



UNIUNEA EUROPEANĂ



Programul Operational Capacitate Administrativa
Competența face diferența!



Instrumente Structurale
2014-2020

SIPOCA 596/2416/14/26.01.2022

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 1
		Exemplar nr. 1




APROBAT
DIRECTOR GENERAL
Dr. Ing. CĂTĂLIN NAE



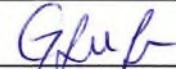


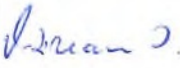








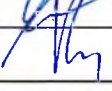
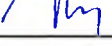
Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane




	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 2
		Exemplar nr. 1

Data emiterii:

Prezentul document este proprietatea intelectuală a INCD I.N.C.A.S în conformitate cu legislația în vigoare.

	NUME	FUNCȚIA/Partener	SEMNĂTURA	DATA
ÎNTOCMIT	GRIGORAȘ Georgiana	Expert domeniu calitate aer/INCAS		25.01.2022
	BLIDERAN Radu	Expert platforme aeropurtate/INCAS		25.01.2022
	VĂJĂIAC Nicolae-Sorin	Expert senzori aeropurtați/INCAS		25.01.2022
	VIZIREANU Ioana	Expert reprezentări/interpretări geospațiale/fotogrammetrie aeriană și terestră/INCAS		25.01.2022
	URÎTESCU Bogdan	Specialist analiză date GIS și teledetecție/INCAS		25.01.2022
	CHEVAL Sorin	Expert prelucrare date meteorologice, climatologice și meteorologie urbană/ANM		20.01.2022
	RADA Constantin	Expert calitate aer/ANM		20.01.2022
	IRIMESCU Anișoara	Expert suport în interpretarea și utilizarea datelor satelitare în analiza și procesarea datelor meteorologice/ANM		20.01.2022
	GRIGORE Silviu	Expert prelucrare date meteorologice și prognoză meteorologică/ANM		20.01.2022
	LEONTE Daniel	Lider echipă P3/AS		25.01.22
	COȘNICERU Vincențiu	Director operațiuni zbor SPO/AS		25.01.2022
	GORE Oana Otilia	Inginer, Manager Responsabil SPO		25.01.2022
	VERIFICAT	CALCAN Andreea	Responsabil contract/INCAS	
CRĂCIUNESCU Vasile		Responsabil tehnic/ANM		20.01.2022

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina:3
		Exemplar nr. 1

LISTA DE CONTROL A REVIZIILOR


Denumire document: Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane

Cod document: DT-A2_81/21

Emitent: INCAS


Ediția pentru care se fac 1

reviziile

Nr. revizii	Capitol/pagina/ Paragraf/rând revizuit	Motiv revizie	Autor modificare	Semnătură	Data reviziei
1	Revizia 1	Observații din partea Echipei de recepție a livrabilului	VĂȘĂȚIAC NICOLAE SORIN		25.01.2022
2					
3					
4					

Cuprins

Lista de figuri	5
Lista de tabele.....	10
1. Colectarea datelor înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer prin efectuarea de misiuni operaționale care să permită realizarea unei baze de date reprezentative.....	11
1.1. Colectarea datelor înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer prin efectuarea de misiuni operaționale.....	11
1.1.1. Misiuni calitate aer	11
1.1.2. Misiuni topografie	22
1.1.3. Misiuni supraveghere aeriană.....	32
2. Testarea și prelucrarea datelor (într-un format utilizabil în funcție de diferite scopuri) înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer în vederea distribuirii lor operative în cadrul aplicației software din cadrul proiectului	36
2.1. Testarea și prelucrarea datelor înregistrate cu senzorii aeropurtați	36
2.1.1. Misiuni calitate aer	36
2.1.2. Misiuni topografie	60
2.1.3. Misiuni supraveghere aeriană.....	83
3. Colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare a datelor privind condițiile meteorologice din arealele urbane în vederea evaluării potențialului de risc a unei situații de poluare accidentală în aer pentru identificarea zonelor ce pot fi afectate în urma persistenței și evoluției situației de poluare accidentală în aer	86
3.1. Colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare a datelor privind condițiile meteorologice din arealele urbane.....	86
Concluzii și propuneri	100
Bibliografie.....	101

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 5
		Exemplar nr. 1

Lista de figuri

Figura 1. Strategii de survol pentru măsurarea și cuantificarea concentrațiilor de compuși chimici poluanți, a) metoda bilanțului de masa; b) metoda Gauss (Scientific Aviation).

Figura 2. Strategii de măsurare la sol sau cu UAV: a) metoda OTM-33a; b) metoda transversală.

Figura 3. Platforma aeriană BN-2A 27, vedere izometrică a cabinei – dispunerea echipamentelor în cabină, vedere detaliată a prizei de aer

Figura 4. Vedere izometrică a poziției analizorului NO₂ CAPS în interiorul cabinei.

Figura 5. APS și poziția acestuia pe rack-ul suport

Figura 6. Rack suport de instrumente - analizoare de gaze, pompe și APS

Figura 7. Poziția nefelometrului (de culoare albastră) în interiorul cabinei

Figura 8. Instrumentul SWING+

Figura 9. Strategia de zbor propusă pentru direcția vântului E-V

Figura 10. Strategia de zbor propusă pentru direcția vântului S-N ce include o procedură de întoarcere (buclă) spre sud înainte de a executa modelul raster (3500 m)

Figura 11. În imaginea din stânga se află instrumentul CAPS, iar în cea din dreapta se poate observa instrumentul Hawkeye. Ambele instrumente se află montate pe aeronava Beechcraft C90 GTx

Figura 12. Platforma aeropurtată Hawker Beechcraft King Air C-90 GTx – INCAS

Figura 13. Configurația interioară a aeronavei ATMOSLAB: 1-ușa principală de acces și ușa de siguranță, 2-pilot/ comandant, 3-copilot, 4-posturi operatori, 5 rack-uri ce conțin computerele și panoul electric de comandă pentru echipamentele de cercetare

Figura 14. Componentele sistemului Riegl LMS-Q680i (Sursă: www.riegl.com)

Figura 15. Tehnologia LiDAR (Sursă: <http://www.qpeak.com/scientific-enterprises>)

Figura 16. Multiplele răspunsuri LiDAR pot fi generate de la un singur impuls. În funcție de capacitățile senzorului, două sau mai multe răspunsuri pot fi înregistrate ca date.

Figura 17. Procesarea datelor LiDAR

Figura 18. Nor de puncte LiDAR

Figura 19. Configurația internă a aeronavei BN2P

Figura 20. Model de supraveghere pe linie de căutare

Figura 21. Modelul de supraveghere pe sectoare


	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 6
		Exemplar nr. 1

Figura 22. Reprezentare grafică a concentrațiilor de metan măsurate în timpul survolului din data de 01.10.2019, în România, în timpul campaniei de măsurare „Romanian Methane Emissions from Oil & gas” – ROMEO (direcția vântului indicate prin săgeată albastră) (Roeckmann și colab., 2020).

Figura 23. Metoda transversală aplicată în campania ROMEO 2019 cu senzori de măsurare instalați la bordul unui vehicul aerian fără pilot (Morales și colab., 2020)

Figura 24. Reprezentarea grafică a concentrațiilor de metan înregistrate cu senzori aeropurtați în funcție de altitudine, în România (Morales și colab., 2020).

Figura 25. Traectoria de zbor a aernoavei BN2 din data de 11.11.2021

Figura 26. Parametrii înregistrați de instrumentul CAPS

Figura 27. Variația concentrației de NO₂ cu înălțimea între 09:22 – 09:41 UTC

Figura 28. Variația concentrației de NO₂ cu înălțimea între 12:09 – 12:25 UTC

Figura 29. Variația concentrației de NO₂ cu înălțimea

Figura 30. Parametrii înregistrați de instrumentul CAPS AS32M georeferențiați

Figura 31. Variația concentrației de NO₂ georeferențiată

Figura 32. Serie de timp pentru concentrațiile de PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ și PM₂₀ și pentru diferiți parametrii înregistrați de APS

Figura 33. Variația concentrațiilor de PM₁, PM_{2.5} și PM₁₀ cu înălțimea între 09:22 – 09:41 UTC

Figura 34. Variația concentrațiilor de PM₁, PM_{2.5} și PM₁₀ cu înălțimea între 12:09 – 12:24 UTC

Figura 35. Serie de timp pentru variația concentrațiilor de PM₁, PM_{2.5} și PM₁₀ cu înălțimea

Figura 36. Variația concentrațiilor de PM₁ georeferențiate

Figura 37. Variația concentrațiilor de PM_{2.5} georeferențiate

Figura 38. Variația concentrațiilor de PM₁₀ georeferențiate

Figura 39. Serii de timp pentru coeficientul Angstrom la împrăștiere și retro-împrăștiere

Figura 40. Serii de timp pentru coeficientul de împrăștiere și retro-împrăștiere

Figura 41. Serie de timp pentru concentrațiile de NO₂ înregistrate de instrumental SWING+

Figura 42. Variația concentrațiilor de NO₂ geo-referențiate

Figura 43. Serie de timp pentru parametrii înregistrați de sistemul IMU

Figura 44. Parametrii înregistrați de sistemul IMU geo-referențiați

Figura 45. Poziția geografică a vulcanului Cumbre Vieja .

Figura 46. Traectoria norului rezultat în urma erupției vulcanice.


	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 7
		Exemplar nr. 1

Figura 47. Traiectoriile realizate de aeronava de cercetare în cele trei zile de zbor.

Figura 48. Profil vertical la nord de Constanța (28.09.2021).

Figura 49. Sondarea atmosferei pe variate paliere de altitudine (28.09.2021)

Figura 50. Profil vertical în formă de spirală (28.09.2021).

Figura 51. Zbor pe variate paliere de altitudine și profil vertical în formă de spirală (29.09.2021).

Figura 52. Imagini din timpul zborului

Figura 53. Serii de timp ale parametrilor atmosferici (temperatura și presiune) pe tot parcursul zborului.

Figura 54. Variația LWC-ului în zborul din data de 28.09.2021. Valorile LWC-ului provin de la instrumentul CIP.

Figura 55. Variația LWC-ului în zborul din data de 28.09.2021. Valorile LWC-ului provin de la instrumentul CAS.

Figura 56. Ilustrarea modului de variație a concentrației determinată cu instrumentul CIP.

Figura 57. Ilustrarea modului de variație a concentrației determinată cu instrumentul CAS.

Figura 58. Variația diametrului efectiv în timpul zborului din data de 28.09.2021 (CIP).

Figura 59. Variația diametrului efectiv în timpul zborului din data de 28.09.2021 (CAS).

Figura 60. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 27.09.2021

Figura 61. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 28.09.2021

Figura 62. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 29.09.2021

Figura 63. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Constanța din data de 27.09.2021

Figura 64. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Buzău din data de 28.09.2021

Figura 65. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Craiova din data de 29.09.2021

Figura 66. Traiectoriile aeronavei Hawker Beechcraft King Air C90-GTx pe durata studiului efectuat (zone de interes: Bubuieci și Țânțăreni)

Figura 67. Traiectoriile aeronavei Hawker Beechcraft King Air C90-GTx pe durata studiului efectuat, vedere în detaliu asupra zonelor de interes: Bubuieci și Țânțăreni

Figura 68. Diagrama distribuției erorii de poziționare între benzile scanate (situație inițială)

Figura 69. Diagrama distribuției erorii de poziționare între benzile scanate (situație finală)

Figura 70. Vedere generală și poziționarea secțiunilor – depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni


	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 8
		Exemplar nr. 1

Figura 71. Depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni-secțiuni Est-Vest pentru nivelele de -100m, 0m și +100m

Figura 72. Depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni-secțiuni Nord –Sud pentru nivelele de -100m, 0m și +100m

Figura 73. Delimitarea depozitului de deșeuri menajere (color RGB), MDT zona adiacentă, model MDT al depozitului de deșeuri menajere

Figura 74. Depozitul de deșeuri menajere Bubuieci - imagine de ansamblu

Figura 75. Secțiuni ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

Figura 76. Delimitarea celor două zone ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

Figura 77. Calculul suprafeței și volumului depozitului de deșeuri menajere Țânțăreni

Figura 78. Delimitarea celor două zone ale depozitului de deșeuri Bubuieci - imagine 3D

Figura 79. Suprafețele zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

Figura 80. Determinarea volumului zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

Figura 81. Determinarea volumului zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri Bubuieci prin intermediul MDT

Figura 82. Suprafața de teren împădurită propusă pentru a fi scanată; b. Suprafața de teren scanată în timpul zborului de cercetare

Figura 83. Raport al deviației medii (Iterație 1, 4 și 6) corespunzătoare regiunii Micăuți

Figura 84. Vedere generală asupra zonelor de studiu – suprafața poligonului

Figura 85. Vegetație corespunzătoare zonei 2

Figura 86. Vegetație corespunzătoare zonei 3

Figura 87. Vegetație corespunzătoare zonei 6

Figura 88. Vegetație înaltă și medie corespunzătoare zonei 7

Figura 89. Secțiune a vegetației corespunzătoare zonei 7

Figura 90. Vegetație corespunzătoare zonei 8

Figura 91. Vegetație corespunzătoare zonei 12

Figura 92. Secțiune a vegetației corespunzătoare zonei 13

Figura 93. Vegetație medie corespunzătoare zonei 17

Figura 94. Secțiuni longitudinale și transversale ale vegetației corespunzătoare zonei 18

Figura 95. Vegetație corespunzătoare zonelor 19 și 20


	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 9
		Exemplar nr. 1

Figura 96. Identificarea formei generale a arborilor

Figura 97. Determinarea numărului total al arborilor dintr-o zonă de interes

Figura 98. Delimitare - depozit de deșeuri (nr. 4 din Tabelul 9)

Figura 99. Delimitare - depozit de deșeuri (nr. 1 din Tabelul 9)

Figura 100. Captură din BN2A-27 Islander

Figura 101. Captură din UAV cu cameră de zi

Figura 102. Captură din UAV cu cameră termală

Figura 103. Fluxul actual de date al Meteo România și legătura cu MMAP.

Figura 104. Domeniul de integrare a modelului WRF

Figura 105. Arhitectura serviciului de căutare

Figura 106. Interfața grafică a serviciului de căutare INSPIRE Meteo România

Figura 107. Arhitectura serviciului de vizualizare INSPIRE Meteo România


Figura 108. Interfața clientului cartografic web INSPIRE Meteo România - 1

Figura 109. Interfața clientului cartografic web INSPIRE Meteo România - 2

Figura 110. Arhitectura serviciului de descărcare a datelor vectoriale INSPIRE Meteo România

Figura 111. Arhitectura serviciului de descărcare a datelor coverage/raster INSPIRE Meteo România

Figura 112. Interfața web a serviciului Harta Radar Națională

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 10
		Exemplar nr. 1

Lista de tabele

Tabel 1. Parametrii instrumentelor Picarro 1 & 2.

Tabel 2. Cerințe generale de funcționare pentru PICARRO 1 și 2.

Tabel 3. Estimări referitoare la strategiile de zbor

Tabel 4. Caracteristici tehnice ale sistemului Riegl LMS-Q680i

Tabelul 5. Volumul de date achiziționate și procesate în timpul zborurilor de cercetare

Tabelul 6. Volumele și ariile celor două zone ale depozitului de deșeuri Bubuieci

Tabelul 7. Volumul de date achiziționate în timpul zborurilor de cercetare

Tabelul 8. Delimitarea suprafeței poligon în zone

Tabelul 9. Caracteristicile depozitelor de deșeuri identificate

Tabelul 10. Caracteristicile zonelor studiate

1. Colectarea datelor înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer prin efectuarea de misiuni operaționale care să permită realizarea unei baze de date reprezentative

1.1. Colectarea datelor înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer prin efectuarea de misiuni operaționale

1.1.1. Misiuni calitate aer

Cuantificarea precisă a emisiilor dintr-o sursă punctuală sau dintr-o sursă de zonă este esențială pentru înțelegerea relațiilor dintre calitatea aerului și a climei și reprezintă date necesare pentru dezvoltarea și/sau validarea inventarelor naționale de emisii. În cazul metanului, de exemplu, studii recente (de exemplu, Petron și colab., 2012; Lyon și colab., 2015; Johnson și colab., 2017) au demonstrat că măsurările de sus în jos a emisiilor în bazinele de petrol și gaze sunt mai mari, decât inventarele tradiționale de jos în sus utilizate de EPA, aparent pentru că utilizarea contabilității de jos în sus și a factorilor de emisii tipici (EF) nu ține cont de prezența superemițătorilor sau a altor situații „anormale” (de exemplu, scurgeri, defecțiuni ale componentelor). Siturile cu supraemisii sunt de o importanță deosebită, deoarece s-a demonstrat că acest număr relativ mic de situri contribuie cu o cantitate disproporționat de mare la emisiile totale de metan din sectorul petrolului și gazelor (5% din scurgeri reprezintă de obicei peste 50% din emisiile totale) (Zavala-Araiza și colab., 2015; Brandt și colab., 2016).

Strategiile pentru monitorizarea episoadelor de poluare sunt foarte importante atât pentru protecția operatorilor și a echipamentelor, cât și pentru o viteză de execuție marită. În acest sens măsurarea concentrațiilor speciilor poluante emise în cazul unui episod de poluare este indicat a fi executat cu echipamente de măsurare aeropurtate, la bordul vehiculelor aeriene fără pilot, sau aeronave de cercetare, pentru a se minimiza pe cât de mult posibil expunerea operatorilor/personalului de intervenție.

Metodele de bilanț de masă se bazează, în esență, pe legea conservării masei. Această abordare se bazează pe principiul că, pentru un trasor conservat, dacă se măsoară masa unei specii chimice care intră în sistem și masa acelei specii care iese din sistem, atunci masa care provine din interiorul sistemului (adică, o sursă de emisii) poate fi determinată ca diferența (bilanț) dintre cele două măsurări. Cu cunoștințele suplimentare despre debit (adică viteza vântului), un flux poate fi calculat ca un flux de masă orizontal pe un plan vertical (White și colab., 1976).

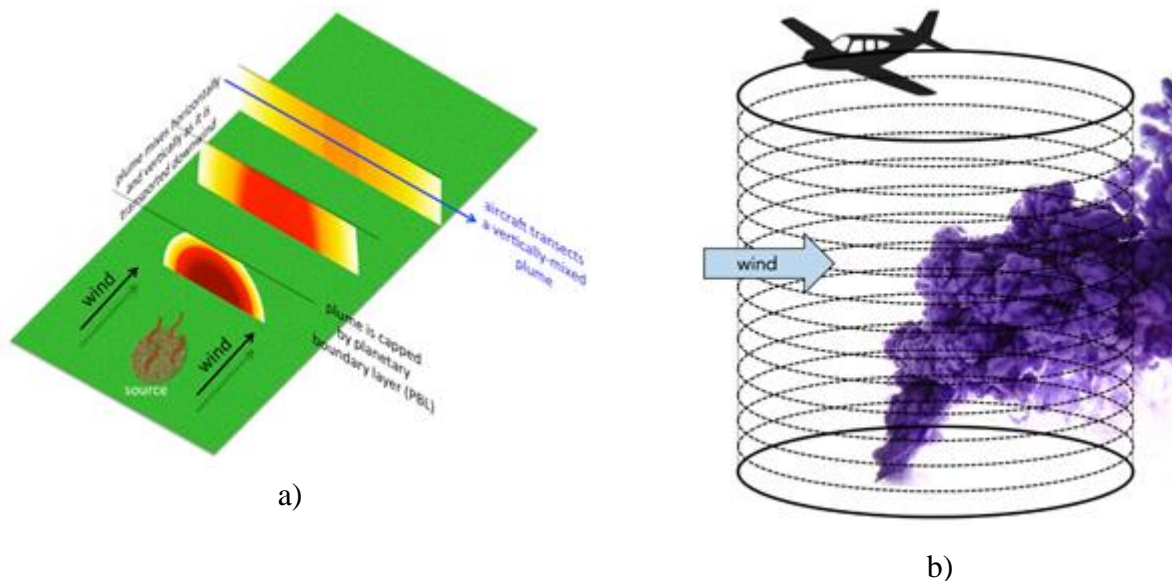


Figura 1. Strategii de survol pentru măsurarea și cuantificarea concentrațiilor de compuși chimici poluanți, a) metoda bilanțului de masă; b) metoda Gauss (Scientific Aviation).

În atmosferă, această abordare este adesea folosită pentru speciile de gaze cu viață lungă, cum ar fi metanul sau CO₂. Numeroase studii au demonstrat utilitatea platformelor aeropurtate pentru efectuarea de măsurări a bilanțului de masă pentru a determina emisiile din surse mari de suprafață, cum ar fi gropile de gunoi, câmpurile de petrol și gaze și chiar orașe întregi (de exemplu, Mays și colab., 2009; Karion și colab., 2013; Caulton și colab., 2014; Cambaliza și colab., 2015; Peischl și colab., 2015; Peischl și colab., 2016). Pentru măsurările bilanțului de masă pe bază de aeronave, transectele sunt de obicei survolate perpendicular pe direcția vântului, atât în sus (pentru a obține fundalul) cât și în avalul sursei de interes. Aceste transecte pot consta din mai multe altitudini (adică, un model de perdea) sau un singur transect de altitudine în stratul limită care este suficient de aval de o sursă, astfel încât speciile de gaz în urmă să fie complet amestecate în stratul limită. În alte situații, cum ar fi atunci când nu există surse semnificative de specii în amonte sau în apropierea terenului în creștere prezintă limitări fizice, transectele pot fi parcurse numai pe partea din aval. În acest caz, concentrația „de fond” a gazului poate fi presupusă de la marginile transectului care se află în afara penei sursei.

Abordarea tradițională a bilanțului de masă este de obicei cea mai potrivită pentru sursele de suprafață mare, cum ar fi un întreg câmp de producție de petrol și gaze, de exemplu, sau o sursă mare care este izolată/la distanță de alte surse. Dezvoltarea metodei Teoremei lui Gauss a luat naștere din necesitatea de a identifica și cuantifica emisiile de la surse punctuale individuale, cum ar fi platformele de puțuri individuale într-un câmp extins de producție de petrol și gaze. Această abordare se bazează pe zburarea în bucle consecutive în jurul unei surse țintite la altitudini multiple pentru a crea un cilindru virtual care cuprinde cel mai scăzut nivel de zbor sigur (~200 ft agl) și se extinde până la o altitudine chiar deasupra întinderii verticale a penei măsurate. În acest mod, penul este complet conținut de cilindru,

iar fluxul de volum al unui gaz din cilindru (în aval de sursă) poate fi determinat și corectat pentru fluxul acelui gaz care intră în cilindru (în sensul vântului de la sursă). Legea lui Gauss este utilizată pentru a converti integrala de volum într-o integrală de suprafață pentru a calcula debitul masic orizontal de gaz pe planul de suprafață al cilindrului (Conley și colab., 2017).

În practică, o cuantificare completă de „nivel de cercetare” a unei surse punctuale necesită ~15-20 de ture (aproximativ 30 de minute timp de zbor). Incertitudinea estimării emisiilor rezultate se reduce pe măsură ce numărul de tururi este crescut. În condiții optime, incertitudinile demonstrate sunt destul de scăzute, adesea mai bune de 10%, iar limitele de detectare sunt 5 – 10 kg/h. Pentru aplicațiile pentru care nu este necesară o precizie mare de măsurare (de exemplu, avem o scurgere mică sau o scurgere mare?), estimări rapide pot fi realizate în doar 5 – 10 minute pentru a oferi un nivel de ordin de mărime a ratei de emisie. Această abordare poate crește foarte mult eficiența în timp și eficiența costurilor atunci când se evaluează numeroase site-uri.

În ceea ce privește monitorizarea directă a gazelor la sol și cu vehicule aeriene fără pilot, principala metodă folosită este metoda OTM-33a (Draft Other Test Method 33A, 2014). Această metodă constă în alegerea unui punct la o distanță de cel puțin 20 m de sursa posibilă pe direcția vântului unde se vor executa măsurările, iar anemometrul ce înregistrează datele de vânt este amplasat astfel încât să nu fie influențat de către curentul de aer provocat de dronă. Astfel, se pot cuantifica nivelele emisiilor de la sursă folosite pentru a măsura sau estima puterea sursei.

Din datele colectate prin metoda OTM 33a, după aplicarea corecțiilor necesare, calibrare și nivel de fond, se pot estima ratele de emisii prin aplicarea modelului Gaussian ce descrie fracția molară a unui gaz în funcție de distanța de la un punct sursă. Modelul dezvoltat de către Pasquill și Smith, 1983 folosit pentru a prezice concentrația medie $C(x, y, z)$ a unei surse de poluant peste nivelul mediului ambiental, este:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

unde, C este concentrația medie în timp; x este distanța de la sursă; y este distanța de vânt transversal; z este înălțimea de la sol; Q este puterea sursei; σ_y și σ_z sunt coeficienții de dispersie reprezentând amestecarea penei de poluant pe transversală, respectiv verticală; u reprezintă viteza medie a vântului; și h înălțimea de la sol a sursei. Acest model presupune o rată de emisie constantă a sursei, difuzia pe direcția x este neglijabilă, masa poluantului se conservă, și nu există surse adiționale sau pierderi în timpul transportului.

Metoda de măsurare transversală – este o măsurare mobilă ce poate fi efectuată atât cu laboratorul mobil, cât și cu drone în cazul în care echipamentul de măsurare poate fi instalat pe o dronă. La fel ca în cazul OTM33a, măsurarea transversală se execută pe direcția vântului de la sursă. Însă, dacă în cazul OTM33a este nevoie de o perioadă de măsurare, în cazul măsurării transversal distanța de la punctul de pornire și punctul de terminare al transversalei și numărul de repetări asigură acoperirea întregii pene de poluant. Această metodă permite și evaluarea puterii sursei de emisie atât prin efectuarea măsurilor la diferite distanțe față de sursă, cât și prin modificarea vitezei de deplasare a laboratorului mobil sau a dronei.

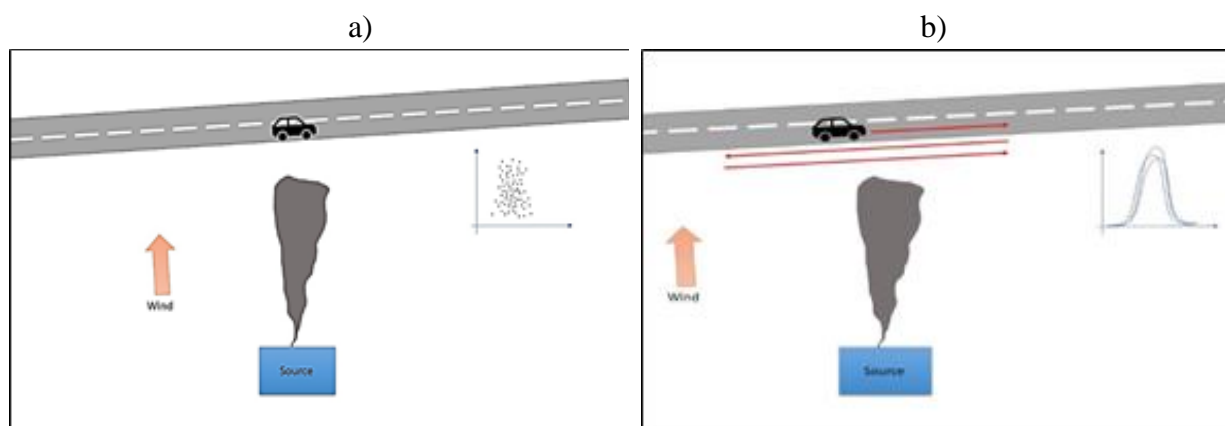


Figura 2. Strategii de măsurare la sol sau cu UAV: a) metoda OTM-33a; b) metoda transversală.

În funcție de metoda de măsurare aleasă, precum și instrumentația disponibilă, datele înregistrate pot oferi informații în ceea ce privește emisiile de specii poluante în anumite zone dacă metoda folosită este bilanțul de masă cu echipamente aeropurtate, respectiv identificarea și cuantificarea surselor individuale dacă se aplică metodele de măsurare cu ajutorul senzorilor instalați la bordul UAV-urilor.

Instrumentele științifice instalate pe aeronava de cercetări științifice BN2A-27 sunt amplasate după cum reiese din Figura 3. Analizorul dimensional de particule (APS) este montat pe rack-ul amplasat în fața consolei de control, analizorul NO₂ CAPS în apropierea rack-ului, iar nefelometrul în poziție verticală în spatele scaunului operatorului. Admisia aerului este asigurată printr-o priză de aer proiectată pentru gaze și aerosoli. În plus, instrumentul SWING+ este amplasat pe podeaua cabinei, lângă consola de control, pentru realizarea de măsurări de teledețecție în direcția nadir. Georeferențierea măsurărilor este realizată cu ajutorul unui sistem IMU, care înregistrează poziția aeronavei, dar și parametrii de roll, pitch and yaw.

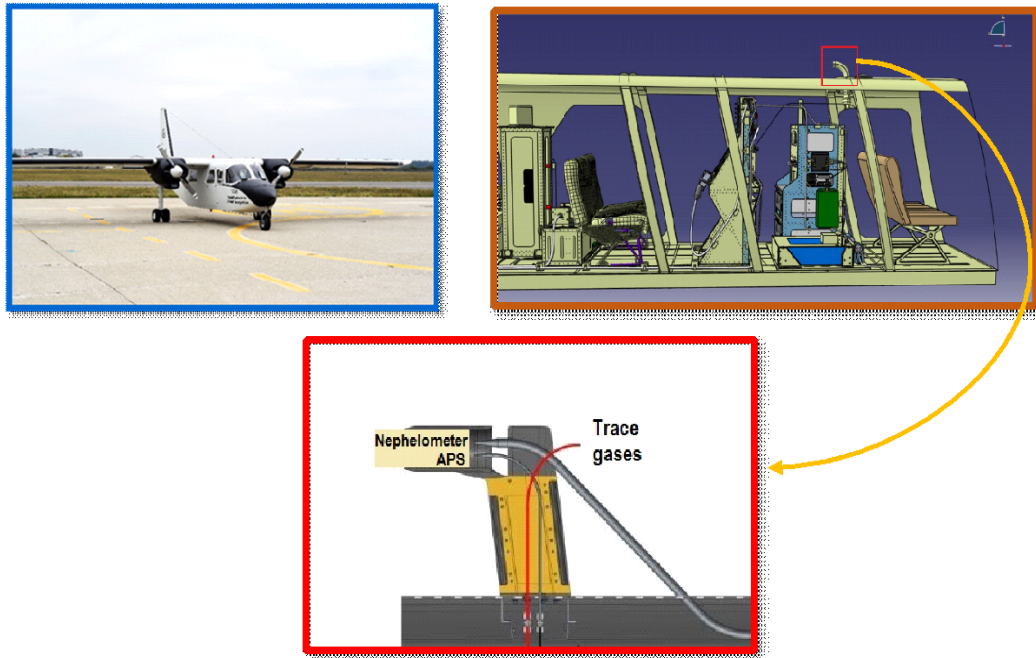


Figura 3. Platforma aeriană BN-2A 27, vedere izometrică a cabinei – dispunerea echipamentelor în cabină, vedere detaliată a prizei de aer

Instrumentația științifică amplasată la bordul aeronavei BN-2A 27 este dedicată determinării proprietăților aerosolilor, respectiv gazelor și a gazelor, și include atât instrumente *in situ* cât și de teledetecție.

Analizorul de gaz AS32M (Environnement SA) se bazează pe spectroscopia de absorbție cu schimbare de fază și oferă măsurări continue de NO_2 (adică măsurări ale raportului de amestec a volumului de NO_2 datorită proprietăților de absorbție a acestui gaz în spectrul vizibil) cu o rezoluție de timp mai mică de 1s și o limită scăzută de detectare de 0.1 ppb. Pentru a asigura măsurări precise, celula de măsurare conține atât senzori de presiune, cât și senzori de temperatură care corectează coeficientul de absorbție a NO_2 .

Pentru a evita supraîncălzirea, acesta este așezat la nivelul podelei într-un rack dedicat și este asigurat împotriva vibrațiilor și deplasărilor.



Figura 4. Vedere izometrică a poziției analizorului NO₂ CAPS în interiorul cabinei.

Analizorul dimensional de particule (APS) utilizează tehnologia de dimensionare a particulelor. Această procedură se aplică particulelor cu diametrul cuprins între 0,5-20 μm și se realizează într-un câmp accelerat de curgere cu un singur procesor rapid de sincronizare. Simultan, este utilizată o tehnică de împrăștiere a luminii pentru a detecta particule cu diametrul între 0,37-20 μm. Instrumentul poate măsura particule cu dimensiunea cuprinsă între 0,5 și 20 μm prin analiză aerodinamică și între 0,37 și 20 μm prin analiză optică.

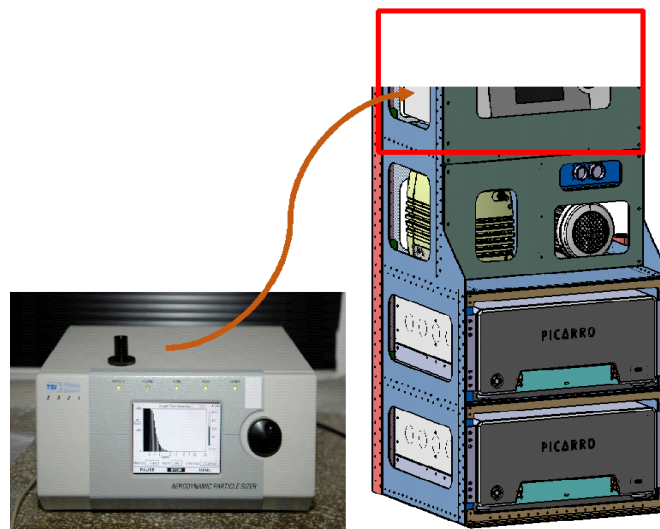


Figura 5. APS și poziția acestuia pe rack-ul suport

Ambele analizoare de gaze Picarro - modelele G2107 și G2401-mc, se bazează pe aceeași tehnologie și anume spectroscopia de absorbție în domeniul infraroșu apropiat (CRDS- cavity ring down spectroscopy) care permite realizarea de măsurări rapide, în mod continuu și în timp real. Acestea pot

monitoriza o gamă largă de gaze cu efect de seră (CO, CO₂, CH₄, vapori de apă și H₂CO) cu sensibilități de până la domeniul de ppb. Principalele caracteristici ale fiecărui tip de analizor și cerințele generale de funcționare sunt prezentate în Tabelele 1, respectiv 2.

Model analizor de gaze	Picarro, model G2401-mc (Picarro 1)	Picarro, model G2107 (Picarro 2)
Specia chimică măsurată	CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O	H ₂ CO
Unitate de măsură	ppm	ppm
Frecvența de măsurare	< 5s	< 5s
Intervalul de măsurare	CO: 0-1000 ppm CO ₂ : 0-1000 ppm CH ₄ : 0-20 ppm H ₂ O: 0-7 % v H ₂ O	0- 1000 ppm
Precizie (5s / 5 min, 1δ)	CO: <15ppb/1.5ppb CO ₂ : <50ppb/20ppb CH ₄ : <1ppb/0.5ppb H ₂ O: <30ppm/5ppm	100 ppb/15 ppb
Alte specii chimice măsurabile	-	H ₂ O; NH ₃
* Acesorii	Pompă KNF model N920AP.29.18	Pompă de vid model, MD1
Sursă de alimentare	100 – 240 VAC, 47 – 63 Hz (auto-detectare), < 260 W pornire (total); 110 W (analizor), 75 W (pompă) la starea de funcționare nominală	100 - 240 VAC, 47 - 63 Hz ((auto-detectare), < 260 W pornire (total); 110 W (analizor), 35 W (pompă) la starea de funcționare nominală

Tabel 1. Parametrii instrumentelor Picarro 1 &2.

Ciclul de încălzire pornește automat (poate dura până la 60 de minute până când toti parametrii optimi de funcționare sunt atinși). Înainte de oprire, este necesară furnizarea unui flux de aer uscat pentru aproximativ 5 minute în vederea evitării condensului în interiorul cavității optice pe durata procesului de de răcire.

Celula de măsurare	Controlul temperaturii	+/- 0.005 °C
	Controlul presiunii	+/- 1.52 Torr
Proba analizată	Temperatură	-10 - 45 °C
	Presiune	300 - 1000 Torr

	Debit	< 0.4 slm at 760Torr
	Umiditate	< 99 %, fără condensare
Condiții de operare	Temperatură	10 -35 °C
	Umiditate	< 99 %, fără condensare
* Condiții depozitare	Temperatură	-10 ... 50 °C

Tabel 2. Cerințe generale de funcționare pentru PICARRO 1 și 2.

Analizoarele și pompele corespunzătoare sunt montate pe rack-ul dedicat acestora, așa cum este prezentat în Figura 6.

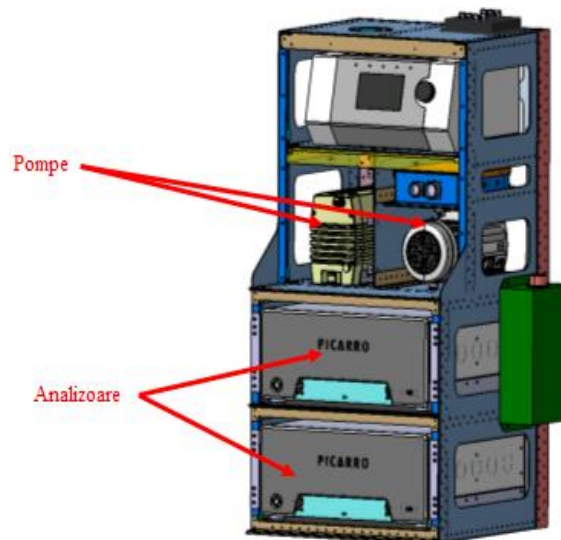


Figura 6. Rack suport de instrumente - analizoare de gaze, pompe și APS

Nefelometrul este folosit pentru măsurarea atât a semnalelor directe cât și a celor retro-împrăștiate ale aerosolilor pentru trei lungimi de undă diferite: 450 nm (albastru), 550 nm (verde) și 700 nm (roșu). Nefelometrul are senzori de temperatură și presiune încorporați, dar și o pompă de vid ce poate fi setată pentru debite variabile. Acesta este eficient pentru măsurări, atât pe termen scurt, cât și pe termen lung, ale proprietăților optice ale aerosolilor care au impact asupra climei, calității aerului, vizibilității. Asigură o sensibilitate de 10^{-7} m^{-1} (pentru lungimi de undă corespunzătoare culorilor albastru și verde, cu timp de răspuns mediu de 60 sec.) și o sensibilitate de $3 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ pentru lungimea de undă corespunzătoare culorii roșii, cu un timp de răspuns tot de 60 sec. Instrumentul este plasat în spatele scaunului operatorului, în poziție verticală, fiind amplasat într-o cutie specială ce îl fixează și îl protejează împotriva vibrațiilor.

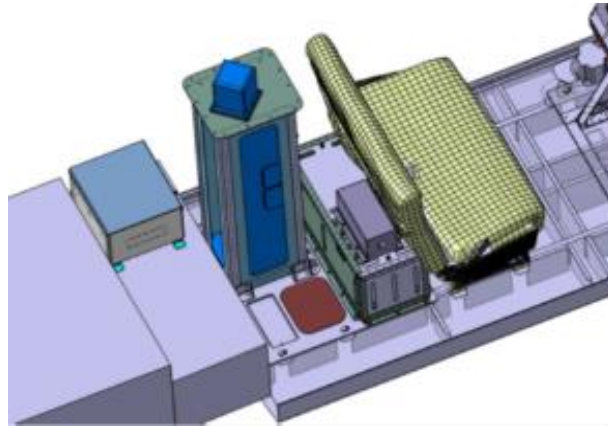


Figura 7. Poziția nefelometrului (de culoare albastră) în interiorul cabinei


Instrumentul SWING+ este bazat pe un spectrometru și colectează lumina solară împrăștiată folosind o oglindă de scanare. După oglindă de scanare, lumina este transmisă și colectată de o lentilă colimatoare din dioxid de siliciu în stare amorfă și de o fibră optică. Oglinda este instalată pe un ax motorizat. Motorul are posibilitatea de a scana în direcția nadirului și poate realiza scanări la diferite unghiuri. Un PC controlează spectrometrul și motorul oglinzii printr-un circuit bazat pe un micro-controller. Spectrometrul acoperă intervalul spectral 200 - 750 nm la o rezoluție spectrală de 1.3 nm FWHM (Full Width at Half Maximum).



Figura 8. Instrumentul SWING+

Strategii de zbor

Strategia de zbor implică survolul zonei metropolitane a Bucureștiului, la o altitudine de 3500 m, luând în considerare direcția vântului în executarea segmentelor de zbor (distanțate la aproximativ 3 km). În acest context, se va executa o buclă în estul sau sudul zonei de studiu. În figurile 1 și 2 sunt prezentate traiectoriile de zbor pentru două cazuri, și anume considerând direcția vântului E-V, respectiv S-N. Dacă

 <small>National Institute for Aerospace Research "ICX Center"</small>	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 20
		Exemplar nr. 1

nu există restricții suplimentare din partea autorităților, se va solicita extinderea traiectoriei de zbor în direcția vântului (pentru direcția vântului S-N, este posibil ca această solicitare să nu fie aprobată datorită operațiunilor aeriene zilnice ale LROP¹).

Strategia de zbor	Suprafață acoperită	Rezoluția unui pixel (7x3.5km ²)	Timpul total – execuția zborului*
EV / VE	865 km ²	≈ 35	3h20min
SN / NS	1024km ²	≈ 40	3h30min

Tabel 3. Estimări referitoare la strategiile de zbor

*Notă: Aceste estimări (inclusiv decolare, aterizare, zbor de tranzit și lucru aerian) pot suferi posibile modificări.

Limitări

- Execuția acestui tip de misiune de cercetare implică necesitatea anumitor condiții speciale precum cer senin, fără nori. În ceea ce privește direcția vântului, este preferabilă direcția N-S, însă se acceptă și direcțiile E-V / V-E.
- Condițiile meteorologice nefavorabile pot periclita efectuarea misiunilor de cercetare propuse. Astfel, este posibil ca numărul vizat de zboruri să nu fie îndeplinit din acest motiv.

¹ LROP – Aeroportul Internațional “Henri Coandă” București

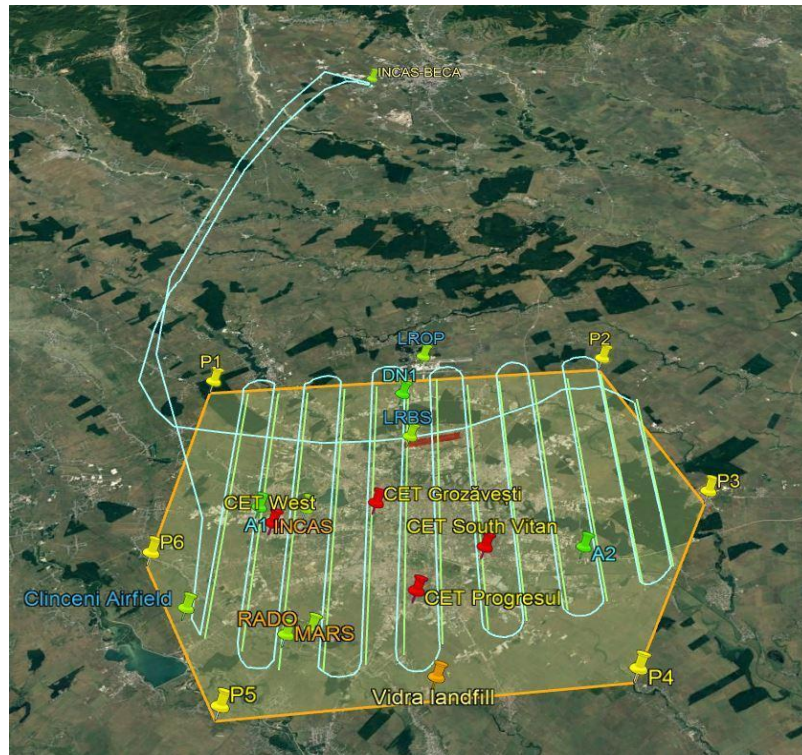


Figura 9. Strategia de zbor propusă pentru direcția vântului E-V

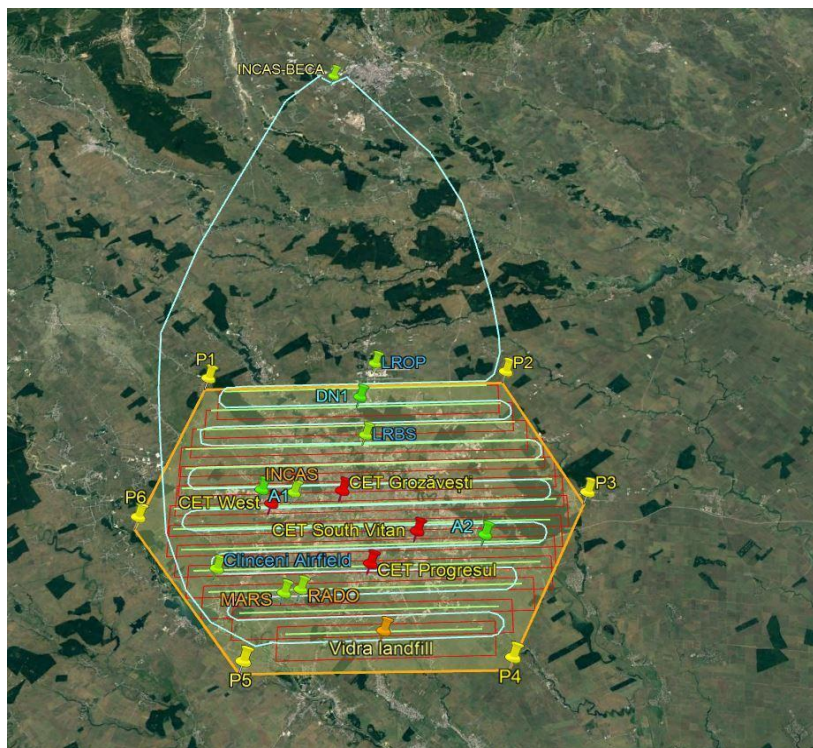


Figura 10. Strategia de zbor propusă pentru direcția vântului S-N ce include o procedură de întoarcere (buclă) spre sud înainte de a executa modelul raster (3500m)

Principalele echipamente de cercetare instalate pe aeronava de cercetări atmosferice Beechcraft C90 GTx sunt un spectrometru de aerosoli, particule de nori și precipitații (CAPS – arătat în panoul din stânga al Figurii 9) și o sondă de nori de tip Hawkeye (Figura 9, panoul din dreapta). Această configurație este frecvent utilizată pentru studii *in situ* ale parametrilor structurali și microfizici ai atmosferei.

Unitatea CAPS are doi senzori principali CAS (spectrometru de aerosoli și nori) și CIP (sondă de imagistică). Domeniile de detecție ale acestor două instrumente sunt oarecum complementare: CAS detectează și evaluează dimensional particule atmosferice cuprinse între 0.5 și 50 μm , iar CIP poate evalua particule de dimensiuni mari, între 15 μm și 0.93 mm. Unitatea CAPS mai are în componență și alți senzori secundari, cum ar fi: senzor cu fir cald pentru determinarea conținutului lichid de apă, senzori de temperatură și umiditate. În principiu, instrumentul CAS detectează semnalul de împrăștiere al unei radiații laser în urma trecerii unei particule atmosferice prin fascicul. Impulsurile electrice rezultate prin detecția luminii împrăștiată pe senzorii instrumentului sunt distribuite în mod automat într-o grilă prestabilită de valori corespunzătoare structurii de bini dimensionali încorporată în software-ul asociat (PADS). Instrumentul CIP determină și evaluează, pentru fiecare particulă care trece prin fasciculul laser, umbra acesteia pe o matrice liniară de fotodetectori. Semnalul este înregistrat atunci când nivelul său scade sub un anumit prag.

Unitatea Hawkeye este compusă din instrumentul FCDP (Fast Cloud Droplet Probe), 2D-S (Two-Dimensional Stereo Probe) și CPI (Cloud Particle Imager). Principiul de funcționare al FCDP este similar cu cel al CAS, iar cel al 2D-S este similar cu cel al CIP. Spre deosebire de CIP, 2D-S-ul are două canale de detecție (unul orizontal și celălalt vertical). Mai mult, cele două canale ale 2D-S funcționează ca declanșator pentru instrumentul CPI. Când particula este detectată pe ambele canale 2D-S, aceasta este iluminată de un fascicul laser și fotografiată cu o cameră CCD.



Figura 11. În imaginea din stânga se află instrumentul CAPS, iar în cea din dreapta se poate observa instrumentul Hawkeye. Ambele instrumente se află montate pe aeronava Beechcraft C90 GTx

1.1.2. Misiuni topografie

Aeronava utilizată pentru realizarea misiunilor topografice este **Hawker Beechcraft King Air C-90 GTx** având la comandă doi piloți cu o vastă experiență în misiuni de scanare LiDAR, acest fapt permițând realizarea mai multor zboruri zilnice.

Aeronava de ultimă generație (Figura 12), fabricată în 2011, este echipată cu un sistem LiDAR Riegl Q680i și un sistem Data Link de transmisie a datelor în timpul zborului la sol.

Această aeronavă bimotor turbopropulsată cu cabină presurizată poate atinge o altitudine maximă de croazieră de 9144 m și o viteză maximă de croazieră de 504 km/h. Greutatea maximă la decolare nu poate depăși 4756 kg, din care aproximativ 250 kg sunt destinate încărcăturii științifice. În plus, distanța maximă parcursă în timpul unui zbor este de 2207 km.



Figura 12. Platforma aeropurată Hawker Beechcraft King Air C-90 GTx – INCAS

Configurația internă a aeronavei de cercetare ATMOSLAB este prezentată în Figura 13 și constă din 2 piloți și 1 operator aparatură.

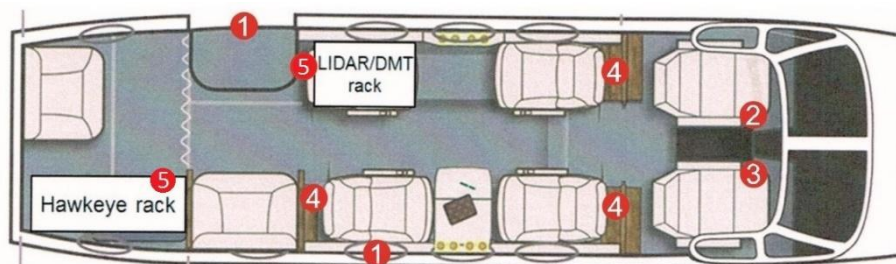


Figura 13. Configurația interioară a aeronavei ATMOSLAB: 1-ușa principală de acces și ușa de siguranță, 2-pilot/comandant, 3-copilot, 4-posturi operatori, 5 rack-uri ce conțin computerele și panoul electric de comandă pentru echipamentele de cercetare

b. Echipamentul utilizat / principiu de funcționare

Platforma de scanare LiDAR ce este utilizată se compune din scanner LiDAR Riegl Q680i și un sistem Data Link de transmisie a datelor în timpul zborului la sol.

Datele LiDAR și imaginile digitale înregistrate în timpul misiunii de cercetare au fost obținute cu ajutorul scannerului laser Riegl Q680i (Figura 14) și al camerei digitale DigiCAM-60.

Pentru obținerea datelor fotogrammetrice, s-a folosit o cameră de tip DigiCam având la bază o cameră HASSELBLAD H4D cu o rezoluție de 60 megapixeli și distanță focală de 50 mm. Caracteristicile camerei fotogrammetrice permit prelucrarea radiometrică și geometrică automată a fotogramelor digitale în toate etapele fluxului tehnologic. Printre funcțiile stației digitale sunt: orientarea fotogramelor,

realizarea aerotriangulației, exploatarea stereoscopică a imaginilor digitale, generarea Modelului Digital al Terenului (MDT), rectificarea automată a imaginilor și realizarea ortofotoplanului, a reprezentărilor perspective 3D, etc.

Principalele caracteristici ale sistemului LiDAR utilizat sunt prezentate în Tabelul 4. Acest sistem are următoarele componente:

- scanner laser și sisteme de înregistrare a datelor;
- cameră digitală;
- sistem IMU/GPS;
- software pentru planificarea și ghidarea zborului;
- software pentru procesarea datelor IMU/GPS;
- software pentru sistemul de control și vizualizare on-line al datelor și un software pentru procesarea datelor laser scanate.

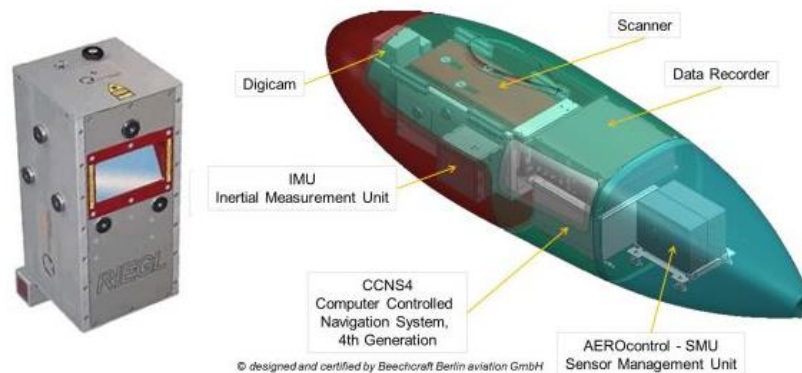


Figura 14. Componentele sistemului Riegl LMS-Q680i (Sursă: www.riegl.com)

Acuratețe	20 mm
Precizie	20 mm
Rată de repetiție a fluxului radar	400.000 khz
Rată efectivă de măsurare	Până la 266 khz sub un unghi de 60°
Lungime undă laser	Infraroșu apropiat
Mecanism de scanare	Oglindă rotativă
Mod de scanare	Scanare linii paralele
Viteză de scanare	De la 10 la 200 scanări pe secundă

Spațiu de scanare	$\pm 30^\circ = 60^\circ$ total
Unghi minim între două fascicule laser consecutive	$\Delta\theta \geq 0.002^\circ$ (pentru 400000 Hz)
Rezoluție unghiulară	0.001°
Intensitate de măsurare	16 biți
Acumulator	18 - 32 vdc
Consum curent	7a la 24 vdc
Dimensiuni	480 x 212 x 230 mm
Greutate	17.5 kg
Clasă de protecție	Ip54
Interval de temperatură	De la 0° c la +40°c (operare) de la -10°c la +50°c (stocare)
Montare unitate IMU	Bare de oțel inserate pe partea superioară a laser scannerului, conectate rigid de structura inferioară a mecanismului de scanare

Tabel 4. Caracteristici tehnice ale sistemului Riegl LMS-Q680i

Light Detection and Ranging (LiDAR) este o tehnică activă de teledetecție cu ajutorul căreia se pot obține date de o acuratețe ridicată despre topografia terenului, vegetație ori diverse structuri și construcții. Potrivit specialiștilor, această tehnologie folosește trei sisteme de bază: scanarea laser care măsoară distanțele cu precizie, sistemul de poziționare global (GPS) și unitatea de măsurare inerțială (IMU) pentru înregistrarea orientării. Tehnologia presupune folosirea de calculatoare cu capacitate ridicată de stocare și calcul. Cu ajutorul scanării laser, sunt înregistrate diferențele de timp dintre impulsurile laser trimise din avionul ce efectuează zborul și cele reflectate de suprafața topografică, iar receptorul GPS înregistrează poziția continuă a acestuia.

Tehnologia LiDAR (Light Detection and Ranging = detectarea luminii și estimarea distanțelor) reprezintă o metodă de colectare a unor informații geometrice referitoare la forma și poziția unor obiecte, a terenului sau a mediului înconjurător în general. Datele colectate pot fi ulterior folosite pentru a realiza modele digitale tridimensionale ale obiectivului scanat.

Rezultatul scanării este reprezentat, de regulă, de un set discret de puncte aparținând obiectivului scanat, puncte a căror poziție raportată la centrul geometric al instrumentului este determinată într-un sistem de coordonate polare propriu instrumentului de scanare. Setul de puncte rezultat în urma scanării este cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea de „nor de puncte” („point cloud”). Însăși această denumire sugerează densitatea de informații folosite pentru a modela obiectivul, acesta fiind, de altfel, avantajul major al acestor instrumente.

Această tehnologie, prin utilizarea sistemului integrat GNSS/INS pentru georeferențierea directă a datelor scanate, înlătură lipsa de eficacitate a sistemelor utilizate în mod static.

Tehnologia LiDAR se bazează pe măsurarea timpului de întoarcere al impulsului laser emis și reflectat apoi de obiectele de la suprafața terenului, o revoluție în achiziția datelor ce pune la dispoziția tuturor utilizatorilor o colecție de date tridimensionale.

Principiul tehnologiei LiDAR (Figura 15) este: dispozitivul LiDAR, montat pe o platformă aeropurtată, emite pulsuri de la un laser infraroșu focalizat, care sunt îndrumate spre sol, pe traiectoria de zbor, de o oglindă de scanare. La capturarea de către un receptor, reflexia de la sol a vârfurilor de vegetație sau a structurilor este transmisă la un discriminator și un contor de timp măsoară timpul scurs între semnalul transmis și cel recepționat. Din această informație, distanța dintre sol și bordul aeronavelor este determinată. În timpul zborului, sistemul adună informații sub forma unui nor de puncte din teren și le stochează în format digital. Un sistem inerțial de măsurare (IMU) înregistrează orientarea avionului (φ , ω , κ), iar sistemul GNSS încorporat la bord înregistrează poziția spațială a aeronavei. În plus, multe sisteme includ un aparat de fotografiat digital, pentru a captura imagini fotografice ale terenului care este scanat.

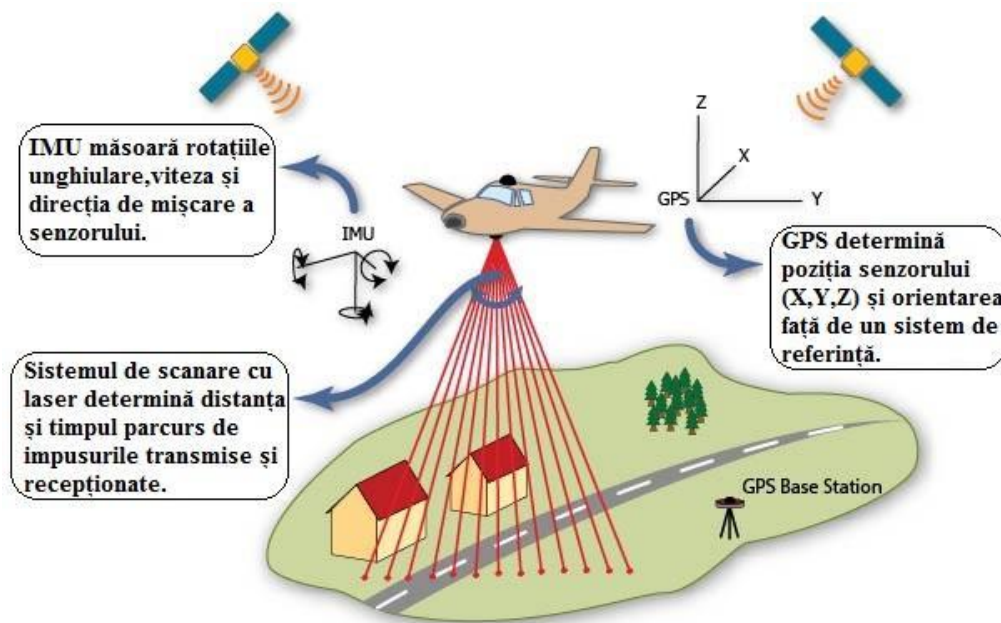


Figura 15. Tehnologia LiDAR (Sursă: <http://www.qpeak.com/scientific-enterprises>)

Componentele sistemului sunt următoarele:

- Laser-scaner aeropurtat;
- Sistem de poziționare globală (GPS);
- Sistem inerțial de măsurare (IMU);

- Sistem de stocare a datelor.

Sistemul de scanare cu laser este subdivizat în trei componente:

- a) Scanner-ul opto-mecanic;
- b) Unitate prin care se măsoară distanța parcursă de fiecare impuls;
- c) Unitatea de control a procesării.

Funcția acestei componente este de a determina distanța și timpul parcurs de impulsurile transmise și recepționate. Componenta nu este capabilă să calculeze coordonatele punctelor, astfel pentru extrapolarea 3D a coordonatelor și a distanței la o locație precisă pe suprafața pământului este necesară o a doua componentă: georeferențierea directă. Tehnologia ce îndeplinește această funcție și joacă un rol important în dezvoltarea sistemului LiDAR este sistemul global de poziționare, GPS. Georeferențierea directă presupune determinarea poziției senzorului (X, Y, Z) și orientarea față de un sistem de referință.

Cea de-a treia componentă, sistemul inerțial de măsurare, IMU, cuprinde trei giroscopice care măsoară rotațiile unghiulare ale senzorului și 3 accelerometre care măsoară viteza și direcția de mișcare a senzorului.

Ultima componentă a sistemului LiDAR este sistemul de stocare a datelor, un computer pentru stocare și procesare. Dacă funcția sistemului de scanare este de a genera impulsurile laser și de a primi răspunsurile, dacă rolul GPS-ului este de a oferi poziția precisă și cel al sistemului inerțial este de a măsura direcția și viteza senzorului, computerul are rolul de a se asigura că fiecare dintre aceste componente funcționează corect și oferă datele necesare.

În scopul cartografierii folosind sistemele LiDAR, sunt importanți doi factori:

- Localizarea cu precizie a poziției senzorului;
- Măsurarea timpului necesar impulsului emis de a se deplasa până la obiectele de pe suprafața solului și să reflecte și să se întoarcă la senzorul aeropurtat.

Din aceste două aspecte prezentate se poate sublinia faptul că cea mai importantă operație a sistemului LiDAR este referitoare la timp. Întrucât impulsul emis de senzor călătorește cu viteza luminii, timpul poate fi convertit direct în distanță cu ajutorul următoarei formule:

$$D = T \cdot v$$

unde: D-distanța de la senzor la obiect și înapoi, T-timpul, iar v-viteza luminii.

Observație: Acest rezultat trebuie împărțit la 2 pentru a determina distanța de la senzor la obiect.

În scopul georeferențierii seturilor de date, aportul și-l aduc datele GNSS ce oferă poziția precisă a platformei aeropurtate, astfel datele brute LiDAR sunt transformate într-un nor de puncte georeferențiate. Aceste date pot fi apoi editate și procesate pentru a genera modele ale terenului, ale suprafețelor și conturilor.

Dintre caracteristicile datelor LiDAR, cele mai importante sunt:

- distribuția neregulată a punctelor;
- precizia punctelor laser;
- impactul impulsului cu diferitele obiecte de la suprafața pământului;
- dependența răspunsurilor de caracteristicile suprafeței;
- intensitatea;
- formatul datelor.

Capabilitatea de a transmite mai multe pulsuri într-un interval de timp dat, permite culegerea de date în mai multe locații din zona scanată. LiDAR-ul poate înregistra mai multe întoarceri de la același semnal/puls (Figura 16) atunci când acesta este reflectat la diferite înălțimi (ex: frunzele copacilor).

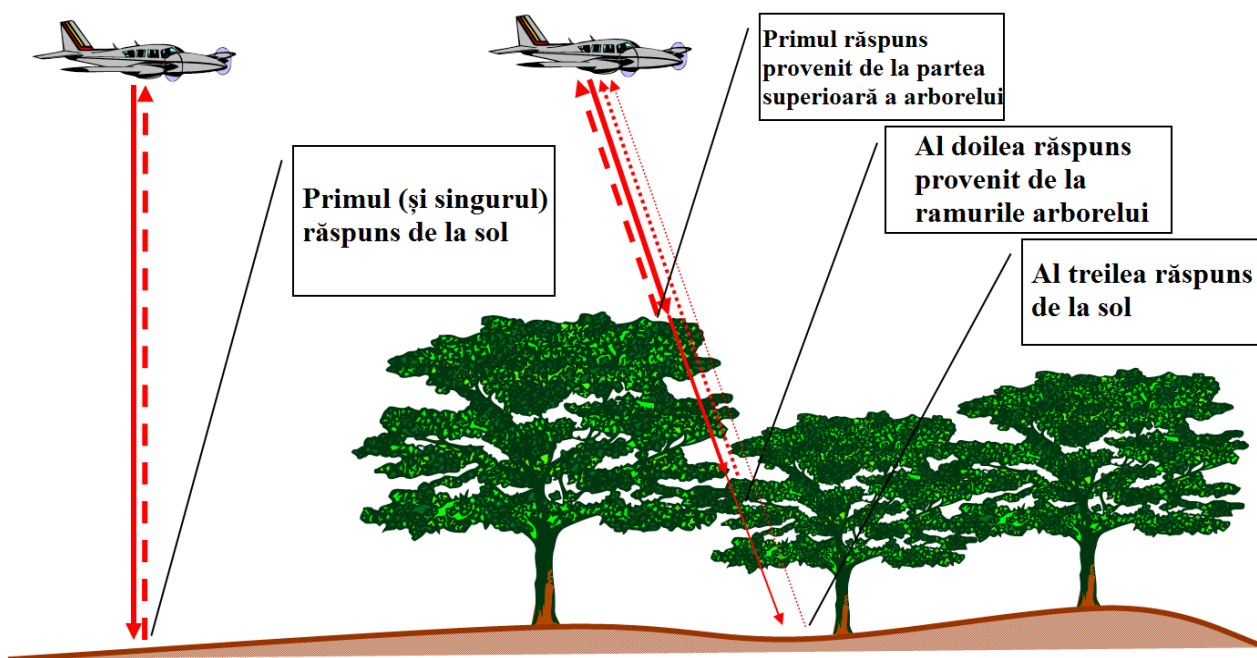


Figura 16. Multiplele răspunsuri LiDAR pot fi generate de la un singur impuls. În funcție de capacitățile senzorului, două sau mai multe răspunsuri pot fi înregistrate ca date.

O altă dezvoltare în domeniul LiDAR este capacitatea de a înregistra întregul răspuns digitizat al fiecărui răspuns laser. Acesta poate fi folosit pentru a identifica proprietăți fizice ale obiectului. Până în prezent, o mare parte din cercetarea LiDAR s-a dezvoltat în domeniul forestier, însă aceasta poate fi dezvoltată și în domeniul urban unde aplicațiile pot fi automatizate.

Cel mai important produs final rămâne modelul digital al terenului (MDT), etapele obținerii acestuia fiind relativ mai rapide decât cele fotogrammetrice, lucru ce se datorează standardelor în vigoare pentru formatul de fișier LAS (LASer) al măsurătorilor LiDAR, dar și tipului de livrabil solicitat.


Un ultim aspect în ceea ce privește datele LiDAR este stocarea datelor LiDAR în formatul “.las”, care este un format de date binar ce stochează metadatele LiDAR și toate informațiile despre setul de puncte 3D într-o formă compactă. Formatul LAS permite ca fiecare punct măsurat să fie încadrat într-o clasă precum teren, vegetație joasă, medie și înaltă sau clădiri, permițând astfel crearea mai multor produse din același set de măsurări: extragerea clasificată a vegetației, extragerea clădirilor, extragerea modelului digital al terenului. Totodată, realizarea imaginilor optice în același timp cu scanarea laser determină înregistrarea valorilor RGB a pixelilor imaginii.

Avantajele tehnologiei LiDAR sunt semnificative și demne de enumerate dar, din ansamblul lor, se pot reține următoarele:

- desimea mare de puncte, poziționate 3D, situată la un nivel de peste 10 puncte/mp, în unele cazuri ajungând la peste 20 puncte/mp, în funcție de acoperirea terenului ce permite o analiză pe verticală a spațiului terestru;
- viteza mare de colectare a punctelor care poate ajunge la peste 10000 pe secundă și deci suprimarea aerotriangulației și a ortorectificării care se mențin în cazul tehnicilor fotogrammetrice (Flodd și Gutelius, 1997; Vorovencii, 2010);
- identificarea și poziționarea elementelor de arboret de sub plafonul coronamentului pădurii sau obiectelor mici (cablurile electrice) îngropate la mică adâncime;
- precizie ridicată de poziționare, evaluată la $\pm 15-20$ cm, dar putând atinge și 2 cm, ceva mai mare în elevație pe cote și mai scăzută în plan;
- achiziționarea datelor la orice oră din zi și în tot timpul anului, cu unele restricții provocate de condițiile atmosferice.

Unele **limitări ale tehnologiei LiDAR**, ce devin dezavantaje în raport cu fotogrammetria digitală, sunt demne de amintit:

- zonele cu apă și cu exces de umiditate nu pot fi delimitate și reprezentate cu exactitate;
- precizie diferențiată mai scăzută, în plan orizontal decât în cel vertical;
- informația semantică nerelevantă, ce trebuie completată cu alte tehnici de teledetecție;
- lipsa standardelor de evaluare a calității lucrărilor și de valabilitate a rezultatelor;
- costul destul de ridicat, deocamdată, motiv pentru care, în prezent, sistemul nu este accesibil pe scară largă.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 30
		Exemplar nr. 1

Aplicabilitatea tehnologiei LiDAR acoperă din ce în ce mai multe domenii: geomatică, arheologie, geografie, geologie, geomorfologie, seismologie, silvicultură, teledetectie și fizica atmosferei.

Toate măsurătorile realizate trebuie raportate la Sistemul Național de Proiecție al României, și anume la proiecția Stereografică 1970 având ca sistem de referință al altitudinilor sistemul normal de altitudini cu punct zero fundamental Marea Neagră 1975.

Secvența mare de măsurare a scannerului este de asemenea foarte importantă. Frecvența de măsurare este cuprinsă între 2KHz putând ajunge la 266 KHz, iar spațierea și densitatea punctelor măsurate poate varia de la un punct pe metru pătrat până la 20 de puncte pe metru pătrat, în funcție de înălțimea de zbor, lățimea benzii, unghiul de scanare și ratele impulsurilor.

Data fiind viteza mare de lucru a sistemului de scanare în raport cu frecvența ciclului semnalului GNSS și a sistemului inerțial, itinerariul de zbor este interpolat pe baza înregistrărilor timpilor de lucru prin sincronizarea tuturor sistemelor montate la bord și la sol.

După efectuarea zborului vor fi disponibile trei seturi de date:

- datele de poziție a senzorului;
- datele de scanare, cu unghiul instantaneu de înregistrare;
- datele de calibrare.

Dacă precizia de determinare a datelor de poziție este sub 1dm în ceea ce privește coordonatele senzorului și de cel puțin 0.020° pentru unghiurile de orientare, se pot calcula coordonatele de teren ale punctelor scanate în mod foarte precis.

c. Instrumente software pentru procesare

Pentru procesarea datelor LiDAR se utilizează două tipuri de instrumente software, și anume cele specifice scannerului laser (*RiProcess*, *RiAnalyze* și *RiWorld*), respectiv aplicații comerciale – *TerraSolid*.

Schema generală a procedurii de procesare a datelor LiDAR este ilustrată în figura următoare.

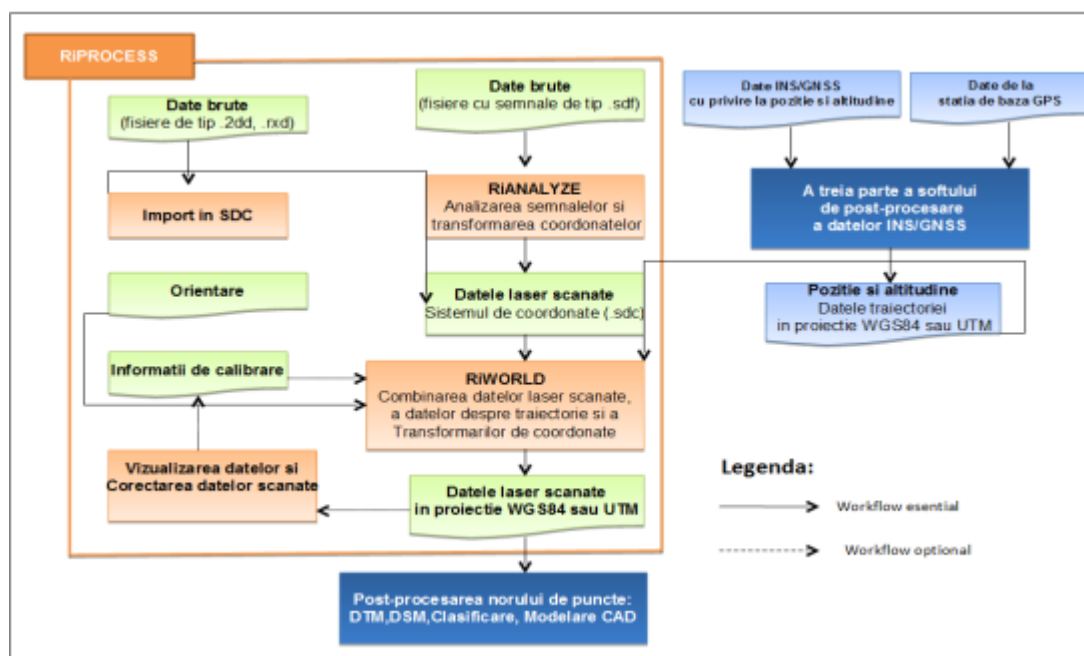



Figura 17. Procesarea datelor LiDAR

Pentru extragerea datelor brute, transformarea de coordonate și combinarea datelor laser cu traiectoriile zborului LiDAR, se folosesc programe specializate ale scannerului laser: **RiProcess**, **RiAnalyze** și **RiWorld**.

RiProcess oferă o unealtă pentru îmbunătățirea calibrării sistemului, potrivirea relativă a datelor din scanare (pentru a minimiza inadvertențele între seturi diferite de date) și/sau potrivirea absolută a datelor scanate în relație cu un sistem de coordonate local sau global.

Pentru ajustarea datelor scanate este necesar un proiect procesat în întregime. Ajustarea înseamnă calculul parametrilor optimi ai unui model matematic pentru a obține cea mai bună potrivire între seturile de date. Astfel sunt utilizate așa numitele observații. O observație constă în două obiecte similare (două suprafețe planare, două puncte sau două sfere). Există două tipuri de observații:

- Între două obiecte de legătură din scanări diferite. Un obiect de legătură este o suprafață planară, un punct sau o sferă. Potrivirea obiectelor de legătură din diferite scanări poate fi utilizată doar pentru îmbunătățirea potrivirii relative a acestor scanări. Nu poate fi utilizată pentru îmbunătățirea potrivirii absolute a scanărilor în relație cu un sistem de coordonate (ex. un sistem de coordonate local).
- Între un obiect de legătură și un obiect de control. Un obiect de control este de asemenea o suprafață plană, un punct sau o sferă. Coordonatele obiectelor de control sunt cunoscute (spre exemplu pot fi derivate din măsurători topografice sau sunt coordonatele cunoscute ale unui punct etalon). Aceste tipuri de observații pot fi utilizate pentru a îmbunătăți potrivirea scanărilor cu un sistem de coordonate (ex. un sistem local).

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 32
		Exemplar nr. 1

Procesarea datelor LiDAR și a imaginilor se realizează cu aplicațiile *TerraSolid*:

- TerraMatch;
- TerraScan;
- TerraModeler;
- TerraPhoto.

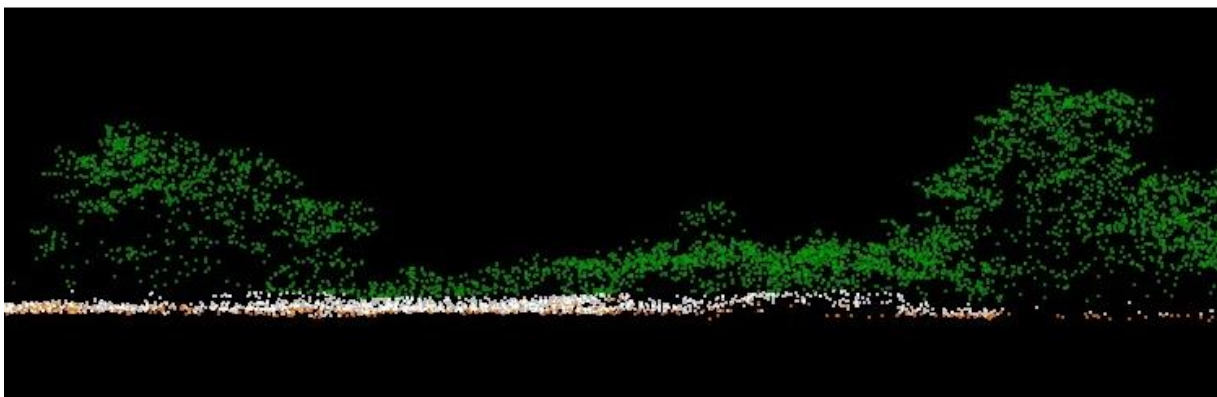


Figura 18. Nor de puncte LiDAR

1.1.3. Misiuni supraveghere aeriană

Natura zborului – particularități

Zborurile de supraveghere sunt deseori efectuate la altitudini joase, la viteză redusă. Altitudinea minimă de zbor trebuie să respecte reglementările EASA și naționale în vigoare, pentru zborurile de poziționare de la aeroportul de bază către zona care urmează să fie supravegheată și retur. Pentru zona care urmează să fie inspectată, se aplică profilul de zbor cerut de tipul de inspecție.

Pentru fiecare tip de supraveghere, este necesar un anumit profil de zbor (înălțime AGL și viteză) pentru ca echipamentul de supraveghere să-și îndeplinească scopul și să achiziționeze corect datele.

Expunerea la risc

Pericole deosebite apar din cauza înălțimii reduse față de sol sau a distanțelor mici ale aeronavei față de obstacole și lipsa locurilor de aterizare de urgență în caz de probleme. În plus, în funcție de cursul zborului, condițiile de mediu sau meteo se pot schimba, ceea ce necesită o mare flexibilitate din partea pilotului.

Aeronava care va fi folosită este Britten Norman BN2P. Sistemul MX10 constă din stâlpul în care este instalată turela, amplasat pe partea stângă a fuselajului aeronavei, în spatele ușii pilotului și consola TSOP amplasată în interiorul fuselajului.

Disponerea scaunelor și echipamentului aeronavei este după cum urmează:

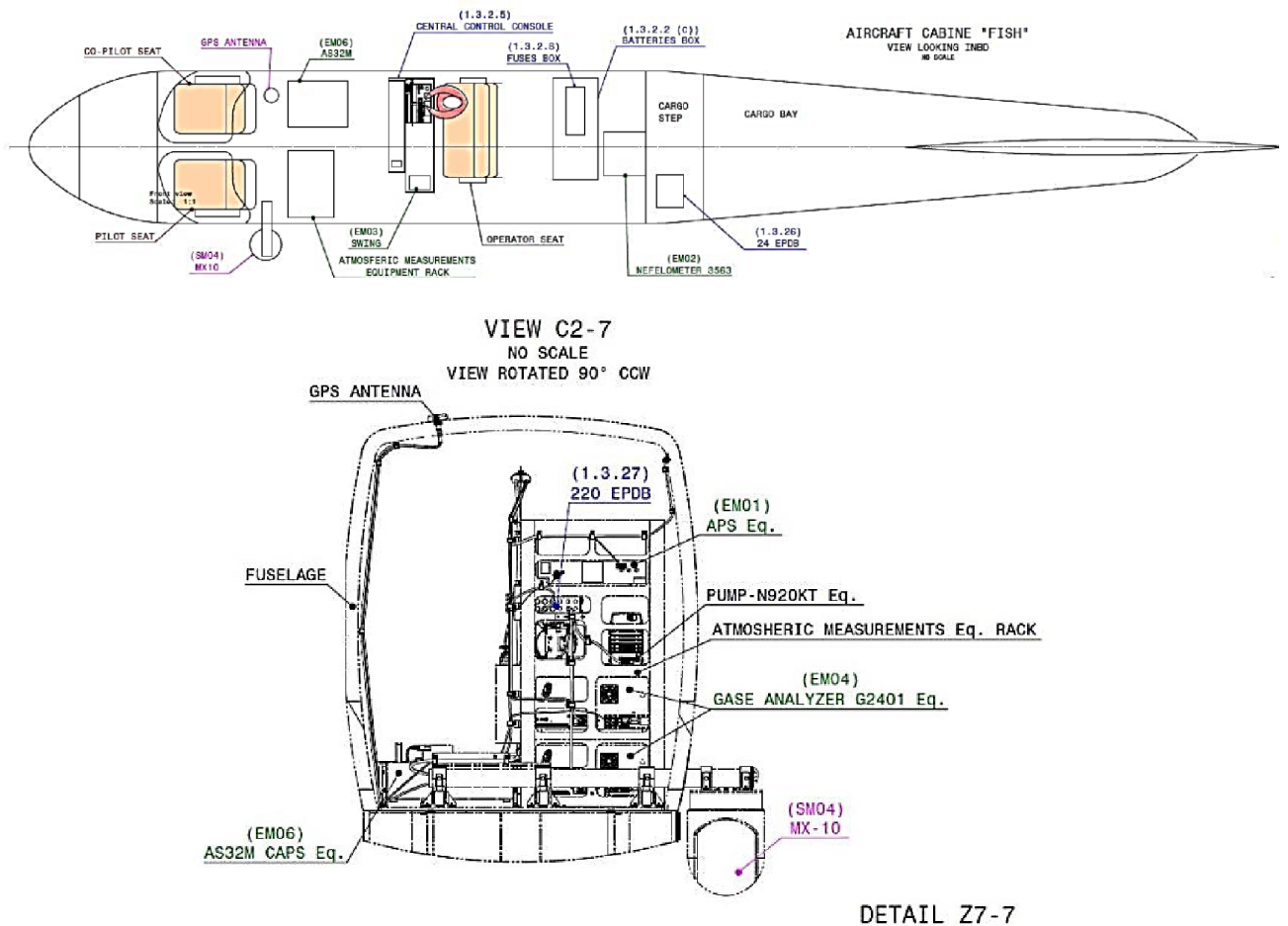


Figura 19. Configurația internă a aeronavei BN2P

Tipuri de operațiuni

Importanța tiparelor de supraveghere este relevantă, deoarece indiferent de cât de dezvoltate ar fi mijloacele noastre de transport, nu poate fi exclusă posibilitatea apariției unei urgențe din cauza unui accident sau din alte motive.

În momentul în care un vehicul/clădire/zonă (avalanșă) întâmpină o urgență și inevitabilul se realizează, se emite un semnal de primejdie, semnalul este recepționat de autorități/alte vehicule/echipaj aeronave care se află în apropiere. Folosind comunicarea prin satelit, semnalul este transmis către toate stațiile terestre. În momentul în care semnalul este recepționat de stațiile terestre, operațiunile de „căutare și salvare” sunt pornite.

Au fost întocmite anumite norme sau reguli pentru efectuarea operațiunilor de salvare. Au fost elaborate anumite modele de supraveghere pentru a efectua și a face față urgențelor maritime.

Tipuri de modele de supraveghere

Modelul de supraveghere pe linie de căutare: Acesta este primul model care este urmat pentru efectuarea unei operațiuni de căutare. Modelul de supraveghere pe linie de căutare poate fi efectuat cu unul sau mai multe vehicule. Motivul adoptării acestei metode este presupunerea că obiectul care trebuie căutat se află în imediata apropiere și de-a lungul „căii”. Este folosit și atunci când zona de căutare este mare și este necesară doar o locație aproximativă. Urmărirea acestui model asigură o acoperire uniformă.

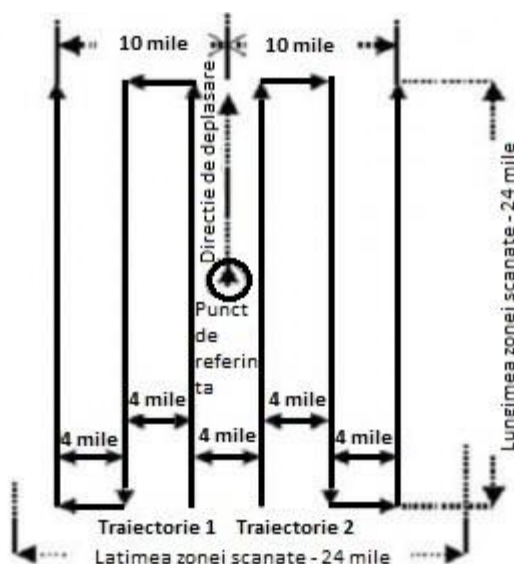


Figura 20. Model de supraveghere pe linie de căutare

Aeronava/aeronaivele principale încep căutarea paralel una cu cealaltă, așa cum se arată în diagrama de mai sus. După o distanță scurtă, aeronavele se îndepărtează unele de altele la 90 de grade. Apoi, după o scurtă distanță, fac din nou o întoarcere la dreapta și se deplasează pe toată lungimea paralel una cu cealaltă.

Modelul de supraveghere ”pătrat extins”: Acest model poate fi realizat de vehicule de suprafață sau chiar de unitățile aeropurtate. Pornind de la locația probabilă a țintei, vehiculele de căutare se extind spre exterior în pătrate concentrice.

Modelul de supraveghere pe sectoare: este folosit atunci când poziția țintei este cunoscută cu exactitate și căutarea trebuie efectuată pe o zonă mică. În mod normal, se desfășoară în zona în care a fost văzut victima sau obiectul. Probabilitatea de detectare a obiectului este mare aproape de datum și extinde căutarea.

Reprezentarea grafică a modelului se aseamănă cu spițele unei roți. Avantajul este că vehiculele de căutare traversează datumul de mai multe ori. Primul pas este determinarea direcției de derivă și

efectuarea operațiunilor în acea direcție. Distanța dintre două segmente de căutare este de 120 de grade și este nevoie de trei căutări pentru a completa un cerc.

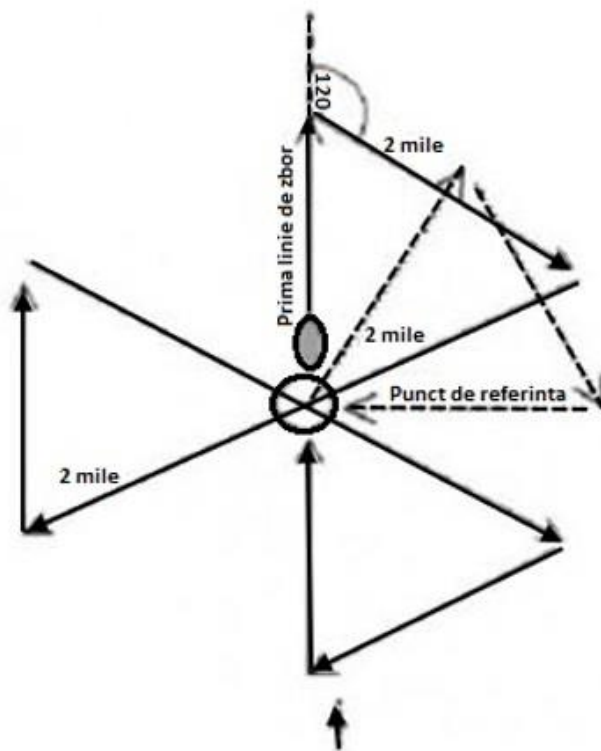


Figura 21. Modelul de supraveghere pe sectoare

2. Testarea și prelucrarea datelor (într-un format utilizabil în funcție de diferite scopuri) înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer în vederea distribuirii lor operative în cadrul aplicației software din cadrul proiectului

2.1. Testarea și prelucrarea datelor înregistrate cu senzorii aeropurtați

2.1.1. Misiuni calitate aer

Studiu de caz din 01.10.2019

Datele achiziționate cu ajutorul senzorilor amplasați *in situ* oferă informații despre nivelul poluantului monitorizat în timp real, fapt ce permite identificarea episoadelor de poluare fără a necesita procesarea prealabilă a datelor. În Figura 22 se pot identifica cu ușurință nivelurile mai ridicate de metan, precum și nivelul de fond în colțul din stânga sus al figurii. Din aceste informații rezultă existența unor surse de emisii de metan în zona investigată, precum și direcția în care se deplasează masa de aer ce conține specii poluante.

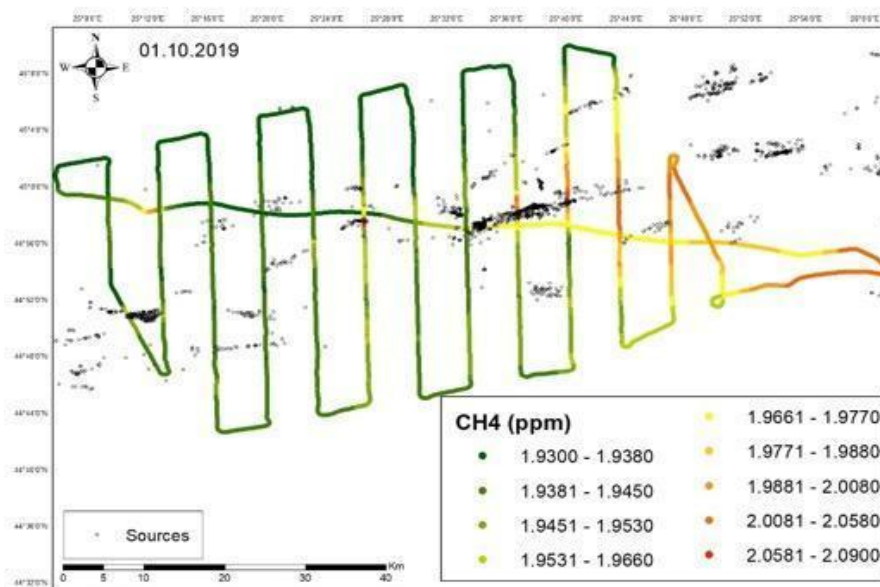


Figura 22. Reprezentare grafică a concentrațiilor de metan măsurate în timpul survolului din data de 01.10.2019, în România, în timpul campaniei de măsurare „Romanian Methane Emissions from Oil & gas” – ROMEO (direcția vântului indicată prin săgeată albastră) (Roeckmann și colab., 2020).

Pentru realizarea survolului a fost utilizată platforma aeriană INCAS BN-2A 27 cu instrumentele științifice instalate. APS-ul (Aerodynamic Particle Sizer Spectrometer) și analizoarele de gaze (Picarro 1&2 și pompele de vid) sunt așezate pe rack-ul special făcut din fața consolei de funcționare, analizorul NO2 CAPS în apropierea rack-ului (pe podea), și nefelometrul în poziție verticală în spatele scaunului

operatorului. Admisia aerului este asigurată de o priză de aer proiectată atât pentru urmele de gaze, cât și pentru aerosoli.

Prin această metodă se poate investiga, în cazul în care locația sursei de poluare este cunoscută, direcția și viteza de deplasare a masei de aer ce conține specii poluante, fapt ce permite adoptarea de măsuri de prevenție și atenționare pentru locuitorii din zonele ce urmează a fi afectate.

Cu ajutorul senzorilor aeropurtații instalați la bordul vehiculelor aeriene fără pilot se pot investiga surse de poluare punctuale. În Figura 23 este reprezentată strategia de zbor a UAV-ului folosit pentru investigarea emisiilor de metan de la o sondă de extracție a petrolului din Câmpia Română, în timpul campaniei „ROmanian Methane Emissions from Oil & gas” – ROMEO, 2019. Prin această metodă se pot identifica și cuantifica emisiile pentru fiecare sursă în parte, operatorii nefiind expuși la acțiunea penei de poluant, drona fiind controlată de la distanță.

Prin efectuarea transectelor la diferite altitudini (Figura 24) se determină în principal coeficientul de amestecare pe verticală al poluantului. Cu acest factor se poate determina altitudinea la care va ajunge pana de poluant după un anumit timp.

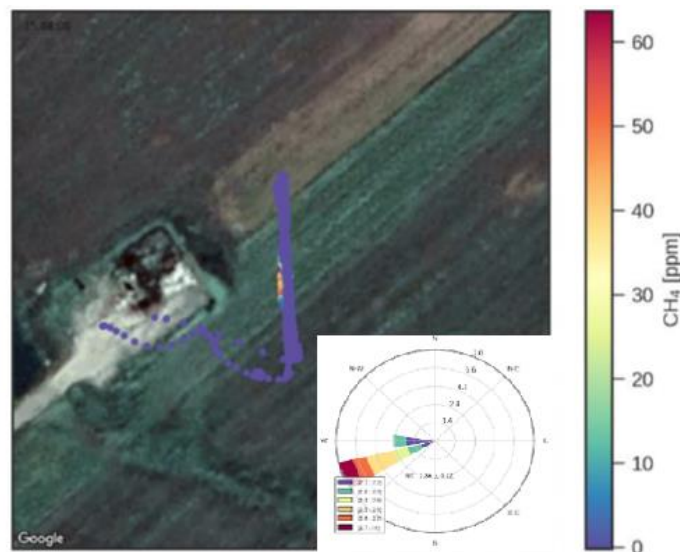


Figura 23. Metoda transversală aplicată în campania ROMEO 2019 cu senzori de măsurare instalați la bordul unui vehicul aerian fără pilot (Morales și colab., 2020)

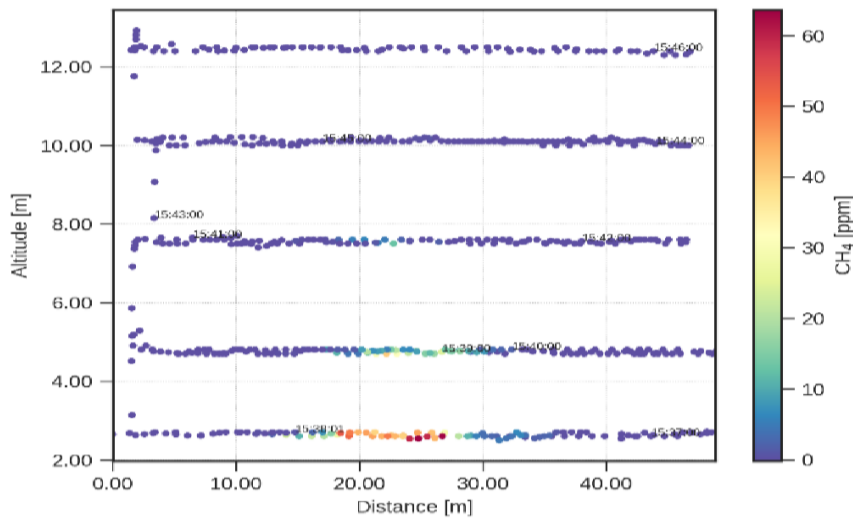


Figura 24. Reprezentarea grafică a concentrațiilor de metan înregistrate cu senzori aeropurtați în funcție de altitudine, în România (Morales și colab., 2020).

Studiu de caz din 11.11.2021

În Figura 25 este reprezentată traiectoria de zbor a aeronavei BN2. În Figurile 26 – 44 sunt prezentate rezultatele obținute în urma zborului de cercetare din data de 11.11.2021. În toate figurile timpul a fost setat în UTC. Decolarea și aterizarea au fost efectuate de pe aerodromul Strejnicu, iar zona de interes pentru sondare a fost Municipiul București, la o altitudine de 3500 m.

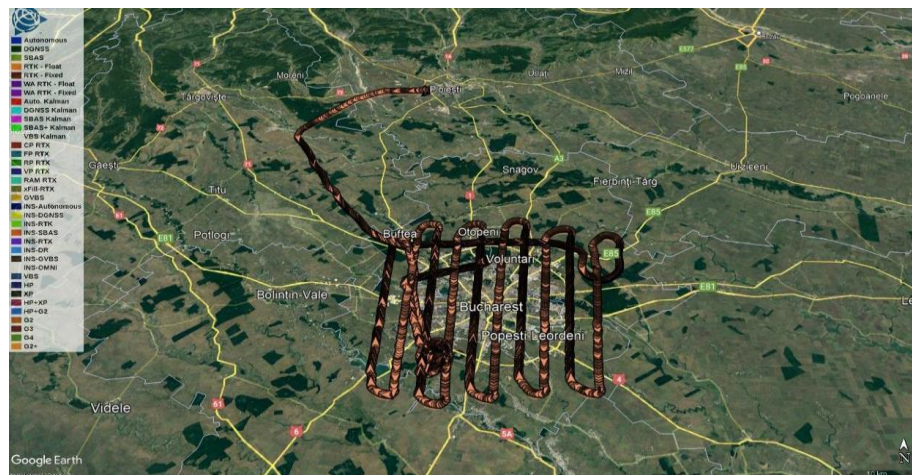


Figura 25. Traiectoria de zbor a aernoavei BN2 din data de 11.11.2021

În Figurile 26 – 31 sunt reprezentate rezultatele obținute cu ajutorul instrumentului CAPS AS32M. Valorile exprimate ca "raw NO2" reprezintă date cu incertitudine mai ridicată, deoarece sunt considerați și alți compuși identificați de instrument ca fiind NO2. Figura 26 reprezintă o serie de timp a parametrilor înregistrați. În panoul de sus se poate observa că la începutul și sfârșitul zborului sunt înregistrate valori

ridicate de NO_2 , măsurate la înălțimi mai joase (mai mici de 1000 m, în PBL), fapt corelat și cu Figurile 27, 28 și 29. Rezultatele prezentate în Figura 26 sunt georeferențiate în Figura 30. În Figura 31 este arătată evoluția concentrației de NO_2 pe durata întregului zbor.

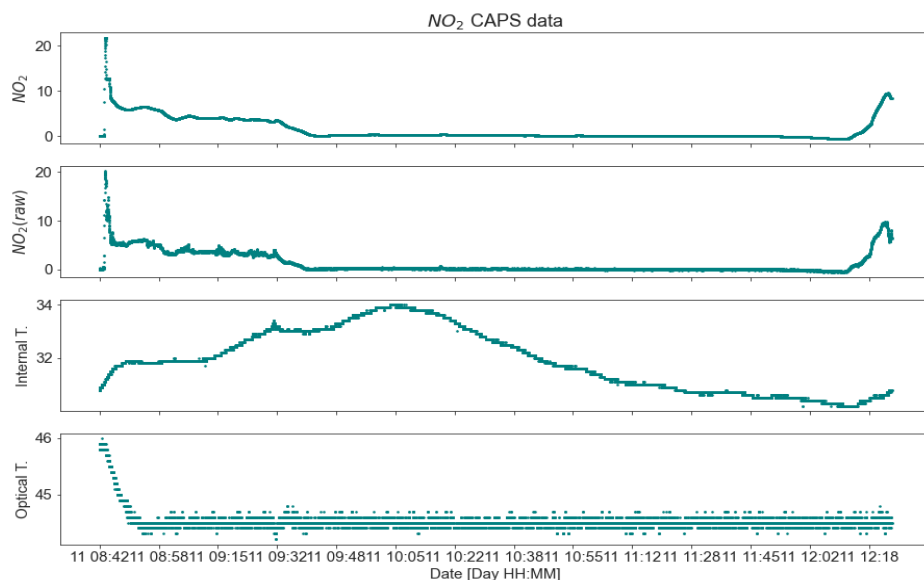


Figura 26. Parametrii înregistrați de instrumentul CAPS

NO_2 CAPS data bellow 1km for 11 Nov 2021 between 09:22 - 09:41

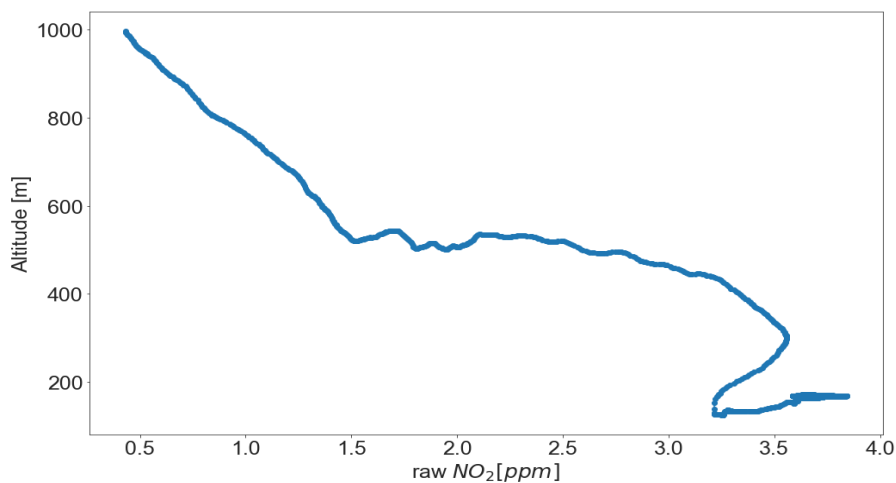


Figura 27. Variația concentrație de NO_2 cu înălțimea între 09:22 – 09:41 UTC

NO₂ CAPS data bellow 1km for 11 Nov 2021 between 12:09 - 12:25

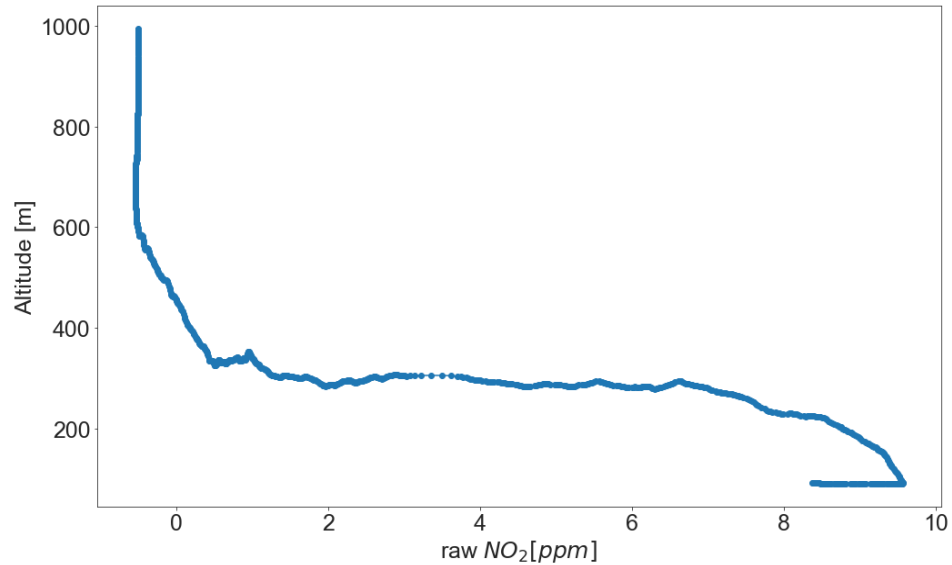


Figura 28. Variația concentrație de NO₂ cu înălțimea între 12:09 – 12:25 UTC

NO₂ CAPS data bellow 1km for 11 Nov 2021

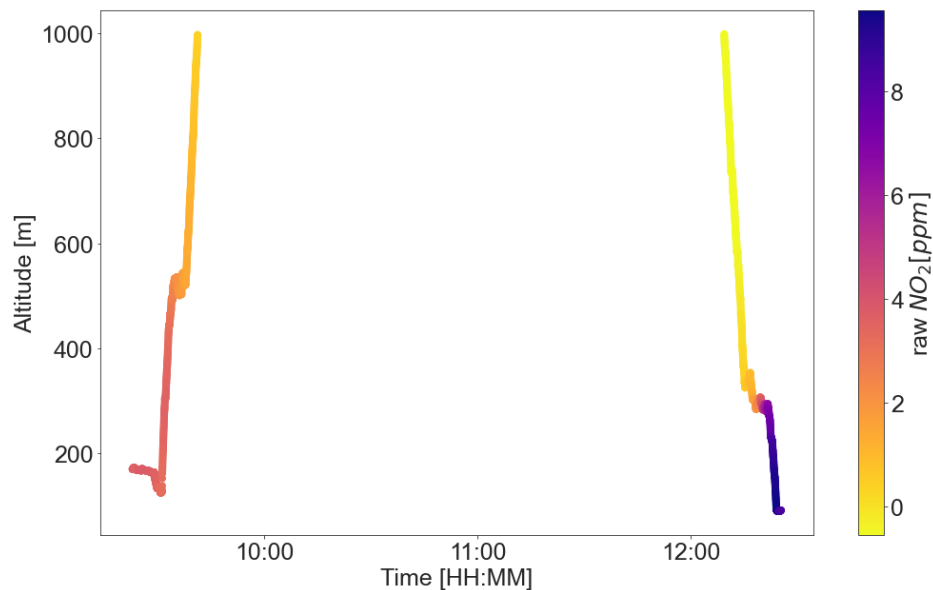


Figura 29. Variația concentrație de NO₂ cu înălțimea

CAPS data for 11 Nov 2021

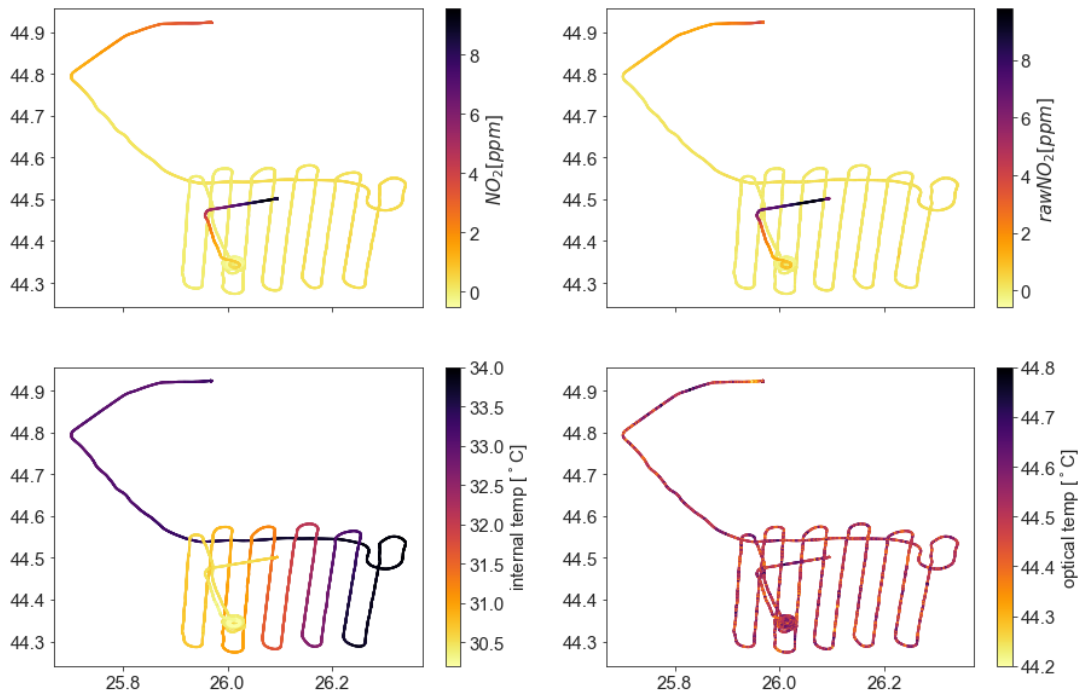


Figura 30. Parametrii înregistrați de instrumentul CAPS AS32M georeferențiați

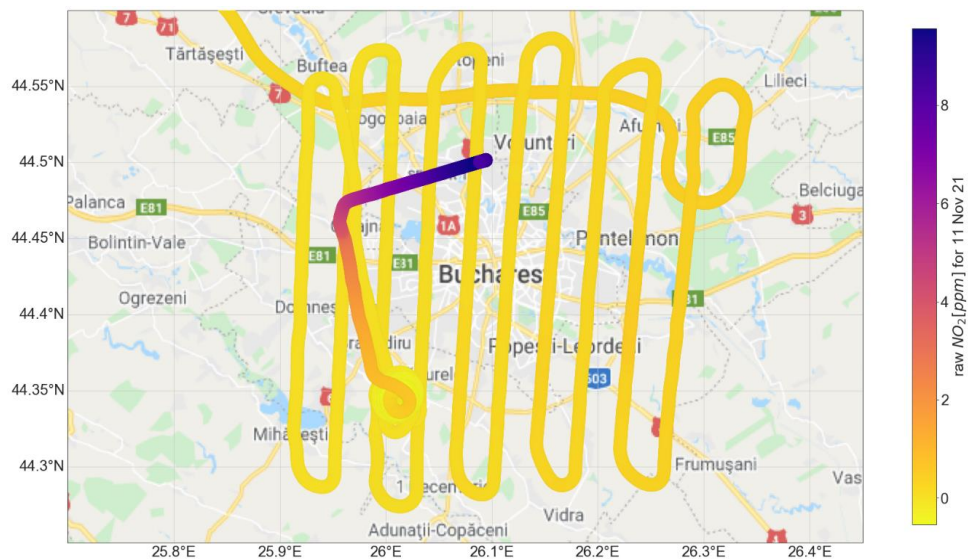


Figura 31. Variația concentrație de NO_2 georeferențiată

În Figurile 32 – 38 sunt reprezentate datele obținute cu instrumentul APS. Au fost colectate concentrații de aerosoli, mai exact PM_1 , $PM_{2.5}$ și PM_{10} . Figura 32 reprezintă seria de timp pentru toată durata zborului de cercetare. Se poate observa că la puțin timp după decolare și în apropierea aterizării se înregistrează valori ridicate pentru toate dimensiunile de aerosol măsurate. Aceste valori ridicate corespund pentru

zonele cu înălțimea mai mică de 1000 m, unde influența directă a orașului este predominantă. Acest fapt este confirmat în Figurile 33 – 35, unde concentrațiile sunt reprezentate în funcție de înălțime. Figurile 36 – 38 reprezintă datele georeferențiate.

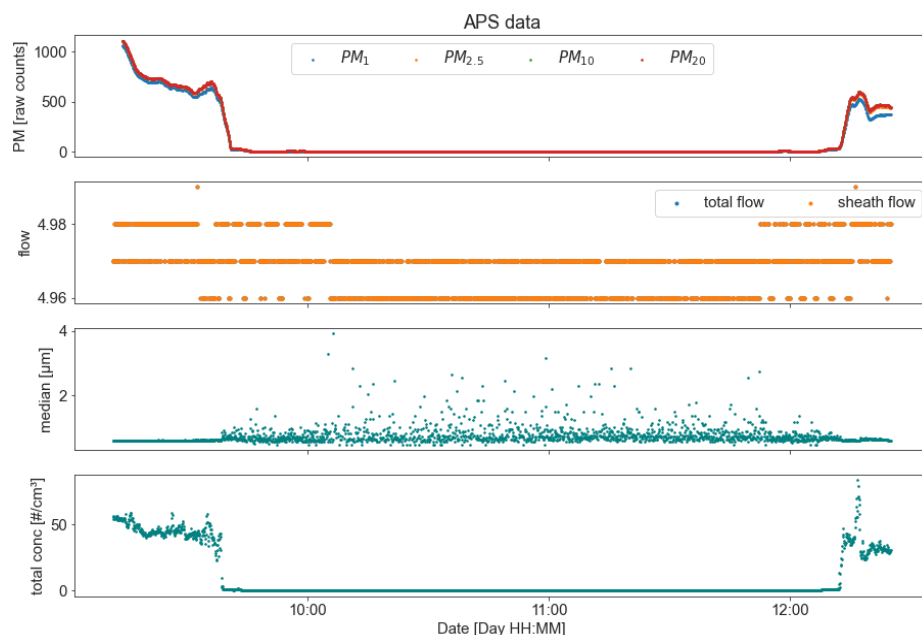


Figura 32. Serie de timp pentru concentrațiile de PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} și PM_{20} și pentru diferiți parametri înregistrați de APS

APS data below 1km for 11 Nov 2021 between 09:22 - 09:41

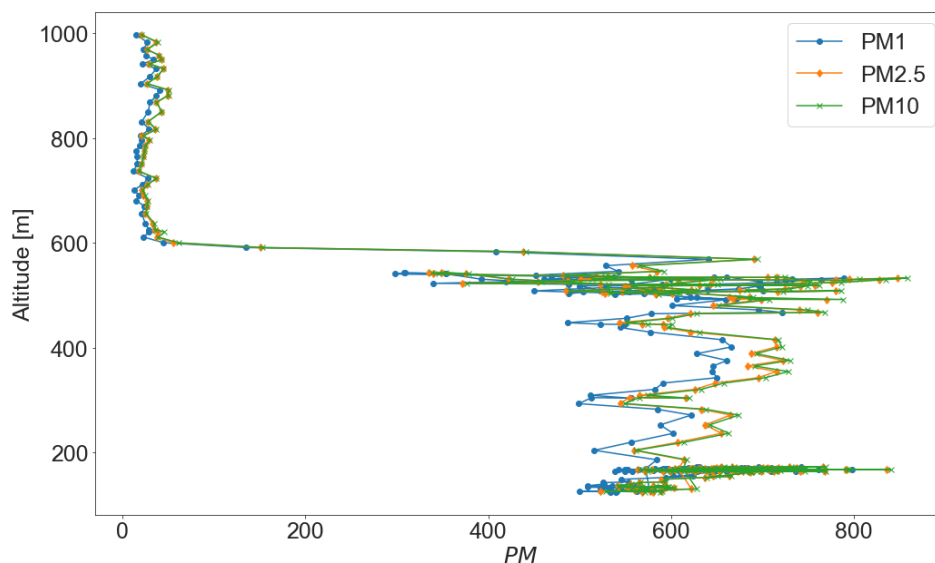


Figura 33. Variația concentrațiilor de PM_1 , $PM_{2.5}$ și PM_{10} cu înălțimea între 09:22 – 09:41 UTC

APS data bellow 1km for 11 Nov 2021 between 12:09 - 12:24

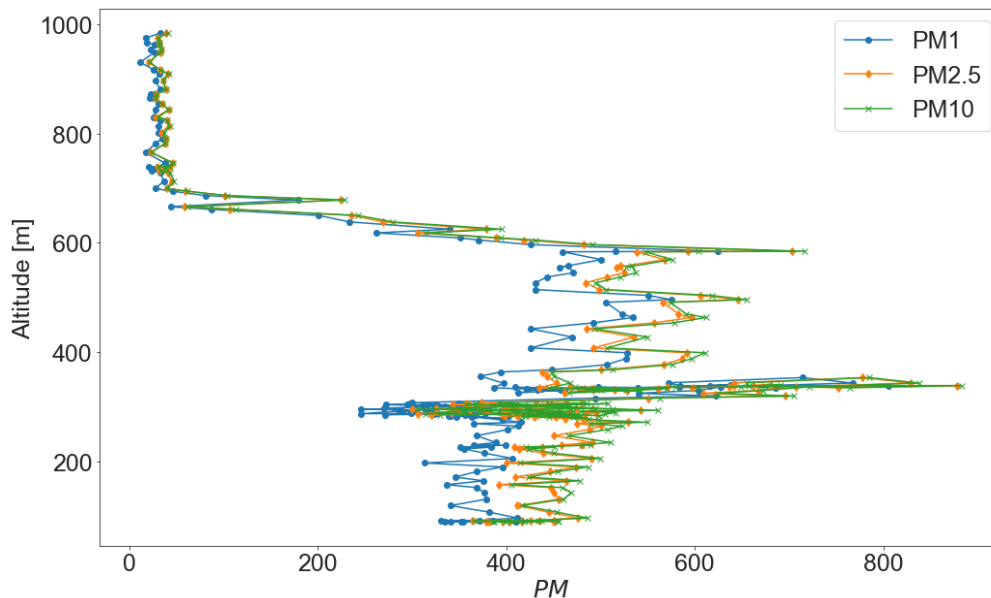


Figura 34. Variația concentrațiilor de PM_1 , $PM_{2.5}$ și PM_{10} cu înălțimea între 12:09 – 12:24 UTC

APS [raw counts] data bellow 1km for 11 Nov 2021

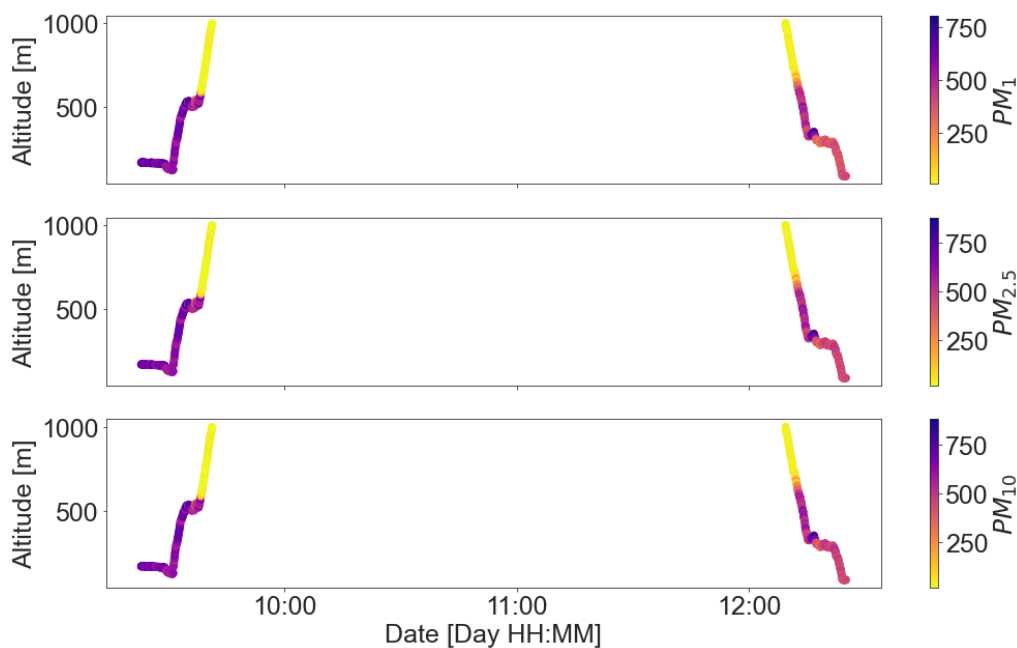


Figura 35. Serie de timp pentru variația concentrațiilor de PM_1 , $PM_{2.5}$ și PM_{10} cu înălțimea, exprimate în număr de particule

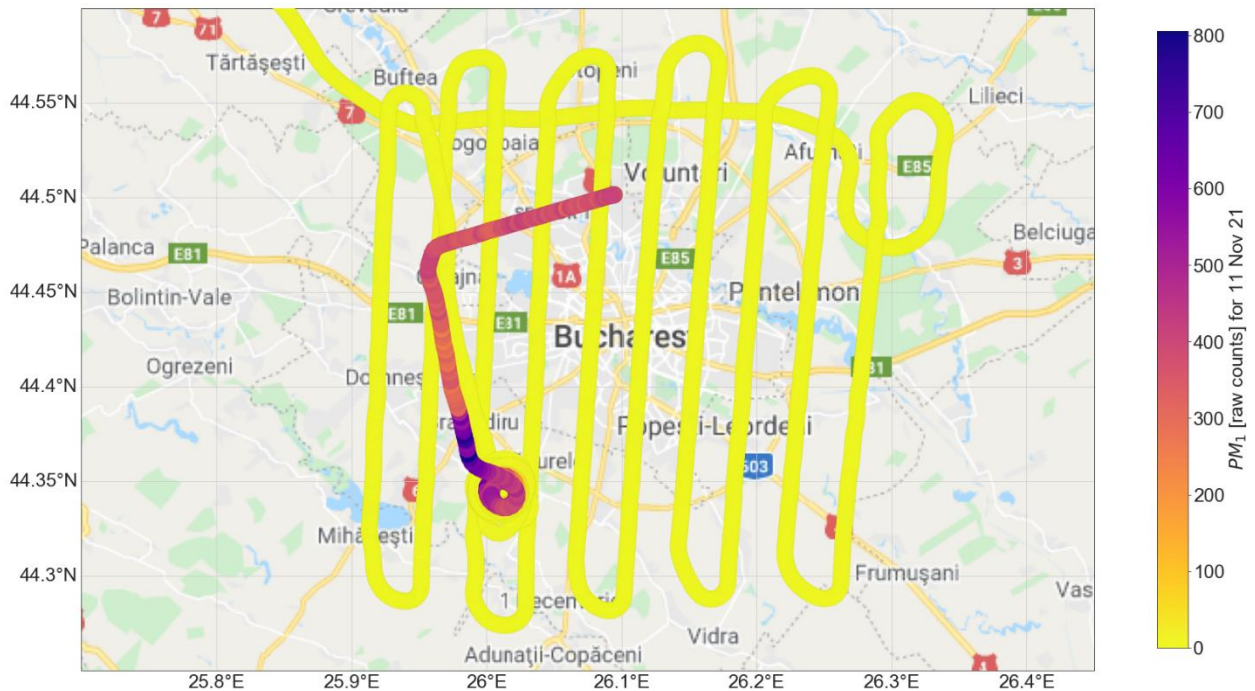


Figura 36. Variația concentrațiilor de PM_{1} georeferențiate, exprimate în număr de particule

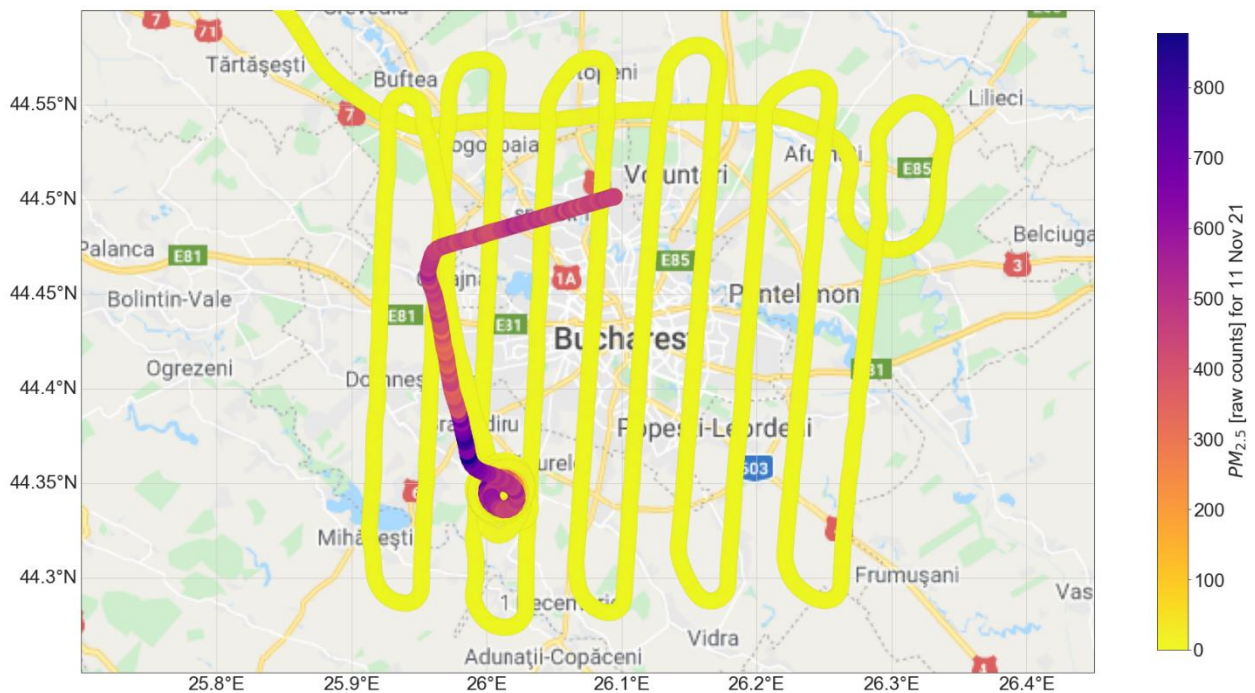


Figura 37. Variația concentrațiilor de $PM_{2.5}$ georeferențiate, exprimate în număr de particule

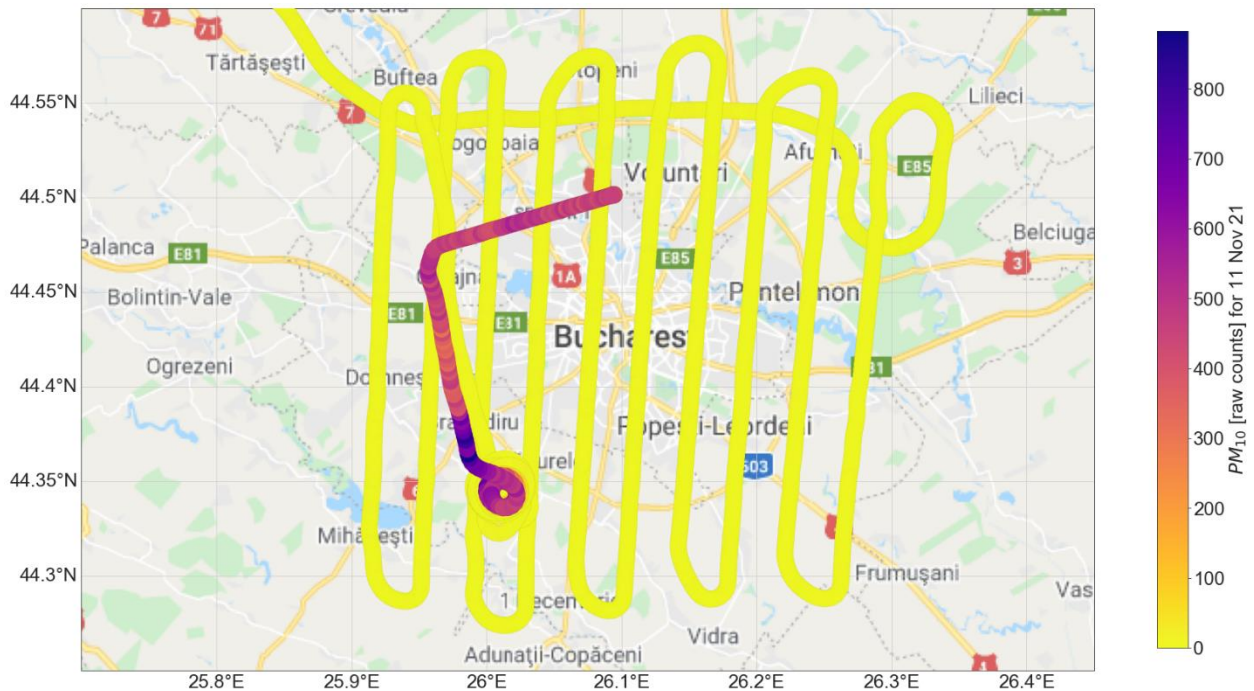


Figura 38. Variația concentrațiilor de PM_{10} georeferențiate, exprimate în număr de particule

În Figurile 39 și 40 sunt reprezentate date obținute cu ajutorul nefelometrului, anume valorile coeficientului Angstrom și coeficientului de retro-împrăștiere.

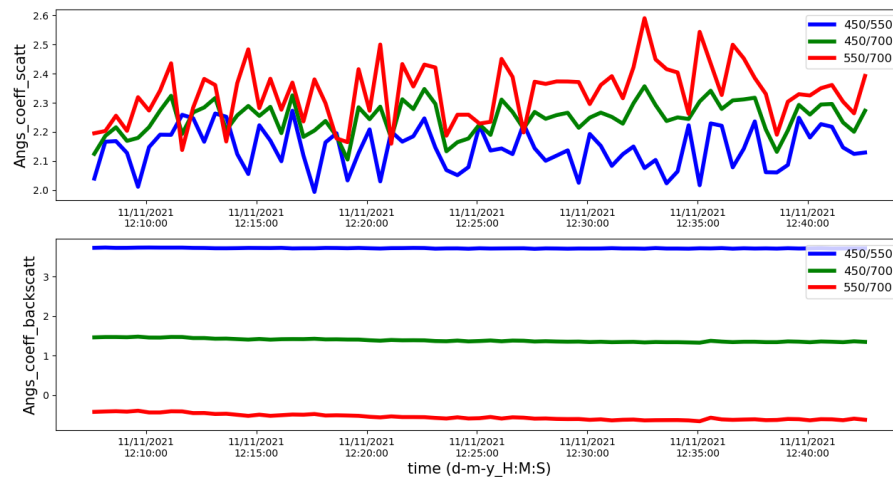


Figura 39. Serii de timp pentru coeficientul Angstrom la împrăștiere și retro-împrăștiere

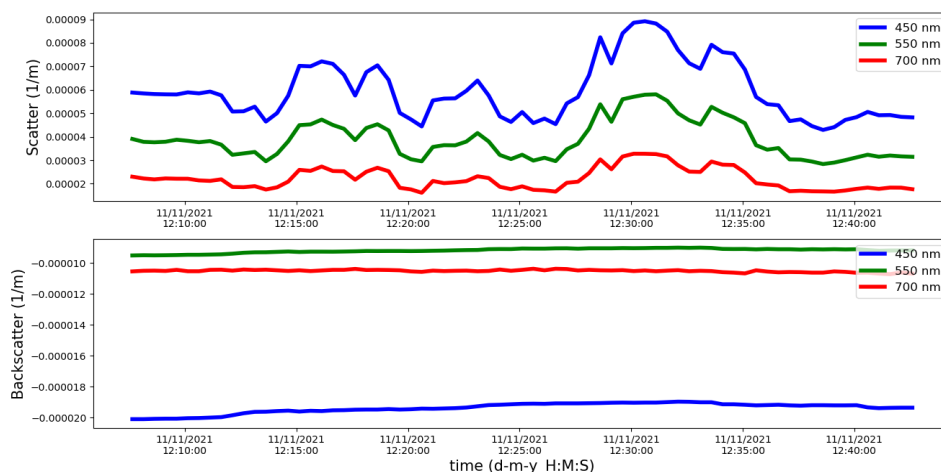


Figura 40. Serii de timp pentru coeficientul de împrăștiere și retro-împrăștiere

În Figurile 41 și 42 sunt reprezentate datele de concentrații de NO₂ colectate cu ajutorul instrumentului SWING+. Figura 41 reprezintă seria de timp pe durata întregului zbor, iar Figura 42 ilustrează datele georeferențiate. Se poate observa un nivel ridicat de NO₂ în partea de NV a orașului, valorile scăzând gradual pe direcția NV – SE.

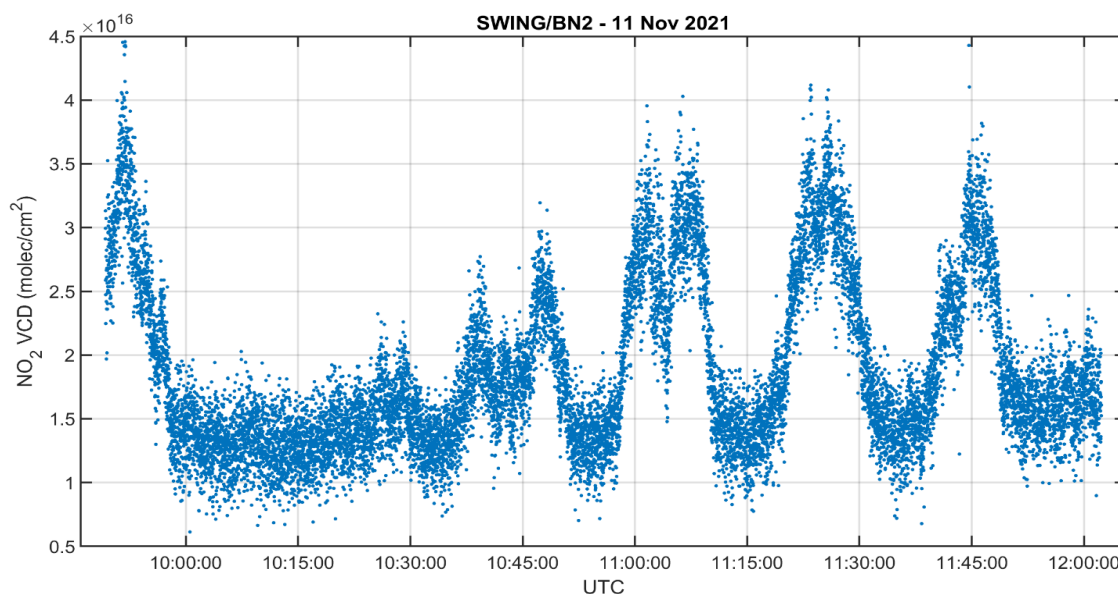


Figura 41. Serie de timp pentru concentrațiile de NO₂ înregistrate de instrumental SWING+

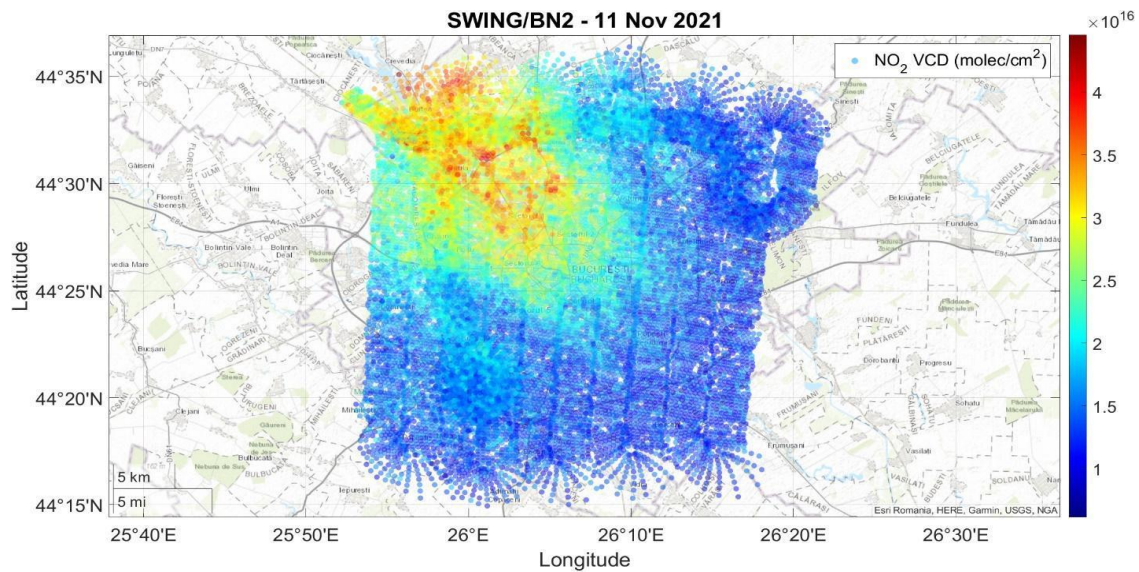


Figura 42. Variația concentrațiilor de NO₂ geo-referențiate

În Figurile 43 și 44 sunt reprezentate datele provenite de la sistemul IMU. În Figura 43 sunt reprezentați parametri înregistrați de IMU sub formă de serie de timp, iar Figura 44 reprezintă acești parametri geo-referențiați.

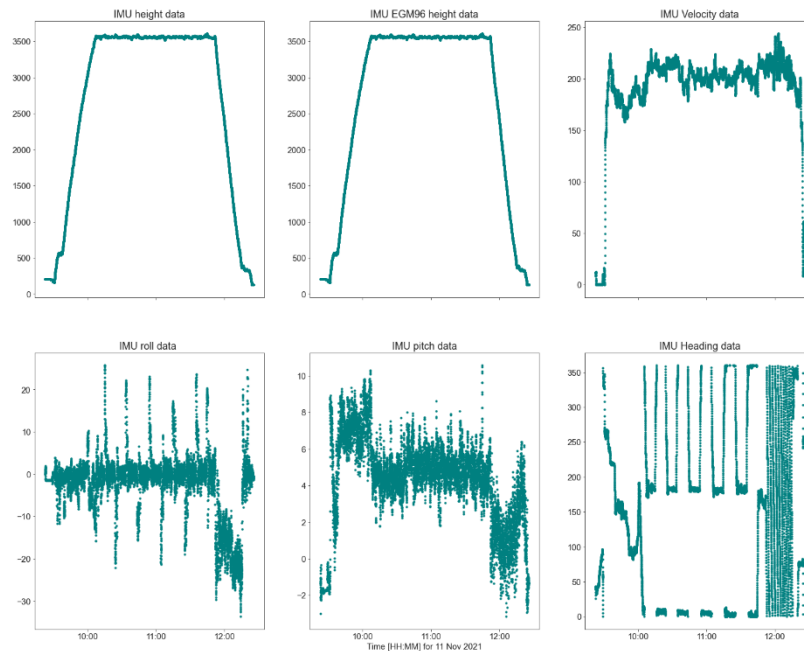


Figura 43. Serie de timp pentru parametrii înregistrați de sistemul IMU

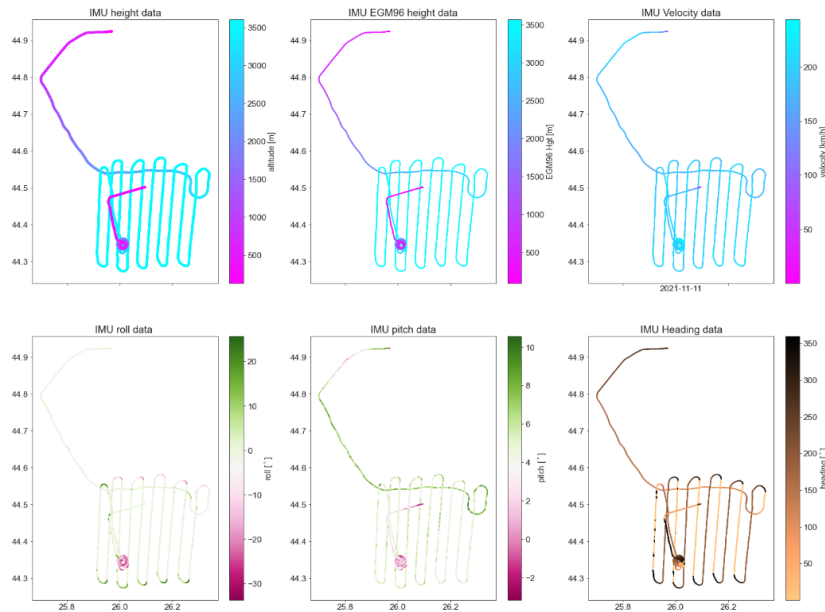


Figura 44. Parametrii înregistrați de sistemul IMU geo-referențiat

Studiu de caz din 28.09.2021

La finalul lunii septembrie (2021), a avut loc erupția vulcanului Cumbre Vieja din insula San Miguel de la Palma, care face parte din arhipelagul Insulele Canare din oceanul Atlantic (Figura 45). Erupția a fost suficient de violentă pentru a pune în pericol locuitorii insulei și a adus pagube însemnate construcțiilor și infrastructurii teritoriului. Au fost injectate în atmosferă cantități importante de cenușă vulcanică și compuși gazoși. Mai mult, norul format în urma erupției a fost transportat de curenții de aer peste Europa și nordul Africii (Figura 46).

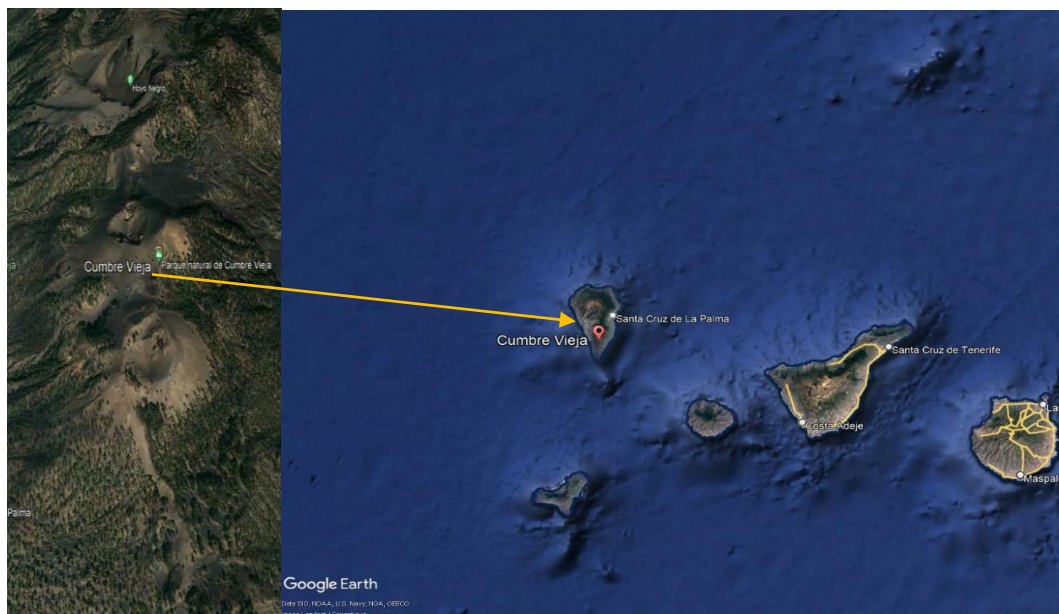


Figura 45. Poziția geografică a vulcanului Cumbre Vieja .

După cum se poate observa din Figura 46, după mai mult de o săptămână de la declanșarea erupției, norul a traversat și teritoriul României.

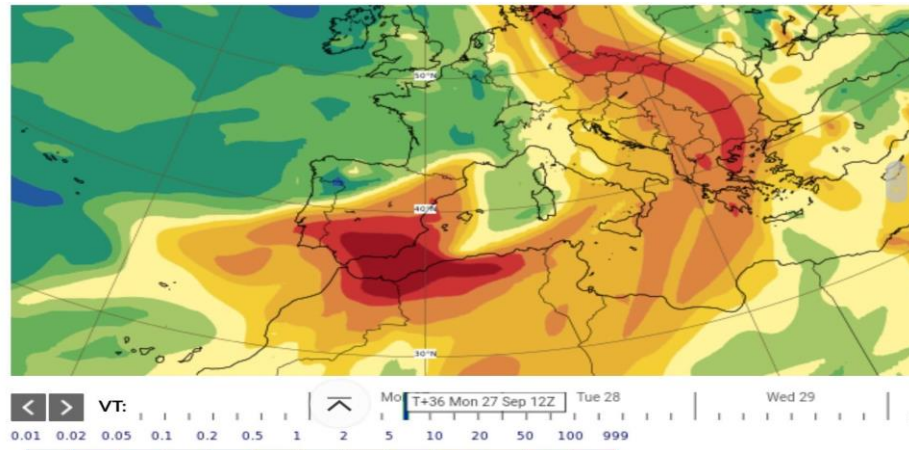


Figura 46. Traiectoria norului rezultat în urma erupției vulcanice.

Strategie de zbor

Pentru studierea structurii norului rezultat în urma erupției vulcanului Cumbre Vieja, și care a ajuns să traverseze România, au fost realizate trei zboruri de cercetare. Traiectoriile realizate în cele trei zboruri sunt descrise în Figura 47 și au avut loc în următoarele zile: pe data de 27.09.2021 s-a zburat spre Constanța, pe data de 28.09.2021 aeronava a efectuat un zbor spre Buzău, iar în ultima zi de 29.09.2021 traiectoria zborului a fost spre Craiova.

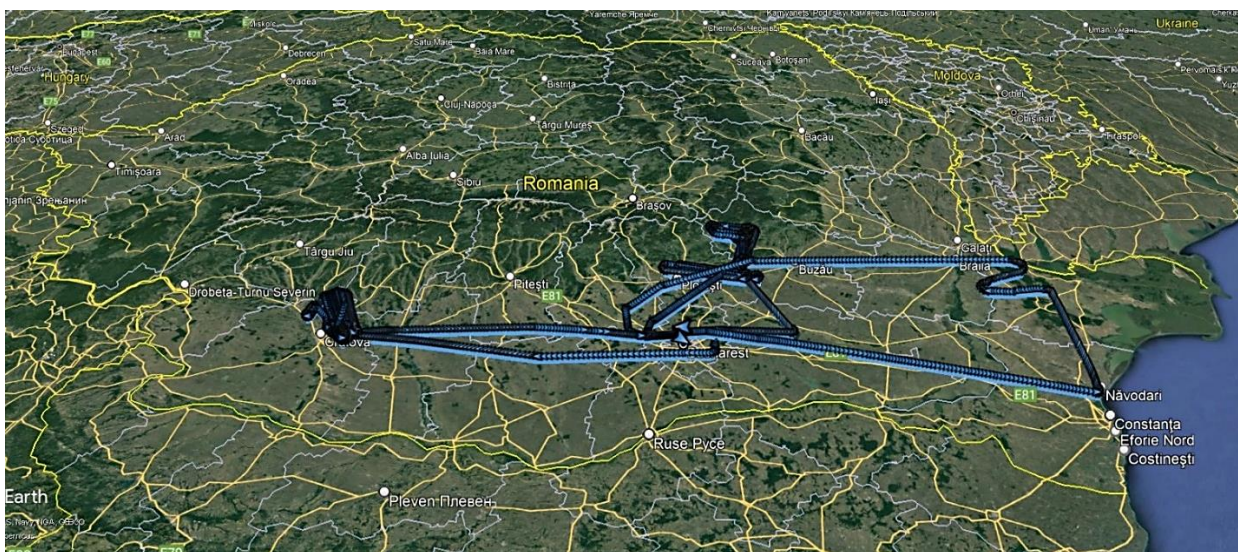


Figura 47. Traiectoriile realizate de aeronava de cercetare în cele trei zile de zbor.

Au fost utilizate variate strategii de zbor pentru sondarea atmosferei. Pe parcursul zborului ilustrat în Figura 48 aeronava a realizat un sondaj vertical, la nord de orașul Constanța. S-a ales această strategie

de zbor pentru a obține informații despre variația parametrilor atmosferici și microfizici cu înălțimea. O abordare diferită a fost aleasă în zborul ilustrat în Figura 49 și care s-a desfășurat pe mai multe paliere de altitudine, pentru a oferi o imagine a structurii atmosferei atât pe orizontală, cât și pe verticală. Comparativ cu zborul anterior, această strategie are avantajul de a permite realizarea unei imagini mai complexe a stratificării atmosferei prin achiziționarea unei cantități mai mari de date. Un alt tip de profil vertical al atmosferei a fost înregistrat în aceeași zi, prin efectuarea unei coborâri controlate de tip spirală, așa cum este prezentat în Figura 50.

Pe data de 29 septembrie, aeronava de cercetare a efectuat atât un zbor pe linii orizontale, la diferite altitudini, cât și un profil vertical, realizat printr-un zbor în spirală (Figura 51). O astfel de strategie permite colectarea unei cantități mari de date, dar intervalul de timp necesar pentru înregistrări este mai lung în comparație cu celelalte strategii de zbor.

Strategiile utilizate în zborurile ilustrate în Figurile 48-51 au fost alese în funcție de situațiile atmosferice locale specifice din zilele alese pentru zbor și în concordanță cu obiectivele fiecărui zbor.

După cum se cunoaște, platformele aerorportate oferă o serie de avantaje în comparație cu alte mijloace de investigare: pot sonda o zonă de întindere foarte mare, pe diferite altitudini într-un timp scurt de deplasare (comparativ cu durata necesară mutării unei stații fixe de dimensiuni mari). În Figura 52 sunt prezentate două imagini preluate în timpul zborurilor efectuate în această campanie.

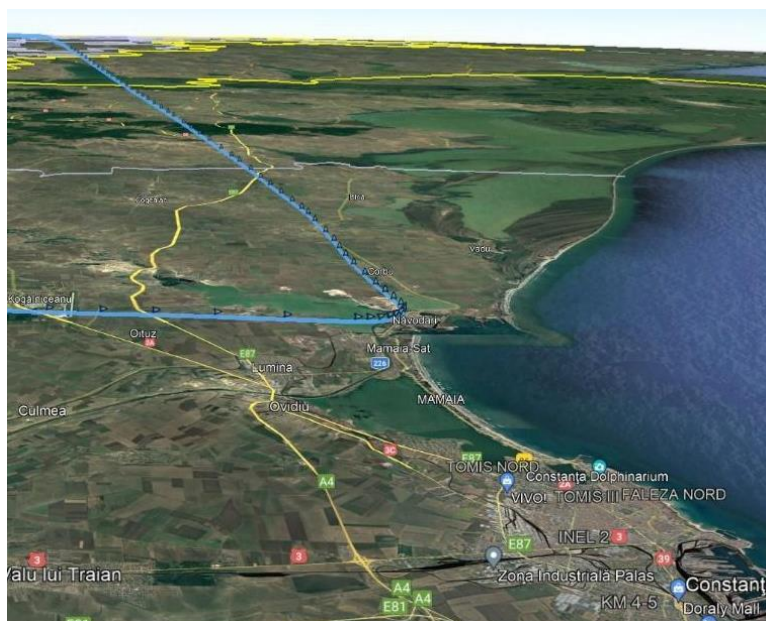


Figura 48. Profil vertical la nord de Constanța (28.09.2021).

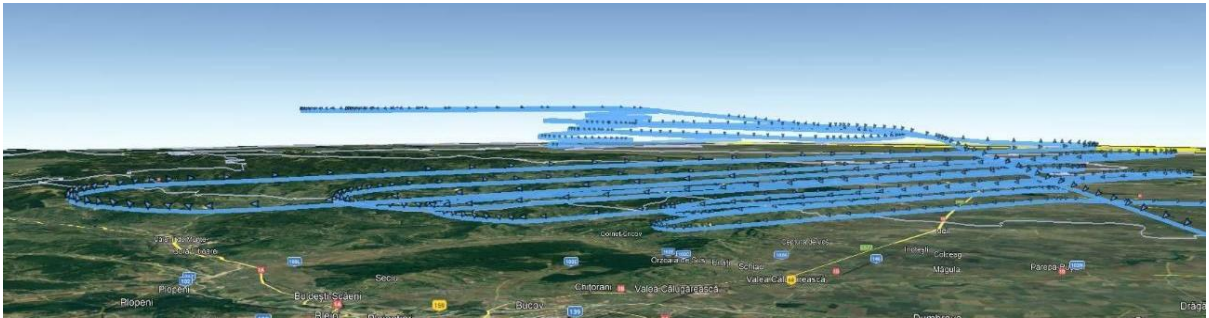


Figura 49. Sondarea atmosferei pe variate paliere de altitudine (28.09.2021)



Figura 50. Profil vertical în formă de spirală (28.09.2021).



Figura 51. Zbor pe variate paliere de altitudine și profil vertical în formă de spirală (29.09.2021).



Figura 52. Imagini din timpul zborului

În Figurile 53-59 sunt prezentate seriile de timp ale parametrilor atmosferici și microfizici determinați în zborul realizat pe data de 28.09.2021. În toate Figurile 53-59 timpul a fost setat în standard UTC (Coordinated Universal Time). Decolarea și aterizarea au fost efectuate pe aeroportul Băneasa, iar zona stabilită pentru sondare a fost aleasă în proximitatea orașului Craiova.

În diagrama din Figura 53 se pot observa seriile de timp ale presiunii și temperaturii pe toată durata zborului. Variațiile curbelor de temperatură și presiune sunt rezultatul faptului că aeronava a realizat zboruri pe mai multe nivele de altitudine și profile verticale. Cu cât presiunea este mai redusă, cu atât altitudinea este mai mare. Așa cum este de așteptat (excepțiile putând avea loc în cazul unor inversiuni termice), curba temperaturilor urmează îndeaproape pe cea a presiunilor.

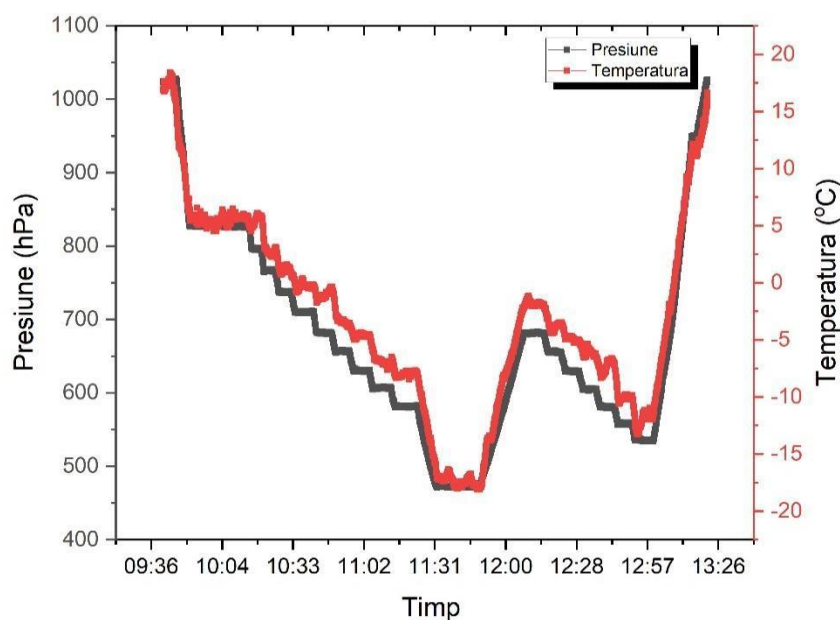


Figura 53. Serii de timp ale parametrilor atmosferici (temperatura și presiune) pe tot parcursul zborului.

Variațiile conținutului de apă lichidă (LWC) determinat cu instrumentele CIP și CAS sunt prezentate în Figurile 54 și 55. Aceste măsurări au fost realizate pentru particule cu dimensiuni între 0,5-50 μm (CAS) și 15 - 930 μm (CIP). În Figura 54 se poate observa, în intervalul 11:30-12:20, valori ridicate ale conținutului de apă lichidă, ceea ce poate fi corelat cu o suprasaturare a senzorului CIP dar și cu concentrațiile ridicate din Figura 56. Instrumentul CAS, întrucât poate evidenția și particule sub 15 μm , determină în aceeași serie de timp valori ale conținutului de apă lichidă care nu au putut fi revelate de CIP (Figura 55). Fiind contribuții ale unor picături de nor mai mici, valorile detectate de CAS sunt cu aproape două ordine de mărime mai mici decât cele obținute prin CIP. După cum se poate observa, Figurile 56 și 57 au fost construite folosind date înregistrate de instrumentele CIP și CAS. Corelând creșterile și scăderile din Figurile 55 și 57 putem observa momentele când aeronava a ieșit și a intrat în

sistemele noroase. Dacă ar exista încărcări cu aerosol de dimensiuni micronice, atunci am avea maxime de concentrație și în afara sistemelor noroase traversate în timpul zborului, adică în zonele în care conținutul de apă lichidă este redus.

Din compararea seriilor de timp ale diametrului efectiv (Figurile 58 și 59) determinat de instrumentele CAS și CIP, pot fi observate particule atmosferice de dimensiuni mici (în intervalul dimensional 0,5-50 μm), cât și particule mari (în intervalul dimensional 15-930 μm). Prin intermediul acestui tip de reprezentare, se poate contura o imagine de ansamblu a evoluției diametrului efectiv pe întreg zborul.

Trebuie precizat că transportul de aerosol în norul produs în urma erupției vulcanului Cumbre Vieja nu poate fi complet exclus prin analiza corelativă a diagramelor prezentate, întrucât particulele transportate pot deveni nuclee de condensare pentru formarea sistemelor noroase. Astfel, acest nor cu origine vulcanică poate avea un efect important în variația parametrilor microfizici.

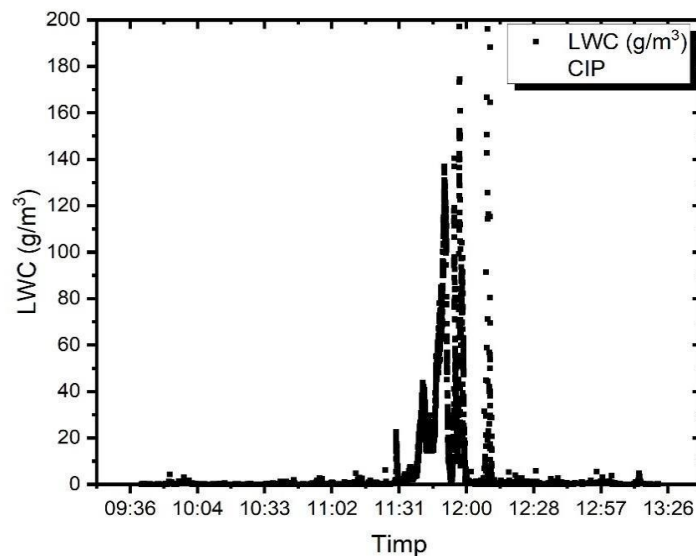


Figura 54. Variația LWC-ului în zborul din data de 28.09.2021. Valorile LWC-ului provin de la instrumentul CIP.

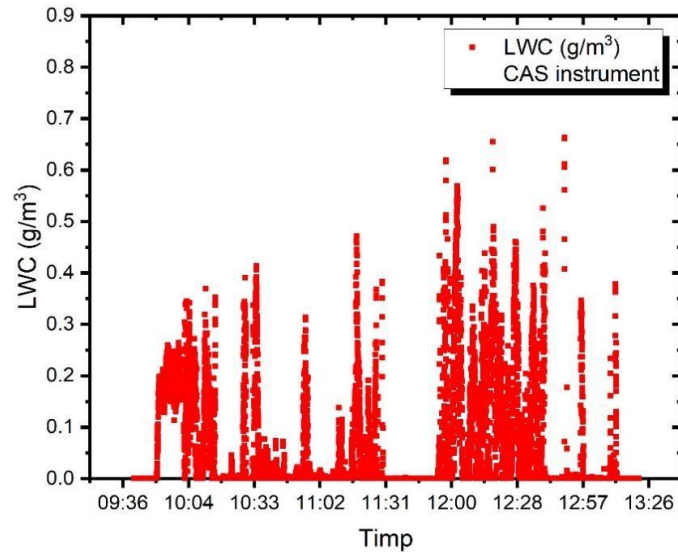


Figura 55. Variația LWC-ului în zborul din data de 28.09.2021. Valorile LWC-ului provin de la instrumentul CAS.

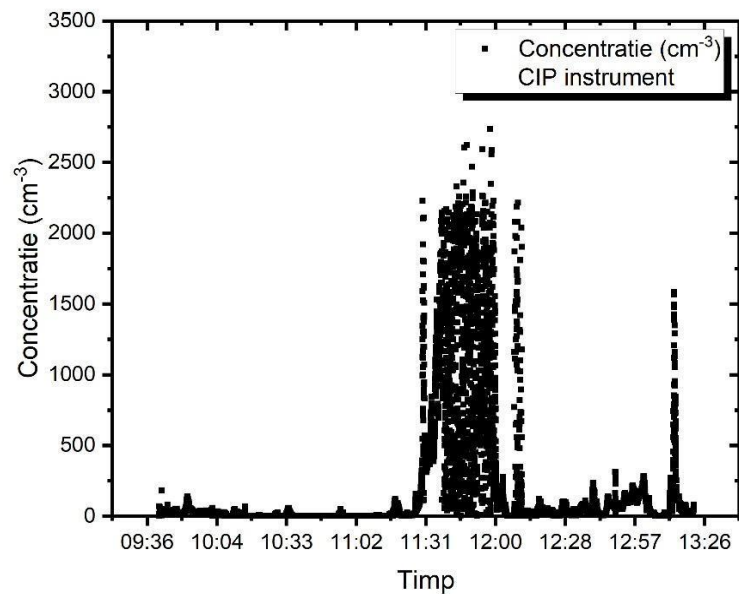


Figura 56. Ilustrarea modului de variație a concentrației determinată cu instrumentul CIP.

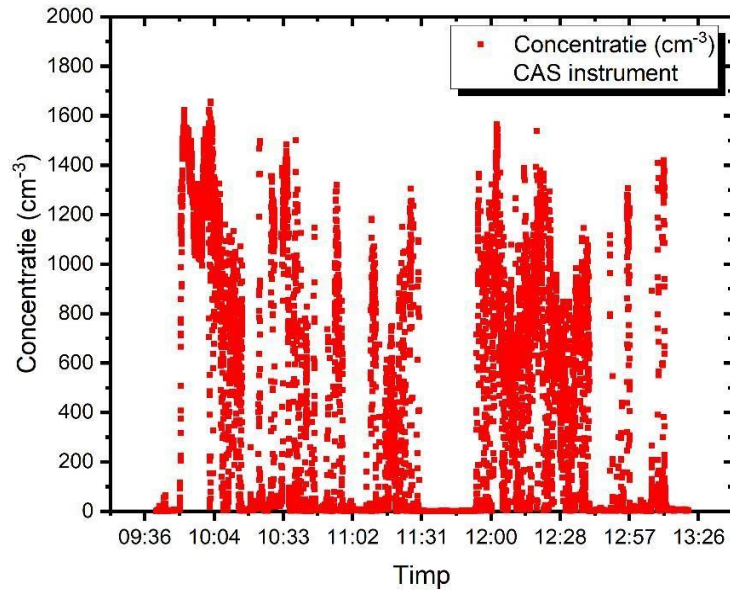


Figura 57. Ilustrarea modului de variație a concentrației determinată cu instrumentul CAS.

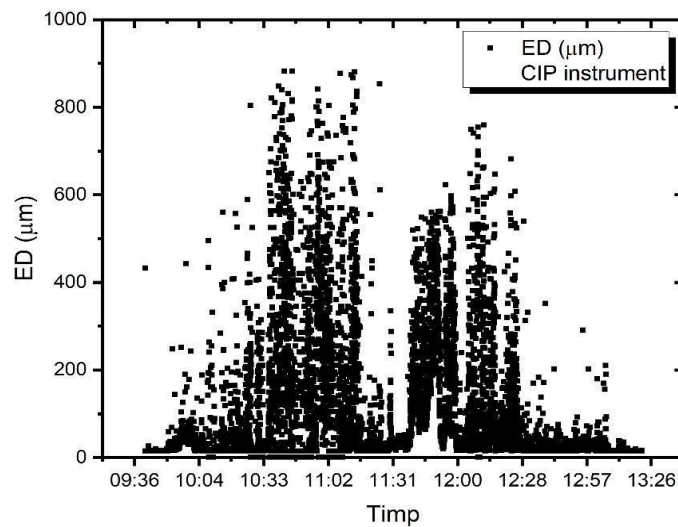


Figura 58. Variația diametrului efectiv în timpul zborului din data de 28.09.2021 (CIP).

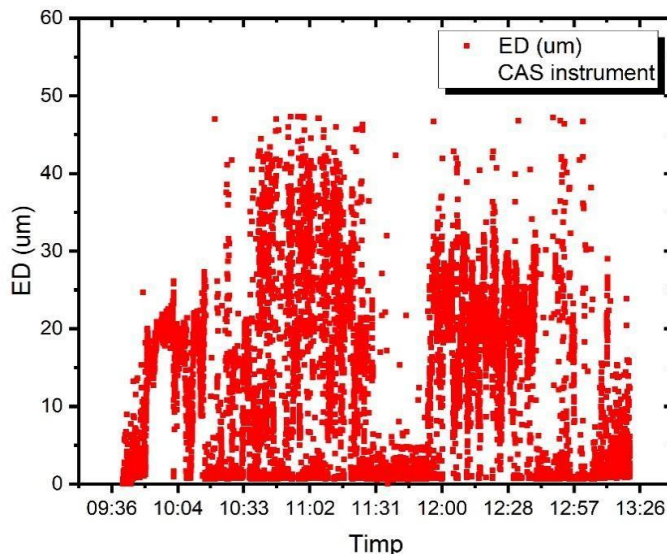


Figura 59. Variația diametrului efectiv în timpul zborului din data de 28.09.2021 (CAS).

Pe lângă campania de cercetare realizată în perioada 27.09 – 29.09. 2021, a fost realizată și corelarea cu date satelitare, realizându-se reprezentări grafice ale densității coloanelor de dioxid de sulf din troposfera inferioară (2,5 km CMA - altitudinea centrului de masă – *center of mass altitude*, definește regiunea verticală unde SO₂ este distribuit predominant). Datele reprezentate au fost măsurate prin intermediul senzorului OMPS Nadir-Mapper (NM) instalat pe satelitul comun NASA/NOAA Suomi National Polar orbiting Partnership. În figurile de mai jos, se poate observa densitatea coloanelor de SO₂ în perioada în care au fost realizate zborurile de cercetare:

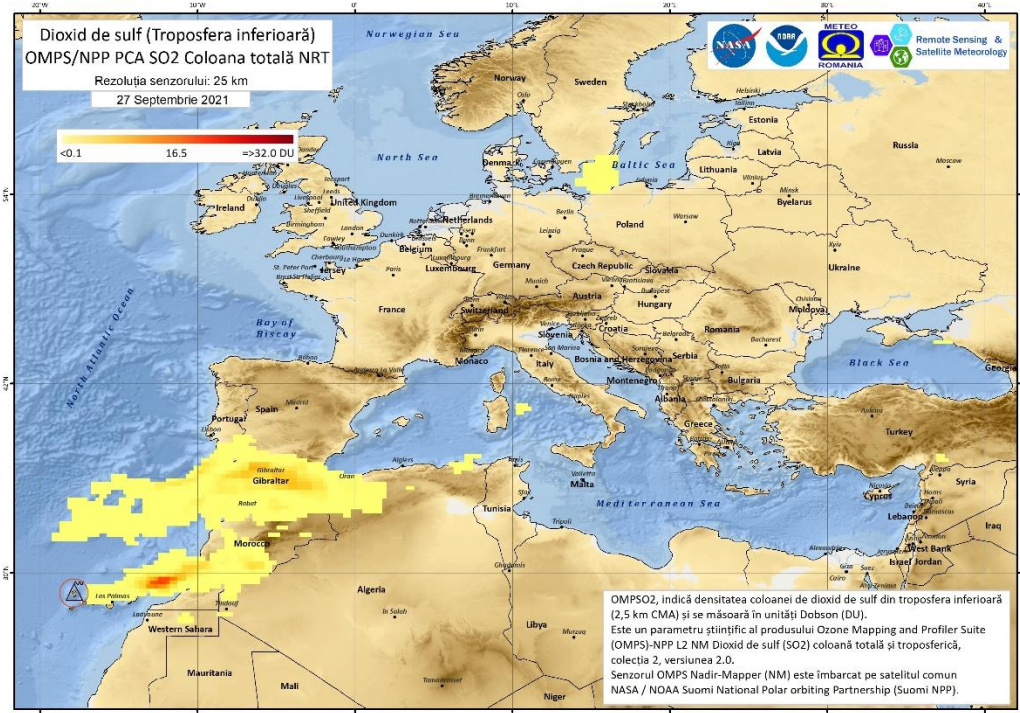


Figura 60. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 27.09.2021

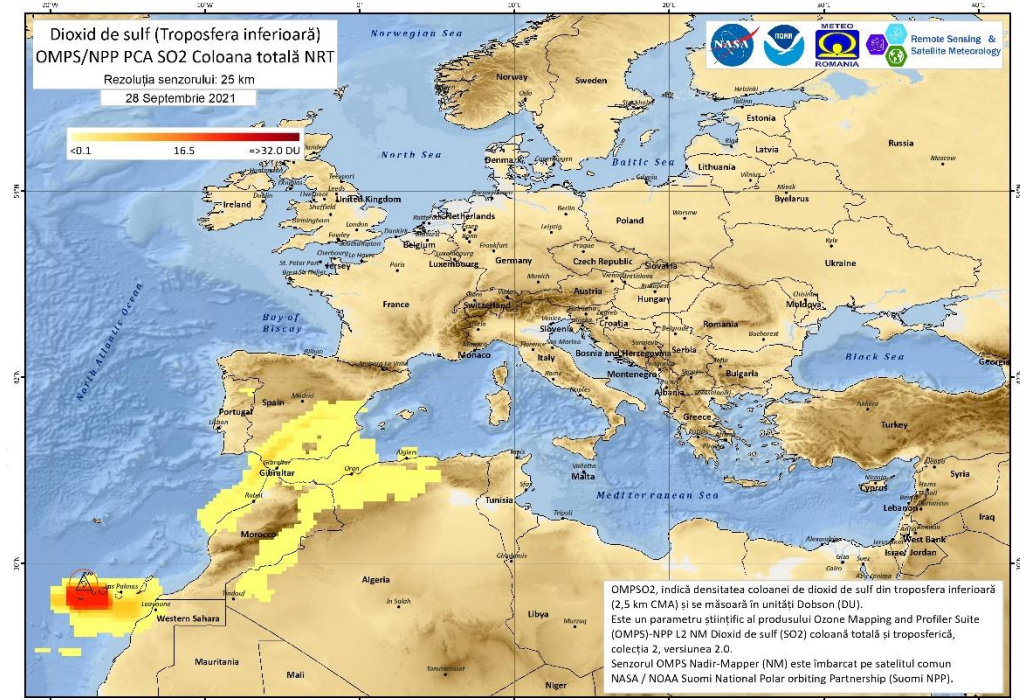


Figura 61. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 28.09.2021

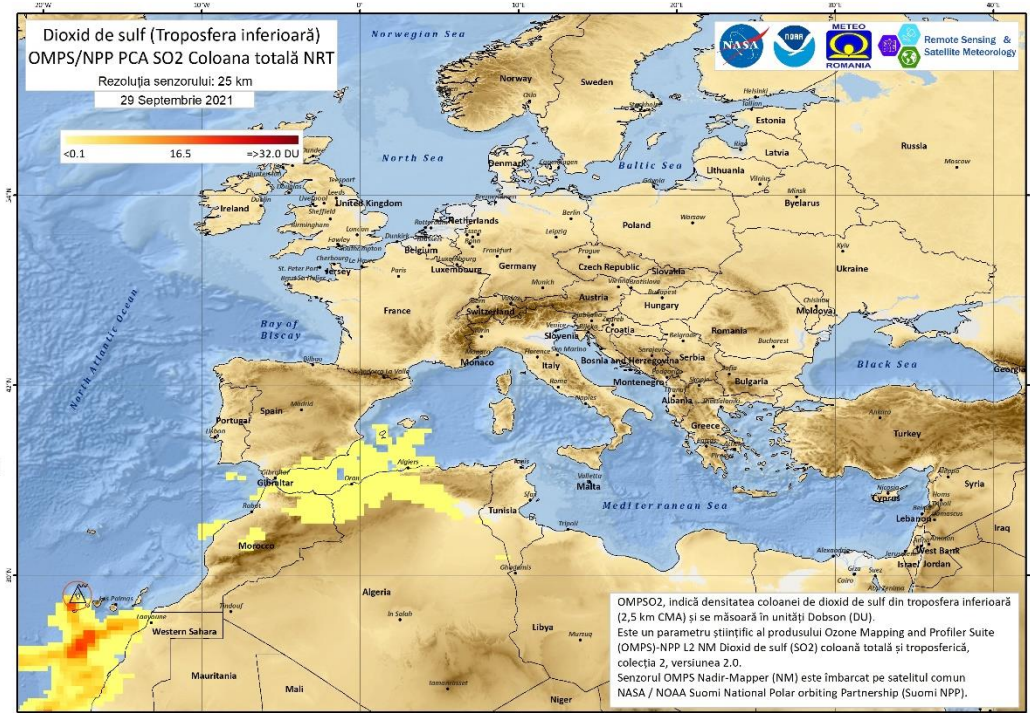


Figura 62. Densitatea coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară exprimată în Dobson (DU) din data de 29.09.2021

După cum se poate observa, la nivelul troposferei inferioare, imaginile satelitare nu au detectat prezența dioxidului de sulf pe teritoriul României.

Pe lângă colectarea acestor tipuri de date, a fost realizată și analiza datelor de la stațiile Rețelei Naționale de Monitorizare a Calității Aerului. În figurile de mai jos, sunt ilustrate reprezentările grafice ale concentrației de SO₂ pentru București și orașele cele mai apropiate de zonele în care s-au realizat procedurile de sondaj vertical și care dețin stații de monitorizare a calității aerului din rețeaua RNMCA.

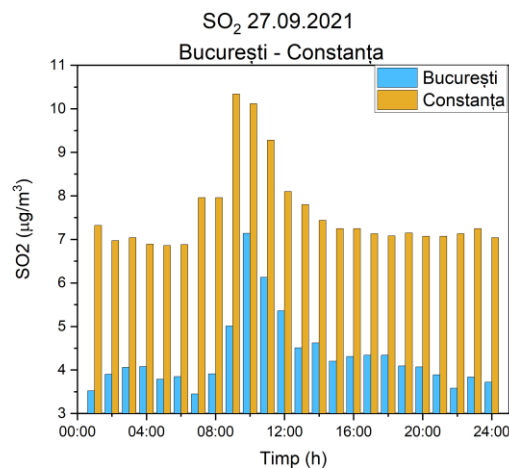


Figura 63. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Constanța din data de 27.09.2021

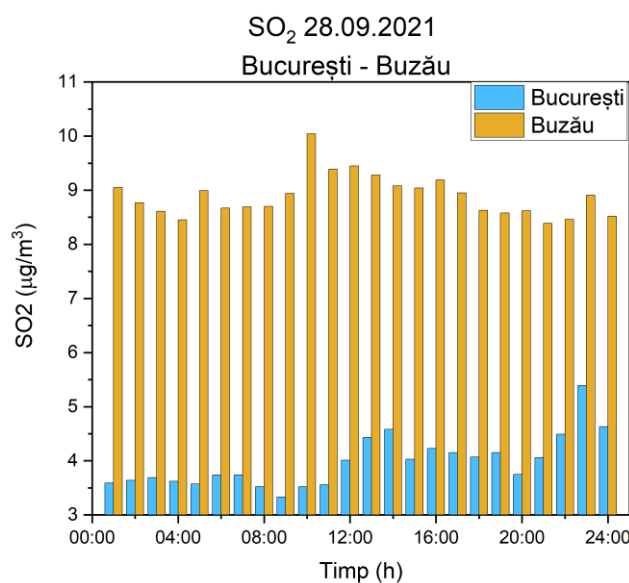


Figura 64. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Buzău din data de 28.09.2021

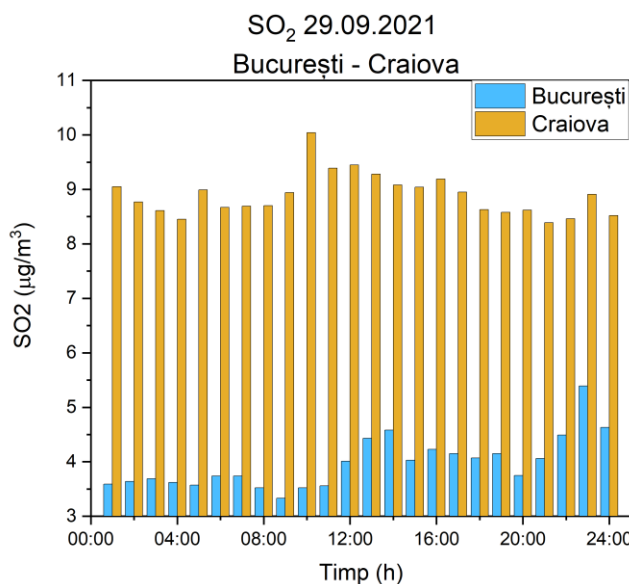


Figura 65. Variația concentrației de dioxid de sulf din București și Craiova din data de 29.09.2021

După cum se poate observa în figurile 63-65, concentrația de dioxid de sulf la sol nu a depășit valoarea limită pentru protecția sănătății umane ($125 \mu\text{g}/\text{m}^2$ – dat de legea nr. 104/15.06.2011). Cu toate acestea, urmărind tendința de deplasare a maselor de aer ce aveau în componență dioxid de sulf, prezentată în figura 46, se poate observa că față de nivelul de dioxid de sulf în București a fost mai scăzut decât în cazul orașelor Constanța, Buzău și Craiova.

2.1.2. Misiuni topografie

Analiza topografică și geodezică a depozitelor de deșuri menajere

Prima etapă în analiza datelor achiziționate constă în procesarea traiectoriei aeronavei, reprezentată grafic în figurile următoare.

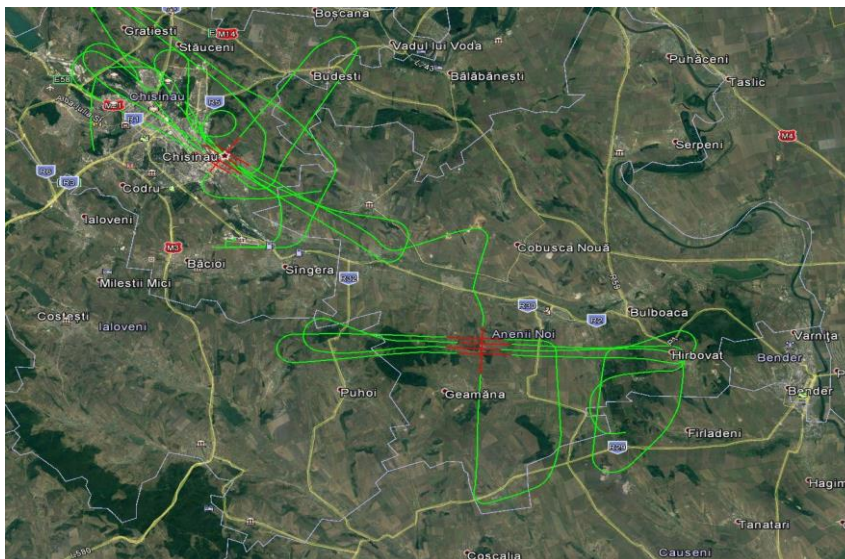


Figura 66. Traiectoriile aeronavei Hawker Beechcraft King Air C90-GTx pe durata studiului efectuat (zone de interes: Bubuieci și Țânțăreni)



Figura 67. Traiectoriile aeronavei Hawker Beechcraft King Air C90-GTx pe durata studiului efectuat, vedere în detaliu asupra zonelor de interes: Bubuieci și Țânțăreni

Procesarea traiectoriei aeronavei a fost realizată prin intermediul metodei Precise Point Positioning, cunoscută sub denumirea PPP. În urma acestei etape, a rezultat traiectoria aeronavei care include atât poziția, cât și altitudinea aeronavei cu o precizie de până la 40 mm. Această traiectorie

rezultată a fost importată în softul RiProcess, unde pentru fiecare punct laser a fost desemnată o poziție geografică. În continuare, s-a realizat calibrarea și alinierea benzilor scanate. După cum se observă din Figura 69, eroarea inițială de poziționare a fost foarte mare (2.21m deviație standard, cu maxime cuprinse între -6m și +7m).

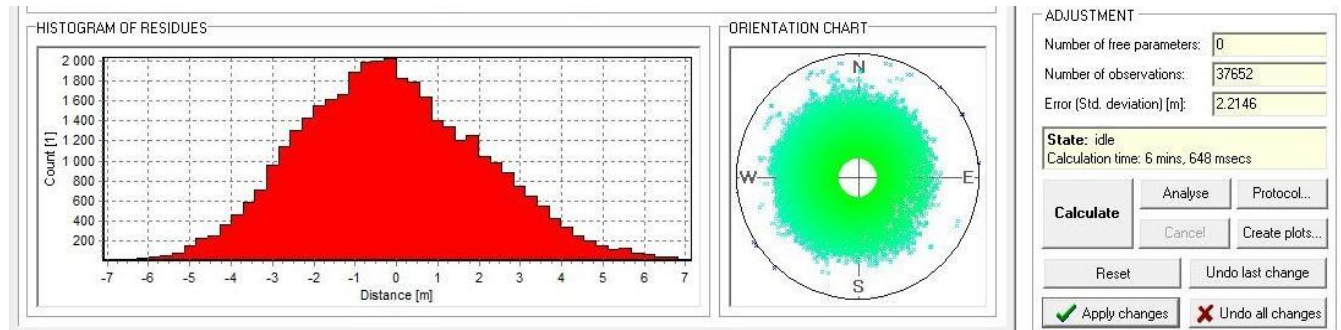


Figura 68. Diagrama distribuției erorii de poziționare între benzile scanate (situație inițială)

În urma efectuării mai multor iterații de calcul, această eroare de poziționare a fost redusă la 0.097m (Figura 70), valoare care a fost ulterior îmbunătățită cu ajutorul softului Terrasolid.

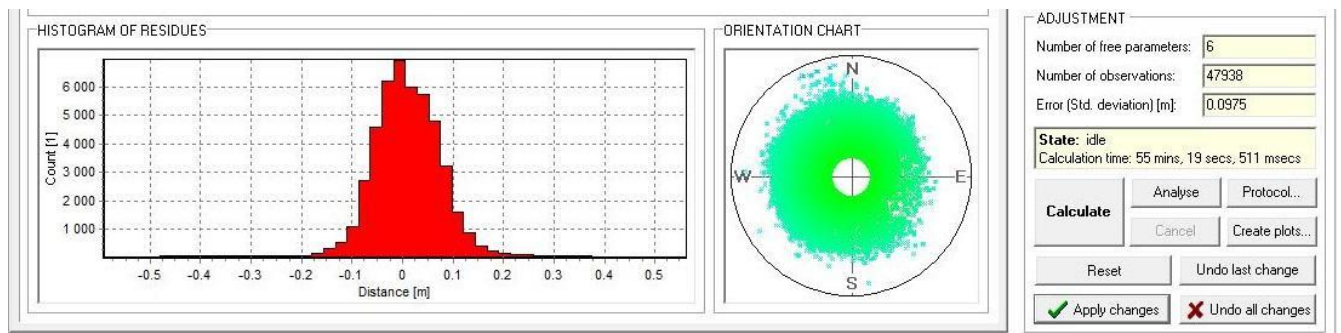


Figura 69. Diagrama distribuției erorii de poziționare între benzile scanate (situație finală)

Finalizarea procesării traiectoriilor de zbor ale aeronavei a fost succedată de procesarea datelor LiDAR și fotogrametrice. O statistică succintă a volumului de date achiziționate și date procesate este prezentată în tabelul de mai jos.

<i>Nr.crt.</i>	<i>Tip Date</i>	<i>Cantitate Zona Tântăreni</i>	<i>Cantitate Zona Bubuieci</i>
1	Date brute LiDAR	70.0 Gb	43.8 Gb
2	Date LiDAR procesate Riegl	94.5 Gb	69.2 Gb
3	Date LiDAR procesate Terrasolid	40.5 Gb	19.0 Gb
4	Date Fotogrametrice Raw	5.00 Gb	
5	Date Fotogrametrice Procesate	22.0 Gb	

Tabelul 5. Volumul de date achiziționate și procesate în timpul zborurilor de cercetare

Depozitul de Deșeuri Menajere Țânțăreni

După pre-procesarea datelor LiDAR și a celor fotogrametrice, post-procesarea acestora s-a realizat cu ajutorul pachetului software Terrasolid. În vederea îmbunătățirii alinierii benzilor scanate au fost utilizate într-o primă fază modulele TerraScan și TerraMatch. Ulterior, cu ajutorul modulelor TerraScan și Terramodeller a fost realizată clasificarea punctelor laser în diferite clase: sol (*ground*), vegetație mică (*low vegetation*), vegetație medie (*medium vegetation*), vegetație înaltă (*high vegetation*), clădiri (*buildings*), puncte (*model key points*).

Modulul Terraphoto a fost utilizat pentru a realiza mozaicarea fotogramelor. Un număr de 51 fotograme au fost folosite pentru realizarea unei ortofotograme a zonei de interes. Pe baza acesteia a fost derivată culoarea RGB pentru fiecare punct laser (în mod normal punctele LiDAR sunt afișate folosind fie o paletă de culori derivată din intensitatea răspunsului laser, fie din diferența de înălțime).

După post-procesarea datelor a urmat o etapa de analiză și extragere a informațiilor finale, în cadrul acesteia fiind folosite toate modulele menționate anterior.

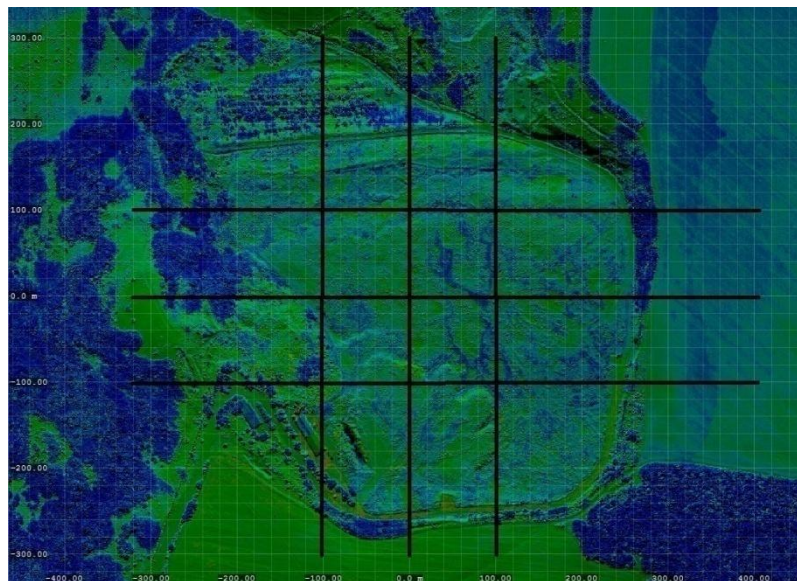


Figura 70. Vedere generală și poziționarea secțiunilor – depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni

Din figura de mai sus se observă că suprafața depozitului de deșeuri menajere are un profil concav atât în secțiunile Est-Vest, cât și în cele Nord-Sud.



Figura 71. Depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni-secțiuni Est-Vest pentru nivelele de -100m, 0m și +100m

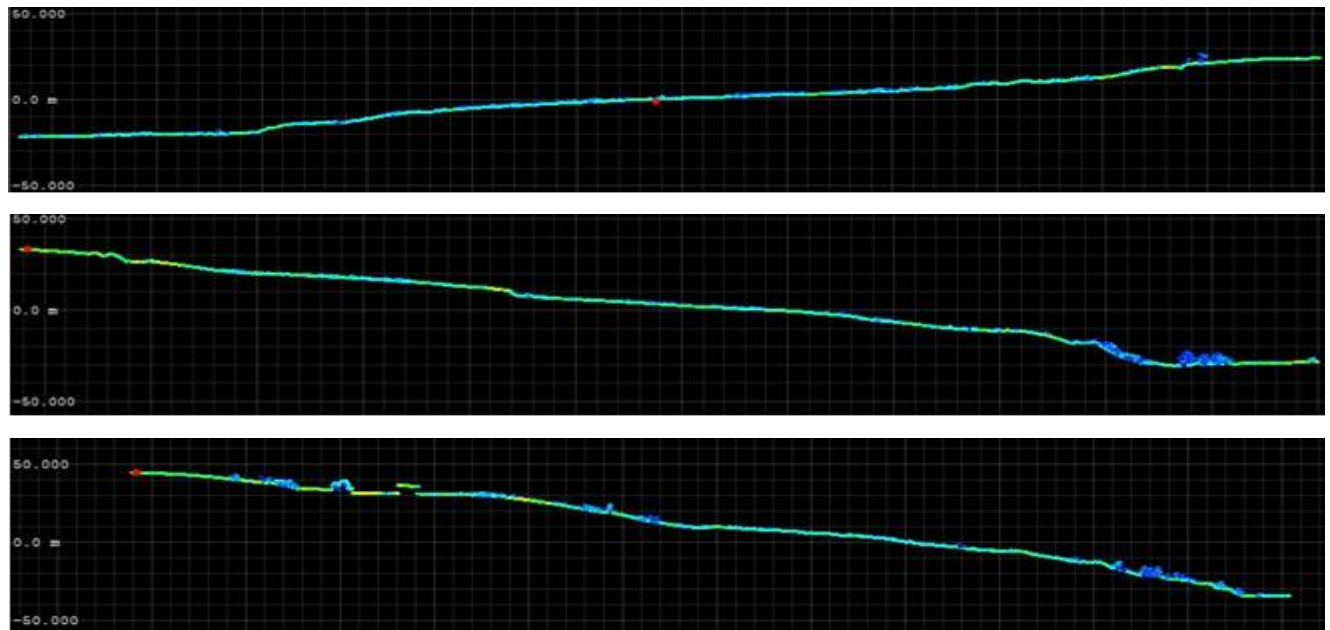


Figura 72. Depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni-secțiuni Nord –Sud pentru nivelele de -100m, 0m și +100m

Folosind norul de puncte colorat RGB, dar și modelul digital al terenului derivat din clasa de puncte *Ground* a fost evidențiat conturul depozitului de deșeuri menajere Țânțăreni.

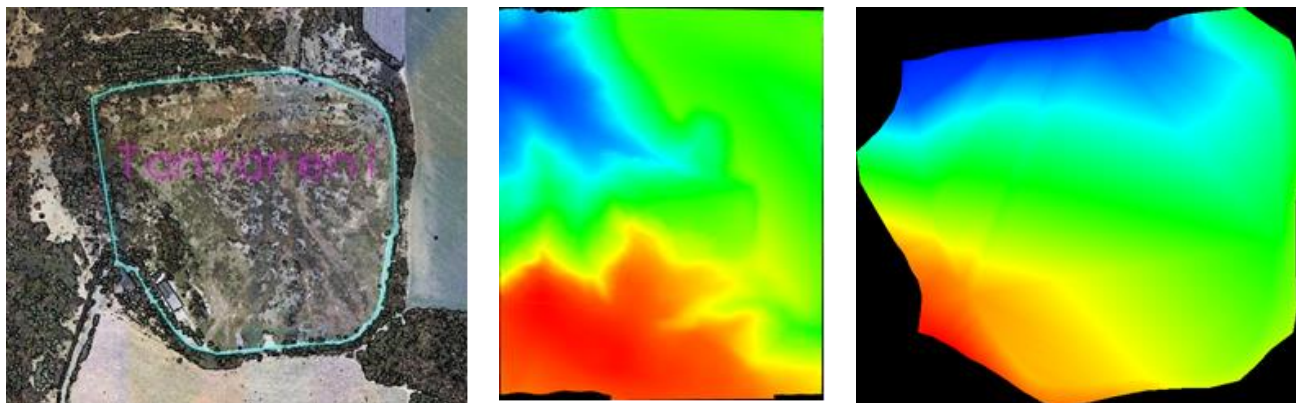


Figura 73. Delimitarea depozitului de deșeuri menajere (color RGB), MDT zona adiacentă, model MDT al depozitului de deșeuri menajere

Conturul depozitului de deșeuri menajere a fost aliniat pe modelul terenului folosind funcția Drape Linear Element. În acest mod a fost obținută o formă geometrică complexă 3D, care a fost utilizată pentru calculul de volume.

Depozitul de Deșeuri Menajere Bubuieci

Datele achiziționate corepunzătoare Depozitului de Deșeuri Menajere Bubuieci au fost procesate utilizând-se aceeași metodologie ca și în cazul Depozitului de Deșeuri Menajere Țânțăreni. O vedere de ansamblu a acestui depozit este prezentată în Figura 75. Acest depozit, dezvoltat pe locul unei foste cariere de argilă, este în prezent unul activ. După cum se remarcă și din Figura 76, depozitul Bubuieci este structurat în două zone distincte:

- zona Nord –Vest reprezintă depozitul propriu-zis,
- zona Sud – Est reprezintă fosta carieră de exploatare a argilei.

Zona de Sud-Vest, deși nu reprezintă efectiv un depozit de deșeuri, este folosită pentru sortarea deșeurilor.

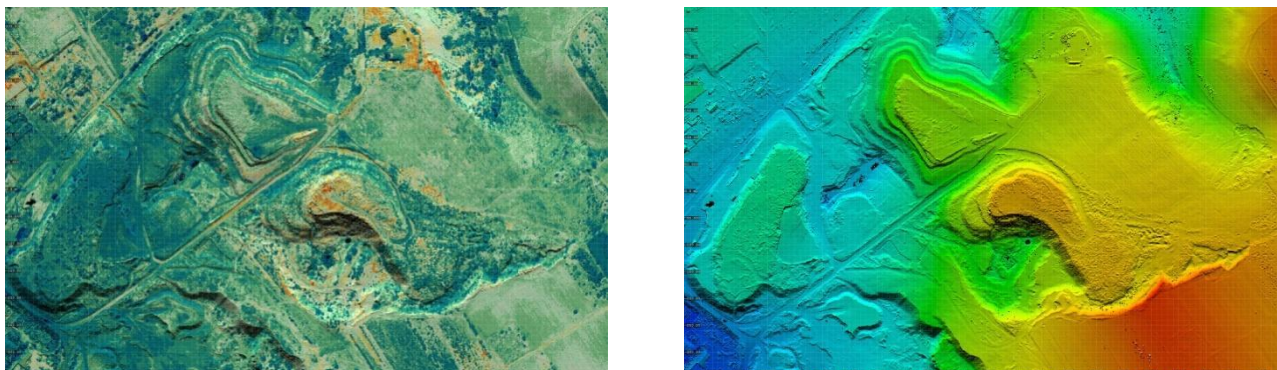


Figura 74. Depozitul de deșeuri menajere Bubuieci - imagine de ansamblu

După cum se observă din Figura 70, aspectul general al depozitului de deșeuri este convex. Spre deosebire de zona **a.**, zona **b.** are un aspect mai compact și o înălțime mai mare (Figura 77). Pentru o analiză mai amănunțită a acestui depozit de deșeuri, s-a realizat o delimitare a celor două zone constitutive (Figura 77).

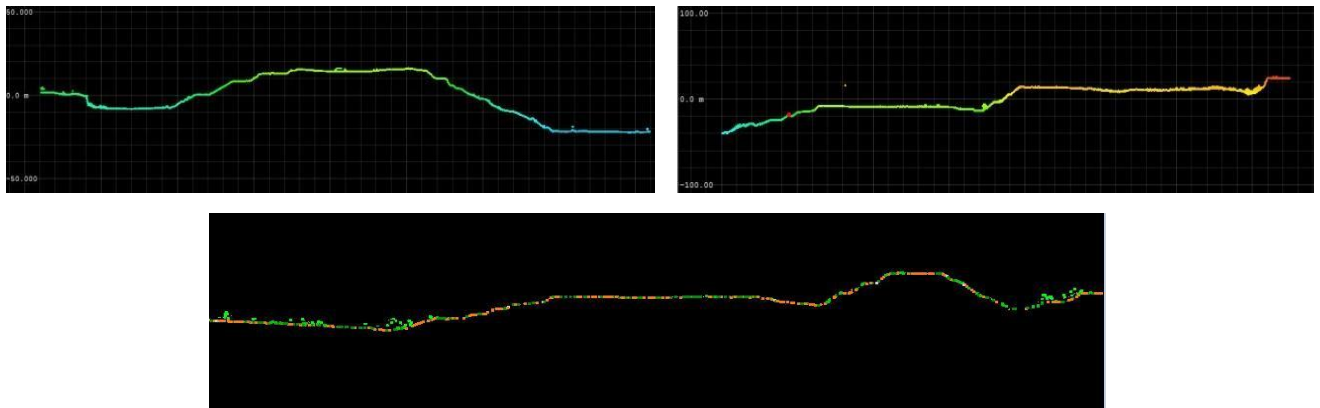


Figura 75. Secțiuni ale depozitului de deșeuri menajere Bubueci

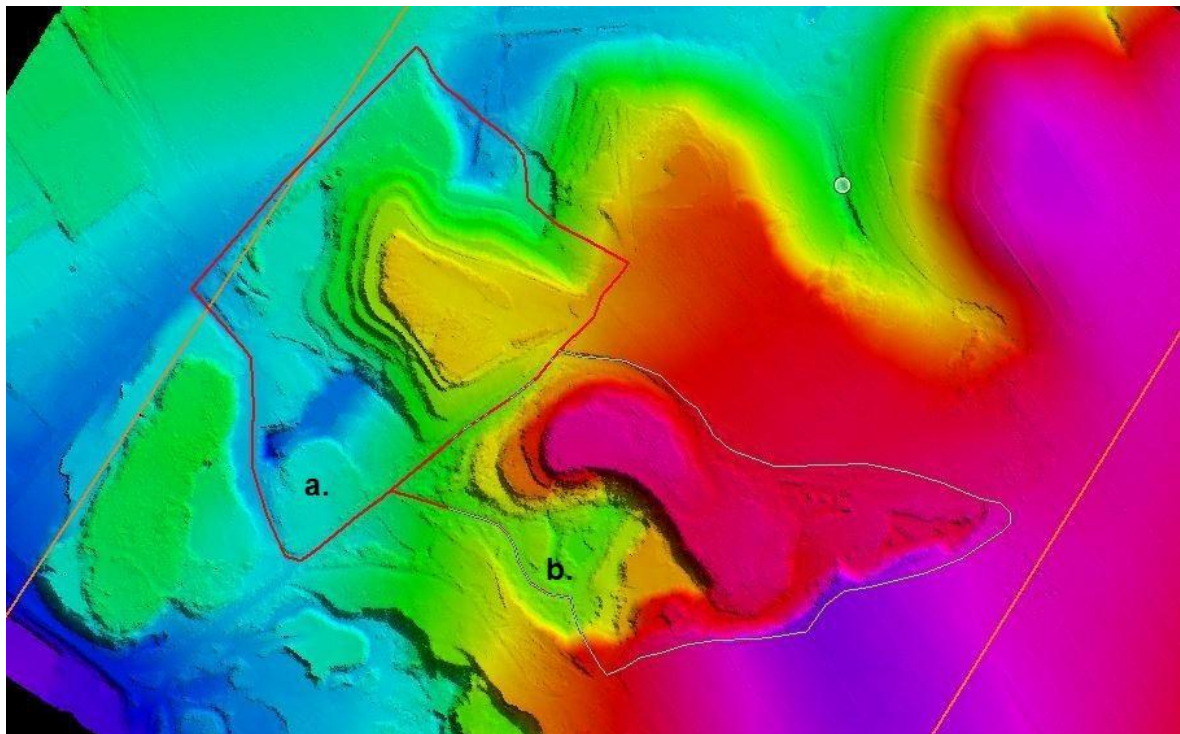


Figura 76. Delimitarea celor două zone ale depozitului de deșeuri menajere Bubueci

Gradul de umplere al depozitelor de deșeuri menajere

Depozitul de Deșeuri Menajere Țânțăreni

Pentru a determina volumul depozitului de deșeuri menajere a fost delimitată suprafața acestuia de modelul digital al terenului cu ajutorul funcției *Spline*. Astfel, a fost generată o nouă suprafață care reprezintă strict doar suprafața depozitului de deșeuri menajere Țânțăreni. Prin intermediul funcției *Compute Quantity* a fost determinat volumul cuprins între suprafața generată și punctele laser, rezultatul fiind prezentat în Figura 77.

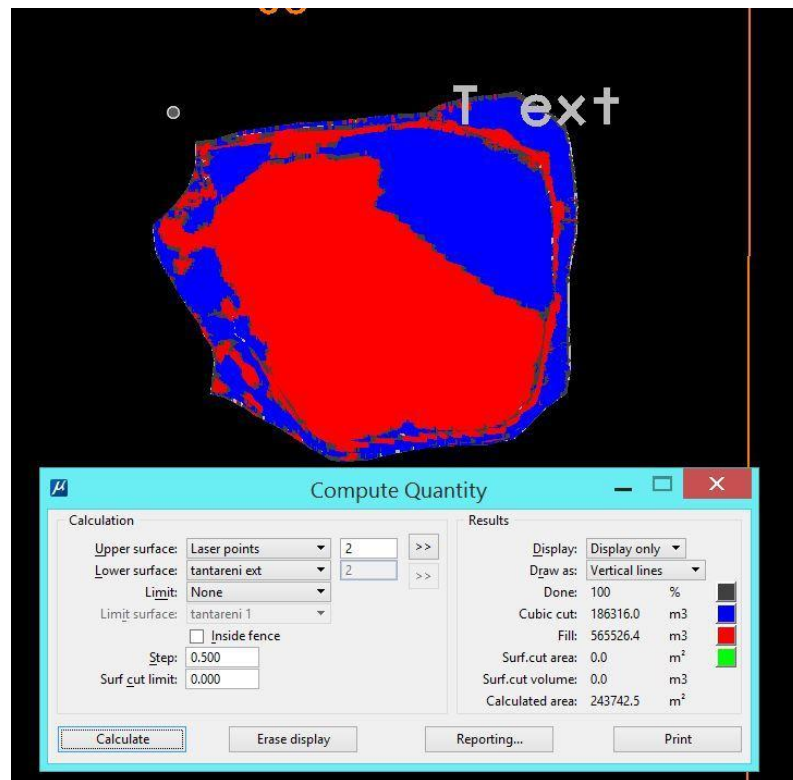


Figura 77. Calculul suprafaței și volumului depozitului de deșeuri menajere Țânțăreni

Depozitul de Deșeuri Menajere Bubuieci

În cazul depozitului de deșeuri menajere Bubuieci, determinarea gradului de umplere al depozitului a pornit de la realizarea modelului digital al terenului pentru întreaga zonă scanată. Pe baza acestuia au fost determinate variațiile de înălțime pentru zonele de interes. Astfel, pentru zona **a.** diferența de înălțime este de 46 m (minima înregistrându-se în partea sudică, într-un canal de colectare al apei), iar pentru zona **b.** diferența de înălțime este de 44 m. În general zona **a.** este mai înaltă decât zona **b.**, cele două fiind separate prin intermediul drumului de acces.

Pentru fiecare zonă a fost stabilit un plan 0 și a fost calculată o nouă suprafață MDT. Aceasta a fost obținută în MDT-ul anterior, care a fost secționat prin intermediul funcției *Spline* utilizată pentru delimitarea celor două zone.

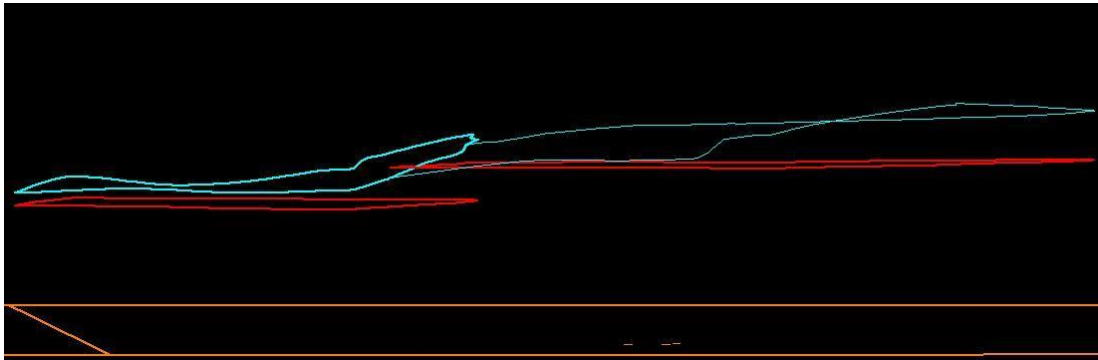


Figura 78. Delimitarea celor două zone ale depozitului de deșeuri Bubuieci - imagine 3D

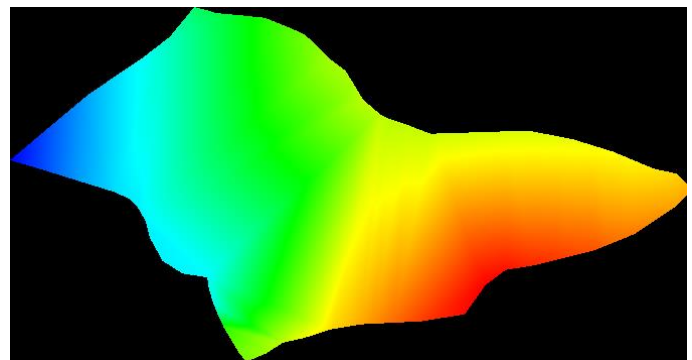
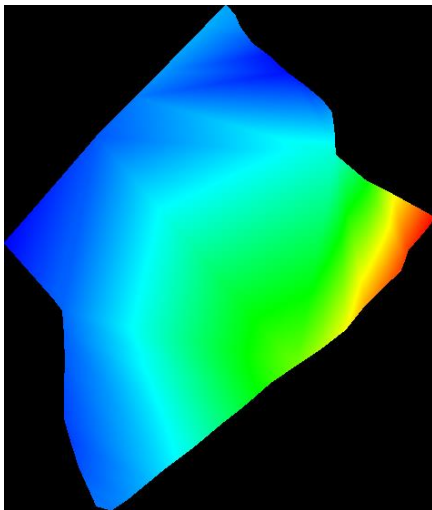


Figura 79. Suprafețele zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

Pentru fiecare zonă a depozitului de deșeuri au fost determinate aria și volumul (acesta fiind dat de diferența dintre Planul 0 și suprafața MDT – Figura 80). În cazul unor scanări succesive se pot genera/calcula rapoarte care să arate cantitatea nou escavată/adaugată. Un alt mod de a determina volumul constă în divizarea zonei de intere în subzone, și apoi determinarea acestuia pentru fiecare subzonă.

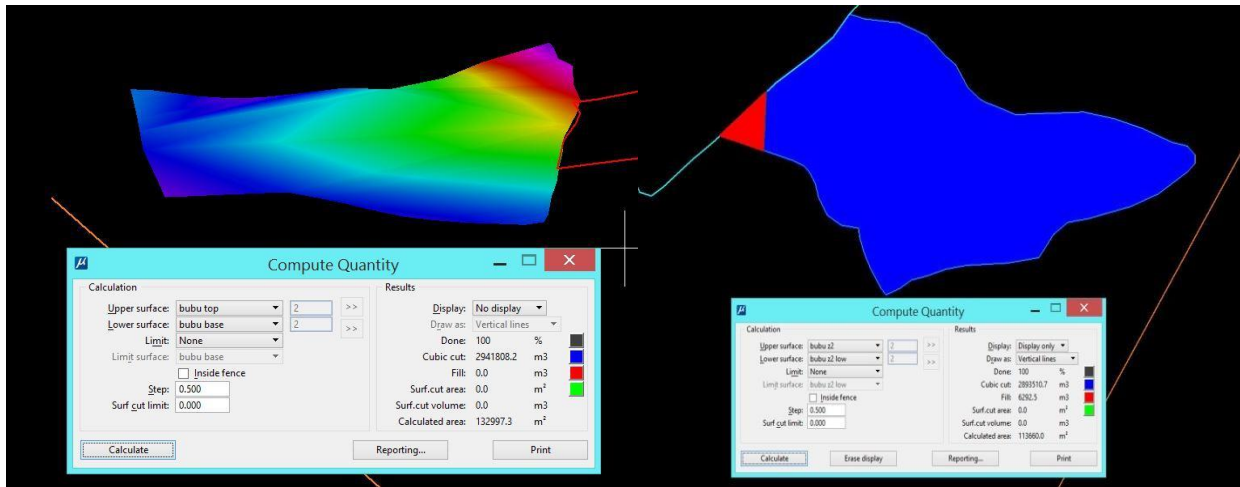


Figura 80. Determinarea volumului zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri menajere Bubuieci

O alta metodă de a determina volumul implică folosirea Planului 0 și a suprafeței generate de punctele laser (Figura 80). Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 6.

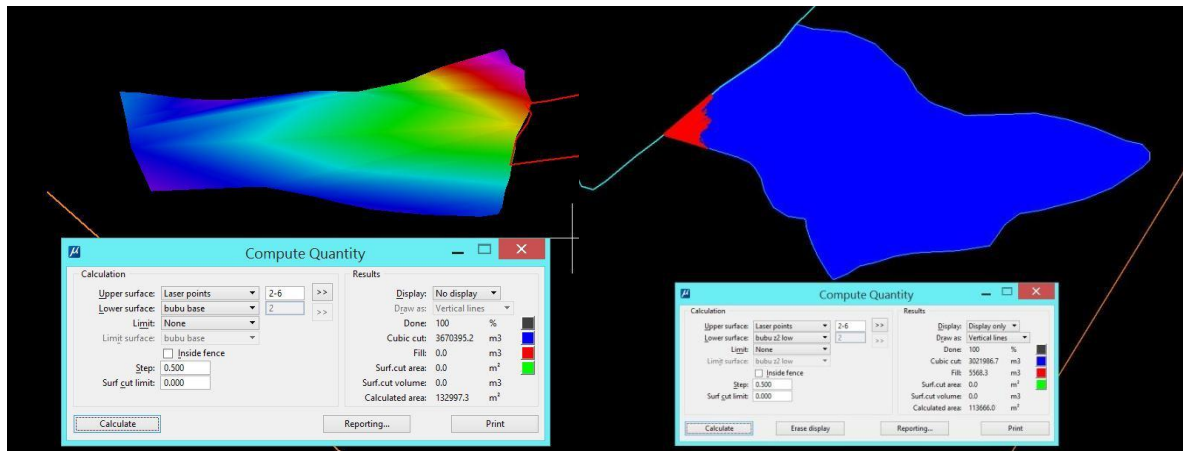


Figura 81. Determinarea volumului zonelor a. și b. ale depozitului de deșeuri Bubuieci prin intermediul MDT

<i>Nr. crt.</i>	<i>Operand</i>	<i>Nume</i>	<i>Arie (m²)</i>	<i>Volum (m³)</i>
1	Suprafață superioară	Bubuieci - zona a.	132997.30	2941808.20
	Suprafața de referință	Plan bază - zona a.		
2	Suprafață superioară	Puncte laser	132997.30	3670395.20
	Suprafața de referință	Plan bază - zona a.		
3	Suprafață superioară	Bubuieci - zona b.	113660.00	2893510.70
	Suprafața de referință	Plan bază - zona b.		
4	Suprafață superioară	Puncte laser	113666.00	3021986.70
	Suprafața de referință	Plan bază - zona b.		

Tabelul 6. Volumele și ariile celor două zone ale depozitului de deșeuri Bubuieci

Concluzii

- Depozitul de deșeuri menajere Țânțăreni este bine delimitat, suprafața acestuia fiind acoperită parțial de vegetație.
- În anumite zone se observă depozite noi de deșeuri. Acestea sunt situate pe partea de Est a depozitului, având o dimensiune mică.
- În urma analizei imaginilor fotografice și a datelor LiDAR s-a observat prezența unor noi râpe de descărcare a deșeurilor.
- Deși momentan este în conservare, acest depozit poate primi în continuare o cantitate însemnată de deșeuri (datorită aspectului concav).
- Depozitul de deșeuri menajere Bubuieci are un aspect convex, având o diferență de înălțime similară între cele două zone (a și b), zona **a** fiind predominant mai înaltă decât zona **b**.

INVENTARIEREA MASEI LEMNOASE UTILIZÂND TEHNICA LiDAR

Metodologia de analiză a datelor LiDAR

Pentru a inventaria masa lemnoasă situată în detrimetrul Pădurii Micăuți au fost efectuate 2 zboruri de cercetare, în Tabelul 7 fiind prezentată o scurtă statistică a volumului de date achiziționate.



Figura 82. Suprafața de teren împădurită propusă pentru a fi scanată; b. Suprafața de teren scanată în timpul zborului de cercetare

<i>Nr. crt.</i>	<i>Tip date</i>	<i>Cantitate</i>
1	Date brute LiDAR	28 Gb
2	Date LiDAR procesate Riegl	69.2 Gb
3	Date LiDAR procesate Terrasolid	41.3 Gb
4	Date Fotogrametrice	36.5 Gb

Tabelul 7. Volum date achiziționate în timpul zborurilor de cercetare

Pre-procesarea zonei forestiere reprezintă un caz aparte datorită efectuării a două zboruri succesive în aceeași arie de interes. Din această cauză, au apărut mici dificultăți la alinierea zonelor scanate în perioade diferite de timp. După rularea primelor iterații de aliniere a benzilor scanate, s-a observat un aspect bicuspid (dublu Gauss) datorat unei alinieri foarte bune între benzile scanate în timpul aceluiași zbor, dar totodată și menținerea unei diferențe sesizabile între benzile scanate în timpul celor două zboruri (Figura 83).

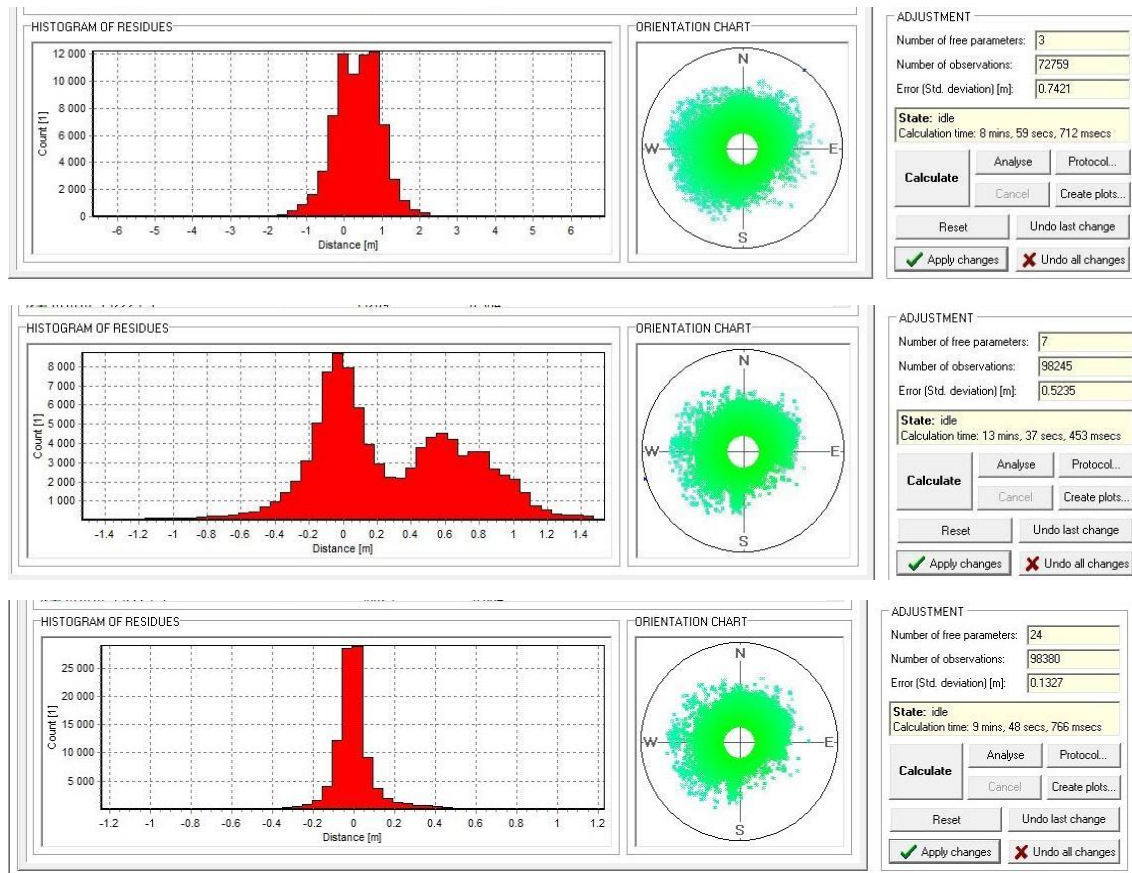


Figura 83. Raport al deviației medii (Iterație 1, 4 și 6) corespunzătoare regiunii Micăuți

Pentru a facilita procesarea volumului mare de date achiziționate, zona de studiu a fost împărțită în 8 sub-blocuri, care conțin un număr de puncte cuprins între 26 550 000 și 16 800 000.

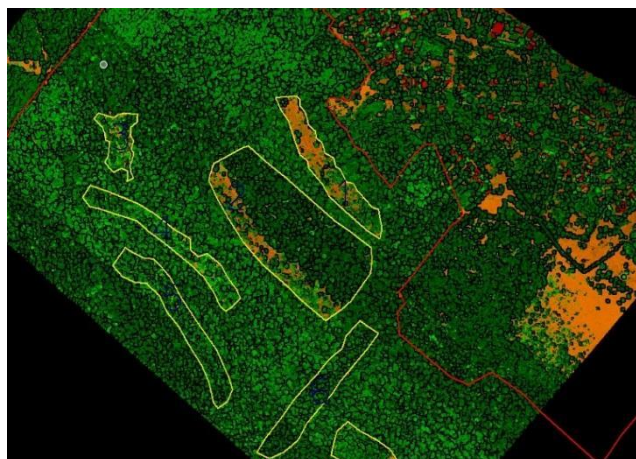
În vederea realizării unei analize cât mai exacte a zonei de interes (Figura 82), din totalul de suprafață împădurită a fost delimitată o suprafață poligon (Tabelul 8), astfel:

- **Nord:** sat Micăuți, drum forestier;
- **Vest:** drum forestier (continuarea drumului forestier care reprezintă limita nordică) până la intersecția cu R14, respectiv cu linia de curent electric (LEA);
- **Sud:** R14 (până la traversarea acestuia de către LEA), LEA;
- **Est:** lizieră pădure.

Suprafața poligon delimitată a fost divizată în mai multe arii de interes (Fig. 77) ale căror caracteristici sunt prezentate în Tabelul 8.

<i>Zona</i>	<i>Suprafață (ha)</i>	<i>Perimetru (m)</i>
Zona 1	1.4	755
Zona 2	5.47	978
Zona 3	0.63	426
Zona 4	1.36	845
Zona 5	1.55	827
Zona 6	1.53	741
Zona 7	2.08	678
Zona 8	3.98	1196
Zona 9	3.13	825
Zona 10	1.03	482
Zona 11	2.75	891
Zona 12	2.02	717
Zona 13	4.19	1161
Zona 14 a	1.04	614
Zona 14 b	1.42	650
Zona 15 a	0.97	484
Zona 15 b	0.13	156
Zona 16	1.36	505
Zona 17	0.64	373
Zona 18	1.01	519
Zona 19	1.92	577
Zona 20	1.94	642
Zona 21	1.35	760

Tabelul 8. Delimitarea suprafeței poligon în zone



Zonele 1-6 Vedere generală



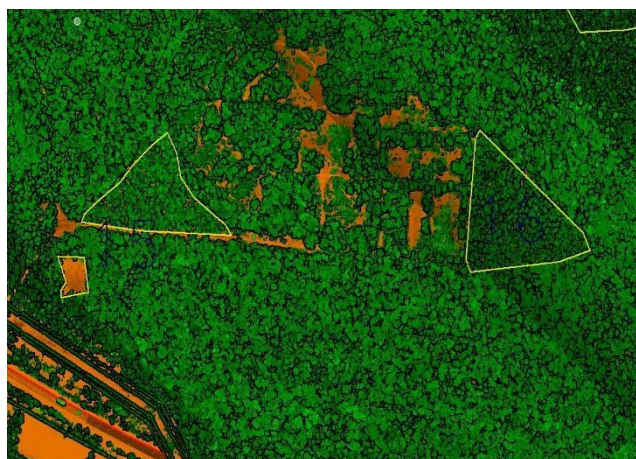
Zonele 6-7 Vedere generală



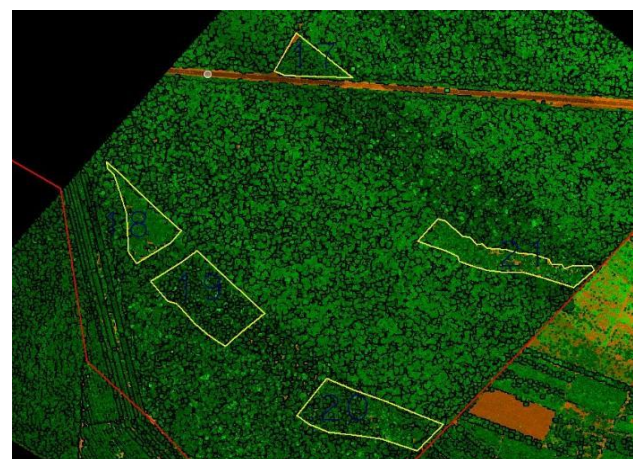
Zonele 8-11 Vedere generală



Zonele 12-14 Vedere generală



Zonele 15-16 Vedere generală



Zonele 17-21 Vedere generală

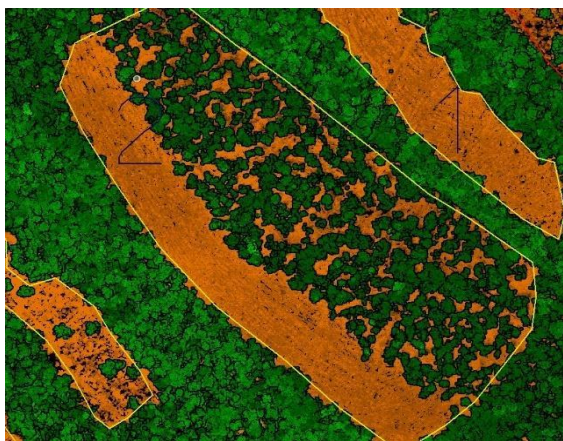
Figura 84. Vedere generală asupra zonelor de studiu – suprafața poligonului

Pădurea Micăuți – inventarierea masei lemnoase utilizând tehnica LiDAR

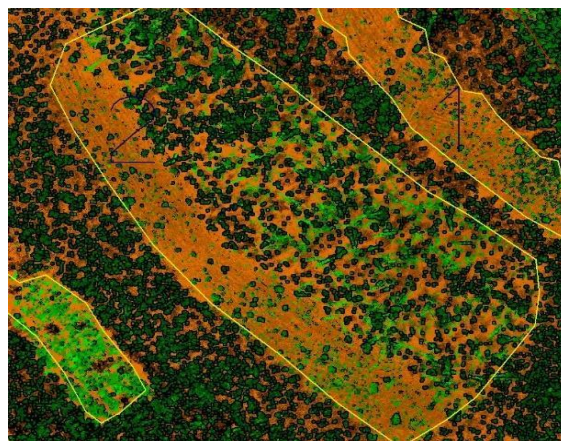
Pentru a identifica cu ușurință zonele forestiere defrișate, respectiv pentru a realiza o diferențiere între arbori și arbuști a fost selectată o înălțime minimă de 7 m pentru clasa de puncte – arbori. În urma rularii algoritmilor de clasificare au fost identificate suprafețele vizate.

Zona 1 este defrișată complet, doar în jumătatea Sud Est a acesteia fiind observați un număr mic de arbuști.

Spre deosebire de zona 1, **zona 2** poate fi divizată în două subzone distincte: una este caracterizată de lipsa vegetației înalte, iar cealaltă, situată în partea de Nord Est, caracterizată de arbuști și arbori cu o înălțime mai mare de 7 m. Cu toate acestea, în cazul subzonei secundare se remarcă o densitatea redusă a vegetației (Figura 85).



Vegetație de înălțime mică și medie eliminată



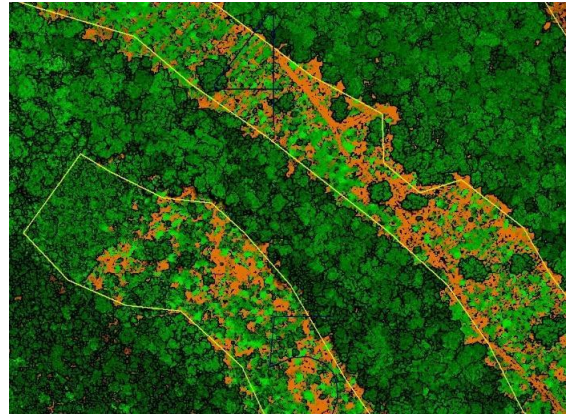
Vegetație de înălțime medie

Figura 85. Vegetație corespunzătoare zonei 2

Zona 3, străbătută de un drum forestier, este parțial reîmpădurită, arbuștii fiind dispersați în mod sporadic (Figura 86).



Vegetație înaltă

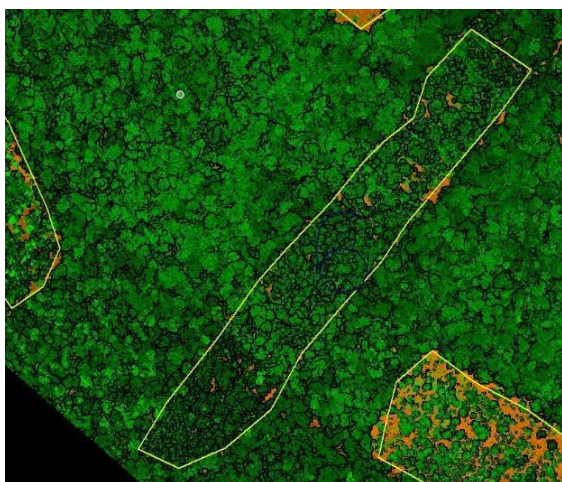


Vegetație medie și înaltă

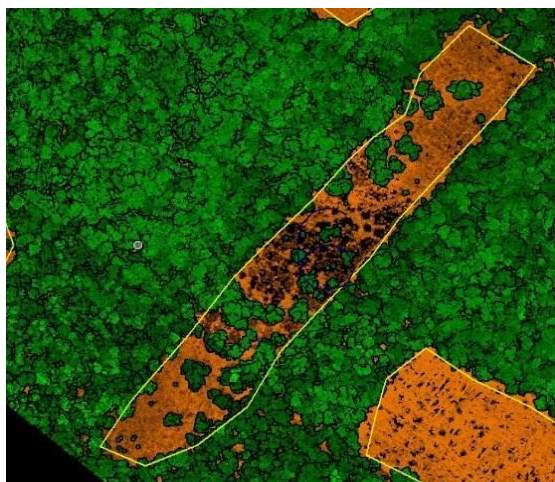
Figura 86. Vegetație corespunzătoare zonei 3

În schimb, **Zonele 4 și 5** se află în plin proces de reamenajare forestieră datorită acțiunilor susținute ale autorităților locale. Ambele zone sunt străbătute de același drum forestier care unește zona 3 cu marginea zonei delimitate.

Zona 6, fostă zonă defrișată, este actualmente reîmpădurită în totalitate cu arbuști (având înălțimi sub 7m), aspectul zonei fiind dens și relativ omogen (Figura 87). Însă, sporadic pot fi observați arbori cu înălțimi de pâna în 20 m (fie solitari, fie grupuri de câte maxim 3).



Vegetație de înălțime medie și mare



Vegetație înaltă

Figura 87. Vegetație corespunzătoare zonei 6

La fel ca și în cazul zonei 6, **zona 7** a trecut printr-un proces de amenajare forestieră (Figura 81), densitatea arbuștilor cu înălțimi de maxim 3 m fiind relativ mică (distanța dintre aceștia variază între 5 și 7 m, aspectul predominant fiind de tufă). Această zonă este parțial unită cu zona 14b în partea de Sud-Est, și separată de zona 14a printr-o bandă cu o lățime de 14-19 m de vegetație înaltă.

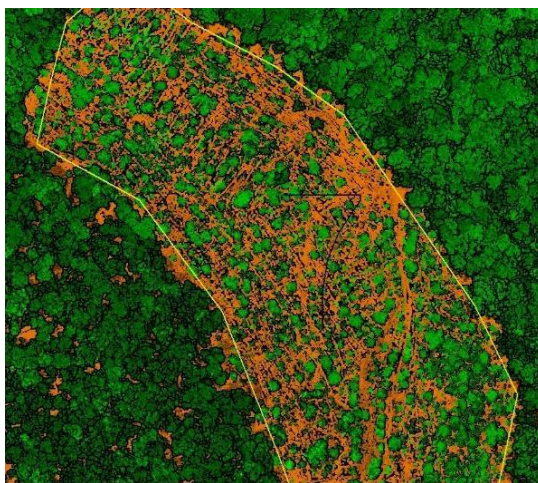


Figura 88. Vegetație înaltă și medie corespunzătoare zonei 7

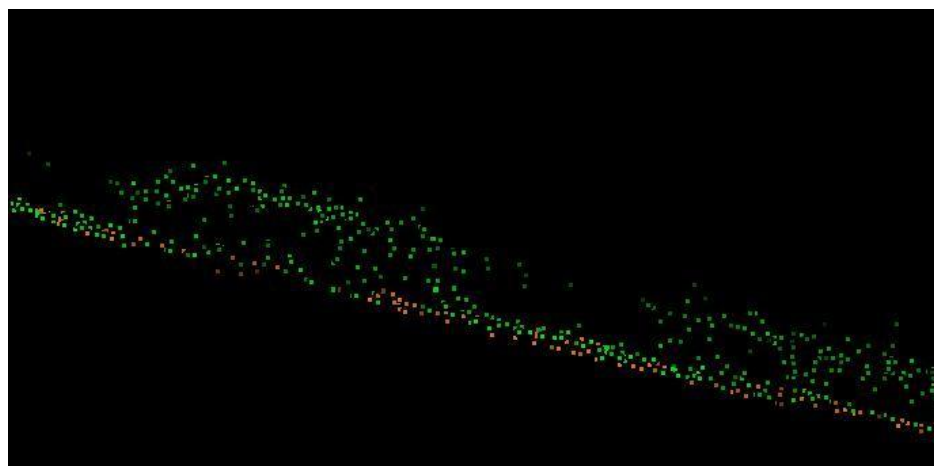
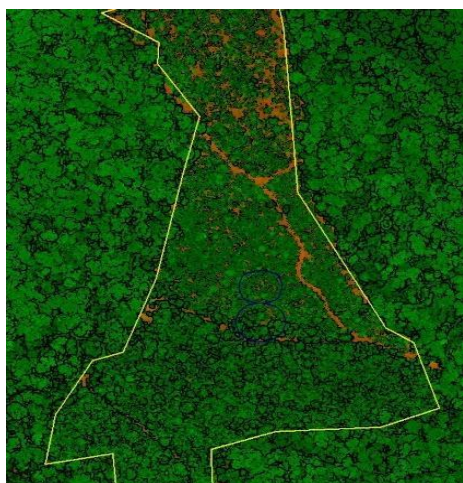


Figura 89. Secțiune a vegetației corespunzătoare zonei 7

Zona 8 este acoperită în totalitate de arbuști (Figura 91). Deoarece aceștia au fost plantați în 2 perioade distincte, aspectul zonei este unul etajat. Zona nordică are în componență arbuști de mici dimensiuni (1-2 m), iar cea sudică este dominată de arbusti cu înălțimi între 3-6 m, intercalați cu un mic număr de arbori (sub 30 exemplare, cel mai înalt atingând aprox. 27 m). În plus, zona este străbatută de o rețea de drumuri/poteci cu multiple ramificații.



Vegetație de înălțime mare și medie



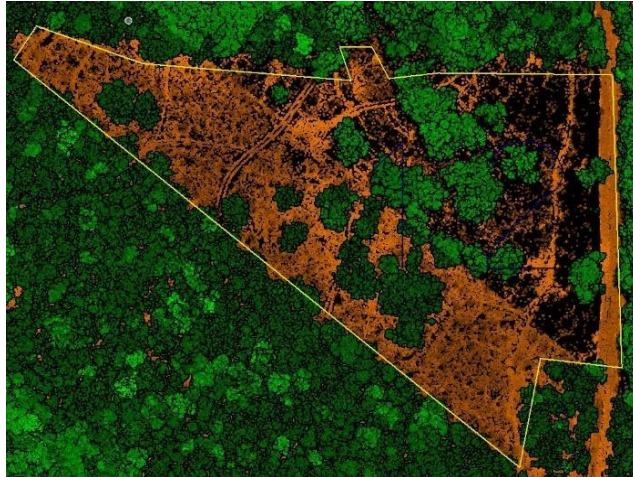
Vegetație înaltă

Figura 90. Vegetație corespunzătoare zonei 8

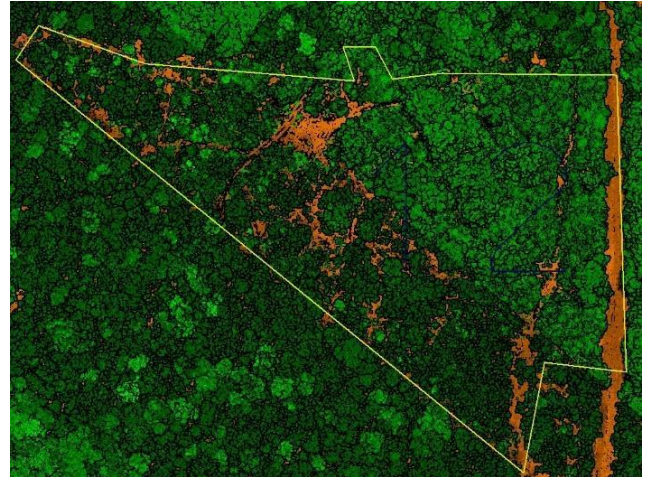
Zonele 10 și 11 prezintă o formă regulată, atingând lungimi de 190 m, respectiv 310 m. Datorită retragerii lizierei forestiere, aceste zone sunt caracterizate de o vegetație de tip arbust.

Zona 12, situată lângă drumul care leagă M14 și localitatea Micăuți, are un aspect triunghiular. Este caracterizată în interior de un număr redus de arbori cu o înălțime maximă de 23 m, respectiv arbuști (care conferă un aspect uniform). În partea nordică se observă arbuști mai înalți. Cu toate acestea, se

remarcă prezența unei suprafațe de mici dimensiuni 20x16m lipsită de vegetație înaltă (Figura 91).



Vegetație medie și înaltă



Vegetație înaltă

Figura 91. Vegetație corespunzătoare zonei 12

Zona 13, situată în sudul zonei 12, are un aspect unic, fiind caracterizată de prezența arbuștilor cu o înălțime medie de 3 m intercalați de arbori. Partea centrală este acoperită de vegetație de tip arbust cu o înălțime de maxim 1.5 m. O secțiune a acestei zone este prezentată în Figura 92.

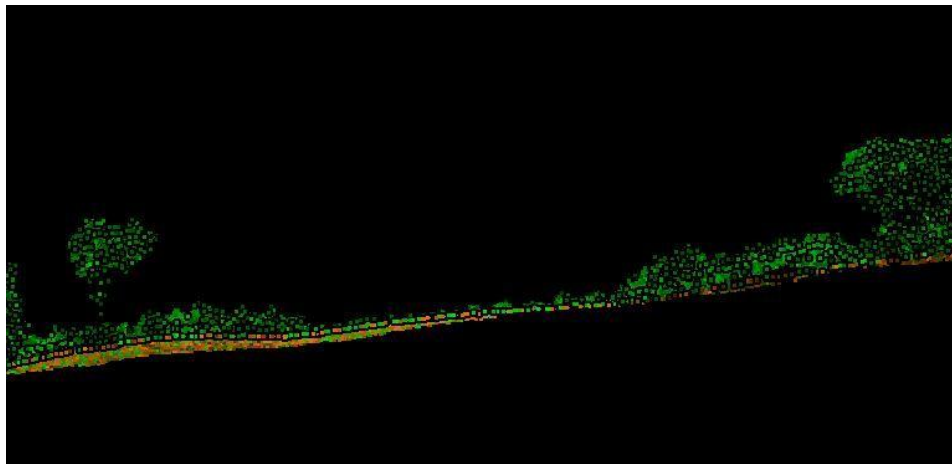



Figura 92. Secțiune a vegetației corespunzătoare zonei 13

Zonele 14a și 14b sunt zone de mici dimensiuni separate între ele de o bandă de arbori cu o lățime de maxim 55m.

Zonele 15 și 16 sunt zone reacoperite cu vegetație cu înălțimea de max 4.5 m, cel mai probabil acestea aparținând admisitrației taberei de copii. Zona **15 b** este o zonă cu dimensiuni de aprox. 18x43 m, caracterizată de lipsa vegetației medii și înalte.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 78
		Exemplar nr. 1

Zona 17 este o zonă reîmpădurită, având în componență cu arbuști cu o înălțime medie de 3-4 m (Figura 93).

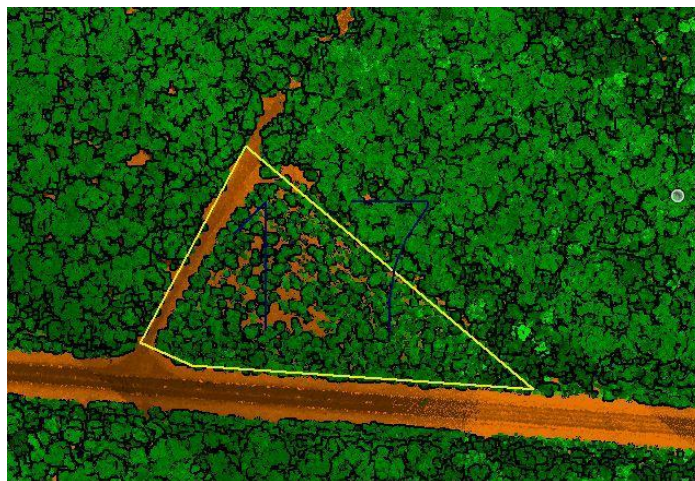


Figura 93. Vegetație medie corespunzătoare zonei 17

Zona 18 are un aspect triunghiular și este separată de LEA printr-o bandă arboricolă cu o lățime de 40 m, fiind utilizată în scop agricol (culturi agricole).

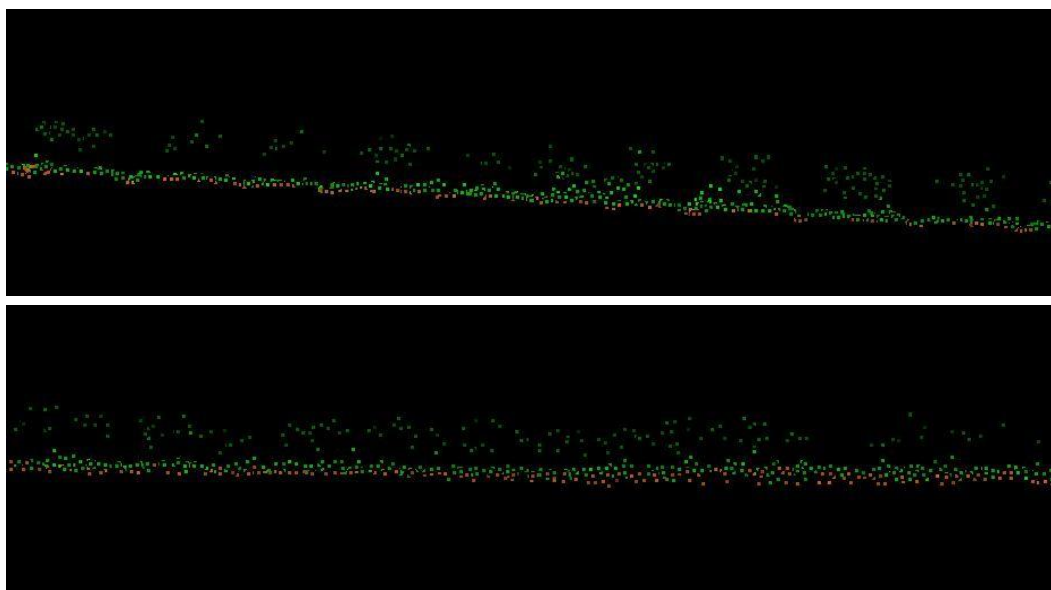
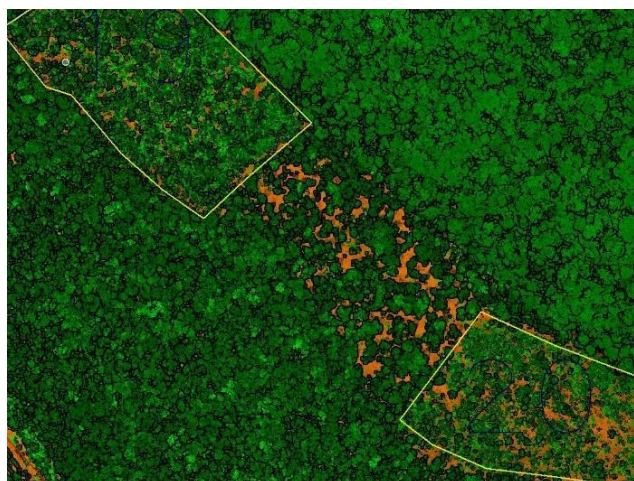
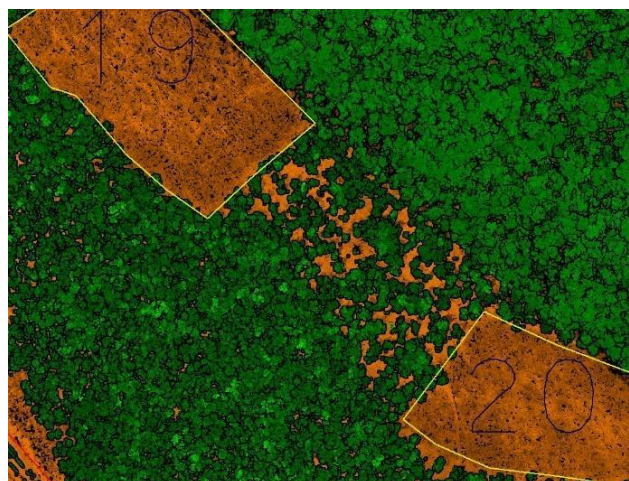


Figura 94. Secțiuni longitudinale și transversale ale vegetației corespunzătoare zonei 18

Zonele 19 și 20 sunt zone defrișate, caracterizate de o vegetație de dimensiuni medii (<7m). Granița dintre aceste două zone, cu o dimensiune de 170x92 m, este defrișată parțial (Figura 95). Densitatea arborilor din această zonă este mult redusă față de zonele adiacente.



Vegetație de înălțime medie și mare



Vegetație înaltă

Figura 95. Vegetație corespunzătoare zonelor 19 și 20

Zona 21, având o lungime de aprox. 310 m și o lățime medie de 55 m, este o zonă defrișată. În urma analizei datelor LiDAR nu s-a putut stabili cu exactitate dacă această zonă este utilizată în scop agricol.

Deoarece granița dintre zonele 19 și 20 are un aspect distinctiv, pentru această arie a fost aplicat un algoritm de numărare al arborilor. În acest scop a fost identificată forma generală a arborilor, și mai apoi a fost introdusă în programul de procesare a datelor LiDAR (Figura 96).

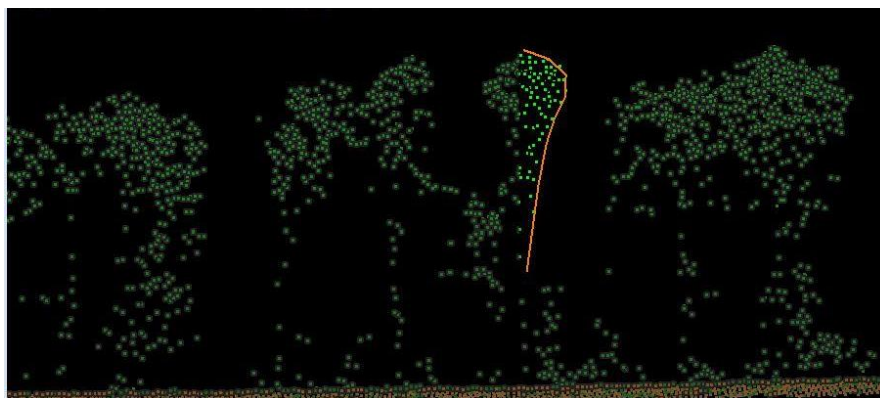
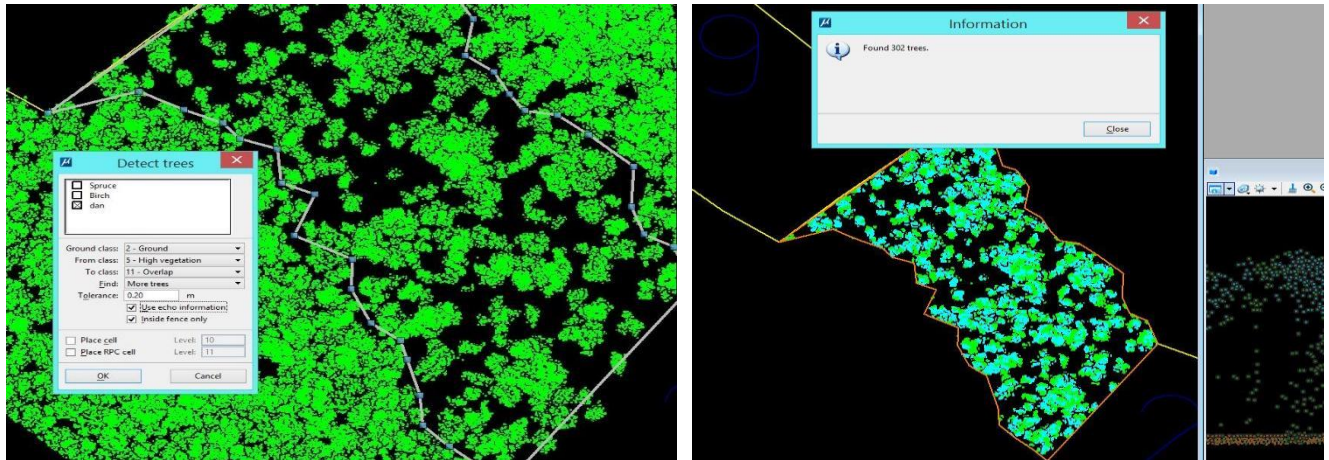


Figura 96. Identificarea formei generale a arborilor

După stabilirea formei generale a arborilor și mărginirea zonei de interes, a fost rulat algoritmul menționat anterior. Pentru zona de interes reprezentată în Figura 90, a fost determinat un număr de 302 arbori.



Mărginirea zonei de interes

Afișarea rezultatului

Figura 97. Determinarea numărului total al arborilor dintr-o zonă de interes

Pe baza acestor rezultate, se poate determina volumul de masă lemnoasă, respectiv cantitatea de biomasă. Însă, în vederea reducerii ambiguităților datorate variației coeficienților de specie sau a arborilor din cadrul aceleiași specii sunt necesare măsurări în teren.

Un alt beneficiu al folosirii în mod repetat a scanării Lidar a aceleiași zone este posibilitatea de identificare rapidă a tăierilor de arbori. Prin integrarea datelor Lidar obținute în 2 campanii de măsurări (11.10.2016 și 11.11.2016) au fost identificate zone în curs de defrișare.

Imaginile Lidar din Figura 91 a și b arată diferența între cele 2 zboruri, imaginile fotografice confirmând la rândul lor acest lucru atât prin prezența la sol a arborilor doborâtici și a diverselor vehicule.

Identificarea depozitelor neautorizate de deșuri

În urma analizei imaginilor fotografice au fost identificate un număr însemnat de depozite de deșuri. Acestea variază ca dimensiune, majoritatea având un aspect punctiform. Totuși, un număr de 9 astfel de depozite ocupă o suprafață însemnată sau sunt bine delimitate, principalele caracteristici ale acestora fiind prezentate în tabelul următor. În Figura 98, respectiv 99 sunt prezentate două dintre cele nouă depozite de deșuri.

<i>Nr crt.</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Suprafață (m²)</i>	<i>Observații</i>
1	28° 43.835'E	47° 9.264'N	2.7	pe marginea unui drum de acces la culturi
2	28° 43.810'E	47° 9.242'N	47	pe marginea unui drum de acces la culturi
3	28° 44.382'E	47° 9.007'N	6.5	lângă un drum de acces în gospodărie
4	28° 44.103'E	47° 9.301'N	7	proximitatea zonei M14
5	28° 43.901'E	47° 9.347'N	25	proximitatea zonei M14

6	28° 44.860'E	47° 9.214'N	1.5	
7	28° 43.614'E	47° 10.018'N	18.5	resturi provenite din demolarea unei clădiri
8	28° 43.433'E	47° 10.202'N	3607	resturi provenite din demolarea unei clădiri
9	28° 43.549'E	47° 10.194'N	19.35	resturi blocuri beton

Tabelul 9. Caracteristicile depozitelor de deșeuri identificate

Din Figura 99, se remarcă prezența unei depozit de deșeuri cu un aspect compact, dar și dispersia unor deșeuri în zona adiacentă.




Figura 98. Delimitare - depozit de deșeuri (nr. 4 din Tabelul 9)



Figura 99. Delimitare - depozit de deșeuri (nr. 1 din Tabelul 9)

Astfel, în urma efectuării zborului de cercetare au fost identificate următoarele zone, prezentate în Tabelul 5.4.

<i>Zona</i>	<i>Suprafață (ha)</i>	<i>Perimetru (m)</i>	<i>Observații</i>
Zona 1	1.4	755	defrișată complet, cu puțini arbuști
Zona 2	5.47	978	vegetație divizată în două subzone distincte: una este caracterizată de lipsa vegetației înalte, iar cealaltă, situată în partea de Nord Est, caracterizată de arbuști și arbori
Zona 3	0.63	426	parțial reîmpădurită
Zona 4	1.36	845	în proces de reamenajare forestieră
Zona 5	1.55	827	în proces de reamenajare forestieră
Zona 6	1.53	741	zonă defrișată, este actualmente reîmpădurită în totalitate cu arbuști
Zona 7	2.08	678	zonă amenajată forestier, densitatea arbuștilor cu înălțimi de maxim 3 m fiind relativ mică
Zona 8	3.98	1196	acoperită în totalitate de arbuști având un aspect etajat;
Zona 9	3.13	825	zonă împădurită
Zona 10	1.03	482	zonă caracterizată de o vegetație de tip arbust
Zona 11	2.75	891	zonă caracterizată de o vegetație de tip arbust
Zona 12	2.02	717	prezența unui număr redus de arbori cu o înălțime maximă de 23 m în interior, predomină arbuștii
Zona 13	4.19	1161	prezență arbuști cu înălțime medie de 3 m intercalați de arbori
Zona 14 a	1.04	614	zonă de mici dimensiuni separată de zona 14 b de o bandă de arbori cu o lățime de maxim 55m
Zona 14 b	1.42	650	bandă de arbori cu o lățime de maxim 55m

 <small>National Institute for Aerospace Research "Elie Carafoli"</small>	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 83
		Exemplar nr. 1

Zona 15 a	0.97	484	zonă reacoperită cu vegetație cu înălțimea de max 4.5 m
Zona 15 b	0.13	156	zonă caracterizată de lipsa vegetației medii și înalte
Zona 16	1.36	505	zonă reacoperită cu vegetație cu înălțimea de max 4.5 m
Zona 17	0.64	373	zonă reîmpădurită, având în componență cu arbuști
Zona 18	1.01	519	utilizată în scop agricol
Zona 19	1.92	577	zonă defrișată, caracterizată de o vegetație de dimensiuni medii
Zona 20	1.94	642	zonă defrișată, caracterizată de o vegetație de dimensiuni medii
Zona 21	1.35	760	zonă defrișată, posibil utilizată în scop agricol

Tabelul 10. Caracteristicile zonelor studiate

- În vederea reducerii ambiguităților datorate variației coeficienților de specie sau a arborilor din cadrul aceleiași specii sunt necesare măsurări în teren.
- Au fost identificate un număr de nouă depozite de deșeuri neautorizate, cel mai mare dintre acestea având o suprafață totală de 3607 m².

2.1.3. Misiuni supraveghere aeriană

În data de 12.11.2018, Institutul Național de Cercetări Aerospațiale “Elie Carafoli” a fost solicitat să adune date despre incendiul produs la fabrica de materiale plastice din Ploiești.

La ora 15:50 a fost efectuată o misiune de supraveghere a zonei din avionul tip BN2A-27 Islander, proprietate INCAS, având specialiști la bord și camere de captare imagini. Zborul a fost încheiat la ora 17:30, din cauza condițiilor meteo nefavorabile.

Principalul obiectiv al acestei misiuni a fost realizarea unei analize cu privire la extinderea incendiului în zona din vecinătatea fabricii de mase plastice din Ploiești, pentru determinarea pagubelor produse, dar și măsurarea concentrațiilor poluanților gazoși în vederea analizei impactului asupra sănătății populației din zona respectivă.



Figura 100. Captură din BN2A-27 Islander


La ora 16:00 a fost trimisă o echipă de specialiști din cadrul INCAS compusă din Operator UAV – Pană Alexandru, Analist Imagine – Cusa Lucian, Tehnician – Constantinescu Aurel, cu un sistem fără pilot uman la bord (UAS), având în componență un vector aerian de tip multirotor Matrice 600PRO, dotat atât cu cameră de zi cât și cameră termală. Cu acest vector aerian s-au putut prelua și analiza imaginilor în timp real pe durata misiunii.



Figura 101. Captură din UAV cu cameră de zi



Figura 102. Captură din UAV cu cameră termală

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 86
		Exemplar nr. 1

3. Colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare a datelor privind condițiile meteorologice din arealele urbane în vederea evaluării potențialului de risc a unei situații de poluare accidentală în aer pentru identificarea zonelor ce pot fi afectate în urma persistenței și evoluției situației de poluare accidentală în aer

3.1. Colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare a datelor privind condițiile meteorologice din arealele urbane

Centrul Național de Prognoze Meteorologice (CNPM), din cadrul Administrației Naționale de Meteorologie (Meteo Romania), reprezintă principala sursă de date ce permit monitorizarea condițiilor meteorologice din arealele urbane în scopul evaluării potențialului de risc a unei situații de poluare accidentală în aer.

În prezent, Meteo România administrează un sistem complex de colectare, transmisie, stocare și prelucrare a datelor meteorologice, sistem ce cuprinde subsisteme de colectare, transmisie, prelucrare și stocare a datelor meteorologice dispuse la nivelul centrului național de prognoză și a celor 7 centre meteorologice regionale (Figura 103).

Colectarea acestor date se face în regim operațional, conform legislației naționale și a normelor Organizației Meteorologice Mondiale (OMM). Accesul la date se poate face prin intermediul sistemelor clasice de comunicație ale Meteo România, precum și prin intermediul serviciilor facilitate de rețea conforme cu directiva INSPIRE.

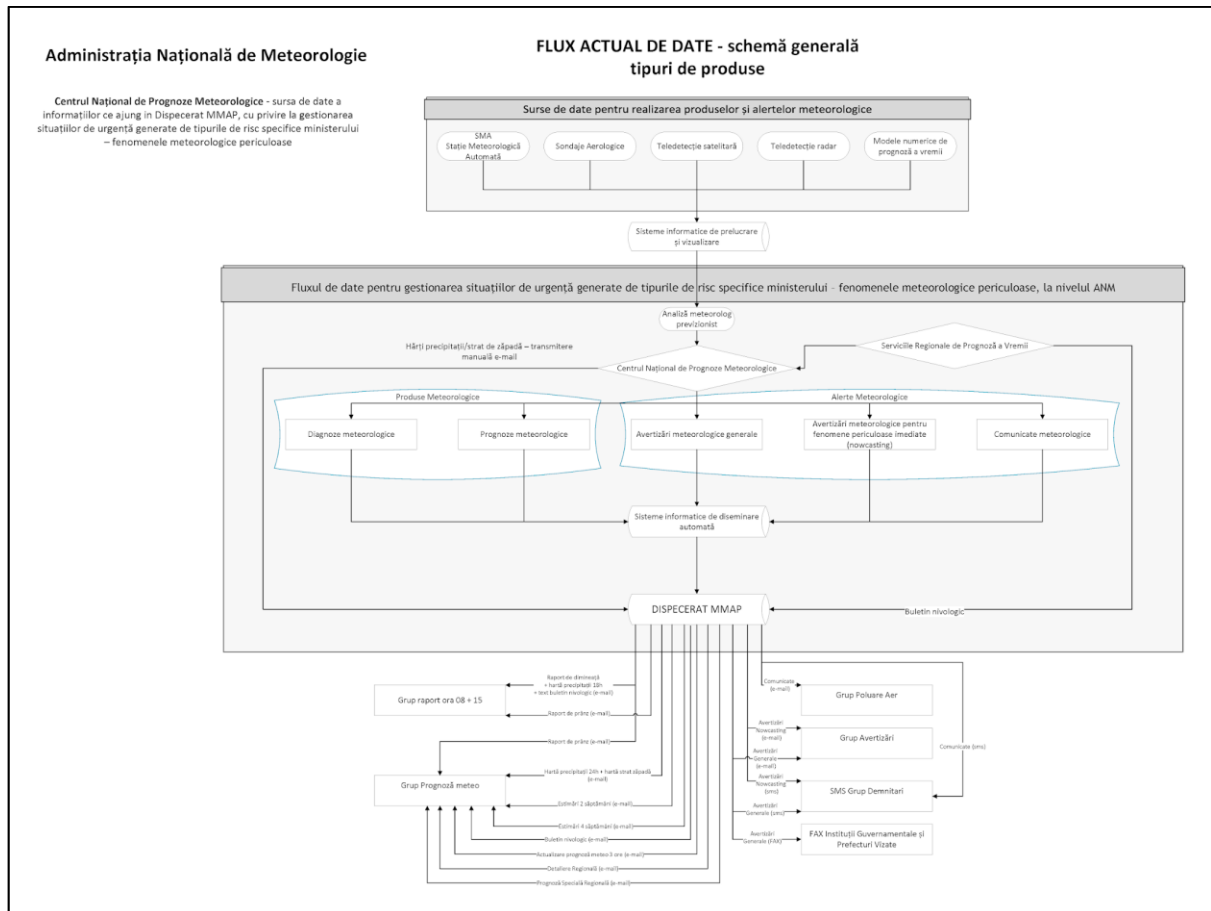



Figura 103 - Fluxul actual de date al Meteo România și legătura cu MMAP.

Surse pentru tipurile de date relevante

Stația Meteorologică Automată (SMA)

Stațiile meteorologice automate măsoară valorile parametrilor meteorologici prin intermediul senzorilor, prelucrează și stochează în mod automat datele rezultate din aceste măsurători. SMA funcționează cu două softuri specializate: SIMIN Console și MeteoApp. Stațiile care au SIMIN Console funcționează în arhitectura veche, în care datele de la SMA sunt transmise în computerul stației și apoi mesajul meteorologic este transmis către centrul de colectare. Stațiile care au MeteoApp funcționează în arhitectura nouă, în care datele sunt transmise direct de la SMA la centrul de colectare, dar și către computerul stației, unde pot fi vizualizate de către observator. În cadrul softurilor specializate pentru SMA există implementate criterii de validare, care țin cont de praguri și de relațiile dintre elemente. Aceste criterii au fost astfel concepute astfel încât să atragă atenția observatorului în situații deosebite, pentru a se asigura validitatea și corectitudinea datelor transmise de la nivelul stației meteorologice. Datele relevante pentru evaluarea și monitorizarea evoluției episoadelor de poluare atmosferică sunt:

- Temperatura aerului - exprimată în grade Celsius (°C), fiind stocată cu o precizie de o zecimală;

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 88
		Exemplar nr. 1

- Umezeala relativă a aerului - exprimată în procente (%);
- Direcția vântului - exprimată în grade (°), fiind stocată ca valoare întreagă;
- Viteza vântului - exprimată în metri pe secundă (m/s), fiind stocată cu o precizie de o zecimală;
- Cantitatea de precipitații pe 24 de ore la ora 06UTC - exprimată în milimetri (mm), fiind stocată cu o precizie de o zecimală.

Frecvența cu care stațiile meteorologice automate pot furniza aceste informații este de 10 minute.

Sondajul aerologic

Radiosondajul aerologic reprezintă metoda clasică de măsurare a parametrilor atmosferei libere (presiune, temperatură, umezeală relativă, direcția și viteza vântului) în stratul sol – 30 000 m.

Radiosondajul aerologic se execută cu echipamente speciale compuse din două subsisteme:

- Subsistemul principal de sol (echipamentul de urmărire, recepție și prelucrare a semnalelor și datelor transmise de radiosondă);
- Trenul de zbor format din balon și radiosonda meteorologică.

Stația aerologică București – Afumați e dotată cu sistem de radiosondaj DigiCORA III (VAISALA), destinată executării sondajelor aerologice la mare altitudine. Echipamentul DigiCORA III este alcătuit, în principal, dintr-un receptor în banda 400-406 MHz, antenele de recepție, sistemul de prelucrare și periferice.

În prezent radiosondajele aerologice se execută cu radiosonda RS41-SG (VAISALA) dotată cu senzori meteorologici, sistem electronic de codificare a datelor și sistem de poziționare - GPS.

Radiosonda aerologică RS41-SG măsoară parametrii de stare ai atmosferei (presiunea, temperatura și umezeala relativă). Aceștia sunt folosiți apoi la determinarea mai multor parametri termodinamici derivați, la diferite înălțimi ale atmosferei, necesari în analiza evoluției diferitelor fenomene și procese meteorologice. Utilizând sistemul de poziționare GPS a radiosondei se determină viteza și direcția vântului în altitudine.


Acestea se efectuează pentru fiecare mesaj transmis și preluat automat din sistemul informațional.

Parametrii meteorologici de altitudine sunt codificați în mesajul TEMP, în conformitate cu Codul FM 35.E TEMP² pentru transmiterea datelor de radiosondaj. După efectuarea sondajului se creează fișiere BUFR (aprox. 4K) cu soft specializat implementat de producător pe stația DigiCORA III.

Datele relevante pentru evaluarea și monitorizarea evoluției episoadelor de poluare atmosferică sunt:

- Temperatura aerului - exprimată în grade Kelvin (°K), fiind stocată cu două zecimale;

² <http://weather.unisys.com/wxp/Appendices/Formats/TEMP.html>

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 89
		Exemplar nr. 1

- Umezeala relativă a aerului - exprimată în procente (%), fiind stocată cu o zecimală;
- Direcția vântului - exprimată în grade (°), fiind stocată ca valoare întregă;
- Viteza vântului - exprimată în metri pe secundă (m/s), fiind stocată cu o precizie de o zecimală.

La stația aerologică București – Afumați sunt efectuate zilnic două radiosondaje - la orele standard 00 și 12 UTC.

Modelele de prognoză numerică a vremii

Modelele de prognoză numerică a vremii sunt utilizate în prezent în aproape toate serviciile meteorologice. În general, un MODEL descrie comportamentul unui sistem real, fiind utilizat ca bază pentru calcule, prognoze, investigații sau simulări ulterioare. Modelele permit înțelegerea sistemelor complexe și prognozarea comportamentului acestora în cadrul strict al scopului pentru care au fost construite. În ultimele decenii comunitatea științifică internațională a făcut eforturi mari pentru dezvoltarea modelelor atmosferice de arie limitată în scopul îmbunătățirii calității prognozelor numerice, mai ales în cazul fenomenelor meteorologice periculoase. În cadrul Meteo România sunt integrate zilnic trei modele numerice de prognoză a vremii pe arie limitată: COSMO (Consortium for Small-scale Modeling), ALARO și WRF (Weather Research and Forecasting model). COSMO este un model regional nehidrostatic de prognoză numerică a vremii, fiind rezultatul colaborării științifice din cadrul consorțiului internațional Consortium for Small-Scale Modelling (COSMO). Modelul a fost dezvoltat pentru aplicații la scara meso- β și meso- γ și este utilizat în activitatea operațională de către serviciile meteorologice din Germania, Grecia, Italia, Polonia, România, Elveția, Rusia și Israel. Din anul 2005, modelul COSMO rulează în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie în regim operativ.

ALARO este o nouă versiune a modelului ALADIN³ și a fost conceput să fie integrat la rezoluții mai fine (~5 km), conținând parametrizări fizice mai complexe, îndeosebi a proceselor atmosferice umede, păstrând un raport calitate/timp de calcul eficient. Costul de calcul al acestui model este însă prohibitiv pentru serviciile meteorologice mai mici.

Modelul numeric de prognoză a vremii WRF este unul dintre cele mai noi modele numerice și a fost dezvoltat inițial de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Statele Unite ale Americii), atât pentru activitatea operațională, cât și pentru activități de cercetare în domeniul prognozei numerice a vremii. Modelul WRF are la bază un sistem Eulerian de ecuații complet compresibile. Deși modelul este nehidrostatic, există și opțiunea de rulare a acestuia în regim hidrostatic. Unul dintre principalele avantaje ale modelului WRF constă în faptul că poate fi utilizat pentru aplicații diversificate, la rezoluții spațiale care pornesc de la zeci de kilometri și pot coborî până la câteva sute de metri. În cadrul Meteo România, modelul WRF este integrat la o rezoluție spațială de 3 km pe un domeniu geografic care acoperă teritoriul României (Figura 97), fiind cel mai relevant model pentru contextul urban.

³ <http://www.umr-cnrm.fr/aladin>

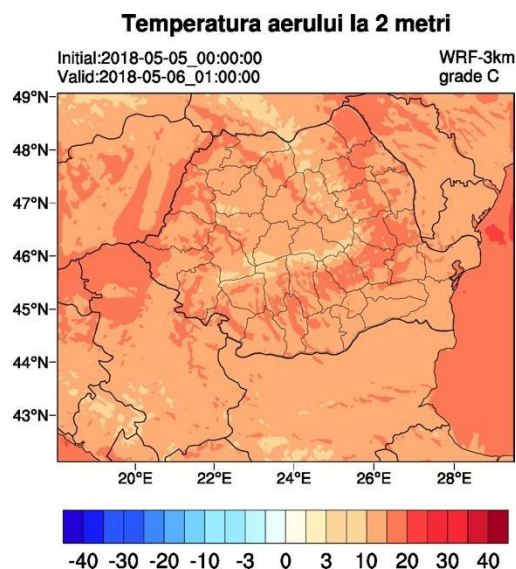



Figura 104 - Domeniul de integrare a modelului WRF

În contextul nevoilor MMAP de monitorizare și evaluare a episoadelor de poluare atmosferică urbană, se va publica rezultatul rulării modelului la ora 00UTC, care conține prognoze orare cu anticipație de 48. Datele relevante sunt:

- Temperatura aerului - exprimată în Kelvin, fiind stocată cu o precizie de o zecimală;
- Umezeala relativă a aerului - exprimată în procente (%)
- Componenta U a vântului la 10 m - exprimată în metri pe secundă (m/s), fiind stocată cu o precizie de o zecimală;
- Componenta V a vântului la 10 m - exprimată în metri pe secundă (m/s), fiind stocată cu o precizie de o zecimală;
- Cantitatea de precipitații - exprimată în milimetri (mm), fiind stocată cu o precizie de o zecimală.

Sateți meteorologici

Observațiile meteorologice din spațiu permit cunoașterea stării atmosferei și a suprafeței terestre în locurile neacoperite de rețeaua terestră de măsurare, dar mai ales oferă o privire de ansamblu asupra întregii planete. Acestea sunt realizate de către sateți meteorologici geostaționari (Meteosat, Goes) și polar orbitali (Aqua, Terra, MetOp, FY-3, Jason, Sentinel), lansați și exploatați de organizații internaționale și naționale puternice (EUMETSAT, NOAA, NASA, JAXA, ESA). Sistemul operațional al Meteo România este alcătuit din două linii de recepție și prelucrare identice care funcționează în regim de rezervă. Acest sistem este permanent actualizat pentru asigurarea calității datelor. De asemenea este principalul sistem operațional și furnizează 24h/24h produse meteorologice satelitare către toate Centrele Meteorologice Regionale.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 91
		Exemplar nr. 1

Infrastructura hardware și software care permite legătura cu sateliții meteorologici 24h/24h, se află în permanentă dezvoltare pentru menținerea calității datelor și produselor, cel puțin la nivelul recomandat de către EUMETSAT și OMM.

Produsele Meteosat RGB, ajută la detectarea și prognozarea fenomenelor de mare impact, cum ar fi furtunile sau ceața cu o anticipație de 6 ore. De asemenea, imaginile de la sateliții Meteosat pot fi folosite de către pentru a verifica dacă modelul meteorologic de predicție pentru zona urbană este în conformitate cu ce se întâmplă de fapt în atmosferă. Datele sunt recepționate cu o frecvență de 5 minute.

Radarele meteorologice


Radarele meteorologice Doppler oferă informații privind localizarea, intensitatea, traiectoria și evoluția spațio-temporală a sistemelor noroase atmosferice precipitabile. Rețeaua națională de radare meteorologice Doppler este compusă din 7 sisteme, amplasate astfel încât să asigure o cât mai bună detecție a sistemelor noroase atmosferice, atât pe teritoriul național, cât și în afara granițelor.

Aria de acoperire a fiecărui radar meteorologic este de 230 km în jurul amplasamentului acestuia. Rețeaua națională de radare meteorologice este compusă din sisteme ce furnizează date cu rezoluție spațială și temporală mare (1 km x 1°), făcând astfel posibilă detecția în timp aproape real a norilor precipitabili. Datele sunt recepționate cu o frecvență de 6 minute.

Informări/Comunicate/Avertizări

Meteo România transmite operațional către MMAP o serie de comunicate standardizate. Relevante pentru monitorizarea și evaluarea episoadelor de poluare atmosferică sunt:

- *Raportul de dimineață* (situația meteorologică a ultimelor 24 de ore și prognoza meteorologică pentru următoarele 24 de ore - Țară și București) și *harta de precipitații pe 18 ore*;
- *Raportul de prânz* este compus din prognoza săptămânală pentru Țară și București, cu o anticipație de 7 zile (4 zile detaliate + o tendință de 3 zile – se pune accent pe regimul termic și pe probabilitatea de apariție a precipitațiilor), care se actualizează zilnic.
- *Harta de precipitații pe 24 de ore* conține precipitațiile acumulate la fiecare stație meteorologică în ultimele 24 de ore.
- *Comunicatele meteorologice* se emit în cazuri de producere a incendiilor, a dispersiei norului de poluant radioactiv, praf saharian.
- *Avertizările meteorologice generale* se emit în situațiile în care se anticipează fenomene meteorologice periculoase (variații bruște de temperatură, temperaturi extreme, cantități însemnate de precipitații, viscol, intensificări ale vântului, polei etc.).
- *Avertizările meteorologice pentru fenomene periculoase imediate – nowcasting* - descrieri detaliate a vremii într-un anumit moment de timp, precum și o serie de prognoze obținute prin extrapolarea în timp a evoluției vremii pentru o perioadă de o oră până la 6 ore.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 92
		Exemplar nr. 1

Integrarea datelor în sistemul de monitorizare

În funcție de natura datelor și de modalitatea de expunere a lor de către Meteo România, există mai multe mijloace tehnice de integrare a datelor în sistemul de monitorizare.

Integrarea datelor disponibile prin serviciile facilitate de rețea INSPIRE

Directiva INSPIRE prevede stabilirea unei infrastructuri pentru informații spațiale în Comunitatea Europeană, în vederea sprijinirii politicilor de mediu sau activităților care pot avea impact asupra mediului înconjurător.

INSPIRE se bazează pe infrastructurile pentru informație spațială create și menținute de către Statele Membre.


Pentru a se asigura că infrastructurile statelor membre sunt compatibile și pot fi utilizate la nivelul Comunității Europene și într-un context trans-frontalier, Directiva INSPIRE impune adoptarea Regulilor de Implementare pe direcții specifice.

Directiva INSPIRE a fost adoptată de către Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene în 14 martie 2007 și a fost transpusă în legislația națională prin Ordonanța Guvernului nr. 4/2010 privind instituirea Infrastructurii naționale pentru informații spațiale (INIS) în România și elaborarea cadrului legal de funcționare al Consiliului INIS, structura de coordonare a acestui proces. În iulie 2015 s-a publicat Hotărârea de Guvern nr. 579 privind ”Stabilirea responsabilităților specifice ale autorităților publice, precum și a structurilor tehnice pentru realizarea temelor de date spațiale și aprobarea măsurilor necesare pentru punerea în comun a acestora”, HG care stabilește și rolul Administrației Naționale de Meteorologie în implementarea directivei INSPIRE la temele:

- I.1. Sisteme de coordonate de referință (autoritate publică participantă);
- III.7. Instalații de supraveghere a mediului (autoritate publică participantă);
- III.13. Condiții atmosferice (autoritate publică responsabilă);
- III.14. Caracteristici geografice meteorologice (autoritate publică responsabilă);
- III.20. Resurse energetice (autoritate publică participantă).

Meteo Romania a finalizat implementarea tehnică a prevederilor directivei în aprilie 2020. Infrastructura Meteo România expune date prin trei tipuri de servicii facilitate de rețea conforme cu specificațiile directivei INSPIRE:

- *Serviciul de căutare*_- face posibilă căutarea seturilor de date spațiale și a serviciilor pe baza conținutului metadatelor corespunzătoare și afișarea conținutului metadatelor;
- *Serviciul de vizualizare*_- face posibilă afișarea, navigarea, mărirea/micșorarea, deplasarea, sau acoperirea seturilor de date care pot fi vizualizate precum și afișarea legendei și orice conținut de metadata relevant;

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 93
		Exemplar nr. 1

- *Serviciul de descărcare* - permit copierea seturilor de date spațiale, sau părți din ele, în vederea descărcării, și , acolo unde este posibil, accesării directe.

Datele accesibile prin serviciile INSPIRE

Datele de la următoarele surse, relevante pentru evaluarea și monitorizarea evoluției episoadelor de poluare atmosferică în mediul urban, sunt expuse prin intermediul serviciilor facilitate de rețea INSPIRE:

- Rețeaua de stații meteorologice
- Stația aerologică București – Afumați
- Modelele de prognoză numerică (ERF)

Serviciul de căutare

Serviciul de căutare permite identificarea seturilor și serviciilor de date spațiale ale Meteo România pe baza conținutului metadatelor corespunzătoare și afișarea conținutului metadatelor. Serviciul a fost implementat conform standardului OGC 07-006r1, cunoscut și ca OGC CSW (Catalogue Service for Web).

Serviciul de căutare implementează următoarele metode standardizate de interacțiune:

- *GetCapabilities*: interogarea serviciului pentru a obține o listă a tipului de informații pe care le poate livra;
- *DescribeRecord*: obținerea de informații despre seturile de date expuse de serviciu;
- *GetRecords*: căutarea unui set de date folosind criteriile temporale, spațiale și/sau atribut.
- *GetRecordById*: accesarea metadatelor unui set de date pe baza identificatorului unic.

Dezvoltarea serviciului a fost făcută utilizând aplicația open source GeoNetwork⁴. Arhitectura acestuia este prezentată în Figura 105.

⁴ <http://geonetwork-opensource.org>

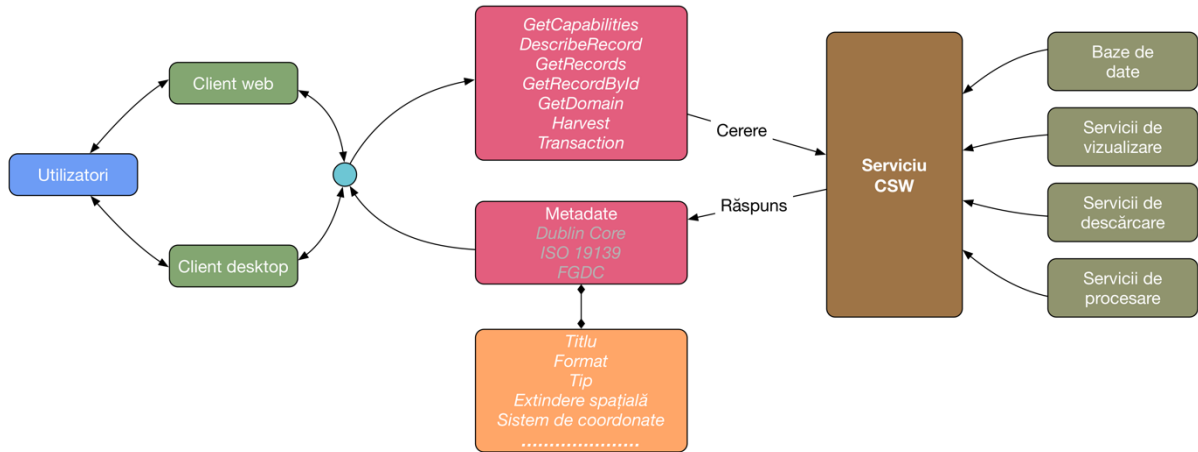


Figura 105 - Arhitectura serviciului de căutare

Serviciul poate fi accesat la adresele:

- <https://inspire.meteoromania.ro/geonetwork/srv/eng/csw?service=CSW&version=2.0.2&request=GetCapabilities> (operațiunea GetCapabilities);
- <https://inspire.meteoromania.ro/geonetwork> (interfața grafică a serviciului -Figura 99).

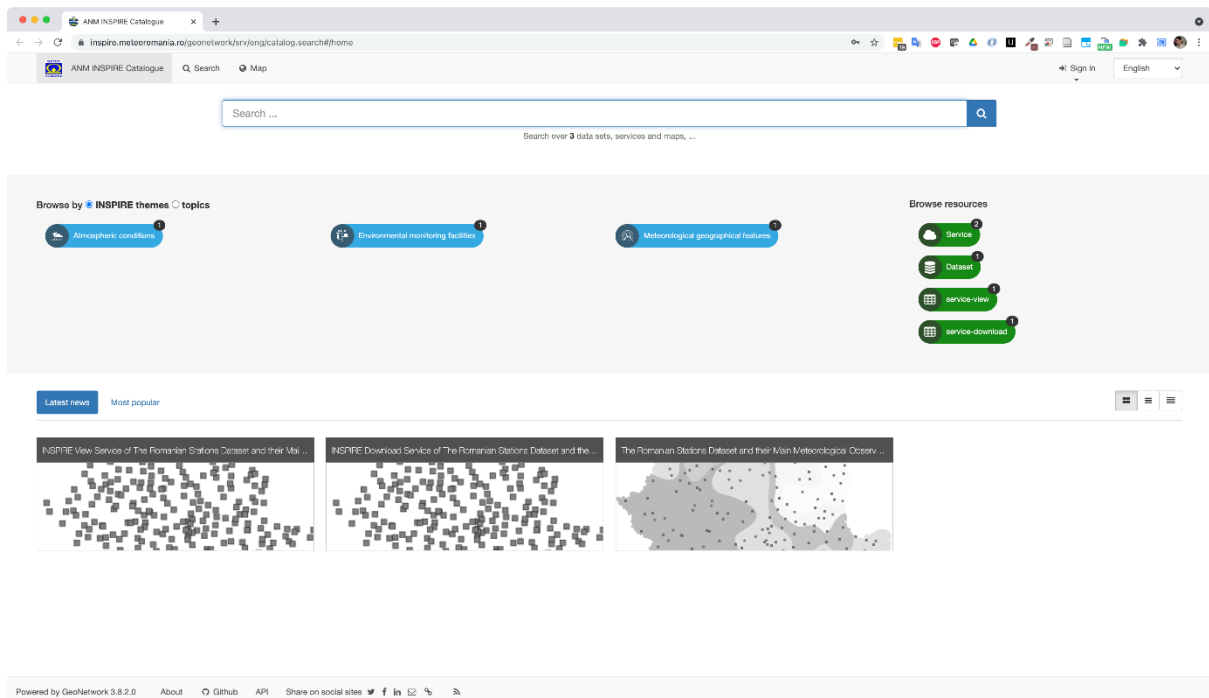



Figura 106 - Interfața grafică a serviciului de căutare INSPIRE Meteo România

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 95
		Exemplar nr. 1

Serviciul de vizualizare

Permite afișarea, navigarea, mărirea/micșorarea, rotirea panoramică, suprapunerea vizuală a seturilor de date spațiale, precum și afișarea informațiilor explicative și a oricărui conținut pertinent al metadatelor. Serviciul a fost implementat conform standardului ISO 19128 (Geographic information - Web map server interface), cunoscut și sub numele de WMS (Web Map Service).

Serviciul de vizualizare Meteo România implementează următoarele operațiuni:

- *GetCapabilities* - permite interogarea serviciului pentru a obține o listă a tipului de informații pe care îl poate livra;
- *GetMap* – permite solicitarea și transferarea unei hărți/set de date;
- *GetFeatureInfo* – permite obținerea atributelor asociate unei hărți/entități.

Mecanismul de simbolizare a datelor este bazat pe standardul SLD (Styled Layer Descriptor). SLD permite crearea unui fișier de tip XML care, pentru fiecare tip de element geospațial din baza de date, cuprinde regulile de simbolizare (formă, culoare, textură, dimensiune etc.).

Dezvoltarea serviciului a fost făcută utilizând aplicația open-source GeoServer⁵. Arhitectura acestuia este prezentată în Figura 107.

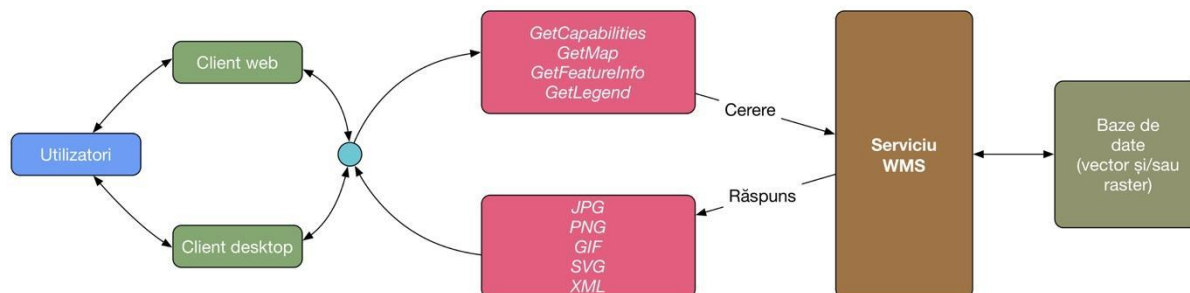


Figura 107 - Arhitectura serviciului de vizualizare INSPIRE Meteo România

Serviciul poate fi accesat la adresele:

- <https://geoportal.meteoromania.ro/GIS/wms> (serviciul standard WMS 1.3.0)
- <https://geoportal.meteoromania.ro/GIS/gwc/service/wmts> (serviciul standard WMTS 1.0.0)
- <https://geoportal.meteoromania.ro/mapstore/#/viewer/openlayers/10> (clientul cartografic web al INSPIRE Meteo România – Figura 101 & Figura 102)

⁵ <http://mapserver.org>

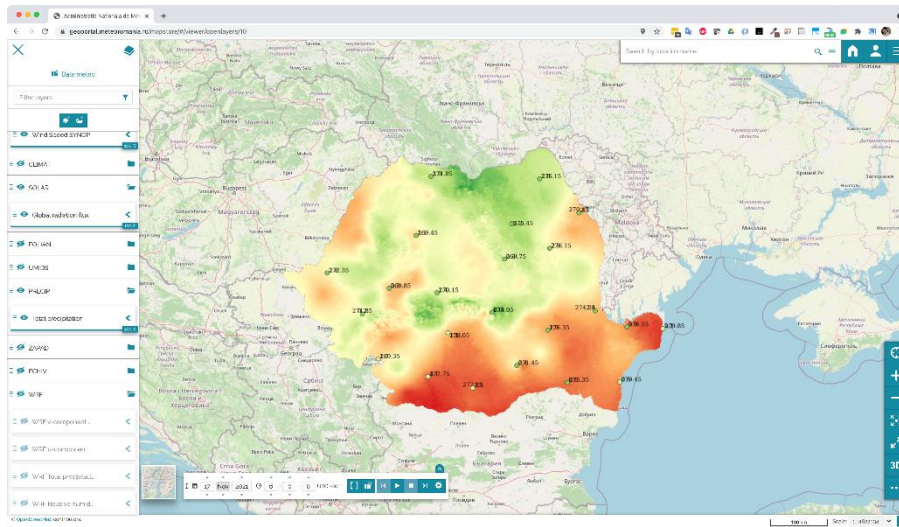


Figura 108 - Interfața clientului cartografic web INSPIRE Meteo România - 1

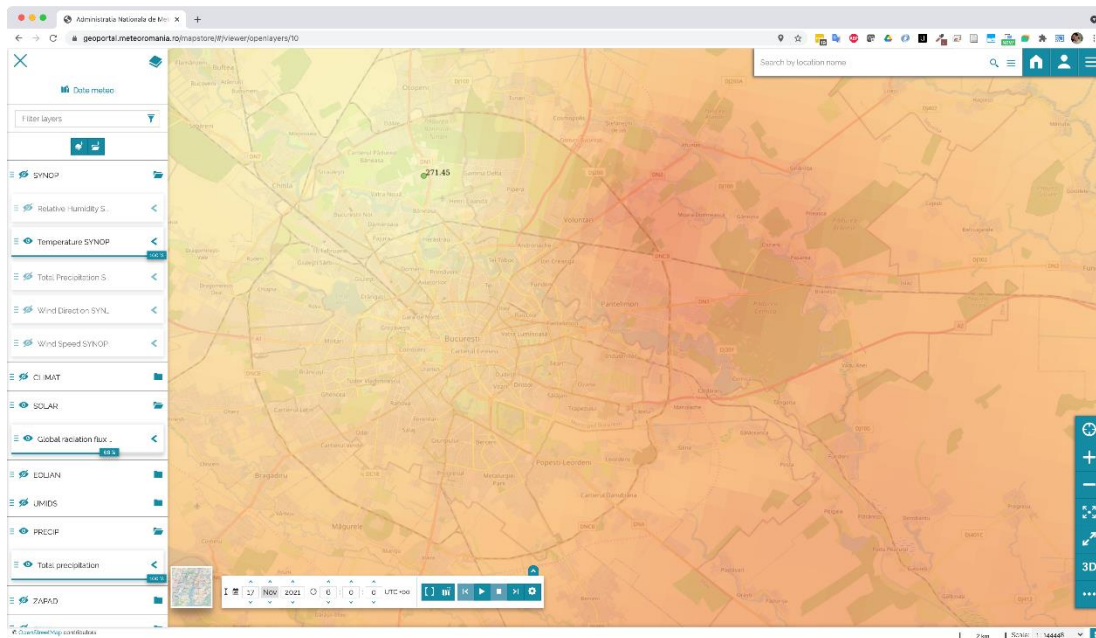



Figura 109 - Interfața clientului cartografic web INSPIRE Meteo România - 2

Serviciul de descărcare

Permite descărcarea de copii ale seturilor de date spațiale sau ale unor părți ale acestora, precum și accesarea directă a acestora. Serviciul a fost implementat conform standardelor ISO 19142 (Geographic information - Web Feature Service), cunoscut și ca OGC WFS (Web Feature Service), pentru datele de tip vector și OGC 07-067, cunoscut și ca OGC WCS (Web Coverage Service) pentru cele de tip raster.

Pentru datele vectoriale serviciul implementează următoarele operațiuni:

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aerodurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 97
		Exemplar nr. 1

- *GetCapabilities* - permite obținerea informațiilor despre operațiunile pe care serviciul le poate executa, tipurile de date și metadatele asociate;
- *DescribeFeatureType* - permite furnizarea de informații despre structura fiecărui tip de date, sub formă de schemă XML;
- *getFeature* - permite transferarea unui element al unui set de date specificat după criteriile spațiale sau non-spațiale (atribute);
- *LockFeature* - permite blocarea unuia sau mai multor elemente dintr-un set de date spațiale (de exemplu, în vederea editării spațiale);
- *Spatial Operators and Filters* - permite aplicarea unor operatori spațiali sau filtre pentru ușurarea accesului la date sau analiza datelor;
- *Transaction* - permite formularea de tranzacții în cadrul cărora datele pot fi modificate prin operațiuni de creare, actualizare sau ștergere.

Pentru datele raster serviciul implementează următoarele operațiuni:

- *GetCapabilities* - permite obținerea informațiilor despre operațiunile pe care serviciul le poate executa, tipurile de date și metadatele asociate;
- *DescribeCoverage* - permite furnizarea de informații despre structura fiecărui tip de date, sub formă de schemă XML;
- *GetCoverage* - permite transferarea unui grid de date sau a unui subset din acesta.

Dezvoltarea serviciului a fost făcută utilizând aplicația open source GeoServer. Arhitectura serviciului de descărcare a datelor vectoriale este prezentată în Figura 110. Arhitectura serviciului de descărcare a datelor coverage/raster este prezentată în .

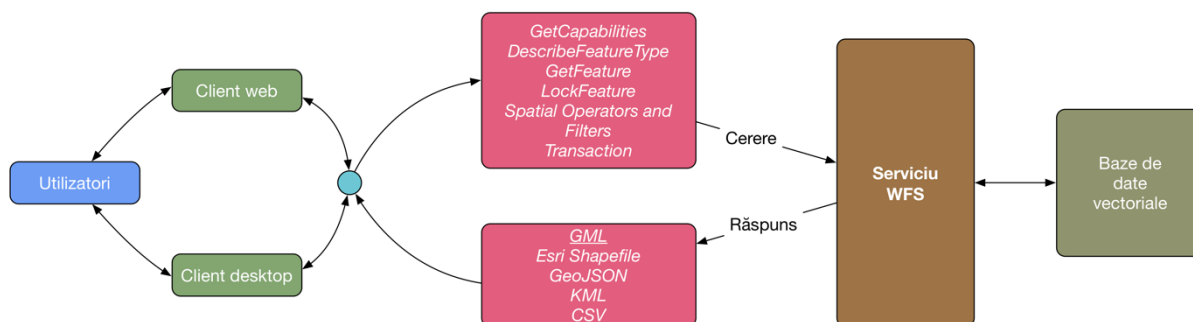



Figura 110 - Arhitectura serviciului de descărcare a datelor vectoriale INSPIRE Meteo România

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 98
		Exemplar nr. 1

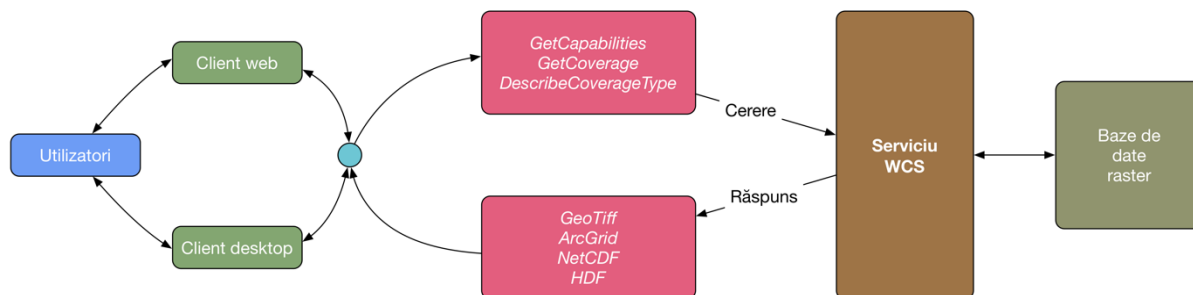


Figura 111 - Arhitectura serviciului de descărcare a datelor coverage/raster INSPIRE Meteo România

Serviciul poate fi accesat la adresele:

- <https://inspire.meteoromania.ro/WIGOS/WFS?service=WFS&version=2.0.0&request=GetCapabilities> (serviciul de descărcare a datelor vectoriale)
- <https://inspire.meteoromania.ro/WIGOS-WFS/web> (interfața web a serviciului de descărcare a datelor vectoriale)
- <https://geoportal.meteoromania.ro/GIS/ows?service=WCS&version=2.0.1&request=GetCapabilities> (serviciul de descărcare a datelor coverage/raster)
- <https://geoportal.meteoromania.ro/GIS> (interfața web a serviciului de descărcare a datelor coverage/raster)

Integrarea datelor provenite de la radarele Dopler

Datele recepționate de radarele meteorologice nu sunt publicate prin intermediul serviciilor facilitate de rețea INSPIRE (nu cad sub incidența directivei). Acestea pot fi accesate prin intermediul unui serviciu web separat, accesibil la adresa <https://www.meteoromania.ro/radarm/radar.index.php> (Figura 112).

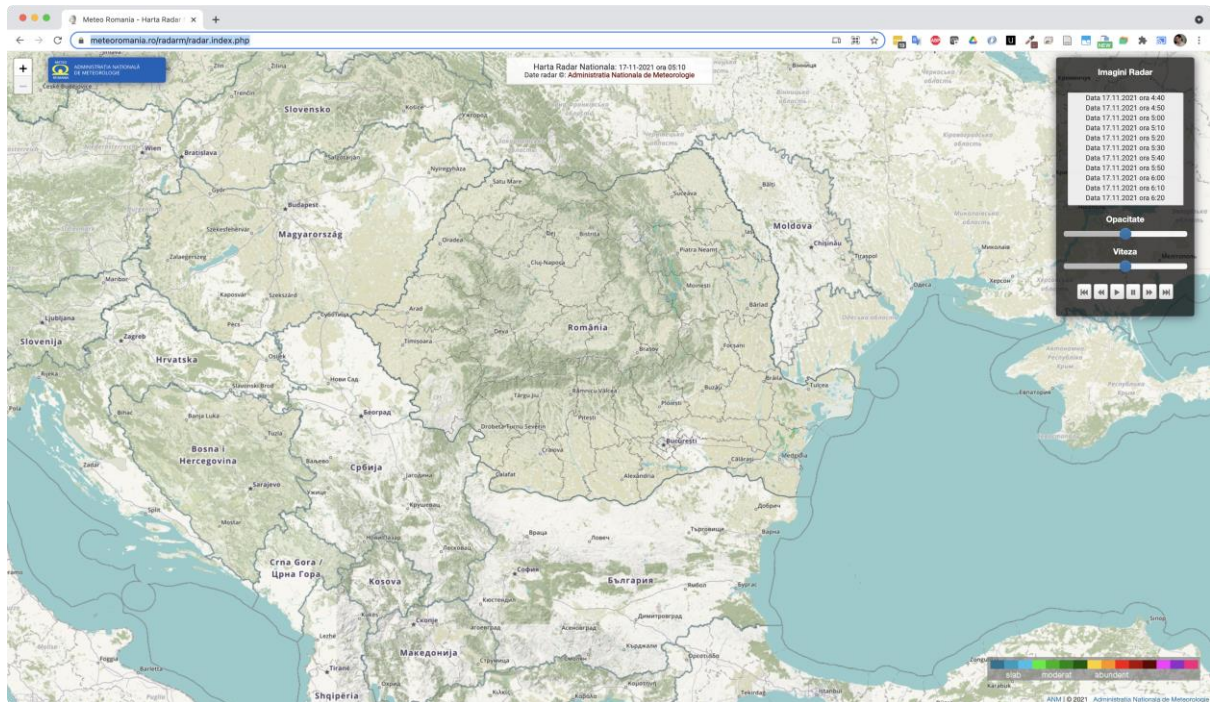


Figura 112 - Interfața web a serviciului Harta Radar Națională

Integrarea informațiilor din informări/comunicate/avertizări

- *Raportul de dimineață* - se transmite prin e-mail la MMAP pe GRUP RAPORT ORA 08+15;
- *Raportul de prânz* - se transmite prin e-mail la MMAP pe GRUP PROGNOZĂ METEO și se atașează și la Raportul de la ora 15 care se transmite prin e-mail la GRUP RAPORT ORA 08+15;
- *Harta de precipitații* - se transmite prin e-mail la MMAP pe GRUP PROGNOZĂ METEO;
- *Comunicatele meteorologice* - se transmit prin e-mail la MMAP pe GRUP POLUARE AER;
- *Avvertizările meteorologice generale* - se transmit prin e-mail MMAP pe GRUP AVERTIZĂRI;

Avvertizările meteorologice pentru fenomene periculoase imediate – nowcasting - se transmit prin e-mail MMAP pe GRUP AVERTIZĂRI.

Concluzii și propuneri

În cadrul acestui raport a fost vizată colectarea datelor înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer prin efectuarea de misiuni operaționale care să permită realizarea unei baze de date reprezentative, testarea și prelucrarea datelor (într-un format utilizabil în funcție de diferite scopuri) înregistrate de senzorii aeropurtați în situații de poluări accidentale produse în aer în vederea distribuirii lor operativ în cadrul aplicației software din cadrul proiectului și colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare al datelor privind condițiile meteorologice din arealele urbane în vederea evaluării potențialului de risc a unei situații de poluare accidentală în aer pentru identificarea zonelor ce pot fi afectate în urma persistenței și evoluției situației de poluare accidentală în aer.


Pentru crearea unei imagini de ansamblu asupra modalităților de realizare a zborurilor de cercetare în funcție de obiectivul misiunii de zbor, au fost exemplificate o serie de strategii de survol pentru măsurarea și cuantificarea concentrațiilor de compuși chimici poluanți. De asemenea, a fost detaliată și infrastructura de cercetare de care dispune Institutul Național de Cercetări Aerospațiale “Elie Carafoli” – INCAS București, pentru a se crea o imagine de ansamblu a capacităților și a rezultatelor ce pot fi obținute la momentul actual în INCAS. În plus, au fost descrise generalitățile cu privire la misiunile topografice: atât tipurile de operațiuni ce pot fi realizate, cât și tipurile de modele de supraveghere.

În ceea ce privește testarea și prelucrarea datelor, a fost analizată o serie de studii de caz realizate de către INCAS, atât în cadrul proiectelor anterioare, cât și în perioada de realizare a prezentului raport. În cazul misiunilor de determinare a calității aerului, au fost exemplificate rezultate obținute în urma realizării unor zboruri de cercetare pentru detecția metanului, ce pot servi drept pas incipient în determinarea parametrilor de intrare ai modelului conceptual.

În plus, a fost exemplificată o situație de intervenție în care aeronava de cercetare Beechcraft King Air C90 GTx a realizat zboruri de cercetare în perioada în care norul de cenușă vulcanică provenit din zona La Palma a traversat România. Mai mult, după cum s-a observat în rezultatele prezentate, pot fi sondate mai multe zone într-un singur zbor. Este un avantaj foarte mare comparativ cu stațiile fixe care necesită câteva zile pentru a fi relocalate. În plus, operatorii primesc rezultate în timpul zborului de la instrumentele de măsurare, ceea ce le oferă posibilitatea de a modifica strategia de zbor în timpul misiunii. Utilizând platforme aeropurtate se poate obține o imagine a variației structurii atmosferei, prin zboruri la diferite paliere de altitudine (maxim 9 km) și sondaje verticale. Pe parcursul pregătirii strategiilor de zbor a fost menținut permanent contactul cu Administrația Națională de Meteorologie, pentru a se putea asigura sinergia cu datele meteorologice, satelitare și de la sol provenite de la Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului RNMCA.

Studiile de caz din misiunile topografice au vizat analiza topografică și geodezică a depozitelor de deșeuri minore. Unul dintre obiectivele introducerii acestui studiu de caz a fost exemplificarea capacităților și rezultatelor ce pot fi obținute din realizarea unei astfel de misiuni de supraveghere, fiind posibilă extinderea acesteia către alte situații de urgență.

Colectarea și integrarea în sistemul de monitorizare a datelor privind condițiilor meteorologice a fost realizată prin descrierea sistemului complex de colectare, transmisie, stocare și prelucrare a datelor meteorologice de care dispune Administrația Națională de Meteorologie, fiind descrise sursele pentru tipurile de date relevante și integrarea datelor disponibile prin serviciile facilitate de rețeaua INSPIRE. Astfel, au fost prezentate arhitecturile serviciilor de căutare, vizualizare și descărcare. De asemenea, s-a identificat necesitatea realizării unei proceduri legislative pentru facilitarea transmiterii comunicatelor meteorologice în diverse situații de urgență.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 101
		Exemplar nr. 1

Bibliografie

Brandt, A. R., Heath, G. A., and Cooley, D.: Methane leaks from natural gas systems follow extreme distributions, *Environ. Sci. Technol.*, 50, 12512 – 12520, 2016.

Cambaliza, M.O.L., Shepson, P.B., Bogner, J., Caulton, D.R., Stirm, B., Sweeney, C., Montzka, S.A., Gurney, K.R., Spokas, K., Salmon, O.E., Lavoie, T.N., Hendricks, A., Mays, K., Turnbull, J., Miller, B.R., Lauvaux, T., Davis, K., Karion, A., Moser, B., Miller, C., Obermeyer, C., Whetstone, J., Prasad, K., Miles, N. and Richardson, S.: Quantification and source apportionment of the methane emission flux from the city of Indianapolis, *Elem Sci Anth*, 3, p.000037, 2015.

Caulton, D. R., Shepson, P. B., Santoro, R. L., Sparks, J. P., Howarth, R. W., Ingraffea, A. R., Cambaliza, M. O. L., Sweeney, C., Karion, A., Davis, K. J., Stirm, B. H., Montzka, S. A., and Miller, B. R.: Toward a better understanding and quantification of methane emissions from shale gas development, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2014.

Conley, S. A., Faloona, I. C., Lenschow, D. H., Karion, A., and Sweeney, C.: A low-cost system for measuring horizontal winds from single-engine aircraft, *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 31, 1312 – 1320, 2014.

Conley, S., Franco, G., Faloona, I., Blake, D. R., Peischl, J., Ryerson, T. B.: Methane emissions from the 2015 Aliso Canyon blowout in Los Angeles, CA, *Science*, 351, 1317 – 1320, 2016.

Conley, S., Faloona, I., Mehrotra, S., Suard, M., Lenschow, D. H., Sweeney, C., Herndon, S., Schwietzke, S., Pétron, G., Pifer, J., Kort, E. A., and Schnell, R.: Application of Gauss's theorem to quantify localized surface emissions from airborne measurements of wind and trace gases, *Atmos. Meas. Tech.*, 10, 3345 – 3358, 2017.

Johnson, M. R., Tyner, D. R., Conley, S., Schwietzke, S., and Zavala-Araiza, D.: Comparisons of airborne measurements and inventory estimates of methane emissions in the Alberta upstream oil and gas sector, *Environ. Sci. Technol.*, 51, 13008 – 13017, 2017. Karion, A., Sweeney, C., Pétron, G., Frost, G., Hardesty, R. M., Kofler, J., Miller, B. R., Newberger, T., Wolter, S., Banta, R., Brewer, A., Dlugokencky, E., Lang, P., Montzka, S. A., Schnell, R., Tans, P., Trainer, M., Zamora, R., and Conley, S.: Methane emissions estimate from airborne measurements over a western United States natural gas field, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 4393 – 4397, 2013.

Lyon, D. R., Zavala-Araiza, D., Alvarez, R. A., Harriss, R., Palacios, V., Lan, X., Talbot, R., Lavoie, T., Shepson, P., Yacovitch, T. I., Herndon, S. C., Marchese, A. J., Zimmerle, D., Robinson, A. L., and Hamburg, S. P.: Constructing a spatially resolved methane emission inventory for the Barnett Shale region, *Environ. Sci. Technol.*, 49 (13), 8147 – 8157, 2015.

Mays, K. L., Shepson, P. B., Stirm, B. H, Karion, A., Sweeney, C., and Gurney, K. R.: Aircraft-based measurements of the carbon footprint of Indianapolis, *Environ. Sci. Technol.*, 43, 7816 – 7823, 2009.

Morales, R.P., Ravelid, J., Brennan, K.P., Tuzson, B., Emmenegger, L., and Brunner, D.: Estimating local methane sources from drone-based laser spectrometer measurements by mass-balance method, EGU2020 online, 04-09 May 2020.


Peischl, J., Ryerson, T. B., Aikin, K. C., de Gouw, J. A., Gilman, J. B., Holloway, J. S., Lerner, B. M., Nadkarni, R., Neuman, J. A., Nowak, J. B., Trainer, M., Warneke, C., and Parrish, D. D.: Quantifying atmospheric methane emissions from the Haynesville, Fayetteville, and northeastern Marcellus shale gas production regions, *J. Geophys. Res.*, 120, 2119 – 2139, 2015.

Peischl, J., Karion, A., Sweeney, C., Kort, E. A., Smith, M. L., Brandt, A. R., Yeskoo, T., Aikin, K. C., Conley, S. A., Gvakharia, A., Trainer, M., Wolter, S., and Ryerson, T. B.: Quantifying atmospheric methane emissions from oil and gas production in the Bakken shale region of North Dakota, *J. Geophys. Res.*, 121, 6101 – 6111, 2016.

Pétron, G., Frost, G., Miller, B. R., Hirsch, A. I., Montzka, S. A., Karion, A., Trainer, M., Sweeney, C., Andrews, A. E., Miller, L., Kofler, J., Bar-Ilan, A., Dlugokencky, E. J., Patrick, L., Moore Jr., C. T., Ryerson, T. B., Siso, C., Kolodzey, W., Lang, P. M., Conway, T., Novelli, P., Masarie, K., Hall, B., Guenther, D., Kitzis, D., Miller, J., Welsh, D., Wolfe, D., Neff, W., and Tans, P.: Hydrocarbon emissions characterization in the Colorado Front Range: a pilot study, *J. Geophys. Res.*, 117, 2012.

Röckmann, T., and the ROMEO Team: ROMEO – Romanian Methane Emissions from Oil and Gas, EGU2020, online 04-09 May 2020.

Schwietzke, S., Harrison, M., Lauderdale, T., Branson, K., Conley, S., George, F. C., Jordon, D., Jersey, G. R., Zhang, C., Mairs, H. L., Pétron, G., and Schnell, R. C.: Aerially-guided leak detection and repair: a pilot field study for evaluating the potential of methane emission detection and cost-effectiveness, *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 69, 71 – 88, 2019.

	Raport privind dezvoltarea unui sistem integrat de monitorizare cu ajutorul senzorilor aeropurtați a poluărilor accidentale în aer și a condițiilor meteorologice în arealele urbane	COD: DT-A2_81/21
		Editia:1
		Revizia:2
		Pagina: 103
		Exemplar nr. 1

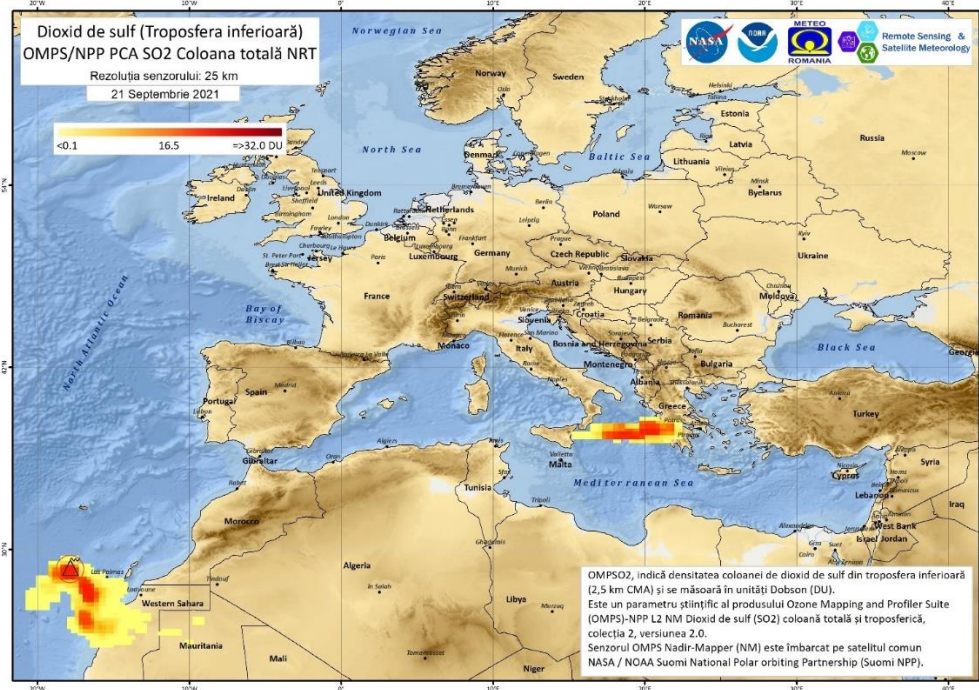
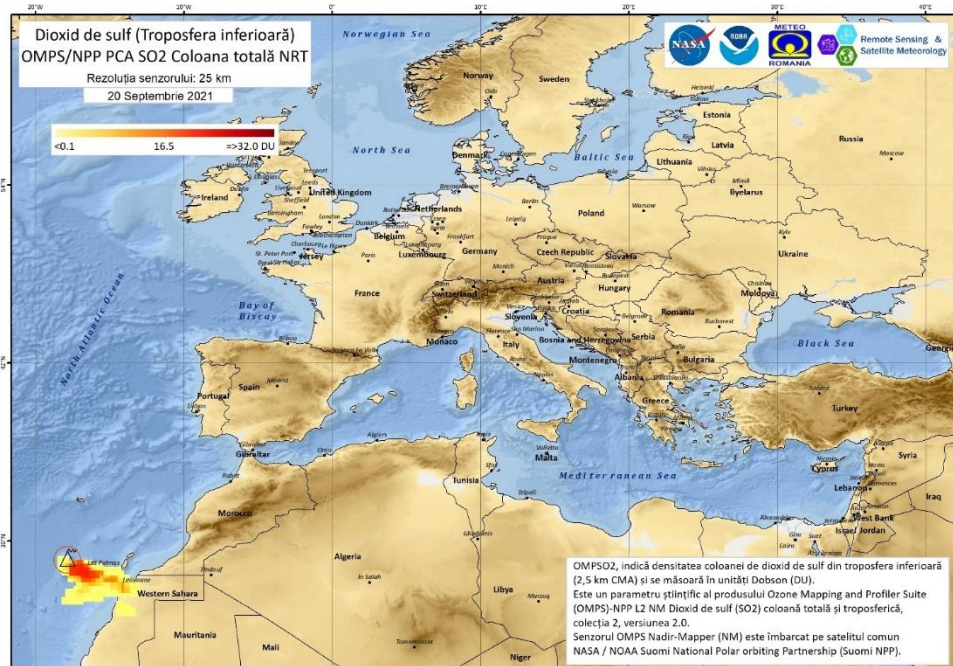
Smith, M. L., Kort, E. A., Karion, A., Sweeney, C., Herndon, S. C., and Yacovitch, T. I.: Airborne ethane observations in the Barnett Shale: quantification of ethane flux and attribution of methane emissions, *Environ. Sci. Technol.*, 49, 8158 – 8166, 2015.

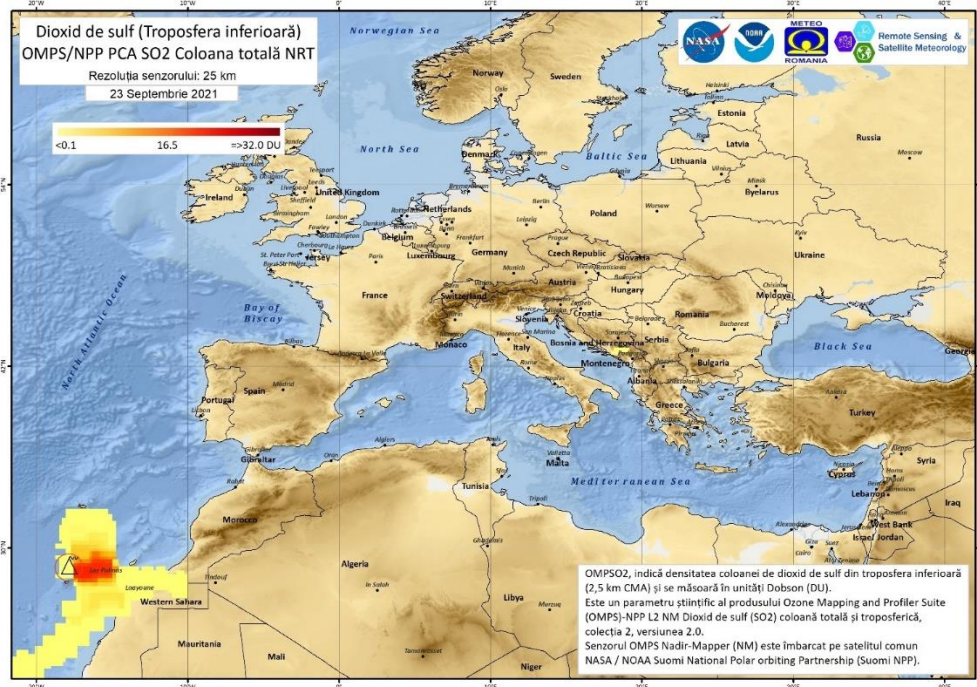
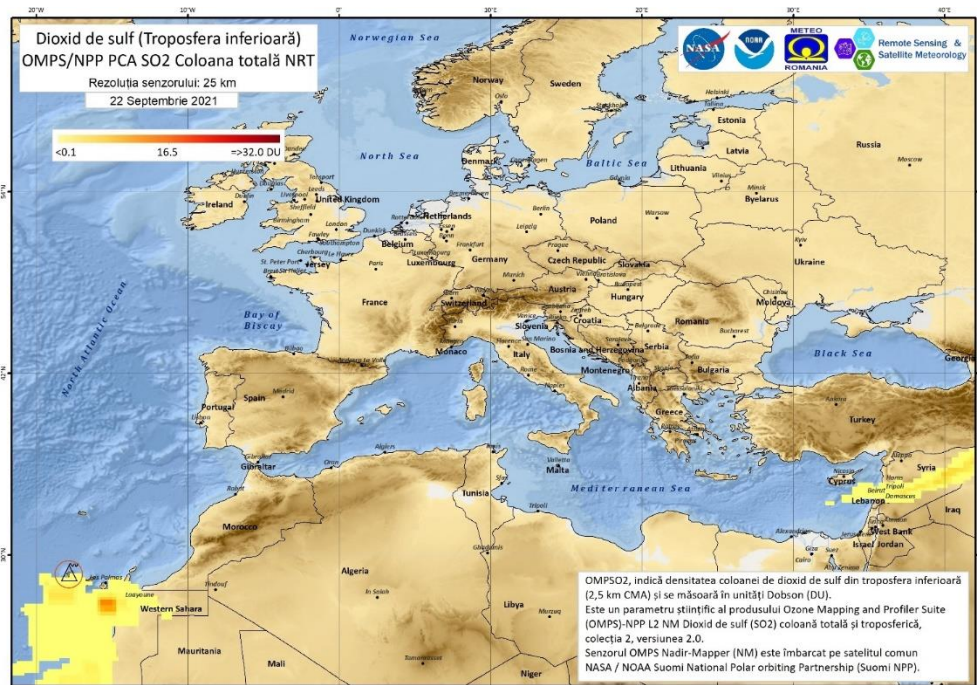
Smith, M. L., Gvakharia, A., Kort, E. A., Sweeney, C., Conley, S. A., Faloon, I., Newberger, T., Schnell, R., Schwietzke, S., and Wolter, S.: Airborne quantification of methane emissions over the Four Corners Region, *Environ. Sci. Technol.*, 51, 5832 – 5837, 2017.

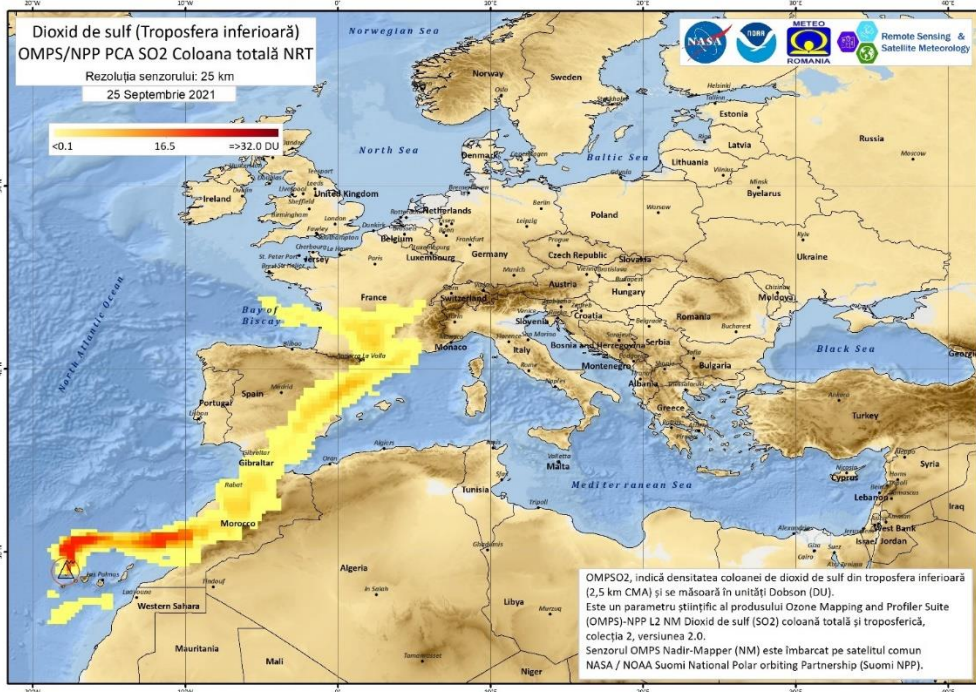
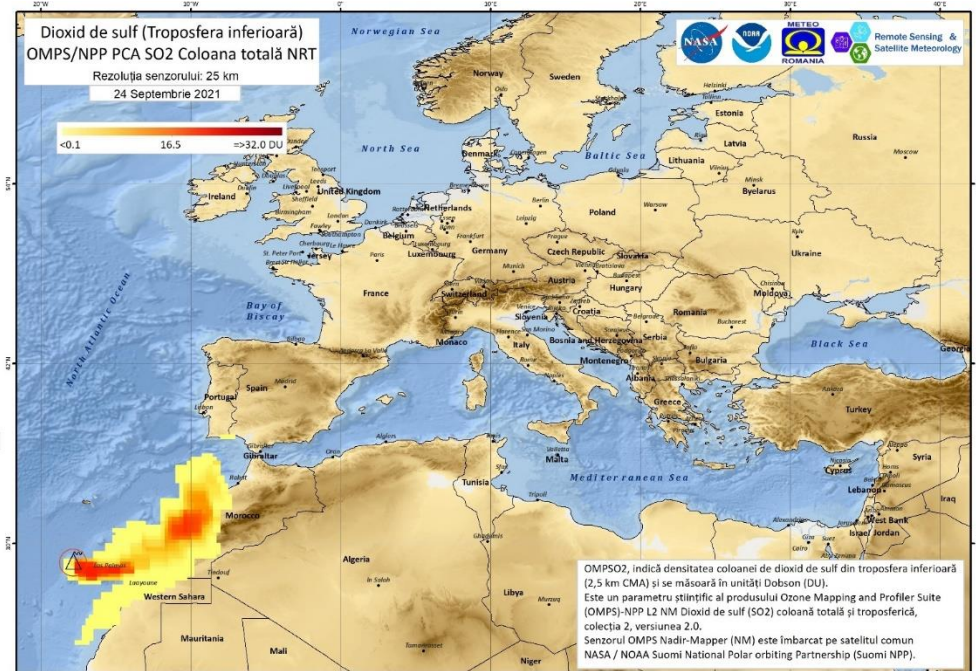
White, W.H., Anderson, J. A., Blumenthal, D. L., Husar, R. B., Gillani, N. V., Husar, J. D., Wilson Jr., W. E.: Formation and transport of secondary air pollutants: ozone and aerosols in the St. Louis urban plume, *Science*, 194, 187 – 189, 1976.

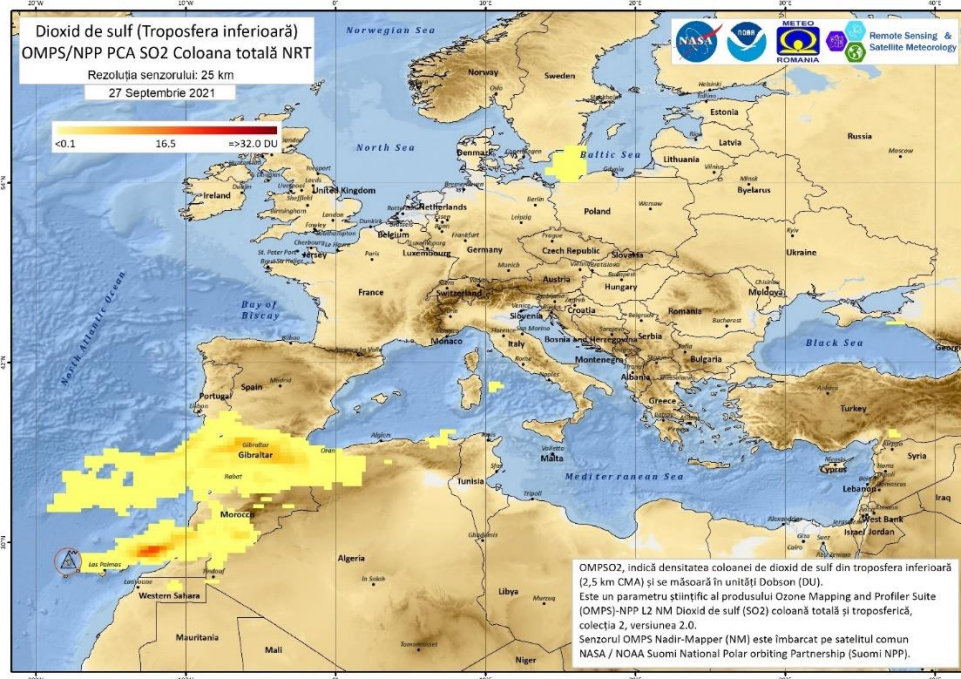
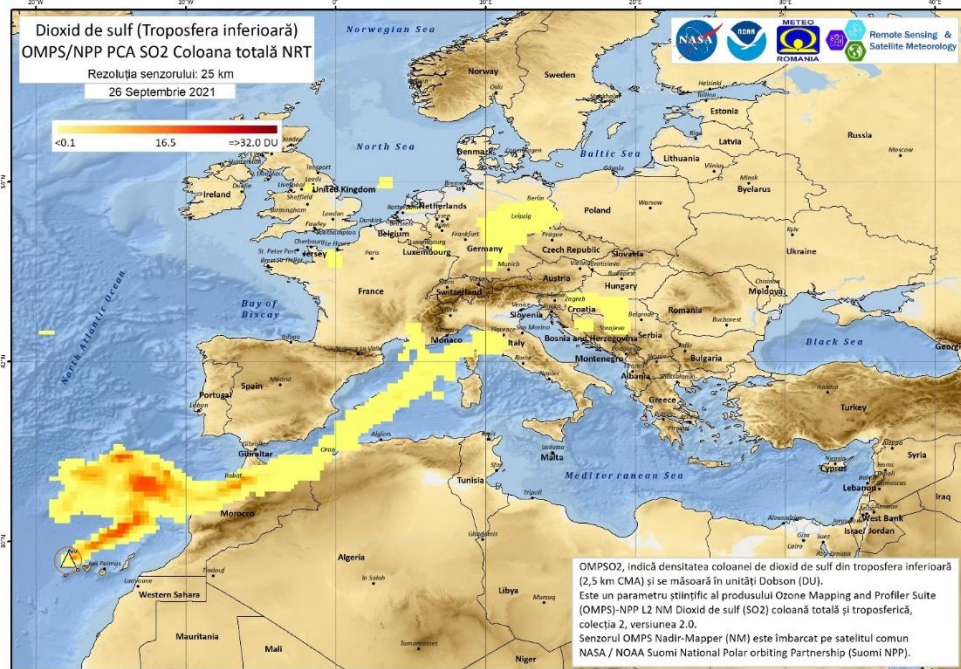
Zavala-Araiza, D., Lyon, D., Alvarez, R. A., Palacios, V., Harriss, R., Lan, X., Talbot, R., and Hamburg, S. P.: Toward a functional definition of methane super-emitters: application to natural gas production sites, *Environ. Sci. Technol.*, 49, 8167 – 8174, 2015

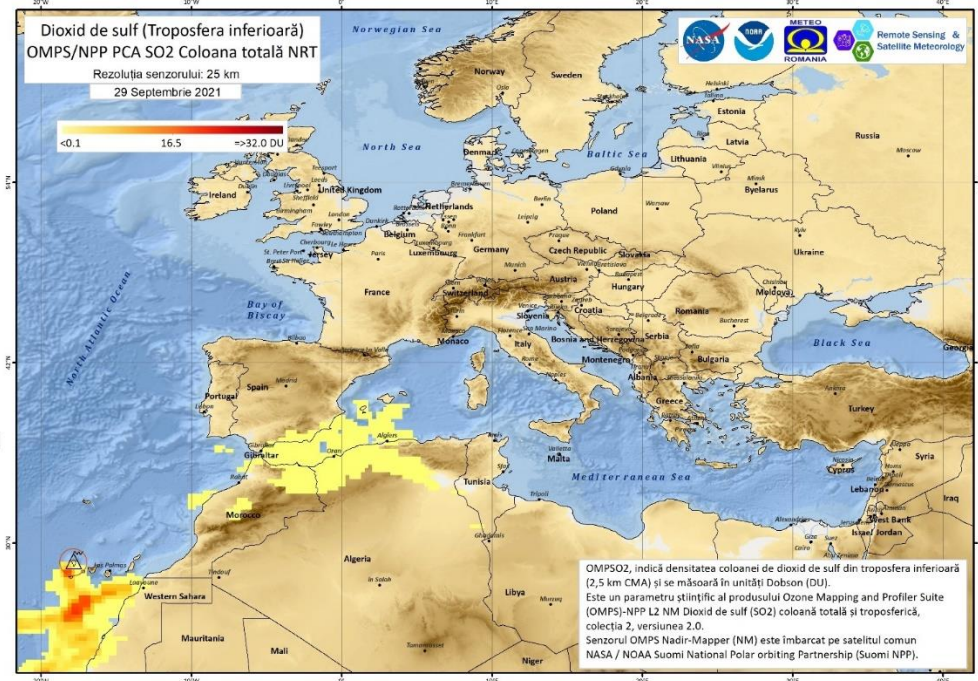
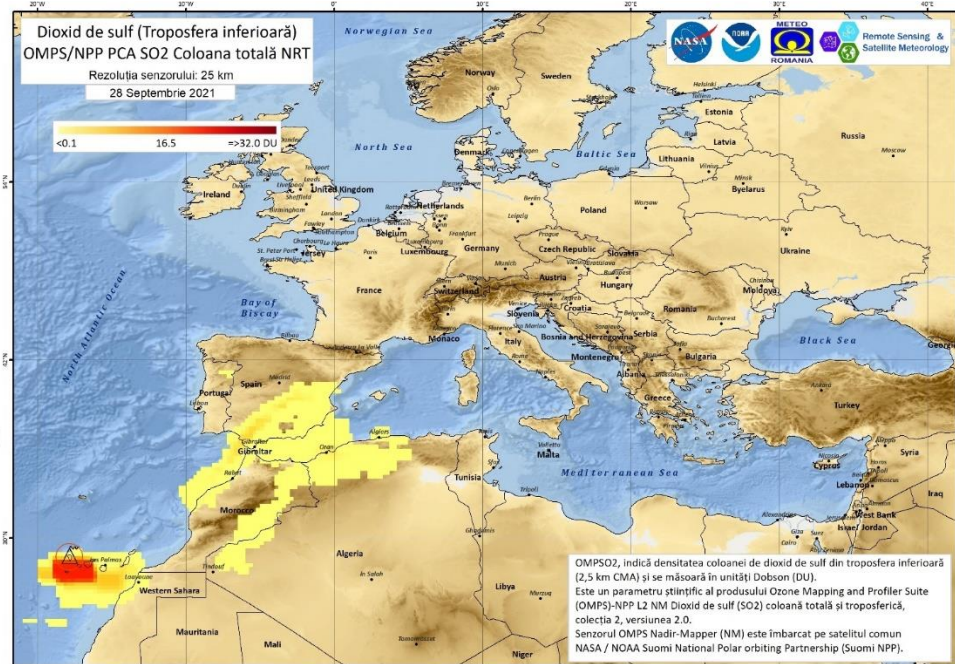
ANEXA I – Variația densității coloanei de dioxid de sulf din troposfera inferioară în perioada 20.09.2021 – 05.12.2021

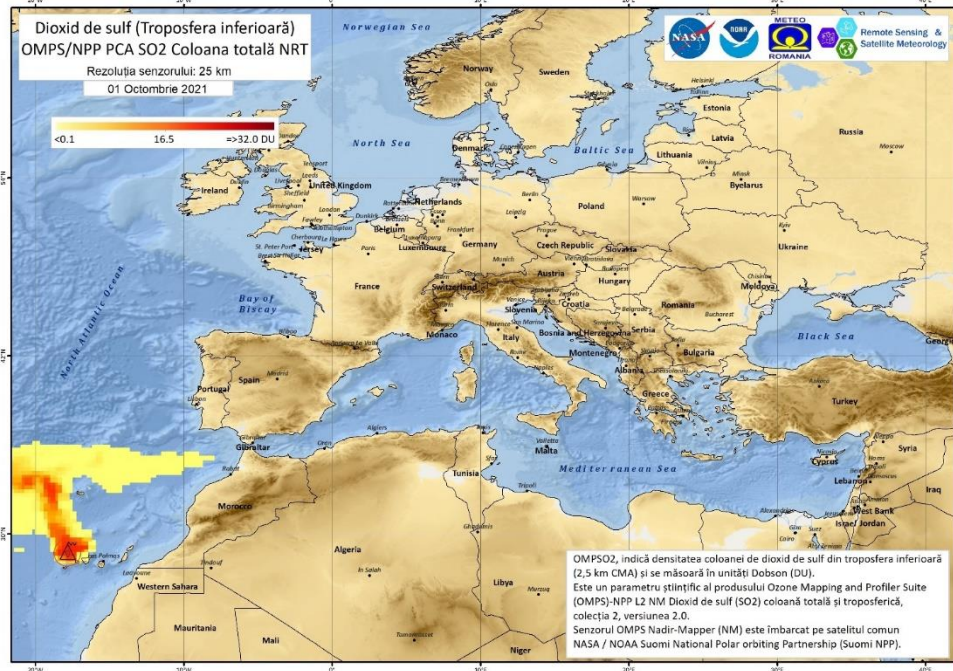
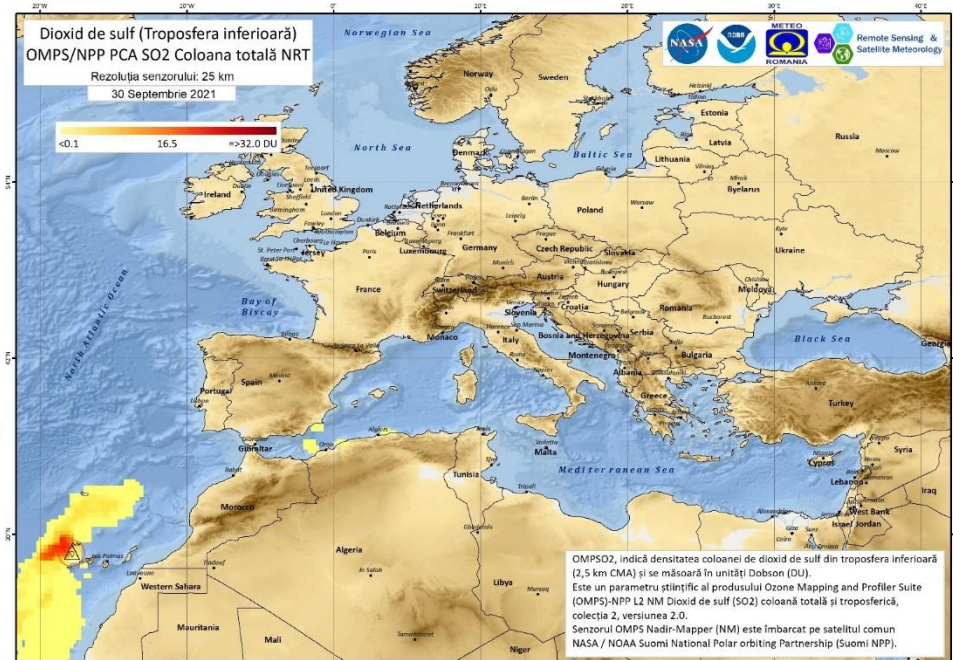


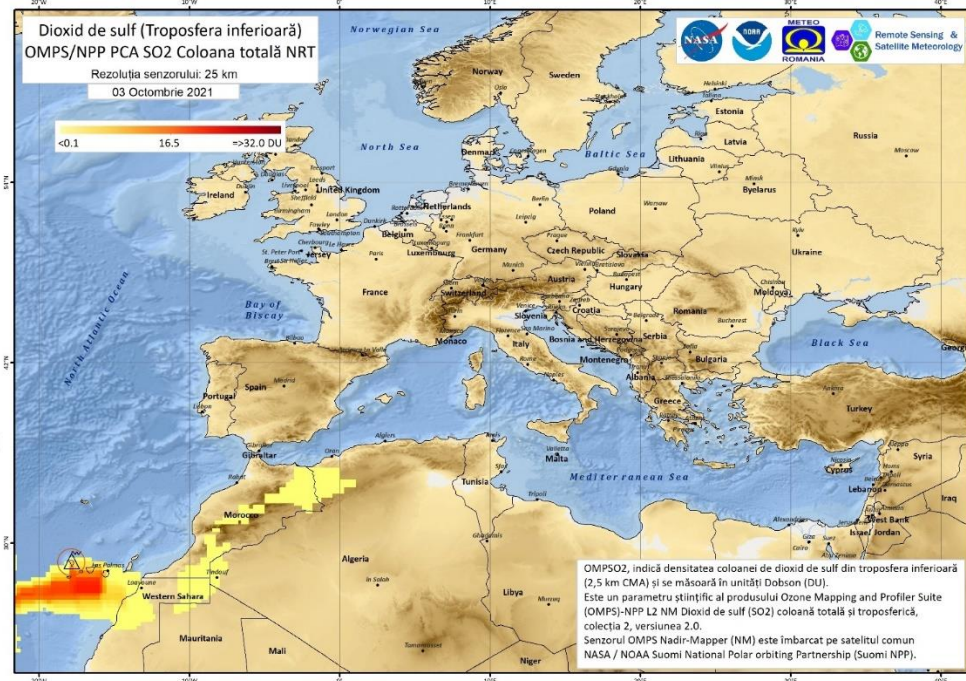
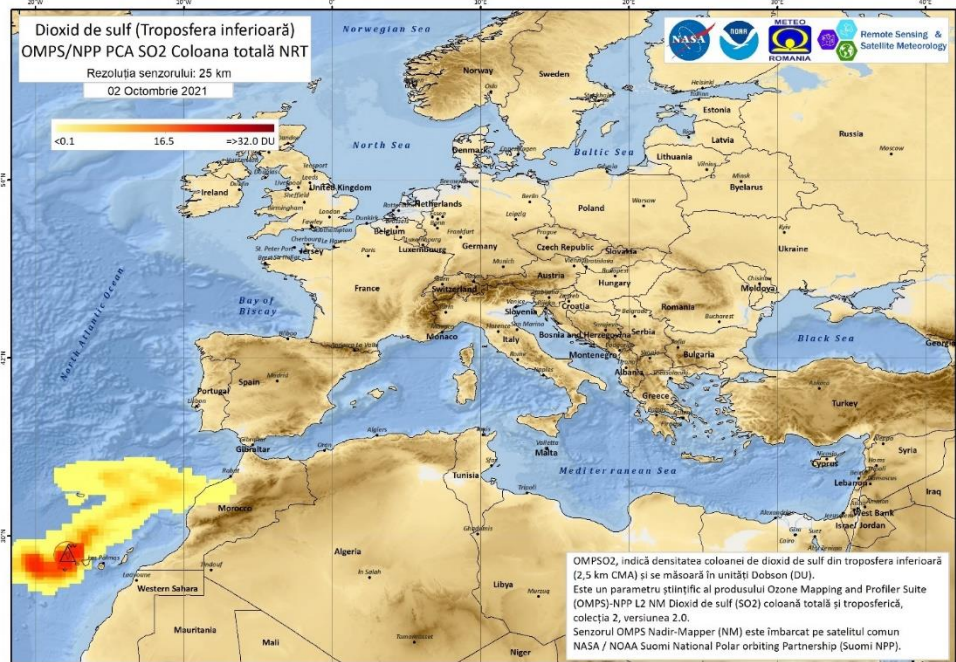


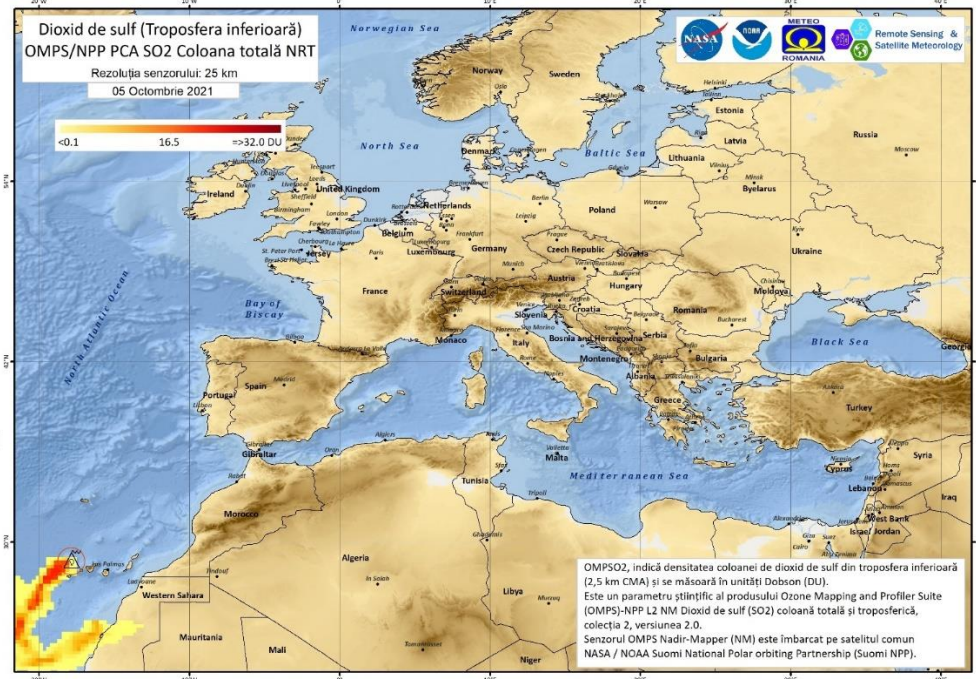
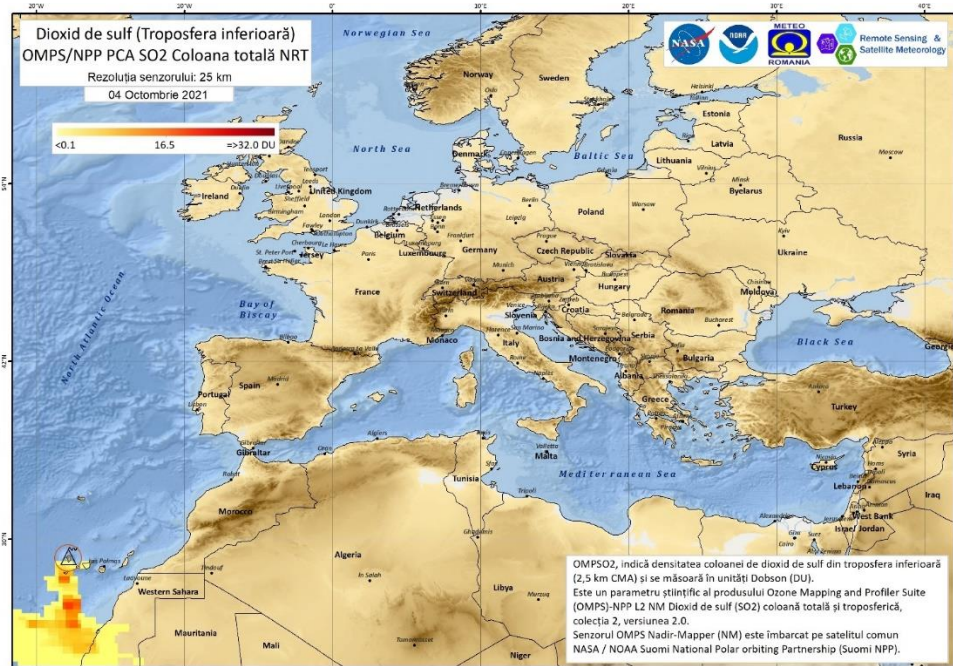


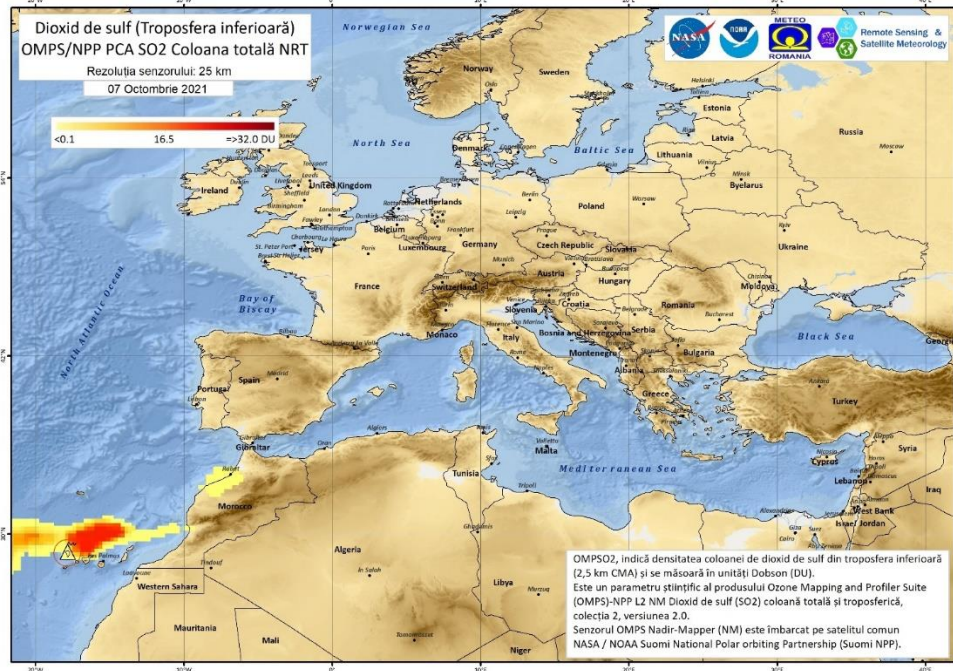
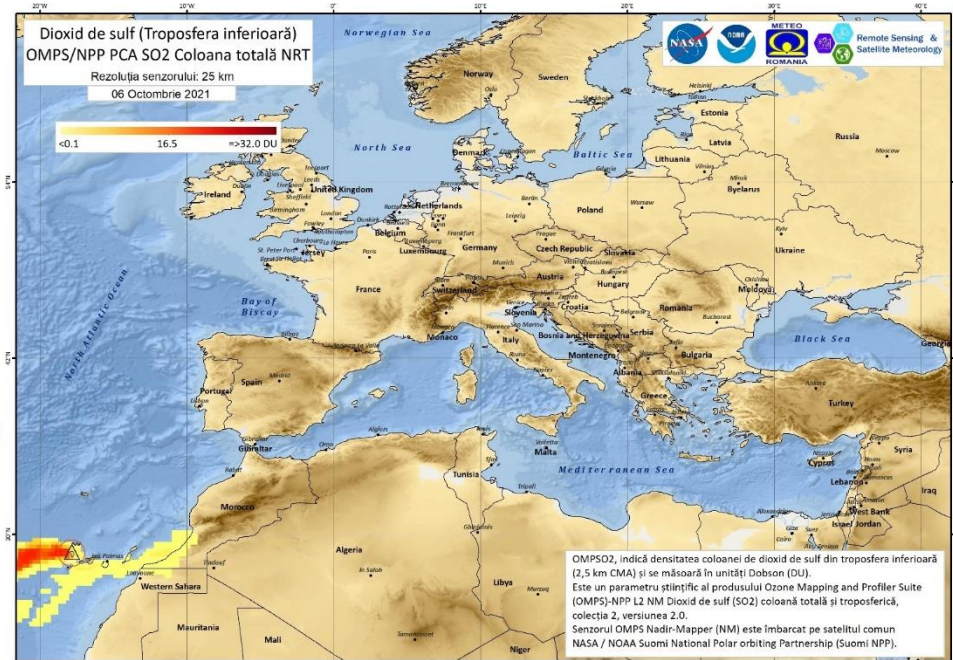


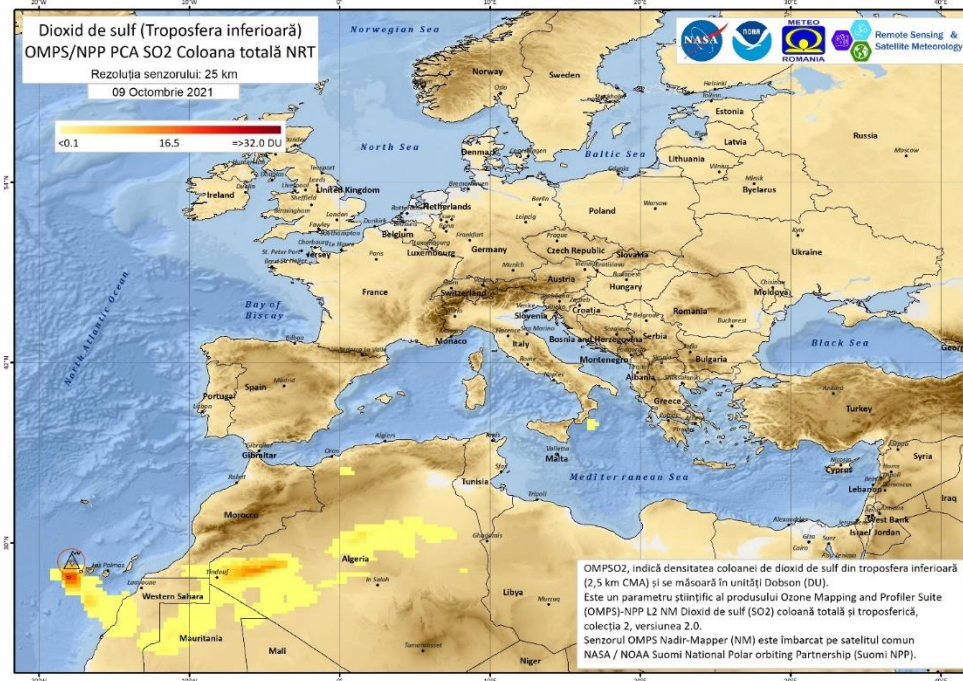
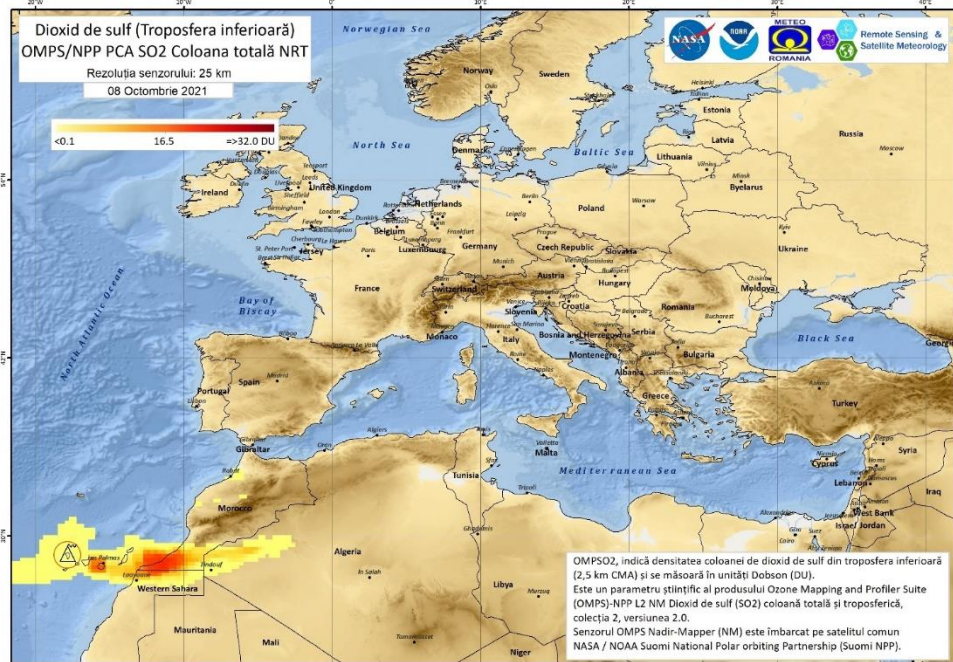


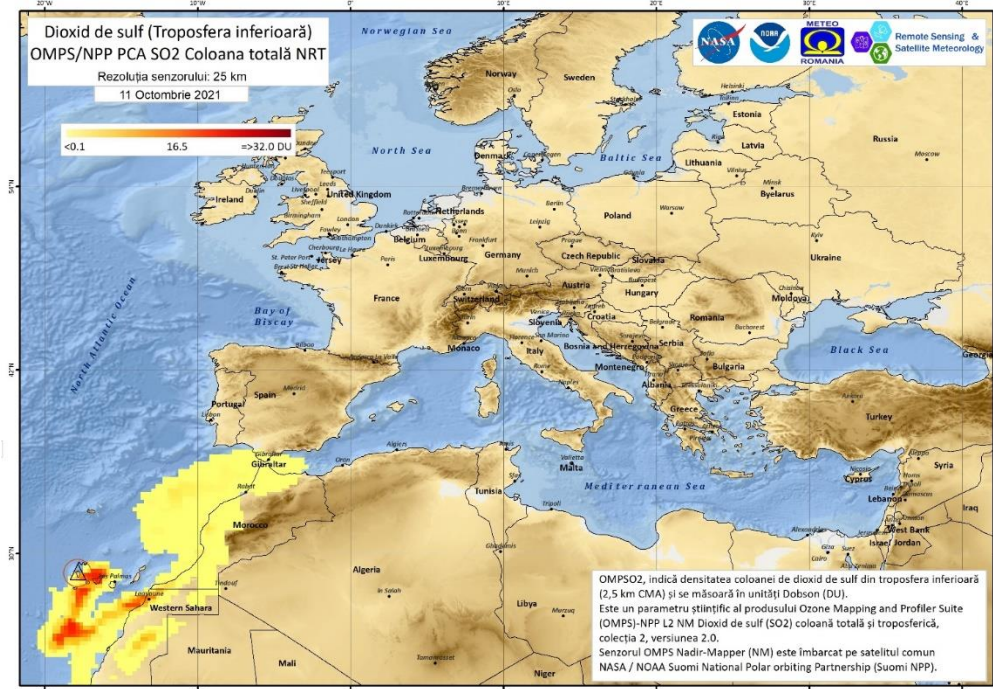
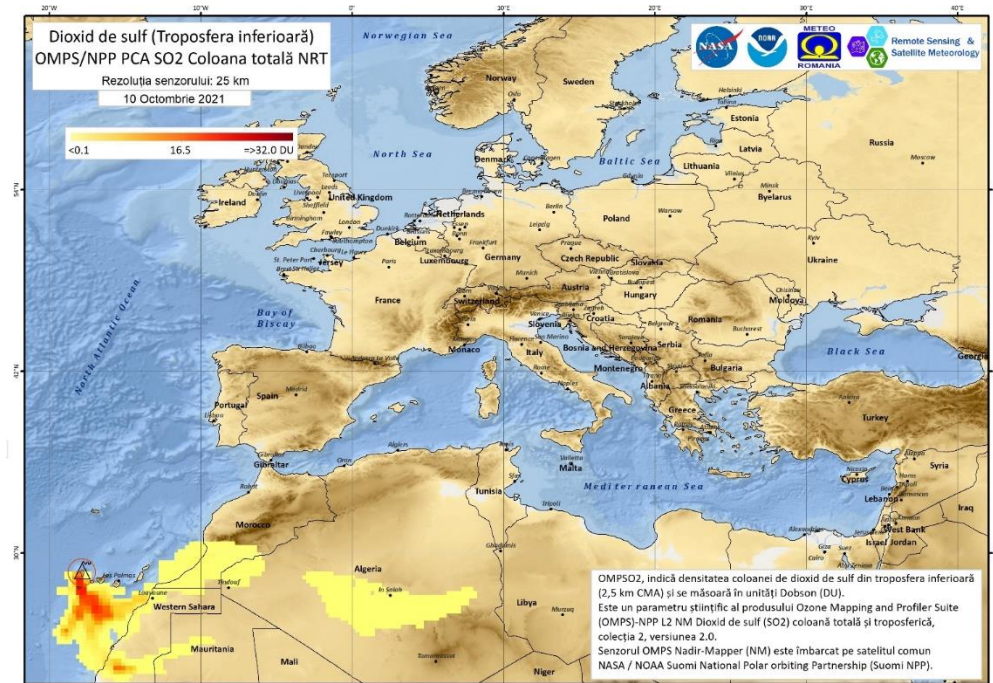


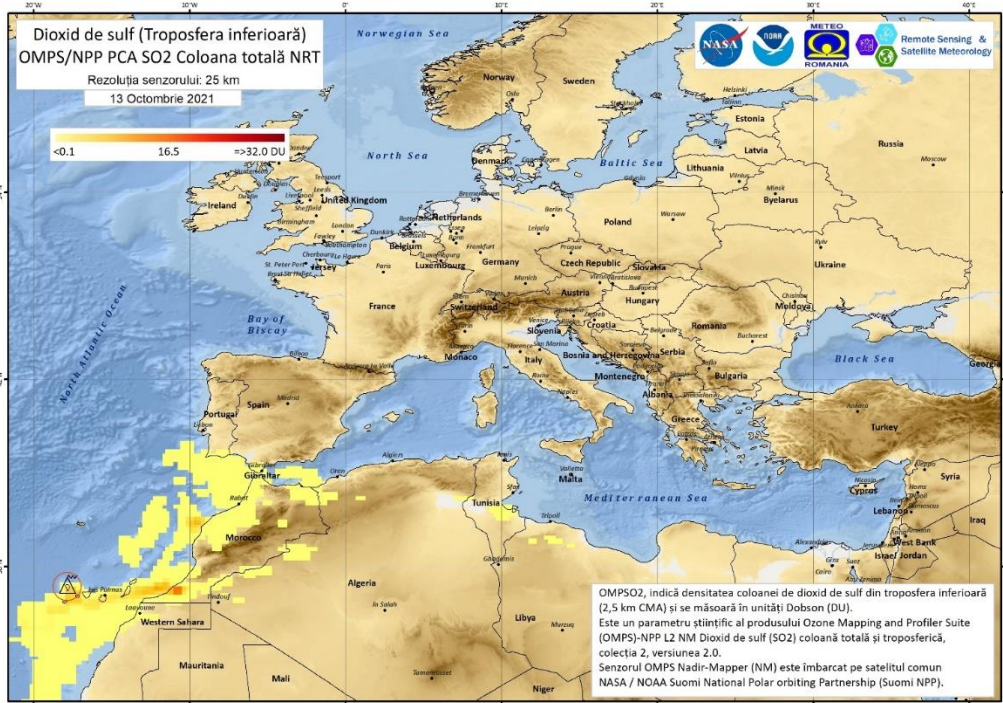
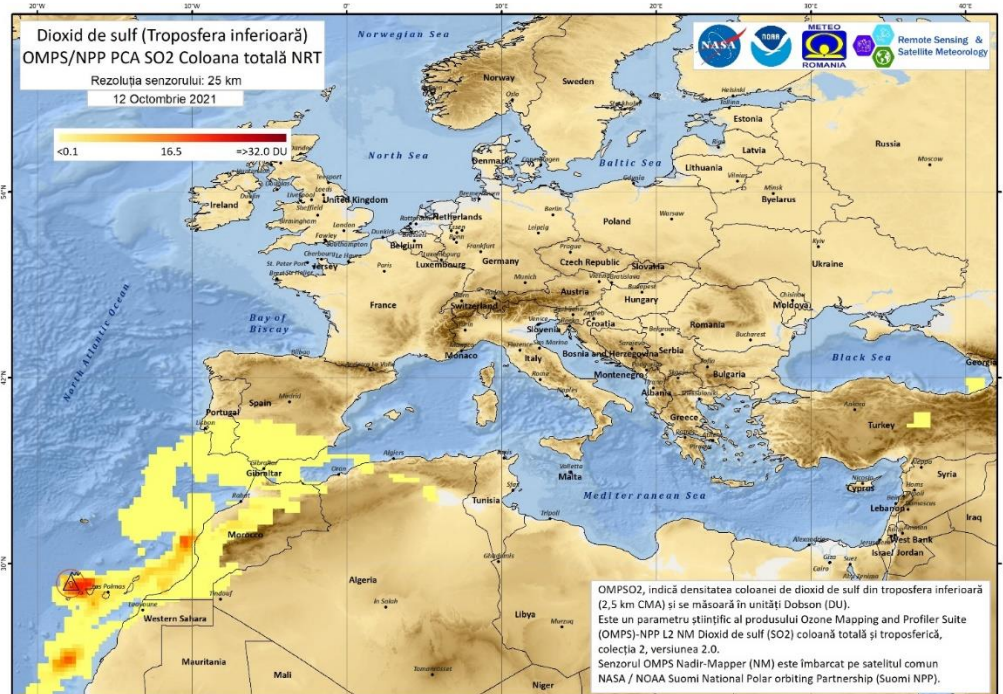


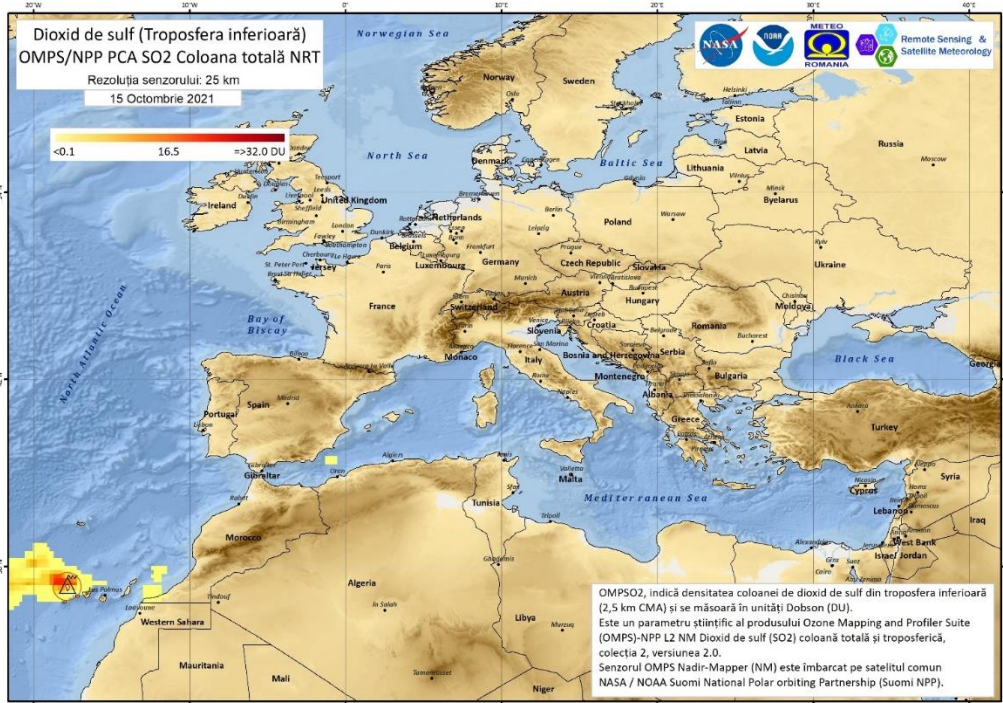
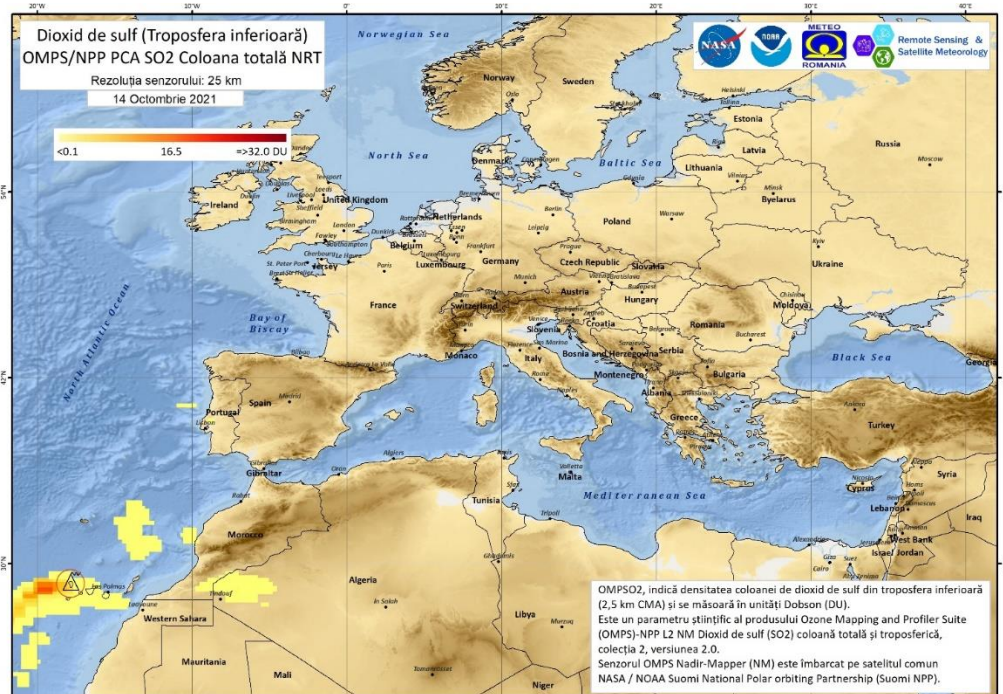


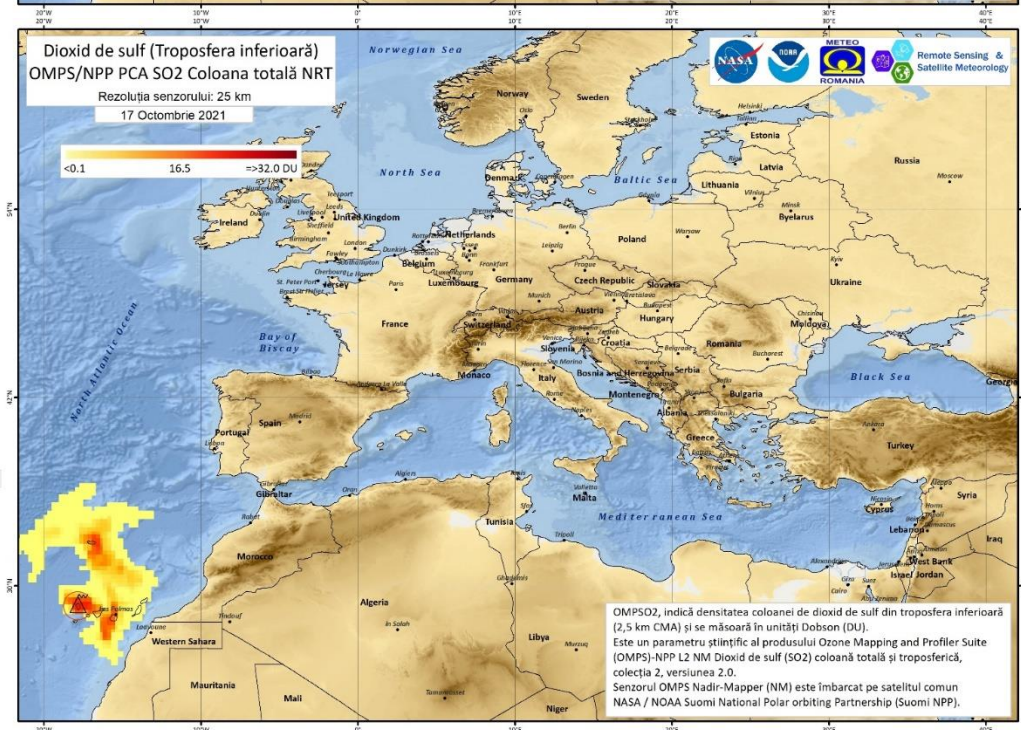
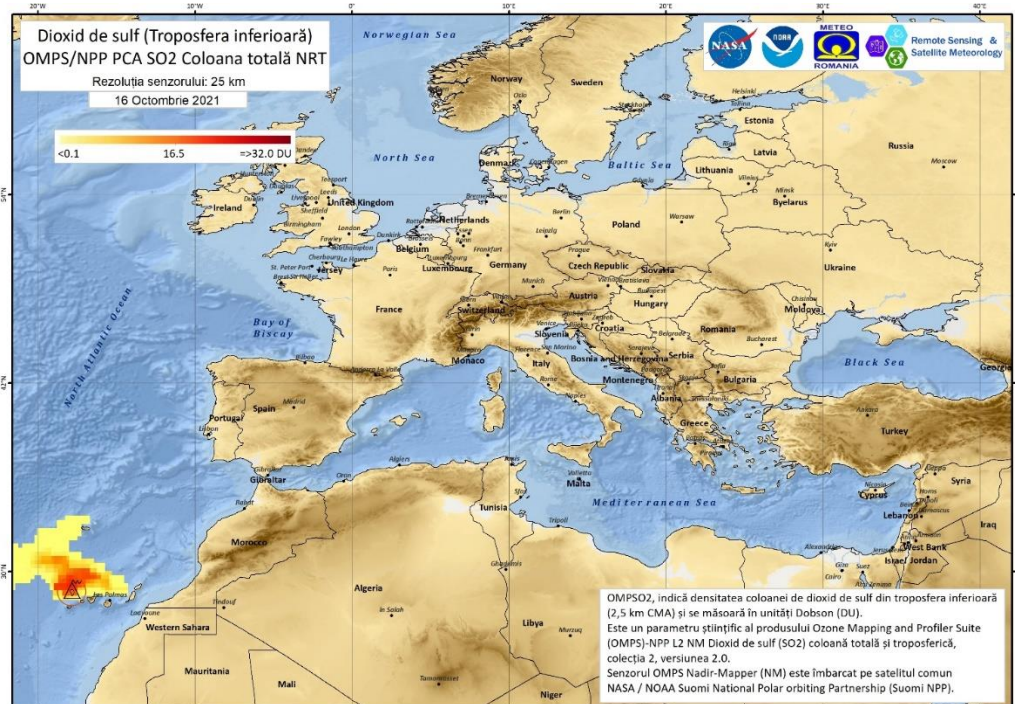


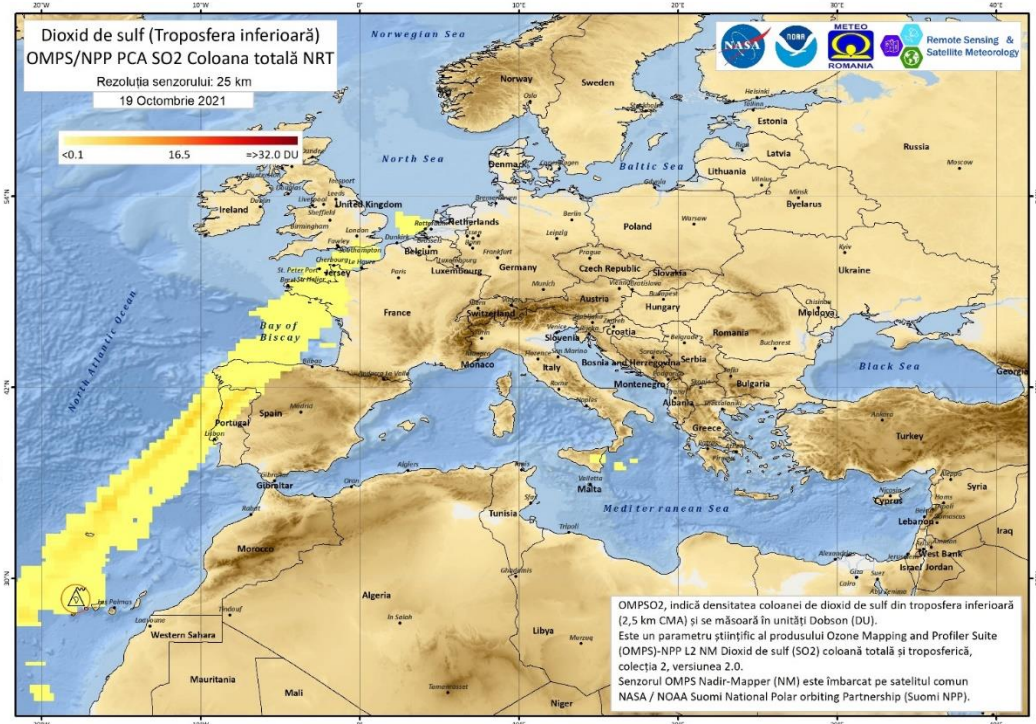
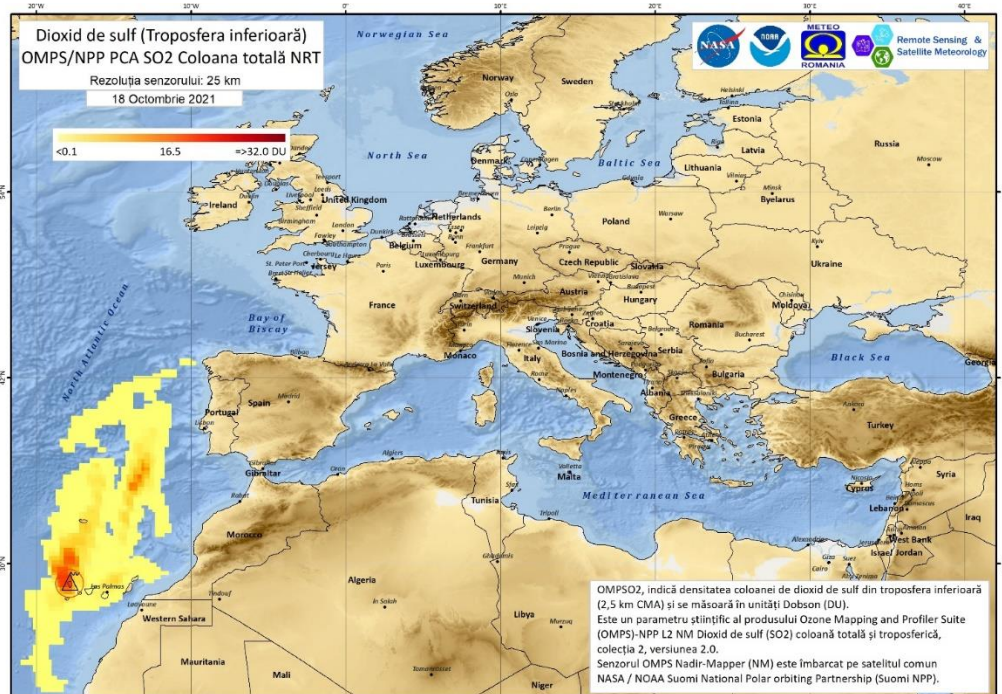


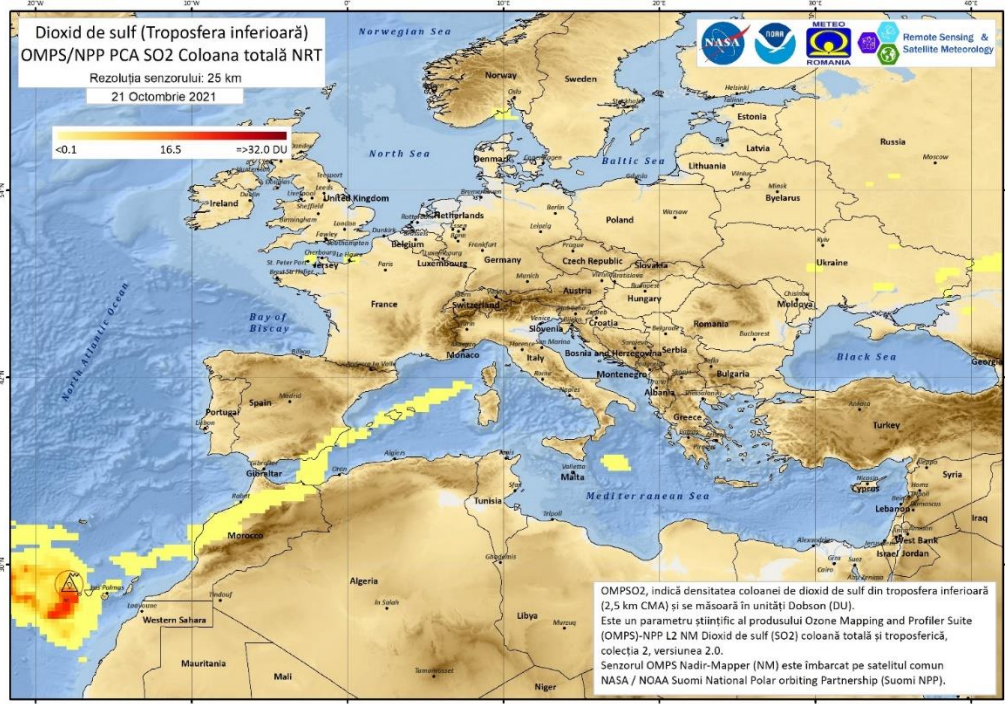
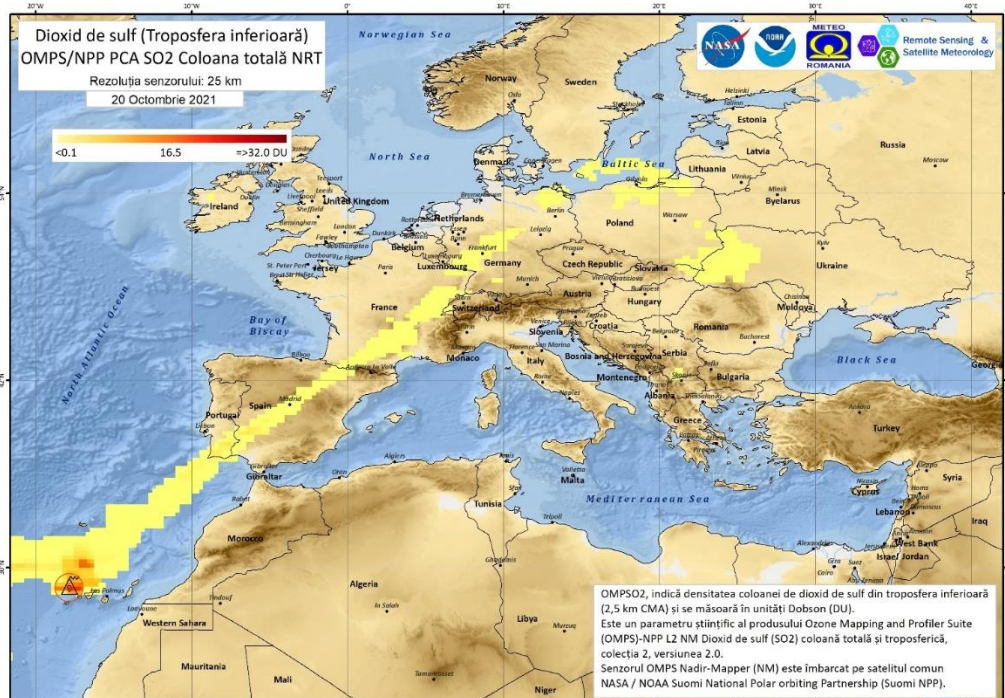


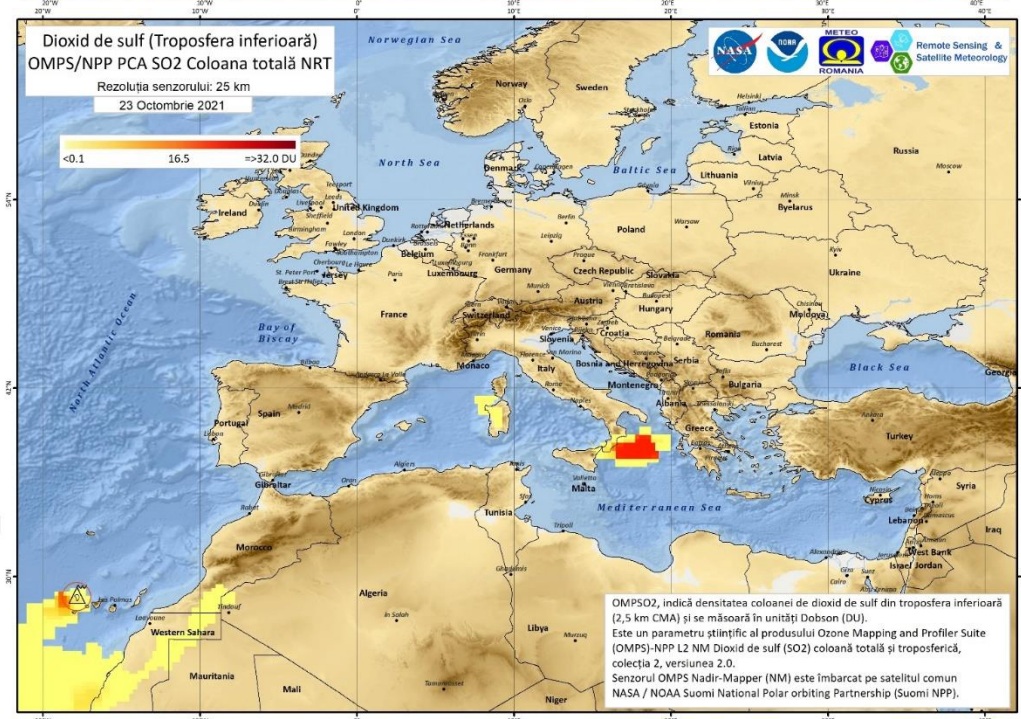
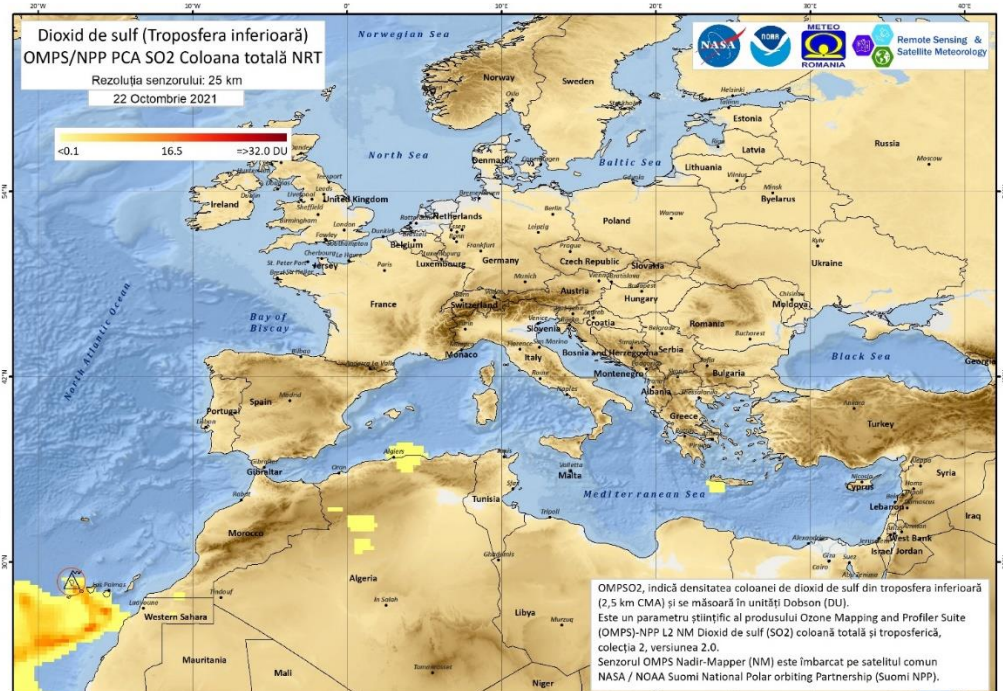


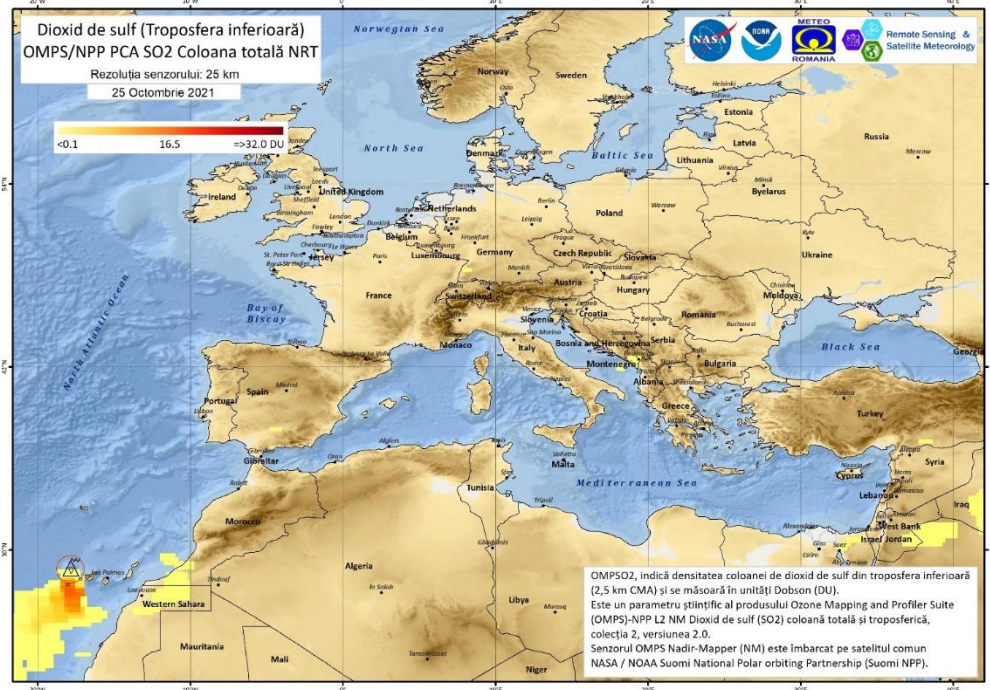
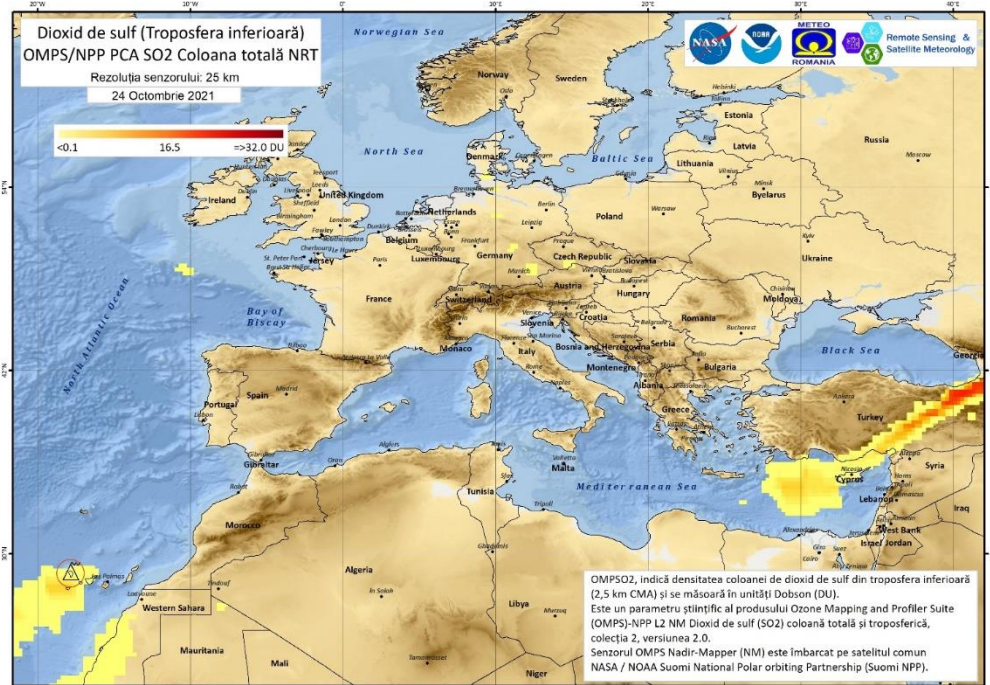


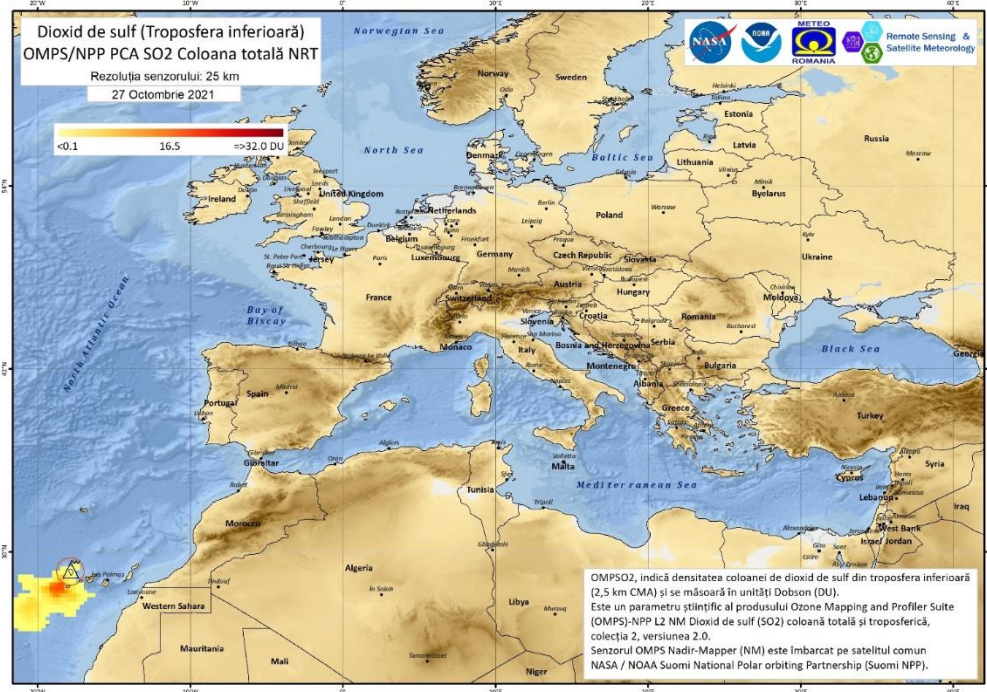
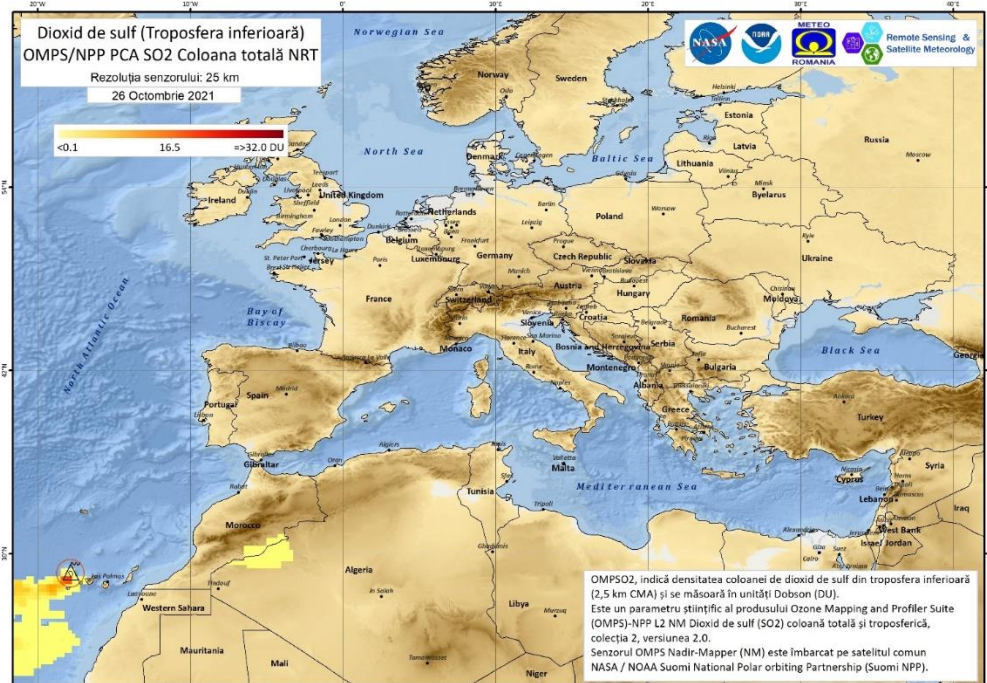


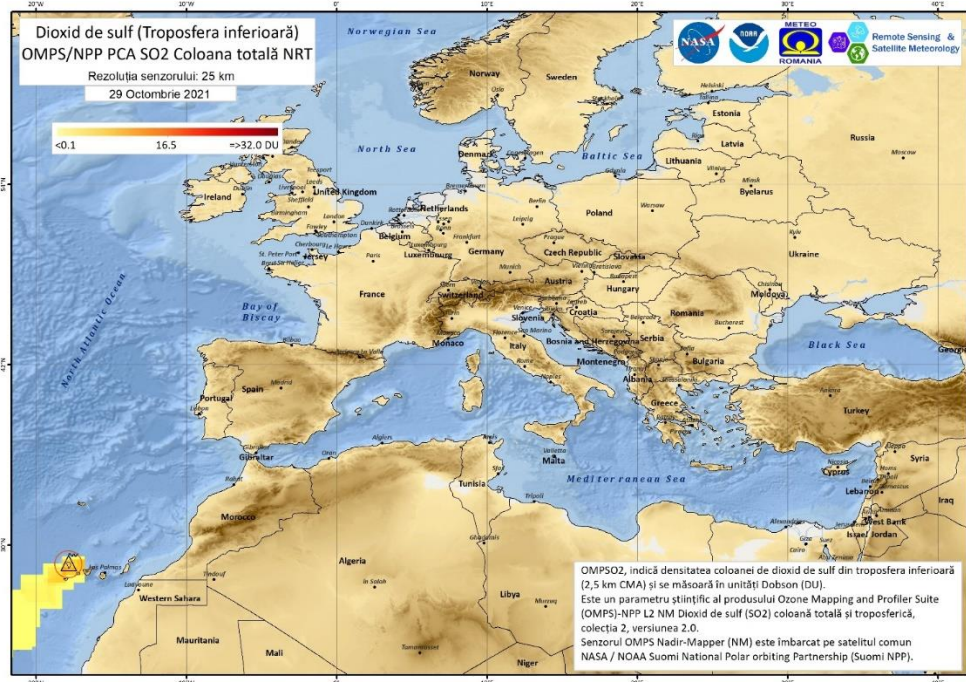
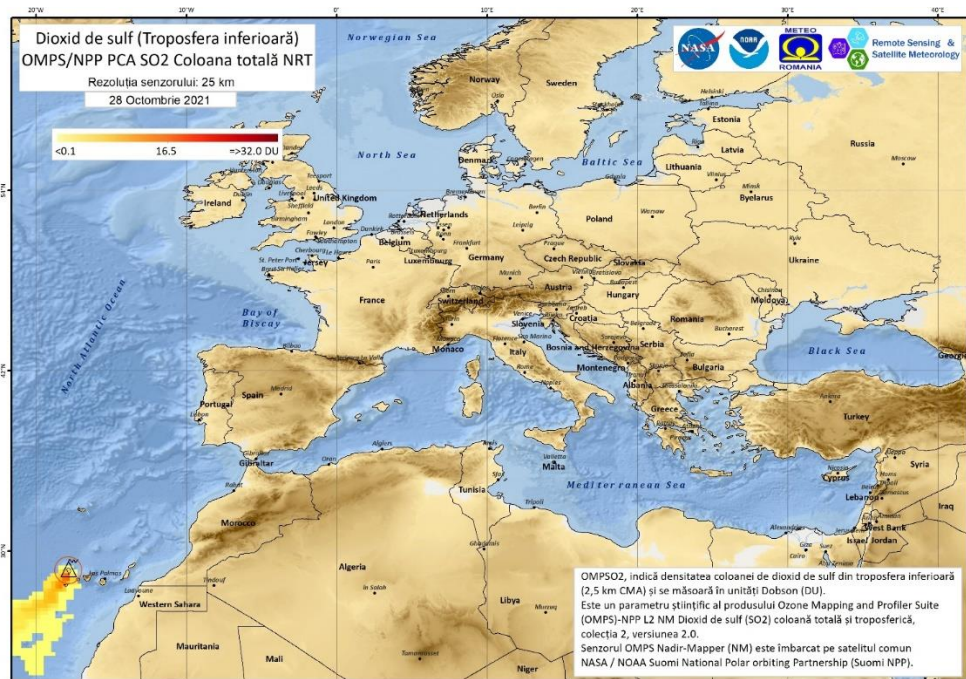


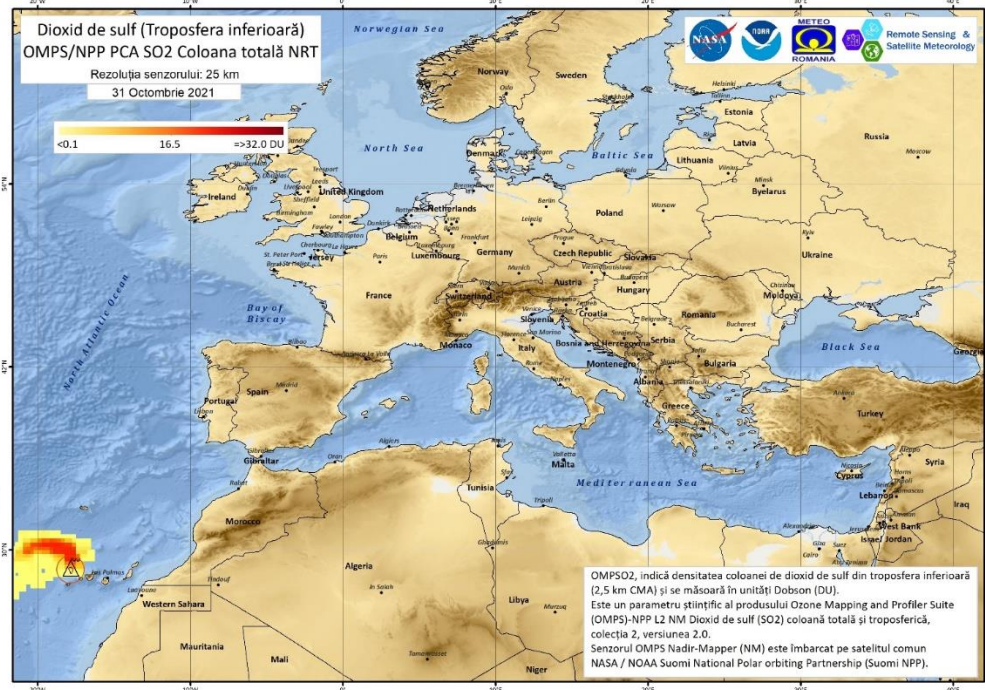
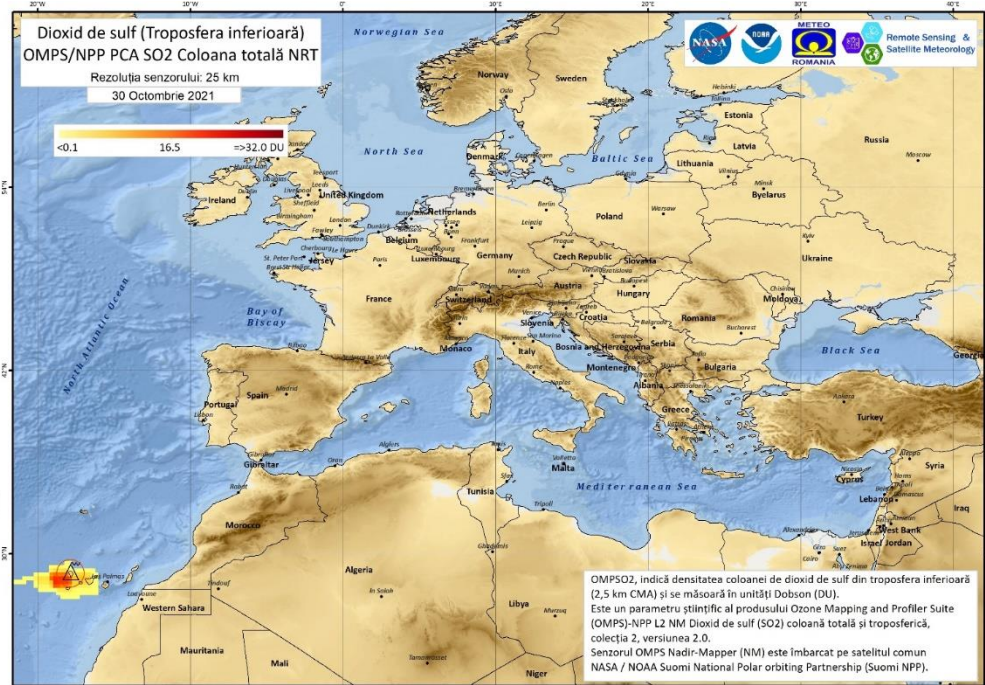


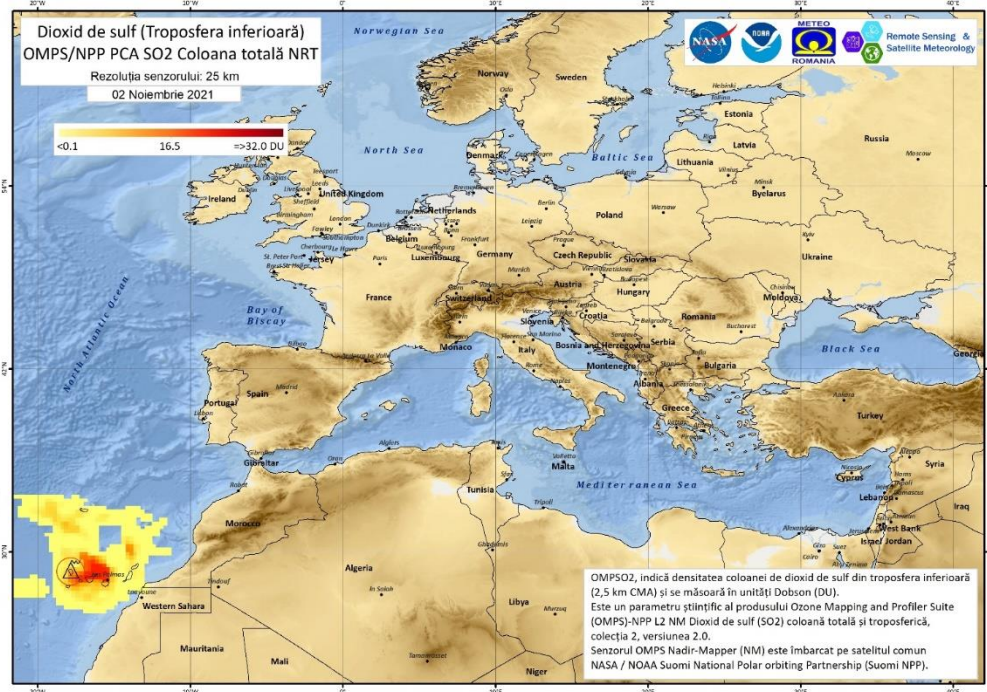
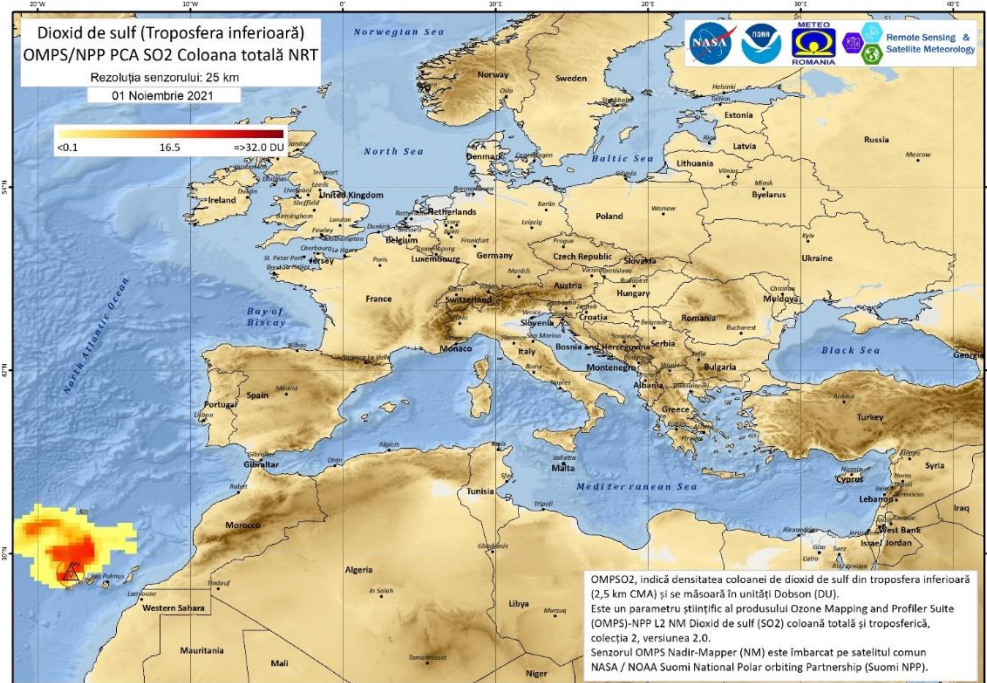


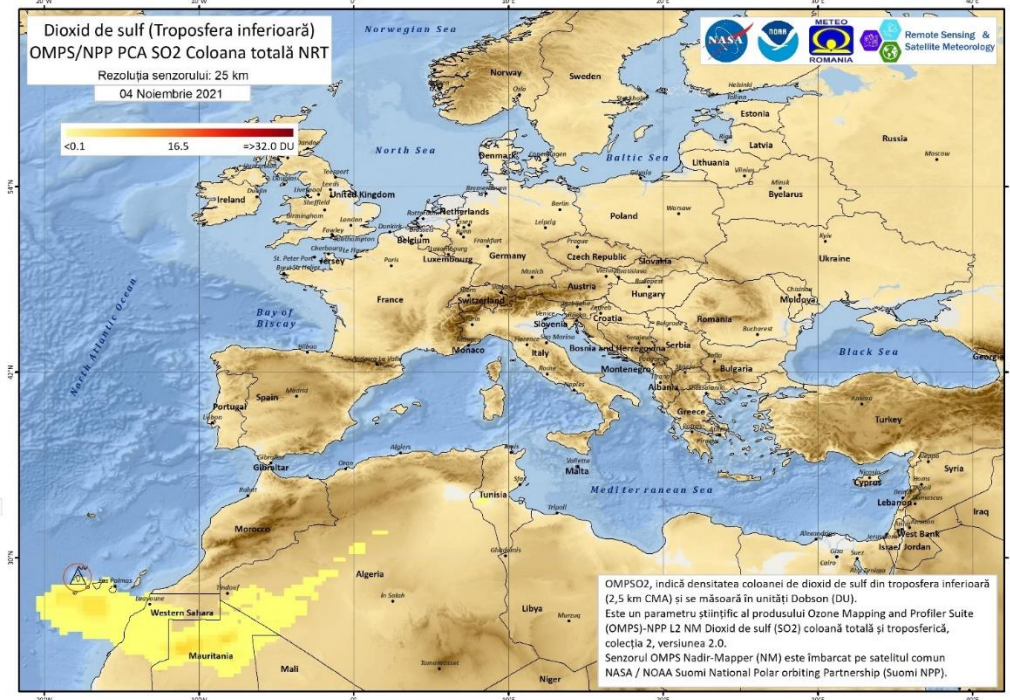
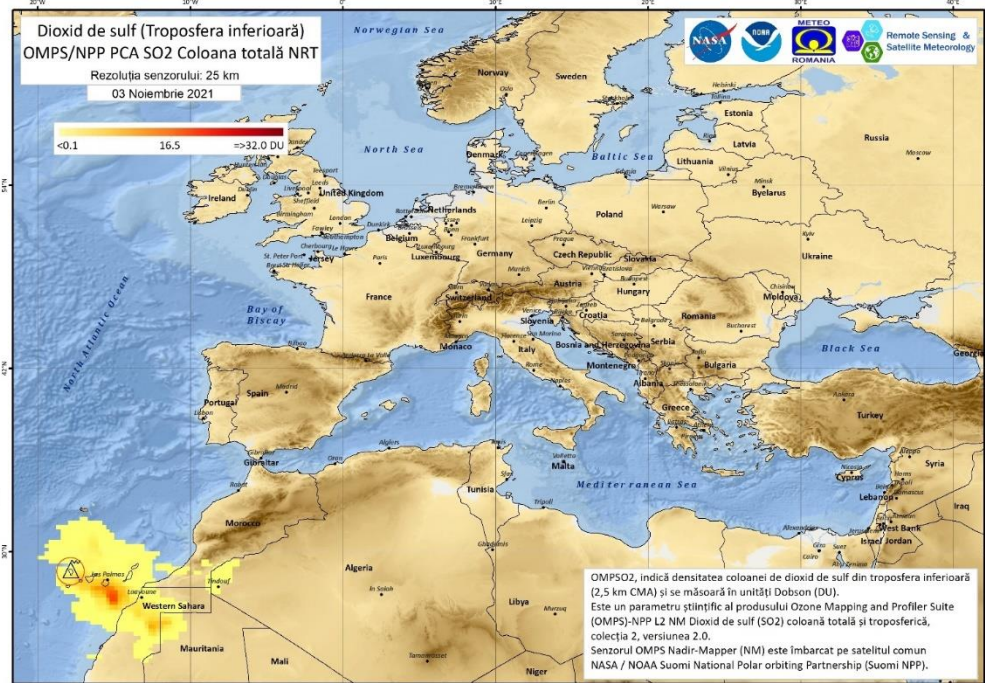


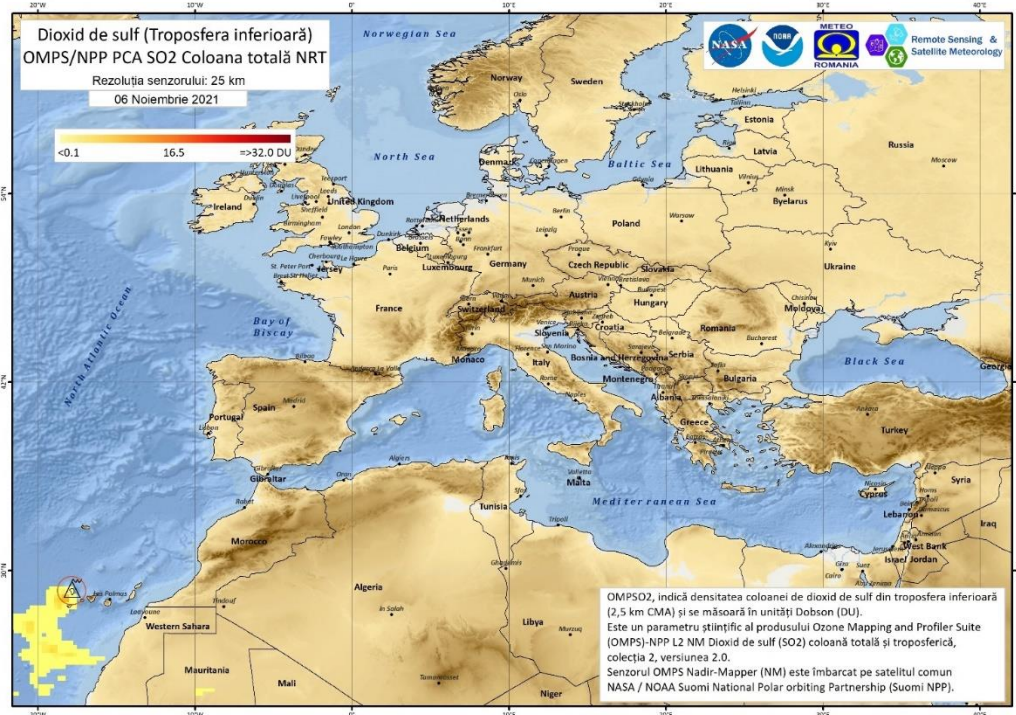
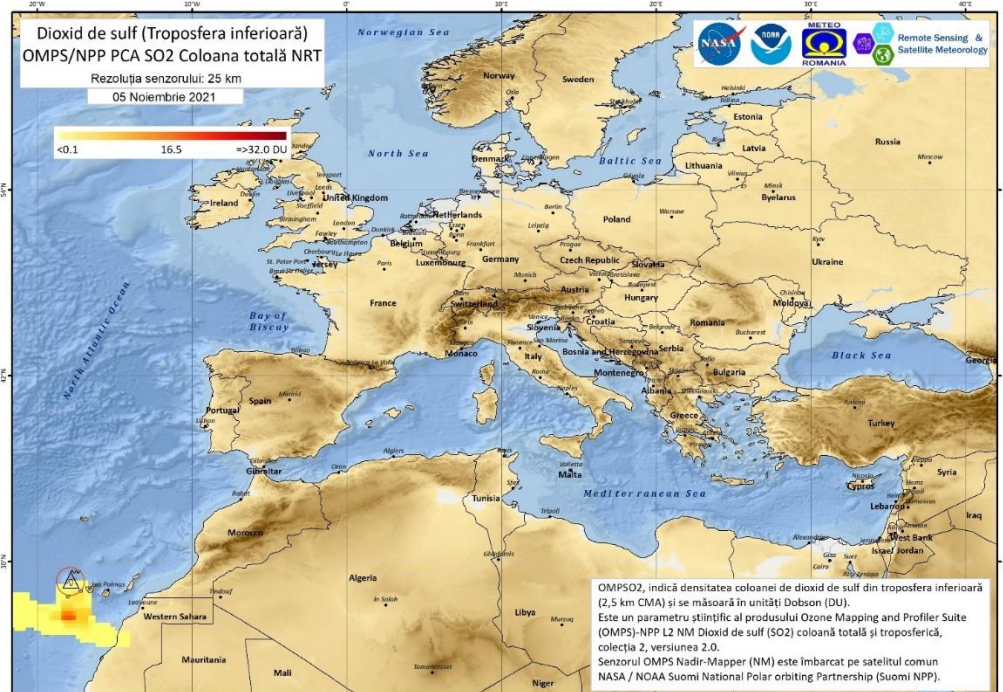


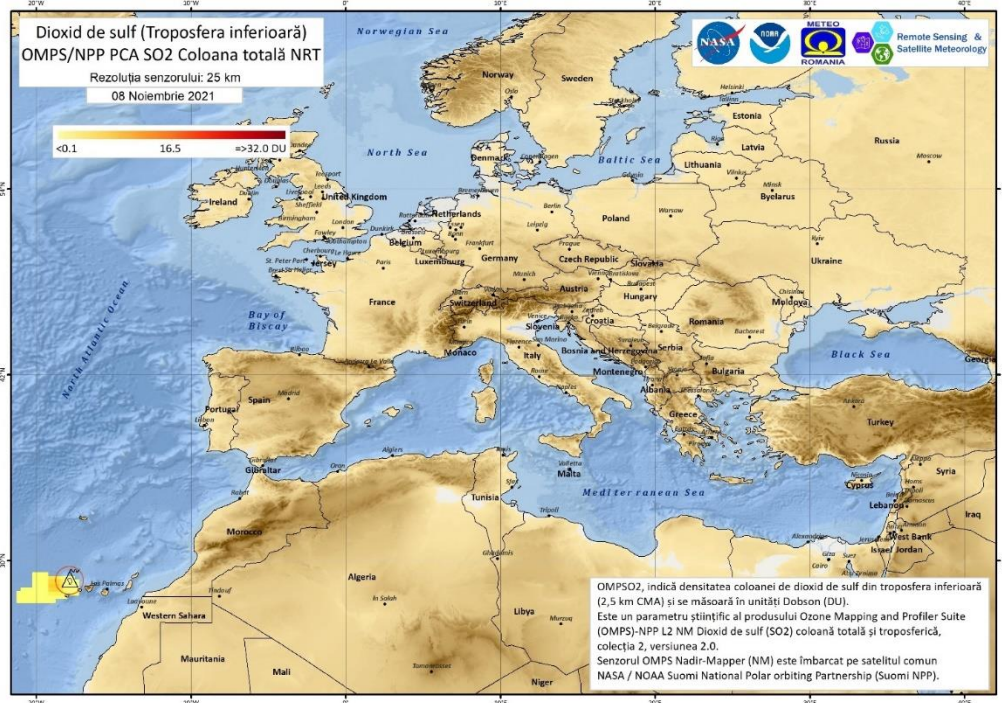
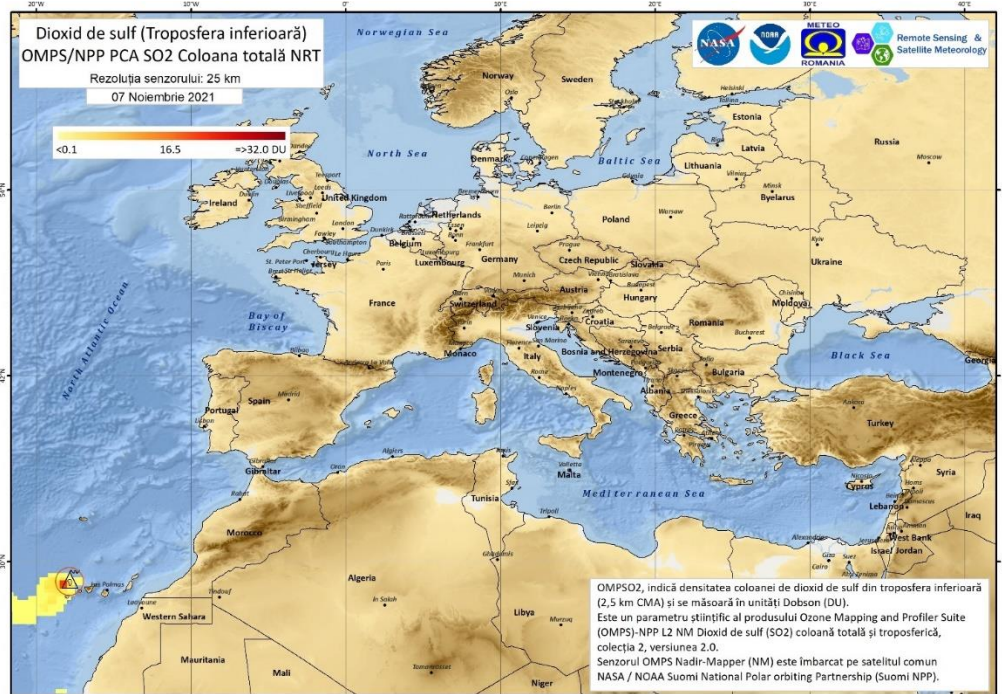


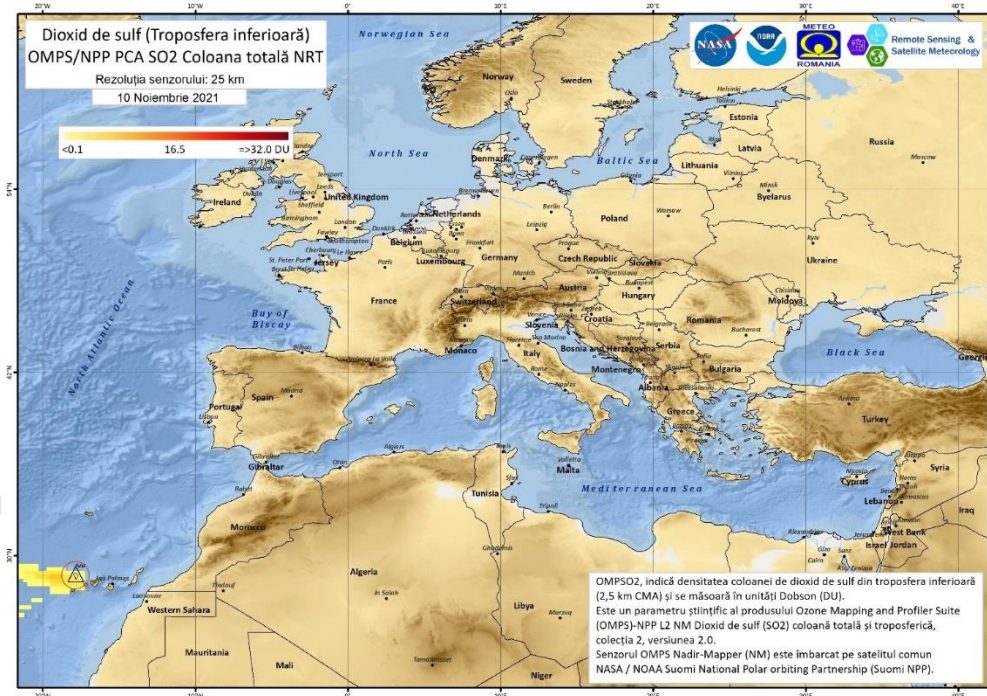
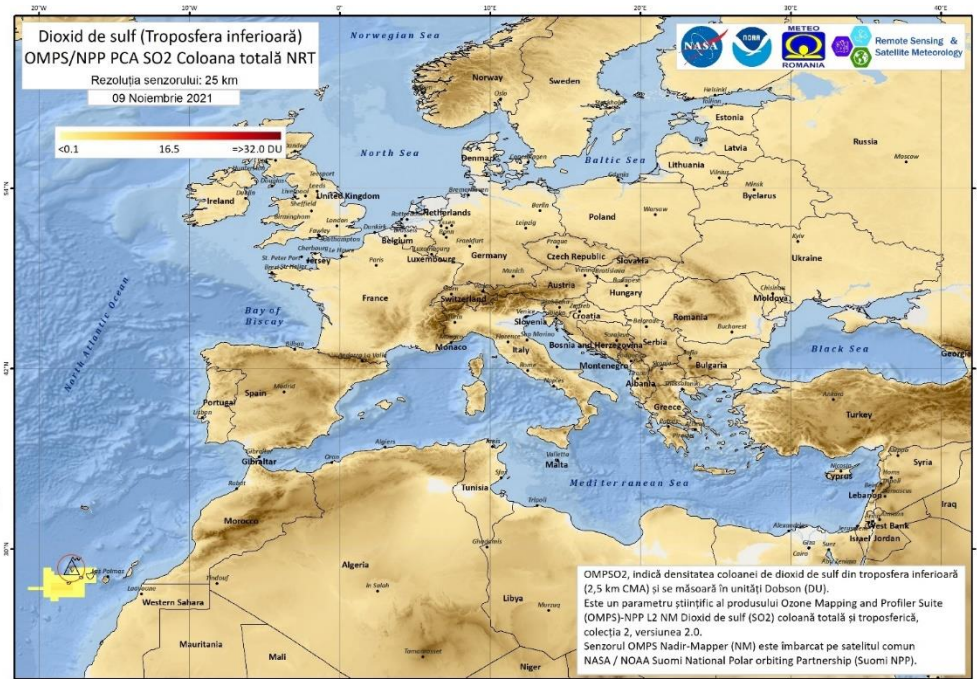


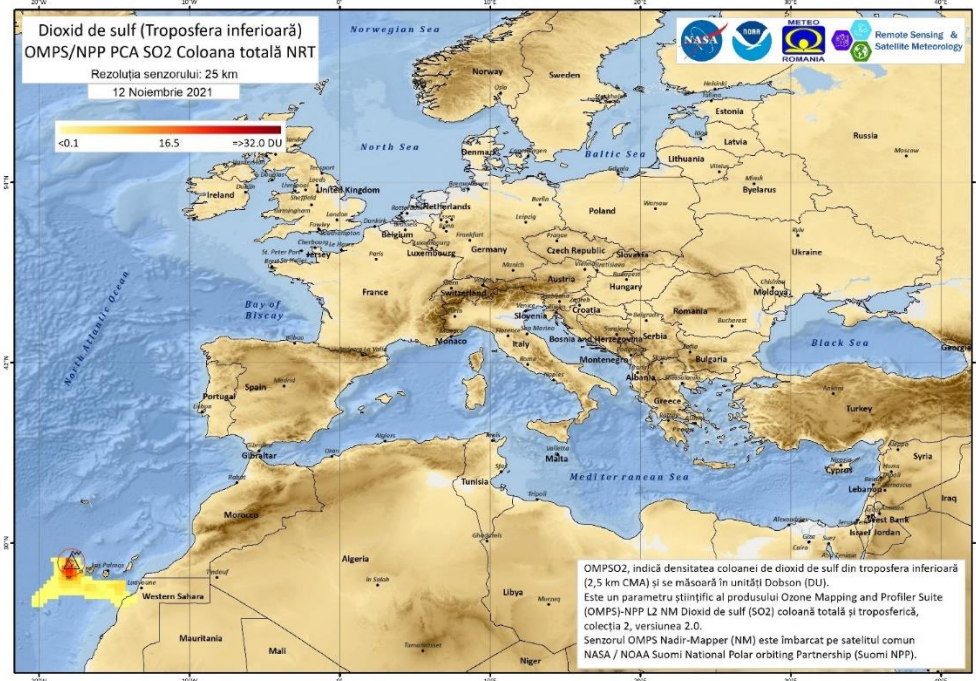
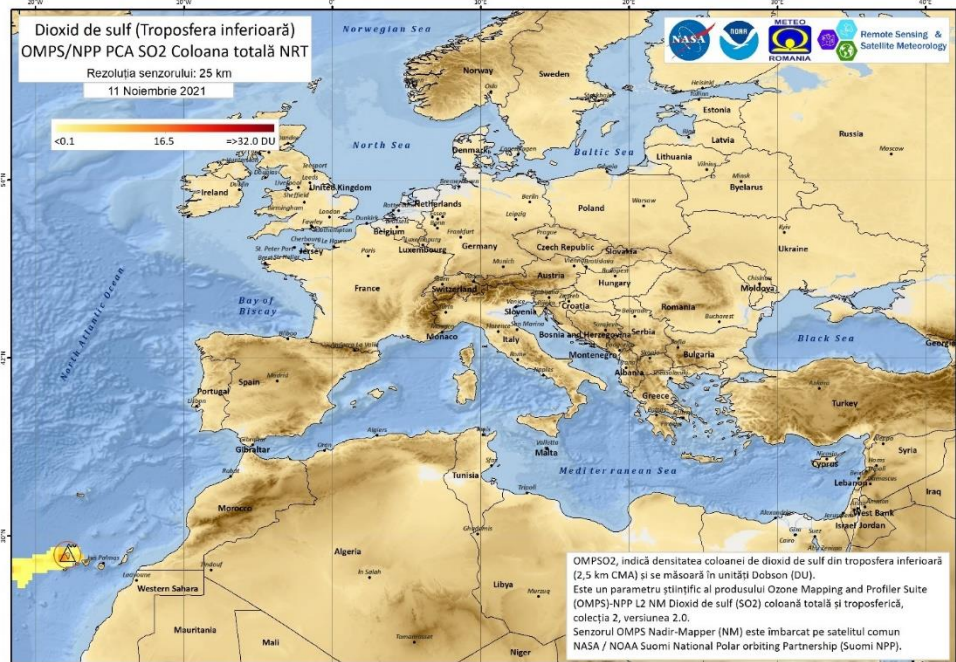


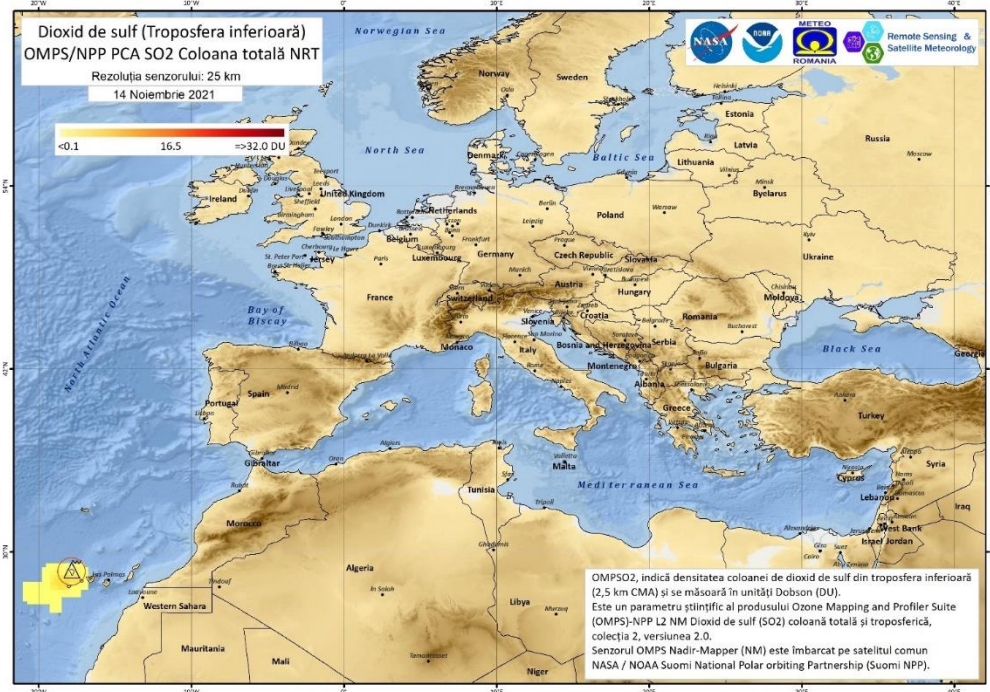
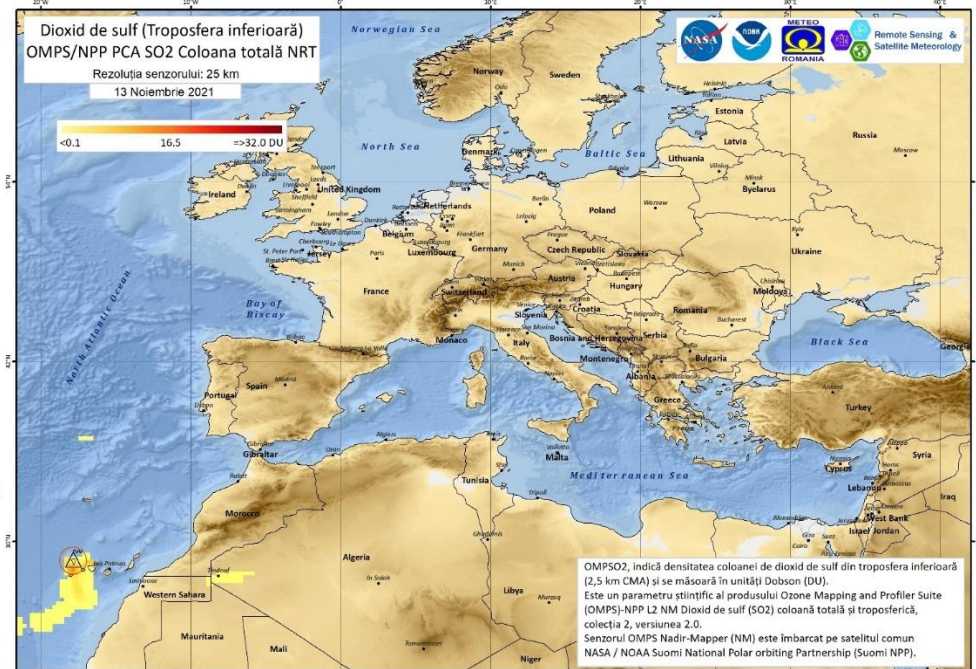


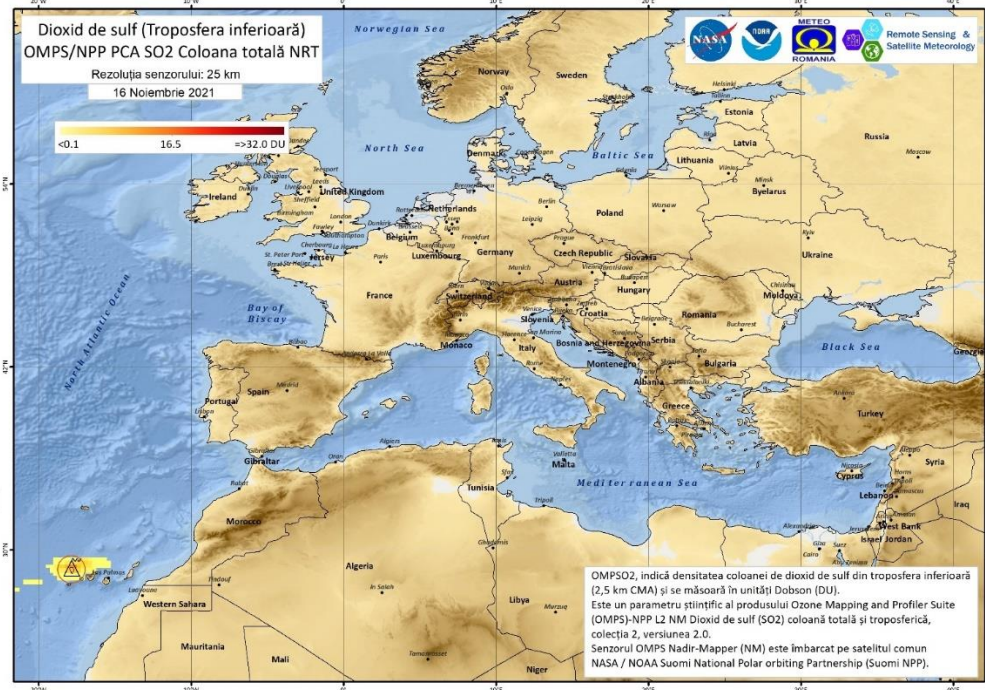
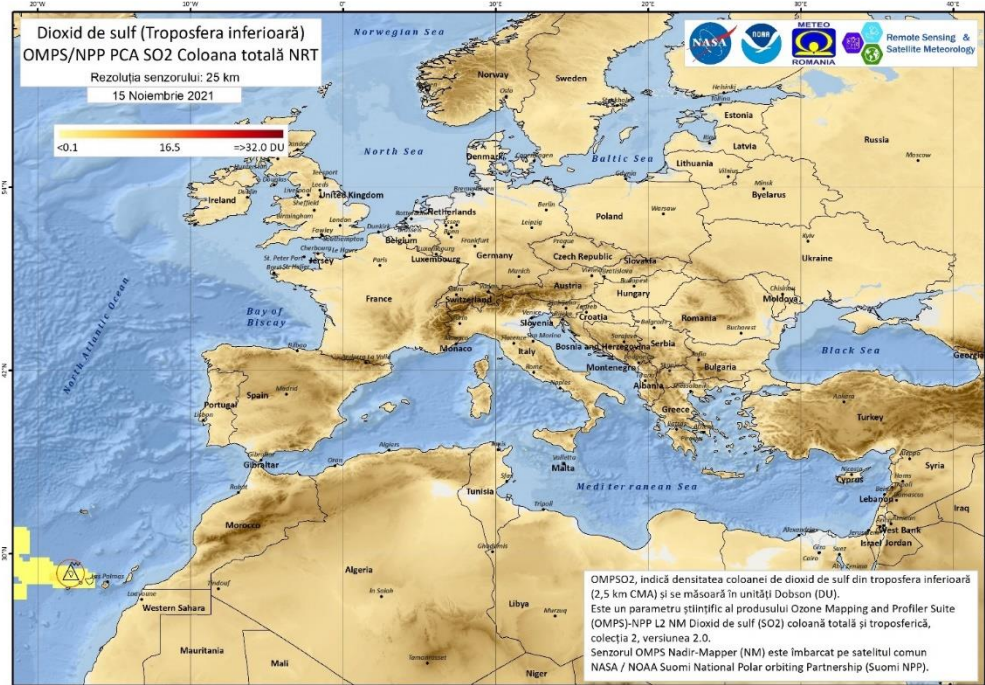


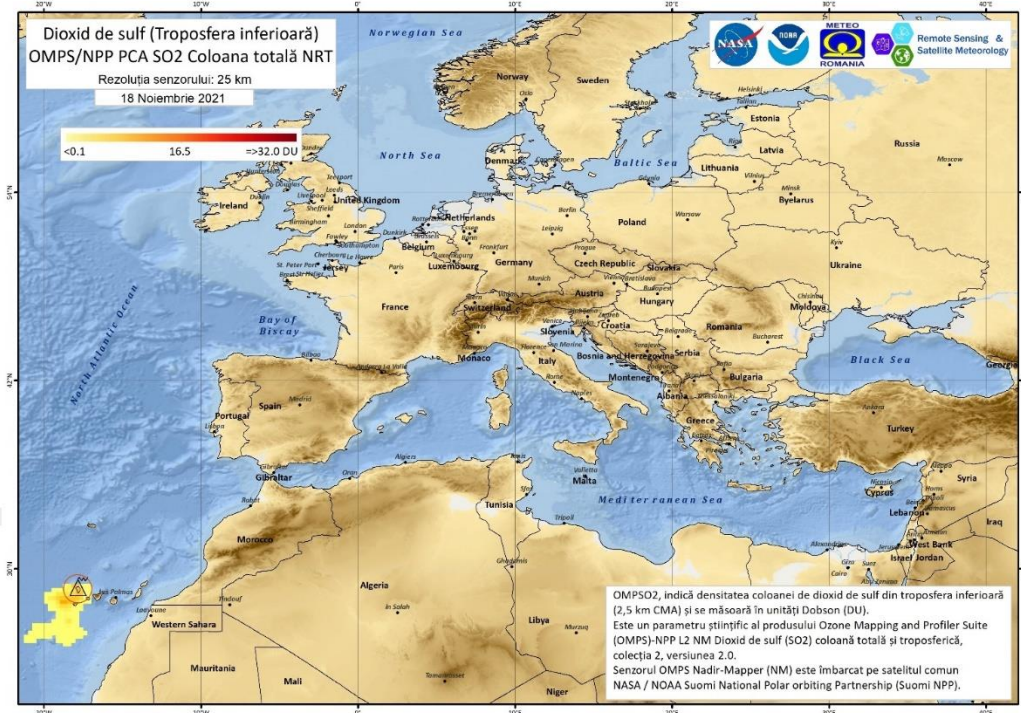
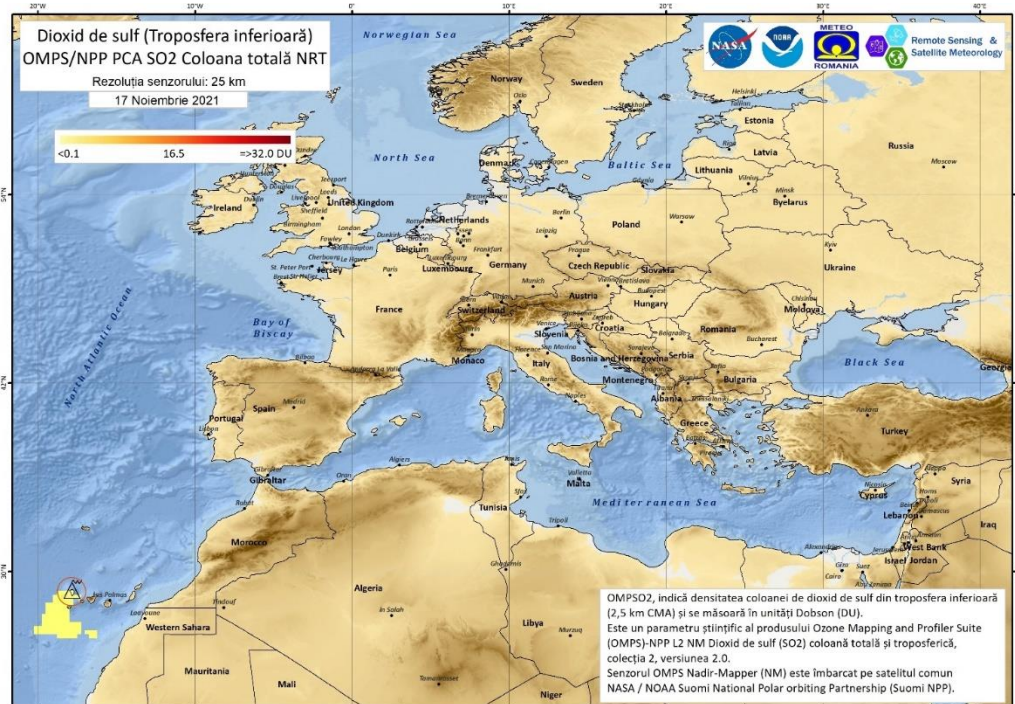


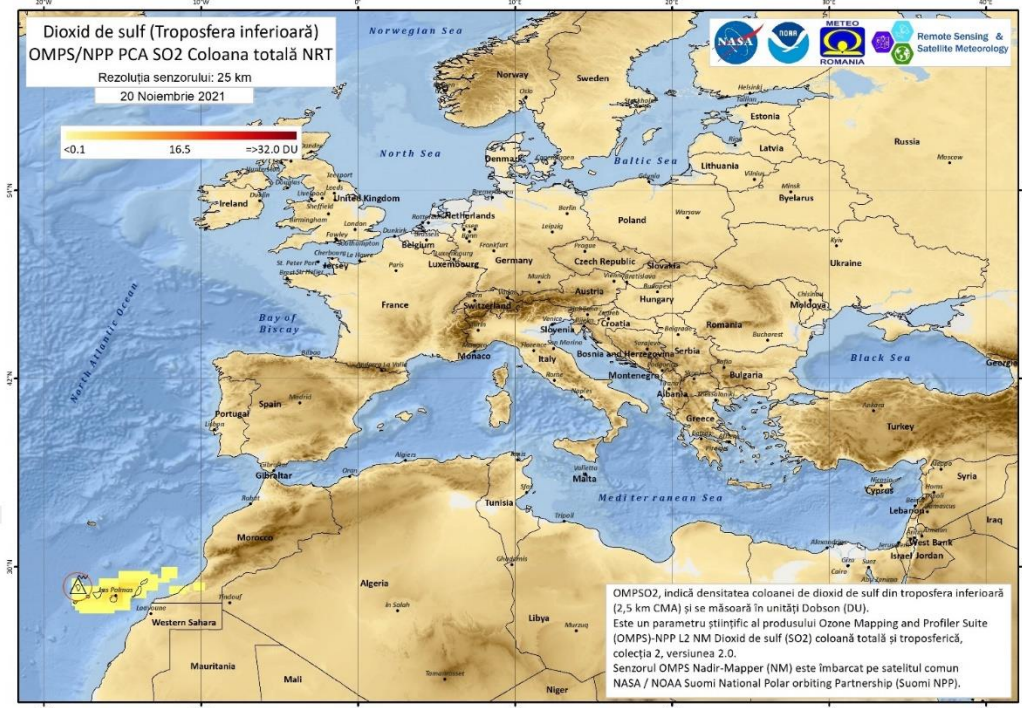
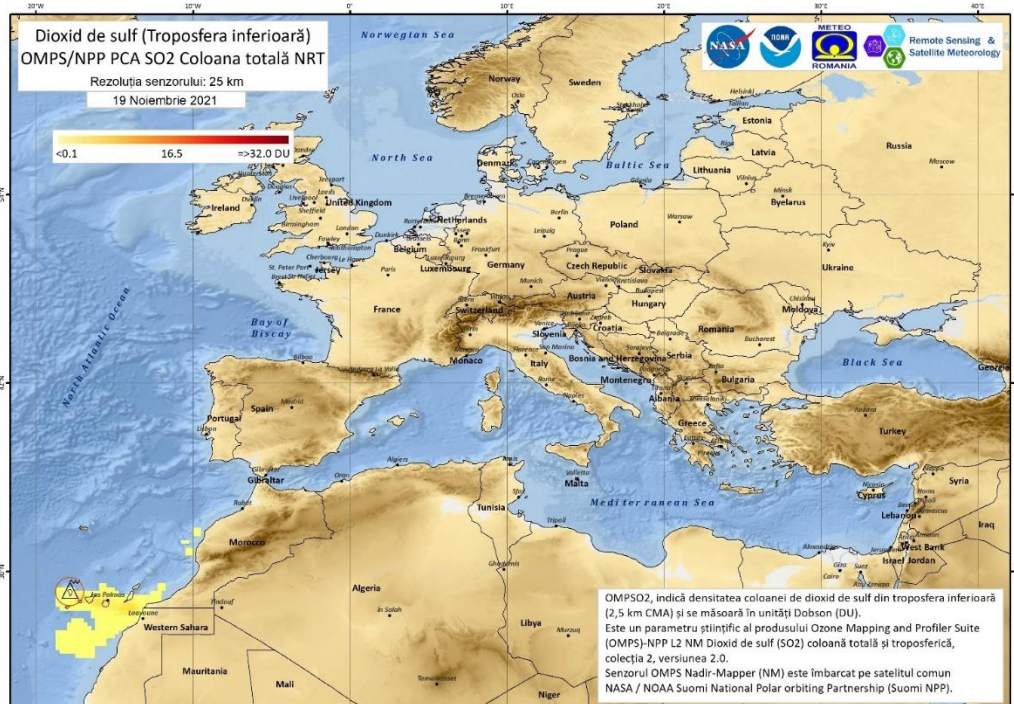


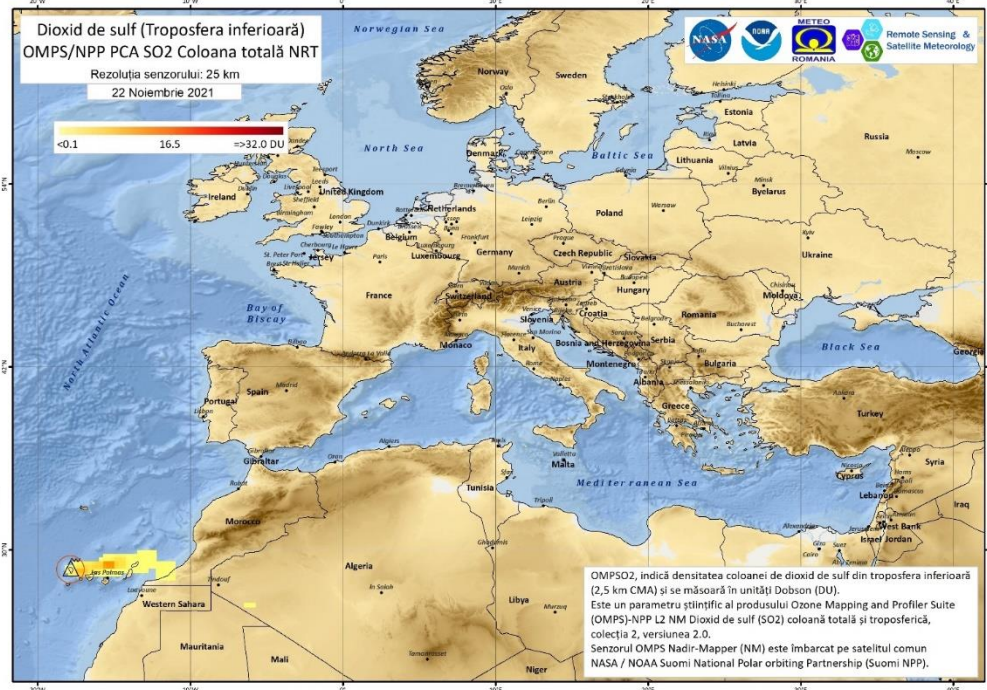
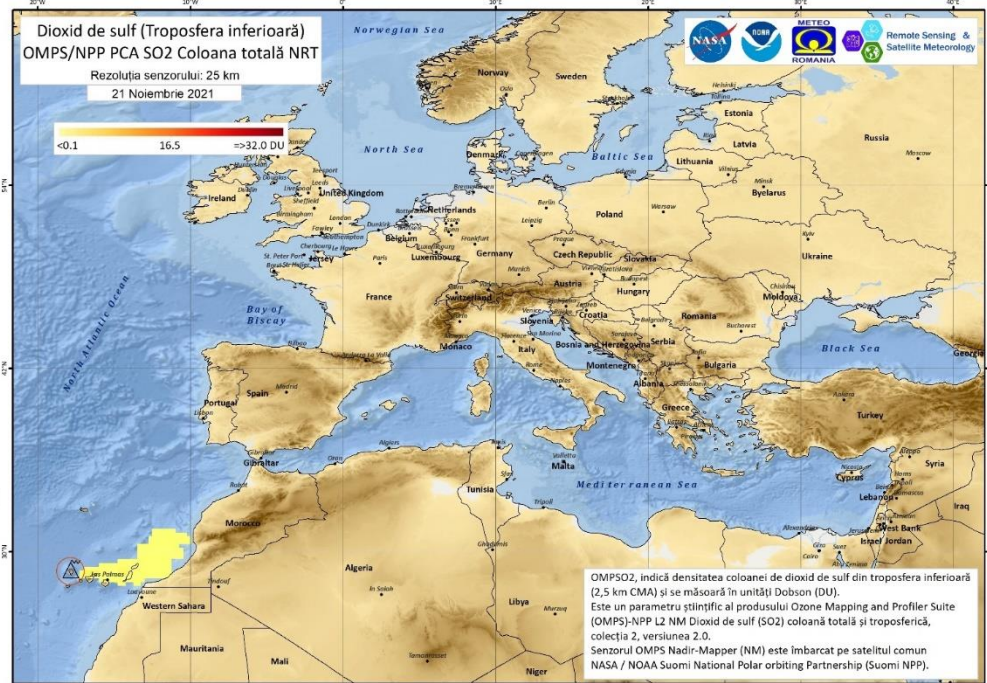


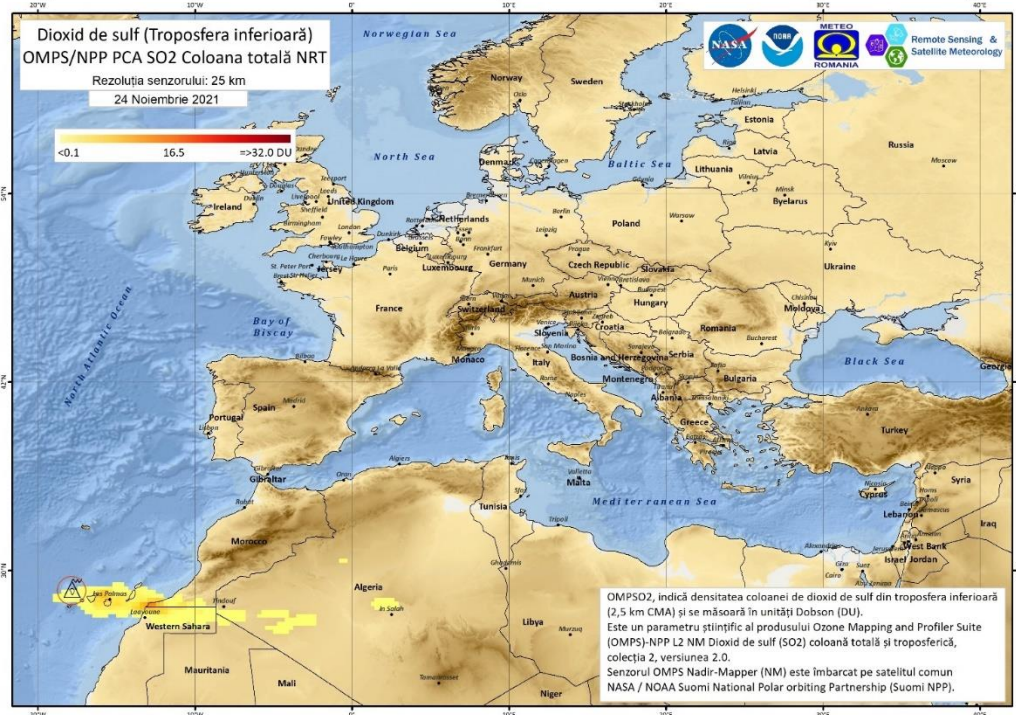
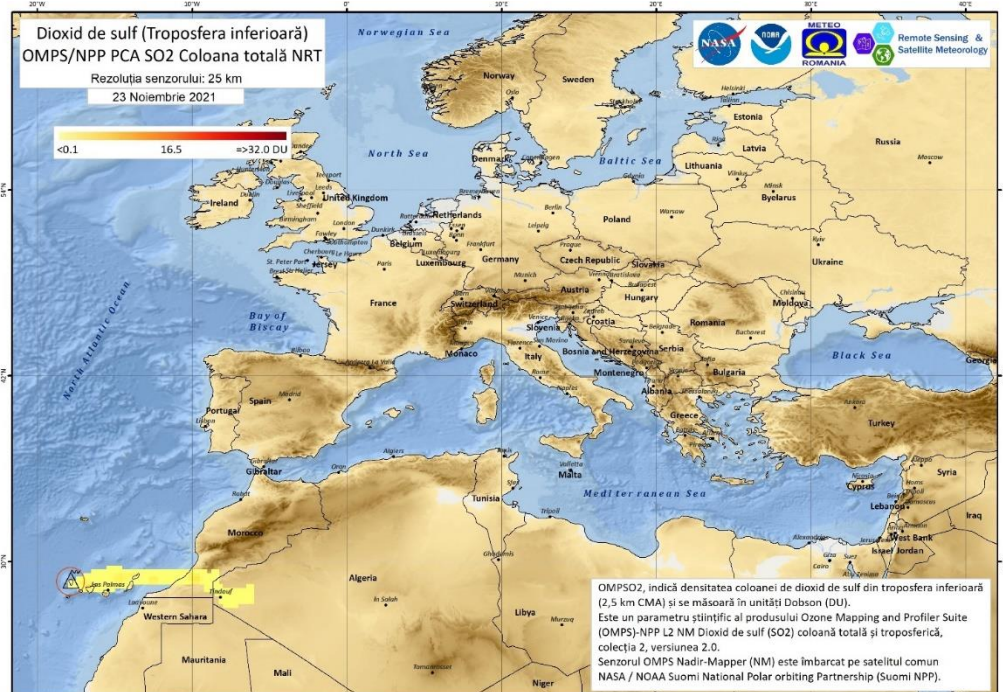


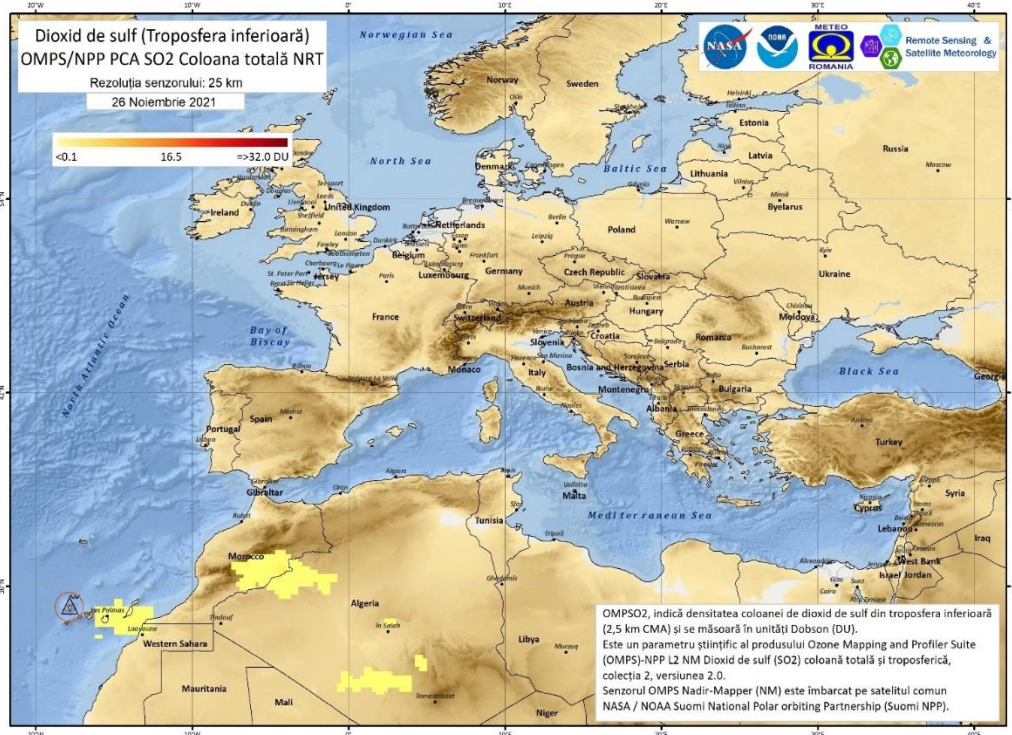
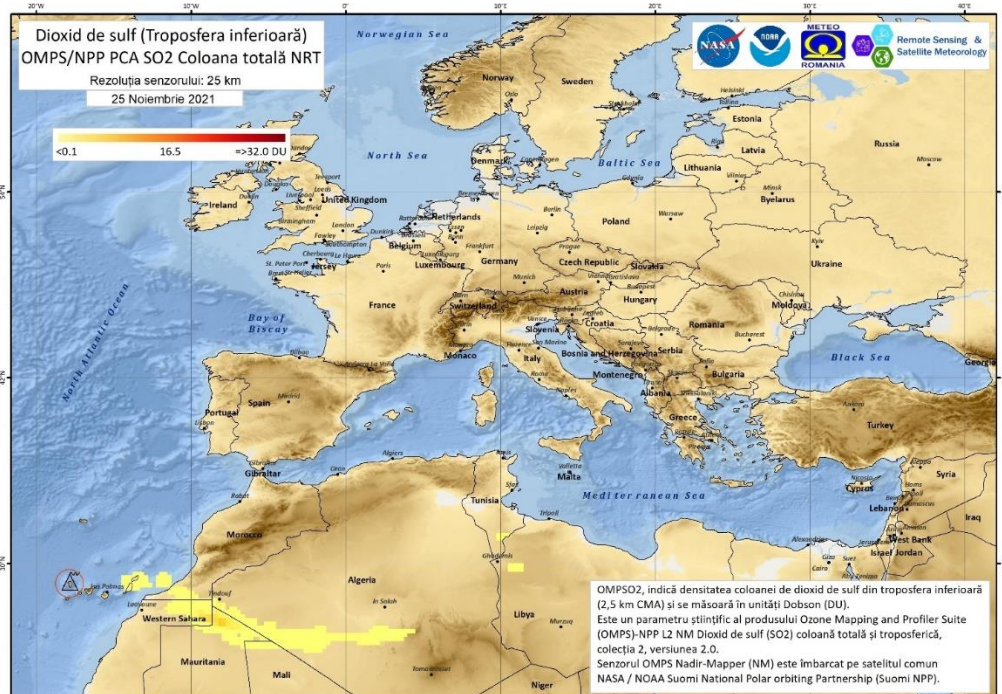


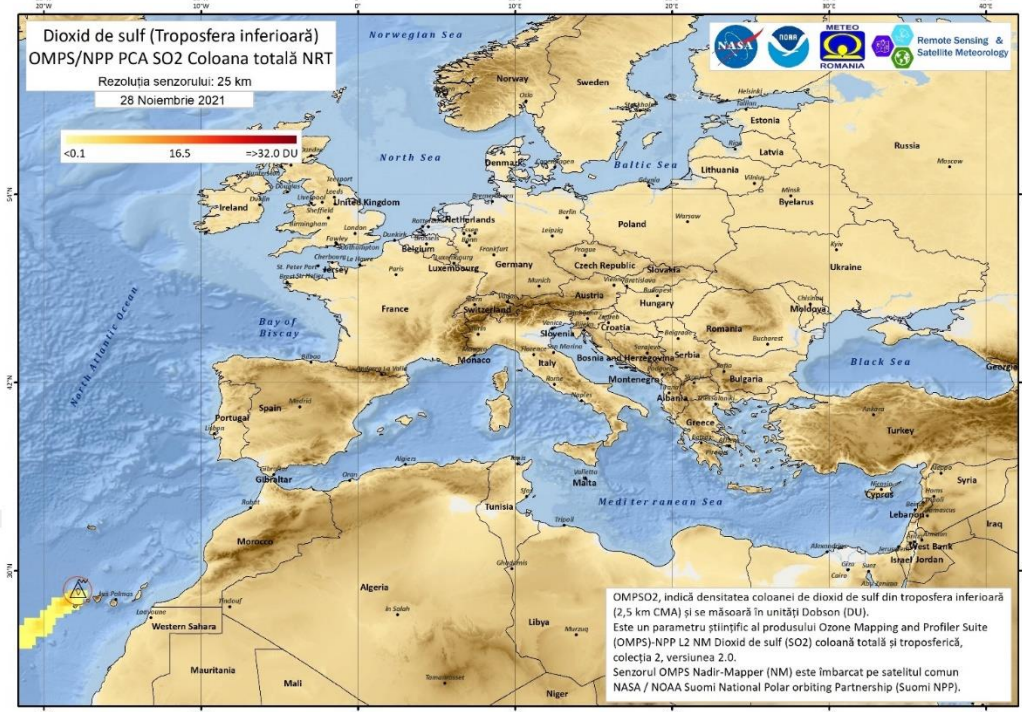
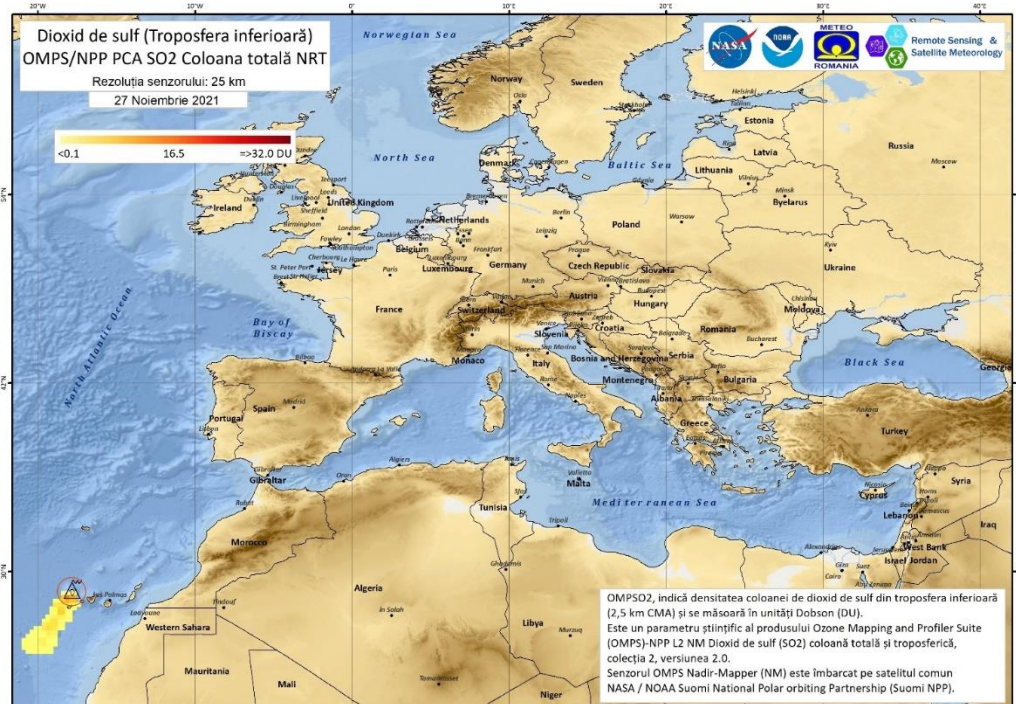


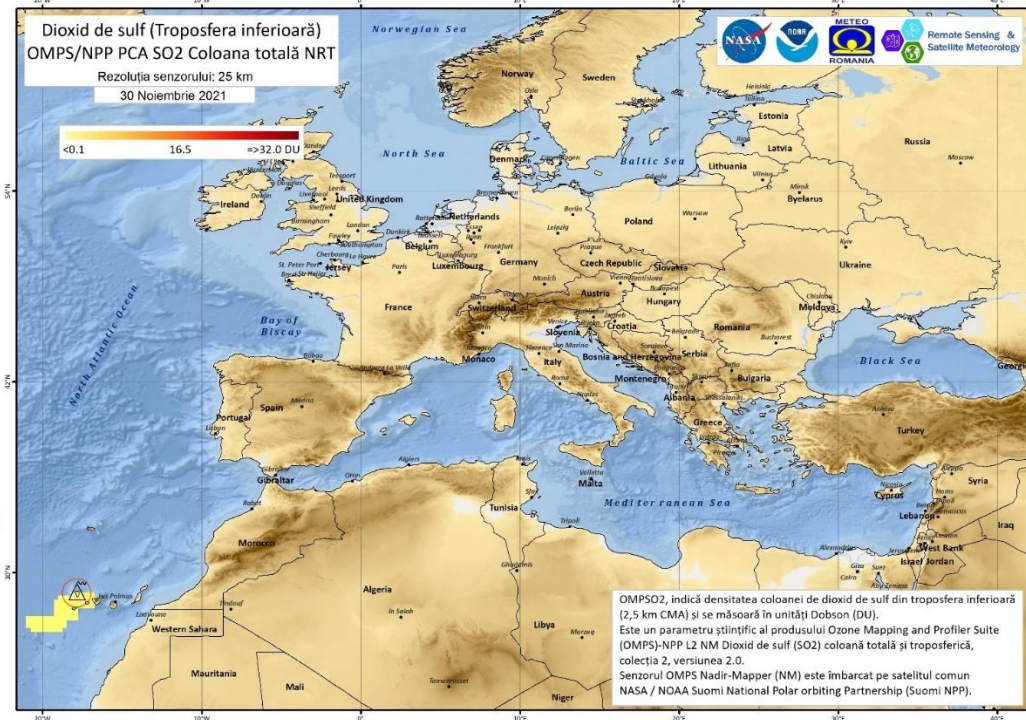
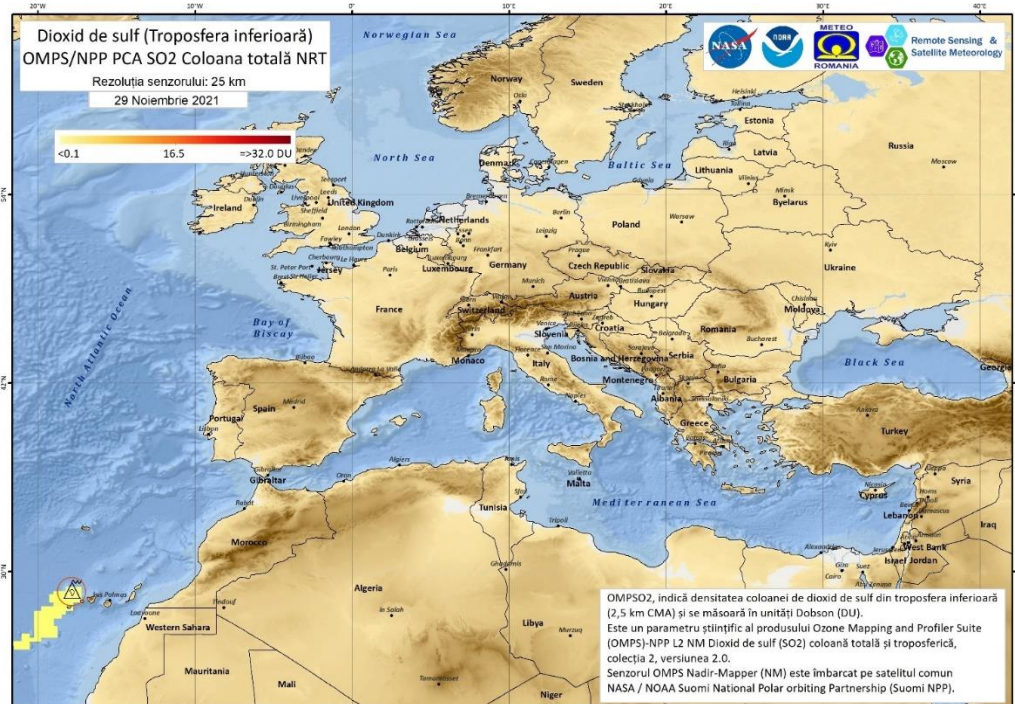


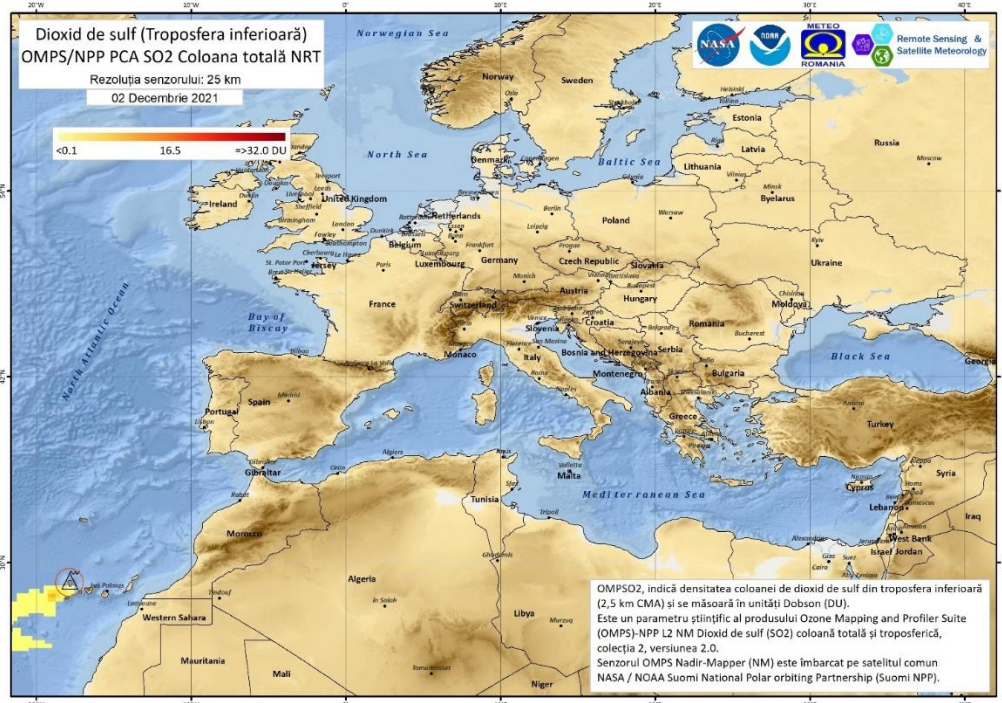
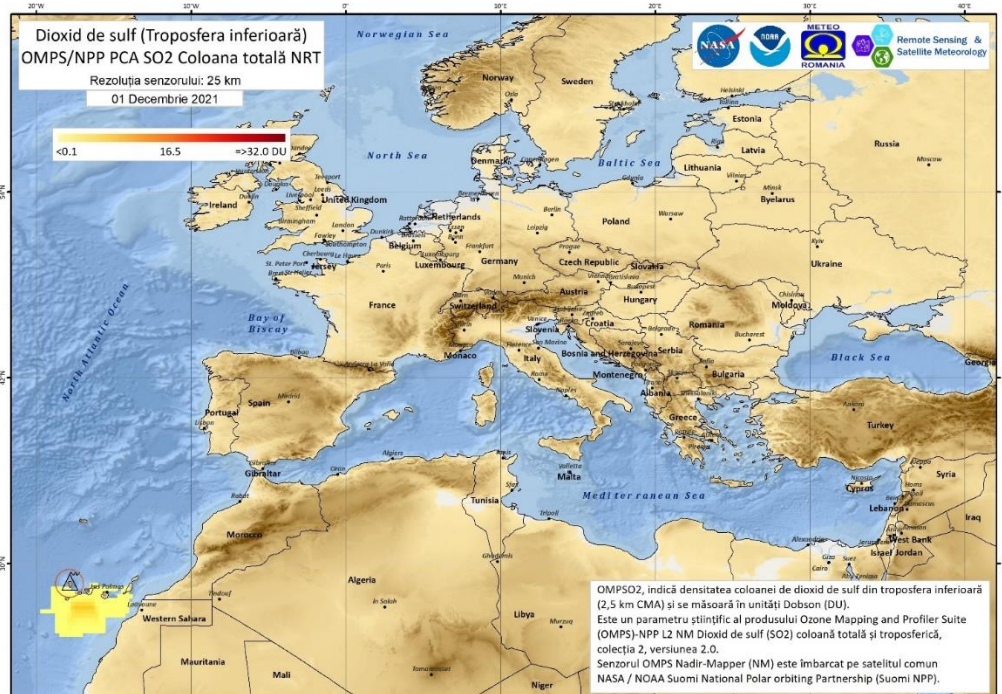


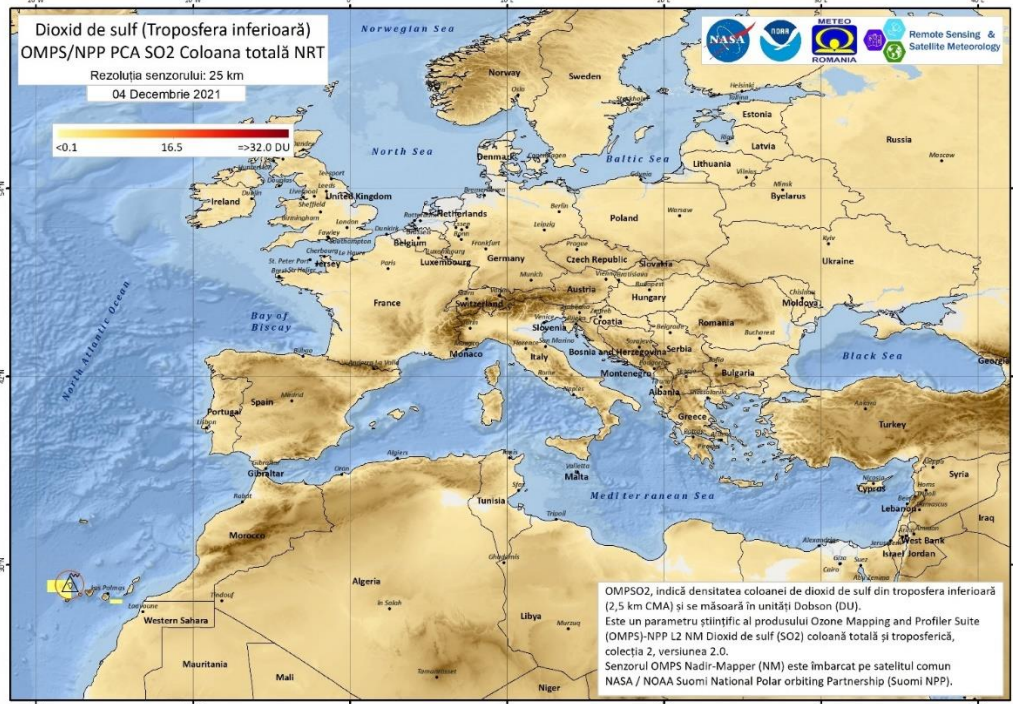
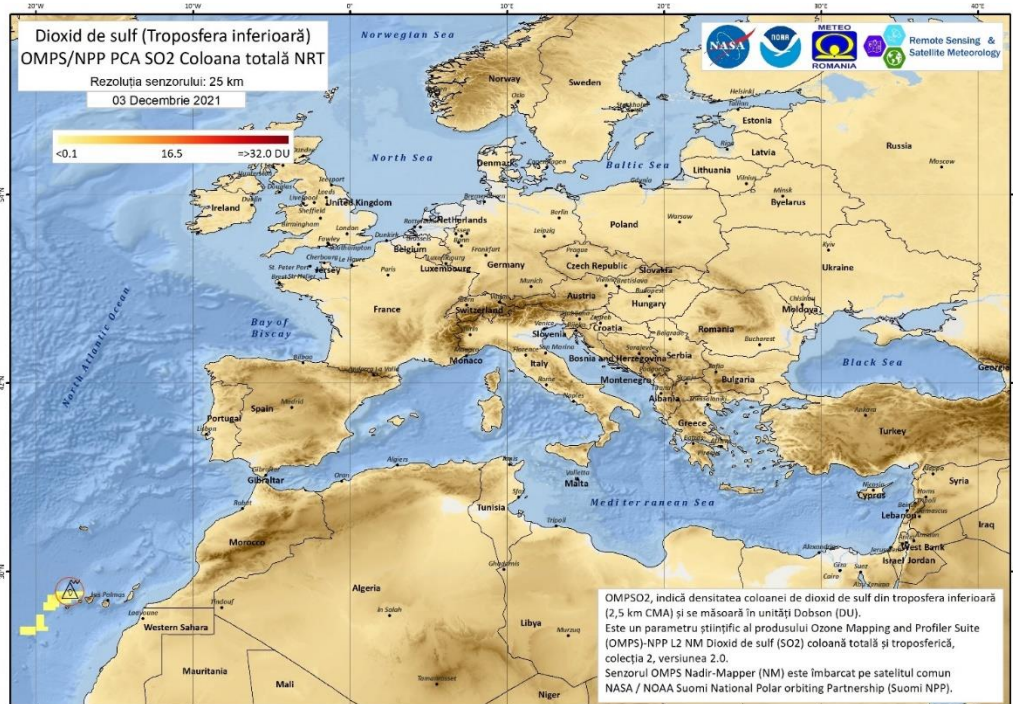


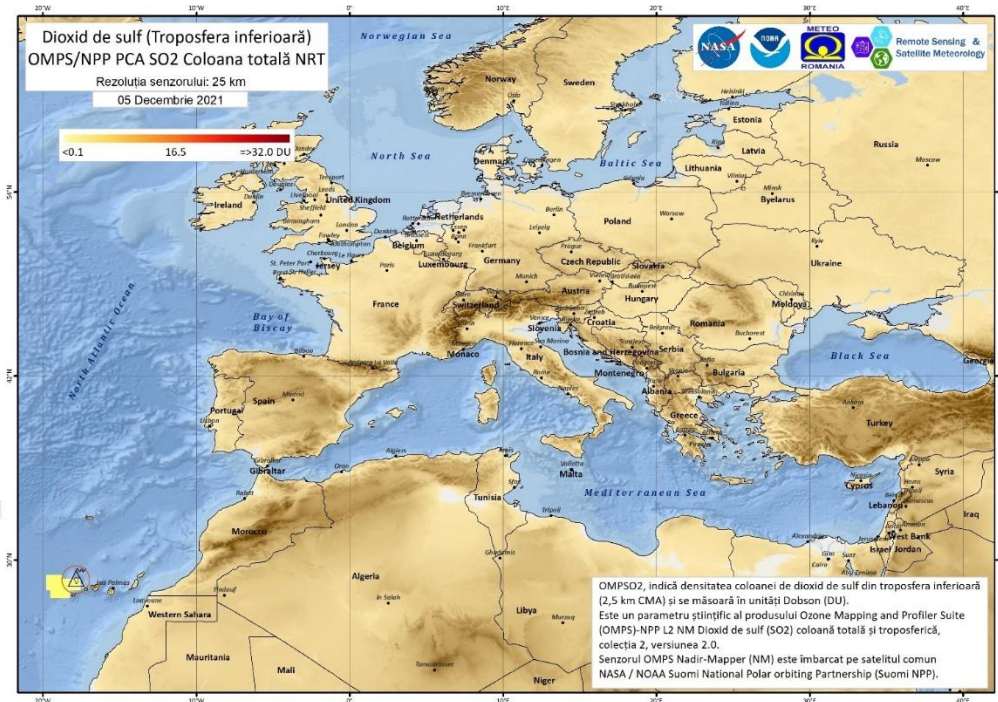












ANEXA II Activitatea vulcanică, monitorizarea evoluției scurgerii de lavă și acoperirea cu cenușă vulcanică din zona vulcanului Cumbre Vieja

