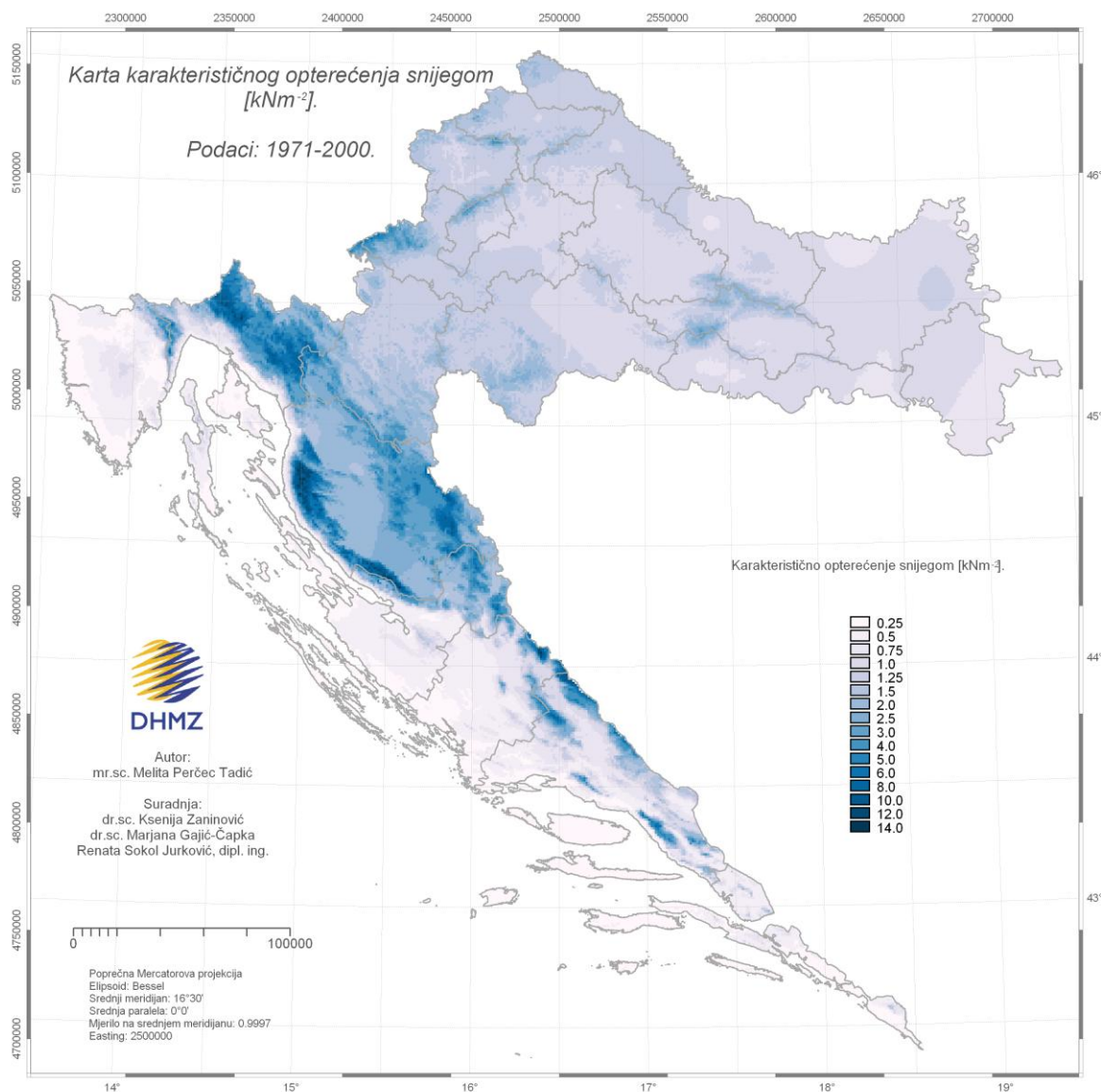


## Dokumentacija o digitalnim klimatskim kartama

### Karta karakterističnog opterećenja snijegom



#### Klimatski parametar

Maksimalno godišnje opterećenje snijegom za povratno razdoblje 50 godina za područje Republike Hrvatske.

#### Ključne riječi

karta, opterećenje snijegom, visina snježnog pokrivača, gustoća snijega, teorija

ekstrema, regresija, kriging

## Podaci

Opterećenje snijegom računa se iz mjerenja visine snježnog pokrivača i gustoće snijega. Visina snježnog pokrivača mjeri se stalnim ili pokretnim snjegomjerom u 7 sati po lokalnom vremenu. Gustoća snijega određuje se snjegomjernom vagonom, ili izuzetno Hellmannovom vadilicom, i mjeri se svakih pet dana i u danima s novim snježnim pokrivačem poslije mjerenja visine snježnog pokrivača u 7 sati po lokalnom vremenu. Dok se visine snježnog pokrivača mjere na većem broju postaja (118), gustoće snijega za razdoblje 1971-2000. raspoložive su na svega 13 meteoroloških postaja. Stoga bi se opterećenje snijegom na osnovi raspoloživih mjerenja visina snijega i gustoća moglo proračunati samo na 13 postaja koje mjere oba parametra, što je nedovoljno za potrebe kartiranja opterećenja i procjenu njegove vrijednosti za područje Hrvatske. Kako bi se prevladala ova poteškoća, provedena je analiza dnevnih podataka gustoće snijega i visine snježnog pokrivača na 13 postaja koje mjere oba klimatološka parametra kako bi se utvrdilo postoji li veza između ovih parametara. Definiranjem regresijskih jednadžbi kojima se procjenjuje ovisnost gustoće snijega o visini snježnog pokrivača, moguće je iz maksimalnih mjesečnih visina snijega proračunati gustoće snijega i dalje mjesečna opterećenja, a iz nizova mjesečnih opterećenja i najveće godišnje opterećenje snijegom. Time je za 105 postaja (uz 13 postaja na kojima se godišnje opterećenje računa izravno) dobiven dovoljan broj nizova godišnjih opterećenja za procjenu maksimalnog opterećenja za povratni period 50 godina. Karakteristično opterećenje snijegom ( $s_k$ ) definira se kao opterećenje snijegom za koje je vjerojatnost premašaja te vrijednosti 0.02, i isključuje izuzetna opterećenja snijegom. Ova vjerojatnost premašaja odgovara maksimalnom opterećenju snijegom koje se može očekivati jednom u 50 godina. Za procjenu opterećenja snijegom koje se može očekivati jednom u 50 godina korištena je generalizirana razdioba ekstremnih vrijednosti (GEV) za sve meteorološke postaje koje raspolažu potpunim nizom podataka maksimalnih godišnjih opterećenja snijegom u 30-godišnjem razdoblju 1971-2000. Budući da je za analizu prostorne raspodjele potrebno raspolagati što gušćom mrežom postaja, broj postaja s potpunim nizom podataka nadopunjen je i postajama koje raspolažu s barem 20-godišnjim nizom podataka u razdoblju 1971-2000. Izuzetno su u analizu uključeni i podaci osam postaja s manje od 20 godina podataka koji su ipak dragocjeni jer se nalaze na područjima gdje nema drugih postaja ili su to postaje na većim nadmorskim visinama kojih također ima malo. Ove procijenjene vrijednosti, sada za 118 postaja, dovoljna su baza podataka za daljnju geostatističku analizu i kartiranje.

## Metoda kartiranja

Za procjenu vrijednosti na lokacijama na kojima nema mjerenja korišten je regresijski kriging. Kao prediktori u regresijskom modelu odabrane su glavne komponente (Principal Components) izvedene na temelju visine digitalnog modela terena, otežane udaljenosti od mora, geografske širine i dužine. Ukoliko statistička razdioba podataka, kao što je slučaj s podacima karakterističnog opterećenja snijegom, odstupa od normalne razdiobe, preporučljivo je podatke prije regresijske analize transformirati korištenjem logaritamske transformacije. Ovo je opravdano i stoga što drugi autori koriste funkciju potencija za definiranje ovisnosti opterećenja o nadmorskoj visini. Logaritmiranjem funkcije potencija dolazi se do jednadžbe u kojoj  $\ln(s_k)$  linearno ovisi o nadmorskoj visini. Regresijska analiza pokazala je da su otežana udaljenost od morske granice i nadmorska visina najvažniji prediktori u regresijskoj jednadžbi. Sljedeći korak u prostornoj procjeni

$s_k$  je kriging reziduala pri čemu je utvrđeno da variogram reziduala najbolje modelira eksponencijalni izotropni model. Za proračun vrijednosti  $s_k$  u točki mreže korišten je lokalizirani kriging, s najviše 90 procjena s najbližih postaja. Nakon definiranja regresijskog modela i variograma reziduala, metodom regresijskog kriginga proračunata je prostorna razdioba maksimalnog opterećenja snijegom za povratni period 50 godina, tzv. karakteristično opterećenje snijegom.

#### **Pouzdanost procjene**

Regresijski model objašnjava 75% varijabilnosti podataka. Sveukupno je preciznost predviđanja regresijskog kriginga testirana metodom poprečne validacije izostavljanjem po jednog elementa (Leave-one-out cross-validation, LOOCV link). Računaju se srednja pogreška procjene (ME), normalizirani korijen srednje kvadratne pogreške procjene (RMSEr) i pouzdanost ( $1-RMSEr^2$ ). Korišteni model daje  $ME=0.02 \text{ kNm}^{-2}$  i  $RMSEr=0.31$  što odgovara pouzdanosti do 91% na validacijskim točkama.

#### **Opis karte**

Za kartu karakterističnog opterećenja snijegom odabrano je 14 klasa opterećenja. Najniže vrijednosti karakterističnog opterećenja snijegom do  $0.25 \text{ kNm}^{-2}$  tipične su za 10% ukupne kopnene površine Hrvatske. To su područja na otocima i obali do 300 m nadmorske visine gdje se samo rijetko može očekivati snježni pokrivač debljine nekoliko ili desetak centimetara. Izuzetak su kvarnerski otoci koji na dijelovima otoka višim od 300 m mogu imati opterećenja do  $1 \text{ kNm}^{-2}$ , a Mali Lošinj na visinama iznad približno 500 m i do  $1.5 \text{ kNm}^{-2}$ . Zona karakterističnog opterećenja snijegom od  $0.25-0.5 \text{ kNm}^{-2}$  obuhvaća 9.5% ukupne kopnene površine i nalazi se na obali, na visinama uglavnom od 100–300 m. Najveći udio od 33.3% kopnene površine pripada zoni opterećenja od  $0.5-1.0 \text{ kNm}^{-2}$  i većim dijelom obuhvaća područja istočne i središnje nizinske kontinentalne Hrvatska na visinama do 200 m, a manjim dijelom i primorska područja na visinama od približno 300–500 m. Nizinski zapadni dio kontinentalne Hrvatska do 200 m visine uglavnom je u zoni opterećenja do  $1.25 \text{ kNm}^{-2}$  dok su područja na visinama od 200–300 m visine uglavnom u zoni opterećenja od  $1.25-1.5 \text{ kNm}^{-2}$ . Zone opterećenja od  $1-1.5 \text{ kNm}^{-2}$  nalaze se i u primorju, na obroncima planina, ali uglavnom na visinama iznad 500 m. Ukupno je u ovoj zoni 26.6% kopnene površine Hrvatske. Zona opterećenja od  $1.5-2 \text{ kNm}^{-2}$  nalazi se većim dijelom na području Like i gorske Hrvatske. U Lici počinje na približno 500 m visine. Na obroncima kontinentalne Hrvatske počinje od približno 300 m visine. Na obroncima planina uz obalu ovakva opterećenja počinju na visinama od približno 700 m. Ova zona obuhvaća 7.5% kopnene površine Hrvatske. Ukupno gledano, zone opterećenja do  $2 \text{ kNm}^{-2}$  obuhvaćaju 86.8% kopnene površine Hrvatske dok 13.2% površine ima veća karakteristična opterećenja.

Područja karakterističnog opterećenja od  $2-4 \text{ kNm}^{-2}$  obuhvaćaju 9.3% kopnene površine i nalaze se na obroncima planina u unutrašnjosti na visinama od 400–800 m nadmorske visine. Na planinama Gorskog kotara i na ličkom platou iste vrijednosti karakterističnog opterećenja se zbog maritimnog utjecaja protežu do visina od približno 900 m, a na Velebitu i planinama uz more južno od Velebita ovakva opterećenja počinju na približno 700 m, a protežu se do 1100 m nadmorske visine.

Na svega 3.9% kopnene površine očekivana karakteristična opterećenja snijegom veća su od  $4 \text{ kNm}^{-2}$ . U sjeverozapadnoj Hrvatskoj su opterećenja od  $4-5 \text{ kNm}^{-2}$  moguća na samom vrhu Medvednice i na vršnim dijelovima Žumberačkog gorja. Ovakva opterećenja su zastupljenija na visinama iznad 800–1200 m na planinama

gorske Hrvatske, Velebita i planinama južnog dijela Dinarskog lanca. Visinske granice ove zone se prema obali i prema jugu pomiču prema višim nadmorskim visinama, a ukupni udio površine koju obuhvaća zona je 1.6%. Karakteristično opterećenje od 5–6 kNm<sup>-2</sup> očekuje se na 1% kopnene površine, uglavnom na visinama od 1000–1300 m. Na 0.8% kopnene površine očekuje se opterećenje od 6–8 kNm<sup>-2</sup> počevši od 1100–1300 m nadmorske visine na planinama Gorskog kotara i penjući se do 1400 m na Velebitu.

Samo 0.5% kopnene površine Hrvatske (277 km<sup>2</sup>) može očekivati karakteristična opterećenja veća od 8 kNm<sup>-2</sup>. Karakteristično opterećenje od 8–10 kNm<sup>-2</sup> moguće je na vrhovima Gorskog kotara od 1200–1400 m nadmorske visine, na Velebitu od 1300–1500 m i na Dinari od 1400–1600 m. Karakteristično opterećenje od 10–12 kNm<sup>-2</sup> u Gorskom kotaru se može očekivati na visinama od 1400–1500 m, na 1400–1600 na Velebitu i na 1500–1800 na Dinari. Najviša, ali najmanja površinom je zona opterećenja od 12–14 kNm<sup>-2</sup> koja obuhvaća 15 km<sup>2</sup> velebitskih vrhova iznad 1400 m nadmorske visine i ova vrijednost opterećenja se slaže s karakterističnim opterećenjem na osnovi podataka visine snijega i gustoće snijega izmjerenih na meteorološkoj postaji Zavižan.

**Rezolucija digitalne karte** 1 x 1 km<sup>2</sup>

**Referenca** Perčec Tadić M, Zaninović K, Gajić Čapka M, Sokol Jurković R (2012) Karta karakterističnog opterećenja snijegom. Državni hidrometeorološki zavod.