



**Тема на проекта: Мониторинг на  
съвременните движения на земната кора в  
България и на нивото на Черно море**

проф. д-р Николай Димитров

доц. д-р Антон Иванов

Национален Институт по Геофизика, Геодезия и География - БАН



## Цели и мотивация



Департамент Геодезия към НИГГГ поддържа две национални мониторингови мрежи на територията на България.

Перманентна GNSS (Global Navigation Satellite Systems) мрежа.

Мрежата от станциите от Мареографната мрежа на Черно море.

Департамент Геодезия поддържа и създадената през 1996-1997 година Геодинамична GPS мрежа в района на Централна-Западна и Югозападна България.



## Планирани дейности



1. Обработка и анализ на данните от Перманентната GNSS (Global Navigation Satellite Systems) мрежа. Геоложки и геодинамичен анализ на получените резултати. Очакван резултат – скоростите на движение на точките от мрежата.
2. Обработка и анализ на данните от непрекъснатото регистриране на морското ниво от Мареографните станции в Бургас и Варна. Включително Обработка и анализ на данните от перманентния ГНСС приемник в Бургас. Инсталиране на перманентен ГНСС приемник при мареографа във Варна, въвеждането му във работен режим, запис на данните и обработка и анализ на резултатите.
3. Частични ГНСС измервания на Геодинамична мрежа в района на Централна-Западна и Югозападна България. Обработка и анализ на резултатите, които ще се използват за по-детайлно изследване на геодинамичната обстановка в района. Геоложки и геодинамичен анализ на получените резултати.
4. Популяризиране научно приложните резултати получени по проекта чрез участие в международни конференции и публикации в списания с импакт фактор, включително и такива с отворен достъп, създаване на интернет страница на проекта, съобщения в медиите и социалните мрежи.



## Очаквани резултати



Осигуряване на надеждна работа на Перманентната ГНСС;  
Осигуряване на надеждна работа на Центъра за анализ;  
Получаване на оценки за скоростите на точките от Перманентната GNSS мрежа;  
Получаване на оценки за съвременните движения на земната кора в района;  
Комплексен анализ на геодезическата и геоложката информация за територията;  
Резултати от анализа на мареографните данни: средното морско ниво, тренд, дългопериодични приливни компоненти;



## Извършени дейности по проекта

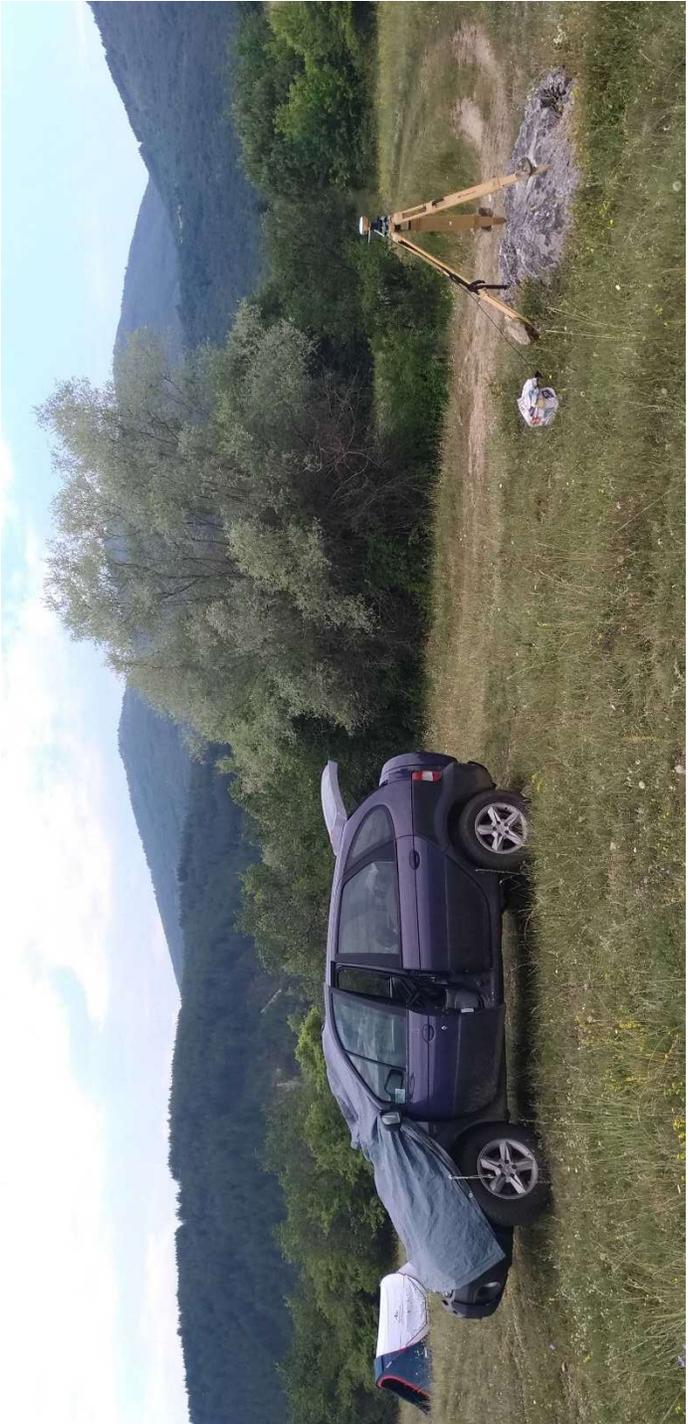
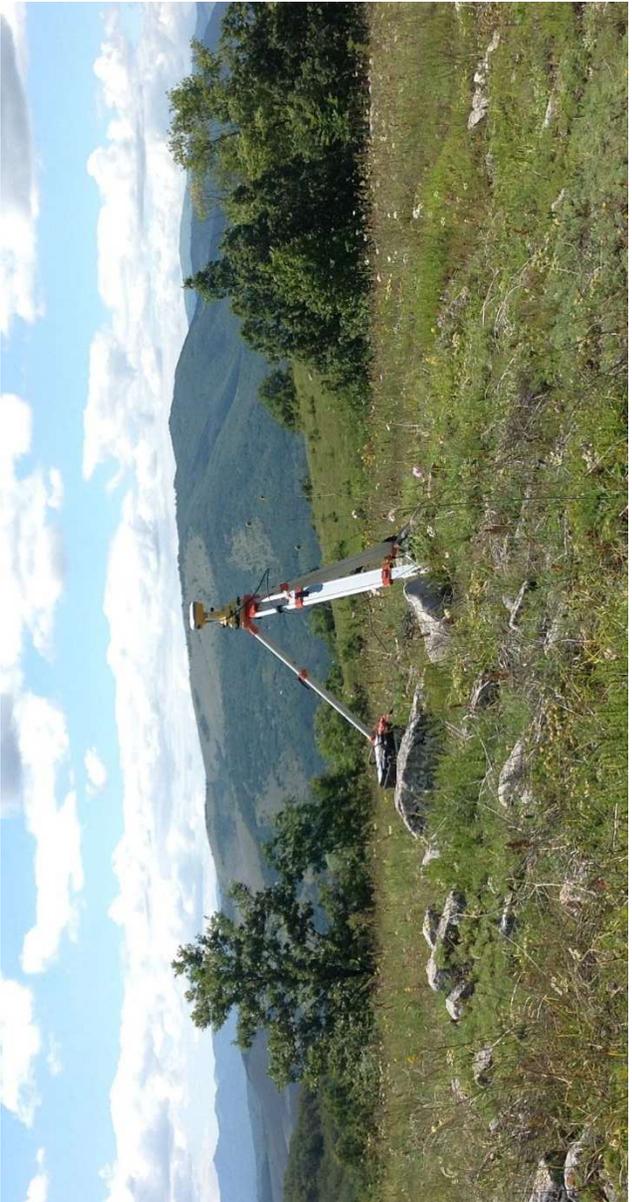


Дейностите по програмата на проекта започнаха с закупуване на 4 компютри с голям обем памет за съхранение на данните от перманентната мрежа. Инсталирани са и вече работят като събира и съхранява данните от всички перманентни станции. На тях се извършва и обработката на измерванията.

Закупени са два GNSS приемника. Приемниците са инсталирани в Сандански и Панагюрище.

През целият изминал период продължава обработката на данните от Перманентна GNSS (Global Navigation Satellite Systems) мрежа на НИГГГ. Използва се съвременен софтуер за обработка и анализ на GPS/GNSS измервания: GAMIT/GLOBK, разработен в Масачузетския технологичен институт: Bernese 5.4, на Астрономическия институт на Университета в Берн и др.

Извършени са частични GNSS измервания на създадената през 1996-1997 година Геодинамична GPS мрежа в района на Централна-Западна и Югозападна България. Измерени са 12 точки, като част от тях са новодобавени и по този начин съгъстват мрежата и дават възможност за по-детайлна геодинамична интерпретация на получените резултата.





## Резултати



GNSS данните предоставят количествени стойности за хоризонталната деформация на земната кора в България. Тези стойности показват тенденция на нарастване от нула до значителни в посока от север на юг.

За югозападна България скоростите показват тенденция на нарастване от север (1-2 мм/год.) (Старапланинският хребет) на юг - границите с Гърция, достигайки до 4 мм/год. Това са най-високите скорости за страната. Скоростите за България са значително по-ниски от тези в южната част на Егейската зона, но определено показват наличието на активна тектонска деформация.

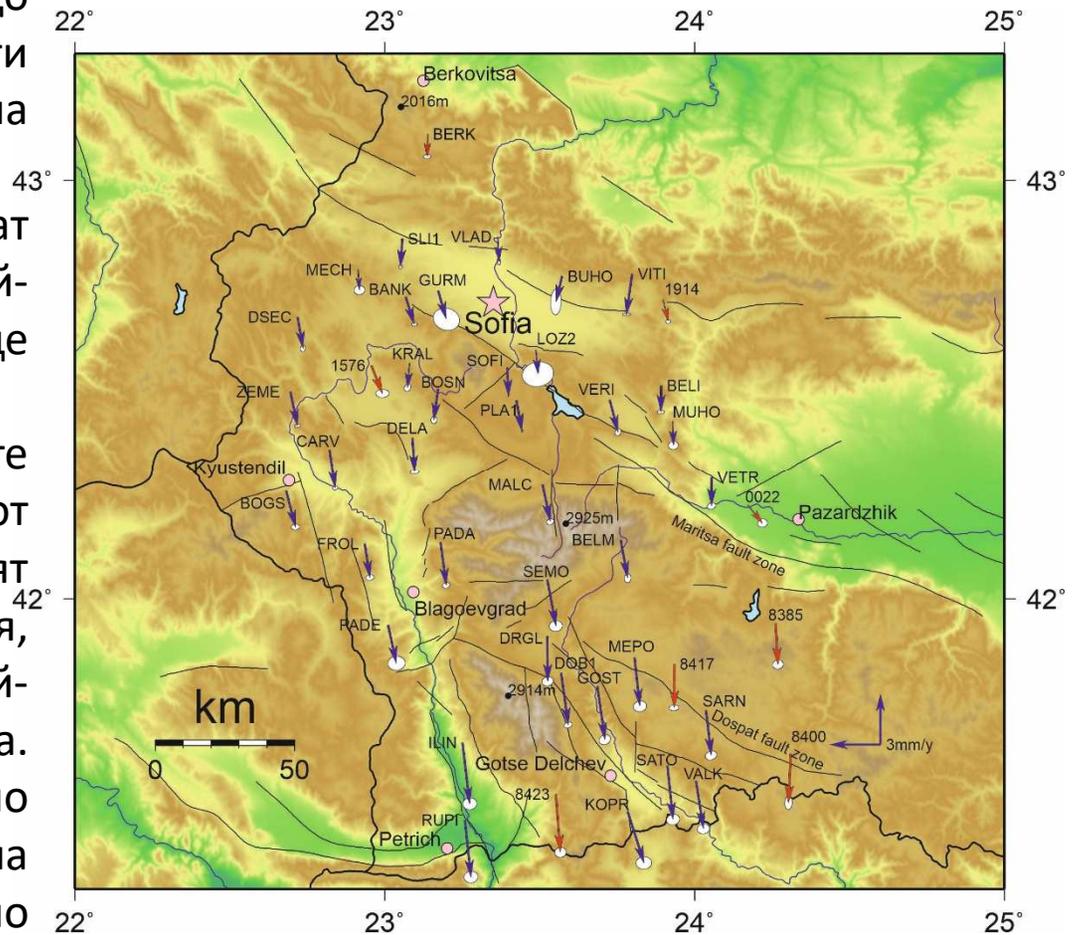
Получените до момента резултати предоставят надеждна количествена и кинематична картина на активната тектоника на България, като те са с висока точност и надеждност.

Поради относително ниските скорости на деформации е необходим по-дълъг период на наблюдение и нови измервания за цялата територия на страната, за да се получи по-детайлна картина в регионален план и да се изясни геодинамичната картина.

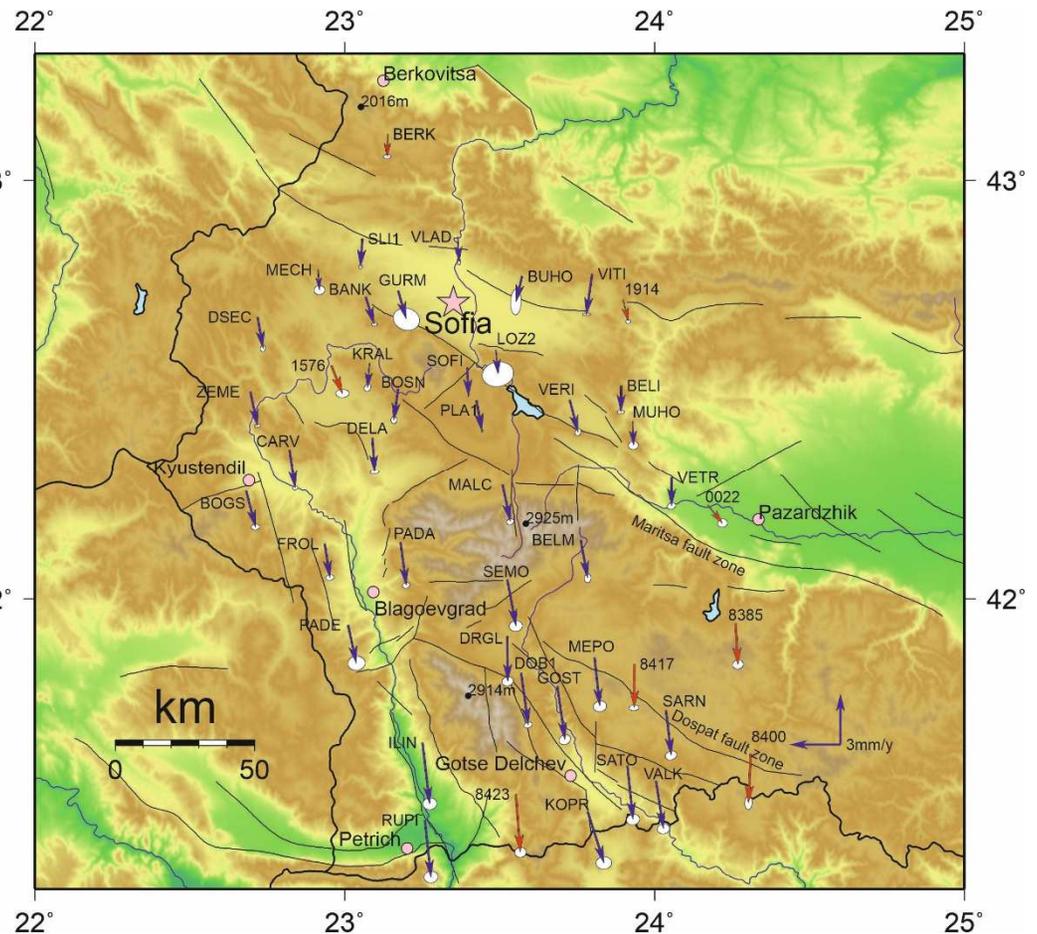
- Всички скорости са в южна посока. Те са в границите от 1,5 mm/година до малко над 3 mm/година, почти достигайки 4 mm/година (станциите на юг от DOB1).

- Скоростите на точките се увеличават от север на юг. Ясно нарастват в най-южната част на страната (около Гоце Делчев).

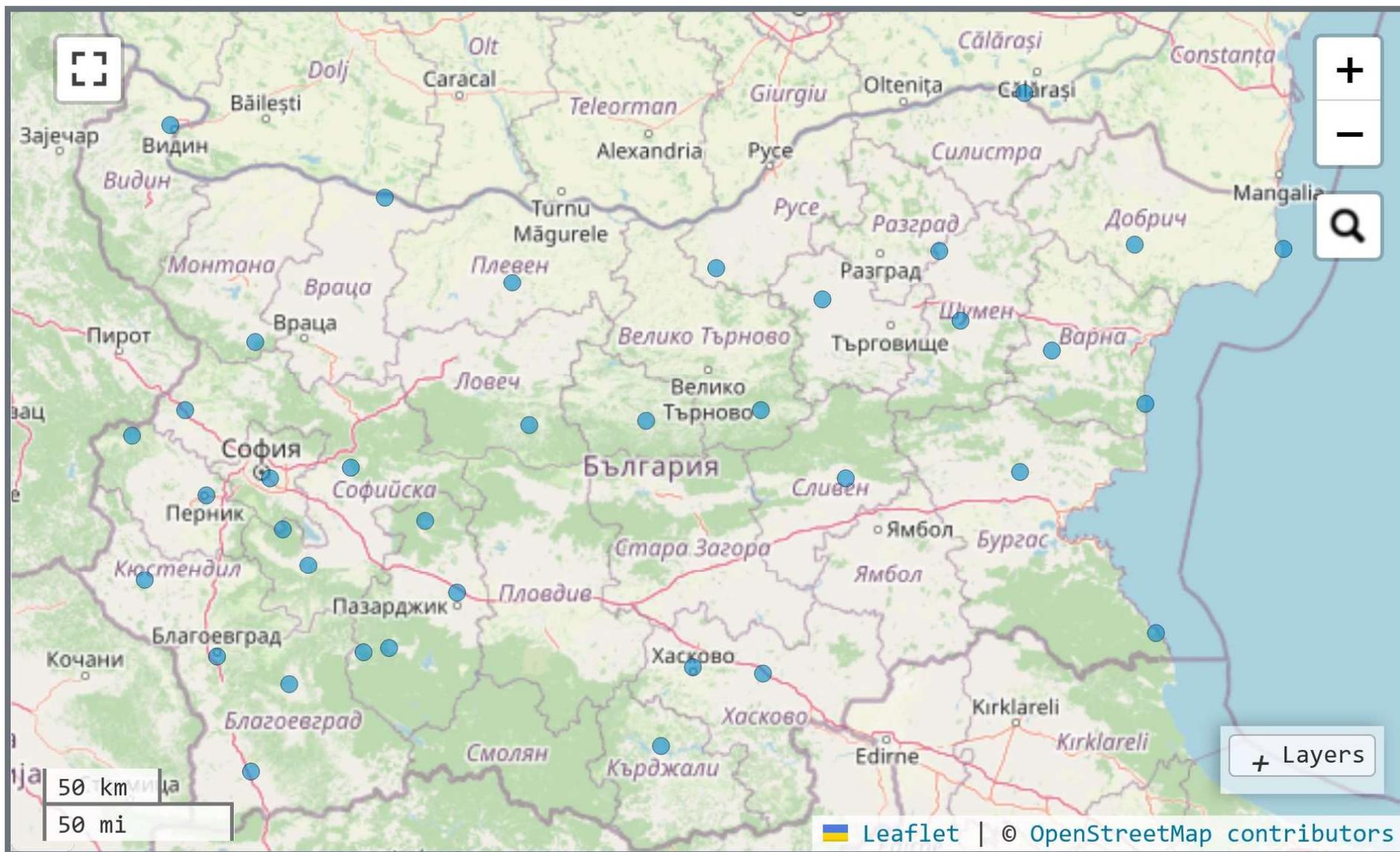
За югозападна България скоростите показват тенденция на нарастване от север (1-2 мм/год.) (Старапланинският хребет) на юг - границите с Гърция, достигайки до 4 мм/год. Това са най-високите скорости за страната. Скоростите за България са значително по-ниски от тези в южната част на Егейската зона, но определено показват наличието на активна тектонска деформация.



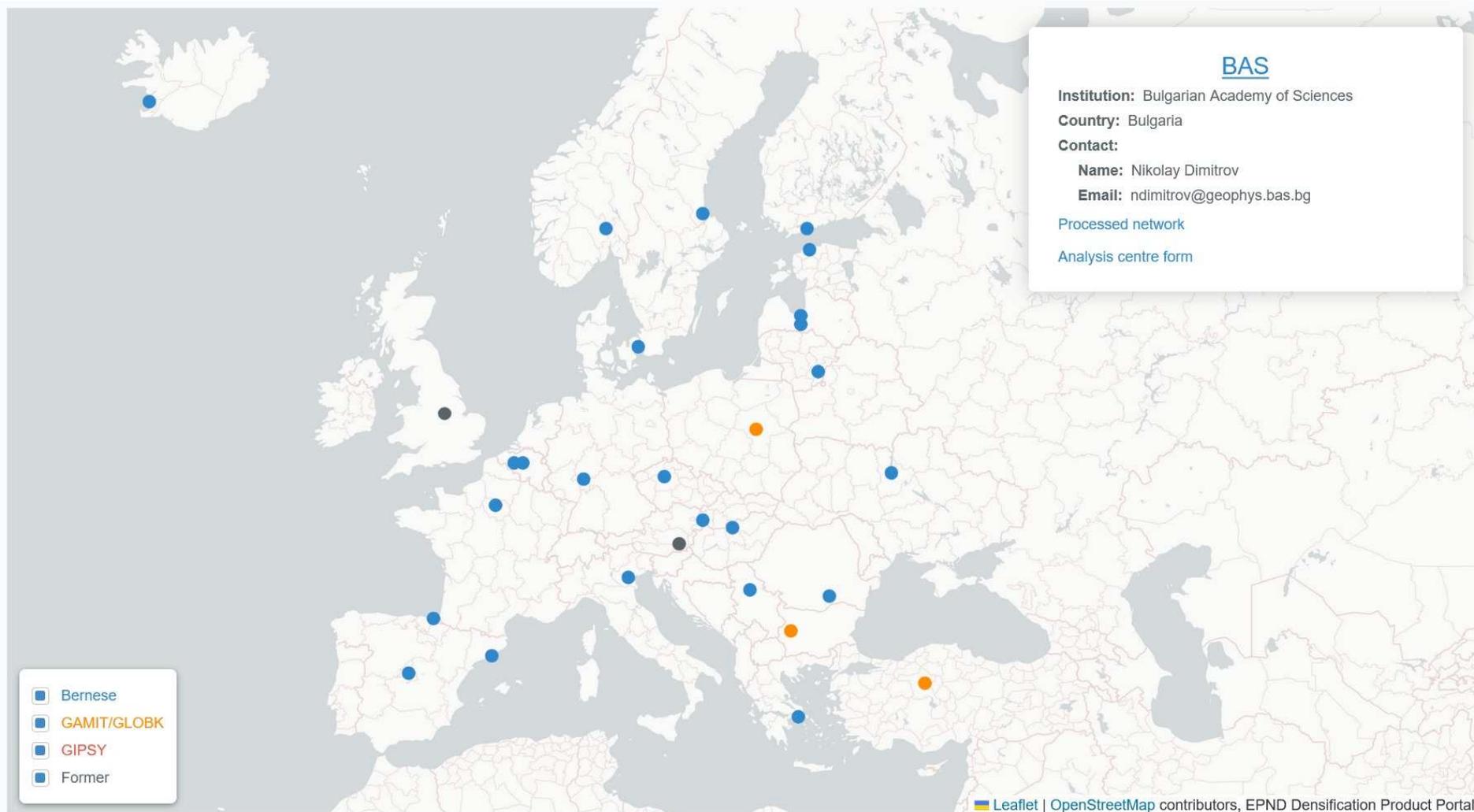
GNSS данните предоставят количествени стойности за хоризонталната деформация на земната кора в България. Тези стойности показват тенденция на нарастване от нула до значителни в посока от север на юг. Получените до момента резултати предоставят надеждна количествена и кинематична картина на активната тектоника на България, като те са с висока точност и надеждност. Поради относително ниските скорости на деформации е необходим по-дълъг период на наблюдение и нови измервания за цялата територия на страната, за да се получи по-детайлна картина в регионален план и да се изясни геодинамичната картина.



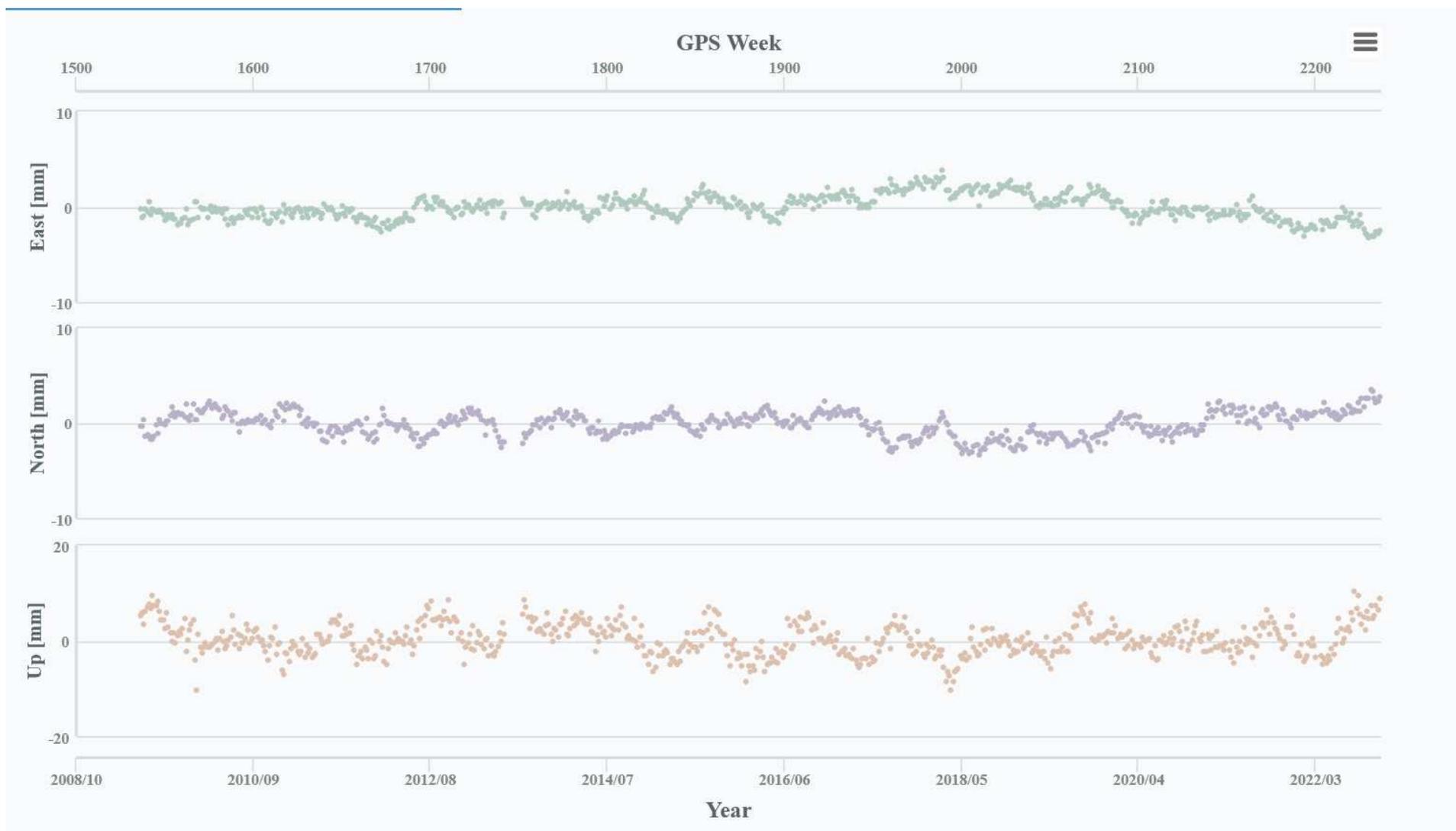
## Участие в проекта EPOS



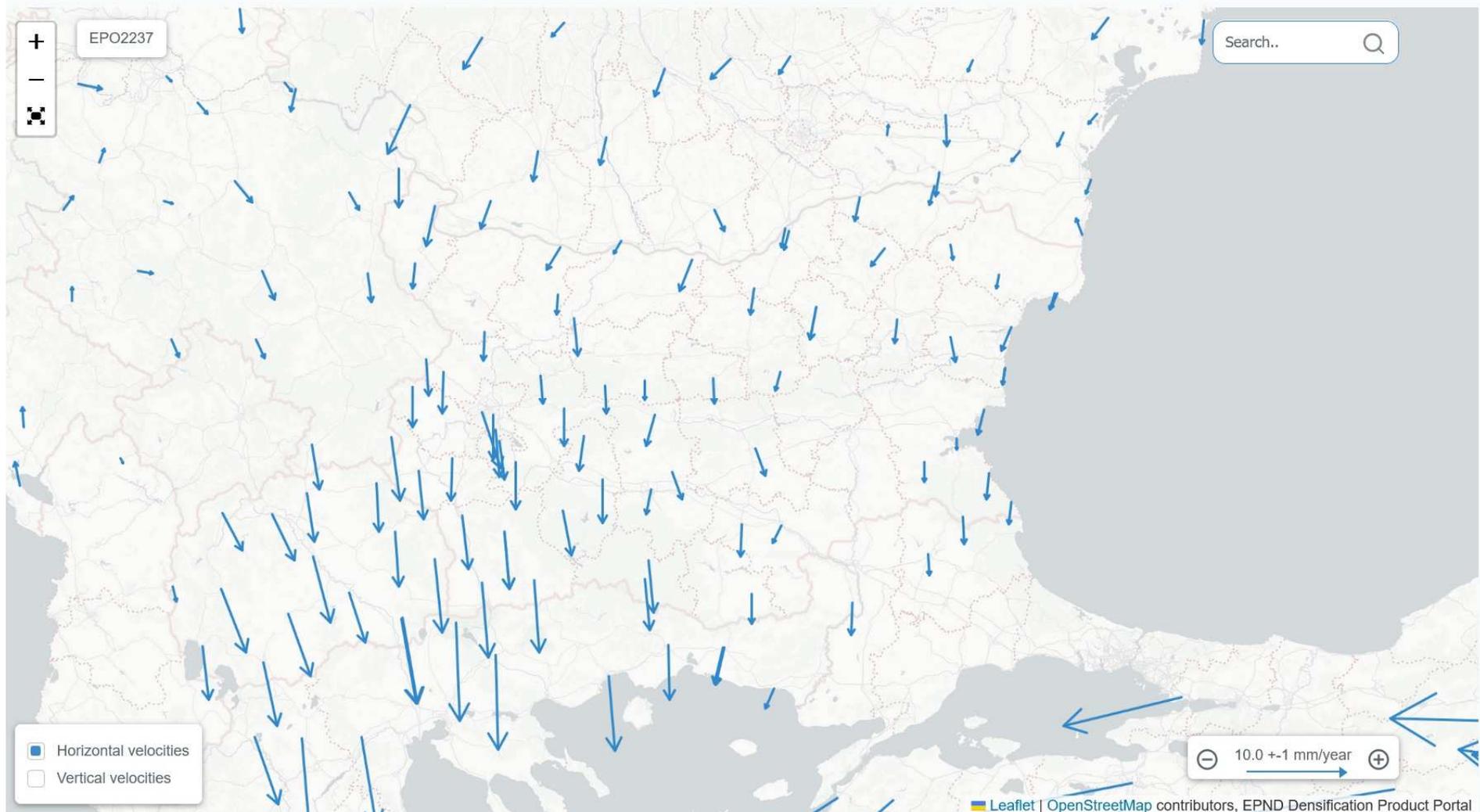
## Участие в проекта EPND



# Участие в проекта EPND

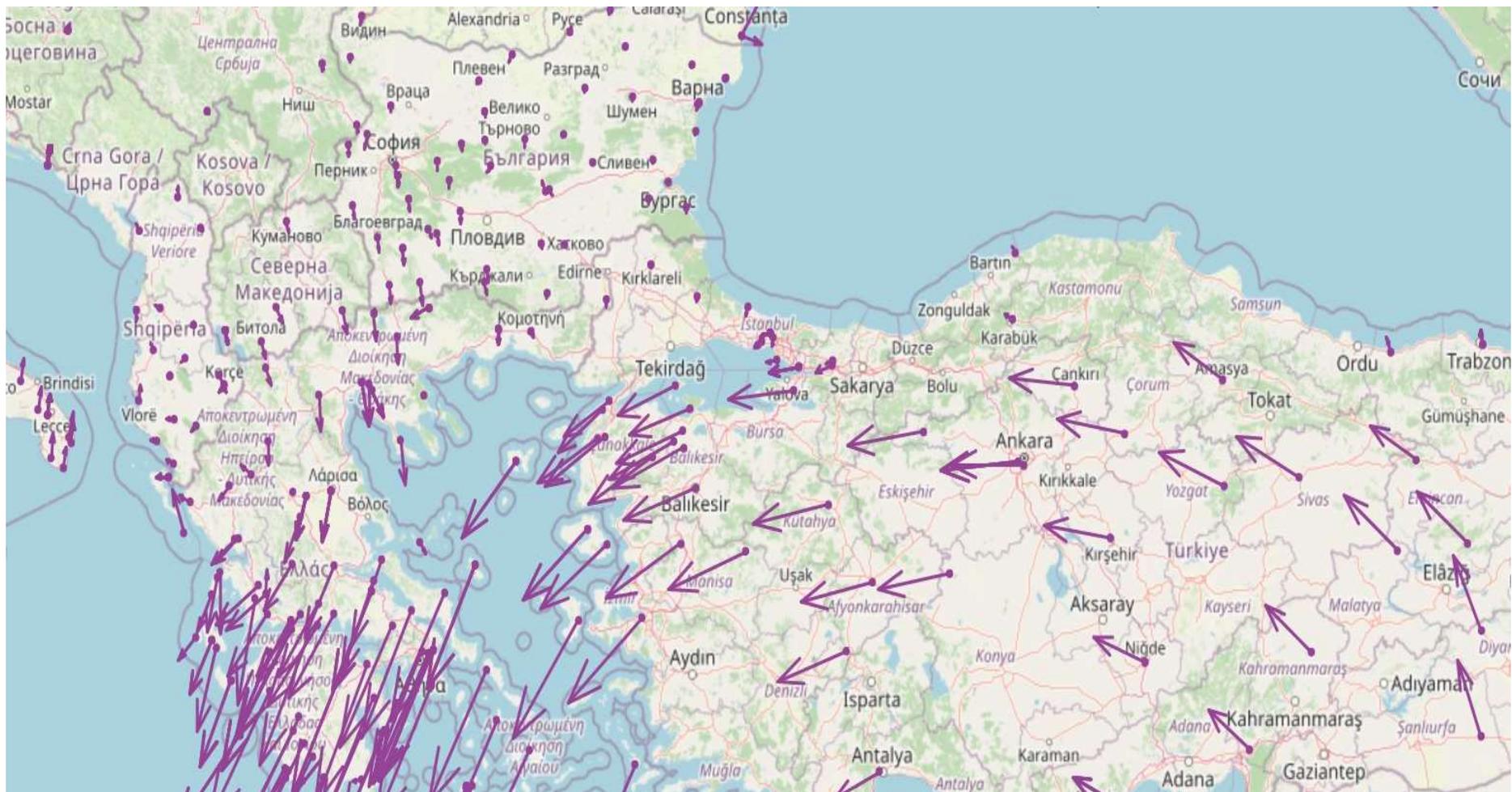


## Участие в проекта EPND





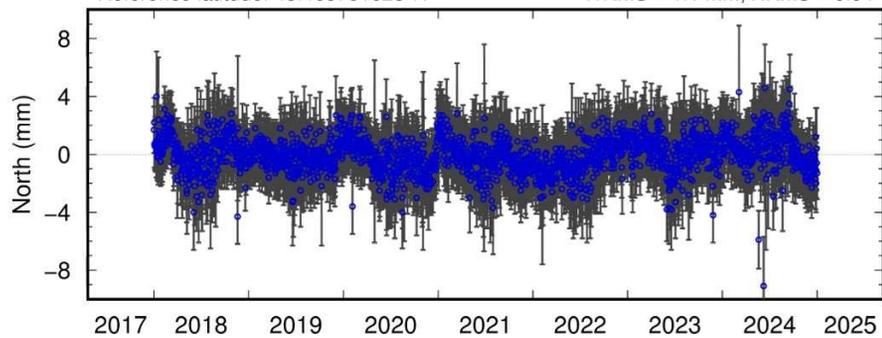
EPN Densification project - полето на хоризонталните скорости в България, Турция, Гърция и Северна Македония. Скоростите са релативни спрямо Евразия.



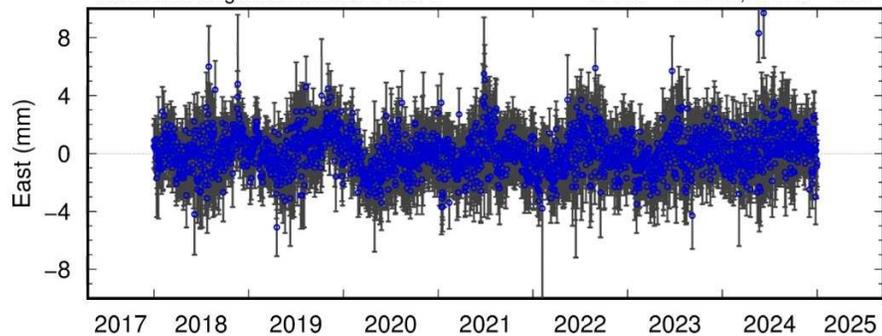
EPOS - полето на хоризонталните скорости в Източното Средиземноморие – един от най-активните тектонски и сеизмотектонски райони в света.

### BIAR

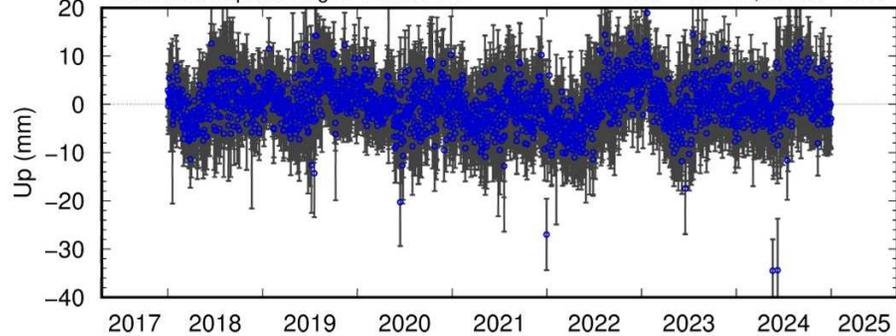
Reference latitude: 43.468751028°N  $v_n = 13.26 \pm 0.01$  mm/yr  
WRMS = 1.1 mm; NRMS = 0.54



Reference longitude: 25.672017103°E  $v_e = 22.56 \pm 0.01$  mm/yr  
WRMS = 1.2 mm; NRMS = 0.67



Reference ellipsoid height: 113.8984 m  $v_u = 0.09 \pm 0.04$  mm/yr  
WRMS = 4.2 mm; NRMS = 0.61



# 1. Исторически преглед

- Наблюденията на морското ниво по българското черноморско крайбрежие започват от далечната 1928 година. Тогава са изградени основните мареографни станции във Варна и Бургас. През 1970г са изградени и мареографни станции в Иракли и Ахтопол. Които поради технически причини не функционират.
- Към настоящият момент функционира мареографна станция Варна. През 2013 година в мареографния кладенц е поставен, радарен мареограф, с помощта на който могат да бъдат отчитани измервания на морското ниво всяка минута.



## **2.Данни**

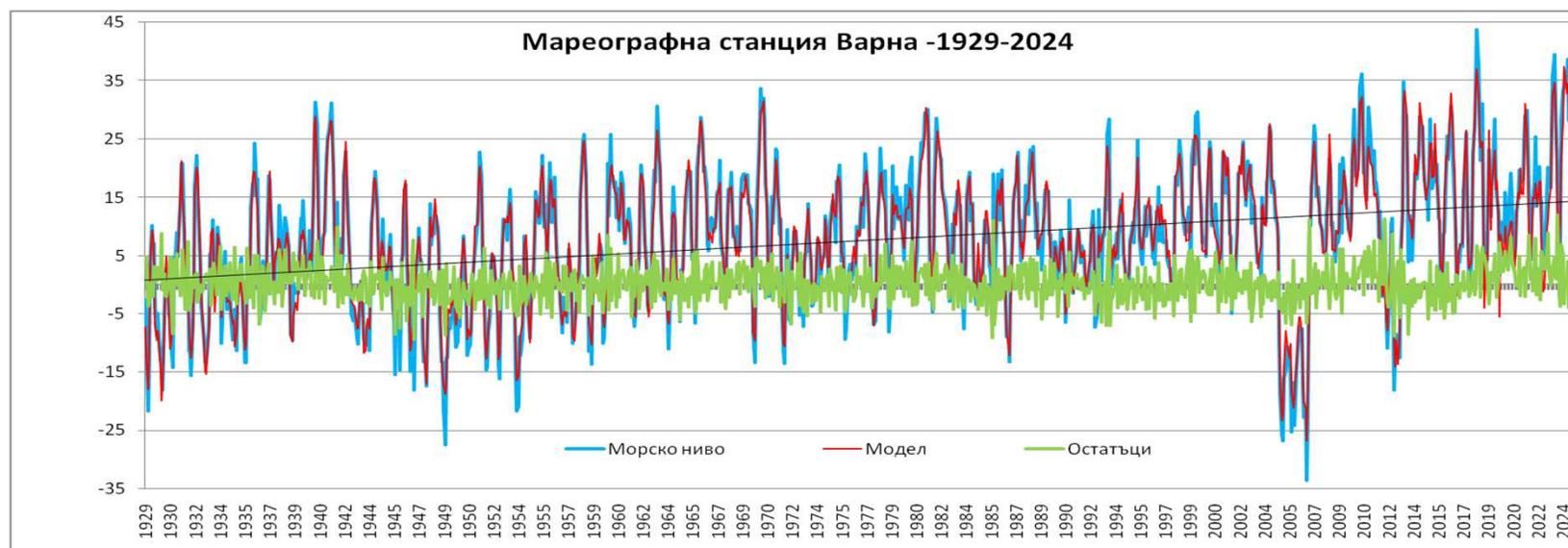
- Получените данни от мареографна станция Варна са средномесечни стойности на морското ниво за периода 1929-2013. Те са получени от ръчно отчитане на диаграмите на мареографа през годините.
- От наличните измервания на морското ниво всяка минута са определени средночасови стойности. Те са налични съответно от 05.2013 до настоящият момент. Изчисляването на средномесечните стойности на морското ниво за периода след 2013 година става на базата на много повече измервания получени от радарния мареограф.

## Средномесечни стойности 1929 -2025

- Към настоящият 1929 -2025 са налични 1152 средномесечни стойности на морското ниво. Поради профилактика или други технически причини има периоди, за които няма отчетени стойности. Липсващите стойности са попълнени със софтуер на базата на всички други налични. Като при последващи обработки на данните са използвани тежести за тези измервания  $1/10$  по-малки, в сравнение с измерените.
- Използван метод за анализ на средномесечните стойности е линейния регресионен анализ по МНК. В модела са включени следните параметри : средно морско ниво, тренд, годишен полугодишен прилив и други приливни влияния.

При анализа на **месечните стойности** на морското ниво за периода **1929-2025** бяха установени:

- са средното морско ниво 1.3см, с тренд на изменение от 1,4мм/годишно;
- характеристиките на годишния прилив SA - амплитуда от 6.7см и фаза от 305.00°;
- характеристиките на полугодишния прилив SSA - амплитуда от 1.8см и фаза от 160.72°;
- влиянието на нодалния прилив с периодичност 18.6години съответно - амплитуда от 2.3см и фаза от 60.29°;



Средна стойност	a0	1.30	0.47				
Тренд мм/год	a1	1.38	0.3				
<b>Честота</b>	<b>Период</b>	<b>Кос. коэф.</b> <b>[см]</b>	<b>3σ</b>	<b>Син. коэф.</b> <b>[см]</b>	<b>3σ</b>	<b>Амплитуд</b> <b>и</b>	<b>Фаза</b>
	<b>[месеци]</b>					<b>[см]</b>	<b>[°]</b>
0.0833	12	-3.857	0.33	5.508	0.33	6.72	305.001
0.1667	6	1.733	0.33	-0.606	0.33	1.84	160.724
0.0725	14.4	-0.999	0.33	0.599	0.33	1.16	329.031
0.0045	218.2	1.164	0.33	2.04	0.33	2.35	60.291

<b>Честота</b>	<b>Период</b>	<b>Кос. коэф.</b> <b>[см]</b>	<b>3σ</b>	<b>Син. коэф.</b> <b>[см]</b>	<b>3σ</b>	<b>Амплитуди</b>	<b>Фаза</b>
	<b>[месеци]</b>					<b>[см]</b>	<b>[°]</b>
0.0054	183.67	-1.635	0.33	0.007	0.33	1.63	359.740
0.0844	11.85	1.722	0.33	0.602	0.33	1.82	19.261
0.0113	88.62	-1.271	0.33	0.919	0.33	1.57	324.128
0.0104	96.00	1.049	0.33	0.847	0.33	1.35	38.908
0.0078	128.33	0.416	0.33	1.794	0.33	1.84	76.941
0.0061	164.57	-1.470	0.33	0.753	0.33	1.65	332.868
0.0130	76.80	1.044	0.33	0.139	0.33	1.05	7.594
0.0174	57.60	-1.755	0.33	-2.104	0.33	2.74	230.172
0.0226	44.31	0.597	0.33	2.811	0.33	2.87	78.005
0.0122	82.286	-0.317	0.33	-2.882	0.33	2.90	263.717
0.0547	18.28	-1.589	0.33	-0.433	0.33	1.65	195.256

# Часови стойности 05.2013-2025

- Средночасовите стойности на морското ниво за периода са 90260 от 102312 възможни.
- Използваните модели позволяват обработка на редът от измервания с пропуснати стойности.
- Попълването на пропуснатите стойности не е необходимо.
- Използван метод за хармоничен анализ по МНМК.



	ПЕ	Амплитуда	Амплитуд а	Фаза	Фаза
	%	[cm]	[cm] 3σ	[°]	[°]3σ
'SA'	75.05	8.506	0.096	134.814	0.645
'SSA'	9.82	3.077	0.095	251.122	1.792
'M2'	5.54	2.310	0.095	9.122	2.359
'K1'	2.64	1.595	0.097	48.923	3.486
'S1'	2.33	1.500	0.135	248.820	5.165
'S2'	1.47	1.191	0.096	12.098	4.610
'O1'	0.66	0.795	0.097	45.450	7.019
'MSF'	0.62	0.776	0.096	218.047	7.072
'P1'	0.49	0.687	0.096	41.484	7.970
'MF'	0.33	0.561	0.096	120.539	9.776
'MSM'	0.32	0.553	0.096	294.998	9.936
'MM'	0.22	0.465	0.096	36.040	11.786
'N2'	0.20	0.441	0.095	6.904	12.326
'K2'	0.09	0.295	0.096	2.279	18.666
'PSI1'	0.04	0.190	0.096	356.766	28.969
'PI1'	0.02	0.152	0.096	72.394	35.962
'Q1'	0.02	0.144	0.098	30.819	38.895
'T2'	0.02	0.130	0.096	29.887	42.224
'NU2'	0.01	0.100	0.095	1.613	54.579
'PHI1'	0.01	0.095	0.096	46.933	58.310
'NO1'	0.01	0.093	0.087	24.095	53.601
'OO1'	0.01	0.091	0.085	52.253	53.597
'BET1'	0.01	0.090	0.097	42.217	61.885
'J1'	0.01	0.087	0.098	107.720	64.267
'L2'	0.01	0.084	0.094	42.948	63.972
'H2'	0.01	0.077	0.095	241.412	71.469

При анализа на часовите стойности на морското ниво са установени 68 приливни влияния.

Определени са характеристиките на :  
-годишния прилив SA- с амплитуда от 8.5cm и фаза 134.814°;

-полугодишния прилив SSA - с амплитуда от 3.1cm и фаза 251.12°;

-установени са влиянията на лунните приливи с периодичности от лунния месечен **Mm ( 27.55дни)**, лунния **двуседмичен - Mf (13.66дни)** , лунния **двуседмичен синодичен - MSf (14.77дни)**. Както и множество дневни и полудневни приливи.



**Популяризиране на резултатите получени по  
проекта**



Dimitrov N., Nakov R., A. Ivanov. GNSS monitoring of recent crustal movements in the region of western Bulgaria. Results from 2024th. Review of the Bulgarian Geological Society, 85, 3, Bulgarian Geological Society, 2024;

Ivanov A., N. Dimitrov. Chronological changes in the Black Sea level at tide gauge station Varna 1928-2023. Engineering Geology and Hydrogeology, 38, Geological Institute, 2024;

Nakov R., Dimitrov N., Ivanov A.. 30 years of GPS/GNSS studies on the active tectonics of Bulgaria: an overview. Precise results for SW Bulgaria. Review of the Bulgarian Geological Society, 86, 3, Bulgarian Geological Society;

Ivanov A., Dimitrov N., Palazov A.. Variations Of Sea Level At Varna Tide Gauge 1928 –2025. Veredas Do Direito, 22, 6, 2025, ISSN:2179-8699, DOI:<https://doi.org/10.18623/rvd.v22.n6.3950>



**Популяризиране на резултатите получени по  
проекта**



Ivanov A., Dimitrov N.. Tidal Variations of Sea Level at Varna Tide Gauge. Proceedings of 25th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2025, 25, Issue 2.1, STEF92 Technology, 2025, ISBN:978-619-7603-89-7, ISSN:1314-2704, DOI:10.5593/sgem2025/2.1/s08.14, 1-6. SJR (Scopus):0.141

Доклад на EUREF симпозиума в Барселона (<https://euref-symposium.atlantidaviatges.com> ). Публикувана е книжка с абстрактите на темите: ([https://euref-symposium.atlantidaviatges.com/wp-content/uploads/2024/05/EUREF\\_abstract\\_booklet.pdf](https://euref-symposium.atlantidaviatges.com/wp-content/uploads/2024/05/EUREF_abstract_booklet.pdf)).

*Joaquin Zurutuza<sup>1</sup>, Nikolay Dimitrov<sup>2</sup>, Martin Ferianc<sup>3</sup>, Marco Pertile<sup>1</sup>, Mauro Bertocco<sup>1</sup>, Alessandro Caporali<sup>1</sup>. (2024) IGS vs EPN as the backbone to align GNSS network densifications.*



**БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО**