

# Automatsko upravljanje niskoenergetskom kućom

---

**Mateša, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2010**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:065883>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# DIPLOMSKI RAD

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE NISKOENERGETSKOM KUĆOM

Mentor: prof. dr. sc. Mladen Crneković

Filip Mateša

Zagreb, 2010.

## *Izjava*

*Izjavljujem pod punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam diplomski rad izradio samostalno, dostupnom literaturom, te isključivo znanjem stečenim na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu uz veliku pomoć mentora prof. dr. sc. Mladena Crnekovića kojemu ovim putem duboko zahvaljujem.*

*Od srca zahvaljujem svojim roditeljima na moralnoj i materijalnoj potpori bez kojih ne bih mogao završiti ovaj studij.*

*U Zagrebu, srpanj 2010.*

Sažetak:

Ovaj diplomski rad na temu automatskog (inteligentnog) upravljanja niskoenergetskom kućom ima naglasak na automatizaciju kuće odnosno na sustav za upravljanje stambenim objektom s ciljem da se postignu što veće uštede energije. Danas su razvojem tehnologije postignuti visoki rezultati u građevini kada govorimo o uštedi energije i karakteristikama materijala. Kada još dodamo i mogućnost inteligentnog i ekonomičnog upravljanja takvim objektima uštede energije se drastično povećavaju.

Na samom početku opisuje se prva (pasivna) razina projektiranja gdje su opisani temeljni pojmovi iz građevinske struke o pasivnim i niskoenergetskim kućama, te načini na koje se može doći do uštede u energiji gradnjom takvih stambenih objekata. U radu je prikazan idejni projekt jedne niskoenergetske kuće, te na temelju toga je projektirana aktivna razina odnosno upravljača razina. Na aktivnoj razini koju je moguće mijenjati tijekom vijeka eksploatacije su definirani svi sustavi i njihove komponente nad kojima će se vršiti upravljanje. Upravljanje je izvedeno na sustavima koji su najveći potrošači energije u objektu, te na sustavima koji mogu utjecati na uštedu energije, kao što su na primjer grijanje/hlađenje, rasvjeta, električne utičnice i rolete. Komponente koje se koriste za kontrolu sustava također imaju namjenu uštede energije. Za senzore i prekidače, koji koriste bežičnu tehnologiju, nije potreban vanjski izvor energije kao što su električni vodovi i baterije, već se napajaju samostalno solarnim panelima ili pretvorbom gibanja u električnu energiju proizvedenom od strane korisnika.

U daljnjim razmatranjima definiran je algoritam upravljanja sustava podnog grijanja, odnosno način na koji se upravljanje vrši, te kako se sustav ponaša u određenim trenucima gdje dolazi do izražaja naziv inteligentni sustav. On se na temelju ulaznih varijabli (stanja) iz senzora ponaša prema unaprijed definiranim naredbama.

Nakon projektiranja inteligentnog stambenog objekta izvršena je procjena vrijednosti investicije ovakvog sustava i načina gradnje, te u kojem bi periodu takva gradnja sa takvim sustavom bila amortizirana. Na samom kraju izvršena je procjena uštede u energiji na temelju informacija sa interneta koja se kao takva mogu koristiti samo prilikom grubih proračuna uštede energije budući da je nemoguće praktično izvesti mjerenja.

**Sadržaj:**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Uvod.....   | 10 |
| 2.    | Energetski učinkoviti objekti .....                       | 12 |
| 2.1   | Niskoenergetske kuće (low energy house) .....             | 13 |
| 2.2   | Pasivne kuće (passive house, ultra-low energy house)..... | 15 |
| 2.3   | Kuće nulte energije.....                                  | 18 |
| 2.4   | Autonomne kuće.....                                       | 19 |
| 2.5   | Kuće s viškom energije.....                               | 19 |
| 3.    | PROTOKOLI .....   | 21 |
| 3.1   | X-10 PROTOKOL.....  | 22 |
| 3.1.1 | Što je X-10 .....   | 22 |
| 3.1.2 | Princip rada .....  | 23 |
| 3.1.3 | Problematika X-10 protokola .....                         | 28 |
| 3.2   | EIB/KNX PROTOKOL.....                                     | 29 |
| 3.2.1 | Prednosti EIB/KNX protokola .....                         | 31 |
| 3.2.2 | Konvencionalna upravljača tehnologija .....               | 31 |
| 3.2.3 | Korištenje EIB/KNX upravljačke tehnologije .....          | 32 |
| 3.2.4 | Primjeri primjene EIB/KNX protokola .....                 | 33 |
| 3.2.5 | Izvedbe EIB/KNX protokola ovisno o mediju.....            | 36 |
| 3.3   | Bežični načini prijenosa informacija .....                | 38 |
| 3.3.1 | KNX i Wireless kontrola.....                              | 41 |
| 3.3.2 | Z-WAVE .....  | 41 |
| 3.3.3 | EnOcean .....   | 43 |
| 3.3.4 | KNX.RF .....  | 44 |
| 4.    | Izvedbeni projekt niskoenergetske kuće .....              | 46 |
| 4.1   | Tehnički opis .....                                       | 46 |
| 4.1.1 | Uvod.....   | 46 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.1.2  | Namjena građevine.....  | 46 |
| 4.1.3  | Oblik i veličina građevinske parcele .....                              | 46 |
| 4.1.4  | Smještaj građevine na parceli i način izgradnje .....                   | 47 |
| 4.1.5  | Veličina i površina građevine.....                                      | 47 |
| 4.1.6  | Uređenje parcele.....   | 47 |
| 4.1.7  | Oblikovanje .....   | 47 |
| 4.1.8  | Način priključenja na javnoprometnu površinu i promet u mirovanju ..... | 48 |
| 4.1.9  | Zagrijavanje objekta .....  | 48 |
| 4.1.10 | Komunalna infrastruktura .....  | 48 |
| 4.1.11 | Zaštita od požara .....   | 49 |
| 4.1.12 | Toplinska zaštita.....  | 49 |
| 4.1.13 | Akustična zaštita .....   | 55 |
| 4.1.14 | Hidraulički proračun .....  | 56 |
| 4.2    | Grafički dio.....   | 61 |
| 5.     | Automatizacija sustava niskoenergetske kuće .....                       | 66 |
| 5.1    | Podno grijanje.....   | 66 |
| 5.2    | Rasvjeta .....  | 68 |
| 5.3    | Utičnice.....   | 68 |
| 6.     | Komponente za automatizaciju objekata.....                              | 70 |
| 6.1    | Prijemnici/Kontroleri.....  | 70 |
| 6.1.1  | SRC-DO8 230V tip 1 .....  | 70 |
| 6.1.2  | SRC-DO8 230V tip 3 .....  | 73 |
| 6.1.3  | SRC-DO Lighting 230V.....   | 75 |
| 6.2    | Senzori .....   | 77 |
| 6.2.1  | Kontaktni senzor SRW01 .....  | 77 |
| 6.2.2  | Senzor pomaka kvake prozora – SRG01.....                                | 79 |
| 6.2.3  | Bežični prekidači.....  | 80 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.2.4  | Temperaturni senzori serije SR04x .....             | 82 |
| 6.2.5  | Senzor prisutnosti SR-MDS solar .....               | 83 |
| 7.     | Plan instalacija sustava automatizacije .....       | 85 |
| 8.     | Algoritam upravljanja sustava grijanja .....        | 89 |
| 9.     | Vrijednost investicije automatizacije sustava ..... | 90 |
| 10.    | Postizanje ušteda .....                             | 91 |
| 10.1   | Aktivno upravljanje podnim grijanjem .....          | 91 |
| 10.2   | Aktivno upravljanje električnim utičnicama.....     | 92 |
| 10.2.1 | Proračun uštede električne energije.....            | 94 |
| 11.    | Zaključak.....                                      | 96 |

Popis slika:

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. - Sokratova kuća.....  | 13 |
| Slika 2. - Prikaz korištenih protokola u kućnoj automatizaciji u svijetu.....                 | 21 |
| Slika 3. - Prolasci sinusa kroz nulu .....  | 24 |
| Slika 4. - Komplementarni bitovi - binarno „1“ (lijevo) i binarno „2“ (desno).....            | 24 |
| Slika 5. - Start kod.....   | 25 |
| Slika 6. - Slovni kodovi.....   | 26 |
| Slika 7. - Brojčani kodovi .....  | 26 |
| Slika 8. - Kodovi naredbi .....   | 27 |
| Slika 9. - Prikaz paketa naredbe .....  | 27 |
| Slika 10. - Način povezivanja EIB/KNX mreže uređaja.....                                      | 30 |
| Slika 11. - Konvencionalna tehnologija – odvojeni sustavi – visoki troškovi kabliranja .....  | 32 |
| Slika 12. - Zgrada kontrolirana KNX-om – integrirani sustavi, manji troškovi kabliranja ..... | 33 |
| Slika 13. - Vodič po EIB/KNX standardu.....   | 36 |
| Slika 14. - Dijagram prolaska topline kroz vanjski zid za najhladniji mjesec (Siječanj).....  | 51 |
| Slika 15. - Dijagram prolaska topline kroz krov za najhladniji mjesec (Siječanj).....         | 54 |
| Slika 16. - Presjek prozorskog elementa .....   | 55 |
| Slika 17. - Situacija na P.G.P. ....  | 61 |
| Slika 18. - Situacija parcele.....  | 62 |
| Slika 19. - Tlocrt suterena .....   | 63 |
| Slika 20. - Tlocrt prizemlja .....  | 64 |
| Slika 21. - Tlocrt kata.....  | 65 |
| Slika 22. - SRC-DO8 tip 1 prijemnik.....  | 71 |
| Slika 23. – Shema spajanja električnih ventila na kontroler SRC-DO8.....                      | 72 |
| Slika 24. - Shema spajanja uređaja na SRC-DO8 kontroler .....                                 | 73 |
| Slika 25. - SRC-DO lighting 230V .....  | 75 |
| Slika 26. - Tipke na senzoru stanja .....   | 76 |
| Slika 27. - Kontaktni senzor SRW01 .....  | 78 |
| Slika 28. - Mjesto postavljanja kontaktnog senzora.....                                       | 78 |
| Slika 29. - Kvaka prozora SRG01 .....   | 80 |
| Slika 30. - Bežični prekidač EasySens .....   | 80 |
| Slika 31. - Dijelovi prekidača.....   | 81 |
| Slika 32. - Temperaturni senzor SR04PT.....   | 82 |



|  |    |
|--|----|
| Slika 33. - Senzor prisutnosti SR-MDS Solar .....                        | 83 |
| Slika 34. Simboli instalacija.....                                       | 85 |
| Slika 35. - Raspored komponenti u suterenu.....                          | 86 |
| Slika 36. - Raspored komponenti u prizemlju.....                         | 87 |
| Slika 37. - Raspored komponenti na katu .....                            | 88 |
| Slika 38. - Algoritam upravljanja ventilima sustava podnog grijanja..... | 89 |

## Popis tablica:

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. - Klimatološki podaci po mjesecima .....                             | 50 |
| Tabela 2. - Globalno sunčevo zračenje po mjesecima .....                       | 50 |
| Tabela 3. - Karakteristike vanjskog zida - YTONG 30.....                       | 51 |
| Tabela 4. – Karakteristike podrumskog zida - Beton - YTONG .....               | 52 |
| Tabela 5. - Karakteristike kosog ventiliranog krova .....                      | 53 |
| Tabela 6. - Karakteristike poda na tlu .....                                   | 54 |
| Tabela 7. - Dimenzioniranje jedinica opterećenja.....                          | 57 |
| Tabela 8. - Ukupna količina sanitarne otpadne vode za stambenu građevinu ..... | 58 |
| Tabela 9. - Tehničke karakteristike prijemnika SRC-DO8 tip 1 .....             | 73 |
| Tabela 10. - Funkcije kontrolera .....   | 76 |
| Tabela 11. - Tehnički podaci kontaktnog senzora.....                           | 78 |
| Tabela 12. - Tehničke karakteristike bežičnog prekidača .....                  | 81 |
| Tabela 13. - Tehnički podaci senzora prisutnosti.....                          | 84 |
| Tabela 14. - Cijene komponenata za suteran.....                                | 90 |
| Tabela 15. - Cijene komponenata za prizemlje .....                             | 90 |
| Tabela 16. - Cijene komponenata za kat .....                                   | 90 |
| Tabela 17. - Prosječna potrošnja električnih uređaja .....                     | 92 |
| Tabela 18. - Uređaji korišteni u kućanstvu .....                               | 94 |

# 1. Uvod

Danas imamo sve većom globalizacijom i brzim načinom života sve manje vremena za osobne potrebe. Samim time se stvorila potreba za automatizacijom našeg osobnog prebivališta kako bi mogli i dalje biti u korak sa takvim načinom života. U bližoj budućnosti domovi će biti sve više automatizirani (inteligentniji) i sve prilagođeniji željama ukućana. Tako je kroz ovaj projekt objašnjen princip rada jednog automatiziranog niskoenergetskog stambenog objekta, gdje su najveći potrošači inteligentno upravljani.

Ideja inteligentne kuće postoji već više desetljeća, a proizašla je iz modernog načina života kojem je glavna karakteristika preokupacija na poslovnom planu i neuredan i neorganiziran privatni život. S obzirom da u bližoj budućnosti nema naznaka bilo kakvih promjena možemo zaključiti da ideja inteligentne kuće bi mogla osigurati udobniji privatni život i tako dati više prostora i vremena za kreativniji poslovni život. Udobniji privatni život podrazumijeva racionalno korištenje slobodnog vremena, uštedu energenata kojima zbog sve manje raspoloživosti cijena na tržištu raste. Zapravo, na prvom mjestu podrazumijeva se da je udobniji život, sigurniji život i često je to najveća ogradna spram inovacija. Naravno da bi sustav koji osigurava ove zahtjeve trebao biti jednostavan za korištenje, pouzdan u radu i ekonomičan. Kao i uvijek implementacija ideje je morala pričekati odgovarajuća tehnička rješenja koja su s vremenom postajala sve bolja, a mogućnosti automatizacije različitih procesa u kućanstvima sve veća. S pojavom jeftine proizvodnje procesora i PC računala, mogućnosti automatizacije tih procesa postaju gotovo neograničene. S druge strane postavlja se pitanje da li nam odgovara da nam život u tolikoj mjeri ovisi o tehnologiji, te koliko su ovakvi sustavi ranjivi.

Sustav inteligentnog objekta zatvorit će prozore kada počne kiša, spustit će rolete kada zapeše jak vjetar, kontrolirat će i regulirat temperaturu u objektu, rasvjetu i ventilaciju, spriječit će poplavu, požar ili istjecanje plina, otvoriti ulaz u dvorište ili vrata garaže, signalizirati neovlašteni pristup, omogućiti da se svim funkcijama upravlja iz fotelje daljinskim upravljačem ili prijenosnim računalom, iz ureda telefonom ili preko interneta, iz auta mobitelom i uz to, po želji, javiti svaku promjenu na mobitel, telefon ili računalo.

Da bi smo postigli najveću uštedu energije automatizacijom objekta mora biti zadovoljena i ona pasivna razina odnosno građevinska razina. Tako je prvo potrebno odabrati razinu energetske učinkovitosti kuće. Jedna od najvažnijih karakteristika takvih kuća je izolacija, pa se tako kuće dijele na više razina.

## 2. Energetski učinkoviti objekti

Visoke cijene energije i globalne klimatske promjene prisiljavaju nas da promijenimo svoje energetske potrošačke navike. Zbog činjenice da zgrade troše oko 40% od ukupne potrošnje energije u SAD-u i Europskoj uniji energetske zgrade i kuće postaju sve zanimljivije. Trenutno se odvija mnogo državnih i lokalnih projekata kojima se pokušava utjecati na ljudsku svijest i time pokušavaju promijeniti potrošačke navike.

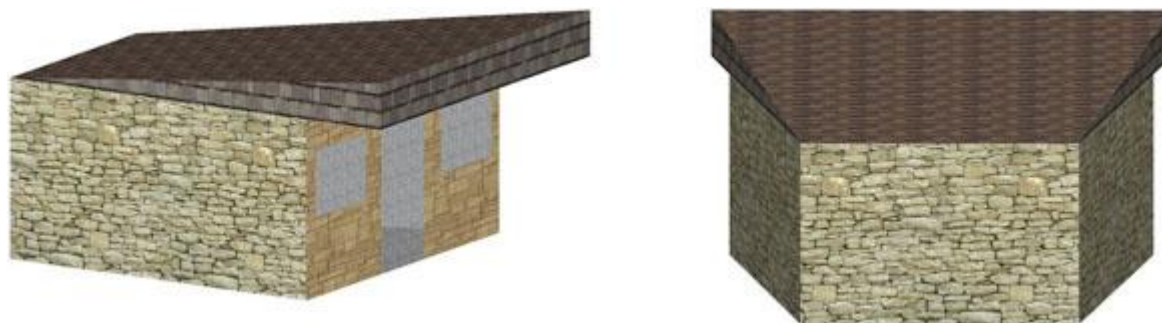
Na primjer:

- koristiti javni prijevoz (autobusi, tramvaji, vlakovi, ...)
- kupovati manje i energetske efikasnije automobile
- isključiti elektroniku koja se ne koristi u danom trenutku (televizija, računalo, ...)
- kad se kupuje nova elektronika favorizirati proizvode koji su energetske učinkoviti (označeni s A++, A+, A, B).

Sve su ove preporuke i sugestije primjerene u svrhu smanjenja potrošnje energije, ali vrlo je teško promijeniti navike potrošača. Osim ovih projekata utjecaja na potrošačke navike, u razvoju je i mnogo projekata kojima se smanjuje potrošnja energije bez velikih intervencija u život potrošača. Na primjer, moguće je optimizirati motore automobila da daju istu snagu uz manju potrošnju goriva ili možemo graditi kuće koje su energetske puno učinkovitije.

Najjednostavnije rečeno, energetske učinkovita kuća je kuća koja koristi manje energije od normalne kuće. Optimizacija potrošnje energije i postizanje najbolje moguće iskoristivosti dostupne energije nije nova ideja. Slično modernim vremenima, u drevnim vremenima ljudi su se suočavali s problemom konstruiranja kuća koje bi imale zadovoljavajući toplinski komfor, a glavno pitanje im je slično kao i danas bilo kako kuće zimi učiniti toplima, a ljeti hladnima. Ovaj problem prvi je proučavao i zabilježio Sokrat, grčki klasični filozof, prije gotovo 2500 godina. U ranoj literaturi rješenje ovog problema je poznato pod pojmom „Sokratova kuća“ (*eng. Socratic House*). „Sokratova kuća“ je hipotetski opis energetske učinkovite kuće. Osnova Sokratovih proučavanja bio je utjecaj kretanja sunca na položaj i konstrukcijski oblik kuće. Tlocrt „Sokratove kuće“ je trapezoidnog oblika s južno orijentiranom bazom i krovom koji pada prema sjeveru za smanjenje utjecaja udara sjevernih vjetrova. Sjeverni zid je masivne konstrukcije jer u ono vrijeme nije bilo kvalitetnih

izolacijskih materijala pa je to trebalo nadoknaditi debljinom zida. Južno orijentirani trijem projektiran je tako da blokira visoko ljetno sunce, a istovremeno da propušta niske zimske zrake sunca duboko u prostorije.



Slika 1. - Sokratova kuća

Prema ovom konceptu kuće u sjevernoj hemisferi trebale bi biti južno orijentirane, a u južnoj hemisferi sjeverno orijentirane da bi se maksimalno iskoristila solarna energija. Na drugoj strani morao bi postojati jako dobro izolirani zid kojim se sprječava gubitak energije.

Danas postoji pet glavnih kategorija energetski efikasnih kuća:

- niskoenergetske kuće (low energy house)
- pasivne kuće (passive house, ultra-low energy house)
- kuće nulte energije (zero-energy house or net zero energy house)
- autonomne kuće (autonomous building, house with no bills)
- kuće s viškom energije (energy-plus-house)

## 2.1 Niskoenergetske kuće (low energy house)

Ne postoji globalno prihvaćena definicija niskoenergetske kuće. Zbog velikih varijacija u nacionalnim standardima, niskoenergetska kuća napravljena po standardima jedne države ne mora biti niskoenergetska po standardima druge države. U Njemačkoj niskoenergetska kuća (Niedrigenergiehaus) ima ograničenje u potrošnji energije za grijanje

prostorija od 50 kWh/m<sup>2</sup> godišnje. U Švicarskoj je termin niskoenergetska kuća definiran MINERGIE standardom – za grijanje prostorija ne smije se koristiti više od 42 kWh/m<sup>2</sup> godišnje. Trenutno se kod prosječne niskoenergetske kuće u tim državama dostiže otprilike polovica tih iznosa, odnosno između 30 kWh/m<sup>2</sup> godišnje i 20 kWh/m<sup>2</sup> godišnje za grijanje prostorija. U Hrvatskoj se prilikom definiranja niskoenergetske kuće uzima vrijednost od 40 kWh/m<sup>2</sup> što je ekvivalent od 2,7 litara loživog ulja po m<sup>2</sup> godišnje za grijanje prostorija (kod nas je klima povoljnija od one u Njemačkoj i Švicarskoj). Ova vrijednost bi u praksi morala na jugu biti i znatno niža zbog povoljnije klime.

Niskoenergetske kuće u pravilu koriste visoke nivoe insolacije, energetske učinkovite prozore, niske nivoe propuštanja zraka i toplinsku obnovu u ventilaciji za manje energije potrebne za grijanje i hlađenje. Mogu se također koristiti i standardi prema pasivnim solarnim tehnikama dizajna ili aktivne solarne tehnologije. Također se mogu koristiti i tehnologije za recikliranje topline iz vode koja je korištena kod tuširanja ili u stroju za pranje posuđa. Niskoenergetske kuće temelj su primjene održive gradnje tijekom cijelog svog životnog vijeka počevši od građevinskog materijala čija proizvodnja ne opterećuje okoliš, preko njihove energetske učinkovitosti i racionalnog trošenja energenata tijekom životnog vijeka, pa sve do racionalnog gospodarenja otpadom. Osim toga, niskoenergetske kuće pružaju visok stambeni komfor s ugodnom klimom tijekom cijele godine bez standardnih sustava grijanja i hlađenja, uz vrlo niske troškove na račun energenata.

Prema gruboj podjeli po postignutim uštedama u niskoenergetskoj kući se za zagrijavanje koristi svega 40 kWh/m<sup>2</sup> godišnje. Korak dalje ide pasivna kuća, kojoj je ime dao njemački arhitekt Wolfgang Weiss, koja godišnje troši svega 15 kWh/m<sup>2</sup>, što je ekvivalentno potrošnji od jedne litre loživog ulja po m<sup>2</sup> stambene površine godišnje, odakle joj i često korišteni naziv: jednolitarska kuća. Korak dalje je i nulta kuća koja samostalno dostiže punu energetske pokrivenost, a u nekim slučajevima može proizvoditi i viškove energije, te se u tom slučaju naziva energanom. Jedan od primjera energane jest i kuća g. Ljube Majdandžića u zagrebačkom naselju Špansko, koja s vremena na vrijeme isporučuje generiranu električnu energiju u elektroenergetski sustav.

## 2.2 Pasivne kuće (passive house, ultra-low energy house)

Općenita definicija pasivne kuće je: „Pasivna kuća je zgrada kod koje toplinski komfor može biti postignut samo naknadnim grijanjem ili hlađenjem svježije mase zraka, a da kvaliteta zraka unutar kuće bude visoka – bez potrebe za recirkulacijom zraka“. Neke države imaju svoje standarde koji mnogo strože definiraju pasivne kuće. U Njemačkoj se izraz „Pasivna kuća“ odnosi na strogi i dobrovoljni „Passivhaus“ standard kojim se definira energetska efikasnost. U Švicarskoj je u upotrebi sličan standard - MINERGIE-P. Glavna ideja pasivne gradnje je korištenje sunčeve energije za grijanje kuće u zimskom periodu i sprečavanje upada sunčevog zračenja u ljetnom periodu kako bi se smanjila potreba za hlađenjem. Pasivna kuća jest objekt u kojem se zahvaljujući načelima pasivne gradnje i primjeni načela energetske učinkovitosti postiže ugodna atmosfera bez zasebnog sustava grijanja i klimatizacije. U usporedbi s klasičnom niskoenergetskom kućom, pasivna kuća troši i do 80-90% manje energije, zahvaljujući prema dva osnovna načela na kojima se temelji ovakva energetska bilanca pasivne kuće: uklanjanje toplinskih gubitaka i maksimizacijom slobodnog dobivanja energije.

U pasivnoj kući, debljina izolacije bi trebala iznositi od 25 do 40 cm, prozori bi trebali biti s trostrukim ostakljenjem, i vratima koja imaju dobar koeficijent prijelaza topline, te dobro brtve, čime se znatno smanjuju toplinski gubici, te potrebe za grijanjem. Za opskrbu svježim zrakom brine se sustav mehaničke ventilacije koji putem izmjene topline, gdje izlazni i potrošeni zrak iz unutrašnjosti na višoj temperaturi može prenijeti i do 80% svoje topline na ulazni zrak. Drugim riječima, ako je zrak u prostoriji na 20°C, a temperatura okoliša 0 °C, temperatura ulaznog zraka se može podignuti i na 16°C. Proces je u ljetnim mjesecima obrnut, tako da izlazni zrak preuzima toplinu ulaznog zraka, održavajući ugodnu temperaturu u prostorijama bez potrebe za klima-uređajem.

Kako bi se dodatno smanjila energetska neovisnost pasivne kuće moguće je ugraditi sustav grijanja s dizalicom topline koji koristi činjenicu da je zemlja na određenoj dubini na konstantnoj temperaturi, neovisno o godišnjem dobu te ukopavanjem cijevi i cirkulacijom vode može, ovisno o godišnjem dobu i izvedbi sustava potpomoći sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode.



Osim toga, sunčeva energija je besplatna, te se pored pasivnog korištenja može koristiti i aktivno: u sunčanim toplinskim kolektorima za zagrijavanje vode, i u fotonaponskim ćelijama za proizvodnju električne energije.

Na potrošnju energije u kući utječu:

- Lokacija
- Orijentacija
- Oblik
- Smještaj i veličina prozora
- Rolete
- Raspored prostorija
- Vegetacija u okolini

Prozori koji se ugrađuju u pasivnoj kući su dvostruki ili trostruki, sa staklima s *low-e* premazom, punjeni s argonom, prekinutim toplinskim mostom čiji je koeficijent prolaza topline  $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Izgradnja pasivne kuće je skuplja oko 20%, međutim treba imati u vidu da takva kuća ima smanjenu potrošnju toplinske i rashladne energije, pa su kotlovi i rashladne jedinice manjeg kapaciteta, što podrazumijeva i niže investicijske troškove za kotlove, radijatore i rashladne jedinice.

Standard „Passivhaus“ za centralnu Europu zahtjeva ispunjenje sljedećih zahtjeva:

- Kuća ne smije koristiti više od  $15 \text{ kWh/m}^2$  ili 1 litru lož ulja po  $\text{m}^2$  za grijanje i hlađenje prostorija.
- Ukupna potrošnja energije (energija za grijanje i hlađenje prostorija, topla voda i struja) ne smije biti veća od  $42 \text{ kWh/m}^2$  godišnje.
- Ukupna potrošnja primarne energija (izvorna energija za električnu energiju i slično) ne smije biti veća od  $120 \text{ kWh/m}^2$  godišnje.

Da bi dobili uvid u rigoroznost ovih zahtjeva možemo napraviti usporedbu kuće napravljene prema Passivhaus standardu s kućama koje su napravljene prema lokalnim regulacijama u nekim državama:

- U SAD-u kuća napravljena prema Passivhaus standardu koristi između 75% i 95% manje energije za grijanje i glađenje prostorija od kuća napravljenih prema trenutnim zakonima za energetska efikasnost. Pasivna kuća u kampu za njemački jezik u Waldsee-u, Minnesota, koristi 85% manje energije od kuća napravljenih prema graditeljskim kodovima Minnesota-e.
- U Ujedinjenom kraljevstvu prosječna kuća napravljena prema Passivhaus standardu bi koristila 77% manje energije za grijanje i glađenje prostorija u usporedbi s lokalnim građevinskim regulacijama.
- U Irskoj se računa da bi tipična pasivna kuća koristila 85% manje energije za grijanje prostorija i bilo bi 94% manje ugljičnih emisija u odnosu na kuću napravljenu prema lokalnim građevinskim regulacijama iz 2002. godine.

Troškovi gradnje pasivne kuće su u prošlosti bili znatno veći od troškova gradnje normalne kuće, ali s razvojem tehnologija i većom potražnjom za specijalno dizajniranim građevinskim komponentama cijena izgradnje je sad znatno manja nego što je bila. Na primjer, u Njemačkoj je trenutno moguće konstruirati pasivnu kuću za otprilike istu cijenu kao što je potrebno i za normalnu kuću. Prema dostupnim podacima postoji preko 150.000 različitih pasivnih kuća, kako pojedinačnih domaćinstava i kuća u nizu ili manjih stambenih zgrada, što ne začuđuje budući da je u Njemačkoj realiziran sustav poticanja pasivne gradnje kako na nacionalnoj, tako i na lokalnoj razini, a koji uključuje povoljne kredite i dodatne mjere poticanja. U Austriji je tako, do sada realizirano oko tisuću pasivnih kuća, a prva u Hrvatskoj je sagrađena u Brestovju kraj Zagreba u realizaciji prof. Ljubomira Miščevića, a u vlasništvu g. Branka Mihaljeva. Ukupna cijena gradnje pokazala se 20% višom nego u slučaju klasične gradnje, a nakon isteka perioda amortizacije postignute uštede trebale bi se pokazati drastičnima. Nažalost, u sustavu poticaja stanogradnje u Hrvatskoj, osim klasičnih poreznih olakšica za sada ne postoje direktni poticaji za izgradnju ovakvih niti sličnih objekata.

## 2.3 Kuće nulte energije

Kuća s nultom neto energetsom potrošnjom i nultom neto emisijom ugljičnog dioksida godišnje naziva se kuća nulte energije (*eng. zero-energy house*). Nulta neto energetska potrošnja znači da bi kuća nulte energije mogla biti nezavisna od energetske mreže, ali u praksi to znači da se u nekim periodima energija dobiva iz energetske mreže, a u ostalim periodima se vraća u energetska mrežu (zbog toga jer su obnovljivi izvori energije uglavnom sezonski). Da bi se to postiglo energija se mora generirati unutar kompleksa koristeći obnovljive izvore energije koji ne zagađuju okoliš. Kuće nulte energije zanimljive su i zbog zaštite okoliša jer se zbog obnovljivih izvora energije ispušta vrlo malo stakleničkih plinova.

Postoji nekoliko detaljnijih definicija kojima se određuje što zapravo znači kuća nulte energije, a najveće razlike odnose se na definicije unutar Europe u odnosu na Sjevernu Ameriku.

- Nulta neto potrošnja energije unutar kompleksa (*eng. net zero site energy use*) - U ovoj vrsti kuće nulte energije količina energije proizvedena unutar kompleksa koristeći obnovljive izvore energije jednaka je količini energije koja je potrošena unutar kompleksa. U SAD-u kuća nulte potrošnje definira se ovom definicijom.
- Nulta neto potrošnja izvorne energije (*eng. net zero source energy use*) - Ova vrsta kuće nulte energije proizvodi istu količinu energije koju i potroši, a uz to mora proizvesti i energiju koja se troši prilikom transporta energije do kuće. Ovaj tip znači uzima u kalkulaciju i gubitke prilikom prijenosa električne energije. Ova vrsta kuće nulte energije mora generirati više električne energije od kuće s nultom neto potrošnjom energije unutar kompleksa.
- Nulta neto energetska emisija (*eng. net zero energy emissions*) - Izvan SAD-a i Kanade kuća nulte energije definira se kao kuća s nultom neto energetsom emisijom, a to je poznato još i kao kuća bez ugljičnog otiska ili kuća bez emisija. Pod ovom definicijom podrazumijeva se balansiranje ugljičnih emisija koje su generirane upotrebom fosilnih goriva unutar ili izvan kompleksa s količinom energije koja je unutar kompleksa

proizvedena koristeći obnovljive izvore energije. Ostale definicije ne uključuju samo emisije ugljika u fazi korištenja kuće, već se dodaju i emisije nastale prilikom konstruiranja i izgradnje kuće. Postoje još i debate oko toga trebaju li se u kalkulaciju uzeti i emisije nastale zbog prijenosa energije prema kući i iz kuće natrag u mrežu.

- Nulta neto cijena energije (eng. *net zero cost*) - U ovom tipu kuće cijena kupovanja energije balansirana je s cijenom energije koja se prodaje mreži, a generirana je unutar kompleksa. Ovakav status ovisi o tome kako distributer energije nagrađuje generiranje energije unutar kompleksa (isplata, kompenzacija, ili nešto drugo).
- Nulta potrošnja energije van kompleksa (eng. *net off-site zero energy use*) - Prema ovoj definiciji kuća bi se mogla smatrati kućom nulte energije i u slučaju kad je 100% energije koju kupuje generirano pomoću obnovljivih izvora energije, čak i ako su ti izvori energije van kompleksa.
- Odvojena od mreže (eng. *off-the-grid*) - Kuće nulte energije koje su odvojene od mreže, tj. nisu priključene na nikakav izvor energije koji nije unutar kompleksa. Takve kuće zahtijevaju distribuiranu proizvodnju energije iz obnovljivih izvora i pripadajuće kapacitete za pohranu te energije (za slučaj kad sunce ne sije, vjetar ne puše i slično).

## 2.4 Autonomne kuće

Autonomna (eng. *autonomous building, house with no bills*) kuća je zamišljena da normalno funkcionira nezavisno od infrastrukturne podrške izvana. Prema tome nema priključka na mrežu za distribuciju električne energije, vodovod, kanalizaciju, odvodnju, komunikacijsku mrežu, a u nekim slučajevima nema ni priključka na javne prometnice. Autonomna kuća je mnogo više od energetske učinkovite kuće – energija je u ovom slučaju samo jedan od resursa koje je potrebno dobiti iz prirode.

## 2.5 Kuće s viškom energije

Kuća s viškom energije (eng. *energy-plus-house*) je kuća koja u prosjeku tokom cijele godine proizvede više energije koristeći obnovljive izvore energije nego što je uzme iz

vanjskih sustava. Ovo se postiže upotrebom malih generatora električne energije, niskoenergetskih tehnika gradnje poput pasivnog solarnog dizajna kuće te pažljivog odabira lokacije za kuću. Mnoge kuće s viškom energije su gotovo nerazlučive u odnosu na tradicionalne kuće jer jednostavno koriste najefikasnija energetska rješenja (aparati, grijanje, itd.) kroz cijelu kuću. U nekim razvijenim državama tvrtke za distribuciju električne energije moraju kupovati višak energije iz takvih kuća i tim pristupom kuća umjesto da je vječni trošak može zarađivati novac za vlasnika.

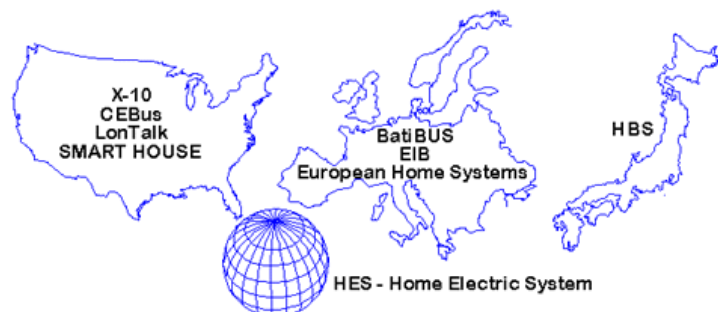
### 3. PROTOKOLI

Mrežni protokol je skup standardnih pravila za prikaz, signaliziranje, i ovjeravanje podataka, te provjeravanje od grešaka koje je potrebno izvršiti da bi se podatak uopće poslao. Protokoli su standardi koji omogućavaju računalima da komuniciraju preko mreže.

Specifikacija protokola obično uključuje:

- Format poruke koja se prenosi
- Tretman greške u komunikaciji

Prvi korak implementacije ideje bio bi definiranje pravila (protokola) kako će međusobno komunicirati određeni uređaji u objektu. U ovom poglavlju se opisuju najpoznatiji protokoli za inteligentnu automatizaciju objekata. X-10 protokol iz 70-ih godina prošlog stoljeća kao pokretač daljnjih istraživanja i razvijanja tehnologije automatizacije objekata. EIB/KNX protokol koji je ujedinio *European Home Systems*, *BatiBUS* i *European Installation Bus*. Ovi protokoli su u začetku koristili samo vodiče kao medij za prijenos informacija, danas postoji tendencija prema bežičnom prijenosu. Tako su i razvijeni novi protokoli koji su kompatibilni sa, danas najraširenijim, EIB/KNX sustavima. Neki od njih kao što su KNX.RF (Radio Frequency), Z-Wave, EnOcean su spomenuti u daljnjem tekstu.



Slika 2. - Prikaz korištenih protokola u kućnoj automatizaciji u svijetu

## 3.1 X-10 PROTOKOL

Cijela priča počinje, sad već davnih, '70-ih godina prošlog stoljeća u gradiću Glenrothes u Škotskoj. Tvrtka idejni začetnik cijelog projekta jest Pico Electronics Ltd. čiji su investitori uvidjeli mogućnost razvoja 'naprednih' integriranih krugova na rastućem tržištu elektroničkih kalkulatora. Svaki puta kada bi Pico započinjao novi projekt, ovaj bi dobivao svoj 'eksperimentalni' broj. Tada im je jedini posao bio kako sprovesti da jedan integrirani krug upravlja cijelim kalkulatorom. Prekretnicu u ovoj priči predstavlja projekt pod rednim brojem #9 koji je obavljan za tvrtku BSR (British Sound Reproduction) i koji sam po sebi nema veze sa samim X-10, no uskoro nakon toga ista tvrtka zatražila je novi projekt koji će omogućiti bežičnu metodu daljinskog upravljanja njihovih komponenti. Taj eksperiment bio je pod rednim brojem #10 ili jednostavnije X-10. Ubrzo su sami X-10 uređaji zasjenili BSR audio opremu za koju su originalno zamišljeni. Shvativši da su SAD najbolje tržište za takve uređaje, prva prezentacija novih proizvoda dogodila se upravo u New York-u 1978. godine. Povijest je pokazala da su SAD najplodnije tržište gdje se danas X-10 nalazi u preko 10 milijuna kućanstava.

Danas se često pojavljuje zabuna u terminologiji. Iako danas postoji otprilike 10ak tvrtki koje proizvode 'X-10 kompatibilne' uređaje, one nisu u vlasništvu X-10 Ltd. Zbog toga se današnja upotreba termina 'X-10' obično odnosi na protokol ili kompatibilne uređaje, a ne baš na specifičnu tvrtku.

### 3.1.1 Što je X-10

X-10 je komunikacijski 'jezik' koji omogućava kompatibilnim proizvodima međusobnu komunikaciju koristeći postojeće električno ožičenje u kući. Većina X-10 kompatibilnih uređaja su vrlo pristupačni, a činjenica da koriste već postojeće ožičenje znači da skupo dodatno ožičenje nije potrebno. Ugradnja je jednostavna; odašiljač priključen na jednom mjestu u kući šalje svoje kontrolne signale (on, off, dim, bright i sl.) prijemniku priključenom na mrežu na nekoj drugoj lokaciji u kući.

Koristeći jednostavne brojčanike ili tipke može se pridijeliti svakom proizvodu jedna od ukupno 256 adresa. Naravno, to nije i maksimalni broj uređaja koji se mogu kontrolirati na taj način jer uvijek postoji mogućnost da dva ili više uređaja imaju istu adresu stvarajući tako grupu koja simultano odgovara svakoj naredbi odašiljača. Broj odašiljača također nije ograničen, svaki od njih može upravljati svakim prijemnikom odnosno uređajem. Dakle, dva ili više odašiljača mogu upravljati jednim te istim uređajem.

Većinu vremena X-10 uređaji će raditi bez ikakvih problema, no s obzirom da rade preko kućne električne mreže, mogu se pojaviti problemi u dvije situacije. Prva je kad neki od kućnih uređaja koji imaju motore poput usisavača, sušilice ili čak mlinca za kavu generiraju šum na naponsku mrežu, ili pak kod napredne elektronike ('switcher' napajanja na prijenosnim računalima i sl.). Navedena problematika bit će detaljnije analizirana kasnije. Drugi problem predstavlja pomak u fazi koji se prilično lako rješava pomoću 'coupler-a'.

Prednosti:

- Cijena
- Nepotrebno dodatno ožičenje
- Jednostavna instalacija
- 100 – tine kompatibilnih uređaja
- upravljanje do 256 uređaja
- vremenski dokazan – preko 30 godina

Primjena:

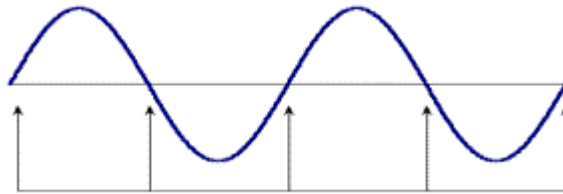
- Rasvjeta
- Sigurnosni sistemi
- Termostati
- Telefonski sustavi

### 3.1.2 Princip rada

Metoda korištena kod X-10 je bazirana na jednostavnom 'data frame-u' sa osam bitova odnosno jednim bajtom kojem prethodi prije utvrđeni start kod. Problematični dio te

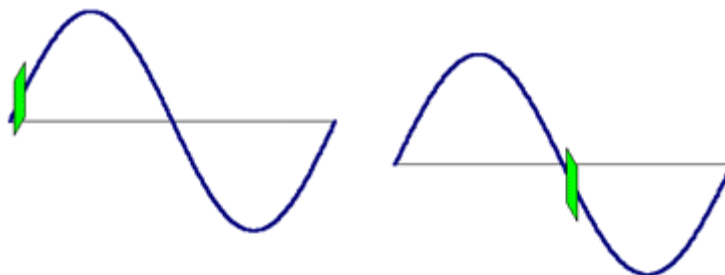


tehnologije nije sustav binarnih podataka već način kako iste prenijeti od odašiljača do prijamnika. Ključ je u tome da svaki uređaj ima ugrađeni detektor prolaska sinusa napajanja kroz nulu čime se omogućuje međusobna sinkronizacija svih postojećih uređaja. Time prijamnik otvara 'prozor' dva puta tijekom svake periode sinusa što samo po sebi govori da X-10 jedinice ne poznaju razliku između prelaska iz pozitivnog u negativno ili obrnuto.



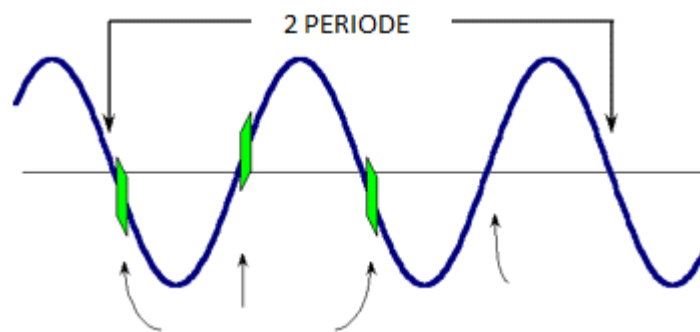
Slika 3. - Prolasci sinusa kroz nulu

Kako zapravo ne postoji neka direktna veza između pojedinih uređaja, potreban je način kako prenijeti podatke preko postojeće mreže. Dakle, kao 'nosilac' podataka koristi se sinusoidni napon mreže, a stvarni podaci šalju se u obliku signala frekvencije 120kHz u trajanju od 1ms. Taj signal zbog približno 2000 puta veće frekvencije od frekvencije mreže izgleda poput rafala odnosno pulsa. Rafal se emitira što je moguće bliže prolasku sinusa mreže kroz nulu. Da bi cijeli sustav funkcionirao potrebni su komplementarni parovi bitova. Stoga je binarna '1' definirana kao pojava pulsa, praćena nedostatkom istog, a binarna '0' je definirana komplementarno, dakle prvo dolazi praznina koja je praćena pulsom odnosno rafalom na slijedećem prolasku kroz nulu.



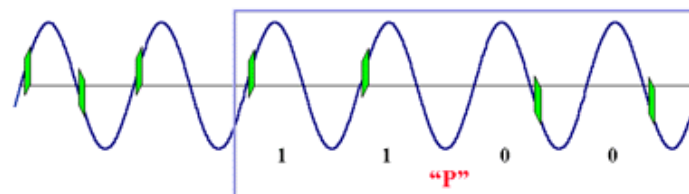
Slika 4. - Komplementarni bitovi - binarno „1“ (lijevo) i binarno „2“ (desno)

Kako bi odredili predvidljivu startnu točku, svaki paket podataka (*eng. data frame*) uvijek počinje sa šest početnih čistih prolazaka sinusa mreže kroz nulu, njima slijedi „START KOD“ (Slika 5.) koji se sastoji od tri uzastopna prolaska kroz nulu i sadrže puls, te jednim čistim. Tome slijedi adresa uređaja kojim se želi upravljati, a kasnije i sama naredba. Takav princip znači da nije bitno da li cijeli prijenos odnosno „START BIT“ počinje na pozitivnom ili negativnom prelasku kroz nulu, to jednostavno nije važno.



Slika 5. - Start kod

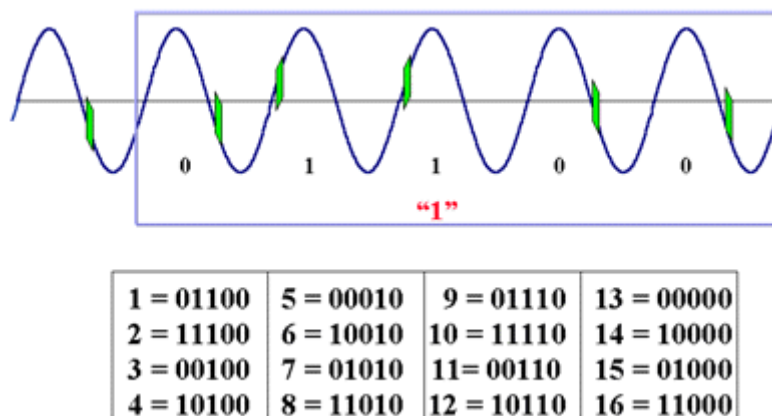
Jednom kad je Start bit poslan, šalje se prvi 'nibble' odnosno prvih četiri bita. Kako bi se, što je više moguće, olakšalo potrošaču upravljanje uređajima, tih prvih četiri bitova dobili su slovne kodove. Također je odlučeno da se nasumično pomiješaju binarne kombinacije tako da A ,B, C kodovi ne padaju u predvidljivi binarni uzorak, a vidljivo je da 'M' kod predstavlja početnu kombinaciju.



|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| A = 0110 | E = 0001 | I = 0111 | M = 0000 |
| B = 1110 | F = 1001 | J = 1111 | N = 1000 |
| C = 0010 | G = 0101 | K = 0011 | O = 0100 |
| D = 1010 | H = 1101 | L = 1011 | P = 1100 |

Slika 6. - Slovni kodovi

Nakon prvih četiri bita slijedi i brojčani kod koji je predstavljen sa slijedećih četiri bita, te petim koji je zapravo funkcijski bit. Taj posljednji bit označava da ukoliko je on '0' tada njemu prethodnih četiri bita su dio adrese.

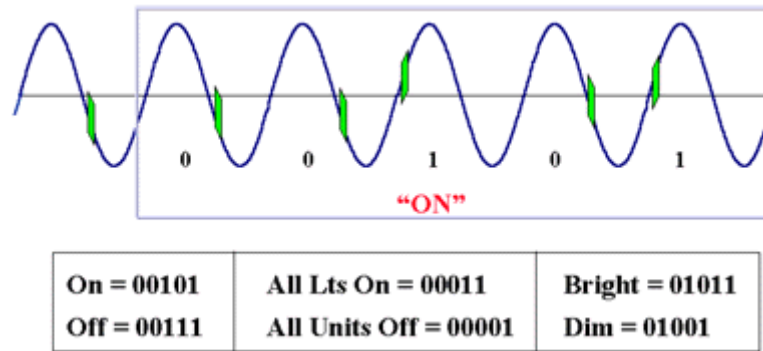


Slika 7. - Brojčani kodovi

Iz razloga redundancije i pouzdanosti, te zbog akomodacije linijskih repeater-a X-10 protokol zahtjeva da se svaki data frame prenese dva puta.

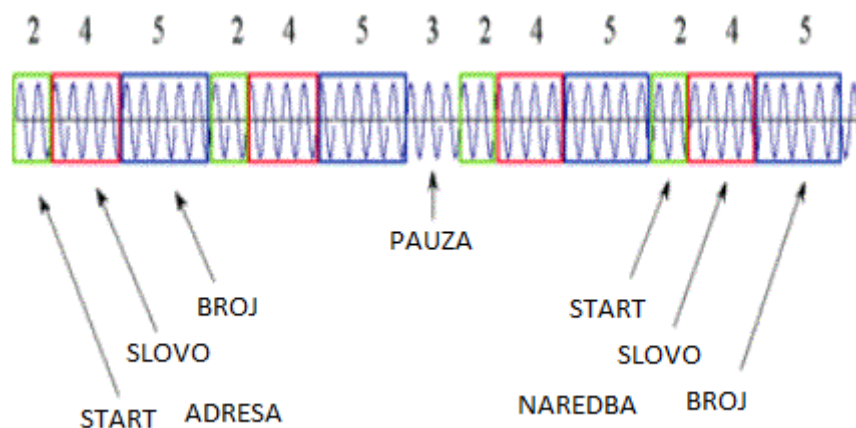
Kad god se podaci koji se prenose promijene iz jedne adrese u drugu, iz adrese u naredbu ili iz naredbe u naredbu, paketi podataka moraju biti razmaknuti za barem šest čistih prolazaka sinusa mreže kroz nulu odnosno tri ciklusa istog.

Nakon prenesene adrese na redu je i sama naredba. Kao i kod adrese, slanje opet mora započeti Start kodom, a tada slijede slovni kod, te naposljetku naredba. Sama naredba se sastoji od 5 bitova, a posljednji je funkcijski bit čija '1' označava da 4 bita koji mu prethode predstavljaju naredbu, a ne dio adrese kod koje taj funkcijski bit iznosi '0'. Kao što je to slučaj i kod adrese, i ovaj dio se prenosi dva puta. Na slici dolje primjer je naredbe 'ON', a priloženo je i 6 najčešćih naredbi.



Slika 8. - Kodovi naredbi

Nakon objašnjenja pojedinih dijelova X-10 protokola može se utvrditi i krajnji oblik cijelog prijenosa. Dakle, sama adresa traje 9 bitova, komanda također. U pitanju je po jedan bajt, kao što je već prije rečeno, te po jedan funkcijski bit na krajevima. Svaki od njih počinje Start kodom, a između adrese i naredbe moraju biti tri čista ciklusa sinusoide mreže. Uz sve to potrebno je uzeti u obzir i zahtjev da se svi paketi podataka prenose dvostruko. Iz čega se na kraju može zaključiti da je za jednu transmisiju potrebno 47 perioda sinusoide mrežnog napona frekvencije 60Hz (koristi se zbog SAD-a kao glavnog tržišta, ali isto vrijedi i za 50 Hz). To znači da je za uobičajen prijenos potrebno 0.7833 [s] ili praktično gledano nešto ispod 1 sekunde. Naravno, za neke naredbe potrebno je i manje vremena. Kad se šalje naredba „All-Lights-On“ nije potrebno slati adresu pa cijeli prijenos traje samo 0.3666 [s] ili čak polovinu tog iznosa ukoliko prijammnici reagiraju već na prvi paket. Ti iznosi su čisto znakoviti jer takva brzina je, praktično gledano, ionako i više nego zadovoljavajuća.



Slika 9. - Prikaz paketa naredbe

### 3.1.3 Problematika X-10 protokola

Kao što je već prije spomenuto i X-10, bez obzira na njegovu pouzdanost, nije savršeni sustav. I ovdje postoje problemi, no na sreću nisu nerješivi. Prvi i ujedno manji problem su kućanski aparati koji sadrže motore koji generiraju šum. Drugi i veći problem predstavljaju moderniji elektronički uređaji koji zbog svoje kompleksnosti zahtijevaju što 'čišće' napajanje. X-10 signali putuju kroz cijelu mrežu, bez obzira da li se na pojedinom mjestu nalazi prijemnik ili ne, a zanimljiva je i analogija s vodenim tlakom u cijevima koja kaže da voda ide u svaki kutak svog sustava. Stvar je u tome da je električna impedancija na 120 kHz vrlo niska s obzirom na ostale uređaje, pa stoga predstavlja put malog otpora prema masi. Problem za X-10 predstavljaju napajanja za pojedine elektroničke uređaje poput kompjutera, TV-a ili sl. čija je funkcija da koristeći dodatne filtre uklone eventualne šumove ili njihove nepravilnosti naponske mreže. Nažalost, njima X-10 signal izgleda upravo tako i oni ga pokušavaju potisnuti. Tako da, što je dotični 'usisavač' signala bliži odašiljaču, veći će biti i njegov utjecaj na signal. To je ujedno i najjednostavniji odgovor na ovaj problem. Bolje, sofisticiranije, a time i skuplje rješenje su adapteri koji služe kao sučelje između naponske mreže i spominjanih filtra u napajanju.

## 3.2 EIB/KNX PROTOKOL

EIB je kratica za *European Installation Bus*. EIB/KNX je vodeći svjetski sustav inteligentnih električnih instalacija, koji će u dogledno vrijeme u potpunosti zamijeniti tradicionalne električne instalacije i pružiti mogućnost da svoj životni prostor prilagođavamo sami sebi. EIB/KNX sustav preuzima brigu i kontrolu nad svim funkcijama u stanu, obiteljskoj kući, uredu, hotelu i svakom drugom objektu namijenjenom za boravak ljudi. Tehničkih ograničenja nema, u smislu obima sustava ili zagušenja protoka informacija; ograničenja ovise isključivo o kreativnosti projektanta i željama korisnika.

EIB/KNX sustav može biti složeniji ili jednostavniji, o čemu će ovisiti broj komponenti integriranih u sustav. Sustav funkcionira kao određen broj komponenti smještenih u prostoru od kojih svaka vrši funkciju za koju je namijenjena. Sve komponente međusobno su povezane paricom preko koje međusobno komuniciraju.

EIB/KNX komponente možemo u grubo podijeliti u dvije osnovne grupe:

- komponente koje prikupljaju informacije izvana i šalju ih u sustav (senzori pokreta, dima, plina, vode, foto senzori, meteorološka centrala, IC-senzori, senzori temperature, termostati, digitalni, te analogni ulazi i sl.)
- izvršne komponente koje će na osnovu informacija dobivenih u sustav odraditi funkciju za koju su namijenjene (dimmeri rasvjete, kontroleri rasvjete, roleta, prozora, elektronički releji, logičke jedinice, digitalni, te analogni izlazi i sl.)

Sustav se programira na način da na osnovu podatka koje smo dobili u sustav šaljemo nalog određenoj komponenti da obavi svoju funkciju. EIB/KNX sustav je, dakle, decentralizirani sustav što nam pruža dodatnu prednost, prvenstveno jednostavnost izvođenja električnih instalacija u odnosu na tradicionalni način i uštedu u količini kabela u odnosu na centralni nadzorni sustav. Prednost nad centralnim nadzornim sustavima (PLC-ima) dajemo EIB sustavu u još nekim segmentima, prvenstveno funkcioniranje EIB sustava ne ovisi o "centralnoj komponenti" (jer je nema). Isto tako, sustav možemo nadograditi novim komponentama i dodatno programirati budući su sve komponente međusobno kompatibilne, bez obzira na vrijeme proizvodnje i proizvođača. Svaki proizvođač dužan je besplatno

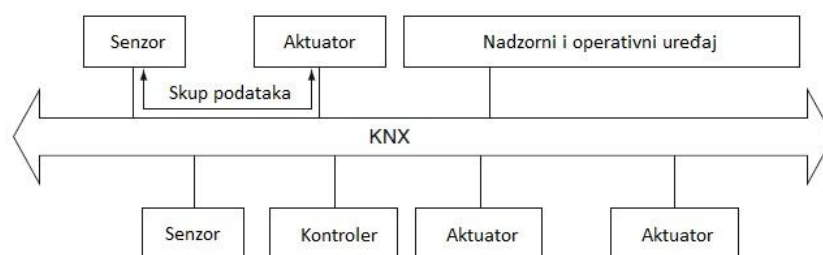
omogućiti nadogradnju softvera putem svoje web stranice. EIB sustav svakim danom napreduje i nadopunjuje novim komponentama, čime se proširuju mogućnosti sustava.

Kada jedan uređaj šalje podatke na drugi, najprije pohranjuje informacije u paket podataka (*eng. data frame*), a zatim ih digitalno prenosi preko sabirnice (*eng. BUS*). Različiti mediji mogu se koristiti za prijenos informacija (detaljnije objašnjene u poglavlju 3.2.5):

- KNX.TP (*eng. twisted-pair*) - dvožilni vodič
- KNX.PL (*eng. power-line*) - električni vod
- KNX.RF (*eng. radio frequency*) - radio frekvencija
- KNX.IP (*eng. internet protocol*) – optički ili ethernet kabel

Uređaji koji sudjeluju u izvršavanju funkcija razmjene informacija povezani su izravno jedni s drugima. KNX (prvenstveno KNX.TP) može biti instaliran u nove stambene i poslovne objekte, ali isto tako može biti integriran u starijim zgradama (KNX.PL i KNX.RF).

KNX je ratificiran od strane CENELEC kao europski standard EN 50090 u prosincu 2003. U 2006. velik dio EN 50090 standarda je odobren za uključivanje u ISO / IEC International Standard 14543, kojim KNX postaje jedini u svijetu otvoreni standard za upravljanje kućama i zgradama. To znači da uređaji različitih proizvođača mogu komunicirati sa svakim ostalim uređajima preko KNX.



Slika 10. - Način povezivanja EIB/KNX mreže uređaja

Na primjer: KNX se može koristiti za kontrolu rasvjete, roleta ili tende. Senzor ili kontroler rasvjete, generira naredbu, a zatim ga prenosi u obliku paketa podataka preko

sabirnice u aktuator. Čim aktuator primi paket podataka, šalje odgovor natrag te izvršava naredbu.

### 3.2.1 Prednosti EIB/KNX protokola

Veći komfor i udobnost, veću sigurnost i niži utrošak energije - to su glavni faktori za sve veći broj električnih instalacija i (industrijski) komunikacijskih sustava u modernim stambenim i poslovnim zgradama.

Podjela EIB/KNX komponenti:

- Sensori (svjetlosni senzor, senzor pokreta, prekidači)
- Aktuatori (releji, dimmeri, motori)
- Uređaji za upravljanje i regulaciju (termostati)
- Uređaji za nadzor i vizualizaciju kao što su kontrolne ploče

Ovi uređaji se koriste za implementaciju različitih funkcija kao što su:

- Ulazne i izlazne funkcije
- Funkcije procesuiranja
- Funkcije upravljanja
- Operacijske funkcije

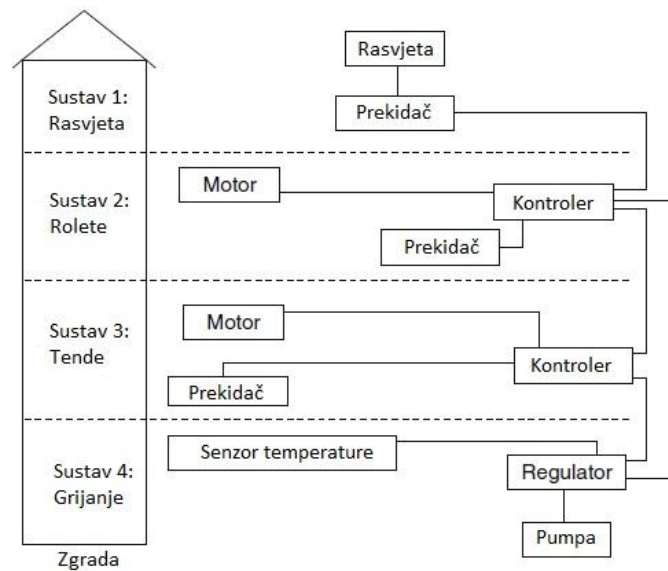
U cilju obavljanje složenijih funkcija, ovi uređaji moraju biti u stanju komunicirati sa svim ostalim uređajima, drugim riječima, one moraju biti u mogućnosti za razmjenu informacija.

### 3.2.2 Konvencionalna upravljača tehnologija

U objektima sa klasičnim instalacijama, svaki sustav (rasvjeta, grijanje, klima uređaj, i sl.) planiraju i izvode za to specijalizirane tvrtke. Sensori i aktuatori su obično spojeni na



kontrolnu i upravljačku ploču preko (eng.) „*point-to-point*“ veze. To dovodi do znatnog povećanja vremena, truda i troškova planiranja, ožičenja, puštanja u pogon i održavanje ovakve vrste instalacija. Nadalje, više žica daje veći rizik od požara.



Slika 11. - Konvencionalna tehnologija – odvojeni sustavi – visoki troškovi kabliranja

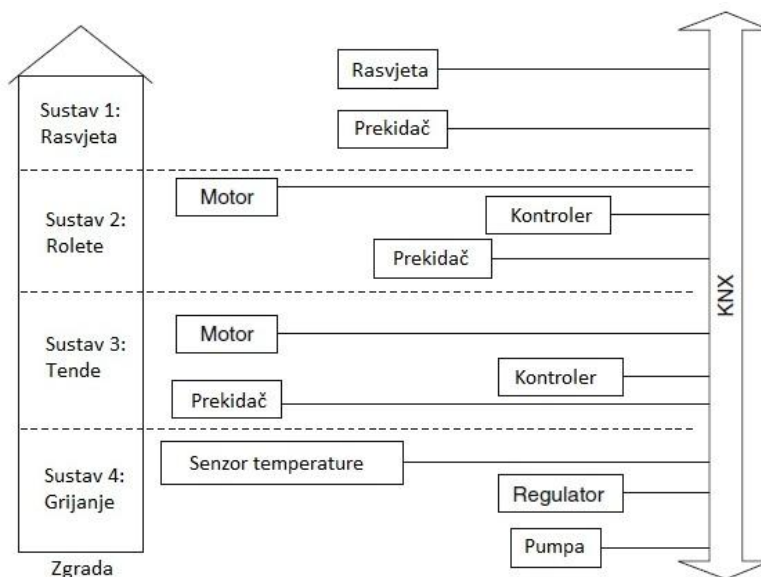
Spajanje ovih sustava, tako da bi svi mogli biti centralno nadzirani, zahtijevalo bi velike količine električnih instalacija. Povećanje funkcionalnosti i upotrebljivosti konvencionalnih instalacija je čini složenom, kompliciranom i skupom.

### 3.2.3 Korištenje EIB/KNX upravljačke tehnologije

KNX je razvijen za korištenje u svim ključnim sustavima kontrole objekata i omogućuje planiranje i provedbu pojedinih sustava zajedno kao jedinstvenu mrežu uzajamnih sustava. Svi uređaji u raznim sustavima imaju standardiziranu KNX vezu, tako da mogu komunicirati sa ostalim uređajima.

To pojednostavljuje planiranje i implementaciju izgradnje funkcija i osigurava vrhunsku funkcionalnost, fleksibilnost i udobnost, bez ikakvog dodatnog napora i troškova. Nema potrebe za kontrolnim centrom, jer svaki uređaj ima svoj vlastiti mikrokontroler. Postavljanjem odgovarajućih parametara - koji se mogu mijenjati u bilo koje vrijeme – može se narediti uređaju točno ono što treba učiniti. To čini EIB/KNX sustav izuzetno fleksibilnim,

te omogućuje prilagodbu i mogućnost ispunjavanja novih zahtjeva u bilo koje vrijeme. Da li u kući ili poslovnoj zgradi, KNX može se koristiti za kontrolu grijanja, rasvjete, klimatizacije, sigurnosnih sustava potpuno automatizirano.



Slika 12. - Zgrada kontrolirana KNX-om – integrirani sustavi, manji troškovi kabliranja

Nažalost, cijena KNX proizvoda daleko je viša od onih koje se koriste kod konvencionalnih instalacija. Uglavnom, ulaganje se jedino isplati ako je nekoliko sustava povezano jedno s drugim ili ako instalacija mora biti dovoljno fleksibilna kako bi bile podržane brze i efikasne buduće promjene prilikom korištenja.

### 3.2.4 Primjeri primjene EIB/KNX protokola

Funkcije EIB sustava primjenjive u obiteljskim kućama i stanovima:

#### Upravljanje vanjskom rasvjetom (uključivanje – isključivanje)

- ručno (tipkalima, prekidačima, panelom osjetljivim na dodir)
- automatski po vremenskom programu (dnevni, tjedni, godišnji)
- automatski prema nivou osvjetljenja

- automatski senzorima pokreta
- daljinski IC upravljačem
- daljinski prijenosnim računalom preko WLAN veze
- daljinski telefonom, mobitelom
- daljinski PC-om internet vezom

Kombinacijom navedenih načina upravljanja, vanjska rasvjeta uklapa se samo u trenutku kada je to potrebno.

### **Upravljanje unutarnjom rasvjetom (uključivanje – isključivanje - dimmanje)**

- ručno (tipkalima, prekidačima, panelom osjetljivim na dodir)
- automatski prema intenzitetu dnevnog svjetla u prostoru
- daljinski IC upravljačem
- daljinski telefonom, mobitelom, prijenosnim računalom
- glasovno (npr. pljesak, zvižduk)

Način upravljanja unutarnjom rasvjetom odabrat ćemo ovisno o namjeni prostorije.

### **Upravljanje roletama, zavjesama, prozorima (spuštanje-dizanje, otvaranje-zatvaranje)**

- ručno (tipkalima)
- automatski prema meteorološkim uvjetima (kiša, snijeg, vjetar, sunce...)
- daljinski IC upravljačem
- prijenosnim računalom preko WLAN-a
- mobitelom ili telefonom

Odabrat ćemo način prema vlastitom izboru u skladu s našim potrebama.

### **Regulacija grijanja i hlađenja**

- prema željenoj temperaturi
- prema vanjskoj temperaturi
- na osnovi zadanih režima rada (po vremenu, noćni režim, dnevni režim)

Upravljanje i regulacija grijanjem i hlađenjem ima zadatak pružiti komfor i uštedu energenata do granice koju postavljamo sami.

### **Otvaranje i zatvaranje vrata (dvorišnih, garažnih, stubišnih, ulaznih...)**

- IC upravljačem
- WLAN vezom
- mobitelom
- telefonom
- internetom
- bezkontaktnom karticom
- pristupnim kodom

Odabrat ćemo jedan ili više načina po želji korisnika.

### **Zaštita od požara, poplave, curenja plina**

- sensorima dima, plina, CO<sub>2</sub>, vode, sensorima za vrata i prozore
- dojava na mobitel, telefon

EIB sustav detektirati će požar i poslati dojavu. Ukoliko dođe do curenja vode, te detektiranjem vode, zatvorit će glavni vodovodni ventil, ili pak, u slučaju curenja plina, zatvorit će glavni dovod.

### **Tipka za poziv u nuždi (SOS tipka)**

Namjena SOS tipke je zaštita ljudi koji trenutno borave u kući. U kući se montira jedna ili više tipki koje imaju zadatak da nakon aktivacije pošalju dojavu na mobitel, telefon i sl., ili aktiviraju neke funkcije u kući prema našim željama. Npr. naizgled nekontrolirano "divljanje" kuće, paljenje i gašenje rasvjete, spuštanje i dizanje roleta, uključivanje alarma, sa zadatkom da izazove psihološki pritisak na neželjenog noćnog posjetitelja.

Navedene načine upravljanja možemo iskoristiti istovremeno za realizaciju velikog broja funkcija prema našim željama.

### 3.2.5 Izvedbe EIB/KNX protokola ovisno o mediju

KNX.TP (eng. *twisted-pair*) – dvožilni vodič

Ovaj komunikacijski medij, dvožilni vodič, se najčešće koristi za prijenos informacija zbog svoje cijene i jednostavnosti postavljanja posebno ukoliko se radi o novogradnji gdje se tek postavljaju električne instalacije. KNX ima certificirane različite tipove kablova. Klasični dvožilni upleteni kabel se naziva YCYM dimenzija 2 mm x 2 mm x 0.8 mm. Bužir je zelene boje, te sadrži dva para žica koje su oklopljene aluminijskom folijom kako bi se zaštitile od elektromagnetskih smetnji električnih kablova. Crvena (+) i crna (-) žica se koriste za napajanje EIB/KNX uređaja električnom energijom i u isto vrijeme za prijenos podataka, dok žuta i bijela žica služe kao rezerva, za na primjer, opskrbljivanje uređaja dodatnom električnom energijom ukoliko je to potrebno. Brzina prijenosa iznosi 9600 bita u sekundi, te je koncept preuzet od EIB-a.



Slika 13. - Vodič po EIB/KNX standardu

KNX.PL (eng. *power-line*) - električni vod

Ovaj komunikacijski medij, električni vod, može dosezati brzine do 1200 bita u sekundi, također je preuzet od EIB-a. EIB i KNX PL110 certificirani proizvodi mogu međusobno komunicirati i raditi preko iste distribucijske mreže električne energije.

KNX.RF (eng. *radio frequency*) - radio frekvencija

KNX uređaji koji podržavaju ovaj komunikacijski medij koriste radio signale za prijenos KNX telegrama. Telegrami se prenose sa 868 MHz (uređaji kratkog dometa) frekvencijskom pojasu, sa maksimalnom snagom zračenja 25 mW i prijenosom od 16.384

kBit/sec. Proizvodi za KNX.RF medij se mogu razvijati sa standardnim industrijskim komponentama, te omogućavaju jednosmjernu ili dvosmjernu komunikaciju. Glavna odlika im je mala potrošnja i prikladni su za male i srednje instalacije. U rijetkim slučajevima su neophodni retransmiteri.

#### IP (Ethernet)

Kao što je dokumentirano u KNXnet/IP specifikacijama, KNX telegrami se mogu, također, prenositi u obliku IP telegrama. Na taj se način, LAN i Internet mogu koristiti kao put za KNX telegrame. Tako IP ruteri postaju alternative USP priključku. U tom slučaju, uobičajena glavna TP linija je zamijenjena brzom linijom Ethernet-a.

### 3.3 Bežični načini prijenosa informacija

Glavne prednosti:

- Smanjeni troškovi instalacije i proširivanja sustava
- Postavljanje senzora gdje nije moguće kabliranje
- Fleksibilnost spajanja mobilnih uređaja

Uporaba bežičnih tehnologija u domu i objektima (eng. *Home and Building Automation*) nudi nekoliko prednosti. Prvo, trošak instaliranja sustava značajno je smanjen jer nije potrebno kabliranje. To je osobito korisno kada je, prilikom novih ili promijenjenih uvjeta, potrebno proširenje mreže. Žičana rješenja zahtijevaju vodiče, dok se bežična čvorišta mogu lako dodavati. To čini bežične instalacije jeftinijim troškovima ulaganja.

Bežična tehnologija omogućuje da se senzori postave gdje kabliranje nije prikladno radi estetskih, konzervatorskih ili sigurnosnih razloga. Primjeri uključuju reprezentativne zgrade sa potpuno ostakljenom arhitekturom, povijesne građevine, te u industrijskim područjima. U daljnjem slučaju, jaka elektromagnetska interferencija može biti štetna za čvorišta. Dugi vodiči su također skloni stvaranju razlike električnog potencijala, koji je bezopasan za mrežne uređaje i korisnike, ali može generirati iskre i kao takvi su neprihvatljivi zbog sigurnosnih rizika u eksplozivnim okolinama (osim ako su skupe zaštitne mjere).

Uz bežične mreže povezivanje mobilnih uređaja kao što su PDA i *Smartphone* sa sustavom automatizacije postaju moguće svugdje i u bilo koje vrijeme, za uređaj točna fizička lokacija više nije presudna za komunikaciju (sve dok je uređaj u dosegu mreže).

Iz svih tih razloga, bežična tehnologija nije samo atraktivan izbor prilikom renoviranja ili obnove objekata, već je pogodan za nova proširivanja instalacija na postojećim.

Potrebe i izazovi:

- Fokus na kontrolu protoka podataka (nizak protok, visoka latencija)
- Niska cijena čvorova

- Veliki broj čvorova
- Dugi vijek trajanja baterije
- Potreba za pokrivanjem velike površine

Što se tiče performansi kriterija propusnosti podataka i latencija, primjene automatizacije objekata imaju manje zahtjeve. Budući da se kontrola grijanja, hlađenja i ventilacije, HVAC, (*eng. Heating, Ventilating, and Air Conditioning*) mora nositi s visoko inertnim sustavom ipak, jedini značajan izuzetak u vezi latencija je otvorena petlja kontrole rasvjete.

Bežičnim nadogradnjama (ili sažimanjima) dovodi do drugog ograničenja. Za maksimalnu korist, sve žice moraju biti odvojene uključujući i strujne žice. Zbog velike potrošnje u čvorovima u sustavu, baterije se moraju mijenjati ili puniti na svakom bežičnom uređaju svakih nekoliko dana što naravno nije izvedivo.

Prema tome, softver mora biti poduzeti sve što je potrebno kako bi se postigao vijek trajanja baterije od najmanje nekoliko mjeseci. Cilj minimiziranja potrošnje energije također utječe na programiranje komunikacijskih protokola. Na primjer, to je dopustiti čvorovima ulazak u štede režime rada energije (*eng. Sleep mode*) što je češće moguće. To čak može napraviti senzor čvora bez radio prijemnika.

Još jedan izazov leži u činjenici da naprave sustava automatizacije objekata su raspršene u velikim prostorijama. Budući da primopredajnici ne smiju trošiti previše energije, nisu napravljeni da bi područje odašiljanja bio dovoljan za senzore koji bi dohvatili pripadajuće kontrolere ili aktuatorne. Također, oni ne mogu računati na infrastrukturu pristupne točke i osnovnu žičanu mreže (ili osobito osjetljive prijamnike) zbog ekonomskih razloga.

Veliki broj čvorova sustava automatizacije objekata priskače u pomoć, jer omogućava korištenje mrežnih shematskih rješenja. Sa takvim shemama, čvorovi koji nisu u izravnom dometu njihovog komunikacijskog partnera, primaju prosljeđivanjem poruke od drugih čvorova. To je dodana korist redundancije, odnosno ako ne uspije jednom uređaju, komunikacija može biti provedena drugim putovima (što ne mora biti unaprijed utvrđeno prilikom instalacije).

Smetnje:

- Češće u otvorenom mediju



- Slučajne smetnje (susjedne instalacije, tehnologije koje rade na istoj frekvenciji)
- Namjerne smetnje i prislušivanje

Protumjere:

- promjernom frekvencijskog spektra
- robusne tehnike odašiljanja
- odgovarajuće programiranje protokola na višim razinama

Kod bežičnih sustava se mora uzeti u obzir to da će njihov komunikacijski kanal uvijek biti otvoren i za druge korisnike. Susjedne instalacije koje koriste isti protokol su samo mali dio problema. Posebno kod bezlicencnih (*license-free*) ISM (Industrijskih, Znanstvenih, Medicinskih - *eng. Industrial, Scientific, Medical*) frekvencijskih opsega gdje razne bežične tehnologije, od otvaranja garažnih vrata do nadzornih monitora za djecu, se nadmeću za pristup mediju koristeći različite strategije kontrole.

Ti radio-frekvencijski spektri smješteni u uređaju stvaranju tokom rada RF emisije više kao nusprodukt, na primjer mikrovalne pećnice (koje rade na 2,4 GHz). Tako, čvor bežične mreže će vjerojatnije naći svoj kanal ometan za razliku od žičane mreže.

Kod rada u otvorenom mediju postoje i neke posljedice od komunikacijske sigurnosti. Sigurnosni napadi kao što je prislušivanje i odgovaranje više ne zahtijevaju pristup mediju unutar zidova ili stropova. Napadači sada mogu preuzeti neosigurane sustave bez da ikada uđu u objekt. Kao dodatna poteškoća, značajke sigurnosnog protokola kao što su kriptografski algoritmi su ograničeni zahtjevom za nisku potrošnju energije u čvorovima.

Da bi se smanjile smetnje bežičnih uređaja treba odabrati frekvencijski pojas čije odredbe najbolje odgovaraju za njihove komunikacijske karakteristike. Maksimalno dozvoljen prijenos snage i radnog ciklusa su ovdje ključni parametri. Također, robusna modulacija i tehnike prijenosa mogu na primjer širiti signale preko većine raspoloživog frekvencijskog spektara, smanjenjem utjecaja smetnji uskim radio-frekvencijskim spektrom. Ove mjere moraju se nadopuniti odgovarajućim programiranjem protokola na višim razinama. To uključuje metode kao što je potvrđni prijenosi (*eng. acknowledged transmissions*) ili automatski ponovnim prijenosom kako bi se povećala pouzdanost prijenosa. Pogotovo važne sigurnosne aplikacije kao što su nadzor, kontrola pristupa, i alarmni sustavi koji zahtijevaju i protokol podržan za autentikacije, šifriranje, integritet poruke i zaštitu odgovora.

### 3.3.1 KNX i Wireless kontrola

Iako KNX već ima svoj radio-frekvencijski sustav komunikacije kroz medij, ne treba zanemariti i druge bežične tehnologije i razmatranja mogućih sinergija.

WLAN i Bluetooth rade na 2.4 GHz ISM frekvencijskom spektru koji im omogućuje da podržavaju brzinu prijenosa podataka potrebnu za prijenos multimedijskog sadržaja. Ovaj spektar također ima veliku prednost jer ne treba licencu, te je raspoloživ gotovo širom svijeta. Međutim, to također znači da je pretjerano prometan. HBA aplikacije rade s daleko nižim propusnostima. To omogućuje korištenje nižih frekvencija, što ima prednost boljeg prenošenja radio valova s istu količinom utrošene energije. Za komunikacije općom dozvolom, ISM spektar sa 900 MHz su u regiji od posebnog interesa. Nažalost, njihova se frekvencija razlikuje u Europi (863-870 MHz) i SAD (902-928 MHz). Međutim, ona je dovoljno blizu da omogući da se jedan primopredajnik može prilagoditi podešavanjem oscilatora.

Iako je uži spektar od američkog, europski spektar 863-870 MHz je posebno atraktivan jer to je dobro reguliran. Na primjer, kanal za audio aplikacije kao što su bežične slušalice nije dozvoljen između 868 i 870 MHz, ali one imaju svoju frekvenciju na 864 MHz. 868-870 MHz pod-raspona je dodatno podijeljen na dijelove sa različitim ograničenjima na radni ciklus i prijenos snage. Nasuprot tome, uređaji koji koriste SAD 902-928 MHz su samo uz prijenos snage ograničene na 1 W. Dakle, npr., bežični telefoni su glavni izvor smetnji.

U prilogu je moguće vidjeti opću dozvolu radijskih postaja za SRD (*eng. Short Range Device*) uređaje u frekvencijskom pojasu 868.0 – 868.6 MHz u Republici Hrvatskoj (Prilog 1).

### 3.3.2 Z-WAVE

- Naglasak na automatizaciju doma (maksimalno 232 uređaja po mreži)
- Posjedovanje vlastitog protokola (868.4 Mhz EU, 908.4 MHz US)
- Povezivanje mreže sa izvorom usmjerenja
  - Kontroleri: svjesni čitave topologije
  - Rute pomoćnih (*eng. Slave*) uređaja: unaprijed definirane rute
  - Pomoćni uređaji: samo primanje podataka i potvrda

- Glavni kontroler sadrži informacije o topologiji
- Standardne klase uređaja za osnovnu međusobnu komunikaciju

Z-wave protokol (Z-Wave, Zhome) razvijen je s eksplicitnim naglaskom na kontrolu kućanskih aplikacija. Z-Wave djeluje na  $908.42\text{MHz} \pm 12\text{kHz}$  u SAD-u i  $868.42\text{MHz} \pm 12\text{kHz}$  u Europi, koristi se modulacija s frekvencijskim pomakom (*eng. Frequency Shift Keying*). Protok radio-frekvencijskih podataka je 9,6 kbit/s (s mogućnošću do 40 kbit/s). Jedna mreža može sadržavati do 232 uređaja. Veći broj moguće je dobiti premošćenjem mreže.

Z-Wave koristi pristup mrežnog načina umrežavanja s izvorno definiranom rutom, što znači da je kod pošiljatelja cijela ruta već utvrđena pri samom stvaranju paketa podataka. Stoga, samo uređaji koji su svjesni topologije cijele mreže mogu slati specifične poruke na bilo koje odredište. Takvi uređaji se zovu kontroleri. Druga klasa uređaja, pomoćni usmjerivači (*eng. routing slaves*), mogu slati nezatražene poruke na broj prethodno definiranih destinacija. Potrebne rute su preuzete od strane kontrolora na pomoćni usmjerivač (npr., senzor pokreta) tijekom procesa komunikacije. Glavno napajani pomoćni usmjerivači također će se koristiti te rute za prosljeđivanje poruka, u ime drugog čvora. I na kraju, čvorovi koji samo primaju poruke da izvrše neku radnju (npr. dimmeri) se nazivaju (ne usmjerivačkim - *eng. non-routing*) pomoćnim uređajima.

Tu je uvijek jedan kontroler (primarni kontroler) koji sadrži autoritativne informacije o topologiji mreže. Određuje svaki put kada će se i koji uređaj uključiti ili isključiti iz mreže. Rute se automatski postavljaju, a neispravne rute se automatski uklanjaju s uređaja, mijenjajući svoj položaj i radio-frekvencijske transmisijske rute postaju blokirane neko vrijeme.

Sustav kontrole pristupa mediju uključuje detekciju vala nosioca za izbjegavanje kolizije koristeći se nasumičnim (*eng. back-off delays*) odgodama. Transportna (*eng. End-to-end*) potvrdna komunikacija sa jednim uređajem, nepotvrđena komunikacija sa više uređaja (multicast), te odašiljačka (broadcast) komunikacija je u ovom slučaju podržana. Da bi se omogućilo osnovno međudjelovanje sa više dobavljačkih sustava, klasa specifikacije uređaja definira komplet obveznih i opcionalnih naredbi. Trenutno je samo jedan proizvođač za Z-Wave uređaje: tvrtka Zensys, proizvođač integriranih sklopova odnosno čipova (*eng.*

*Integrated Circuit*) mješovitog signala koji sadrže primopredajnik, sa 8051 mikrokontrolerskom jezgrom, te Triac kontroler s detektorom križanja nule i opcionalnom 3DES enkripcijom. Mikrokontroler odašilje oboje, i Z-Wave protokol i aplikacijski softver.

### 3.3.3 EnOcean

- Ideja: koristiti energiju iz okoline
  - Mehanička
  - Toplinska
  - Svjetlosna
- Energetski učinkovit protokol
  - Kratki telegrami < 1ms, 120 kbit/s
  - Ponavljanja u nasumičnim intervalima
  - Nema transportne (*End-To-End*) potvrde
- Jedinstven dobavljač za radio module

Ključna ideja EnOcean [ENO] proizvoda je da koristi dovoljno energije iz okoline da može napajati bežični senzor dovoljno dugo da prikupi sve podatke i pošalje kontrolnom uređaju. To rezultira značajnim smanjenjem potrebe za održavanjem, jer nema više baterije u bežičnim senzorima koje treba mijenjati. Umjesto toga, električna energija osigurana je piezo-električnim elementima, termoparovima (još se ne koristi) ili solarnim ćelijama.

Ovaj koncept mogao bi biti realiziran zahvaljujući tehnološkom napretku kao što je učinkovita pretvorba energije, male snage elektroničnih sklopova, te pouzdan i energetski učinkoviti radio-prijenos. To je uvedeno zajedno s komunikacijskim protokolom visoko optimiranom za uštedu energije. Poruke su veličine od nekoliko bajta (s maksimalnom nosivosti od 6 bajta), te se prenose relativno visokim protokom podataka od 120 kbit/s. Osim toga, strategija kao što je ne emitiranje vodećih nula je također implementirana pa prijenos traje manje od 1 ms. EnOcean koristi amplitudnu modulaciju (Amplitude Shift Keying) modulaciju i RF oscilator koji se može uključiti i isključiti u manje od 1  $\mu$ s. Dakle, oscilator može biti isključen na svakom nultom bitu prijensa, smanjujući time potrošnju energije.

Kratko vrijeme trajanja prijensa paketa podataka rezultira malom statističkom vjerojatnosti od kolizije. Osim toga, paket podataka koji se prenosi se ponavlja tri puta.

Kašnjenje između ponavljanja se nasumce mijenja kako bi se smanjio utjecaj periodičkih smetnji signala. Protokol ne može povećati pouzdanost prijenosa misleći pritom na transportne potvrde zbog toga što bez baterijski odašiljač ne sadrži radio-frekvencijski prijemnik. Niska vjerojatnost kolizije je također predstavljena kao ključni argument koji će se protokol približiti prema mrežama s velikim brojem čvorova.

Postoji samo jedan dobavljač EnOcean radio modula. Trenutno ima 4 vrste radio-telegrama (ovisno o modulu odašiljača) koji identificira različite kombinacije logičkih (*eng. Boolean*) i 8 bitnih cjelobrojnih vrijednosti, čime se osigurava osnovna razina komunikacije između uređaja.

### 3.3.4 KNX.RF

- Radio-frekvencijski medij temeljen na KNX standardu
  - Frekvencija 868.3 MHz, brzine 16.4 kbit/s (FSK)
- Podržava jednosmjerne (*eng. TX-only*) i dvosmjerne uređaje
- Retransmiteri za povećanje područja djelovanja

Osim medija kao što su parica i električni vodič, bežični prijenos se zove KNX.RF (Konnex Radio Frequency). KNX.RF djeluje na 868,3 MHz  $\pm$  40-80 kHz koristeći frekvencijsku modulaciju sa brzinom prijenosa podataka od 16,4 kbit/s. Podatkovna razina koristi FT-3 protokol definiran IEC 870-5-2 standardom.

Kao razmjena između funkcionalnosti i ciljeva niske potrošnje energije i niske cijene, KNX.RF omogućava i jednosmjerne (odašiljačke) uređaje uz konvencionalne dvosmjerne. Eliminiranje prijemnika produžuje vijek trajanja baterije senzora te ih time čini jeftinijima, i zato samo podskup stoga protokola mora biti implementiran. S druge strane, to je nedostatak da se ti uređaji ne mogu konfigurirati putem mreže. Ovime se isključuje mogućnost preuzimanja aplikacija. Preuzimanje aplikacije je međutim također značajno umanjena za dvosmjerne uređaje tijekom 1% korištenja radnog ciklusa koji u praksi koriste frekvencijski pojas. Trenutni KNX.RF uređaji usredotočeni su na lagani (*Easy mode*) način konfiguracije, gdje je to ograničenje je manje bitno.

KNX.RF ne koristi potvrdnu razinu iz nekoliko razloga. Prije svega, samo odašiljački uređaji neće moći primiti potvrde. Isto tako, potvrde će morati uključivati jedinstvene identifikacije njihovih pošiljatelja da bi bile smislene. To se posebno odnosi na komunikaciju sa više uređaja (*eng. multicast*), ali i općenito jer u otvorenom mediju paketi podataka i potvrde od više individualnih prijenosa se mogu pomiješati. Umjesto dodavanja ovog dodatka, KNX.RF predlaže implementaciju transportne potvrde na razini aplikacije gdje je ono potrebno.

Za otkrivanje i oporavak od pogrešaka prijenosa, KNX.RF paketi podataka sadrže CRC s Hammingovom udaljenosti 6. Dostupna zastava ponavljanja u KNX standardu je zamijenjena s 3-bitnim brojem paketa podataka (*eng. Link Frame Number*). To omogućuje veću fleksibilnost za dodatnim paketom ponavljanja na razini podatkovne veze.

Da bi se proširilo područje prijenosa, se mogu koristiti retransmitteri. Retransmitteri ponovo šalju sve okvire koje primaju. Da bi se izbjeglo ponovno slanje određenog okvira više puta, koristi se lista povijesti slanja. U tom popisu, pohranjuju se serijski broj (SN) i broj paketa podataka (LFN) svakog primljenih paketa podataka. Ako se SN i LFN od primljenih okvira već su u popisu, okvir nije prenio, ali se odbacuje.

## 4. Izvedbeni projekt niskoenergetske kuće

Izvedbeni projekt niskoenergetske kuće se sastoji od općeg, tehničkog i grafičkog dijela. Opći dio sadrži izvode iz sudskog registra, rješenje o upisu u imenik ovlaštenih arhitekta, izjave projektanta, potvrdu upravnog odjela za prostorno uređenje, te primjenjene propise. U tehničkom dijelu su navedeni svi podaci potrebni za gradnju kuće, od namjene građevine, dimenzija, komunalne infrastrukture pa sve do proračuna koeficijenata prolaska temperature kroz presjek zida i hidrauličkog proračuna. Grafički dio se sastoji od situacije parcele, te tlocrta suterena, prizemlja i 1. kata.

### 4.1 Tehnički opis

#### 4.1.1 Uvod

Za investitora iz Zagreba, izrađen je Idejni projekt za dobivanje Rješenja o uvjetima građenja za izgradnju stambene građevine u Samoboru, na k.č.br. 541/7 k.o. Rakovica. Prema uvjetima iz Prostornog plana Grada Samobora predmetna parcela nalazi se u zoni stambene namjene.

#### 4.1.2 Namjena građevine

Stambena građevina ima jedan stan

#### 4.1.3 Oblik i veličina građevinske parcele

Parcela predmetne građevine smještena je na padini, orijentirana u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Nakon izuzeća dijela parcele proširenja puta na 9.0 m parcela zauzima površinu od cca. 668 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.4 Smještaj građevine na parceli i način izgradnje

Preko prednjeg dijela parcele prolazi visokonaponski dalekovod pa je građevinska linija odmaknuta 5.0 m od osi koridora dalekovoda što znači da je građevinska linija uvučena za 22.80 m od najbliže točke regulacijske linije. Od lijeve i desne međe udaljenost je 3 m, a od stražnje međe 10.80 m.

Građevina je samostojeća, katnosti Su+P+1

#### 4.1.5 Veličina i površina građevine

Građevina je u tlocrtu pravokutnog oblika, maksimalnih gabarita 10.20 x 9.0 m.

Tlocrtna površina: 85.60 m<sup>2</sup> što odgovara izgrađenosti od 12.81%

Građevinska bruto površina: 256.80 m<sup>2</sup>

Volumen: 834.60 m<sup>3</sup>

Visina od niže kote terena do vijenca: 8.45 m

#### 4.1.6 Uređenje parcele

Zeleni dio parcele uredit će se autohtonim zelenilom kao predvrt uz ulicu i kao vrt oko objekta. Zelenilo zauzima površinu od cca. 405 m<sup>2</sup> što je 60% parcele. Površina dvorišta i pristupnih putova obložiti će se betonskim pločama i asfaltom. Od niže kote uređenog terena do ulaza u prizemlju vode vanjske stepenice, a izvode se kao dio uređenja okućnice tj. stopljene su s konfiguracijom terena. Ulična ograda izvodi se od betonskih stupova i parapeta s metalnom ispunom 1.5 m. Kolni ulaz ima klizna metalna vrata na električni pogon. Preostale 3 ograde izvode se kao živica visine 1.5 m.

#### 4.1.7 Oblikovanje

Građevina je slobodnostojeća katnica s četverostrešnim krovom projektirana s namjerom da se što bolje uklopi u kosinu terena i zelenilo okolnog krajolika. S obzirom na zahtjevnu konfiguraciju terena, etaže prate strminu terena pa je cca. 60% površine suterena potpuno ukopano u terena.



Disperzija prostora, te razmještaj i kvadrature svih prostorija u građevini prikazani su u grafičkom dijelu Idejnog projekta.

#### **4.1.8 Način priključenja na javnoprometnu površinu i promet u mirovanju**

Na parcelu se pristupa s javnoprometne površine k.č.br. 2183 k.o. Rakovica koja prolazi sa SZ strane parcele. Jedno parkirno mjesto nalazi se u dvorištu, a drugo parkirno-garažno mjesto je u garaži u suterenu.

#### **4.1.9 Zagrijavanje objekta**

Zagrijavanje objekta i potrošne vode predviđeno je centralnim podnim grijanjem na plin.

#### **4.1.10 Komunalna infrastruktura**

Predmetna građevina priključit će se na slijedeću komunalnu infrastrukturu:

Električna energija:

- Priključna snaga od 9.0 kW
- Vrsta priključaka: 3F (230V)
- Kategorija potrošnje: NN – kućanstvo
- Brojilo: 10-60A, dvotarifno
- Mjesto predaje električne energije: KPMO
- Predvidivo vrijeme priključenja: po realizaciji EES
- Trošila: rasvjeta od 1.1 kW, kućanski aparati do 4.4 kW, rashladni uređaji do 3.5 kW
- Način korištenja snage i energije: trajno
- Predvidiva godišnja potrošnja (kWh/god): po potrebi

Telefon: priključak za telefon i Internet

Vodopskrba: prema hidrauličkom proračunu

Plinoopskrba: prema proračunu

Odvodnja: ugradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

#### 4.1.11 Zaštita od požara

Predmetna građevina, kako po svojoj namjeni, tako i po proračunu gradnje, odnosno materijalima od kojih je izvedena, nije izvor opasnosti od požara. Pristup vatrogasnim vozilima i tehnicima do građevine osiguran je putem kolnih prometnica. Iz ulaznog prostora u stambeni dio omogućen je izlaz direktno na otvoreni prostor izvan građevine. Obrada površina izlaznih putova je od negorivih materijala. Evakuacija iz kata je putem centralnog stubišta koje ima direktni izlaz na vanjski prostor.

Ukupno požarno opterećenje možemo pretpostaviti u granicama niskog požarnog opterećenja što znači da će ono biti manje od  $1000 \text{ MJ/m}^2$ , te isto spada u kategoriju niskog prema HRN U.J1.030. Unutar objekta potrebno je postaviti 2 vatrogasna aparata tipa S-9 za početno gašenje požara.

#### 4.1.12 Toplinska zaštita

Predmetna građevina se nalazi u 2. zoni globalnog sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\Theta_{e,mj,min} \leq 3^\circ\text{C}$  i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18^\circ\text{C}$

Klimatološki podaci lokacije objekta:

Lokacija: Samobor

Referentna postaja: Stubičke toplice

Tabela 1. - Klimatološki podaci po mjesecima

|                              | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII     | VIII | IX    | X    | XI  | XII  | God. |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------|------|-------|------|-----|------|------|
| Temperature zraka (°C)       |      |      |      |      |      |      |         |      |       |      |     |      |      |
| m                            | -0,7 | 1,8  | 6,1  | 10,8 | 15,4 | 18,6 | 20,4    | 19,4 | 15,9  | 10,7 | 5,3 | 0,8  | 10,4 |
| min                          | -4,5 | -2,4 | 0,8  | 4,9  | 9,2  | 12,6 | 14,0    | 13,3 | 10,4  | 5,7  | 1,2 | -2,7 | 5,2  |
| max                          | 3,0  | 6,4  | 11,4 | 16,5 | 21,4 | 24,5 | 27,0    | 26,3 | 22,9  | 17,0 | 9,6 | 4,4  | 15,9 |
| Tlak vodene pare (Pa)        |      |      |      |      |      |      |         |      |       |      |     |      |      |
| m                            | 540  | 640  | 810  | 1060 | 1400 | 1700 | 1840    | 1830 | 1550  | 1150 | 830 | 610  | 1160 |
| Relativna vlažnost zraka (%) |      |      |      |      |      |      |         |      |       |      |     |      |      |
| m                            | 86   | 84   | 81   | 79   | 76   | 76   | 75      | 78   | 83    | 85   | 88  | 88   | 82   |
| Brzina vjetrova (m/s)        |      |      |      |      |      |      |         |      |       |      |     |      |      |
| m                            | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,5  | 1,3  | 1,1     | 0,9  | 0,8   | 0,8  | 1,0 | 0,9  | 1,1  |
| Broj dana grijanja           |      |      |      |      |      |      |         |      |       |      |     |      |      |
| Temperatura vanjskog zraka   |      |      |      |      |      |      | <= 10°C |      | 165,4 |      |     |      |      |
|                              |      |      |      |      |      |      | <= 12°C |      | 184,4 |      |     |      |      |
|                              |      |      |      |      |      |      | <= 15°C |      | 202,3 |      |     |      |      |

Tabela 2. - Globalno sunčevo zračenje po mjesecima

| Orij   | [°] | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | God. |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Globalno sunčevo zračenje (MJ/m <sup>2</sup> ) |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
| S  | 0   | 116 | 179 | 334 | 448 | 573 | 620 | 658 | 554  | 409 | 266 | 134 | 87  | 4378 |
|  | 15  | 144 | 215 | 374 | 471 | 576 | 613 | 657 | 574  | 454 | 318 | 166 | 106 | 4668 |
|  | 30  | 165 | 240 | 396 | 473 | 558 | 584 | 632 | 569  | 477 | 355 | 190 | 121 | 4760 |
|  | 45  | 179 | 253 | 401 | 455 | 518 | 535 | 580 | 539  | 476 | 374 | 206 | 131 | 4646 |
|  | 60  | 183 | 255 | 386 | 417 | 459 | 465 | 508 | 488  | 454 | 375 | 212 | 133 | 4334 |
|  | 75  | 179 | 244 | 354 | 362 | 385 | 382 | 419 | 415  | 408 | 356 | 206 | 129 | 3839 |
|  | 90  | 166 | 221 | 306 | 295 | 301 | 294 | 320 | 330  | 345 | 319 | 190 | 121 | 3208 |
| SE, SW   | 0   | 116 | 179 | 334 | 448 | 573 | 620 | 658 | 554  | 409 | 266 | 134 | 87  | 4378 |
|  | 15  | 135 | 204 | 362 | 464 | 576 | 616 | 658 | 568  | 442 | 302 | 157 | 100 | 4584 |
|  | 30  | 148 | 220 | 377 | 467 | 562 | 594 | 639 | 566  | 458 | 327 | 172 | 109 | 4640 |
|  | 45  | 155 | 227 | 377 | 451 | 531 | 555 | 602 | 543  | 456 | 337 | 180 | 114 | 4529 |
|  | 60  | 155 | 223 | 362 | 420 | 483 | 499 | 543 | 502  | 435 | 331 | 179 | 114 | 4247 |
|  | 75  | 148 | 210 | 331 | 375 | 422 | 431 | 471 | 444  | 396 | 310 | 172 | 108 | 3819 |
|  | 90  | 135 | 187 | 289 | 319 | 352 | 354 | 389 | 374  | 342 | 277 | 156 | 98  | 3272 |
| E, W   | 0   | 116 | 179 | 334 | 448 | 573 | 620 | 658 | 554  | 409 | 266 | 134 | 87  | 4378 |
|  | 15  | 116 | 179 | 333 | 444 | 566 | 612 | 651 | 548  | 407 | 266 | 134 | 87  | 4342 |
|  | 30  | 115 | 177 | 327 | 433 | 548 | 592 | 629 | 533  | 401 | 263 | 133 | 86  | 4238 |
|  | 45  | 113 | 172 | 315 | 414 | 519 | 558 | 596 | 509  | 387 | 257 | 130 | 84  | 4052 |
|  | 60  | 106 | 163 | 296 | 384 | 479 | 514 | 550 | 472  | 363 | 243 | 123 | 79  | 3773 |
|  | 75  | 98  | 150 | 269 | 347 | 430 | 459 | 493 | 426  | 332 | 224 | 113 | 73  | 3414 |
|  | 90  | 87  | 133 | 237 | 302 | 372 | 397 | 427 | 372  | 292 | 199 | 100 | 64  | 2982 |
| NE, NW   | 0   | 116 | 179 | 334 | 448 | 573 | 620 | 658 | 554  | 409 | 266 | 134 | 87  | 4378 |
|  | 15  | 97  | 152 | 297 | 418 | 551 | 605 | 637 | 521  | 366 | 224 | 111 | 74  | 4054 |
|  | 30  | 84  | 131 | 261 | 378 | 510 | 564 | 590 | 473  | 320 | 190 | 95  | 65  | 3660 |
|  | 45  | 70  | 114 | 231 | 337 | 459 | 509 | 529 | 422  | 281 | 165 | 79  | 57  | 3252 |
|  | 60  | 65  | 91  | 199 | 300 | 408 | 453 | 470 | 375  | 246 | 128 | 71  | 52  | 2858 |
|  | 75  | 58  | 81  | 151 | 253 | 358 | 399 | 413 | 321  | 187 | 106 | 64  | 47  | 2437 |
|  | 90  | 51  | 72  | 124 | 181 | 279 | 319 | 324 | 234  | 135 | 95  | 56  | 40  | 1910 |
| E, N   | 0   | 116 | 179 | 334 | 448 | 573 | 620 | 658 | 554  | 409 | 266 | 134 | 87  | 4378 |
|  | 15  | 84  | 137 | 280 | 405 | 540 | 593 | 623 | 507  | 346 | 202 | 96  | 64  | 3877 |
|  | 30  | 75  | 103 | 214 | 345 | 479 | 530 | 550 | 434  | 268 | 138 | 81  | 60  | 3277 |
|  | 45  | 70  | 97  | 167 | 271 | 396 | 444 | 452 | 344  | 189 | 124 | 77  | 57  | 2688 |
|  | 60  | 65  | 89  | 153 | 203 | 302 | 341 | 338 | 246  | 161 | 116 | 71  | 52  | 2137 |
|  | 75  | 58  | 81  | 138 | 180 | 229 | 237 | 235 | 205  | 148 | 106 | 64  | 47  | 1728 |
|  | 90  | 51  | 72  | 124 | 162 | 205 | 213 | 214 | 186  | 134 | 95  | 56  | 40  | 1553 |

## Vanjski zid - Z1 - YTONG 30

Tabela 3. - Karakteristike vanjskog zida - YTONG 30

| sloj           | materijal   | Debljina<br>d (cm) | Specifični<br>toplinski<br>koeficijent<br>Cp (J/kgK) | Gustoća<br>materijala<br>ρ (kg/m³) | Toplinska<br>provodljivost<br>λ (W/mK) | Difuzna<br>otpornost<br>Sd (m) |
|----------------|---|--------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|
| 1              | 3.03 - Vapneno-cementna žbuka (1800)                                | 2,00               | 1000   | 1800                               | 1,000                                  | 0,70                           |
| 2              | 2.28 - Porobeton (350) – YTONG                                      | 30,00              | 1000   | 350                                | 0,110                                  | 3,00                           |
| 3              | Novolit STIROPOR EPS 100 (prema HRN EN 13163)                       | 15,00              | 1260   | 20                                 | 0,036                                  | 10,50                          |
| 4              | Dryvit završna akrilna žbuka Ameristone + Primus ljepilo s mrežicom | 0,45               | 1000   | 1700                               | 0,900                                  | 0,43                           |
| <b>Ukupno:</b> |   | <b>47,45</b>       |  |                                    |  | <b>14,63</b>                   |

Površinski otpor prijelaza topline:

$$R_{SI} = 0.12 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

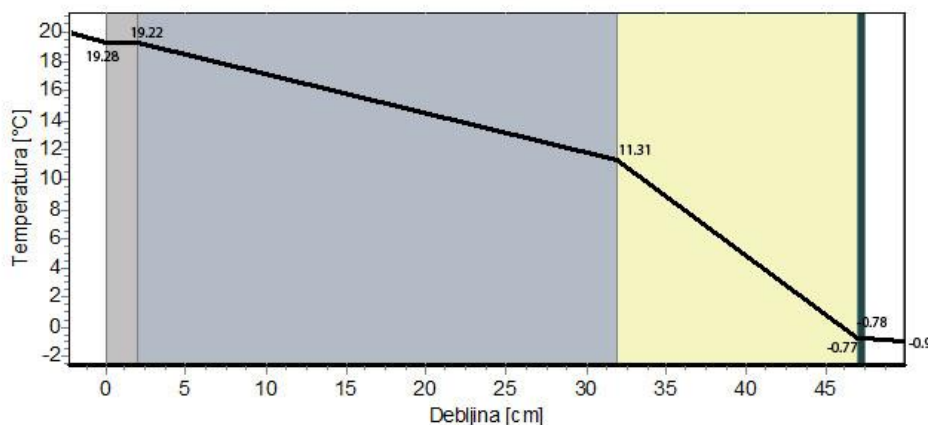
$$R_{SE} = 0.04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Toplinski otpor homogenih slojeva:

$$R_T = R_{SI} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{SE} = 7.092 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Koeficijent prolaska topline:

$$U = \frac{1}{(R_t + R_U)} = 0.141 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



Slika 14. - Dijagram prolaska topline kroz vanjski zid za najhladniji mjesec (Siječanj)

**Podrumski zid - Z2 - Beton – YTONG 7.5**

Tabela 4. – Karakteristike podrumskog zida - Beton - YTONG

| sloj           | materijal  | Debljina<br>d (cm) | Specifični<br>toplinski<br>koeficijent<br>Cp (J/kgK) | Gustoća<br>materijala<br>ρ (kg/m³) | Toplinska<br>provodljivost<br>λ (W/mK) | Difuzna<br>otpornost<br>Sd (m) |
|----------------|--|--------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|
| 1              | 3.03 - vapneno-cementna žbuka (1800)                                   | 2,00               | 1000   | 1800                               | 1,000                                  | 0,70                           |
| 2              | 2.01 - armirani beton (2500)   | 20,00              | 1000   | 2500                               | 2,600                                  | 26,00                          |
| 3              | Novolit STIROPOR EPS EXTRA - grafitni perforirani (prema HRN EN 13163) | 15,00              | 1260   | 18                                 | 0,032                                  | 1,65                           |
| 4              | 2.28 - porobeton (350)   | 7,50               | 1000   | 350                                | 0,110                                  | 0,75                           |
| 5              | 5.01 - bitumenska traka s uloškom staklenog voala                      | 0,50               | 1000   | 1100                               | 0,230                                  | 250,00                         |
| 6              | Polietilen 0,15 mm   | 0,02               | 1250   | 1000                               | 0,190                                  | 50,00                          |
| <b>Ukupno:</b> |  | <b>45,02</b>       |  |                                    |  | <b>329,10</b>                  |

Površinski otpor prijelaza topline:

$$R_{SI} = 0.13 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{SE} = 0.00 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Toplinski otpor homogenih slojeva:

$$R_T = R_{SI} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{SE} = 5.618 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Koeficijent prolaska topline:

$$U = \frac{1}{(R_t + R_u)} = 0.178 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

**Kosi ventilirani krov**

Tabela 5. - Karakteristike kosog ventiliranog krova

| sloj           | materijal  | Debljina<br>d (cm) | Specifični<br>toplinski<br>koeficijent<br>Cp (J/kgK) | Gustoća<br>materijala<br>ρ (kg/m³) | Toplinska<br>provodljivost<br>λ (W/mK) | Difuzna<br>otpornost<br>Sd (m) |
|----------------|--|--------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|
| 1              | Gips-kartonske ploče   | 1,20               | 1000   | 900                                | 0,250                                  | 0,12                           |
| 2              | Slabo provjetravan sloj zraka - toplinski tok uvis<br>d=25mm | 2,50               | 1005   | 1                                  | 0,313                                  | 0,03                           |
| 3              | Aluminijska folija 0,05 mm                                   | 0,01               | 940  | 2700                               | 203,000                                | 1500,00                        |
| 4              | 7.02 - ekspanzirani polistiren (EPS) prema HRN<br>EN 13163   | 20,00              | 1450   | 15                                 | 0,035                                  | 12,00                          |
| 5              | PVC - folija 0,2 mm  | 0,02               | 960  | 1200                               | 0,190                                  | 30,00                          |
| 6              | Drvo (500)   | 2,40               | 1600   | 500                                | 0,130                                  | 1,20                           |
| 7              | Bitumen ljepenka / traka                                     | 0,50               | 1000   | 1100                               | 0,230                                  | 250,00                         |
| 8              | Slabo provjetravan sloj zraka - toplinski tok uvis<br>d=25mm | 2,50               | 1005   | 1                                  | 0,313                                  | 0,03                           |
| 9              | Glina  | 2,00               | 800  | 2000                               | 1,000                                  | 0,80                           |
| <b>Ukupno:</b> |  | <b>31,12</b>       |  |                                    |  | <b>1.794,17</b>                |

Površinski otpor prijelaza topline:

$$R_{SI} = 0.10 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

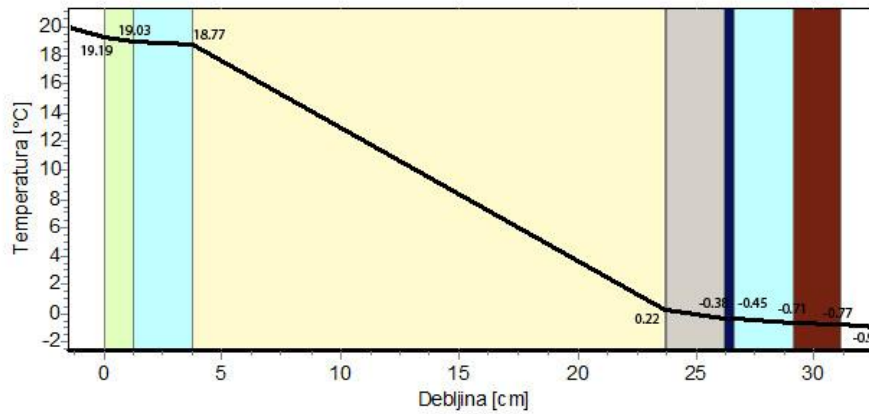
$$R_{SE} = 0.04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Toplinski otpor homogenih slojeva:

$$R_T = R_{SI} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{SE} = 6.289 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Koeficijent prolaska topline:

$$U = \frac{1}{(R_t + R_u)} = 0.159 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



Slika 15. - Dijagram prolaska topline kroz krov za najhladniji mjesec (Siječanj)

## Pod na tlu

Tabela 6. - Karakteristike poda na tlu

| sloj           | materijal  | Debljina<br>d (cm) | Specifični<br>toplinski<br>koeficijent<br>Cp (J/kgK) | Gustoća<br>materijala<br>ρ (kg/m³) | Toplinska<br>provodljivost<br>λ (W/mK) | Difuzna<br>otpornost<br>Sd (m) |
|----------------|--|--------------------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|
| 1              | 4.03 - keramičke pločice                                   | 0,80               | 840  | 2300                               | 1,300                                  | 1,60                           |
| 2              | Građevinsko ljepilo  | 0,50               | 1050   | 1600                               | 1,000                                  | 0,25                           |
| 3              | 3.19 - cementni estrih (2000)                              | 5,00               | 1100   | 2000                               | 1,600                                  | 2,50                           |
| 4              | Polietilen 0,25 mm   | 0,03               | 1250   | 1000                               | 0,190                                  | 100,00                         |
| 5              | Novolit STIROPOR EPS 100 (prema HRN EN 13163)              | 5,00               | 1260   | 20                                 | 0,036                                  | 3,50                           |
| 6              | Novolit STIROPOR EPS T (elastificirani prema HRN EN 13163) | 2,00               | 1260   | 12                                 | 0,042                                  | 0,80                           |
| 7              | 5.02 - bitumenska traka s uloškom staklene tkanine         | 1,00               | 1000   | 1100                               | 0,230                                  | 500,00                         |
| <b>Ukupno:</b> |  | <b>14,33</b>       |  |                                    |  | <b>608,65</b>                  |

Površinski otpor prijelaza topline:

$$R_{SI} = 0.13 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{SE} = 0.00 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Toplinski otpor homogenih slojeva:

$$R_T = R_{SI} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{SE} = 3.584 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Koeficijent prolaska topline:

$$U = \frac{1}{(R_t + R_u)} = 0.279 \frac{W}{m^2K}$$

### Fizikalna svojstva prozorskih elemenata

- Ugradbena dubina: 120 mm / srednja brtva
- Broj komora: tehnika s 5 komora s dodatnom toplinskom izolacijom
- Koeficijent prolaska topline iznosi 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Zvučna izolacija: visina izolacije do klase 4 (VDI 2719)
- Protuprovalna zaštita: otpornost do klase 2 (DIN V ENV 1627)
- Nepropusnost za zrak i olujnu kišu: zahtjev opterećenja do grupe C (DIN 18055)



Slika 16. - Presjek prozorskog elementa

#### 4.1.13 Akustična zaštita

Prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) zona u kojoj se nalazi građevina može se kategorizirati kao zona 3 (Zona mješovite, pretežno stambene namjene).



Najviše dopuštene razine buke emisije  $L_{RAeq}$  ne smiju prelaziti 55 dB danju i 45 dB noću. Minimalne zvučne izolacije i maksimalne vrijednosti nivoa udarnog zvuka za pojedinačne funkcije prema HRN U.J6.201 (1989):

### Utjecaj vanjske buke na građevinu

Predmetna građevina nalazi se u zoni u kojoj najveći izvor buke predstavlja automobilski promet. Vanjska buka rješava se dostatnom masom zida, dokazanom procjenom izolacijske moći zida pročelja, te ugradbom prozora sa IZO staklom s vrijednošću zvučne izolacije  $R_w = 20$  dB.

Točni podaci o vanjskoj buci na lokaciji objekta nisu poznati. Procjenjuje se da će razina buke pred najizloženijom fasadom predmetne zgrade iznositi najviše do:

- $L_{RAeq} = 55$  dB danju
- $L_{RAeq} = 45$  dB noću

Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke u boravišnom prostoru zgrade iznosi:

- $L_{eq,dop} = 35$  dB danju
- $L_{eq,dop} = 25$  dB noću

Minimalna zvučna izolacija vanjskih stijena koja je primarno određena zvučnom izolacijom moći vanjskih zidova i prozora je 32 dB.

### 4.1.14 Hidraulički proračun

#### VODOVOD

Dimenzije instalacija sanitarne vode

Proračun i dimenzioniranje cijevi vodovodne mreže provedena je po metodi ing. Brixa koja se temelji na pojmu „Jedinice opterećenja“ (J.O.). Izljevna mjesta karakterizirana su

prema svojoj funkciji veličinom jedinice opterećenja. J.O. definirana je kao standardni protok normalne slavine 10 mm punog mlaza ( $Q = 0.250 \text{ l/s} = 1 \text{ J.O.}$ ) Sva trošila u objektu ne rade istovremeno i vjerojatnost je utoliko manja koliko je broj veći s kvadratnim korijenom iz istog, kako je prikazano u jednadžbi koja slijedi:

Sekundarna potrošnja hladne i tople vode (DIN 1998)

$$Q_{s.h.} = 0.25 \sqrt{\sum \text{J.O.}} \frac{1}{s}$$

Ukupna dnevna potrošnja hladne vode izračunava se prema opterećenju i normativu za dnevnu potrošnju:

$$Q = 60 \text{ l/osoba/dan}$$

Dnevna potrošnja tople vode:

$$Q_t = 30 \frac{1}{\text{dan}}$$

Satna potrošnja hladne i tople vode:

$$Q_h = Q_d \cdot k \text{ l/h}$$

k – korekcijski faktor istovremene upotrebe

Tabela 7. - Dimenzioniranje jedinica opterećenja

| Vrsta izljeva   | Jedinica opterećenja | Broj komada | Ukupno J.O. |
|-----------------|----------------------|-------------|-------------|
| Umivaonik       | 0.50                 | 3           | 1.50        |
| Vodokotlić      | 0.25                 | 2           | 0.50        |
| Kada            | 2.00                 | 1           | 2.00        |
| Tuš kada        | 1.00                 | 2           | 2.00        |
| Sudoper         | 1.00                 | 1           | 1.00        |
| Perilica rublja | 0.50                 | 1           | 0.50        |
| Perilica suđa   | 0.50                 | 1           | 0.50        |
| Ukupno J.O.:    |                      |             | 8.00        |

Pomoću podataka iz tabele 7. može se izračunati potrošnja hladne vode kako slijedi:

$$Q_{S1} = 0.25\sqrt{8.0} = 0.71 \text{ l/s}$$

Prema dobivenom rezultatu odabire se spojni vod od vodomjera:

č.p.c. HV  $\Phi$  32 mm

Promjer priključnog voda od javnog vodoopskrbnog cjevovoda pa do vodomjernog okna za potrebe hladne vode stambene građevine prema jedinicama opterećenja odnosno ukupnom protoku od 0.71 l/s je  $\Phi$  32. Ovim se primjerom osigurava ispravan rad instalacije bez šumova u cjevovodu.

## KANALIZACIJA

Proračun otpadnih voda iz građevine

a) Sanitarne otpadne vode

Proračun sanitarnih otpadnih voda izvršen je prema metodi Samgina za stambene građevine prema slijedećoj jednadžbi:

$$Q_{SAN} = \frac{N \cdot P \cdot q^n}{100} \text{ l/s}$$

Q (l/s) – količina otpadne sanitarne vode

N – broj sanitarnih predmeta iste vrste

P (%) – postotak istovremenog izljeva iz sanitarnih predmeta iste vrste

q (l/s) – količina izljeva iz pojedinog sanitarnog predmeta

Tabela 8. - Ukupna količina sanitarne otpadne vode za stambenu građevinu

| Vrsta izljeva   | N | Q (l/s) | P (%) | Q (l/s) |
|-----------------|---|---------|-------|---------|
| Umivaonik       | 3 | 0.33    | 19.80 | 0.20    |
| Vodokotlić      | 2 | 2.00    | 8.90  | 0.36    |
| Kada            | 1 | 0.67    | 19.80 | 0.13    |
| Tuš kada        | 2 | 0.67    | 19.80 | 0.27    |
| Sudoper         | 1 | 0.67    | 16.20 | 0.11    |
| Perilica rublja | 1 | 0.67    | 19.80 | 0.13    |
| Perilica suđa   | 1 | 0.67    | 19.80 | 0.13    |
| Ukupni protok:  |   |         |       | 1.33    |

Na temelju podataka iz tabele 8. može se izračunati ukupna količina sanitarne vode:

$$Q_{SAN} = 1.33 \text{ l/s}$$

Spojna cijev od građevine pa do mjernog kontrolnog okna ima promjer 150 mm, uz pad od 1% i punjenje od 0.6D. Kanalizacijske vertikale u objektu su promjera 110 mm. Svi ostali cjevovodi dimenzionirani su prema propisima o minimalnim dimenzijama cijevi i na temelju elemenata iz prethodnog proračuna.

#### b) Oborinske vode

Odvodnja oborinske odvodnje računata je prema izrazu:

$$Q_{ob} = F \cdot l \cdot k$$

F – površina s koje se prihvaća oborina (ha)

l – intenzitet oborina (l/s · ha) – 140l/s/ha

k – koeficijent otjecanja – 0.90 za krovove; 0.80 za asfaltirane površine

#### Krovna odvodnja

$$F = 110\text{m}^2 = 0.0110 \text{ ha}$$

$$Q_{obk} = F \cdot l \cdot k = 0.0110 \cdot 140 \cdot 0.9 = 1.40 \text{ l/s}$$

Za temeljni odvod čistih oborinskih voda odabiru se: PVC cijevi promjera 150mm,  $l=1.0$ ,  $h/d=0.50$ . Krovne vertikale locirane su izvan objekta u vertikali i raspoređene tako da svaka odvodi vodu sa drugog nagiba krova.

Oborinske vode dvorišnog platoa

$$F = 165\text{m}^2 = 0.0165 \text{ ha}$$

$$Q_{\text{obd}} = F \cdot l \cdot k = 0.0165 \cdot 140 \cdot 0.8 = 1.85 \text{ l/s}$$

Odabiru se: PVC cijevi promjera 150 mm,  $l=1\%$ ,  $h/d=0.50$

Ukupne oborinske vode:

$$Q_{\text{ob}} = Q_{\text{obk}} + Q_{\text{obd}} = 1.40 + 1.85 = 3.25 \text{ l/s}$$

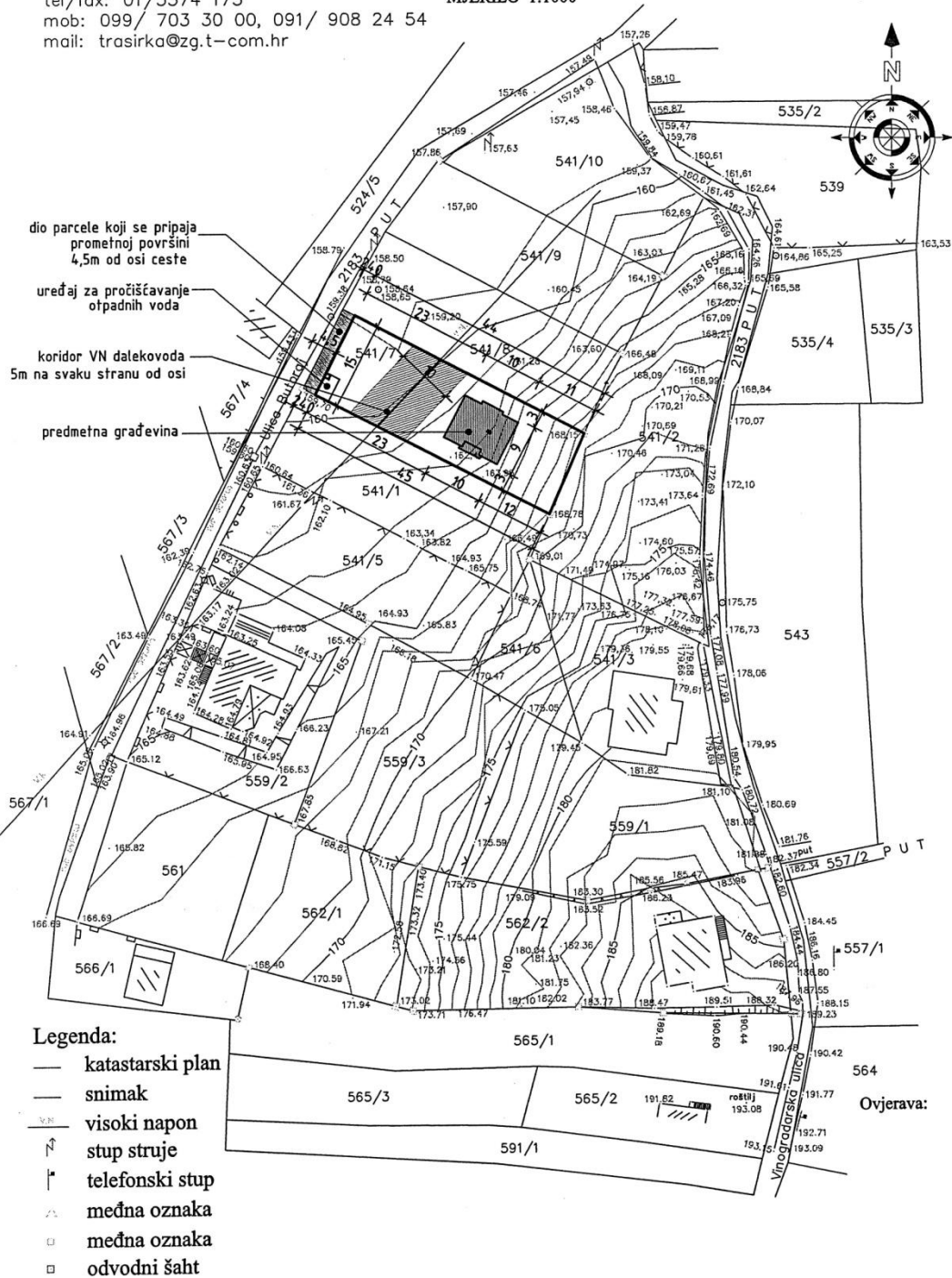
## 4.2 Grafički dio

Trasirka d.o.o.  
Mlinska 16b  
10 430 Samobor  
OIB: 19916997729  
tel/fax: 01/3374 173  
mob: 099/ 703 30 00, 091/ 908 24 54  
mail: trasirka@zg.t-com.hr

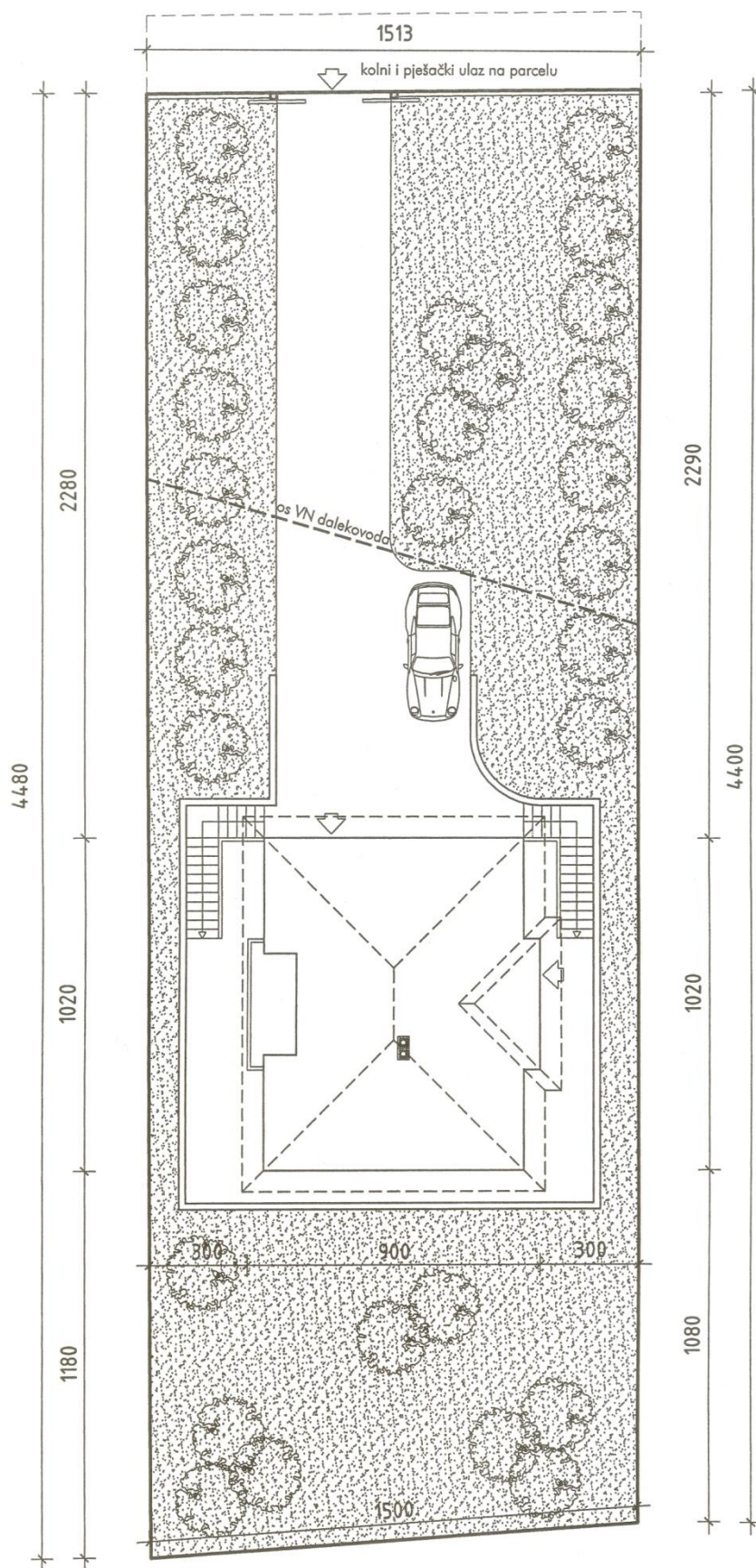
### POSEBNA GEODETSKA PODLOGA

K.O. Rakovica  
D.L. 5

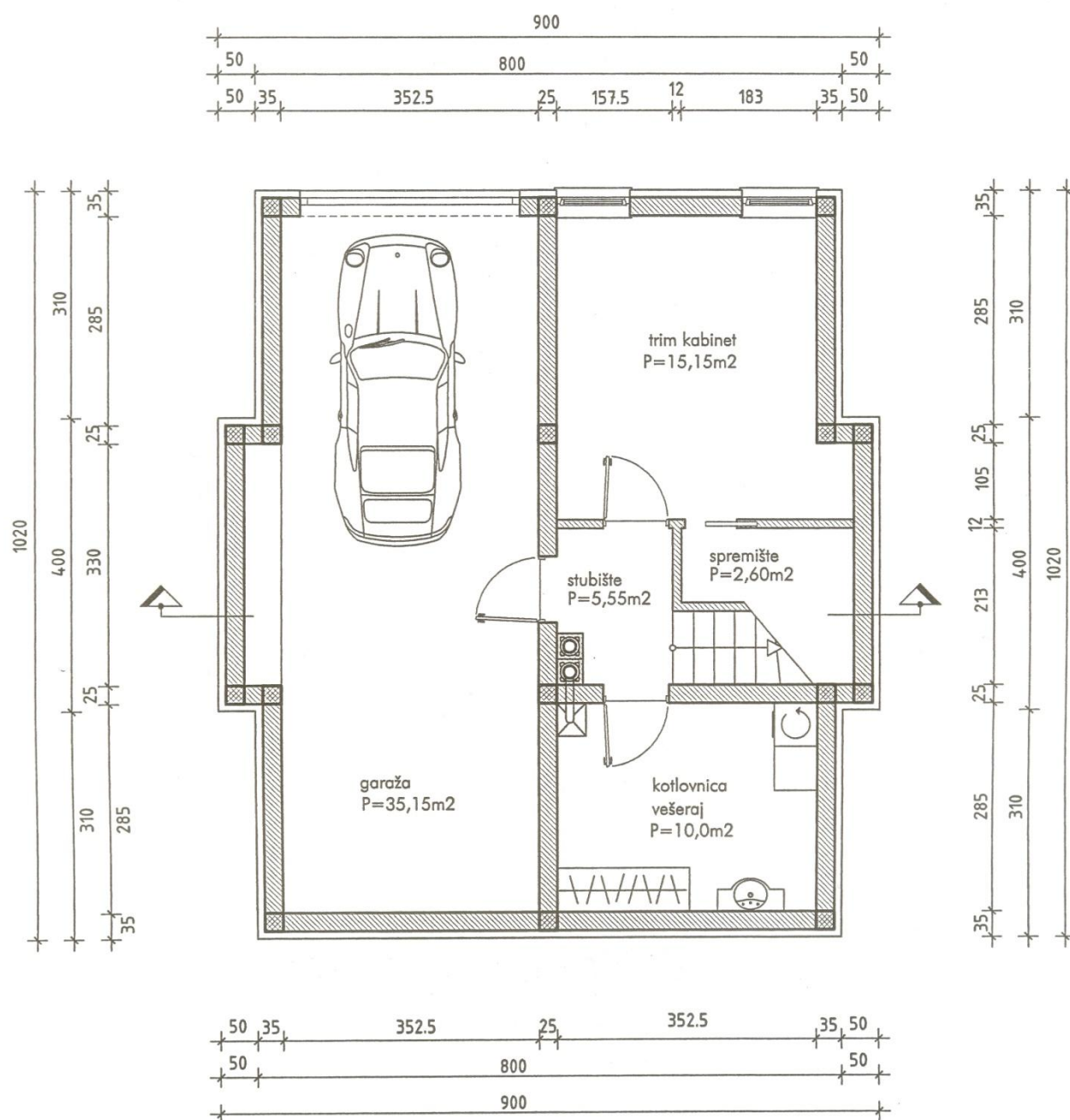
za k.č.br. 541/1, 541/5, 541/7, 559/2, 559/3, 561, 562/1  
MJERILO 1:1000



Slika 17. - Situacija na P.G.P.

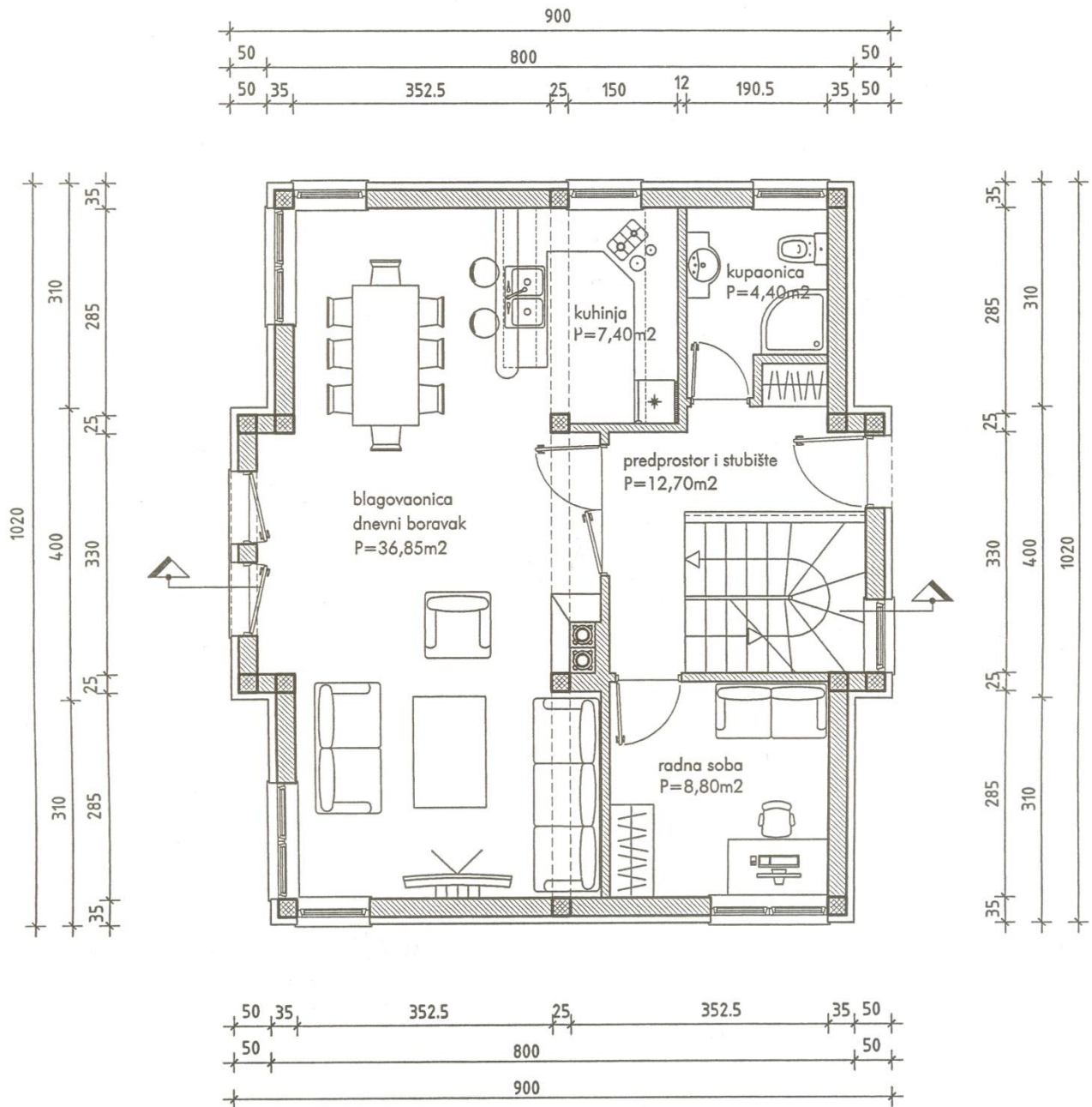


Slika 18. - Situacija parcele

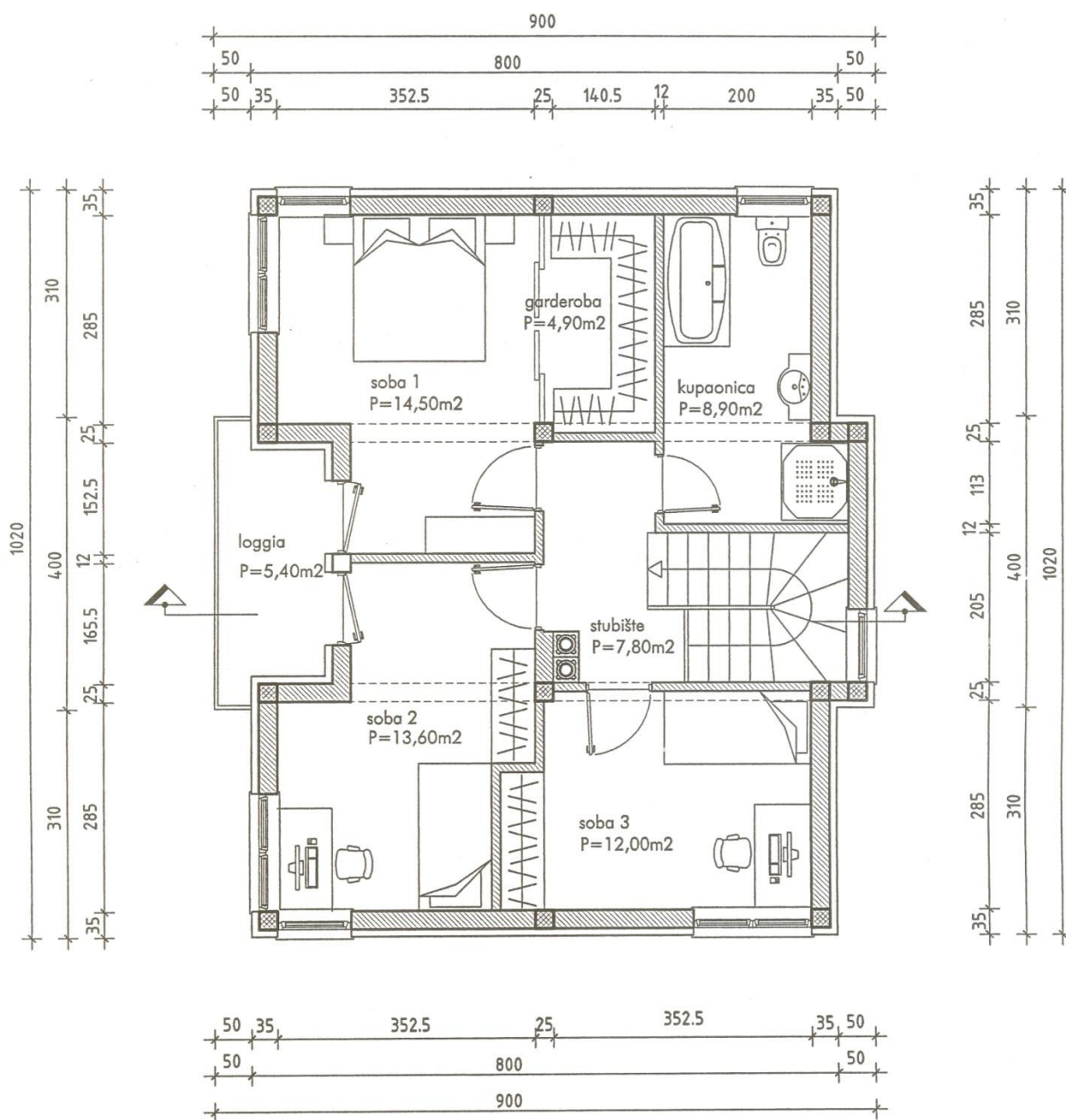


Slika 19. - Tlocrt suterena





Slika 20. - Tlocrt prizemlja



Slika 21. - Tlocrt kata

## 5. Automatizacija sustava niskoenergetske kuće

U ovom poglavlju se definiraju svi sustavi niskoenergetske kuće koji bi mogli direktno ili indirektno utjecati na uštede energije ukoliko se automatiziraju. Sustavi poput grijanja, hlađenja, ventilacije odnosno prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete su glavni i najveći potrošači energenata.

### 5.1 Podno grijanje

Podno cijevno grijanje je sistem grijanja orijentiran na budućnost a može biti korišteno u različitim objektima. Ono može biti primarni izvor topline ili se može kombinirati sa drugim pomoćnim sistemima kako bi se postigla veća fleksibilnost pri odabiru željene temperature.

Kod ovog grijanja pod je direktno grijan a zidovi i strop zagrijavaju se prijenosom topline sa poda. Zbog ujednačenog zagrijavanja u prostoriji se stvara nezamjenjiv osjećaj ugone.

Podovi su zbog izvora topline na velikoj površini ugodno topli i zbog njene ravnomjerne raspodjele se može podesiti za 1-2 °C niže nego kod uobičajenog grijanja. Time se potrošnja energije smanjuje za cca. 6-10 %. Podno grijanje radi sa niskim temperaturama vode za grijanje, te zahvaljujući tome se mogu koristiti i alternativni izvori energije.

Kako bi se postigle uštede kod zagrijavanja prostorija u niskoenergetskoj kući, uz pasivnu odnosno građevinsku komponentu, treba uzeti u obzir i onu aktivnu odnosno mogućnost inteligentnog upravljanja grijanjem po prostorijama. Upravljanja grijanjem moguće je izvoditi na temelju informacija iz:

- Senzora prisutnosti u prostoriji
- Senzora pomaka kvake na prozoru
- Kontaktnog senzora za prozore i vrata
- Senzora temperature

Prvo treba odlučiti koju razinu automatizacije grijanja želi korisnik. Ukoliko želi maksimalnu uštedu tada se koriste svi navedeni senzori. Na temelju informacija iz senzora

prisutnosti moguće je kontrolirati grijanje ovisno o tome da li je osoba prisutna u prostoriji. Ukoliko se otvori prozor ili balkonska vrata, također na temelju informacija iz senzora pomaka kvake i kontaktnog senzora za prozore i vrata, dolazi do zatvaranja električnog ventila podnog grijanja za promatranu prostoriju. Temperatura se mjeri u svakoj prostoriji zasebno senzorom temperature.

Senzori koji se koriste za prikupljanje informacija iz okoline koriste EnOcean tehnologiju. Sve komponente šalju informacije bežičnim putem, napajaju se iz vlastitih izvora, te zbog toga nije potrebno kabliranje, jednostavna instalacija, mogućnost naknadnog mijenjanja lokacije senzora u prostoriji. Potrebno je svega 10 mW snage da bi se poslala informacija na udaljenost do 30 m unutar objekta ili do čak 300 metara na otvorenom području.

Unutar ovog projekta će se izvest upravljanje grijanjem u svim prostorijama. Objekt sadrži u suterenu prostoriju za vježbanje koja se rijetko koristi pa se u toj prostori mogu postaviti senzor pomaka kvake prozora, senzor temperature. Dakle prostorija bi se zagrijavala na prethodno definiranu temperaturu samo ukoliko bi netko boravio u njoj. U prizemlju se nalaze kuhinja, blagovaona dnevni boravak, kupaona, radna soba te predprostor i stubište. Budući da su kuhinja, blagovaona i dnevni boravak u jednom prostoru i zauzimaju površinu od 44.25 m<sup>2</sup> biti će potrebno podno grijanje podijeliti na dva segmenta, pa će tako kuhinja i blagovaona biti jedan segment, a dnevni boravak drugi segment. Svaki segment sadrži svoj senzor temperature sa kliznim prekidačem koji omogućava dva režima rada – komforni i sniženi. Na prvom katu se nalaze tri sobe sa kupaonicom i stubištem. Na svim prozorima postavljaju je kvake sa senzorom položaja kako bi se uvijek moglo odrediti da li je prozor pritisnut ili je potpuno otvoren. Ukoliko se otvori prozor, kvaka prozora šalje informaciju odnosno telegram prijemniku, te on na temelju dobivenog telegrama uključuje/isključuje pojedini izlaz od električnog ventila koji potom zatvara/otvara dovod tople vode u cijevi grijanja za tu prostoriju. Isti način komunikacije vrijedi i za kontaktni senzor i za senzor temperature.

## 5.2 Rasvjeta

Rasvjetna tijela u kući troše veliku količinu električne energije, pa se iz tog razloga automatizacijom istih mogu postići uštede. Kao i kod sustava grijanja komponente kao što su prekidači i kontroleri, koji uključuju/isključuju/dimmaju rasvjetu, također rade na bežičnom principu. Prekidači se napajaju iz vlastitog izvora energije pretvaranjem gibanja tipke prekidača u električnu energiju. Prema tome, prekidač se ponaša kao senzor i promjenom stanja na ulazu šalje telegram prijemniku da promjeni stanje rasvjetnog tijela.

Izvođenje rasvjete u objektu ovoga projekta provodit će se tako da će razvodne kutije sa automatskim osiguračima, rasvjetnim kontrolerima, kontrolerima za električne ventile grijanja i kontrolerima za električne utičnice postavljati po etažama. Tako za rasvjetu iz razvodne kutije izlaze zasebni vodovi do rasvjetnog tijela. U suterenu je potrebno postaviti pet kontroliranih rasvjetnih tijela, u prizemlju šest dok na prvom katu je potrebno osam rasvjetnih tijela. Svako rasvjetno tijelo se može zasebno kontrolirati. Konfiguriranjem kontrolera moguće su slijedeće funkcije:

- Paljenje jednom tipkom prekidača (trajanje od 5 sekundi do 20 minuta)
- Paljenje i gašenje sa dvije tipke prekidača
- Vremenski definirano paljenje/gašenje rasvjete
- Na temelju informacija iz senzora prisutnosti, osvjetljenja, kontakta

## 5.3 Utičnice

Za razliku od konvencionalnih utičnica, kontrolirane utičnice se mogu također uključivati i isključivati prema potrebi. Danas gotovo svi uređaji u kućanstvu kada se ne koriste rade u „standby“ režimu rada, iako naizgled uređaj je ugašen on i dalje troši određenu količinu električne energije. Da bi se izbjegli nepotrebni gubici energije kod takvih potrošača koristit će se spomenute utičnice. Na primjer kada nema korisnika u objektu utičnice mogu biti isključene, a time se automatski stvaraju uštede energije.

U projektu kuće postaviti će se dvije vrste utičnica:

- Kontrolirane utičnice

- Nekonrolirane utičnice

Utičnice koje nisu kontrolirane su spojene direktno preko automatskog osigurača na električnu mrežu. Takve utičnice se moraju razlikovati po izgledu od kontroliranih. Koriste se za uređaje koji obavezno moraju imati konstantno napajanje, poput hladnjaka i zamrzivača, te se nikad ne isključuju iz električne mreže. Takve utičnice se postavljaju na mjestima gdje će ih povremeno koristiti električni uređaji, poput punjača za mobitel, usisivača, manjih rasvjetnih tijela. Time se ne stvaraju dodatni troškovi automatizacije električnih utičnica. Na kontrolirane utičnice se postavlja određena oznaka kako bi se kasnije lakše moglo njome upravljati vanjskim prekidačima.

## 6. Komponente za automatizaciju objekata

U ovom poglavlju su prikazane ključne komponente sustava automatizacije, koje se mogu odabrati za upravljanje najvećim potrošačima u kućanstvu s ciljem uštede energije.

### 6.1 Prijemnici/Kontroleri

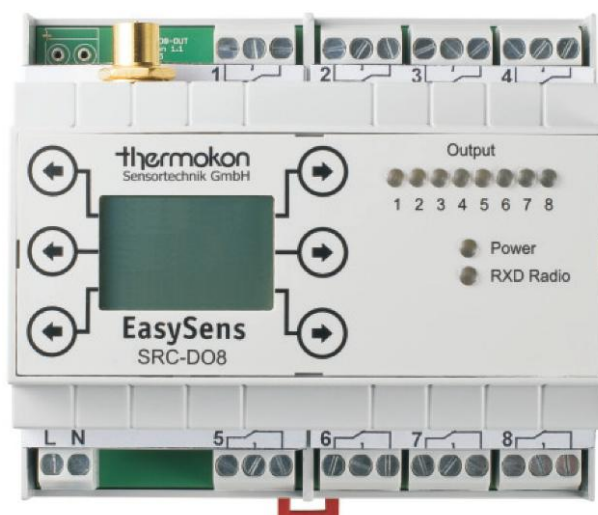
Kontroleri su uređaji koji na temelju ulaznih informacija, u ovom slučaju, bežično prenesenih radio telegrama iz senzora, te obradom istih i uspoređivanjem sa preddefiniranim postavkama otvaraju ili zatvaraju određene izlaze. Izlazi pritom mogu biti korišteni za različite namjene. Svaki od dolje navedenih prijemnika razlikuje se po tome što ima određene implementirane režime rada koji se mogu dodijeliti pojedinom izlazu.

Odabrani prijemnici su:

- SRC-DO8 230V tip 1 – za upravljanje električnim ventilima sa 8 izlaza
- SRC-DO8 230V tip 3 – za upravljanje rasvjetom, roletama i zastorima sa 8 izlaza
- SRC-DO lighting 230V – za upravljanje uređajima sa 1 izlazom

#### 6.1.1 SRC-DO8 230V tip 1

SRC-DO8 tipa 1 tvrtke Thermokon je bežično upravljani kontroler za uređaje grijanja/hlađenja koji je konstruiran za obradu podataka iz bežičnih senzora te upravljanje do 8 termičkih aktuatora preko releja. Za učinkovitu uštedu energije integrirana je vremenska sklopka. Nadalje, moguće je koristiti funkciju „prekid energije“ (*eng. Stop energy*) korištenjem senzora kvake na prozoru ili kontaktnog senzora, npr. kod grijanja, ako je prozor otvoren, prijemnik će zatvoriti relej na kojem se nalazi ventil za grijanje u toj prostoriji. Parametrizacija pojedinih funkcija se može napraviti preko jednostavnog menija za konfiguriranje.



Slika 22. - SRC-DO8 tip 1 prijemnik

### Opis funkcija prijemnika

Prijemnik uspoređuje temperaturu sobe dobivenu preko bežičnog senzora sa zadanom temperaturom. Ako je temperatura sobe ispod ili iznad zadane vrijednosti, tada kontroler u skladu sa pripadajućim postavkama uređaja upravlja relejima. Prijemnik proračunava zadanu vrijednost temperature sobe na temelju osnovno definirane vrijednosti (standardno 21 °C) i promjenjive zadane vrijednosti ( $\pm 5K$ ). Bežični senzor odašilje svakih 1.6 minuta (na temelju promjene sobne temperature  $>0.8K$  od zadnjeg slanja telegrama) ili radio telegram sadrži izmjerenu vrijednost temperature koju šalje u prijemnik prosječno svakih 16 minuta. U normalnom modu rada potvrda spojenog senzora se prikazuje kratkim treptavim svjetlom na prijemniku („RXD Radio“).

### Funkcija „prekid energije“

Ako je kontaktni senzor na prozoru ili senzor kvake spojen, prijemnik može samo mijenjati stanje odgovarajućeg izlaz ako:

- Informacija „prozor zatvoren“ je dobivena od senzora kvake ili kontakta
- Nije u zadnjih 45 minuta primljen signal sa kontakta prozora
- Informacija „prozor otvoren“ je prijavljena sa prozorskog kontakta ili kvake ali sobna temperatura padne ispod minimalne definirane temperature (*eng. Antifreeze limit set*) koja standardno iznosi 8 °C



## Funkcija komforna/snižena aktivnost

SR08 sadrži vremenski prekidač kojim automatski mijenja iz komforni u rada ili obrnuto. Time, vremenski prekidač ima 8 tajmera koji mogu biti dodijeljeni svakom izlazu za svaki dan u tjednu. Nadalje, moguće je ručno podesiti SRC-DO8 u sniženi režim rada koristeći senzore SR04P MS/SR07P MS ili do 10 senzora digitalnog ulaznog modula SR65DI ili bežičnih EnOcean prekidača. Kada su spojeni senzori prisutnosti SR-PIR 360° / SR-MDS ili kada se koriste senzori temperatura sa gumbom za prisutnost SR04T, SR04PT ili SR04PST postavljeno vrijeme komfora može biti produženo. Kako bi se mogla izbjeći mogućnost da prijemnik manji temperaturu iako se netko nalazi u prostoriji.

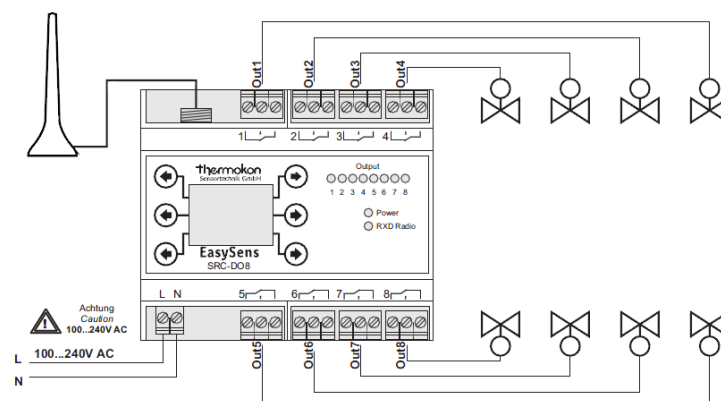
Komforno djelovanje:

Kod komforne aktivnosti zadana vrijednost kontrolera se formira kao osnovna zadana vrijednost + lokalno definirana zadana vrijednost

Sniženo djelovanje:

Kod snižene aktivnosti zadana vrijednost kontrolera se formira kao osnovna zadana vrijednost – temperatura smanjivanja

Sa senzorom temperature SR04P MS preklapanje se ostvaruje kliznim prekidačem gdje je pozicija 1 sniženi režim rada a pozicija 0 komforni režim rada. Za senzor SR07P MS preklapanje se ostvaruje kliznim prekidačem gdje je pozicija za noć sniženi režim rada a pozicija za dan komforni režim rada.



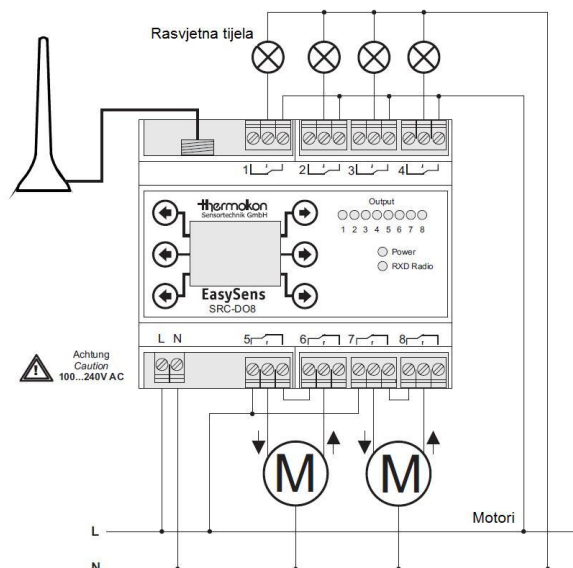
Slika 23. – Shema spajanja električnih ventila na kontroler SRC-DO8

Tabela 9. - Tehničke karakteristike prijemnika SRC-DO8 tip 1

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Napajanje:                | 100...240 VAC ( $\pm 10\%$ ) 50/60 Hz                                    |
| Potrošnja:                | 3.5 VA   |
| Izlazi:                   | 8 relejnih izlaza, promjenjivi kontakt, maksimalno 6A, 230 VAC ili 24VDC |
| Antena:                   | Eksterna antena sa magnetskim držačem (konektor FME)                     |
| Kućište:                  | ABS, svjetlo sive boje   |
| Zaštita:                  | IP20 prema EN 60529  |
| Temperatura okoline:      | 0...50 °C  |
| Vlažnost:                 | 0...75%  |
| Temperatura skladištenja: | -20...60 °C  |
| Težina:                   | cca. 250 g (bez antene)  |

### 6.1.2 SRC-DO8 230V tip 3

SRC-DO8 tipa 3 je kontroler za upravljanje prekidačima sa 8 izlaznih kanala za senzore bazirane na EnOcean tehnologiji. Tih 8 izlaza se mogu koristiti za upravljanje rasvjetnim tijelima, roletama i zavjesama. Kontroler sadrži također integrirani vremenski prekidač koji može biti individualno dodijeljen svakom izlazu. Parametrizacija pojedinih funkcija je moguća pomoću menija za jednostavno konfiguriranje.



Slika 24. - Shema spajanja uređaja na SRC-DO8 kontroler

Kao i kod prijemnika tipa 1, tip 3 ima potpuno jednake tehničke karakteristike jedina razlika između uređaja su funkcije i operacije koje mogu obavljati.

### **Univerzalna funkcija**

Pojedini izlaz se preklapa u trenutku čim prijemnik primi naredbu za promjenom iz jednog ili više senzora. Svi „naučeni“ senzori su logički ILI (*eng. OR*) povezani u krug. Na primjer: Ukoliko kontaktni senzor prijavi „Prozor/vrata otvoreno“ ili bilo koji digitalni modul SR65DI prijavi „Spojen kontakt“ ili senzor prisutnosti odnosno pokreta prijavi „Kretanje“ ili senzor pomaka kvake na prozoru prijavi „Prozor otvoren ili pritvoren“ ili jednostavno bežični prekidač prijavi promjenu stanja, relej automatski vrši preklapanje.

### **Funkcija – aktivnost jednom tipkom**

Pripadajući izlaz se uključuje ukoliko je pritisnuta „naučena“ tipka EnOcean prekidača i resetira se automatski nakon isteka definiranog vremena trajanja (5 sekundi do 20 minuta). Ukoliko je definirano vrijeme trajanja deaktivirano, tada prijemnik pritiskom na tipku prekidača otvara izlaz tako dugo dok se ponovo ne pritisne tipka prekidača.

### **Funkcija – aktivnost dvjema tipkama**

Pripadajući izlaz se uključuje ukoliko se pritisne I tipka na „naučenom“ EnOcean prekidaču, a resetira se nakon pritiska na tipku O istog prekidača.

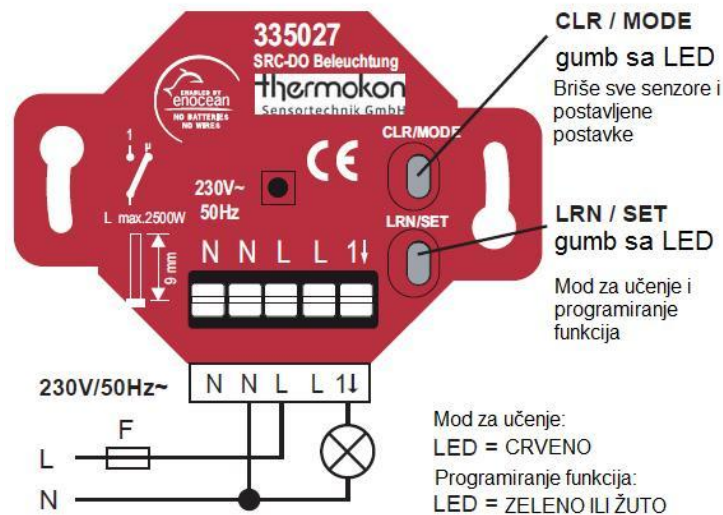
### **Funkcija za rolete i zavjese**

Izlazi 1/2 (1:Dolje, 2:Gore), 3/4 (3:Dolje, 4:Gore), 5/6 (5:Dolje, 6:Gore) i 7/8 (7:Dolje, 8:Gore) mogu se koristiti za upravljanje roletama i/ili zavjesama. Izlazi dolje/gore su uključeni tako dugo dok je pritisnuta tipka dolje/gore. Ako je odgovarajuća tipka pritisnuta dulje od 2 sekunde, tada izlaz ostaje uključen tako dugo sve dok ne istekne definirano vrijeme trajanja.

### **Funkcija vremenskog prekidanja**

Pomoću integriranog vremenskog prekidača je moguće vremenski upravljati pojedinim izlazom. Tako je moguće vremensko preklapanje svih 8 izlaza ovisno o danu u tjednu i definiranom satu i minuti. Naredba preklapanja koja je izdana iz vremenskog prekidača ima isti prioritet kao i naredba izdana EnOcean senzorom. Naredba prekidanja EnOcean senzora može isključiti izlaz iako je prije izlaz uključen od vremenskog prekidača.

### 6.1.3 SRC-DO Lighting 230V

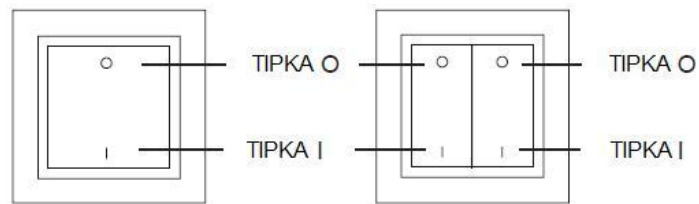


Slika 25. - SRC-DO lighting 230V

Različita električna trošila poput žarulja, halogenih rasvjetnih tijela, uređaja sa transformatorima mogu biti preklapana sa izlazom 1↓ iz radio kontrolera. Radio kontroler je upravljan sa radio senzora odnosno radio signalima. Prije uporabe, radio senzori moraju biti dodijeljeni radio kontroleru (maksimalno 32 radio kontrolera). Svaki senzor može upravljati sa neograničenim brojem radio aktuatora.

#### Funkcije uređaja

Funkcija 1 radio kontroler je namještena nakon dodjeljivanja radio senzora kontroleru. Svaki senzor može kontrolirati neograničeni broj prijemnika/kontrolera. Slijedeća tablica prikazuje režime rada u kojima SRC-DO lighting 230V može raditi.



Slika 26. - Tipke na senzoru stanja

Tabela 10. - Funkcije kontrolera

| Režim rada               | Radio senzor     | Funkcija                          | Parametar tipke                  |
|--------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Aktivnost sa 2 tipke     | Pritisak tipke I | Uključi                           |                                  |
|                          | Pritisak tipke O | Isključi                          |                                  |
| Aktivnost sa 1 tipkom    | Pritisak tipke   | Mijenjanje stanja prekidača       | O je aktivan                     |
|                          |                  |                                   | I je aktivan                     |
|                          |                  |                                   | I i O su aktivni                 |
| Upravljanje tipkama      | Pritisnuta tipka | Uključi                           | O je aktivan                     |
|                          |                  |                                   | I je aktivan                     |
|                          |                  |                                   | I i O su aktivni                 |
|                          | Opuštena tipka   | Isključi                          | O je aktivan (pulsiranje 5s)     |
|                          |                  |                                   | I je aktivan (pulsiranje 5s)     |
|                          |                  |                                   | I i O su aktivni (pulsiranje 5s) |
| Stubišna rasvjeta        | Pritisak I ili O | Uključivanje na određeno vrijeme  | 1 minuta                         |
|                          |                  |                                   | 2 minute                         |
|                          |                  |                                   | 5 minuta                         |
|                          |                  |                                   | 10 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 20 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 30 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 60 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 120 minuta                       |
| Vremensko prekidanje     | Pritisak tipke I | Uključivanje na određeno vrijeme  | 1 minuta                         |
|                          |                  |                                   | 2 minute                         |
|                          |                  |                                   | 5 minuta                         |
|                          |                  |                                   | 10 minuta                        |
|                          | Pritisak tipke O | Isključivanje                     | 20 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 30 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 60 minuta                        |
|                          |                  |                                   | 120 minuta                       |
| Upravljanje ventilacijom | Pritisak tipke I | Uključivanje kašnjenja (3 minute) | 2 minute kašnjenja               |
|                          |                  |                                   | 6 minuta kašnjenja               |
|                          |                  |                                   | 10 minuta kašnjenja              |
|                          | Pritisak tipke O | Aktiviranje na određeno vrijeme   | 15 minuta kašnjenja              |
|                          |                  |                                   | 20 minuta kašnjenja              |
|                          |                  |                                   | 30 minuta kašnjenja              |

|  |  |                            |                                |
|--|--|----------------------------|--------------------------------|
| Scene rasvjete   | Pritisak tipke O kratko                  | Uključi scenu rasvjete A/C | O = scena A<br>I = scena B     |
|  | Pritisak tipke O dugo                    | Pohrani scenu A/C          |                                |
|  | Pritisak tipke I kratko                  | Uključi scenu B/D          | O = scena C<br>I = scena D     |
|  | Pritisak tipke I dugo                    | Pohrani scenu B/D          |                                |
| Uključivanje<br>isključivanje<br>(kontaktni/kvaka<br>senzor) | Senzor kvake ili kontakta - otvoren      | Uključi                    | Funkcija kontaktnog senzora    |
|  | Svi senzori kvake i kontakta - zatvoreni | Isključi                   | Funkcija senzora kvake prozora |

## 6.2 Senzori

Senzori su uređaji koji mjere fizikalne veličine i pretvaraju ih u signale odnosno informacije koje promatrač može očitati. U ovom projektu se govori o kontaktnim sensorima za prozore i vrata, sensorima pomaka kvake prozora, sensorima temperatura, te sensorima stanja prekidača.

### 6.2.1 Kontaktni senzor SRW01

Kontaktni radio senzor, tvrtke Thermokon, koji ne sadrži baterije služi za praćenje stanja prozora i vrata, te komunicira sa prijemnicima serije SRC-x i više rangiranim upravljačkim sustavima. Prijenos radio telegrama baziran je na EnOcean standardu. Kao izvor energije za potrebe slanja radio telegrama prijemnicima koristi solarni ćeliju.

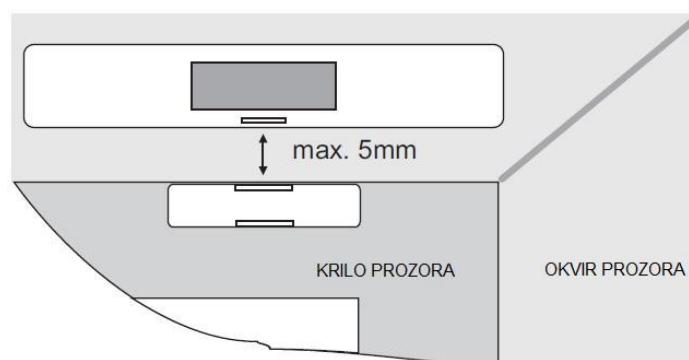


Slika 27. - Kontaktni senzor SRW01

Da bi se ostvarili posebni zahtjevi pravilnog i dovoljnog okolišnog osvjetljenja, potrebno je poštivati osnovne uvjete, kod odabira mjesta postavljanja. Pomoću energetski optimirane EnOcean radio tehnologije korištene kod „EasySens“ radio senzora, opskrba električnom energijom se ostvaruje iz 2 cm<sup>2</sup> solarne ćelije, te zbog toga senzori mogu raditi bez baterija. Zahvaljujući nekorištenju baterija sensorima skoro da i ne treba održavanje. Prema potrebi spremnik solarne energije se mora ponovo napuniti nakon dužeg držanja senzora u mraku. U principu se automatski to dešava tokom prvih aktivnih sati rada na danjem svjetlu. Ukoliko se inicijalno punjenje ne pokaže dovoljnim u prvih par sati rada, tada senzor doseže puno radnu snagu nakon 3 do 4 dana.

Kod odabira mjesta postavljanja radio senzora treba razmotriti slijedeće:

- Minimalno 100 lx svjetlosti mora biti 3-4 sata dnevno na mjestu postavljanja bez obzira da li se radi o umjetnom ili danjem svjetlu
- Osvjetljenje ne bi trebalo biti iznad 1000 lx na duži period
- Senzor sa solarnim ćelijom je najbolje montirati usmjeren prema prozoru, budući da treba izbjegavati direktno sunčevo zračenje.
- S obzirom na buduće korištenje prostorije, mjesto postavljanja treba biti odabrano na taj način da kasnije ne dođe do zaklanjanja svjetla



Slika 28. - Mjesto postavljanja kontaktnog senzora

Tabela 11. - Tehnički podaci kontaktnog senzora

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Tehnologija:                | EnOcean, STM250  |
| Frekvencija emitiranja:     | 868.3 MHz  |
| Dometa:                     | cca. 30 m unutar objekta<br>cca. 300 m na otvorenom                  |
| Detekcija mjerene veličine: | Promjena stanja kontakta   |
| Interval odašiljanja:       | Ako se stanje kontakta promjeni ili<br>periodično svakih 5-30 minuta |
| Izvor energije:             | Solarna ćelija   |
| Kućište:                    | ABS, bijele boje   |
| Zaštita:                    | IP prema EN60529   |
| Okolišna temperatura:       | -25...+65 °C   |
| Transport:                  | -25...+65 °C   |
| Težina:                     | 40 g   |

## 6.2.2 Senzor pomaka kvake prozora – SRG01

Prilikom rada kvaka prozora SRG01 šalje svoju poziciju odnosno status odgovarajućeg prozora svim prijemnicima koji očekuju signal od senzora. Poslan signal primaju prijemnici i prosljeđuju prema potrebi višim sustavima kontrole. SRG01 nema potrebu za žicama ili baterijama, te sva energija potrebna za rad kvake se generira pomicanjem ručke.

Programiranje senzora pomaka kvake bi trebalo biti obavljeno prije montiranja na prozor. Montiranje se samo izvodi nakon programiranja. Za uspješno programiranje odgovarajućeg prijemnika potrebno je isti postaviti u režim rada za učenje. Nakon čega se ručica pomiče sa pozicije „Zatvoreno“ u poziciju „Otvoreno“ i natrag.





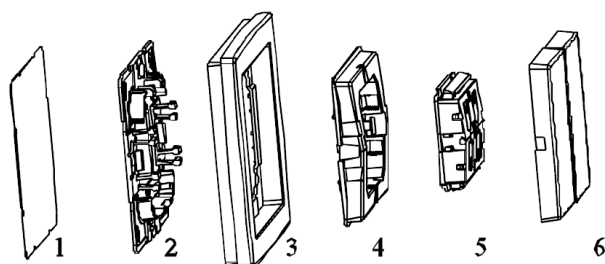
Slika 29. - Kvaka prozora SRG01

### 6.2.3 Bežični prekidači

Easysens bežični prekidač tvrtke Thermokon sadrži radio odašiljač koji ne koristi baterije već pritiskom na tipku se generira dovoljno energije koliko je potrebno da bi se poslao telegram prijemniku. Centralna pločica može biti zalijepljena ili spojena vijcima na mjesto i može biti jednostavno pričvršćena na staklo ili žbuku.



Slika 30. - Bežični prekidač EasySens



Slika 31. - Dijelovi prekidača

Slika (gore) prikazuje dijelove prekidača:

1. Samoljepljiva folija
2. Bazna pločica
3. Okvir prekidača
4. Gumeni umetak
5. Bežični prekidač
6. Upravljačke tipke

Tabela 12. - Tehničke karakteristike bežičnog prekidača

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Integrirani radio odašiljač:     | EnOcean PTM 200                                     |
| Izvor napajanja:                 | Elektrodinamički generator energije                 |
| Tehnologija:                     | EnOcean 868 MHz                                     |
| Domet:                           | cca. 30 m unutar objekta<br>cca. 300 m na otvorenom |
| Dimenzije:                       | 71 x 71 mm  |
| Visina:                          | 15 mm   |
| Instalacija:                     | Lijepljenjem ili montaža vijcima                    |
| Vrste tipki:                     | 2 kanalni<br>4 kanalni                              |
| Označavanje:                     | Svijetlo – „0“ i „1“<br>Rolete – „>“ i „<“          |
| Put djelovanja / sila djelovanja | 2 mm / 7 N (na sobnoj temp.)                        |
| Radni ciklusi:                   | >50 000 operacija                                   |
| Vlažnost:                        | 0-95%   |

Temperaturni opseg: -25...+65 °C

#### 6.2.4 Temperaturni senzori serije SR04x

Temperaturni senzor SR04x tvrtke Thermokon radi bez baterija, a kao izvor energije za slanje radio telegrama koristi solarnu ćeliju. Postoje više tipova temperaturnih senzora spomenute serije, svaki tip sadrži drugačije funkcije.

Tipovi temperaturnih senzora:

SR04 rH – senzor temperature/vlažnosti zraka

SR04P rH – senzor sa zadavanjem željene temperature

SR04PT rH – senzor sa zadavanjem željene temperature i gumba za prisutnost

SR04PMS rH – senzor sa zadavanjem željene temperature i prekidačem za režim rada grijanja



Slika 32. - Temperaturni senzor SR04PT

Kao i kod kontaktnog senzora, bitno je prilikom postavljanja uređaja odabrati odgovarajuće mjesto. Senzor koristi kao izvor napajanja solarnu ćeliju veličine 2 cm<sup>2</sup>, time opskrbljuje uređaj električnom energijom za mjerenje temperature i slanje telegrama prijemniku. Da bi senzor mogao normalno raditi potrebno ga je postaviti na mjesto gdje dnevno ima barem 3-4 sata svjetla jačine 200 lx, bilo to umjetno ili danje. Ukoliko se dogodi da u prostoriji nema dovoljno svjetla da bi se uređaj napajao moguće je koristiti baterije. Senzor također sadrži odgovarajući nosač za baterije standarda LS14250 / 1/2AA. Tako

trajanje baterije u uređaju iznosi od 5 – 10 godina, ovisno o internom starenju uređaja i samotrošenju baterije.

### Principi mjerenja i proizvodnja telegrama

- a) **Upravljanje prema događaju** – aktiviranjem tipke za učenje na senzoru, unutarnji mikroprocesor se budi, detektira razinu temperature u prostoriji i šalje telegram prijemniku.
- b) **Vremenski upravljano** – unutarnji mikroprocesor se budi u intervalu od cca. 1.6 minuta ( $T_{wake\ up}$ ) i detektira izmjerenu temperaturu. Ako se stanje ulaza promijenilo od zadnjeg upita (promjena temperature  $> 0.8\text{ °C}$ ), telegram se odmah generira. Ukoliko ulazna veličina ostane nepromijenjena u usporedbi sa prethodnim upitom, telegram se automatski proizvodi najkasnije nakon isteka fiksnog vremena slanja koji prosječno iznosi 16 minuta ( $T_{send}$ )

### Instalacija

Kako bi se osigurala točna procjena mjerenih vrijednosti prijemnika, potrebno je imati naučene senzore kod prijemnika. To se automatski može napraviti pomoću „Tipka za učenja“ na senzoru ili ručno unošenjem 32 bitnog ID koda (*eng. Identification*) i specijalne procedure učenja između senzora i prijemnika.

#### 6.2.5 Senzor prisutnosti SR-MDS solar

Višenamjenski senzor koji služi za detekciju pokreta i osvjjetljenja koristi solarne ćelije kao izvor energije za detekciju i odašiljanje informacija odnosno telegrama. Može detektirati pokrete u radijusu od  $360^\circ$ , sadrži integrirani senzor razine osvjjetljenja od 0 – 512 lx, te daje mogućnost nadgledanja razine napona napajanja.



Slika 33. - Senzor prisutnosti SR-MDS Solar

Tabela 13. - Tehnički podaci senzora prisutnosti

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Tehnologija:             | EnOcean, STM   |
| Frekvencija odašiljanja: | 868.3 MHz  |
| Doseg:                   | cca. 30 m unutar objekta<br>cca. 300 m na otvorenom  |
| Detekcija pokreta:       | PIR – pasivno infracrveno  |
| Detekcija osvjetljenja:  | 0...512 Lx   |
| Interval mjerenja:       | Svakih 100 sekundi   |
| Interval odašiljanja:    | -svakih 100 s – ako je promjena osvjetljenja<br>>10 lx ili isključen senzor pokreta<br>- svakih 1000 s – ako je promjena<br>osvjetljenja <10 lx ili pokret nije detektiran |
| Izvor napajanja:         | Solarna ćelija   |
| Radna temperatura:       | +10 ... +55 °C   |
| Skladištena temperatura: | -10 ... +65 °C   |
| Masa:                    | 120 g  |

## 7. Plan instalacija sustava automatizacije

U ovom projektu definirani su sustavi koji će se automatizirati, tako imamo sustav automatiziranog upravljanja grijanjem, rasvjetnim tijelima, utičnicama. Budući da su ti sustavi uglavnom najveći potrošači energije, trebale bi se njihovom automatizacijom postići uštede.

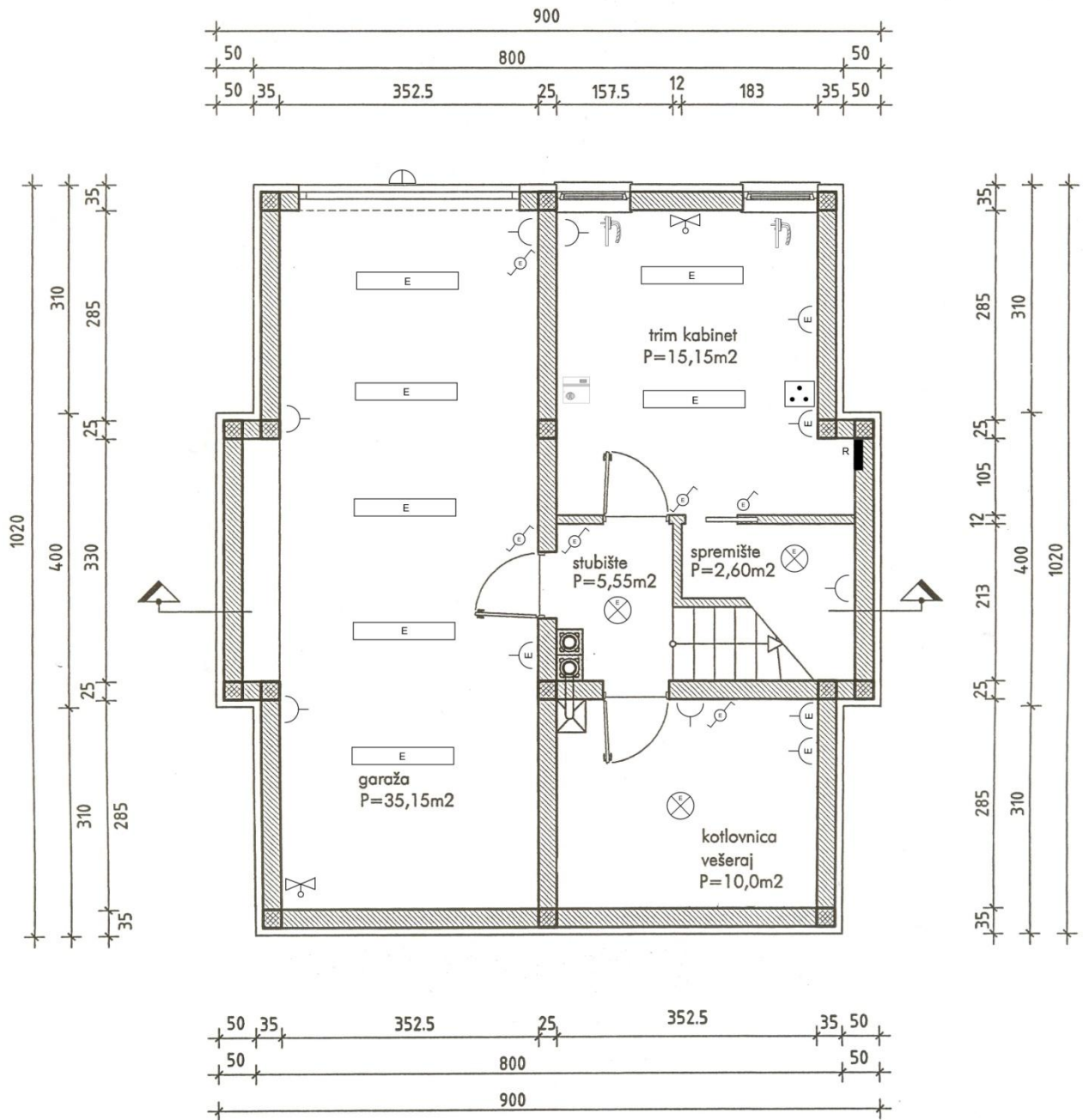
Odabrane komponente koje se koriste u ovom projektu su:

- Kontakti senzor SRW01
- Senzor pomaka kvake SRG01
- EasySens bežični prekidač
- Prijemnik za kontrolu električnih ventila podnog grijanja SRC-DO8 tip 1
- Prijemnik za kontrolu rasvjete, roleta, utičnica SRC-DO8 tip 3

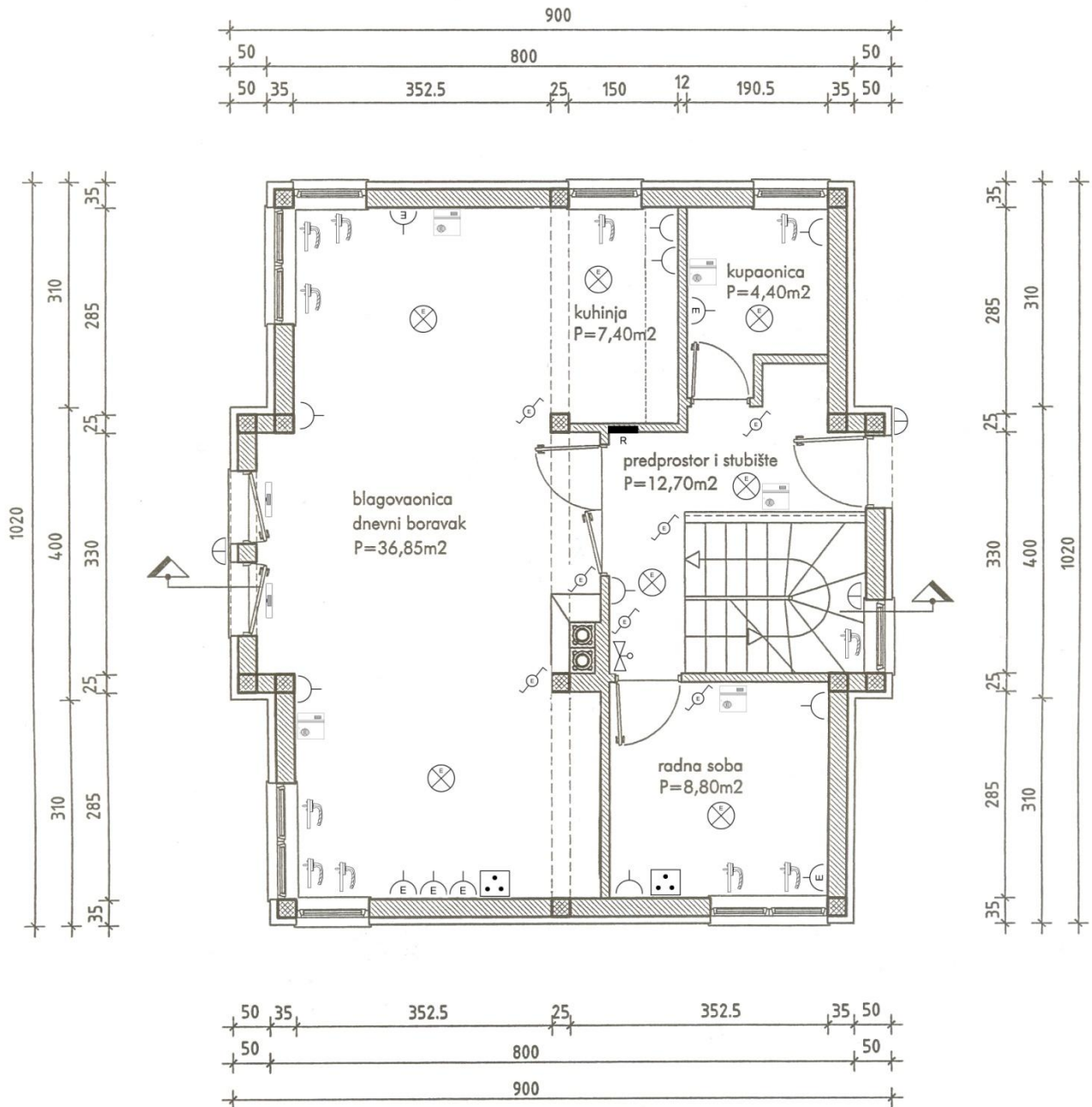
Na slijedećoj slici prikazana je legenda gdje su definirani simboli pojedinih komponenata na tlocrtima pojedine etaže objekta.



Slika 34. Simboli instalacija

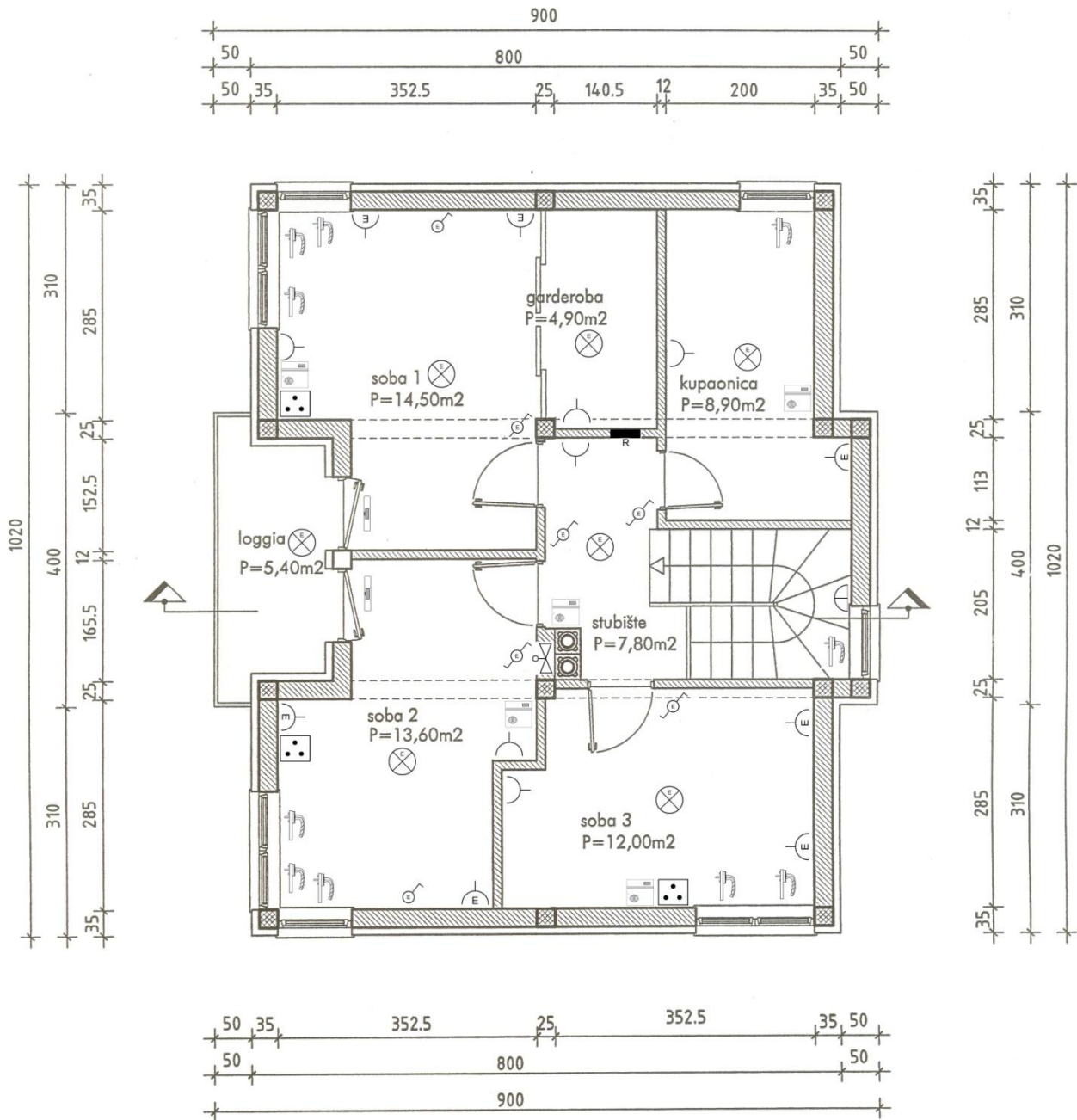


Slika 35. - Raspored komponenti u suterenu



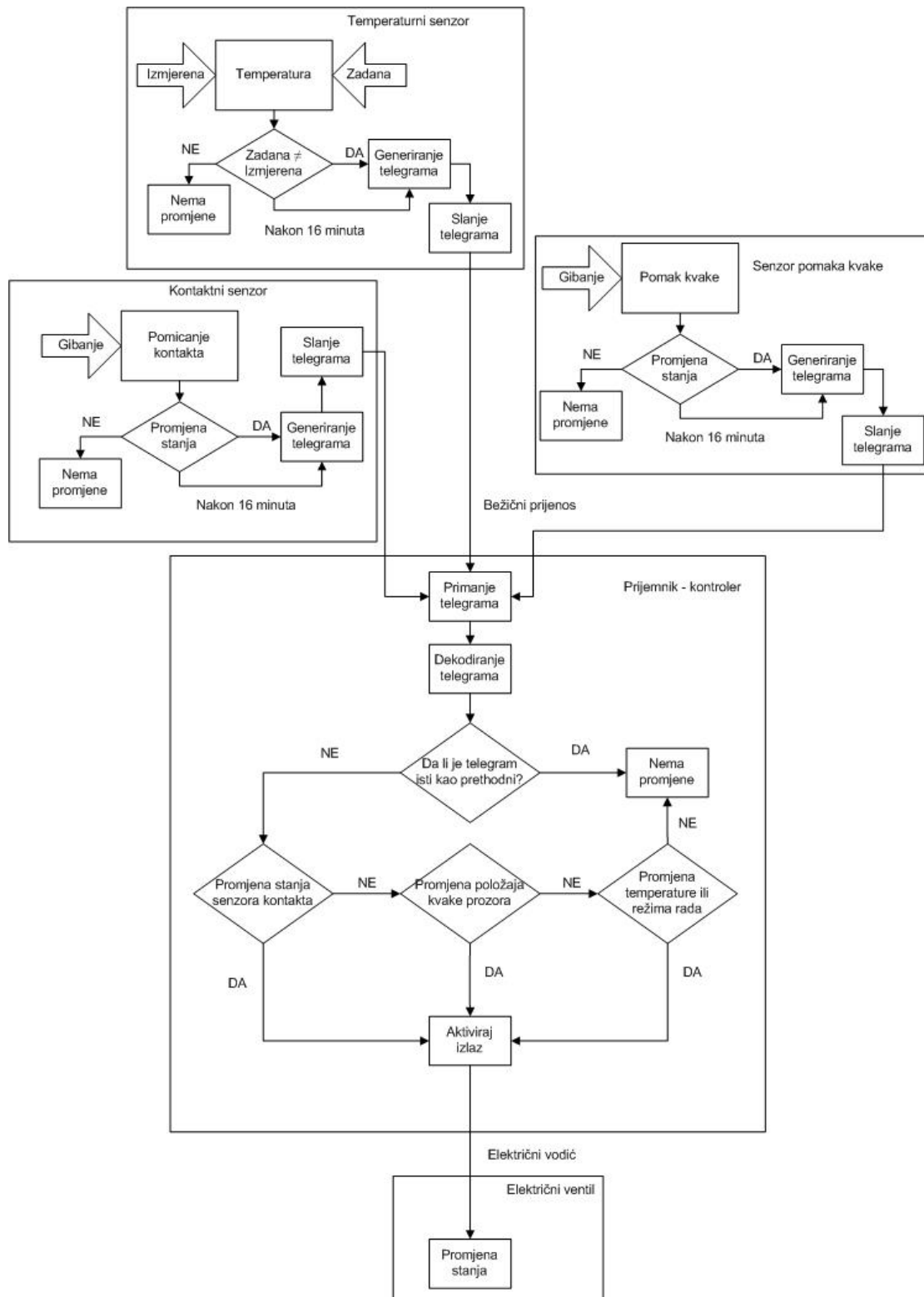
Slika 36. - Raspored komponenti u prizemlju





Slika 37. - Raspored komponenti na katu

## 8. Algoritam upravljanja sustava grijanja



Slika 38. - Algoritam upravljanja ventilima sustava podnog grijanja

## 9. Vrijednost investicije automatizacije sustava

Vrijednost investicije ovog projekta automatizacije sustava koji uzrokuju najveću potrošnju energije može se vidjeti iz slijedećih tablica koje su podijeljene prema etažama objekta.

Tabela 14. - Cijene komponenata za suteren

| Naziv komponente                    | Količina | Jedinična cijena [€] | Ukupna cijena [€] |
|-------------------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| Senzor pomaka kvake SRG01 - bijela  | 2        | 76,80                | 153,60            |
| Prekidač 4 kanalni - bijeli         | 5        | 61,00                | 305,00            |
| Prekidač 2 kanalni - bijeli         | 1        | 59,00                | 59,00             |
| Senzor temperature SR04P            | 1        | 305,63               | 305,63            |
| Prijemnik (kontroler) SRC-DO8 tip 3 | 1        | 296,00               | 296,00            |
| Ukupno:                             |          |                      | 1092,13 €         |

Tabela 15. - Cijene komponenata za prizemlje

| Naziv komponente                    | Količina | Jedinična cijena [€] | Ukupna cijena [€] |
|-------------------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| Senzor pomaka kvake SRG01 - bijela  | 10       | 76,80                | 768,00            |
| Prekidač 4 kanalni - bijeli         | 7        | 61,00                | 427,00            |
| Senzor temperature SR04P MS         | 4        | 313,19               | 1252,76           |
| Senzor temperature SR04P            | 1        | 305,63               | 305,63            |
| Prijemnik (kontroler) SRC-DO8 tip 3 | 1        | 296,00               | 296,00            |
| Prijemnik (kontroler) SRC-DO8 tip 1 | 1        | 296,00               | 296,00            |
| Kontaktni senzor SRW01              | 2        | 62,00                | 124,00            |
| Ukupno:                             |          |                      | 3469,39 €         |

Tabela 16. - Cijene komponenata za kat

| Naziv komponente                    | Količina | Jedinična cijena [€] | Ukupna cijena [€] |
|-------------------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| Senzor pomaka kvake SRG01 - bijela  | 10       | 76,80                | 768,00            |
| Prekidač 4 kanalni - bijeli         | 6        | 61,00                | 366,00            |
| Senzor temperature SR04P MS         | 4        | 313,19               | 1252,76           |
| Senzor temperature SR04P            | 1        | 305,63               | 305,63            |
| Prijemnik (kontroler) SRC-DO8 tip 3 | 1        | 296,00               | 296,00            |
| Prijemnik (kontroler) SRC-DO8 tip 1 | 1        | 296,00               | 296,00            |
| Kontaktni senzor SRW01              | 2        | 62,00                | 124,00            |
| Ukupno:                             |          |                      | 3408,39 €         |

Kao što je vidljivo iz gore navedenih cijena u tablicama potrebno je za cijelu kuću dodatno izdvojiti 7969,91 €. U cijenu nisu uračunate standardne komponente koje se koriste kod normalnih električnih instalacija. U cijenu su uračunati prekidači tako da se mogu izbaciti iz proračuna normalnih električnih instalacija.

## 10. Postizanje ušteda

Cilj ovog projekta su uštede energije, budući da se već samom gradnjom niskoenergetskog objekta (pasivnom komponentom) mogu postići značajne uštede u potrošnji energenata za zagrijavanje prostorija. Uvođenjem aktivne komponente, odnosno automatizacije osnovnih sustava, kao što su upravljanje podnim grijanjem, rasvjetom i izvorima energije (utičnicama) moguće ih je još povećati uštede.

### 10.1 Aktivno upravljanje podnim grijanjem

Kada govorimo o podnom grijanju uštede se odmah mogu primijetiti, zbog toga što temperatura vode u cijevima koje se nalaze u podu su niže nego kod konvencionalnog radijatorskog grijanja. Da bi se prostorija zagrijala radijatorom pričvršćenim na zid zagrijava se prvo strop pa se gomilanjem toplog zraka polako spušta toplina prema dolje, naravno ukoliko su stropovi visoki gubiti su veliki. Kod podnog grijanja, ravnomjerno se toplina raspodjeljuje duž cijele površine poda time. Temperatura poda nikada nije veća od 25-26 °C, te kako se toplina diže temperatura opada.

Aktivno upravljanje grijanjem može postići još veće uštede. U ovom projektu svaka prostorija u objektu sadrži 3 vrste senzora:

- Senzor temperature sa kliznim prekidačem za režim rada (komforni/sniženi)
- Senzor pomaka kvake na prozoru
- Kontaktni senzor

Senzori rade bežično i nisu im potrebni vanjski izvori energije već se napajaju iz solarnih ćelija ili gibanjem samih senzora (senzor pomaka kvake). Prijemnici primaju telegrame, te na temelju njih donose odluke o upravljanju odgovarajućim električnim ventilom. Na primjer, korisnik se nalazi u dnevnom boravku, pomakom klizača za režim rada na senzoru temperature aktivira komforni režim rada, no ukoliko se otvore vrata ili prozori, senzori pomaka kvake ili kontaktni senzori sa vrata šalju telegram prijemniku da je došlo do promjene, time prijemnik zatvara ventil dovoda tople vode u sustav podnog grijanja za taj segment objekta. Također, postoji opcija, da ukoliko temperatura padne ispod kritične temperature (standardno 8 °C), a svi senzori pomaka kvake i kontaktni senzori tvrde da je sve zatvoreno, prijemnik automatski isključuje grijanje za taj segment. Temperatura od 8 °C se

može definirati prema želji i potrebi korisnika. Programiranjem prijemnika moguće je definirati točno dane, sate i minute kada i koliko će raditi određeni ventil za grijanje odgovarajućeg segmenta niskoenergetske kuće. Tako se može definirati na primjer noćni režim rada gdje se isključuju svi zagrijavani segmenti, tako i dnevni samo za željene segmente. Režim rada se može mijenjati prema prisutnosti korisnika pomakom kliznog prekidača na senzoru temperature kada boravi u prostoriji. Prije nego što napusti prostoriju mora vratiti klizni prekidač u prvobitno stanje kako se ne bi bespotrebno trošila energija za zagrijavanje prazne prostorije. Ukoliko korisnik ne bi želio ni na to obraćati pažnju moguće je postaviti senzore prisutnosti koji prema potrebi slali telegrame prijemniku o prisutnosti korisnika u prostoriji. Samo je pitanje ekonomske isplativosti nadogradnje ovakvog sustava. Mogućnosti su beskonačne, te se mogu jednostavno prilagoditi potrebama korisnika.

## 10.2 Aktivno upravljanje električnim utičnicama

Zbog same cijene prijemnika koji upravljaju pojedinom utičnicom bilo bi ekonomski neisplativo u cijeli objekt postaviti upravljane električne utičnice. Njihova glavna uloga je da ukoliko korisnik ne koristi uređaje u „standby“ režimu rada da ih isključi sa električne mreže kako bi se postigle uštede električne energiji.

Slijedeća tablica prikazuje prosječnu potrošnju električne energije uređaja u kućanstvu.

Tabela 17. - Prosječna potrošnja električnih uređaja

| Proizvod                 | Režim rada                         | Prosječna potrošnja (W) |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Klima uređaj             | Isključen                          | 0.9                     |
| Punjač mobilnog telefona | Uključen, napunjen mobitel         | 2.24                    |
|                          | Uključen, punjenje mobitela        | 3.68                    |
|                          | Uključen bez priključenog mobitela | 0.26                    |
| Sat radio                | Uključen                           | 2.01                    |
| CRT monitor              | Isključen                          | 0.8                     |
|                          | Uključen                           | 65.1                    |
|                          | „Sleep“ režim rada                 | 12.14                   |
| LCD monitor              | Isključen                          | 1.13                    |
|                          | Uključen                           | 27.61                   |
|                          | „Sleep“ režim rada                 | 1.38                    |
| Desktop računalo         | Uključen, odsutan                  | 73.97                   |
|                          | Isključen                          | 2.84                    |
|                          | „Sleep“ režim rada                 | 21.13                   |

|   |                            |        |
|---|----------------------------|--------|
| Notebook računalo                           | Rad uz napunjenu bateriju  | 29.48  |
|   | Rad uz punjenje baterije   | 44.28  |
|   | Isključeno                 | 8.9    |
|   | Punjač prazni hod          | 4.42   |
|   | „Sleep“ režim rada         | 15.77  |
| ADSL Modem                                  | Uključen                   | 5.37   |
|   | Isključen                  | 1.37   |
| Printer - inkjet                            | Uključen                   | 9.16   |
|   | Isključen                  | 5.26   |
| Printer - laser                             | Uključen                   | 131.07 |
|   | Isključen                  | 1.58   |
| Set-top Box – Digitalna kablovski prijemnik | Uključen, TV isključen     | 24.65  |
|   | Uključen, TV uključen      | 29.64  |
|   | „Standby“ režim rada       | 17.83  |
|   | Isključen                  | 17.5   |
| Zvučnici na računalo                        | Uključen                   | 4.12   |
|   | Isključen                  | 1.79   |
| CRT Televizija                              | „Standby“ režim rada       | 3.06   |
|   | Isključen na prekidač      | 2.88   |
| Pojačalo                                    | Uključeno – bez produkcije | 33.99  |
|   | Uključeno – sa produkcijom | 39.16  |
|   | Isključeno                 | 0.27   |
| Audio mini sustav                           | CD – bez produkcije        | 13.99  |
|   | Kazeta – bez produkcije    | 13.85  |
|   | CD – produkcija            | 19.09  |
|   | Isključeno                 | 8.32   |
|   | Uključen radio             | 14.41  |
| DVD player                                  | Uključen – bez produkcije  | 7.54   |
|   | Uključen – produkcija      | 9.91   |
|   | Isključen                  | 1.55   |
| Audio receiver                              | Uključen – bez produkcije  | 37.61  |
|   | Isključen                  | 2.92   |

Kao što je vidljivo iz gore navedenih podataka u tablici, možemo zaključiti da velika količina električne energije se bespotrebno troši. Aktivnim upravljanjem utičnicama, moguće je definirati u kojim vremenskim periodima mogu biti isključene, tako uređaju koji su spojeni preko tih utičnica neće trošiti bespotrebno električnu energiju. Također je moguće pritiskom na jednu tipku bežičnog prekidača postavljenog kod izlaza iz kuće potpuno isključiti sve uređaje na spomenutim utičnicama.

### 10.2.1 Proračun uštede električne energije

Proračun uštede električne energije proveden je kako bi se približno mogle prikazati uštede prilikom nekorištenja električnih uređaja. Vrijednosti prosječne potrošnje električnih uređaja prikazane su u slijedećoj tablici.

Tabela 18. - Uređaji korišteni u kućanstvu

| Uređaj               | Količina | Potrošnja (W) | Ukupna potrošnja (W) |
|----------------------|----------|---------------|----------------------|
| Klima uređaj         | 3        | 0.9           | 2.70                 |
| Punjač mobitela      | 3        | 0.26          | 0.78                 |
| Sat radio            | 2        | 2.01          | 4.02                 |
| LCD monitor          | 2        | 1.38          | 2.76                 |
| Desktop računalo     | 2        | 21.13         | 42.26                |
| Notebook računalo    | 1        | 15.77         | 15.77                |
| ADSL modem           | 1        | 5.37          | 5.37                 |
| Printer - inkjet     | 2        | 5.25          | 10.52                |
| Set-top box          | 3        | 17.83         | 53.49                |
| Televizija           | 3        | 2.88          | 8.64                 |
| Pojačalo             | 1        | 0.27          | 0.27                 |
| Audio mini sustav    | 3        | 8.32          | 24.96                |
| DVD player           | 2        | 1.55          | 3.10                 |
| Audio receiver       | 1        | 2.92          | 2.92                 |
| Zvučnici za računalo | 2        | 1.79          | 3.58                 |
| Ukupno (W):          |          |               | 181,14               |

Kao što je prikazano u tablici možemo vidjeti da se u kućanstvu za ovaj projekt u svakom trenutku potrošnja električnih uređaja u „standby“ režimu rada iznosi 181,14 W.

Komponente za upravljanje električnim utičnicama:

- Prijemnik/Kontroler (3 komada)
- Bežični prekidač (1 komad)

Korištenjem ovih dviju komponenti možemo kontrolirati uređaje. Uređaje može uključivati i isključivati korisnik pritiskom na tipku bežičnog prekidača, odabirati režima rada ili prethodno definirati vremenski period u kojem će se uređaji automatski isključivati sa električne mreže. Cijena komponenti za upravljanje električnim utičnicama uvećava cijenu standardnih električnih komponenti (električne utičnice, kablovi, razvodne kutije...) za 949 €.

Ukoliko uzmemo u obzir da u tablici navedeni uređaji se ne koriste 12 sati dnevno dobivamo iznos od 2.174 kWh dnevno električne energije koja je uzaludno potrošena. Ukoliko gledamo na temelju godine iznosi 793.51 kWh. Ukoliko uzmemo u obzir da cijena električne energije trenutno iznosi 0.7 kn/kWh možemo zaključiti da bi uštede na razini godine iznosile otprilike 555 kn.



## 11. Zaključak

Cilj ovog projekta je bio prikazati jednu od mogućnosti postizanja ušteda prilikom gradnje niskoenergetske kuće i automatizacijom sustava koji zahtijevaju najviše energije. Pasivna razina odnosno građevinska razina je neophodna ukoliko govorimo o niskoenergetskom standardu za postizanje cilja. Cijena gradnje niskoenergetskog objekta se time povećava za 15-20 % u odnosu na cijenu standardne gradnje, time je potreban veći početni kapital. Ukoliko još želimo uključiti i aktivnu razinu odnosno automatiziramo sustave koji troše najviše energije povećat ćemo troškove za još 5-10 %.

U projektu je prikazana jedna od mogućnosti automatizacije sustava kao što su sustav podnog grijanja, sustav upravljanja rasvjetom i sustav upravljanja električnim utičnicama. Postavljanjem odgovarajućih senzora u prostorije koji bežičnim putem šalju informacije u obliku telegrama prijemnicima, te programiranjem istih, mogu inteligentno ovisno o situaciji donositi odluke i upravljati pojedinim funkcijama sustava.

Zbog posebnosti ovakvog sustava nemoguće je predvidjeti kolike bi bile stvarne uštede energije bez prethodno provedenog ispitivanja. U poglavlju 10.2.1 proveden je proračun uštede električne energije korištenjem sustava za upravljanje utičnicama, time se može zaključiti da bi se sustav isplatio kroz 12 godina, ne uzimajući u obzir rasta cijene električne energije kroz godine.

Gledajući ekonomsku isplativost ovakvog sustava smatram da se još uvijek ne isplati koristiti ovakav način automatizacije u kućanstvu zbog trenutno niske cijene električne energije koja prolongira vrijeme povrata kapitalnog ulaganja. Što se tiče komponenti za automatizaciju radi se o relativno novoj tehnologiji na tržištu, konkurencija je relativno mala pa su prema tome i cijene komponenata visoke. Zbog sve veće potražnje za električnom energijom u svijetu rast će i cijena, dok će komponentama za automatizaciju dolaženjem konkurencije na tržište cijene padati. Kada cijene postignu određene razine isplativosti tada će automatizacija objekata postati standard.

## Literatura:

[http://www.energetska-efikasnost.undp.hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=211&Itemid=168](http://www.energetska-efikasnost.undp.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=211&Itemid=168)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Home\\_automation](http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation)

<http://www.energetska-efikasnost.undp.hr/index.php>

[http://www.izvorienergije.com/niskoenergetske\\_i\\_pasivne\\_kuce.html](http://www.izvorienergije.com/niskoenergetske_i_pasivne_kuce.html)

[http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/vodic\\_ee\\_gradnja.pdf](http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/vodic_ee_gradnja.pdf)

[http://www.elmah.hr/clanci\\_eib.php](http://www.elmah.hr/clanci_eib.php)

[www.enocean.com](http://www.enocean.com)

[www.thermokon.com](http://www.thermokon.com)

[www.smarthome.com](http://www.smarthome.com)

<http://standby.lbl.gov/summary-table.html>

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

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.konnex.org](http://www.konnex.org)

<http://www.knx.org/hr/>

Building Automation, H. Merz, T. Hansemann, C. Hübner, 2009 Springer

# PRILOZI