

## Резюме на представените научни трудове по конкурс за заемане на академична длъжност „доцент“

---

професионално направление: 5.4. Енергетика  
 научна специалност: Енергопреобразуващи технологии и системи  
 катедра: Топлинна и хладилна техника (ЕМФ)  
 Технически университет – София

гл. ас. д-р Борислав Николов Станков

По конкурса са представени общо 37 научни публикации и 224 цитирания, включващи:

- **Показател В4 – хабилитационен труд**
  - **11 научни публикации** в издания, които са индексирани в Scopus и/или Web of Science,
    - **7** от които са в издания с импакт фактор (Web of Science) и/или SCImago Journal Rank (SJR)
- **Показатели Г7 и Г8**
  - **5 научни публикации** в издания, които са индексирани в Scopus и/или Web of Science,
    - **4** от които са в издания с импакт фактор (Web of Science) и/или SCImago Journal Rank (SJR)
  - **21 научни публикации** в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни трудове
- **Показатели Д12 и Д13**
  - **219 цитирания** в научни издания, които са индексирани в Scopus и/или Web of Science,
    - **186** от които са на публикации от хабилитационния труд
  - **5 цитирания** в монографии.

Голяма част от представените публикации отразяват резултати от няколко научноизследователски проекта по различни програми на Европейския съюз и Фонд „Научни изследвания“:

- Рамкова програма на ЕС за научни изследвания и иновации „Хоризонт 2020“
  - *СryoHub – Разработване на криогенно съхранение на енергия в хладилните хранилища на храни като интерактивен хъб за интегриране на възобновяема енергия в хладилната промишленост и подобряване устойчивостта на електрическата мрежа*

- Национален план за възстановяване и устойчивост (NextGenerationEU)
  - *Подобряване на научноизследователския капацитет и качество за международна разпознаваемост и устойчивост на ТУ-София*
- Фонд „Научни изследвания“
  - *Създаване на Университетски научно-изследователски комплекс (УНИК) за иновации и трансфер на знания в областта на микро/нанотехнологии и материали, енергийната ефективност и виртуалното инженерство*
  - *Параметричен анализ за оценка на ефективността на прозрачни структури в системи за оползотворяване на слънчевата енергия.*

## I. Хабилитационен труд

Публикациите в хабилитационния труд представят изследвания в областта на разпределеното производство и съхранение на възобновяема енергия, разглеждано като съществен елемент от изграждането на по-устойчива енергийна инфраструктура. Изследванията обхващат различни подходи за внедряване на технологиите за преобразуване на възобновяема енергия при крайните потребители, използването на съответните енергопреобразуващи системи като средство за балансиране на натоварването в електрическата мрежа, а също така и въпроси, свързани с оценка, прогнозиране и оптимално оползотворяване на наличния възобновяем ресурс.

Представени публикации (в обратен хронологичен ред):

- 4.1. **Stankov, B.**, Niknezhad, S., Egieya, J., & Pistikopoulos, E. N. (2025). Allocating small-scale production capacities for a balanced and resilient renewable energy mix in a local energy community. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1532(1), 012001. [doi:10.1088/1755-1315/1532/1/012001](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1532/1/012001)
- 4.2. Terziev, A., Bode, F., Zlateva, P., Pichurov, G., Ivanov, M., Denev, J., & **Stankov, B.** (2025). Numerical study on tree belt impact on wind shear on agricultural land. *Appl. Sci.*, 15(13), 7450. [doi:10.3390/app15137450](https://doi.org/10.3390/app15137450)
- 4.3. Zlateva, P., Terziev, A., Yordanov, K., Ivanov, M., & **Stankov, B.** (2025). Influence of limestone dust on PV panel efficiency in a small solar park in Bulgaria. *Eng*, 6(1), 10. [doi:10.3390/eng6010010](https://doi.org/10.3390/eng6010010)
- 4.4. **Stankov, B.**, Terziev, A., Vassilev, M., & Ivanov, M. (2024). Influence of wind and rainfall on the performance of a photovoltaic module in a dusty environment. *Energies*, 17(14), 3394. [doi:10.3390/en17143394](https://doi.org/10.3390/en17143394)
- 4.5. Vassilev, M., & **Stankov, B.** (2024). Soiling and dust deposition on solar panels – Technical review. *2024 5<sup>th</sup> International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)*, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 1–10. [doi:10.1109/CIEES62939.2024.10811347](https://doi.org/10.1109/CIEES62939.2024.10811347)
- 4.6. Popov, D., Akterian, S., Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2021). Multipurpose system for cryogenic energy storage and tri-generation in a food factory: A case study of producing frozen french fries. *Appl. Sci.*, 11(17), 7882. [doi:10.3390/app11177882](https://doi.org/10.3390/app11177882)

- 4.7. Popov, D., Fikiin, K., **Stankov, B.**, & Zlateva, M. (2020). Cryogenic energy storage systems as a synergistic contributor to the cooling and heating supply of a refrigerated warehouse or food factory. *Refrig. Sci. Technol.*, 2020-August:473–481. [doi:10.18462/iir.iccc.2020.298915](https://doi.org/10.18462/iir.iccc.2020.298915)
- 4.8. Popov, D., Fikiin, K., **Stankov, B.**, Alvarez, G., Youbi-Idrissi, M., Damas, A., Evans, J., & Brown, T. (2019). Cryogenic heat exchangers for process cooling and renewable energy storage: A review. *Appl. Therm. Eng.*, 153:275–290. [doi:10.1016/j.applthermaleng.2019.02.106](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.02.106)
- 4.9. **Stankov, B.**, Fikiin, K., Garcia, G., Kalms, A., Estevez, M., & Garde, R. (2019). Dynamic energy model of a refrigerated warehouse operating synergistically with a cryogenic energy storage system. *Refrig. Sci. Technol.*, 2019-August:3558–3565. [doi:10.18462/iir.icr.2019.1794](https://doi.org/10.18462/iir.icr.2019.1794)
- 4.10. Fikiin, K., **Stankov, B.**, Evans, J., Maidment, G., Foster, A., Brown, T., Radcliffe, J., Youbi-Idrissi, M., Alford, A., Varga, L., Alvarez, G., Ivanov, I. E., Bond, C., Colombo, I., Garcia-Naveda, G., Ivanov, I., Hattori, K., Umeki, D., Bojkov, T., & Kaloyanov, N. (2017). Refrigerated warehouses as intelligent hubs to integrate renewable energy in industrial food refrigeration and to enhance power grid sustainability. *Trends Food Sci. Technol.*, 60:96–103. [doi:10.1016/j.tifs.2016.11.011](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.011)
- 4.11. Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2015). Integration of renewable energy in refrigerated warehouses. In P. Gaspar & P. da Silva (Eds.), *Handbook of Research on Advances and Applications in Refrigeration Systems and Technologies* (pp. 803-853). IGI Global Scientific Publishing. [doi:10.4018/978-1-4666-8398-3.ch022](https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8398-3.ch022)

Представените публикации могат да бъдат обобщени в три направления:

- A. Изследване на подходи за разпределение и координиране на мощностите за преобразуване и съхранение на възобновяема енергия в местни енергийни общности **[4.1]**

В **[4.1]** е представена част от проучване, целящо да анализира възможностите за изграждане и организиране на местни енергийни общности, съставени от голям брой активни потребители, като отделни домакинства, обществени сгради, малки търговски и промишлени предприятия. Проучването е насочено към местни енергийни общности, които да разчитат предимно на собствени системи за преобразуване на слънчева и вятърна енергия – възобновяемите източници с най-голям потенциал за приложение в системи за разпределено производство. Тъй като в такъв случай енергийните източници имат изявен стохастичен характер, за да бъде поне частично автономна, подобна енергийна общност трябва да разполага с голям капацитет за съхранение на енергия (разпределен между отделните участници), както и с подходящо балансирано производствено мощности, съобразени с местните климатични условия. Изисква се и намирането на подходи за управление на ресурсите по начин, който не само е енергийно ефективен, но и икономически справедлив за отделните участници в общността, всеки от които трябва да има достатъчно стимули да инвестира в собствените си съоръжения и да търгува енергия с останалите.

В публикацията е разгледан примерен казус за местна енергийна общност, съставена от множество участници с различни характеристики на енергийното потребление. За целта са използвани голям брой почасови годишни профили на електропотреблението на различни еднофамилни и многофамилни жилищни сгради, както и на различни видове търговски и административни обекти, разположени в едно и също населено място. Подробни почасови метеорологични данни за същото населено място

са използвани за синтезиране на почасови профили на производството на електричество от референтен фотоволтаичен модул и референтна малка вятърна турбина, като за целта са приложени подходящи математически модели. Възприетият подход е да се мащабира профилът на електропроизводството на всяка от референтите единици според броя такива единици, като по този начин се представя общото електропроизводство на множество фотоволтаични модули или вятърни турбини, обслужващи общността.

Въз основа на получените профили на производството (от референтните единици) и на потреблението на електричество за всеки час от годината, е направен анализ на оптималната комбинация от възобновяеми мощности, която може да осигури ефективно използване на наличните възобновяеми ресурси в рамките на общността. Оптимизационната задача е дефинирана така, че моментните несъответствия между местното производство и потребление да бъдат сведени до минимум. При полученото оптимално решение за примерния казус, 73% от годишното производство на електричество в общността е от слънчева енергия, а останалите 27% – от вятърна енергия. Този резултат е специфичен за локалните климатични условия, като в публикацията е направен анализ на причините за полученото съотношение.

#### Б. Изследване на влиянието на факторите на околната среда върху системи за преобразуване на слънчева и вятърна енергия [4.2–4.5]

Публикации [4.2–4.5] изследват влиянието на различни фактори на околната среда, които имат отношение към разполагането, проектирането и поддръжката на системи за преобразуване на слънчева и вятърна енергия.

В [4.2] е изследвано влиянието на гървесните пояси около обработваеми земи, които повлияват скоростния профил на вятъра в граничния слой и съответно функционирането на малки вятърни турбини, разположени близо до такива пояси. Анализът е основан на експериментални измервания на посоката и скоростта на вятъра на различни височини, проведени в рамките на повече от година в близост до такъв пояс, както и на числени симулации на разработен за целта CFD модел.

Установено е, че в непосредствена близост надолу по течението и малко над гървесния пояс, скоростта на вятъра нараства поради съхранението на масата на потока, а турбуленцията, предизвикана от пояса, е ограничена до височина от 1.5 до 2 пъти височината на гървесния пояс. Изводът, който може да се направи на тази основа, е че е препоръчително роторите на турбините да се позиционират на височини над около 2.5 пъти височината на гървесния пояс. При това условие се избягват големите механичните натоварвания, причинени от наличието на значително повишена турбулентна интензивност, като същевременно се използва ефектът от локалното ускорение на скоростта на вятъра над пояса. Резултатите от представеното в [4.2] изследване са от особена значимост при изграждането на системи за разпределено производство на енергия в селски региони, където правилното позициониране на малки вятърни турбини може да има значим ефект за тяхното електропроизводство.

В [4.3] и [4.4] е изследвана ефективността на фотоволтаични модули в реални условия, при които върху повърхността на модулите се натрупва значително количество прах, генериран от близко намираща се варовикова кариера. Анализът е основан на проведени експериментални измервания, обхващащи период от няколко седмици. Измерванията включват електрическите характеристики на два силициеви модула

(монокристален и поликристален), температурите на задните им повърхности, пълната слънчева радиация върху хоризонтална повърхност и други метеорологични данни, събрани от локална метеорологична станция. Представени са различни подходи за анализ на влиянието на метеорологичните условия върху натрупването на прах по повърхностите.

Установено е, че високата концентрация на варовиков прах във въздуха в близост до кариерата води до бързото му акумулиране върху повърхностите на близко разположените фотоволтаични панели (като са представени и наблюденията от намиращо се в близост до мястото на провеждане на експеримента фотоволтаично поле), както и до образуване на твърд слой замърсяване при наличие на влага. Установено е също така, че този слой е устойчив на метеорологичните условия и не може да бъде премахнат по естествен път чрез умерени валежи или вятър със средна скорост от порядъка на 6 до 9 m/s. Анализът показва, че в рамките на няколко седмици ефективността на изследваните фотоволтаичните модули намалява с над 20% [4.3].

В [4.4] – чрез използване на методи от машинното самообучение – е направен по-задълбочен анализ на влиянието на валежите и вятъра върху ефективността на един от модулите. Целта на изследването е да се установи дали натрупването на прах и евентуалното му почистване под въздействието на вятъра и валежите могат да бъдат оценени само на основата на измерените данни за електрическите характеристики на модула и метеорологични данни, събрани от локалната метеорологична станция и други източници (Copernicus Atmosphere Monitoring Service и NASA POWER), без да са налични преки наблюдения за замърсяването.

Основен принос на [4.4] е демонстрацията на приложимостта на различни техники за извличане на полезна информация по отношение на изследваните ефекти, на основата на донякъде ограничени данни, събрани от различни източници, като същевременно се третира и въпроса с неопределеността в тези данни. Анализът на данните чрез приложените методи показва, че е възможно да се направят изводи по отношение на благоприятното влияние на период със стабилни валежи. Демонстрирано е как може да се установи промяната в характеристиките на модула при променливите външни условия, като се има предвид, че ефектът от тази промяна се наблюдава със закъснение спрямо периода, в който тя настъпва. Представеният подход за анализ на данните би могъл да бъде използван при разработването на алгоритми за мониторинг на състоянието и предиктивна поддръжка на фотоволтаични системи.

В [4.5] са представени резултатите от литературно проучване, отнасящо се до факторите, които оказват значимо влияние върху отлагането на прах върху повърхностите на слънчеви колектори. Разглежданият проблем има пряко отношение към ефективността както на термичните, така и на фотоволтаичните колектори. Направен е преглед на процесите на формиране и разпространение на прахови частици в атмосферния въздух, както и на основните сили, механизми и явления, свързани със задържането, натрупването и циментацията на тези частици върху повърхностите на слънчевите колектори. В този контекст е разгледано и влиянието на характеристиките на самите прахови частици, на метеорологичните условия и на начина на монтиране на колекторите. Като допълнение към литературното проучване, в [4.5] са показани са и резултатите от визуална инспекция на фотоволтаично поле, намиращо се в непосредствена близост до мястото, където са проведени експерименталните измервания, представени в [4.3] и [4.4].

- В. Изследване на потенциала на криогенното съхранение на енергия (КСЕ) в промишлени хладилници и хранителни предприятия за увеличаване на дела на възобновяемите енергийни източници и балансиране на натоварването на електрическата мрежа [4.6–4.11]

Публикациите от тази група представят основно резултати от научноизследователския проект CryoHub. В [4.10] са представени основната цел и концепцията на този проект. Анализирани са възможностите за разгръщане на потенциала на системите за КСЕ чрез използване на възобновяема енергия за втечняване и съхранение на криогенни газове, които впоследствие да се използват за производство както на студ, така и на електричество, покривайки частично студопотребността на промишлени хладилници за съхранение на храни. Използването на КСЕ по този начин може да допринесе за превръщането на промишлените хладилници в активен участник в балансирането на електрическата мрежа. В публикацията е направен обзор на значими изследвания в областта на системите за КСЕ и на възможностите за използване на различни видове възобновяеми източници за локално осигуряване на необходимата енергия.

В останалите публикации от тази група са разгледани различни аспекти от внедряването на тази технология в промишлените хладилници и хранителните предприятия. В една от тях са изследвани възможностите за използване на остатъчната топлина от системите за КСЕ за осигуряване на пара и гореща вода, необходими за основни технологични операции в хранителната промишленост [4.7]. Направен е анализ на четири варианта за производство на пара и/или гореща вода чрез система за КСЕ: (1) производство само на пара (7 bar); (2) производство на пара (7 bar) и гореща вода (100 °C); (3) производство на пара (7 bar) и гореща вода с по-ниска температура (70 °C); и (4) производство само на гореща вода при 100 °C и 70 °C. Изследването показва, че директното оползотворяване на високопотенциална топлина от втечнителя в системата за КСЕ е технологично осъществимо, като този вид комбинирано производство (когенерация) би могло да допринесе за значително подобряване на общата ефективност на системата.

Като продължение на това изследване, в [4.6] е направен анализ на възможността за използване на КСЕ чрез втечнен въздух за комбинирано производство на електричество, топлина и студ (тригенерация) в хранително предприятие. За примерен казус е използвана производствена линия за замразени пържени картофи, която има относително високо потребление на топлина и студ. Направен е анализ на енергийните характеристики на тригенерационната система и е установено, че съотношението между вложената и получена обратно енергия след съхранението (round-trip efficiency) може да достигне 55%, което надвишава 1.2 пъти съответното съотношение за типична система за КСЕ без тригенерация.

В [4.8] е направен обстоен обзор на криогенните топлообменни апарати, които представляват необходимото свързващо звено между системата за КСЕ и промишлените процеси, които биха могли да използват наличния студ. Направеният обзор има за цел да запознае специалистите в областта на енергетиката и други заинтересовани страни с най-новите постижения, иновации и тенденции в областта на криогенните топлообменници, като особен акцент е поставен върху приложенията им за системите за КСЕ, използващи възобновяеми енергийни източници. Разгледани са важни нововъведения в дизайна на различните типове топлообменни апарати, методите за тяхното моделиране и симулиране, както и технологиите за производството им.

В [4.9] е представен разработен от авторите опростен нестационарен енергиен модел на промишлен хладилник, който е използван съвместно с модел на система за КСЕ, разработен от своя страна от други партньори в проекта CryoHub. Двата куплирани модела представляват цифров близък на пилотна инсталация (демонстратор) на система за КСЕ, която е интегрирана към съществуващ промишлен хладилник за съхранение на замразени храни в Белгия. Симулациите са използвани за анализ на характеристиките на пилотната инсталация и разработване на алгоритми за нейното управление, преди тя да бъде изградена. Основната цел на разработения модел на промишления хладилник е да прогнозира температурата на охлаждания въздух в основната хладилна камера, която е важна контролна променлива за цялостната система, като отчита влиянието на значителната студо-акмулираща способност, гължаща се на голямото количество съхранявани в хладилника замразени храни.

Последната публикация от тази група представя обширен преглед на възможностите за интегриране на разнообразни технологии за преобразуване на енергията от възобновяеми източници в контекста на промишлените хладилници [4.11]. Обзорът обхваща както технологиите, чрез които енергията на слънцето, вятъра, биогоривата и геотермалните източници може да се преобразува в електричество, топлина и студ, така и възможностите за директно използване и за активно и пасивно съхранение на преобразуваната енергия в промишлените хладилници. Дадени са множество примери от различни места по света за изградени към хладилни съоръжения системи за оползотворяване на възобновяема енергия, като е направено обобщение на техните технически и икономически характеристики. В допълнение е направен обзор на прилаганите в много страни политики и икономически инструменти, които целят стимулиране на внедряването на възобновяеми енергийни източници и имат отношение към икономическата ефективност на обхванатите в публикацията технологии и системи.

*Публикациите от тази група са обект на значителен интерес от научната общност и до този момент имат над 180 цитирания в Web of Science и Scopus.*

## II. Други публикации, представени по конкурса

Останалите публикации – представени по показатели Г7 и Г8 – отразяват резултати от различни изследвания в областта на енергопреобразуващите технологии и системи. Публикациите засягат основно системи за преобразуване и съхранение на възобновяема енергия, както и системи за отопление, охлаждане и климатизация.

Представени публикации по показател Г7 (в обратен хронологичен ред):

- 7.1. Ivanov, M., **Stankov, B.**, Dimchev, I., & Terziev, A. (2026). The role of passive building envelope elements in facilitating the adoption of HVAC systems employing natural refrigerants: A case study. In C. Zilio, F. Busato, L. Mazzarella, & M. Noro (Eds.), Proceedings of the 15<sup>th</sup> REHVA HVAC World Congress - CLIMA 2025 (pp. 834–844). *Lect. Notes Civ. Eng.*, vol 762. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-032-06806-4\_80
- 7.2. Terziev, A., Ivanov, M., Vassilev, M., & **Stankov, B.** (2025). Technical and economic analysis of a specific spruce wood material drying process, *E3S Web Conf.*, 608, 01016. doi:10.1051/e3sconf/202560801016

- 7.3. Fikiin, K., Akterian, S., & **Stankov, B.** (2020). Do raw eggs need to be refrigerated along the food chain?: Is the current EU regulation ensuring high-quality shell eggs for the European consumers? *Trends Food Sci. Technol.*, 100:359–362. doi:10.1016/j.tifs.2020.04.003
- 7.4. Kaloyanov, N., **Stankov, B.**, Tomov, G., & Penkova, N. (2018). Efficiency of transparent structures in Trombe walls. *J. Chem. Technol. Metall.*, 53(6):1157–1166.
- 7.5. **Stankov, B.**, Kaloyanov, N., & Tomov, G. (2017). Solar walls for high-performance buildings. *Int. J. Energy Prod. Manag.*, 2(4):339–351. doi:10.2495/EQ-V2-N4-339-351

Представени публикации по показател Г8 (в обратен хронологичен ред):

- 8.1. Димчев, И. и **Станков, Б.** (2024). Изменение на годишния и сезонния коефициент на преобразуване на системи с двустепенно оползотворяване на топлина на изхвърляния въздух в България в резултат от промяната в климата. *Сб. докл. XXIX Международна научна конференция на ЕМФ–2024*, 9–15.
- 8.2. **Станков, Б.** (2024). Моделиране на характеристиките на фотоволтаичен модул при постоянен съпротивителен товар. *Сб. докл. XXIX Международна научна конференция на ЕМФ–2024*, 81–87.
- 8.3. Димчев, И. и **Станков, Б.** (2023). Ефективност на термopомпите въздух-вода при различни климатични условия и влиянието ѝ върху енергийните характеристики на еднофамилни жилищни сгради. *Сб. докл. XXVIII Международна научна конференция на ЕМФ–2023*, 38–43.
- 8.4. Василев, М. и **Станков, Б.** (2023). Относно замърсяването на работната повърхност на модули за енергопреобразуване на слънчева енергия. *Сб. докл. XXVIII Международна научна конференция на ЕМФ–2023*, 44–52.
- 8.5. Димчев, И. и **Станков, Б.** (2023). Негативни ефекти върху вентилационните системи вследствие на повишаващата се концентрация на въглероден диоксид в атмосферата. *Сб. докл. XXVIII Международна научна конференция на ЕМФ–2023*, 97–102.
- 8.6. Влашки, С. и **Станков, Б.** (2019). Моделиране на работните характеристики на хладилен компресор с честотно управление на оборотите. *Сб. докл. XXIV Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2019'*, том I, 150–158.
- 8.7. Попов, Д., Фикийн, К. и **Станков, Б.** (2018). Моделно изследване на преходните експлоатационни режими на серия от турбогенератори в система за криогенно съхранение на енергия. *Сб. докл. XXIII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2018'*, том I, 15–21.
- 8.8. Томов, Г., **Станков, Б.** и Калоянов Н. (2018). Числено изследване на термичната ефективност на отворена стена на Тромб в прекъснат режим на естествена вентилация. *Сб. докл. XXIII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2018'*, том I, 91–98.
- 8.9. **Станков, Б.** и Фикийн, К. (2018). Моделиране и симулиране на топлинното поведение на промишлен хладилник в динамичен експлоатационен режим. *Сб. докл. XXIII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2018'*, том I, 107–115.
- 8.10. Калоянов, Н., **Станков, Б.**, Томов, Г. и Пенкова, Н. (2017). Термично натоварване при прозрачни структури в стена на Тромб. *Научни трудове на Русенски университет-2017*, 56(1.2): 36–41.
- 8.11. **Станков, Б.** и Василев, М. (2017). Матричен метод за анализ на системи от топлообменни апарати. *Сб. докл. XXII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2017'*, том I, 134–141.

- 8.12. Томов, Г., **Станков, Б.** и Калоянов Н. (2017). Експериментално изследване на термичната ефективност на отворена стена на Тромб в непрекъснат режим на работа – Част 1. *Сб. докл. XXII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2017'*, том I, 148-154.
- 8.13. Томов, Г., **Станков, Б.** и Калоянов Н. (2017). Експериментално изследване на термичната ефективност на отворена стена на Тромб в непрекъснат режим на работа – Част 2. *Сб. докл. XXII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2017'*, том I, 155-159.
- 8.14. Фикиин, К. и **Станков, Б.** (2017). Кривоенно съхранение на енергия за възобновяем изкуствен студ и електрозахранване. *Сб. докл. XXII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2017'*, том I, 167-174.
- 8.15. Актерян, С., Фикиин, К. и **Станков, Б.** (2017). Адекватност на европейския регламент относно температурно-влажностния контрол в хранителната верига за яйца. *Сб. докл. XXII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2017'*, том I, 175-180.
- 8.16. **Станков, Б.**, Влашки, С. и Стоянов, Й. (2016). Софтуер за изчисление и визуализация на термодинамичните състояния и процеси при обработка на влажен въздух. *Сб. докл. XXI Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2016'*, том I, 234-241.
- 8.17. Томов, Г., **Станков, Б.** и Калоянов Н. (2016). Числено изследване на термичната ефективност на отворена стена на Тромб в непрекъснат режим на принудена вентилация. *Сб. докл. XXI Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2016'*, том I, 242-247.
- 8.18. Томов, Г., **Станков, Б.** и Калоянов Н. (2016). Числено изследване на термичната ефективност на отворена стена на Тромб в непрекъснат режим на естествена вентилация. *Сб. докл. XXI Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2016'*, том I, 248-254.
- 8.19. Фикиин, К., **Станков, Б.** и Марков, Д. (2016). Съвременна логистика за ефективна експлоатация на промишлени хладилници. *Сб. докл. XXI Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2016'*, том I, 262-269.
- 8.20. Калоянов Н., Томов, Г., **Станков, Б.**, Цоков, Л. и Златева, М. (2015). Числено изследване на топлопреносните процеси в отворена стена на Тромб в режим "вентилация". *Сб. докл. XX Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2015'*, том I, 258-265.
- 8.21. Златева, М. и **Станков, Б.** (2008). Анализ на техническите и икономически показатели на тригенерационна система в медицински център. *Сб. докл. XIII Научна конференция с международно участие 'ЕМФ 2008'*, том I, 390-398.

Публикациите по показатели Г7 и Г8 могат да бъдат обобщени в няколко направления:

- А. Анализ на ефективността на енергоспестяващи мерки и алтернативни решения при системи за отопление, охлаждане и климатизация **[7.1, 7.2, 8.14, 8.19, 8.21]**

В **[7.1]** е засегнат проблемът със замяната на съществуващите системи за отопление, вентилация и климатизация (ОВК), използващи флуорсъдържащи хладилни агенти, с алтернативни системи, използващи естествени такива (като пропан), в съответствие с изискванията на Регламента на ЕС за флуорсъдържащите парникови газове. Тъй като подобна замяна често може да бъде свързана с намалена ефективност на енергопреобразуване на съответните ОВК системи, е необходимо в такива случаи

да се търсят допълнителни мерки, чрез които да се избегне значително увеличение на консумацията на енергия (което по същество би могло да обезсмисли целта на регламента). В този контекст, в [7.1] е разгледан примерен казус, чрез който е изследвана възможността за използване на пасивни сградни елементи – в конкретния случай осигуряване на неподвижно външно засенчване – като съпътстваща мярка за намаляване на охладителния товар при замяна на типична съвременна ОВК система с такава, използваща пропан като хладилен агент.

Анализът в [7.1] е основан на разработен в TRNSYS детайлен нестационарен модел на съществуваща лекционна зала със значителни слънчеви топлинни притоци, като в модела е включена и ОВК система с осигуряване на пресен въздух. С помощта на TRNSYS са направени годишни почасови симулации на енергийното поведение на лекционната зала при два сценария – без (съществуващо положение) и със засенчване – като за всеки от двата сценария са симулирани два варианта за ОВК система – стандартна VRF система, използваща R410A, и алтернативна индиректна термомпена система, използваща пропан. Анализът показва, че годишният разход на енергия при алтернативната ОВК система, използваща термомпи с пропан, е много по-висок от този на стандартната VRF система, дори ако замяната е съпроводена с осигуряването на предложеното неподвижно външно засенчване. Представен е анализ на причините за това и са направени изводи по отношение на допълнителните мерки, необходими при подобни казуси. Публикацията е представена на 15-тия световен конгрес на REHVA (CLIMA 2025) в Милано.

В [7.2] е представен технически и икономически анализ на конкретна инсталация за сушене на иглолистна гървесина. Направена е оценка на съществуващата инсталация, използваща котел на гърва, както и на три варианта на мерки за подобряване на енергийната и ефективност посредством подмяна на съществуващия източник на топлина: (1) с котел на природен газ, (2) с електрически котел и (3) с високотемпературна термомпена система. Оценени са необходимите инвестиции, разходите за енергия и нетната настояща стойност на предложените варианти. Направен е извод, че от разгледаните мерки единствено термомпената система представлява рентабилна алтернатива на съществуващия източник.

В [8.14] е представен кратък обзор на технологиите за криогенно съхранение на енергия (КСЕ), като е предложена концепция за приложение на КСЕ в промишлени хладилници. Концепцията включва акумулирането на възобновяема енергия като криогенна течност – втечен въздух, който впоследствие се използва за частично покриване на студопотребността на хладилните съоръжения, както и за генериране на електричество. Произведеното електричество се изразходва на място или захранва електроснабдителната система в периоди на пиково потребление. По този начин едно съоръжение за хладилно съхранение на храни може да бъде превърнато от обикновен консуматор на енергия в активен участник при балансирането на електроснабдителната система.

В [8.19] е направен обзор на системите за логистика и вътрешна организация на съвременни промишлени хладилници за съхранение на охладени или замразени храни, като е обърнато специално внимание на значението и влиянието на хладилната логистика върху енергийната ефективност на съоръженията. Значимостта на проблема е илюстрирана посредством практически казус от фабрика за сладолед, прилагаща лоши практики в миналото, където малък брой от лесно изпълними мерки водят до съществени подобрения в енергийното потребление.

В **[8.21]** е представен технически и икономически анализ на система за комбинирано производство на електричество, топлина и студ (тригенерация), която би могла да се използва за осигуряване на отопление, охлаждане и битова гореща вода за медицински център. Направен е сравнителен анализ на енергийните разходи при базов вариант – със стандартни решения за системите за отопление и охлаждане – и на разходите, които биха се получили при използване на тригенерационната система. На тази основа е направен и анализ на икономическата ефективност на предложената тригенерационна система, показващ че в конкретния случай вътрешната норма на възвращаемост на подобна инвестиция е 6%.

Б. Критичен анализ на съществуващите изисквания по отношение на температурно-влажностния контрол във веригата за доставки на яйца **[7.3, 8.15]**

В **[7.3]** и **[8.15]** е направен критичен анализ на съществуващия Регламент на ЕС, отнасящ се до съхранението на пресни яйца във веригата на доставки от производителя до крайния потребител. Акцентът е върху изискванията за температурата и влажността при съхранението на яйцата. Идентифицирани са недостатъци в регламента, свързани със свръхакцентирание върху възможната повърхностна кондензация на влага и съответните здравни рискове, за сметка на други съществени аспекти на безопасността и качеството, които изискват наличието на хладилна верига с подходящ температурен и влажностен контрол. Направено е сравнение между изискванията в Европа и в други части на света. Направен е и анализ на различните климатични условия в отделни региони на Европа и на прякото отношение на тези различия към ефекта на дадените в регламента изисквания. Формулирани са препоръки по отношение на ролята на хладилните системи при актуализиране на въпросните изисквания. Обоснована е необходимостта този регламент да бъде внимателно преразгледан и актуализиран.

В. Изследване на топлопреносните процеси и енергийните характеристики при стена на Тромб **[7.4, 7.5, 8.8, 8.10, 8.12, 8.13, 8.17, 8.18, 8.20]**

Тази група от публикации представя резултатите от експериментални изследвания на различни конфигурации на стена на Тромб в реални условия, както и от числени симулации с различни софтуерни продукти. Натурните изследвания са проведени върху конструирана за целта експериментална система, включваща затворена (невентилируема) и отворена (вентилируема) стена на Тромб, интегрирани в южната фасада на отопляемо помещение, както и разположена в непосредствена близост метеорологична станция. При експериментите са измервани температурните и скоростните полета в стените на Тромб, температурата на въздуха в помещението, параметрите на външния въздух, скоростта и посоката на вятъра, и пълната и дифузната слънчева радиация. Числените изследвания включват многофакторни експерименти, осъществени посредством динамични симулации с TRNSYS, както и CFD симулации при стационарни условия.

В **[7.4]**, **[7.5]** и **[8.10]** са изследвани топлопреносните процеси в затворена стена на Тромб, при която се използва единично или двойно остъклен прозрачен елемент. Фокусът на **[8.10]** е върху оценка на ефекта на изследваните топлопреносни процеси върху механичното поведение и надеждността на конструкцията, когато се използва двоен стъклопакет. За целите на анализа е разработен CFD модел, при който граничните условия са зададени на базата на резултати от натурните измервания.

Симулациите с този модел са използвани за подробен анализ на температурните полета, термичните натоварвания в стъклата, и механичните натоварвания в стъклопакета, възникващи при температурни разширения и разлики между вътрешното и външното налягане. Изследвани са два варианта на фиксиране на стъклопакета в прозрачната конструкция на стената на Тромб – окачена фасада и отваряема прозоречна система, чиято рамка е със сравнително високо термично съпротивление. Проблемът с термо-механичното поведение на стъклопакета е разгледан и в [7.4].

Като допълнение към CFD модела, в [7.4] е разработен и опростен модел на топлопреносните процеси в стената на Тромб, който е имплементиран в MATLAB. Чрез него са изследвани енергийните характеристики на системата за целия период на измерванията. Установено е, че използването на двоен стъклопакет като прозрачен елемент намалява топлинните загуби средно с около 35% спрямо варианта с единично остъкляване при стена с обикновен абсорбер (черна боя), и с около 20% при абсорбер със селективно покритие (при което топлинните загуби са значително по-ниски).

В [7.5] е направен анализ на факторите, влияещи върху енергийните характеристики на затворена стена на Тромб, като са представени стратегии за успешното внедряване на такъв тип пасивни слънчеви системи в сградите. Анализът е основан на резултати от натурните измервания и от динамичните симулации с TRNSYS. Последните са използвани за изследване на енергийните характеристики на разнообразни конструкции на затворената стената Тромб при различни климатични условия и за разработването на опростен квазистационарен модел за изчисляване на топлинните притоци и топлинните загуби през затворена стена на Тромб на месечна база. Резултатите от представеното изследване показват, че разглежданите конфигурации могат успешно да бъдат интегрирани в сгради, разположени в райони с умерен и топъл климат, с цел намаляване на тяхното енергийно потребление. Публикацията е представена на международна конференция в Севиля.

В останалите публикации от тази група са изследвани енергийните характеристики на отворена стена на Тромб при различни режими на вентилиране. В [8.17] и [8.20], с помощта на динамични симулации с TRNSYS, е изследвано поведението на отворената стена на Тромб в условията на непрекъснат режим на принудена вентилация, при който вентилационните отвори са винаги отворени и пресен въздух преминава през стената на Тромб към помещението. Изследвано е нестационарното температурно поле в акумулацията елемент на стената на Тромб при различни дебита и скорости на въздуха, както и при различни конструкции на стената. Направена е количествена оценка на основните влияещи фактори върху термичната ефективност на системата: вида и оптичните характеристики на абсорбера, броя на стъклата и скоростта на въздуха през вентилируемата кухня. Подходът, приложен в [8.17] и [8.20], е използван и за анализ на характеристиките на отворена стена на Тромб при осъществяване на естествена вентилация, като в [8.18] е разгледан непрекъснат режим на вентилиране, а в [8.8] – различни прекъснати режими, при които стената на Тромб е отворена само в определени часови диапазони от денонощието.

В [8.12] и [8.13] са анализирани резултатите от натурните измервания, получени при условия на непрекъснато подаване на външен въздух към помещението през отворената стена на Тромб, като са изследвани режими на естествена и принудена вентилация. Анализирано е влиянието на външните условия и режима на вентилиране върху температурата на абсорбера и температурата и дебита на подавания въздух. Направено е сравнение между резултатите от натурните измервания и тези от числените симулации с TRNSYS.

- Г. Изследване на експлоатационните режими на енергопреобразуващи системи и съоръжения и влиянието на факторите на околната среда върху техните характеристики [8.1–8.5,8.7]

В [8.1] и [8.5] е засегнат проблемът с възможните негативни последици от климатичните промени върху работата на вентилационните системи в сградите. В [8.1] е изследвано влиянието на повишаването на температурите и увеличаването на концентрацията на въглероден диоксид в атмосферата върху ефективността на системи с двустепенно оползотворяване на топлината на изхвърляния въздух, като са взети предвид специфичните особености на различните климатични зони в България. Анализът показва, че наблюдаваните до момента климатични промени все още имат слабо влияние върху ефективността на подобни системи за умерения климат, в който попада България. В [8.5] е изследван ефектът от повишаване на концентрацията на въглероден диоксид в атмосферата върху работата на вентилационните системи, като е изследван примерен казус за вентилация на офис. Резултатите показват необходимостта от увеличаване на дебита на подавания към помещението пресен въздух спрямо проектния, за да се компенсират ефектът от повишената концентрация на въглероден диоксид във външния въздух, която в дадения случай води до надвишаване на нормите за концентрацията в помещението.

В [8.2] са представени резултатите от експериментално и числено изследване на характеристиките на монокристален фотоволтаичен модул, който е свързан към постоянен съпротивителен товар. Експерименталните данни са получени при реални условия, а за изчисленията е използван шест-параметричен еднодиоден модел. Направено е сравнение между получените резултати от натурните измервания и симулациите с числения модел, чиято цел е да се оценят предиктивните възможности на модела при дадените условия. Анализът показва, че при използване на характеристиките, дадени в техническата спецификация на фотоволтаичния модул, шест-параметричният еднодиоден модел има добра предиктивна способност при по-ниски нива на интензитета на слънчевата радиация, но систематично подценява ефективността на модула при по-високите измерени стойности, когато работната точка на модула се намира вгясно по P-V кривата от точката на максимална мощност.

Направен е анализ на чувствителността на използвания еднодиоден модел по отношение на температурните коефициенти на модула. При този анализ е установено, че моделът може да даде значително по-близки резултати до измерванията при използване на различни от представените стойности на температурните коефициенти. Направен е извод, че в спецификациите на модулите тези коефициенти често могат да бъдат определени неточно и със значително подценена неопределеност.

В [8.3] е изследван въпросът доколко декларираните от производителите стойности на сезонния коефициент на преобразуване (SCOP) на термopомпи въздух-вода се различават от тези, получени при преизчисляването му с използване на локални климатични данни. Разгледан е примерен казус с еднофамилна жилищна сграда, поставена в условията на всяка от деветте климатични зони в България. Установено е, че за някои от климатичните зони разликите между декларирания и преизчисления коефициент са значителни.

В [8.4] са разгледани основните въпроси, свързани със замърсяването на повърхностите на фотоволтаични модули и други типове колектори за преобразуване на слънчевата енергия, причинено от натрупването на прах и други замърсители.

Разгледани са начините, по които различните видове замърсители влияят върху характеристиките на слънчевите колектори, както и източниците на аерозоли, преносът им във въздуха, процесите, механизмите и силите, действащи при натрупването на прах върху повърхностите на колекторите.

В **[8.7]** е представено моделно изследване на преходните експлоатационни режими на серия от турбогенератори, използвани в система за криогенно съхранение на енергия. Анализирани са две технологии за пускане и спиране на турбогенераторите – с постоянно и с „пълзящо“ налягане на работното вещество след парогенератора. При изследването е използван модел, разработен в софтуера Thermoflex. Установено е, че технологията с „пълзящо налягане“ в по-голяма степен щади оборудването при често спиране и пускане на турбините, каквото се очаква при разглежданата система.

- Д. Разработване на модели, изчислителни алгоритми и приложен софтуер за анализ на работните характеристики и енергийното поведение на енергопреобразуващи системи и съоръжения **[8.6, 8.9, 8.11, 8.16]**

В **[8.6]** е представен подход за определяне на работните характеристики на хладилен компресор с честотно управление на оборотите. Той се основава на описване на обемната и общата ефективност на компресора като функции от наляганята на засмукване и нагнетяване и от оборотите на въртене, без да е необходима информация за конструктивните параметри на компресора. Функционалните зависимости са получени чрез регресионен анализ, базиран на ограничен набор таблични данни, предоставени от производител на такива компресори. Разработеният алгоритъм е имплементиран в MATLAB. Подходът е универсален и може да бъде прилаган при различни по конструкция и работен диапазон хладилни компресори с честотно управление на оборотите.

В **[8.9]** са представени някои аспекти на разработен от авторите динамичен модел, приложим за симулиране на енергийното поведение на съществуващ промишлен хладилник за съхранение на замразени храни. Моделът е имплементиран в MATLAB като елемент от по-общ модел за енергийни симулации на система за криогенно съхранение на енергия, където температурата на въздуха в хладилника е важна контролна променлива за цялостната система. Характерна особеност на модела е подходът за отчитане на студоакмулиращата способност на голямото количество съхранявани в хладилника замразени храни. Тези продукти са основният фактор, от който зависи термичната инерция на хладилника, тъй като пълният им топлинен капацитет е много по-голям от този на въздуха в камерата и ограждащите елементи.

В публикацията са показани резултатите от няколко симулации на модела, чрез които е илюстрирано влиянието на термичната инерция на хладилника върху средната температура на въздуха в него при различни начални и експлоатационни условия. От гледна точка на действителното нестационарно поведение на хладилника, представеният подход е сравнително опростен, но дава достатъчно информация за целта на симулациите – приблизителна оценка на функционирането и цялостната ефективност на системата за криогенно съхранение на енергия при различни стратегии за управление.

В **[8.11]** е представен разработен от авторите матричен метод за изчисляване на статичен баланс на системи от топлообменни апарати. Представеният подход се основава на матрично решаване на системи от линейни уравнения, базирани на  $\varepsilon$ -NTU метода за определяне на ефективността на топлообменниците и температурите на

потоците, и е реализиран като потребителски софтуер в програмната среда на MATLAB. В алгоритмите за дефиниране, съставяне на матриците и графично изобразяване на системата е приложена теорията на графите. Процедурата за въвеждане на системата от топлообменни апарати от страна на потребителя е максимално опростена, поради което разработеният софтуер е лесен за използване и позволява бързо моделиране и решаване на статичния баланс на системи, при които специфичните топлинни капацитети на потоците могат да се приемат за постоянни. За допълнително улеснение на потребителя, софтуерът разполага с вградена библиотека от  $\varepsilon$ -NTU уравнения и коефициенти за определяне на корекционни фактори за голямо разнообразие от сложни схеми на движение на потоците, базирани на данни от VDI Heat Atlas.

В [8.16] е представен разработен от авторите софтуер за изчисляване на термодинамичните състояния и процеси при обработката на влажен въздух, както и за визуализирането им в интерактивна  $h$ - $x$  диаграма (диаграма на Молиер за влажен въздух). Софтуерът е на български език и представлява самостоятелно приложение, разработено в програмната среда на MATLAB. Изчислителните алгоритми са базирани на термодинамичните зависимости за смеси от идеални газове. В публикацията е представена и валидация на софтуера, за целта на която са използвани данни за реалните термодинамични свойства на влажния въздух от ASHRAE RP-1485.

## Summary of the Scientific Publications Submitted with the Application for Associate Professorship

---

Asst. Prof. Borislav Nikolov Stankov, PhD

A total of 37 publications and 224 citations are submitted with the application, including:

- **Habilitation work**
  - **11 scientific publications** in journals indexed in *Scopus* and/or *Web of Science*,
    - **7** of which are published in journals with an *impact factor (Web of Science)* and/or *SCImago Journal Rank (SJR)*
- **Other publications**
  - **5 scientific publications** in journals indexed in *Scopus* and/or *Web of Science*,
    - **4** of which are published in journals with an *impact factor (Web of Science)* and/or *SCImago Journal Rank (SJR)*
  - **21 scientific publications** in peer-reviewed but non-indexed journals or conference proceedings
- **Citations**
  - **219 citations** in scientific journals indexed in *Scopus* and/or *Web of Science*,
    - **186** of which refer to publications included in the habilitation work
  - **5 citations** in monographs.

Most of the submitted publications present results from several research projects funded through various programmes of the European Union and the Bulgarian National Science Fund:

- EU's Horizon 2020 Research and Innovation Programme
  - *CryoHub – Developing Cryogenic Energy Storage at Refrigerated Warehouses as an Interactive Hub to Integrate Renewable Energy in Industrial Food Refrigeration and to Enhance Power Grid Sustainability*
- EU's Recovery and Resilience Facility (NextGenerationEU)
  - *Improving the Research Capacity and Quality to Achieve International Recognition and Resilience of TU-Sofia (IDEAS)*
- Bulgarian National Science Fund
  - *University Research Facility for Innovation and Knowledge Transfer in the Fields of Micro/Nanotechnology and Materials, Energy Efficiency and Virtual Engineering*
  - *Parametric Analysis for Estimation of the Efficiency of Transparent Structures in Solar Energy Utilization Systems.*

## I. Habilitation work

The publications included in the habilitation work present research in the field of distributed generation and storage of renewable energy, viewed as an essential component in the development of a more sustainable energy infrastructure.

Submitted publications (in reverse chronological order):

- 4.1. **Stankov, B.**, Niknezhad, S., Egieya, J., & Pistikopoulos, E. N. (2025). Allocating small-scale production capacities for a balanced and resilient renewable energy mix in a local energy community. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1532(1), 012001. doi:10.1088/1755-1315/1532/1/012001
- 4.2. Terziev, A., Bode, F., Zlateva, P., Pichurov, G., Ivanov, M., Denev, J., & **Stankov, B.** (2025). Numerical study on tree belt impact on wind shear on agricultural land. *Appl. Sci.*, 15(13), 7450. doi:10.3390/app15137450
- 4.3. Zlateva, P., Terziev, A., Yordanov, K., Ivanov, M., & **Stankov, B.** (2025). Influence of limestone dust on PV panel efficiency in a small solar park in Bulgaria. *Eng*, 6(1), 10. doi:10.3390/eng6010010
- 4.4. **Stankov, B.**, Terziev, A., Vassilev, M., & Ivanov, M. (2024). Influence of wind and rainfall on the performance of a photovoltaic module in a dusty environment. *Energies*, 17(14), 3394. doi:10.3390/en17143394
- 4.5. Vassilev, M., & **Stankov, B.** (2024). Soiling and dust deposition on solar panels – Technical review. *2024 5<sup>th</sup> International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)*, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 1–10. doi:10.1109/CIEES62939.2024.10811347
- 4.6. Popov, D., Akterian, S., Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2021). Multipurpose system for cryogenic energy storage and tri-generation in a food factory: A case study of producing frozen french fries. *Appl. Sci.*, 11(17), 7882. doi:10.3390/app11177882
- 4.7. Popov, D., Fikiin, K., **Stankov, B.**, & Zlateva, M. (2020). Cryogenic energy storage systems as a synergistic contributor to the cooling and heating supply of a refrigerated warehouse or food factory. *Refrig. Sci. Technol.*, 2020-August:473–481. doi:10.18462/iir.iccc.2020.298915
- 4.8. Popov, D., Fikiin, K., **Stankov, B.**, Alvarez, G., Youbi-Idrissi, M., Damas, A., Evans, J., & Brown, T. (2019). Cryogenic heat exchangers for process cooling and renewable energy storage: A review. *Appl. Therm. Eng.*, 153:275–290. doi:10.1016/j.applthermaleng.2019.02.106
- 4.9. **Stankov, B.**, Fikiin, K., Garcia, G., Kalms, A., Estevez, M., & Garde, R. (2019). Dynamic energy model of a refrigerated warehouse operating synergistically with a cryogenic energy storage system. *Refrig. Sci. Technol.*, 2019-August:3558–3565. doi:10.18462/iir.icr.2019.1794
- 4.10. Fikiin, K., **Stankov, B.**, Evans, J., Maidment, G., Foster, A., Brown, T., Radcliffe, J., Youbi-Idrissi, M., Alford, A., Varga, L., Alvarez, G., Ivanov, I. E., Bond, C., Colombo, I., Garcia-Naveda, G., Ivanov, I., Hattori, K., Umeki, D., Bojkov, T., & Kaloyanov, N. (2017). Refrigerated warehouses as intelligent hubs to integrate renewable energy in industrial food refrigeration and to enhance power grid sustainability. *Trends Food Sci. Technol.*, 60:96–103. doi:10.1016/j.tifs.2016.11.011
- 4.11. Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2015). Integration of renewable energy in refrigerated warehouses. In P. Gaspar & P. da Silva (Eds.), *Handbook of Research on Advances and Applications in Refrigeration Systems and Technologies* (pp. 803-853). IGI Global Scientific Publishing. doi:10.4018/978-1-4666-8398-3.ch022

The presented research can be grouped into three thematic areas:

#### **A. Allocation and Coordination of Renewable Energy Conversion and Storage Resources in Local Energy Communities [4.1]**

Publication [4.1] is part of a study aimed at investigating how a local energy community—consisting of numerous independent, small-scale interacting units (e.g., individual households, public buildings, and small commercial or industrial enterprises) employing various energy conversion and storage technologies—can be organised and operated in a way that is not only energy-efficient but also economically fair, ensuring that all participants have sufficient incentives to invest in their own facilities and to trade energy with one another. The study focuses on energy communities that rely primarily on locally harnessed solar and wind energy—the renewable sources with the greatest potential for distributed applications. Due to the stochastic nature of these sources, an energy community that is at least partially autonomous must possess substantial energy-storage capacity (distributed among the individual units), as well as appropriately balanced generation capacities tailored to the local climatic conditions.

The publication examines a case study of a synthesised local energy community with a diverse building stock. An annual hourly electricity-load profile for the community was aggregated from the energy consumption profiles of different types and models of residential and commercial buildings. On the generation side, a reference photovoltaic (PV) module and a reference wind turbine were selected to represent typical small-scale distributed generation units that can be installed near the point of use. The annual hourly power-generation profiles of the PV module and the wind turbine were simulated using the same weather data as the load profiles, applying appropriate mathematical models. The adopted approach was to scale the power-generation profile of each unit by the number of such units, thereby representing the total electricity output of multiple PV modules or wind turbines serving the community.

The objective is to find the optimal combination of renewable capacities that ensures efficient use of the locally produced electricity within the community, such that the discrepancies between local production and demand are minimised. For the case study, the optimal solution consists of 73% solar-produced and 27% wind-produced electricity. This outcome is location-specific, and the publication provides an analysis of the factors underlying this result.

#### **B. Influence of Environmental Factors on the Performance of Solar and Wind Energy Conversion Systems [4.2–4.5]**

Publications [4.2–4.5] investigate various environmental factors relevant to the allocation, design, and maintenance of solar and wind energy conversion systems.

The study presented in [4.2] investigates the impact of tree belts on agricultural land, which affect the boundary-layer wind profile and thereby influence the performance of small-scale wind turbines installed nearby. The analysis is based on experimental measurements of wind speed and direction at different heights, conducted over more than a year in the vicinity of such a tree belt, as well as on numerical simulations performed with dedicated CFD model.

The results show that immediately downstream and slightly above the tree belt, wind speed increases due to the mass flow conservation, whereas the turbulence induced by the belt is confined to a region of approximately 1.5 to 2 times its height. The conclusion is that the hub height of a wind turbine situated near a tree belt should preferably be positioned at roughly 2.5 times the height of the belt, as this placement avoids substantial increases in turbulence intensity and benefits from the local wind acceleration above the belt.

Publications [4.3] and [4.4] investigate the performance of PV modules under real operating conditions in which significant amounts of dust, generated by a nearby limestone quarry, accumulate on the modules' surfaces. The analysis is based on experimental measurements conducted over several weeks. The measurements include the electrical characteristics of two silicon modules (monocrystalline and polycrystalline), their rear-surface temperatures, the global horizontal solar irradiance, and additional meteorological data collected from a local weather station. The findings show that the high concentration of limestone dust in the air near the quarry leads to its rapid deposition on the surfaces of nearby PV panels—supported by additional observations from a PV field located close to the test site—and to the formation of a solid soiling layer in the presence of moisture. It was also established that this layer is highly resistant to weathering and cannot be removed naturally by moderate rainfall or by wind with an average speed of about 6–9 m/s. The analysis demonstrates that within a few weeks the efficiency of the examined PV modules decreases by more than 20% [4.3].

In [4.4], machine-learning methods are employed to conduct a more thorough analysis of how wind and rainfall influence the performance of one of the modules. The aim of the study is to determine whether the presence of soiling on the module's surface—and its potential removal under the influence of wind and precipitation—can be inferred solely from the measured data and supplementary weather datasets (Copernicus Atmosphere Monitoring Service and NASA POWER), without direct observations of the soiling itself. A key contribution of [4.4] is the demonstration of the applicability of various techniques for extracting useful information about the investigated effects from somewhat limited data, assembled from multiple sources, while also addressing the issue of uncertainty within these data. The analysis indicates a persistent deterioration in performance due to soiling, followed by a subsequent improvement triggered by a favourable weather event. It is demonstrated how changes in the module's performance can be identified under variable external conditions, taking into account that the effect of these changes is observed with a time lag. The proposed approach could serve as a foundation for developing algorithms for condition monitoring and predictive maintenance of photovoltaic systems.

A literature review of the factors that significantly influence dust deposition on the surfaces of solar collectors—both thermal collectors and PV modules—is presented in [4.5]. The review examines the formation and transport of dust particles in ambient air, as well as the main forces, processes, and phenomena associated with the adhesion, accumulation, and cementation of these particles on collector surfaces. In this context, the influence of the properties and composition of airborne dust, prevailing weather conditions, and the mounting configuration of the collectors is analysed. The results of a visual inspection of a PV field—located near the site where the experimental measurements in [4.3] and [4.4] were conducted—are also presented.

### **C. Potential of Cryogenic Energy Storage at Refrigerated Warehouses for Enhancing Power Grid Sustainability [4.6-4.11]**

The publications in this group reflect mainly results from the EU-funded CryoHub project. The concept and the objectives of this research project are presented in [4.10]. This publication explores the possibilities for unlocking the potential of cryogenic energy storage (CES) systems by using renewable energy to liquefy and store cryogenic gases, which can subsequently be used for both cooling and power generation—partially meeting the cooling demand of industrial refrigeration facilities—while also recovering waste heat from their equipment and components. The study argues that deploying CES in this manner can help transform industrial refrigeration facilities into active participants in balancing the power grid. It also provides an overview of key research on CES systems and examines the possibilities for using various types of renewable sources to locally supply the required energy.

The remaining publications explore various aspects of implementing this technology in industrial refrigeration facilities. One of them investigates the possibilities of utilizing waste heat from CES systems to provide steam and hot water heating for key unit operations in the food processing and preservation industry (e.g., washing, blanching, concentration, pasteurisation, cleaning-in-place, etc.), thereby substituting fossil fuel boilers [4.7]. Four scenarios for producing steam and/or hot water using the CES system are investigated: (1) production of steam only (7 bar); (2) production of steam (7 bar) and hot water (100 °C); (3) production of steam (7 bar) and hot water at lower temperature (70 °C); and (4) production of hot water only at 100 °C and 70 °C. The study shows that the direct utilization of high-grade heat from the liquefier in the CES system is technologically feasible and could contribute to a significant improvement in the overall efficiency of the energy storage system.

As an extension of this research, [4.6] examines the potential for using a CES system for combined cooling, heat, and power generation—i.e., trigeneration—in a food-processing facility. A production line for frozen french fries, characterised by relatively high heating and cooling demands, is used as a case study. An analysis of the energy performance of the trigeneration system shows that the ratio between recovered and input energy—i.e., the round-trip efficiency of the system—can reach 55%, which is approximately 1.2 times greater than the round-trip efficiency of a typical CES system without trigeneration.

Publication [4.8] presents a comprehensive review of cryogenic heat exchangers, which serve as the necessary interface between CES systems and the industrial processes that can utilize the available cooling capacity. The review aims to familiarize energy-sector professionals and other stakeholders with the latest advancements, innovations, and trends in the field of cryogenic heat exchangers, with particular emphasis on their applications in CES systems powered by renewable energy. The analysis covers important innovations in the design of different types of heat exchangers, the methods used for their modelling and simulation, as well as the technologies employed in their manufacturing.

Publication [4.9] presents a simplified dynamic energy model of a refrigerated warehouse, developed by the authors and used in conjunction with a counterpart model of a CES system created by other partners in the CryoHub project. Together, these coupled models constitute a digital twin of a pilot CES plant (demonstrator) integrated into an existing refrigerated warehouse for frozen foods in Belgium. Simulations of the coupled models were used to analyse the performance of the pilot plant and to develop control algorithms for its operation prior to its construction. The model of the warehouse is used to predict the temperature of the refrigerated air—an important control variable for the integrated CES-warehouse system—while accounting for the substantial thermal inertia resulting from the large quantity of frozen food stored inside.

The last publication in this group provides a comprehensive review of the possibilities for integrating a wide range of renewable energy technologies into industrial refrigeration facilities [4.11]. Several aspects of this integration are examined: (i) state-of-the-art renewable energy technologies applicable to refrigeration systems, including their technical and economic performance; (ii) strategies for efficiently incorporating these technologies into the energy supply of refrigerated warehouses, encompassing both direct utilization and active or passive energy storage; (iii) practical examples, pilot projects, and ongoing research involving renewable energy utilisation in cold-storage facilities; and (iv) government incentives that can facilitate investment in renewable energy projects and are relevant to their economic efficiency. The primary purpose of [4.11] is to serve as guidance for cold store operators and refrigeration stakeholders who are unfamiliar with the developments in renewable energy technologies and the opportunities to employ them in the food refrigeration industry.

## II. Abstracts of the Other Publications Submitted with the Application

The remaining publications reflect results from various studies in the field of energy conversion technologies and systems. The presented research can be grouped into several thematic areas:

- Analysis of the effectiveness of energy-saving measures and alternative solutions in heating, ventilation, and air-conditioning (HVAC) systems
- Critical analysis of the existing requirements for temperature and humidity control in the supply chain for shell eggs
- Investigation of the heat transfer processes in Trombe walls and their energy performance under different operating modes
- Investigation of the operating regimes of energy conversion systems and equipment and the influence of environmental factors on their performance
- Development of models, computational algorithms, and application software for analysing the operating characteristics and performance of energy conversion systems and equipment.

Publications indexed in Scopus and/or Web of Science (in reverse chronological order):

- 7.1. Ivanov, M., Stankov, B., Dimchev, I., & Terziev, A. (2026). The role of passive building envelope elements in facilitating the adoption of HVAC systems employing natural refrigerants: A case study. In C. Zilio, F. Busato, L. Mazzarella, & M. Noro (Eds.), *Proceedings of the 15th REHVA HVAC World Congress - CLIMA 2025* (pp. 834–844). *Lect. Notes Civ. Eng.*, vol 762. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-032-06806-4\_80

According to the EU Directive on the energy performance of buildings, by 2030 all new buildings must be zero-emission buildings, and by 2050 the existing building stock should be entirely decarbonized. The goal is partly to be achieved through electrification, with heat pumps playing a significant role in this shift. Meanwhile, the refrigerants used by most heat pumps today are characterized by high carbon footprints, which is the reason for their gradual replacement with environmentally neutral ones. However, this replacement is often associated with a trade-off—diminished seasonal and annual performance of the respective heating and cooling systems. This study investigates the possibility of utilizing passive building envelope elements—in the presented case, the provision of fixed external shading—as an accompanying measure to reduce the energy demands and to facilitate the replacement of a typical present-day HVAC system, employing a refrigerant with high global warming potential, with a natural refrigerant-based alternative. The analysis involves dynamic simulations with TRNSYS and is based on a case study of an existing lecture hall with substantial solar heat gains.

- 7.2. Terziev, A., Ivanov, M., Vassilev, M., & **Stankov, B.** (2025). Technical and economic analysis of a specific spruce wood material drying process, *E3S Web Conf.*, 608, 01016. doi:10.1051/e3sconf/202560801016

This work provides a technical and economic analysis of a specific installation used for drying spruce timber with an initial moisture content of 60% and a target equilibrium moisture content of 12%. The analysis considers the existing system, which employs a wood-burning boiler, alongside three alternative heat source options: a natural gas boiler, an electric boiler, and a high-temperature heat pump system. The performance of each option was evaluated at a heat output of 100 kW and a drying temperature regime of 90/75°C. The results indicate that only the heat pump option yields lower annual energy costs compared with the base case, yielding a payback period of 9.5 years.

- 7.3. Fikiin, K., Akterian, S., & **Stankov, B.** (2020). Do raw eggs need to be refrigerated along the food chain?: Is the current EU regulation ensuring high-quality shell eggs for the European consumers? *Trends Food Sci. Technol.*, 100:359–362. doi:10.1016/j.tifs.2020.04.003

EC Regulation No. 589/2008 on the handling of eggs contains several inconsistencies and gaps, which create confusion among EU food-chain operators and consumers. The major inconsistencies addressed in this commentary article arise from: (i) an overemphasis on the risk of eggshell condensation and Salmonella-related safety concerns, while other significant safety and quality hazards remain overlooked; and (ii) obscure or missing temperature and humidity control requirements, which inspire an unwarranted fear of chilled storage but tolerates handling at high temperatures. The regulation's effectiveness is examined with respect to its geographical coverage and applicability under natural and artificial conditions in various climatic regions across Europe. A brief outline of published scientific evidence clearly demonstrates that a continuous and ubiquitous cold chain, along with proper humidity control and anti-condensation measures (where necessary), dramatically improve egg safety, quality and shelf-life. Several alternative legislations around the world are also recapped in this context. Considering the evidence presented, this commentary article argues that the applicable EU egg-handling regulation should be carefully reconsidered and updated by introducing temperature and humidity requirements that are directly linked to egg safety, quality, and shelf life. It further emphasises that substantial efforts should be made to harmonise the huge discrepancies between relevant codes and practices in Europe, USA and the rest of the world.

- 7.4. Kaloyanov, N., **Stankov, B.**, Tomov, G., & Penkova, N. (2018). Efficiency of transparent structures in Trombe walls. *J. Chem. Technol. Metall.*, 53(6):1157–1166.

The transparent element forming the external boundary of a Trombe wall is one of the most important factors influencing its energy performance. This paper presents an analysis of the energy performance of unvented Trombe walls using two commonly applied glazing types: single glazing and double insulating glass units (IGUs). The assessment is based on physical measurements obtained from a test site, complemented by numerical simulations of the heat transfer processes within the system. In addition to the energy performance evaluation, an analysis of the temperature fields in the more efficient configuration (i.e., the IGU) is carried out to predict the influence of the heat transfer processes on the thermo-mechanical behaviour and the reliability of the construction.

- 7.5. **Stankov, B.**, Kaloyanov, N., & Tomov, G. (2017). Solar walls for high-performance buildings. *Int. J. Energy Prod. Manag.*, 2(4):339–351. doi:10.2495/EQ-V2-N4-339-351

Passive solar design can reduce building energy demand for heating, cooling and ventilation, while also contributing to the comfort, well-being and productivity of the building's occupants. The successful application of passive solar systems, such as solar walls (i.e., Trombe walls), requires a good understanding of the factors influencing their energy performance and a correct assessment of this performance during the design process. This paper discusses some basic design strategies for successful application of solar walls and the factors with the most significant impact on their efficiency. It summarizes the principal results and findings of an experimental study, encompassing dynamic simulations and test site measurements. Based on the dynamic simulations, the energy performance of various configurations of unvented solar walls was investigated under different climatic conditions. The outcomes were used to develop a simplified quasi-steady-state model, which can be used for approximate evaluation of the heat gains and heat losses through an unvented solar wall in a manner compatible with the monthly method of EN ISO 13790.

Publications in non-indexed journals and proceedings (in reverse chronological order):

- 8.1. Dimchev, I., & **Stankov, B.** (2024). Variation in the annual and seasonal coefficient of performance of two-stage exhaust-air heat recovery systems in Bulgaria due to climate change. *Proceedings of the XXIX International Scientific Conference FPEPM-2024*, 9–15. [In Bulgarian]

This study examines the impact of climate change on the seasonal coefficient of performance (SCOP) of two-stage exhaust-air heat recovery systems under the climatic conditions of Bulgaria. It focuses on two key climate-related factors: the rise in global temperature and the increase in atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. Overall, the findings indicate that the climate changes observed to date have limited impact on the performance of such systems in the temperate climate of Bulgaria.

- 8.2. **Stankov, B.** (2024). Modelling the performance of a photovoltaic module under a constant resistive load. *Proceedings of the XXIX International Scientific Conference FPEPM-2024*, 81–87. [In Bulgarian]

This work presents an experimental and numerical investigation of the performance of a monocrystalline photovoltaic module connected to a constant resistive load. The experimental data were collected under real operating conditions, while the numerical simulations were performed using a six-parameter single-diode model. A comparison between the measured data and the simulations is carried out to evaluate the model's predictive capability under the given conditions, as well as the key factors that influence its accuracy. The analysis shows that when the parameters provided in the module's technical specification are used, the numerical model exhibits good predictive performance at lower levels of solar irradiance but systematically underestimates the module's output when the operating point lies to the right of the maximum-power point on the P-V curve. A sensitivity analysis of the single-diode model with respect to the module's temperature coefficients is also presented. This analysis demonstrates that the model can yield results much closer to the measurements when values for the temperature coefficients other than those provided in the module's technical specification are used, as the latter are often unreliable and with substantially underestimated uncertainty.

- 8.3. Dimchev, I., & **Stankov, B.** (2023). Performance of air-to-water heat pumps under different climatic conditions and its impact on the energy performance of single-family residential buildings. *Proceedings of the XXVIII International Scientific Conference FPEPM-2023*, 38–43. [In Bulgarian]

This study examines the extent to which the seasonal coefficient of performance (SCOP) declared by heat pump manufacturers differs from the corresponding value recalculated using local climate data. A case study of a single-family house is assessed under the conditions of all nine climatic zones in Bulgaria. The results indicate that, in some cases, the differences between the declared and recalculated SCOP values can reach up to 25%. These findings have direct implications for the reliability of building energy-performance assessments.

- 8.4. Vassilev, M., & **Stankov, B.** (2023). On the soiling of solar collector surfaces. *Proceedings of the XXVIII International Scientific Conference FPEPM-2023*, 44–52. [In Bulgarian]

This paper provides an overview of the key issues related to the soiling of solar collector surfaces caused by the accumulation of dust and other contaminants. It examines the formation and transport of dust particles in the ambient air, along with the principal forces, processes, and mechanisms governing their adhesion, accumulation, and cementation on such surfaces.

- 8.5. Dimchev, I., & **Stankov, B.** (2023). Negative effects on ventilation systems resulting from the increasing atmospheric carbon dioxide concentrations. *Proceedings of the XXVIII International Scientific Conference FPEPM-2023*, 97–102. [In Bulgarian]

This study investigates the negative impacts of rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations—driven by climate change—on the performance of ventilation systems. The climate data currently used for sizing HVAC systems, which underpin numerous European standards, are 20-25 years old and do not reflect these changes. Consequently, many buildings may soon be equipped with ventilation systems that are unable to fully meet the requirements for maintaining acceptable indoor CO<sub>2</sub> concentrations. A case study of an office ventilation system is presented. According to the findings, maintaining the required indoor CO<sub>2</sub> concentration will require the system to operate with an airflow rate that is 12% higher by 2035 and up to 21% higher by 2050.

- 8.6. Vlashki, S., & **Stankov, B.** (2019). Performance mapping of a variable-speed refrigeration compressor. *Proceedings of the XXIV International Scientific Conference FPEPM-2019*, vol. 1, 150–158. [In Bulgarian]

This work presents an approach for performance mapping of a variable-speed refrigeration compressor under different operating conditions. The method uses a regression model, derived from tabulated data, to estimate the compressor's volumetric and overall efficiencies as functions of suction pressure, discharge pressure, and rotational speed, without requiring knowledge of its construction parameters. The resulting algorithm is implemented in MATLAB.

- 8.7. Popov, D., Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2018). Model-based study of the transient operation modes of a series of turbogenerators in a cryogenic energy storage system. *Proceedings of the XXIII International Scientific Conference FPEPM-2018*, vol. 1, 15-21. [In Bulgarian]

This study investigates the transient operating modes of a series of turbines in a cryogenic energy storage system. Based on numerical simulations, two switching approaches are analysed and compared: operation under constant pressure and operation under “sliding” pressure of the working fluid. The results indicate that the sliding-pressure approach is preferable, as it reduces mechanical and thermal stress on the equipment during frequent start-ups and shutdowns.

- 8.8. Tomov, G., **Stankov, B.**, & Kaloyanov, N. (2018). Numerical study of the thermal efficiency of a vented Trombe wall operating in interrupted natural ventilation mode. *Proceedings of the XXIII International Scientific Conference FPEPM-2018*, vol. 1, 91-98. [In Bulgarian]

This numerical study examines the energy performance of a vented Trombe wall operating in interrupted natural ventilation mode, whereby it supplies fresh outdoor air to the building during suitable hours of the day, with the airflow driven solely by buoyancy forces. The influences of the absorber type, vent area, and hours of operation are examined. The airflow rates and supply-air temperatures are evaluated for several operating regimes, defined by the periods during which the vents remain open.

- 8.9. **Stankov, B.**, & Fikiin, K. (2018). Modelling and simulation of the thermal behaviour of a refrigerated warehouse in dynamic operation mode. *Proceedings of the XXIII International Scientific Conference FPEPM-2018*, vol. 1, 107-115. [In Bulgarian]

This publication presents key aspects of a numerical model developed by the authors, which is used for dynamic simulation of the thermal behaviour of an existing refrigerated warehouse. The model is implemented in MATLAB as part of a broader model for energy simulations of a cryogenic

energy storage system, where the temperature of the air in the warehouse is an import control variable. A characteristic feature of the model is the approach used to account for the substantial cold storage capacity of the large quantity of frozen products stored in the warehouse. These products are the main factor determining the thermal inertia of the system, as their total heat capacity is significantly greater than that of the refrigerated air and the building envelope. The publication presents results from several simulations of the model under various operating modes and initial conditions.

- 8.10. Kaloyanov, N., **Stankov, B.**, Tomov, G., & Penkova, N. (2017). Thermal loading at trimming structures in a Trombe wall. *Proceedings of the University of Ruse-2017*, 56(1.2): 36-41. [In Bulgarian]

This paper investigates the thermo-mechanical behaviour of insulating glass units (IGUs) integrated into unvented Trombe walls. The analysis is carried out through simulations using a dedicated CFD model, with boundary conditions defined on the basis of experimental data obtained from a test site. Two IGU mounting configurations are examined: a curtain-wall façade and an operable window system with a frame that exhibits relatively high thermal resistance. The temperature fields and the resulting thermal and mechanical stresses in the construction are evaluated under winter conditions.

- 8.11. **Stankov, B.**, & Vassilev, M. (2017). Matrix method for analysis of heat exchanger networks. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference FPEPM-2017*, vol. 1, 134-141. [In Bulgarian]

This publication presents a method for steady-state analysis of heat exchanger networks developed by the authors. It is implemented in MATLAB and can be used as a stand-alone application. The method employs the matrix and network analysis algorithms of MATLAB to define and solve systems of linear equations that describe the system's behaviour based on conservation principles and the  $\varepsilon$ -NTU method for heat exchanger analysis. It also generates a graphical representation of the network in the form of a directed graph. The developed application is user-friendly and enables rapid modelling and simulation of heat exchanger networks in which the specific heat capacities of the flows can be assumed constant. To further assist the user, it includes a built-in library of  $\varepsilon$ -NTU equations and correction-factor coefficients for a large variety of complex flow arrangements, based on data from the VDI Heat Atlas.

- 8.12. Tomov, G., **Stankov, B.**, & Kaloyanov, N. (2017). Experimental study on the thermal efficiency of a Trombe wall operating in continuous ventilation mode – Part 1. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference FPEPM-2017*, vol. 1, 148-154. [In Bulgarian]

This paper presents the first part of an experimental study of a vented Trombe wall operating under real conditions. The investigated system is a purpose-built Trombe wall integrated into the south façade of a heated room. It comprises two vertical sections equipped with different absorber coatings—black acrylic paint and a selective coating. The vents are open in a way that ensures a continuous supply of fresh air to the room. The analysis focuses on the temperature fields within the structure, the temperature and flow rate of the ventilation air, and the thermal efficiency of the system, defined as the ratio of the heat transferred to the ventilation air to the total solar radiation incident on the external surface of the Trombe wall. The effect of the absorber coating on the system's performance is quantified. The operating regime examined in the first part of the study is uninterrupted natural ventilation, in which the airflow is entirely buoyancy-driven.

- 8.13. Tomov, G., **Stankov, B.**, & Kaloyanov, N. (2017). Experimental study on the thermal efficiency of a Trombe wall operating in continuous ventilation mode – Part 2. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference FPEPM-2017*, vol. 1, 155-159. [In Bulgarian]

This paper presents the second part of the experimental study described in [8.12] and examines the behaviour of the system under uninterrupted forced (fan-assisted) ventilation.

- 8.14. Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2017). Cryogenic energy storage for renewable refrigeration and power supply. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference FPEPM-2017*, vol. 1, 167-174. [In Bulgarian]

This paper presents a brief overview of cryogenic energy storage (CES) technologies, along with a proposed concept for the application of CES in industrial refrigeration facilities. The concept involves storing renewable energy in the form of a cryogenic liquid—liquefied air—which is subsequently boiled at very low temperatures to generate electricity for on-site use or for feeding the power grid during peak-demand periods. The cooling effect produced during the boiling process is employed to partially meet the cooling demand of refrigeration facilities. The presented concept aims to facilitate the integration of renewable energy in refrigerated warehouses while transforming them from conventional energy consumers into active participants in balancing the power grid.

- 8.15. Akterian, S., Fikiin, K., & **Stankov, B.** (2017). Adequacy of the European regulation concerning the temperature and humidity control in the supply chain for shell eggs. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference FPEPM-2017*, vol. 1, 175-180. [In Bulgarian]

This paper presents a critical viewpoint on EC Regulation No. 589/2008 dealing with the handling requirements in the supply chain for shell eggs. Specifically, it argues that the regulation's temperature and humidity control provisions should be carefully reconsidered and updated. The publication also provides a brief overview of alternative standards and codes from around the world, highlighting the discrepancies between prevailing practices in Europe, the United States, and other regions.

- 8.16. **Stankov, B.**, Vlashki, S., & Stoyanov, J. (2016). Software for calculation and visualization of the thermodynamic states of moist air and the psychrometric processes in air-handling systems. *Proceedings of the XXI International Scientific Conference FPEPM-2016*, vol. 1, 234-241. [In Bulgarian]

The presented software allows for calculation of the thermodynamic properties of moist air and the psychrometric processes in air handling systems, along with their visualization in an interactive Mollier (h-x) diagram. It is a stand-alone application developed by the authors in the MATLAB programming environment. The underlying algorithms are based on the ideal gas model. They have been validated through comparison with thermodynamic property data for real moist air from ASHRAE RP-1485.

- 8.17. Tomov, G., **Stankov, B.**, & Kaloyanov, N. (2016). Numerical study on the thermal efficiency of a Trombe wall operating in continuous forced ventilation mode. *Proceedings of the XXI International Scientific Conference FPEPM-2016*, vol. 1, 242-247. [In Bulgarian]

This paper presents the first part of a numerical study on the energy performance of a vented Trombe wall, in which the vents remain open to ensure a continuous supply of fresh air to the room. The study is based on simulations of a dynamic model of the Trombe wall developed in TRNSYS. It

examines the influence of absorber type, number of glass panes, and air velocity through the wall on the thermal efficiency of the system, defined as the ratio of the heat transferred to the ventilation air to the total solar radiation incident on the external surface of the Trombe wall. The operating regime examined in the first part of the study is uninterrupted forced (fan-assisted) ventilation.

- 8.18. Tomov, G., **Stankov, B.**, & Kaloyanov, N. (2016). Numerical study on the thermal efficiency of a Trombe wall operating in continuous natural ventilation mode. *Proceedings of the XXI International Scientific Conference FPEPM-2016*, vol. 1, 248-254. [In Bulgarian]

This paper presents the second part of the numerical study described in [8.17] and examines the behaviour of the system under uninterrupted natural ventilation, in which airflow through the Trombe wall is entirely buoyancy-driven.

- 8.19. Fikiin, K., **Stankov, B.**, & Markov, D. (2016). Contemporary logistics for efficient operation of refrigerated warehouses. *Proceedings of the XXI International Scientific Conference FPEPM-2016*, vol. 1, 262-269. [In Bulgarian]

This publication presents a review of logistics and internal organization systems in refrigerated warehouses for chilled and frozen commodities, with a focus on their importance for the energy performance of such facilities. The significance of this issue is demonstrated through a case study in an ice cream factory, where several simple logistics-related measures lead to substantial energy savings.

- 8.20. Kaloyanov, N., Tomov, G., **Stankov, B.**, Tsokov, L., & Zlateva, M. (2015). Numerical study of the heat transfer processes in a vented Trombe wall operating in ventilation mode. *Proceedings of the XX International Scientific Conference FPEPM-2015*, vol. 1, 258-265. [In Bulgarian]

This paper presents a preliminary investigation into the factors influencing the energy performance of a vented Trombe wall under different operating regimes. The study is based on a factorial experiment conducted through simulations of a numerical model developed in TRNSYS. Several performance indicators are defined and evaluated for each operating regime examined.

- 8.21. Zlateva, M., & **Stankov, B.** (2008). Analysis of the technical and economic performance of a trigeneration system in a medical center. *Proceedings of the XIII International Scientific Conference FPEPM-2008*, vol. 1, 390-398. [In Bulgarian]

This publication presents a technical and economic analysis of a combined cooling, heating, and power (trigeneration) system for a medical centre. A comparative assessment is carried out between the energy costs of a baseline configuration, which employs conventional heating and cooling technologies, and those associated with the implementation of the trigeneration system. An economic assessment of the proposed system indicates that, for the specific case examined, the investment yields an internal rate of return of 6%.