



**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ**

**“СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”**

**Физически факултет**

**Катедра Метеорология и геофизика**

**Национален институт по метеорология и  
хидрология**



**Изследване връзката на физико-химичните  
параметри на валежа и посоката на вятъра в  
ХМС Ахтопол**

**Дипломант: Лора Вълчева**

**Ръководител: доц. д-р Николай Рачев**

**доц. д-р Елена Христова (НИМХ)**

**22.04.2021г., София**

# Съдържание



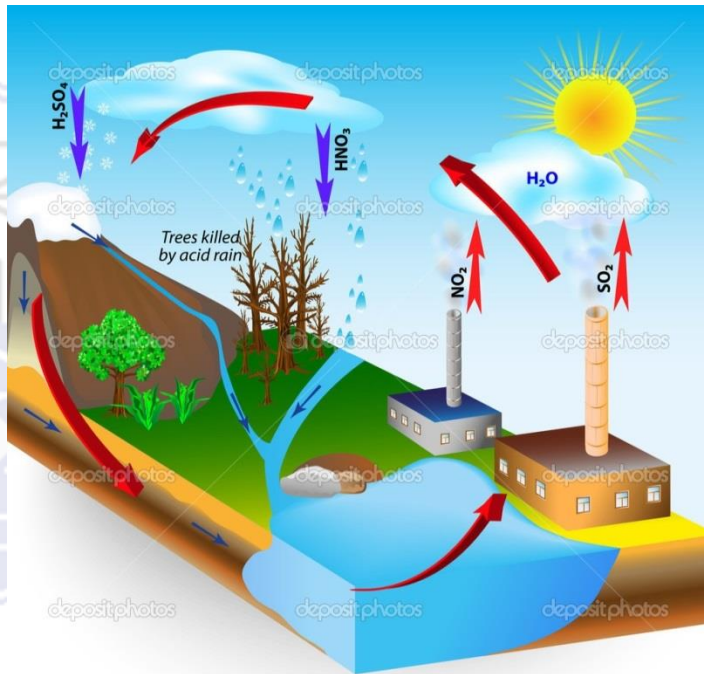
- **Актуалност и значимост на изследванията свързани с депозицията на замърсители**
- **Експериментална част**
  - **Изследване връзката на рН и посоката на вятъра в ХМС Ахтопол**
  - **Изследване връзката на рН и посоката на вятъра по сезони за пет годишен период**
  - **Физико-химични параметри на валежите и връзка с посоката на вятъра**
- **Изводи**



# Актуалност и значимост на изследванията свързани с депозицията на замърсители

Термина "киселинен дъжд" се отнася за **мокри** и **сухи** отлагания на киселинни замърсители.

- **Мокри отлагания** – дъжд, сняг, мъгла, суграшица
- **Сухи отлагания** – утаяване на частици или газове с киселинен състав



«Чистия», незамърсен валеж е с pH (5,6),



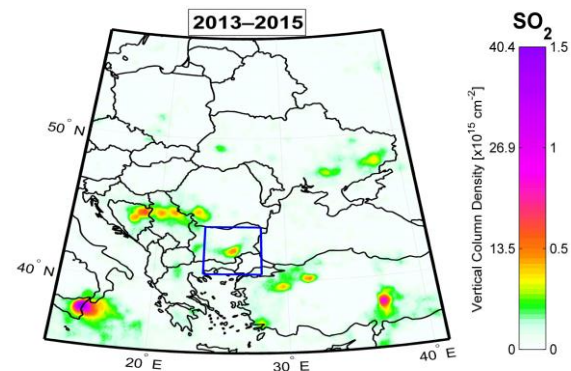
## Основни причинители:

- **Антропогенни** (изгаряне на изкопаеми горива, промишлени процеси, селско стопанство, третиране на отпадъците).
- **Естествен произход** (вулканичните изригвания, светкавици, пръските от морската вода, емисиите на летливи органични съединения от растенията).

# МОТИВАЦИЯ



- Вредно влияние на вещества като  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , ... върху човешкото здраве, екосистемите, сградите и материалите
- Емисиите на  $\text{SO}_2$  в EU намаляват, но тези на  $\text{NO}_x$  и  $\text{NH}_3$  са все още високи
- Също така, югоизточна Европа все още е гореща точка по отношение на емисиите от  $\text{SO}_2$



*Satellite observations of columnar  $\text{SO}_2$  (DU)*  
*Krotkov et al., 2016, ACP, 16, 4605–4629*

**Целта** на настоящата дипломна работа е да се изследва връзката на физикохимичните параметри на валежа и посока на вятъра в случаите на валеж в ХМС Ахтопол за периода 2015 – 2019г.

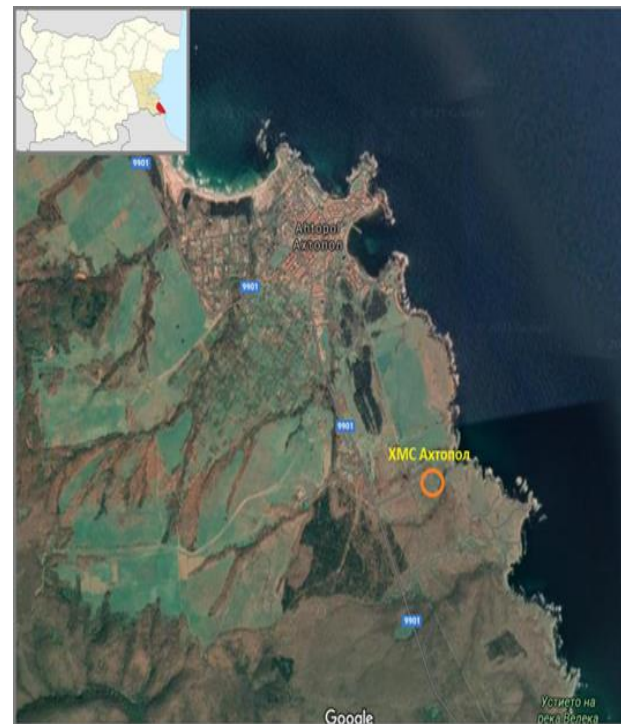


## Методи на изследване

- Място на изследване - ХМС Ахтопол на НИМХ (42°05'N, 27°57'E)
- Период на изследване - 2015-2019г.
- Използвани данни:
  - количество валеж, рН на валеж, посока и скорост на вятъра за 595 броя дни с валеж,
  - концентрации на основни йони и елементи във валежни проби в периода юни – декември 2017 г.

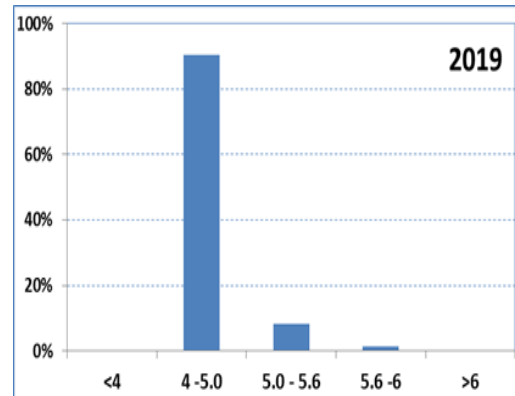
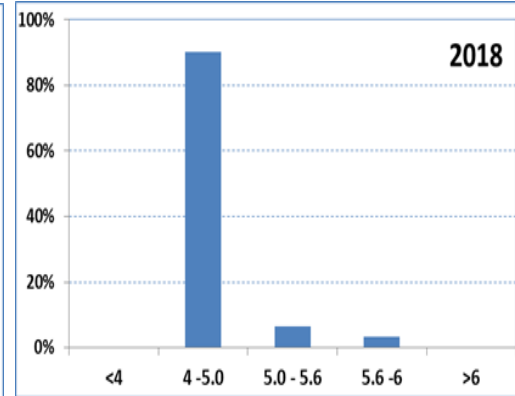
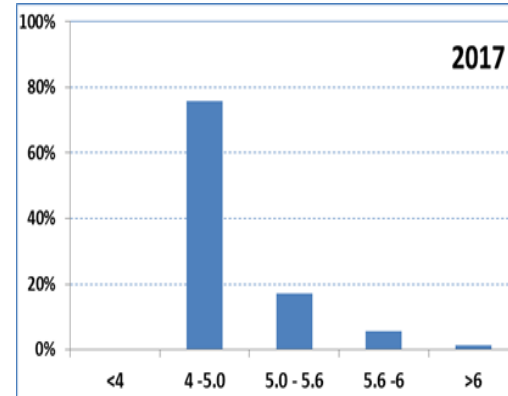
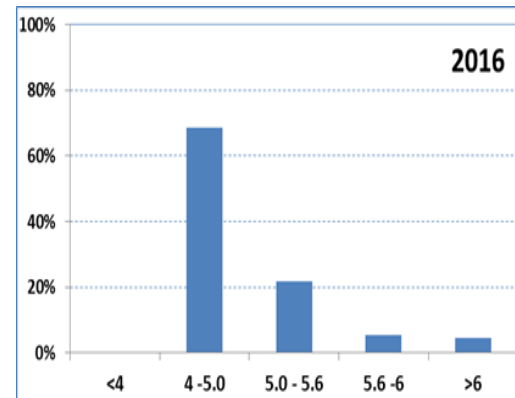
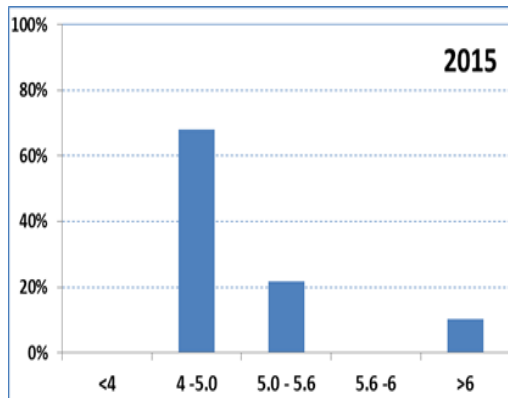
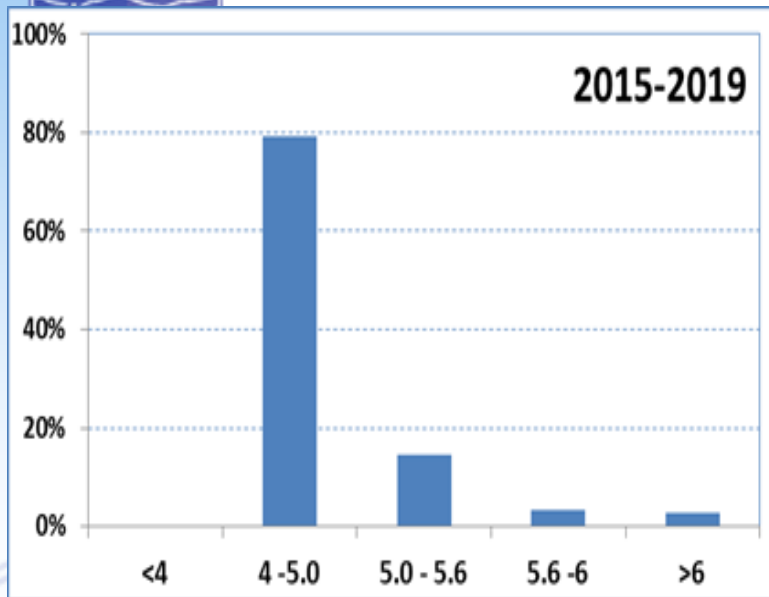


Мрежа по химия на валежите към НИМХ



Карта с местоположението на ХМС Ахтопол

# Разпределение на честотата на рН в проби от валеж в ХМС Ахтопол за периода 2015 – 2019г.



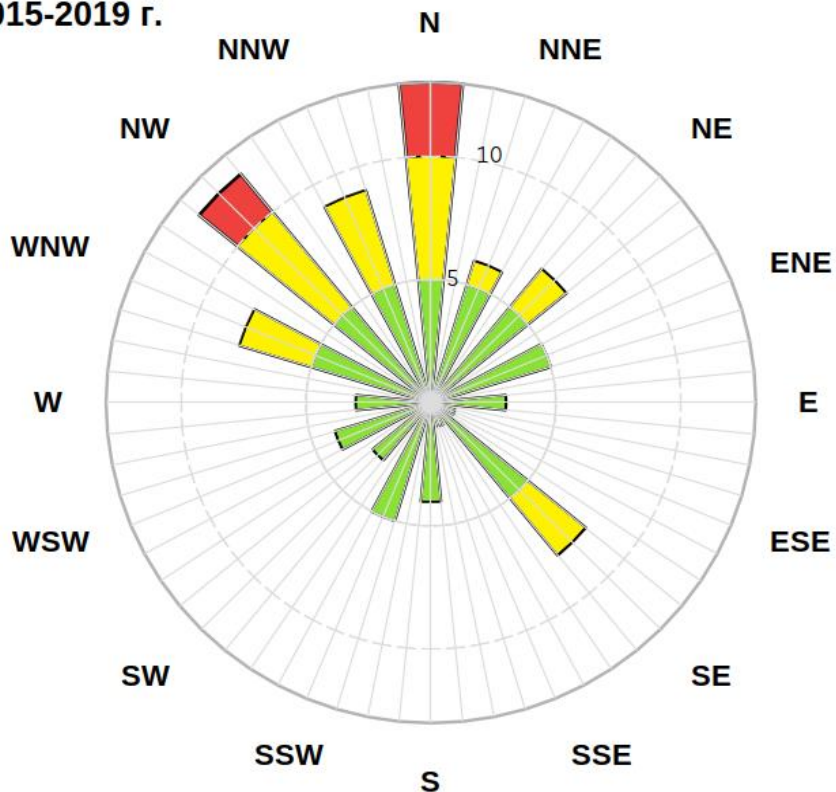
- 79% са в киселата област
- 14 % - слабо киселинната област
- 3% в неутралната област и алкалната

Стойностите, спрямо които се оценява киселинно-алкалния състав на валежите, са: **pH= 5,6 – неутрални, pH< 5,6 слабо киселинни, pH< 5 – киселинни, pH> 5,6 слабо алкални, pH> 6 – алкални.**



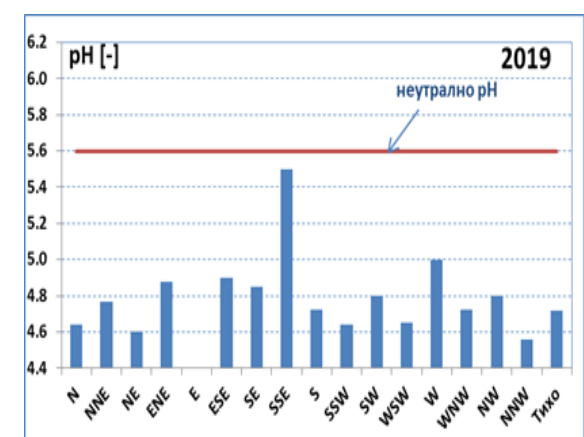
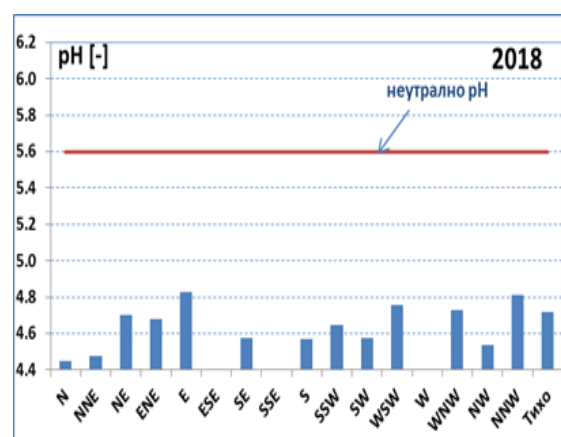
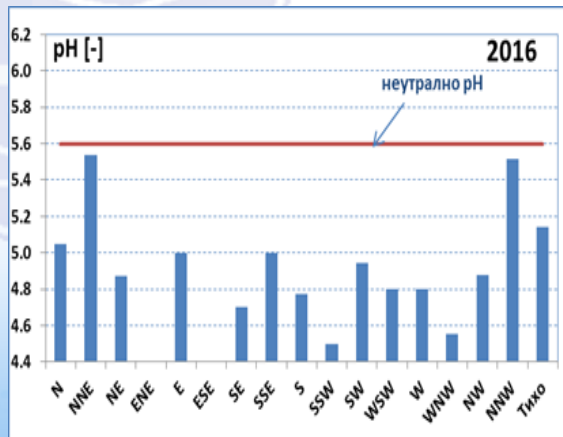
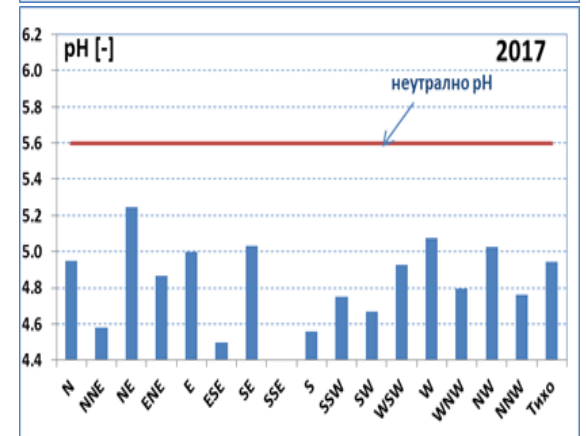
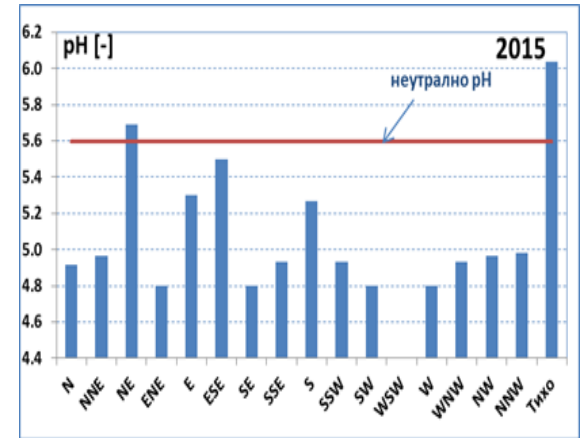
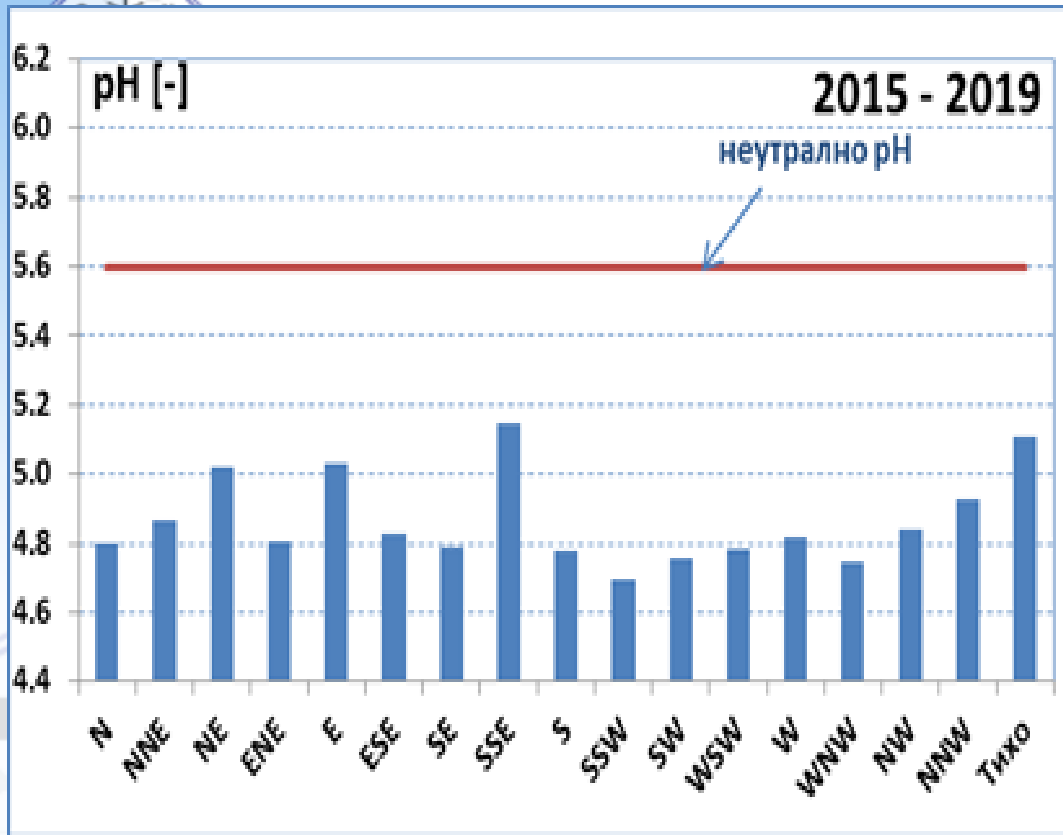
## Разпеделение на честотата на посоката на вятъра в случайте на валеж в ХМС Ахтопол за периода 2015 – 2019г.

2015-2019 г.



- най-голям процент (13%) е от север (N) и (12%) от NW
- следван от (NNW) (9%)
- най-малък е процентът на посоката на вятъра (1%) (ESE) и (SSE).

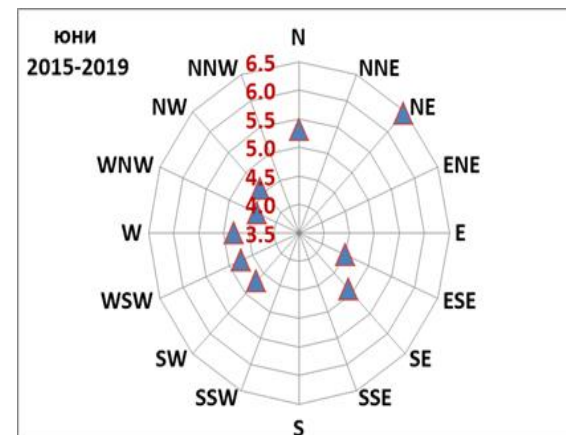
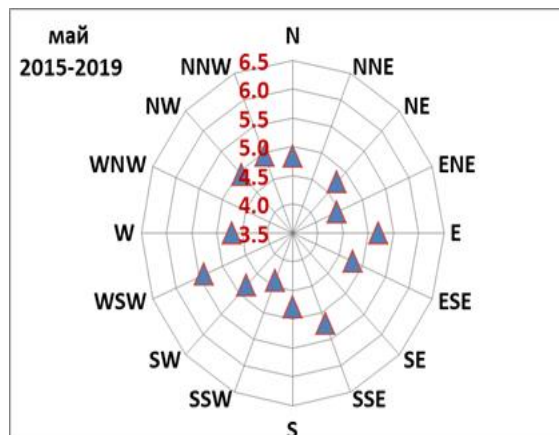
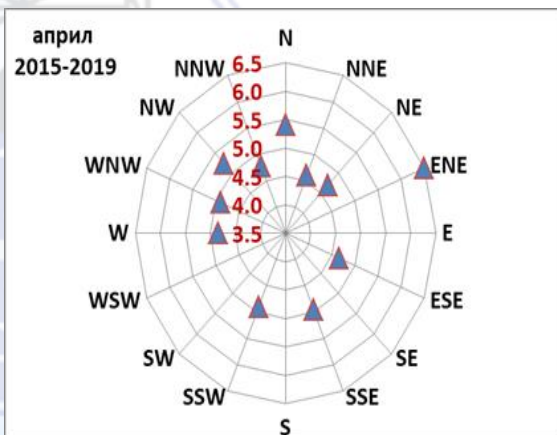
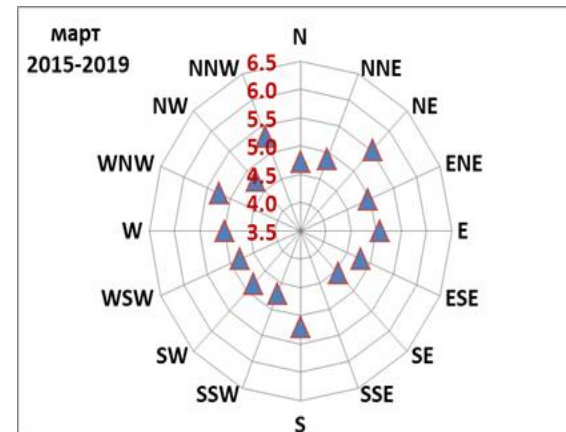
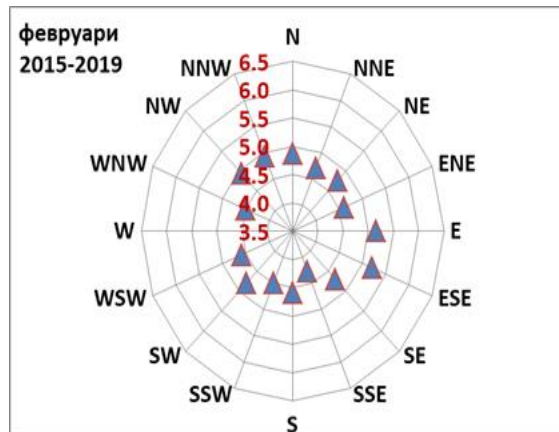
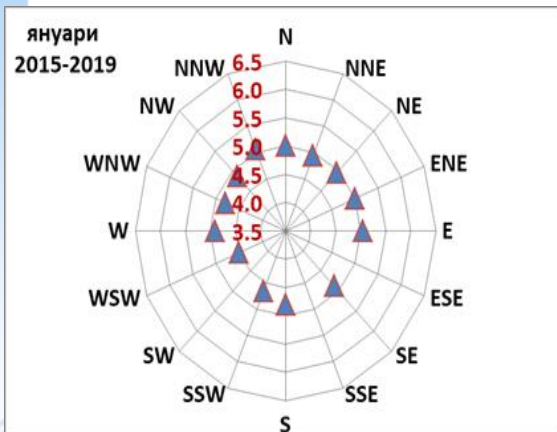
# Средни стойности на рН на валежа за всички посоки на вятъра





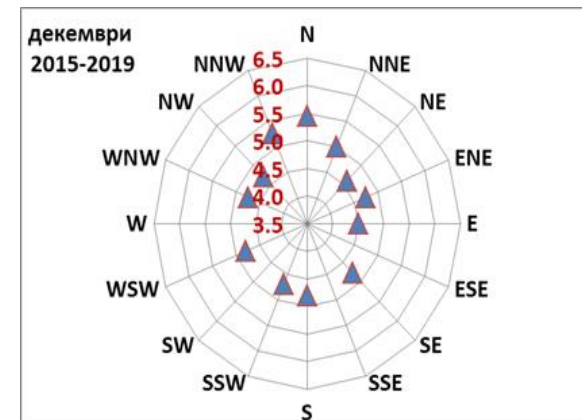
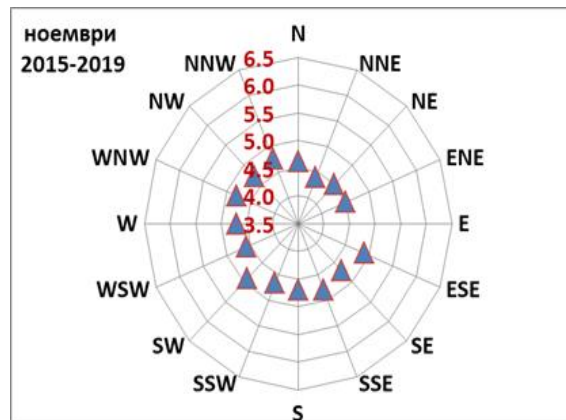
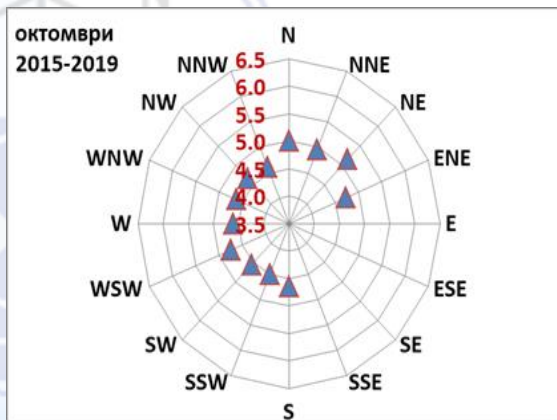
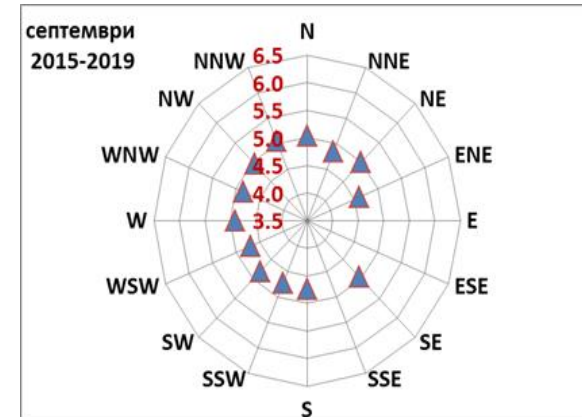
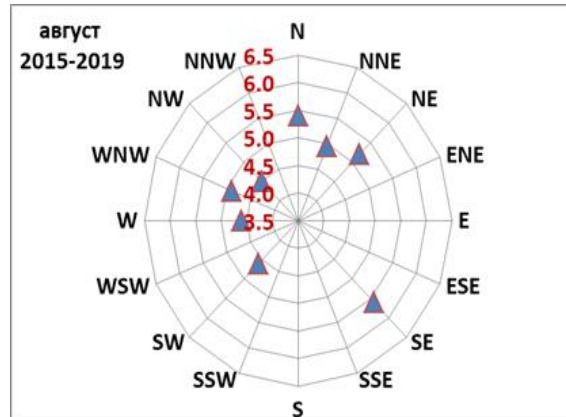
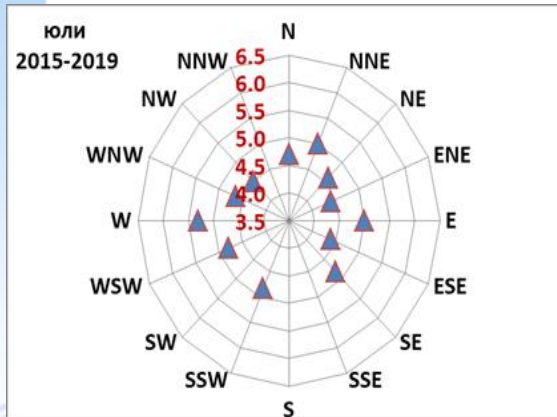


# Зависимост на средните стойности на рН и посоката на вятъра за случаите на валеж за отделните месеци за периода 2015 -2019г.





# Зависимост на средните стойности на рН и посоката на вятъра за случаите на валеж за отделните месеци за периода 2015 -2019г.



# Анализ на физико-химични параметри за периода юни – декември 2017



pH на валежа е резултат от киселинно-алкални реакции в облачните капчици



юни - декември 2017



21 проби



## Anion



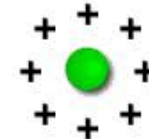
$\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$

*Ion Chromatograph  
(ICS 1100, DIONEX)*

## Химичен анализ

pH и EC

## Cation



Ca, Mg, K, Na, Fe, Si,  
Zn, Cu,  $\text{NH}_4^+$

*ICP OES (Vista MPX CCD)  
Spectrophotometer S-20*



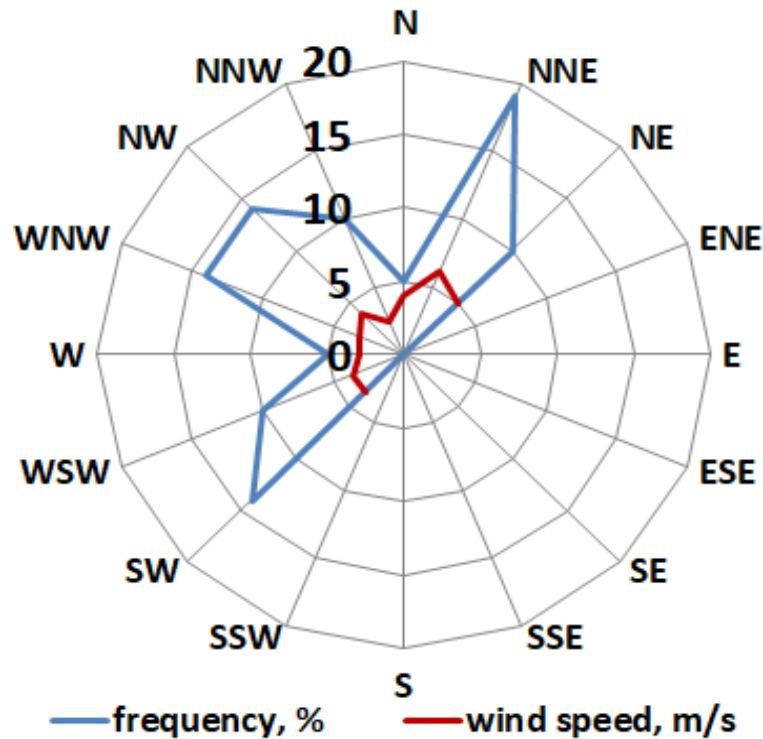
## Концентрации на анализираните елементи (mg.l<sup>-1</sup>), pH (-), EC (μS.cm<sup>-1</sup>) в проби от валеж в ХМС Ахтопол за периода юни до декември на 2017г.

	Min	Max	Mean	SD	n
pH	4.40	7.30	5.73	0.75	21
EC	11.30	87.80	32.35	18.57	19
Cl <sup>-</sup>	0.25	35.74	<b>6.11</b>	9.58	21
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.35	5.41	1.65	1.30	21
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.59	9.15	<b>2.58</b>	2.22	21
nss SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.52	7.68	<b>1.84</b>	1.60	21
Ca	0.11	2.40	0.84	0.75	21
K	0.10	1.11	0.46	0.30	19
Mg	0.04	2.17	0.46	0.60	21
Na	0.11	16.99	<b>2.97</b>	4.77	21
Cu	0.01	0.02	0.01	0.01	3
Fe	0.01	0.03	0.02	0.01	12
Si	0.07	0.14	0.11	0.03	7
Zn	0.01	0.78	0.15	0.19	18
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.06	2.30	0.45	0.54	20

корекция в концентрацията на сулфатите  $[nss\_SO_4^{2-}] = [SO_4^{2-}] - (0.25 \times [Na])$  (WMO, 2004).



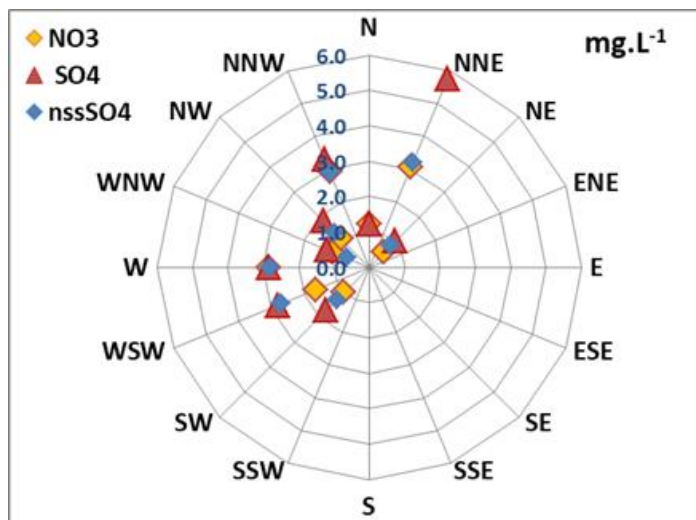
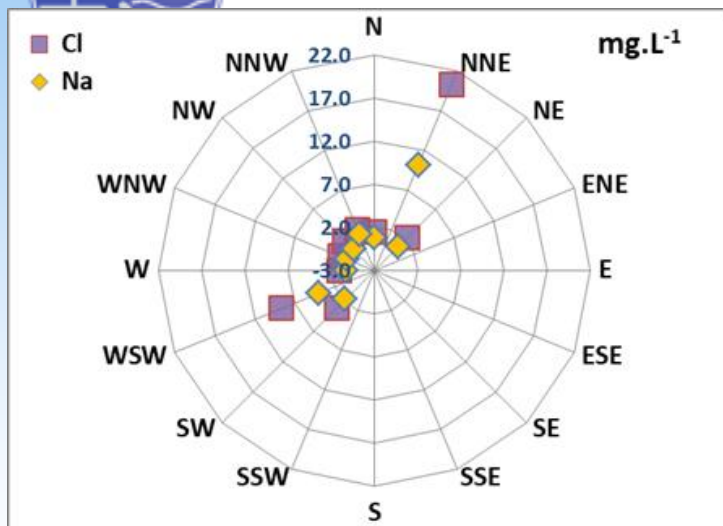
## Роза на вятъра за периода на изследване юни-декември 2017г. за случаите на валеж



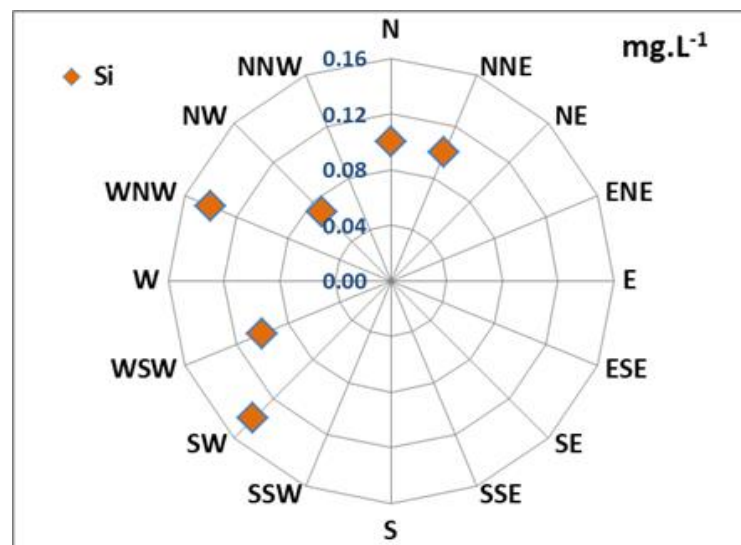
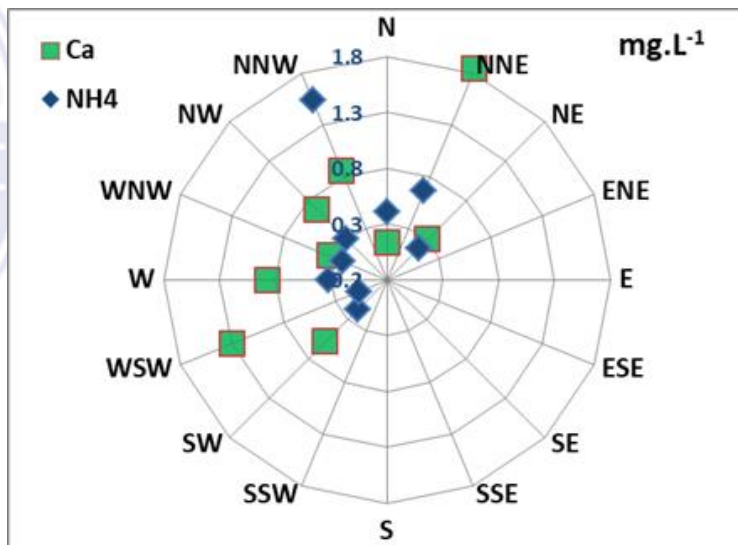
- най-голяма честота на посоката на вятъра (19%) е от (NNE)
- следван от WNW, NW, SW (14%), NNW, WSW и NE (10%)



## Средни концентрации на елементи киселяващи и неутрализираци валежите



- средните концентрации на киселяващите елементи (ляво хлор и натрий)
- елементите характерни за морския аерозол (дясно нитрати и сульфати)

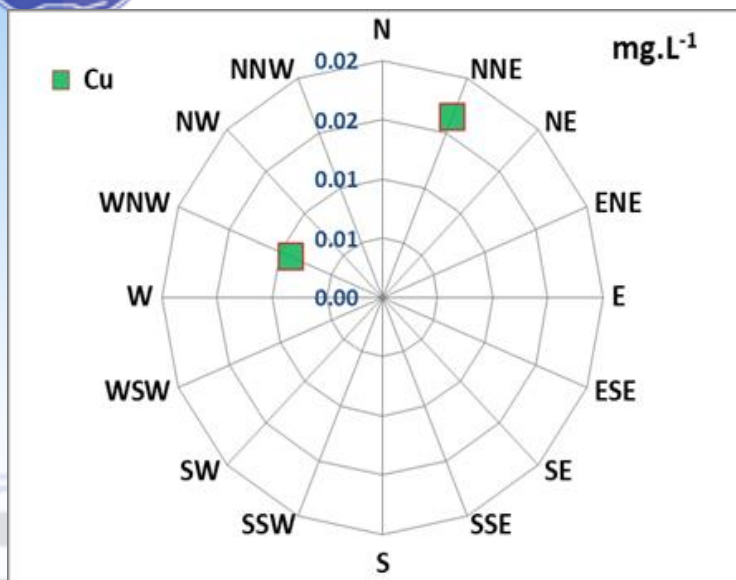


- средни концентрации на елементи неутрализираци валежа (ляво - калций и амониєви йони, (дясно - силиций)

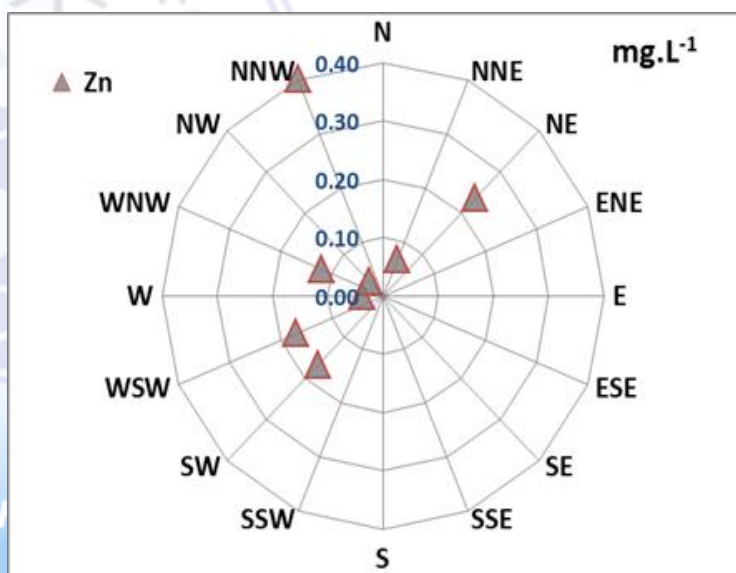




## Средни концентрации на металите Cu и Zn в зависимост от посоката на вятъра в случаите на валеж



- Най-висока стойност за Cu е получена при посока на вятъра север-североизток



- Най-висока стойност за Zn е получена при посока на вятъра север-северозапад



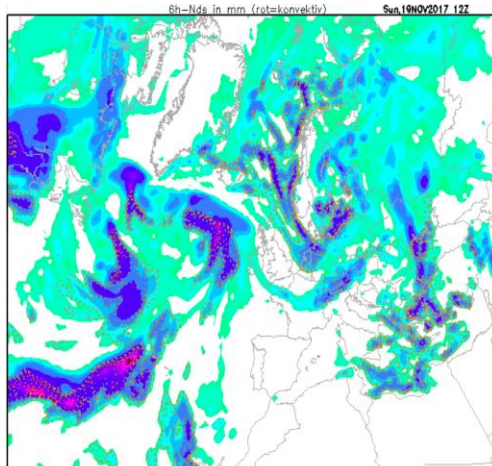
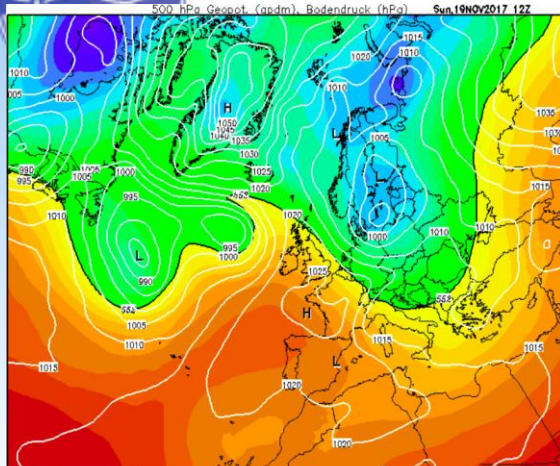
# Анализ на синоптичната обстановка за избрани случаи

- Американската агенция за океаните и атмосферата HYSPLIT (<https://www.ready.noaa.gov/>)  
Използвани са три височини при анализ на обратни траектории:  
**500, 1000 и 1500 м.**  
Изчисления за **72ч.**  
Анализа на синоптичната обстановка за **12 и 19 ноември 2017г.**
- Атмосферни реанализи на GFS (<http://www1.wetter3.de/Archiv/>)
- Приземни карти на Германска метеорологична служба DWD ([http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv\\_dwd.html](http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html))
- Данни от атмосферен сондаж в Истанбул (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)
- Данни от Барселонския център за прогноза на праха NMMB/BSC-Dust (<https://dust.aemet.es/forecast/>)



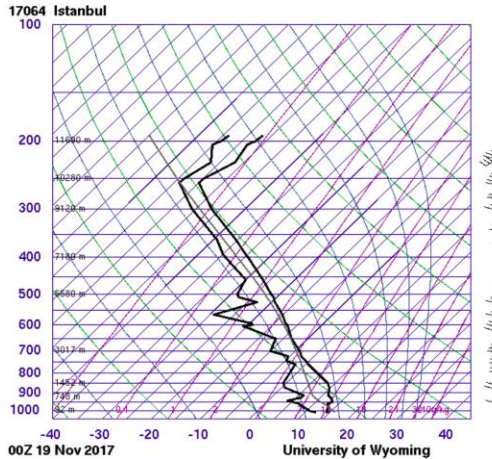
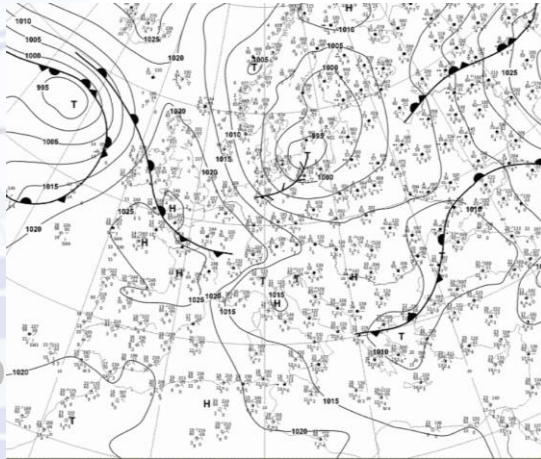


# Случай 1. Валеж на 19 ноември 2017

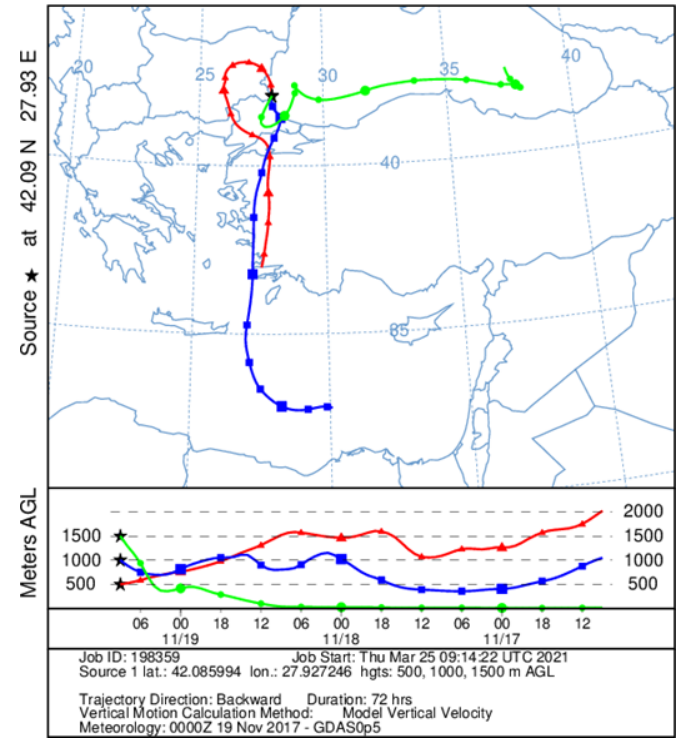


Data: CFS reanalysis 0.500°  
 (C) Wetterzentrale  
 www.wetterzentrale.de

Data: CFS reanalysis 0.500°  
 (C) Wetterzentrale  
 www.wetterzentrale.de



NOAA HYSPLIT MODEL  
 Backward trajectories ending at 0900 UTC 19 Nov 17  
 GFSG Meteorological Data



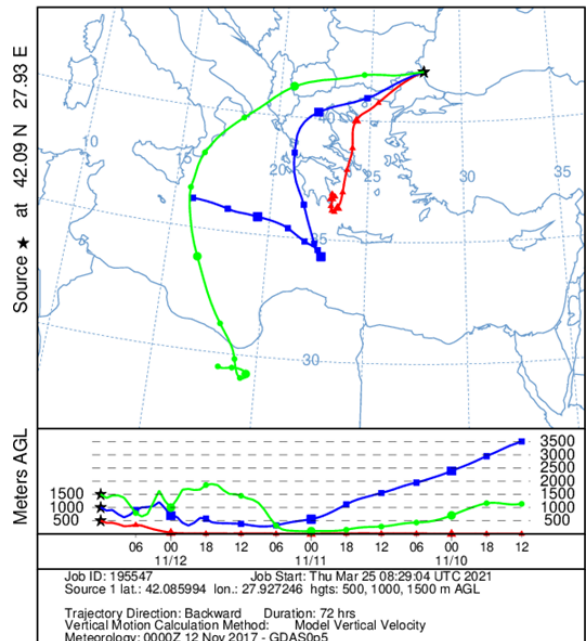
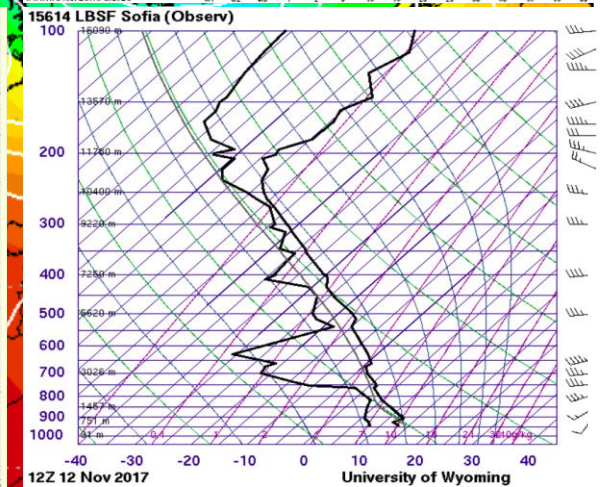
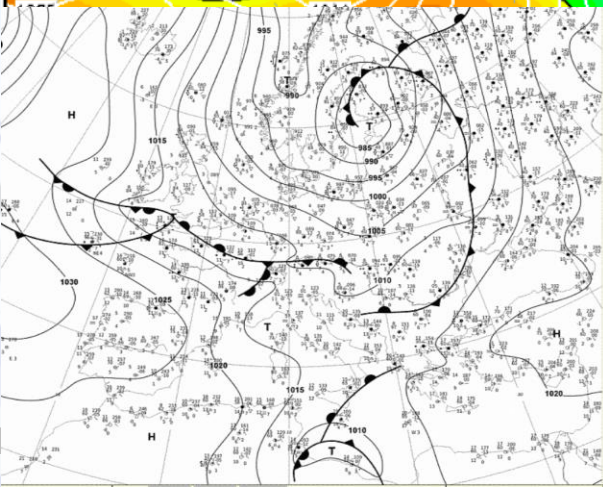
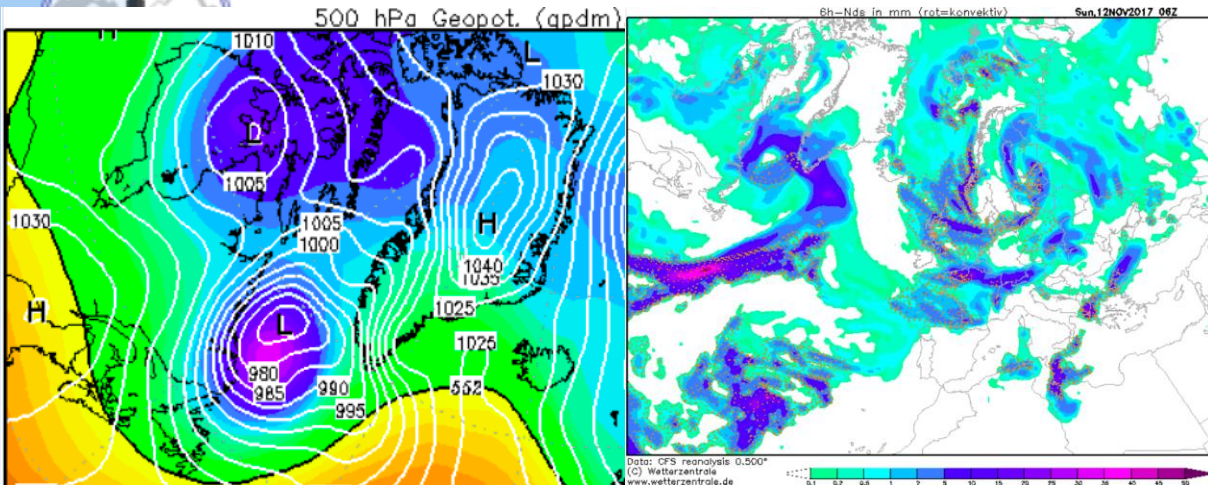
Job ID: 198359 Job Start: Thu Mar 25 09:14:22 UTC 2021  
 Source 1 lat.: 42.085994 lon.: 27.927246 hgts: 500, 1000, 1500 m AGL  
 Trajectory Direction: Backward Duration: 72 hrs  
 Vertical Motion Calculation Method: Model Vertical Velocity  
 Meteorology: 0000Z 19 Nov 2017 - GDAS0p5

189

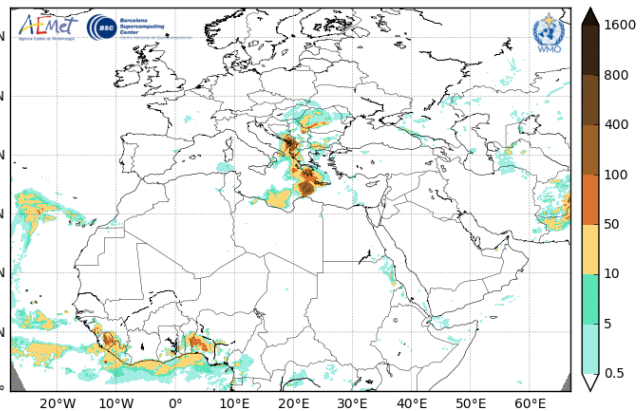
pH [-]	EC [uS/cm]	Q [mm]	Хлориди Cl	Нитрати NO <sub>3</sub>	Сулфати SO <sub>4</sub>	Калций Ca	Калий K	Магнезий Mg	Натрий Na	Желязо Fe	Цинк Zn	Амониеви йони NH <sub>4</sub>
4.9	39.4	6.2	2.66	3.00	4.25	0.85	0.72	0.29	2.67	0.007	0.78	2.30

# Случай 2. Валеж на 12 ноември 2017

NOAA HYSPLIT MODEL  
Backward trajectories ending at 1200 UTC 12 Nov 17  
GFSG Meteorological Data



Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>  
NMMB/BSC-Dust Res: 0.1°x0.1° 3h Acc. Dust Wet Depos. (mg/m<sup>2</sup>)  
Run: 12h 12 NOV 2017 Valid: 06h 13 NOV 2017 (H+18)



Data: CFS reanalysis 0.500°  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

pH [-]	EC [uS/cm]	Q [mm]	Хлориди Cl	Нитрати NO <sub>3</sub>	Сулфати SO <sub>4</sub>	Калций Ca	Калий K	Магнезий Mg	Натрий Na	Силиций Si	Цинк Zn
5.60	44.90	6.00	5.92	1.93	3.24	1.11	0.36	0.51	3.71	0.14	0.02



# Изводи - 1

- **79%** от получените резултати за целия период са в **киселата област** (от 4.0 до 5.0), 14% - слабо киселинната област (5.0-5.6), едва 3% - неутрална област (5.6-6) и алкалната (>6).
- Потърсената **връзка между рН на валежа и посока на вятъра** показва, че
  - в диапазона на слабо киселинни попадат валежите при посока на вятъра E, NE, SSE и при тихо време.
  - в киселинната област са валежите при посока на вятъра ENE, ESE, N, NNE, NNW, NW, S, SE, SSW, W, WNW и WSW.
  - през пролетните месеци (март, април и май) стойности на рН на валежа близки до неутралната област (~5.6) са получени при посока на вятъра S, NE, NNW за март; SSW, SSE, N за април; WNW, SSE за май;
  - за летните месеци са N, SE за юни, W за юли; N, SE, NE за август
  - стойности на рН в алкалната област са получени само при посока на вятъра в случаите на валеж от ENE за април и от NE за юни.

**! Не се наблюдава ясна зависимост на стойностите на рН на валежа с посоката на вятъра**



## Изводи - 2

- Физико-химичният анализ на валежните проби за периода юни-декември 2017 показва, че най-висока е средната концентрация са  $\text{Cl}^-$ , следвани от  $\text{Na} > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Ca} > \text{K} \sim \text{Mg} > \text{NH}_4^+ > \text{Zn} > \text{Si} > \text{Fe} > \text{Cu}$ .
- Най-високи средни концентрации за  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NaSO}_4^{2-}$  са получени за валежите при посока на вятъра от север-североизток.
- Изследвана е синоптичната обстановка за два избрани случая (12 и 19 ноември 2017) на валеж в станция Атопол :
  - **Случай 1** – рН на валежа в киселинната област (19 ноември) с измерена най-висока концентрация на амониеви йони и високи концентрации на сулфати и нитрати.

*Възможен регионален пренос на замърсители в ХМС Ахтопол*

- **Случай 2** – рН на валежа в неутралната област (12 ноември) с високи концентрации на  $\text{Si}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$

*Въздушните маси над Балканския полуостров, в това число и България, са повлияни от пренос на Сахарски пясък.*

Събраните нови данни допринасят за по-добро познаване на физико-химичните процеси в атмосферата. Продължаването на този вид изследвания са от съществена важност както за района, така и за страната.



# БЛАГОДАРНОСТ

Част от това изследване е извършено в рамките на проект „Изследване на процеси на пренос и депозиция на атмосферни замърсители в България“ (№ ДН-04/4-15.12.2016) по Фонд Научни Изследвания, начало 2017-текущ <http://meteorology.meteo.bg/deposition/index-bg.html>



Благодаря за вниманието!

