

# ELEKTRIČNO GRIJANJE STARIH SAKRALNIH PROSTORA - ALTERNATIVA ILI NEPROMIŠLJENOST?

*Odabir sustava grijanja i njegova izvedba općenito imaju velik utjecaj na tijek izgradnje, interijer i funkcionalnost novih objekata što se u fazi projektiranja razmjerno dobro može uskladiti između inženjera različitih struka. Kod rekonstrukcije objekata stare gradnje, međutim, energetske i instalacijske koridori unutar njih (ako uopće postoje) uglavnom su predviđeni za zastarjele koncepcije sustava grijanja, a ni njihova građevinska fizika najčešće ne udovoljava suvremenim kriterijima (koeficijent prolaza topline kroz zidove, pod i strop, zasićenost vlagom u pojedinim razdobljima ili tijekom cijele godine i sl.). Uvođenje suvremenih i kvalitetnih koncepcija grijanja u takve objekte nužno je velika investicija te se investitori u nedostatku sredstava često odlučuju na jeftinije izvedbe sustava grijanja. U članku se analiziraju tehnički uvjeti, fiziološki učinci na boravak ljudi i sposobnost zaštite bogate kulturne baštine nekoliko mogućih izvedbi električnog grijanja crkvi stare gradnje.*



**Ilustracija 1**

*Obnovljeno pročelje crkve Sv. Mihaela Arhandela u Osijeku*

Grijanje svakog starog sakralnog prostora (crkve) kao zasebnog objekta mora se promatrati sa svim specifičnostima i karakteristikama, pri čemu je značajno povećan broj ulaznih nepoznanica u odnosu na grijanje uobičajenih prostora s poznatim rubnim uvjetima proračuna, uključujući i građevinsku fiziku objekta. S obzirom na to da je u časopisu EGE 4/2005 objavljen članak o toplovodnom podnom grijanju starih sakralnih objekata koji je obuhvatio veći dio problematike njihovog grijanja, u ovom se članku ona neće ponavljati. Uz već u uvodu spomenute probleme građevinske fizike objekta, ipak je potrebno podsjetiti na tri najznačajnija problema koji se javljaju pri analiziranju i projektiranju sustava grijanja u sakralnim objektima:

- povremena uporaba objekata: nema potrebe za stalnim grijanjem tijekom tjedna (ovisno o mjesnim prilikama) ili se potreba za grijanjem uglavnom svodi na 1 - 2 h/d
- vrlo debeli, masivni zidovi i visok unutarnji prostor uzrokuju nestacionaran pogon sustava grijanja što otežava provođenje korektnog proračuna toplinskih gubitaka

- radi čuvanja mobilijara, freski, orgulja i dr. naglašen je zahtjev konzervatora da temperaturne promjene moraju biti vrlo spore (1 - 2 K/h).

Prateći različite strane stručne i specijalizirane časopise te internetska izdanja, zapaža se velika zainteresiranost struke za to područje. Posebice u izdanjima iz angloameričke prakse mogu se uočiti mnogobrojni stručni i iskustveni članci vezani upravo uz problematiku grijanja crkvi općenito, pa i onih starije gradnje, u kojima se na različite načine pristupa problemu sa željom za smanjivanje velikih pogonskih troškova. U Philadelphiji u SAD-u je sjedište neprofitne udruge pod nazivom 'Međuvjerska koalicija za energiju' (ICE) čija je misija pomaganje i savjetovanje različitih vjerskih kongregacija po pitanju potrošnje energije te njihovo senzibiliziranje za snižavanje energetske troškova i očuvanje okoliša.

U stručnim se razmatranjima električno grijanje smatra pogodnim za primjenu u malim crkvama i uz rijetka bogoslužja tijekom tjedna (ili čak mjeseca). Općenito se smatra da taj način grijanja nije pogodan za veće crkve i/ili one s češćim okupljanjem ljudi zbog bogoslužja, koncerata i sl. Zanimljiva je podudarnost da se, kao i kod nas, crkvene zajednice angloameričke provenijencije često odlučuju na jeftiniju izvedbu grijanja, ne vodeći računa o kasnijim povećanim troškovima eksploatacije, ugodnosti ljudi, brzini progrijavanja, očuvanju posebno ugroženih orgulja i mobilijara itd.

Stoga se, na primjeru Župne crkve Sv. Mihaela u Osijeku, za koju je prije desetak godina izrađen projekt toplovodnog podnog grijanja 50/40 °C s neizravnim priključkom

energent	električna energija	plin	loživo ulje	gradsko grijanje
cijena, kn	0,60 - 1,00 (poduzetnička tarifa, ovisno o tarifnom modelu)	0,24	0,21	0,25 (poduzetnička tarifa)

**Tablica 1**

*Približne cijene 1 kW h energije od različitih energenata (PDV uključen)*

na vrelovodni sustav Osijeka (što zbog financijskih razloga do danas nije ostvareno), daje kratak analitički prikaz potencijalnih sustava električnog grijanja. Korisni prostor crkve iznosi oko 500 m<sup>2</sup> čemu treba dodati sjevernu i južnu sakristiju, s površinama svake od njih 30 m<sup>2</sup>. Visina crkve iznosi 18 m. Toplinski gubici crkve za stacionarno stanje pogona i postizanje unutarnje temperature 8 °C (pri vanjskoj proračunskoj temperaturi -18 °C) bez sakristija iznose 60 kW. Za grijanje prostora crkve spomenutim je projektom predviđena ugradnja ukupno 3800 m grijanih cijevi od PE-X-a dimenzija ø 16 × 2 mm. Takva bi investicija iznosila oko 350 000 kuna za instalatersku opremu i radove (uključujući izgradnju toplinske podstanice, podnog grijanja crkve i radijatorskog grijanja sakristija), dok bi građevinski radovi imali značajan utjecaj na ukupnu cijenu jer bi, uz uobičajene građevinske zahvate, bila potrebna nabava i ugradnja potpuno novih podnih kamenih ploča (sadašnje je stanje poda vrlo loše i zahtijeva potpunu rekonstrukciju). Ukupna investicija bila bi gotovo 570 000 kn, a s uračunatim PDV-om blizu 700 000 kn, čime bi se ostvarilo vrhunsko zagrijavanje prostora i uređenje poda crkve.

## Župna crkva Sv. Mihaela Arhandela

Župna crkva Sv. Mihaela Arhandela nalazi se u baroknom biseru kontinentalne Hrvatske, osječkoj Tvrđi (il. 1). Po izgonu Turaka iz Osijeka, 15.10.1687. godine, Isusovci su u Kasim-pašinoj džamiji postavili oltar. Na temeljima porušene džamije, 31.7.1725. godine svečano je položen kamen temeljac za gradnju crkve. Služba Božja se počela održavati u crkvi 1734. godine, premda tada još nije bila dovršena. Gradnja i uređenje crkve su trajali neobično dugo - gotovo pola stoljeća, uz pomoć vlastitih sredstava i prilozima dobročinitelja. Crkva je 1750. godine posvećena Sv. Mihaelu Arhandelu.

Crkva je vanjskim izgledom reprezentativan primjer austrijskog baroknog sakralnog graditeljstva u Slavoniji. Dvoranskog je tipa s dva masivna zvonika (tornja) na istočnom pročelju. Svi su oltari istih stilskih i kompozicijskih karakteristika: s oltarskim palama, baroknim razigranim oblicima i toplim

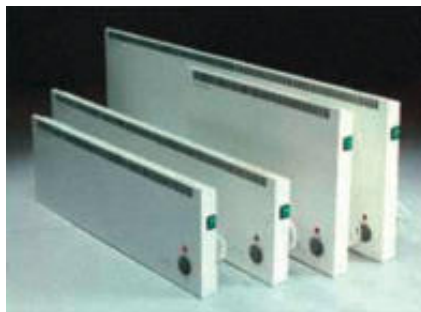
koloritom. Elementi klasicizma se vide na monumentalnom glavnom i na šest pokrajnjih oltara. S obzirom na kvalitetu materijala i način izvedbe, oltari su vrijedna djela barokne umjetnosti i obrta. Glavni oltar nosi monumentalne barokne karakteristike i posvećen je Sv. Mihaelu Arhandelu. Autori slikarskih djela su nepoznati, premda stilski pripadaju bečkom 18. stoljeću. Posebnu pozornost i



### Ilustracija 2

Glavna oltarna slika crkve Sv. Mihaela

**Ilustracija 3**  
Zidni električni konvektori



u arhitektonskoj strukturi retabla (iza glavnog oltara) privlači barokna slika visoka 6 m i široka oko 3 m koja predstavlja borbu Sv. Mihaela u odori rimskog ratnika kako pomaže kršćanima u borbi protiv Turaka Osmanlija (il. 2).

Za crkvu Sv. Mihaela arhandedla su 1830. godine Kaspar i Johannees Fischer izgradili orgulje pneumatskog sustava. Te su orgulje impozantno graditeljsko zdanje, treće po veličini u tadašnjoj Hrvatskoj, a najveće u Slavoniji i Srijemu. U to su se doba mogle mjeriti s dostignućima majstora sličnih stilskih usmjerenja u Austriji i Češkoj, a po bidermajerskoj eleganciji svojeg kućišta i danas su likovni i stilski korelat bogatom crkvenom inventaru.

### Izvedbe električnog grijanja

Osnovni problem kod bilo koje izvedbe električnog grijanja spomenutog objekta je taj da cijena pogona, odnosno troškovi energije isključuju mogućnost održavanja minimalnog stalnog progrijavanja koje bi omogućilo akumuliranje topline u podu i zidovima, stacionarno stanje pogona te povoljnu osjetilnu (senzibilnu) temperaturu prostora. Cijena 1 kW h poduzetničke tarife HEP-a iznosi 0,60 - 1,00 kn (ovisno o tarifnom modelu, s uključenim PDV-om), dok npr. 1 kW h toplinske energije plina približno iznosi 0,24 kn (ovisno o dobavljaču), 1 kW h gradskog grijanja oko 0,25 kn, 1 kW h toplinske energije loživog ulja oko 0,21 kn itd. (sve s uključenim PDV-om), što električnu energiju čini 2,5 - 5 puta skupljom u odnosu na ostale energente (tablica 1).

### Zašto je cijena električne energije toliko veća u odnosu na konkurentne energente?

Izvedba s električnim grijanjem se, u načelu, može razmatrati samo zbog nedostupnosti drugih vrsta energenata ili kada je investitor ohrabren činjenicom jeftinije instalacije električnih sustava grijanja te uvjerenjem proizvođača u ekonomičnost pogona. Istina je da je stupanj djelovanja električnih grijača oko 98%, što je vrlo dobra karakteristika i upravo se tom činjenicom proizvođači služe u dokazivanju ekonomičnosti pogona. Međutim, ne smije se zaboraviti da je sama proizvodnja električne energije proces s vrlo niskim stupnjem korisnosti, u kojemu se pri transformaciji u električnu energiju nepovratno gubi gotovo 2/3 energije unesene u proces (transformacija kemijske energije ugljena, plina, mazuta itd. ili nuklearne energije atoma urana najprije u toplinsku energiju pare, zatim u kinetičku energiju turbine i konačno u električnu energiju u namotima generatora), što je i razlog toliko višoj cijeni električne struje.

Zbog jeftine investicije i želje za što većom uštedom u pogonu uobičajeno se pri odabiru koncepcije grijanja 'zaboravlja' na ranije spomenute uvjete brzine progrijava-

**Ilustracija 4**  
Zidna IC grijalica



**Ilustracija 5**  
Kvarcna halogenska grijalica



nja prostora sa svrhom održavanja građevinske fizike (vlažnost zraka itd), zaštite kompletnog interijera, starog namještaja, orgulja, freski i sl. (potrebno vrijeme zagrijavanja je 6 - 8 h što proizlazi iz spomenutih dopuštenih temperaturnih promjena po satu) te na ugodnost ljudi. 'Udarnim' zagrijavanjem 1 - 2 h prije bogoslužja nastoje se postići zadovoljavajući temperaturni parametri. To nužno znači da su potrebni instalirani kapaciteti do 25% veći u odnosu na one izračunate za podno grijanje kako bi se za kratko vrijeme kompenzirala akumulacija 'hladnoće' nastale zbog intermitirajućeg pogona sustava grijanja.

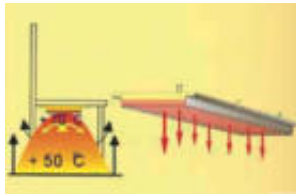
### Opis mogućih izvedbi električnog grijanja

- Zidno ventilokonvektorsko grijanje

Zidno ventilokonvektorsko grijanje je općenito nezadovoljavajući način grijanja sličnih objekata jer su zidovi rijetko dostupni zbog velikog broja slika, oltara i relikvija koji se mogu naći u starim crkvama (il. 3). S obzirom na mjesto ugradnje, topli zrak odlazi odmah ispod stropa visoke prostorije pa su gubici po visini veliki, a bez ikakvog učinka na zagrijavanje prizemnog dijela u kojem borave ljudi. Toplinski učin jedne baterije uobičajeno iznosi 500 - 2500 W što je dovoljno za zagrijavanje slabo izoliranog prostora veličine 5 - 20 m<sup>2</sup> uz napomenu proizvođača da je proračun rađen za visinu prostorije 2,5 m. Interpolacijom tih parametara proizlazi da je za zagrijavanje spomenutog objekta potrebno 35 konvektora dimenzija 800 × 400 × 35 mm što zauzima gotovo 30 m prostora. Unutarnji opseg crkve Sv. Mihaela iznosi oko 90 m od čega je gotovo 75 m zauzeto bogatim baroknim oltarima, ulaznim vratima, korom za pjevače i dr. pa za smještaj konvektora ostaje nedovoljnih 15 m i to na u prostor izbočenim nosivim stupovima ili sličnim upadljivim, arhitektonski neprihvatljivim položajima. Cijena jednog uređaja učina 2500 W s ventilatorom iznosi oko 800 kn (bez PDV-a).

- Kalorifersko grijanje

Kalorifersko grijanje je općenito razmjerno učinkovita metoda zagrijavanja željenih lokacija po prostoru, pogodna za radionice, sportske dvorane i sl, dok toplinski učin uobičajeno iznosi 1 - 10 kW. Zbog svojeg robusnog, glomaznog izgleda ne može se uklopiti u rustikalni interijer, a bučnost onemogućuje rad za vrijeme bogoslužja. U praksi se kaloriferi uključuju u intenzivan pogon 1 - 2 h prije bogoslužja, a isključuju neposredno prije početka mise. Zbog hladnih zidova i poda gotovo nema nikakvog utjecaja na udobnost ljudi čim se grijanje ugasi jer su zbog hladnih ploha potrebne mnogo veće temperature zraka (a time i povećana potrošnja energije!) u prostoriji kako bi se kompenzirao



**Ilustracija 6**  
Konvektivni uređaj za grijanje ugrađen u klupu



taj efekt i stabilizirala osjetilna temperatura u prostoru. Za spomenutu bi crkvu trebalo instalirati 7 robusnih grijalica učina 10 kW na sličnim nepovoljnim pozicijama kao i kod ventilokonvektora. Cijena jednog uređaja učina 10 kW s osnovnom regulacijom iznosi oko 4500 kn.

U slučajevima i ventilokonvektora i kalorifera temperatura raspodjela po visini prostorije je izrazito loša zbog vrlo niskih temperatura pri podu (efekt hladnih nogu). Visoke podstropne temperature utječu na povećanje toplinskih gubitaka (i to ne samo kroz strop, nego i po visini prostorije). Zato je potrebno povećanje kapaciteta za oko 25% u odnosu na stacionarni pogon sustava grijanja, odnosno na 75 kW. Takvi sustavi grijanja ne odgovaraju održavanju i izgledu interijera, osjećaju ugodnosti niti su povoljni u smislu energetskih ušteda.

- Infracrveni grijači

Infracrveni grijači (tzv. infragrijalice) toplinu pretežno odaju zračenjem u području IC zraka (il. 4). Najčešće su u obliku cijevastih ogrjevnih tijela s raznim izvedbama i toplinskim učinkom 1 - 4 kW. Cijevi imaju temperaturu 600 - 700 °C s priključnim kapacitetima 1 - 2 kW/m. Zračeći grijači imaju reflektore od visokopoliranog sjajnog metala (najčešće aluminija) tako da se toplinske zrake koncentriraju u određenim pravcima. Prema proračunskim bi kapacitetima trebalo postaviti oko 30 m takvih grijača na stropne visilice u vrijednom baroknom prostoru. Osobitost tog načina grijanja je da se zračenje tek pri dodiru s osobama ili predmetom pretvara u toplinu. Zato temperatura prostorije može ostati niska te se na taj način može uštedjeti određena količina energije u odnosu na ranije opisan ventilokonvektorski sustav s nešto boljim senzibilnim uvjetima (za tu je izvedbu dovoljno 60 kW toplinskog učina jer djeluje gotovo trenutno po uključivanju). No, upravo je ta

**Ilustracija 7**

Ugradnja podne električne grijače mreže i podna grijača ploče



karakteristika i velik nedostatak: predmeti i dijelovi tijela izloženi izravnom zračenju se pregrijavaju, dok su nasuprotnje strane i dalje hladne. Situaciju dodatno pogoršava činjenica da je najizloženiji dio tijela upravo glava koja bi, prema toplinskoj ugodnosti, trebala biti najhladnija, dok su noge i dalje u području niskih podnih temperatura. U angloameričkoj praksi takve grijalice imaju dugu tradiciju (više od 40 godina) postavljanja u crkvene objekte kao investicijski jeftinu (u odnosu na druge izvedbe) metodu grijanja. U pravilu ih je teško uklopiti u objekte stare gradnje zbog njihovog ružnog industrijskog izgleda, iako se u novije vrijeme pojavljuju novi, redizajnirani i arhitektonski prihvatljiviji modeli.

- Kvarcni halogeni grijači

Kvarcni halogeni grijači predstavljaju novu generaciju infragrijalica s uobičajenim postavljanjem na zid objekta i tehnološki nešto povoljniju od prethodne, ali za koju vrijede potpuno iste primjedbe (il. 5). Dodatna nepovoljnost te izvedbe je da zahtijeva slobodne zidove na koje bi se mogle instalirati grijalice. Toplinski učin u pravilu iznosi 1 - 4 kW, što znači da u prostor treba uklopiti 20-ak grijača dimenzija 500 × 250 × 125 mm.

- konvektivni uređaji ugrađeni u klupe

Nepomični konvektivni uređaji s prirodnom ili prisilnom konvekcijom (ugrađeni u klupe) rade s 'niskim' temperaturama površine (u odnosu na ostale električne grijače) oko 70 °C i toplinu najvećim dijelom odaju strujanjem uzduha (il. 6). Grijača tijela su postavljena slobodno na keramičkim nosačima kao neizolirane spirale ili kao cijevni registri ispod klupa pa su 'nevidljiva' i lako se uklapaju u prostor. Zbog jednostavne dostupnosti (zona sjedenja) moraju biti posebno izolirani jer postoji opasnost od udara struje ili opeklina. Kao vanjska površina koja odaje toplinu služe kućišta u obliku kvadra ili ploča od čeličnog lima ili keramike. Za unutrašnjost crkve bila bi pogodna cijevna grijača tijela s unutrašnjom spiralom kapaciteta 220 W/m te bi prema proračunskim kapacitetima trebalo postaviti oko 300 m takvih grijača u klupe crkve. Kako su, međutim, broj i duljina klupa nedovoljni, moguće je postaviti svega 130 m grijača ukupnog toplinskog učina oko 30 kW što je dovoljno za sjedeća mjesta u klupama, ali ne i za stojeća mjesta po prostoru crkve! Cijena dužnog metra takvih grijača kapaciteta 220 W/m se kreće oko 950 kn.

- Akumulacijske peći

Grijanje akumulacijskim pećima je potpuno nezadovoljavajuće u prostorima sa željenom intermitencijom pogona i građevinama s visokim toplinskim gubicima što zadani objekt svakako jest. Također je zbog gabarita i dizajna potpuno neuklopivo u rustikalni prostor pa se neće ni uzeti u razmatranje.

- Grijače podne mreže, odnosno ploče

Grijače podne mreže, odnosno ploče su niskotemperaturna ogrjevna tijela koja zahtijevaju stalan pogon (il. 7). Preporučuju se za grijanje u prijelaznom razdoblju, kao dopunsko grijanje u standardnim objektima ili kao osnovno grijanje u objektima s izvanrednom izolacijom i minimalnim toplinskim gubicima. S obzirom na karakteristike zadanog objekta (gabariti, građevinska fizika, veliki gubici topline itd) i podnog grijanja (inertnost kao glavni ograničavajući čimbenik) te cijenu električne energije, grijače podne mreže su praktično neupotrebljive kao potencijalan sustav grijanja zadanog objekta.

## **Cijena angažirane snage i potrošnja električne energije**

Za potrebe grijanja crkve Sv. Mihaela potrebno je oko 60 kW toplinskog učina pri rubnim uvjetima podnog grijanja. Ako bi se slični osjetilni parametri željeli postići nekim od opisanih nestacionarnih načina povremenog grijanja električnom energijom, potreban učin za udarno grijanje prije i za vrijeme bogoslužja mora se uvećati za 20 - 30% kako bi instalirani kapaciteti mogli u kratkom roku pokriti toplinske gubitke (dakako da o toplinskoj ugodnosti, eventualnom akumuliranju topline u masivnoj građevinskoj konstrukciji objekta, zaštiti orgulja, mobilijara itd. u tom slučaju nema ni govora). Stoga je potreban angažiran električni kapacitet od približno 75 kW.

S obzirom na to da 1 kW angažirane snage isporučitelj naplaćuje približno 1600 kn s PDV-om, proizlazi da samo za zakup potrebne električne snage za grijanje treba investirati 50 000 do 120 000 kn, ovisno o varijanti električnog grijanja! Uz poduzetničku tarifu s prosječnih 0,7 kn/(kW h) utrošene energije i prosječna 2,5 h/d grijanja crkve (nedjeljom 8 h/d), dolazi se do mjesečne potrošnje oko 3000 - 6900 kW h, ovisno o vremenskim prilikama (tijekom sezone grijanja koja u pravilu traje 5 - 6 mjeseci), što iznosi 2100 - 4800 kn mjesečno.

## **Približna cijena električnog grijanja i analiza razmatranih izvedbi**

Približna cijena uvođenja električnog grijanja (s uključenim PDV-om) za pojedine izvedbe prikazana je u tablici 2, dok je usporedbena analiza razmatranih izvedbi prikazana u tablici 3.

Dakle, u slučaju zagrijavanja starih sakralnih objekata nekim od razmatranih sustava grijanja električnom energijom uočavaju se sljedeći nedostaci:

- nemogućnost zadovoljavanja strogo ograničene brzine progrijavanja (kod ventilokonvektora i kalorifera)
- povećan potreban toplinski učin zbog intermitirajućeg pogona (kod ventilokonvektora i kalorifera)
- narušen barokni rustikalni interijer zbog postavljanja velikog broja ogrjevnih tijela po zidovima ili pod stropom te vođenje i zaštita nadžbukne električne instalacije (kod ventilokonvektora, kalorifera, infragrijalica i kvarcnih grijača)
- općenito loša toplinska ugodnost ljudi (kod ventilokonvektora, kalorifera, infragrijalica i kvarcnih grijača, ali ne kod konvektorskog grijanja u klupama) - poznato je da je za visoke prostore najpovoljnije podno grijanje zbog jednoličnog temperaturnog polja u prostoriji uz gotovo okomit temperaturni gradijent, s višim temperaturama pri podu, a nižim pri stropu, pri čemu je njegova promjena u području 1,5 - 2 K/m što je fiziološki gotovo idealno. Čovjek preko stopala (nogu) gubi istu količinu topline kao preko cjelokupne ostale površine tijela pa je fiziološki povoljnije da u zoni nogu temperatura bude viša, a u zoni glave niža zbog čega je u fiziološkom smislu idealno grijanje kojim se omogućava povoljna raspodjela temperatura u prostoriji (temperatura uz pod je viša, dok prema stropu opada)

**Tablica 2** Približna cijena uvođenja električnog grijanja

cijene po kategoriji, kn	izvedbe			
	konvektorsko zidno grijanje	kalorifersko grijanje	IC / kvarcni grijači	konvektivno grijanje ispod klupa
uređaji, automatizacija i montaža	50 000,00	56 000,00	60 000,00	180 000,00
instalacija	20 000,00	20 000,00	35 000,00	20 000,00
angažirana snaga, ovisno o varijanti	120 000,00	120 000,00	96 000,00	48 000,00
ukupno	190 000,00	196 000,00	191 000,00	248 000,00 kn

- značajni gubici topline kroz krov i po visini crkve (kod ventilokonvektora i kalorifera)
- povećanje toplinskih gubitaka u odnosu na idealno niskotemperaturno podno grijanje do 30%.
- nemogućnost održavanja vlažnosti zraka u dopuštenim granicama (kod ventilokonvektora i kalorifera)
- opasnost od požara i udara električne struje (kod svih sustava) - naime, kod svih električnih grijača zraka posebnu pozornost treba obratiti na opasnost od požara jer se temperature površina grijača uobičajeno kreću 400 - 700 °C pri čemu pri prestanku strujanja zraka ili drugog prijenosnika topline (zbog bilo kojeg razloga) grijači elementi dobivaju vrlo visoke temperature te u najnepovoljnijim slučajevima mogu biti uzročnik požara.

### Zaključak

S obzirom na analizu, očigledno je da se koncepcije zidnog električnog ventilokonvektorskog i kaloriferskog sustava grijanja starih sakralnih objekata moraju odbaciti kao vrlo nepovoljne. Električne infragrijalice i kvarcni grijači imaju malu prednost zbog toga što ne troše energiju na zagrijavanje zraka, ali su fiziološki tek uvjetno povoljni zbog toplinskog utjecaja na glave ljudi, dok su noge na hladnom

podu. Prednost bi u tom smislu bila na strani izvedbe s konvektorskim grijačima u klupama jer je fiziološki uvjetno najpovoljnija, ali ima utjecaj uglavnom na sjedeća mjesta u klupama. Zbog specifičnog mjesta postavljanja, ta izvedba ne grije cijeli prostor, već samo zonu sjedenja pa su stajaća mjesta po prostoru crkve dalje fiziološki ugrožena. Nema nepovoljan utjecaj na održavanje vlažnosti zraka u dopuštenim granicama ni na dopuštenu brzinu progrijavanja. No dakako, značajno je skuplja od ostalih razmatranih.

Ukupno gledajući, može se zaključiti:

- da su izvedbe 'jeftinijih' električnih grijanja specifičnih, starih i visokih prostora zbog intermitirajućeg pogona, visokih troškova angažirane snage, mjesečnih troškova pogona i svih ostalih spomenutih nepovoljnosti vrlo raskantan pokušaj rješavanja složene problematike grijanja koja zahtijeva ozbiljan, multidisciplinarni pristup
- da ne postoji način da se u takav reprezentativan objekt uvede 'jeftino' grijanje koje zbog svih spomenutih specifičnosti ne može biti prihvatljivo bez zadovoljavanja nužnih tehničkih uvjeta, fizioloških parametara ugodnosti i zaštite bogate kulturne baštine.

**Tablica 3**

Usporedna analiza razmatranih izvedbi

kriterij usporedbe	izvedbe			
	konvektorsko zidno grijanje	kalorifersko grijanje	IC / kvarcni grijači	konvektivno grijanje ispod klupa
toplinski učin, kW	75	75	60	30
postizanje dopuštene brzine progrijavanja (1 - 2 K/h)	ne	ne	ne	uvjetno da
intermitirajući pogon	da	da	da	da
povećana angažirana snaga zbog intermitirajućeg pogona	da	da	ne	ne
postizanje stacionarnih uvjeta grijanja	ne	ne	ne	ne
problem s uvjetima konzervatora / narušen interijer	da	da	da	ne
zauzimanje korisnog prostora	da	da	ne	ne
temperaturna raspodjela po visini prostorije	hladni pod, topli strop	hladni pod, topli strop	hladni pod, hladni strop	topli pod (samo u zoni klupa), hladni strop
gubici topline po visini prostorije i kroz strop	veliki	veliki	ne	mali
osjetilna temperatura i osjećaj ugodnosti ljudi	hladne granične plohe, hladne noge, loša ugodnost	hladne granične plohe i zrak u zoni boravka ljudi, hladne noge, loša ugodnost	hladne granične plohe, hladni zrak u zoni boravka ljudi, hladne noge, uvjetno povoljna ugodnost	hladne granične plohe, topli pod i zona boravka, povoljna ugodnost (samo u zoni klupa)
toplinski učin (potreban broj grijalica)	2,5 kW (30 kom)	10 kW (7 kom)	5 kW (12 kom)	220 W/m (≈ 130 m)
održavanje vlažnosti zraka u dopuštenim granicama	ne	ne	da	uvjetno da
opasnost od požara i udara električne struje	da	da	da	da
približna mjesečna potrošnja struje (na osnovi 23 h grijanja tjedno), kW h	3000 - 6900	3000 - 6900	2400 - 5500	1200 - 2800
približni mjesečni troškovi za grijanje, kn	2100 - 4800	2100 - 4800	1700 - 3850	900 - 2000