrijavanja. Pomoću energetske učinkovitosti se nastoji smanjiti potrošnja i proizvodnja energije, a samim time i emisija stakleničkih plinova. Potrošnja energije se može smanjiti pametnim upravljanjem i nadzorom svih uključenih uređaja. 40 % ukupne potrošnje energije otpada na sektor zgradarstva. U zgradama se energija najviše troši za grijanje, hlađenje i rasvjetu. Nove zgrade se projektiraju tako da ispunjavaju zahtjeve energetske učinkovitosti i imaju visoka energetska svojstva. Energetska učinkovitost u zgradama se može postići ugradnjom naprednih instalacija koje se sastoje od senzora, aktuatora i uređaja sustava. Napredne instalacije, odnosno KNX podrazumijevaju multifunkcionalnost, mogućnost konfiguracije sustava i automatizaciju.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak završnog rada je opisati KNX instalacije i navesti prednosti te objasniti njihovu primjenu u zgradarstvu. Potrebno je objasniti kako se povećava energetska učinkovitosti primjenom naprednih instalacija. Na kraju treba izraditi projekt zgrade koja ima raspored elemenata po vlastitom izboru, opisati elemente i objasniti kako se postiže povećanje energetske učinkovitosti.

## 2. PREGLED PODRUČJA TEME

U literaturi „Zakon o energetskej učinkovitosti“ [1] su opisani planovi i mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Svrha Zakona je ostvarivanje ciljeva održivog energetskeg razvoja.

Na stranici „Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost“ [2] su prikazani zakoni o zaštiti okoliša i energetskej učinkovitosti te se opisuje energetska učinkovitost u zgradarstvu.

Na portalu „Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine“ [3] su opisani energetske certifikat i važnost energetskeg certificiranja, zgrade gotovo nulte energije, pregled zgrade, provedba energetske učinkovitosti.

U e-časopisu „KNXtoday“ [4] se opisuje KNX standard, mogućnosti, prednosti i struktura naprednih instalacija.

U literaturi „KNX Basics“ [5] je detaljno opisan KNX sustav, komunikacijske medije, topologija i uređaji.

U literaturi „Gamma all applications“ [6] su prikazane primjene KNX-a u školama, bolnicama, hotelima i poslovnim zgradama te njihova učinkovitost.



### **3. ENERGETSKA UČINKOVITOST**

Energetska učinkovitost postiže se uporabom manje količine energije koja je potrebna da bi se obavio isti posao. To je jedan od najboljih načina za smanjenje troškova i povećanje konkurentnosti poduzeća, a samim time i zaštita okoliša. Proizvodnja i korištenje energije imaju velik utjecaj na okoliš jer uzrokuju zagađenja kao što su kisele kiše, smog i globalno zatopljenje. Energija se danas još uvijek u znatnoj mjeri proizvodi iz fosilnih goriva i njihovim izgaranjem se emitiraju štetni plinovi (sumporov dioksid i dušikovi oksidi) koji onečišćuju zrak, [7].

Povećanjem učinkovitosti se smanjuje potrošnja, ali i proizvodnja energije. Na taj način se smanjuje potreba za gradnjom novih proizvodnih postrojenja, [8]. Krajnji korisnici nastoje smanjiti troškove koji proizlaze iz prekomjerne potrošnje energije. Instalacijom energetski učinkovitih proizvoda u kućanstvima se poboljšava udobnost i sigurnost, a smanjuju se troškovi. Neki proizvodi koriste manje energije za proizvodnju iste količine svjetlosti, npr. LED žarulje. Druga skupina uređaja ne koristi energiju izravno, ali nastoje poboljšati energetska učinkovitost zgrade, npr. prozori ili izolacija. Energetski učinkovite zgrade su jeftinije za održavanje, a industrija može izrađivati proizvode po nižoj cijeni, [7].

#### **3.1. Zakon o energetskej učinkovitosti**

Zakon o energetskej učinkovitosti je donesen 17. listopada 2014. godine. „Zakonom se uređuje područje učinkovitog korištenja energije, donošenje planova na lokalnoj, područnoj (regionalnoj) i nacionalnoj razini za poboljšanje energetske učinkovitosti te njihovo provođenje, mjere energetske učinkovitosti, obveze energetske učinkovitosti, obveze regulatornog tijela za energetiku, operatora prijenosnog sustava, operatora distribucijskog sustava i operatora tržišta energije u svezi s prijenosom, odnosno transportom i distribucijom energije, obveze distributera energije, opskrbljivača energije i/ili vode, a posebice djelatnost energetske usluge, utvrđivanje ušteda energije te prava potrošača u primjeni mjera energetske učinkovitosti.“ (Članak 1., NN 116/18) „Svrha je ovoga Zakona ostvarivanje ciljeva održivog energetskeg razvoja: smanjenje negativnih utjecaja na okoliš iz energetskeg sektora, poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom, zadovoljavanje potreba potrošača energije i ispunjavanje međunarodnih obveza Republike Hrvatske u području smanjenja emisije stakleničkih plinova i to poticanjem mjera energetske učinkovitosti u svim sektorima potrošnje energije.“ (Članak 3., NN 41/21), [1]. Ovim zakonom se određuje okvir mjera za promicanje učinkovitosti unutar Republike Hrvatske kako bi se omogućilo postizanje nacionalnih okvirnih ciljeva energetske učinkovitosti koji se izražavaju u apsolutnim iznosima potrošnje primarne i krajnje energije. Potrošnja energije Europske unije u 2030. godini

ne smije biti veća od 1273 Mten (milijuna tona ekvivalentne nafte) primarne energije ili 956 Mten krajnje energije, a u Republici Hrvatskoj potrošnja ne smije iznositi više od 8,23 Mten primarne energije niti više od 6,85 Mten krajnje energije kako bi se ti ciljevi ostvarili. Prema ovom zakonu cjelokupna učinkovitost predstavlja godišnji iznos proizvodnje električne, mehaničke energije i korisne topline podijeljen sa gorivom koje je utrošeno za proizvodnju energije. Određena je metodologija koja obuhvaća način praćenja i računanje pokazatelja potrošnje energije na nacionalnoj i sektorskoj razini te izračun uštede energije kao posljedice provedenih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti, [1].

Nacionalni akcijski plan je planski dokument kojim se provodi politika za poboljšanje energetske učinkovitosti. Donosi se za trogodišnje razdoblje i prema [1], mora sadržavati:

- Prikaz i ocjenu stanja te potrebe u potrošnji energije
- Dugoročne ciljeve, uključujući nacionalni okvirni cilj ušteda energije, mjere i pokazatelje za poboljšanje energetske učinkovitosti
- Nositelje aktivnosti i rokove provedbe
- Mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti
- Mjere za osiguranje godišnje obnove 3 % ukupne površine poda grijanih ili hlađenih zgrada u vlasništvu i uporabi središnje vlasti
- Izračun planiranih ušteda energije u skladu s pravilnikom za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije
- Izvore financiranja plana

Godišnji plan je planski dokument za narednu godinu koji se donosi do kraja tekuće godine. Planom se utvrđuje provedba politike za poboljšanje energetske učinkovitosti na području lokalne samouprave ili grada u skladu sa akcijskim planom. Prema [1], sastoji se od:

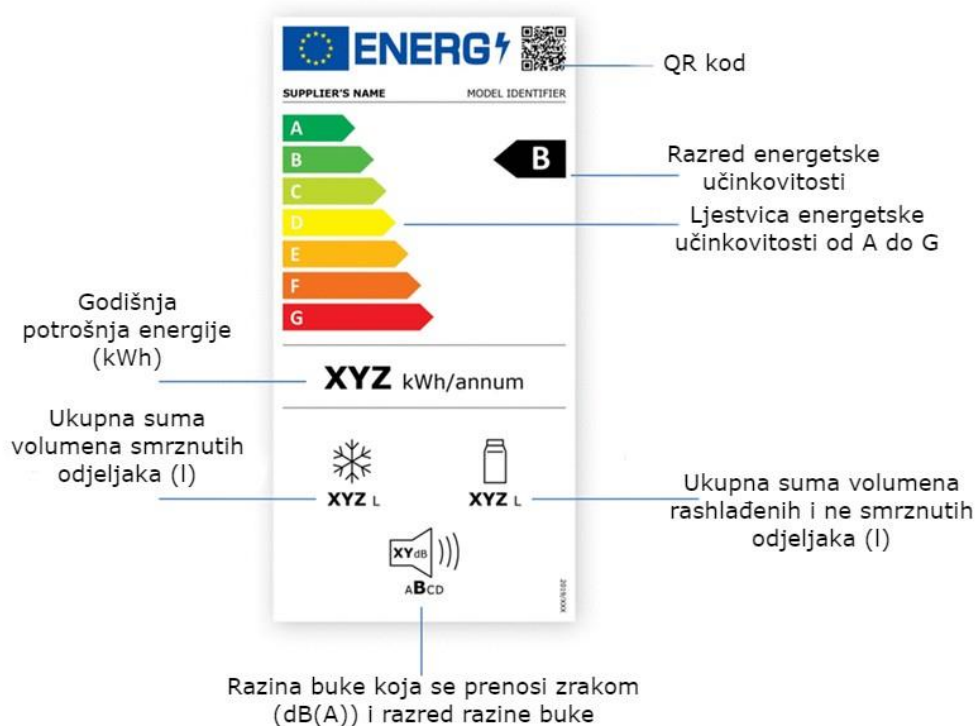
- Analize ostvarenja ciljeva određenih Akcijskim planom, uključujući okvirni cilj ušteda energije na području jedinice područne (regionalne) samouprave, odnosno velikog grada
- Nositelja aktivnosti i rokova provedbe
- Mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti
- Izračun planiranih ušteda energije
- Način praćenja izvršenja plana
- Način financiranja plana

### 3.2. Oznaka energetske učinkovitosti

Zakon o energetskej učinkovitosti i ekološkom dizajnu je donesen kako bi se poboljšala učinkovitost proizvoda na tržištu. Energetska oznaka se sastoji od razreda koji su poredani po potrošnji energije od najmanjeg do najvećeg potrošača. Ona uvelike pomaže pri odabiru kućanskih uređaja koji utječu na potrošnju energije, [8]. Označavanje energetskih razreda od A+++ do G je postalo nepraktično zato što su mnogi proizvodi svrstani u tri najučinkovitija razreda te je kupcima bilo teško razlikovati najučinkovitije proizvode. Europska unija je zbog toga promijenila oznaku tako da se sastoji od energetski razreda od A do G. Uređaji razreda A (zelena) troše najmanje energije, a uređaji razreda G (crvena) troše najviše energije. Nova oznaka je vidljiva u trgovinama od 1. ožujka 2021. godine i primjenjuje se na 5 skupina proizvoda:

- Perilice posuđa
- Perilice rublja
- Televizori
- Hladnjaci i zamrzivači
- Žarulje i svjetiljke

Energetski razredi su označeni novim bojama i neće se proširivati na A+ razrede. Pojavljuje se QR kod koji pruža dodatne informacije ako se skenira pomoću mobitela. Podaci se nalaze u bazi podataka EPREL EU koja je podijeljena u dva odjeljka: odjeljak za nadzor tržišta i odjeljak za potrošače, profesionalne kupce, distributere i ostale korisnike. Piktogrami također pružaju informacije o odabranim značajkama proizvoda. Na naljepnicama je dodana i skala buke koja rangira proizvode od najtiših (A razred) do najglasnijih (D razred).



Sl. 3.1. Oznake energetske učinkovitosti [9]

Potrebna je promjena klasifikacije razreda zbog uklanjanja pluseva pa će stoga npr. proizvodi najvišeg razreda A+++ biti uvršteni u razred C, a uređaji s razredom A+ se mogu uvrstiti i u razred G. Nova podjela je napravljena tako da u početku vrlo malo proizvoda može spadati u razred A kako bi se sačuvalo mjesto za nove učinkovitije proizvode koji će se tek pojaviti, [9].

Tablica 3.1. Usporedba starih i novih oznaka energetske učinkovitosti

NAJVIŠI RAZRED UČINKOVITOSTI	DOSTUPNI ENERGETSKE OZNAKE	POSTOJEĆA ENERGETSKA OZNAKA	NOVA ENERGETSKA OZNAKA
Hladnjaci i zamrzivači		A+++	B/C
Perilice rublja		A+++	B/C
Perilice posuđa		A+++	B/C
Televizori i zasloni		A+++	B/C
Izvori svjetlosti		A++	C/D

### 3.3. Energetska učinkovitost u zgradarstvu

Na zgrade otpada 40 % potrošnje ukupne energije. Potrošnja energije u zgradi ovisi o njenim karakteristikama (oblik i konstrukcijski materijali), energetske sustavima kao što su sustav grijanja, hlađenja i rasvjete koji se koriste u njoj te o klimi podneblja u kojem se nalazi. U Hrvatskoj oko 80 % zgrada koje su građene prije 1987. godine spadaju u energetske razred E. One ne zadovoljavaju Tehničke propise, imaju velike toplinske gubitke i prosječno troše od 150 do 200 kWh/m<sup>2</sup> energije za grijanje, [2].

Mjere energetske učinkovitosti predstavljaju:

- Energetski pregled i certificiranje zgrade za potrebe energetske obnove
- Izradu projektne dokumentacije za energetske obnovu zgrade
- Povećanje toplinske zaštite ovojnice zgrade
- Poboljšanje tehničkih sustava koji se sastoje od tehničke opreme za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju i pripremu potrošne tople vode
- Poboljšanje sustava rasvjete, automatizacije i upravljanja zgrade
- Uvođenje sustava obnovljivih izvora energije

Energetski certifikat prikazuje energetske svojstvo zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade. Energetska obnova zgrade predstavlja primjenu mjera energetske učinkovitosti radi poboljšanja energetske svojstva zgrade. Energetske svojstvo zgrade je izračunata količina energije koja je potrebna da se zadovolje potrebe za energijom prilikom uporabe zgrade (grijanje, hlađenje, ventilacija, rasvjeta). Sustav automatizacije i upravljanja zgradom obuhvaća sve proizvode, softver i inženjerske usluge kojima se može podržati energetske učinkovito i ekonomično funkcioniranje tehničkih sustava putem automatskog upravljanja.

Zgrade moraju biti projektirane i izgrađene tako da ispunjavaju zahtjeve energetske učinkovitosti tijekom uporabe. Svakom pojedincu je potrebno omogućiti mjerenje potrošnje energije, energenata i vode pomoću daljinskog očitavanja za posebne dijelove zgrade. Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinske zaštiti su propisani zahtjevi energetske učinkovitosti pojedinih vrsta zgrada. Oni predstavljaju način izračuna energetske svojstva zgrade, minimalni obvezni udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji, kriterije za zgrade gotovo nulte energije, prikaz izvedivosti alternativnih sustava opskrbe energijom, ispravnu ugradnju i dimenzioniranje, sustave automatizacije i upravljanja, [10].

Nove zgrade moraju ispunjavati zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije (nZEB). To su zgrade koje imaju visoka energetska svojstva. One koriste vrlo malu količinu energije, odnosno nultu energiju koja se dobiva iz obnovljivih izvora te se proizvodi na zgradi ili u neposrednoj blizini. Prema [3], zgrada gotovo nulte energije ima brojne prednosti u odnosu na druge zgrade:

- Projektirana je prema posebnim klimatskim i lokacijskim uvjetima (orijentacija prema suncu)
- Manji troškovi za korištenje energije
- Godišnje se minimalno 30 % energije proizvodi iz obnovljivih izvora
- Sadrži učinkovite sustave za zagrijavanje ili hlađenje zraka bez vanjskih zagađivača
- Upravljanje pametnim tehnologijama
- Suvremeni građevni materijali koji zadovoljavaju kriterije zelene i održive gradnje
- Vrlo niska razina buke u interijeru zbog dobre izoliranosti
- Kontrole protoka vode na izljevima i spremnici za kišnicu
- Upravljanje insolacijom i korištenje upada sunčevih zraka

Vlasnik zgrade treba omogućiti pregled sustava grijanja ili kombiniranog sustava grijanja i ventilacije prostora efektivne nazivne snage veće od 70 kW barem jednom u deset godina. Pregledom zgrade se procjenjuje učinkovitost i dimenzioniranje generatora topline u odnosu na potrebe grijanja zgrade te se nastoji optimizirati učinkovitost u prosječnim uvjetima rada. Zgrada se mora opremiti sustavima automatizacije i upravljanja zgradom ako ima nazivnu snagu sustava grijanja, kombiniranog sustava grijanja i ventilacije ili kombiniranog sustava klimatizacije i ventilacije veću od 290 kW. U zgrade se postavljaju uređaji za samoreguliranje koji reguliraju temperaturu u svakoj sobi ili u određenoj grijanoj zoni samostalne uporabne cjeline, [10].

### **3.4. Energetski certifikat**

Energetski certifikat je dokument koji prikazuje energetska svojstva zgrade. Sastoji se od podataka o zgradi, energetskog razreda zgrade, roka važenja certifikata, podataka o osobi koja ga je izdala te oznake energetskog certifikata. Izdaje se za zgradu u kojoj je potrebno održavati određene unutarnje klimatske uvjete u skladu s njezinom namjenom. To ne uključuje zgrade koje služe za održavanje vjerskih obreda, privremene zgrade, industrijska postrojenja, stambene zgrade koje se koriste manje od četiri mjeseca godišnje te slobodnostojeće zgrade površine manje od 50 m<sup>2</sup>, [10]. Energetski certifikat se izdaje na temelju provedenog energetskog pregleda zgrade i vrijedi deset godina od dana njegovog izdavanja.

<b>Energetski certifikat za stambene zgrade</b>	<b>Zgrada</b> <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća	
	Vrsta zgrade	
	K.č. k.o.	
	Adresa	
	Mjesto	
	Vlasnik / Investitor	
	Izvođač	
	Godina izgradnje	
	<small>prema Direktivi 2002/91/EC</small>	
	<b>Q<sup>*</sup> H<sub>nd,ref</sub></b> kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>A+</b>	≤ 15	
<b>A</b>	≤ 25	
<b>B</b>	≤ 50	
<b>C</b>	≤ 100	<b>C</b>
<b>D</b>	≤ 150	
<b>E</b>	≤ 200	
<b>F</b>	≤ 250	
<b>G</b>	> 250	
<b>Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat</b>		
Ovlaštena fizička osoba		
Ovlaštena pravna osoba		
Imenovana osoba		
Registarski broj ovlaštene osobe		
Broj energetskog certifikata		
Datum odavanja rok važenja		
Potpis		
<b>Podaci o zgradi</b>		
A <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ]		
V <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> ]		
f <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> ]		
F <sub>z,adj</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]		

Sl. 3.2. Energetski certifikat zgrade [11]

Energetski pregled uključuje:

- Prikupljanje podataka i informacija o zgradi kako bi se provelo certificiranje i određivanje energetskog razreda zgrade
- Provođenje kontrolnih mjerenja prema potrebi
- Analizu potrošnje svih oblika energije, energenata i vode za prethodne tri godine
- Prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade
- Preporuke i redoslijed provedbe ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade

Energetsko certificiranje postojećih zgrada obuhvaća energetski pregled zgrade, proračune za klimatske podatke kako bi se izračunala specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje, specifična godišnja isporučena i primarna energija, specifična godišnja emisija ugljikovog dioksida, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu certifikata. Zahtjev za energetsko certificiranje se podnosi kod energetskog certifikatora koji je za to ovlašten. Energetski certifikat za nove zgrade izdaje se na osnovu podataka iz glavnog projekta u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade, pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja zgrade, vizualnog pregleda zgrade te završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi, [3].

Prema Zakonu o gradnji, vlasnik zgrade za koju se izdaje energetska certifikat je dužan pribaviti energetska certifikat prije izdavanja uporabne dozvole ako Zakonom nije drugačije propisano. Vlasnik zgrade mora pribaviti i predati energetska certifikat kupcu ili zakupci prije prodaje, iznajmljivanja ili davanja na leasing zgrade. Energetska razred zgrade se mora navesti u oglasu prilikom prodaje ili iznajmljivanja, [10].



## 4. NAPREDNE INSTALACIJE

U klasičnim sustavima se svjetlo može paliti i gasiti pomoću prekidača tako da se zatvori ili otvori strujni krug, a u naprednim sustavima se pritiskom na tipku informacija šalje upravljačkoj jedinici putem sabirnice (bus linije). Senzor šalje informaciju putem sabirnice do aktuatora. Sabirnica je dvožilni kabel zelene boje na koji su nasumično spojeni svi moduli iz različitih sustava. Kabel također služi kao izvor napajanja za module, a njime se informacije prenose do upravljačkih i izvršnih jedinica. Nakon ugradnje i povezivanja elemenata potrebno je unijeti program u KNX sustav te dodijeliti funkcije modulima za nadzor sustava. Prednost ovog sustava je mogućnost konfiguracije prema potrebi korisnika. Na primjer, ukoliko se želi promijeniti način upravljanja rasvjetom, potrebno je samo promijeniti program u sustavu za pojedini prekidač. Za ovaj slučaj u klasičnoj instalaciji bi se trebali izvaditi prekidači iz razvodne kutije, provući novi vodiči, spojiti elementi i ugraditi u kutije. Sljedeća prednost naprednih instalacija je multifunkcionalnost što znači da jedan senzor (tipkalo) može istovremeno obavljati više funkcija odabirom različitih scenarija: uključenje rasvjete, grijanja, spuštanje roleta. Automatizacija je jedna od najvećih prednosti naprednog sustava jer omogućuje s jednog mjesta upravljanje svim sustavima (rasvjeta, ventilacija, grijanje, daljinsko upravljanje), [4].

### 4.1. KNX

KNX je svjetski otvoreni standard za automatizaciju zgrada koji omogućava da sve komponente komuniciraju pomoću jednog zajedničkog jezika. Preko 450 članova u 45 država proizvodi prema KNX standardu. KNX proizvodi su kompatibilni te se instalacije mogu jednostavno proširiti u kasnijoj fazi, [5]. Standard je utemeljen prije više od 20 godina na tržištu uključujući i prethodnike sustava KNX: EIB, EHS i BatiBUS. Odobren je kao:

- Međunarodni standard (ISO/IEC14543-3)
- Europski standard (CENELEC EN50090 i CEN EN 13321-1 i 13321-2)
- Kineski standard (GB/T 20965)
- SAD standard (ANSI/ASHRAE 135)

KNX je izvorno bio poznat kao European Installation Bus (EIB) koji je razvila EIB Association. Batibus Club International (BCI), EIB Association (EIBA) i European Home System Association (EHSA) su se ujedinili 1999. godine i usvojili naziv KNX sa sjedištem KNX Association-a u Bruxellesu, [5]. KNX Association je grupa vodećih tvrtki koje su aktivne na poljima upravljanja

poslovnim i stambenim objektima. Njihov cilj je razvoj i promoviranje međunarodnog komunikacijskog standarda za automatizaciju zgrada. Prema [12], to uključuje:

- Tržišnu prihvaćenost i proširenje na stambeno tržište
- Definiranje i poboljšanje KNX specifikacija koje se odnose na protokole, medije, načine konfiguracije i specifikacije aplikacije
- Proširivanje KNX tehnologije na Internetu
- Standardiziranje zahtjeva sustava – metoda ispitivanja
- Uspostavljanje sustava za certificiranje proizvoda
- Uvođenje standarda u međunarodna tijela za standardizaciju HBES/BACS
- Promicanje standarda da postane norma
- Definiranje dugoročne KNX strategije

KNX je tehnologija koja upravlja automatizacijom integralnih funkcija kao što su rasvjeta, multimedija, sigurnost i upravljanje energijom za stambene, poslovne ili industrijske zgrade. To je sabirnički sustav u kojem uređaji koriste iste metode prijenosa i mogu razmjenjivati podatke putem zajedničke sabirničke mreže. Sustav ima decentraliziranu strukturu u kojoj nema potreba za središnjom centralnom jedinicom zato što je „inteligencija“ sustava proširena na sve uređaje. Svaki uređaj ima svoj mikroprocesor. U slučaju kvara nekog uređaja kod decentralizirane strukture će se prekinuti samo aplikacije koje ovise o tom uređaju, a ostali uređaji nastavljaju normalno raditi. U KNX sustavu se uređaji dijele u tri kategorije: senzori, aktuatori i uređaji sustava (napajanje, programsko sučelje). Senzori detektiraju događaje u zgradi i pretvaraju ih u telegrame koje šalju sabirničkom mrežom. Aktuatori primaju telegrame i pretvaraju ugrađene naredbe u radnje. Senzori mogu biti tipkala, termostati, anemometri ili senzori pokreta, a aktuatori su jedinice za prilagođavanje intenziteta, ventili za grijanje i različiti zasloni za podešavanje, [5]. Mnogi aktuatori imaju funkcije senzora i kontrolera kao što su mjerenje radnih sati, potrošnja električne energije i ostalo, [13].

#### **4.1.1. Žično povezivanje**

Senzori i aktuatori se povezuju žično ili bežično na istu lokalnu mrežu. Kod žičnog povezivanja KNX-a, kabeli se mogu provući pored mrežnih kabela ili oko zgrade prema unaprijed definiranoj topologiji zgrade. Na jednu KNX liniju može biti povezano do 256 uređaja. Broj uređaja ovisi o veličini KNX napajanja na liniji i ukupnoj struji uređaja. Sustav se može proširiti i na više linija (maksimalno 15) tako da je svaka nova povezana sa glavnom linijom te na taj način čine mrežu. Decentralizirana topologija KNX stabla uglavnom povezuje senzore i aktuatore pomoću KNX

kabela kako bi uređaji mogli međusobno komunicirati. Na primjer, tipkalo za svjetlo može javiti dimeru da postavi svjetlost na 50 % ili senzor prisutnosti može javiti aktuatoru da nema više ljudi u sobi te da se može ugaziti, [14].

Prednosti žičnog povezivanja:

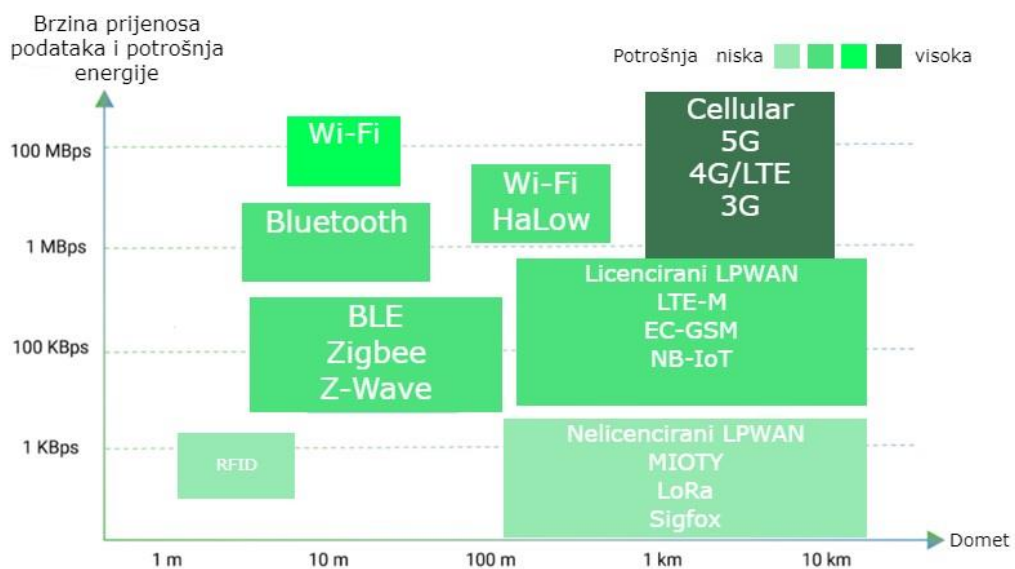
- Pouzdanost bez problema s povezivanjem
- Uređaji brzo izvršavaju zadatke
- Vijek trajanja preko 30 godina
- Jednostavno dodavanje drugih uređaja koji imaju KNX certifikat

Nedostaci:

- Veliki troškovi prilikom izgradnje ili adaptacije
- Skupa je prilagodba ili proširenje nakon useljenja
- Potreban certificirani KNX stručnjak za instalaciju
- Korisnik ne može sam upravljati instalacijom

#### **4.1.2. Bežično povezivanje**

Bežična tehnologija povezuje sve uređaje na lokalnu mrežu kako bi mogli međusobno komunicirati putem lokalne mreže ili internetske veze. KNX se može povezati bežično i putem KNX RF ili KNX IP kabla. U zgradi se koristi oprema male snage koja može primiti i slati informacije. Na primjer, senzor svjetlosti koji detektira sunce i automatski otvara zavjese u sobi. Postoji nekoliko bežičnih protokola: Bluetooth, WiFi i ZigBee. WiFi je najčešći protokol, a ZigBee ima probleme sa zagušenjem.



Sl. 4.1. Protokoli i brzina prijenosa podataka [14]

Najveći problem bežičnog povezivanja je nedostatak međusobne povezanosti između različitih marki proizvoda te je potrebna aplikacija za svakog proizvođača posebno. Nedostatak je još nestabilnost i problemi s povezivanjem koji nastaju kada je više uređaja na istoj mreži, [14].

Prednosti bežičnog povezivanja:

- Relativno jeftino
- Korisnik može sam instalirati
- Upravljanje pomoću mobilne aplikacije
- Glasovno upravljanje

Nedostaci:

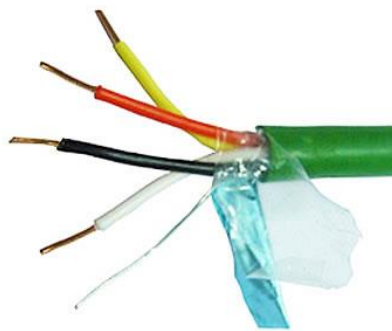
- Uređaji traju oko 5 godina
- Nepouzdan uslijed spore internetske veze ili WiFi usmjerivača
- Ne radi pouzdano u velikim instalacijama s puno uređaja

## 4.2. Komunikacijski mediji

KNX podržava nekoliko komunikacijskih medija: KNX Twisted Pair kabel (TP), Power Line (PL), Radio Frequency (RF) i Ethernet (IP kabel).

### 4.2.1. Twisted pair kabel

Ovaj kabel je najčešći medij zato što je isplativ i jednostavan za instalaciju. Uglavnom se koristi u velikim zgradama za nove instalacije, obnove ili komunikacijske potrebe na visokoj razini. Kabel ima dvije jezgre koje su upletene i prekrivene slojem polietilenske ljuske. Zadatak mu je omogućiti komunikaciju između aktuatora i senzora te napajanje bus linije. TP KNX kabel se sastoji od jednog ili dva para čvrstih upletenih žica. Crvena i crna žica se koriste za prijenos signala, a žuta i bijela uglavnom nisu u uporabi i one daju dodatnu snagu ako je potrebno.



Sl. 4.2. Twisted pair kabel [14]

Prilikom instalacije se preporučuje topologija „daisy chain“ kako bi bilo lakše održavanje i pronalaženje kvarova. Daisy chain topologija može biti linearna ili kružna. U linearnoj strukturi prvi i zadnji čvor mreže nisu povezani, a poruke se prenose u jednom smjeru. U kružnoj strukturi su prvi i zadnji čvor povezani tako da tvore prsten, a poruke se prenose u oba smjera. Najčešća metoda je slobodna topologija koja se sastoji od zvijezde, linije, sabirnice i stabla. Nazivni napon sabirničkog sustava je 24 V, a napon izvora napajanja je 30 V. Sabirnički uređaji mogu izdržati napon od 21 do 30 V. U uređajima je istosmjerni napon napajanja odvojen od izmjeničnog napona koji nosi podatke. Istosmjerni napon napajanja se stvara pomoću kondenzatora, a transformator razdvaja izmjenični napon koji prenosi podatke te služi za superponiranje odlaznih podataka na napon sabirnice. Informacije koje se prenose putem KNX kabela se nazivaju telegrami koji se sastoje od 8 nula i jedinica tako da tvore polje. Brzina prijenosa telegrama je 9600 bita po sekundi. KNX TP telegram ima četiri polja. Kontrolno polje određuje prioritet telegrama i provjerava da li je prijenos telegrama ponovljen ako primatelj nije odgovorio. Adresno polje određuje pojedinačnu adresu pošiljatelja i odredišnu adresu primatelja koja može biti pojedinačna ili grupna. Podatkovno polje prikazuje nosivost, a polje zbroja se koristi za provjeru pariteta, [5].

Tablica 4.1. KNX TP telegram

Kontrolno polje	Adresno polje	Podatkovno polje	Polje zbroja
1 bajt	5 bajta	1 – 16 bajta	1 bajt

KNX instalater unaprijed definira koji telegrami imaju prioritet u slučaju kolizije zato što se može dogoditi da aktivirani senzor ili aktuator pošalje više telegrama odjednom putem KNX kabla. Prednost TP kabla je mogućnost odvajanja bilo kojeg sabirničkog uređaja bez ometanja cijele linije prijenosa podataka, [14].



Sl. 4.3. KNX kabel i konektor [5]

Ovaj sustav ima fleksibilnu topologiju tako da se grane drugih uređaja mogu dodati kasnije. Jedna linija sadrži do 64 uređaja. Pomoću repetitora se može dodati ostalih 64 uređaja, ali maksimalno može biti tri repetitora u liniji tako da može biti najviše 255 uređaja. Instalacije se mogu proširiti i stvaranjem novih linija pomoću linijskih spojnika. Duljina KNX kabla je ograničena kako bi komunikacija bila brza i pouzdana. S obzirom da napon opada s duljinom kabla, udaljenost od uređaja do izvora napajanja može biti najviše 350 m, udaljenost između dva uređaja u liniji 700 m, a duljina linijskog segmenta 1000 m, [14].

#### 4.2.2. KNX Powerline (KNX PL)

U KNX PL nema potrebe za dodavanjem posebnog bus kabla zato što su električni kablovi već instalirani. Podatkovni signali su postavljeni na mrežni napon. Sabirnički uređaji su direktno spojeni na mrežu od 230 V te nema potrebe za dodatnim napajanjem. Fazni spojnici osiguravaju komunikaciju kroz sve tri faze, a bandstop filteri sprječavaju širenje podatkovnih signala kroz priključak zgrade prema mreži. Prijenos podataka je 1200 bita po sekundi koji se prenose u obliku telegrama. KNX PL telegrami su prošireni KNX TP telegrami i sastoje se od četiri polja. U trening polju se sinkroniziraju i postavljaju razine pošiljatelja i primatelja. Uvodno polje označava početak

i kontrolu prijenosa te je potrebno za sprječavanje telegrama od kolizije. Treće polje sadrži završni okvir telegrama. Polje ID sustava sadrži ID za razdvajanje signala od različitih KNX PL sustava tako da samo uređaji koji koriste isti ID sustava mogu komunicirati jedni s drugima, [5].

Tablica 4.2. KNX PL telegram

Trening polje	Uvodno polje	Završni KNX TP okvir	ID sustava
4 bita	2 bajta	9 – 23 bajta	1 bajt

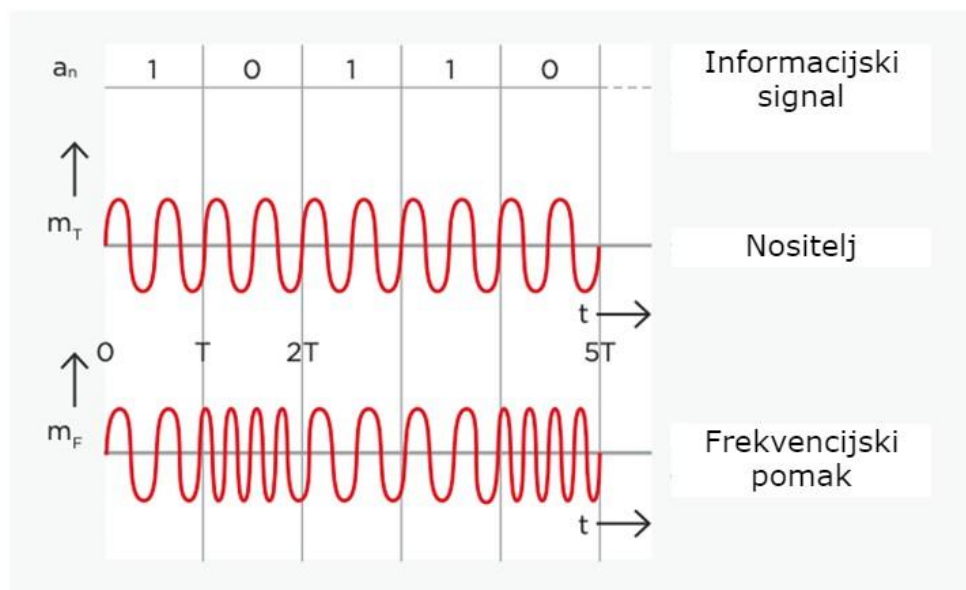
Topologija je slična KNX IP kabelu koji se sastoji od linija i područja. 15 KNX PL linija se spaja pomoću KNX TP kabela. Kako bi se izbjegle kolizije između telegrama potrebno je ukloniti pojedine telegrame, a pojedinim telegramima dati prioritet. Na primjer, početno stanje svih sabirničkih uređaja je primanje signala, a mogu se prebaciti u način slanja samo ako su ispunjeni određeni uvjeti. Ako uređaj detektira niz bitova iz preambule (uvoda) znači da je sabirnica okupirana drugim uređajima. Nastanak kolizije se smanjuje na način da se prijenos telegrama odgađa za kasnije ako uređaj primi signal od zauzete sabirnice, [5].

#### 4.2.3. KNX Radio frekvencija (KNX RF)

Radio frekvencija je pogodna za zgrade u kojima nije moguće provesti nove kabele. Koristi se za proširenje postojećih KNX TP instalacija. Pomoću KNX RF može se upravljati bežično svim uređajima. Senzori koji nemaju pristup mrežnom napajanju su opremljeni baterijama. Zbog toga je definiran jednosmjerni model uređaja koji šalje telegrame po potrebi, a ne sadrži prijemnik da ne bi morao biti stalno u stanju pripravnosti za primanje signala. Aktuatori se uglavnom napajaju iz mreže od 230 V i moraju biti dvosmjerni zato što primaju signale cijelo vrijeme. Mogućnost sudara telegrama je minimalna zbog vrlo kratkog trajanja impulsa u cjelokupnom razdoblju, [5].

Radio tehnologija funkcionira na način da se modulira noseći val s informacijama koje treba poslati. Modulira se amplituda, frekvencija i faza vala. Modulirani signal se šalje prijemnicima koji obnavljaju informacije iz njega. KNX RF koristi frekventijsku modulaciju gdje se logička nula i jedinica stvaraju modificiranjem frekvencije nosećeg vala, poznatog kao središnja frekvencija. Odabir ispravne središnje frekvencije je važan za određivanje načina prijenosa. Postoje dvije više kompatibilne verzije: KNX RF Ready i KNX RF Multi. Kod KNX Ready središnja frekvencija je 868,3 MHz i dostupan je samo jedan komunikacijski kanal. Komunikacija, u kojoj je dostupan samo jedan kanal, je osjetljiva na smetnje iz obližnjih radio sustava koji nisu

KNX i koriste različite metode pristupa komunikacijskom mediju. Kod KNX Multi nema smetnji zato što omogućava uređajima prebacivanje sa zauzetog kanala (F1) na ostala dva brza kanala (F2 i F3) ili dva spora kanala (S1 i S2). Kod njega se može provjeriti je li telegram ispravno primljen na način da se dobije brza potvrda od 64 pojedina prijemnika. Prijenos telegrama se automatski ponavlja ako se ne dobije brza potvrda. Brzi kanali su namijenjeni za aplikacije kojima upravljaju ljudi (npr. rolete, svjetla), a spori kanali su za uređaje koji ne moraju biti stalno u stanju prijema kao što je HVAC upravljački sustav. Brzi kanali imaju brzinu prijenosa podataka 16384 kbps, dok spori kanali imaju upola manju brzinu, [5].



Sl. 4.4. Frekvencijska modulacija i signal u RF [5]

Komunikacija se odvija putem multicast telegrama. To znači da nekoliko sabirničkih uređaja istovremeno može primiti telegram i npr. upaliti više svjetala odjednom. Telegrami se sastoje od nekoliko blokova podataka koji su podijeljeni po poljima za kontrolni zbroj. Prvi blok podataka se sastoji od tri polja. Kontrolno polje sadrži informacije o duljini telegrama, kvaliteti prijenosa, statusu baterije, jednosmjernosti uređaja. Drugo polje sadrži KNX serijski broj ili adresu domene. Treće je polje kontrolnog zbroja koje omogućuje primatelju da odredi je li telegram poslan bez greške. Drugi blok podataka se sastoji od polja koja sadrže pojedinačnu izvornu ili fizičku adresu, odredišnu adresu i nosivost. Telegram može sadržavati i dodatne blokove podataka ovisno o nosivosti, [5].



Tablica 4.3. KNX RF telegram

Sinkronizacija	Polje podataka 1	Kontrolni zbroj	Polje podataka 2	Kontrolni zbroj	Polje podataka...	Kontrolni zbroj	Sinkr.
	10 bajta	2 bajta	16 bajta	2 bajta		2 bajta	

Tablica 4.4. Polje podataka 1

Kontrolno polje	Serijski broj / adresa domene	Kontrolni zbroj
-----------------	-------------------------------	-----------------

Tablica 4.5. Polje podataka 2

Sinkronizacija	Pojedinačna adresa (izvor)	Pojedinačna adresa (cilj) ili grupna adresa	Kontrolno polje	Podatak	Kontrolni zbroj

#### 4.2.4. Ethernet (KNX IP)

Ethernet je otvorena mreža koja je neovisna o proizvođaču. Koristi se za lokalne mreže i u skladu je s međunarodnim standardom IEEE 802.3. Prema [5], Ethernet standard definira:

- Kakav oblik signali poprimaju u kabelu
- Kabele koji se koriste
- Konfiguracija pina kabela
- Pristup različitih uređaja zajedničkom sustavu
- Kako su predstavljeni znakovi koji se šalju
- Metode sigurnosne kopije podataka

Potrebno je definirati protokole kako bi računala mogla međusobno komunicirati u mreži. TCP/IP grupa protokola je u uporabi, a ona sadrži i UDP protokol. TCP i IP su dva različita protokola. IP protokol osigurava da paketi podataka putuju optimalnom rutom od jednog do drugog uređaja na osnovu IP adresa. TCP se temelji na IP protokolu i koristi se za brojne mrežne aplikacije kao što je e-mail i sl. Uspostavlja trajnu vezu s provjerom grešaka i osigurava ispravan redosljed poslanih paketa podataka kako bi ih primatelj mogao uspješno rekonstruirati. UDP protokol se koristi za aplikacije kod kojih je prihvatljivo da paketi podataka povremeno nestanu, npr. audio i video

streaming. Kod njega se ne provjeravaju greške u vezi, a slanje paketa podataka nije kontrolirano. Prema [5], prednosti povezivanja KNX-a Ethernetom:

- Veća brzina, isplativost, praktičnost
- Zgrade se mogu nadzirati putem Etherneta s bilo kojeg mjesta
- Može se održavati nekoliko mjesta sa središnje lokacije putem interneta
- KNX instalacije se mogu analizirati i programirati na daljinu putem interneta

Dvije metode Ethernet komunikacije su tuneliranje i usmjeravanje. Obje metode koriste UDP protokol. Tuneliranje se koristi za pristup sabirnici iz lokalne mreže ili interneta u svrhu programiranja KNX instalacija. Ono je potrebno u slučajevima kada se ETS koristi za slanje KNX telegrama koji su povezani unutar IP okvira. To se događa kada se fizička adresa koristi kao odredišna adresa. Usmjeravanje se koristi za razmjenu telegrama preko Ethernet mreže, npr. spajanje dva KNX TP sustava putem Etherneta. Protokoli ovih komunikacijskih metoda se nazivaju KNXnet/IP usmjeravanje i KNXnet/IP tuneliranje. KNXnet/IP usmjerivač koji služi kao spojnica za TP kabel će poslati telegram na IP stranu ako se grupna adresa pojavljuje u tablici filtera usmjerivača. Komunikacija se odvija putem aplikacijskog sloja koji generira KNXnet/IP telegram, transportnog sloja (UDP), mrežnog sloja (IP) i fizičkog sloja (Ethernet).

KNXnet/IP telegram se sastoji od 5 polja: duljina zaglavljaja, verzija protokola, KNXnet/IP identifikator vrste usluga, ukupna duljina, KNXnet/IP-tijelo. Duljina zaglavljaja je uglavnom ista, ali se može promijeniti u kasnijim verzijama protokola. Svrha zaglavljaja je identificirati početak telegrama. Identifikator vrste usluga označava koju radnju treba provesti. Polje KNXnet/IP-tijelo prikazuje nosivost, [5].

## 5. ENERGETSKA UČINKOVITOST U ZGRADAMA POMOĆU KNX-A

### 5.1. Primjena KNX-a u školama

Škole se nastoje svakodnevno prilagoditi izazovima kao što su osiguravanje optimalnih uvjeta rada, zaštita ljudi i minimiziranje štete uz optimalne troškove. Sigurnost u školi podliježe mnogim propisima i standardima zbog nadzora nad velikim brojem osoba. Zgrada se sastoji od učionica, zbornice, hodnika, laboratorija i dvorane. Inteligentno upravljanje zgradom omogućuje:

- Stubišta i evakuacijski putevi su vidljivo označeni pomoću rasvjete
- Rasvjeta u hodniku radi kada ima prisutnih osoba
- Vanjska rasvjeta se uključuje ovisno o vremenu, dnevnom svjetlu ili pokretu
- U slučaju nevremena se spuštaju rolete i zatvaraju prozori
- Nakon nastave i preko noći se zgrada prebacuje na sigurnosni način rada (prostorije se isključuju selektivno), odnosno uključuje se način rada za nadzor
- U nadzornom načinu rada se generira poruka alarma svaki puta kad se upali svjetlo ili kad se vrata otvore
- Prikaz svih bitnih informacija o zgradi kako bi se eventualna šteta mogla spriječiti brzom reakcijom
- Obavijest na zaslonu ako je ostao otvoren prozor ili vrata
- Obavijest o kvaru u sustavu za grijanje kako bi se izbjegle štete
- U slučaju požarnog alarma se potrošači isključuju te se uključuje rasvjeta evakuacijskih puteva

Konstantom regulacijom rasvjete se nadopunjuje svjetlost u prostoriji samo koliko je potrebno, npr. kod prozora treba manje svjetla, a kod vrata više svjetla. Žaluzine se automatski prilagođavaju prema položaju sunca kako bi se što više iskoristilo dnevno svjetlo. Tako su postignuti uvjeti za neometan rad jer nema više potrebe za ručnim podešavanjem roleta i svjetla.

Sustav grijanja se može povezati sa rasporedom nastave tako da se uključuje samo kada netko ima nastavu u učionici. Grijanje se automatski isključuje ako su prozori otvoreni, a čim se prozori zatvore sustav samostalno nastavlja raditi. Na taj način se smanjuje nepotreban gubitak topline u okolinu, [6].

## 5.2. Primjena KNX-a u bolnicama

U zdravstvu je važno da infrastruktura bude učinkovita i pouzdana. Bolnice se suočavaju s problemom pružanja kvalitetnih usluga uz minimalne utroške vremena i novca. Sigurnosne mjere, stalni nadzor i učinkovito upravljanje energijom pridonose boljoj organizaciji. KNX u bolnicama nastoji smanjiti operacijske troškove, omogućiti siguran rad i udobnost, minimizirati štete te zaštititi ljudske živote. Automatsko upravljanje sjenilom sprječava pojavu odsjaja u laboratorijima te omogućava optimalne uvjete rada. Puferirano napajanje osigurava svjetlo u operacijskim dvoranama i osigurava sve funkcije za održavanje života. KNX omogućuje:

- Svjetlo i sjena su upravljani tako da se koristi dnevno svjetlo bez odsjaja ako je moguće
- Izbjegava se situacija da je uključeno svjetlo i spuštene rolete
- Rolete se automatski podešavaju prema položaju sunca
- Konstantna regulacija svjetla opskrbljuje prostoriju svjetlom samo koliko je potrebno, odnosno manje svjetlosti kod prozora, a više kod zidova
- Razina osvjetljenja je uvijek adekvatna
- Postoji mogućnost ručnog podešavanja osvjetljenja
- U hodnicima, toaletima i čekaonicama osvjetljenje ovisi o prisutnosti
- Rasvjeta hodnika je postavljena na osnovnu razinu preko noći radi veće sigurnosti i smanjenja troškova
- Rasvjeta i oprema se mogu centralno isključiti u prostorijama koje se ne koriste preko noći
- Bolničke sobe, čekaonice i laboratoriji se zagrijavaju, hlade ili ventiliraju samo kad je potrebno
- Kada su prozori otvoreni, grijanje se automatski smanjuje na razinu zaštite od smrzavanja, a hlađenje i ventilacija se smanjuju ili potpuno gase
- Postavka „centralno isključivanje“ može smanjiti grijanje ili hlađenje u prostorijama koje se trenutno ne koriste
- Povezivanje na postojeću podatkovnu vezu (LAN i Internet) ili sustav za upravljanje zgradom omogućuje upravljanje više dijelova zgrade
- Centralno nadgledanje više bolnica ili zgrada smanjuje troškove režija, npr. pritiskom gumba u nekom području koje trenutno nije u uporabi može se pokrenuti alarm

- Prikupljanje podataka o potrošnji za analizu, ograničene vršne vrijednosti i nepotrebno isključene potrošače. Na primjer, sustav za grijanje ili hlađenje se može privremeno smanjiti na nekom području
- Mogućnost brojanja radnih sati i obavijesti o kvarovima kako bi se operativni troškovi snizili
- U slučaju opasnosti je moguća brza evakuacija zbog vizualizacije koja pokazuje mjesto opasnosti
- U slučaju požara se potrošači isključuju, a sustav rasvjete može ostati uključen kako se ne bi stvarala dodatna panika. Roletе će biti podignute ako bude potrebna evakuacija kroz prozor, a vrata će biti otključana. Krovni prozori će biti zatvoreni da se požar ne bi proširio dalje.
- Pacijenti, čija je mobilnost ograničena, mogu pomoću daljinskog upravljača upravljati funkcijama sobe
- Izmjena zraka u prostoriji je tempirana
- Ukoliko pacijent otvori prozor, grijanje se automatski isključuje
- Pacijent može aktivirati alarm pritiskom na gumb ako mu je potrebna pomoć u kupaonici
- Senzori za vodu upozoravaju na lomove cijevi i poplave
- Postoji upravljanje scenarijima. Na primjer, pritiskom na gumb se prilikom prezentacije spuštaju rolete, uključuje se projektor, spušta se platno za projektor, svjetla se isključuju u blizini zaslona, a u ostatku prostorije se smanjuju na 10 %. Osoba koja prezentira može upravljati scenarijima i pomoću daljinskog upravljanja, [6].

### **5.3. Primjena KNX-a u poslovnim zgradama**

Korištenjem napredne tehnologije se povećava produktivnost zaposlenika i kvaliteta ureda. Kako bi se zadržala maksimalna učinkovitost uz što manje troškove, zgrada treba ispuniti određene kriterije:

- Mora ponuditi optimalne uvjete rada
- Fleksibilnost u organizaciji
- Omogućiti sigurnost i udobnost
- Zaštititi ljude
- Minimizirati štete

Funkcije zgrade i upravljanje medijima su integrirane u jedan operativni koncept tako da se njima lako upravlja samo pritiskom na gumb. KNX se koristi zbog složenih zahtjeva za koje su potrebna inteligentna rješenja kao što su:

- Optimalno iskorištavanje dnevne svjetlosti
- Izbjegava se situacija da su istovremeno spuštene rolete i uključeno svjetlo
- Rolete se automatski podešavaju prema položaju sunca da klimatizacijski sustav ne bi imao problema sa sunčevom svjetlosti i toplinom koju stvara rasvjeta
- Konstantna regulacija svjetlosti uključuje umjetnu svjetlost samo koliko je potrebno
- Rasvjetom se može upravljati putem senzora prisutnosti, spajanjem na ulaznu kontrolu ili mjerač vremena. Svjetlo je isključeno ako se ured ne koristi.
- Kada se zgrada ne koristi, rasvjeta u hodnicima može biti isključena. Za vrijeme korištenja zgrade, svjetlost u hodnicima se postavlja na minimum ako nitko nije prisutan.
- Sobna temperatura se može upravljati sensorima pokreta i planom korištenja prostorija
- Kada su prozori otvoreni, grijanje se automatski smanjuje na razinu zaštite od smrzavanja, a hlađenje i ventilacija se smanjuju ili gase
- Pritiskom na tipku „središnje isključenje“ može se grijanje, hlađenje i ventilacija postaviti na zaštitni način rada preko noći
- Upravljanje scenarijima – pritiskom na gumb se može cijela konferencijska dvorana prebaciti na željeni način rada
- Postoje promjenjivi pregradni zidovi
- Sustav ventilatora koji ispuhuje zrak kada su ljudi prisutni
- Mogućnost automatskog deaktiviranja utičnica i uređaja koji su spojeni na njih povećava sigurnost
- Senzori za vodu upozoravaju na poplave
- Rasvjeta u garažama i podzemnim parkinzima je upravljana ovisno o prisutnosti i vremenu uporabe
- Može se primijeniti „treće prebacivanje“. Trećina žarulja je uključena za osnovnu razinu osvjetljenja i one će se morati zamijeniti prije nego ostale žarulje. KNX omogućuje da se koriste sve žarulje na način da se rotiraju kako bi ostvarile osnovnu razinu osvjetljenja. U tom slučaju bi se sve žarulje mogle zamijeniti istovremeno.
- Svjetlosni efekti na fasadi zgrade i upravljanje svjetlom u boji
- Ulazi zgrade su upravljani sensorima pokreta tako da nije moguć neovlašteni ulazak u zgradu, [6].

## 5.4. Primjena KNX-a u hotelima

Hoteli nastoje pružiti gostima visoku razinu udobnosti i sigurnosti uz što manje troškove. Potrebno je postaviti odgovarajuću rasvjetu u predvorje kako bi prvi dojam gostiju bio pozitivan. Fasada najbolje ističe hotel i pridonosi njegovom imidžu. Primjena KNX-a omogućuje:

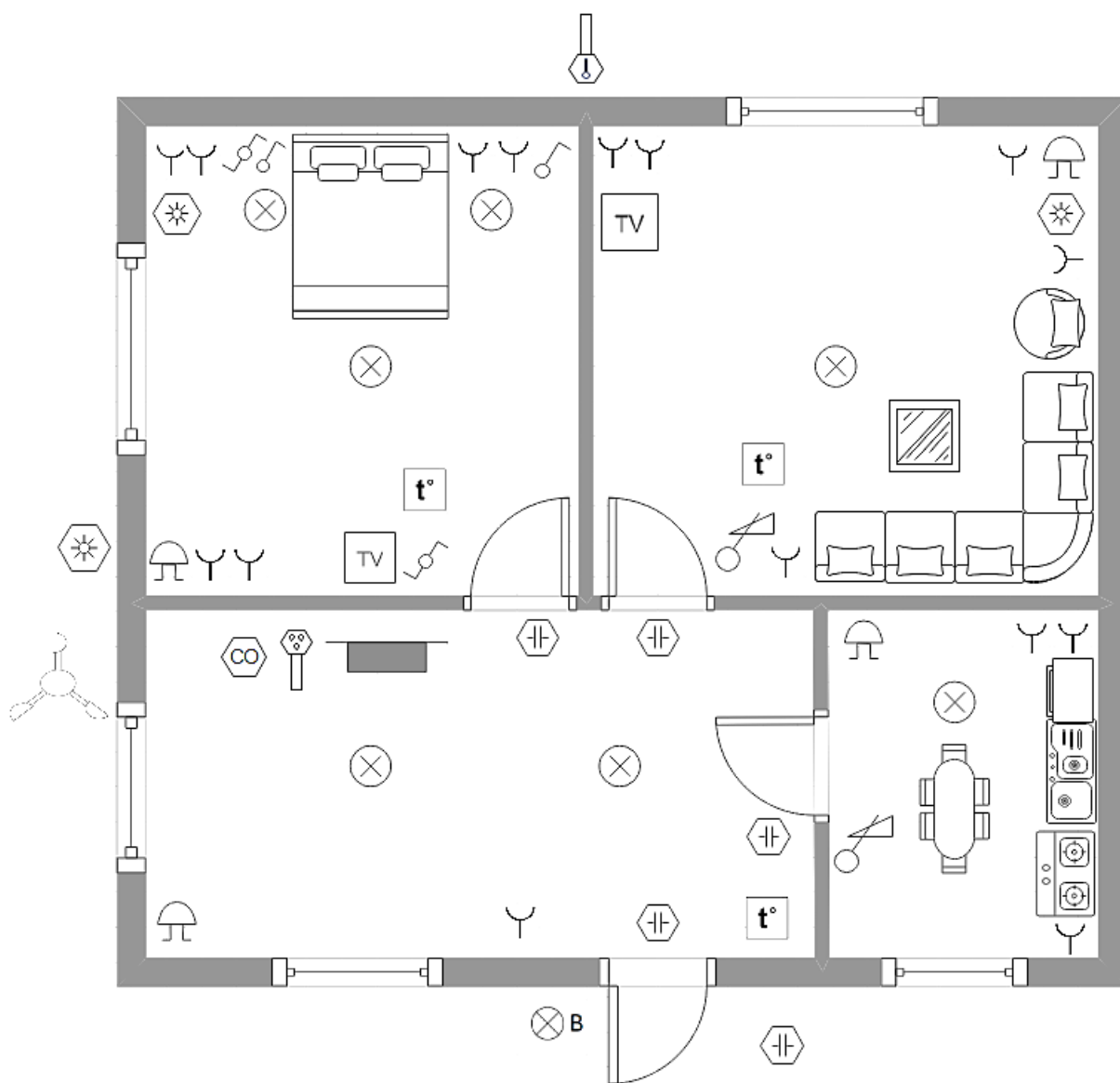
- Regulacija sobne temperature pomoću plana korištenja prostorija, sensorima pokreta ili ručno
- Kada su prozori otvoreni, grijanje se smanjuje na razinu zaštite od smrzavanja, a hlađenje i ventilacija se smanjuju ili potpuno isključuju
- Preko noći se grijanje prilagođava u sobama za goste na temperaturu za spavanje. Gost može promijeniti ručno temperaturu ili potpuno isključiti grijanje, hlađenje ili ventilaciju.
- Pomoću „centralnog isključenja“ se može smanjiti grijanje ili hlađenje u prostorijama koje se trenutno ne koriste, npr. konferencijska dvorana
- Rasvjeta u hodnicima je smanjuje na minimalnu razinu kada nema nikog prisutnog
- Svjetlosna regulacija
- Krovni prozori se automatski zatvaraju ako pada kiša
- Održavanje odgovarajuće temperature u vinskim podrumima
- Recepcija može pratiti informacije o cijeloj zgradi pomoću središnje vizualizacije
- Prikupljaju se podaci o potrošnji energije za analizu, ograničenje vršnog opterećenja i isključivanje nepotrebnih potrošača. Na primjer, ako u kuhinji radi sve punim kapacitetom, neka oprema u praonici se može isključiti da se ne prekorači granično opterećenje.
- Neželjeni gosti se mogu pratiti bez nadzornih uređaja. Alarm se uključuje svaki puta kada se otvore vanjska vrata i kada se neko svjetlo uključi ili isključi.
- Kada gost napusti sobu, hotelskom karticom se sve isključuje (svjetla, grijanje, televizor)
- Pomoću hotelske kartice mogu se aktivirati funkcije sobe kao što su grijanje, hlađenje, ventilacija i rasvjeta. Gost može sve isključiti pomoću kartice kada napušta sobu.
- Sobna temperatura se može prilagoditi na ugodnu temperaturu putem rezervacijskog sustava
- Automatski signali za kvarove pomažu kod brzog popravka kako gosti ne bi imali primjedbe
- Vizualizacijom se provjerava kvaliteta zraka. Sustav za usisavanje zraka se uključuje kada su prisutni ljudi

- Promjenjivi pregradni zidovi
- Svjetlosni efekti i upravljanje svjetlom u boji, [6].



## 6. PROJEKT ZGRADE POMOĆU KNX-A

Odabrana je obiteljska kuća za izradu projekta povećanja energetske učinkovitosti pomoću naprednih instalacija. Zadatak projekta je prikazati raspored simbola na tlocrtu zgrade te opisati način rada i automatizaciju pametne kuće. Zgrada se sastoji od četiri prostorije: spavaća soba, dnevni boravak, kuhinja i hodnik. Neki od zahtjeva koje zgrada treba ispuniti su sigurnost, udobnost, mogućnost fleksibilnog korištenja prostora, napredno povezivanje sustava, razne komunikacijske mogućnosti te manji troškovi.



Sl. 5.1. Tlocrt obiteljske kuće

	Svetlo
	Vanjsko svetlo
	Utičnica
	Obični prekidač
	Izmjenični prekidač
	Dimer prekidač
	Protupožami senzor
	Senzor osvetljenja
	Senzor temperature
	Senzor razine vlažnosti zraka
	Senzor kvalitete zraka
	Senzor pokreta
	Termostat
	Senzor za vjetar
	Glavni razdjelnik

Sl. 5.2. Značenje simbola

Prije ulaza u zgradu postavljen je senzor pokreta na osnovu kojeg će se paliti vanjsko svjetlo te slati informacije jesu li vrata otvorena ili zatvorena. Na vrata i prozore su ugrađeni magnet i pločica kako bi mogli otkriti i signalizirati kad su otvoreni ili zatvoreni. U hodniku je omogućeno upravljanje pomoću senzora pokreta. Važno je da senzori ne budu direktno izloženi suncu ili da pojedini predmeti ne zaklanjaju zonu detekcije. Senzori kvalitete zraka i razine vlažnosti osiguravaju uvijek ugodnu atmosferu u prostoriji. Oni prepoznaju zagušljivost zbog većeg broja ljudi te aktiviraju ventilatore koji ispuhuju zrak iz sobe i ubacuju svježi zrak. U svakoj prostoriji je u kutu stropa postavljen protupožarni senzor koji se aktivira u slučaju požara.

Vanjski senzor za temperaturu postavlja se na najhladniji zid, odnosno na sjevernu ili sjeverozapadnu stranu zgrade koja nije odmah ujutro izložena suncu. Uglavnom se postavljaju na sredinu zgrade najmanje 2.5 metara od poda. Pomoću njih možemo podesiti da se pali sustav za grijanje ili hlađenje kada vanjska temperatura postigne određenu vrijednost.

Sobni senzori temperature su postavljeni na 50 cm od najbližeg zida te na odgovarajućoj udaljenosti od radijatora. Kada su prozori otvoreni, grijanje se smanjuje na najmanju razinu koja je dovoljna da ne dođe do smrzavanja. Nakon što se prozori zatvore, grijanje nastavlja normalno raditi. Preko noći je grijanje namješteno da održava određenu temperaturu, a ujutro se temperatura povisuje sat vremena prije ustajanja. Na taj način se troši manje energije nego kad se prostorije skroz rashlade pa ujutro treba više vremena i energije dok se ne postigne željena temperatura.

Vanjski senzor rasvjete je postavljen na zid koji ima najbolji položaj za upad sunčevih zraka tako da mu ne smeta drveće ili susjedne zgrade. Postavlja se na visini 3 m od poda te 0.3 m od prozora. Senzor za vjetar je postavljen na stranu gdje se vjetar može neometano detektirati. Rolete i žaluzine imaju u sebi senzore za sunce, vjetar i kišu. U slučaju nevremena, rolete se same spuštaju, a žaluzine zatvaraju. Žaluzine se mogu postaviti u više položaja te regulirati rasvijetljenost prostorija ovisno o dobu dana.

Prekidači su postavljeni na pristupačna mjesta blizu vrata ili kreveta. Izmjeničnim prekidačem u spavaćoj sobi se svjetlo može paliti pored vrata ili pored kreveta, a postoji mogućnost i uključivanja svjetla pored kreveta pomoću običnog prekidača. U dnevnom boravku i kuhinji je dimer prekidač kojim se regulira razina osvjetljenosti. Sve utičnice imaju zaštitu za djecu tako da se mogu automatski deaktivirati kada nisu u uporabi.

Aktuator vremena može postaviti virtualnu prisutnost radi povećanja sigurnosti kuće. To je situacija koja nastaje kada nitko nije prisutan kod kuće, a izvana izgleda kao da je netko u kući jer se npr. uključuju svjetla ili spuštaju i podižu rolete u određenom trenutku.

KNX se sastoji od sistemskih, ulaznih i izlaznih elemenata.

## 6.1. Sistemski elementi

- IP router omogućuje povezivanje računala i KNX sustava putem LAN mreže. Podržava tuneliranje, adresiranje, vizualizaciju i parametrizaciju KNX uređaja putem ETS softvera.



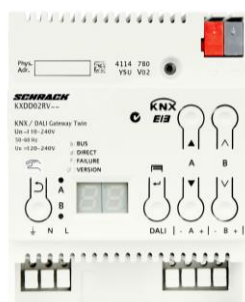
Sl. 6.1. IP router [15]

- Napojna jedinica stvara sabirnicu kako bi se mogli povezati ulazni i izlazni uređaji KNX-a u jedinstveni sustav.



Sl. 6.2. Napojna jedinica [15]

- KNX/DALI gateway je sučelje između KNX instalacije i DALI sustava rasvjete. Omogućuje uključivanje i dimanje do 64 DALI uređaja u maksimalno 32 grupe putem KNX sustava.



Sl. 6.3. KNX/DALI gateway [15]

## 6.2. Ulazni elementi

- Upravljačka ploča služi za upravljanje funkcija sobe. Na zaslonu se mogu vidjeti informacije o stanju u prostorijama i stanje aktuatora.



Sl. 6.4. Upravljačka ploča [15]

- Senzor pokreta ima doomet od 6 do 8 metara i kut detekcije 360°. Pogodan je za korištenje u manjim sobama i prolazima te dobro radi u slabom osvjetljenju ili potpunom mraku.



Sl. 6.5. Senzor pokreta [15]

- Protupožarni senzor stvara glasan signal kada detektira dim.



Sl. 6.6. Protupožarni senzor [15]

- Senzor rasvjete mjeri razinu osvjetljenosti u prostoriji.



Sl. 6.7. Senzor osvjetljenja [15]

- Senzor vjetra šalje informacije o brzini vjetra.



Sl. 6.8. Senzor vjetra [15]

- Termostat prikazuje podatke o temperaturi.



Sl. 6.9. Termostat [15]

### 6.3. Izlazni elementi

- Aktuator žaluzina omogućuje upravljanje žaluzinama ovisno o položaju sunca.



Sl. 6.10. Aktuator žaluzina [15]

- Aktuator roleta se sastoji od 4 izlaza koji imaju tri položaja - otvaranje, zatvaranje i stop. Oni se spajaju na elektromotorni pogon roleta.



Sl. 6.11. Aktuator roleta [15]

- Sklopni aktuator sadrži relejne izlaze za 8 preklopnih kanala. Služi za uključivanje i isključivanje rasvjete.



Sl. 6.12. Sklopni aktuator [15]

## **7. ZAKLJUČAK**

Pomoću energetske učinkovitosti se smanjuju troškovi i uvelike se pridonosi zaštiti okoliša. Primjenom naprednih instalacija može se značajno smanjiti potrošnja energije za grijanje, klimatizaciju i rasvjetu, a povećava se razina udobnosti i sigurnosti. Jedna od najvećih prednosti KNX-a je automatizacija koja osigurava da sve komponente komuniciraju zajedničkim jezikom. Funkcije u sustavu se mogu kontrolirati i nadgledati s jednog mjesta. KNX je jednostavan i fleksibilan sustav koji će se u budućnosti sve više primjenjivati. Trenutno se u Hrvatskoj primjenjuje u većim poslovnim zgradama, a rijetko se primjenjuje u kućanstvima zbog velikih investicijskih troškova. Pomoću napredne instalacije je moguće smanjiti troškove za 30 % u odnosu na troškove tradicionalne instalacije. Prednost KNX-a je mogućnost nadogradnje i proširenja te povezivanja funkcija u zgradi bez naknadnog rušenja zidova. Na primjeru projekta obiteljske kuće prikazana je automatizacija i postizanje energetske učinkovitosti izborom različitih elemenata naprednih instalacija.



## 8. LITERATURA

- [1] Narodne novine, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_10\\_127\\_2399.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html), pristup 05.06.2022.
- [2] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, <https://www.fzoeu.hr/hr/enu-u-zgradarstvu/7571>, pristup 05.06.2022.
- [3] Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, <https://mpgi.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug/energetska-ucinkovitost-u-zgradarstvu/zgrade-gotovo-nulte-energije-nzeb/10504>, pristup 07.06.2022.
- [4] KNXtoday, <https://www.knxtoday.com/>, pristup 10.06.2022.
- [5] KNX, [https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics\\_en.pdf](https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf), pristup 14.06.2022.
- [6] Siemens AG, GAMMA Building Management Systems, 2008. godina, gamma\_all\_applications\_en.pdf, pristup 17.06.2022.
- [7] Energy star, [https://www.energystar.gov/about/about\\_energy\\_efficiency](https://www.energystar.gov/about/about_energy_efficiency), pristup 04.06.2022.
- [8] Label 2020, <https://ustedienergiju.hr/sto-je-energetska-ucinkovitost/>, pristup 04.06.2022.
- [9] eHome, <https://ehome.hr/2021/03/10/nove-energetske-oznake/>, pristup 05.06.2022.
- [10] Zakon o gradnji, ZAKON-O-GRADNJI-pročišćeni-tekst.pdf, pristup 07.06.2022.
- [11] RITEH, <https://www.riteh.eu/Energetski-Certifikat.html>, pristup 17.06.2022.
- [12] KNX, <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/What-is-KNX/Our-mission/>, pristup 10.06.2022.
- [13] BEMI, <https://www.bemi.fi/what-is-knx-smart-home-or-building/>, pristup 12.06.2022.
- [14] 1HOME, <https://www.1home.io/blog/knx-cable-why-and-how/>, pristup 12.06.2022.
- [15] Schrack Technik, <https://www.schrack.hr/>, pristup 17.06.2022.

## 9. SAŽETAK

U završnom radu opisane su napredne instalacije i od kojih se dijelova sastoje, prikazano je povećanje energetske učinkovitosti primjenom samih naprednih instalacija u zgradarstvu. Isto tako, sve je to objašnjeno na primjeru obiteljske kuće u kojoj je prikazan raspored elemenata KNX sustava. U svrhu postizanja bolje energetske učinkovitosti trebaju se provoditi određeni zakoni i mjere. Cilj je upotreba što manje količine energije koja je potrebna da bi se obavio neki posao.

**Ključne riječi:** Energetska učinkovitost, napredne instalacije, KNX

## 10. ABSTRACT

In the final paper, smart installations are described and what parts they consist of, an increase in energy efficiency is shown through the use of smart installations in the building industry. Likewise, all of this is explained on the example of a family house in which the layout of the elements of the KNX system is shown. In order to achieve better energy efficiency, certain laws and measures should be implemented. The goal is to use as little energy as possible to get some work done.

**Keywords:** Energy efficiency, smart installations, KNX

## **11. ŽIVOTOPIS**

Đorđe Šašlić rođen je 24.01.2001. godine u Osijeku. Pohađao je osnovnu školu Kneževi Vinogradi u razdoblju od 2007. do 2015. godine. Nakon završetka osnovne škole upisuje opću gimnaziju Beli Manastir koju završava 2019. godine. U srednjoj školi je sudjelovao na natjecanjima iz informatike. Nakon završetka srednje škole upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, preddiplomski sveučilišni studij, smjer elektrotehnika. U slobodno vrijeme bavi se fitnessom i nogometom.