

# GEOSTATISTIČNO MODELIRANJE NEOLITSKE POSELITVE V PANONSKI NIŽINI

**dr. Dimitrij Mlekuž Vrhovnik**

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo

Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije

dmllekuz@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6721-640X>

DOI: [https://doi.org/10.3986/9789610504696\\_09](https://doi.org/10.3986/9789610504696_09)

UDK: 91:311:903.3(4-191.2)«634»

## IZVLEČEK

### **Geostatistično modeliranje neolitske poselitve v Panonski nižini**

V prispevku modeliramo neolitske poselitve zahodne Panonske nižine in Vzhodnih Alp s časovno in prostorsko analizo korpusa radiokarbonskih datumov. Zanima nas dinamika širitve neolitske poselitve, ki jo razumemo kot prostorskočasovni pojav, vzorčen s pomočjo radiokarbonskih datumov na arheoloških najdiščih. Ti podatki so pogosto pristrani, polni šuma in napak. V študiji jih obravnavamo kot podatkovje, v katerem s pomočjo prostorskih analiz, agregacijo in interpolacijo iščemo vzorce in trende. Proces oblikovanja neolitske poselitve na območju zahodne Panonske nižine in Vzhodnih Alp ni bil hiter, uniformen proces, ki bi ustvaril homogeno neolitsko poselitev. Ugotovimo, da je šlo za kompleksen proces, ki je trajal tisočletja in je ustvaril nehomogen in neenakomeren vzorec poselitve.

## KLJUČNE BESEDE

geostatistika, neolitik, arheologija, modeliranje, poselitev

## ABSTRACT

### **Geostatistical modelling of Neolithic occupation in the Pannonian Basin**

Paper presents the model of the Neolithic settlement patterns in the Western Carpathian Basin and Eastern Alps using a corpus of radiocarbon dates. Neolithic settlement dynamics is modelled as spatio-temporal phenomena, sampled using radiocarbon dates on archaeological sites. This data is often biased, noisy and prone to errors. In this study we approach them as data and use spatial analyses, aggregation and interpolation, to understand the patterns and trends in the data. The process of formation of Neolithic settlement systems in the study area was not a swift, uniform transition that established a homogenous Neolithic settlement system. Instead, it was a complex process that lasted several millennia and resulted in patchy and non-homogenous settlement patterns.

## KEY WORDS

geostatistics, Neolithic, archaeology, modelling, settlement pattern

## 1 Uvod

Neolitik je pojav, ki se začne nekako okoli leta 11.500 cal BP (angleško *calibrated years before the present*) na Bližnjem vzhodu (v besedilu datume navajamo kot koledarska leta pred sedanjostjo, kjer je sedanjost opredeljena kot leto 1950). Neolitik lahko razumemo kot skupek iznajdb, od kulture žit in stročnic, udomačitve živali, stalne naselitve v vaseh, rabe novih stvari, kot so lončenina, figurice in glajena orodja, do intenzivnega družbenega in ritualnega življenja. Ta skupek se je pokazal za izredno trdoživega in uspešnega in se je kmalu razširil iz jedrnega območja. Širitev neolitika v Evropo je proces premikanja ljudi, stvari in tehnologij z jugovzhoda proti severozahodu (JV-SZ), ki traja nekaj tisočletij, a ohranja uniformnost in koherentnost (Robb 2013; 2014).

Neolitik se začne širiti proti Evropi in okoli leta 9000 cal BP doseže Grčijo. Od tu se hitro širi po Balkanu v srednjo in severno Evropo, Skandinavijo in na Britansko otočje. Druga smer širitve je po morju, predvsem po severni obali Sredozemlja, kjer okoli 7700 cal BP doseže Iberski polotok (Fort s sodelavci 2012).

Kljub veliki uniformnosti pa je v procesu širjenja veliko regionalnih posebnosti in razlik. Ponekod je širitev zelo hitra, v nekaterih delih Evrope pa neolitsko poselitev zaznamo šele nekaj tisočletij po stiku s prvimi kmetovalci.

Cilj članka je modeliranje širitve neolitika v zahodnem delu Panonske nižine in Vzhodnih Alpah s pomočjo časovne in prostorske analize korpusa radiokarbonskih datumov. Zanima nas dinamika širitve neolitske poselitve, ki jo razumemo kot prostorskočasovni pojav, vzorčen s pomočjo radiokarbonskih datumov na arheoloških najdiščih.

Študijsko območje raziskave obsega zahodni del porečja Donave nad sotočjem s Savo. Vključuje zahodni del Panonske nižine, Vzhodne Alpe in severovzhodni del Dinaridov. Na tem prostoru se odvija eden ključnih momentov širjenja neolitika z Balkana v srednjo Evropo. Populacijsko gre za premike in širitev potomcev bližnjevzhodnih kmetovalcev, ki na tem prostoru prilagodijo neolitske iznajdbe zmernejšemu podnebnju srednje Evrope. Od tu se neolitik naglo razširi v srednjo in severno Evropo. Gre torej za kulturno, historično in populacijsko uniformen pojav, ki se razlikuje od neolitika v sredozemskem povodju, ki se širi po severnem robu Sredozemlja, predvsem s pomočjo potovanj po morju.

## 2 Časovna komponenta

Radiokarbonsko datiranje temelji na predpostavki, da je v okolju stabilno razmerje med radioaktivnim izotopom  $^{14}\text{C}$  in stabilnimi izotopi ogljika. To velja tudi za organizme, ki izmenjujejo snovi z okoljem. Ko organizem odmre, ko preneha z metabolizmom, začne delež izotopa  $^{14}\text{C}$  upadati zaradi radioaktivnega razpada. Izotop ogljika  $^{14}\text{C}$  ima razpolovno dobo okoli 5730 let, z merjenjem radioaktivnosti (standardna metoda) ali količine izotopa  $^{14}\text{C}$  (AMS metoda) v vzorcu lahko določimo starost (Bronk Ramsey 2008). V resnici je ugotavljanje prave starosti bolj zapleteno, saj razmerje med  $^{14}\text{C}$  in drugimi izotopi ogljika v atmosferi v zemeljski zgodovini ni bilo popolnoma konstantno. Izotop  $^{14}\text{C}$  nastaja v gornjih plasteh atmosfere ob interakciji kozmičnih žarkov z atomi dušika. Proizvodnja  $^{14}\text{C}$  je odvisna od količine kozmičnih žarkov, ki jih modulira sončni veter in jakosti sončnega in zemeljskega magnetnega polja. Da bi dobili pravo (tako imenovano koledarsko) starost vzorca, moramo meritev kalibrirati s kalibracijsko krivuljo. Ta temelji na primerjavi radiokarbonske starosti s pravo starostjo vzorcev (običajno gre za les, ki ga lahko neodvisno natančno datiramo z dendrokronološko metodo). Rezultat radiokarbonskega datiranja tako ni natančna starost, temveč verjetnostna razporeditev starosti vzorca. Radiokarbonska metoda je standardno orodje za datiranje arheoloških sledov, z njo pa lahko datiramo le organske ostanke (oglje, kosti, semena in tako dalje). Z AMS metodo lahko s precejšnjo gotovostjo datiramo vzorce na okoli 100 do 200 let natančno.

Z razvojem AMS datiranja in povečanjem količine datacij lahko radiokarbonske datacije uporabljamo ne zgolj za določanje starosti posameznih vzorcev, temveč kot podatkovje, ki omogoča odkrivanje prej neopaženih trendov in vzorcev. Velika količina datacij – kjer vsaka datira skoraj nepomemben dogo-

dek, torej prekinitev metabolizma nekega naključnega organizma – tako postane nova kakovost, ki omogoča razumeti večje prostorskočasovne vzorce in procese v preteklosti. To veliko podatkovje radiokarbonskih datacij omogoča, da analiziramo neolitik kot časovnoprostorski pojav ali proces, ki ima svoj obseg, smer, hitrost, ritem in tempo.

Dinamiko procesa širitve neolitika preučujemo prek analize distribucije radiokarbonskih datacij v prostoru in času. Temelji na kombiniranju verjetnostih porazdelitev radiokarbonskih datacij s arheoloških najdišč. Glavna predpostavka pristopa je, da zgostitev števila datacij v prostoru in času kaže na večjo intenzivnost poselitve, saj se večje število ljudi in najdišč pomeni tudi večjo aktivnost, ki se odraža v količini radiokarbonskih datacij.

Študijsko območje smo razdelili na šesterokotnike, ki smo jih uporabili za združevanje opazovanih spremenljivk.

Spremenljivka, ki jo opazujemo, je vsota verjetnostne porazdelitve radiokarbonskih datacij (*summed probability density*, SPD) (Williams 2012) znotraj celice. SPD je vsota verjetnostnih porazdelitev skupine radiokarbonskih datumov na določenem prostoru, v našem primeru znotraj šesterokotne celice. Ključna predpostavka je, da je število radiokarbonskih datacij sorazmerno z intenzivnostjo poselitve; število datacij v celici korelira s številom najdišč ali ljudi, ki so tu živeli. Povišan SPD naj bi tako odražal intenzivnejšo poselitev znotraj celice. SPD se običajno uporablja v paleodemografskih študijah kot indikator velikosti populacije. V tej študiji ga uporabljamo bolj splošno, kot indikator intenzivnosti poselitve znotraj posamezne poselitvene celice.

Temeljna predpostavka pristopa temelji na logiki vzorčenja arheoloških vzorcev za datacije, saj običajno vzorčimo vzorce iz tako imenovanih kulturnih plasti, torej ostankov bivanja. Vendar vzorci za radiokarbonsko datiranje niso vzorčeni naključno – niti znotraj posameznega najdišča, niti med najdišči. Število vzorcev je odvisno od raziskovalnih vprašanj, interesov, financiranja in zgodovine raziskav. Tako se lahko število datacij iz posameznih faz ali plasti na najdišču močno razlikuje med sabo. Pogosto so bolj vzorčne zgodnejše plasti, saj so primarna raziskovalna vprašanja običajno vezana na začetke in starost najdišča.

Do neke mere lahko te pristranskosti ublažimo s kopičenjem in agregiranjem podatkov. Predpostavka je, da lahko dovolj velik regionalen vzorec radiokarbonskih datacij zmanjša pristranskosti na nivoju posameznega najdišča, torej, da množica majhnih nesistematičnih vzorcev s velikega števila najdišč sestavlja kvazi naključen vzorec regionalnih trendov v poselitvi (Williams 2012).

Radiokarbonske datacije zato v študiji agregiramo znotraj celic in ne posameznih najdišč. SPD je tako vsota verjetnostnih porazdelitev radiokarbonskih datacij znotraj posamezne šesterokotne celice. Da se izognemo pristranskostim, ki so posledica bolj intenzivnega vzorčenja posameznih plasti na najdiščih, datacije znotraj celice razdelimo v 200 let velike razrede. Datacije znotraj razredov kalibriramo, seštejemo njihove verjetnostne porazdelitve in vsoto normaliziramo (Shennan s sodelavci 2013; Timpson s sodelavci 2014). SPD celice je tako vsota verjetnostnih porazdelitev razredov.

Z agregiranjem datacij v razrede in celice se izognemo pristranskostim zaradi različnih intenzivnosti vzorčenja znotraj najdišč in znotraj najdišč v regiji.

Vse analize smo izvedli v statističnem orodju R (R Core Team 2018), s paketom *rcarbon* za kalibracijo radiokarbonskih datacij in izračun SPD (uporabili smo krivuljo IntCal13) ter paket *sp* za prostorske analize (Bivand s sodelavci 2013).

### 3 Prostorska analiza

Študijsko območje, ki obsega površino okoli 170.000 km<sup>2</sup>, smo prekrili s 320 šesterokotnimi celicami (slika 1). Šesterokotnike smo izbrali zato, ker gre za najenostavnejše like, ki so po obliki še najbližje krogu in s katerimi je moč prekriti (teselirati) površino. Šesterokotne celice imajo manjši efekt roba, saj si z vsemi sosedami delijo isti rob, prav tako je ista razdalja do središč vseh sosednih celic. Premer celice je okoli 25 km, površina celice je 525 km<sup>2</sup>. Velikost šesterokotnika smo izbrali glede na povprečno

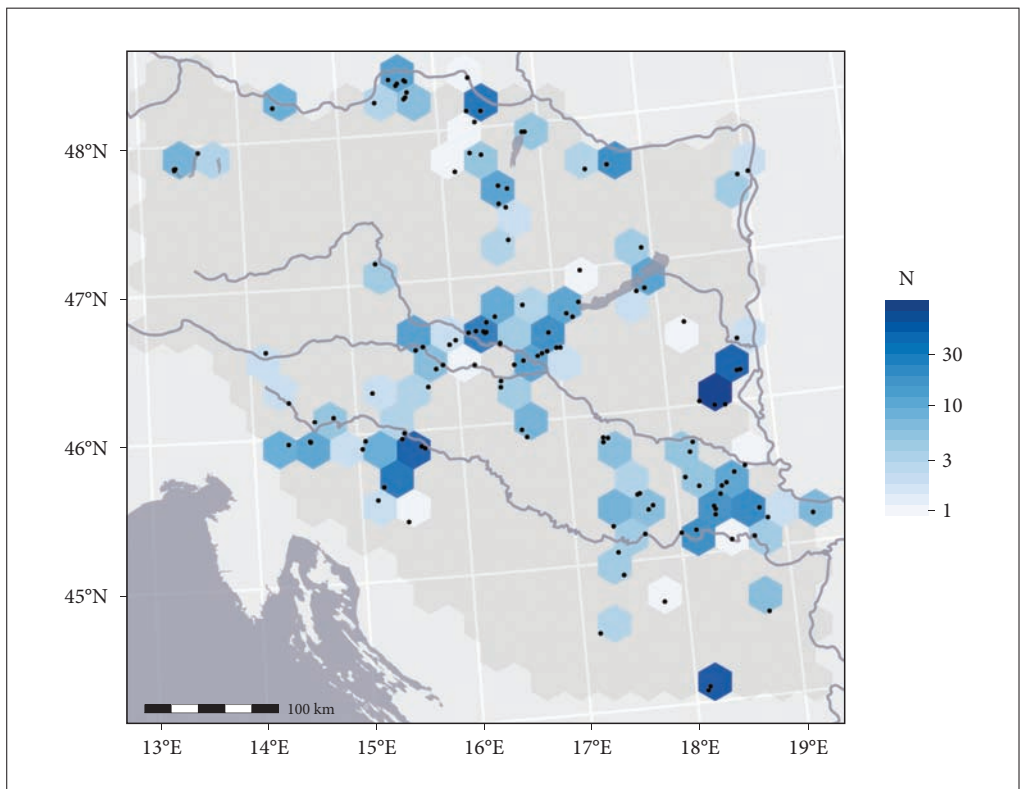
razdaljo med najbližjema najdiščema, ki je okoli 11 km, na ta način smo zagotovili, da celice agregirajo podatke najdišč. Pri tem merilu opazovanja predpostavljamo, da celica ustreza regionalnemu poselitvenemu sistemu ali gruči povezanih naselij. Regionalni poselitveni sistem je običajno definiran kot sistem nekaj medsebojno odvisnih naselij, povezanih z izmenjavami različnih dobrin in partnerjev (Parkinson 2002).

Sestavili smo podatkovno zbirko (korpus) 136 najdišč s radiokarbonskimi datacijami (Mlekuž Vrhovnik 2020). Zaradi velike zgoščenosti najdišč le 81 celic vsebuje najdišča. V večini celic najdemo le eno najdišče, najgosteje poseljena celica vsebuje 9 najdišč.

Neenakomerna distribucija poseljenih celic odraža neenakomerno gostoto neolitske poselitve na študijskem območju. Celice se gostijo v nekaj skupkov, dva v Slavoniji, velik skupek, ki se razteza preko jugovzhodnih Alp, zahodne in osrednje Transdanubije in tretji v Dunajski kotlini. Opažamo tudi nekaj zelo velikih vrzeli, še posebej izrazita je vrzel v Alpah, pomenljive pa so tudi prazni prostori v srednjem toku rek Save in Drave, v osrednji Transdanubiji in na avstrijskem Štajerskem.

Ta neenakomerna distribucija odraža v vzorec neolitske poselitve; neolitska poselitev je omejena na nižine in se izogiba gričevju in gorovju. Na drugi strani pa odraža tudi raziskovalne pristranskosti, saj je večino datiranih najdišč iz novejših raziskav, predvsem najdišča, ki so bila odkrita med gradnjo avtocestnega omrežja v Sloveniji, na Madžarskem in Hrvaškem.

Zbrali smo 749 radiokarbonskih datacij iz neolitskih in eneolitskih najdišč iz časa med okoli 8000 in 5000 cal BP. Število radiokarbonskih datacij na celico variira med 1 (10 celic) in 84 datacij na celico s mediano 4 datacij na celico (slika 1).



Slika 1: Študijsko območje (senčeno) z uporabljenimi arheološkimi najdišči in številom radiokarbonskih datacij na posamezno celico. Merilo je v logaritemski skali.

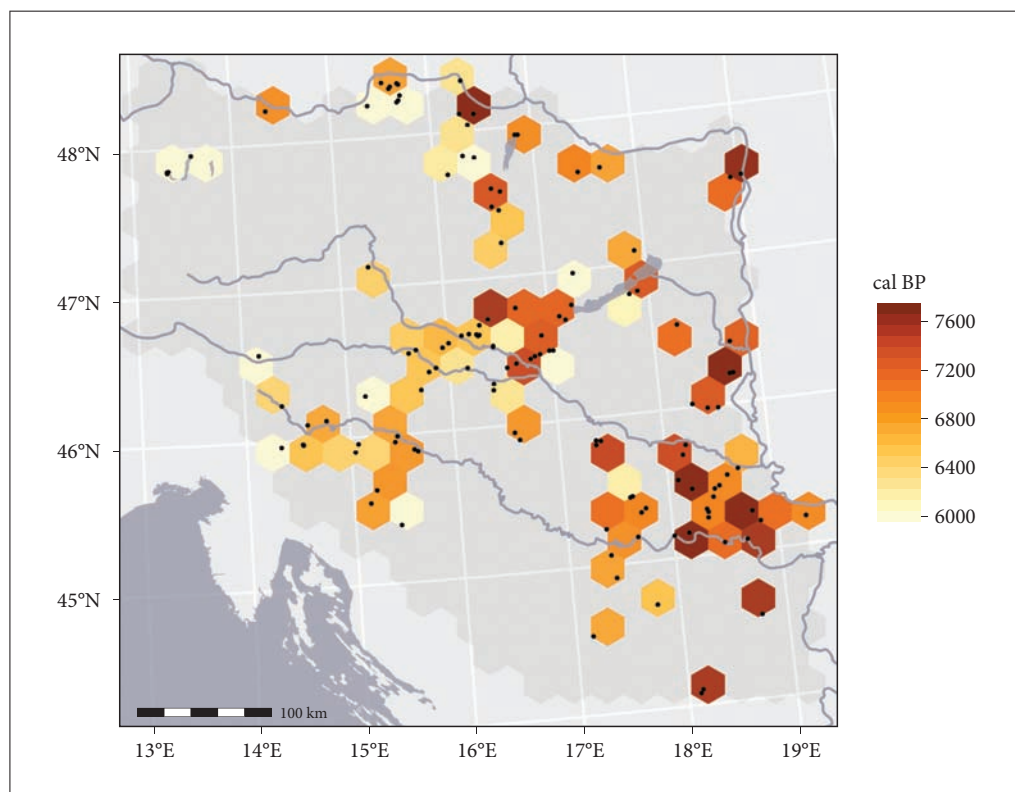
Za vsako celico smo po gornjem postopku izračunali vsoto verjetnostne razporeditve (SPD). Na ta način smo dobili poselitveno zgodovino posamezne celice. Obdobja, kjer je verjetnostno porazdelitev višja od 68 % interpretiramo kot indikator poselitve celice, spodnji rob 68 % verjetnostne porazdelitve pa za začetek poselitve posamezne celice (slika 2).

Ko kartiramo začetek poselitve celic, lahko opazimo izrazit trend v smeri vzhod–zahod. Naj-zgodnejše poseljene celice so zgoščene na jugozahodnem robu študijskega območja, v Slavoniji, z nekaj izoliranimi celicami tudi v Transdanubiji in Dunajski kotlini. Zdi se, da lahko v prvih 500 letih po pojavu neolitskih naselbin na študijskem območju najdemo izolirane poseljene celice po vsem vzhodnem delu študijskega območja. Začetek neolitske poselitve tako lahko vežemo na izolirane celice, enklave.

Datum začetka poselitve posamezne celice smo uporabili za oceno pojava neolitske poselitve na celotnem študijskem območju, kjer smo začetek poselitve interpolirali z metodo kriginaga.

Kriging je dvofazna geostatistična metoda, pri kateri z analizo podatkov najprej ugotovimo vzorce avtokorelacije in napovednosti vrednosti glede na lokacijo. Rezultat te faze je semivariogram, ki modelira razlike med vrednostmi spremenljivke glede na razdaljo in smer med njima (Chilés in Delfiner 2012). V drugi fazi izvedemo interpolacijo, ki temelji na modeliranem semivariogramu.

Podatki za kriginag so centriodi celic, spremenljivka, ki jo interpoliramo, je datum začetka poselitve celice. Celic z le enim datumom nismo uporabili. Rezultat je interpolirana rastrska površina z vrednostjo začetka neolitske poselitve za vsako celico, torej spodnji časovnoprostorski rob pojava, ki nas zanima (slika 3).



Slika 2: Datum začetka neolitske poselitve za posamezno celico.

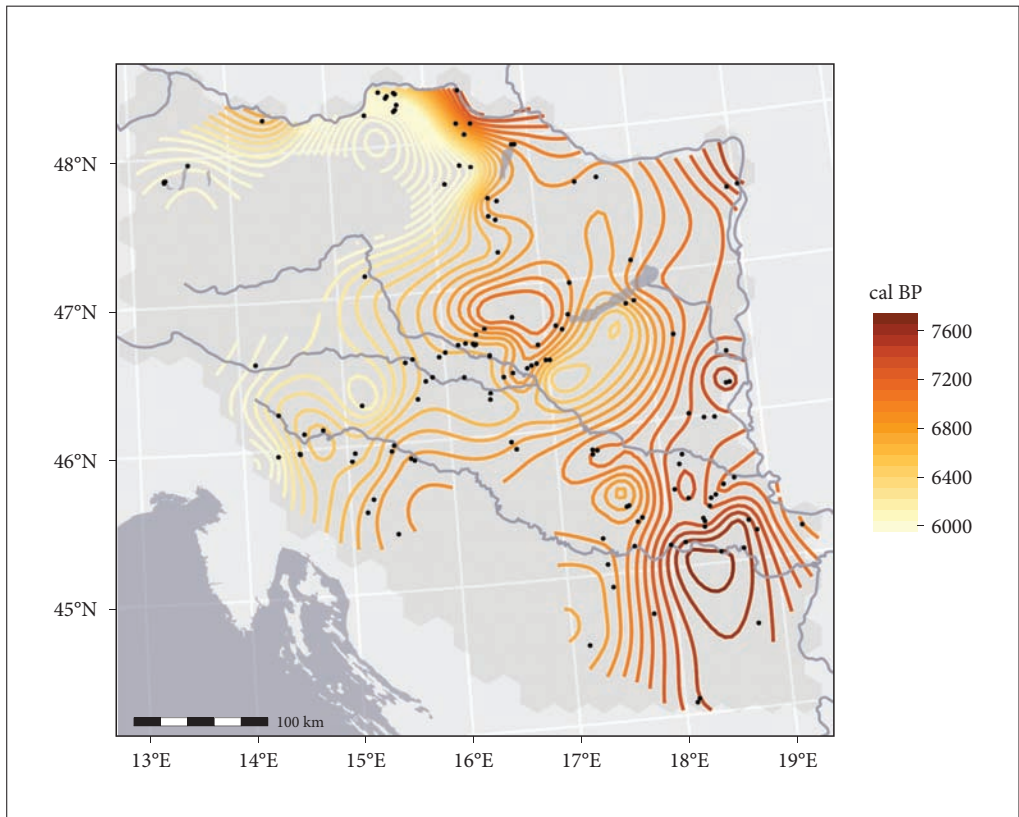
Jedno območje širitve neolitika je med Savo in Dravo. Od tu se neolitik očitno širi v dveh smereh: prva gre ob Donavi, druga pa ob Dravi in Muri in vzhodnem robu Alp do Dunajske kotline, kjer se srečata. Širitev prepoznamo kot zaporedje izoliranih enklav, kjer se neolitska poselitev pojavi pred okoličico. Kar opažamo, je najbrž ostanek niza skupnosti, ki so se širile ob koridorjih širitve.

Prepoznamo tudi območja, kjer neolitska poselitev precej zamuja. Najbolj očitno je celotno območje Alp, pa tudi območje južno od Blatnega jezera.

Območja zgoščenih izokron kažejo na stabilno mejo ali rob širjenja neolitika. Najbolj očitna je na zahodnem robu Dunajske kotline in na zahodnem robu Panonske nižine, ob spodnjem toku reke Mure, kjer se neolitska širitev proti zahodu zaustavi za skoraj 500 let, nato pa se relativno hitro razširi po rečnih dolinah Save in Drave v jugovzhodne Alpe, v prostor današnje Slovenije.

Oceno začetka neolitske poselitve smo uporabili tudi za izračun smeri in hitrosti širjenja neolitika (slika 4). Iz zmeščane interpolirane površine začetka neolitske poselitve smo izračunali usmeritev in naklona. Naklon posamezne celice predstavlja hitrost širjenja neolitika v sosednje celice, izrazili smo ga v kilometrih na leto. Smer širitve je definirana kot smer največjega naklona ali hitrosti. Hitrost in smer širitve smo vizualizirali kot vektorsko polje, kjer smer puščice kaže smer, velikost puščice pa hitrost širitve.

Hitrost širitve neolitika na celotnem študijskem območju je očitno precej visoka, razdaljo 400 km med Slavonijo in Dunajsko kotlino neolitske skupnosti premagajo v okoli 200 letih, kar kaže na hitrost premikanja okoli 2 km na leto. Vendar je to globalna hitrost procesa, torej hitrost premikanja in vzpo-



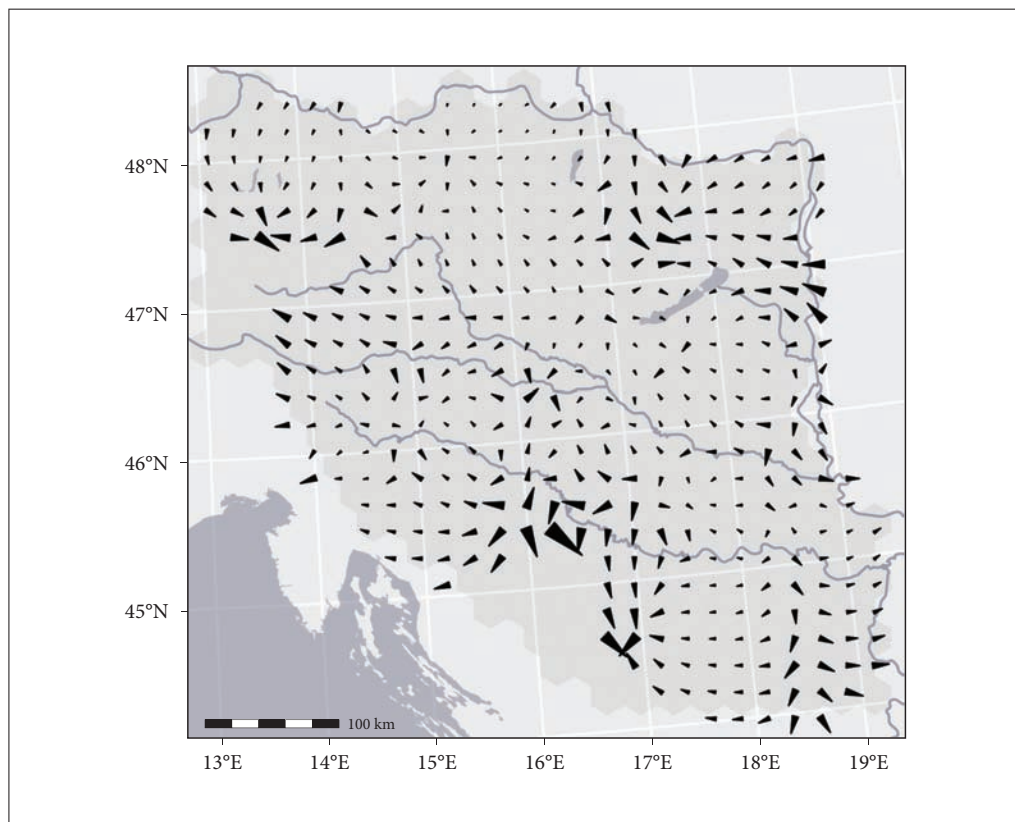
Slika 3: Interpolirana ocena začetka neolitske poselitve na študijskem območju.

stavljanja enklav. Hitrost, ki smo jo izračunali iz naklona površine ocene začetka neolitske poselitve, kaže na drug proces, na relativno počasno širitev poselitve okoli enklav, torej proces, s katerim je neolitska poselitve zapolnila prostor. Ta, lokalna hitrost širitve, je relativno nizka in ocenjena na interval med 0,025 in 5 km na leto, z mediano pri 0,15 km na leto. Ekstremi se pojavljajo ob robovih interpolacijskega območja, kjer gre najbrž za efekt roba.

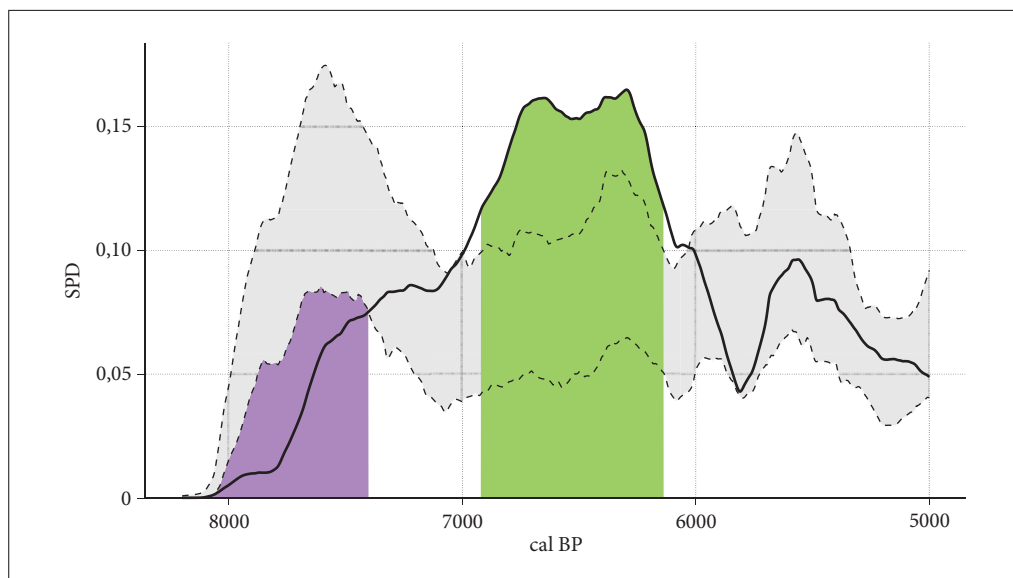
Podatke o poselitvi celic lahko uporabimo tudi za diahrono analizo poselitve, ki temelji na seštevku verjetnostnih distribucij vseh celic (slika 5). Ta vrednost, globalna verjetnostna porazdelitev ali globalna SPD, odraža poselitvene in demografske trende, saj je odvisna od števila in intenzivnosti poselitve celic v določenem letu. Globalno SPD težko pretvorimo v absolutne številke (števila naselbin ali ljudi), z njo opazujemo predvsem spremembe, obdobja rasti in upadov poselitve.

Oblika globalne SPD je podvržena mnogim pristranostim, zato jo primerjamo z ničelno hipotezo (Porčić, Blagojević in Stefanović 2016; Blagojević s sodelavci 2017). V našem primeru je to stacionarni model poselitve, ki predpostavlja nespremenljivo intenzivnost poselitve, enako povprečni vrednosti globalne SPD.

S pomočjo Monte Carlo simulacije večkrat naključno vzorčimo stacionarni model poselitve in izračunamo SPD. Te podatke agregiramo in izračunamo 95 % interval zaupanja. Kjer globalna SPD odstopa od kritičnih vrednosti, ničelna hipoteza o stacionarni poselitvi ne velja. V našem primeru je intenzivnost ali obseg poselitve manjši do leta 7600 cal BP, sledi obdobja povečana intenzivnost poselitve med okoli 6900 in 6200 cal BP, temu pa sledi upad okoli 5600 cal BP (slika 5).



Slika 4: Hitrost in smer širjenja neolitske poselitve na študijskem območju.



Slika 5: Primerjava med globalno verjetnostno porazdelitvijo (črta) in 95 % interval zaupanja Monte Carlo simulacije ničelne hipoteze o stacionarni poselitvi (senčeno). Obdobja, kjer globalna verjetnostna porazdelitev odstopa od kritičnih vrednosti, so označena z vijolično (obdobja upadov) ali zeleno (obdobja rasti).

## 4 Sklep

V študiji smo neolitik obravnavali kot kompleksen prostorskočasovni pojav, vzorčen s pomočjo radio-karbonskih datumov na arheoloških najdiščih. Značilnost tovrstnih podatkov je, da so pogosto pristrani, polni šuma in napak. Zato smo jih obravnavali kot podatkovje in v njem iskali vzorce in trende. S pomočjo prostorskih metod, predvsem agregacije podatkov in interpolacije, smo iz korpusa podatkov rekonstruirali dinamiko pojava v prostoru in času.

Proces oblikovanja neolitske poselitve na območju zahodne Panonske nižine in Vzhodnih Alp ni bil hiter, uniformen proces, ki bi ustvaril homogeno neolitsko poselitev. Iz pričujoče analize lahko ugotovimo, da je šlo za kompleksen proces, ki je trajal tisočletja in je ustvaril nehomogen in neenakomeren vzorec poselitve (Mlekuž Vrhovnik 2019).

Kompleksne prostorskočasovne procese lahko razumemo kot interakcije treh enostavnejših prostorskih procesov, premikov, širitve in procesov agregacije in segregacije (O'Sullivan in Perry 2013). Premiki se nanašajo na gibanje posameznih entitet, ki entiteto (molekulo, organizem, osebo) premaknejo iz ene lokacije v drugo. Ti premiki so bodisi naključni ali pa nanje vplivajo okoljske razmere. V tej študiji lahko temu procesu pripišemo hiter pojav razpršenih enklav neolitske poselitve po skoraj vsem študijskem območju. Ta proces kaže na izredno veliko mobilnost zgodnjeneolitskih skupnosti ali celo posameznikov. Premiki sledijo naravnim koridorjem v pokrajini.

Širitev je proces počasne rasti ali ekspanzije roba fenomena (na primer širitve plina v vakuum, širitve ognja ali ekspanzija populacije v novo okolje). Na študijskem območju ta proces prepoznamo predvsem kot počasno širitev poselitve okoli poselitvenih jeder, enklav, in zapolnjevanje prostora okoli njih. Ta proces lahko vežemo predvsem na demografsko rast.



Neenakomeren vzorec poselitve ustvarjajo procesi segregacije in agregacije. Oba procesa temeljita na Toblerjevem prvem zakonu geografije, dejstvu, da se podobne stvari pojavljajo skupaj, kar vodi k ustvarjanju neenakomernih, nenaključnih, heterogenih prostorskih vzorcev (O'Sullivan and Perry 2013). V našem primeru proces agregacije vezan na oblikovanje neenakomernih skupkov poselitve. Zdi se, da je pri oblikovanju skupkov glavno vlogo igralo okolje. Neolitska poselitev je omejena na rečne doline in nižine; izogiba se gričevjem in gorovjem.

## 5 Viri in literatura

- Bivand, S. R., Pebesma, E., Gómez-Rubio, V. 2013: Applied Spatial Data Analysis with R. New York.
- Blagojević, T., Porčić, M., Penezić, K., Stevanović, S. 2017: Early Neolithic population dynamics in the Eastern Balkans and the Great Hungarian Plain. *Documenta Praehistorica* 44. DOI: <https://doi.org/10.4312/dp.44.2>
- Bronk Ramsey, C. 2008. Radiocarbon dating: revolutions in understanding. *Archaeometry* 50-2. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00394.x>
- Chilés, J.-P., Delfiner, P. 2012: Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty. New York.
- Fort, J., Pujol, T., Vander Linden, M. 2012: Modelling the Neolithic transition in the Near East and Europe. *American Antiquity* 77-2. DOI: <https://doi.org/10.7183/0002-7316.77.2.203>
- Mlekuž Vrhovnik, D. 2019: Neolithic and Copper Age settlement dynamics in the Western Carpathian Basin and Eastern Alps. *Documenta Praehistorica* 46. DOI: <https://doi.org/10.4312/dp.46.16>
- Mlekuž Vrhovnik, D. 2020: Neolithic/Copper Age radiocarbon dates from West Carpathian basin and East Alps. Zenodo. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3742733>
- O'Sullivan, D., Perry, G. L. W. 2013: Spatial Simulation: Exploring Pattern and Process. New York.
- Parkinson, W. A. 2002: Integration, interaction, and tribal 'cycling': The transition to the Copper Age on the Great Hungarian Plain. *The Archaeology of Tribal Societies*. Ann Arbor.
- Porčić, M., Blagojević, T., Stefanović, S. 2016: Demography of the early Neolithic population in central Balkans: population dynamics reconstruction using summed radiocarbon probability distributions. *Plos One* 11-8. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160832>
- R Core Team, 2018. Medmrežje: <https://www.R-project.org> (16. 2. 2020)
- Robb, J. 2013: Material culture, landscapes of action, and emergent causation: A new model for the Origins of the European Neolithic. *Current Anthropology* 54-6. DOI: <https://doi.org/10.1086/673859>
- Robb, J. 2014: The future Neolithic: a new research agenda. *Early Farmers: The View from Archaeology and Science*. Oxford.
- Shennan, S., Dowen, S. S., Timpson, A., Edinborough, K., Colledge, S., Kerig, T., Manning, K., Thomas, M. G. 2013: Regional population collapse followed initial agriculture booms in mid-Holocene Europe. *Nature Communications* 4.
- Timpson, A., Colledge, S., Crema, E., Edinborough, K., Kerig, T., Manning, K., Thomas, M. G., Shennan, S. 2014: Reconstructing regional population fluctuations in the European Neolithic using radiocarbon dates: a new case-study using an improved method. *Journal of Archaeological Science* 52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.08.011>
- Williams, A. N. 2012: The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science* 39-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.07.014>