

**Анализ на концентрациите на SO₂ в атмосферния въздух
в Димитровград, България, 2023 г.:**

**Изследване на приноса на емисиите от въглищната
електроцентрала „Марица 3“ към концентрациите на SO₂**

Технически доклад на изследователските лаборатории на „Грийнпийс“

GRI-TR-01-2024, ноември 2024 г. Кевин Бригдън, Ейдън Фароу

Изследователски лаборатории на „Грийнпийс“, Център за иновации Фаза 2, Университет на
Екзитър, Екзитър, Великобритания

Съдържание

Резюме	1
Въведение	2
Данни и методи	4
Местни данни за качеството на въздуха	4
Местни метеорологични данни	4
Моделирани набори от данни за вятъра	6
Концентрации на SO₂ в атмосферния въздух	7
Концентрация на SO ₂ и работа на ТЕЦ „Марица 3“	7
Концентрация на SO ₂ и метеорология	10
Заклучения	14
Източници	15

Резюме

В това проучване е изследван приносът на емисиите от въглищната топлоелектроцентрала (ТЕЦ) „Марица 3“ към концентрациите на серен диоксид (SO_2) в атмосферния въздух през 2023 г. в съседния ѝ град Димитровград, Югоизточна България.

ТЕЦ „Марица 3“ е работила спорадично през 2023 г. и са наблюдавани значителни разлики в концентрациите на SO_2 в атмосферния въздух между времето, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила, и времето, когато не е работила, като по време на работа са наблюдавани по-високи концентрации и много по-голяма променливост на нивата.

Това проучване предоставя убедителни доказателства, че експлоатацията на ТЕЦ „Марица 3“ вероятно е причина за повишените концентрации на SO_2 в Димитровград.

Основните констатации включват:

- Средната концентрация на SO_2 по време на работа ($26,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) е 1,8 пъти по-висока от тази по време на неактивност ($15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Среднодневната концентрация на SO_2 често е превишавала $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, което е над препоръчителната стойност на Световната здравна организация (СЗО) за 24-часова средна концентрация.
- Най-високите концентрации на SO_2 са се наблюдавали много по-често, когато „Марица 3“ е работила (и през 24-те часа след работата). По време на работа са отчетени 90% от 50-те най-високи часови концентрации на SO_2 и 83% от 100-те най-високи стойности.
- Анализът показва, че разликите в концентрациите на SO_2 между периодите на работа и периодите на неработене не са били основно обусловени от разликите в характера на вятъра в тези периоди, а вероятно са били резултат от разлики в емисиите на SO_2 .
- Анализът показва значителен източник на SO_2 на изток от станцията за мониторинг, в посока на площадката на „Марица 3“ – модел, който се наблюдава най-ясно по време на експлоатацията на този ТЕЦ.
- Моделите на концентрацията на SO_2 предполагат, че по-високите нива, наблюдавани през някои части на зимата, са свързани с работата на „Марица 3“ и не се дължат единствено на други допълнителни местни източници през зимните месеци, като например изгарянето на въглища в домакинствата.

Въведение

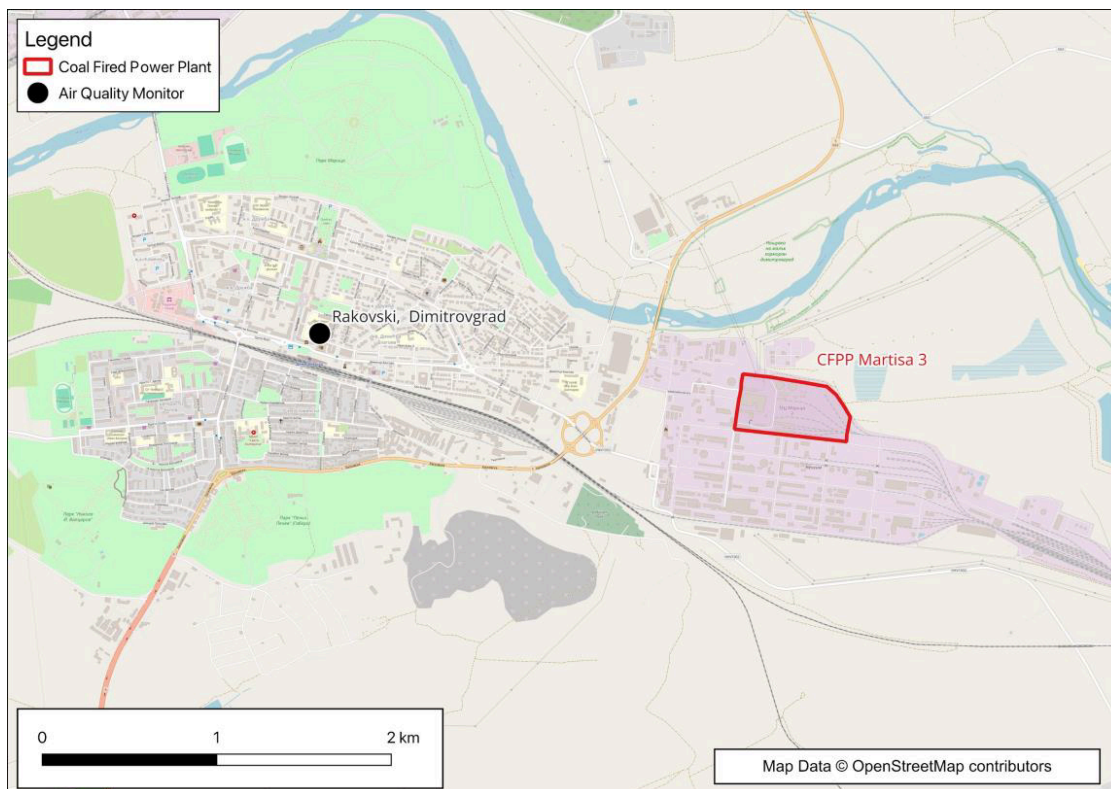
Въглищната електроцентрала ТЕЦ „Марица 3“ е разположена в източния край на Димитровград, в Югоизточна България (фигура 1). Освен това на североизток от Димитровград, на разстояние между 30 и 50 км, е разположена група от ТЕЦ-ове. Те включват ТЕЦ „Брикел“, ТЕЦ „Ей И Ес – Марица-изток 1“, ТЕЦ „Контур Глобал – Марица-изток 3“ и ТЕЦ „Марица изток 2“ (фигура 2).

Данните за произведената електроенергия, докладвани на [платформата за прозрачност ENTSO-e](#), показват, че през 2023 г. ТЕЦ „Марица 3“ е работила спорадично, като централата е била активна приблизително една трета от годината.

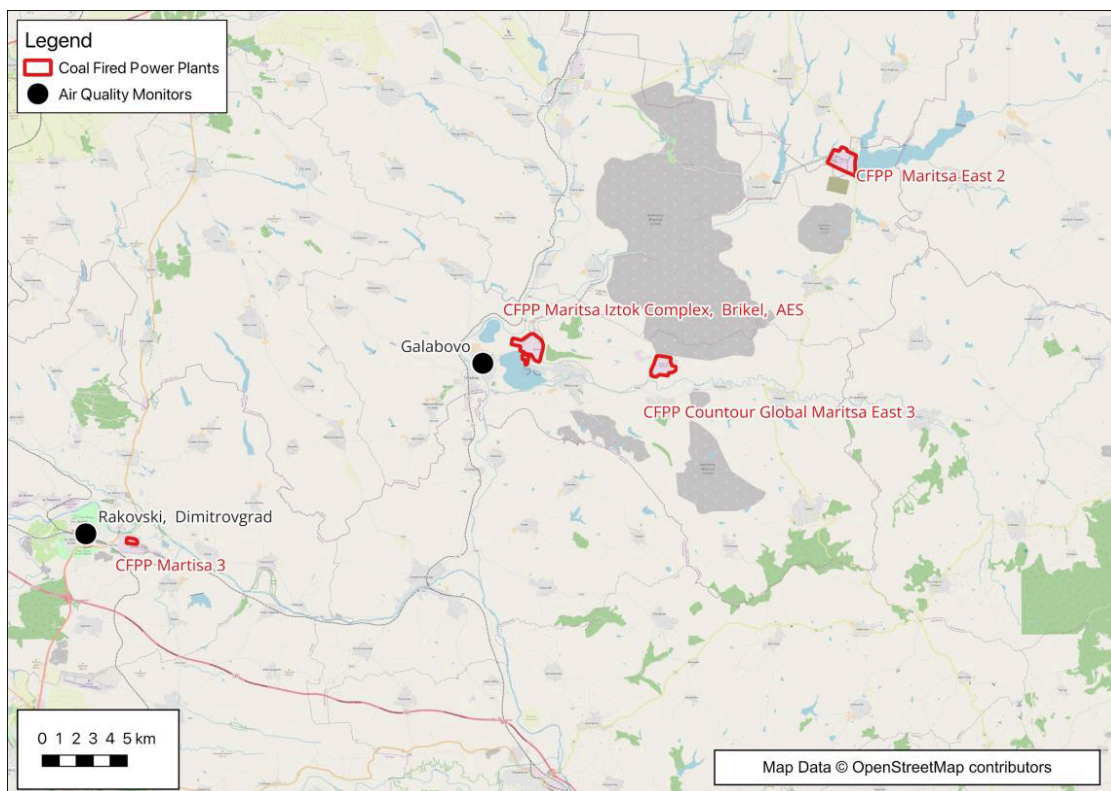
Изкопаемите горива, особено въглищата и нефтът, могат да съдържат елемента сяра. Когато тези горива се изгарят, се отделя замърсителят на въздуха серен диоксид (SO_2). SO_2 е токсичен газ с неблагоприятно въздействие както върху човешкото здраве, така и върху околната среда. Емисиите на сяра допринасят и за образуването на замърсяване на въздуха с фини прахови частици (ФПЧ) с размер 2.5 микрон -ФПЧ_{2.5}.

Най-важните източници на емисии на SO_2 в световен мащаб са въглищните електроцентрали, металургичните предприятия, обектите на нефтената и газовата промишленост и вулканите. Европейската агенция по околна среда предоставя оценки на емисиите по сектори: селско стопанство, енергоснабдяване, производство и добивна промишленост, жилищни, търговски и промишлени сгради, транспорт и отпадъци. Енергопроизводството неизменно е секторът с най-голям принос към емисиите на SO_2 в България. През 2021 г. енергопроизводството е генерирало 72% от атмосферните емисии на SO_2 в България (ЕАОС, 2024а).

Този анализ е извършен, за да се проучи приносът на емисиите на SO_2 от ТЕЦ „Марица 3“ към концентрациите на серен диоксид (SO_2) в атмосферния въздух в района на Димитровград.



Фигура 1. Местоположение на въглищната електроцентрала „Марица 3“ и станцията за мониторинг на качеството на въздуха в Димитровград. Данни от картата © OpenStreetMap contributors (2015), достъпни под [Open Database License](https://www.openstreetmap.org) от <https://www.openstreetmap.org>



Фигура 2. Местоположение на промишлени комплекси, включващи електроцентрали, работещи с въглища, и местоположение на станциите за мониторинг на качеството на въздуха в района на изследването. Данни от картата © OpenStreetMap contributors (2015), достъпни под [Open Database License](https://www.openstreetmap.org) от <https://www.openstreetmap.org>

Данни и методи

Местни данни за качеството на въздуха .

Концентрациите на SO_2 в атмосферния въздух се измерват от автоматичната измервателна станция (АИС) за мониторинг на качеството на въздуха „Раковски“ в центъра на Димитровград (фигура 1). ТЕЦ „Марица 3“ е разположена на 2,5 km източно от станцията (в посока 100-110°).

Данните от тази мониторингова станция се предоставят на обществеността от Изпълнителната агенция по околна среда на Република България (ИАОС 2024b). В този анализ са използвани докладваните данни за SO_2 за цялата 2023 г. (26.01.23 - 31.12.23). Тези данни са достъпни и чрез услугата за изтегляне на данни за качеството на въздуха на Европейската агенция по околна среда (ЕАОС 2024c), която потвърждава, че те са били проверени и валидирани в съответствие с процедурата на агенцията за гарантиране на качеството.

Местни метеорологични данни

В този анализ данните за замърсяването (SO_2) са обработени в комбинация с данните за вятъра, за да се изследват моделите на движение и разсейване на замърсяването. Концентрациите на SO_2 в моменти, когато вятърът се е движил и не се е движил в посока откъм потенциален източник на замърсяване, са сравнени, за да се провери хипотезата, че източникът допринася за местното замърсяване на въздуха. Данните бяха анализирани с помощта на софтуерния пакет Openair R (Carslaw and Ropkins, 2012 г.).

Мониторинговата станция „Раковски“ предоставя метеорологични данни (скорост и посока на вятъра) в допълнение към концентрациите на SO_2 в околната среда. Анализът на метеорологичните данни от тази станция установи, че записите за скоростта на вятъра не включват данни за скорост на вятъра под 4,5 m/s (фигура 3, в) и че наблюденията имат значително изкривено разпределение на скоростта на вятъра в сравнение с двата моделирани набора от данни за вятъра (фигура 4). Възможно е неизправност на уреда да е попречила на записването на ветрове със скорост под 4,5 m/s или близките сгради да влияят на скоростта на вятъра на това място. Това намалява доверието в надеждността на тези метеорологични наблюдения. Анализът на наблюденията на SO_2 от станцията „Раковски“ не установи подобни проблеми с данните за концентрацията на замърсителя.

Моделираните набори от метеорологични данни осигуряват във висока степен разумно представяне на скоростта на вятъра, характерни за регионалния мащаб. Моделите на вятъра в регионален мащаб, а не в много локален мащаб, са най-подходящи за това проучване, което изследва разсейването на замърсяването на въздуха на разстояния от много километри.

Поради това беше сметено, че метеорологичните данни от мониторинговата станция „Раковски“ не са подходящи за този анализ.

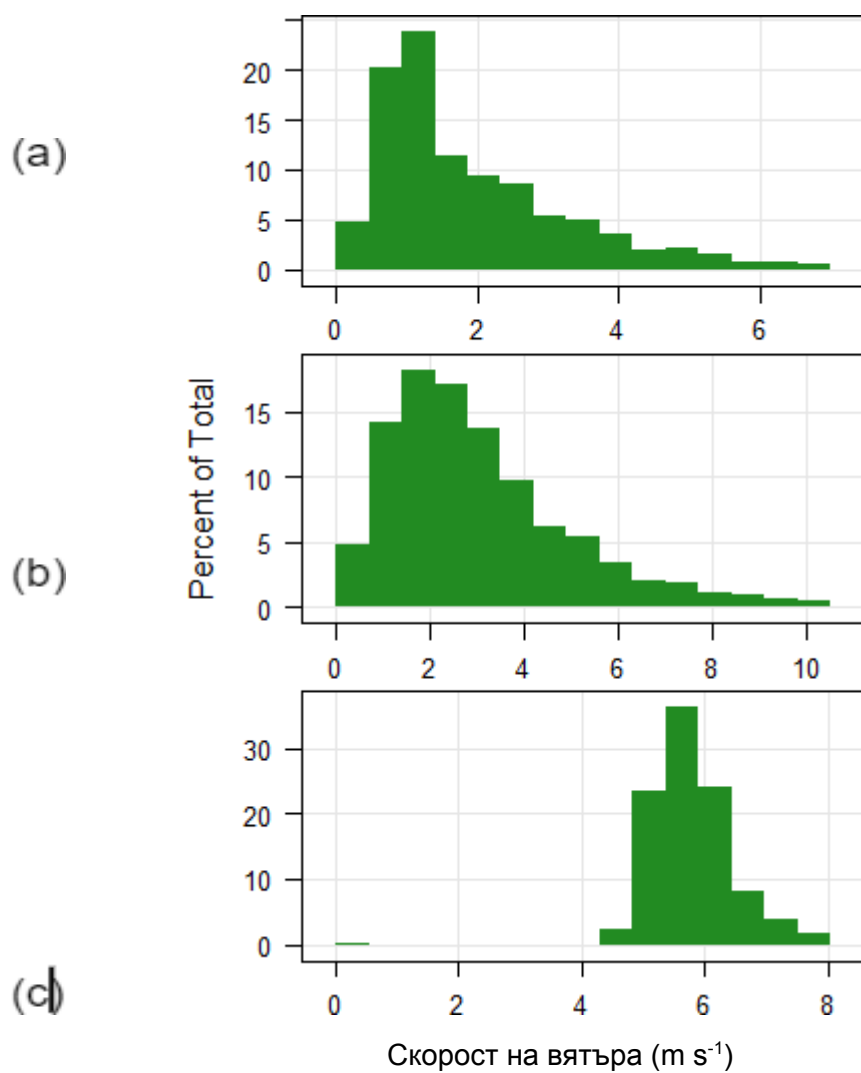
В настоящия доклад се използват моделирани метеорологични данни, за да се осигури по-голяма увереност в резултатите от анализа на разсейването на SO₂. Моделираните данни за скоростта и посоката на вятъра бяха изтеглени от [Visualcrossings.com](https://visualcrossings.com) (Visual Crossings, 2023a). Visual Crossings комбинира наблюдения от много източници, за да създаде глобални исторически метеорологични бази данни. Източниците на данни включват необработени наблюдения с различна времева резолюция, обикновено почасови наблюдения от метеорологични станции за наблюдение по летищата. Глобалното покритие се постига чрез интерполация въз основа на близостта на метеорологичните станции до местоположението. Пълен списък на източниците на данни е предоставен на [Visualcrossings.com](https://visualcrossings.com) (Visual Crossings, 2020 г.).

Историческите метеорологични данни на Visual Crossings са съставен продукт, създаден чрез обединяване на метеорологични данни от близките метеорологични станции за наблюдение, данни от дистанционно наблюдение от сателит и радар, както и моделирани прогнозни данни. При обединяването на данните входящите данни се оценяват в зависимост от разстоянието до точката на наблюдение и качеството на данните. Наблюденията на повърхността се оценяват преди дистанционните и моделираните данни, а официалните мониторингови станции се оценяват преди източниците на данни с по-ниско качество (Visual Crossings, 2022, 2023b).

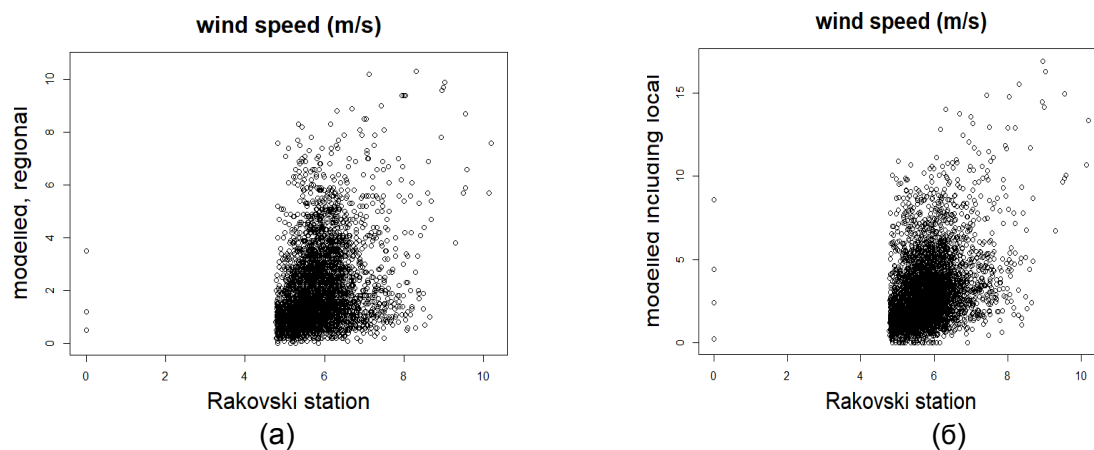
Този анализ включва използването на два набора от данни на Visual Crossings, създадени с помощта на:

- 1) само данни от дистанционно наблюдение и прогнози; наричани „регионални моделирани данни за вятъра“.
- 2) местни наблюдения на повърхността, данни от дистанционно наблюдение и прогнози; нарича се „моделирани данни за вятъра, включително местни наблюдения“.

За да осигурим по-добро разбиране, решихме да анализираме данните, като използваме и двата набора от данни, а не само набора от данни, който включва местни наблюдения. Направихме това, защото в изследвания регион има малко местни станции за наблюдение на повърхността. Тези, които съществуват, се намират на значително разстояние от Димитровград и може да не са представителни за местните метеорологични условия.



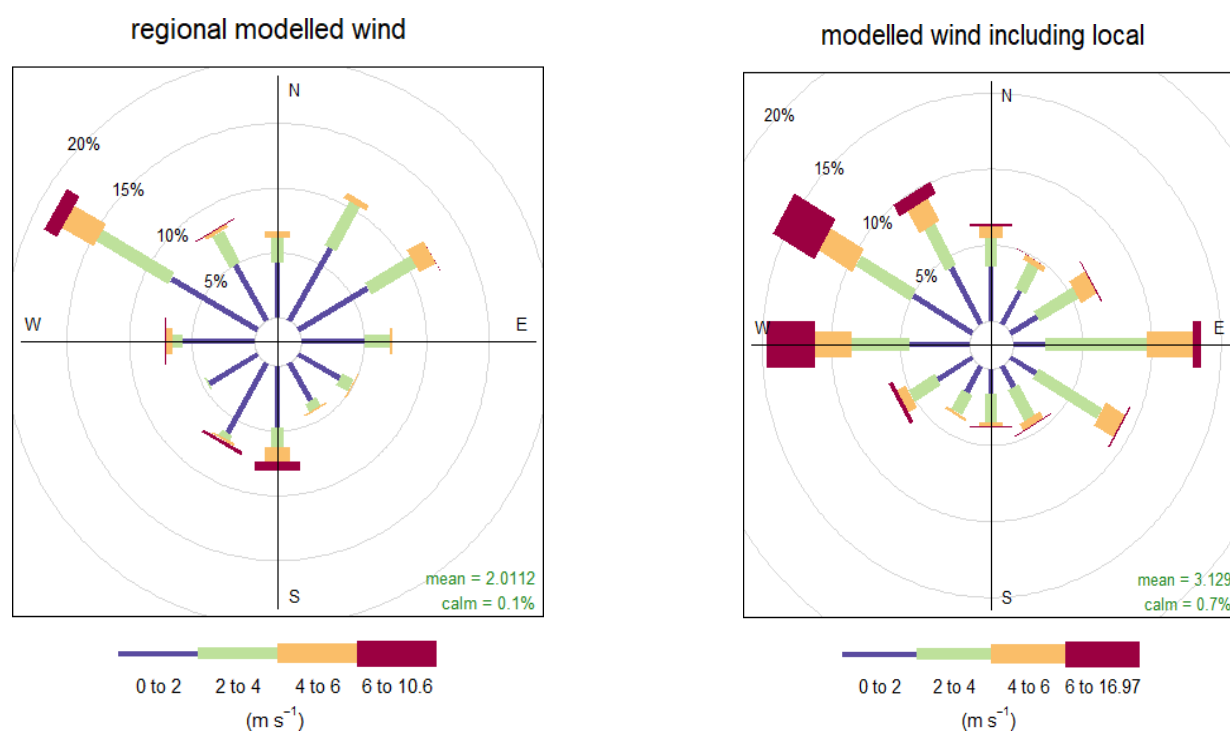
Фигура 3. Честотни преброявания на скоростта на вятъра за 2023 г. за (а) регионален набор от моделирани данни за вятъра, (б) моделирани данни за вятъра, включващи местни наблюдения, и (в) данни от станция „Раковски“



Фигура 4. Скорост на вятъра, отчетена от станция „Раковски“ (x-оси), сравнена с данните за същия период от време от моделирания набор данни (y-оси): (а) регионален набор от моделирани данни за вятъра, (б) моделирани данни за вятъра, включващи местни наблюдения. Нито едно от сравненията не установява силна положителна корелация между наблюденията на скоростта на вятъра и моделираните набори от данни, а и двете установяват, че станция „Раковски“ не регистрира скорости на вятъра под 4,5 m/s.

Моделирани набори от данни за вятъра

Разпределението на скоростите и посоките на вятъра за двата моделирани набора от данни за вятъра е показано на фигура 5. Наборът от данни, който включва местни наблюдения, показва като цяло по-високи скорости на вятъра. И двата набора от данни показват северозапад като преобладаваща посока на вятъра, въпреки че наборът от данни, включващ местни наблюдения, има по-голям дял на западните и източните ветрове.



Фигура 5. Честотни преброявания на скоростта на вятъра въз основа посока на вятъра за регионалните моделирани данни и моделираните данни, включващи местни наблюдения през 2023 г.

Концентрации на SO₂ в атмосферния въздух

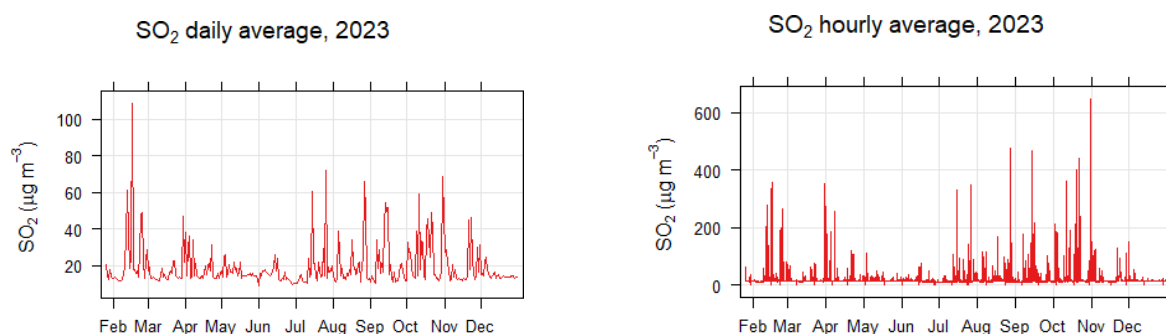
Концентрациите на SO₂ в атмосферния въздух се регулират в ЕС. Съществува законово изискване да се спазват средноденонощните и средночасовите пределно допустими стойности, които бяха въведени за първи път през 2008 г. Световната здравна организация (СЗО) също така насърчава по-строги 24-часови норми, основани на здравето, последно актуализирани през 2021 г. (Таблица 1). Понастоящем ЕС работи по приемането на нови, по-строги гранични стойности за SO₂, като се очаква, че до 2030 г. няма да има правно изискване за тяхното спазване (Европейски съвет 2024 г.).

Таблица 1. Средноденонощни и средночасови пределни концентрации на SO₂, включени в стандартите на ЕС и насоките на СЗО за качеството на въздуха.

Норма за период	ЕС	Препоръки на СЗО
Средноденонощна	125 µg/m ^{3*}	40 µg/m ^{3***}
Средночасова	350 µg/m ^{3**}	-

*3 разрешени превишения всяка година. **24 разрешени превишения всяка година. ***99-ти персентил (т.е. 3-4 разрешени превишения годишно). Източник: Европейски съвет 2008 г., СЗО 2021 г.

Анализът на данните за SO₂ от мониторинговата станция „Раковски“ показва, че през 2023 г. средната концентрация на SO₂ е била 19 µg/m³, въпреки че през годината е имало значителни колебания (фигура 6). В много случаи среднодневната концентрация на SO₂ е надвишавала 40 µg/m³, като е достигала стойности от около 60 µg/m³, а понякога и по-високи. За сравнение, СЗО определя препоръчителна стойност за SO₂ от 40 µg/m³ за 24 часа (СЗО 2021 г.). Стандартът на ЕС определя максимална стойност от 125 µg/m³ за 24 часа, като се допускат 3 превишения годишно (Европейски съвет 2008 г.). Данните от станция „Раковски“ не превишават този стандарт на ЕС. ЕС също така определя максимална средночасова стойност от 350 µg/m³, като се допускат 24 превишения годишно. Най-високата отчетена средночасова концентрация е 644 µg/m³, въпреки че допустимата стойност на ЕС от 350 µg/m³ не е превишена повече от 24 пъти през годината.



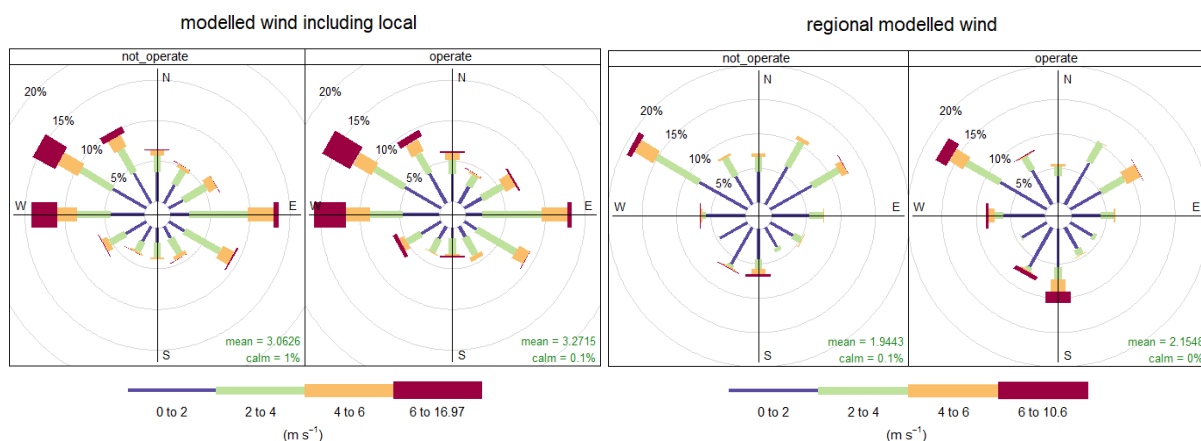
Фигура 6. Среднодневни и средночасови концентрации на SO₂ (µg/m³), отчетени от станция „Раковски“ за 2023 г.

Концентрация на SO₂ и работа на ТЕЦ „Марица 3“

През 2023 г. ТЕЦ „Марица 3“ не е работила непрекъснато, което означава, че е възможно да се сравнят концентрациите на SO₂, наблюдавани в станцията за мониторинг на качеството на въздуха по време, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила и когато не е работила. Наблюдаваните концентрации са контролират от фактори, включващи емисиите от ТЕЦ-а, други местни източници на емисии и метеорологията.

Разпределението на скоростите и посоките на вятъра между времето на работа и времето на неактивност на централата е много сходно и за двата моделирани набора от данни за вятъра (Фигура 7). Това предполага, че всички наблюдавани разлики в концентрацията на

SO₂ между работни/неработни периоди не се дължат основно на моделите на вятъра и вероятно са резултат от разлики в емисиите на SO₂.



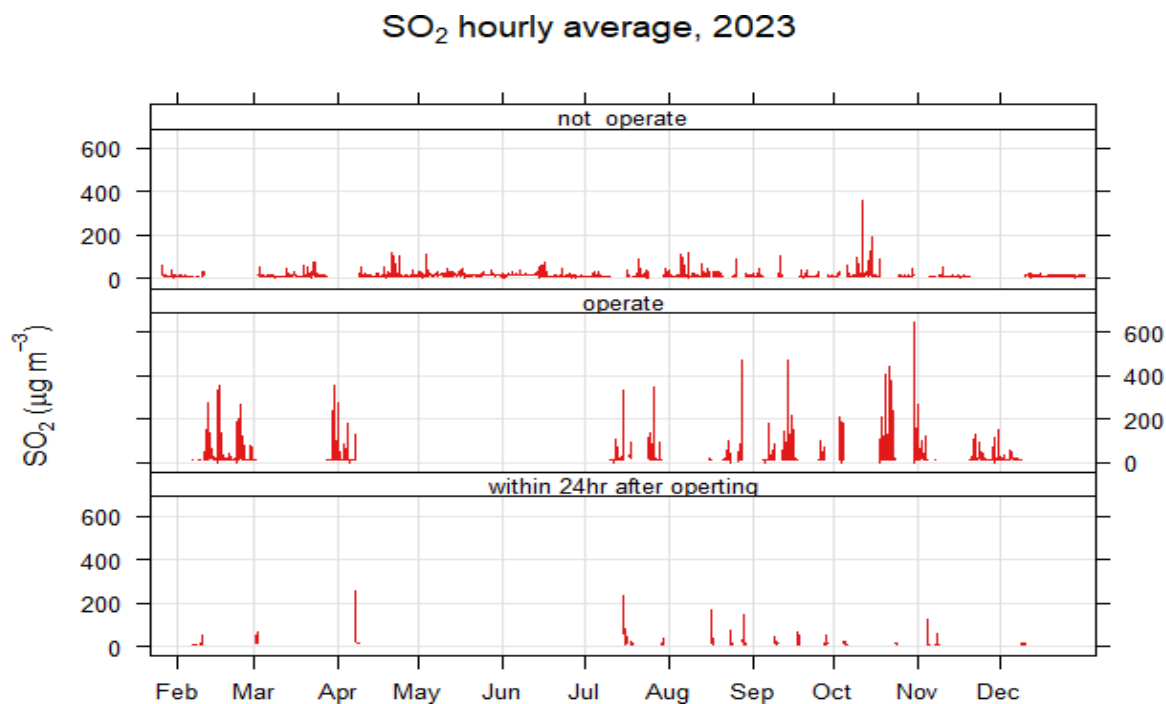
Фигура 7. Сравнение на честотата на отчетени скорости на вятъра въз основа на посоката на вятъра между периодите, когато „Марица 3“ е работила, и периодите, когато не е работила, за двата моделирани набора от данни през 2023 г.

Наблюдават се значителни разлики в концентрациите на SO₂ в периодите, когато „Марица 3“ работи, и в периодите, когато тя не работи през 2023 г. По-високи нива и много по-голяма променливост на концентрациите са наблюдавани по време на експлоатацията на ТЕЦ-а. (Фигура 8 и 9). Това включва:

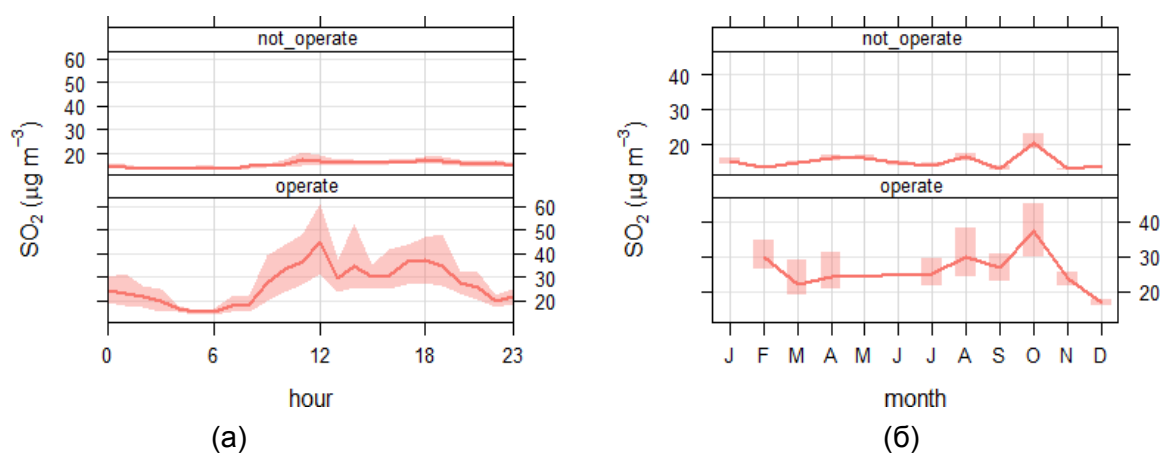
- Средната концентрация на SO₂ за времето, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила през 2023 г., е 26,9 µg/m³, което е 1,8 пъти повече, отколкото когато не е работила (15,3 µg/m³).
- Най-високата средночасова концентрация на SO₂ по време на експлоатацията е 644 µg/m³, почти два пъти по-голяма от най-високата еквивалентна концентрация, когато централата не е била в експлоатация (360 µg/m³).
- От случаите, в които средночасовите концентрации на SO₂ са надвишавали 200 µg/m³, 91% са се случили, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила, а други 6% са се случили през 24-часовия период, след като ТЕЦ „Марица 3“ е спряла да работи и когато може да се очаква, че SO₂ от ТЕЦ-а може все още да оказва влияние върху станцията за мониторинг).
- От случаите, когато средночасовите концентрации на SO₂ са превишавали 100 µg/m³, 81% са се случили, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила, а други 8% от тези превишения са се случили през следващия 24-часов период.
- От 50-те най-високи средночасови резултати 90% са регистрирани в часовете, когато „Марица 3“ е работила, а други 4% са се случили в рамките на 24 часа след прекратяване на работата на централата.
- От 100-те най-високи средночасови резултати 83% са регистрирани в часовете, когато „Марица 3“ е работила, а други 8% са регистрирани в рамките на 24 часа след прекратяване на работата на „Марица 3“.
- По време на работните часове на „Марица 3“ се наблюдават значително по-големи вариации на концентрациите на SO₂ във времето в сравнение с периодите без работа. Това е в съответствие със значителни количества SO₂,

емитирани от близък голям източник с променливи нива на емисиите или условия на разсейване. Мярката за променливост на концентрацията, стандартното отклонение, е 4 пъти по-висока при работа на „Марица 3“ ($42,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ в сравнение с $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

- Концентрациите на SO_2 , осреднени по часове на деня и по месеци на година, са били постоянно по-високи, когато „Марица 3“ е работила, в сравнение с други периоди (фигура 9).



Фигура 8. Средночасови концентрации на SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), отчетени от станция „Раковски“ за 2023 г., разделени на времето, когато ТЕЦ „Марица 3“ не е работила (горе), когато е работила (в средата) и през 24-часовия период след работата, за да се отчете разсейването на SO_2 (долу)



Фигура 9. Средни концентрации на SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) за (а) почасовия денонощен цикъл и (б) месечния сезонен цикъл през 2023 г., разделени по време, когато „Марица 3“ е работила (долу) и не е работила (горе). Плътната линия показва средната стойност, а засенчените области над и под линията дават мярка за променливостта на концентрациите на SO_2 (95% доверителен интервал на средната стойност, който е диапазонът, в който са намерени 95% от стойностите на концентрациите)

Много от моментите, когато високите средночасови концентрации на SO_2 съвпадат с работата на „Марица 3“, са през зимата (фигура 8). Възможно е през зимата да се увеличават други местни източници на SO_2 , като например изгарянето на въглища в домакинствата, и това да допринася за повишените средночасови концентрации на SO_2 . Този фактор обаче не изглежда да обяснява наблюдаваната картина, като се има предвид, че по-високи нива на SO_2 са наблюдавани и през лятото, когато централата е работила, както и че по-ниски нива на SO_2 са наблюдавани през зимата, когато „Марица 3“ не е работила. Данните предполагат, че ефектът е свързан с работата на централата, а не се дължи на други допълнителни местни източници през зимните месеци.

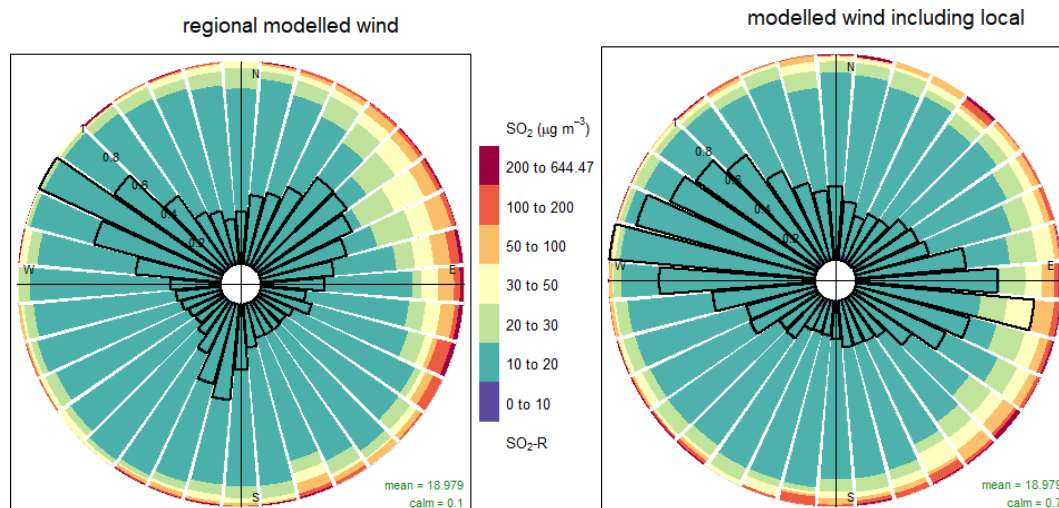
Концентрация на SO_2 и метеорология

Анализът на концентрациите на SO_2 , регистрирани при различни условия на вятъра, може да даде представа за местоположението на основните източници на емисии на SO_2 спрямо дадена мониторингова станция. Например, когато високите концентрации на SO_2 обикайно съвпадат с посоката на вятъра, идващ от запад, това може да означава, че основен източник се намира западно от мястото на мониторинга.

През цялата 2023 г. относително високите концентрации на SO_2 в мониторинговата станция „Раковски“ съвпадат по различно време с почти всички посоки на вятъра. Подобен модел се наблюдава при използването на всеки от моделираните набори от данни за вятъра (фигура 10). Средно за годината не се наблюдава силна връзка между по-високите концентрации на SO_2 и конкретна посока на вятъра, въпреки че по-високите концентрации са умерено по-чести при ветрове с дъга между североизток и югоизток.

На фигура 10 вътрешните черни сегменти показват честотата, с която вятърът се е движил от всяка посока през цялата година; колкото по-голям е даден сегмент, толкова по-често вятърът се е движил от тази посока. Разликите в относителните размери на тези сегменти между двете графики отразяват разликите в двата набора от моделирани данни за вятъра, използвани в анализа, както е разгледано по-горе.

Цветовите за всяка посока на вятъра показват честотата на поява на различни концентрации на SO_2 , когато вятърът се е движил от тази посока; по-големият дял на определен цвят показва, че съответният концентрационен диапазон се е появявал по-често по време на движението на вятъра от тази посока. Както се вижда от графиките, през по-голямата част от времето концентрациите на SO_2 са били под $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, като особено високите концентрации са се срещали рядко. Концентрации над $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ са се появявали най-често, когато посоката на вятъра е била между север-североизток и юг-югоизток.



Фигура 10. Честота на концентрацията на SO_2 в зависимост от посоката на вятъра, като се използват двата набора от данни за вятъра, моделирани през 2023 г. Черните контури показват честотата на посоката на вятъра. Цветните сегменти показват честотата на различните средночасови концентрации на SO_2 , наблюдавани за всеки сектор на посоката на вятъра.

Сравнението на времето, когато ТЕЦ „Марица 3“ е работила, с времето, когато не е работила, обаче показва значителни разлики между тези две условия (фигура 11). По-високи концентрации на SO_2 се наблюдават много по-често по време на работа (и през 24-те часа след нея), което съответства на информацията по-горе.

Данните показват, че има забележителен източник на SO_2 на изток, по посока на площадката на „Марица 3“, който се намира на $100\text{--}110^\circ$ от станция „Раковски“. По-високите концентрации на SO_2 съвпадат и с вятър, идващ от други посоки по време на експлоатацията на „Марица 3“ – особено когато при този анализ се използват моделирани данни за вятъра, включващи местни наблюдения, от които може да се очаква по-добро представяне на истинските модели на вятъра в близката околност.

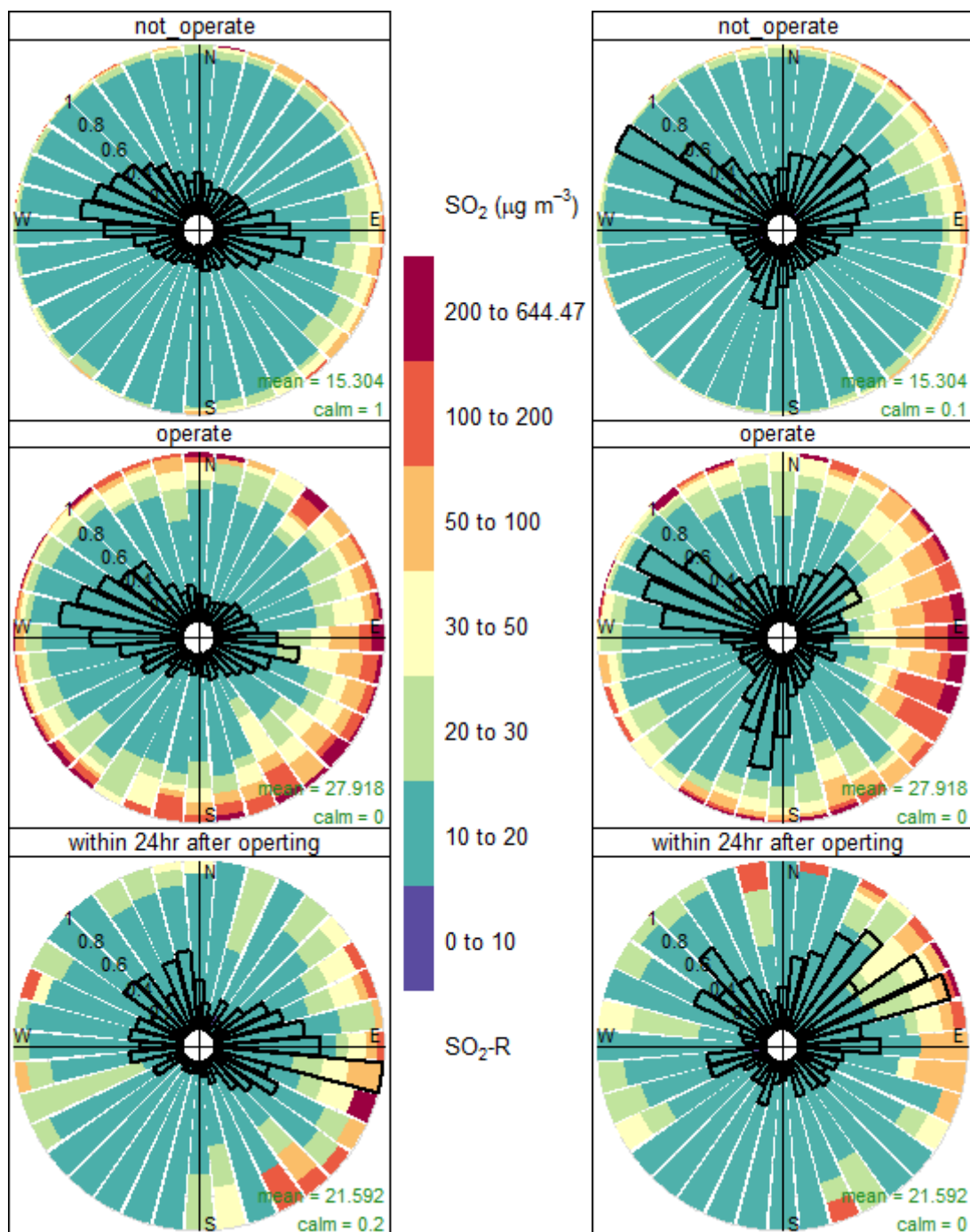
Трябва да се има предвид обаче, че „местните“ наблюдения на вятъра са направени на значително разстояние от Димитровград и може да не са представителни за метеорологичните условия в непосредствена близост. Моделираните метеорологични данни с местни наблюдения включват много повече часове на ветрове от посоки, отдалечени от площадката на ТЕЦ „Марица 3“, в сравнение с моделираните метеорологични данни без местни наблюдения (фигура 5), което означава, че не е изненадващо, че този набор от метеорологични данни води до разпределяне на високите концентрации на SO_2 в повече ветрови сектори.

Комбинираното въздействие на скоростта на вятъра и честотата на посоката на вятъра създават значителни трудности при тълкуването на концентрациите на замърсители на въздуха. Например някои от високите концентрации на SO_2 , които се наблюдават при посоки на вятъра, отдалечени от площадката на ТЕЦ „Марица 3“, съвпадат и с ниски скорости на вятъра. При ниска скорост на вятъра разсейването на SO_2 е ограничено, което води до по-високи концентрации, независимо от посоката

на вятъра.

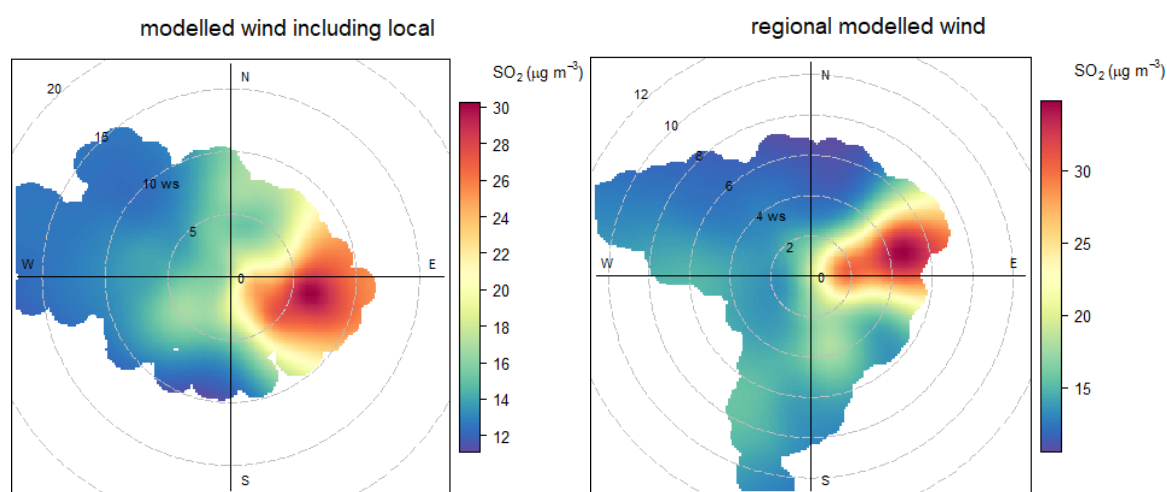
моделираните данни вкл. местни наблюдения

Регионалните моделирани данни

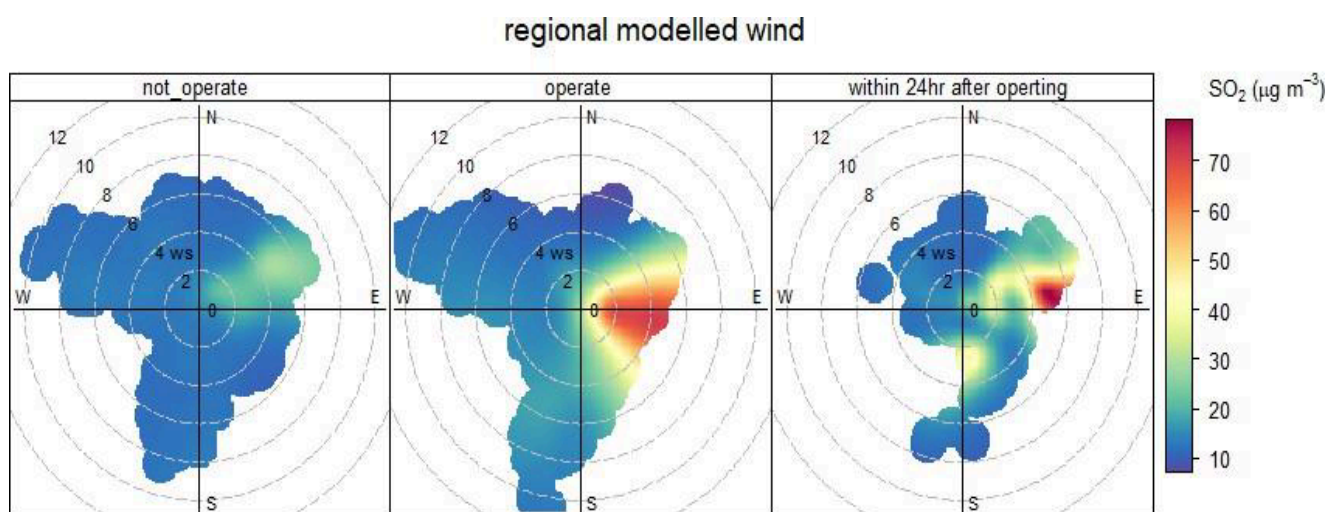


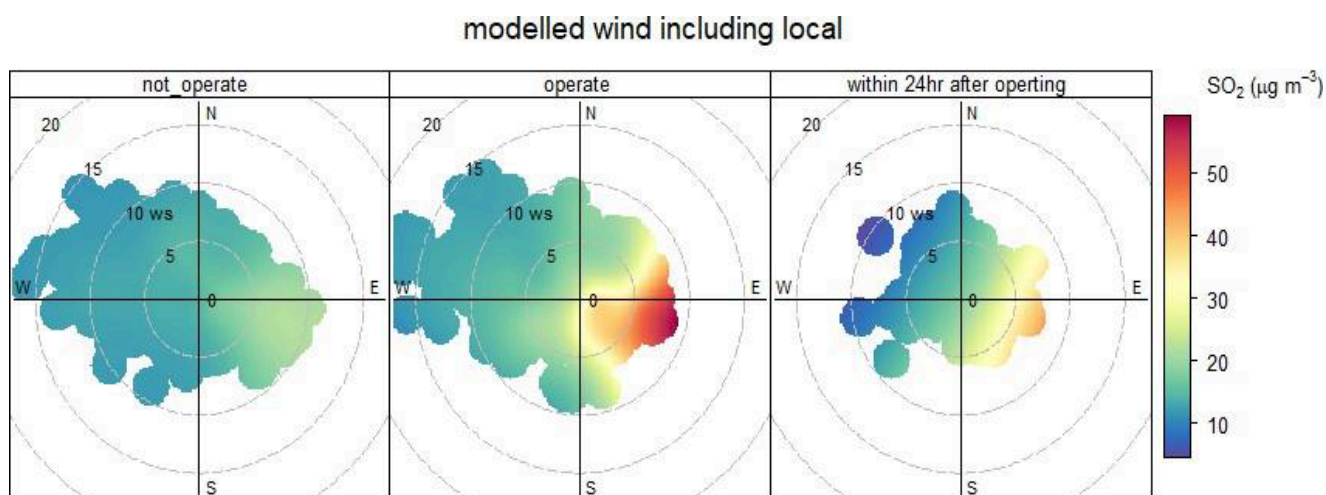
Фигура 11. Честота на концентрацията на SO₂ в зависимост от посоката на вятъра, като се използват двата моделирани набора от данни за вятъра през 2023 г. и се разделят според времето, когато ТЕЦ „Марица 3“ не е работила (горе), работила е (в средата) и през 24-часовия период след работата (долу). Черните контури показват честотата на посоката на вятъра във всеки случай. Цветните сегменти показват честотата на различните средночасови концентрации на SO₂, наблюдавани за всеки сектор на посоката на вятъра.

Очевидната връзка между концентрацията на SO_2 , посоката на вятъра и скоростта на вятъра (а не честотата на посоката на вятъра) добавя допълнителни доказателства, че емисиите от посоката на ТЕЦ „Марица 3“ са важен източник на замърсяване на въздуха в района. Най-високите концентрации на SO_2 и в двата набора от моделирани метеорологични данни изглежда съвпадат с източните посоки на вятъра и със скорости на вятъра между 0 и 10 m/s (фигура 12). Когато наблюденията се диференцират според периодите, когато ТЕЦ „Марица 3“ работи или не работи, тези групи от относително високи концентрации на SO_2 са по-ясно свързани с времето, когато е известно, че централата работи. Това е очевидно и през 24-часовите периоди, следващи периодите на експлоатация, но връзката е много по-слаба през периодите на неактивност (фигура 13).



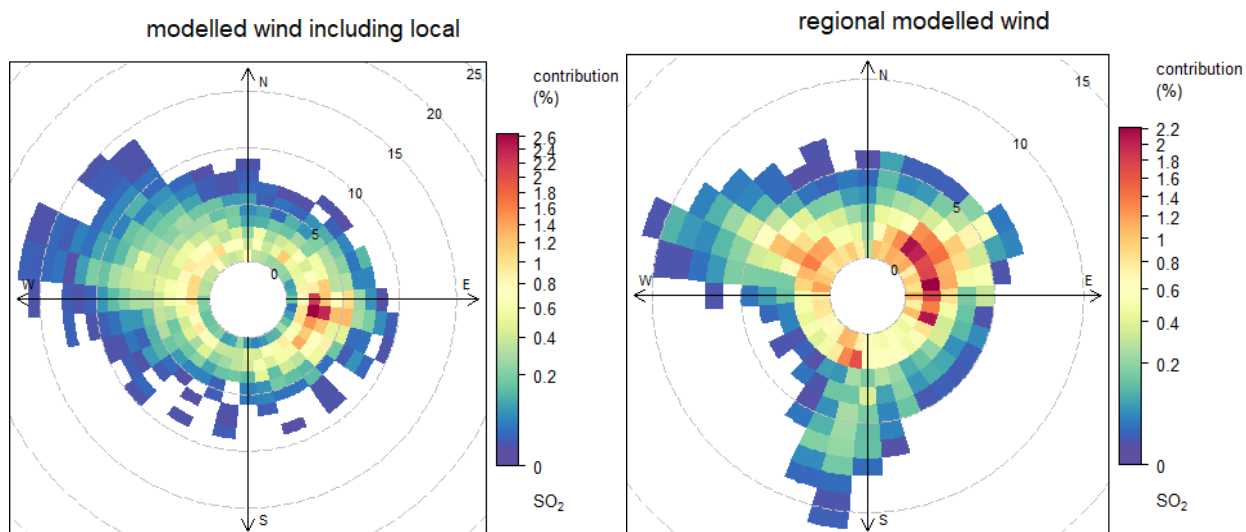
Фигура 12. Концентрации на SO_2 в зависимост от скоростта на вятъра (m/s) и посоката на вятъра от двата набора моделирани данни през 2023 г.





Фигура 13. Концентрации на SO_2 в зависимост от скоростта на вятъра (m/s) и посоката на вятъра от двата набора моделирани данни през 2023 г., разделени на периоди, в които ТЕЦ „Марица 3“ не е работила (вляво), работила е (в средата) и през 24-часовия период след работата, за да се отчете разсейването на SO_2 (вдясно)

За да се оцени приносът към годишното натоварване с SO_2 на станцията за мониторинг на качеството на въздуха, се изчисляват наблюденията на SO_2 по честотата на случаите, когато вятърът е бил от всяка посока и скорост (Фигура 14). Това дава представа за посоките и скоростите на вятъра, които преобладават в общите средни концентрации, а оттам и за най-важните посоки и скорости на вятъра за излагане на замърсяване на въздуха с SO_2 . Среднопретеглената концентрация на SO_2 показва, че средногодишната концентрация изглежда се определя от по-ниски скорости на вятъра и че двойката посока и скорост на вятъра, която допринася най-много за средногодишната концентрация, е от изток, приблизително по посока на ТЕЦ „Марица 3“.



Фигура 14. Приносът на концентрациите на SO_2 по отношение на скоростта на вятъра (m/s) и посоката на вятъра от двата моделирани набора от данни през 2023 г.

Заклучения

ТЕЦ „Марица 3“ се намира на 2,5 км източно от центъра на Димитровград, където има станция за мониторинг на качеството на въздуха. Почасовите концентрации на SO_2 в атмосферния въздух, измерени от станцията за мониторинг на качеството на въздуха през 2023 г., са анализирани заедно с моделирани метеорологични данни и данни, описващи работата на ТЕЦ „Марица 3“.

През 2023 г. средната концентрация на SO_2 е била $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Среднодневната концентрация на SO_2 в много случаи е надвишавала $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ и следователно е надвишавала препоръчителната стойност на C_{30} . Най-високата отчетена средночасова концентрация е била $644 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Концентрациите на SO_2 са се различавали значително, когато „Марица 3“ е работила, в сравнение с моментите, когато тя не е работила. По-високи нива и много по-голяма променливост на концентрациите са наблюдавани по време на експлоатацията на централата.

Комбинираните данни за концентрациите, както и данните за посоката и честотата на вятъра показват, че по-високите концентрации на SO_2 , регистрирани в мониторинговата станция „Раковски“, са били умерено по-чести при ветрове с произход по дъга между североизток и югоизток. Тази дъга в общи линии съвпада с разположението на площадката на „Марица 3“ срещу вятъра.

Накратко, комбинираните данни за концентрацията, посоката на вятъра и скоростта на вятъра през 2023 г. показват значителен източник на SO_2 на изток, по посока на ТЕЦ „Марица 3“.

Най-голям принос за годишното натоварване с SO_2 в станцията за мониторинг на качеството на въздух имат ветровете, съвпадащи с приблизително същата наветрена посока като площадката на ТЕЦ „Марица 3“.

Представените тук данни предоставят убедителни доказателства, че експлоатацията на ТЕЦ „Марица 3“ вероятно е причина за повишените концентрации на SO_2 в Димитровград.

ИЗТОЧНИЦИ

Carslaw, D. C. and K. Ropkins, (2012) Openair --- an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.

EEA (2024a) Bulgaria - Air pollution country fact sheet.

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/bulgaria-air-pollution-country-2023-country-fact-sheets> [Accessed 31/10/2024]

EEA (2024b) Dimitrovgrad - AIS Rakovski station, [System for informing the population about the quality of atmospheric air](#), Environmental Executive Agency, Bulgaria

EEA (2024c) European Environment Agency Datahub Air Quality Download Service. <https://eeadmz1-downloads-webapp.azurewebsites.net/> [Accessed 07/11/2024]

European Council (2008) On Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe 2008/50/EC, Off. J. Eur. Union, 1, 1–44, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en> [Accessed: 31/10/2024]

European Council (2024) On Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe (Recast) 2024/.../EC, <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-88-2024-INIT/en/pdf> [Accessed: 01/11/2024]

OpenStreetMap contributors. (2015) Planet dump. Data file from 14-10-2024. Retrieved from <https://planet.openstreetmap.org>

Visual Crossings. 2020. Weather data sources and attribution. Available at: <https://www.visualcrossing.com/resources/documentation/weather-data/weather-data-sources-and-attribution/> (Accessed 11/10/2024)

Visual Crossings. 2022. How historical weather data is updated. Available at: <https://www.visualcrossing.com/resources/documentation/weather-data/how-historical-weather-data-is-updated/> (Accessed 11/10/2024)

Visual Crossings. 2023a. Weather Data Documentation. Available at: <https://www.visualcrossing.com/resources/documentation/weather-data/weather-data-documentation/> (Accessed 11/10/2024)

Visual Crossings. 2023b. How Historical Weather Data Records are Created from Local Weather Station Observations. Available at: <https://www.visualcrossing.com/resources/documentation/weather-data/how-historical-weather-data-records-are-created-from-local-weather-station-observations/> (Accessed 11/10/2024)

WHO. (2021). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BYNC-SA 3.0 IGO.