

# OBILNA SNEŽNA ODEJA V SLOVENIJI

## Heavy snow cover in Slovenia

Gregor Vertačnik \*, Mojca Dolinar \*\* UDK 551.578.46(497.4)

Povzetek Abstract

Obilna snežna odeja zaradi svoje teže predstavlja eno od naravnih ujm v Sloveniji. Na podlagi meritev višine snežne odeje in vsebnosti vode v snegu smo analizirali pogostost pojavljanja ekstremne višine snežne odeje in ekstremnih snežnih obtežb v Sloveniji. Največ snega z največjimi obtežbami je v Julijskih Alpah, v nižinskem svetu pa največ snega zapade v alpskih dolinah severno od dinarske pregrade (slika 2, preglednica 1).

Tam v povprečju enkrat na nekaj desetletij pride do 2 m in več debele snežne odeje, vendar snežna obtežba zelo redko preseže 5 kN/m<sup>2</sup>. Precej manj je snega v nižinskem delu osrednje Slovenije, kjer snežne obtežbe redko presežejo 1 kN/m<sup>2</sup> (slika 3). Zahodno od dinarske pregrade snežna odeja ni pogosta, saj v nižjih predelih Primorske mine marsikatera zima povsem brez snega (slika 5).

Heavy snow and the associated snow load can cause considerable damage in most parts of Slovenia. Maximum depth of snow cover and snow load were analysed on the basis of snow cover depth and snow water content measurements. The maximum snow depth and associated snow load are found in the Julian Alps (Figure 2 and 3). In the lowlands, maximum snow depth and snow load (up to 5 kN/m<sup>2</sup>) are found in alpine valleys north of the main Dinaric ridge. In the lowlands of the central part of Slovenia, snow loads rarely exceed 1 kN/m<sup>2</sup>. In the Primorska region, snow cover is a rare phenomenon with no snow cover in many winters (Figure 5).

## Uvod

Sneg je v Sloveniji, z izjemo Obalne regije, pogost pojav. Najpogostejši je v visokogorju, kjer tudi poleti sneženje ni izjemen dogodek. Nevšečnosti in tudi prave vremenske ujme lahko povzročijo posamezni vremenski dogodki z obilnimi snežnimi padavinami, še posebej ob koncu zime, ko sneži na že nakopičeno snežno odejo. Če ta preseže določen prag, zaradi svoje teže ogroža predvsem različne konstrukcije, zato je zelo pomembno, da so pravilno načrtovane. Znatne snežne obtežbe, ki povzročajo snegolom, nastanejo tudi ob posameznih obilnih sneženjih. Na podlagi podatkov o višini snežne odeje in na nekaterih postajah tudi merjenj gostote snega smo analizirali značilnosti maksimalne snežne odeje in njene obtežbe v Sloveniji.

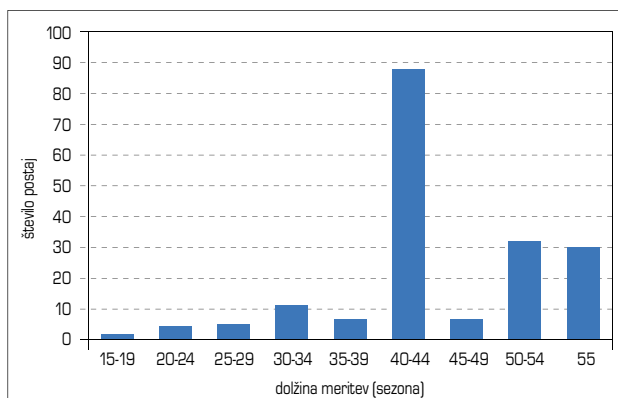
## Podatki

Za analizo smo uporabili podatke o višini skupnega in novega snega na 186 meteoroloških postajah, ki so delovale v obdobju od 1. avgusta 1950 do 31. julija 2005, kar je 55 snežnih sezon. Snežna sezona se prične 1. avgusta in konča 31. julija naslednje leto. Na petnajstih postajah so v tem obdobju vsaj 10 let merili tudi vodnatost skupnega snega. Vodnatost snega je masa vode v snegu na enoto površine. Podatki o vodnatosti so zaradi tehnike

merjenja večinoma slabše kakovosti. Vsi podatki so bili pred obdelavo natančno kontrolirani in večje napake popravljene (Dolinar in drugi, 2007). Število merilnih postaj se je v obravnavanem obdobju spreminjalo, vendar smo zaradi zagotavljanja zadostne prostorske gostote merilnih mest analizirali podatke skoraj vseh postaj, ki so imele v obravnavanem obdobju več kot 15 let meritev (slika 1).

## Metode

Ekstremne dogodke najlaže predstavimo s povratnimi dobami, ki so neposredno povezane z verjetnostjo nastopa določenega ekstrema znotraj časovne enote. Tudi pri



Slika 1. Porazdelitev števila postaj z merjenji višine snežne odeje glede na dolžino niza podatkov.

Figure 1. Distribution of the number of snow measurement stations according to the length of the time-series.

\* Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, gregor.vertacnik@gov.si

\*\* Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, m.dolinar@gov.si

analizi ekstremnih dogodkov, povezanih s snežno odejo, smo se odločili za metodo povratnih dob. Taki rezultati so uporabni tudi v inženirskih strokah, kjer so mejne vrednosti, ki jih morajo prenesti konstrukcije, določene s predpisano povratno dobo. Stavbne konstrukcije morajo tako zdržati snežno obtežbo s 50-letno povratno dobo (Sanpaolesi, 1998 in 1999), zato smo se v nadaljnji analizi osredotočili predvsem na analizo največje višine in obtežbe snega s 50-letno povratno dobo. To so dogodki, do katerih pride povprečno enkrat vsakih 50 let.

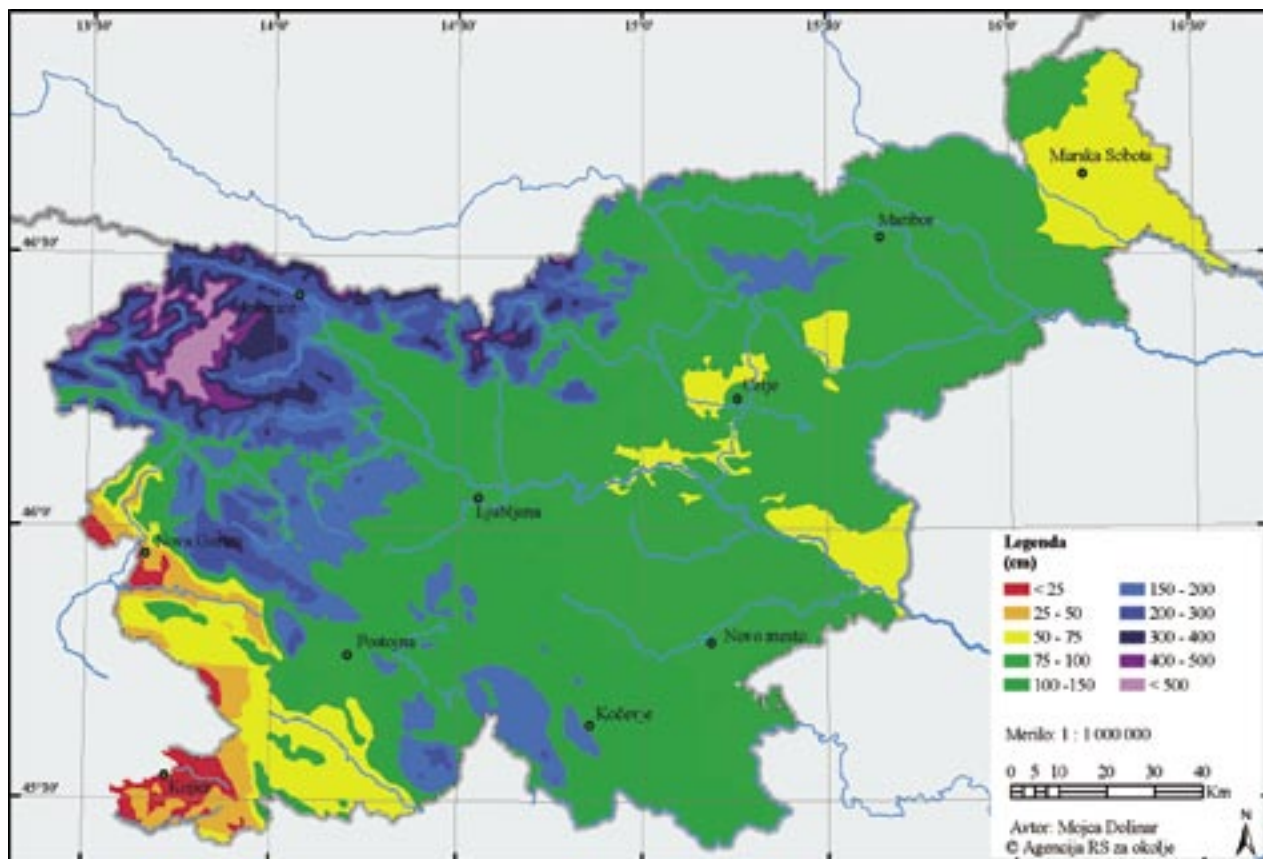
Ker smo imeli meritve vodnatosti snega na voljo le za 15 merilnih točk, smo sestavili empirični model za izračun vodnatosti snega in snežne obtežbe na podlagi maksimalne višine snega in trajanja snežne odeje (Dolinar in drugi, 2007). Pri tem smo upoštevali tudi značilne podnebne razmere v hladni polovici leta, ki vplivajo na preobrazbo snežne odeje.

Vrednosti ekstremnih višin snežne odeje za različne povratne dobe smo računali z Gumbelovo metodo (Dolinar in drugi, 2007). Pri izračunu maksimalnih snežnih obtežb z določeno povratno dobo smo prav tako uporabili Gumbelovo metodo. Na podlagi meritev vodnatosti smo izpeljali empirično zvezo med maksimalno obtežbo in maksimalno višino snega ter korenem vsote kvadratov dnevni vrednosti višine snežne odeje v posamezni sezoni. Koeficienti v empirični zvezi povedo informacijo o dinamiki višine snežne odeje skozi sezono.

Za izračun prostorske porazdelitve višine snežne odeje in snežne obtežbe s povratno dobo 50 let smo uporabili metode splošnega kriginga (Isaaks & Srivastava, 1989). Pri tem smo upoštevali odvisnost višine snežne odeje in snežne obtežbe od enostavnih in izpeljanih geografskih spremenljivk (Dolinar in drugi, 2007).

## Prostorska in časovna porazdelitev najvišje snežne odeje in snežne obtežbe

Sneži najpogosteje v visokogorju, snežna odeja se v teh predelih obdrži več kot pol leta. Prvi sneg, ki obleži do konca sezone, pade v oktobru ali novembru, snežna odeja pa se popolnoma stali šele v maju, juniju ali celo juliju. V vmesnem obdobju se z vsakim sneženjem snežna odeja odebeli, obtežba pa se povečuje tudi zaradi drugih padavin, ki lahko ostanejo v snežni odeji. Zgodaj spomladi je v visokogorju Julijskih Alp snežna odeja včasih debela prek 5 metrov in ima obtežbo nad 10 kN/m<sup>2</sup>. Na Kredarici, sodeč po izračunih, vsakih 50 let višina snežne odeje doseže 7 metrov, kar pomeni obtežbo prek 20 kN/m<sup>2</sup>. Nazadnje se je to zgodilo aprila 2000. Podobno visoke vrednosti so v celotnih Julijskih Alpah, medtem ko so v Karavankah in Kamniško-Savinjskih Alpah obtežbe lahko tudi precej nižje (slika 3).



Slika 2. Prostorska porazdelitev najvišje skupne višine snežne odeje s povratno dobo 50 let.

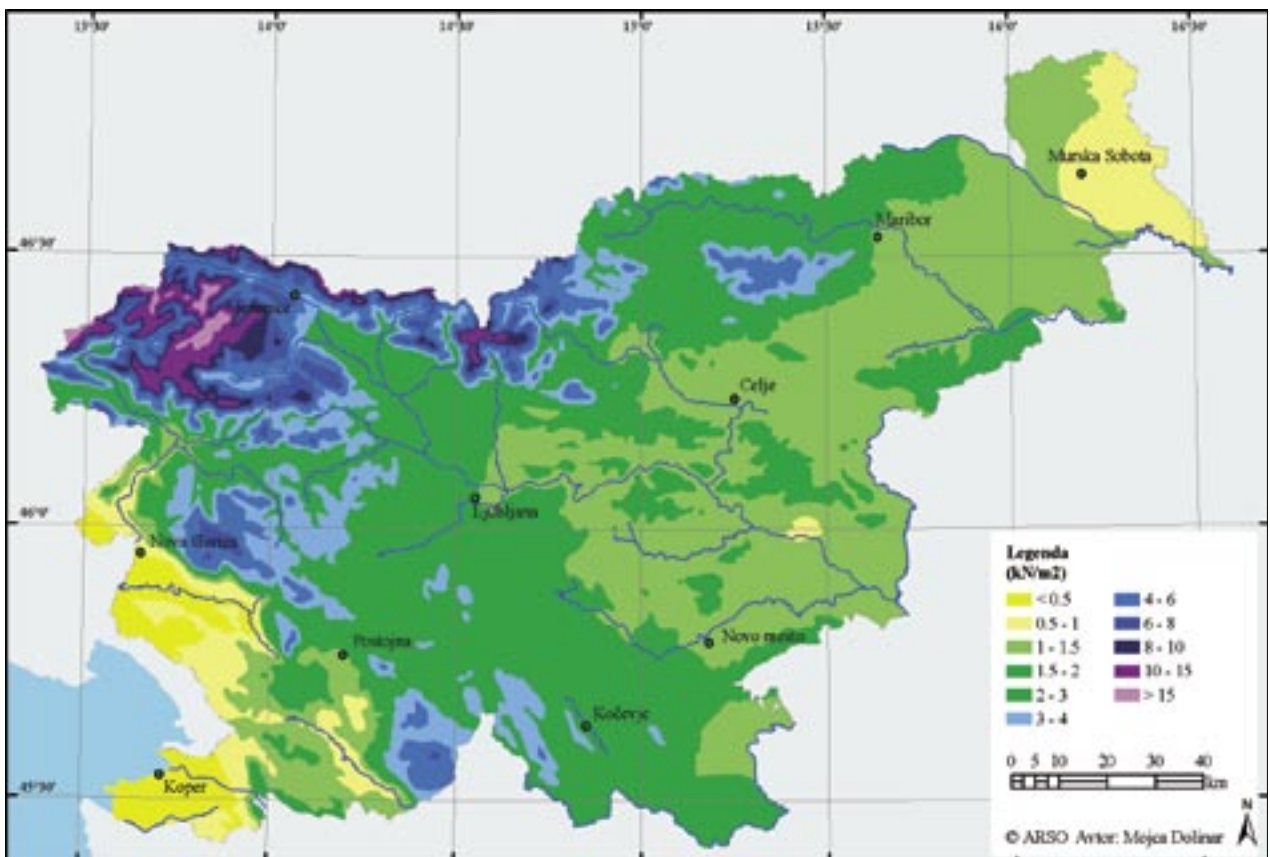
Figure 2. Spatial distribution of maximum snow cover depth over a period of 50 years.

V sredogorju je snega bistveno manj. Na nadmorski višini 1500 m maksimalna višina snega s 50-letno povratno dobo nikjer ne doseže 5 metrov (slika 2), snežna obtežba pa ne preseže  $15 \text{ kN/m}^2$  (slika 3). Na vzhodu države je snega precej manj kot na zahodu, kar nazorno kaže razlika med postajama Hudi Vrh in Predel (preglednica 1), ki sta na podobni nadmorski višini. Na nadmorski višini 1000 m debelina snega v zahodni in južni Sloveniji redko preseže 2 m (Vojsko, Mašun), na Pohorju pa 1 meter. Maksimalne snežne obtežbe znašajo največ nekaj  $\text{kN/m}^2$  (slika 3).

V nižinskem svetu v povprečju največ snega zapade v alpskih dolinah severno od dinarske pregrade (Zgornjesavska dolina, Bohinjska dolina) (slika 2, preglednica 1). Tam v povprečju vsakih nekaj let višina snega preseže 1 meter, povprečno enkrat na nekaj desetletij pa je snežna odeja debela 2 m in več. Kljub temu snežna obtežba zelo redko preseže  $5 \text{ kN/m}^2$ . Precej manj snega kot v prej omenjenih območjih je v Ljubljanski kotlini, na Kočevskem in na notranjskih planotah (slika 2). V Kočevju je meter debela snežna odeja v povprečju enkrat na deset let, v Ljubljani pa enkrat na 50 let. Kljub temu nas zimi 1951/52 in 1894/95 opozarjata, da je v Ljubljanski kotlini možna poldrugi meter in več visoka snežna odeja (slika 4). V omenjenih letih so v Ljubljani izmerili 146 cm oziroma 149 cm snega. V Ljubljanski kotlini snežna obtežba redko preseže  $1 \text{ kN/m}^2$ , medtem ko na večini notranjskih planot in na Kočevskem takšna obtežba ni nič nenavadnega. Kljub skoraj enotni nadmorski višini

v osrednjem delu Ljubljanske kotline so zaradi različne količine padavin med zahodnim in vzhodnim robom precejšnje razlike v debelini snežne odeje. V Škofji Loki je po izračunih v povprečju vsakih 50 let 130 cm ali več debela snežna odeja, medtem ko v Depali vasi, 20 km vzhodno, ta vrednost znaša le še 90 cm. Proti vzhodu Slovenije se na splošno vrednosti maksimalne višine snega in maksimalne snežne obtežbe postopno zmanjšujejo. V Ljubljani je izračunana vrednost za maksimalno višino snega s povratno dobo 50 let 100 cm, v Celju in Mariboru 80 cm in v Murski Soboti le še 65 cm (preglednica 1). Temu ustrezno je nižja tudi maksimalna snežna obtežba (slika 3). Marsikje na severovzhodu le-ta izjemno redko preseže  $1 \text{ kN/m}^2$ . Podobno malo snega kot v Pomurju imajo tudi v nekaterih nižinskih predelih osrednje in vzhodne Slovenije (slika 2).

V dolinah, kamor seže vpliv morja (Posočje, dolini Idrijce in Bače), predvsem južno od Tolmina, so snežne razmere precej drugačne kot v notranjosti države. Kljub obilnim zimskim padavinam je zaradi večjega deleža dežja tam manj snega kot na enaki nadmorski višini na drugi strani pregrade. Količina snega je v Zgornjem Posočju ter zgornjem toku Idrijce še primerljiva s tisto na vzhodni strani dinarske pregrade, dolvodno pa se z nižjo nadmorsko višino in vse večjim vplivom Jadranskega morja hitro zmanjšuje (sliki 2 in 3). V Vipavski dolini, večjem delu Krasa in slovenski Istri je 20 cm snežna odeja prava redkost, saj je na primer povratna doba za takšno višino



Slika 3. Prostorska porazdelitev največje snežne obtežbe s povratno dobo 50 let.  
Figure 3. Spatial distribution of maximum snow load over a period of 50 years.

na Slapu v Vipavski dolini in v Strunjanu 20 let. V teh krajih mine marsikatera zima povsem brez snega (slika 5). Več snega pade v Ilirskobistriški kotlini in v Brkinih, kjer znaša maksimalna višina snega s 50-letno povratno dobo pol metra in več (slika 2 in preglednica 1).

Razlike v višini snežne odeje in njeni teži so lahko med posameznimi leti zelo velike. Na slikah od 4 do 8 je prikazana maksimalna višina snežne odeje po letih za merilne postaje Ljubljana, Slap, Kranjska Gora, Murska Sobota in Kredarica. Iz teh prikazov je razvidno, da so razlike med leti na posameznih postajah, ki predstavljajo značilne podnebne pasove Slovenije, lahko zelo velike. Prav tako je iz časovnih potekov razvidno, da ekstremni dogodki, povezani s snežno odejo, po Sloveniji niso nujno istočasni. Sezona 1951/52 je močno izstopala v Ljubljani (slika 4). Tudi v Kranjski Gori in v Murski Soboti so v tej sezoni namerili eno najvišjih snežnih odej, vendar v obeh omenjenih krajih višina v tej sezoni ni tako močno izstopala kot v Ljubljani. V Murski Soboti je v višini snežne odeje izstopala sezona 1985/86, medtem ko je bila po drugih krajih višina snežne odeje povprečna (slika 7). Nekoliko bolje se med kraji ujemajo leta z izjemno nizko maksimalno snežno odejo, predvsem v Ljubljani in Murski Soboti. V Kranjski Gori z bolj izrazitim alpskim podnebjem

in višjo nadmorsko višino so bila pogosta leta s povprečno višino snežne odeje, ko so imeli drugi nižinski predeli države močno podpovprečno višino snežne odeje. V visokogorju je maksimalna višina snežne odeje večinoma odvisna od količine padavin v hladni polovici leta, zato lahko tudi v toplih in po nižinah s snegom revnih zimah snežna odeja doseže izjemno debelino. To se je nazadnje zgodilo v sezoni 2000/2001 (slika 8).

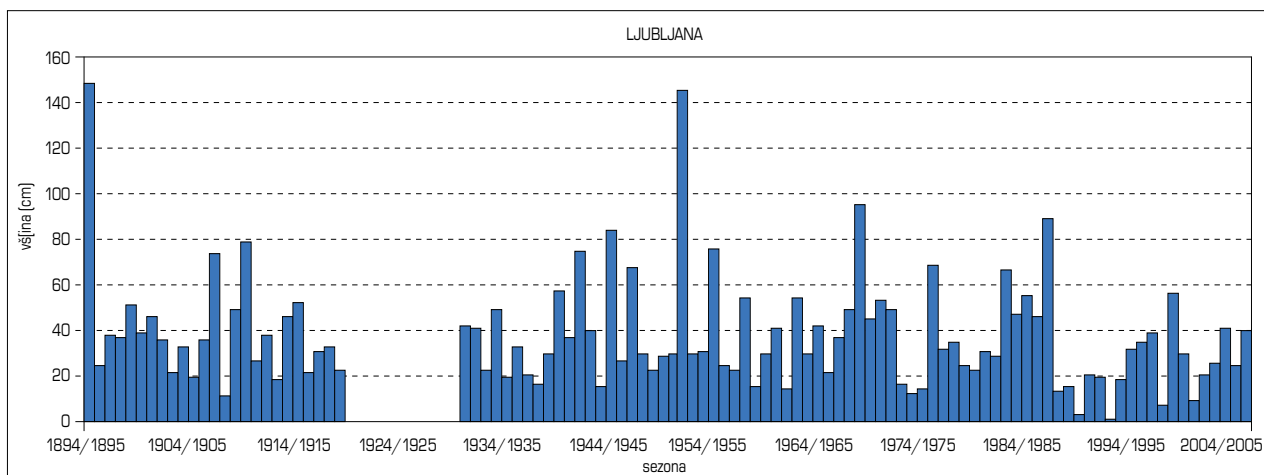
## Sklepne misli

Podrobna analiza meritev snežne odeje na 186 postajah državne mreže meteoroloških opazovalnic je pokazala odvisnost največje višine snežne odeje in snežne obtežbe od nadmorske višine in regije. Največ snega običajno zapade v visokogorju Julijskih Alp, kjer snežna odeja včasih preseže višino 5 metrov. S padajočo nadmorsko višino je snega vse manj, v alpskih dolinah višina skupnega snega le redko preseže 2 metra, snežna obtežba pa 5 kN/m<sup>2</sup>. Zaradi posebne gradnje največjo nevarnost za objekte na teh območjih ne predstavlja izjemno velika snežna obtežba, temveč snežni plazovi. V nižinskih predelih v notranjosti Slovenije je več kot pol metra debela snežna odeja redek pojav, še posebej na severovzhodu in vzhodu

Postaja	Nadmorska višina (m)	Višina (cm)		Obtežba (kN/m <sup>2</sup> )	
		10 let	50 let	10 let	50 let
Kredarica	2514	540	700	17	22
Hudi vrh na Pohorju	1260	130	180	2,9	4,2
Predel	1156	210	300	6,1	8,6
Vojsko	1068	190	260	4,1	5,8
Mašun	1020	130	180	2,6	3,7
Rateče	864	160	230	3,4	4,9
Stara Fužina	547	150	210	2,8	4,1
Sevno	545	60	85	0,95	1,4
Postojna	533	60	90	0,90	1,3
Lesce	508	85	120	1,4	2,1
Logatec	486	95	130	1,7	2,4
Kočevje	467	95	130	1,4	2,1
Šmartno pri Slovenj Gradcu	451	60	80	1,1	1,6
Bovec	443	90	140	1,8	2,7
Ilirska Bistrica	421	35	55	0,50	0,80
Ljubljana	299	70	100	1,1	1,6
Maribor	275	55	80	0,90	1,3
Celje	245	55	80	0,90	1,3
Novo mesto	213	65	90	1,0	1,4
Murska Sobota	189	45	65	0,60	0,85
Bizeljsko	172	45	60	0,70	1,0
Otok pri Metliki	135	60	80	0,90	1,3
Slap pri Vipavi	132	16	27	0,19	0,31
Strunjan	2	14	25	0,16	0,28

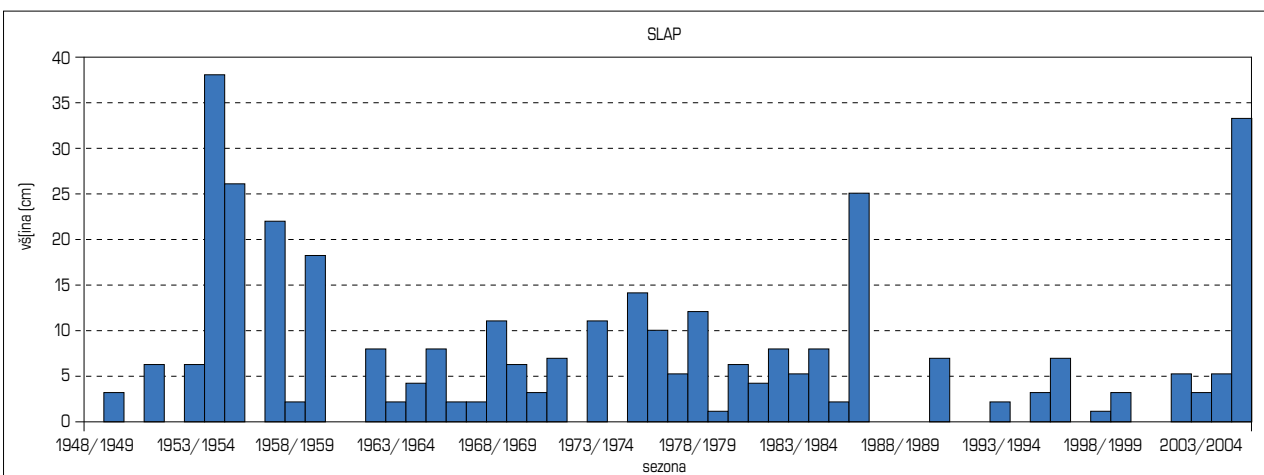
Preglednica 1. Maksimalna višina snežne odeje in maksimalna snežna obtežba s povratno dobo 10 in 50 let na nekaterih meteoroloških postajah.

Table 1. Maximum snow cover depth and maximum snow load over periods of 10 years and 50 years at some meteorological stations



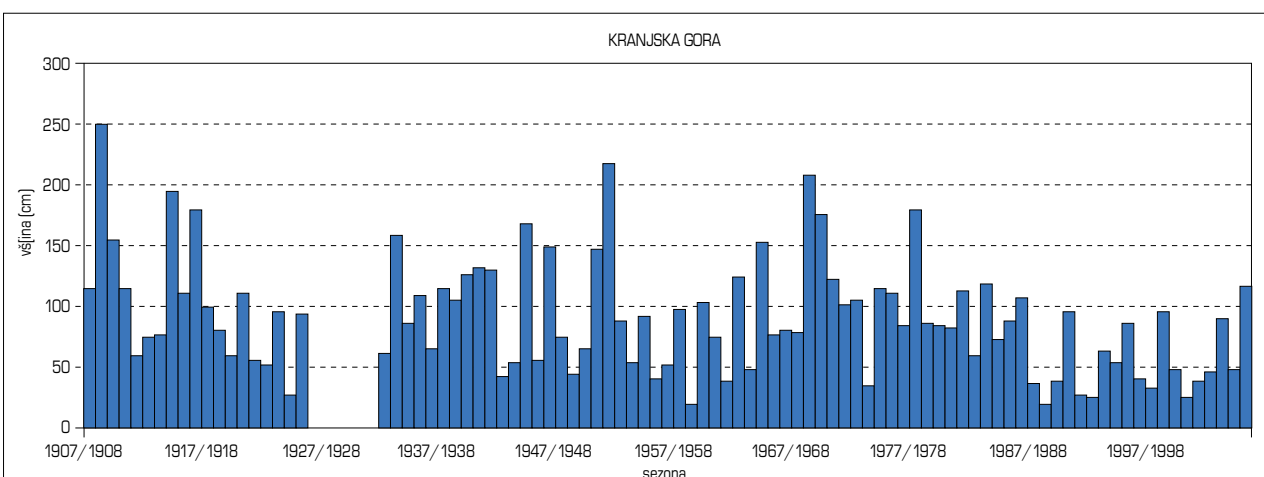
Slika 4. Maksimalna sezonska višina skupnega snega v Ljubljani v obdobju 1894/95–2005/06, z izjemo obdobja 1919/1920–1929/1930.

Figure 4. Maximum seasonal snow depth in Ljubljana for the period 1894/95–2005/06. Data between 1919/1920 and 1929/30 are missing.



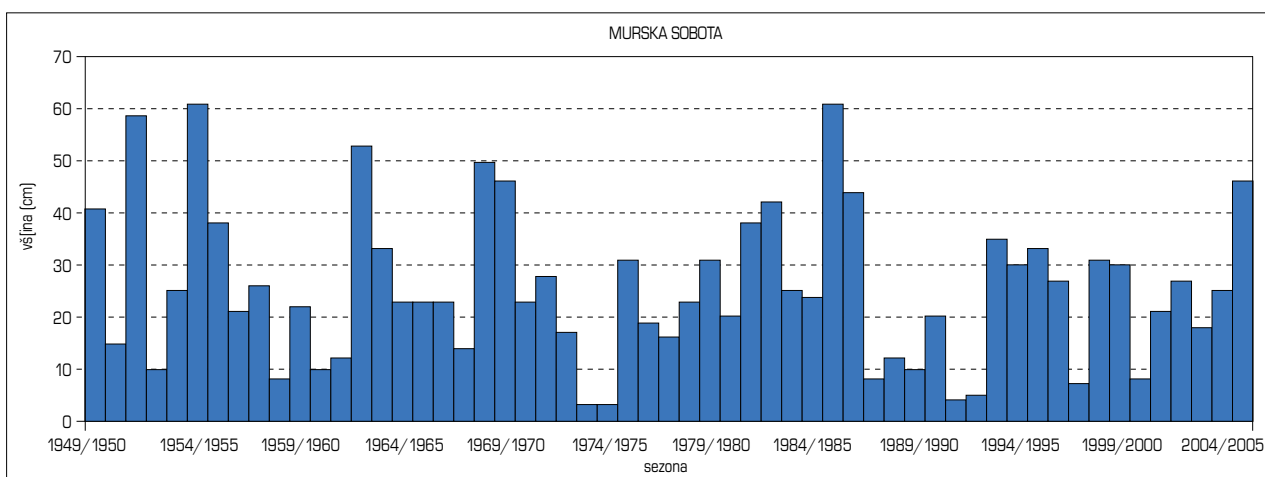
Slika 5. Maksimalna sezonska višina skupnega snega na Slapu v obdobju 1948/49–2005/06.

Figure 5. Maximum seasonal snow depth in Slap for the period 1948/49–2005/06.



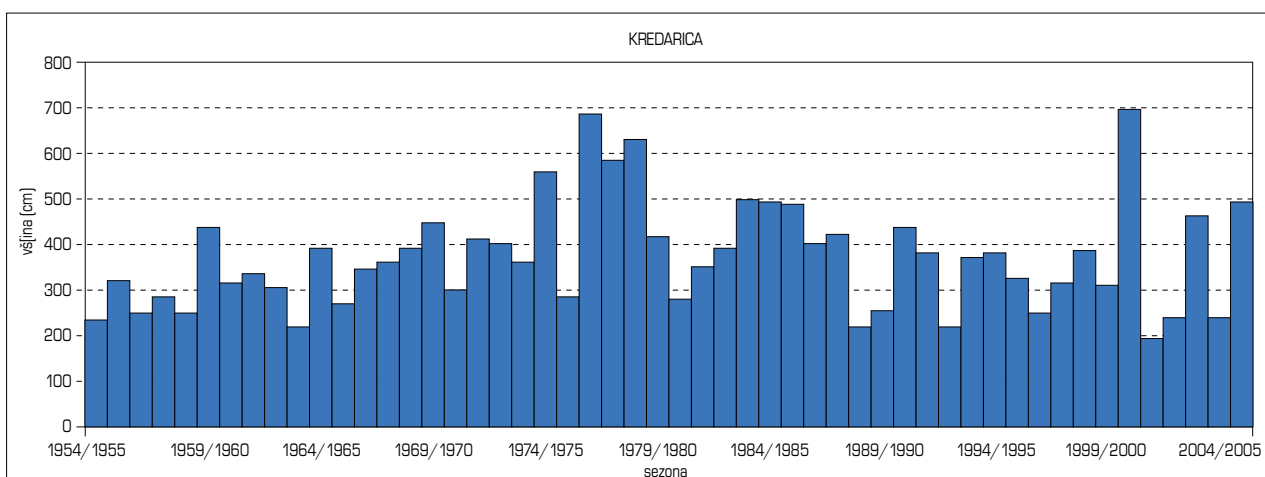
Slika 6. Maksimalna sezonska višina skupnega snega v Kranjski Gori v obdobju 1907/08–2005/06, z izjemo obdobja 1926/1927–1931/32.

Figure 6. Maximum seasonal snow depth in Kranjska Gora for the period 1907/08–2005/06. Data between 1926/1927–1931/32 are missing.



Slika 7. Maksimalna sezonska višina skupnega snega v Murski Soboti v obdobju od 1949/50–2005/06.

Figure 7. Maximum seasonal snow depth in Murska Sobota for the period 1949/50–2005/06.



Slika 8. Maksimalna sezonska višina skupnega snega na Kredarici v obdobju 1954/55–2005/06.

Figure 8. Maximum seasonal snow depth at Kredarica for the period 1954/55–2005/06.



Slika 9. Pod težo snega upognjena drevesa na cesti proti planini Blato v Bohinju (foto: J. Ortar)

Figure 9. Trees bending beneath the snow on a road to the alpine meadow of Blato in Bohinj (photo: J. Ortar)



Slika 10. Snegolom na poti na Komno (foto: J. Ortar)  
 Figure 10. Damaged forest due to heavy snow on the way to the Komna plateau (photo: J. Ortar)

države. Najtanjša snežna odeja s povratno dobo 50 let je v Pomurju ter v nekaterih nižinskih predelih osrednje in vzhodne Slovenije. Čeprav je zelo debela snežna odeja v gosto naseljenih nižinskih predelih v notranjosti redka, v povprečju na vsakih nekaj desetletij zapade sneg, ki s svojo težo ogroža številne objekte, predvsem ostrejša stanovanjskih in gospodarskih poslopij. Tudi posamezna obilna sneženja lahko povzročijo znatno škodo, predvsem snegolomi v gozdovih in na energetskem omrežju. V večjem delu nižinske Primorske je sneg redek pojav in ne povzroča katastrofalnih posledic. Več kot 20 cm debela snežna odeja v teh predelih pomeni izjemni dogodek.

## Viri in literatura

1. Arhiv ARSO, Urad za meteorologijo.
2. Dolinar, M., Ovsenik-Jeglič, T., Bertalanič, R. in Vertačnik G., 2007. Podnebne podlage za pripravo evropskih standardov, Opis metodologij pri izdelavi kart ekstremnih temperatur, maksimalnih snežnih obtežb in projektne hitrosti vetra. Agencija RS za okolje, Ljubljana.
3. Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M., 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York, 561 strani.
4. Sanpaolesi, prof. Luca, 1998. Commission of the European Communities, DGIII - D3, Scientific support activity in the field of structural stability of Civil Engineering works, SNOW LOADS, Contract no. 500990 dated December 12th 1997, FINAL REPORT, University of Pisa, September 1998.
5. Sanpaolesi prof. Luca, 1999. Commission of the European Communities, DGIII - D3, Scientific support activity in the field of structural stability of Civil Engineering works, SNOW LOADS, Contract no. 500990 dated December 12th 1997, ANNEX B to the final report, EUROPEAN GROUND SNOW LOADS MAP, University of Pisa, September 1999.