

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329907424>

TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA (BROJ 4 • 2007) PROVERA MODELA USLOVNIH POVRŠINA GREJANJA NA GAS U NASELJIMA VERIFICATION OF CONDITIONAL AREA MODEL OF GAS HEATING IN SEATLEMENTS

Article · December 2018

CITATIONS

0

READS

7

1 author:



Dejan Brkić

VŠB-Technical University of Ostrava

147 PUBLICATIONS 1,015 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



[JMSE] (SCIE Indexed, IF 1.732)—Invite to Publish in Special Issue "Safe, Secure and Sustainable Oil and Gas Drilling, Exploitation and Pipeline Transport Offshore" [View project](#)



Flow friction calculation - Colebrook equation [View project](#)

PROVERA MODELA USLOVNIH POVRŠINA GREJANJA NA GAS U NASELJIMA

VERIFICATION OF CONDITIONAL AREA MODEL OF GAS HEATING IN SETTLEMENTS

mr Dejan Brkić, dipl. inž.,

*stipendista Ministarstva nauke i
zaštite životne sredine, Beograd
dejanrgf@tesla.rcub.bg.ac.yu*



REZIME

U radu se daje skraćeni prikaz dela autorove monografije "Prirodni gas kao gorivo za grejanje". Na osnovu tehno-ekonomskog modela zasnovanog na teoretskim uslovnim građevinskim površinama dobijeni su prvi kriterijumi za odluku o gasifikaciji ili toplifikaciji određenog dela grada. Ovi zaključci su provereni na konkretnim naseljima u Beogradu i u ovom radu se iznose rezultati vezani za naselje Karaburma.

Ključne reči: prirodni gas, gasifikacija, toplifikacija, uslovna građevinska površina, demo (model) naselje

ABSTRACT

In this paper is shown short particular review of the book by the same author "Natural Gas as Heating Fuel". First criterions for decision of appending on distribution gas network or district heating system for particular part of town are determinate on conditional urban area base. These conclusions are verified on specific settlement in Belgrade and in this paper are shown results on Karaburma settlement.

Key Words: natural gas, gas distribution, district heating, conditional urban area, demonstrative (model) settlement

1. UVOD

Uslovne građevinske površine preslikavaju realno urbanističko stanje u jednom naselju ili gradu i prevode ga u teoretski okvir u obliku uporedivih modela pogodnijih za tehno-ekonomsku analizu poređenjem investicija u toplifikaciju i gasifikaciju. Ovim modelskim pristupom se aproksimira stvarno stanje, pošto se ono preslikava na teoretsku površinu određenih dimenzija površine 0,05 km² pravilnog pravougaonog oblika, što nije slučaj u stvarnosti. Takođe uslovne površine su date sa tačno određenim unapred definisanim brojem objekata (4, 8, 16, 32, 64, i 128 na 0,05 km²), dok u realnoj situaciji broj objekata je proizvoljan i određen je stanjem na terenu. Najzad i toplotno opterećenje u modelskom pristupu uzima diskretne vrednosti, dok u stvarnosti ono može imati bilo koju unapred nepoznatu vrednost. Međutim, sve ove aproksimacije bi trebalo dobro da odgovaraju stanju na terenu jer su razmaci između diskretnih vrednosti relativno male tako da se one mogu interpolirati u dijagramima sa dovoljnom tačnošću.

Nakon formiranja modela na osnovu uslovnih građevinskih površina sa objektima u kojima se nalaze uslovni stanovi od 60 m², i proračuna mode-

lom pripadajućih gasovoda i toplovoda istih dužina sa pripadajućom opremom i konstruisanja modelskih dijagrama u zavisnosti od cena pojedinih elemenata sistema može se pristupiti proveru u realnim uslovima i verifikaciji modela na terenu.

2. ODABIR DEMO NASELJA

Demo-zone su odabrane na području Beograda obzirom da ovde postoje osnovni preduslovi primene oba razmatrana sistema. Beograd raspolaže razvijenim sistemom za snabdevanje toplotnom energijom i sistemom za snabdevanje prirodnim gasom. Ova dva sistema se međusobno prožimaju i komplementarni su pošto je prirodni gas osnovni energent kojim se snabdevaju toplane u sastavu JKP "Beogradske Elektrane". Takođe, raznovrsnost urbanističkih i energetskih karakteristika pojedinih područja u Beogradu omogućava izbor područja koje ima veću reprezentativnost, pa se dobijeni rezultati mogu primeniti na celu teritoriju Srbije.

Nalaženjem kriterijuma i određivanjem parametara o graničnoj upotrebi prirodnog gasa u odabranim centralnim delovima Beograda gde su urbanistički parametri kompleksniji, a preklapanje toplo-

vodnog i gasovodnog sistema veće nalazi se opštije rešenje koje može da se primeni i na manje sredine.

Konkretno, u uži izbor se uzimaju zone (mesne zajednice) koje imaju:

- toplotno opterećenje iznad 20 MW/km^2 ;
- sistem toplifikacije, (na šta upućuje podatak o broju stanova priključenih na sistem centralnog grejanja);
- imaju kraću specifičnu dužinu vodova za snabdevanje toplotnom energijom ili gasom od 10 m/stanu .

Razmatranje specifične dužine vodova je uvedeno kao granični parametar da bi se izbeglo dobijanje lažne slike analizom veštački zbijenih naselja izostavljanjem poljoprivrednog zemljišta čime se površina naselja smanjuje dok broj stanova ostaje isti. Međutim u ovom slučaju specifična dužina vodova je veća pošto njihove trase moraju preći preko ovih poljoprivrednih površina koje nisu namenjene za stanovanje.

Uzimajući u obzir da demo-naselje ne mora da predstavlja područje jedne mesne zajednice, onda je najpovoljnije suziti izbor u područjima sa većom koncentracijom stanova koja treba priključiti na raspoložive centralizovane sisteme snabdevanja energijom. Imajući u vidu ove kriterijume najpovoljnije je uzeti područja opštine Voždovac, Čukarica i Palilula, sa izuzetkom prigradskih zona ovih opština.

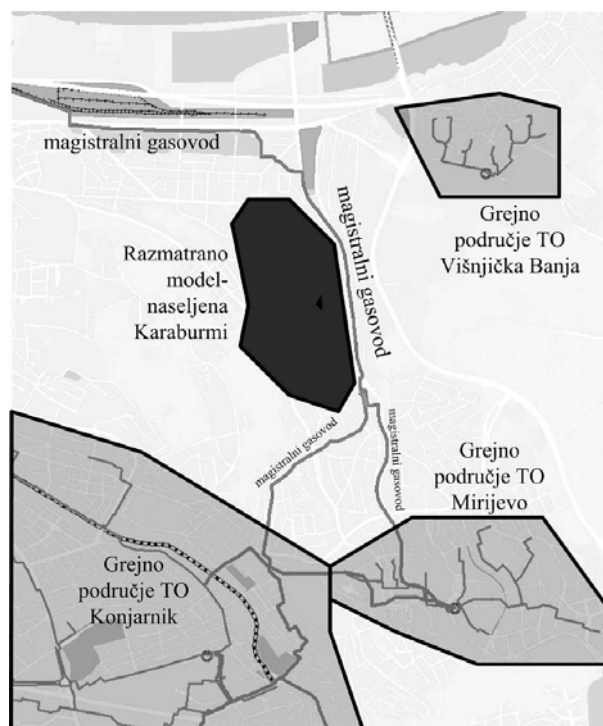
Od mesnih zajednica Palilule u uži izbor na osnovu toplotnog opterećenja i specifične dužine trasa ulaze mesne zajednice Husinski Rudari, Ivan Milutinović, Karaburma, i Marijana Gregoran. U konsultacijama sa JP „Srbijagas“-om pokazalo se da je idejna studija za gasifikaciju mesne zajednice Marijana Gregoran postoji još od 1992. godine. Područje Palilule je dobilo prednost nad područjem Voždovca jer na Paliluli ne postoji razvijen toplifikacioni sistem već postoji manji broj kotlarnica na tečno i čvrsto gorivo. Izborom demo-naselja na području Voždovca bi došlo do preklapanja sa skoro istom situacijom kakva je u naseljima Čukarice. Naime, Voždovac ima razvijen sistem centralizovanog snabdevanja toplotnom energijom, kao i područje Čukarice.

3. NASELJE MARIJANA GREGORAN NA KARABURMI U BEOGRADU KAO DEMO ZONA

Deo Karaburme kao model tj. demonstraciono naselje odabrano za razmatranje analize mogućnosti gasifikacije ili toplifikacije može se smatrati karakterističnim naseljem šireg centra Beograda, odno-

sno urbanijeg predgrađa. Urbanistički gledano model naselje se sastoji iz više zona: starijih višespratnica, novijih višespratnica i zone sa individualnim kućama za stanovanje kako starije, tako i novije izgradnje. U okviru model naselja objekti nisu projektovani za toplifikaciju ili gasifikaciju (osim desetak zgrada u Prominskoj ulici-toplifikacija i par novijih zgrada u ulici Dr Drage Ljočić-gasifikacija).

Demonstraciono naselje je utoliko karakteristično zato što u okviru njega postoje dve lokalne kotlarnice na mazut, što je svojstveno za Beograd. Od toga jedna kotlarnica snabdeva niz kuća u Prominskoj ulici. U skladu sa planovima grada o gašenju ovakvih kotlarnica na mazut korisno je razmotriti sve varijante njihovog gašenja, odnosno prelaska na alternativno gorivo, kako sa energetskog, tako i ekološkog i tehničkog aspekta. Toplane su locirane relativno blizu demo-naselja, dok magistralni gasovod pritiska $12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ prolazi njegovim samim obodom. Posmatrano područje Karaburme se nalazi neposredno uz glavni gasovod, a nešto je udaljenije od većih toplotnih izvora, odnosno od gradskih toplana koje su u sastavu JKP “Beogradske Elektrane”.



Slika 1. Položaj razmatranog dela Karaburme u odnosu na toplovodni i gasovodni sistem

Na području model-naselja na Karaburmi postoje višespratnice kao i objekti individualne izgradnje (kuće). Ovi objekti su novijeg datuma gradnje, ali veći broj objekata je građen šezdesetih godina XX veka. U okviru model naselja se nalazi osnovna

škola “Filip Višnjić” i vrtić Slavujak. Odmah pored njih se nalazi objekat koji u kome je smešten mali tržni centar i poslovne prostorije, kao i prostorije mesne zajednice Marijana Gregoran (Filip Višnjić) – zona 3; slika 4.



Slika 2. Tipične zgrade u naselju

JKP “Beogradske Elektrane” u širem području oko Karaburme poseduju tri toplane od kojih su dve veće povezane na gasovodni sistem, i to TO Mirijevo i TO Konjarnik. Treća toplana koja se nalazi u okviru JKP “Beogradske Elektrane”, a koja bi mogla biti zanimljiva kao toplotni izvor za razmatrano područje sa aspekta blizine je TO Višnjička Banja. Ova toplana nije priključena na gasovodni sistem i nije predviđena se za dalje proširivanje. TO Višnjička Banja kao pogonsko gorivo koristi mazut, a izgrađena je kao privremeno rešenje. Od sve tri nabrojane toplane najveća je TO Konjarnik, ali zbog izvesne udaljenosti nije realno očekivati da bi se naselje Karaburma moglo snabdevati toplotnom energijom iz ovoga pravca osim u varijanti združenog snabdevanja ostvarenjem planiranog povezivanja u jedinstven sistem sa TO Mirijevo. Najrealniji izvor toplotne energije za Karaburmu bi bila TO Mirijevo. Instalirana snaga izvora od 58,2 MW nije dovoljna ni za zadovoljenje potreba priključenih potrošača kojima je neophodna snaga od 74,5 MW pri izuzetno niskim temperaturama za koju je izvršeno projektovanje toplane (za Beograd -15°C). TO Mirijevo sada ima samo jedan kotao, čijim otkazivanjem bi bilo prekinuto snabdevanje celokupnog njenog grejnog područja. Zbog sigurnosti snabdevanja, ali i zbog povećanja kapaciteta u skorije vreme se očekuje dupliranje kapaciteta. Međutim relativna udaljenost, a još više mogućnost dodatnog širenja mreže toplovođa u samom naselju Mirijevo predstavlja ograničavajući faktor i smanjuje eventualnu mogućnost skorije toplifikacije razmatranog dela Karaburme iz ove toplane.

Sagledavajući podatke o potrošnji prirodnog gasa po instaliranoj snazi potrošača grejanja za obe toplane (TO Konjarnik i TO Mirijevo) dobijaju se približno isti rezultati. Obe toplane su sa gledišta kapaciteta toplotnog izvora pri prosečnoj zimskoj temperaturi angažovane sa oko 40% snage (uračunato za TO Mirijevo planirano proširenje kapaciteta). Za prosečne temperaturske uslove TO Mirijevo pri sadašnjim kapacitetima radi sa 80% kapaciteta. Za projektnu spoljnu temperaturu ova toplana nema dovoljan kapacitet, tj morala bi da radi sa 124% kapaciteta.

Na razmatranom području Karaburme postoje lokalne kotlarnice koje su u sastavu JKP “Beogradske Elektrane”. U ulici Husinskih Rudara 31A se nalazi samački hotel koji ima svoju lokalnu kotlarnicu ukupne snage izvora od 1,16 MW koja isporučuje objektu toplotnu energiju za grejanje prostorija. Kotlarnica ima tri kotla i puštena je u rad 1978. godine. Ovaj objekat je komercijalne namene i služi za potrebe stanovanja.



Slika 3. Samački hotel

U Salvadorea Aljendea 18 se nalazi još jedna lokalna kotlarnica duplo veće instalirane snage puštena u pogon iste 1978. godine sa tri kotla. Ova kotlarnica snabdeva niz dvospratnih kuća u Prominskoj ulici. Kotlarnica u Salvadorea Aljendea 18 instalirane snage izvora 2,33 MW, sa tri kotla na mazut se nalazi u okviru tzv. Centra mesne zajednice (CMZ) i idejnim planom gasifikacije je predviđeno da i ona pređe na prirodni gas. Planirana je za potrošnju od 200 m³/h prirodnog gasa koji bi se pored zagrevanja prostorija u zgradi mesne zajednice koristio i za zagrevanje škole, vrtića i 14 dvospratnica u Prominskoj ulici. Ona takođe, nije predviđena za snabdevanje potrošača toplom vodom. U okviru ovog malog sistema se nalaze dve podstanice.

U varijanti prelaska na toplifikaciju celog naselja ove kotlarnice bi bile predviđene za gašenje i

prelazak objekata na snabdevanje toplotnom energijom iz centralnog izvora (toplane), dok bi u varijanti gasifikacije ove kotlarnice bile prevedene na korišćenje gasovitog goriva.

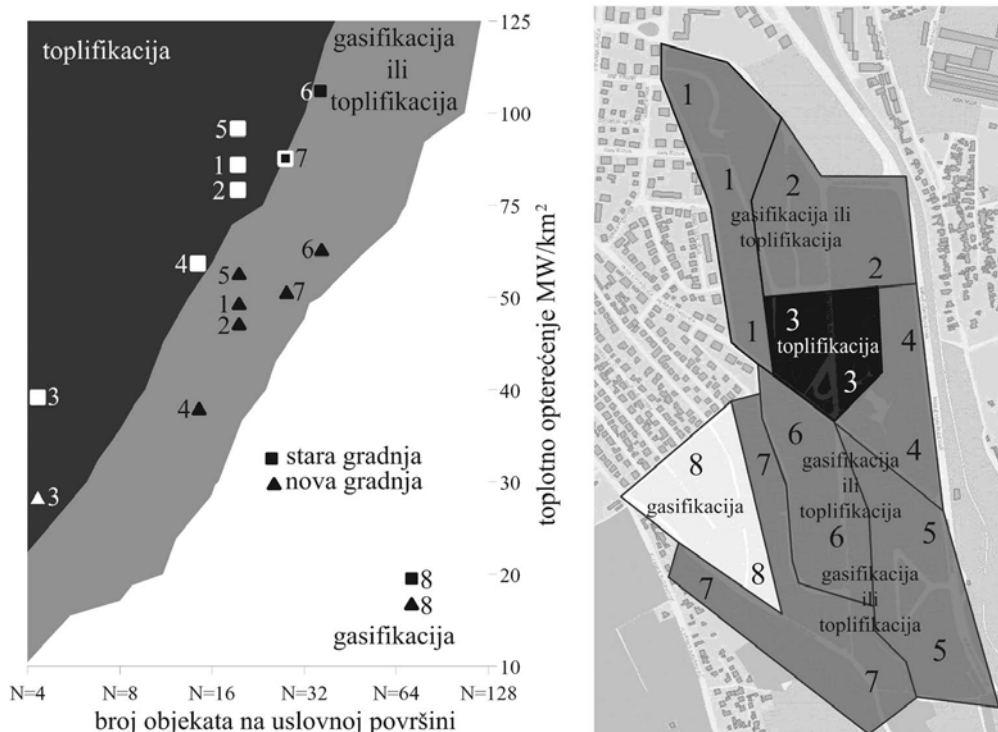
Kotlarnica u ulici Husinskih Rudara 31A je iskorišćena sa 73,2%, a kotlarnica u Salvadorea Aljendea 18 je angažovana sa samo 49,9%. Pri gašenju lokalnih kotlarnica značajan je i ekološki aspekt posebno uzimajući u obzir da mnoge od njih još uvek rade na ugalj. Ugalj je ekološki vrlo nepovoljno gorivo, i veliko je lokalno zagađenje u delu grada u kome se nalaze ove kotlarnice. Potrebno je naglasiti da ove kotlarnice nisu ništa starije od kotlarnica na mazut, a postoje i poznati su i slučajevi ugradnje i aktiviranja kotlarnica na ugalj na širem području Palilule u skorije vreme, i to:

- Bogoslovski fakultet–1999. godine (1,43 MW)
- Elektrotehnička škola Rade Končar–1998 godine (0,56 MW)
- OŠ “Stevan Sremac”–1991. godine (0,78 MW)
- U ulici Jaše Prodanovića 31–1998. godine (0,71 MW)

4. IZBOR SISTEMA GREJANJA U DEMO NASELJU NA OSNOVU MODELA USLOVNIH POVRŠINA

Prosečan stan na širem području naselja Karaburma ima 47,22 m² i nešto je manji od uslovnog stana. Izbor optimalnog sistema na model naselju zasniva se na identifikaciji parametara naseljene površine: broja objekata na određenoj površini i toplotnog opterećenja, izabranih tako da opišu uticaj različitih karakteristika naselja.

Karakteristike realnih urbanističkih površina: broj objekata, raspored, veličina i tip gradnje su uticajni faktori koji određuju: dužinu mreže, strukturu mreže, toplotno opterećenje, potrošnju goriva, odnosno investicione i eksploatacione troškove centralizovanih sistema snabdevanja. Visine ovih troškova su uticajni parametri pri opredeljenju za jedan od sistema kao optimalnog za dato područje. Pretpostavljajući da postoji mogućnost priključenja posmatranog područja na oba sistema, izbor optimalnog bio bi određen urbanističkim karakteristikama područja. Zbog toga treba težiti podeli naselja na homogene celine sa sličnim urbanističkim karakteristikama. Na demo naselju izvršena je identifikacija osam zona sa sličnim objektima unutar njih.



Slika 4. Izbor optimalnog sistema

Urbanistička celina broj 8 obuhvata objekte individualne izgradnje i objekte koji su toplificirani iz lokalne kotlarnice, dok celina broj 3 obuhvata objekte koji nisu namenjeni za stanovanje (škola,

obdanište, mesnu zajednicu, tržni centar). Izdvojene celine odgovaraju modelima građevinskih površina koje su razmatrane pri modelskoj analizi).

Zbog heterogenosti objekata, pri određivanju toplotnog konzuma razmatrana su dva granična slučaja:

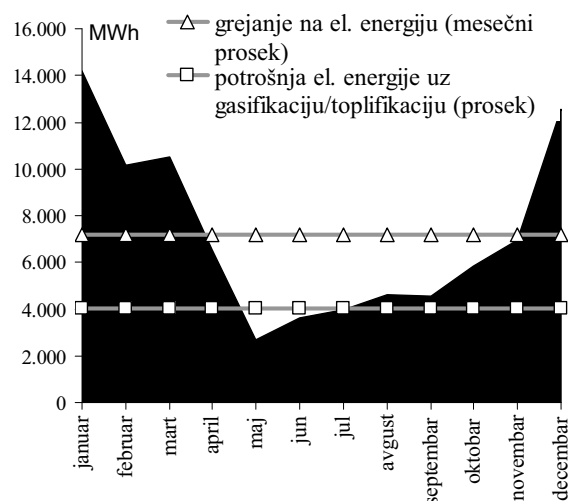
- Maksimalan toplotni konzum, svi objekti su stare gradnje (toplotno opterećenje 144 W/m^2),
- Minimalan toplotni konzum, svi objekti su nove gradnje (toplotno opterećenje 95 W/m^2).

Stvarno stanje toplotnog opterećenja demo naselja nalazi se između ovih graničnih slučajeva. Karakteristike identifikovanih zona svode se na uslovnu građevinsku površinu ($0,05 \text{ km}^2$) što omogućava lociranje položaja tačaka ovih realnih površina na opcionalnom dijagramu razlika neto sadašnjih vrednosti dobijenih uvažavajući investicione i eksploatacione troškove oba sistema posmatrano u odnosu na stan od 60 m^2 . Pozicioniranjem tačaka karakterističnih 8 zona, i sagledavanjem značajnog odstupanja tačaka pojedinih zona od prosečne tačke naselja, pokazuje se uticaj različitih urbanističkih karakteristika, što potvrđuje da razmatranje na osnovu parametara celog demo naselja nije pravi put za optimalan razvoj toplifikacionog i gasifikacionog sistema. Tačke zona 3 i 8 su za oba granična slučaja ostale u istoj oblasti: zona 3 u oblasti toplifikacije, a zona 8 u oblasti gasifikacije, značajno udaljene od granične linije. Izuzev ovih jasnih slučajeva sve ostale zone nalaze se blizu granične linije i njihov položaj unutar jedne od ovih zona ne treba shvatiti kao opredeljujući za izbor jednog od sistema, već ih treba posmatrati kao "sivu" zonu. "Siva zona" obuhvata slučajeve gde je jedan sistem ekonomski povoljniji za 200 € od drugog. U toj zoni je moguće preklapanje sistema i izbor optimalnog sistema se ne može izvršiti pozicioniranjem tačaka na dijagramu dobijenom analizom na model naselju. Promenom karakteristika tipa gradnje menjaju se ulazni parametri za tehnoeкономsku analizu poređenja ova dva sistema na istoj površini, u prvom redu godišnja potrošnja goriva, pa se u položaj granice razgraničenja ovih sistema menja u opcionalnom dijagramu (slika 4-levo). U isto vreme menja se i položaj tačaka određenih zona na dijagramu na osnovu manjeg toplotnog opterećenja posmatrane površine, dok broj objekata na $0,05 \text{ km}^2$ ostaje nepromenjen.

Ovakav pristup (analiza na rezultatima modela) može poslužiti za identifikaciju "čistih" slučajeva (kao što su zone 3 i 8), gde promena ulaznih parametara ne menja oblast u kojoj se nalazi tačka posmatrane zone. Kako je za ostale zone ulazni parametar - tip gradnje, uticao na promenu položaja tačka unutar zona, očigledno je da je za odabir optimalnog sistema potrebno bliže poznavati karakteristike naseljene površine.

5. UŠTEDE U OKVIRU NASELJA

Glavna prednost toplifikacije ili gasifikacije je supstitucija danas skuplje električne energije. Ukoliko je stepen efikasnosti toplifikacionog, odnosno gasifikacionog sistema oko 0,85; tada da bi se supstituisao 1 kWh električne energije treba $0,13 \text{ m}^3/\text{h}$ prirodnog gasa, što pri ceni od 12 din/m^3 prirodnog gasa iznosi $1,52 \text{ din/kW}$ gasom supstituisane električne energije.



Slika 5. Potrošnja el. energije na Karaburmi

Imajući u vidu da je cena električne energije u jeftinijoj tarifi sa PDV-om u zelenoj zoni $0,78 \text{ din/kWh}$ ($<300 \text{ kWh/mesec}$), u plavoj zoni $1,18 \text{ din/kWh}$ ($300-1600 \text{ kWh/mesec}$), a u crvenoj zoni $2,81 \text{ din/kWh}$ ($>1600 \text{ kWh/mesec}$), grejanje na električnu energiju bi bilo isplativo kada bi se koristile termoakumulacione peći i kada bi potrošnja mogla da se zadrži tokom celog meseca na nivou da ne uđe u crvenu najskuplju zonu. Uključivanje grejanja na električnu energiju tokom dana kada se primenjuje skuplja tarifa je neracionalno jer je cena u skupljoj tarifi sa PDV-om u zelenoj zoni $3,12 \text{ din/kWh}$, u plavoj zoni $4,66 \text{ din/kWh}$, a u crvenoj $11,23 \text{ din/kWh}$ (razmatrane cene više nisu aktuelne, ali je sam odnos ilustrativan; npr. cena prirodnog gasa je skočila na $16,95 \text{ din/m}^3$ za domaćinstva i na $23,57 \text{ din/m}^3$ za mala i srednja preduzeća, industriju i socijalne i zdravstvene ustanove, a takođe je povećana i cena električne energije).

Takođe, razmatrajući uštede u naselju, zanimljiv je podatak da se samački hotel (slika 3) i toplificirane kuće u Prominskoj ulici (slika 6) ne snabdevaju toplom vodom iz lokalne kotlarnice. Ovo se može objasniti odnosom cena različitih energenata u vreme puštanja lokalnih kotlarnica na mazut u pogon (1978. godina). Naime, tada je električna energija

bila daleko jeftinija nego danas, pa i u relativnom odnosu prema mazutu (vreme skoka cena tečnih goriva posle prvog naftnog “šoka” početkom sedamdesetih i u vreme drugog krajem sedamdesetih godina XX veka).



Slika 6. Lokalni toplovod u Prominskoj ulici (lokalna kotlarnica)

Samim tim bilo je neracionalno trošiti mazut i u letnjem periodu. Sada kada gasovod prolazi ulicom Mirijeovski bulevar u neposrednoj blizini objekta, i kada je u konceptu eventualne gasifikacije naselja samački hotel procenjen kao potrošač od oko 80m³/h, racionalno bi bilo bar ovu kotlarnicu prilagoditi za pripremu potrošne tople vode posebno ukoliko bi se zadržao koncept sa tri kotla od kojih bi leti mogao da radi samo jedan. Prelaskom rada kotlarnice sa potrošnje mazuta na prirodni gas u cilju grejanja postigli bi se značajne ekonomski efekti, a

ne bi trebalo zaboraviti i ekološke prednosti koje se postigle u neposrednoj blizini objekta.

6. ZAKLJUČAK

U graničnim slučajevima izbor optimalnog sistema trebalo bi izvršiti na osnovu poređenja oba sistema na realnoj površini uvažavajući njihove specifičnosti kao i neka odstupanja od pretpostavki usvojenih pri modelskoj analizi (npr. na realnom naselju trase oba sistema ne moraju biti iste).

Sprovedena analiza potvrđuje literaturne i iskustvene informacije:

- kod visokog grejnog konzuma i male gustine objekata, tj. velikog broja uslovnih stanova po objektu, bolja je opcija toplifikacije;
- kod visoke gustine objekata, i relativno male veličine objekta (broj uslovnih stanova po objektu) bolja je opcija gasifikacije.

Razmatrajući celokupnu teritoriju Beograda može se doći do zaključka da se oba sistema prepliću, i da će se i dalje sve više paralelno širiti. Veće porodične kuće, kojih je najviše u širem centru grada i periferiji će verovatno biti priključivane na gas pošto mogu da kontrolišu na taj način svoju potrošnju, da je prilagode svojim potrebama i samim tim da direktno utiču na krajnji račun za grejanje i kuvanje. Veće zgrade, kao i objekti u centralnoj zoni grada, posebno poslovne zgrade će se verovatno najviše priključivati na toplifikacioni sistem.

7. LITERATURA

- [1] Dejan Brkić: Određivanje graničnih parametara upotrebe prirodnog gasa u Beogradu; Magistarski rad; Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 2005.
- [2] Dejan Brkić: Prirodni gas kao gorivo za grejanje; Monografija; Zadužbina Andrejević, Beograd 2006.
- [3] Marija Živković, Dejan Brkić: Izbor centralizovanog sistema snabdevanja energijom demo naselja; Simpozijum o operacionim istraživanjima – XXXII Symopis 2005., Vrnjačka Banja; str: 175-178
- [4] Toma Tanasković, Nenad Đajić, Miloš Tanasijević, Dejan Brkić: Analiza karakteristika gasifikacije i toplifikacije na modelu uslovne građevinske površine; Simpozijum o operacionim istraživanjima – XXXI Symopis 2004., Iriški Venac, str. 69-72
- [5] ***: Istraživanje optimalnog razvoja toplifikacionih i gasovodnih sistema u izabranim gradovima Srbije; Nacionalni program Energetske efikasnosti Ministarstva Nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, Elaborati NP EE 34/406A, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, April 2002-2005.