ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 5

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 5

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ISSIQXONALARDA ISSIQLIK NASOSLARI VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIGA ASOSLANGAN GIBRID TIZIMLARNING ENERGIYA SAMARADORLIGI TAHLILI

Uzoqov G‘ulom Norboyevich
Qarshi davlat texnika universiteti professori, t.f.d.
Ibragimov Umidjon Xikmatullayevich
Qarshi davlat texnika universiteti professori, DSc
Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich
Buxoro davlat universiteti dotsenti, PhD
Xusenov Aslam Aktam o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti

Annotatsiya. Mazkur maqolada issiqxonalarda energiya samaradorligini oshirish hamda uglerod chiqindilarini kamaytirishga qaratilgan zamonaviy texnologiyalar tahlil qilinadi. Issiqlik nasoslari, quyosh energiyasi tizimlari va fotoelektr modullar asosidagi gibrid tizimlarning texnik hamda iqtisodiy afzalliklari ko‘rib chiqilgan. Turli mamlakatlarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari asosida issiqlik nasoslarining COP ko‘rsatkichlari va energiya tejash salohiyati baholangan. Tadqiqotlarda tuproq manbali, havo-suv turidagi va quyosh bilan qo‘llab-quvvatlanadigan issiqlik nasoslarining samaradorligi yuqori ekanligi aniqlangan. Shuningdek, gibrid energiya tizimlarining ekologik xavfsizlikni ta’minlashdagi o‘rni va iqtisodiy samaradorligi yoritilgan. Olingan natijalar issiqxonalarni energiya bilan ta’minlashda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish istiqbolli yo‘nalish ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: issiqxona, issiqlik nasosi, qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, fotoelektr modullar, energiya samaradorligi, gibrid tizimlar.

Abstract. This article analyzes modern technologies aimed at increasing energy efficiency and reducing carbon emissions in greenhouses. The technical and economic advantages of hybrid systems based on heat pumps, solar energy systems, and photovoltaic modules are considered. Based on the results of scientific studies conducted in various countries, the COP indicators and energy-saving potential of heat pumps were evaluated. The studies revealed that ground-source, air-to-water, and solar-assisted heat pumps demonstrate high efficiency. In addition, the role of hybrid energy systems in ensuring environmental safety and their economic efficiency were highlighted. The obtained results show that the use of renewable energy sources in greenhouse energy supply is a promising direction.

Keywords: greenhouse, heat pump, renewable energy, solar energy, photovoltaic modules, energy efficiency, hybrid systems.

Аннотация. В данной статье анализируются современные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и снижение выбросов углерода в теплицах. Рассмотрены технические и экономические преимущества гибридных систем, основанных на тепловых насосах, солнечных энергетических системах и фотоэлектрических модулях. На основе результатов научных исследований, проведённых в различных странах, были оценены показатели COP и потенциал энергосбережения тепловых насосов. Исследования показали, что грунтовые, воздушно-водяные и поддерживаемые солнечной энергией тепловые насосы обладают высокой эффективностью. Кроме того, освещена роль гибридных энергетических систем в обеспечении экологической безопасности и их экономическая эффективность. Полученные результаты показывают, что использование возобновляемых источников энергии в энергоснабжении теплиц является перспективным направлением.

Ключевые слова: теплица, тепловой насос, возобновляемая энергия, солнечная энергия, фотоэлектрические модули, энергоэффективность, гибридные системы.

KIRISH.

Bugungi kunda oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash dunyo miqyosidagi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga bo‘lgan talabni yanada kuchaytirmoqda. Issiqxonalar yil davomida barqaror hosil yetishtirish imkonini beruvchi muhim agrotexnologik vosita sifatida keng qo‘llanilmoqda. Biroq issiqxonalarni isitish va sovitish jarayonlarida katta miqdorda energiya sarfi kuzatiladi. An’anaviy qazilma yoqilg‘ilarga asoslangan tizimlar esa atmosfera ifloslanishi va uglerod chiqindilarining oshishiga sabab bo‘lmoqda. Shu sababli energiya tejamkor va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish zarurati ortib bormoqda. Issiqlik nasoslari hamda quyosh energiyasi asosidagi gibrid tizimlar issiqxonalarda energiya samaradorligini oshirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda. Mazkur tadqiqotning dolzarbligi issiqxonalarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida samarali energiya bilan ta’minlash imkoniyatlarini ilmiy jihatdan tahlil qilish bilan izohlanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda issiqxonalarda qo‘llaniladigan issiqlik nasoslari hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan gibrid tizimlarning energiya samaradorligi, ekologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini baholash metodologiyasi qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida mahalliy va xorijiy ilmiy maqolalar, monografiyalar hamda xalqaro ilmiy bazalardagi manbalar tahlil qilindi. Tahlil obyekti sifatida havo-suv, tuproq manbali va quyosh energiyasi bilan integratsiyalashgan issiqlik nasosi tizimlari

ISSN 3030-3907

tanlab olindi. Tadqiqotda qiyosiy tahlil usulidan foydalanilib, turli iqlim sharoitlarida issiqlik nasoslarining samaradorlik koeffitsiyenti (COP), energiya sarfi va uglerod chiqindilari ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Shuningdek, fotoelektr modullari va issiqlik saqlash tizimlari bilan integratsiyalashgan gibrid tizimlarning ishlash samaradorligi baholandi. Energiya samaradorligini aniqlashda tizimlarning yillik elektr energiyasi iste’moli, issiqlik yuklamalari hamda qayta tiklanuvchi energiya ulushi hisobga olindi. Iqtisodiy tahlil jarayonida boshlang‘ich investitsiya xarajatlari, ekspluatatsion xarajatlar va qoplash muddati ko‘rsatkichlari solishtirildi. Ekologik baholashda esa issiqxona gazlari chiqindilarining kamayish darajasi va energiya tejash imkoniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari asosida issiqxonalar uchun energiya tejamkor va ekologik xavfsiz gibrid tizimlarni qo‘llashning istiqbolli yo‘nalishlari yuzasidan ilmiy xulosalar shakllantirildi.

NATIJALAR TAHLILI VA MUHOKAMASI. Issiqxonalar oziq-ovqat ta’minotining muhim qismini shakllantiradi va qishloq xo‘jaligi iqtisodiyotida yetakchi o‘rin egallaydi. Aholi sonining tez sur’atlarda o‘sib borayotgan sharoitida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash masalasi dolzarb bo‘lib borar ekan, issiqxonalar, ayniqsa shimoliy kabi noqulay iqlim sharoitlariga ega hududlarda, yuqori samaradorlik va barqarorlikni ta’minlay oladigan texnologiya sifatida qaralmoqda. Ular issiqxona ichidagi mikroiqlimni nazorat qilish imkonini berib, hosildorlikni oshirish va vegetatsiya davrini uzaytirishga xizmat qiladi [1, 2]. Biroq, hozirgi kunda global miqyosda issiqxona gazlari chiqindilarining qariyb uchdan bir qismi oziq-ovqat ishlab chiqarish faoliyati bilan bog‘liq [3], shundan taxminan uchdan bir qismi bevosita ekin yetishtirish jarayoniga to‘g‘ri keladi [4]. Shu tendensiya davom etsa, issiqxonalar ham sezilarli darajada uglerod chiqindilarini yuzaga keltiruvchi manbalarga aylanishi mumkin, chunki ularni isitish uchun ko‘pincha qazilma yoqilg‘ilardan foydalanadi. Issiqxonalarni ekspluatatsiya qilish jarayonida sarflanadigan energiya miqdori ham juda yuqori. Ko‘pgina hollarda energiya xarajatlari ishchi kuchi xarajatlaridan keyin ikkinchi o‘rinda turadi [5]. Shu sababli, issiqxonalar yordamida oziq-ovqat ishlab chiqarishni kengaytirish bilan birga global iqlim o‘zgarishiga salbiy ta’sirni kamaytirish uchun ushbu sohada yuqori samaradorlikka ega va qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan texnologiyalarni joriy etish zarurati tobora ortib bormoqda. Turli iqlim sharoitlarida faoliyat yurituvchi an’anaviy issiqxonalar uchun dolzarb bo‘lgan isitish va sovitish ehtiyojlarini qondirish maqsadida bir nechta texnologiyalarni birgalikda qo‘llash, jumladan issiqlik nasoslaridan foydalanish yondashuvi tobora ko‘proq o‘rganilmoqda. Tadqiqotchilar maksimal energiya samaradorligiga erishish va energiya sarfini kamaytirish uchun faol va passiv texnologiyalar kombinatsiyasidan foydalanmoqda [6, 7]. Sanaye va

ISSN 3030-3907

boshqalar [8] Eronda turli iqlim sharoitlari uchun tuproq manbali issiqlik nasosiga asoslangan binoning isitish va sovitish yuklamalarini tahlil qilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tizimning isitish va sovitish rejimlaridagi samaradorlik koeffitsiyenti (COP) 3,9 dan 5,4 gacha bo‘lib, quvvat oralig‘i 8-32 kVt ni tashkil etgan. Shuningdek, nam loy tuproq eng yuqori issiqlik uzatish koeffitsiyentiga ega bo‘lib, bunday tizimlar uchun eng maqbul grunt turi ekani aniqlangan. Tong va boshqalar [9] Yaponiyada o‘tkazilgan tajriba asosida yanvardan mart oyigacha bo‘lgan davrda issiqxonalarda issiqlik nasosi orqali isitish uchun sarflanadigan soatlik energiya miqdorini baholagan. Natijalarga ko‘ra, issiqlik nasosi orqali isitishda energiya sarfi 0,22-0,56 MJ/m^2 oralig‘ida bo‘lgan bo‘lsa, kerosin yoqilg‘isiga asoslangan isitkichlar bilan bu ko‘rsatkich 0,42-0,76 MJ/m^2 ni tashkil etgan. Shu bilan birga, yuqori COP ga ega bo‘lgan elektr issiqlik nasoslari qo‘llanilgan issiqxonalarda soatlik CO_2 chiqindilari 9,5-24 g/m^2 bo‘lgan, kerosin isitkichlari ishlatilgan hollarda esa bu ko‘rsatkich 31-55 g/m^2 ga yetgan. Tadqiqot xulosalariga ko‘ra, issiqxonani isitishda issiqlik nasosi tizimi iqtisodiy va ekologik jihatdan kerosinli tizimga nisbatan ustun hisoblanadi. Masalan, havo-suv turidagi issiqlik nasosidan (HSIN) foydalanish suyuq gaz sarfini 16% gacha kamaytirishi va uning xarajatlarni qoplash muddati olti yildan kam bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatilgan. A.A. Vardiyashvili [10] tomonidan olib borilgan tadqiqot gelioissiqxonalarda issiqlik nasosli tizimlardan foydalanish orqali energiya tejamkorligini oshirish masalasiga bag‘ishlangan. Ishda issiqlik nasosining termodinamik ishlash prinsiplari va energiya balans tenglamalari asosida tizim samaradorligi nazariy jihatdan asoslangan. Hisoblash natijalariga ko‘ra, issiqlik nasosining koeffitsiyenti (COP) qiymati 2,5-5 oralig‘ida bo‘lib, bu an’anaviy isitish tizimlariga nisbatan yuqori energiya samaradorligini ko‘rsatadi. Muallif tomonidan ishlab chiqilgan prinsipial sxema gelioissiqxona va quyosh uyining issiqlik hamda sovitish ehtiyojlarini integratsiyalashgan holda qondirish imkonini beradi. Tadqiqotda past potensialli issiqlik manbalaridan (havo, suv, tuproq) foydalanish issiqlik resurslarini ratsional boshqarishga xizmat qilishi ko‘rsatib berilgan. Keltirilgan hisob-kitoblarga ko‘ra, issiqlik nasosidan foydalanish natijasida yoqilg‘i sarfi taxminan 70% gacha kamayishi mumkin. Ushbu ishda tizimning boshlang‘ich kapital xarajatlari va ekspluatatsion ishonchliligi bo‘yicha keng qamrovli iqtisodiy tahlil yetarli darajada yoritilmagan.

Rasheed va boshqalar [11, 12] R410A sovutish agenti asosida ishlaydigan HSIN tizimining uch qatorli issiqxonada sovitish uchun ishlatilish imkoniyatlarini modellashtirib, TRNSYS muhitida issiqlik-iqtisodiy tahlil o‘tkazgan. Polsha iqlim sharoitida o‘tkazilgan boshqa bir tadqiqotda esa HIN, TIN va an’anaviy

ISSN 3030-3907

qozon tizimlarining texnik, ekologik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari taqqoslangan [13]. Natijalarga ko‘ra, HIN ning COP qiymati 2,59-4 oralig‘ida, TINning COP qiymati esa 5,53-5,83 oralig‘ida ekanligi aniqlangan. Investitsiya xarajatlari TIN uchun 34 €/m^2, HIN uchun 12 €/m^2 va qozon tizimi uchun 7,4 €/m^2 ni tashkil etgan. Biroq, yillik ekspluatatsiya xarajatlari mos ravishda 385,6 €/yil (TIN) va 678,64 €/yil (HIN) bo‘lib, HINning joriy xarajatlari samaradorligi pastligi sababli yuqoriroq ekani aniqlangan. Benlining [14] tajribalari TIN ning COP ko‘rsatkichi yashirin issiqlik saqlash tizimi bilan birga ishlatilganda an’anaviy HINlarga nisbatan ustun ekanini ko‘rsatgan. Shu bilan birga, gorizontal va vertikal TIAQlarini taqqoslash zarurligi ta’kidlangan. Keyingi tadqiqotlarda TINning CO_2 chiqindilari indeksi bo‘yicha ham ustunligi qayd etilgan, biroq chuqur burg‘ulash ishlari yuqori xarajat talab qilishi TINni keng joriy etishdagi asosiy to‘siqlardan biri ekanligi aniqlangan (1-rasm).

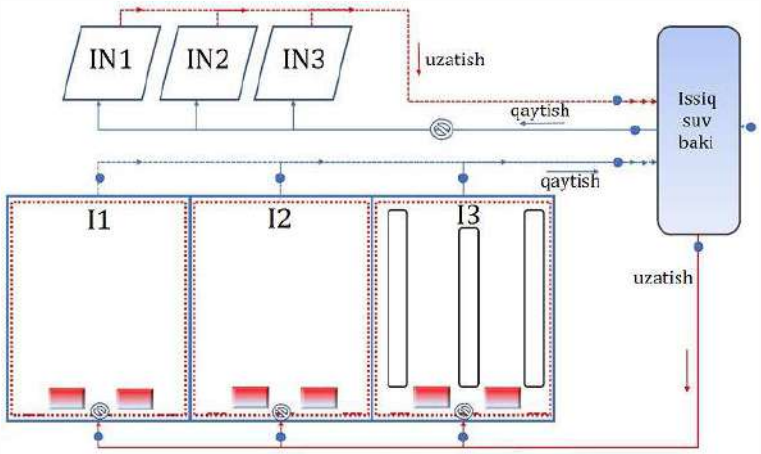


1-rasm. Tajriba issiqxonasini tayyorlash jarayoni

Benlining [15] keyingi ishlarida vertikal TIAQ bilan jihozlangan TINning COP qiymati gorizontal variantga nisbatan biroz yuqoriroq ekanligi ko‘rsatilgan. Eron sharoitida issiqxonalarni ta’minlash uchun TIN tizimining uch xil TIAQ uzunligi asosida modellashtirilgan variantlari iqtisodiy va texnik jihatdan baholangan [16]. Natijalar TIAQ uzunligi oshgan sari issiqlik nasosining quvvati ham ortishini ko‘rsatgan, biroq yuqori boshlang‘ich xarajatlar va elektr energiyasi narxining balandligi sababli tabiiy gaz subsidiyalangan sharoitda TIN iqtisodiy jihatdan maqbul emasligi aniqlangan. Janubiy Italiyada turli o‘lchamdagi issiqxonalarda (1360, 10200 va 40800 m^2) gorizontal va vertikal TIAQ ga ega TIN tizimlari an’anaviy isitish qurilmalari va HINlar bilan taqqoslangan [17]. Energiya samaradorligi nuqtai nazaridan vertikal TIAQ ustun bo‘lsa-da, uning yuqori o‘rnatish xarajatlari iqtisodiy jihatdan qulaylik muddatini sezilarli darajada uzaytirgan. Gorizontal TIAQ ga ega TINning HINga nisbatan iqtisodiy ustunligi esa inflyatsiya darajasiga bog‘liq holda 2-3 yil oralig‘ida bo‘lishi mumkinligi aniqlangan. Ozgener va Hepbasli [18] tomonidan olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, TINlar an’anaviy split tizimlarga nisbatan yuqori investitsiya talab qilsa-da, ularning foyda/xarajat nisbatlari yuqoriroq hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

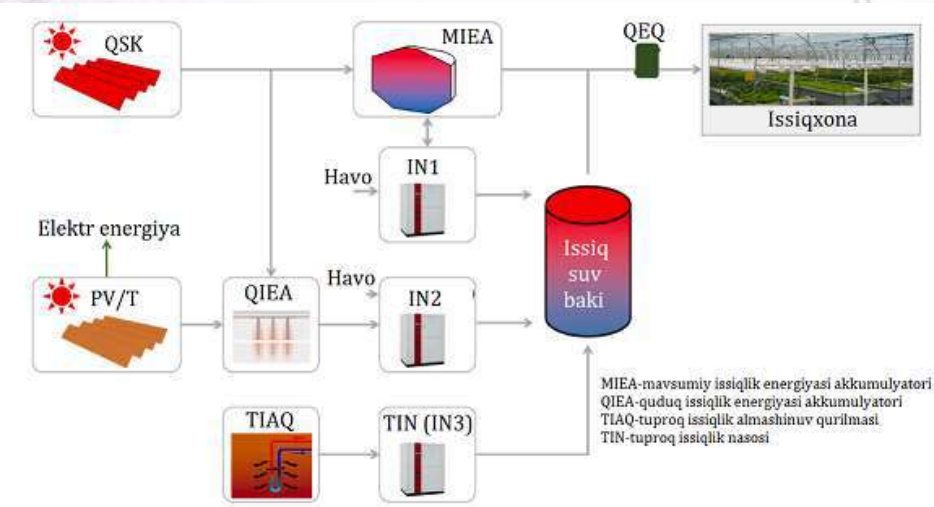
Shuningdek, quyosh energiyasi bilan qo‘llab-quvvatlangan TIN tizimlari Turkiyaning O‘rta yer dengizi va Egey mintaqalarida issiqxonani isitish uchun samarali yechim sifatida tavsiya etilgan (2-rasm). Quyosh energiyasi tizimlari issiqxonalarni mustaqil yuqori haroratli isitish manbai sifatida ham ta’minlay oladi. Shu bois, ekologik ko‘rsatkichlarni yaxshilash maqsadida quyosh issiqlik tizimlarini issiqlik nasoslari bilan integratsiyalash orqali issiqxonadagi passiv quyosh isitishini kuchaytirish mumkin. Masalan, Tunis sharoitida yassi plastinali quyosh kollektori (QSK) bilan qo‘llab-quvvatlangan TIN issiqxonalarni isitishda an’anaviy tizimlarga muqobil yechim bo‘la olishi tajribalar orqali ko‘rsatilgan [19].



2-rasm. Havo-suv issiqlik nasosi asosidagi tizimning prinsipial sxemasi

Boshqa tadqiqotda esa ushbu turdagi tizimning Tunisdagi kichik o‘lchamli issiqxonani isitish qobiliyati baholangan [20], bunda QSK issiqlik nasosining xizmat muddatini uzaytirgani va elektr energiyasi sarfini 18% ga kamaytirgani aniqlangan. Mehrpooya va boshqalar [21] issiqxona bilan birlashtirilgan quyosh yordamidagi TIN tizimini modellashtirgan va optimallashtirgan. Natijada optimallashtirilgan tizim uchun maksimal COP 4,14 ga teng, qoplash muddati esa 14 yil etib baholangan. Boshqa bir ishda [22] issiqxonaga mavsumiy issiqlik saqlash bilan integratsiyalangan qayta tiklanuvchi gibrid tizim taklif qilingan bo‘lib, sovitish mavsumida TINning COP qiymati 5,0 ga teng bo‘lgan. Shu bilan birga, tajriba davomida quyosh issiqlik tizimining samaradorligi 36,6% ni, rezervuar tipidagi mavsumiy issiqlik saqlash tizimining issiqlikni jamlash samaradorligi esa 75,7% ni tashkil etgan (3-rasm).

ISSN 3030-3907



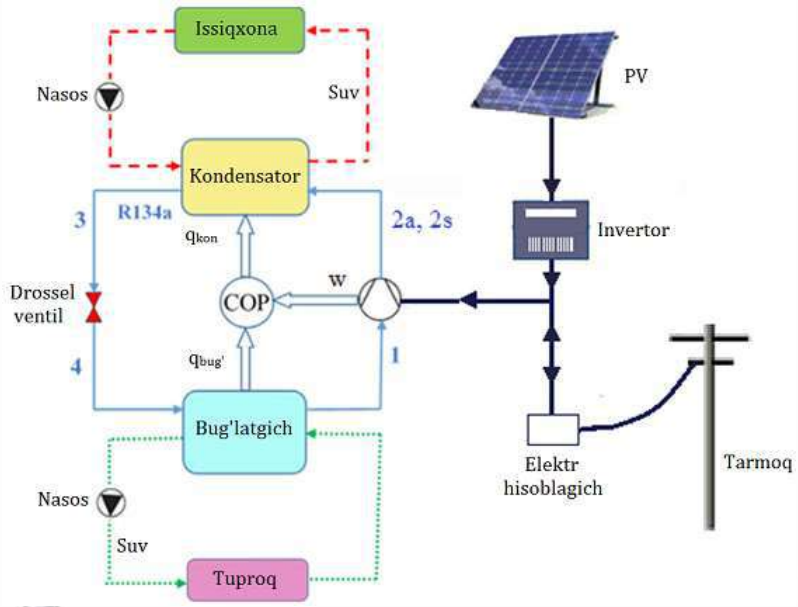
3-rasm. Qayta tiklanuvchi energiya asosidagi gibrid energiya tizimi

Erondagi Tabriz shahrida joylashgan issiqxonani isitish uchun ishlatilgan quyosh yordamidagi issiqlik nasosi tizimida bug‘lantirgich quyosh kollektoriga, kondensator esa suv va toshdan iborat issiqlik saqlash bakiga ulangan [23]. Parametrik tahlil natijalariga ko‘ra, quyosh nurlanishining kuchayishi va tashqi haroratning oshishi, shuningdek saqlash bakidagi harorat va kompressor tezligining pasayishi issiqlik nasosining COP ko‘rsatkichini yaxshilashga olib kelgani aniqlangan. Biroq, barcha quyosh-issiqlik nasosi kombinatsiyalari yuqori samaradorlik bermaydi. Masalan, vakuumli quvurli quyosh kollektori (VQQSK) orqali suvni isitib, uni issiqlik nasosiga yordamchi sifatida ishlatish tizimi Hassanien va boshqalar tomonidan o‘rganilgan [24]. Ushbu tizimda issiqlik nasosining COP qiymati 4,24 ga yetgan bo‘lsa-da, yanvar oyida issiq suv saqlash baklari va quvur tizimlaridan issiqlik yo‘qotishlari yuqori bo‘lgani sababli tizim barcha energiya ehtiyojlarini to‘liq qoplay olmagan. QHIN, PV+IN va PV/T tizimlarining issiqlik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari taqqoslangan tadqiqotda [25] QHIN tizimining qaytish muddati PV+IN tizimiga nisbatan ancha uzun ekani, shuningdek uning samaradorligi quyosh radiatsiyasiga yuqori darajada bog‘liq bo‘lib, bu holat ekinlarning rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi xulosa qilingan.

Passiv bo‘lmagan quyosh energiyasini issiqlik nasoslari bilan integratsiyalashning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri issiqxonalar bilan birlashtirilgan issiqlik nasoslarini fotoelektr (PV) modullar orqali elektr bilan ta’minlash hisoblanadi. Mazkur texnologik kombinatsiya bo‘yicha hozircha cheklangan miqdorda tadqiqotlar mavjud. Janubiy Italiyada 48 m^2 maydonga ega issiqxonada PV modullari va TINni birgalikda qo‘llash tajribasi ushbu issiqxonaning umumiy isitish ehtiyojini to‘liq qondirish mumkinligini ko‘rsatgan [26]. “Deyarli nol energiya” konsepsiyasi asosida loyihalangan boshqa bir issiqxonada tom qismiga o‘rnatilgan PV panellari orqali TIN hamda yoritish

ISSN 3030-3907

tizimi elektr bilan ta’minlangan [27]. Ushbu tizimda yillik elektr energiyasini qoplash koeffitsiyenti pomidor, bodring va salat ekinlari uchun mos ravishda 95,7%, 86,8% va 104,5% ni tashkil etgan, oddiy qoplash muddati esa 7,2-7,4 yil oralig‘ida bo‘lgan. Shimoliy Italiyada joylashgan kichik issiqxonada tomning faqat bir qismiga PV panellari o‘rnatilib, energiya saqlash tizimi va to‘liq PV bilan ta’minlangan HIN qo‘llanilgan, shuningdek soyalanish va qaytaruvchi elementlar, sun’iy yoritish va ventilyatsiyani boshqarish tizimlari integratsiyalashgan [28]. Natijada, HIN ning elektr ehtiyojining 94% dan ortig‘i PV tizimi orqali ta’minlangan. Ortiqcha ishlab chiqarilgan 1355 $kVt \cdot soat$ elektr energiyasi umumiy tarmoqqa uzatilgan va tizimning qoplash muddati 6-7 yil etib baholangan. Turkiyada olib borilgan tadqiqotda [29] 247,5 kVp quvvatga ega tarmoqqa ulangan PV bilan ishlaydigan issiqlik nasosi integratsiyalangan issiqxonaning dinamik xarakteristikasi to‘rtta shahar (Izmir, Kasablanka, Valensiya va Tunis) sharoitida modellashtirilgan. Natijalarga ko‘ra, elektr energiyasi iste’moli eng yuqori Izmirda (723980 $kVt \cdot soat$), eng past esa Tunisda (684110 $kVt \cdot soat$) qayd etilgan. Hisoblashlar PV tizimi tomonidan ishlab chiqarilgan energiya issiqxonaning isitish, shamollatish va havoni maromlash (ISHHM) ehtiyojining qariyb yarmiga teng qismini qoplay olishini ko‘rsatgan. Italiyada tom qismiga yarim shaffof PV panellari o‘rnatilgan, soyalanish tizimi va TIN bilan jihozlangan issiqxonaning energiya tejamkorlik salohiyati o‘rganilgan [30] (4-rasm).

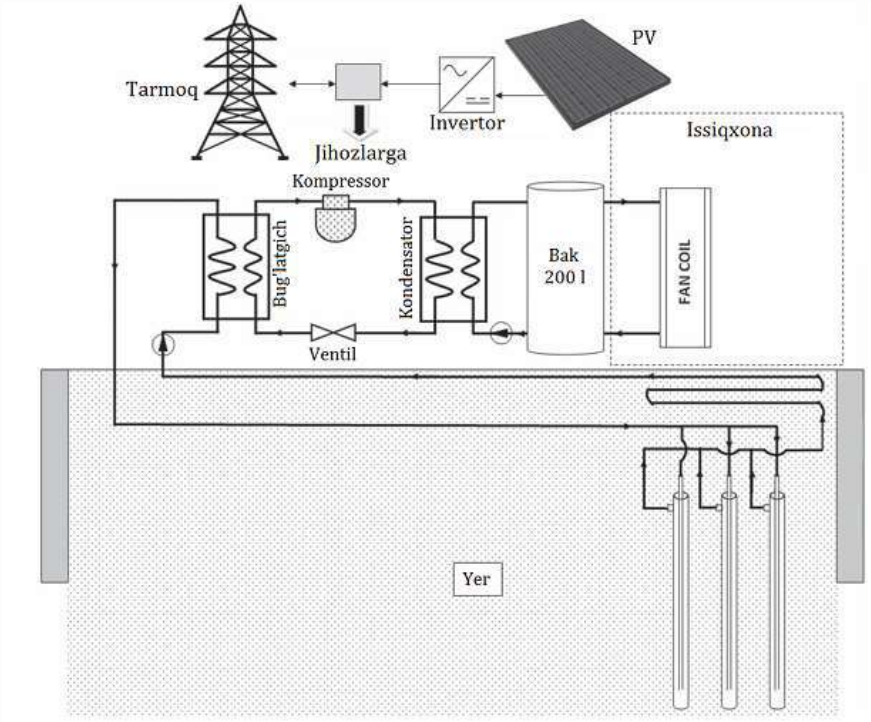


4-rasm. Issiqxonani isitish uchun gibrid energiya tizimi

EnergyPlus dasturiy muhitida qurilgan dinamik model natijalariga ko‘ra, ochiladigan derazalardan foydalanish sovitish uchun energiya sarfini 16% ga kamaytirgan. Gaz qozoni va sovitgichga asoslangan an’anaviy tizimlar bilan taqqoslanganda, issiqlik nasosi 21% birlamchi energiyani tejash imkonini bergan.

ISSN 3030-3907

Yarim shaffof PV panellari esa yillik elektr ehtiyojining taxminan 16% ini hamda sovitish tizimining yillik elektr talabining 44% ini qoplagan. Buyuk Britaniyada joylashgan 46,94 m^2 maydonga ega issiqxonada PV panellari devorlarga o‘rnatilgan, tom qismiga esa TINning elektr talabini qondirish uchun yarim shaffof PV panellari joylashtirilgan [31] (5-rasm). Tuproqqa asoslangan issiqlik saqlash va izolyatsiya tizimlaridan foydalanish natijasida tuproqdagi yillik issiqlik muvozanatsizligi 33% ga kamaygani aniqlangan. Xitoyda 2100 m^2 maydonga ega, turli mavsumlarda pomidor, bodring, salat va loviya yetishtiriladigan issiqxonada PV/T-TIN gibrid tizimining uglerod chiqindilarini kamaytirish salohiyati baholangan [32]. Ushbu tizim uchun eng yuqori COP qiymati kunduzgi vaqtda 6,71 ga yetgan. Shu bilan birga, Russo va boshqalar [33] tomonidan olib borilgan ekologik tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, O‘rta yer dengizi hududida (Janubiy Italiya) tarmoqqa ulangan TINni issiqxonani isitish uchun qo‘llash eng yuqori ekologik yuklamaga ega bo‘lib, bunday yondashuvdan voz kechish lozim. Aksincha, PV bilan quvvatlanadigan TIN tizimi suyuq gaz isitkichiga nisbatan uglerod chiqindilarini 50% gacha kamaytirishi mumkin. Muqobil yo‘nalish sifatida vodorodni yuqori issiqlik salohiyatiga ega toza yoqilg‘i sifatida PV va issiqlik nasoslari bilan birgalikda qo‘llash taklif etilmoqda.



5-rasm. Taklif etilgan tizimning funksional ish jarayonlari diagrammasi

Turkiyaning janubida joylashgan issiqxonada yil davomida issiqlik nasosini quvvatlantirish uchun PV va vodorod asosidagi tizimdan foydalanilgan [34]. Ushbu kombinatsiya (PV asosida vodorod ishlab chiqarish va issiqlik nasosi) Bismil shahridagi 1000 m^2 issiqxonaning isitish ehtiyojini qondira olgan, buning uchun 24 m^2 PV maydoni yetarli bo‘lgan. Biroq, Anifantis va boshqalar [35]

ISSN 3030-3907

tomonidan o‘tkazilgan qiyosiy tadqiqotlar natijalari PV+elektrolizer+yoqilg‘i elementi orqali quvvatlanadigan TIN tizimining samaradorligi vodorod gaz dvigateli bilan ishlaydigan TIN tizimiga nisbatan pastroq ekanini ko‘rsatgan. Shuningdek, birinchi tizimning murakkabligi yuqori bo‘lib, uni ishlatish uchun kattaroq PV maydoni talab etilishi aniqlangan. Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, issiqxonaning isitish tizimlarida issiqlik nasoslaridan foydalanish energiya samaradorligini oshirish va uglerod chiqindilarini kamaytirish nuqtai nazaridan muhim texnologik yechim hisoblanadi. Turli iqlim sharoitlarida o‘tkazilgan tadqiqotlar issiqlik nasoslarining COP qiymatlari odatda 2,5-5,8 oralig‘ida bo‘lishini va bu ko‘rsatkich an’anaviy qazilma yoqilg‘iga asoslangan tizimlarga nisbatan sezilarli ustunlikni ta’minlashini ko‘rsatadi. Ayniqsa, tuproq manbali va quyosh bilan qo‘llab-quvvatlangan issiqlik nasoslari yuqori energiya tejamkorligi va ekologik samaradorligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, yuqori boshlang‘ich investitsiya xarajatlari, elektr energiyasi narxiga bog‘liqlik va ayrim hollarda uzoq qoplash muddati ularning keng joriy etilishiga to‘sqinlik qiluvchi asosiy omillar bo‘lib qolmoqda. Quyosh issiqlik tizimlari, fotoelektr modullari va issiqlik saqlash texnologiyalari bilan integratsiyalashgan gibrid tizimlar ushbu cheklovlarni qisman bartaraf etish imkonini beruvchi istiqbolli yo‘nalish sifatida namoyon bo‘lmoqda. Biroq, mavjud tadqiqotlarning aksariyati muayyan texnologik kombinatsiyalarning alohida samaradorligini baholash bilan cheklanib, ularning uzoq muddatli barqarorligi, moslashuvchanligi va kompleks optimallashtirish masalalarini yetarli darajada qamrab olmaydi. Shuningdek, ko‘plab ishlar real ekspluatatsiya sharoitlaridagi ishlash ishonchliligi va texnik xizmat talablarini chuqur tahlil qilmagan. Shu sababli, keyingi tadqiqotlarda nafaqat alohida komponentlarning, balki butun issiqxona energetik tizimining integratsiyalashgan ishlash samaradorligini baholash muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, gelioissiqxona konsepsiyasi doirasida passiv quyosh energiyasidan foydalanish, issiqlik saqlash va faol energiya tizimlarini birlashtirish orqali yuqori samaradorlikka erishish imkoniyatlari alohida ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda.

XULOSA. Tahlillar natijasi issiqxonalarda issiqlik nasoslaridan foydalanish energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, tuproq manbali va quyosh bilan qo‘llab-quvvatlanadigan issiqlik nasoslari yuqori COP ko‘rsatkichlariga ega ekanligi aniqlandi. Fotoelektr modullari bilan integratsiyalashgan tizimlar elektr energiyasi sarfini kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Gibrid tizimlardan foydalanish natijasida uglerod chiqindilarini kamaytirish hamda energiya xarajatlarini qisqartirish mumkinligi isbotlandi. Shu bilan birga, yuqori boshlang‘ich investitsiya xarajatlari va texnik xizmat ko‘rsatish talablari ushbu tizimlarning ayrim cheklovlari hisoblanadi. Kelgusida issiqlik saqlash

ISSN 3030-3907

texnologiyalari va passiv quyosh energiyasi tizimlari bilan integratsiyalashgan kompleks yechimlarni ishlab chiqish muhim hisoblanadi. Natijada issiqxonalar uchun energiya tejamkor, ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarali tizimlarni yaratish imkoniyati kengayadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Asgari N., McDonald M.T., Pearce J.M. Energy modeling and techno-economic feasibility analysis of greenhouses for tomato cultivation utilizing the waste heat of cryptocurrency miners. Energies Jan. 2023, 16(3).
2. Achour Y., Ouammi A., Zejli D. Technological progresses in modern sustainable greenhouses cultivation as the path towards precision agriculture. Renew Sustain Energy Rev Sep. 2021, 147:111251.
3. Jain A.K. Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizers. Nat Food Feb. 2023, 4(2). – p. 139-140.
4. Poore J., Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science Jun. 2018, 360(6392). – p. 987-992.
5. Taki M., Rohani A., Rahmati-Joneidabad M. Solar thermal simulation and applications in greenhouse. Information Processing in Agriculture Mar. 2018, 5(1). – p. 83-113.
6. Mongkon S., Thepa S., Namprakai P., Pratinthong N. Cooling performance and condensation evaluation of horizontal earth tube system for the tropical greenhouse. Energy Build 2013, 66. – p. 104-111.
7. Xu J., Li Y., Wang R.Z., Liu W., Zhou P. Experimental performance of evaporative cooling pad systems in greenhouses in humid subtropical climates. Appl Energy 2015, 138. – p. 291-301.
8. Sanaye S., Niroomand B. Horizontal ground coupled heat pump: thermaleconomic modeling and optimization. Energy Convers Manag 2010, 51 (12). – p. 2600-2612.
10. Tong Y., Kozai T., Nishioka N., Ohyama K. Reductions in energy consumption and CO2 emissions for greenhouse heated with heat pumps. Am Soc Agric Biol Eng 2012, 28(3). – p. 401-406.
11. Вардияшвили А.А. Расчет энергосбережения при применении теплонасосной установки в гелиотеплицах. Альтернативная энергетика, 4 (07), 2022. 18-22.
12. Rasheed A., Na W.H., Lee J.W., Kim H.T., Lee H.W. Development and validation of air to-water heat pump model for greenhouse heating. Energies Jan. 2021, 14(15).
13. Rasheed A., Kim H.T., Lee H.W. Modeling-based energy performance assessment and validation of air-to-water heat pump system integrated with multi-span greenhouse on cooling mode. Agronomy Jun. 2022, 12(6).

ISSN 3030-3907

14. Nem´s A., Nem´s M., Swider´ K. Analysis of the possibilities of using a heat pump for greenhouse heating in polish climatic conditions-a case study. Sustainability Oct. 2018, 10(10).
15. Benli H. Energetic performance analysis of a ground-source heat pump system with latent heat storage for a greenhouse heating. Energy Convers Manag 2011, 52(1). – p. 581-589.
16. Benli H. A performance comparison between a horizontal source and a vertical source heat pump systems for a greenhouse heating in the mild climate Elazig, Turkey. Appl Therm Eng Jan. 2013, 50(1). – p. 197-206.
17. Noorollahi Y., Bigdelou P., Pourfayaz F., Yousefi H. Numerical modeling and economic analysis of a ground source heat pump for supplying energy for a greenhouse in Alborz province, Iran. J Clean Prod Sep. 2016, 131. – p. 145-154.
18. D'Arpa S., et al. Heating requirements in greenhouse farming in southern Italy: evaluation of ground-source heat pump utilization compared to traditional heating systems. Energy Efficiency Oct. 2016, 9(5). – p. 1065-1085.
19. Ozgener O., Hepbasli A. Performance analysis of a solar-assisted ground-source heat pump system for greenhouse heating: an experimental study. Build Environ Aug. 2005, 40(8). – p. 1040-1050.
20. Awani S., Kooli S., Chargui R., Guizani A. Numerical and experimental study of a closed loop for ground heat exchanger coupled with heat pump system and a solar collector for heating a glass greenhouse in north of Tunisia. Int J Refrig Apr. 2017, 76. – p. 328-341.
21. Agrebi S., Chargui R., Tashtoush B., Guizani A. Comparative performance analysis of a solar assisted heat pump for greenhouse heating in Tunisia. Int J Refrig Nov. 2021, 131. – p. 547-558.
22. Mehrpooya M., Hemmatabady H., Ahmadi M.H. Optimization of performance of Combined Solar Collector-Geothermal Heat Pump Systems to supply thermal load needed for heating greenhouses. Energy Convers Manag Jun. 2015, 97. – p. 382-392.
23. Kim M-H., Kim D-W., Lee D-W., Heo J. Energy conservation performance of a solar thermal and seasonal thermal energy storage-based renewable energy convergence system for glass greenhouses. Case Stud Therm Eng Apr. 2023, 44:102895.
24. Hematian A., Ajabshirchi Y., Ranjbar S.F., Taki M. An experimental analysis of a solar-assisted heat pump (SAHP) system for heating a semisolar greenhouse. Energy Sources, Part A Recovery, Util Environ Eff Jul. 2021, 43(14). – p. 1724-1744.
25. Hassanien R.H.E., Li M., Tang Y. The evacuated tube solar collector assisted heat pump for heating greenhouses. Energy Build Jun. 2018, 169. – p. 305-318.

ISSN 3030-3907

26. Achour Y., Zejli D. A thermo-economic analysis of solar energy-based heating systems for greenhouse application. In: 2018 6th international renewable and sustainable energy conference (IRSEC); Dec. 2018. – p. 1-6.
27. Mugnozza G.S., Pascuzzi S., Anifantis A.S., Verdiani G. Use of low-enthalpy geothermal resources for greenhouse heating: an experimental study. Acta Scientiarum Polonorum Technica Agraria 2012, 11(1–2). – p. 13-19.
28. Yildirim N., Bilir L. Evaluation of a hybrid system for a nearly zero energy greenhouse. Energy Convers Manag Sep. 2017, 148. – p. 1278-1290.
29. Boccalatte A., Fossa M., Sacile R. Modeling, design and construction of a zeroenergy PV greenhouse for applications in mediterranean climates. Therm Sci Eng Prog Oct. 2021;25:101046.
30. Çam N.Y., Ezan M.A., Biçer Y. An integrated transient model in TRNSYS for thermal management of the tomato growth process in a greenhouse with a PV-aided heat pump-assisted HVAC system. International Journal of Thermofluids May 2024, 22:100592.
31. Ouazzani Chahidi L., Fossa M., Priarone A., Mechaqrane A. Energy saving strategies in sustainable greenhouse cultivation in the mediterranean climate – a case study. Appl Energy Jan. 2021, 282:116156.
32. Harjunowibowo D., Omer S.A., Riffat S.B. Experimental investigation of a groundsource heat pump system for greenhouse heating-cooling. Int J Low Carbon Technol Dec. 2021, 16(4). – p. 1529-1541.
33. Liu Z., et al. Solar harvest: enhancing carbon sequestration and energy efficiency in solar greenhouses with PVT and GSHP systems. Renew Energy Jul. 2023, 211. – p. 112-125.
34. Russo G., Anifantis A.S., Verdiani G., Mugnozza G.S. Environmental analysis of geothermal heat pump and LPG greenhouse heating systems. Biosyst Eng Nov. 2014, 127. – p. 11-23.
35. Ozçelep Y., Bekdas G., Apak S. Meeting the electricity demand for the heating of greenhouses with hydrogen: solar photovoltaic-hydrogen-heat pump system application in Turkey. Int J Hydrogen Energy Jan. 2023, 48(7). – p. 2510-2517.
36. Anifantis A.S., Pascuzzi S., Santoro F. Performance comparison between fuel cell coupled with geothermal source heat pump and geothermal source gas engine heat pump system for greenhouse heating: a mathematical study. LVA 2018.

ISSN 3030-3907