СПЕЦИФИЧАН ПРИСТУП ЗАДОВОЉЕЊУ ГРЕЈНИХ ПОТРЕБА СТАКЛЕНИКА ГРЕЈНИМ ФЛУИДИМА СА ВЕОМА НИСКИМ ТЕМПЕРАТУРАМА

A SPECIFIC APPROACH TO COVERING THE GREENHOUSE HEAT REQUIREMENTS BY VERY LOW TEMPERATURE HEATING FLUID

Кирил Поповски и Благоје Андрејевски, Машински факултет, Битољ, Јован Пејчиновски, "Монтинг", Битољ, Карло Алберто Кампиоти (Carlo Alberto Campiotti) ENEA, C.R.E. Casaccia, Rome, Italy, Томе Николовски, Рударско-енергетски комбинат РЕК, Битољ, Ана Катерина Родригез (Ana Caterina Rodrigues), INOVA, Institute for New Technologies, Ponta Delgada, Azores, Portugal, Сања Поповска, Машински факултет, Битољ, Македонија

При грејању стакленика, преовлађују конвективни грејни системи. Међутим, када се ради о грејним флуидима са веома ниским температурама, то практично није могуће. Обично температуре испод 40°C нису ни технички ни економски изводљиве, осим за грејање пода и култивационе базе. На тај начин, јефтини или бесплатни алтернативни извори енергије, као што су текућа геотермална вода, индустријски термални извори или кондензациона вода термоелектрана, не могу се користити у овом пољопривредном сектору, који има велике енергетске захтеве.

Са посебним пројектантским приступом, обављена је проба како би се нашло одговарајуће решење које би омогућило превазилажење овог ограничења. Поред грејања ваздуха у стакленику и таквог постизања угодне климе за вансезонско поврће или цвеће, лагани пластични или стаклени покривач стакленика се греје снажним ваздушним млазом температуре од 15 до 20°C. Постижу се неки видови симулације спољне температуре, независно од промена стварне температуре. На тај начин се мења топлотна равнотежа стакленика, тј. није неопходно надокнађивати постојеће велике температурне разлике између спољне зимске и унутрашње климе. Међутим, постигнута унутрашња температура од 12 до 15°C не одговара оптималном развоју биљака (ако су у питању "топле културе"). Оне су обично погодне за ноћни режим, када биљкама не треба "активни" грејни извор. Ова чињеница не искључује проблем, јер је сам стакленик пријемник сунчеве енергије који омогућава да се унутрашња температура пониси под утицајем сунчеве светлости, онда када су биљкама потребне више температуре. Стварни проблем је да ли је ово повишавање температуре довољно да се постигне оптимална температура за конкретне културе.

Ова идеја је већ истраживана у пројекту у Немачкој, са кондензационом водом из термоелектрана од 23 до 28°C, затим у Србији са геотермалном водом од 35°, а управо се испитује у Битољу, такође са кондензационом водом из термоелектране од 22 до 28°C. У овом раду су представљени резултати тога истраживања.

Convective type of heating systems is prevailing for heating greenhouses. However, it is practically not usable when very low temperature of heating fluid is in question. Normally, except for floor and cultivation base heating, temperatures bellow 40°C are neither technically nor

economically feasible. In that way, cheep or free of charge alternative energy sources, as it is effluent geothermal water, industrial thermal effluentes or condens water of power plants, cannot be used in this energy demanding agriculture sector.

By a specific design approach a trial is made to find an proper solution which should enable overpassing this limitation. Except to heat the air in the greenhouse and, in that way, to reach comfortable protected climate for vegetable or flower out of season production, the greenhouse's soft plastic or glass covering is heated with powerful warm air stream of 15–20°C. Some kind of simulation of an artificial outside climate is reached, independent of the temperature changes of the real one. In that way, greenhouse heat balance is changed, i.e. it is not necessary to cover the really existing big temperature differences between outside winter climate and the inside climate. However, reached inside temperatures of 12–15°C are not satisfactory for an optimal development (if "hot cultures" are in question). They are normally convenient only for the night regime of work, when plant doesn't need "active" heat energy. This fact doesn't close the problem because the greenhouse itself is a solar collector which enables an inside temperature rise under the influence of solar light, i.e. when higher temperatures are necessary for the plant. The real problem is whether this temperature rise is enough hight to reach the optimal temperatures for concrete cultures.

The idea is already investigated in a project in Germany, with condens water of a power plant of 23–38°C, in Serbia with geothermal water of 35°C and it is now under investigation in Bitola, also with condensate of the power plant of 22–28°C. Results of the investigations are presented in this paper.

Кључне речи: стакленик; топлотни захтеви; нискотемпературни грејни флуид; геотермална енергија

Key words: greenhouse; heat requirements; low temperature heating fluid; geothermal energy

Увод

Такозвани "алтернативни" извори енергије, као што су геотермалне воде, кондензациона вода у термоелектранама итд., веома су распрострањени на неким местима у целом свету. Њихова употреба при грејању је ограничена, захваљујући њиховим ниским или веома ниским температурама. На пример, стакленици су највећи потрошачи енергије у пољопривредном сектору, који користе јефтине изворе енергије. Углавном се у њима користе конвективни размењивачи топлоте, којима су потребне температуре грејних флуида од преко 40°C. Геотермална енергија те температуре је врло често на располагању, али је кондензациона вода из термоелектрана обично од 20 до 30°C, односно неупотребљива за грејање стакленика.

Имајући у виду да су ови "алтернативни енергетски извори" велики и да нуде топлотну енергију бесплатно, занимљиво је открити да ли је могуће развити неке посебне топлотне технике које ће омогућити превазилажење ограничења. Стални напори научника из Немачке, Италије, Португала, Југославије и Македоније протеклих десет година, створили су посебне системе за грејање, који могу бити одговор на овај изазов, барем на неким локацијама и за посебне комбинације техничко-економског фактора, који је од великог утицаја.

1. Теоретска основа

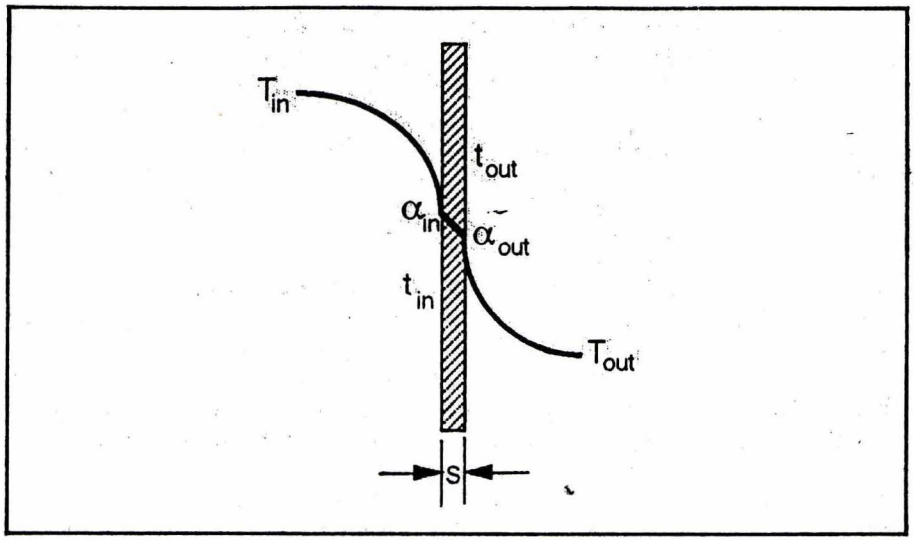
Три проблема одређују пројектовање грејних система за култивацију заштићених усева:

– температурна разлика између унутрашње и спољне климе, односно топлотни губици стакленика;

– потребни ниво температуре унутрашње климе и својства кретања ваздуха у том простору;

– расположиве температуре грејног флуида, које условљавају врсту размењивача топлоте коришћених у грејном систему у стакленику.

Главни грејни понор стакленика је провидна преграда између унутрашње и спољне климе, обично од једног слоја пластичног филма или стакла. За пројектоване услове, односно ноћни режим рада без присуства сунчевих зрака, пренос топлоте кроз преграду карактеришу следећи топлотни протоци (слика 1):



Слика 1. Пренос топлоте кроз провидну преграду стакленика

– конвективни пренос топлоте из топлијег (ваздух) флуида са температуром T_{in} унутра (°C) ка провидној преградној површини са температуром T_{in}(°C);

– проводни пренос топлоте кроз материјал провидне преграде са топлије површине температуре T_{in} (°C) на хладније површине температуре t_{out}(°C) и

– конвективни пренос топлоте са топлије површине провидне преграде, температура T_{out} (°C) на хладније (ваздух) флуиде око стакленика температуре T_{out} (°C).

Према томе, математички израз овог преноса топлоте гласи:

$$q = \frac{\left(T_{in} - T_{out}\right)}{\frac{1}{\alpha_{in}} + \Sigma \frac{S_i}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{out}}} \quad [W] \tag{1}$$

Међутим, пошто је провидна преграда врло танка (0,2–0,7 mm за пластичне филмове и 2–4 mm за стакло), њен отпор преносу топлоте може се занемарити и израз има следећи упрошћени облик:

$$q = \frac{\left(T_{in} - T_{out}\right)}{\frac{1}{\alpha_{in}} + \frac{1}{\alpha_{out}}} \quad [W] \tag{2}$$

односно, степен топлотног преноса зависи само од температурне разлике између два флуида са обе стране преграде и од вредности коефицијента конвективног преноса топлоте α_{in} и α_{out} [W/m^2 K]. Важно је подвући да практично мањи коефицијент преноса топлоте одређује вредност преноса топлоте кроз једну јединицу површине провидне преграде.

Одређивање коефицијената конвективног преноса топлоте је веома тешко због њихове компликоване природе. Они зависе од низа утицајних фактора:

$$\alpha = \phi\,(\lambda, \lambda, w, g, \beta, a, \Delta T) \tag{3}$$

односно коефицијента провођења топлоте и брзине флуида, његовог кинематичког вискозитета, коефицијента волуметријске експанзије, коефицијента пролаза температуре, Земљиног убрзања итд. Обично су они међусобно зависни, што карактерише конкретне случајеве преноса топлоте. Међутим, њихове вредности је немогуће дефинисати тачним математичким изразима. То се обично чини са оним емпиријским, на основу дефинисаних вредности у лабораторијским условима и пренесеним на стварне услове по такозваним подесним критеријумима. За спољну страну преграде стакленика процес се врло добро изражава формулом по емпиријским критеријумима:

$$Nu = 0{,}03 \cdot Re^{0{,}8} \tag{4}$$

која омогућава утврђивање карактеристичних коефицијената конвективног преноса. На пример, за петоугаоне стакленике, вредност за вертикалну преграду је:

$$\alpha_{out,v} = 11{,}63 \cdot w^{0{,}5} \quad [W/m^2K] \tag{5}$$

а за закошену је:

$$\alpha_{out,s} = 1{,}163 \cdot c_2 \cdot (w \cdot \rho)^{0{,}8} / L^{0{,}2} \quad [W/m^2K] \tag{6}$$

где је c_2 коефицијент који зависи од температурне разлике између ваздуха и површине провидне преграде.

За стакленике са лучним профилима, постоји само један израз:

$$\alpha_{out,s} = 7{,}2 + 3{,}8 \cdot w \quad [W/m^2K] \tag{7}$$

За спољну страну ситуација је много компликованија, зато што процес преноса топлоте веома зависи од кретања ваздуха по површини преграде, као резултат врсте инсталисаног грејног система. За "слободно конвективне" грејне системе са брзином кретања ваздуха $w < 0{,}7$ (m/s), критеријум Гроберове формуле (1963) одговара врло добро:

$$Nu = 0{,}073 \cdot (Gr \cdot Pr^{1,65})^{0,333} \tag{8}$$

и доводи до израза за коефицијент конвективног преноса топлоте:

$$\alpha_{in} = c \cdot \Delta T^{0,333} \quad [W/m^2K] \tag{9}$$

где је c коефицијент који зависи од температурног режима унутар стакленика.

За интензивно кретање ваздуха по површини размењивача топлоте и брзине од 3 до 5 m/s, прихватљиве вредности коефицијента конвективног преноса топлоте могу се утврдити релацијом:

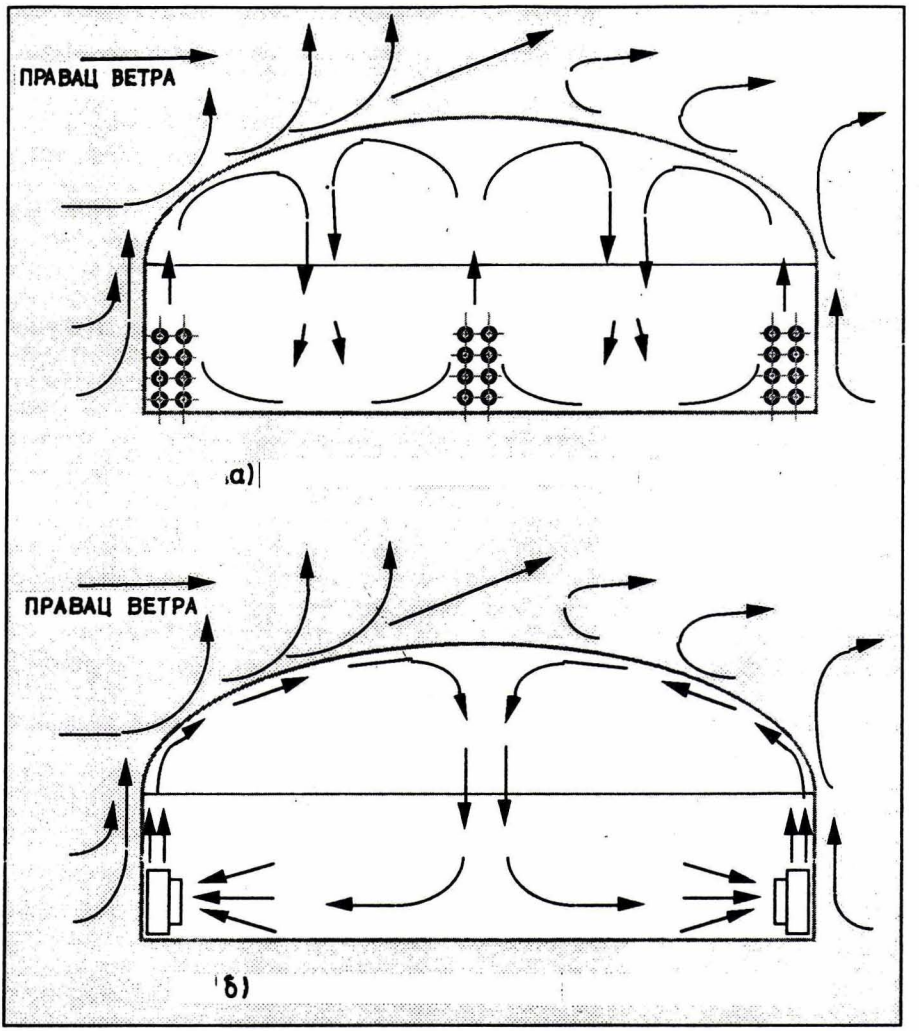
$$\alpha_{in} = 1{,}164 \cdot (5 + 3{,}4 \cdot w) \quad [W/m^2K] \tag{10}$$

Наравно, намера је да се што је могуће више смање вредности коефицијента конвективног преноса топлоте, како би се смањила потрошња топлоте у стакленику. Очигледно је да је најбољи начин да се то постигне, смањење кретања ваздуха у њему. То је један од разлога коришћења "слободно конвективних" грејних инсталација (слика 2а). Али, њихова употреба је ограничена потребом за веома високим температурама грејних флуида, да би се постигле прихватљиве вредности коефицијената преноса топлоте међу површинама размењивача топлоте и загрејаног ваздуха.

Када су у питању системи са принудним кретањем ваздуха, као што је представљено на слици 2б, вредност коефицијента унутрашњег конвективног преноса топлоте постаје велика, и доводи до повећања губитка топлоте кроз провидну преграду. То је један од разлога што таква ваздушна струјања треба избегавати при пројектовању грејних система за стакленике.

2. Идеја

Већ је речено да је главно ограничење за шире увођење нискотемпературних геотермалних вода и кондензационе воде из постројења термоелектрана, њихов ниво температуре који је испод технички и економски прихватљивих граница за употребу "слободно конвективних" грејних система. За температуре испод 35°C, они су неупотребљиви за системе са принудним кретањем ваздуха. Потребне су веома, веома велике површине размењивача топлоте да би се обезбедили високи захтеви врло слабо заштићених затворених простора у стакленику.



Слика 2. Ваздушно кретање у стаклeнику који се греје "слободно-конвективним" системом и ваздушним системом са принудним кретањем ваздуха; а) класични слободно-конвективни цевни грејни систем; б) грејни систем "hortiterm", са принудним кретањем ваздуха

Међутим, зар није могуће наћи неко решење проблема, раз мишљајући на мало другачији начин?

Нормални поступак пројектовања грејних инсталација за култивацију заштићених усева узет је исти као онај при пројектовању зграда. Да би се загрејала једна просторија, неопходно је смањити утицај великих температурних разлика између спољне и унутрашње климе (боља топлотна изо-

лација) и онда задовољити грејне потребе инсталисањем довољно великих размењивача топлоте. На овом месту треба нагласити неколико важних чињеница.

Смањивање утицаја великих температурних разлика побољшањем топлотне изолације провидне преграде стакленика, доводи до смањења осветљености заштићене просторије за култивацију, повећава трошкове и доводи до појаве кондензације. Исто тако, унутрашња клима зграде је статичног карактера, тј. оптималне вредности температуре и влажности морају се одржавати и дању и ноћу константним, на одређеном нивоу. У супротном, стакленик је динамичког карактера и зависи углавном од светлосних услова у затвореном простору. Оно што је такође врло важно је да усеви захтевају енергију током дневног рада (када стакленик функционише као соларни колектор), а производи је ноћу (када испушта енергију у околину, као што је то случај и са зградама).

Друга чињеница коју треба нагласити је да је основна намена пројеката који "штеде енергију", смањење експлоатационих трошкова грејног система, које чине цене скупог горива, рада и одржавања. Ако је у питању кондензациона вода из термоелектране или нискотемпературна геотермална вода, онда је ситуација другачија. Извор енергије је бесплатан, али су пумпање и трошкови одржавања и рада релативно већи него при коришћењу класичних горива. Због тога није важно смањити трошкове енергије, него ове потоње.

Трећа важна чињеница је да би пројектовану унутрашњу температуру у стакленицима требало прилагодити променљивим потребама усева и њиховом топлотном понашању. Критична тачка је када нема сунчевих зрака (ноћни режим рада), али су у том случају оптималне вредности температуре много ниже него у дневним условима рада.

Четврта важна чињеница је да провидна преграда стакленика, која је граница између две климе, практично нема топлотну инерцију нити отпор. Свака промена спољашње климе директно утиче на унутрашњу климу и енергетску равнотежу стакленика.

Имајући у виду све наведене чињенице, поставља се једно врло индикативно питање и тако уводи нова филозофија у пројектовање грејних система за стакленике, са веома ниским температурама грејног флуида:

Поред грејања ваздуха у затвореном простору, зашто не грејати провидну преграду врло јаком струјом топлог ваздуха?

Последице оваквог приступа пројектовању грејања стакленика су следеће:

– Интензивним струјањем топлог ваздуха може се постићи мање или више константна температура преграде.

Коефицијент конвективног преноса топлоте са унутрашње стране, биће увек виши него онај са спољашње, односно увек ће бити покривен променљиви пренос топлоте у спољашњу средину.

– Константна температура провидне преграде представља "константну спољну климу" за унутрашњост стакленика. На њену енергетску равнотежу може се утицати само променљивим интензитетом сунчевих зрака и латентном топлотном равнотежом усева, као последицом њихове транспирације (током дана) или респирације (ноћни режим).

– На температурни ниво у унутрашњости стакленика може се директно утицати постигнутим температурним нивоом провидне преграде. Обично је за већину узгајивача за ноћни режим рада довољна вредност између 12 и 20°C.

– Унутрашњу температуру у стакленику током дневног режима диктираће интензитет сунчевих зрака, који ће је и повећати због "ефекта стакленика" самог објекта. На тај начин ће бити постигнуто прилагођавање потребама усева.

– Проблем кондензације унутрашње површине преграде ће нестати. Интензивно струјање топлог ваздуха ће је стално "исушивати".

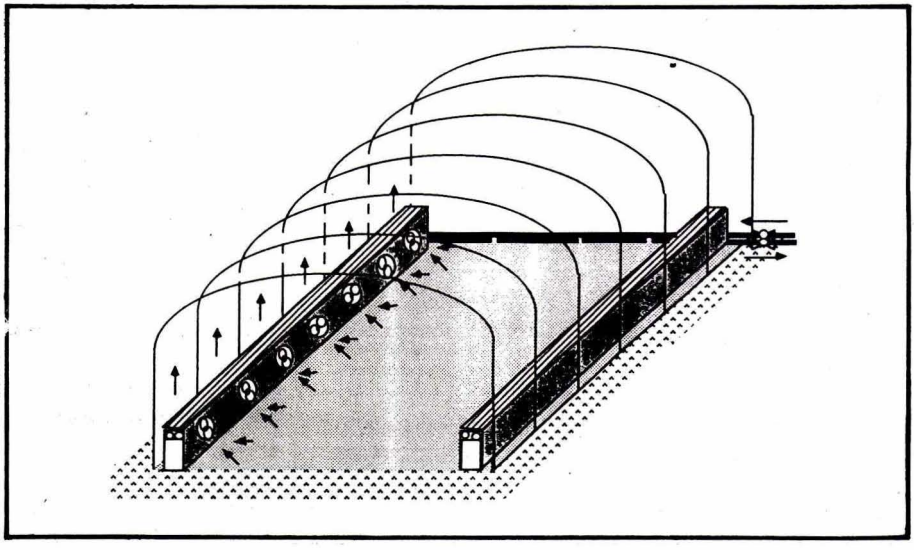
– Потрошња енергије стакленика који се греје оваквим системом биће много већа него код оних који се греју класичним "слободно конвективним" системима. Повећање коефицијента конвективног преноса топлоте, довешће до повећања укупног преноса топлоте трансфера у спољну средину. Питања на која треба одговорити експериментисањем и испитивањем погодности развоја ових нових система су следећа:

– Да ли су теоретске претпоставке реалне у стварности, односно да ли ће бити стварно могуће постићи неопходни температурни режим у унутрашњости стакленика?

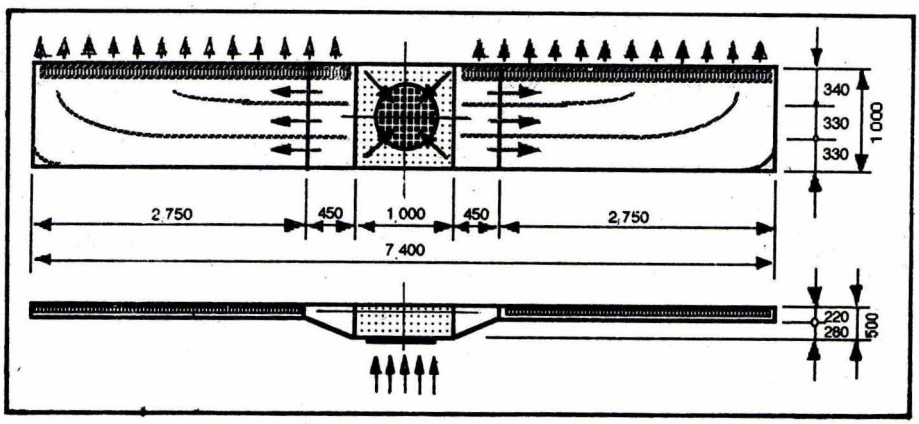
– Да ли овакав грејни систем омета заштиту култивације усева?

– Да ли је могуће користити грејне флуиде са веома ниским температурама за овакве грејне системе и на тај начин омогућити употребу геотермалних вода веома ниске температуре и кондензационе воде из термоелектрана?

– Да ли је повећање трошкова инвестиција у поређењу са класичним "слободно конвективним" грејним системима и фосилним горивима економски исплатљиво?



Слика 3. Шема грејног система "hortiterm" у лучном стакленику



Слика 4. Грејна јединица у битољском пројекту

– Да ли бесплатни нискотемпературни извори енергије могу бити економски исплатљиви, ако узмемо у обзир повећање трошкова њиховог коришћења (пумпање и велике количине грејног флуида)?

3. Грејни систем "hortiterm"

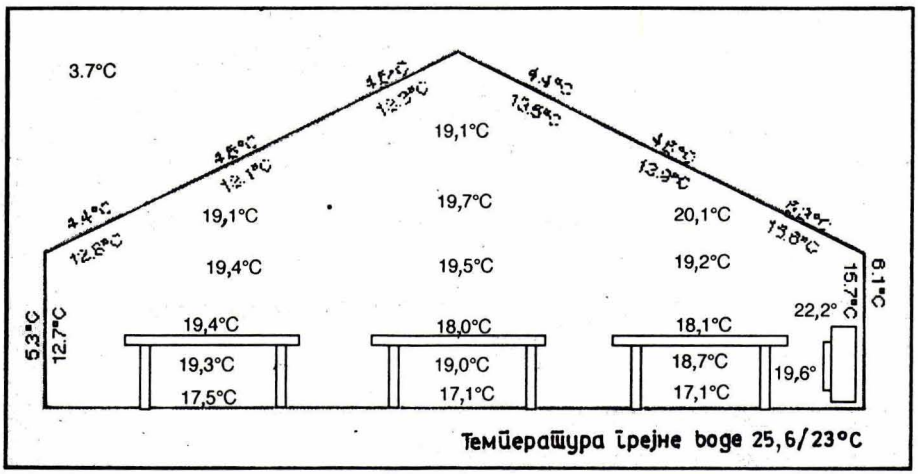
Први пример ваздушног грејног система са принудним кретањем грејног ваздуха по унутрашњој страни преграде стакленика првобитно је био представљен под именом "hortiterm", у Institut für Gartenbau und Landwirtschaft у Хановеру, у Немачкој (von Elsner, 1986). Каснији, развијени у Бачком Петровцу у Југославији (Поповски, Кишгеци, 1987), Kaninu у Италији (Поповски, Campiotti, 1994) и Битољу у Македонији (Поповски, Андрејевски, 1995) су слични, са неким техничким побољшањима, а омогућавали су примену у различитим стакленицима и употребу локалне техничке опреме. Име "hortiterm" је задржано у част првог проналазача.

Систем се састоји од једног (или више) размењивача топлоте са оребреним цевним грејним змијама (квадратни конвектор у каснијим случајевима) и вентилатора за покретање ваздуха (слика 3), постављеног између зидова, дуж стакленика. Конструкција грејне јединице је приказана на слици 4, како је и примењена у битољском пројекту, где се кондензациона вода од 2228°C користи за грејање три експериментална стакленика. Број јединица по једном стакленику зависи од његове дужине (у пројекту у Битољу постоје 3 са сваке стране, односно шест за стакленик од 25 x 8 m). Брзина грејног ваздуха на ваздушним испустима је између 2 и 3 m/s у пројекту у Хановеру, а изнад те вредности у свим осталим (између 3 и 5 m/s).

Грејни систем је врло једноставан и лак за коришћење.

4. Резултати истраживања

До сада су обављена врло детаљна испитивања у Хановеру и Бачком Петровцу. Она у Канину и Битољу су још увек у току. Следећи резултати се могу набројати као интересантни у вези са почетним претпоставкама.



Слика 5. Расподела температуре у стаклeнику који се греје грејним системом "hortiterm" (von Elsner, 1986)

а) Температуре. Резултујућа дистрибуција температуре у стакленику је врло интересантна (слика 5). Велика промена се може приметити на пластичном филму (или стаклу) преграде између две климе. Различите вредности коефицијената унутрашњег и спољашњег конвективног преноса топлоте доводи до стварања неке врсте "енергетске завесе". Одсуство инерције танког материјала и веће вредности унутрашњег коефицијента доводи до вредности температуре унутрашње површине која је веома близу температуре грејног ваздуха који пролази кроз стакленик (зависи од брзине ваздушне струје). Разлика практично не зависи од промена спољашње температуре ваздуха. Грејни систем омогућава стварање константне вештачке "спољне" климе за усеве у унутрашњости стакленика (ноћни режим). Унутрашње температуре су више него температуре "спољашње" климе, због топлоте коју производе усеви. У дневном режиму рада, унутрашња температура се повишава као последица "ефекта стакленика" конструкције и веома је близу оптималне температуре.

б) Кретање ваздуха. Кретање ваздуха приказано је на слици 2б. Може се приметити да брзине изнад 1 m/s бивају дистрибуиране дуж унутрашње површине преграде стакленика и по површини тла. У другом простору постоји дифузна дистрибуција ваздуха, али у принципу брзине су испод 0,7 m/s.

в) Потрошња топлоте. Потрошња енергије је 30–40% већа него код истих стакленика који се греју помоћу класичних система.

г) Потрошња електричне енергије. Већа је него код класичних система, због тога што јаки вентилатори (сваки 300–800 W) практично раде непрекидно.

д) Бука. Присуство јаких вентилатора у унутрашњости стакленика доводи до повећања буке у њему. Ниво буке веома зависи од конструкције вентилатора и квалитета здружених грејних јединица.

ђ) Пољопривредни аспекти. Културе парадајза, биљке за саксију и неке врсте резаног цвећа биле су испитиване производњом на тлу и на постољима. Није било значајне разлике при поређењу са производњом у истим стакленицима грејаним класичним системима.

е) Одржавање. Главни проблеми се тичу електричних веза и прекидача. Сви они треба да буду изабрани за рад у влажним условима. Вентилатори и конвекторски материјали такође морају бити отпорни на влагу и присуство хемикалија у растворима за иригационо ђубрење.

5. Закључци

На основу резултата обављених истраживања, могу се донети следећи закључци:

– Идеја о стварању "константне" спољне климе за стакленик за производњу поврћа или цвећа, увођењем провидне преграде са грејањем топлим ваздушним струјањем, технички је изводљива. Унутрашњи климатски услови који се на тај начин стварају, прихватљиви су за већину комерцијалних усева за заштићену култивацију.

– Ова врста грејних инсталација може користити грејне флуиде врло ниских температура, који нису погодни за друге грејне системе. Чак и температуре од 22 до 28°C биле су довољне за климатске услове у Хановеру (Немачка) или 35°C у Бачком Петровцу (Србија).

– Економска исплатљивост система директно зависи од следећих фактора:

– **Инвестиционих трошкова.** Умерена цена опреме у Немачкој, Италији и Југославији није негативно утицала на економичност пројеката, али високе цене у Македонији данас, утичу заиста много.

– **Цене електричне енергије.** Веома велика потрошња јаких вентилатора може пореметити економичност система, уколико је струја скупа. Треба пажљиво проценити пре него што се донесе коначна одлука о примени овог грејног система на конкретној локацији.

– **Цене грејног флуида.** Применом овог система троши се много више у односу на потрошњу других система за грејање стакленика. Његова примена је економски исплатљива само ако је грејни флуид бесплатан, или му је цена ниска. Међутим, још нису увек решени сви проблеми комерцијалне примене система. Главни проблеми су следећи.

– **Конструкције грејне јединице.** Четири различита типа су истраживана, али ни један још увек не даје потпуно уједначену ваздушну струју дуж јединице. Примена великог броја вентилатора побољшава ситуацију, али и знатно повећава цену јединице.

– **Почетна брзина струје грејног ваздуха.** Брзине између 3 и 5 m/s су утврђене као најпогодније за стварање "климатске границе", али још нема довољно података о вези између температуре ваздушних струја, спољних климатских услова, врсте конструкције стакленика и брзине ваздушне струје.

– **Вредности коефицијента конвективног преноса топлоте.** Дошло се до неких оријентационих идеја о утицају разлика између коефицијента спољашњег и унутрашњег преноса топлоте на промене температуре површине провидне преграде, али оне још увек не могу пружити праву слику проблема.

Коначни закључак може бити да се развој грејног система хортитерм у примени веома ниских температура грејних флуида може сматрати врло изгледним. Међутим, потребно је много нових и потпунијих истраживања, пре него што се постигне његова комерцијална оправданост.

Литература

[1] **Baille, A., B. von Elsner:** *Low temperature heating systems,* REUR Technical Series 3: Energy Conservation and Renewable energies for greenhouse Heating, Chapter 6, Christian vo Zabeltitz (Editor), Rome, Italy, 1988.

[2] **Elsner, B.:** *Technical data on new low-grade temperature heating systems,* First FAO/CRNE Workshop on Industrial Thermal Eflluents for Greenhouse Heating, Dublin, Ireland, September 1986.

[3] **Martopoulou, Chr. Nikita, C. A. Campiotti, M. Duda; K. Popovski:** *Comparison of measured temperatures of geothermally heated greenhouses in Italy, Greece, Chechoslovakia and Yugoslavia,* Intern. Symposium on Geothermal Energy in EC Countries (poster session), Florence, Italy, April 1989.

[4] **Popovski, K.:** *Heating greenhouses with geothermal energy:* Engineering Handbook of the International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy, Pisa, Italy, 1993.

[5] **Popovski, K., G. Picciurro, C. A. Campiotti, G. Bazzanella, Chr. Nikita Martzopoulou, M. Duda:** *Influence of the type of heating consumption,* Ind. Joint Workshop of the CNRE/UNITAR/ENEL/ENEA/ISES on the Use of Thermal Effluentes in Agriculture and Aquaculture, Como, Italy, 1990.

[6] **Andrejevski, B., K. Popovski:** *Technical documentation for the geothermal heating systems in Bitola (Macedonia),* Bitola, 1995.

[7] **Popovski, K., J. Kisgeci:** *Technical documentation for the geothermal heating systems in Bački Petrovac (Serbia),* Novi Sad, 1988.

[8] **Popovski, K., C. A. Campiotti:** *Technical documentation for the geothermal heating systems in Canino (Italy),* Rome, 1992.