



УНИВЕРЗИТЕТ
У БЕОГРАДУ

МАШИНСКИ
ФАКУЛТЕТ

UNIVERZITET
U BEOGRADU

MAŠINSKI
FAKULTET

UNIVERSITY OF
BELGRADE

FACULTY OF
MECHANICAL ENGINEERING

<http://www.mas.bg.ac.rs>

Наш знак:
Ваш знак:

1418/1

Београд 31.7.2012.

Gradske pijace
Sektor za investicije i održavanje
G-din Miodrag Stanković, rukovodilac
Ul. Živka Karabiberovića 5
11050 Beograd

ЈАВНО КОМУНАЛНО ПРЕДУЗЕЋЕ
"Градске пијаче"
БЕОГРАД

ПРИМЉЕНО: 01. 08. 2012			
Оп. рад	Број	Прилог	Вредности
	0533		Wh

Stručno mišljenje o hlađenju pokrивene zelene pijace u bloku 44 u Novom Beogradu

Katedra za termotehniku

Franc Kosi

Prof. dr Franc Kosi, šef Katedre

Branislav Živković

Prof. dr Branislav Živković

Biserka Švarc

Mr Biserka Švarc



Prodekan za NID Mašinskog fakulteta

Vojkan Lučanin

Prof. dr Vojkan Lučanin

1. Postojeće stanje

Pijaca u bloku 44 u Novom Beogradu, površine oko 3000 m², pokrivena je metalnom krovnom konstrukcijom na kojoj su postavljene providne ploče od Lexana. Površina krova od Lexana je oko 3000 m².

Lexan je materijal pogodan za izradu prekrivki prijemnika Sunčeve energije (solarnih kolektora), kao i za staklene bašte, odnosno svuda gde je potrebno propustiti što više Sunčevog zračenja. Međutim, za pokrivanje zelene pijace relativno velike površine, to nije odgovarajući materijal. Prema katalogu proizvođača, propustljivost Sunčevog zračenja kroz Lexan ploče debljine 16 mm iznosi 82%, dok je vrednost koeficijenta zaštite od Sunca vrlo mala (shading coefficient iznosi 0,94).

Zbog primene neadekvatne krovne prekrivke i velike transparentne površine krova, dobici toplote kroz krov u letnjem periodu su ogromni (reda veličine 2000 kW), tako da se prirodnom ventilacijom kroz predviđene otvore u građevinskom omotaču ne mogu odvesti, što ima za posledicu povišenje temperature u prostoru pijace i vrlo nepovoljne uslove za boravak i rad ljudi (prodavaca i kupaca) kako termičke (visoka temperature i osećaj nedostatka svežeg vazduha) tako i svetlosne (preveliko blještanje).

Prirodno provetravanje se ostvaruje kroz pet otvora u nivou boravka ljudi (ulazi u pijacu) od kojih su dva većih dimanzija (širine 16 m), velikih bočnih otvora na tri strane na visini oko 4 m od poda i otvora u najvišem delu krovne konstrukcije (vertikalni i horizontalni koji se mogu zatvarati). Ovako koncipirana prirodna ventilacija je nedovoljna da odvede velike dobitke toplote od Sunčevog zračenja u letnjem periodu.

Merenja temperature u prostoru pijace, koja su vršena u više navrata tokom juna i jula meseca, pokazala su da je temperatura vazduha u prostoru pijace 3 do 7°C (prosečno 5°C) viša od okolne temperature. Posebno je neugodna situacija bila u središnjoj zoni pijace gde se, pored povišene temperature, oseća i nedostatak svežeg vazduha. Zbog visoke temperature, voće i povrće je brzo venulo na tezgama.

U toku vedrih sunčanih dana, u prostoru pijace bio je preveliki osvetljaj, pa su se neki prodavci žalili na blještavilo i probleme s očima.

Pokrivanjem nekada otvorene pijace, u mnogim režimima eksploatacije (kiša, sneg, zimski vetar,...) poboljšani su uslovi ugodnosti, ali su u ekstremno toplim i sunčanim danima pogoršani u odnosu na otvorene zelene pijace. U daljem delu Izveštaja predložene su mere za poboljšanje uslova za boravak ljudi u letnjem periodu.

2. Rešenje za poboljšanje termičkih uslova sredine u prostoru pokrivena pijace

Pri rešavanju problema neadekvatnih uslova sredine u letnjim uslovima pošlo se od činjenice da je pijaca pokrivena i da su građevinski radovi završeni. Predviđene su mere u cilju:

- smanjenja dobitaka toplote od Sunčevog zračenja kroz krov
- smanjenja blještanja u prostoru pijace
- sniženja temperature vazduha, kao i temperature krovne konstrukcije
- povišenja relativne vlažnosti vazduha kako bi se sprečilo intenzivno sušenje (venjenje i kaliranje) voća i povrća
- dovođenja svežeg vazduha u centralnu zonu pijace
- odvođenje toplog i vlažnog vazduha

Predložene mere za poboljšanje uslova ugodnosti u pokrivenoj pijaci u bloku 44 mogu se izvesti fazno.

2.1. I faza – pokrivanje krova zaštitnom mrežom

S obzirom da Lexan nije pogodan material za zaustavljanje prodora Sunčevih zraka, prvo je bilo potrebno zaštititi krov, i značajno smanjiti dobitke toplote od Sunčevog zračenja. Lexan je materijal za koji se teško vezuje sloj selektivnog premaza (koji smanjuje transmisiju, a povećava refleksivnost površine), zaštitne folije su prilično skupe za 3000 m² površine krova, pa je kao najcelishodnije rešenje predloženo postavljanje zaštitne mreže na krovu. Izabrana je mreža zelene boje s malim otvorima, koja smanjuje prodor Sunčevog zračenja za 40-50%. S obzirom na veliku transparentnu površinu krova i proporcionalno velike dobitke toplote od Sunčevog zračenja, predloženo je postavljanje dvostrukog sloja zaštitne mreže. Ti radovi su u najvećoj meri već izvedeni krajem jula 2012. godine i postignuti su odlični efekti:

- drastično je smanjen uticaj Sunčevog zračenja u prostoru pijace (toplotno opterećenje pri izraženom Sunčevom zračenju je oko 500 kW)
- temperatura vazduha u prostoru pijace je u proseku 2-3°C viša od temperature okolnog vazduha (mereno u hladu)
- osećaj ugodnosti u prostoru pijace u poređenju s boravkom na osunčanom otvorenom prostoru je daleko prijatniji
- smanjeno je blještanje unutar pijace na ugodan nivo i u vreme maksimalnog intenziteta Sunčevog zračenja.

2.2. II faza – ugradnja raspršivača vode za adijabatsko hlađenje

Kao jedno od rešenja za relativno jeftino hlađenje otvorenih prostora (bašti restorana) i poluotvorenih prostora (pokrivena pijaca u bloku 44) je rasprskavanje male količine vode čime se ostvaruje adijabatsko hlađenje uz istovremeno vlaženje vazduha. Ovim tehničkim rešenjem postiže se dvostruki efekat:

- sniženje temperature vazduha u vrelim i suvim letnjim danima
- povećanje relativne vlažnosti čime će se smanjiti intenzivno venjenje (i kaliranje) voća i povrća.

Za eliminisanje 500 kW toplote, potrebno isparavanje vode je:

$$m_w = 500/2400 = 0,208 \text{ kg/s} = 750 \text{ kg/h}$$

S obzirom da je najbolji režima rada s prekidima (naizmenično vlaženje i pauze), potreban kapacitet instalacije za vlaženje i hlađenje (pumpa, cevovod i brizgaljke) je 1,5 m³/h.

Potreban broj brizgaljki (mlaznica) jediničnog kapaciteta 0.075 l/min = 4,5 l/h je:

$$n = 1500/4,5 = 340 \text{ mlaznica}$$

Ako se u spoljnim projektnim uslovima (t = 33°C i φ = 33%) vazduh ovlaži do φ = 80% (za 4 g/kgSV), minimalan potreban protok vazduha iznosi:

$$V = 750000/(1,2 \times 4) = 156 \text{ 000 m}^3/\text{h}$$

Ovaj protok se ne može ostvariti prirodnom ventilacijom, pa je potrebno ugraditi i instalaciju za prinudnu ventilaciju prostora pijace.

U slučaju da se zbog bolje distribucije vode za vlaženje ugradi veći broj brizgaljki (mlaznica) one će raditi kraći period, a pauza između dva ovlaživanja će se povećati.

2.3. III faza – ventilacija prostora pijace

Prinudnom ventilacijom treba da se pomogne proces prirodne ventilacije i ostvare sledeći ciljevi:

- dovođenje svežeg vazduha u centralni deo pijace u zonu boravka ljudi
- odvođenje toplog i ovlaženog vazduha iz prostora pijace.

Sistemom za ubacivanje vazduha trebalo bi oko 50000 m³/h okolnog nepripremljenog vazduha dovesti u centralni deo pijace gde je sada minimalan uticaj prirodne ventilacije i gde su trenutno najnepovoljniji uslovi ugodnosti (i termički i u pogledu kvaliteta vazduha).

Izvlačenje vazduha u količini do 150000 m³/h može se ostvariti radom 4 aksijalna ventilatora postavljena pri vrhu objekta. Ovi ventilatori bi radili povremeno (po potrebi) i imali bi regulaciju broja obrtaja u cilju postizanja optimalnog protoka u datim uslovima eksploatacije.

3. Zaključak

Zbog izuzetno velike transparentne površine krova (oko 3000 m²) i upotrebe neadekvatnog materijala (koji izuzetno propušta Sunčevo zračenje), uslovi ugodnosti u prostoru pokriveno pijace u bloku 44 bili su vrlo loši:

- visoka temperatura
- nedovoljno svežeg vazduha u centralnoj zoni pijace
- intenzivno venjenje voća i povrća
- blještanje u vreme intenzivnog Sunčevog zračenja

Postavljanjem dva sloja zaštitne mreže na krovu objekta, dobici toplote od Sunčevog zračenja su drastično smanjeni, a uslovi ugodnosti u prostoru pijace bitno poboljšani.

Primenom preostale dve mere (tačke 2.2 i 2.3 ovog Izveštaja) uslovi ugodnosti za boravak ljudi bi se još više poboljšali, a efekat bi se osetio i na održavanju kvaliteta voća i povrća.

Ukoliko se ovo rešenje prihvati, Mašinski fakultet je spreman da uradi tehničku dokumentaciju za ugradnju sistema za ventilaciju pijace u bloku 44.

4. Predlog dela tehničkih uslova za izradu projektne dokumentacije za pokrivanje gradskih zelenih pijaca

Krov pijace treba da se u najvećoj meri izvede kao netransparentna konstrukcija sa termičkom izolacijom i ventilisanim slojem.

Transparentna prekrivka treba da je minimalno potrebne površine. Prirodna osvetljenost prostora pijace može se delom ostvariti i bočnim otvorima (koji mogu biti i zatvoreni transparentnim materijalom).

Za transparentne prekrivke (i prozore) koristiti materijale koji predstavljaju dobru zaštitu od Sunčevog zračenja (ne propuštaju Sunčevo zračenje više od 50%).

Potrebno je predvideti što više ulaza u pijacu (i što veće svetle površine otvora) radi bolje strujne slike u prostoru pijace pri prirodnom provetranju. Neki od tih ulaza mogu se u zimskom periodu privremeno zatvoriti nekom lakopokretnom pregradom u cilju sprečavanja intenzivne cirkulacije hladnog vazduha (naročito pri udarima vetra).

Predvideti otvore u najvišim tačkama objekta u cilju odvođenja toplog vazduha leti.

Predvideti adijabatsko hlađenje i vlaženje vazduha leti.

Ukoliko se radi o pijaci velike površine (kao što je pijaca u bloku 44) potrebno je predvideti i mehaničku ventilaciju koja bi dejstvovala u saglasnosti s prirodnom ventilacijom.