



*Получена: 30.04.2020 г.*

*Приета: 05.06.2020 г.*

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОБЛЕМА СЪС СНЕГОНАВЯВАНЕТО ПО АВТОМОБИЛНИТЕ ПЪТИЩА В БЪЛГАРИЯ. ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ИНСТАЛАЦИЯ ОТ PV-ПАНЕЛИ ПРИ ВАРИАНТНИ РЕШЕНИЯ НА ЗАЩИТНИ НЕПРЕМЕСТВАЕМИ СЪОРЪЖЕНИЯ

С. Иванова<sup>1</sup>, Д. Митева<sup>2</sup>

*Ключови думи: снегонавяване, транспортна инфраструктура, съоръжение с PV-панели*

### РЕЗЮМЕ

Снегонавяванията по транспортната мрежа на България са проблем, чието решение не следва работещи обобщени единни методически принципи. Екипът предлага формат и етапност на методология за проследяване и превенция на риска от снегонавяванията по автомобилните пътища на страната, която може да се развие в ефективна система с практическо приложение. Предложената система се илюстрира с оценка на ефективността на идейни варианти на постоянни снегозащитни съоръжения, предложени в научния проект. В статията се представя оценката на фотоволтаичния потенциал на преграда от щитове с монтирани PV-панели по автомагистрала в Южна и Северна България.

---

<sup>1</sup> Стоянка Иванова, доц. д-р арх., „Автоматизация на инженерния труд“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: siva\_fce@uasg

<sup>2</sup> Десислава Митева, инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: des.miteva@gmail.com

## **1. Актуално състояние на проблема**

### **1.1. Зимно поддържане по РПМ на България в условията на изменение на климата**

Според публикуваното в документа „Национална стратегия за адаптация към изменението на климата и план за действие – сектор „Транспорт“ [1] ситуацията с явленията виелици и снеговалеж е следната: в дългосрочните прогнози годишните количества снеговалежи показват намаление, а в краткосрочна и средносрочна перспектива виелиците и интензивните снеговалежи ще провокират затруднения при всички видове транспорт през зимния период на годината. Там се подчертава, че в редица региони допълнително усложнение се явяват равнинният релеф и липсата на трайни решения чрез естествени и изкуствени противовеетрови бариери, което в перспектива ще увеличава честотата на нарушенията в транспортните услуги при екстремни метеорологични събития.

Зимното поддържане на автомобилните пътища обхваща комплекс от дейности, които са насочени към осигуряване на тяхната проходимост при зимни условия, респективно отстраняване или ограничаване на неблагоприятното влияние на снега/леда върху условията за движение [2, 3]. Отново в [1], в частта, която разглежда правната рамка и политиките на България за адаптация към изменението на климата (АИК), се прави извод, че наредбите за планиране и проектиране на транспортната инфраструктура не разглеждат въпроси, свързани с въздействието на изменението на климата (такива са валежни количества, снегозащита, отчитане на топлинния стрес и други). Потенциалната превенция е отнесена към чисто техническите аспекти за изграждане и поддръжка на отделни елементи от транспортната система, която частично допълнително обезпечена от указания, планове и регламенти, съставлящи документацията на администрациите, които управляват инфраструктурата.

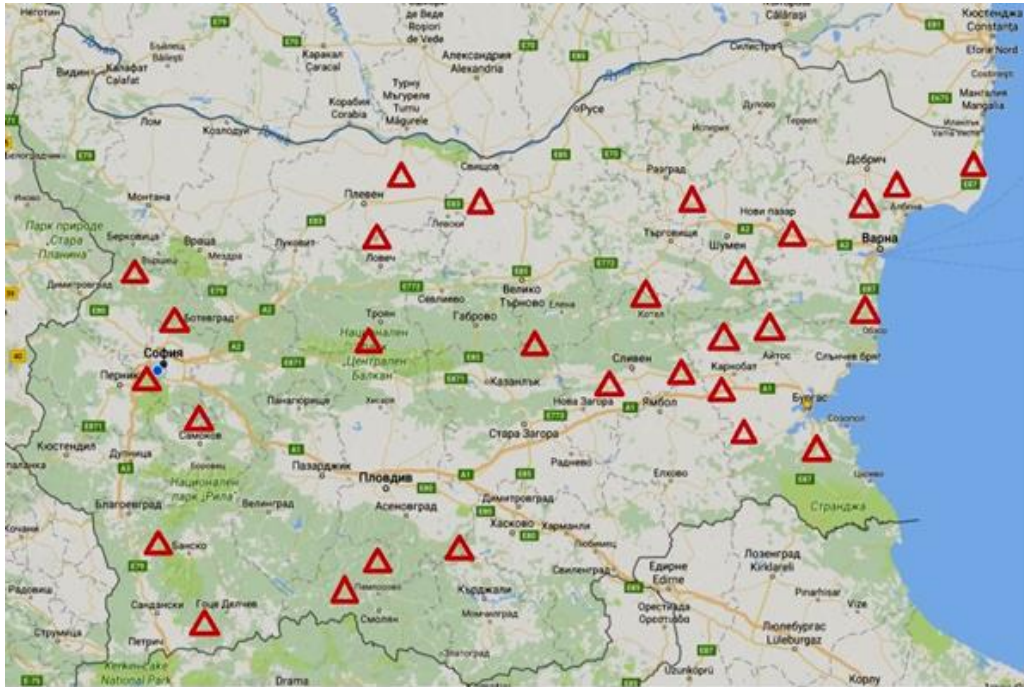
Практиката показва, че защитата на пътищата от републиканската пътна мрежа (РПМ) от снежни навявания в България е съществена част от обема работи по зимното поддържане. Превенцията на заснежаването в участъци, при които е регистриран значителен снегопренос, е в основата на намаляване на разходите и повишаване на безопасността на движение при зимни условия. От направен обзор на световния опит, може да се заключи, че предпазването на пътните трасета от снегонавяване се реализира чрез изпълнението на различни видове материални прегради (плътни, решетъчни, зелени пояси), разположени по дължина на транспортния участък в зависимост от посоката на преобладаващия вятър. Обобщение на мерките е дадено в [4] – „Обобщаваща таблица на мероприятията за защита на пътищата от снегонавяване в България, Австрия, Германия, Русия и САЩ“.

### **1.2. Състояние на проблема „снегонавяване“ в Р България и статистически данни за АМ „Тракия“ в периода 2010 – 2019 г., включително**

Натрупването на сняг върху платното за движение е причина за затваряне на редица транспортни отсечки от РПМ за продължителен период от време, което повлиява негативно върху стратегическото и стопанското им значение в национален мащаб.

Свободно публикуваните данни за периода 2010 – 2019 година показват редица административни области, в които се наблюдава регулярен проблем със зимното поддържане поради снегонавявания. Такива са Ловеч, Разград, Добрич, Шумен, Силистра,

Варна, Велико Търново, Габрово, Русе, Разград, Хасково, Смолян, Бургас, Ямбол, Стара Загора, София, Благоевград, Кюстендил, което е значителна част от територията на България, респективно от транспортната ѝ мрежа (вж. фиг. 1) [5].



Фиг. 1. Карта на Р България с обозначени пътни участъци, затваряни през зимния период поради снегонавяване, картна основа – Google maps [4]

### 1.3. Анализ на проблема в условията на настоящите регламентни възможности

Анализът в [6] и на многото регистрирани случаи на затваряне на платното за движение за поне денонощие (в периода декември 2016 – март 2018 г.) показва, че настоящите мероприятия имат компромисна ефективност, защото изборът им не се основава на конкретен анализ за съответния участък, което се дължи на липсата на система за оценка на всеки тип защита за конкретна географска и климатична ситуация. В резултат на това осигуряването на непрекъснатостта на трафика по РПМ при зимни условия в случаите на обилен снеговалеж, комбиниран със скоростен вятър и ниски температури, практически остава нерешен проблем на зимното поддържане.

### 1.4. Изводи и обосновка на необходимостта от научен подход за решаване на проблема в условията на участъкова нехомогенност на системата терен – път – климатична зона

Посоченото в т. 1.3 и в [6] илюстрира необходимостта от създаването на широкообхватен научно-приложен инструмент, който да задава избора на типа снегозащитни съоръжения (постоянни/временни) и вида на конструктивната им система, и който

включва цялостния процес на проектиране на защитната система за конкретното взаимодействие между средата, въздействието и приемника.

Подобна процедура, която предвижда висока степен на превенция и обосновава разнообразието на вариантите решения в световен мащаб, е предмет на научни изследвания, предвид комбинирането на множество фактори, които влияят върху противодействието при неблагоприятни климатични условия.

### **1.5. Заключение и проектна цел на научната разработка**

Решението на проблемите със снегонавяването в дългосрочен план изискват разработване на методически принципи за избор на снегозащитна концепция, които ще станат идейна основа на създаване на научна методология за оценка на ефективността на предпазни съоръжения при всяко проектно задание в рамките на индивидуалните му параметри.

Съчетанието на входните променливи на средата, трасето, елементите на защита и други трябва да бъде оценено с експеримент, чрез който в анализния алгоритъм ще се даде възможността за проследяване на пространственото поведение на снежните виелици със съвременни моделиращи софтуерни инструменти [6].

Целта на научната разработка е определяне на обхвата на направленията, чието проследяване дава възможност за ефективна превенция от снегонавяване по пътищата и възможна оптимизация на предлаганите вариантни решения.

### **1.6. Оформяне на принципите на алгоритъма за практическо прилагане на създадената методология. Въвеждане на първична процедура за нуждите на двата типа тестове [6]**

Първа задача в изграждането на този алгоритъм е идентифицирането на пътни (железопътни) участъци с висока уязвимост към снегонавявания по територията на страната:

- Определяне на пътните участъци съобразно статистически данни за повторемост на снежните навявания.
- Определяне на пътните участъци съобразно геометрични проектни параметри на трасетата.
- Определяне на пътните участъци съобразно ландшафтната предразположеност на терените извън пътното платно. *На база на направения анализ в [6] беше локализиран участък от трасето на АМ „Хемус“, за който да се направи оценка на фотоволтаичния потенциал.*

Следва обследване и заснемане на ландшафтните характеристики на избраната пътна отсечка, последвано от създаване на тримерен числен модел на теренната повърхност на заснетата пътна отсечка за нуждите на флуидното проследяване.

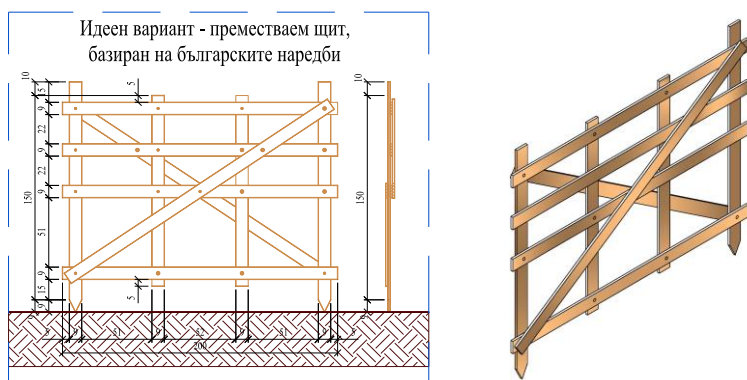
На тази база следва разработване на варианти на предварителна геометрия и степен на замрежване на съоръжения против снегонавяване:

- Идеини предложения на вариантни решения, преместваеми и/или непреместваеми, с частична или смесена проницаемост.
- Избор на съоръжения, с които да се проследи ефективността на методиката, в каква степен тя дава информация за защитния потенциал на модификации на конструкциите.

- Идејни варианти – приложени са принципи за подход при избор на монтажни схеми за снегозащитни съоръжения. Те представляват нови конструктивни решения – непреместваем тип с различна геометрия и степен на проницаемост (варианти на замрежване). Конструкциите, при които са предвидени PV-панели са предмет на проследяване чрез залегналите тестове в методологията за оценка на снегозащитния [6] и фотоволтаичния капацитет (представен в настоящата статия).

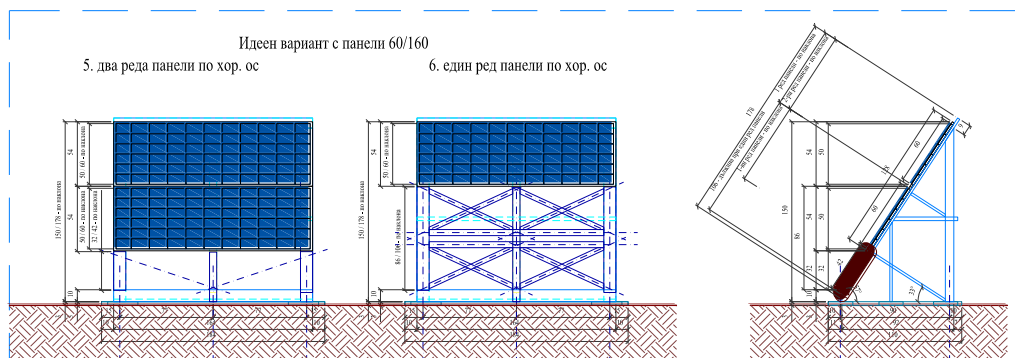
Идејните варианти, които са разработени за нуждите на тестовите, които са необходими за нуждите на предложената методика, са представени на фиг. 2, до фиг. 9:

- Идеен вариант преместваеми решения от дърво, базирани на [2, 3] и обобщения анализ в [4] – фиг. 2;



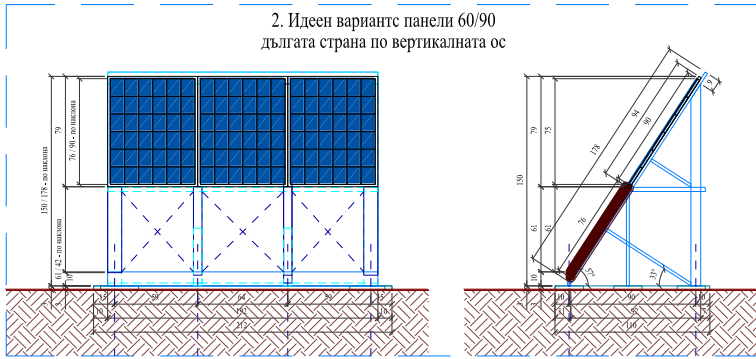
Фиг. 2. Прегради от преместваеми елементи – разработени варианти по БН210/2018

- Идејни варианти Тип I – решения с PV-панели 60/160;



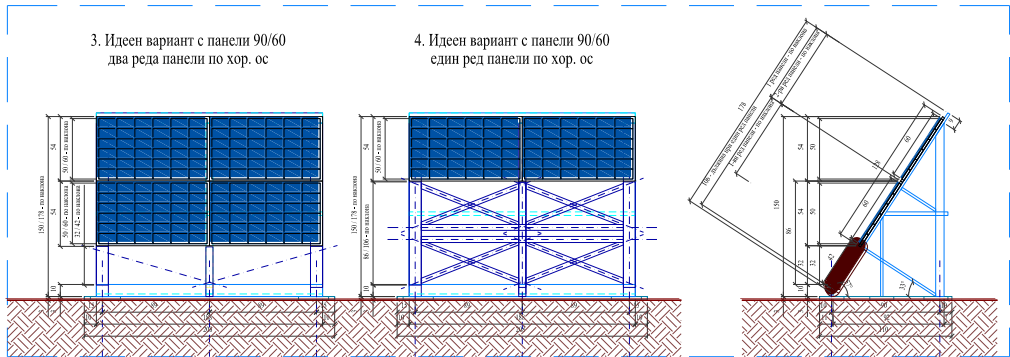
Фиг. 3. Тип I варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип II – решения с PV-панели 90/60;



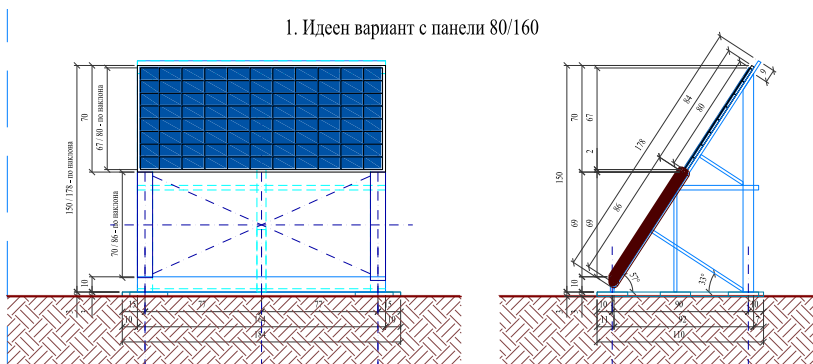
Фиг. 4а. Тип II варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип II – решения с PV-панели 90/60.



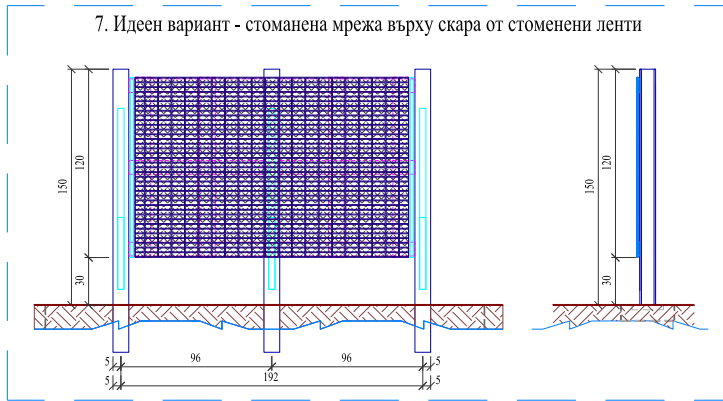
Фиг. 4б. Тип II варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип III – решения с PV-панели 80/160;



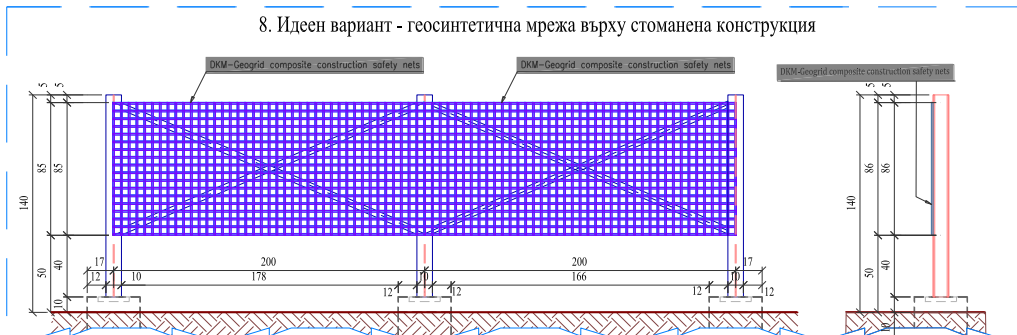
Фиг. 5. Тип III варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип IV – решение с растерно замрежване над просвета – стоманена скара, покрита със стоманена или полиетиленова мрежа;



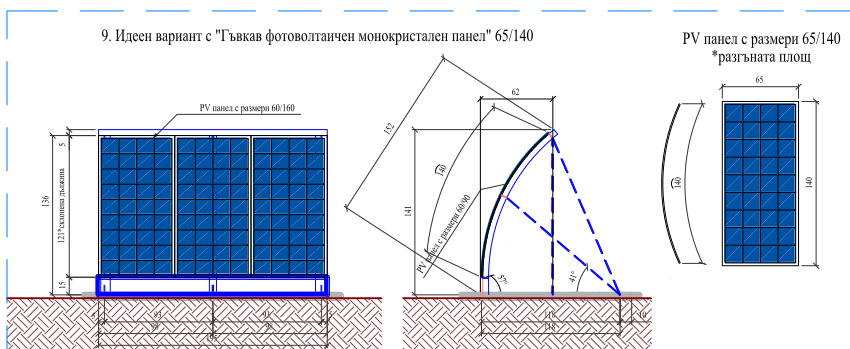
Фиг. 6. Тип IV варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип IV – решение с растерно замрежване над просвета – пано от стоманена основа, покрита с геосинтетична мрежа;

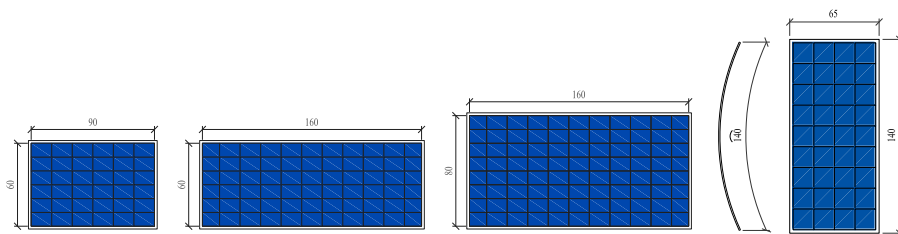


Фиг. 7. Тип IV варианти по БН210/2018

- Идейни варианти Тип V – решение с „Гъвкав фотоволтаичен монокристален панел“;



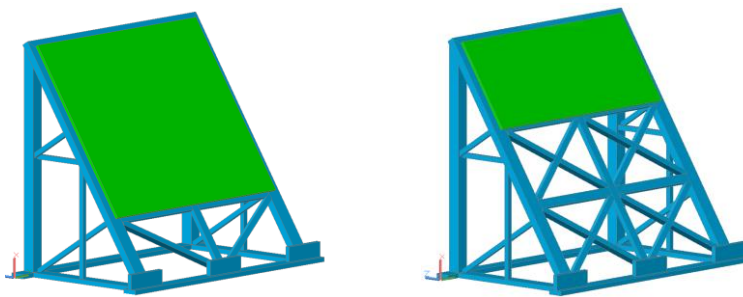
Фиг. 8. Тип V варианти по БН210/2018



Фиг. 9. Геометрия и размери на използваните панели, използвани за проектовариантите на конструкциите за постоянни съоръжения [4, 10]

### 1.7. Окончателно избрани идейни варианти, предмет на двата типа изследвания

Избраните идейни конструктивни решения (фиг. 10) са с редица предимства като функционалност, с които да предоставя ефективна превенция срещу снегонавяване [12]. Анализ на икономическата и екологичната ефективност на системата от непреместваеми щитовете е дадена в [6].



Фиг. 10. Окончателно избрани идейни варианти, предмет на двата типа изследвания [4]

## 2. Оценка на фотоволтачните системи като елемент на снеготъйните съоръжения от стационарен тип – разполагане на PV-панели върху магистрални снеготъйни съоръжения

Ориентацията и на двете основни български автомагистрали „Тракия“ и „Хемус“ в посока изток-запад прави подходящо съчетаването на снеготъйни съоръжения, разположени на север от нея, с фотоволтачни панели, ориентирани на юг (фиг. 11). Комбинирането на двете функции осмисля значително изграждането на постоянни съоръжения, които през зимата ще изпълняват функция на защита от снега и целогодишно ще произвеждат електрическа енергия.

За решаване на вече описаната задача се изследват конкретните соларни ресурси на два терена край двете магистрали, съответно:

- терен край АМ „Тракия“ в близост до с. Ветрен и пътен възел „Айтос“, на 350 метра северно от магистралата с географски координати: г.ш. 42,597° и и.д. 27,386°;

- терен край АМ „Хемус“ до с. Габърница, на 350 метра северно от магистралата с географски координати: г.ш. 43,259° и и.д. 27,491°.

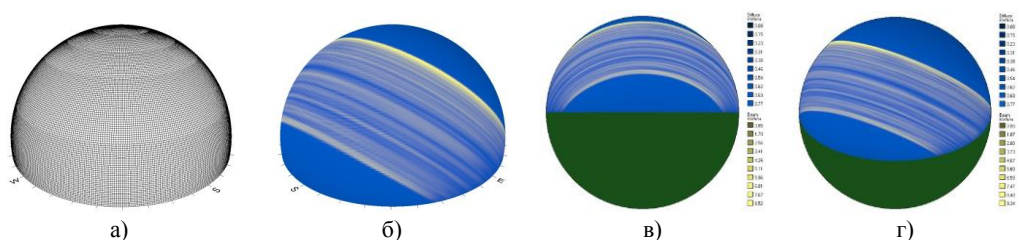


Фиг. 11. Сателитни снимки с местоположение на избраните терени: а) в близост до с. Ветрен; б) в близост до с. Габърница, по данни на Google Maps

## 2.1. Цел и методика на изследването

Проверка на различни схеми на разположение на снеготъчителните съоръжения, за по-оптимално използване на фотоволтаичния потенциал на терена през годишните сезони. За решаване на задачата беше използван софтуерният пакет SOLARES [7]. Той ползва часови соларни данни от PVGIS [8] база данни SARAH, организирани в т.нар. TMY (Typical Meteorological Year), генерирани на базата на сателитни наблюдения в периода от 2005 до 2014 г.

Препроцесорът в този пакет подготвя 365 карти на целодневни излъчвания на небосвода – по една за всеки ден от типичната метеорологична година. За конкретната задача небесната полусфера се разделя на 36865 трапецовидни елемента по т.нар. схема Reinhart MF:16 (фиг. 12а) и за всеки един от тях се изчислява с натрупване през 1 минута дифузно и директно (ако го има) слънчево излъчване (фиг. 12б). Втората програма в пакета изчислява дифузната, директна и отразена радиация върху равнина с произволен наклон (хоризонтална, вертикална – фиг. 12в или наклонена – фиг. 12г), с произволна ориентация и за произволен период от годината.

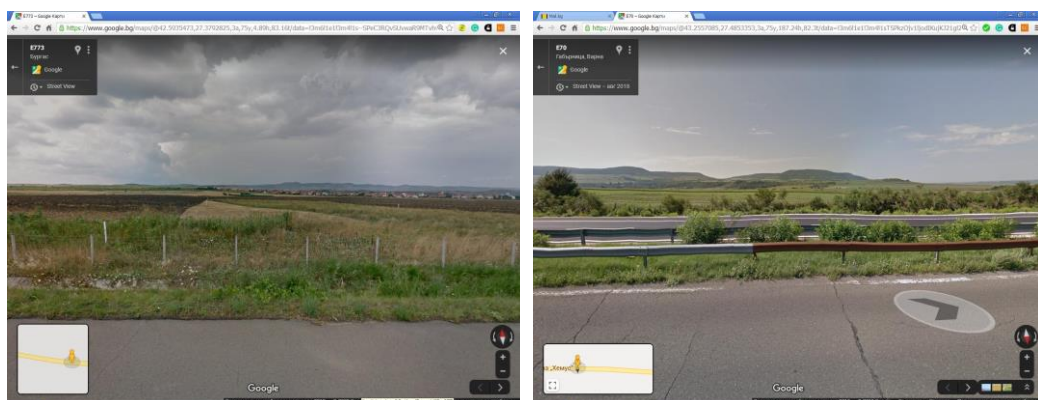


Фиг. 12. а) Разделяне на небесната полусфера на 36865 елемента; б) модел на излъчващия небосвод с натрупване за цяла година; в) вертикален изглед към южната част на небосвода; г) изглед от наклонена равнина с произволна ориентация към небосвода

В новата версия на софтуера е добавен анализ на засенчването на хоризонта от близо/далече разположени планини и хълмове:

- За АМ „Тракия“ на избраното местоположение няма значителни засенчвания от близо разположени планини, хълмове и съоръжения, като максималното надвишение на хоризонта в южна посока е  $1^\circ$  (фиг. 13а);
- За АМ „Хемус“ в южна посока от избраното местоположение небосводът е засенчен от близо разположени дялове на Стара планина, като максималното надвишение на хоризонта е  $3^\circ$  (фиг. 13б) по данни на PVGIS. Целта е да се направи съпоставка с резултатите за първия терен край магистрала „Тракия“.

Засенчването на хоризонта намалява директната и дифузна слънчева радиация и увеличава отразената радиация от терена.



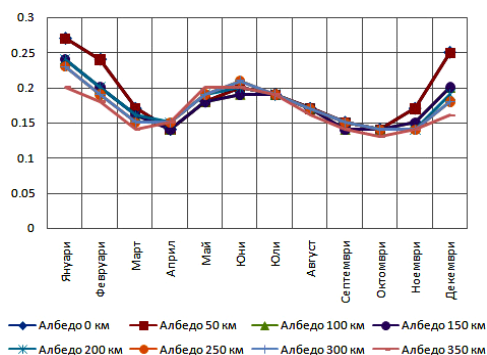
а)

б)

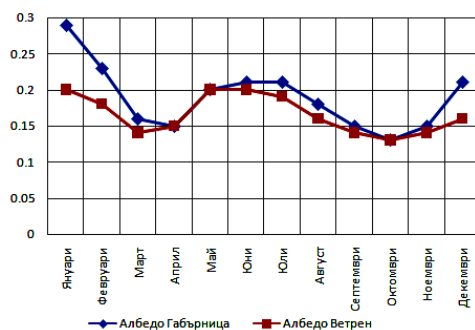
Фиг. 13. Поглед в южна посока: а) в близост до с. Ветрен; б) в близост до с. Габърница.

Източник: Google Streets View

## 2.2. Годишно изменение на земното алbedo



а)



б)

Фиг. 14. Годишни вариации в албедото на терените: а) северно от магистрала Тракия; б) северно от магистрала Хемус и сравнение на албедото край двата терена

За определяне на отразената слънчева радиация е необходимо да се знае изгледът към земната повърхност и земното алbedo. За настоящото изследване бяха използвани стойности, получени от POWER Data Access Viewer [9].

Годишната графика на изменение на земното алbedo следва еднотипна годишна динамика в различните участъци по автомагистрала Тракия (фиг. 14а). Забелязва се, че албедото в Северна България (в синьо на фиг. 14б) е значително по-високо през зимния период, поради по-голямата надморска височина и по-големите валежи от сняг. Същият ефект се наблюдава в по-малка степен и през лятото.

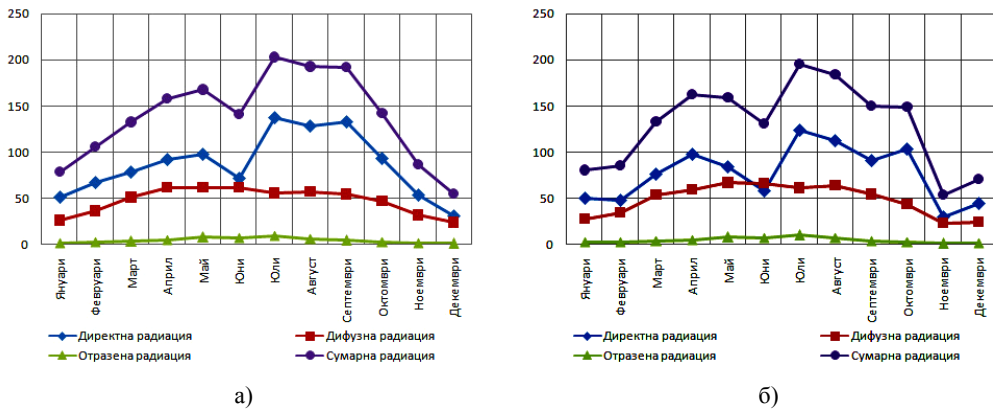
Най-ниско алbedo има през преходните сезони – пролет и есен.

### 2.3. Изчисляване на сумарна слънчева радиация върху PV-панел

Факторите, които влияят на избора на наклон на фотоволтаични панели върху снегозащитни съоръжения, са свързани с основните им задачи в тези съоръжения:

- максимално голям добив на електроенергия;
- бързо свличане на натрупания върху PV-панелите сняг;
- съвместимост с конструкцията на снегозащитното съоръжение.

След анализ на факторите беше избран наклон на фотоволтаичните панели от  $53^\circ$ , който гарантира по-бързо свличане на снега надолу по повърхността им и е с благоприятна снегозащитна функция. С продукта SOLARES за зададените географски координати бяха определени месечните количества директна и дифузна слънчева радиация, падащи върху повърхността на панел с посочения наклон.



Фиг. 15. Слънчева радиация по месеци върху равнина под наклон  $53^\circ$  в южна посока [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]: директна, дифузна, отразена и сумарна: а) край АМ „Тракия“; б) край АМ „Хемус“

Отразената слънчева радиация е изчислена като произведение от падащата хоризонтална радиация, албедото и т.н. GVF – изгледен фактор към терена, който при наклон от  $53^\circ$  е приблизително равен на 0,2. Слънчевата радиация е илюстрирана по месеци върху равнина под наклон  $53^\circ$  в южна посока [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]: директна, дифузна, отразена и сумарна покрай АМ „Тракия“ (фиг. 15а) и АМ „Хемус“ (фиг. 15б).

## 2.4. Коментар на междинните резултати

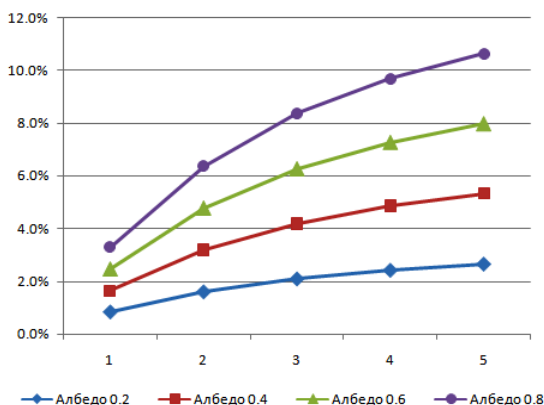
Колкото по-голям е наклонът на фотоволтаичните панели, толкова по-голямо става значението на отразената слънчева радиация. Анализът показва, че през по-голямата част от годината албедото на терена остава сравнително ниско – под 0,2. Повишаването на тази стойност в южна посока от PV-панелите би повлияло благоприятно и на отразената слънчева радиация. Това е възможно чрез разполагане на ивица с ширина от няколко метра от материали със светли цветове – светлоцъфтящи растения, светъл пясък, бели плочи/плочки, светли фракции скален материал и други.

## 2.5. Проверка при случай на светла ивица

При височина 1,57 m на съоръжението с наклонен размер на панела 1,28 m, по методология за изчисляване на лъчист топлообмен между повърхности под ъгъл по метода на крайните елементи [11], беше определено с колко нараства отразената радиация при полагане на светла ивица в южна посока пред съоръжението. Бяха тествани ширини на ивиците от 1, 2, 3, 4 и 5 m. За всяка една от тях беше определен изгледният фактор от PV-панела и процентът, който представлява отразената радиация от сумарната хоризонтална слънчева радиация.

	Изгледен фактор	Алbedo 0.2	Алbedo 0.4	Алbedo 0.6	Алbedo 0.8
Ширина 1 m	0,041	0,8%	1,7%	2,5%	3,3%
Ширина 2 m	0,080	1,6%	3,2%	4,8%	6,4%
Ширина 3 m	0,104	2,1%	4,2%	6,3%	8,4%
Ширина 4 m	0,121	2,4%	4,8%	7,3%	9,7%
Ширина 5 m	0,133	2,7%	5,3%	8,0%	10,6%

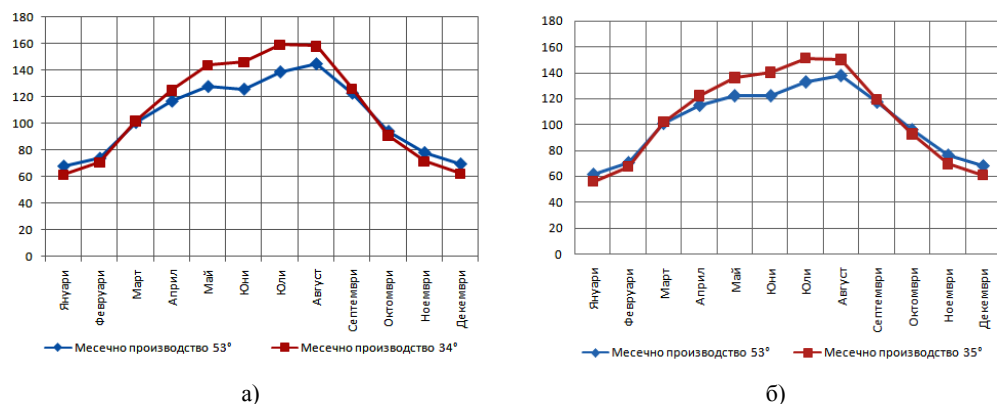
**Фиг. 16. Изгледен фактор и нарастване на отразената радиация в проценти от сумарната хоризонтална слънчева радиация при различно алbedo на светлата ивица в южна посока от съоръжението, при наклон 53**



**Фиг. 17. Нарастване на отразената радиация в проценти от сумарната хоризонтална слънчева радиация като функция от ширината на светлата ивица в метри**

## 2.6. Фотоволтаичен потенциал

За определяне на фотоволтаичния потенциал на изследвания терен беше използвана новата версия на PVGIS [8], в режим „Performance of grid-connected PV”. Резултатите са изобразени на фиг. 18.



Фиг. 18. Месечно производство на електричество в [kWh] от фотоволтаична инсталация при фиксиран наклон от 53°, в сравнение с оптимален наклон: а) край магистрала „Тракия“; б) край магистрала „Хемус“

В синьо е показано месечното производство на електричество при монтиран 1 kWp с фиксиран наклон на панелите от 53°. Контролно в червено е показано производството при оптимален PV-наклон, който за терена край с. Ветрен е 34°, а за с. Габърница – 35°.

Графиките илюстрират, че избраният наклон за снегозащитни съоръжения води до по-високо производство на електроенергия през студения сезон и по-ниско – през лятото спрямо оптималния наклон, като зимното производство се явява приблизително половината от лятното.

В заключение, при наклон 53° при с. Ветрен могат да се произведат 1264 kWh електрическа енергия годишно, което е 96% от тази при оптимален ъгъл (1317 kWh). Панелите край с. Габърница могат да произведат 1220 kWh електроенергия годишно при наклон 53°, т.е. 96% от производството при оптимален ъгъл (1266 kWh) – фиг. 19.

Участък	Геогр. ширина	Средно алbedo	Хориз. Радиация [kWh/m <sup>2</sup> ]	Радиация при наклон 53° [kWh/m <sup>2</sup> ]	Фотоволт. потенциал [kWh/kWp]
Магистрала Хемус - с. Габърница	43,259°	0,19	1421	1555	1220
Магистрала Тракия - с. Ветрен	42,595°	0,16	1510	1655	1264

Фиг. 19. Съпоставка на соларни ресурси и фотоволтаичен потенциал за двата изследвани терена край магистрала „Хемус“ и „Тракия“

## 2.7. Разполагане на снегозащитните съоръжения в няколко реда

Разполагането на няколко реда снегозащитни съоръжения действа благоприятно върху способността на снегозадържане. Задните редове се очаква да са повече засенче-

ни, но от теоретичното условие за оптимална снегозащита, при разстояние между редовете, по-голямо от 10 пъти, височината на съоръжението, засенчването е минимално.

При разполагане на конструкциите в един или няколко реда по дължина на пътните ситуации, от водещо значение е местоположението на реда, който е най-близък до платното за движение. Препоръчително е съставящите го конструктивни елементи да се разглеждат като пътни принадлежности, които като материално препятствие може да окажат влияние върху видимостта при движение. Респективно това може да се отрази върху скоростта на движение на МПС-тата. Тези предпоставки налагат за приетото местоположение и геометрия на снегозащитната преграда да се направи оценка за гарантиране на видимостта, особено в случаите на участъци в хоризонтална крива [13, 14].

## **2.8. Препоръки за селскостопански култури в близост до съоръженията**

Практиката показва, че е възможно около и пред фотоволтаични инсталации да се отглеждат селскостопански култури. Растенията в южна посока трябва да не засенчват фотоволтаичните панели. Подходящи са например културите пшеница, ечемик, картофи, детелина, целина, люцерна, рапица, билки и други едногодишни фуражни и зеленчукови култури. Трябва да се каже, че отглеждането на растения около PV-панели оказва положително влияние на тяхната работа.

## **2.9. Приложение на екологична енергия**

Генерираното електричество от PV-панели, монтирани върху снегозащитни съоръжения, е най-добре да се използва в близост до самите съоръжения. Друго решение е да се използва принципът „виртуал нетметъринг“ (virtual net-metering). Според този принцип зелена енергия, произведена на едно място и подадена към националната енергийна мрежа, може да бъде ползвана от производителя или собственика на земята по-късно на друго място в същия район, като той заплаща само такса за услугата „пренос и съхраняване“. Произведеното по този начин електричество може да се използва за:

- захранване с възобновяема енергия на близко разположените селища, предприятия и обекти;
- захранване с енергия на крайпътни станции за зареждане на електромобили;
- изграждане на ивици за контактно или безконтактно индукционно зареждане на електромобилите при движението им по магистралата;
- осигуряване на интелигентно нощно осветление над магистралата;
- топене на снега върху платната на магистралата;
- захранване на крайпътни автомати, табла, билбордове;
- създаване на предпоставки за изграждане на интелигентни магистрали;
- подаване на излишните количества към националната енергийна мрежа.

### **3. Препоръки за реализиране на системен пакет от дейности, изграждащи структура на работеща система за превенция на снегонавяването по пътищата и железопътните линии**

Изграждането на съвременен и мултифункционален по приложимост продукт, който оценява разнообразието от системни решения за защита на транспортната инфраструктура от снегонавяване, трябва да се обезпечи със следните компоненти:

- единна методология за съответната държава;
- прилагане на инженерни подходи за оценка, при използване на научната основа;
- прилагане на съвременни подходи (ИМФ и изградените на основата ѝ софтуерни продукти) на дефиниране на климатични ситуации за реални обекти;
- създаване на бази данни за проблемните участъци и повторемостта на затваряне на отсечките;
- създаване на база данни с необходимите климатични характеристики, която да позволи дефиниране на конкретни природни фактори;
- екипи, които да напишат софтуерните пакети (да използват готови) и да верифицират и валидират числените модели;
- да се търсят финансови инструменти за понижаване на ценовата себестойност на изградените снегозащитни съоръжения, успоредно с въвеждането на иновации и екологичност, които да повишат вариантите за приложимост на същите.

### **4. Заключение и насоки за бъдещи дейности**

Екипът който се занимава с научната тема, ще търси възможности за реално прилагане на методиката в условията на бъдещата ѝ практическа доработка. Подходите за внедряването на подобен мултифункционален оценъчен продукт, които ще се следват, са:

- 1) запознаване на отговорните институции на Р България с резултатите от научния проект;
- 2) продължаващо събиране и систематизиране на данни за транспортната инфраструктура и климатичните зони, през които минава;
- 3) популяризиране на резултатите в рамките на различните видове научни инициативи.

## **Благодарности**

Авторите изказват благодарност на ЦНИП при УАСГ за финансирането на проекта „Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. Оценка на ефективността на вариантни решения на защитни конструкции. Анализ на приложимостта на постоянни снегозащитни съоръжения с инсталация от PV-панели“ – (Договор БН 210/18).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приложение 7: Оценка на сектор „Транспорт“, Република България, Консултантски услуги по Национална стратегия и план за действие за адаптация към изменението на климата – Номер на проекта: P160511, [www.eufunds.bg](http://www.eufunds.bg), 17.08.2018.
2. МРРБ, Наредба № РД-02-20-19 от 12 ноември 2012 г., ДВ, брой 91 от 2012.
3. НАПИ, ЦЛПМ, Технически правила и изисквания за поддържане на пътища, 2009.
4. *Иванова, Ев., Сулай, И., Стайков, Ил.* Снегозащита на автомобилните пътища. Оценка на проблема в Р България. Международна юбилейна научна конференция „75 години УАСГ“, София, // Годишник УАСГ, ISSN 2534-9759, 2017, 51, (7): 15-34.
5. *Иванова, Ев. и кол.* Отчетен доклад по тема „Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. Оценка на ефективността на вариантни решения на защитни конструкции. Анализ на приложимостта на постоянни снегозащитни съоръжения с инсталация от PV-панели“, БН210/2018 етап 2, ЦНИП при УАСГ, София, 12.2019.
6. *Иванова, Ев., Марков, Д., Мижорски, С.* Изследване на проблема със снегонавяването по автомобилните пътища в България. Оценка на ефективността срещу снегонавяване на вариантни решения на защитни конструкции от съоръжения с инсталация от PV-панели, // Годишник на УАСГ, ISSN 2534-9759, 2020 53 (3): 733-753.
7. *Ivanova, St., Gueymard, Ch.* Simulation and applications of cumulative anisotropic sky radiance patterns. *Solar Energy* 178 (2019), pp. 278-294.
8. PVGIS. 2017. Photovoltaic Geographical Information System – main page: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html).
9. POWER Data Access Viewer – Methodology, available online: [https://power.larc.nasa.gov/documents/POWER\\_Data\\_v9\\_methodology.pdf](https://power.larc.nasa.gov/documents/POWER_Data_v9_methodology.pdf).
10. [www.greenmatch.co.uk/solar-energy/photovoltaics/photovoltaic-system](http://www.greenmatch.co.uk/solar-energy/photovoltaics/photovoltaic-system), посетен на 07.2018.
11. *Muneer, T., Ivanova, S., Kotak, Y., Gul, M.* Finite-element view-factor computations for radiant energy exchanges. // *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Volume 7, Issue 3, May-June 2015, pp. 033108-1 – 033108-20.
12. *Иванова, Е., Митева, Д., Стайков, Ил., Бояджиев, С.* Идеини варианти за снегозащитни съоръжения от стационарен тип – икономическа обосновка и екологическа ефективност, VII Международна научна конференция „Техника. Технологии. Образование. Сигурност 2018“, 30.05. – 02.06. 2018, Велико Търново, България, Сборник с доклади ISSN 2535-0315 (print), ISSN 2535-0323 `online), 2019, 117-120.
13. *Мартинов, Д.* Видимостта като критерий за избор на радиус на хоризонтална крива при автомагистрала и скоростни пътища. // Годишник на УАСГ, ISSN 2534-9759, 2020 53 (2): 509-521.
14. *Мартинов, Д.* Видимостта като критерий за избор на действителна скорост на движение при автомагистрала. // Годишник на УАСГ, ISSN 2534-9759, 2020 53 (2): 499-508.

# INVESTIGATION OF THE PROBLEM WITH THE SNOWDRIFTS ON THE ROADS IN BULGARIA. EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INSTALLATION OF PV PANELS IN VARIANT SOLUTIONS OF PROTECTIVE NON-MOVABLE FACILITIES

S. Ivanova<sup>1</sup>, D. Miteva<sup>2</sup>

*Keywords: snowdrifts, transport infrastructure, facility with PV panels*

## ABSTRACT

Snowdrifts on the transport network of Bulgaria are a problem whose solution does not follow working generalized uniform methodological principles. The team proposes a format and phased methodology for tracking and prevention of the risk of snowdrifts on the country roads, which can be developed into an effective system with practical application. The proposed system is illustrated by evaluating the effectiveness of conceptual options for permanent snow protection equipment suggested in the research project. The paper presents the assessment of the photovoltaic potential of a barrier of shields with installed PV panels on the highway in southern and northern Bulgaria.

---

<sup>1</sup> Stoyanka Ivanova, Assoc. Prof. Dr. Arch., Dept. "Computer-Aided Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: siva\_fce@uacg

<sup>2</sup> Desislava Miteva, Eng., Dept. "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: des.miteva@gmail.com