

Avtomatizacija komunalne energetike in energetska učinkovitost v Šolskem centru Velenje

Cveto Fendre

Šolski center Velenje, Trg mladosti 3, 3320 Velenje

cveto.fendre@guest.arnes.si

Energy Management and Automation at the School Centre Velenje

Abstract: The subject of this project is to make a supervising system for controlling of electric peak power. This automatic system works on the bases of warning and disconnecting the users from the lowest to the highest priority. The energetic automation includes also the heating system for complex buildings in the school centre. Due to optimization of the heating system, we achieve better working conditions and more economical benefit of energy. The automation system is based on the programmable logic controllers, touch screens and PC-s.

1 Uvod

Varčevanje z energijo in njena učinkovita raba se pričneta z zavedanjem, da energija ni dana sama po sebi in da je ni v neomejenih količinah. Poleg relativno visokih stroškov zahteva njena proizvodnja tudi ekološki davek. Zavedati se moramo, da premišljena in načrtovana raba energije ne vpliva le na družinski proračun v gospodinjstvih. Njen vpliv sega širše, na celotno gospodarstvo, javni sektor in okolje v državi. Varčevanje z energijo ne pomeni upadanja našega življenjskega standarda ali celo dodatnih stroškov, pomeni pa kvalitetnejšo in prijaznejšo porabo vseh vrst energij. Slabe razvade ljudi je potrebno spremeniti v pozitivne navade in pri tem uporabiti nujne tehnične spremembe v naših bivališčih in v poslovnem okolju. Kako pripraviti človeka do tega, da bo optimalno razsvetljeval prostore, za sabo ugašal luči, zapiral vodo, primerno ogreval bivalni in delovni prostor? Pomen energijsko varčnih naprav se pokaže prej, kot si navadno mislimo. Dejavnosti, ki jih moramo za doseganje

zmanjševanja rabe energije nenehno izvajati, so predvsem: primerna organizacija energetskega upravljanja objektov, vzgojno-osveščevalna dejavnost vseh uporabnikov, **tehnično-investicijski ukrepi za učinkovito rabo energije (URE)** in večja raba obnovljivih virov energije (OVE).

2 Učinkovita raba energije

Velika večina javnih stavb, predvsem starejših objektov, ima velik potencial za učinkovito rabo energije. Brez večjih investicijskih vlaganj v te objekte in ob racionalni rabi energije ter ustrezni organiziranosti bi bilo možno zmanjšati porabo energije do 10 %. Tu imamo v mislih predvsem potrebno energijo za ogrevanje prostorov, električno energijo in vodo. Ob ustrezni organizaciji dela in primerni ozaveščenosti uporabnikov teh zgradb pa bi prihranili še nadaljnjih 5 % energije. Ob ustreznih tehnično-investicijskih ukrepih bi po strokovnih ocenah potencial učinkovite rabe energije lahko znašal tudi do 30 %!

Učinkovitejša raba energije pomeni povečanje energetske intenzivnosti. Pojem energetska intenzivnost pove, koliko bruto primarne energije potrebujemo za realizacijo določenega BDP. Tako smo v Sloveniji v letu 2000 potrebovali 386 toe (ton naftnih ekvivalentov) primarne energije (velja za kompletno energetiko) za en milijon stalnih EUR BDP. V EU so v letu 1999 uspeli tolikšen proizvod ustvariti že pri 231 toe porabljene primarne energije. Ta podatek pomeni, da smo v Sloveniji za enoto bruto domačega proizvoda porabili približno tretjino več energije, kot je porabijo v EU za enak končni energetskega učinek. Običajno razmišljanje vodi k temu, da bomo ob manjši porabi energije manj plačali, kar je popolnoma

res. Žal je ta stimulatívni dejavnik včasih premajhen ali pa smo o njem premalo ozaveščeni. Z gotovostjo lahko trdimo, da bo v prihodnosti dejavnik cene tako velik, da se bo odnos do rabe energije spremenil.

3 Učinkovita raba energije na Šolskem centru Velenje - URE

Šolski center Velenje sestavlja 5 srednjih šol, Višja strokovna šola, Dijaški in študentski dom ter Medpodjetniški izobraževalni center. V njem se izobražuje preko 3000 dijakov, študentov in drugih udeležencev funkcionalnih izobraževanj. Pouk, predavanja in druge izobraževalne dejavnosti imamo organiziran kar na 12 lokacijah, ki obsegajo preko 23000 m² funkcionalnih površin. V letu 1999 smo pričeli izvajati dolgoročni projekt učinkovite rabe energije (URE), s katerim smo želeli predvsem zmanjšati visoke stroške za porabljeno energijo (ogrevanje, topla in hladna voda, električna energija) in uvesti nadzor nad porabljeno energijo. V ta namen smo uvedli poseben princip energetskega upravljanja, ki pa s časom prerašča v računalniško podprt informacijski energetski sistem Šolskega centra.

V energetske upravljanje centra so zaenkrat vključeni štirje objekti na lokaciji Trg mladosti 3, ki s svojimi 17000 m² uporabne površine predstavljajo glavnino lokacij. Kot glavna energenta nastopata daljinska toplotna energija (TEŠ preko Energetike v Komunalnem podjetju Velenje) in električna energija. Skupna letna poraba energije je v letu 2004 znašala 9450 GJ, od tega električna energija 267 MWh, 2360 MWh pa toplotna energija. Letna poraba mrzle vode je znašala 8000 m³. Strošek za energijo kot delež v celotnih letnih odhodkih zavoda znaša 1,8 %. Zelo je zgovoren podatek, da je bil ta delež v letu 1998 kar 3,3 %.

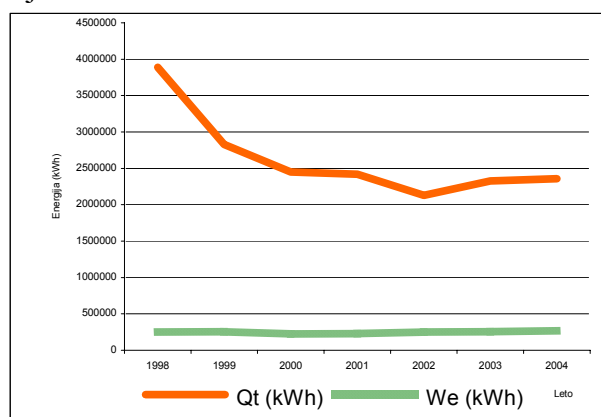
Zaradi zmanjšanja stroškov za porabljeno energijo smo pričeli udejanjati nekatere zamisli in ideje, ki so pripomogle k znižanju porabe energije. V letu 1999 smo izvedli energetski pregled šolskega kompleksa in pričeli z

uvajanjem **energetskega upravljanja zavoda**. V letu 2000 smo formirali projektno skupino za URE, ki deluje znotraj in tudi izven zavoda. Večino izvedenih ukrepov realiziramo z lastnimi kapacitetami v obliki raziskovalnih in diplomskih nalog višje strokovne šole ter v okviru Medpodjetniškega izobraževalnega centra ŠCV, znotraj katerega deluje Energetski inženiring.

V tem času so bili postavljeni temelji za delovanje energetskega upravljanja ustanove, ki so razdeljeni v tri nivoje ali ukrepe:

- **organizacijski ukrepi**, kamor štejemo sistemizacijo delovanja energetskega upravljanja, energetski inženiring, prilagoditev urnikov ...,
- **vzgojno-pedagoška dejavnost** v smislu ozaveščanja o URE znotraj in zunaj šolskega centra za dijake, študente, zaposlene ...,
- **tehnično-investicijski ukrepi**, kamor štejemo predvsem razne rekonstrukcije in tehnične izboljšave energetskih postrojenj in arhitekturnih posegov v same objekte.

Specifično porabo toplote (energijski kazalec toplote E_{op}) smo v obdobju od 1998, ki ga štejemo za bazno leto (base line), do 2004 zmanjšali za 40 %, in sicer iz 225 kWh/m²a v letu 1998 na povprečno 132 kWh/m² v zadnjih treh letih. Porabo električne energije smo v tem času kljub povečanju števila porabnikov uspeli zaježiti.



Graf 1: Poraba električne in toplotne energije

4 Tehnično-investicijski ukrepi

Investicije potekajo po prioritetni listi, in sicer tako, da so prvi ukrepi tisti, ki so najbolj učinkoviti (hitrost vrnitve vloženih sredstev - ekonomičnost, velikost učinka na prihranek stroškov za energijo, enostavnost projekta). Praviloma energetski prihranek iz prejšnjega leta vložimo v nove projekte *URE*.

Med najpomembnejše dosedanje ukrepe tega tipa, ki pa so seveda tudi finančno pogojeni, štejemo:

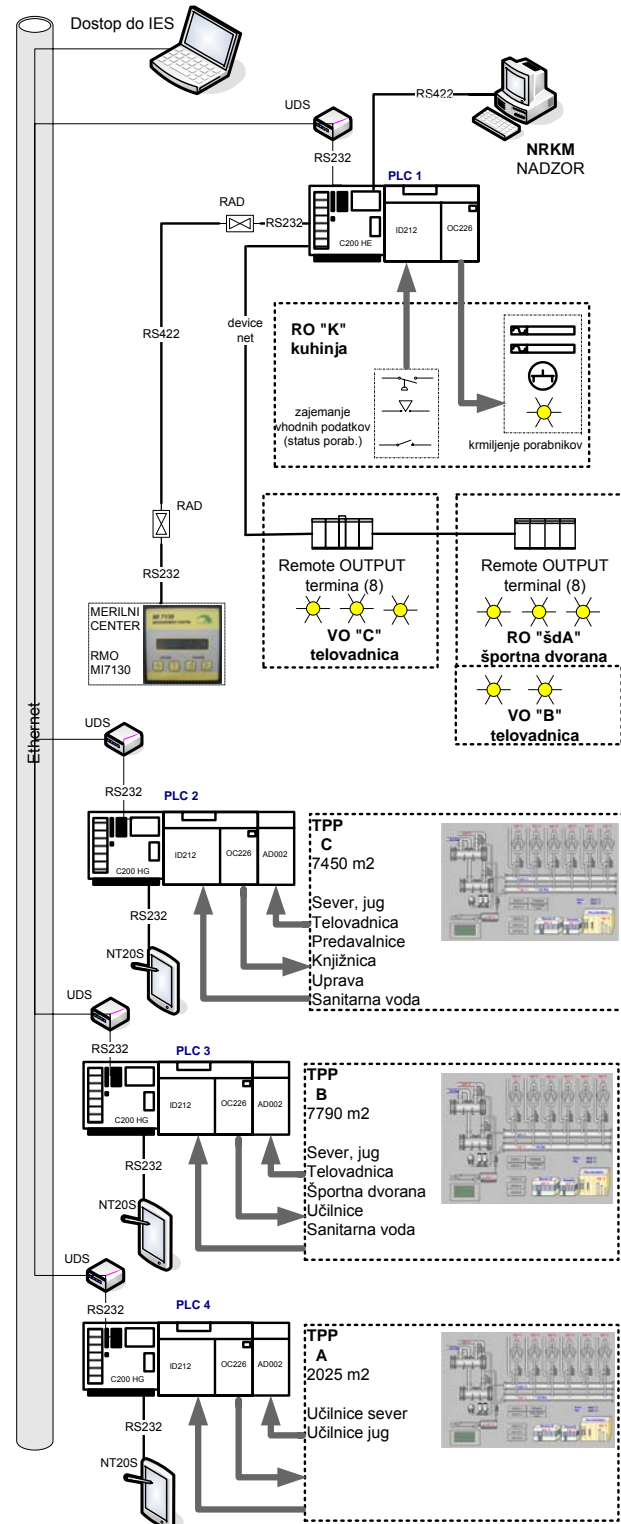
- izdelavo sistema za nadzor porabe električne energije,
- rekonstrukcijo in modernizacijo treh toplotnih predajnih ogrevalnih postaj,
- modernizacijo in optimizacijo notranje razsvetljave.

Načrtovani ukrepi za varčevanje z energijo s tehnično-investicijskega področja so predvsem:

- dokončanje energ. informacijskega sistema ŠCV in uvedba avtomatskega energetskega knjigovodstva,
- postopna rekonstrukcija celotne razsvetljave,
- zamenjava oken in termoizolacija zgradb (izvedba javnega razpisa za pogodbeno znižanje stroškov energije).

Največji delež pri povečanju energetske učinkovitosti nosijo tehnično-investicijski ukrepi. Najprej smo pristopili k rekonstrukcijam in posodobitvam treh toplotnih podpostaj šolskega kompleksa. Vpeljali smo regulacijske sisteme s PLC-ji, črpalke s frekvenčnimi pretvorniki in krmilne sisteme pripravili za delovanje v mreži. Izdelali smo idejni in končni projekt avtomatskega nadzora in regulacije porabe električne energije in konične moči za nivo celotnega kompleksa. Projekt smo realizirali v oktobru leta 2000. Poraba električne energije je ostala na približno enaki ravni kot leta 1998, kar je pozitiven rezultat, saj se ob nenehnem posodabljanju učilnic in laboratorijev z računalniško opremo veča tudi električna priključna moč. V letih 1998-2004 se je število osebnih računalnikov povečalo za približno 350

kosov. To pomeni ob upoštevanju primerne faktorja istočasnosti povečanje konične moči za cca. 50 kW in s tem posredno tudi povečanje porabe električne energije.



Slika 1: Avtomatizacija komunalne energetike

Projekt, ki trenutno teče na centru v okviru učinkovite rabe energije s področja zmanjšanja porabe električne energije, je modernizacija notranje razsvetljave. Temelji na uporabi elektronskih predstikalnih naprav, inteligentnih modulov, na krmiljenju sijalk s senzorji zunanje svetlobe in na uporabi sodobnih oblik rastrov svetilk.



Slika 2: Moderna in varčna notranja razsvetljava učilnic in laboratorijev

V prihodnje nameravam dokončati energetski informacijski sistem ŠCV in uvesti računalniško podprto energetsko knjigovodstvo. Instalirane krmilno-regulacijske in merilne sisteme bomo povezali s pomočjo internetne povezave v celoto, ki nam bo omogočala popolni nadzor nad dogajanjem v komunalni energetiki objektov.

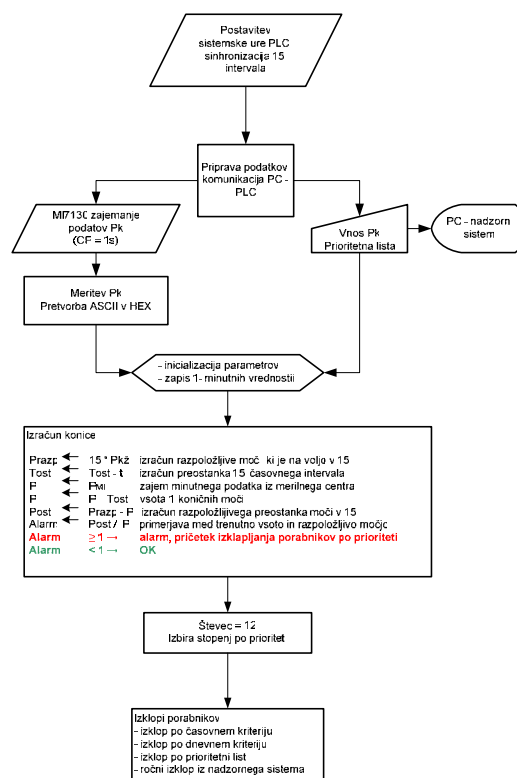
5 Nadzor električne energije

Nivo PLC1 na sliki 1 predstavlja avtomatski nadzor in regulacijo konične moči centra (NRKM). Zajem osnovnih podatkov o velikosti trenutne moči, porabe električne energije in drugih parametrov izvajamo vzporedno z glavno merilno garnituro na priključnem mestu. Podatke pošiljamo preko modemske povezave (serijska komunikacija RS 232 s protokolom MODBUS) na PLC1, kjer jih uporabimo za nadaljnjo obdelavo. S sistemom nadziramo približno 100 kW priključne moči.

Algoritem delovanja, po katerem se izvršuje aplikacijski program v PLC1, je prikazan na sliki 3. Krmilnik na osnovi prejetih podatkov o trenutni porabi električne energije in trenutnega

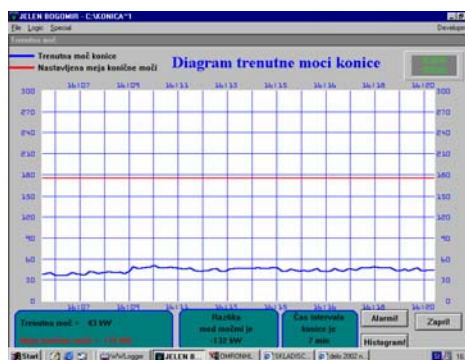
trenda rasti porabe določi potrebo po morebitnem izklapljanju porabnikov, ki so razvrščeni v prioriteto listo. Na takšen način nadziramo naslednje porabnike:

- gospodinske naprave v učni kuhinji (40 kW),
- razsvetljava v športni dvorani A (30 kW),
- razsvetljava v telovadnici B (10 kW),
- razsvetljava v telovadnici C (20 kW).



Slika 3: Algoritem nadzora vršne moči

Popolni nadzor nad delovanjem NRKM nam omogoča sistem vizualizacije, preko katerega lahko izvajamo tudi ročne izklope, nastavitve sistemske ure, arhiviranje podatkov ...



Slika 4: Nadzor trenutne konične moči na PC

6 Avtomatizacija toplotnih podpostaj

V razdobju maj–oktober 1999 je bil izdelan celovit energetski pregled kompleksa zgradb ŠCV na lokaciji Trg mladosti. Izdelana dokumentacija je v skladu s smernicami in priporočili Agencije za učinkovito rabo energije (AURE) in predstavlja temeljni dokument za nadaljnje delo s področja učinkovite rabe energije na ŠCV tako s tehničnega, stroškovnega in idejnega izhodišča.

V jeseni 1998 je pričela s poskusnim obratovanjem rekonstruirana in posodobljena toplotna podpostaja v zgradbi C (TPP-C); na sliki 1 je to nivo PLC2. Rekonstrukcija podpostaje je temeljila na delitvi ogrevalnih vej, in sicer: sever–jug, učilnice–telovadnica, uprava, knjižnica in na uporabi sodobne krmilno-regulacijske tehnologije (glej sliko 5).



Slika 5: Sekundarni ogrevalni razvod v TPPC

Temperatura ogrevalnega medija (daljinska ogrevalna tehnologija) je odvisna od zunanje in nastavljene zelene notranje temperature prostorov. Osnova za velikost regulirne velikosti ogrevalne veje je razlika med zunanjo temperaturo in temperaturo ogrevne vode. Ta vpliva na krmiljenje mešalnega ventila z elektromotornim pogonom. S tipali v prostorih nadziramo regulirano temperaturo prostorov.

Regulacijski algoritem je tristopenjski, zajema pa regulacijo tripotnega mešalnega ventila in nadzor obtočne črpalke. Eno stanje je aktivno pri pozitivnem, drugo pa pri negativnem odstopanju od zelene vrednosti. Izhod

regulacijskega algoritma je izveden preko relejskih izhodov krmilnika, ki poganjata elektromotorni pogon ventila v eno ali drugo smer. Motor ima lastnost integralnega člana v sistemu, govorimo o t.i. impulzni PI regulaciji. Regulator prilagaja razmerje delovanja na osnovi dinamične karakteristike v povratni vezavi. V začetku, ko je regulacijska diferenca velika, je izhod regulatorja dalj časa aktiven, nato pa s kratkimi impulzi krmili pogon ventila in vzdržuje regulacijsko stabilnost

Aplikacija v PLC izvaja regulacijske in krmilne postopke, omogoča pa še dnevno, tedensko in sezonsko pogramiranje ogrevalnih režimov. Parametre vnašamo preko lokalnega grafičnega terminala NT20S.



Slika 6: Grafični terminal NT20S

Slika 6 prikazuje grafični terminal (touch screen) na krmilno razdelilni omari. Preko njega je možno nastavljanje in spremljanje vse pomembne termične in fizikalne parametre, ki so potrebni za optimalno delovanje TPP. V prihodnosti bomo te parametre posredovali tudi glavnemu nadzornemu sistemu.

Na osnovi opravljene analize prihranjene energije in manjših stroškov ogrevanja v zgradbi C v letih 1999 in 2000 smo se odločili še za posodobitev in rekonstrukcijo toplotne podpostaje zgradbe B (TPP-B in krmilni nivo PLC3). Rekonstrukcija je bila izvedena po podobnem principu kot prva, s tem da smo k sodelovanju in soinvestiranju pritegnili še Komunalno podjetje Velenje, kar je izvedbo pocenilo. V ogrevalne kroge smo vgradili obtočne črpalke s prigradenimi frekvenčnimi pretvorniki in interno regulacijo diferenčnega pritiska ogrevalnega medija – vode. Na ta način

poleg prihranka toplotne energije lahko govorimo še o prihranku električne energije, ki se pojavi ob delovanju hidravličnih črpalk. Podpostaja TPP-B je pričela s poskusnim obratovanjem februarja 2001.

Za zadnjo zgradbo A (Gimnazija) smo zgradili novo razdelilno toplotno podpostajo (TPP-A in krmilni nivo PLC4). Ogrevanje zgradbe gimnazije je bilo izvedeno iz primarnega napajalnega mesta toplotne izmenjave v sosednji stavbi (Farmin) in obračunavano na pavšalni način. Ta način je stroškovno gledano najpotratnejši. Sistem ogrevanja smo zaradi enostavnosti zgradbe razdelili samo na dve ogrevalni veji sever-jug. Podpostaja TPP-A je pričela s poskusnim obratovanjem novembra 2001.

7 Zaključek

Poraba električne in toplotne energije z energijskimi kazalci je predstavljena v spodnji tabeli:

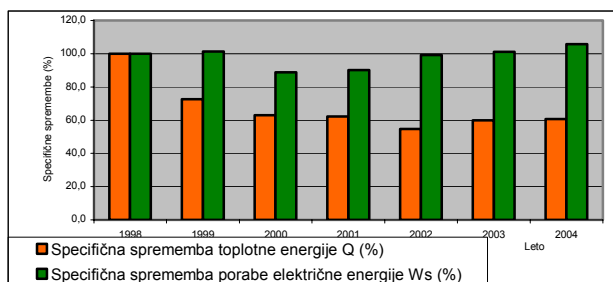
Leto	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Q GJ	14256	11100	9624	9522	8567	9303	9453
We MWh	253	256	225	228	251	256	267
Pk kWa	1848	1999	1760	1628	1655	1712	1660
Etn kWh/m ²	14,6	14,9	12,9	13,1	14,5	14,8	15,5
Epk W/m ²	107	116	102	94	96	99	96
Qt MWh	3890	2828	2449	2418	2129	2329	2359
Eop kWh/m ²	225	164	141	140	123	135	137
Eopv kWh/m ³	55	40	35	34	30	33	34
Emisije CO ₂ (t)	1488	1118	969	960	870	943	959

Tabela 1: Preglednica in primerjava rabe energije ŠCV v obdobju 1998 – 2004 ŠCV

Legenda:

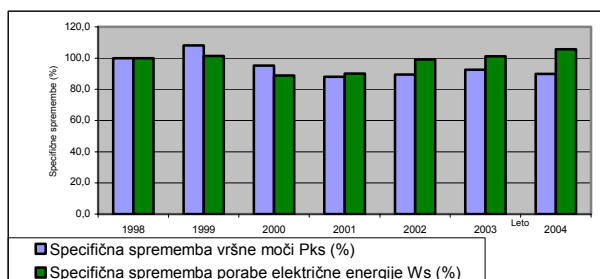
- Q** skupna porabljena energija
- We** električna energija
- Pk** letna obračunska (konična) moč
- Etn** energijsko število rabe el. energije
- Epk** energijsko število konične el. moči
- Qt** toplotna energija
- Eop** energijsko število toplotne energije

Iz tabele je razvidno padanje porabe toplotne energije za ogrevanje prostorov, kar je vsekakor posledica rekonstrukcij toplotnih podpostaj po posameznih objektih. Z znižanjem porabe toplotne energije pa so se znižali tudi stroški zanjo.



Graf 2: Specifična poraba energije

Poraba električne energije se je sicer povečala (povečano število uporabnikov PC in ostale opreme), značilnost pa je, da se je zmanjšala povprečna konična moč (143 kW/2003 na 138 kW/2004).



Graf 3: Specifično razmerje med We in Pk

8 Literatura in viri

- [1] Obstoječa dokumentacija ŠCV
- [2] Zbirka diplomskih nalog, ŠCV
- [3] MOPE, AURE: Zbirka informativnih listov URE
- [4] www.aure.si