

ТЕМА № 8

ПАЛЕОМАГНИТНА ЛАБОРАТОРИЯ

Систематизиране и обобщаване на петрофизичните данни (магнитна възприемчивост) за почви, скали и археологически останки от горяла глина за територията на България

ЕКИП:

чл.-кор., проф. д.н. Даниела Йорданова - ръководител

проф. д.н. Диана Йорданова

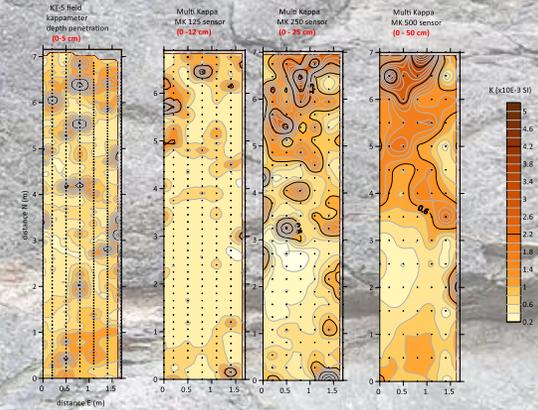
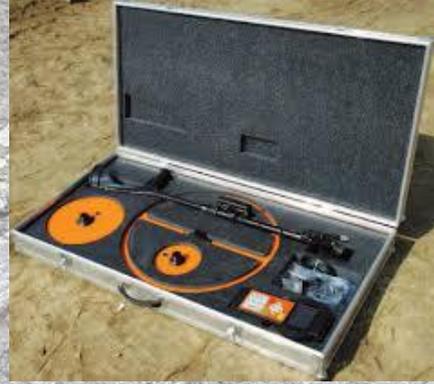
доц. д-р Мария Аврамова

доц. д-р Деян Лесигярски

ас. Даниел Ишлямски

ОСНОВНИ ДЕЙНОСТИ, ИЗВЪРШЕНИ ПО ПРОЕКТА:

- 1. Закупуване на апаратура:** Полеви капа метър за многопластово измерване на магнитна възприемчивост (модел МК-F (GF Instruments s.r.o., Czech Republic)) и архивни шкафове за съхранение на археологически проби



Проведено е тестово използване на новозакупената апаратура (Multi kappa МК-F) в пещера Магурата, където се провеждат археологически разкопки (д-р В. Ставрева, РИМ– Видин) през 2024 г.

2. Публикации с благодарност към проекта

- 1) Jordanova, N., Jordanova, D., Nekhrizov, G., Lesigyarski, D., Tzvetkova, J., 2024. „Iron Age ceramics from Thracian rock-cut complexes from Bulgaria – Mineral magnetic relics of technological production and use”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2024, 57, 104639, **квартил Q1**; <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2024.104639>
- 2) Jordanova, N., Jordanova, D., Ishlyamski, D. and Kostadinova-Avramova, M., 2025. Rock Magnetic Signature of Human Habitation in Stratification Profiles From Archaeological Mounds. *ArcheoSciences*, 49-1(1), 421-424, **квартил Q3**.
- 3) Ишлямски Д. , Лесигярски Д. , Георгиева Б. , Йорданова Д. , Йорданова Н., 2025. Използване на магнитните свойства на компостни смеси за оценка на хранителните им свойства. *Сборник с доклади от XII Национална конференция по геофизика* с международно участие, 29-30 септември 2025; DOI: 10.48368/bgs-2025.1.n12

3. Участие в научни конференции

- N. Jordanova - „16th International Conference on Archaeological Prospection” – Ghent, Belgium, 15-20 September 2025.
- D. Ishlyamski - XII Национална конференция по геофизика с международно участие, София, 29-30 септември 2025

4. Ремонтни дейности

Извършена е смяна на дограмата в помещенията за рязане на скални образци (стаи 001 и 002), смяна на входните врати, осветителните тела и подмяна на настилката с балатум в едно от помещенията.

Закупени са метални стелажи и кутии за съхранение на проби, които ще бъдат разположени в двете работни стаи.

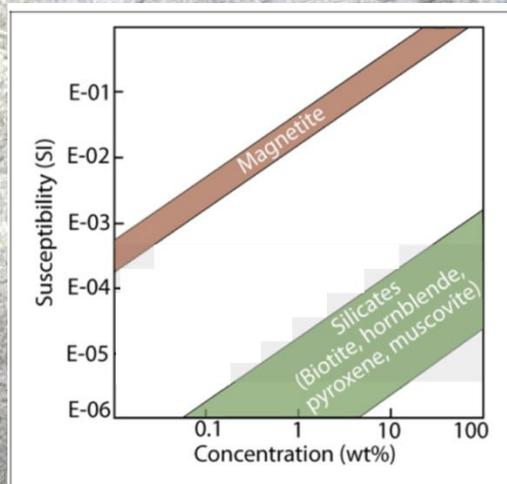


МАГНИТНА ВЪЗПРИЕМЧИВОСТ (MAGNETIC SUSCEPTIBILITY) - K

$$K = M/h$$

където **M** е големината на магнитния момент, придобит в присъствието на слабо магнитно поле с големина **h** (Dunlop and Özdemir, 1997).

В международната система SI **K** е безразмерна величина.



Магнитна възприемчивост на магнетита и силикатните минерали като функция на процентното им съдържание (Pares, 2015, doi: 10.3389/feart.2015.00004).

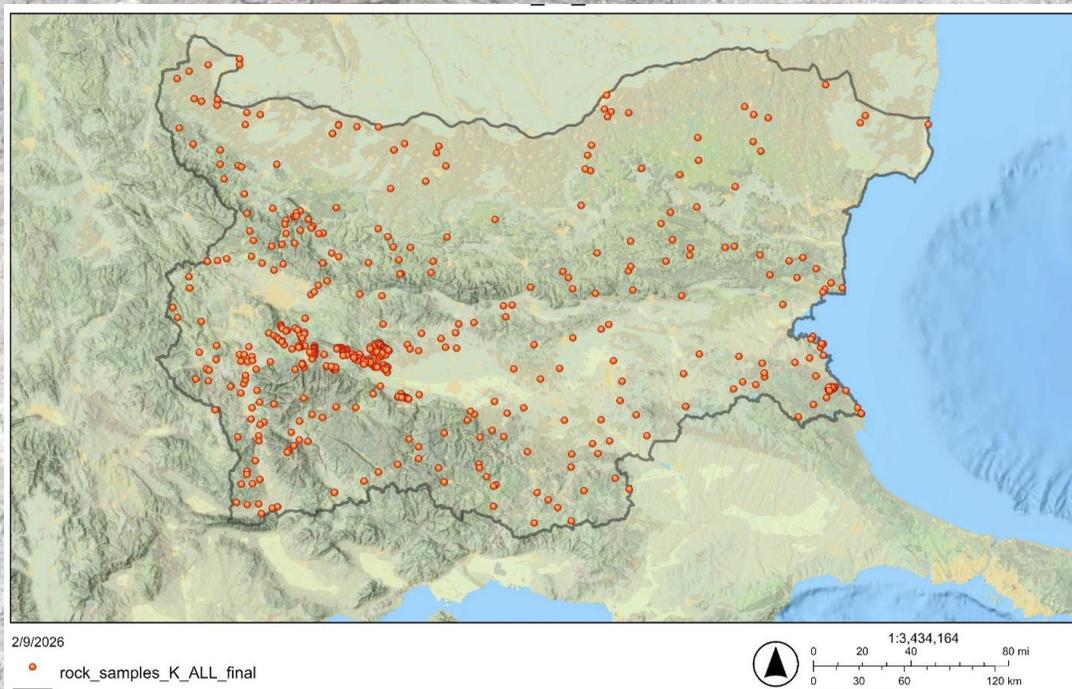
Магнитна възприемчивост (в единици SI) на основните минерали, присъстващи в скалите

(съгласно Borradaile and Henry, 1997).

mineral type	Magnetic susceptibility (vol)
ferromagnetic (SI)	
magnetite (multidomain)	2.8
magnetite (single domain)	2
maghemite	2
pyrrhotite	~ 1.5
ilmenite	0.1 – 0.2
hematite	≤ 0.006
goethite	~ 0.0035
para- & dia- magnetic (x 10⁻⁶ SI) (±StDv)	
biotite	1042 (493)
phlogopite	273 (162)
chlorites	552 (478)
muscovites	140 (134)
epidotes	639 (316)
amphiboles	903 (884)
pyroxenes	500 - 5000
tourmaline	1690
siderite	3980
dolomite	40
calcite	-13.6
quartz	-13.4
feldspars	-14.0

БАЗА ДАННИ ЗА МАГНИТНАТА ВЪЗПРИЕМЧИВОСТ НА СКАЛНИ ФОРМАЦИИ ОТ БЪЛГАРИЯ

Направено е систематизиране и анализ на данните за големината на магнитната възприемчивост на наличните колекции от скални проби в Палеомагнитната лаборатория. Използвани са три вида данни:



общ брой локалитети: 495

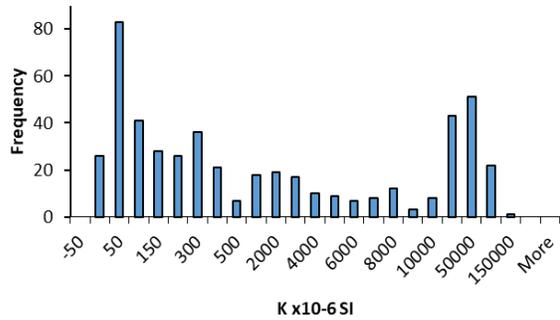
1) Резултати от колекции образци за палеомагнитни изследвания и анализ на анизотропията на магнитната възприемчивост на: *варовици* от Предбалкана; *магмени скали* (плутони и вулкански изливи) от Средногорието. За всеки локалитет средната стойност е получена от усредняване на данните за 3 до 15 бр. единични проби, събрани от коренни разкрития. Това гарантира представителността на резултатите и минималното влияние на изветрителни процеси и вероятността за опробване на случайни находки. *Общият брой локалитети с този тип данни е 194.*

2) Данни за К на единични проби от скали, събрани паралелно с почвени проби от избрания локалитет. *Общият брой локалитети с този тип данни е 281.*

3) Данни за минималната К на първия (най-младия) льосов хоризонт за разкрития на льосово-почвени седименти от Северна България. *Броят локалитети с такива данни са 20.*

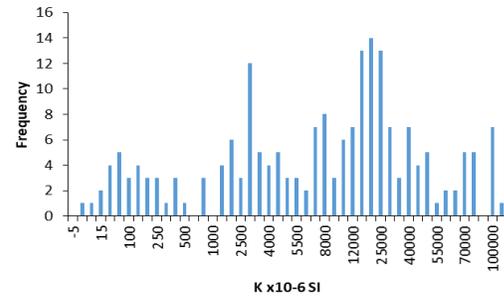
Магнитна възприемчивост на пробите от основните литоложки разновидности на територията на България

all samples



интрузивни скали

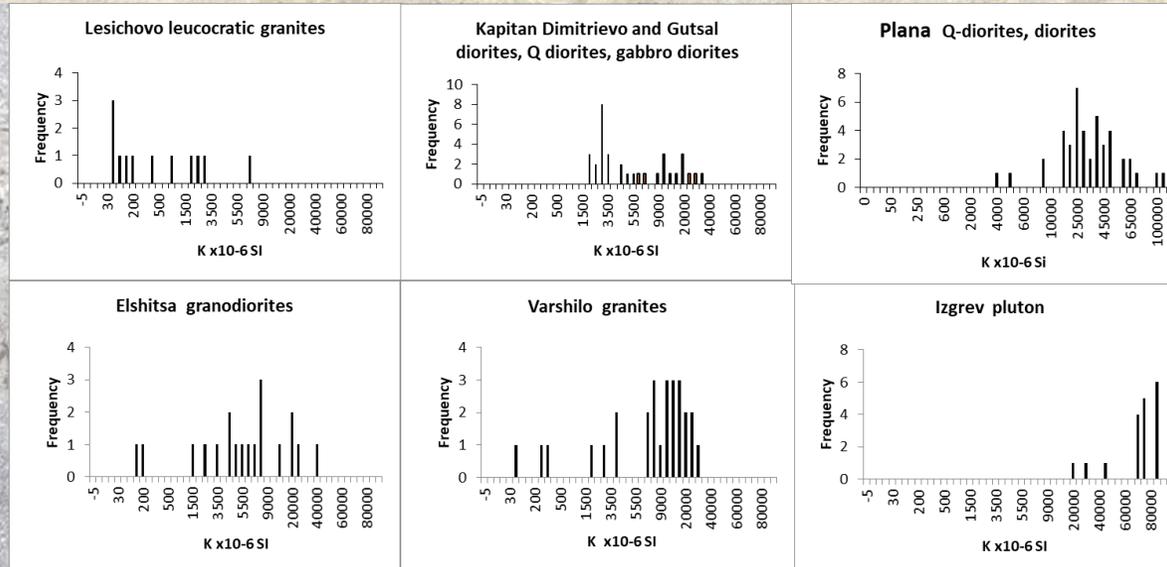
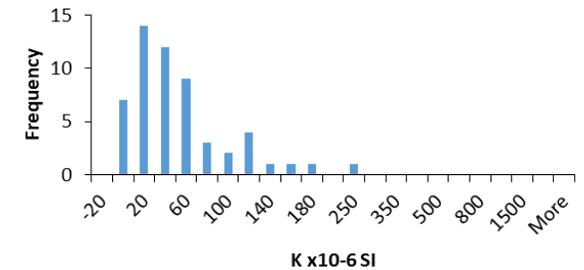
granites all



Варовиците са седиментни скали, в които калциевият карбонат (CaCO_3) от черупките и скелетите на морски организми има основен принос в минералогията им. Калциевият карбонат е минерал с диамагнитни свойства (т.е. отрицателна магнитна възприемчивост), което определя преобладаващите отрицателни или ниски положителни стойности на К за пробите от тази група

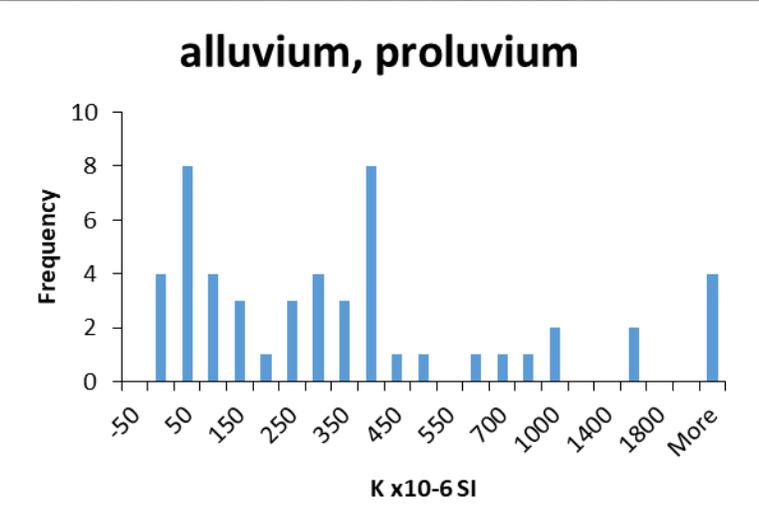
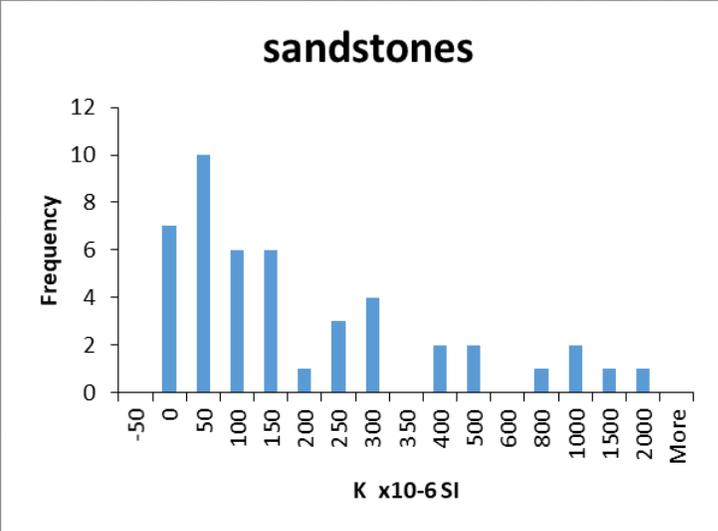
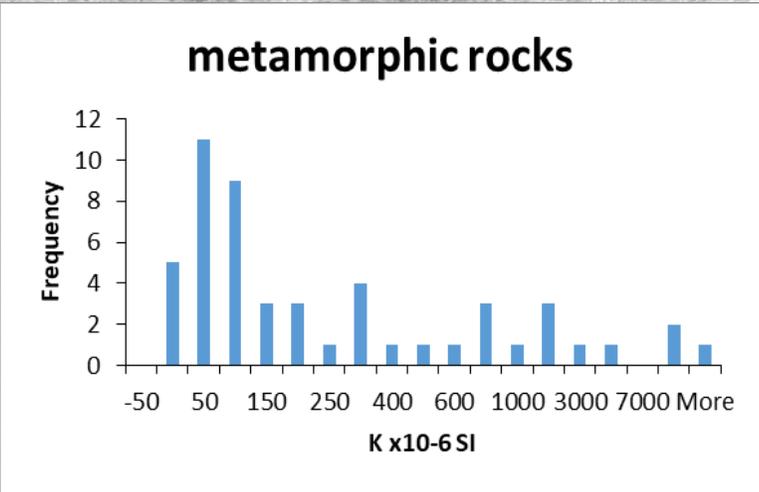
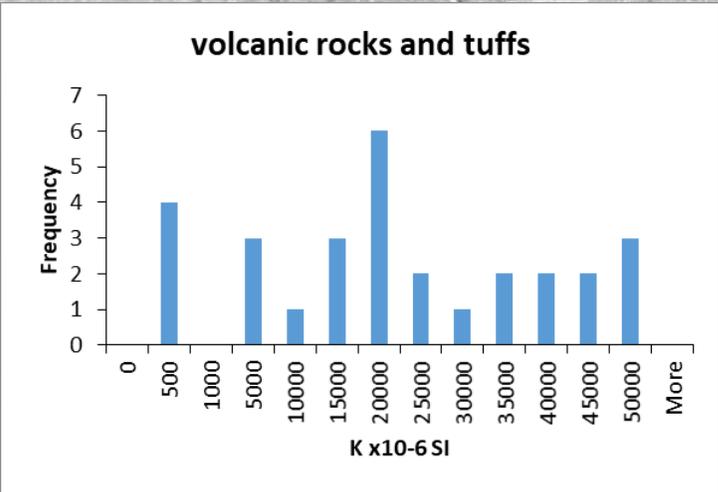
Силномагнитните гранити са главно от Изгревския и Планския плутони, докато слабомагнитните принадлежат основно към Лесичовския и Елшишкия плутони, както и гранитите от Пиринския батолит.

limestones



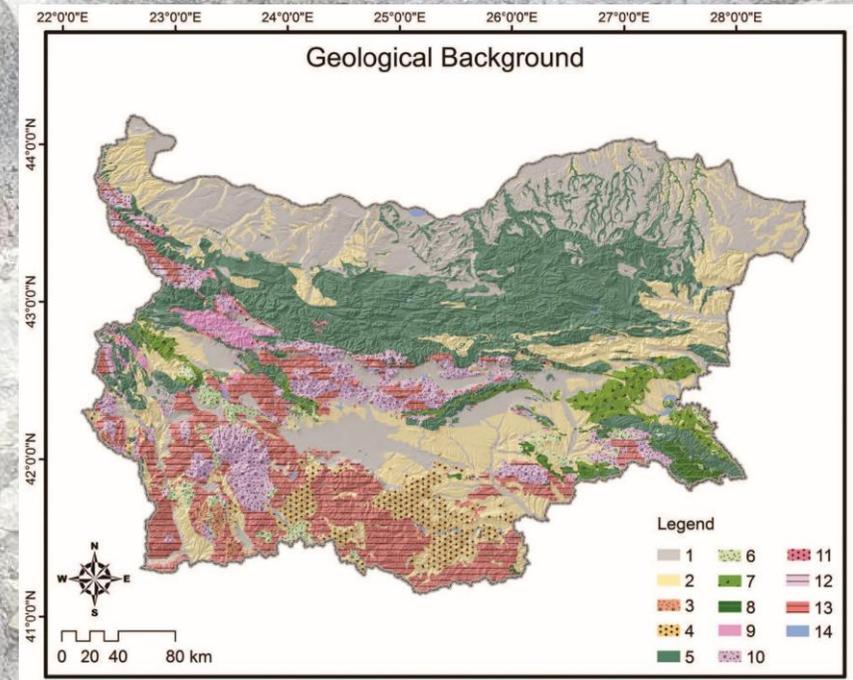
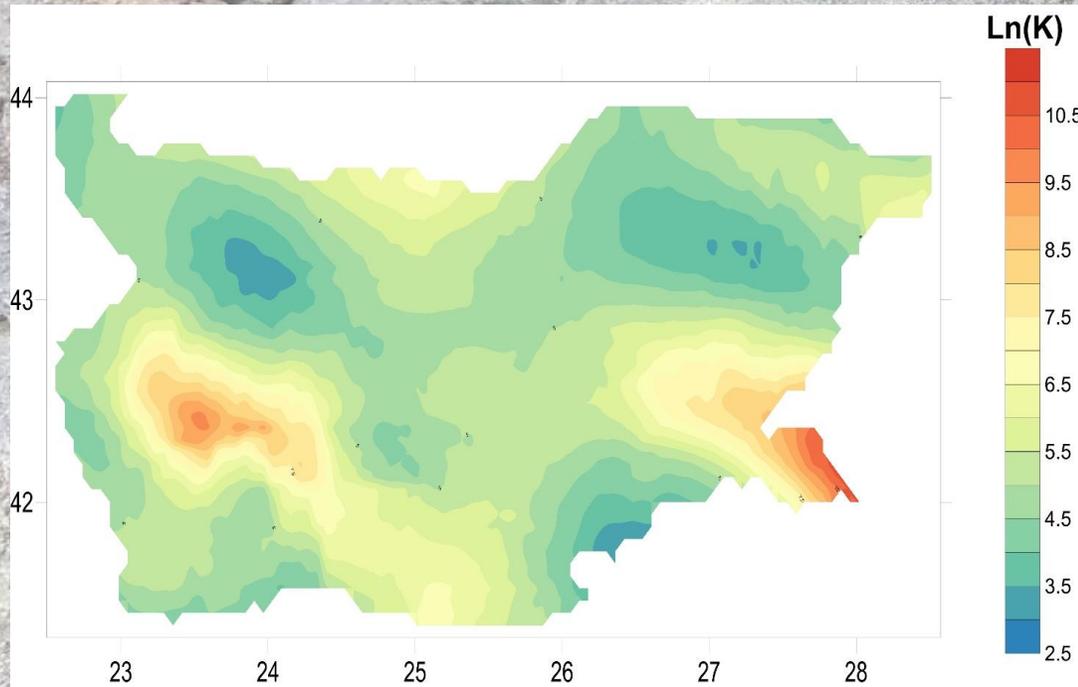
Кср. = 40.7×10^{-6} SI
К медианна: 29.6×10^{-6} SI

МАГНИТНА ВЪЗПРИЕМЧИВОСТ НА ДРУГИ ВИДОВЕ СКАЛИ



КАРТА НА ПРОСТРАНСТВЕНОТО ИЗМЕНЕНИЕ НА К ЗА СКАЛИ

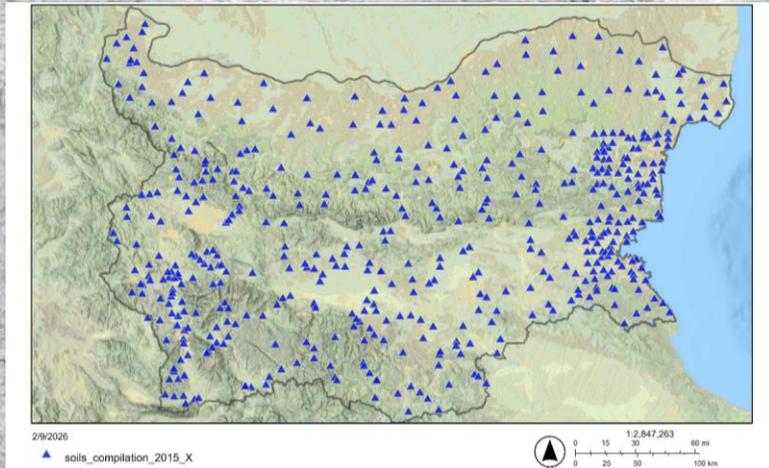
Интерполираната карта на магнитната възприемчивост на скалите за територията на България е получена по метода „крайгинг“. Интерполирани са трансформираниите чрез натурален логаритъм стойности на К.



Vasileva, 2019; по Cheshitev and Kanchev, 1989

1 – Quaternary sediments; 2 – Neozoic sedimentary rocks; 3 – Neozoic intrusive rocks; 4 – Neozoic volcanic and volcano-sedimentary rocks; 5 – Mesozoic sedimentary rocks; 6 – Mesozoic intrusive rocks; 7 – Mesozoic volcanic and volcano-sedimentary rocks; 8 – Mesozoic metamorphic rocks; 9 – Paleozoic sedimentary rocks; 10 – Paleozoic intrusive rocks; 11 – Paleozoic volcanic and volcano-sedimentary rocks; 12 – Paleozoic metamorphic rocks; 13 – Precambrian metamorphic rocks;

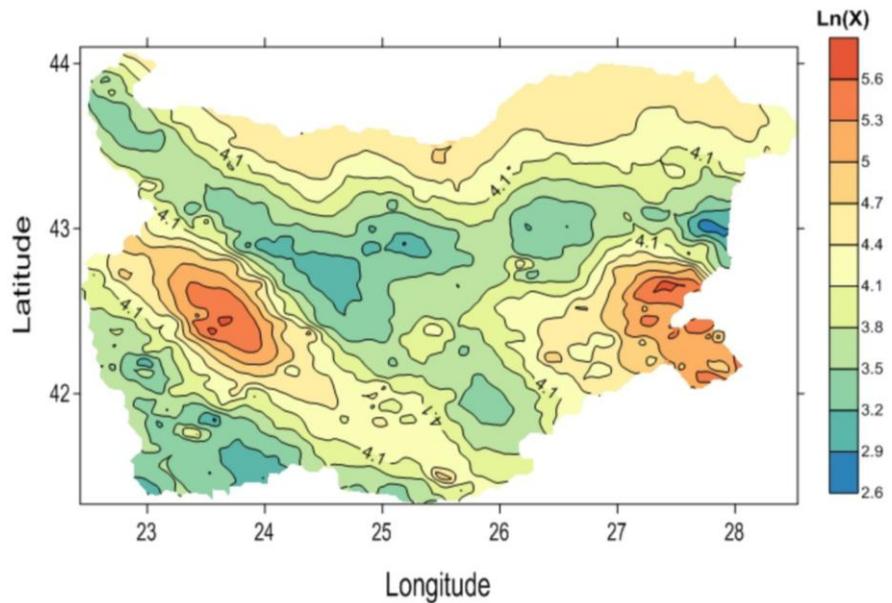
БАЗА ДАННИ ЗА МАГНИТНАТА ВЪЗПРИЕМЧИВОСТ НА ПОЧВИ ОТ БЪЛГАРИЯ



511 точки на опробване (Jordanova et al., 2016)

Почвите са обединени по основни почвени типове съгласно схемата за класификация на почвите в България (Пенков и кол., 1992; Атанасов и кол., 2009; Shishkov and Kolev, 2014).

Конструирани и анализ на експерименталните вариограми и интерполиране на данните по метода крайгинг (kriging). Данните предварително са проверени за отстраняване на outliers и е приложена логаритмична трансформация за привеждането им към нормално разпределение.



Картата на χ на повърхностните 20 см на ненарушените почви в България много тясно кореспондира с геологията на повърхностните литоложки единици, отразявайки водещата роля на минералогията на почвообразувания субстрат за формиране на почвената минералогия и в частност – на окисите на желязото.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОСТАНКИ ОТ ГОРЯЛА ГЛИНА

- ✓ Обхванати археологически структури – общо 202

групирани по хронологичен период (ВСЕ / СЕ) и тип (опожарени жилищни останки, жилищни подови нива, огнища, пещи, домакински пещи/печки, производствени пещи, керамични изделия)

- ✓ Общ брой лабораторно измерени проби – 7983

*независими измервания на обемната магнитна възприемчивост
броят на пробите за една археологическа структура варира от 4 до 208*

- ✓ Пространствена визуализация на данните

средна магнитна възприемчивост за всяка структура в зависимост от местоположението

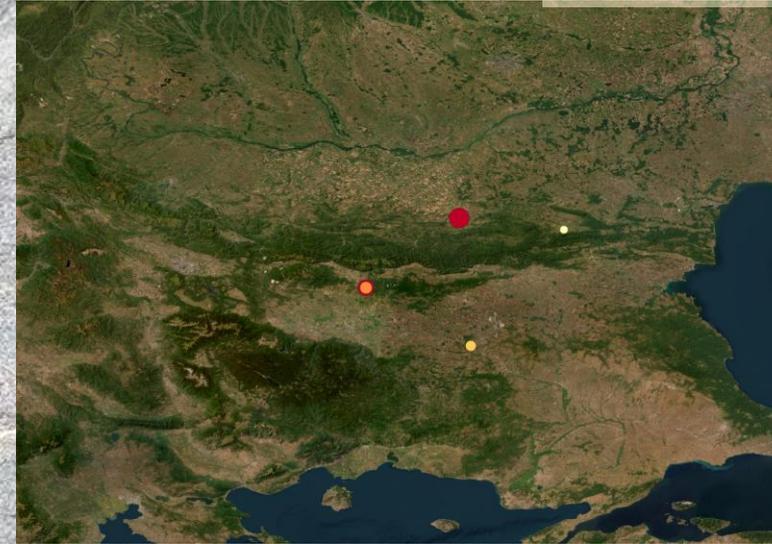
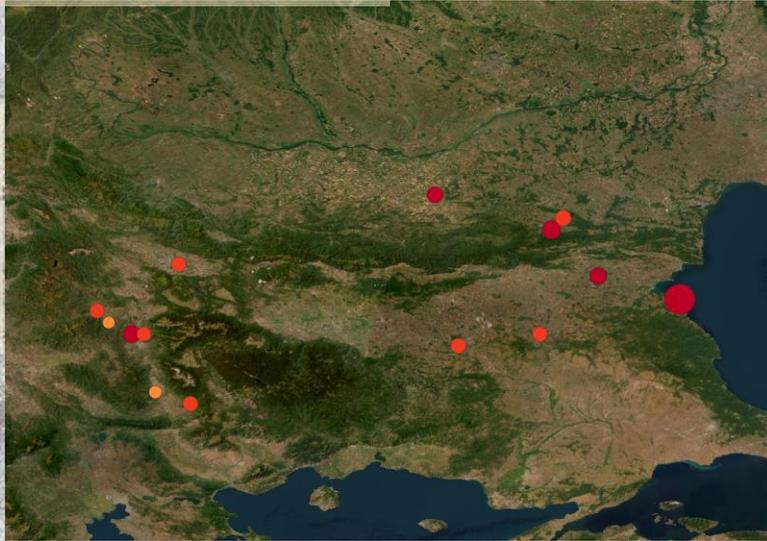
$$\text{Trimean}_{10} = (Q1 + 2 \cdot \text{Median} + Q3) / 4$$

АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОСТАНКИ ОТ ГОРЯЛА ГЛИНА

Опожарени жилищни останки – ВСЕ

Жилищни подови нива – ВСЕ

Най-високи стойности
– резултат от неконтролирано горене при температури от ~600 °C до над 1000 °C



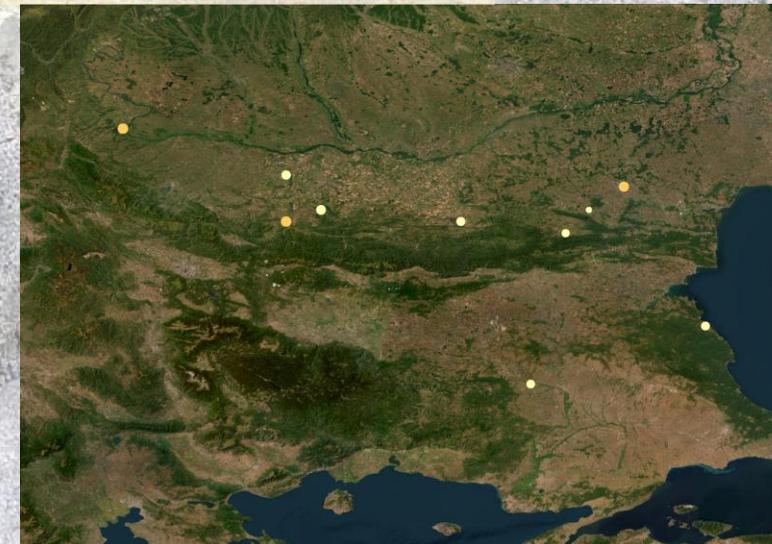
Широк диапазон на стойностите в зависимост от степента на обгаряне – от слабо опалени подове до подове от опожарени жилища

Домакински пещи – ВСЕ

Домакински пещи / пещи – СЕ



Ниски до умерени стойности – отразяват нискотемпературен режим на работа ($T < 500^{\circ}\text{C}$), характерен за битови дейности като готвене и отопление, независимо от хронологическия период



$\text{K} \times 10^{-6} \text{ SI}$

Trimean10

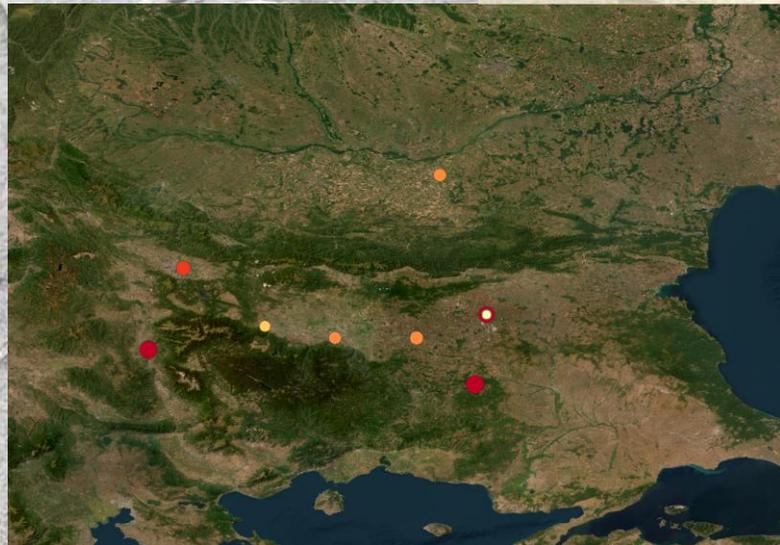
- 100 - 1200
- 1200 - 2000
- 2000 - 3700
- 3700 - 5200
- 5200 - 27500

АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОСТАНКИ ОТ ГОРЯЛА ГЛИНА

Trimean10

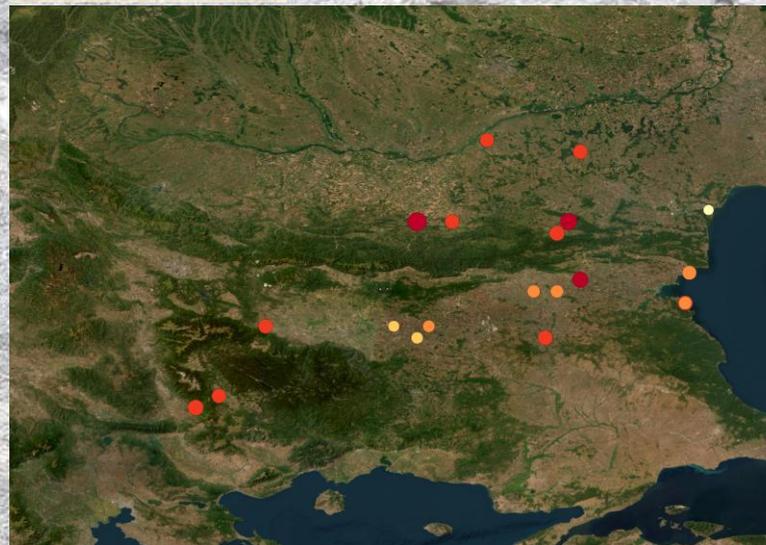
- 100 - 1200
- 1200 - 2000
- 2000 - 3700
- 3700 - 5200
- 5200 - 27500

Огнища – ВСЕ



Голяма вариабилност на стойностите
– резултат от многофункционално използване, различна степен на запазеност и нееднозначна археологическа класификация на структурите

Пещи – ВСЕ

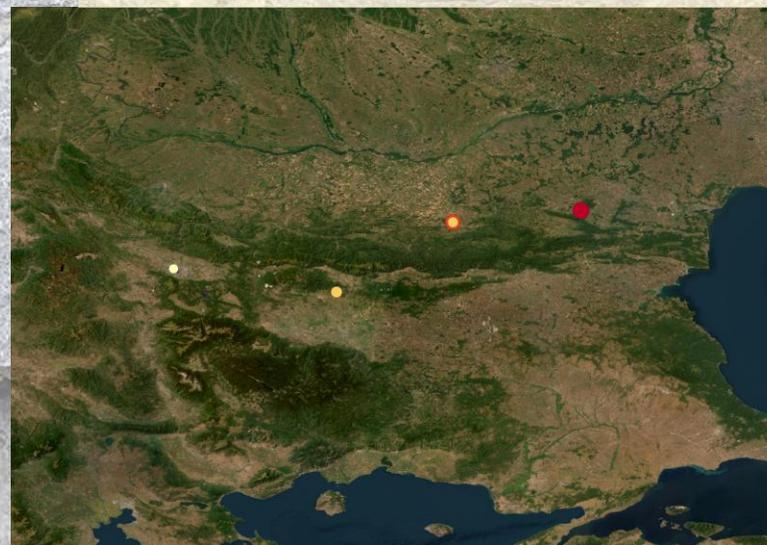


Производствени пещи – СЕ



Преобладаващо високи стойности
– свързани със сравнително дълготрайната експлоатация при високотемпературен режим на работа (~800 °C до над 1000 °C)

Строителна керамика (тухли/керемиди)



Разпределение, сходно с наблюдаваното за производствените пещи

АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОСТАНКИ ОТ ГОРЯЛА ГЛИНА

- Интерпретацията на магнитните данни трябва да бъде съобразена с археологическите (*напр. погрешна идентификация на типа структура*) и методологични ограничения (*равномерност на опробване, брой измерени проби и др.*)
- На този етап функцията на горивната структура и технологичният режим на изпичане се очертават като водещи фактори за формирането на магнитните свойства на материала, за разлика от изходната глинеста суровина
- Магнитната възприемчивост е надежден индикатор за характера и интензивността на термичното въздействие
- ГИС-визуализацията предоставя стабилна основа за бъдещи пространствено-времеви анализи

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!