

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Simon Stušek

Uporabnost satelitskih posnetkov za potrebe snežne hidrologije v slovenskem prostoru

Diplomska naloga št.: 100

Mentor:
prof. dr. Mitja Brilly

Somentor:
mag. Andrej Vidmar

Ljubljana, 24. 4. 2008

Errata

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

**Podpisani Simon Stušek izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
» Uporabnost satelitskih posnetkov za potrebe snežne hidrologije v slovenskem
prostoru «.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, _____2008

“The first and basic principle of all things is water.”

Grški filozof Thales
(šesto stoletje pr.n.št.)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK :** 528.8:551.578:556.12(043.2)
- Avtor :** Simon Stušek
- Mentor :** prof. dr. Mitja Brilly
- Somentor :** mag. Andrej Vidmar
- Naslov :** Uporabnost satelitskih posnetkov za potrebe snežne hidrologije v slovenskem prostoru
- Obseg in oprema :** 58 str., 6 pregl., 13 sl., 3 gra.
- Ključne besede :** snežna odeja, satelit, posnetek, oblačnost, pokrovnost, napaka pri zaznavanju

Izvleček

Za pridobivanje natančnejših podatkov o snežni odeji se v meteoroloških in hidroloških meritvah vedno bolj upravlja metode daljinskega zaznavanja, s katerimi se trenutno večinoma pridobiva le podatke o obsegu oziroma površini snežne odeje. Za natančne in referenčne podatke o višini in vodnemu ekvivalentu snežne odeje so še vedno potrebni podatki iz meteoroloških postaj in terenskih meritev. Ker je terensko zbiranje podatkov zamudno, drago ter potencialno nevarno, in se število prognostičnih meteoroloških postaj zmanjšuje, je potreba po avtomatskih merilnih postajah ter zanesljivem in zmogljivem daljinskem zaznavanju vedno večja. Uporabnost satelitskih posnetkov je odvisna predvsem od pogostosti pojava oblačnosti in megle ter vrste pokrovnosti tal. V diplomskem delu sem za področje Slovenije analiziral vpliv oblačnosti in natančnosti zaznavanja snežne odeje glede na podatke meteoroloških postaj. Zanimali so me predvsem dejavniki, ki povzročajo napake pri zaznavanju. Analiziral sem podatke za obdobje dvasetih let o oblačnosti iz meteoroloških postaj, ki so pokazali, da znaša povprečna letna stopnja oblačnosti 52 %. V času s prisotno snežno odejo se stopnja oblačnosti zviša na 57 %. Verjetnost jasnega dneva je v tem času 10 %, verjetnost jasnega posnetka pa 23 %. Na podlagi primerjave posnetkov satelitskega sistema MODIS in podatkov o višini snežne odeje se je pokazalo, da je največja napaka pri zaznavanju posledica gozdnih površin. Snežne odeje sistem ni zaznal na območjih zastrtih z neprekinjenim strnjanim iglastim in mešanim gozdom severozahodne in osrednje Slovenije. Zaradi pomanjkanja uporabnih posnetkov sem lahko le na podlagi analize enega posnetka

podal grobo oceno napake, ki znaša 52 %. Ta rezultat zato ne predstavlja dejanske napake pri zaznavanju, nakazuje pa velik odstotek nezaznanih površin snežne odeje, predvsem na račun gozdnih površin, ki pokrivajo več kot 60 % površine.

UDC : 528.8:551.578:556.12(043.2)
Author : Simon Stušek
Supervisor : prof. dr. Mitja Brilly
Co supervisor : mag. Andrej Vidmar
Title : Use of satellite images for snow hydrology in Slovenia
Notes : 58 str., 6 pregl., 13 sl., 3 gra.
Key words : snow cover, satellite, satellite images, cloud cover, land cover, misclassification error

Abstract

In meteorology and snow hydrology, remote sensing techniques have emerged as a powerful and promising tool for accurate snow data collection. At the moment the most reliable snowpack parameter that can be extracted from satellite data is snow cover area. Other essential data, like snowcover depth, density and water equivalent are still measured on climate station. Since the field measurement are costly and potentially hazardous and the number of climate stations is decreasing, the need for automatic climate stations and reliable remote sensing technologies is increasing. Use of satellites for mapping the presence of snow is limited by persistent cloud cover, low fog and areas where snow cover is obscured by dense forest canopies. In my thesis I have examined the influence of cloud cover and the accuracy of MODIS snow product with regard to the data from climate stations over territory of Slovenia. The main goal of this work was to identify the main factors that may influence the MODIS classification accuracy. I have statistically evaluated the data of daily cloud cover and of snow depth obtained from 15 main climate stations for the period of twenty consecutive years. It turned out that annual cloudiness is 52 %. During the presence of snow cover, the average of annual cloudiness was 57 % meaning that there is only 10 % of probability to hit on cloud free day and only 23 % of probability to obtain an unobscured cloud free satellite image. Comparison between images of MODIS satellite system and snow depths data revealed that the highest error in MODIS mapping appeared in the region of evergreen forests where the accuracy of discriminating signal reached only 52%. MODIS

misclassified the snow presence on areas covered by the evergreen dense forest canopies in the southwest and central part of Slovenia. Owing to a shortage of usable MODIS satellite images, I could only draw up a very superficial and approximate estimation of misclassification error which merely based on one cloud free image. According to this estimation, the calculated MODIS misclassification error amount is up to 52 %. Owing to this deficiency, the result can not represent an actual misclassification errors of MODIS over Slovenia, but it can still represent a very high percentage of misclassification errors due to the extensive canopy of dense green forests covering more than 60 % of Slovenia.

KAZALO VSEBINE

	Uvod	1
1	Vloga snega in ledu	2
1.1	Ledeniki	3
1.2	Sneg	4
1.2.1	Nastanek snežnih padavi	5
2	Fizikalne lastnosti snega	6
2.1	Gostota snega	6
2.2	Vsebnost proste vode	7
2.3	Vodni ekvivalent	9
2.4	Poroznost	9
2.5	Temperaturne lastnosti	9
2.6	Optične lastnosti	10
3	Merjenje padavin	11
4	Merjenje snega	12
4.1	Instrumenti za merjenje količine padlega snega	12
4.2	Sistematične napake pri merjenju z ombrometri	14
5	Merjenje snežne odeje	15
5.1	Instrumenti za merjenje višine snega	16
5.2	Instrumenti za merjenje vodnega ekvivalenta	16
6	Daljinsko zaznavanje	18
6.1	Interakcija elektromagnetnega valovanja z atmosfero in površjem	19
6.2	Vrste senzorjev	20
6.3	Uporaba satelitov	21
6.3.1	Landsat	22
6.3.2	Spot	23
6.3.3	Terra in Aqua (Modis)	24

6.3.4	Nadaljnji razvoj satelitskih sistemov	25
6.4	Uporaba daljinskega zaznavanja za opazovanje snega in ledu	25
6.4.1	Vidna in infrardeča svetloba	26
6.4.2	Naravna gama radiacija	27
6.4.3	Aktivni in pasivni mikrovalovi (radar)	28
6.4.4	Lidar (Light detection and ranging)	30
6.5	Metode zaznavanja snežne odeje	31
7	Uporaba posnetkov v Sloveniji	32
7.1	Snežni in snežno dežni režim	33
7.2	Sneg v Sloveniji	34
7.3	Vreme v Sloveniji	36
7.3.1	Oblačnost	37
7.3.2	Inverzija	39
8	Zaznavanje snega na gozdnih površinah in pokrovnost Slovenije	42
9	Obdelava podatkov	44
9.1	Večletna povprečna oblačnost	44
9.2	Primerjava oblačnosti posameznih zim	46
10	Natančnost zaznavanja snežne odeje	50
11	Diskusija in zaključek	52
	Viri	55

Priloga A : Grafikoni in tabele oblačnosti za posamezne meteorološke postaje zim 86 – 06.

Priloga B : Višinske karte s satelitskimi posnetki snežne odeje in višino snega na meteoroloških postajah.

Priloga C : Preglednica rabe tal po podkategorijah in statističnih regijah za Slovenijo 97- 00.

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled meteoroloških postaj.	37
Preglednica 2: Podatki izbranih meteoroloških postaj za obdobje šestnajstih let (90 - 06).	46
Preglednica 3: Primerjava podatkov za nižje in višje ležeče meteorološke postaje.	47
Preglednica 4: Podatki izbranih meteoroloških postaj za obdobje dvajsetih let (86 - 06).	49
Preglednica 5: Primerjava dvajsetletnih povprečij za nižje in višje ležeče meteorološke postaje v času brez snežne odeje.	49
Preglednica 6: Pregled višine snežne odeje meteoroloških postaj dne 24. 2. 2003.	50

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečna oblačnost in višina snežne odeje za obdobje zim 1963 do 2006.	44
Grafikon 2: Povprečna oblačnost in višina snežne odeje za obdobje zim 1996 do 2006.	45
Grafikon 3: Primerjava povprečne oblačnost in višina snežne odeje med nižje ležečimi in višje ležečimi meteorološkimi postajami za obdobje zim 1996 do 2006.	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Ledenik Presanella, Dolomiti Italija, februar 2007.	4
Slika 2: Snežna meja v julijskih Alpah (1700 m.n.v.), december 2006.	6
Slika 3: Totalizator, Komna.	13
Slika 4: Snežni zamet, Vršič februar 2007.	15
Slika 5: Prostorska razporeditev uporabljenih klimatoloških meteoroloških postaj.	36
Slika 6: Nizka oblačnost nad notranjsko na nadmorski višini 1500 m.	38
Slika 7: Primer oblačnosti na posnetku MODIS snow product dne 26. 10. 2002.	39
Slika 8: Inverzija v Bohinjski dolini, januar 2008.	40
Slika 9: Primer decemberske inverzije na posnetku MODIS snow product dne 29. 12. 2002. V Ljubljani je oblačnost tega dne 100 %.	41
Slika 10: Zasnežen gozda na Soriški planini z višino snega 30 cm, januar 2008 in problem zaznavanja snega v gozdu.	42
Slika 11: Posnetek mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3 sistema MODIS dne 24. 2. 2003 zružen z reliefom Slovenije in posnetkom območij poraslih z gozdnimi površinami.	51
Slika 12: Prikaz dejanske površine snežne odeje glede na podatke postaj dne 24. 2. 2003 in rdeče obarvana območja kjer sistem MODIS zaradi gozda ni zaznal snežne odeje.	51
Slika 13: Prikaz obdelave posnetkov. a) Območja snega glede na podatke s postaj. b) Območja satelitsko zaznanega snega. c) Razlika snežnih površin obeh posnetkov.	52

UVOD

Za učinkovito upravljanje z vodami oziroma natančno napovedovanje pretokov, ekstremnih pojavov in višine podtalnice je pomembno poznavanje dinamike povodij, primeren hidrološki model ter pridobivanje podatkov o količini in obsegu padavin preko celega leta. Pri tem je še kako pomembna tudi količina snega, ki se akumulira preko zimskih mesecev.

Zbiranje podatkov o količini snežnih padavin in višini snežne odeje se v Sloveniji večinoma opravlja na meteoroloških postajah s pluviometri in latami ter s totalizatorji na odročnejših krajih. Slabosti tako pridobljenih podatkov predstavljajo merske napake, predvsem pa redka pokritost z merilnimi postajami, zlasti v višje ležečih goratih, gozdnatih in težje dostopnih območjih. Za gorski svet je znano, da so napake pri merjenju količine snežnih padavin s pluviometri zaradi sovpliva vetra in reliefa precejšnje (Sluga, 1998). Prav na teh območjih predstavlja sneg, z različnimi intenzivnostmi, stalen pojav v zimskih mesecih in s tem pomladanski odtok.

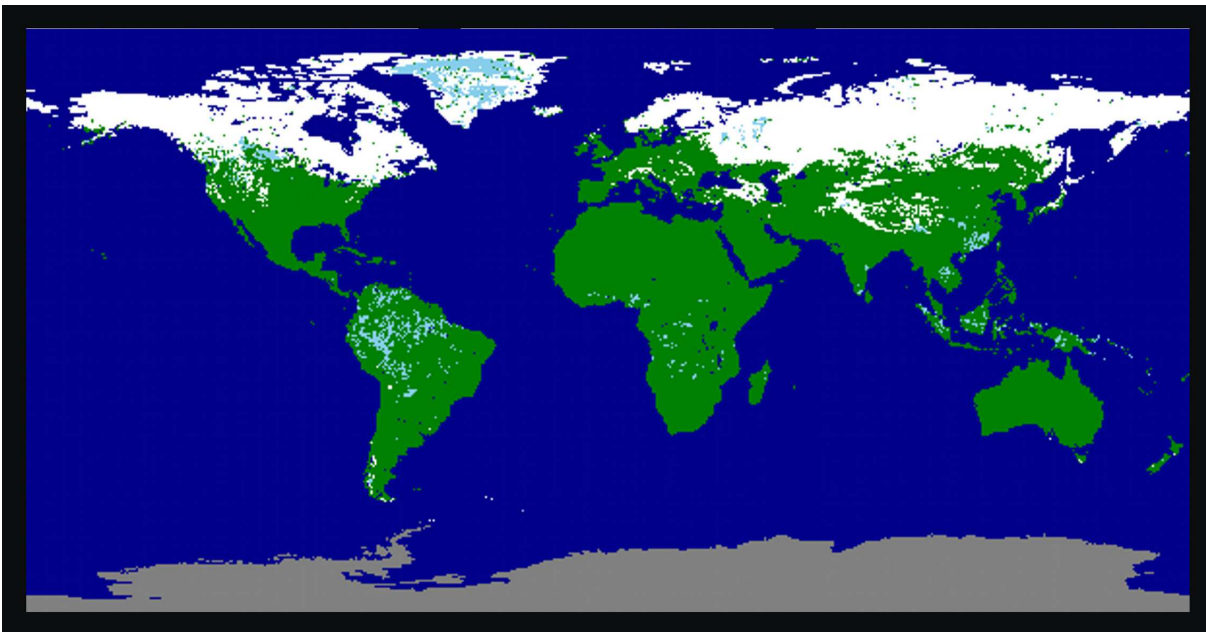
Za pridobivanje natančnejših podatkov o snežni odeji se vedno bolj uporabljajo novejšie metode terenskih meritev in daljinskega zaznavanja. Te so relativno nove in imajo še precej omejitev, zato se trenutno tako pridobljene podatke pri natančnejših analizah uporablja skupaj s podatki terenskih meritev in meritev meteoroloških postaj. Z daljinskim zaznavanjem se večinoma pridobiva podatke o obsegu oziroma površini snežne odeje. Za dopolnitev podatkov o snežni odeji, s podatki kot so debelina, vodni ekvivalent in ostale fizikalne lastnosti, se upravlja podatke meteoroloških postaj in terenskih meritev. Ker je terensko zbiranje podatkov zamudno, drago ter potencialno nevarno, in se število prognostičnih meteoroloških postaj zmanjšuje, je potreba po avtomatskih merilnih postajah ter zanesljivem in zmogljivem daljinskem zaznavanju vedno večja.

Metode daljinskega zaznavanja snežne odeje s sateliti in letali omogočajo vedno bolj zanesljivo spremljanje obsega in lastnosti snežne odeje. Uporabnost in zanesljivost satelitskih posnetkov je odvisna od prostorske in časovne resolucije, predvsem pa od lokalnih omejitev, kot sta pojav oblačnosti in zaznavanje snega na območjih različnih pokrovnosti. Za področje Slovenije sem analiziral vpliv oblačnosti in pokrovnosti na natančnost zaznavanja

snežne odeje, glede na podatke o višini snežne odeje na meteoroloških postajah in posnetke satelitskega sistema MODIS.

1. VLOGA SNEGA IN LEDU

Približno 10 % zemeljske površine oziroma $15 \times 10^6 \text{ km}^2$, prekriva stalna snežna odeja v obliki polarnih tečajev in ledenikov (Prapt, Vijay Singh, 2001). V hladnejšem zimskem obdobju je na severni hemisferi približno polovica kopnega in 30 % morja prekrita s snegom in ledom. Po ocenah je $29 \times 10^6 \text{ km}^3$ sladke vode ujete v polarnih tečajih, kar predstavlja 75 % svetovne zaloge sladke vode. Za predstavo, če bi led Antarktike postopno topili, bi z dobljeno količino vode lahko napajali vse svetovne reke za dobo 800 let (Prapt, Vijay Singh, 2001).



Pokritost Zemljine površine s stalno snežno odejo. V povprečju ima 60 % severne hemisfere v zimskem času snežno odejo (NASA).

30 % Zemljine površine ima sezonski sneg.

10 % Zemljine površine ima stalno snežno odejo.

35 % Zemljine površine ima permanentno ali sezonsko pomrznjeno podlago.

Sneg in led sta pomembna z več vidikov. Najpomembnejša je vloga shranjevanja vode preko hladnejših obdobj in taljenje ob otoplitvah. Ker je v snegu veliko zraka, je posledično sneg zelo dober izolator, kar preprečuje globljo pomrznitev tal. Velika površinska odsevnost snega, albedo (80 – 90 %), pripomore k drastični spremembi pretoka energije med površino in atmosfero. Meritve so pokazale, da je temperatura zraka ob prisotnosti snežne odeje nižja tudi za 5 do 10 °C. Neprekinjena snežna odeja hladnemu zraku omogoča gibanje in vdore na toplejša območja, tako so zime s snežno odejo hladnejše od tistih brez snega.

Pomembnost ledenikov in snega ni samo v tem, da preko daljšega obdobja akumulirajo velike količine vode, ampak tudi pripomorejo k bolj enakomernim pretokom skozi vse leto. Zaradi vseh naštetih lastnosti imajo spremembe v podnebj u oziroma količini snega velike ekološke in ekonomske posledice.

1.1 Ledeniki

Za ledenik definiramo večjo gmoto ledu, ki je prisotna skozi vse leto. Ledeniki so pojav v območjih, kjer je količina snežnih padavin večja od izhlapevanja in taljenja oziroma so temperature preko leta prenizke za talitev. Nadmorska višina območij z ledeniki se spreminja z geografsko širino. V polarnih območjih najdemo ledenike in sneg na višini morja, v srednjih širinah se pomaknejo na višino nad 3000 m, v tropskem in ekvatorialnem pasu pa se višina pomakne med 4500 m in 6000 m. Ledeniki nastanejo, ko se sneg zaradi taljenja in teže novih snežnih padavin preobrazi v zrnat sneg, srež in postopno v kristaljen led. To se zgodi pri gostoti 0.80 – 0.85 g/cm³, ko izginejo zračni medprostori med ledenimi zni. Tako nastali kristaljen led ima značilno prosojno modro barvo in strukturo podobno metamorfnima kamninama marmorja ali kvarcita (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Lednike najdemo v evropskih Alpah, azijski Himalaji, gorstvih obeh Amerik in Novi Zelandiji. Približno 3 do 4 % svetovnega ledu in snega je v obliki gorskih ledenikov in snežnih kap vrhov, ki se raztezajo na površini približno 550.000 km². Od tega jih je 50 % v Severni Ameriki, 44 % v Evraziji, 5 % v Južni Ameriki in 1 % v Novi Zelandiji (Prapt, Vijay Singh, 2001). Splošni trend segrevanja ozračja povzroča prekomerno taljenje ledenikov in

vedno več poplav, predvsem v Azijskih rekah (Jangce, Hoangho, Ganges, Ind, Bramaputra, Mekong in Salvi), ki izvirajo globoko v Himalaji.



Slika 1: Ledenik Presanella, Dolomiti Italija, februar 2007.

1.2 Sneg

Sneg je vrsta trdih padavin v obliki ledenih kristalov, ki se v zimskem času akumulirajo kot snežna odeja. Snežna odeja je mešanica ledenih kristalov, vode in zraka, ki se kopiči iz sneženja v sneženje. Velikokrat se zgodi, da pri določeni kritični debelini, vsebuje vso vodo, ki je padla v določenem daljšem obdobju. Za to potreben pogoj je debelina snežne odeje, ki prepreči, da bi procesi taljenja in morebitna deževnica prodrli skozi (Ogrin, 2005). Tako ostane voda akumulirana za dobo nekaj mesecev in se začne sproščati ob pomladanski otoplitvi.

Sneg se v ciklu od kopičenja do talitve spreminja in preobraža. V tem času je snežna odeja podvržena temperaturnim spremembam, vetrnemu raznosu, pritiskom drugih plasti in ostalim dejavnikom, ki pripomorejo k preobrazbi snega. Med preobrazbo se snežni odeji povečuje gostota na račun zmanjševanja višine in spreminjanja kristalne strukture. Vrste snega lahko delimo glede na velikost zrn (pršič, kloža,..), vsebnost vode (suh, moker) in najpogosteje glede na fizikalne lastnosti (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Preglednica svetovne razporeditve sezonskega snega (Prapt, Vijay Singh, 2001).

	Površina snega [10⁶ km²]	Količina [kg/m²]	Ekvivalent vode [10⁹ ton/km³]
Severna hemisfera			
Stalni sneg in led (ledeniki)	2	250	500
Sezonski sneg	59	140	8300
Sezonski led	9	100	900
Plavajoči led	9	120	1100
Južna hemisfera			
Stalni sneg in led (ledeniki)	14	160	2200
Sezonski sneg	2	150	300
Sezonski led	5	180	900
Plavajoči led	15	200	3000

1.2.1 Nastanek snežnih padavin

Sneg nastane v oblakih pri pogojih, ko je zrak zasičen z vodno paro in je njegova temperatura pod 0 °C. Takrat vodna para podhlajenih oblačnih kapljic sublimira na ledene kristale, ki se tvorijo okoli jedra (prašnega delca). Če je sublimacija postopna, ledeni kristali dobijo bolj ali manj pravilno heksagonalno obliko. Zaradi depozicije postanejo kristali večji in začnejo padati v nižje plasti oblaka in se pri tem lahko spajajo v večje snežinke, vse pa je odvisno od temperaturnih in vlažnostnih razmer (Rakovec, Vrhovec, 2000). Če so temperature pri tleh nižje od + 5 °C, potem navadno na podlagi tvorijo snežno odejo. Snežne padavine so mogoče pri temperaturah prizemskih plasti zraka od –4 °C do +5 °C, najpogosteje so v zmernih geografskih širinah pri temperaturi od –4 °C do +2 °C.

Največ padavin, tudi snežnih, pade v gorskem svetu zaradi orografskega dviganja zračnih mas ob pobočjih. Zaradi vvišjih nadmorskih višin in s tem nižjih temperatur preko celega leta, pade v gorskem svetu več snežnih padavin kot drugje. Raziskave v Himalaji so pokazale, da se sneženje z nadmorsko višino povečuje skoraj linearno (Prapt, Vijay Singh, 2001).



Slika 2: Snežna meja v julijskih Alpah (1700 m.n.v.), december 2006.

2. FIZIKALNE LASTNOSTI SNEGA

Poznavanje lastnosti snega, fizikalnih, optičnih in termičnih, je za razumevanje procesov in meritev snega zelo pomembno. Iz hidrološkega stališča spadajo fizikalne lastnosti med pomembnejše lastnosti snežne odeje.

2.1 Gostota snega

Gostota je definirana kot masa na enoto volumna izražena v kg/m^3 in je ena glavnih lastnosti snežne odeje. Gostota snega je odvisna od vrste snega oziroma količine zraka v snežni odeji, kar je pogojeno s temperaturo zraka med sneženjem, vlažnostjo in starostjo snežne odeje. Glede na temperaturo se tvorijo različni kristali različnih velikosti, gostota zapadlega snega zato niha med 50 do 120 kg/m^3 . Nižje gostote se pojavljajo pri snegu nastalem pri nizkih temperaturah ($-2 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-4 \text{ }^\circ\text{C}$) in suhih pogojih, višje vrednosti gostote pa pri vlažnih pogojih in toplejših temperaturah ($-4 \text{ }^\circ\text{C}$ do $+4 \text{ }^\circ\text{C}$) (Prapt, Vijay Singh, 2001). Po sneženju se prične višina snežne odeje tanjšati zaradi preobražanja (ang. metamorphosis) oziroma sesedanja, s tem pa se gostota snega povečuje. Preobražanje je posledica meteoroloških pojavov, nihanja temperatur, osončenosti, kompaktiranja vetra in količine padavin. Višina snežne odeje se z odlaganjem novih plasti snega povečuje, kar poveča pritisk na spodnje starejše plasti. Pri tem

se spreminja velikost, oblika in sprijetost snežnih kristalov. Pogosto imamo opravka z različnimi plastmi in starostmi snega z različnimi gostotami.

Preglednica vrst snega (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Tip snega	Gostota [g/cm ³]
Novozapadel pršič	0,01 - 0,07
Novozapadel sneg	0,07 - 0,20
Uležan sneg	0,20 - 0,30
Kložast sneg	0,20 - 0,30
Napihan sneg	0,35 - 0,40
Moker sneg	0,40 - 0,65
Ledeniški sneg	0,70 - 0,80
Ledeniški led	0,85 - 0,91

Iz tabele je razvidno, da se gostota snega povečuje z njegovo starostjo. Ta proces pospešujejo močnejši vetrovi, povišane temperature in taljenje zgornjih plasti snega. Vsi našeti dejavniki vplivajo na snežno odejo v nekem časovnem obdobju, zato lahko predpostavimo, da je pri staranju snega čas glavni dejavnik in velja naslednja zakonitost (Prapt, Vijay Singh, 2001, po Martinec, 1977):

$$\rho_n = \rho_o \cdot (n+1)^{0,3}$$

Pri tem sta ρ_n gostota po n dnevih in ρ_o povprečna gostota novozapadlega snega [0,1 gm/cc].

2.2 Vsebnost proste vode

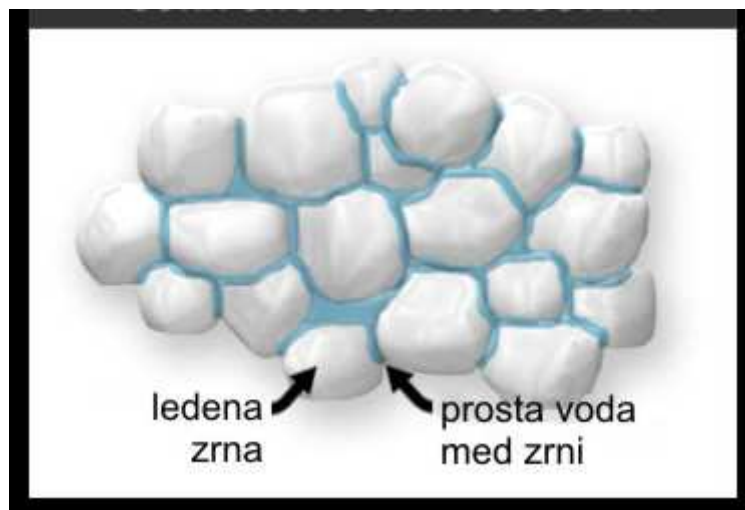
Količina proste vode v snegu predstavlja mokrost snega, izraženo z volumskim deležem. V snegu lahko prosto vodo najdemo v treh oblikah: kapilarna, gravitacijska in najpogosteje hidroskopska.

Hidroskopsko vodo drži v snegu nasproti gravitacijski sili, površina ledenih kristalov. Hidroskopska voda ne prispeva k taljenju in odtekanju vode, dokler se ledni kristal ne stali. Kapilarno vodo v snegu drži površinska napetost v kapilarnih prostorih med kristali. Lahko se prosto gliblje po prostorih glede na površinske sile, vendar ne more prosto odteči, dokler se sneg ne stali ali se ne spremenijo prostori med kristali.

Gravitacijska voda je z vidika taljenja najpomembnejša. Iz snežne odeje odteka s pomočjo gravitacijske sile. Ta voda postane mobilna, ko je dosežen prag 3 % vsebnosti vode (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Preglednica vsebnosti proste vode v vrstah snega (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Vrsta snega	značilnosti	Vsebnost proste vode
Suh	$T < 0^{\circ}\text{C}$, ni sprejemanja	0 %
Vlažen	$T = 0^{\circ}\text{C}$, voda ni vidna pri povečavi 10x, sprejemanje	< 3 %
Moker	$T = 0^{\circ}\text{C}$, voda vidna pri povečavi 10x, sprejemanje	3 – 8 %
Zelo moker	$T = 0^{\circ}\text{C}$, vodo mogoče iztisniti, še vedno zrak v porah	8 – 15 %
Plundra	$T = 0^{\circ}\text{C}$, nasičen z vodo, skoraj nič zraka	> 15 %



Prosta voda v snežni odeji (www.avalanche.org).

Količina proste vode v snegu je definirana kot maksimalna količina proste vode v snegu v danem času, ki še ne odteka pod vplivom gravitacije. Odvisna je od globine, gostote, števila plasti, oblike in velikosti kristalov. Normalno ima pri 0°C vsebnost proste vode 2-5 % teže. Odvisna je tudi od nagiba terena. Snežna odeja ima na ravni podlagi večjo vsebnost vode zaradi počasnejšega odtekanja kot snežna odeja na nagnjeni podlagi. Vsebnost proste vode lahko merimo s kalorimetrom, dielektričnostjo ali s tehniko dilution (Prapt, Vijay Singh, 2001).

2.3 Vodni ekvivalent

Največkrat nas zanima, kakšna zaloga vode se je v določenem obdobju preko zime akumulirala v snežni odeji. V ta namen je potrebno izmeriti vodni ekvivalent. Vodni ekvivalent snega (ang. snow water equivalent, *SWE*), je definiran kot višina vodnega stolpca v milimetrih, ki bi ga dobili, če bi stalili snežno odejo. Izračuna se iz višine snežne odeje d_s in gostote ρ_s po formuli (Hand book of Hydrology):

$$SWE [mm] = 0,01 \cdot d_s \cdot \rho_s$$

Vodni ekvivalent je podan v mm, če je globina v cm in gostota v kg/m^3 . V povprečju velja za novo zapadel sneg gostota 100 kg/m^3 , kar pomeni 1 enoto vode na 10 enot globine snega. Podatek o vsebnosti vode v snežni odeji je zelo pomemben podatek za napovedovanje spomladanskih vodostajev.

2.4 Poroznost

Poroznost snega je definirana kot razmerje med volumnom zraka in snega. Poroznost je premosorazmerna z gostoto in je definirana z naslednjo enačbo (Prapt, Vijay Singh, 2001):

$$\phi = \frac{\rho_i \cdot \rho_s}{\rho_i}$$

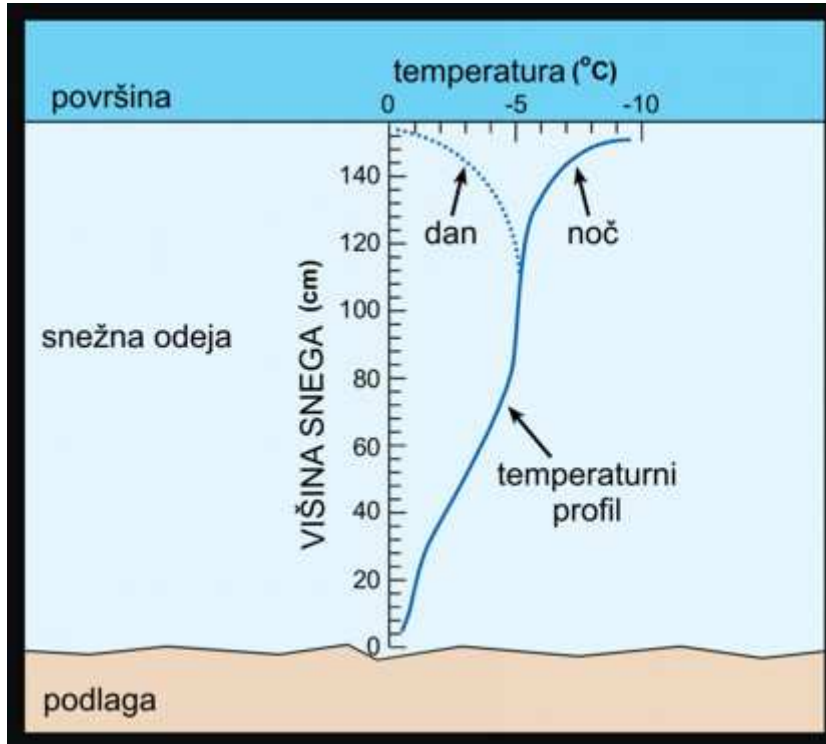
Pri tem predstavlja ρ_s gostoto snega v [10^3 kg/m^3], ρ_i pa gostoto ledu [$0,917 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$].

2.5 Temperaturne lastnosti

Temperaturne lastnosti snega so pomembne pri procesu taljenja in energijski izmenjavi med površino in atmosfero. Specifična toplota snega je toplota, potrebna, da enemu gramu snega zvišamo temperaturo za eno stopinjo celzija. Na specifično toploto vplivajo nečistoče v snegu, zračni tlak in temperatura. V praksi se naštetje dejavnike zanemari in privzame za specifično toploto snega $2,0934 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Zaradi vsebnosti zraka je sneg dober izolator. Zanj je značilno, da se temperatura spreminja z globino in zunanjo temperaturo, ki niha preko dneva. Na površini se lahko preko dneva segreje do 0°C , ponoči pa pade pod -5°C , odvisno od zunanje temperature. Plasti pri podlagi imajo ponavadi temperature blizu -1°C . Spomladi, ko se sneg tali, se celotna snežna odeja

prepoji s staljeno prosto vodo, ki ima temperaturo 0 °C. Takrat se temperatura v vseh plasteh izenači, navadno na temperaturo ledišča.



Temperaturni profil snežne odeje (NOHRSC).

Latentna toplota je toplota potrebna za spremembo agregatnega stanja iz trdnega v tekoče pri enaki temperaturi. Odvisna je predvsem od količine vsebovane vode v snegu. Za sneg pri 0 °C in atmosferskem tlaku je privzeta 333,5 kJ/kg. Latentna toplota, potrebna za izhlapevanje pri 0 °C, znaša 2488 kJ/kg. Za sublimacijo snega je potreben seštevek obeh latentnih toplot, tako dobimo 2822 kJ/kg. Latentna toplota, ki se porablja za taljenje in izhlapevanje vode iz višjih plasti, znižuje temperaturo snežne odeje. Sneg zato lahko na osojnih in ravnih legah nekaj časa ostane suh ali zmrznjen tudi pri pozitivnih temperaturah (Prapt, Vijay Singh, 2001).

2.6 Optične lastnosti

Med optične lastnosti snega štejemo albedo ali svetlobno odbojnost in dielektričnost. Albedo predstavlja razmerje med odbito in vpadno svetlobo. Pomemben je pri daljinskem zaznavanju snega in pri razumevanju taljenja, saj visok albedo snega odbije precejšen del sončne energije

nazaj v atmosfero. S staranjem snega se zmanjšuje tudi albedo, zato se energijska izmenjava povečuje, sneg pa postaja dovzetnejši za taljenje.

Preglednica albeda različnih površin (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Površina	Albedo
novi sneg	0,75 – 0,95
stari sneg	0,40 – 0,80
ledenik	0,30 – 0,40
zemlja	0,08 – 0,19
voda	0,04 – 0,13

Dielektričnost je lahko določena kot razmerje med gostoto električnega polja v snovi in gostoto električnega polja v praznem prostoru. Dielektrik pa je snov, v kateri lahko obstaja električno polje, ne da bi po njej tekkel električni tok. Dielektrik delno prepušča delno zadrži elektromagnetno valovanje. Sneg je nizek dielektrik in predstavlja snov sestavljeno iz delcev ledu in zraka. Njegova dielektričnost je glede na sestavo nekje med dielektričnostjo zraka ($\epsilon_{\text{zrak}} = 1,0$) in dielektričnostjo ledu ($\epsilon_{\text{led}} = 3,15$). Če je v snegu prisotna še tekoča voda se dielektričnost močno poveča. Na ta način lahko s pomočjo prepuščanja in absorpcije elektromagnetnega valovanja (mikrovalov) določamo dielektričnost in vsebnost vode v snežni odeji.

3 MERJENJE PADAVIN

Osnovno merjenje padavin je najstarejša meteorološka meritev predvsem zaradi svoje preprostosti. Za merjenje padavin zadostuje že lovilna posoda, postavljena na prostem in odčitek prestreženih padavin. Pri odčitku je potrebno upoštevati še sistematično napako, ki še danes, kljub njenemu zmanjševanju, ostaja problem. V padavinski mreži meteoroloških postaj se meritve opravljajo vsak dan ob 7. uri, na klimatoloških postajah ob 7., 14. in 21. uri ter na avtomatskih postajah vsakih 30 minut. S hidrološkega vidika so dobljeni podatki o padavinah potrebni za načrtovanje rabe vodnih teles, spremljanje vodne bilance, umerjanje hidroloških modelov, določanje evaporacije in podobno.

Količina padavin je definirana kot debelina vodne plasti, ki bi jo dobili, če ne bi nič vode odteklo, izhlapelo ali pronicalo v zemljo. Debelina plasti vode je izražena v milimetrih in v desetinkah milimetra. To pomeni, da je plast 1 mm padavin na površini 1 m² enaka 1 litru vode. Pri merjenju padavin se prestrežene padavine meri z ombrometri, ombrografi in totalizatorji ter vedno bolj tudi z novejšimi radarskimi metodami daljinskega zaznavanja.

4 MERJENJE SNEGA

Merjenje snega oziroma padavin v trdi obliki je precej težje od merjenja tekočih, predvsem s stališča natančnosti meritev. Količino snega lahko merimo kot volumen padavin s prestrezanjem ali pa merimo fizikalne lastnosti snežne odeje (višino, gostoto, ...).

Če primerjamo sneženje in deževanje, je sneženje na določenem območju bolj enakomerno, vendar je njegovo kopičenje in zadrževanje zelo različno zaradi narave snega in prostorskih dejavnikov. Meritve snega še posebej natančno opravljamo na območjih, kjer količina snega znatno prispeva k spomladanskemu odtoku. Meritve se enako kot za dež, opravljajo na meteoroloških postajah med sneženjem. Snežne padavine se meri z instrumenti za merjenje padavin, ki pri snegu niso tako učinkoviti. Ob sneženju v vetrovnih razmerah zajamejo le 22 % padavin, medtem ko ujamejo ob deževanju 87 % padavin (Kolbezen, Pristov, 1998). Dobljene podatke je zato zaradi napak potrebno upoštevati s popravki, korekcijskimi faktorji. Sneg je potrebno za določitev količine padavin predhodno staliti in izmeriti staljeno vodo, podobno kot pri dežju.

4.1 Instrumenti za merjenje količine padlega snega

Za osnovno merjenje količine padavin se uporablja ombrometer. V Sloveniji se uporablja Hellmannov tip ombrometra, ki je narejen iz pocinkane pločevine in je valjaste oblike. Visok je okoli pol metra in pobarvan z belo ali aluminijevo barvo. Vsaka glavna meteorološka postaja mora imeti dva ombrometra (HMZ, 1974).

Za merjenje padavin v gorskem svetu, kjer je letno več padavin, se uporablja poseben višinski ombrometer. Oblikovno je enak kot navaden (Hellmanov) ombrometer, le, da je večji. Visok je 65 cm, površina odprtine pa je pri njem 500 cm² (HMZ, 1974).

Totalizator je vrsta ombrometra z večjo posodo, ki se uporablja za zbiranje padavin v daljšem časovnem obdobju več mesecev. Postavlja se ga v nenaseljenih in odročnih območjih, kjer ni možno meriti padavin z navadnim ombrometrom. Navadno se meri padavine v totalizatorju dvakrat na leto, enkrat poleti in drugič jeseni. Jesensko merjenje je obvezno, ker se hidrološko leto šteje od 1. oktobra do 30. septembra (HMZ, 1974).



Ombrometer (Vičar Z.), Slika 3 : Totalizator, Komna., Ombrograf (ARSO).

Za ugotavljanje časa začetka in konca padanja ter jakosti in količine padavin se uporablja ombrografe. Pri nas se uporablja Hellmannov ombrograf. To je v osnovi ombrometer, ki ima dodan mehanizem za registracijo in merjenje padavin. Za primer temperatur okoli ledišča in snežnih padavin ima vgrajen grelnik za taljenje, pri merilnikih na principu teže pa se uporablja antifriz.

4.2 Sistematične napake pri merjenju z ombrometri

Ponavadi se pri merjenju snežnih padavin srečujemo s sistematičnimi in naključnimi napakami. Sistematične napake so posledica vetra, omočitve in izhlapevanja, naključne napake pa so posledica opazovalčevih napak, merskih napak, napak na instrumentih ali slabega vzdrževanja. Sistematične napake so velikosti 5 – 15 % za dež in 20 – 25 % za sneg.

Napaka zaradi omočitve lovilne posode se pojavi vsakokrat, ko nastopijo padavine in se omočita ustje in posoda. Zaradi površinske napetosti ta voda ostane na površini posode kljub izpraznitvi. Tu gre le za majhen primanjkljaj pri meritvi. Pri standardnem Hellmanovem pluviometru predstavlja omočitev okoli 0,15 mm za trde in 0,3 mm za tekoče padavine (Sevruk, 1996). Napaka lahko naraste, če se pojavijo pogoste padavine z majhno intenziteto. Napaka se lahko zmanjša z določitvijo izgube pri omočitvi posode, ki jo upoštevamo pri vsakem začetku padavin. Napaki bi se lahko izognili, če bi bila lovilna posoda in ustje obdelana z hidrofobno snovjo.

Izhlapevanje iz posode je odvisno od geografskih in meteoroloških dejavnikov, kot so lokacija, temperatura zraka, hitrost vetra, vlaga v zraku in podobno. Napaka znaša okoli 3 - 6 % na letno količino padavin. Tudi to napako lahko v določeni meri upoštevamo s korekcijskimi faktorji. V višje ležečih krajih je zaradi nižjih temperatur napaka le še okoli 1 %, vendar se pri merilcih, ki imajo grelnik za trde padavine, spet zviša. Za zmanjševanje napake imajo pluviometri pod ustjem zožano cev, ki poskrbi, da je površina vodne gladine čim manjša. Hellmanov pluviometer naj bi tako imel napako le 0,24 % na letno količino padavin (Sluga, 1989, po Rusin, 1970).

Največje in najpogostejše so napake zaradi vetra. Pojavijo se zaradi višje postavitve merilnikov. Primanjkljaj v lovilni posodi je pri dežju odvisen od hitrosti vetra in intenzivnosti padavin. Pri snegu pa imamo lahko tako primanjkljaj kot tudi presežek, kadar veter prinaša sneg. Normalno prihaja do okoli 10 % izmerjene vrednosti napake pri dežju in do 50 % pri sneženju. V razgibanem reliefu s prisotnostjo močnega vetra so lahko napake tudi od 30 do 40 % pri dežju in 100 - 200 % pri sneženju. V goratem svetu prihaja še do večjih napak zaradi terena, lokalnih vetrov in mikroefektov vetra (Sluga, 1989).



Slika 4: Snežni zamet, Vršič, februar 2007.

Napake zaradi vetra lahko do neke mere zmanjšamo z uporabo različnih ščitov, ki zmanjšajo lokalne vplive vetra. Ščiti so lahko kovinski obroči ali lesene ograjice z različno gostoto letvic.

5 MERJENJE SNEŽNE ODEJE

Meritve snežne odeje se opravljajo na sezonskem snegu, ki se odloži in stali v letnem ciklu in je navadno posledica niza zimskih neviht. Ker se sneg preko zime akumulira na površini, lahko v določenem obdobju preseže kritično debelino, kar pomeni, da vsebuje vso vodo, ki je padla v določenem obdobju (Ogrin, 2005). To pomeni, da nič vode ni pronicalo v zemljo, tudi kadar se sneg tali ali nanj dežuje, tako da se voda v celoti zadrži v snežni odeji. Takrat je možno z meritvami vodnega ekvivalenta snežne odeje dobiti podatke o celotni količini padavin oziroma količini vode od prvega sneženja do trenutka meritve (december - april). Če te podatke prenesemo na model taljenja snežne odeje, lahko natančneje predvidimo odtok ob nastopu taljenja, kar je s hidrološkega vidika zelo uporabno.

5.1 Instrumenti za merjenje višine snega

Za merjenje višine snežne odeje se uporablja stalne ali prenosne snegomere. Stalni snegomer se uporablja na postajah, kjer je sneženje reden pojav, prenosni snegomer pa tam, kjer je sneženje redek pojav ali izjemoma na terenu, kjer je potrebna meritev.

Višino novega snega, ki je zapadel v zadnjih 24. urah, se meri s pomočjo snežne deske. Snežno desko predstavlja bela deska (snow board), velikosti 50 cm x 50 cm, na katero pada nov sneg. Ta deska mora biti toliko vtisnjena v sneg, da je njena zgornja površina malo pod površino snega okrog nje. Višino novega snega se meri s prenosnim snegomerom.



Avtomatska merilna postaja na švicarskem ledeniku d'Arolla, opremljena z ultrazvočnim merilcem globine snežne odeje (MAS snow and glacier hydrology).

Med novejšje metode štejemo ultrazvočni merilec globine snežne odeje. Predstavlja cenovno ugodno rešitev za uporabo na samodejnih merilnih mestih. Senzor deluje tako, da meri čas, ki ga porabi ultrazvočni pulz na poti do površine in nazaj.

5.2 Instrumenti za merjenje gostote in vodnega ekvivalenta snega

Najbolj enostavno je vodni ekvivalent določiti z merjenjem višine snežne odeje in določitvijo povprečne gostote. Ker se gostota novozapadlega snega spreminja od 0.06 do 0.18 g/cm³ velja

ocena 0.10 g/cm^3 . Za grobo določitev vodnega ekvivalenta nam tako zadostuje že podatek o višini snežne odeje in ocena gostote, kar pomeni, da ustreza debelina 1 cm novo zapadlega snega 1 mm debeli plasti vode. Tak postopek določanja vodnega ekvivalenta je razširjen in priznan v mnogih državah. Natančnejše meritve izvajamo s posebnimi merilniki ali avtomatskimi merilnimi postajami.

Radioaktivni merilnik deluje na podlagi gama sevanja oziroma absorpcije radiacije, ki potuje skozi medij, kar je uporabno pri merjenju vodnatosti snežne odeje. Gama žarki, ki potujejo skozi sneg se absorbirajo v vodi, tako je možno z zmanjšanjem radiacije določiti vsebnost vode v snegu. Če je sistem združen še z oddajnikom podatkov, je tak merilec zelo uporaben, ker omogoča neprekinjeno spremljanje snežne odeje na odročnih gorskih območjih, kjer konvencionalne meritve niso mogoče.

Vodni ekvivalent snežne odeje je lahko merljiv tudi z zaznavanjem gama radiacije. Naravno gama sevanje izvira iz zemeljske površine in je posledica rahlo radioaktivnih naravnih izotopov elementov Kalij [^{40}K], Uran [^{238}U], Torij [^{238}T], ki so prisotni v podlagi. 96 % gama sevanja izvira iz vrhnjih 20 cm zemeljske plasti. Ker voda gama žarke absorbira, lahko na podlagi razlike med sevanjem tal brez snega in sevanjem s snežno odejo, določimo vodni ekvivalent snežne odeje (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Eden od inovativnejših pristopov merjenja vodnega ekvivalenta je prav gotovo merjenje s senzorji kozmične radiacije. Kozmična radiacija je posledica delovanja zvezd, ki Zemljo neprestano »bombardirajo« z visokoenergijskimi delci, v večini protoni, 9 % helijevih jeter, nekaj elektronov in gama radiacijo. Merilnik za merjenje vodnega ekvivalenta je sestavljen iz dveh senzorjev, občutljivih na radiacijo. Prvi je nameščen pod snežno odejo, drugi pa nad njo. Voda v snežni odeji določen del te radiacije absorbira, zato je na podlagi razlike radiacije nad snežno odejo in pod njo možno določiti vodni ekvivalent snega.

Najbolj razširjena, predvsem v Združenih državah Amerike in Kanadi, je metoda snežnih blazin. Snežne blazine direktno merijo vodni ekvivalent snežne odeje. Način delovanja temelji na načelu hidravlične tehtnice. Merilna enota je sestavljena iz štirih blazin, ki so napolnjene z antifrizom in povezane z merilnikom tlaka. Med sneženjem se sneg kopiči na blazinah in s

svojo težo povzroča spremembo tlaka. Ta je direktno povezan z ekvivalentom vode v snegu, ki se je nabral na blazini. Blazine so lahko gumijaste, neoprenske ali kovinske, njihova velikost je odvisna od količine pričakovanega snega.



Merilec kozmične radiacije s pripadajočo opremo (NRC). Polaganje snežnih blazin
(www.cdec.water.ca.gov).

6 DALJINSKO ZAZNAVANJE

Daljinsko zaznavanje je metoda pridobivanja podatkov o zemeljski površini z zaznavanjem in zapisovanjem odbitega ali sevanega elektromagnetnega valovanja različnih valovnih dolžin. Prve produkte daljinskega zaznavanja v obliki aerofoto posnetkov so najprej uporabljali predvsem pri kartiranju za potrebe geografije. Z razvojem novih tehnologij, radarskih in satelitskih sistemov, je daljinsko zaznavane hitro postalo vsakodnevno orodje s širokim krogom uporabnikov. Prav razvoj satelitskih in računalniških sistemov je omogočil prodor daljinskega zaznavanja tudi v meteorologijo in zjo njo povezano hidrologijo. Z uporabo satelitskih sistemov je možen širši vpogled v meteorološke pojave in hidrološke dogodke na zemeljski površini.

6.1 Interakcija elektromagnetnega valovanja z atmosfero in površjem

Elektromagnetno valovanje na poti do zemeljskega površja potuje skozi atmosfero. Ker je ta sestavljena iz trdnih delcev, molekul plinov in tekočin, pride na tej poti do interakcije, ki vpliva na vpadno valovanje. Glavni načini delovanja ozračja na prehajajoče valovanje so: sipanje, absorpcija in lom.

Do sipanja pride, ko valovanje pade na delce, lahko prah ali velike plinske molekule v ozračju. Pri tem se smer valovanja spremeni. Kako močno je sipanje, je odvisno od veliko dejavnikov. Najpomembnejši so valovna dolžina valovanja, gostota delcev in molekul ter dolžina poti, ki jo valovanje opravi v atmosferi. Naslednji pojav, do katerega pride, je absorpcija. Pri absorpciji molekule v ozračju absorbirajo energijo različnih valovnih dolžin. Ozon, ogljikov dioksid in vodna para med vsemi sestavinami ozračja najmočneje absorbirajo elektromagnetno valovanje. Pri lomu svetlobe pa gre za spremembo smeri valovanja na prehodu med optično različno gostimi snovmi. Absorpcija v plinih ozračja določa, katere dele spektra lahko uporabljamo pri daljinskem zaznavanju. Dele spektra, pri katerih je vpliv atmosfere najmanjši, imenujemo atmosferska okna (Oštir, 2006).

Elektromagnetno valovanje, ki se ne absorbira ali sipa v atmosferi, pride do zemeljskega površja in z njim interagira na tri glavne načine: absorpcija, transmisija in odboj.

Vpadna energija interagira s površjem na enega ali več od omenjenih načinov. Razmerje med njimi je odvisno od valovne dolžine svetlobe ter lastnosti in stanja površja. Absorpcija je pojav, pri katerem se sevanje (energija) vpije ali absorbira v snovi. Pri transmisiji valovanje, ali pogosteje njegov, del prodre skozi snov. Ob odboju oziroma refleksiji se valovanje na opazovanem predmetu »odbije« in nadaljuje pot v spremenjeni smeri (Oštir, 2006).

Pri daljinskem zaznavanju se ponavadi obravnava odbito valovanje, ki se od opazovanih predmetov odbije v smeri proti senzorju. Pri tem ločimo dva primera odboja elektromagnetnega valovanja, in sicer zrcalni odboj in difuzni ali razpršeni odboj. Do zrcalnega odboja pride, kadar valovanje pade na gladko površino. Pri tem se vsa – ali skoraj vsa – vpadna energija odbije stran od odbojne površine v eni sami smeri, odbojni kot pa je

enak vpadnemu. Razpršeni odboj pa se pojavi, kadar je ploskev groba in se valovanje odbije približno enako v vse smeri. Večina predmetov na površju Zemlje je po lastnostih nekje med zrcalnim in difuznim odbojnikom (Oštir, 2006).

Z merjenjem energije, ki se odbije na predmetih zemeljskega površja (ali pa jo ta sevajo), lahko ustvarimo spektralni podpis opazovanih predmetov. S primerjavo odziva pri različnih valovnih dolžinah lahko predmete med seboj ločimo, kar pri opazovanju z eno samo valovno dolžino pogosto ni mogoče. Tako imata, na primer, voda in rastlinje približno enako odbojnost v vidnem delu spektra, medtem ko ju v infrardečem vedno ločimo med seboj.

6.2 Vrste senzorjev

Senzorji na satelitih ali letalih zaznavajo elektromagnetno sevanje v različnih delih spektra. Pasovom, kjer zaznavajo, pravimo kanali. Posnetek sensorja (radiometra) v posameznem kanalu predstavlja satelitsko sliko (M. Iršič Žibert, 2005).

Pri daljinskem zaznavanju ločimo dve glavni skupini senzorjev, pasivne in aktivne senzorje. Ločnica med njimi je odvisnost od vira elektromagnetnega valovanja oziroma energije. Senzorji, ki zaznavajo v naravi obstoječo energijo, se imenujejo pasivni senzorji. Energija, ki izhaja, na primer iz Sonca, pride na Zemljo, se lahko odbije v vidnem delu spektra ali pa se absorbira in nato znova izseva v delu termičnih infrardečih valov. Glavne omejitve pasivnih senzorjev so, da lahko z njimi zaznavamo samo takrat, ko je prisoten vir energije. Za odbito sončevo svetlobo to pomeni, da lahko snemamo samo, kadar Sonce osvetljuje Zemljo. Drugače je pri gama radiaciji in lastnem termičnem sevanju zemeljske površine, kjer je možno opazovanje tako podnevi kot ponoči (Oštir, 2006).

Za razliko od pasivnih, aktivni senzorji za snemanje uporabljajo lastni vir elektromagnetnega valovanja. Aktivni senzorji so pravzaprav radarji, ki oddajajo valovanje (mikrovalove) v smeri opazovanega predmeta in merijo intenziteto odbitega valovanja. Aktivni senzorji omogočajo opazovanje površin kadarkoli, ne glede na meteorološke pojave in dnevni ali letni čas. Primera aktivnih senzorjev sta laserski (ang. light detection and ranging, LIDAR) in umetno odprtinski radar (ang. synthetic aperture radar, SAR).

6.3 Uporaba satelitov

Daljinsko zaznavanje s sateliti, kot ga poznamo danes, se je pričelo s prvim meteorološkim satelitom (Tiros-1), vtiirjenim aprila 1960. Satelit je bil primarno namenjen opazovanju meteoroloških pojavov, a je hkrati postavil tudi temelje nadaljnjega razvoja satelitov za opazovanje zemeljske površine.



Posnetek Slovenije v vidnem spektru 25. 3. 03 MODIS ločljivosti 250m (NASA).

V tem času so nekatere vojaške tehnologije daljinskega zaznavanja prišle v civilno uporabo in to je omogočilo opazovanje izven okvirov vidne svetlobe, kot so termični infrardeči in mikrovalovi. Naslednja prelomnica se je zgodila leta 1972, ko so vtiirili satelit Landsat 1, prvi iz serije satelitov, namenjenih izključno opazovanju zemljine površine. Landsat 1 so vtiirili na skoraj polarno tirnico, kar je pomenilo odlično pokritost površja. Prvič je omogočil sistematično časovno opazovanje površine v multispektralnih posnetkih z dobro prostorsko ločljivostjo. Prav možnost časovnega opazovanja v različnih spektrih in lažja dostopnost do arhiva posnetkov je botrovala hitri razširitvi uporabe posnetkov v različnih vejah znanosti. To je z razvojem računalnikov in vse cenejšo tehnologijo digitalne obdelave posnetkov nadalje pospešilo razvoj geografskih informacijskih sistemov (GIS) in orodij. Vse skupaj je vzpodbudilo še nadaljnje uspešne izstrelitve satelitov pod okriljem ameriške vesoljske

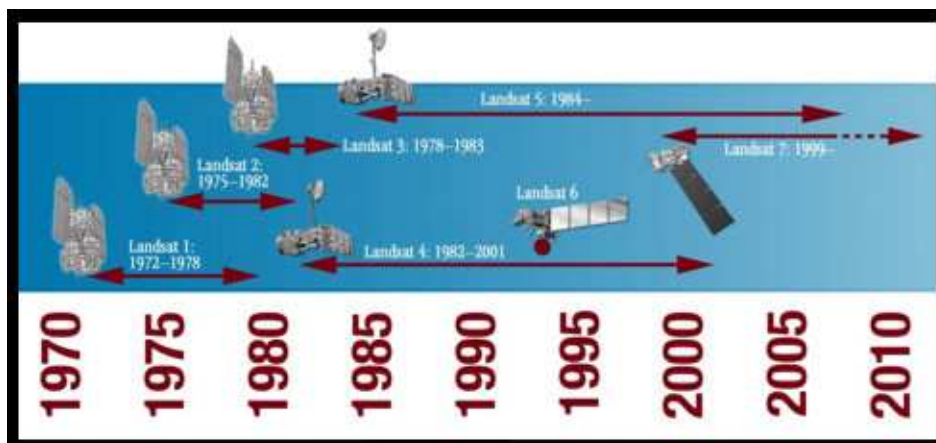
agencije NASA, evropskih (ESA, GSA, CNES ...) in ostalih vesoljskih agencij. Vedno več je tudi komercialnih satelitskih sistemov, primer takega je francoski SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre), ki je bil eden prvih komercialnih satelitskih sistemov. Izstreljen in vtirjen je bil leta 1986.

Življenska doba satelitov je omejena na dobo 5 do 10 let predvsem zaradi uporabe akumulatorjev in sončnih kolektorjev kot vira energije in dejstva, da je okolje, v katerem delujejo neprijazno. V tem času naredijo ogromno posnetkov, ki se zbirajo in hranijo v informacijskih centrih, do koder imajo dostop različni uporabniki. Zaradi velike količine posnetkov in stalnega pritoka novih, narejenih z naprednejšimi senzorji, jih veliko ostane neuporabljenih in neobdelanih.

6.3.1 Landsat

Leta 1972 je NASA izstrelila ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), prvi satelit, ki je bil namenjen izključno opazovanju kopnih površin. Satelit so pozneje poimenovali Landsat 1. Projekt Landsat je uspel zaradi različnih razlogov, najpomembnejši je zagotovo dobra izbira kombinacij senzorjev s spektralnimi pasovi, ki so posebej primerni za opazovanje Zemlje. Seveda je k uspehu pripomogla tudi dobra prostorska ločljivost in odlična pokritost površja. Skozi življensko dobo programa se je v arhivu nabralo ogromno razpoložljivih posnetkov, ki omogočajo dolgotrajno časovno opazovanje in raznovrstne raziskave.

Satelitu Landsat 1 so sledili še ostali vse do Landsat 7. Danes je operativen le še slednji. Vsi sateliti Landsat so se nahajali v skoraj polarnih, sončno sinhronih tirnicah. To pomeni, da so krožili v smeri od severnega pola proti južnemu in nazaj, pri čemer so opazovali iste dele površja vedno ob istem krajevnem času. Prvi trije sateliti so krožili okrog Zemlje na višini približno 900 km, vsi naslednji sateliti pa so leteli nižje, na višini približno 700 km. Poljubno točko na površju Zemlje lahko posnamejo vsakih 16 dni.



Časovna lestvica projekta Landsat.

Najpomembnejši senzor na satelitih Landsat je Thematic Mapper (TM), ki je na najnovejšem Landsatu 7 v izpopolnjeni različici poimenovan Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Senzor TM snema površje z uporabo vrtečega zrcala, ki se giblje v smeri pravokotno na smer leta satelita, in sicer hkrati v sedmih kanalih od vidne do termične infrardeče svetlobe. Prostorska ločljivost senzorja TM je 30 m za vse kanale, razen termičnega, v katerem je prostorska ločljivost 120 m. Vrščnik ETM+ na satelitu Landsat 7 ima tudi pankromatski kanal, ki pokriva zeleno, rdečo in bližnjo infrardečo svetlobo, z ločljivostjo 15 m, poleg tega je prostorska ločljivost termičnega kanala na senzorju ETM+ 60 m, medtem ko je pri starejšem TM 120 m. Landsat podatke zajema v pasu širokem 185 km, pri čemer je polna scena velika 185 km krat 185 km. Vrednosti odboja so podane v razponu med 0 in 255, čemur ustreza 8-bitna radiometrična ločljivost (Oštir, 2006).

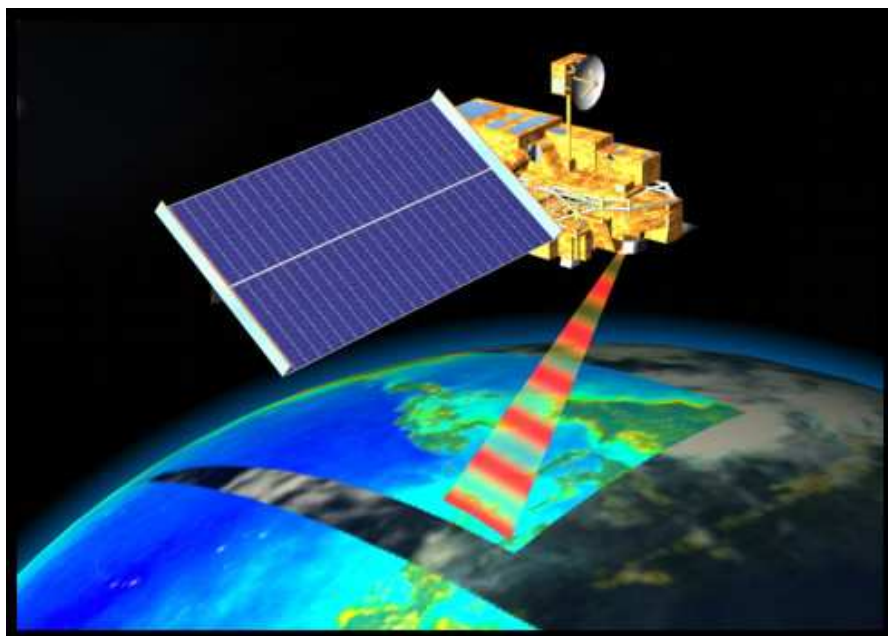
6.3.2 Spot

SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) je skupina satelitov, zgrajenih in vtrjenjih s strani francoskega vesoljeskega centra CNES (Centre National d'Études Spatiales). Prvi satelit iz skupine, SPOT-1, je bil izstreljen leta 1986, vsake tri do štiri leta pa so mu sledili še ostali sateliti SPOT. Vsi sateliti krožijo okrog Zemlje na višini približno 830 km v sončno sinhronih, skoraj polarnih tirnicah. Sateliti prečkajo ekvator približno ob 10:30 dopoldne po krajevnem sončnem času. SPOT je bil eden prvih sistemov, ki je uporabil tehniko snemanja površja v vzdolžni smeri, to je v smeri leta satelita, poleg tega pa je bil med prvimi komercialnimi satelitskimi sistemi (Oštir, 2006).

6.3.3 Tera in Aqua (MODIS)

18. decembra leta 1999 je NASA utirila satelit Terra, na katerem je prvič predstavila spectroradiometer, imenovan MODIS (ang. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), z vrtljivim zrcalom. Tera leti na višini 705 km v skoraj polarni sončno sinhroni tirnici in prečka ekvator ob 10:30 po loknem času. Satelitu se je pozneje, leta 2002, pridružil še satelit Aqua, ki je prav tako v skoraj polarni tirnici in prečka ekvator ob 13:30. Skupaj sta satelita posnela celotno zemeljsko površino v enem ali dveh dneh. Namenjena sta bila predvsem opazovanju globalnih pojavov in procesov, ki se pojavljajo na Zemeljski površini, oceanih in nižjih delih atmosfere. Življenska doba satelita Tera se je že iztekla, delovanje satelita Aqua pa je planirano še do konca leta 2008.

Za opazovanje uporablja senzor MODIS 36 spektralnih pasov valovnih dolžin od 0.4 to 14 μ m, pri čemer sta dva kanala prostorske ločljivosti 250 m, pet kanalov 500 m in ostalih 29 v ločljivosti 1km. Novejši satelit Aqua je opremljen tudi z mikrovalovnim radarjem AMSR-E z ločljivostjo 25 km, ki meri tudi vodni ekvivalent snežne odeje (Parkinson, 2006).



Satelitski sistem Terra.

Danes veliko geofizikalnih produktov izhaja prav iz podatkov sistema MODIS, med njimi tudi globalna pokritost s snegom. MODIS-ov snežno ledni produkt je dosegljiv preko

National Snow and Ice Data Center (NSIDC, <http://www.nsidc.org>) od 13. septembra 2000. Glavna prednost produkta MODIS snow-cover je predvsem v prostorski ločljivosti 500 m in izboljšanjem ločevanju snega in oblakov. MODIS snow-mapping algoritmi so avtomatizirani, kar pomeni, da je produkt takoj uporaben za analize (Hall in sod., 2002).

6.3.4 Nadaljnji razvoj satelitski sistemov

Uporaba satelitskih sistemov za opazovanje snežne odeje se vedno bolj usmerja v radarske sisteme in zaznavanje vodnega ekvivalenta. Razvoj je usmerjen v povečevanje resolucij in algoritme za zaznavanje snega z mikrovalovi pasov C, L, Ku in X (Storvold in sod, 2006).

Trenutno vodilna je nemška skupina TerraSAR-X (Astrium, Infotera, DLR) z istoimenskim satelitskim radarjem. Satelit TerraSAR-X leti na višini 514 km v polarni tirnici. Zemljino površino lahko posname z resolucijo do enega metra, pri tem pa je popolnoma neodvisen od vremenskih pojavov in svetlobnih pogojev.

Preglednica obstoječih in planiranih satelitskih radarskih sistemih (Rott, 2005).

Senzor	Satellit	f[GHz]/Polar	Resolucija [m]	Zajem [km]
SAR	Radarsat1 (1995-)	5.3 VV	10,30,100	100-500
ASAR	Envisat (2002-)	5.3 HH,VV,HV	30,100	100-400
PALSAR	ADEOS (2005-)	1.2 PP	15/100	40-350
TerraSAR-X	TerraSAR (2006-)	9.6 PP	5,30,100	1,3,16
SAR	Radarsat2 (2006-)	5.3 PP	3,10,30	≥20
C-SAR	3-Constellation	5.3 VV	50	350
Sentinel-1	GMES, ESA-EC	5.3 PP	/	/

6.4 Uporaba daljinskega zaznavanja za opazovanje snega in ledu

Uporaba satelitskih posnetkov za namene preučevanja snežne odeje se je v nekaterih regijah sveta, predvsem severni Ameriki, močno razširila. Ameriška agencija NOAA trenutno s sateliti opazuje 3000 rečnih povodij ter s posnetki in dobljenimi terenskimi podatki preko hidroloških modelov napoveduje ekstremne pojave in pretoke vodotokov.

Preglednica obstoječih satelitskih sistemov z možnostjo opazovanja snega (Seidel, Martinec, 2004).

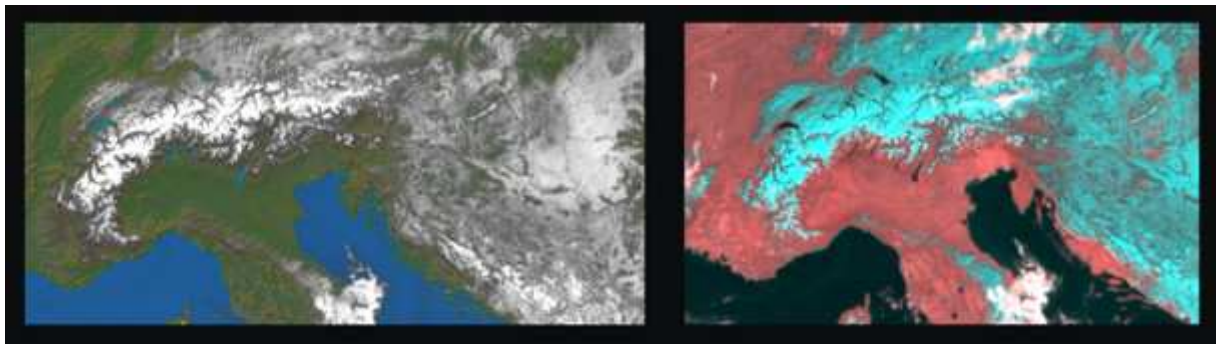
Senzor	Satellit	Spekt. pasovi	Resolucija	Čas. Resolucija
VIS/IR	Meteosat	3/12	2,5 km/1 km	0,5 h
AVHRR	NOAA	5	1 km	12-24 h
MODIS-XS	AQUA	36	250 m, 500 m, 1 km	1-18 d
MERIS	ENVISAT	15	300 m	35 d
ETM+, PAN	LANDSAT	7/1	30 m, 15m	16 d
XS, PAN	SPOT	3/1	10 m	26 d
PAN, LISS-3	IRS-IC	1/4	5,8 m, 23 m	24 d
XS, PAN	IKONOS	4/1	4 m, 1m	3 d
XS, PAN	QUICKBIRD-2	4/1	2,44 m, 0,61 m	3 d

Preglednica lastnosti snega glede na zaznavanje senzorjev (Prapt, Vijay Singh, 2001).

Senzor	Lastnosti snežne odeje
gama žarki	globina snega, vodni ekvivalent
vidna in bližnja infrardeča svetloba	velikost kristalov, vsebnost vode, površinska struktura
infrardeča svetloba	temperatura, velikost zrn, vsebnost vode
mikrovalovi	vsebnost vode, vodni ekvivalent, temperatura, gostota, velikost kristalov

6.4.1 Vidna in infrardeča svetloba

Sneg je zaradi svoje odbojnosti zelo dobro viden in enostaven za detekcijo z vidno svetlobo v primerjavi z okolico brez snega. Z analizo posnetkov je možno določanje površine zasneženih območij. Metodo v veliki meri omejujejo vremenske razmere. V slabšem vremenu je razlikovanje snežne odeje in oblačnosti v vidnem spektru skoraj nemogoče. Sneg je možno opazovati tudi v dolgovalovnem spektru bližnje infrardeče svetlobe. Kontrast med snegom in okolico se zelo zmanjša v primerjavi z vidno svetlobo, vendar se pri tem poveča razlika med oblaki in snežno odejo. To pomeni, da pri združevanju posnetkov vidne in infrardeče svetlobe lažje definiramo oblake in tako natančneje določimo površino snežne odeje.



Satelitski sliki satelita Meteosat 8. Prva v visoko ločljivem vidnem kanalu, oblaki in sneg imajo večjo odbojnost kot morje, topografija dodana umetno. Druga kombinacija vidnega in bližnje-infrardečega dela spektra omogoča določitev snega (turkizno) in visoke oblačnosti (belo) (Agencija RS za okolje).

Preglednica albeda nekaterih vrst tal (Budin, Rakovec, Oštir in sod., 1996).

Gola tla	albedo	Porasla tla	albedo
Svež sneg	0,75 – 0,95	Suha savana	0,25 – 0,30
Star sneg	0,35 – 0,70	Namočena savana	0,15 – 0,20
Suh svete pesek	0,25 – 0,45	Polščine	0,15 – 0,25
Puščavski pesek	0,25 – 0,30	Tundra	0,15 – 0,20
Suh beton	0,17 – 0,27	Zelee travnik	0,10 – 0,20
Temna prst	0,05 – 0,15	Gozd listavcev	0,10 – 0,20
Asfalt	0,05 - 0,10	Gozd iglavcev	0,05 – 0,15
Morej (mirno / razburkano)	0,03 – 0,10		

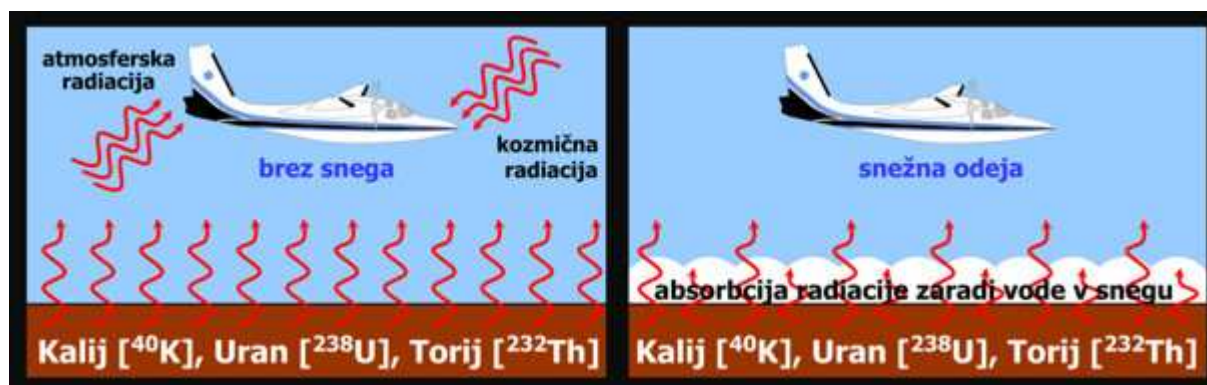
Preglednica emisivnosti nekaterih vrst oblakov in tal (Budin, Rakovec, Oštir in sod., 1996).

Oblaki debeline 1 km	emisivnost	Vrste tal	emisivnost
Cirusi Ci in Cirrostratusi, Cs	0,13 – 0,48	Sneg (suh - moker)	0,99 – 0,85
		Voda	0,96 – 0,99
Altostratusi, As in altokumulus, Ac	0,02 – 1	Trava	0,97
		Led	0,96
Stratokumulusi, Sc in Stratusi, St	≈ 1	Gola tla (suha-vlažna)	0,95 – 0,92
		gozd	0,90

6.4.2 Naravna gama radiacija

Naravno gama sevanje je posledica rahlo radioaktivnih naravnih izotopov elementov Kalij [^{40}K], Uran [^{238}U], Torij [^{208}Tl], ki so prisotni v vrhnjih 20 cm zemeljske skorje. Ker voda gama žarke absorbira, lahko na podlagi razlike med sevanjem tal brez snežne odeje in

sevanjem s snežno odejo določimo površino snežne odeje in celo vodni ekvivalent. Razlika v jakosti sevanja je odvisna tudi od vlažnosti same podlage.



Princip merjenja vodnega ekvivalenta s pomočjo gama radiacije (NOHRSC).

Meritve se najpogosteje opravljajo z nizkoletečimi letali, ki merijo gama radiacijo in s tem določajo vodni ekvivalent snežne odeje. Zaradi vlage v atmosferi, ki prav tako absorbira radiacijo, morajo letala leteti zelo nizko, tudi do 150 m nad terenom. Namestitvev senzorjev na letalo omogoča zvezne meritve večjih območij. Tako kot stacionarne senzorje je potrebno umeriti tudi senzorje v letalu, ki pred nastopom snežne odeje preletijo teren in izmerijo radiacijo. Ob meritvi snežne odeje mora letalo leteti po enaki trasi kot pri umeritvi senzorjev. Meritve so učinkovite na odprtih območjih, na območjih poraslih z gozdom in goratem terenu pa meritve niso več tako dobre, ker je radiacija zelo šibka. Na ta način lahko merimo snežno odejo z vodnim ekvivalentom do 100 mm. Metoda je bila najprej uporabljena v nekdanji Sovjetski zvezi in se je nato hitro prenesla v ZDA in Kanado, kjer danes letno opravijo 1400 letov.

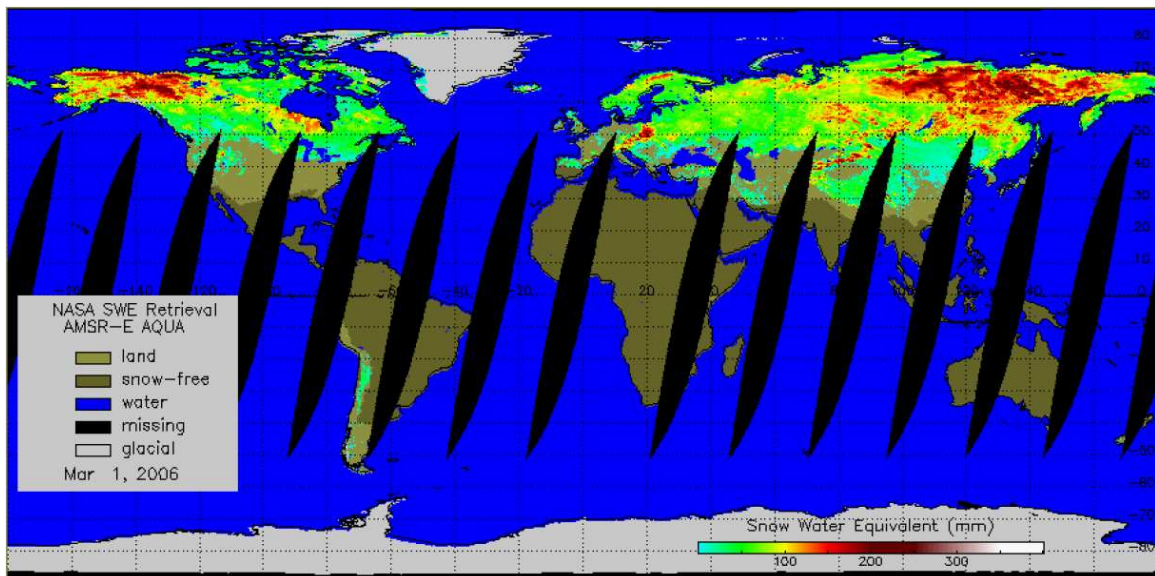
6.4.3 Aktivni in pasivni mikrovalovi (radar)

Aktivni mikrovalovni senzorji sevajo elektromagnetno valovanje v obliki kratkih impulzov. Antene imajo ponavadi usmerjene pravokotno na smer leta sistema, in sicer poševno navzdol. Ko valovanje pade na Zemljo, se ga del odbije nazaj proti senzorju. To povratno sipanje zaznamo, izmerimo in določimo čas njegovega potovanja. Z zapisovanjem jakosti odbite energije ustvarimo dvorazsežno podobo zemeljskega površja. Ker radar sam skrbi za svoj vir valovanja, lahko podobe ustvarja tako podnevi kot ponoči, torej neodvisno od sončevega

sevanja. Mikrovalovi lahko poleg tega prodirajo skozi oblake in dež, kar pomeni, da opazovanje ni omejeno z vremenskimi razmerami.

Zemeljsko površino lahko opazujemo z zaznavanjem naravnih ali pasivnih mikrovalov, najpogosteje pa se opazuje z aktivnim umetno odprtinskim radarem. Sama interpretacija dobljenih podatkov je odvisna od programske opreme in algoritmov, s katerimi se podatke obdeluje. Najobetavnejša metoda daljinskega zaznavanja z mikrovalovi je uporaba valovnih dolžin od 0,1 do 100 cm. Glavni lastnosti mikrovalov sta, da pri interakciji s površino omogočajo interpretacijo grobosti površine in vlažnosti. Odbojnost mikrovalov se zaradi dielektričnosti z višanjem vlažnosti povečuje, zato se na primer puščavski pesek na posnetkih ne vidi. Ta lastnost se preko empiričnih algoritmov uporablja za vrednotenje vodnega ekvivalenta in višine snežne odeje.

Problemi, ki spremljajo zaznavanje snežne odeje z aktivnim radarem, so slaba prostorska resolucija ter splošno slabše zaznavanje snežne odeje v primerjavi z vidnim in IR valovanjem. Pri manjših količinah snega, jeseni in spomladi, radar slabše zaznava snežno odejo in podcenjuje ekvivalent snežne odeje. Obratno, pri velikih količinah snega v gorskem svetu precenjuje vodni ekvivalent odeje.

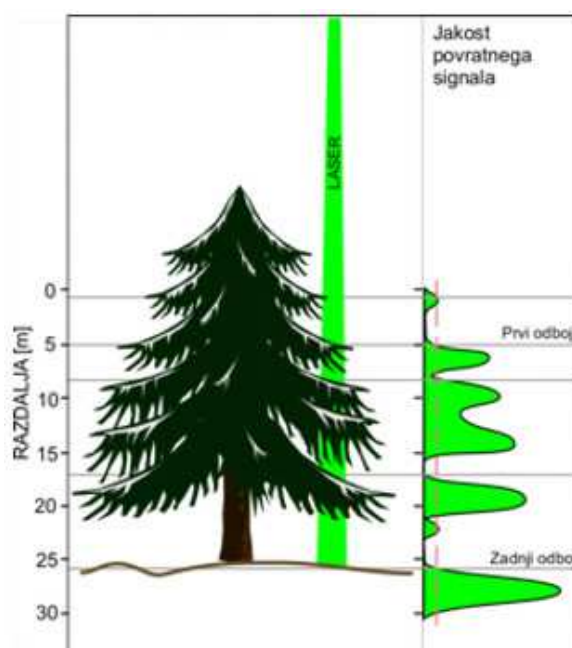


Radarska slika AMSR-E vodnega ekvivalenta snežne odeje satelita Aqua v 25 km resoluciji (R. Kelly, J. Foster, NASA).

6.4.4 LIDAR (Light detection and ranging)

Lidar je aktivni senzor tako kot radar. Proti opazovanim predmetom namesto mikrovalov pošilja laserske pulze in opazuje njihov odboj. Pri tem dobiva zelo natančne podatke o površju in višinah in tako predstavlja trenutno najnatančnejšo tehniko za izdelavo digitalnih modelov višin. Lidar meri čas potovanja laserskega pulza med senzorjem in podlago ter s podatki GPS sistema o položaju senzorja določa 3D pozicijo točke na terenu. Iz dobljenih podatkov dobimo po obdelavi veliko količino podatkov (x,y,z), ki jih je potrebno dodatno filtrirati in klasificirati (krošnje, podlaga, sneg, ...) (Oštir, 2006).

Za določanje višine snežne odeje sta potrebni najmanj dve meritvi. Pri prvi merimo višino terena v poletnih mesecih brez snežne odeje, druge meritve pa opravljamo ob prisotnosti snežne odeje. Na podlagi razlik obeh višin lahko določimo višino snežne odeje do 10 cm natančno. Metoda se dobro obnese tudi pri merjenju na gozdnatih površinah. Primerno penetracijo krošenj dosežemo z zmanjšanjem vpadnega kota laserja ($\pm 15^\circ$) in s povečanjem frekvence pulzov (50 – 100 GHz). Večina meritev se opravlja pri valovni dolžini laserja $\lambda=1064$ nm, pri kateri ima snežna odeja, glede na velikost zrn, zmerno absorptivnost in zadovoljiv odboj, ki se zgodi v zgornji plasti (1cm) snežne odeje (Dims, Painter, 2006).

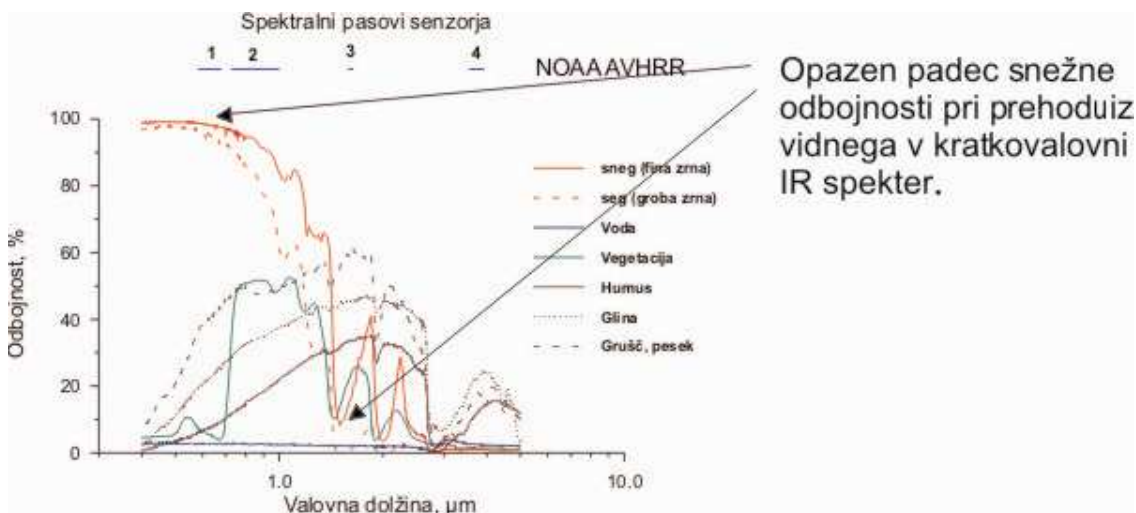


Primer odboja laserskega pulza na vegetaciji in podlagi (Dims, Painter, 2006).

6.5 Metode zaznavanja snežne odeje

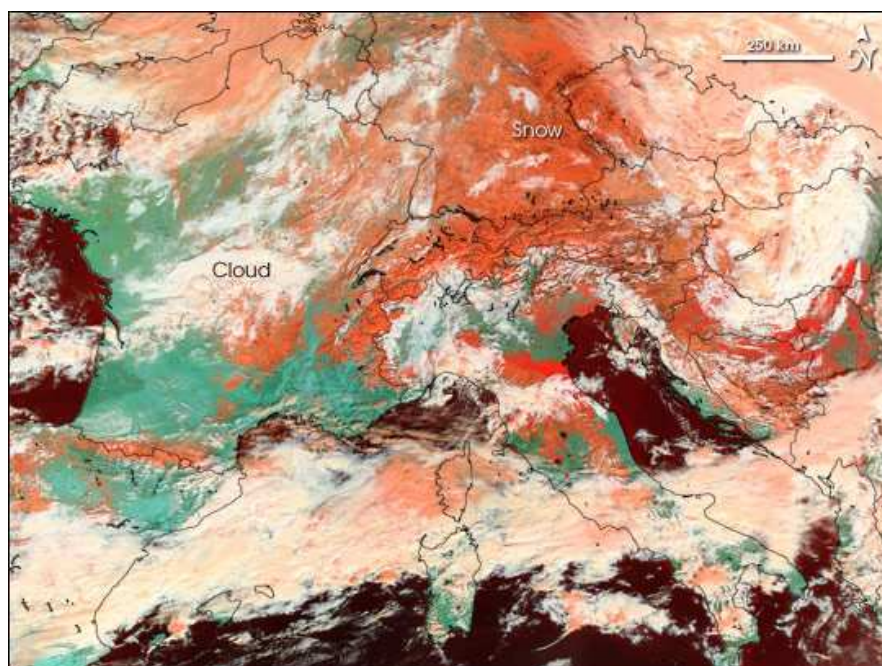
Glavni princip načina zaznavanja snežne odeje satelitskih sistemov je opazovanje v vidnem, kratkovalovnem IR in infrardečem spektru. Sistem MODIS uporablja algoritem, ki primerja razlike med odbitim termičnim IR, vidnim in kratkovalovnim elektromagnetnim valovanjem. Dve lastnosti snega, visoka odbojnost v vidnem spektru in visoka adsorpcija v kratkovalovnem spektru, omogočata zaznavanje snežne odeje.

Merjenje razlik v snežni odbojnosti oziroma snežni indeks ali (ang. Normalised Difference Snow Index, NDSI) omogoča razlikovanje snega od okolice in oblakov. Oblaki imajo navadno visoko odbojnost pri vidnem in bližnjem IR valovanju, medtem ko pri snegu odbojnost pada proti kratkovalovnemu IR spektru.



Spektralne lastnosti snežne odeje v vidnem in IR spektru (Romanov).

Na območjih, kjer je zaznavanje snega oteženo zaradi poraščenosti z gozdom, uporablja sistem MODIS kombinacijo (primerjavo) med vegetacijskim indeksom (ang. Normalised Difference Vegetation Index, NDVI), in snežnim indeksom (NDSI). Primerjeva indeksa NDVI z NDSI omogoča prilagoditev praga zaznavnosti snežnega indeksa za piksele iz gozdnih področij. S to prilagoditvijo lažje zaznava snežno odejo v gozdu, pri čemer ne vpliva na zaznavanje drugih tipov pokrovnosti (Parajka in sod, 2006).



Kombinacija vidnega in bližnje-infrardečega dela spektra omogoča določitev snega (rdeče) in visoke oblačnosti (belo) (NASA).

7 Uporaba satelitskih posnetkov v Sloveniji

V Sloveniji bi bila uporaba satelitskih posnetkov snežne odeje uporabna predvsem pri določanju površine snežne odeje v višjih goratih predelih, kjer ni dovolj merilnih postaj. Na podlagi satelitskih posnetkov in GIS orodij dobimo boljši vizualni pregled na površino snežne odeje. Tako lahko natančneje določimo njeno površino in, na podlagi terenskih meritev, količino vode, ki je ujeta v snegu.

V Sloveniji se trenutno, razen v posameznih raziskavah, za potrebe snežne hidrologije in napovedovanja pretokov ne uporablja produktov satelitskih posnetkov. Čeprav imajo v slovenskem prostoru večje reke snežni ali snežno dežni režim, se snežni odeji in spomladanskim odtokom ne namenja take pozornosti. V hidrološke modele (HBV) se vnaša le podatke o padavinah. Kadar je temperatura na dan meritve pod lediščem, model privzame, da so padavine snežne.

Razlogov za manjšo pozornost snežni hidrologiji je verjetno več, glavni pa je po mojem predvidevanju predvsem ta, da slovenske reke v večini primerov poplavlajo zaradi jesenskih padavin in ne zaradi pomladanskih odjuga. Z vidika poplavne varnosti so snežne padavine pri nas manj zanimive kot dežne padavine. Edini reki, ki imata izrazito snežni režim sta Mura in Drava, ki pa izvirata v goratih območjih Avstrije in Italije, kjer naše hidrološke službe niso pristojne.

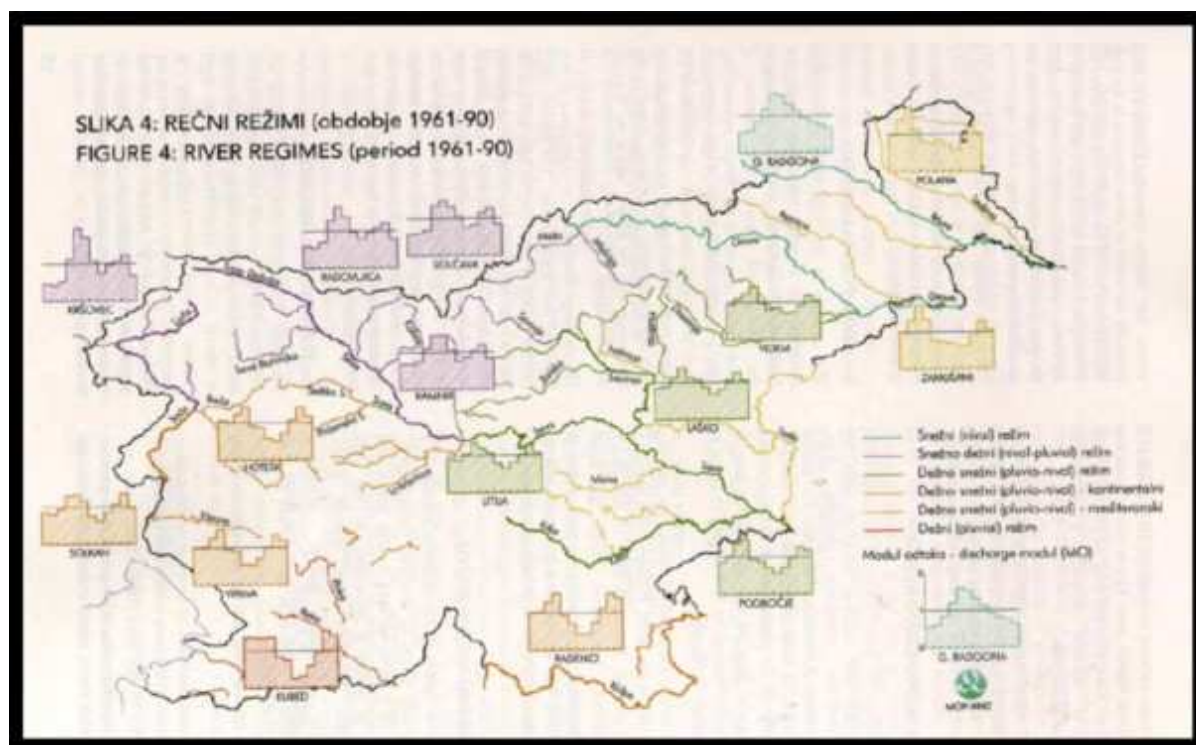
V okviru evropskega projekta AWARE (Available Water Resources in mountain Environment), v katerem sodeluje tudi Slovenija, se preizkuša in uvaja nova orodja ter daljinske metode za monitoring in napovedovanje vodnih virov na območjih, kjer predstavlja sneg glavni vodni vir. Pod okriljem slovenskega dela projekta AWARE sem imel na razpolago dvanajst posnetkov snežnega produkta MODIS za hidrološko leto 02/03. Ti satelitski posnetki pokrivajo približno polovico Slovenije in prikazujejo obseg snežne odeje.

7.1 Snežni in snežno dežni režim

V Sloveniji imata izrazit snežni režim reki Mura in Drava. Zanj sta značilna zimski minimum in pomladni maksimum. Minimum nastopi v času zimskih nizkih voda (januar, februar), kar je posledica sneženja oziroma akumuliranja vode v snežni odeji v zaledju visokih gora. Minimum traja vse do pomladne otoplitve (marec – april), ko se voda prične sproščati. Takrat nastopi maksimum, ki lahko počasi pada vse do julija, ko se iztrošijo snežne zaloge vode. Na večini slovenskih rek se takrat že kažejo problemi poletnega sušnega obdobja (M. Kolbezen, J. Pristov, 1998).

Snežno dežni režim imajo vodotoki visokogorskega sveta Slovenije in njihovega neposrednega predgorja (Julijske Alpe, Karavanke, Kobansko, Pohorje). Pri daljših vodotokih, ki imajo pomemben delež zaledja v visokogorju, se poteze snežno dežnega režima poznajo še daleč po toku navzdol. Na Savi do sotočja Ljubljanice, na Soči do sotočja Idrijce in na Savinji do Nazarij. Pri dinamiki razporeditve odtoka sta značilna dva maksimuma in dva minimuma. Primarni maksimum nastopi v pozni pomladi, praviloma maja ali celo junija. Novembrski sekundarni porast pa je posledica jesenskega dežja. Primarni minimum je pozimi

in traja od decembra do marca in je nižji od sekundarnega poletnega minimuma, ki običajno nastopi avgusta, redkeje septembra (M. Kolbezen, J. Pristov, 1998).

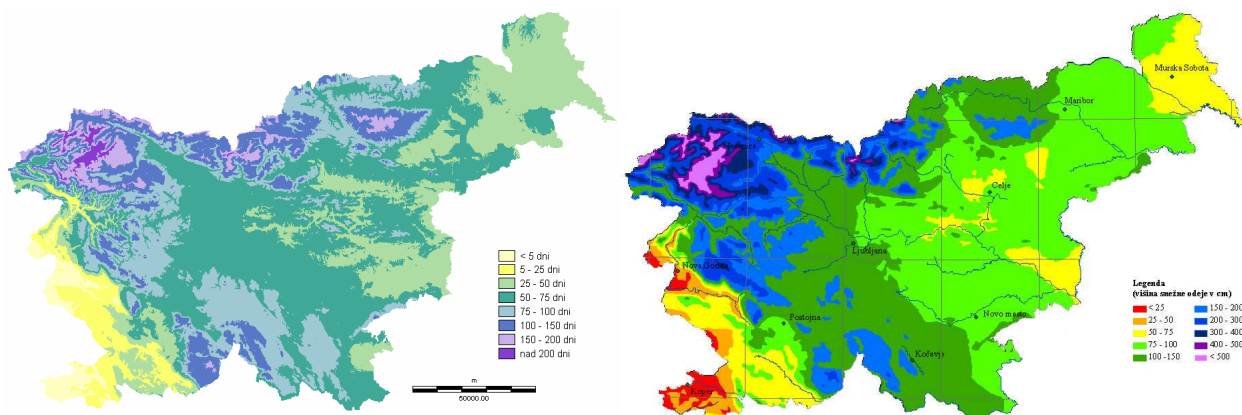


Rečni režimi v Sloveniji za obdobje 1961 – 90 (ARSO).

7.2 Sneg v Sloveniji

Za Slovenijo je značilno, da se ob dotoku vlažnih jugozahodnih vetrov na gorskih pregradah izločajo velike količine padavin (Ogrin, 2005). V zimskem obdobju je snežna odeja po vsej državi, razen na Primorskem, običajen pojav. Največ padavin, letno 2000–4000 mm, pade prav na prvi alpski pregradi, ki se vleče v smeri vzhod–zahod in je sestavljena iz Spodnjih Bohinjskih gor, Krnskega pogorja in Kaninskega masiva, zaradi orografskega dviganja zračnih mas ter posledično orografskih padavin (Ogrin, 2005). Količina padavin se nato proti vzhodu zmanjšuje vse do Pohorja, kjer letno pade le še 1500 mm.

Trajanje snežne odeje je v največji meri odvisno od različnih dejavnikov reliefa. Nadmorska višina vpliva na porazdelitev temperatur zraka. V višjih legah je zaradi nižjih temperatur sneženje pogostejše kot v nižjih legah, sneg pa se tudi počasneje tali. Na trajanje snežne odeje vplivajo tudi oblika in tip reliefa ter orientacija terena in bližina morja.



Prikaz števila dni s snežno odejo za Slovenijo, povprečje let 79-96 in prikaz višine snežne odeje za (ARSO).

Najbolj zasnežena meteorološka postaja v Sloveniji je zagotovo Kredarica, ki je s svojo nadmorsko višino 2514 m tudi najvišja. V zimi 2006 je bila največja debelina snežne odeje 495 cm, kar je nad dolgoletnim povprečjem. Najmanjše debeline snega so bile izmerjene v letih 2002 (195 cm), 1993 (205 cm), 1989 (220 cm) in 1955 (235 cm). Rekordna višina snega, kar 7 m, je bila izmerjena v letu 2001, do tedaj pa 690 cm leta 1977, 587 cm leta 1978 in 560 cm leta 1975. Število dni s snežno odejo znaša v povprečju približno 250, več takih dni je bilo le leta 1972 (305 dni), manj pa leta 1958 (228 dni).

V Ljubljani je bilo največ dni s snežno odejo zabeleženih leta 1996, in sicer 110 dni, le dan manj pa leta 1952. V letu 1989 je sneg tla prekrival le dva dni, leta 1949 13 dni, po 15 dni s snežno odejo je bilo v letih 1951 in 1974. Doslej najvišja izmerjena snežna odeja v Ljubljani je 146 cm iz leta 1952, sledi leto 1969 s 95 cm in leto 1987 z 89 cm.

V Murski Soboti je najdlje sneg prekrival tla leta 1993, in sicer 99 dni, v letih 1955 in 1968 je bila snežna odeja debela 61 cm. V Novem mestu je bilo 63 dni s snežno odejo, dosegla je 24 cm. V preteklosti je bilo največ dni s snegom leta 1969, obležal je kar 112 dni, kar 103 cm pa je bila snežna odeja debela leta 1969. V Ratečah je leta 2006 sneg prekrival tla 119 dni, največja debelina je bila 124 cm. Ob morju so leta 1963 namerili 21 cm debelo snežno odejo, tistega leta je sneg prekrival tla 14 dni.

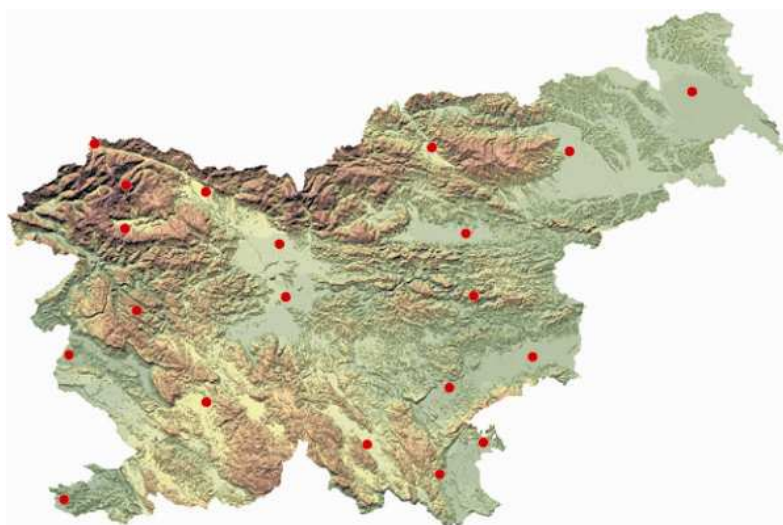
V Sloveniji je sneg prisoten vsako zimo predvsem v gorskem svetu in sredogorju, v nižjih delih osrednje in vzhodne Slovenije je sneg vedno redkejši in se pojavlja v manjših količinah.

7.3 Vreme v Sloveniji

Slovenija meri v smeri vzhod zahod 250 km v smeri sever jug pa komaj 170 km. Zato je glede na velike vremenske sisteme, ki merijo nekaj tisoč km velika kot fižol na krožniku. Kljub temu se na tako majhnem območju velik sistem različno odraža. Velikokrat se zgodi, da je na primorskem sončno, medtem ko je ostala Slovenija oblačna ali deževna in obratno (Petkovšek, Trontelj, 1987).

Vremenski pojavi so pomemben dejavnik pri daljinskem zaznavanju, saj je pri večini metod ob prisotnosti oblakov zaznavanje oteženo ali onemogočeno. Za Slovenijo velja, da so v zimskem času kotline oblačne in zavite v meglo, kar pomeni, da je uporaba daljinskega zaznavanja v zimskih mesecih omejena. To domnevo sem preveril na večletnih podatkih meteoroloških postaj Agencije za okolje.

V Sloveniji je mreža meteoroloških postaj z vidika opazovanja vremena sorazmeroma dobro razporejena tako prostorsko kot višinsko. Za merjenje padavin in višine snežne odeje je po Sloveniji razporejenih 184 postaj in 40 klimatoloških postaj, na katerih se ocenjuje tudi stopnjo oblačnosti in ostale meteorološke parametre. Pri statističnih obdelavah sem uporabil podatke o snežni odeji in oblačnosti postaj, navedenih v preglednici.



Slika 5: Prostorska razporeditev uporabljenih klimatoloških meteoroloških postaj.

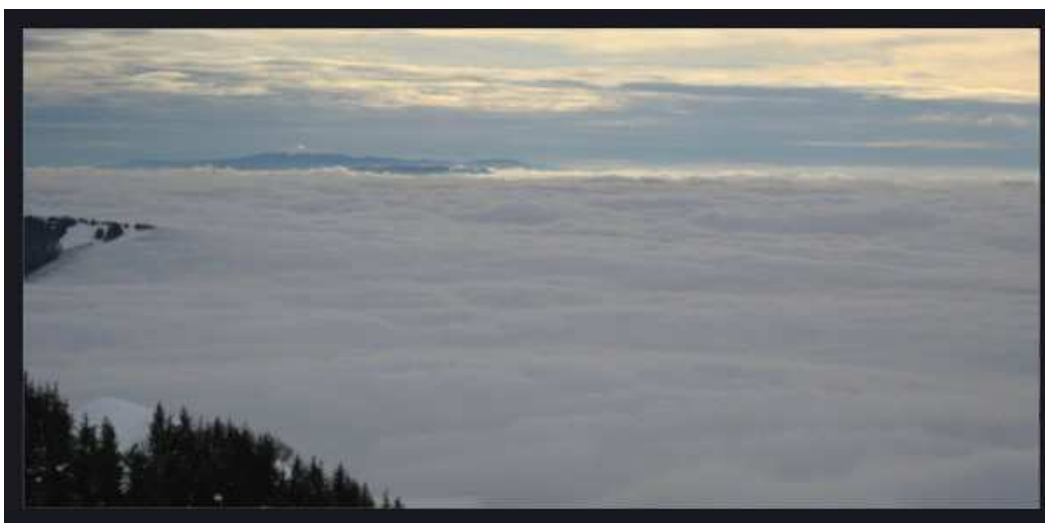
Preglednica 1: Pregled meteoroloških postaj.

Ime	Nadmorska višina [m]	Št.	Lokacija
Letališče Portorož	2	464	45.47556,13.62056
Bilje pri Novi Gorici	48	97	
Letališče Cerklje	154	749	45.89361,15.525
Črnomelj	157	257	45.56028,15.15083
Murska Sobota Rakičani	188	355	46.6525,16.19611
Metlika	210	432	45.65444,15.32361
Novo mesto	220	249	45.80194,15.18222
Celje	244	268	46.24472,15.2525
Ljubljana Bežigrad	299	192	46.06583,14.51722
Letališče Brnik	364	8	46.21778,14.4775
Šmartno pri Slov.Gradcu	455	321	46.49,15.11611
Kočevje	467	174	45.64528,14.85417
Lesce	515	403	46.36556,14.17917
Postojna	533	136	45.76639,14.1975
Rateče Planica	864	51	46.4975,13.7175
Lisca	943	452	46.06667,15.28333
Vojsko	1067	76	46.02528,13.90778
Vogel	1535	437	46.26389,13.84556
Kredarica	2514	48	46.37944,13.85389

7.3.1 Oblačnost

Največja pomanjkljivost satelitskih posnetkov je gotovo odvisnost od vremenskih razmer oziroma oblačnosti. Pojav oblakov na posnetkih v veliki meri onemogoči kvalitetno opazovanje in interpretacijo posnetkov. Posnetki, odvisno od vrste oblakov, so do neke mere uporabni še pri oblačnosti 20 do 30 %. Če je oblačnost večja, posnetki niso več uporabni. Napake pri klasifikaciji oblakov in snega lahko povzročijo preveč ali premalo zaznane snežne odeje. Predvsem zaradi oblačnosti s cirusi se velikokrat zgodi, da jih sistem zazna kot snežno odejo. Rezultati za Severno Ameriko kažejo, da MODIS zazna premalo snega v 12 % in preveč snega v 15 %.

Ena od metod za izboljšavo posnetkov, na katerih je prisotna oblačnost je primerjava več posnetkov. Na ta način, se na podlagi razlik oblačnosti na posnetkih, sestavi posnetek, na katerem je manj oblačnosti. Sistem MODIS uporablja dnevne in osemdnevne sestavljene posnetke.



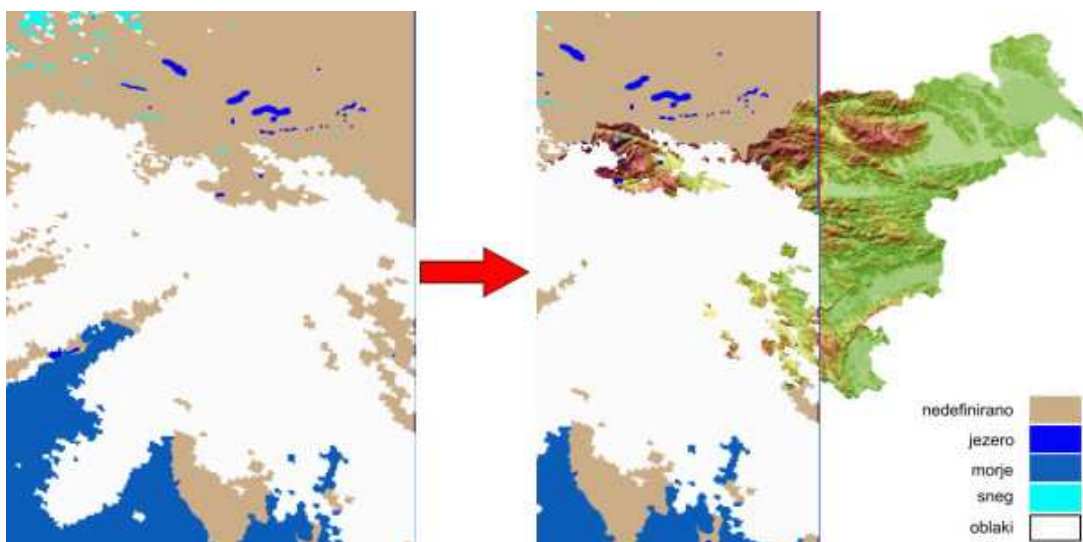
Slika 6: Nizka oblačnost nad notranjsko na nadmorski višini 1500m (Stušek).

Oblačnost se na slovenskih meteoroloških postajah spremlja trikrat na dan, ob 7., 14. in 21. uri. Stopnja oblačnosti neba se ocenjuje v desetinah oziroma podaja v stopnjah od 0 do 10. Kadar je srednja dnevna oblačnost manjša od 2, govorimo o jasnem dnevu, kadar pa je srednja dnevna oblačnost višja od 8, govorimo o oblačnem dnevu. Ker stopnjo oblačnosti na glavnih meteoroloških postajah ocenjuje dežurni meteorolog, so te ocene do neke mere subjektivne. Za odpravo subjektivnosti se za merjenje oblačnosti vedno bolj uveljavljajo metode daljinskega zaznavanja (stacionarni sateliti) in meritve z laserskimi merilci (celimeter).

Preglednica albeda in transmisivnost različnih oblakov (Budín, Rakovec, Oštir in sod., 1996).

Oblak	Albedo	Transmisivnost
Cirusi Ci	0,15 – 0,20	0,66 – 0,82
Cirostratusi, Cs	0,44 – 0,59	0,27 – 0,43
Stratokumulusi, Sc	0,35 – 0,80	0,10 – 0,50
Stratusi, St	0,50 – 0,73	0,20 – 0,45
Nimbostratusi, Ns	0,64 – 0,70	0,05 – 0,20
Kumulusi, Cu	0,38 – 0,45	0,27 – 0,49
Kumulonimbusi, Cb	0,86 – 0,92	> 0,05

Od razpoložljivih dvanajstih posnetkov snežnega produkta MODIS za hidrološko leto 02/03, so bili za obdelavo in merjenje površine snežne odeje primerni štirje posnetki, od tega le en brez oblačnosti. Na ostalih posnetkih je bila oblačnost prevelika ali pa sneg na njih ni bil prisoten.



Slika 7: Primer oblačnosti na posnetku MODIS snow product dne 26.10. 2002.

7.3.2 Inverzija

Tako kot oblačnost je tudi inverzija pri daljinskem zaznavanju nezaželen pojav, ki prepreči snemanje v nižjih predelih dolin, kjer se v zimskih mesecih zadržuje megla ali nizka oblačnost. Temperaturni obrat ali inverzija je pojav, pri katerem temperatura zraka z višino narašča, namesto da bi padala (Enciklopedija Slovenije, 1990). Najpogosteje se deli na štiri tipe :

- **prizemni temperaturni obrat**, ki se pojavlja v nočnem času zaradi specifične energijske bilance prizemne plasti zraka;
- **frontalni temperaturni obrat**, ki se pojavlja v večjih višinah na meji dveh zračnih mas ob prehodu fronte;
- **subsidenčni ali anticiklonalni temperaturni obrat**, ki se pojavlja zaradi razlik v adiabatem segrevanju spuščajočega se zraka v anticiklonu;
- **višinski temperaturni obrat**, ki nastane na meji dveh zračnih mas, ki se relativno gibljeta z različnimi hitrostmi.

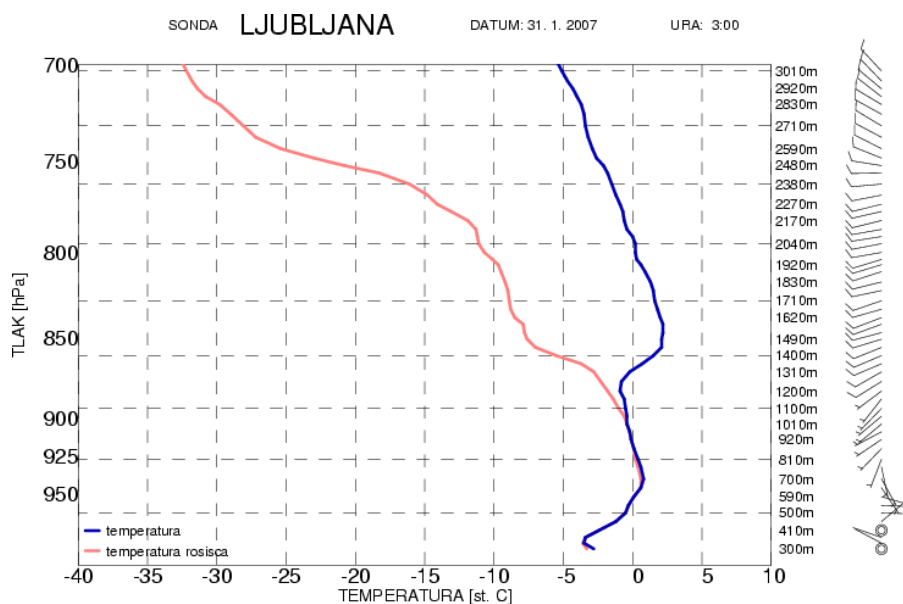
Pojav prizemnega temperaturnega obrata lahko krepi tudi relief, saj se zaradi stekanja hladnega zraka na dno dolin in kotlin v energijski bilanci pojavi še advektivni člen. Dotok hladnega zraka z okoliških pobočij povzroča dodatni padec temperature zraka na dnu dolin in kotlin. Kot eden od rezultatov teh procesov je tudi pojav termalnega pasu. Temperaturni obrat

je glede na zelo razgiban relief v Sloveniji zelo pogost pojav. Najpogostejše in raziskane so inverzije v ljubljanski in bovški kotlini ter dravski dolini.



Slika 8: Inverzija v Bohinjski dolini, januar 2008.

V ljubljanski kotlini je opazno temperaturni obrat najmočnejši v zimskih mesecih (december, januar, deloma februar) v ostalih mesecih pa temperaturni obrat ni tako močan (Žiberna, 1995).

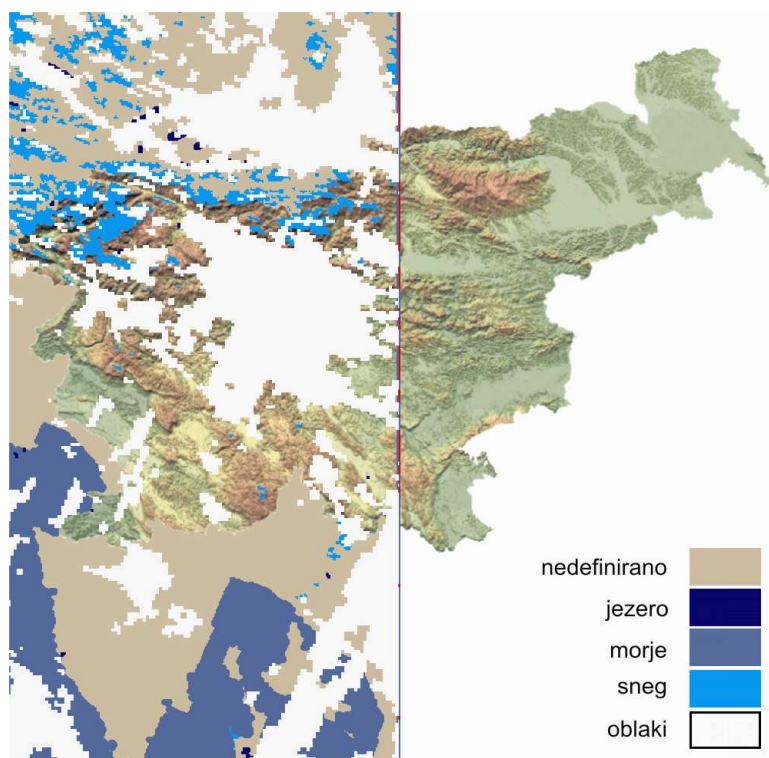


Verzikalna sondaža, na kateri je razvidna oblačna plast v najnižjih plasteh inverzije, ter značilna inverzija nad oblačno plastjo od 1250 m do 1450 m (ARSO).

Decembrskemu temperaturnemu obratu botruje megla ali nizka oblačnost na dnu ljubljanske kotline, ki lahko vztraja tudi ves dan, medtem ko so višje lege obsijane s soncem. Na pogostost pojavljanja obrata nad ljubljansko kotlino kažejo ugotovitve g. Žiberna v članku Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji. Na podlagi mesečnih radiosondažnih meritev v letu 1996 se je od skupaj 350 opravljenih meritev kar v 159 primerih pojavila ena od oblik obrata.

Najpogosteje (77 %) se je v zimskem času pojavljal temperaturni obrat v decembru, ko se je od vseh inverzij najpogosteje (65 %), pojavil subsidenčni temperaturni obrat na višinah med 800 in 1800 m.

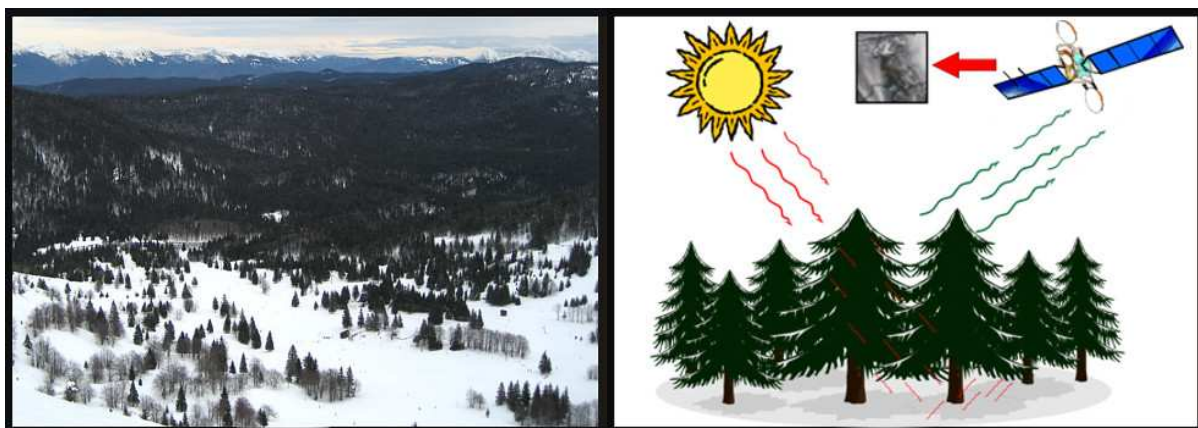
Podobno kot v Ljubljanski kotlini se temperaturni obrat pojavlja tudi v bovški kotlini v zgodnje popoldanskem času, ko so najpogosteje izmerjene maksimalne dnevne temperature, redke pojav. Temperaturni gradienti so v vseh mesecih negativni. Še najmanjše razlike med Bovcem in Krnom se pojavljajo v decembru, ko znašajo $0,6^{\circ}\text{C}$.



Slika 9: Primer decembrske inverzije na posnetku MODIS snow product dne 29.12. 2002. V Ljubljani je oblačnost tega dne 100%.

8 Zaznavanje snega na gozdnih površinah in pokrovnost Slovenije

Zaznavanje snega v vlnem in bližnjem infrardečem spektru je v veliki meri odvisno tudi od pokrovnosti tal in reliefa. Najzanesljivejše je zaznavanje snega na odprtih ravnih površinah, kot so travniki, kmetijske površine in neporasla zemljišča, kjer se svetloba nemoteno odbije od površine. Natančnost se zmanjšuje na strmih in poraslih površinah, pri katerih je vegetacija gostejša in višja od snežne odeje. Zaznavanje snega je zelo nezanesljivo, predvsem na območjih poraslih s strnjanim iglastim ali mešanim gozdom.

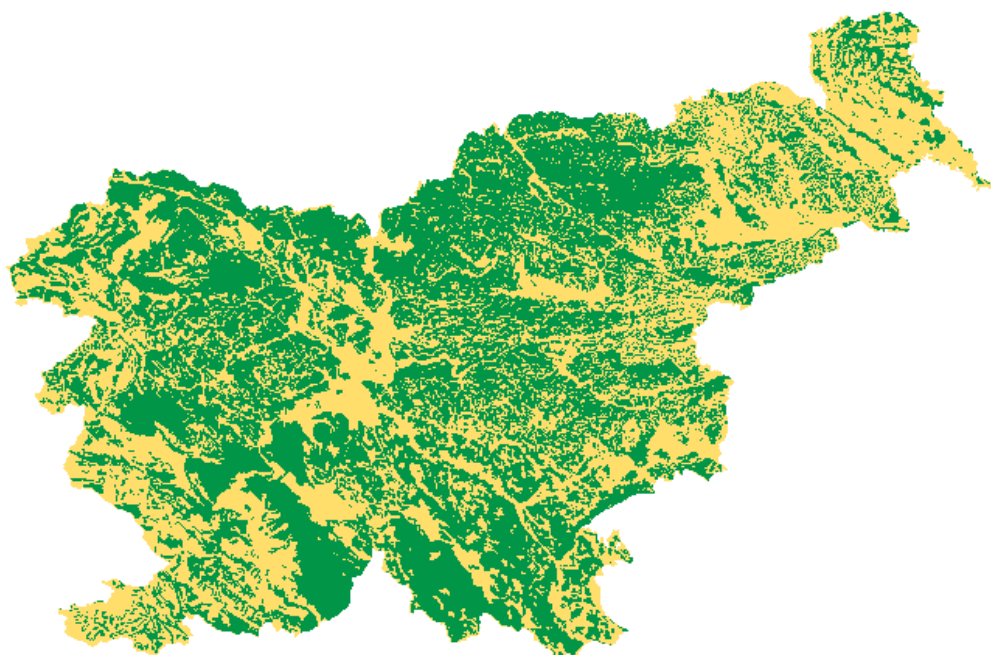


Slika 10: Zasnežen gozda na Soriški planini z višino snega 30 cm, januar 2008 in problem zaznavanja snega v gozdu.

Na gozdnatih površinah se sneg ob in po sneženju hitro sipa skozi krošnje na podlago in se tako skrije pred senzorji, ki ga zato težje ali pa sploh ne zaznajo. Satelit nad gozdom zazna le odbito svetlobo krošenj, algoritem za prepoznavanje snega tako ne prepozna snežne odeje pod krošnjami. Kot sem že omenil, je pojav najmočnejši predvsem v gostih iglastih in mešanih gozdovih, ki ostanejo zeleni tudi preko zime. Nad gozdnatimi območji lahko tako pričakujemo največje napake pri zaznavanju snežne odeje.

V Sloveniji -kot gozdnati deželi- bo verjetno zaznavanje snega v gozdu predstavljalo precejšen problem. Iz raziskave Statističnega urada RS o pokrovnosti tal v Sloveniji za leto 2000, narejeni s posnetki satelitov Landsat in Spot, je razvidno, da so gozdovi z 58 % (vključuje tudi grmičaste gozdove) prevladujoča kategorija pokrovnosti. Strukturno je od tega

22 % mešanih, 21 % listnatih in 12 % iglastih gozdov. Ti gozdovi niso enakomerno razporejeni po vsem ozemlju, največja sklenjena območja gozda pokrivajo dinarsko-kraške planote južne in jugozahodne Slovenije ter pobočja Alp na severu in zahodu. V Sloveniji je tako po zadnjih podatkih za leto 2007 skupno kar 66 % gozdnih površin (Statistični urad RS).



Gozdna površina za leto 2000 znaša 1.173.847 ha, kar predstavlja 57,9 % površine Slovenije (Zavod za gozdove RS).

Preglednica sestave pokrovnosti in rabe zemljišč v Sloveniji leta 2000 (CORINE Land Cover 2000, ARSO).

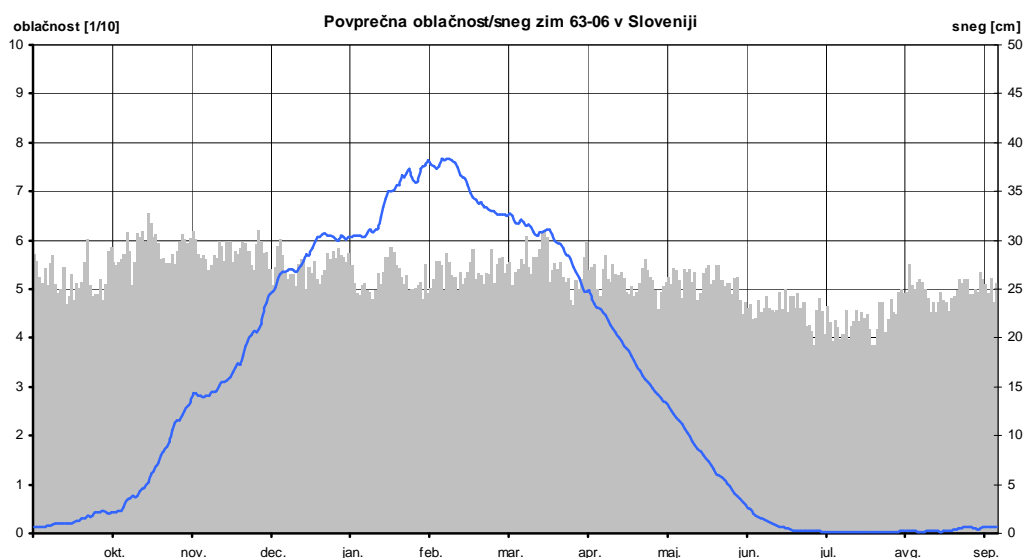
Kategorije pokrovnosti tal	Površina (ha)	Delež (%)
grajena zemljišča	54384.3	2,7
njivska zemljišča in trajni nasadi	132699	6,5
pašniki	116742.1	5,7
mešana kmetijska zemljišča	460223.1	22,7
mešani gozd	446994.3	22
listnati gozd	442184.2	21,8
iglasti gozd	247556.7	12,2
grmicasti gozd	43877.5	2,2
naravni travniki in barja	43528.1	2,1
neporasla zemljišča	28488.9	1,4
voda in mocvirja	14937	0,7

9 Obdelava podatkov

Pri obdelavi podatkov o oblačnosti sem iz dnevnih ocen izračunal dnevna povprečja in nato določil še dnevno povprečje za več let. Za izračun povprečij sem uporabil aritmetično sredino. Na razpolago sem imel podatke tridesetih let, od leta 1963 do 2006. Podatkom o oblačnosti sem dodal še podatke o povprečni višini snežne odeje, saj me je zanimala oblačnost v času, ko je le ta prisotna.

9.1 Večletna povprečna oblačnost

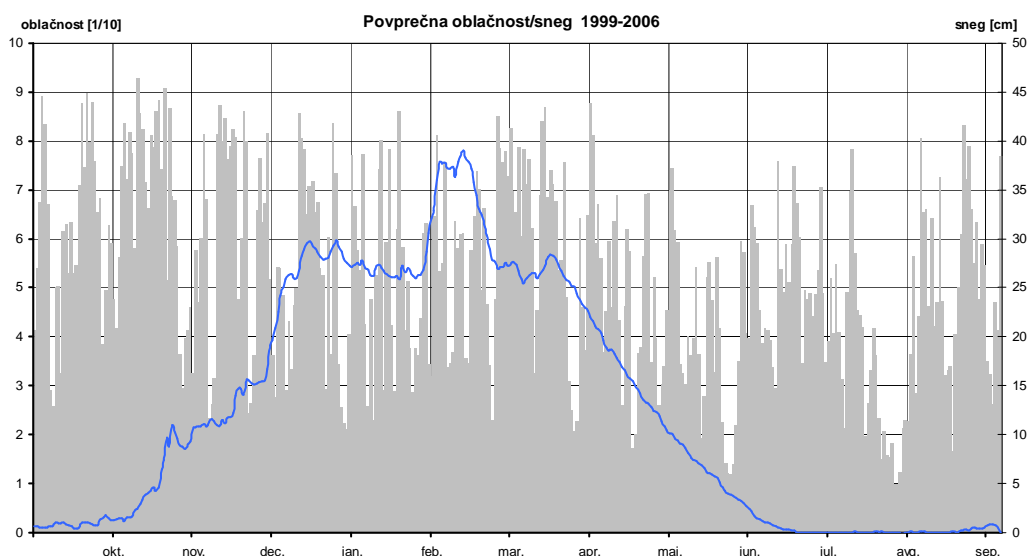
Pri obdelavi podatkov za obdobje tridesetih let sem dobil naslednje rezultate. Povprečna letna oblačnost je znašala 52 %. Za potrebe snežne hidrologije me je zanimala predvsem oblačnost v času najvišje snežne odeje. Na podlagi rezultatov se v povprečju obdobje z visoko snežno odejo razteza od januarja do aprila. Takrat znaša povprečna dnevna oblačnost 57 %, kar je nekoliko višje od povprečne letne vrednosti. Jasni dnevi se pri tako velikem zajemu podatkov v povprečju sploh ne pojavljajo.



Grafikon 1: Povprečna oblačnost in višina snežne odeje za obdobje zim 1963 do 2006.

Ker je vreme, in z njim povezana oblačnost, zelo spremenljivo in časovno praktično neponovljivo, sem pri veliki količini podatkov za več let izgubil resolucijo oziroma nihanje

podatkov na dnevni ravni. Ker se morebitni jasni dnevi izgubijo v povprečju triinštiridesetih let, na podlagi tako obdelanih podatkov ni možno sklepati, da se v Sloveniji dnevi z oblačnostjo nižjo od 20 %, in s tem primerni za satelitsko opazovanje snežne odeje, ne pojavljajo.



Grafikon 2: Povprečna oblačnost in višina snežne odeje za obdobje zim 1996 do 2006.

Število podatkov sem zato zmanjšal in jih obdelal še za manjše časovno obdobje sedmih let, od 1999 do 2006. Pri obdelavi podatkov za to obdobje sem dobil naslednje rezultate. Povprečna letna oblačnost omenjenega obdobja znaša 53 %, kar ni dosti višje od povprečne oblačnosti za triinštirideset let (52 %). Od tega je v povprečju 16 jasnih dni v poletnih mesecih (maj, junij in avgust) ter 37 popolnoma oblačnih dni v jesenskem in zimskem času (oktobra, novembra in decembra). Obravnavani časovni razpon sem ponovno zmanjšal na obdobje od januarja do aprila, ko je snežna odeja najvišja. V tem času znaša povprečna dnevna oblačnost 55 %, kar je pričakovano višje od povprečne letne vrednosti (53 %). Od januarja do februarja in v aprilu se v povprečju sedmih let pojavi štirinajst jasnejših dni, ko je oblačnost manjša od 30 %. Na podlagi teh podatkov je lažje sklepati o tem, da se v obdobju zadnjih sedmih let na snežno sezono pojavi štirinajst dni, v katerih so posnetki uporabni ali do neke mere uporabni za opazovanje snežne odeje s sateliti.

9.2 Primerjava oblačnosti posameznih zim

Za natančnejši prikaz oblačnosti in morebitnih jasnih dni v času s snežno odejo sem podrobneje obdelal podatke posameznih postaj za vsako zimo posebej. Pri tem sem uporabil podatke za dvajsetletno obdobje od leta 1986 do 2006. Tako dobljeni rezultati so mi podali boljši vpogled v dnevno oblačnost posameznih zim in količino snega, ki je bila takrat prisotna.

Pri tej obdelavi posnetkov sem še podrobneje obdelal posamezne ocene oblačnosti preko dneva. Ker satelit sistema MODIS posname Slovenijo v času med 11:40 in 12:00 uro (CET), za katero podatkov o oblačnosti ni, sem se osredotočil na podatka v času ob 7:00 in 14:00. V preglednici 10 sem združil podatke o snežni odeji, povprečni oblačnosti, številu jasnih dni ter številu jutranjih, dopoldanskih in večernih jasnih.

Preglednica 2: Podatki izbranih meteoroloških postaj za obdobje šestnajstih let (90 - 06)

Postaja	št. dni s snegom	povp. višina odeje [cm]	povp.obl. v času s snegom [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
Murska s.	37,45	22,05	69,9	3,15	6,91	6,50	8,20	11,85	10,35	75,7
Novo m.	45,50	34,80	71,1	3,10	7,40	7,25	8,25	12,20	16,05	80,4
Celje	40,10	24,95	72,9	2,70	5,69	5,85	8,10	10,65	12,50	82,9
Ljubljana	45,35	27,05	73,2	3,05	6,81	5,05	9,85	11,40	12,00	83,0
Brnik	50,95	34,30	70,4	4,20	7,48	7,65	9,80	11,70	11,40	84,3
Sl. Gradec	59,15	28,25	69,3	4,30	8,28	9,25	12,65	13,55	15,35	82,4
Kočevje	57,60	45,35	60,5	6,10	10,77	14,35	11,75	21,45	20,30	60,8
Lesce	45,45	33,25	67,6	6,50	11,10	12,05	12,15	17,20	13,60	82,8
Postojna	33,75	30,15	66,3	2,70	6,47	5,95	6,25	9,45	12,35	76,6
Ratece	110,90	69,95	53,6	19,70	18,09	37,95	34,15	46,00	28,00	75,6
Lisca	77,35	62,95	64,4	7,55	9,88	17,35	13,85	22,85	30,75	75,8
Vojsko	106,10	89,95	64,5	11,40	12,66	29,15	22,80	24,25	25,90	82,6
Vogel	166,35	198,35	55,0	28,45	17,09	58,40	44,65	57,95	38,25	64,4
Kredarica	257,45	350,75	61,0	27,45	10,77	66,05	48,65	78,65	93,20	76,8
AVG	80,96	75,15	65,7	9,31	9,96	20,20	17,94	24,94	24,29	77,4

Pri obdelavi podatkov se je s stališča oblačnosti pokazala očitna razlika med višje ležečimi in nižinskimi postajami. Stopnja oblačnosti oziroma povprečna oblačnost v času s snežno odejo na nižje ležečih in kotlinskih postajah znaša 69 %, na višje ležečih pa 60 %. Na nižje ležečih

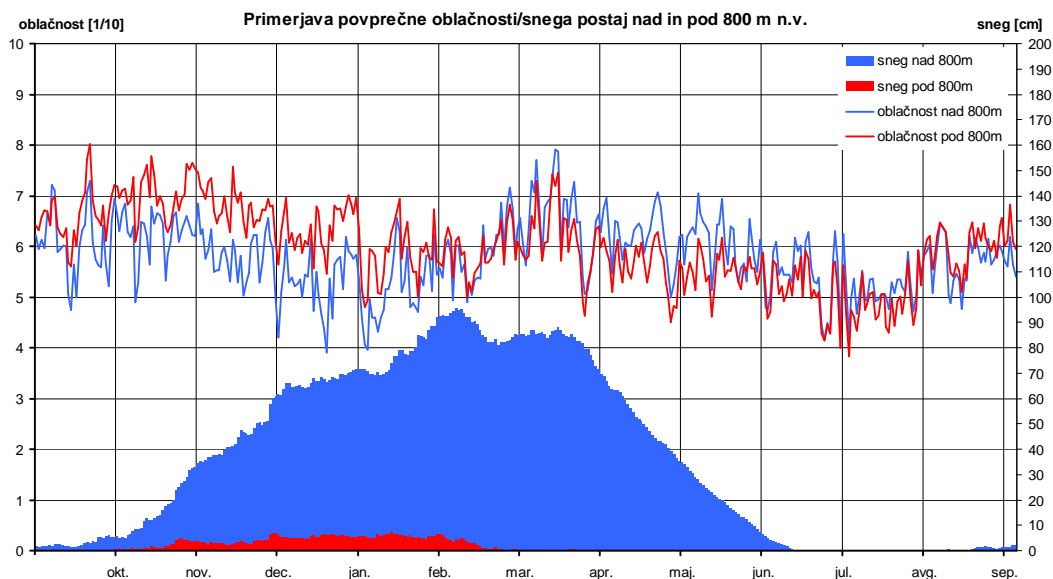
postajah predstavljajo jasni dnevi v povprečju le 8 % vseh dni s prisotno snežno odejo. Število dni, ko je snežna odeja prisotna, je manjše kot na višjeležečih postajah, zato je tudi verjetnost za nastanek jasnin manjša. Iz podatkov je razvidno, da je oblačnost v jutranjih urah višja kot v popoldanskih ali večernih. Jasna jutra se v povprečju pojavijo 8 krat, jasni popoldnevi pa 10 krat. Pri primerjavi števila jasnih juter, višje in nižje ležečih postaj, podatki nakazujejo na prisotnost nizke oblačnosti in jutranje megle na nižje ležečih kotlinskih postajah. V večini primerov sta jutranja megla in nizka oblačnost posledica inverzije. Za satelitsko snemanje nižinskih postaj so po dobljenih podatkih primernejše pozne popoldanske ure med 14. in 21. uro.

Preglednica 3: Primerjava podatkov za nižje in višje ležeče meteorološke postaje.

Postaje	št. dni s snegom	povp. višina odeje [cm]	povp.obl. v času s snegom [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
pod 800m	46,14	31,13	69,0	3,98	7,88	8,21	9,67	13,27	13,77	78,8
nad 800m	143,63	154,39	59,7	18,91	13,70	41,78	32,82	45,94	43,22	75,0

Na višje ležečih postajah znaša v povprečju število dni s snežno odejo 143,6 dni, kar je trikrat več kot pri nižinskih postajah. Posledica tega je tudi večje število jasnih dni, saj je za pojav jasnine na razpolago več dni. Obratno kot pri nižje ležečih postajah je posledica inverzij na višje ležečih postajah več jasnine. Ker so inverzije značilne za jutranji in dopoldanski čas, je pričakovano v tem času na višje ležečih postajah več jasnine. V povprečju je v jutranjem času jasnih 41 dni, kar je petkrat več kot na nižje ležečih postajah. Nekaj manj jasnine se pojavi v popoldanskem času, ko je jasnih 32 dni. Po dobljenih podatkih so tako za snemanje višje ležečih postaj, ravno obratno kot pri nižje ležečih, primernejše zgodnje jutranje ure okoli 7–ih.

Pri primerjavi povprečnih oblačnosti nižje in višje ležečih postaj preko leta, kar kaže grafikon 6, je opazno značilno nihanje med njimi. V zimskih mesecih, od novembra do marca, je povprečna oblačnost v nižinah večja ter se zmanjša spomladi in preko poletja. Obratno je pri višje ležečih postajah, ki imajo v zimskem času manjšo oblačnost ter preko pomladi in poletja višjo.



Grafikon 3: Primerjava povprečne oblačnosti in višine snežne odeje med nižje ležečimi in višje ležečimi meteorološkimi postajami za obdobje zim 1996 do 2006.

Za primerjavo oblačnosti med postajami je potrebno primerjati podatke o odstotkih jasnih dni glede na število dni s snežno odejo. Daleč največ jasnih dni imajo v dvajsetletnem povprečju Rateče 18 %, najmanj pa, pričakovano, Ljubljana 7 %. Presenetljiv je podatek za Kredarico, ki ima kljub visokemu številu jasnih dni le 11 % jasnih dni.

Za boljšo predstavo podatkov v času snežne odeje sem obdelal in v preglednici 4 prikazal še podatke za čas, ko snežna odeja ni prisotna. Pri primerjavi je najbolj opazna razlika pri jutranji oblačnosti na nižinskih postajah. V času snežne odeje je v povprečju zjutraj jasnih 8 dni, v času brez snežne odeje pa 81, kar kaže na prisotnost megle in nizke oblačnosti v času zimskih inverzij.

Preglednica 4: Podatki izbranih meteoroloških postaj za obdobje dvajsetih let (86 - 06)

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
Murska s.	327,55	57,9	35,35	10,77	95,05	68,95	130,50
Novo m.	319,50	57,7	31,20	9,77	84,60	64,25	122,75
Celje	324,90	60,4	27,50	8,46	80,20	59,75	108,65
Ljubljana	319,65	61,7	26,00	8,07	64,25	66,75	97,80
Brnik	314,05	60,3	24,80	7,85	74,60	57,70	80,25
Sl. Gradec	305,85	63,3	19,25	6,15	60,90	49,70	84,30
Kočevje	307,40	61,7	29,95	9,73	79,25	70,60	123,15
Lesce	319,55	56,3	45,25	14,12	108,35	76,05	141,25
Postojna	331,25	54,1	35,30	10,52	87,95	57,90	134,40
Ratece	254,10	54,5	26,55	10,18	81,65	49,15	92,40
Lisca	287,65	55,8	27,40	9,43	86,60	44,10	97,35
Vojsko	258,90	59,3	23,15	8,58	81,60	46,40	59,05
Vogel	198,65	57,9	22,60	11,29	67,75	36,65	57,15
Kredarica	107,55	59,5	8,05	7,30	32,10	12,85	29,55

Preglednica 5: Primerjava dvajsetletnih povprečij za nižje in višje ležeče meteorološke postaje v času brez snežne odeje.

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
pod 800m	318,86	59,3	30,51	9,49	81,68	63,52	113,67
nad 800m	221,37	57,4	21,55	9,36	69,94	37,83	67,10

Za uspešno satelitsko opazovanje snežne odeje, pri katerem bi bila verjetnost jasnine najvišja, tako pri višje ležečih kot pri nižje ležečih postajah, je važen čas snemanja. Najugodnejši čas za snemanje je med jutranjo jasnino na višje ležečih postajah in popoldansko jasnino na nižje ležečih postajah. Če tako na podlagi dobljenih podatkov, določimo sredino med urama 7:00 in 16:00, dobimo optimalni čas snemanja ob 11:30, ki je ravno čas preleta satelitskega sistema MODIS.

10 Natančnost zaznavanja snežne odeje

Za analizo vpliva površin na natančnost zaznavanja snežne odeje sem uporabil posnetek mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3, narejen dne 24. 2. 2003, na katerem ni prisotne oblačnosti in je snežna odeja dobro vidna. Nad Evropo je bil ta dan močan anticiklon, zato nad Slovenijo ni bilo oblačnosti. Po podatkih meteoroloških postaj iz preglednice 6 lahko sklepamo, da je bila snežna odeja, čeprav nizka, prisotna po vsej državi, razen na Primorskem.

Preglednica 6: Pregled višine snežne odeje meteoroloških postaj dne 24. 2. 2003.

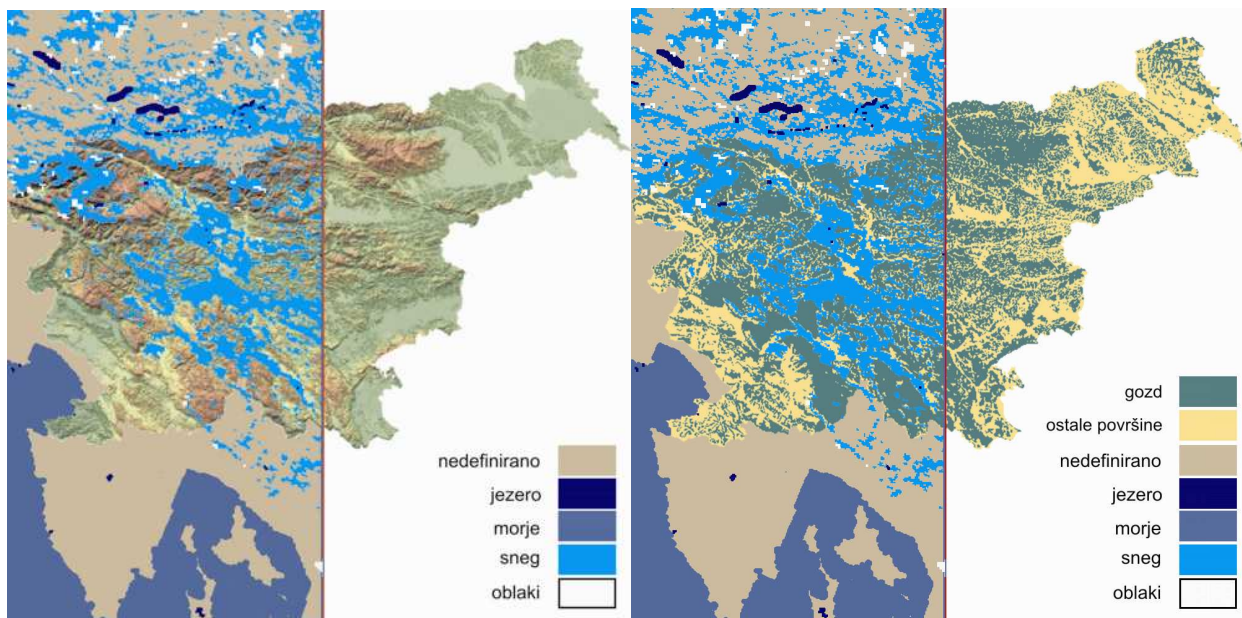
Ime postaje	Nadmorska višina [m]	Sneg [cm]	Ime postaje	Nadmorska višina [m]	Sneg [cm]
Letališče Brnik	364	8	Novo mesto	220	19
Kredarica	2514	195	Celje	244	10
Rateče Planica	864	18	Šmartno pri Slov.Gradcu	455	18
Vojsko	1067	60	Murska Sobota Rakičani	188	5
Bilje	46	0	Lesce	515	8
Postojna	533	6	Metlika	210	12
Kočevje	467	28	Vogel	1535	90
Ljubljana Bežigrad	299	15	Lisca	943	52
Črnomelj	157	12	Letališče Portorož	2	0

Pri primerjavi snežne odeje na posnetku in na meteoroloških postajah sem opazil, da MODIS na določenih območjih ni zaznal precejšnje površine snežne odeje. Iz posnetka je razvidno, da to velja predvsem za območja, porasla z neprekinjenim gozdom. Največja območja predstavljajo gozdovi Pokljuke, Jelovice, Pohorjanskega ter Škofjeloškega hribovja, Snežniškega pogorja in Karavank.

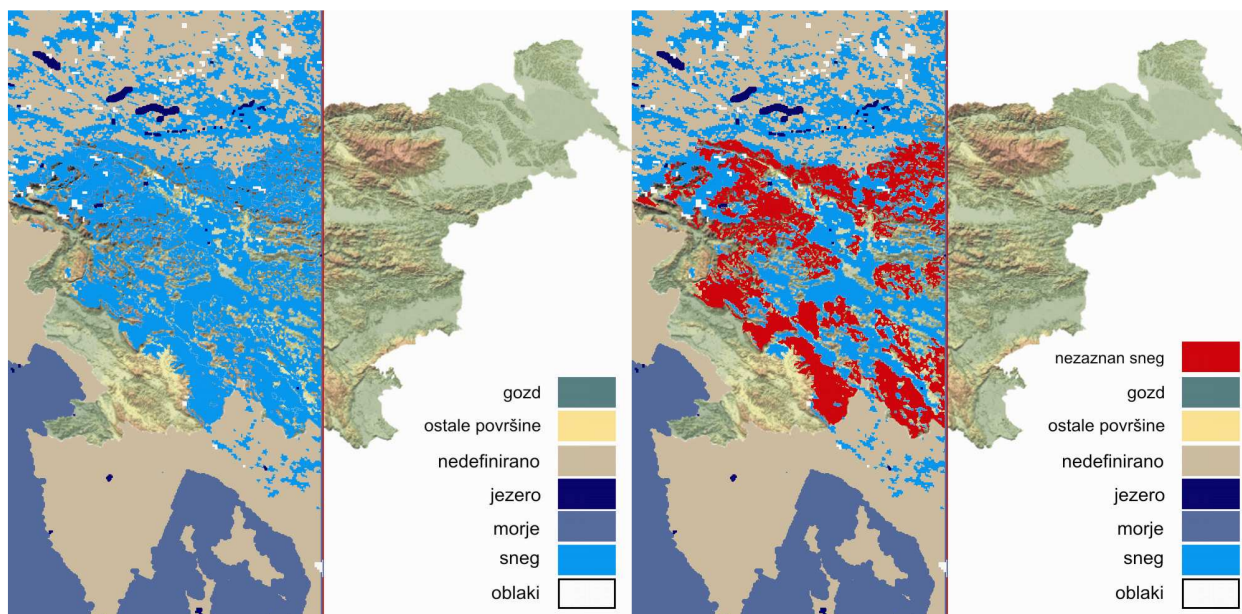
Omenjeni satelitski posnetek sem združil s sliko območij, poraslih z gozdom, na sliki 29. Na tej sliki se natančneje vidi, da je sistem na območjih z gozdom slabše zaznaval, ali pa sploh ni zaznal snežne odeje. V tem primeru zaznavanje snežne odeje s sistemom MODIS v strnjениh gozdovih pri višini snežne odeje do 25 cm ni zanesljivo. Sistem je snežno odejo zaznal le na odprtih in redkeje poraslih območjih nad gozdno in pod gozdno mejo.

Na posnetku se nekaj območij brez snežne odeje pojavi tudi na nižjih odprtih območjih med Kranjem in Jesenicami. To je lahko posledica nizke snežne odeje 5 – 10 cm, ki je bila

izmerjena ob 7-ih in se je ob jasnem sončnem dnevu stalila do časa prihoda satelita, ki naredi posnetek ob 11:45.



Slika 11: Posnetek mod02hkm_2003055.1045_fuso33_sca3 sistema MODIS dne 24.2.2003 združen z reliefom Slovenije in posnetkom območij poraslih z gozdnimi površinami.



Slika 12: Prikaz dejanske površine snežne odeje glede na podatke postaj dne 24.2.2003 in rdeče obarvana območja, kjer sistem MODIS zaradi gozda ni zaznal snežne odeje.

Iz podatkov meteoroloških postaj o višini snežne odeje in višinske karte (Priloga B), sem na sliki 12 ocenil in dopolnil območja z manjkajočo snežno odejo. Na ta način sem dobil približno oceno stanja snežne odeje na ta dan. Z analizo pikslov pokrovnosti zaznanega snega in snega po podatkih s postaj sem dobil grobo oceno napake zaznavanja snežne odeje. Napaka sistema zaznavanja snežne odeje na tem posnetku znaša 52 %. Premalo snežne odeje je MODIS zaznal predvsem zaradi gozdnih površin, upoštevati pa je potrebno tudi subjektivnost pri oceni stanja snežne odeje.



Slika 13: Prikaz obdelave posnetkov, a) območja snega glede na podatke s postaj, b) območja satelitsko zaznanega snega, c) razlika snežnih površin obeh posnetkov.

Na podlagi enega satelitskega posnetka ni mogoče podati povsem objektivne ocene velikosti napake, ki nastane pri zaznavanju snežne odeje. Za to bi potreboval večletne posnetke, obdelane z ustreznim GIS orodjem. S podatki postaj o snežni odeji bi bilo potrebno oceniti stopnjo napake pri zaznavanju snežne odeje na različnih postajah.

Upoštevati je potrebno, da obstaja velika verjetnost, da je snežna odeja, ki je bila ponekod zelo nizka, do časa posnetka že skopnela.

12 DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK

Opazovanje in spremljanje snežne odeje s daljinskim zaznavanjem oziroma satelitskimi posnetki, postaja po svetu kljub nekaterim pomanjkljivostim, glavna metoda spremljanja površine snežne odeje. Za ostale podatke o snežni odeji se še vedno uporablja podatke avtomatskih in meteoroloških postaj ter terenskih meritev.

V Sloveniji znaša povprečna letna stopnja oblačnosti 52,2 %, v času s snežno odejo pa 65,7 %. Z vidika zaznavanja snežne odeje ni ta podatek prav nič vzpodbuden, saj pogostost pojavljanja oblačnosti močno vpliva na zaznavanje v vidnem in bližnjem IR spektru. V povprečju je v času s snežno odejo verjetnost jasnega dneva le 10 %, kar pri povprečnem trajanju snežne odeje (81 dni) pomeni 8 do 9 popolnoma jasnih dni. Za uporaben satelitski posnetek potrebujemo jasnino le v času preleta, za satelita sistema MODIS predstavlja to uro med 11:45 - 12:00 in 13:00 - 13:15, ko preletita Evropo. Izračunano z linearno korelacijo ocen oblačnosti ob 7. in 14. uri, znaša število jasnih popoldnevov 18,59 dni, kar v povprečju predstavlja 23,2 % dni v času snežne odeje.

Ocene napake pri zaznavanju snežne odeje ob jasnih dneh se zaradi premajhnega števila posnetkov ni dalo določiti. Za objektivno določitev napake pri jasnem dnevu, bi potreboval več posnetkov brez oblačnosti iz različno intenzivnih zim. Največji dejavnik pri napakah v zaznavanju snega so gozdne površine in površine, kjer je snežna odeja zelo tanka. Upoštevati moramo tudi, da se meritve snežne odeje opravljajo ob 7:00, satelit pa posname območje ob 11:45. Pri tanki snežni odeji se lahko zgodi, da se ta stali v času med jutranjo meritvijo in popoldanskim posnetkom satelita, kar bi ocenili kot napako v zaznavanju satelita. Ker je odstotek pokrovnosti gozda v Sloveniji zelo visok (66 % za leto 2007) in narašča, je podatek o natančnosti zaznavanja snežne odeje zelo pomemben. Na podlagi analize posnetka in ocene stanja snežne odeje dne 24. 2. 2003 sem dobil grobo oceno napake, ki znaša na tem posnetku 52 %. Ta rezultat ne predstavlja dejanske napake, nakazuje pa velik odstotek nezaznanih površin snežne odeje, predvsem na račun gozdnih površin.

Na podlagi dobljenih podatkov o oblačnosti lahko zaključim, da se v času snežne odeje pojavi dovolj jasnin (23,2 %) za uspešno opazovanje snežne odeje. Z vidika napake pri zaznavanju snežne odeje v Sloveniji nisem mogel podati ocene. Dobljeni podatki tako le nakazujejo določene trende pri napakah zaznavanja, predvsem za gozdnato pokrovnost.

Uporaba produktov satelitskega zaznavanja snežne odeje, kljub določenim pomankljivostim, pripomore k lažjemu in natančnejšemu določanju površin snežne odeje. Ob tem morajo biti posnetki dobro podprti s številnimi podatki meteoroloških ali avtomatskih postaj. Z obdelavo

vseh podatkov, uporabo digitalnega modela višin in aplikacijo v hidroloških modelih, lahko natančneje napovedujemo spomladanske odtoke.

VIRI

Barret C. Eric, Leonard F. Curtic, 1999. Introduction to environmental remote sensing Fourth edition, Stanley Thorens (Publishers) Ltd, UK : 450 str.

Budin J., Rakovec J., Oštir Sedej K. in sod, 1996. Uporaba vesoljskih tehnologij, Radovljica, Didakta : 320 str.

Campbell B. James, 1996. Introduction to remote sensing Second edition, The Guilford press New York : 600 str.

Cline Don, 1999. Snow hydrology, National Operational Hydrologic Remote Sensing Center, Office of Hydrology, National Weather Service, NOAA: prezentacija 107 str.

Deems S. Jeffrey, Painter H. Thomas, 2006. Lidar measurement of snow depth: accuracy and error sources, University of Colorado : 9 str.

Dozier Jeff, Painter H. Thomas, 2004. Multispectral and hyperspectral remote sensing of alpine snow properties. Annual Review Earth Planet Science 2004, 32 : str. 465–494.

Engman T. Edwin, 1995. Recent advances in remote sensing in hydrological sciences branch, Laboratory for Hydrospheric Processes, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. Rev. Geophys. Vol. 33.

Fundamentals of remote sensing, A Canada centre for remote sensing remote sensing tutorial : 258 str.

Hall K. Dorothy, Riggs A. George, Salomonson V. Vincent, 2006. MODIS snow products user guide to collection 5, NASA : 80 str.

Hall K. Dorothy, Riggs A. George, Salomonson V. Vincent, DiGirolamo E. Nicolo, Bayr J. Klaus, 2002. MODIS snow-cover products. *Remote Sensing of Environment* 83, februar 2002 : str. 88 – 89.

Iršič Žibert M., 2005. Daljinsko zaznavanje v ozračju, Agencija RS za okolje - Urad za meteorologijo, zgibanka.

Kolbezen Marko, Pristov Janko, 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije.

Mesečni bilten ARSO, številka 2 letnik 10. Glavni urednik Andreja Čerček-Hočevar, Ljubljana februar 2003 : str. 1 – 29.

Navodila za opazovanja in merjenja na glavnih meteoroloških postajah, Zvezni hidrometeorološki zavod Beograd, 1974 : str.150-179.

Ogrin Matej, 2005. Vodnatost snežne odeje kot kazalec količine padavin v gorskem svetu. *Acta geographica Slovenica*, 45 / 2 : str. 63 – 92.

Oštir Krištof, 2006. Daljinsko zaznavanje, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Ljubljana : 250 str.

Parajka J., Bloschl G., 2006. Validation of MODIS snow cover images over Austria. V : *Hydrology and Earth Systems Sciences* 10, 2006 : str. 679–689.

Parkinson L. Claire, Ward Alan, King D. Michael, 2006. Earth science reference handbook, *Nationa Aeronautics and space administration* : 277 str.

Petkovšek Zdravko, Trontelj Miran, 1996. Pogledi na vreme, DZS, d.d. : 136 str.

Rakovec Jože, Vrhovec Tomaž, 2000. Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike, 2 izdaja, Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, DMFA Ljubljana 2000 : 329 str.

Riggs A. George, Hall K. Dorothy, 2002. Reduction of cloud obscuration in the MODIS snow data product, 59th eastern snow, Stowe, Vermont USA 2002 : 8 str.

Romanov Peter, 2005. Snow algorithms and products, CICS-University of Maryland and NOAA/NESDIS/STAR : prezentacija 37 str.

Romanov Peter, Tarpley Dan, Gutman Garik, Carroll Thomas, 2003. Mapping and monitoring of the snow cover fraction over North America, Journal of Geophysical Research : 58 str.

Seidel Klaus, Jaroslav Martinec, 2004. Remote sensing in snow hydrology. Berlin, Heidelberg, New York, Springer : 150 str.

Seidel Klaus, Jaroslav Martinec, 2002. Hydrological applications of satellite snow cover mapping in the swiss alps. V : Proceedings of EARSeL-LISSIG-Workshop observing our cryosphere from space, Bern, marec 11 – 13, 2002 : str. 80 – 87.

Singh Prapt, Singh P. Vijay, 2001. Snow and glacier hydrology, Volume 37, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht : 700 str.

Sluga Gregor, 1998. Prostorska razporeditev akumulacije snežnih padavin vzdolž grebena spodnjih bohinjskih gora v zimi 1997 – 1998, Univerza v Ljubljani Fakultata za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo : 69 str.

Storvold R., Malnes E., Larsen Y., Hogda A. K., Harman S. E., Muller K, 2006. SAR remote sensing of snow parameters in Norwegian areas – current status and future perspective. V: Progress in electromagnetics research symposium 2006. Cambridge, USA, 26 – 29 marec : str. 182 – 186.

Šegula Pavle, 1995. Sneg in plazovi večjezični slovar, GRS pri Planinski zvezi Slovenije : 360 str.

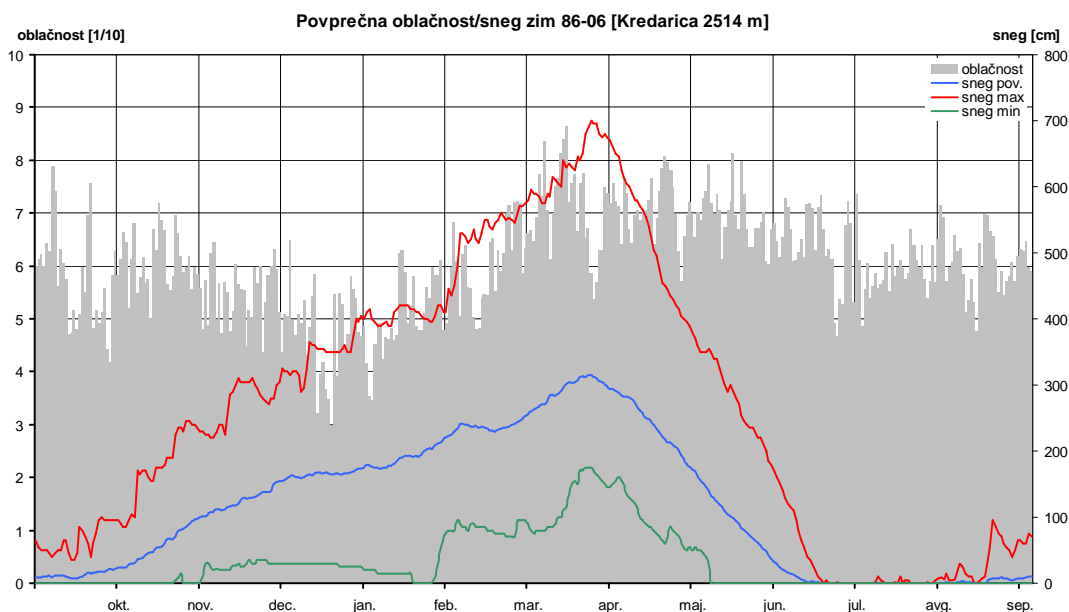
Škumavec Dominik, Šabič Danijela, 2005. Pokrovnost tal v Sloveniji 1993 – 2001, št. 815, Statistični urad RS Slovenije, Ljubljana 2005 : 66 str.

Žiberna Igor, 1999. Temperaturni obrat v hriboviti Sloveniji, V: Sonaravni razvoj v Alpah in sosedstvu, Ljubljana, Oddelek za geografijo filozofske fakultete : str. 237 – 248.

Priloga A

Povprečja podatkov meteoroloških postaj za obdobje dvajsetih let 1986 – 2006.

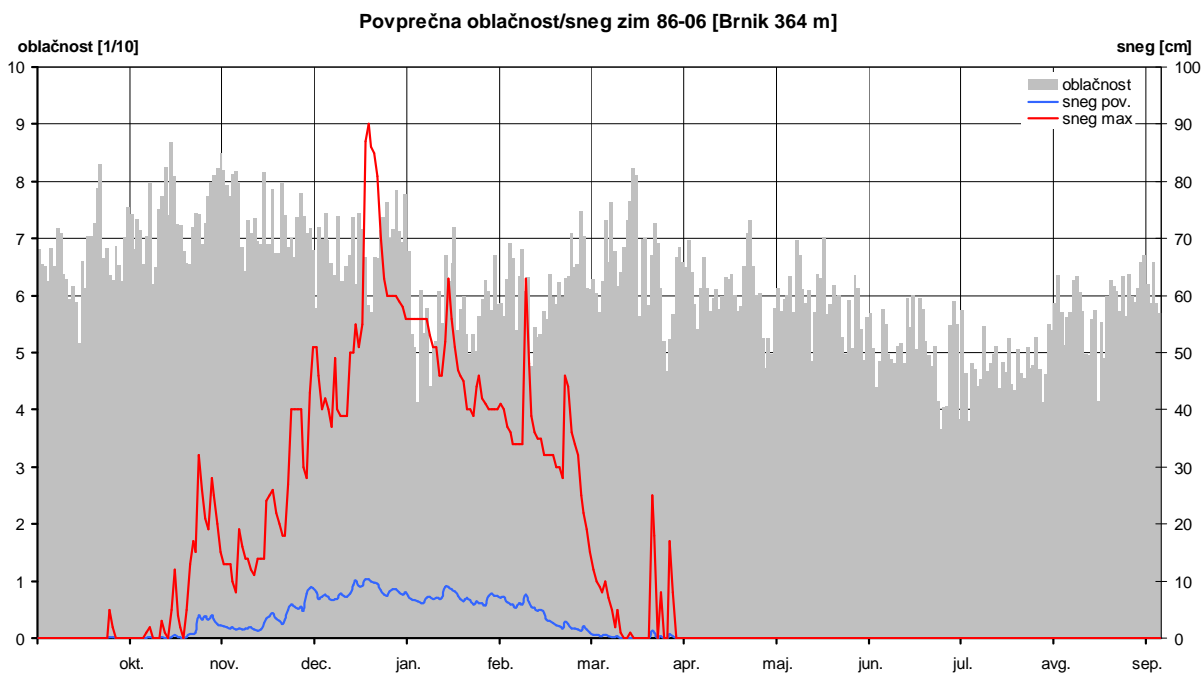
Kredarica



datumsko zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	262	405	57,6	28	10,69	76	47	89	97	75,1
87/88	275	425	63,0	19	6,91	59	39	85	102	75,6
88/89	229	220	56,0	41	17,90	71	59	90	82	76,1
89/90	276	255	49,3	58	21,01	113	81	119	67	74,3
90/91	267	440	62,1	31	11,61	66	50	79	106	78,5
91/92	258	380	58,0	31	12,02	78	44	90	76	77,5
92/93	269	220	58,0	38	14,13	87	51	92	84	81,9
93/94	268	370	66,7	16	5,97	57	40	57	99	79,3
94/95	273	380	64,9	16	5,86	51	35	72	107	76,0
95/96	231	325	62,3	38	16,45	68	49	70	102	79,9
96/97	266	250	61,3	30	11,28	65	56	78	85	75,9
97/98	242	315	62,9	26	10,74	58	51	68	90	77,9
98/99	246	385	63,1	15	6,10	49	39	67	90	75,9
99/00	233	310	55,2	29	12,45	59	61	93	73	71,1
00/01	291	700	68,0	12	4,12	58	36	64	132	79,5
01/02	229	195	60,6	24	10,48	58	48	63	81	75,0
02/03	252	240	62,4	24	9,52	63	48	59	85	70,7
03/04	283	465	64,7	21	7,42	56	41	84	114	79,8
04/05	251	240	60,9	28	11,16	55	49	86	82	78,5
05/06	248	495	63,0	24	9,68	74	49	68	110	77,4
AVG	257,45	350,75	61,0	27,45	10,77	66,05	48,65	78,65	93,20	76,8

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	103	51,1	15	14,56	34	22	39
87/88	90	51,5	8	8,89	32	16	35
88/89	136	54,0	14	10,29	43	21	53
89/90	89	54,5	8	8,99	35	12	31
90/91	98	58,8	7	7,14	28	10	30
91/92	107	50,4	11	10,28	45	16	45
92/93	96	64,7	5	5,21	30	8	20
93/94	97	63,6	3	3,09	26	5	20
94/95	92	66,8	1	1,09	30	5	13
95/96	134	62,9	12	8,96	40	15	26
96/97	99	55,6	11	11,11	36	16	28
97/98	123	58,4	14	11,38	37	21	37
98/99	119	71,3	1	0,84	22	2	18
99/00	132	57,7	12	9,09	47	20	39
00/01	74	64,0	2	2,70	16	5	13
01/02	136	60,7	9	6,62	35	17	33
02/03	113	58,4	8	7,08	33	12	30
03/04	82	61,9	4	4,88	17	5	17
04/05	114	66,4	4	3,51	21	8	23
05/06	117	56,9	12	10,26	35	21	41
AVG	107,55	59,5	8,05	7,30	32,1	12,85	29,55

Brnik

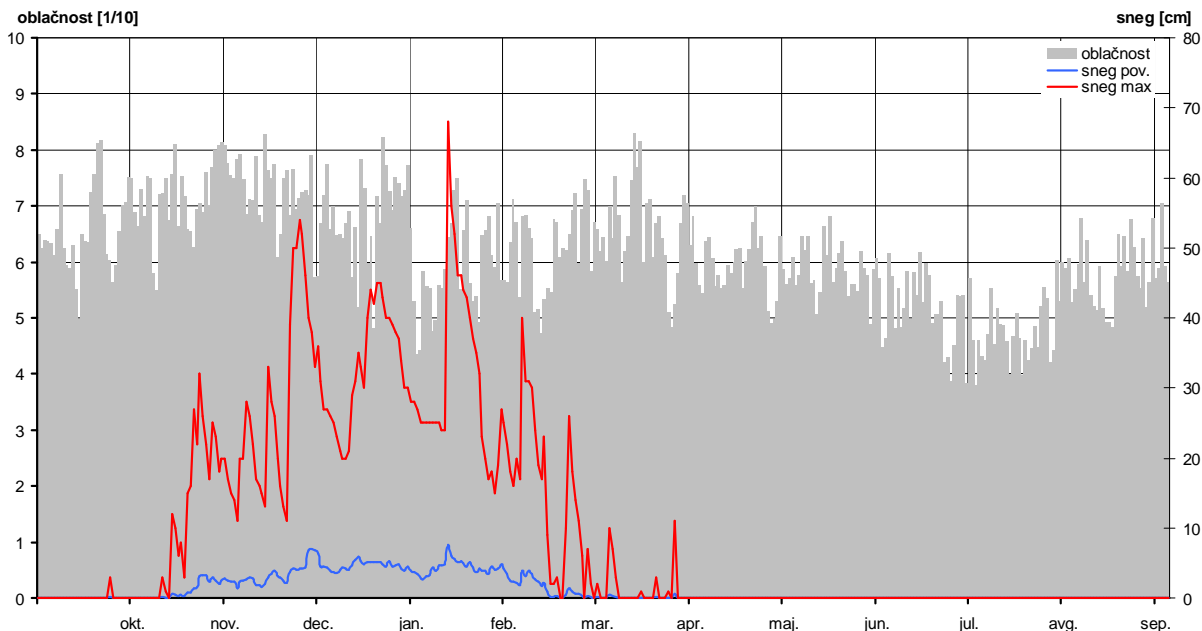


datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	110	90	64,4	8	7,27	17	25	38	16	76,3
87/88	15	17	71,6	0	0,00	2	3	5	8	78,3
88/89	15	26	51,6	2	13,33	6	5	5	3	76,7
89/90	4	2	69,2	0	0,00	0	1	2	4	69,2
90/91	43	25	66,7	3	6,98	9	7	9	15	84,2
91/92	48	32	63,1	9	18,75	12	12	13	7	85,2
92/93	36	4	66,9	4	11,11	9	9	9	3	74,4
93/94	34	22	88,1	0	0,00	0	1	2	11	89,7
94/95	38	40	72,4	2	5,26	3	6	10	8	89,6
95/96	106	41	81,0	6	5,66	10	12	16	29	95,5
96/97	78	50	76,2	6	7,69	8	13	15	15	98,0
97/98	14	21	88,1	0	0,00	0	0	1	7	76,7
98/99	96	63	70,6	3	3,13	10	14	16	13	84,1
99/00	67	32	62,1	8	11,94	13	21	15	13	76,7
00/01	11	15	88,2	0	0,00	1	0	1	6	91,1
01/02	56	22	65,2	6	10,71	11	11	16	11	89,4
02/03	56	44	63,3	9	16,07	13	17	16	13	86,2
03/04	47	63	67,4	3	6,38	8	6	12	16	87,9
04/05	35	26	59,2	6	17,14	7	11	12	8	91,7
05/06	110	51	72,3	9	8,18	14	22	21	22	85,2
AVG	50,95	34,30	70,4	4,20	7,48	7,65	9,80	11,70	11,40	84,3

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	255	57,8	19	7,45	49	58	82
87/88	350	64,2	27	7,71	75	59	88
88/89	350	61,8	20	5,71	73	61	99
89/90	361	53,7	46	12,74	110	89	143
90/91	322	56,3	29	9,01	80	66	81
91/92	317	53,3	47	14,83	111	74	113
92/93	329	59,3	24	7,29	81	51	84
93/94	331	63,7	15	4,53	76	59	52
94/95	327	64,3	27	8,26	66	52	80
95/96	259	62,6	23	8,88	54	45	59
96/97	287	59,1	21	7,32	71	54	79
97/98	351	60,5	29	8,26	82	69	83
98/99	269	63,9	12	4,46	60	32	57
99/00	298	55,6	34	11,41	88	71	90
00/01	354	65,5	18	5,08	69	50	73
01/02	309	59,2	25	8,09	68	66	78
02/03	309	58,5	29	9,39	84	64	72
03/04	318	63,5	17	5,35	70	45	68
04/05	330	63,0	23	6,97	64	57	66
05/06	255	60,9	11	4,31	61	32	58
AVG	314,05	60,3	24,80	7,85	74,60	57,70	80,25

Celje

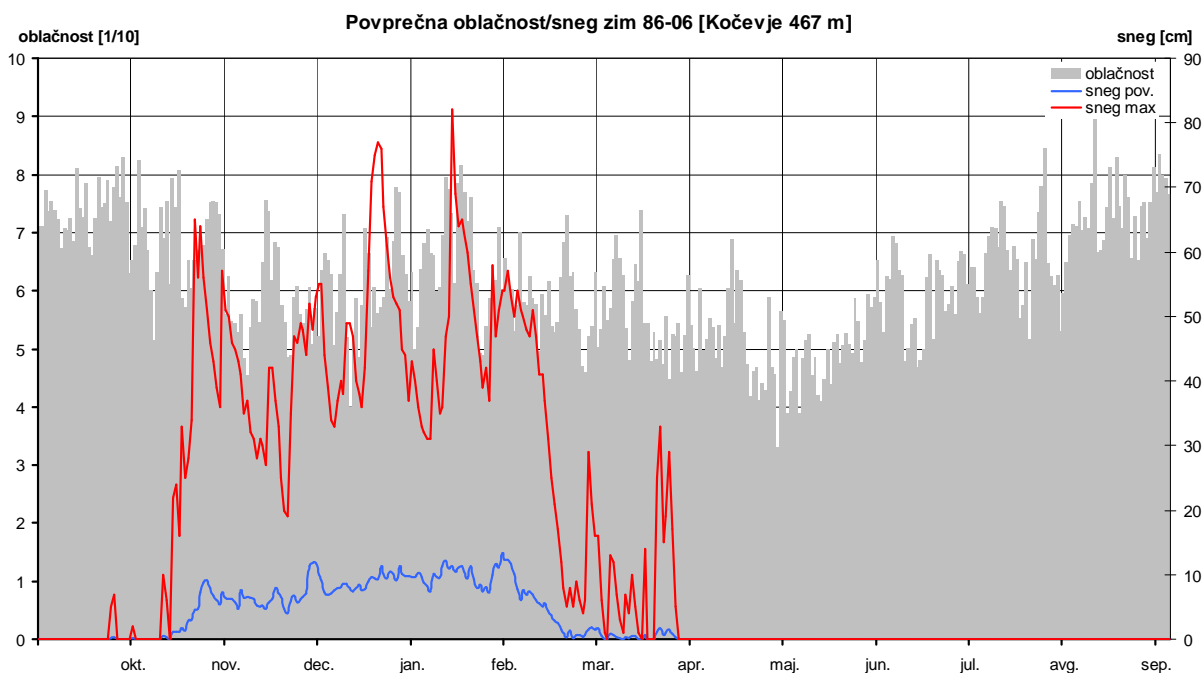
Povprečna oblačnost/sneg zim 86-06 [Celje 244 m]



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	80	45	68,0	3	3,75	9	16	19	13	82,8
87/88	8	11	71,3	0	0,00	1	1	2	5	74,7
88/89	15	11	60,9	1	6,67	2	2	4	3	66,7
89/90	3	3	82,2	0	0,00	0	0	0	2	73,3
90/91	34	22	71,0	3	8,82	5	8	8	12	87,8
91/92	24	11	56,0	7	29,17	8	11	10	5	77,3
92/93	13	3	80,0	0	0,00	1	1	2	8	89,6
93/94	44	25	77,2	2	4,55	8	7	9	14	86,9
94/95	27	54	79,6	0	0,00	1	2	7	16	84,2
95/96	84	33	82,4	4	4,76	7	9	16	30	94,3
96/97	66	31	75,9	6	9,09	8	16	19	19	82,8
97/98	11	8	87,6	0	0,00	0	0	3	6	78,3
98/99	71	68	69,9	4	5,63	13	16	16	14	89,5
99/00	65	32	61,4	7	10,77	15	24	22	14	76,2
00/01	9	6	76,7	0	0,00	2	0	2	6	77,2
01/02	33	17	77,5	0	0,00	2	4	7	15	84,0
02/03	54	28	63,1	8	14,81	15	17	19	16	82,1
03/04	30	31	77,8	0	0,00	4	2	9	14	93,1
04/05	39	20	66,2	4	10,26	8	9	12	13	89,0
05/06	92	40	73,1	5	5,43	8	17	27	25	88,4
AVG	40,10	24,95	72,9	2,70	5,69	5,85	8,10	10,65	12,50	82,9

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	285	59,4	19	6,67	56	56	84
87/88	357	63,9	20	5,60	68	48	87
88/89	350	62,9	11	3,14	61	44	93
89/90	362	54,1	38	10,50	110	77	123
90/91	331	65,0	22	6,65	63	41	93
91/92	341	56,1	48	14,08	105	81	128
92/93	352	60,4	28	7,95	86	72	122
93/94	321	61,8	20	6,23	79	56	116
94/95	338	62,9	24	7,10	71	52	130
95/96	281	62,4	27	9,61	70	49	91
96/97	299	59,7	26	8,70	71	56	114
97/98	354	60,2	41	11,58	88	76	119
98/99	294	63,7	13	4,42	69	39	89
99/00	300	54,5	40	13,33	99	77	119
00/01	356	63,9	29	8,15	94	54	109
01/02	332	56,8	37	11,14	94	78	130
02/03	311	58,0	28	9,00	86	58	112
03/04	335	62,3	25	7,46	80	61	113
04/05	326	61,8	32	9,82	73	66	113
05/06	273	58,2	22	8,06	81	54	88
AVG	324,90	60,4	27,50	8,46	80,20	59,75	108,65

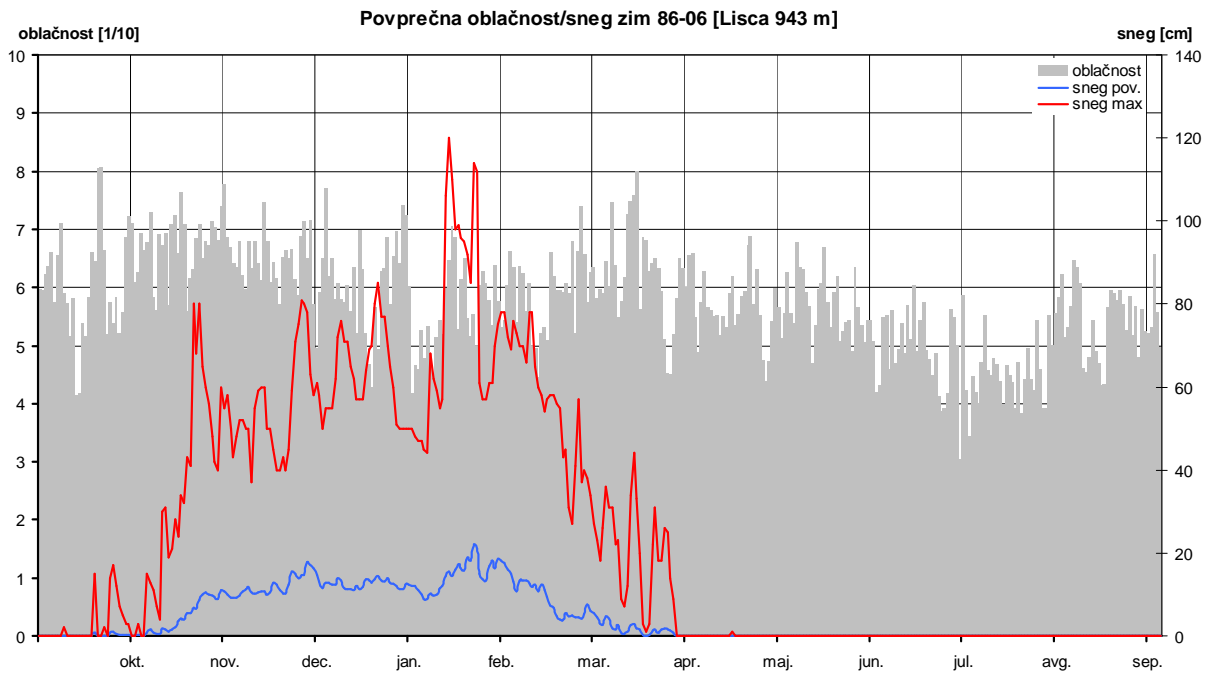
Kočevje



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	96	77	66,4	4	4,17	12	21	34	26	78,1
87/88	44	38	75,3	1	2,27	1	7	8	16	81,7
88/89	18	24	59,4	0	0,00	1	5	7	7	57,1
89/90	24	11	59,2	5	20,83	10	7	9	5	56,0
90/91	60	47	57,6	11	18,33	20	17	29	26	56,8
91/92	45	47	59,4	9	20,00	12	12	22	11	47,3
92/93	41	37	51,3	7	17,07	18	13	20	19	44,4
93/94	61	52	60,7	3	4,92	12	9	12	23	62,3
94/95	38	49	70,4	1	2,63	7	3	7	16	62,3
95/96	86	42	64,4	10	11,63	21	17	28	39	67,4
96/97	85	57	48,6	15	17,65	24	24	44	27	48,5
97/98	14	10	56,9	2	14,29	4	3	7	9	60,4
98/99	107	82	65,6	4	3,74	20	16	36	29	70,5
99/00	71	65	44,6	12	16,90	27	20	43	15	52,9
00/01	27	25	58,3	2	7,41	10	3	9	17	52,9
01/02	51	25	70,0	3	5,88	6	9	15	25	74,3
02/03	74	49	49,0	14	18,92	30	24	29	24	59,0
03/04	69	57	65,4	6	8,70	18	8	19	26	55,0
04/05	57	58	59,0	8	14,04	14	11	25	19	56,8
05/06	84	55	68,1	5	5,95	20	6	26	27	72,8
AVG	57,60	45,35	60,5	6,10	10,77	14,35	11,75	21,45	20,30	60,8

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	269	60,5	17	6,32	47	64	100
87/88	321	65,3	19	5,92	48	62	92
88/89	347	65,9	14	4,03	40	58	80
89/90	341	57,2	55	16,13	118	97	162
90/91	305	66,8	27	8,85	71	73	133
91/92	320	58,2	61	19,06	115	102	158
92/93	324	63,2	34	10,49	92	67	97
93/94	304	59,9	17	5,59	80	59	98
94/95	327	64,4	15	4,59	57	57	106
95/96	279	69,2	22	7,89	60	45	107
96/97	280	59,5	28	10,00	75	69	144
97/98	351	59,1	40	11,40	87	74	148
98/99	258	62,8	15	5,81	70	58	127
99/00	294	54,0	48	16,33	104	89	168
00/01	338	63,9	23	6,80	79	62	110
01/02	314	61,1	27	8,60	72	62	124
02/03	291	55,8	48	16,49	112	99	140
03/04	296	62,8	26	8,78	88	64	109
04/05	308	63,0	32	10,39	83	74	135
05/06	281	61,3	31	11,03	87	77	125
AVG	307,40	61,7	29,95	9,73	79,25	70,60	123,15

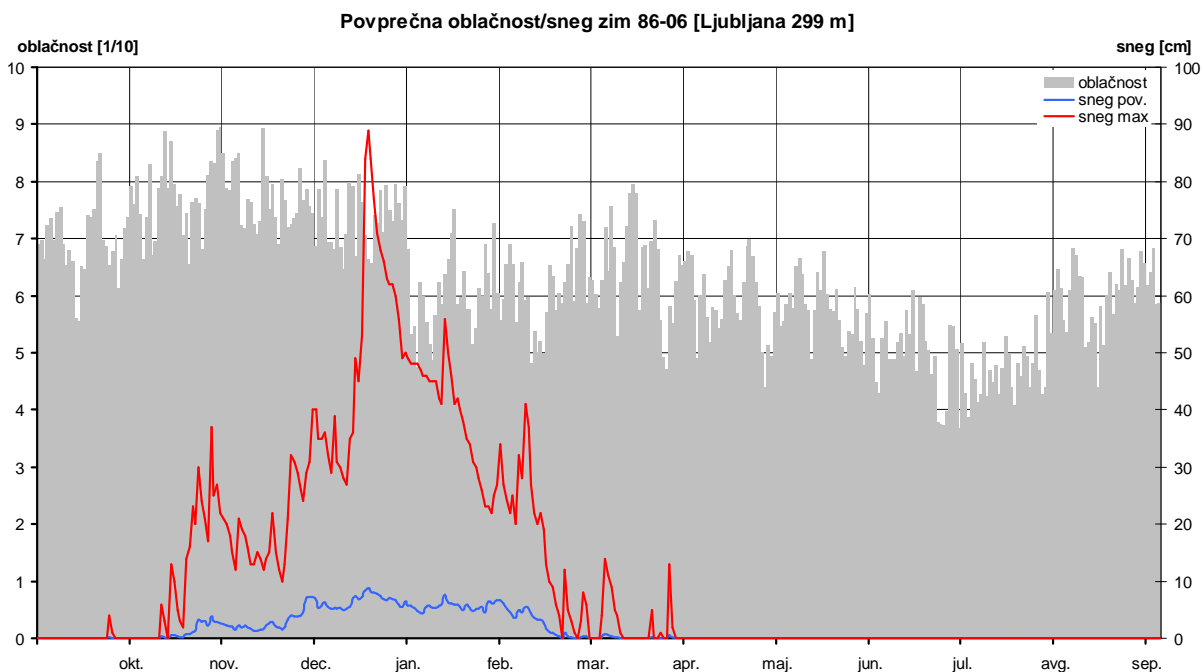
Lisca



datumsko zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	113	85	61,6	9	7,96	27	20	40	40	71,3
87/88	76	60	63,9	3	3,95	13	12	29	30	66,9
88/89	27	24	65,8	1	3,70	3	3	4	14	66,0
89/90	27	38	44,7	7	25,93	14	9	14	11	59,4
90/91	99	43	60,9	16	16,16	28	25	33	36	80,8
91/92	68	34	60,4	7	10,29	20	17	20	23	79,1
92/93	74	60	59,1	10	13,51	21	17	24	31	71,7
93/94	83	60	68,8	6	7,23	17	11	21	38	74,9
94/95	78	81	68,5	4	5,13	12	9	19	38	76,9
95/96	112	50	73,5	6	5,36	17	13	24	51	82,8
96/97	68	60	71,1	8	11,76	13	12	20	31	75,8
97/98	37	48	73,8	1	2,70	7	1	4	16	85,6
98/99	110	120	64,3	8	7,27	25	22	32	38	74,9
99/00	92	80	55,4	16	17,39	26	27	35	28	73,0
00/01	45	32	68,6	2	4,44	8	4	12	22	76,2
01/02	72	48	64,1	10	13,89	19	14	25	30	81,8
02/03	89	68	64,4	8	8,99	18	15	22	31	81,0
03/04	91	78	66,0	10	10,99	21	12	29	37	75,9
04/05	62	114	64,5	7	11,29	13	14	18	28	78,0
05/06	124	76	68,4	12	9,68	25	20	32	42	84,8
AVG	77,35	62,95	64,4	7,55	9,88	17,35	13,85	22,85	30,75	75,8

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	252	52,6	24	9,52	80	42	101
87/88	289	59,4	21	7,27	79	36	99
88/89	338	56,4	32	9,47	105	45	142
89/90	338	49,9	57	16,86	128	76	155
90/91	266	57,2	17	6,39	75	28	84
91/92	297	49,4	40	13,47	108	70	124
92/93	291	55,9	31	10,65	94	44	90
93/94	282	59,4	18	6,38	80	27	79
94/95	287	58,7	23	8,01	84	36	88
95/96	253	59,6	21	8,30	65	31	72
96/97	297	54,4	27	9,09	83	44	101
97/98	328	56,6	33	10,06	95	54	110
98/99	255	58,3	12	4,71	68	26	67
99/00	273	52,0	32	11,72	89	50	92
00/01	320	59,6	24	7,50	89	36	79
01/02	293	52,5	27	9,22	95	53	93
02/03	276	52,0	29	10,51	85	52	86
03/04	274	57,6	21	7,66	65	39	94
04/05	303	58,0	31	10,23	85	51	108
05/06	241	55,5	28	11,62	80	42	83
AVG	287,65	55,8	27,40	9,43	86,60	44,10	97,35

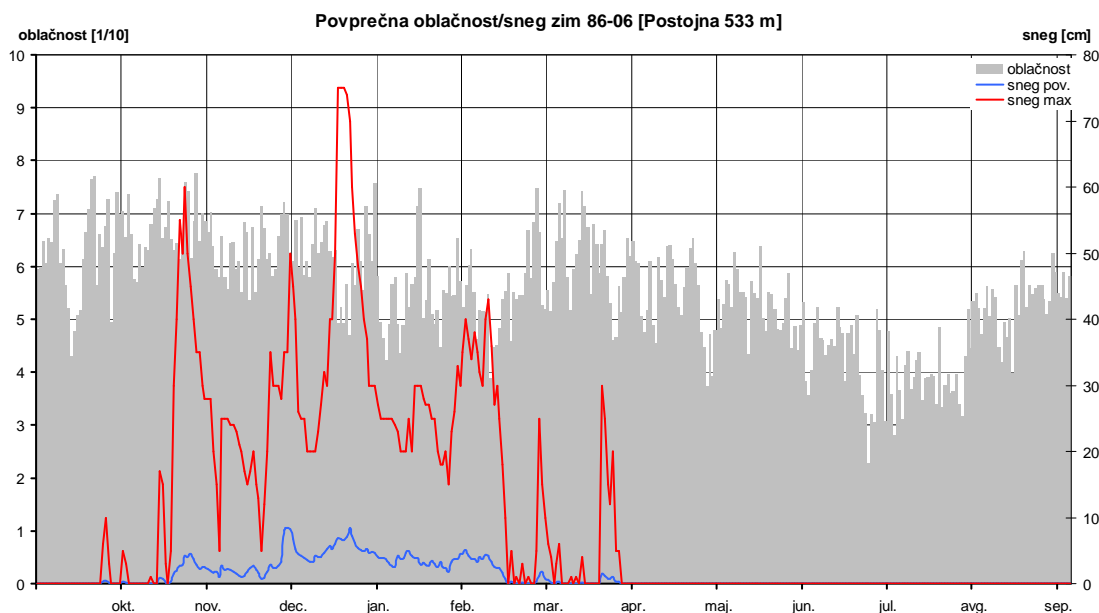
Ljubljana – Bežigrad



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	96	89	65,5	8	8,33	17	29	31	15	85,6
87/88	21	13	74,1	0	0,00	0	3	9	9	67,8
88/89	10	15	72,0	1	10,00	2	2	2	2	70,0
89/90	4	3	60,8	1	25,00	1	8	2	4	60,8
90/91	36	21	70,7	2	5,56	4	8	12	13	82,3
91/92	39	20	64,7	4	10,26	7	14	13	7	81,4
92/93	8	1	72,9	0	0,00	0	2	3	6	81,7
93/94	40	18	84,2	1	2,50	3	4	6	12	89,2
94/95	19	32	89,3	0	0,00	0	0	2	12	88,6
95/96	101	35	82,9	3	2,97	5	14	13	27	96,2
96/97	68	39	80,3	5	7,35	5	12	14	16	92,9
97/98	11	7	85,2	0	0,00	0	0	0	6	73,3
98/99	72	56	76,6	1	1,39	5	11	13	16	90,6
99/00	68	30	65,4	6	8,82	9	17	20	11	76,1
00/01	11	9	88,2	0	0,00	0	0	1	6	92,2
01/02	51	21	65,9	8	15,69	12	13	16	12	79,0
02/03	61	26	64,5	10	16,39	13	17	21	15	86,9
03/04	58	41	67,9	3	5,17	4	11	18	20	91,8
04/05	31	25	59,1	4	12,90	6	11	10	8	87,5
05/06	102	40	74,2	4	3,92	8	21	22	23	85,8
AVG	45,35	27,05	73,2	3,05	6,81	5,05	9,85	11,40	12,00	83,0

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	269	61,4	15	5,58	47	75	93
87/88	344	65,7	34	9,88	72	81	101
88/89	355	64,6	22	6,20	49	88	131
89/90	361	55,7	57	15,79	101	125	167
90/91	329	63,5	29	8,81	70	67	98
91/92	326	57,6	38	11,66	85	84	113
92/93	357	61,9	37	10,36	76	74	116
93/94	325	63,9	18	5,54	70	51	82
94/95	346	66,0	24	6,94	66	63	93
95/96	264	63,4	26	9,85	53	55	67
96/97	297	60,0	24	8,08	63	71	84
97/98	354	62,1	28	7,91	63	66	100
98/99	293	65,1	6	2,05	39	29	72
99/00	297	55,0	33	11,11	68	71	108
00/01	354	65,4	18	5,08	60	54	84
01/02	314	59,1	24	7,64	62	64	102
02/03	304	57,4	29	9,54	69	65	82
03/04	307	64,6	14	4,56	56	39	80
04/05	334	63,1	24	7,19	52	67	105
05/06	263	59,1	20	7,60	64	46	78
AVG	319,65	61,7	26,00	8,07	64,25	66,75	97,80

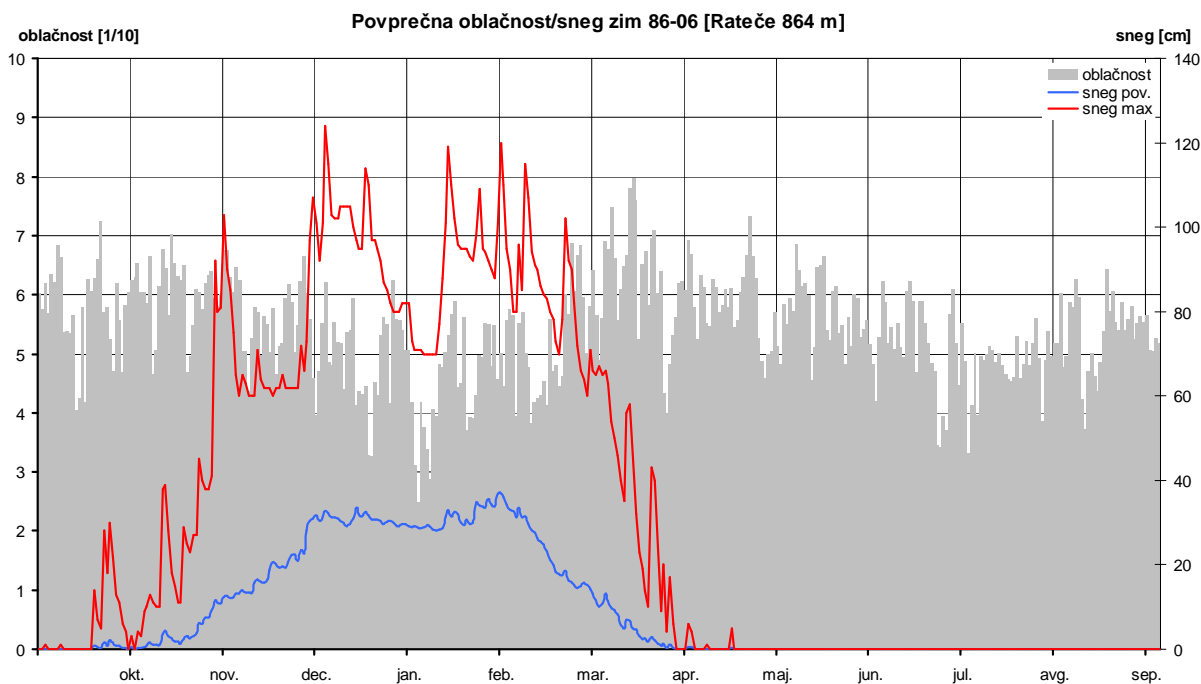
Postojna



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	45	75	68,7	2	4,44	7	8	12	15	86,7
87/88	22	20	50,3	3	13,64	7	5	11	12	60,0
88/89	12	10	40,8	1	8,33	5	4	7	5	50,7
89/90	3	5	76,7	0	0,00	0	1	1	3	76,7
90/91	23	30	69,1	0	0,00	3	2	8	14	79,8
91/92	12	25	82,8	0	0,00	0	0	1	7	86,7
92/93	16	6	53,8	0	0,00	4	3	7	9	71,9
93/94	38	35	76,0	1	2,63	3	7	5	14	87,1
94/95	20	35	66,7	2	10,00	2	2	6	12	64,7
95/96	62	30	77,6	3	4,84	8	5	9	21	86,0
96/97	48	25	70,2	4	8,33	4	8	14	14	78,3
97/98	8	8	81,7	0	0,00	0	1	1	5	82,7
98/99	52	30	64,2	4	7,69	11	7	18	14	76,2
99/00	65	60	48,6	13	20,00	24	21	27	13	66,2
00/01	19	16	80,2	0	0,00	2	0	3	9	77,4
01/02	26	30	61,2	4	15,38	4	8	9	9	74,4
02/03	43	32	59,1	6	13,95	10	12	14	14	83,8
03/04	53	43	66,4	4	7,55	8	8	17	20	80,8
04/05	35	38	64,3	2	5,71	5	7	5	16	76,5
05/06	73	50	67,4	5	6,85	12	16	14	21	85,2
AVG	33,75	30,15	66,3	2,70	6,47	5,95	6,25	9,45	12,35	76,6

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	320	45,3	61	19,06	107	97	177
87/88	343	56,7	40	11,66	87	67	142
88/89	353	51,9	44	12,46	98	83	164
89/90	362	35,3	78	21,55	126	114	184
90/91	342	52,1	42	12,28	105	76	169
91/92	353	47,3	79	22,38	132	108	179
92/93	349	53,4	42	12,03	95	67	161
93/94	327	58,1	24	7,34	89	43	126
94/95	345	55,4	37	10,72	93	56	145
95/96	303	54,4	31	10,23	78	48	124
96/97	317	51,9	35	11,04	85	61	136
97/98	357	55,8	29	8,12	82	48	139
98/99	313	56,5	13	4,15	62	26	120
99/00	300	52,0	29	9,67	79	45	132
00/01	346	63,5	16	4,62	59	28	111
01/02	339	55,8	28	8,26	88	44	129
02/03	322	52,4	30	9,32	89	44	141
03/04	312	58,9	13	4,17	59	28	107
04/05	330	63,6	17	5,15	65	41	52
05/06	292	61,1	18	6,16	81	34	50
AVG	331,25	54,1	35,30	10,52	87,95	57,90	134,40

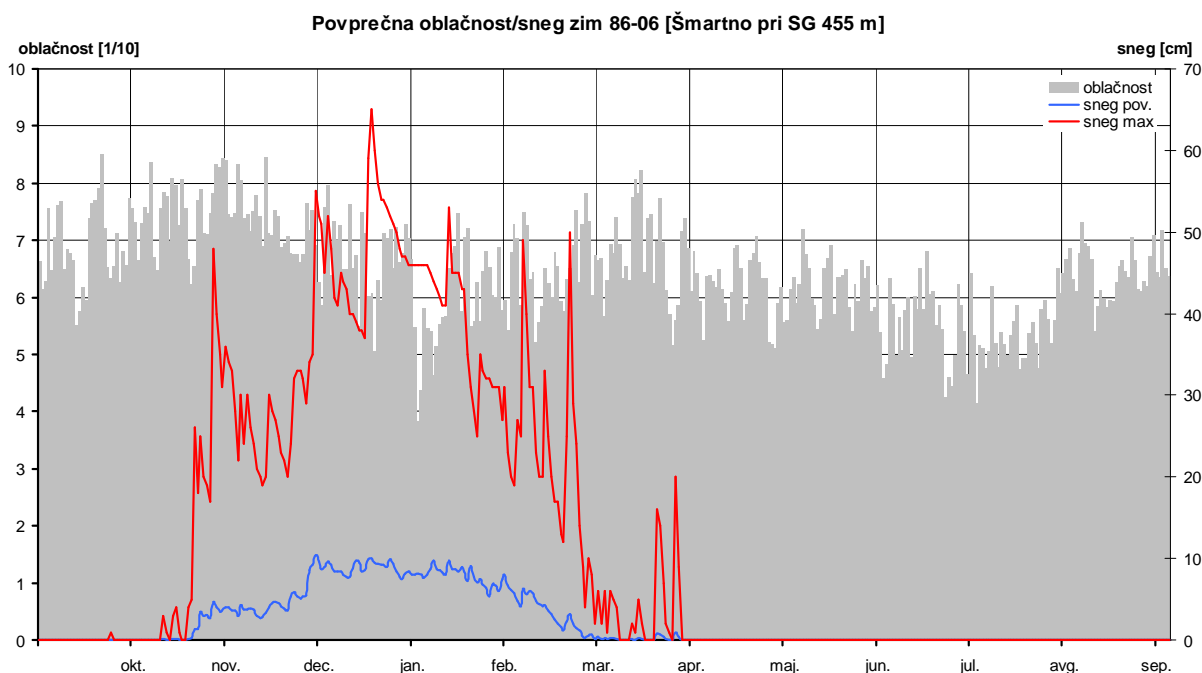
Rateče



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	130	114	55,9	13	10,00	36	35	48	27	82,5
87/88	134	75	60,4	14	10,45	38	29	43	32	75,9
88/89	56	17	31,1	22	39,29	33	29	36	12	55,0
89/90	21	45	56,2	3	14,29	6	7	10	9	70,4
90/91	141	110	52,4	28	19,86	50	47	57	43	71,4
91/92	134	43	50,9	29	21,64	54	47	53	32	82,1
92/93	95	42	43,4	23	24,21	42	40	48	18	70,6
93/94	131	75	66,0	9	6,87	28	31	33	32	72,6
94/95	112	71	56,6	14	12,50	29	30	40	36	73,5
95/96	129	98	66,4	15	11,63	26	26	30	41	86,7
96/97	114	58	53,2	23	20,18	39	39	49	27	73,6
97/98	99	50	56,3	21	21,21	37	28	37	19	83,5
98/99	138	119	52,0	24	17,39	54	35	67	31	76,2
99/00	122	50	39,7	38	31,15	57	56	79	23	58,7
00/01	65	34	68,9	4	6,15	17	12	16	21	81,0
01/02	88	38	48,3	15	17,05	35	28	44	23	80,9
02/03	92	45	53,8	19	20,65	27	32	43	24	77,8
03/04	136	120	58,0	18	13,24	44	39	54	40	86,6
04/05	140	71	46,3	36	25,71	59	51	78	23	80,7
05/06	141	124	56,4	26	18,44	48	42	55	47	73,0
AVG	110,90	69,95	53,6	19,70	18,09	37,95	34,15	46,00	28,00	75,6

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	235	52,1	26	11,06	60	60	73
87/88	231	57,0	23	9,96	64	40	80
88/89	309	54,8	36	11,65	89	67	109
89/90	344	45,8	71	20,64	151	109	150
90/91	224	59,7	12	5,36	55	38	63
91/92	231	50,1	26	11,26	96	54	92
92/93	270	56,9	22	8,15	83	46	81
93/94	234	55,2	15	6,41	71	39	72
94/95	253	59,9	19	7,51	72	34	68
95/96	236	55,3	23	9,75	68	42	65
96/97	251	54,3	20	7,97	71	38	92
97/98	266	57,0	27	10,15	80	46	93
98/99	227	58,7	9	3,96	63	18	86
99/00	243	53,3	23	9,47	81	47	97
00/01	300	57,2	28	9,33	95	48	112
01/02	277	49,3	39	14,08	98	66	131
02/03	273	50,8	35	12,82	106	57	120
03/04	229	54,2	18	7,86	73	40	91
04/05	225	58,3	24	10,67	64	42	79
05/06	224	51,2	35	15,63	93	52	94
AVG	254,10	54,5	26,55	10,18	81,65	49,15	92,40

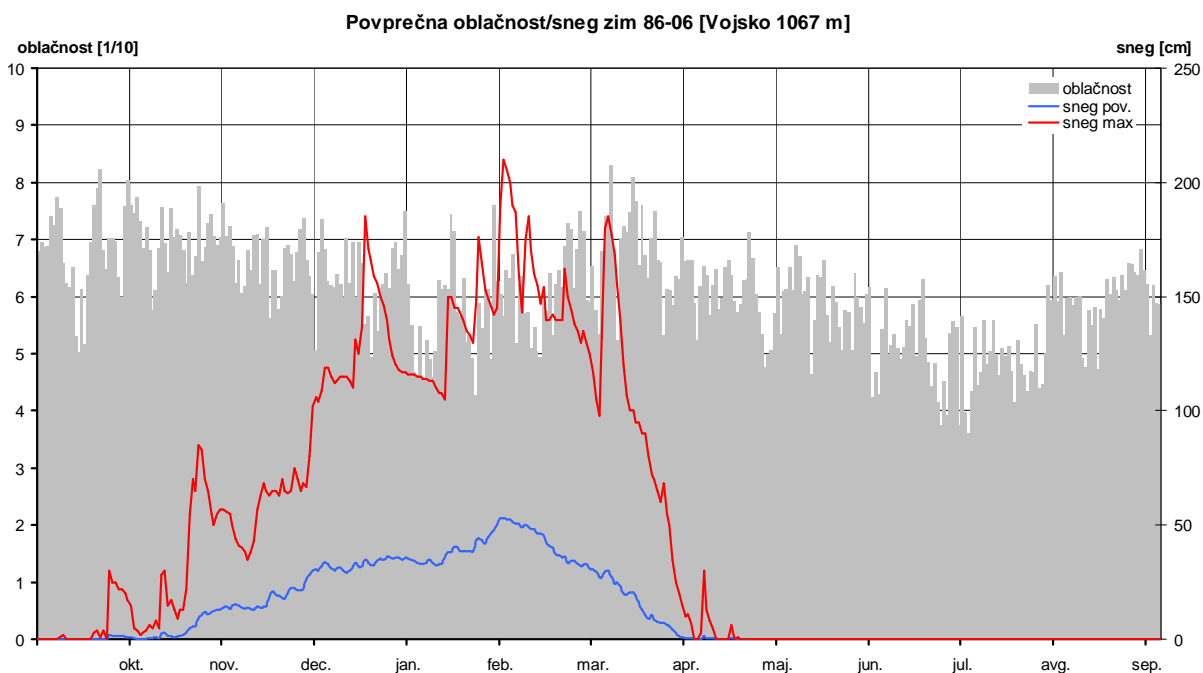
Šmartno pri Slov.Gradcu



datumsko zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	106	65	69,8	6	5,66	17	27	37	24	79,9
87/88	31	31	73,0	1	3,23	2	7	9	12	85,3
88/89	21	16	69,5	1	4,76	3	4	8	5	65,3
89/90	8	4	54,6	3	37,50	3	4	4	6	71,1
90/91	89	20	66,9	10	11,24	19	29	30	20	84,7
91/92	53	17	54,3	10	18,87	19	19	23	9	77,4
92/93	19	5	73,2	2	10,53	4	3	5	9	80,0
93/94	64	34	82,3	1	1,56	4	9	6	24	87,9
94/95	43	33	76,4	2	4,65	2	2	7	15	88,0
95/96	112	35	82,6	4	3,57	9	10	11	28	92,5
96/97	84	34	74,3	4	4,76	8	18	14	18	86,3
97/98	18	6	85,0	0	0,00	1	0	2	9	84,1
98/99	97	53	68,0	4	4,12	16	20	20	22	87,1
99/00	88	28	57,9	12	13,64	22	30	24	14	81,2
00/01	23	15	68,3	0	0,00	4	2	3	9	81,5
01/02	49	23	59,7	3	6,12	11	14	10	9	76,7
02/03	57	33	63,1	8	14,04	12	15	14	18	78,0
03/04	55	31	74,1	1	1,82	5	7	6	15	91,3
04/05	47	27	61,9	6	12,77	10	11	12	16	80,2
05/06	119	55	70,7	8	6,72	14	22	26	25	89,3
AVG	59,15	28,25	69,3	4,30	8,28	9,25	12,65	13,55	15,35	82,4

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	259	65,4	17	6,56	47	58	106
87/88	334	70,0	21	6,29	60	61	107
88/89	344	67,9	16	4,65	61	72	116
89/90	357	58,3	52	14,57	113	98	168
90/91	276	69,0	17	6,16	55	46	83
91/92	312	59,8	40	12,82	95	72	131
92/93	346	64,6	36	10,40	92	78	115
93/94	301	65,8	6	1,99	47	24	62
94/95	322	70,7	6	1,86	36	16	48
95/96	253	64,8	14	5,53	37	35	51
96/97	281	65,3	9	3,20	28	29	60
97/98	347	60,5	29	8,36	71	58	81
98/99	268	64,4	7	2,61	37	25	57
99/00	277	55,7	25	9,03	70	49	75
00/01	342	62,1	16	4,68	69	49	74
01/02	316	58,6	19	6,01	67	69	83
02/03	308	58,7	13	4,22	69	43	68
03/04	310	63,6	14	4,52	62	30	67
04/05	318	61,7	20	6,29	56	52	81
05/06	246	60,3	8	3,25	46	30	53
AVG	305,85	63,3	19,25	6,15	60,90	49,70	84,30

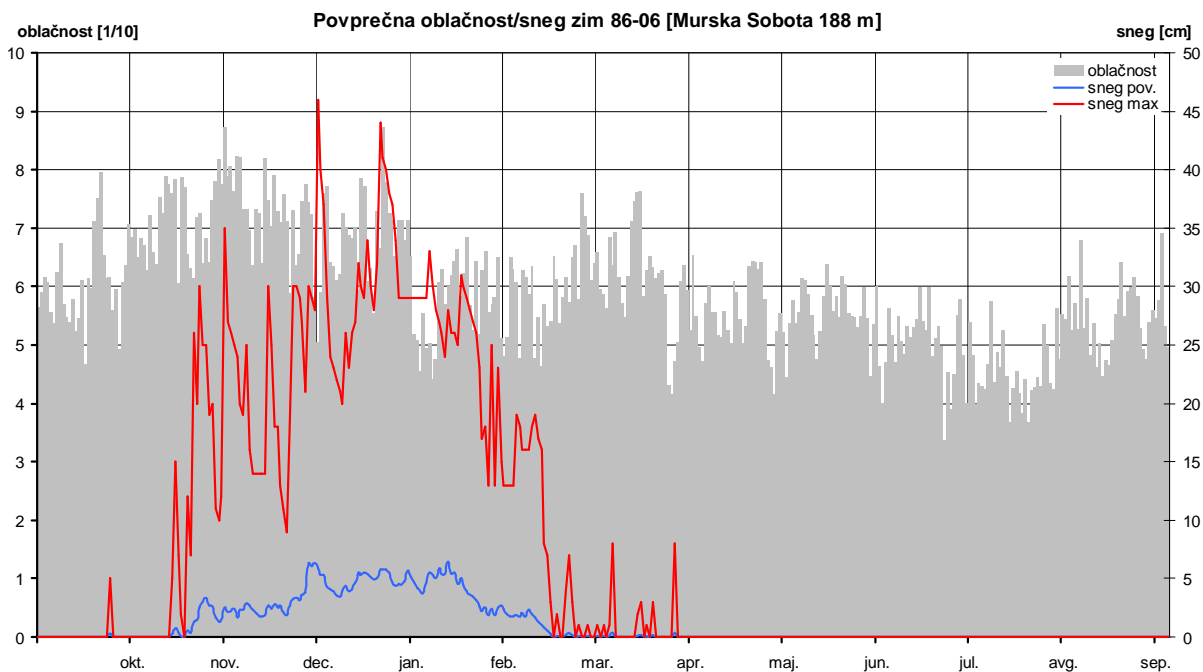
Vojsko



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	129	185	61,9	9	6,98	30	31	50	21	83,0
87/88	121	83	67,8	8	6,61	26	16	40	19	81,9
88/89	55	37	55,6	6	10,91	19	18	23	10	68,7
89/90	24	58	50,0	16	66,67	23	24	26	8	76,7
90/91	139	71	61,6	24	17,27	37	38	49	41	77,8
91/92	119	47	50,7	36	30,25	56	50	58	26	75,5
92/93	79	46	57,3	10	12,66	28	23	26	21	69,4
93/94	98	60	71,5	8	8,16	23	19	16	30	77,2
94/95	116	75	68,4	7	6,03	35	21	12	36	83,7
95/96	153	185	75,4	11	7,19	35	21	21	40	90,8
96/97	108	75	70,4	13	12,04	28	21	16	25	95,3
97/98	66	43	71,3	3	4,55	16	4	8	13	94,1
98/99	148	150	60,9	14	9,46	33	24	26	29	81,0
99/00	139	85	59,0	20	14,39	44	31	32	27	78,5
00/01	48	34	81,3	1	2,08	7	3	4	21	91,1
01/02	76	34	68,3	6	7,89	17	14	14	18	85,0
02/03	116	87	58,7	14	12,07	30	25	23	25	88,4
03/04	137	210	69,8	7	5,11	33	15	17	38	88,8
04/05	107	104	58,7	10	9,35	27	35	17	23	82,2
05/06	144	130	70,8	5	3,47	36	23	7	47	82,7
AVG	106,10	89,95	64,5	11,40	12,66	29,15	22,80	24,25	25,90	82,6

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	236	51,6	31	13,14	77	67	101
87/88	244	58,7	27	11,07	76	49	89
88/89	310	55,9	45	14,52	108	67	131
89/90	341	48,5	79	23,17	141	108	168
90/91	226	55,8	25	11,06	83	54	86
91/92	246	51,3	46	18,70	97	85	108
92/93	286	55,2	48	16,78	104	80	116
93/94	267	63,7	7	2,62	84	33	40
94/95	249	66,4	11	4,42	74	37	16
95/96	212	66,5	9	4,25	64	32	18
96/97	257	65,6	6	2,33	74	18	24
97/98	299	64,9	15	5,02	85	32	30
98/99	217	66,2	4	1,84	47	9	11
99/00	226	57,9	12	5,31	61	26	42
00/01	317	69,0	9	2,84	66	32	31
01/02	289	58,3	32	11,07	81	57	56
02/03	249	55,0	18	7,23	85	46	31
03/04	228	58,4	9	3,95	59	31	22
04/05	258	63,1	19	7,36	74	34	34
05/06	221	54,6	11	4,98	92	31	27
AVG	258,90	59,3	23,15	8,58	81,60	46,40	59,05

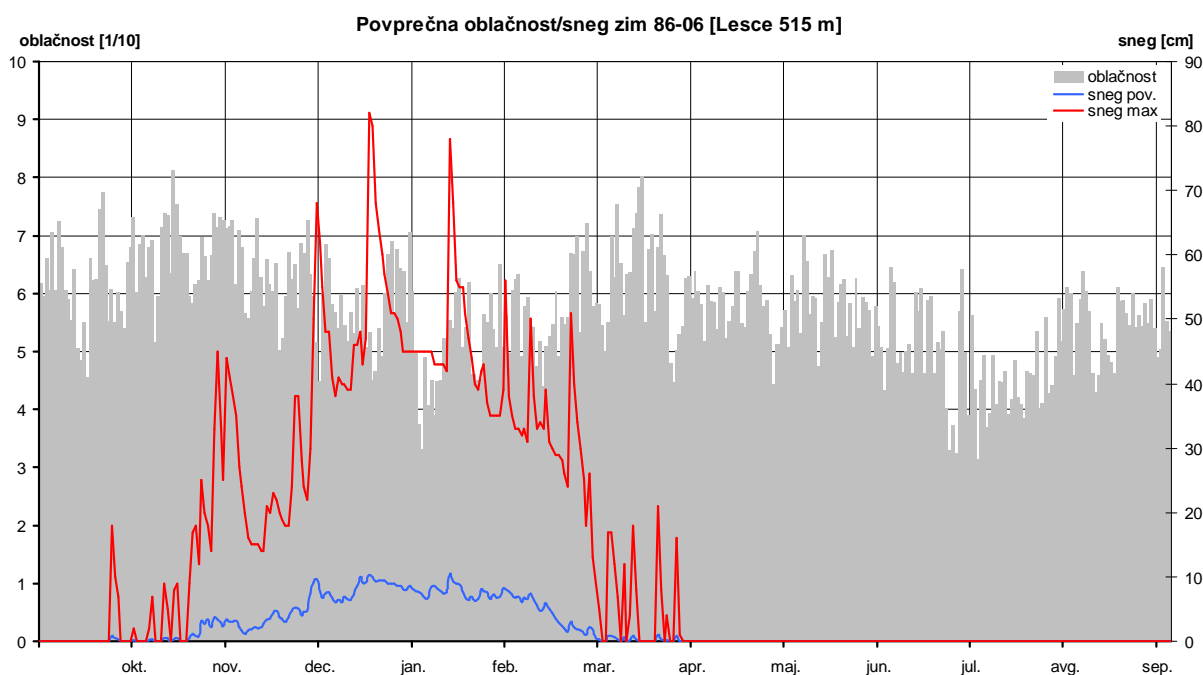
Murska sobota



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	46	44	69,2	5	10,87	10	14	24	14	79,3
87/88	2	8	51,7	0	0,00	0	1	4	5	48,0
88/89	5	12	58,7	1	20,00	2	4	6	3	50,0
89/90	3	10	67,8	0	0,00	0	1	1	2	53,3
90/91	37	20	69,2	3	8,11	4	10	12	14	78,3
91/92	13	4	71,5	0	0,00	1	3	5	5	81,3
92/93	13	5	62,6	1	7,69	2	3	6	5	68,7
93/94	50	35	78,9	1	2,00	5	10	9	14	88,3
94/95	14	30	94,0	0	0,00	0	1	1	9	99,3
95/96	91	33	78,3	5	5,49	9	13	18	27	93,7
96/97	58	27	71,6	9	15,52	13	14	17	17	81,6
97/98	8	7	86,3	0	0,00	1	1	1	5	82,0
98/99	89	31	73,8	6	6,74	17	18	24	12	96,1
99/00	60	30	60,8	12	20,00	18	19	26	8	58,3
00/01	9	8	70,4	0	0,00	1	2	3	3	58,9
01/02	28	21	65,7	3	10,71	4	8	10	7	69,5
02/03	75	27	66,8	6	8,00	15	16	25	13	75,1
03/04	30	18	68,3	1	3,33	5	4	8	10	85,3
04/05	41	25	60,3	6	14,63	12	12	16	13	77,4
05/06	77	46	72,2	4	5,19	11	10	21	21	88,6
AVG	37,45	22,05	69,9	3,15	6,91	6,50	8,20	11,85	10,35	75,7

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	319	58,3	39	12,23	83	74	134
87/88	363	63,0	30	8,26	87	61	133
88/89	360	66,3	17	4,72	69	48	112
89/90	362	52,2	51	14,09	132	98	172
90/91	328	59,3	36	10,98	89	68	127
91/92	352	51,5	68	19,32	140	112	161
92/93	352	56,0	51	14,49	114	93	152
93/94	315	58,3	27	8,57	90	70	127
94/95	351	61,3	30	8,55	86	65	120
95/96	274	60,6	29	10,58	68	51	105
96/97	307	57,5	34	11,07	82	57	128
97/98	357	56,3	44	12,32	108	92	155
98/99	276	58,2	23	8,33	80	59	106
99/00	305	52,6	42	13,77	103	71	139
00/01	356	58,5	30	8,43	113	57	138
01/02	337	56,3	41	12,17	97	78	135
02/03	290	51,9	36	12,41	108	65	117
03/04	335	59,7	29	8,66	90	55	127
04/05	324	61,4	26	8,02	82	57	118
05/06	288	57,9	24	8,33	80	48	104
AVG	327,55	57,9	35,35	10,77	95,05	68,95	130,50

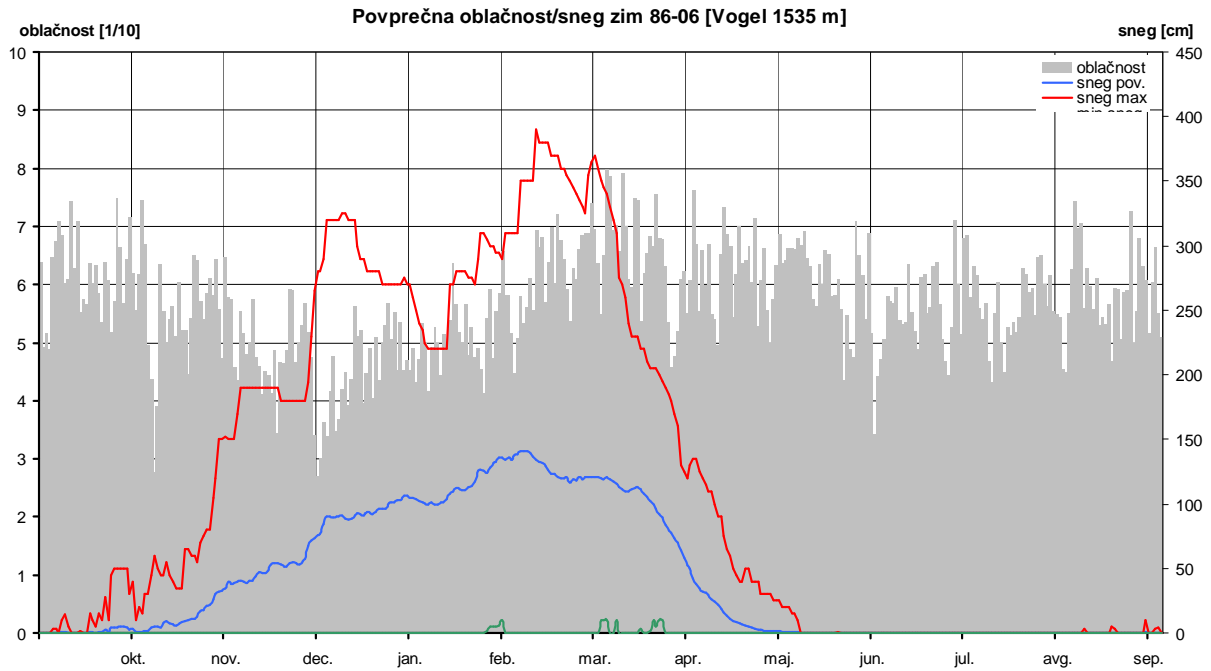
Lesce



datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	104	82	57,4	11	10,58	27	31	48	19	78,6
87/88	12	16	76,1	0	0,00	0	2	3	9	81,1
88/89	14	17	56,7	1	7,14	6	3	6	7	70,5
89/90	5	4	73,3	0	0,00	0	1	2	5	73,3
90/91	47	23	64,5	6	12,77	13	10	16	15	85,6
91/92	42	26	58,3	9	21,43	17	10	20	10	80,7
92/93	5	6	84,7	0	0,00	1	0	1	4	80,8
93/94	28	20	81,4	3	10,71	4	3	6	10	95,3
94/95	25	38	80,4	2	8,00	5	3	5	15	90,4
95/96	92	42	79,5	5	5,43	9	13	22	31	92,3
96/97	64	46	67,7	11	17,19	12	20	23	16	92,7
97/98	13	15	82,1	0	0,00	1	0	3	7	78,6
98/99	89	78	57,8	14	15,73	32	29	35	21	81,3
99/00	66	29	47,0	18	27,27	30	31	33	13	70,3
00/01	16	21	80,8	0	0,00	2	1	3	9	87,4
01/02	36	16	60,8	6	16,67	8	12	18	13	77,2
02/03	49	29	53,3	11	22,45	19	17	24	14	75,7
03/04	58	56	65,8	4	6,90	12	15	21	19	93,2
04/05	31	33	60,4	6	19,35	9	10	14	13	89,5
05/06	113	68	63,5	23	20,35	34	32	41	22	82,0
AVG	45,45	33,25	67,6	6,50	11,10	12,05	12,15	17,20	13,60	82,8

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	261	56,0	33	12,64	70	65	115
87/88	353	59,8	36	10,20	103	68	149
88/89	351	57,0	45	12,82	105	76	169
89/90	360	48,5	74	20,56	147	103	202
90/91	318	57,9	42	13,21	95	71	142
91/92	323	53,6	49	15,17	127	75	155
92/93	360	55,9	48	13,33	123	83	167
93/94	337	59,9	40	11,87	102	66	140
94/95	340	60,3	38	11,18	102	67	147
95/96	273	59,0	39	14,29	93	61	109
96/97	301	55,5	45	14,95	105	71	137
97/98	352	56,7	55	15,63	118	86	148
98/99	276	60,1	27	9,78	89	47	104
99/00	299	51,7	57	19,06	111	93	140
00/01	349	60,0	37	10,60	117	64	139
01/02	329	50,6	65	19,76	126	104	162
02/03	316	52,4	57	18,04	117	96	144
03/04	307	56,9	40	13,03	107	79	124
04/05	334	57,1	48	14,37	113	92	136
05/06	252	56,9	30	11,90	97	54	96
AVG	319,55	56,3	45,25	14,12	108,35	76,05	141,25

Vogel

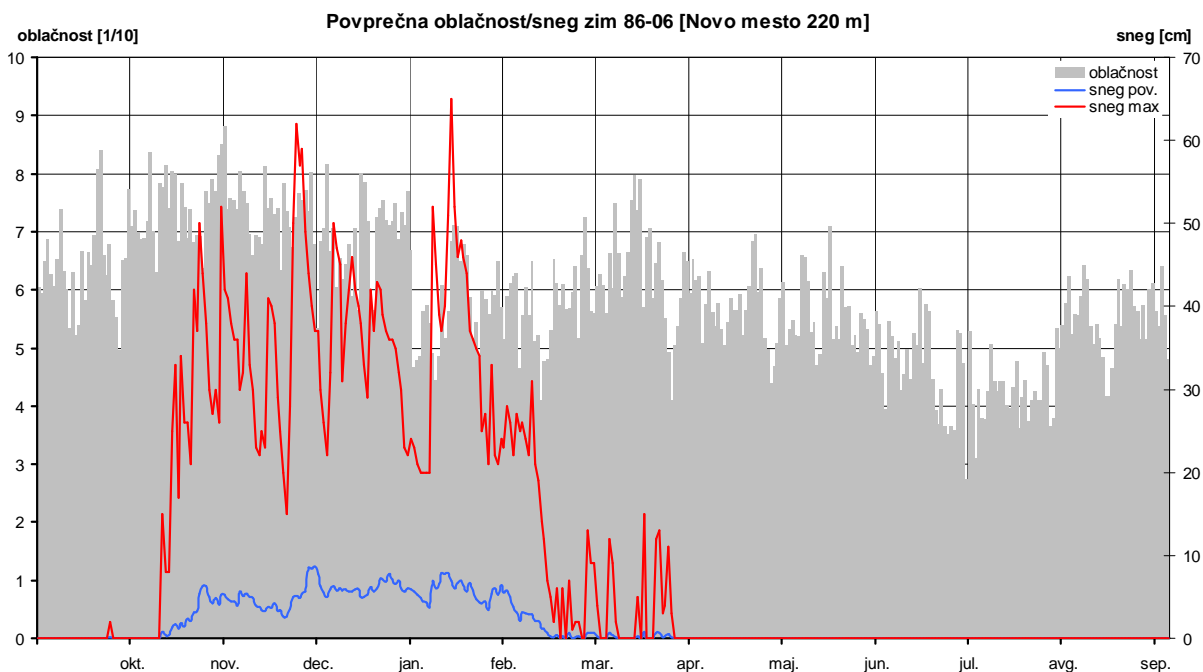


datumsko zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	187	345	53,6	36	19,25	63	64	71	40	83,3
87/88	188	230	62,3	26	13,83	54	41	60	44	76,0
88/89	102	130	51,2	25	24,51	36	36	48	26	77,3
89/90	139	80	45,5	43	30,94	65	55	65	31	77,8
90/91	215	280	57,3	38	17,67	72	58	72	49	78,0
91/92	202	205	48,9	50	24,75	99	73	79	42	84,0
92/93	139	60	42,5	42	30,22	66	57	78	26	75,0
93/94	184	230	59,7	21	11,41	65	45	56	46	72,7
94/95	162	370	62,6	12	7,41	44	23	40	48	55,3
95/96	172	250	61,9	25	14,53	60	39	49	45	57,5
96/97	168	140	50,7	38	22,62	67	54	70	34	47,3
97/98	181	132	53,9	33	18,23	64	58	66	39	56,2
98/99	184	140	55,9	27	14,67	67	41	61	37	56,8
99/00	168	170	51,7	33	19,64	71	52	72	36	54,8
00/01*	101	110	52,8*	0*	0,00*	3*	0*	0*	17	50,0
01/02	163	70	58,0	25	15,34	54	41	54	28	54,8
02/03*	152	150	50,9	30	19,74	58	45	64	32	53,5
03/04	160	320	67,7	13	8,13	37	25	35	45	64,6
04/05	176	165	54,1	30	17,05	58	50	65	38	51,5
05/06	184	390	59,9	22	11,96	65	36	54	62	60,9
AVG	166,35	198,35	55,0	28,45	17,09	58,40	44,65	57,95	38,25	64,4

* podatki so bili pomankljivi in zato ne predstavljajo dejanskega stanja !

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	178	56,5	24	13,48	66	39	54
87/88	177	58,2	16	9,04	59	28	54
88/89	263	53,9	49	18,63	109	70	91
89/90	226	49,3	49	21,68	104	60	94
90/91	150	58,5	14	9,33	55	26	40
91/92	163	54,5	26	15,95	73	40	46
92/93	226	62,5	22	9,73	76	31	55
93/94	181	60,1	18	9,94	66	27	49
94/95	203	52,6	30	14,78	85	50	72
95/96	193	65,8	11	5,70	57	22	44
96/97	197	57,2	15	7,61	72	36	68
97/98	184	62,4	18	9,78	62	33	45
98/99	181	62,7	16	8,84	50	22	46
99/00	197	52,7	26	13,20	64	38	59
00/01	264	58,0	13	4,92	33	24	33
01/02	202	56,2	30	14,85	70	47	72
02/03	213	58,4	22	10,33	77	44	59
03/04	205	58,5	15	7,32	72	35	64
04/05	189	63,8	14	7,41	50	24	44
05/06	181	56,4	24	13,26	55	37	54
AVG	198,65	57,9	22,60	11,29	67,75	36,65	57,15

Novo mesto

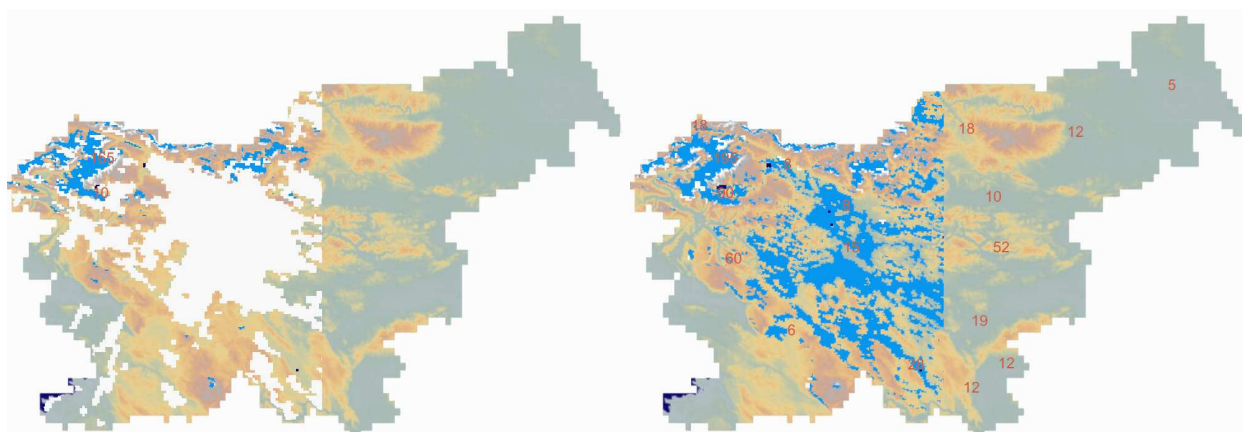


datumska zima	št. dni s snegom	max. višina snega[cm]	povp.obl. v času s sneg. [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰	št. dni s snež.	povp.obl. med snež. [%]
86/87	58	43	73,9	1	1,72	6	11	15	22	75,9
87/88	24	20	72,1	2	8,33	3	6	7	11	83,6
88/89	16	18	61,0	0	0,00	2	5	5	4	75,8
89/90	7	4	41,0	2	28,57	3	3	5	3	30,0
90/91	39	22	68,8	3	7,69	5	8	12	17	83,7
91/92	26	32	62,1	4	15,38	7	5	9	8	76,7
92/93	34	50	76,6	3	8,82	6	4	6	13	86,9
93/94	59	40	76,6	1	1,69	9	6	9	21	84,6
94/95	43	62	73,3	1	2,33	5	8	9	16	82,3
95/96	77	44	87,9	0	0,00	2	4	9	33	91,7
96/97	76	52	77,1	6	7,89	11	12	17	24	85,6
97/98	9	6	98,9	0	0,00	0	0	0	5	99,3
98/99	76	65	72,2	4	5,26	14	14	21	20	83,8
99/00	70	50	61,5	9	12,86	20	22	27	14	72,6
00/01	15	16	77,6	0	0,00	2	1	4	9	87,4
01/02	33	19	75,5	2	6,06	5	4	9	14	86,2
02/03	68	52	67,5	8	11,76	14	17	20	23	77,8
03/04	56	31	64,5	5	8,93	13	12	18	21	84,4
04/05	45	33	60,9	7	15,56	10	10	20	17	72,7
05/06	79	37	74,1	4	5,06	8	13	22	26	86,7
AVG	45,50	34,80	71,1	3,10	7,40	7,25	8,25	12,20	16,05	80,4

Postaja	št. brez snežne odeje	povp.obl. brez snega [%]	št. jasnih dni	jasnih dni [%]	št. dni z obl<20% ob 7 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 14 ⁰⁰	št. dni z obl<20% ob 21 ⁰⁰
86/87	307	59,4	28	9,12	73	59	116
87/88	341	63,0	22	6,45	72	65	106
88/89	349	63,8	19	5,44	66	53	117
89/90	358	52,8	48	13,41	118	82	159
90/91	326	60,7	23	7,06	73	43	107
91/92	339	52,8	51	15,04	113	91	145
92/93	331	55,5	35	10,57	96	71	123
93/94	306	56,9	20	6,54	75	51	113
94/95	322	58,4	30	9,32	75	60	128
95/96	288	58,8	28	9,72	75	57	102
96/97	289	53,1	34	11,76	85	76	122
97/98	356	57,1	41	11,52	91	85	146
98/99	289	59,1	24	8,30	80	55	110
99/00	295	50,6	48	16,27	94	81	134
00/01	350	62,7	24	6,86	97	54	106
01/02	332	53,5	45	13,55	105	82	156
02/03	297	53,3	36	12,12	91	68	132
03/04	309	61,9	18	5,83	68	45	109
04/05	320	61,1	27	8,44	76	59	119
05/06	286	60,4	23	8,04	69	48	105
AVG	319,50	57,7	31,20	9,77	84,60	64,25	122,75

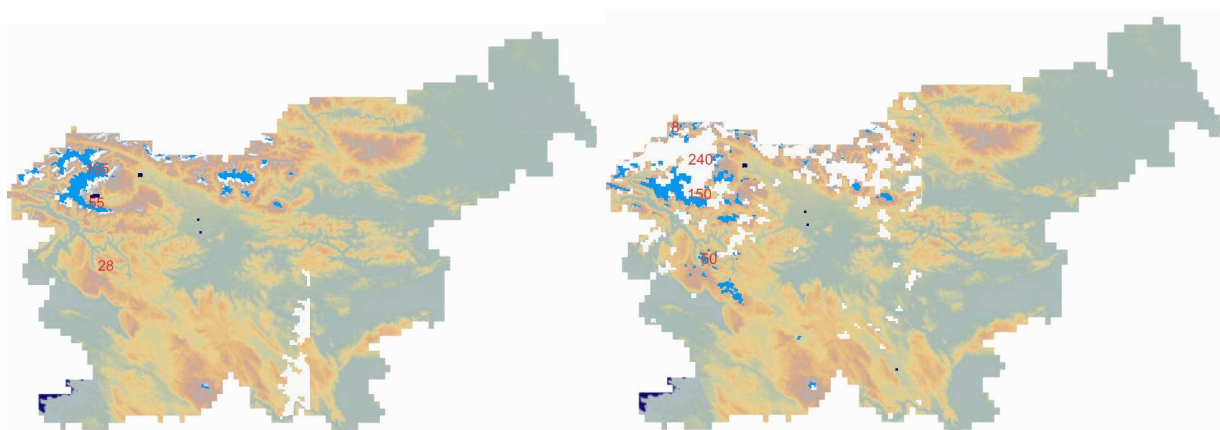
Priloga B

Višinske karte s satelitskimi posnetki snežne odeje in višino snega na meteoroloških postajah za dni a) 29.12.2002, b) 24.2.2003, c) 19.3.2003 d.) 13.4.2003.



a)

b)



c)

d)

Priloga C

Raba tal po podkategorijah in statističnih regijah, Slovenija, 1997 – 2000 (Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije)

	Skupaj	Kategorije pokrovnosti tal												
		gozdne površine			vse kmetijske površine								pozidane	
		gozd	Ruševje in gozdne površine v visokogorju	Površine v zaraščanju	Gorski travniki	travniki	Mešano kmetijsko	Obdelovalne površine	hmečjišča	sadovnjaki	vinogradi	močvirja	Pozidane površine	
Površina (ha)														
SLOVENIJA	202730	1255252	14710	14488	7551	419749	28267	125959	3590	9958	21784	1305	55790	2
Pomurska	133753	41713	-	8	-	27024	4568	49876	-	639	2801	96	4380	2
Podravska	216967	95008	-	63	-	59981	3822	34164	291	2945	5305	28	9552	1
Koroška	104080	75341	2	420	40	22341	1343	299	198	265	-	2	1906	1
Savinjska	238419	142332	329	2518	1025	61723	1687	7602	2978	2191	1129	77	7805	1
Zasavska	26354	17900	-	96	-	6289	211	119	-	138	-	-	867	1
Spodnjeposavska	88514	47827	1025	-	-	22863	1904	7242	82	-	2781	-	2644	1
Jugovzhodna Slovenija	268335	195124	-	746	-	55527	2699	3307	41	264	1821	100	4709	1
Osrednjeslovenska	254669	157869	965	99	274	58308	6974	11919	-	503	35	269	11168	1
Gorenjska	213660	152287	8228	1	2228	22711	1106	6243	-	307	-	67	4920	1
Notranjsko-kraška	145634	98949	191	3971	-	34664	1105	640	-	366	-	642	1550	1
Goriška	232471	167698	3970	39	3984	27274	1178	2175	-	783	5355	-	3335	1
Obalno-kraška	104444	63205	-	6527	-	21045	1671	2371	-	1555	2557	24	2955	1
Delež (%)														
SLOVENIJA	100	61,9	0,7	0,7	0,4	20,7	1,4	6,2	0,2	0,5	1,1	0,1	2,8	1
Pomurska	100	31,2	-	0,0	-	20,2	3,4	37,3	-	0,5	2,1	0,1	3,3	1
Podravska	100	43,8	-	0,0	-	27,6	1,8	15,7	0,1	1,4	2,4	0,0	4,4	1
Koroška	100	72,4	0,0	0,4	0,0	21,5	1,3	0,3	0,2	0,3	-	0,0	1,8	0
Savinjska	100	59,7	0,1	1,1	0,4	25,9	0,7	3,2	1,2	0,9	0,5	0,0	3,3	1
Zasavska	100	67,9	-	0,4	-	23,9	0,8	0,5	-	0,5	-	-	3,3	1
Spodnjeposavska	100	54,0	1,2	-	-	25,8	2,2	8,2	0,1	-	3,1	-	3,0	1
Jugovzhodna Slovenija	100	72,7	-	0,3	-	20,7	1,0	1,2	0,0	0,1	0,7	0,0	1,8	0
Osrednjeslovenska	100	62,0	0,4	0,0	0,1	22,9	2,7	4,7	-	0,2	0,0	0,1	4,4	1
Gorenjska	100	71,3	3,9	0,0	1,0	10,6	0,5	2,9	-	0,1	-	0,0	2,3	0
Notranjsko-kraška	100	67,9	0,1	2,7	0,0	23,8	0,8	0,4	-	0,3	-	0,4	1,1	0
Goriška	100	72,1	1,7	0,0	1,7	11,7	0,5	0,9	-	0,3	2,3	-	1,4	0
Obalno-kraška	100	60,5	-	6,2	-	20,1	1,6	2,3	-	1,5	2,4	0,0	2,8	1

Vir: SURS (StatGIS)
Source: SORS (StatGIS)