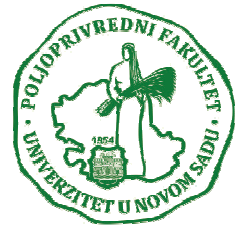




UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



Mr Miljan Velojić

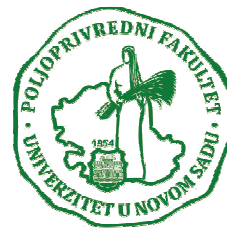
KVANTIFIKACIJA PROCESA EOLSKE EROZIJE NA DELIBLATSKOJ PEŠČARI

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2016. godine



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



KVANTIFIKACIJA PROCESA EOLSKE EROZIJE NA DELIBLATSKOJ PEŠČARI

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentori: Prof. dr Radovan Savić
Doc. dr Atila Bezdán

Kandidat: Mr Miljan Velojić

Novi Sad, 2016. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Ključna dokumentacijska informacija

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Mr Miljan Velojić
Mentori (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Dr Radovan Savić, redovni profesor Dr Atila Bezdán, docent
Naslov rada: NR	Kvantifikacija procesa eolske erozije na Deliblatskoj peščari
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	Srpski / engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	AP Vojvodina
Godina: GO	2016.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Poljoprivredni fakultet Trg Dositeja Obradovića 8 21000 Novi Sad

Fizički opis rada: FO	9 poglavlja / 122 strane / 46 tabela / 74 slika / 118 referenci / biografija
Naučna oblast: NO	Biotehničke nauke
Naučna disciplina: ND	Zaštita od erozije
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Eolska erozija, deflametar, pronos nanosa, metoda praćenja količina ¹³⁷ Cs, intenzitet eolske erozije, redistribucija zemljišta
UDK	530.145:504.121:658.2(043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	
<p>Erozija predstavlja vrlo složen fizički proces u kome pod dejstvom atmosferskih sila nastaju destruktivne promene na površinskom sloju zemljišta. Kada je osnovni agens pokretanja čestica zemljišta vetar, govori se o eroziji vetrom ili eolskoj eroziji. Eolska erozija je specifičan proces koji se odvija u izrazito složenim okolnostima uzajamnog delovanja brojnih prirodnih i antropogenih faktora uglavnom stohastičkog karaktera, zbog čega je njeno istraživanje kompleksan naučno-istraživački problem.</p> <p>Osnovni cilj sprovedenih istraživanja je bio da se na izabranim lokalitetima Deliblatske peščare, najvećeg i najznačajnijeg područja takve vrste u Evropi, uspostavi praćenje stanja procesa eolske erozije, odnosno neposrednim, sistematskim merenjima u terenskim uslovima ustanove količine eolskog nanosa – pronos nanosa, odrede dominantni pravci njegovog kretanja, definiše njegova unutargodišnja raspodela i utvrdi efekat vegetacije na smanjenje intenziteta eolske erozije. U toku četvorogodišnjeg perioda su po prvi put na ovim prostorima, na istom lokalitetu, sprovedena uporedna istraživanja eolske erozije primenom mehaničkih hvatača nanosa i metoda zasnovanih na praćenju aktivnosti radionuklida veštačkog porekla ¹³⁷Cs u zemljištu, čije količine služe da se posebnim teorijskim modelima pretvore u gubitke zemljišta.</p> <p>Praćenje procesa eolske erozije je vršeno od 2006. do 2009. godine na lokalitetu Cvjićev vis, koji je izabran kao karakterističan, jer je pored centralne pozicije na Deliblatskoj peščari, obrađivani površinski sloj zemljišta bio bez zaštite od vetra. Paralelno sa ovim merenjima, na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik, praćenje procesa eolske erozije vršeno je na dva merna mesta u periodu od maja 2006. godine do aprila 2007. godine u uslovima postojanja zaštitne uloge vegetacionog pokrivača i/ili vegetacionog pojasa. Merenje intenziteta eolske erozije je realizovano statičnim hvatačima nanosa tipa <i>deflametar</i> (dimanzija ulaznog otvora 10 x 10 cm) orijentisanih prema određenim pravacima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)</p>	

da bi potpuno definisali procese eolske erozije u vektorskom smislu. Kvantifikacija eolskog nanosa statičnim hvatačima stalno usmerenim prema određenim pravcima duvanja vetrova, omogućila je da se posebno evidentiraju i razlikuju „sumarna“ produkcija eolskog nanosa (aritmetički zbir zahvaćenih količina nanosa iz svih hvatača) i „rezultujuća“ količina eolskog nanosa (vektorski zbir), jer te veličine određuju pored ukupno pokrenute količine eolskog nanosa (produkcija nanosa) i delove nanosa koji se transportuju van granica erozionog polja (gubitak zemljišta), generalni pravac i smer njegovog kretanja.

Merenja eolske erozije na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine su ukazala na značajne procese eolske erozije koji su definisani srednjim godišnjim pronosom nanosa od 4,48 kg m⁻¹. Ustanovljeno je da su ukupno zahvaćene količine nanosa na 8 hvatača bile $\Sigma = 25,94, 20,92, 52,98$ i $43,47$ kg m⁻¹ god⁻¹, a pronosi nanosa $\Sigma' (\Sigma/8) = 3,24, 2,61, 6,62$ i $5,43$ kg m⁻¹ god⁻¹ u 2006., 2007., 2008. i 2009. godini respektivno.

Pronosi nanosa za period od maja 2006. do aprila 2007. godine su pokazali da je na lokalitetu Cvijićev vis koga karakterišu neobraslost i otvorenost površine zabeležen najveći intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou koji je 4 puta veći u odnosu na lokalitet Dragićev hat – rasadnik I koga karakterišu neobraslost i zaštićenost površine i 30,2 puta veći u odnosu na Dragićev hat – rasadnik II koga karakterišu obraslost i zaštićenost zemljišta. Na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik I intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou je 7,5 puta veći od onog na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II.

Gubici zemljišta izraženi preko rezultujućih mesečnih pronosa nanosa (vektorski zbir) iznosili su 5,13, 2,04, 4,31 i 11,94 kg m⁻¹ u 2006., 2007., 2008. i 2009. godini respektivno, a procentualni udeo godišnjih gubitaka zemljišta u odnosu na ukupnu produkciju nanosa (aritmetički zbir) se kretao od 8,1% do 27,5. Rezultujući pravac kretanja eolskog nanosa u toku perioda istraživanja bio je jugoistok - severozapad (SE-NW) pod uticajem dominantnog jugoistočnog vetra „Košava“.

Iako se najpouzdanije determinisanje eolske erozije i njenih efekata postiže na osnovu neposrednih sistematskih merenja u realnim terenskim uslovima, počev od kraja prošlog veka se sve više primenjuju i metode praćenja radionuklida iz radioaktivnih padavina, posebno ¹³⁷Cs, u cilju procene gubitaka zemljišta i prostornog rasporeda eolskog nanosa.

Ukupan broj uzetih uzoraka za metodu praćenja količina ¹³⁷Cs je iznosio 149, od kojih je bilo 9 inicijalnih uzoraka (3 profila po 3 uzorka), 14 osnovnih uzoraka (2 profila po 7 uzoraka), 32 ostala uzorka (8 profila po 4 uzorka), 36 referentnih uzoraka (9 profila po 4 uzorka) i 58 uzoraka uzetih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).

Osnovni uzorak na neobrađenom zemljištu sa detektovanom količinom ¹³⁷Cs od 10.603,57 Bq m⁻² predstavlja uporednu vrednost, tj. lokalni padavinski ulaz ¹³⁷Cs za modele pretvaranja količina ¹³⁷Cs u količine izgubljenog zemljišta. Ovaj uzorak odslikava sredinu na kojoj su sprovedena istraživanja i predstavlja uporednu vrednost koja može korektno da definiše procese eolske erozije.

Za pretvaranje izmerenih količina ¹³⁷Cs u količine izgubljenog zemljišta po modelima Walling-a korišćen je najjednostavniji proporcionalni model (PM) za obrađena zemljišta, a najprimenjeniji model profilne distribucije (PDM) za neobrađena zemljišta u okviru

najnovije verzije PC-kompatibilnog softverskog paketa u Microsoft Excel Add-Ins varijanti. Modelom profilne distribucije (PDM) za sve uzorake uzete na eksperimentalnom području dobijeni su prosečni gubici zemljišta od 207,06 t ha⁻¹ god⁻¹ i 2,10 cm. Model Basher & Webb je dao prosečne gubitke zemljišta od 212,18 t ha⁻¹ god⁻¹ i 2,09 cm. Gubici zemljišta dobijeni modelima pretvaranja količina ¹³⁷Cs u količine izgubljenog zemljišta ukazuju na značajne procese eolske erozije definisane jakom i ekscesivnom eolskom erozijom.

Za 58 uzoraka zemljišta uzetih na tačkama raspoređenih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), pored koncentracija i količina ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb_{ex}, određene su prostorne koordinate X i Y i nadmorske visine uzetih uzoraka. Prostorne distribucije koncentracija ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb_{ex} izražene su izolinijama, a kreirani su i 3D prikazi u procentima odstupanja ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb_{ex} od lokalnog padavinskog ulaza ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb_{ex}. U oba slučaja je primetan dominantan uticaj pravca jugoistok - severozapad (SE-NW), odnosno jugoistočnog vetra „Košava”.

Komparativna analiza ovih metoda je ukazala na validnost u kvantifikaciji procesa eolske erozije i mogućnost njihove primene u budućnosti, a dobijeni rezultati produkcije eolskog nanosa i gubitaka zemljišta su dali doprinos oceni stanja degradacije zemljišta i ugroženosti Deliblatske peščare.

Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije: KO	<p>Dr Radovan Savić, redovni profesor, NO Uređenje, zaštita i korišćenje voda, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, mentor</p> <p>Dr Atila Bezdán, docent, NO Uređenje, zaštita i korišćenje voda, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, mentor</p> <p>Dr Ljubomir Letić, redovni profesor, NO Korišćenje voda u šumskim područjima, Šumarski fakultet Beograd, predsednik</p> <p>Dr Pavel Benka, docent, NO Geodezija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, član</p> <p>Dr Miodrag Krmar, redovni profesor, NO Fizika, nuklearna fizika, Prirodno-matematički fakultet Novi Sad, član</p>

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF AGRICULTURE

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monographic documentation
Type of record: TR	Text printed material
Contents code (thesis, master's thesis, doctoral dissertation): CC	Doctoral dissertation
Author: AU	MA Miljan Velojić
Mentor (title, name, surname, vocation): MN	Dr. Radovan Savić, full time professor Dr. Atila Bezdán, assistant professor
Title: TI	Wind Erosion Quantification Process in Deliblato Sands
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian / English
Country of publication: CP	The Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Province of Vojvodina
Publication year: PY	2016
Publisher: PU	Author reprint
Publication place: PP	The Faculty of Agriculture 8 Dositej Obradović Square 21000 Novi Sad

Physical description of the paper: PDP	9 chapters / 122 pages / 46 tables / 74 photos / 118 references / biography
Scientific area: SA	Biotechnical sciences
Scientific discipline: SD	Erosion control
Subject, key words: SKW	Wind erosion, deflametre, sediment transport, quantity monitoring method ¹³⁷ Cs, wind erosion intensity, soil redistribution
UDC	530.145:504.121:658.2(043.3)
Holding data: HD	The Faculty of Agriculture's Library, Novi Sad
Note: N	None
Abstract: AB	<p>Erosion is a very complex physical process which, under the impact of atmospheric forces, creates destructive changes on the soil surface layer. In case the primary agent of particle movement is wind, we talk about wind or aeolian erosion. Aeolian erosion is a specific process which occurs in extremely complex situations of mutual interaction of numerous natural and anthropogenic factors of mainly stochastic properties making its research a complex scientific-research problem.</p> <p>The main goal of conducted research was to monitor the process of aeolian erosion at the chosen localities of Deliblato Sands, the largest and the most important area of the kind in Europe. In other words, the goal is to determine the quantities of aeolian sediment – sediment transport by direct systematic measurements in field conditions, determine dominant direction of sediment transport, define its annual distribution and determine the effect of vegetation on reducing the intensity of aeolian erosion. During a four-year period, for the first time in this area, i.e. at the same locality, a comparative research of aeolian erosion have been conducted using the mechanical sediment trap and activities based on ¹³⁷Cs radioisotope tracing technique for estimating soil losses using special theoretical models.</p> <p>The monitoring of aeolian erosion processes was conducted during the period 2006 – 2009 at Cvijićev vis which was chosen as a typical locality since it was, apart from the central position on Deliblato Sands, a cultivated surface without any wind protection. Alongside with these measurements, at Dragićev hat – nursery garden, the monitoring of aeolian erosion was conducted on two measurement points during the period May 2006 – April 2007 in areas with the protective vegetative covers and/or vegetative belts. Aeolian erosion intensity measurement was performed by static sediment traps of the type “deflametre” (dimension of entry opening 10 x 10 cm) oriented on certain directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) in order to define the aeolian erosion processes in vector terms. The quantification of aeolian sediment using static traps constantly facing certain wind blowing directions</p>

enabled to log and differentiate “summary” yield of aeolian sediment (arithmetic sum of all sediment quantities from all traps) and “resulting” quantity of aeolian sediment (vector sum), since those quantities determine not only the entire amount of transported aeolian sediment (sediment yield) but also the sediment transported outside the areas of erosion field (soil loss), but also the general direction of its transport.

Aeolian erosion measurement on Cvijićev vis for the period 2006 – 2009 indicated the significant aeolian erosion processes which were defined by medium annual sediment transport of 4.48 kg m^{-1} . It has been determined that the total quantities of moved sediment were 25.94, 20.92, 52.98 and $43.47 \text{ kg m}^{-1} \text{ year}^{-1}$, and sediment transport 3.24, 2.61, 6.62 and $5.43 \text{ kg m}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in 2006, 2007, 2008 and 2009 respectively.

Sediment transport for the period May 2006 – April 2007 showed that on Cvijićev vis which is characterized by bareness and openness there was the biggest aeolian erosion – four times bigger compared to Dragićev hat – nursery garden I characterized by bareness and protectiveness and 30.2 times bigger compared to Dragićev hat – nursery garden II characterized by overgrown condition and protectiveness of erosive field. At the locality Dragićev hat – nursery garden I the aeolian erosion was recorded 7.5 times bigger compared to the one recorded on Dragićev hat – nursery garden II.

Soil losses expressed through the resulting monthly sediment transport (vector sum) equalled 5.13, 2.04, 4.31 and 11.94 kg m^{-1} in 2006, 2007, 2008 and 2009 respectively, and the percentage share of annual soil losses compared to total sediment yield (arithmetical sum) varied between 8.1% and 27.5%. The resulting aeolian sediment movement direction was SE-NW under the influence of the dominant southeast wind “Koshava”.

Even though the most reliable determination of aeolian erosion and its effects is based on direct systematic measurements in real time conditions in the field, starting from the end of the last century the methods of tracking radionuclide from radioactive precipitation, especially ^{137}Cs , for the purposes of estimating the soil loss and spatial distribution of aeolian sediment, have been used increasingly.

The total number of samples taken for the method of monitoring the quantity of ^{137}Cs was 149, 9 of which were initial samples (3 profiles with 3 samples each), 14 main samples (2 profiles with 7 samples each), 32 remaining samples (8 profiles with 4 samples each), 36 reference samples (9 profiles with 4 samples each) and 58 samples taken radially on certain directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).

The main sample taken from the uncultivated land with the detected quantity of ^{137}Cs of $10,603.57 \text{ Bq m}^{-2}$ represents the comparative value, i.e. local precipitation input of ^{137}Cs for the models of ^{137}Cs quantities conversion into the quantities of lost soil. This sample depicts the area where the research was conducted and represents the comparative value which can properly define the aeolian erosion processes.

For converting the measured quantities of ^{137}Cs into the quantities of lost soil using Walling model the simplest proportional model (PM) for cultivated land was used and the most appropriate profile distribution model (PDM) for uncultivated soil with the newest version of PC compatible software package in Microsoft Excel Add-Ins. Using the profile distribution

model (PDM) on all samples taken from the experimental area the quantities of average soil loss obtained were 207.06 t ha⁻¹ year⁻¹ and 2.10 cm. Basher & Webb model gave the average soil loss of 212.18 t ha⁻¹ year⁻¹ and 2.09 cm. Soil loss calculated using the conversion of ¹³⁷Cs quantities into the soil loss quantities indicate the significant aeolian processes defined by strong and excessive aeolian erosion.

For 58 soil samples taken from areas radially distributed on certain directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), apart from ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex} concentrations and quantities, spatial coordinates X and Y were determined as well as the altitude of taken samples. Spatial distribution of ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex} quantities are represented by isolines, and also 3D demonstrations were created showing the percentage of deviation of ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex} from the local precipitation input of ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex}. In both cases, the dominant direction SE-NW was noticeable, i.e. the southeast wind "Koshava".

The comparative analysis of these methods indicated the validity in the quantification of aeolian erosion process and the possibility of its application in the future and the obtained results of aeolian sediment yield and soil loss contributed to determining the state of soil degradation and vulnerability of Deliblato Sands.

Accepted on Senate on: AS	
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<p>Radovan Savić, PhD, full professor, SF Planning, use and protection of water, The Faculty of Agriculture Novi Sad, mentor</p> <p>Atila Bezdán, PhD, assistant professor, SF Planning, use and protection of water, The Faculty of Agriculture Novi Sad, mentor</p> <p>Ljubomir Letić, PhD, full professor, SF Water use in forest areas, The Faculty of Forestry Belgrade, president</p> <p>Pavel Benka, PhD, assistant professor, SF Geodesy, The Faculty of Agriculture Novi Sad, member</p> <p>Miodrag Krmar, PhD, full professor, SF Physics, Nuclear physics, Faculty of Sciences Novi Sad, member</p>

SPISAK SKRAĆENICA

B&W – Basher & Webb model
BSNE – Big Spring Number Eight hvatač eolskog nanosa
BTI – Institute of Soil Technology
CV – Cvijićev vis
DH - I – Dragićev hat - rasadnik I
DH - II – Dragićev hat - rasadnik II
E – Istok
EF –Erodibilne frakcije zemljišta
FCM – Fuzzy c-means clustering
GIS – Geografski informacijski sistem (Geographic Information System)
GJ – Gazdinska jedinica
GPS – Sistem za globalno pozicioniranje (Global Positioning System)
IBA – Međunarodno značajno stanište ptica (International Bird Area)
ICAPAO – International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations
ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River
ILSWE – Indeks ugroženosti zemljišta eolskom erozijom
IPA – Međunarodno značajno stanište ptica (International Plant Area)
IVEP – Jednačina za proračun intenziteta eolske erozije (Letić, 1989)
LUCAS dataset – georeferencirani uzorci gornjih slojeva tla
MBM – Model bilansa mase (Mass Balance Model)
MS – Meteorološka stanica
MWAC – Modified Wilson and Cook hvatač eolskog nanosa
N – Sever
NDVI – indeks vegetacione razlike (Normalized Difference Vegetation Index)
NE – Severoistok
NW – Severozapad
PBA – Međunarodno značajno stanište dnevnih leptira (Prime Butterfly Area)
PC – Personal Computer
PDM – Model profilne distribucije (Profile Distribution Model)
PM – Proporcionalni model (Proportional Model)
RWEQ – Revised Wind Erosion Equation
S – Jug
SAD – Sjedinjene Američke države
SCS – Soil Conservation Service
SE – Jugoistok
SMBM – Uprošćeni model bilansa mase (Simplified Mass Balance Model)
SW – Jugozapad
UK – United Kingdom
US – United States
USDA – United States Department of Agriculture
USLE – Univerzalna jednačina guubitaka zemljišta (Universal Soil Loss Equation)
W – Zapad
WEDI – Indeks erozije dinamike
WEELS – Wind Erosion on European Light Soils model
WEPP – Water Erosion Prediction Project
WEPS – Wind Erosion Prediction System

SADRŽAJ

1. UVOD	...	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	...	3
3. HIPOTEZA	...	4
4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	...	5
5. MATERIJAL I METODE RADA	...	18
5.1. Principi pokretanja i transporta eolskog nanosa	...	18
5.2. Opis istraživanog područja	...	21
5.3. Merenje i uzorkovanje	...	22
5.4. Merenje i uzorkovanje zemljišta za izbor referentnih uzoraka (referentne količine ^{137}Cs)	...	38
5.5. Merenje i uzorkovanje zemljišta za procenu stanja redistribucije zemljišta (količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)	...	40
5.6. Statističke metode		43
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	...	45
6.1. Količine eolskog nanosa i intenziteti eolske erozije	...	45
6.2. Koncentracije i količine ^{137}Cs u zemljištu i intenziteti eolske erozije	...	61
6.3. Redistribucija zemljišta na eksperimentalnom području	...	84
6.4. Uporedni prikaz zahvaćenog eolskog nanosa i intenziteta eolske erozije	...	92
7. DISKUSIJA REZULTATA	...	101
8. ZAKLJUČCI	...	111
9. LITERATURA	...	116

1. UVOD

Erozija predstavlja vrlo složen fizički proces u kome pod dejstvom atmosferskih sila nastaju destruktivne promene na površinskom sloju zemljišta. Pod uticajem vode ili vetra na tlo podložno eroziji dolazi do otkidanja i pokretanja čestica zemljišta različitih oblika i dimenzija, njihovog premeštanja na izvesnu udaljenost i na kraju odlaganja. Ove komponente predstavljaju sastavni deo kompleksnog prirodnog procesa, što neophodno zahteva multidisciplinarnost i integralni pristup u rešavanju problema erozije i kretanja nanosa. Erozijski procesi nastaju kao rezultat interaktivnih odnosa između prirodnih i antropogenih faktora: klime, geološke podloge, pedološkog sloja, reljefa, načina korišćenja zemljišta itd. Kada je osnovni agens pokretanja čestica zemljišta vetar, govori se o eroziji vetrom ili eolskoj eroziji (od Eol - Bog vetrova u grčkoj mitologiji). Često se kao sinonim za eolsku eroziju koristi termin deflacija, koji potiče od latinske reči deflare - iznositi, vaditi, izbacivati, što nije u potpunosti korektno, jer deflacija označava izduvavanje, odnosno odnošenje čestica tla, što je samo jedan od fenomena složenog procesa eolske erozije (Božinović, 1994).

Eolska erozija je značajan faktor degradacije zemljišta u globalnim razmerama, a svakako da ni pojedina područja naše zemlje, pre svega Vojvodine, nisu izuzeta od ovakvih erozionih procesa (Savić et al., 2002). Naročitu erodibilnost pri delovanju agresivnih vetrova pokazuju zemljišta lakšeg mehaničkog sastava - različiti tipovi peskova. Rezultat istorijskog delovanja eolske erozije i redistribucije zemljišta u Vojvodini je nekoliko prostorno odvojenih peščanih celina (npr. Deliblatska i Subotičko-horgoška peščara), koje se međusobno razlikuju, kako po karakteru podloge i geomorfologiji, tako i po biogeografskim svojstvima. Površine pod peskovitim zemljištima nisu relativno velike, ali su značajne, pre svega, po svojim posebnim prirodnim vrednostima, specifičnim proizvodnim karakteristikama i naročito sa aspekta njihove izražene ugroženosti degradacionim procesima eolske erozije.

Naslagama eolskog peska i izraženim dinskim reljefom, prisutnim peščarskim, stepskim i šumskim ekosistemima, karakterističnim mozaikom životnih zajednica i tipičnim predstavnicima flore i faune, Deliblatska peščara predstavlja prirodni geomorfološki fenomen jedinstven u Evropi. Zbog svojih posebnih ambijetalnih uslova, Deliblatska peščara se ponekad naziva i „Evropskom Saharom“.

Neponovljive prirodne vrednosti svrstavaju Deliblatsku peščaru u jedan od naučnih poligona svetskog značaja. Od prvih istraživačkih radova sa početka prošlog veka do danas, mnogi stručnjaci su se bavili ovim prostorom i problematikom eolske erozije u okviru fundamentalnih i primenjenih nauka. O tome svedoči preko 700 bibliografskih jedinica, objavljenih u naučnim i stručnim časopisima, među kojima je i sedam zbornika radova posvećenih zaštiti i unapređenju Deliblatske peščare. Međutim, mora se, na žalost, konstatovati da su istraživanja eolske erozije kod nas relativno skromna i da se raspolaže ograničenim fondom terenskih i laboratorijskih podataka. Ovaj iskaz potvrđuje i činjenica koju iznosi Božinović (1994), da je u periodu od 1838. do 1993. godine objavljeno preko 650 radova koji se odnose na Deliblatsku peščaru, a da je u svega nekoliko njih razmatran sam proces eolske erozije.

U ranijoj praksi, gubitak i degradacija zemljišta izazvani eolskom erozijom su se, uglavnom, procenjivali vizuelno i predstavljali opisno. Dosadašnja istraživanja i merenja intenziteta eolske erozije pomoću posebnih mernih instrumenata bila su retka, a odnosila su se upravo na potencijalno najugroženija peskovita zemljišta. Prve procene intenziteta eolskih procesa kod nas pomoću odgovarajućih mernih instrumenata za područje Deliblatske peščare izvršene su tek u periodu 1971-1974. godine (Jevtić, 1975). Iako su merenja intenziteta eolske erozije, pre svega, na području Subotičko-horgoške peščare nastavljena (Letić, 1989; Savić, 1999), u dosadašnjim istraživanjima eolske erozije u našoj zemlji osećao se nedostatak eksperimenata sa upotrebom različitih tipova instrumenata za hvatanje i određivanje intenziteta eolskog nanosa, kao i nedostatak uporednih prikaza tako dobijenih rezultata.

Mnogi autori širom sveta ističu značajan uticaj eolske erozije na degradaciju peskovitih zemljišta, tako da se upravo na takvim zemljištima, kao i na zemljištima gde intenziteti eolske erozije usled neadekvatnog ljudskog delovanja poprimaju i ekscesivne razmere, najčešće sprovode opsežna istraživanja složenih erozionih procesa. Od devedesetih godina prošlog veka, počela je sve veća primena radionuklida (^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be), prvenstveno radioizotopa veštačkog porekla „Cezijum 137”, za detekciju i determinaciju procesa eolske erozije, pošto radionuklidi omogućavaju prikupljanje informacija o gubitku zemljišta i prostornom rasporedu eolskog nanosa na određenom području na osnovu samo jedne posete terenu. Za uzorke uzete širom analiziranog erozionog polja i uzorke uzete na referentnim tačkama, pomoću gama spektrometra, određuju se aktivnost (koncentracija) i zaliha (količina) ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be . Determinacijom povećanog ili smanjenog sadržaja radionuklida u pojedinim uzorcima u odnosu na referentne vrednosti dobija se prostorna predstava erozionih procesa na erozionom polju (Walling & Quine, 1990, 1991, 1993, 1995).

Planirana istraživanja u okviru ovog rada biće usmerena na karakteristične lokalitete Deliblatske peščare, najvećeg i najznačajnijeg područja takve vrste u Evropi. U cilju potpunijeg sagledavanja problema eolske erozije i određivanja stanja degradacije zemljišta, neophodno je konkretno utvrditi kvantitativne i kvalitativne karakteristike ovog procesa. Postupci merenja intenziteta eolske erozije, odnosno utvrđivanja količina eolskog nanosa, pravaca i smerova njihovog kretanja još uvek nisu adekvatno rešeni, tako da ne postoje uniformnost u istraživanjima, opšteprihvaćeni instrumenti, standardizovana oprema i metode proučavanja, kao ni empirijski obrasci, teorijski modeli i mehanizmi za simulaciju i praćenje ovog procesa. Merenje intenziteta i kvantifikacija procesa eolske erozije realizovaće se različitim metodama: pomoću mehaničkih hvatača, analizom prostorne distribucije radionuklida, primenom relevantnih računarskih modela, GIS alata i sl. Dobijeni rezultati biće zasnovani na višegodišnjim terenskim istraživanjima i merenjima svih komponenti eolske erozije i poslužiće da se na osnovu izmerenih količina eolskog nanosa definišu karakteristike erozionih procesa, uoče najznačajniji faktori degradacije zemljišta i izvrši ukupna ocena stanja ugroženosti područja Deliblatske peščare.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U cilju potpunijeg sagledavanja problema eolske erozije i njenog uticaja na degradaciju zemljišta, neophodno je egzaktno utvrditi kvantitativne i kvalitativne karakteristike erozionih procesa, jer je erozija izazvana vetrom specifičan proces koji se odvija u izrazito složenim okolnostima uzajamnog delovanja brojnih faktora klime i podloge, kao i uticaja čoveka. Osnovi cilj planiranih istraživanja je da se na izabranim lokalitetima Deliblatske peščare uspostavi praćenje stanja („*monitoring*“) procesa eolske erozije, odnosno neposrednim, sistematskim merenjima u terenskim uslovima ustanove količine eolskog nanosa – pronos nanosa i odrede dominantni pravci njegovog kretanja, definišu produkcija eolskog nanosa (mesečna i godišnja) i redistribucija zemljišta i utvrde godišnji gubici zemljišta.

Pri tome, biće uspostavljena tri merna mesta sa ciljem:

- a) Da se utvrdi realna opasnost od eolske erozije na golom zemljištu, stalno obrađenom površinskom sloju bez zaštite od vetra (lokalitet Cvijićev vis koga karakterišu otvorenost i neobraslost površine);
- b) Da se paralelno prati efekat zaštite od vetra na smanjenje procesa eolske erozije koje pružaju vegetacioni pokrivač i vegetacioni pojas (lokalitet Dragićev hat - rasdnik I koga karakterišu neobraslost i zaštićenost zemljišta i lokalitet Dragićev hat - rasdnik II koga karakterišu obraslost i zaštićenost zemljišta);
- c) Da se ispita mogućnost primene različitih metoda merenja i procene intenziteta eolske erozije;
- d) Da se utvrde periodi najveće ugroženosti zemljišta procesima eolske erozije;
- e) Da se analizira mogućnost primene modela za pretvaranje količina radionuklida, prvenstveno ¹³⁷Cs, u procenu stanja erozije, tj. količine izgubljenog zemljišta;
- f) Da se definiše prostorna (re)distribucija eolskog nanosa u okviru eksperimentalnog područja pomoću grafičkih prikaza (2D – izolinijama i 3D);
- g) Da se omogući i sprovede komparativna analiza rezultata primene različitih metoda kvantifikacije procesa (mehanički hvatači i radionuklidi – traseri).

Korišćenjem izabranih instrumenata, grupe statičnih hvatača eolskog nanosa tipa *deflametar* i metoda zasnovanih na praćenju količina radionuklida u zemljištu mogu se odrediti ne samo količine nanosa i intenziteti eolske erozije, odnosno gubici zemljišta, nego i preovlađujući pravac i smer kretanja nanosa, odnosno redistribucija zemljišta. Na ovaj način, prevazići će se opisne ocene ugroženosti područja eolskom erozijom i dobiti konkretni i pouzdani pokazatelji stanja i karaktera procesa eolske erozije na Deliblatskoj peščari.

3. HIPOTEZA

Radna hipoteza se zasniva na činjenici da je na osnovu direktnih terenskih merenja, primenom različitih metoda, moguće potpunije prostorno i vremenski sagledati i kvantifikovati procese eolske erozije, odnosno utvrditi intenzitete eolske erozije i gubitke zemljišta na Deliblatskoj peščari. Način merenja i uzorkovanja, dobijene količine i osobine zahvaćenog eolskog nanosa, metode za procenu stanja eolske erozije i prostorne (re)distribucije zemljišta (empirijski obrasci, matematički mehanizmi, teorijski i prostorni modeli) treba da pokažu da je pri nepovoljnoj koincidenciji uzročnih faktora na Deliblatskoj peščari prisutna jaka i vrlo jaka eolska erozija na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava, pogotovo na izdignutim, otvorenim (nezaštićenim od vetra) i neobraslim površinama. Mesečno uzorkovanje zahvaćenog eolskog nanosa pokrenutog iz različitih pravaca će omogućiti prostorno i vremensko definisanje produkcije i distribucije eolskog nanosa. Po prvi put će se na ovim prostorima, na istom lokalitetu, sprovesti uporedna istraživanja primenom mehaničkih hvatača eolskog nanosa i metoda zasnovanih na praćenju aktivnosti radionuklida u zemljištu. Komparativna analiza ovih metoda ukazaće na validnost i mogućnost njihove primene u kvantifikaciji procesa eolske erozije u budućnosti. Dobijeni rezultati će biti doprinos oceni stepena degradacije zemljišta i stanja ugroženosti, kao i efekata vegetacionog pokrivača na području Deliblatske peščare, pošto je vegetacija značajan faktor koji i u uslovima povećane erodibilnosti zemljišta i erozivnosti klimata utiče na značajno smirivanje erozionih procesa i smanjenje intenziteta eolske erozije. Sistematizovani i interpretirani rezultati predstavljaju dobru osnovu i preduslove za planiranje i sprovođenje protiverozionih mera zaštite. Istovremeno, ukazaće se na izuzetnu važnost problematike eolske erozije, kojoj i pored svih saznanja o potencijalnoj i stvarnoj ugroženosti zemljišta lakšeg mehaničkog sastava još uvek nije posvećena adekvatna pažnja. Predložena i realizovana istraživanja ugroženosti ovog područja procesima eolske erozije biće doprinos takvim nastojanjima. Dobijeni rezultati će imati naročit značaj za Deliblatsku peščaru koja predstavlja područje od izuzetnog ekološkog značaja, ali zbog svoje geološke i pedološke predispozicije, kao i prisutnih dominantnih vetrova i idealan poligon za proučavanje procesa eolske erozije i nauku uopšte.

4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Suština procesa erozije objašnjava se veoma sličnim definicijama, od kojih treba napomenuti dve, pre svega, da bi se uvidelo kako se ona definiše kod nas i u svetu:

- „Pod pojmom erozije u elementarnom smislu treba podrazumevati promene na površinskom sloju zemljišnog reljefa, koje nastaju kao posledica delovanja kiše, snega, mraza, temperaturnih razlika, vetra i tekućih voda ili usled antropogenih faktora” (Gavrilović, 1971);
- „Erozija predstavlja razaranje površinskog sloja zemljišta pod dejstvom vetra ili vode” (Kirkby & Morgan, 1980).

U istraživanjima procesa erozije uopšte, pa i danas, znatno veća pažnja je pridavana svim aspektima vodne erozije (Warsta et al., 2014), dok je erozija izazvana vetrom bila neopravdano zapostavljena. Iako se pojava eolske erozije najčešće dovodi u vezu samo sa područjima gde su nastale štete veoma vidne (pustinje, peščare i sl.), ne sme se izgubiti iz vida činjenica da su procesi erozije izazvani vetrom prisutni na skoro svim zemljištima (prostrane ravnice, nezaštićene oranice i sl.). Otežavajuću okolnost u izučavanju eolske erozije predstavlja i njena izrazita složenost i neophodnost multidisciplinarnog pristupa.

Procesi eolske erozije nisu uvek lako uočljivi u kraćim vremenskim intervalima, jer deluju polako i prikriveno - skoro neprimetno. Bennett („Veliki Hju”) je 1933. godine, u okviru U. S. Department of Agriculture, osnovao poseban Soil Erosion Service, pa se smatra začetnikom organizovane borbe protiv erozije u SAD. Kasnije, tridesetih godina prošlog veka, velike štete izazvane eolskom erozijom u SAD navele su Kongres da eroziju proglasi „državnim neprijateljem broj 1” i da formira Soil Conservation Service (SCS), vladinu organizaciju za proučavanje, nadzor i sprovođenje mera za rešavanje problema izazvanih erozijom (Bennet, 1953). Međutim, nakon primene odgovarajućih mera zaštite na preko 60% ugroženih teritorija, podaci ukazuju na značajno smirivanje erozionih procesa (Beasley, 1972).

Na osnovu teorijskih, terenskih i laboratorijskih istraživanja, Chepil u nizu radova (1939-1965) prikazuje osnovna obeležja eolske erozije. Pri tome, ističe da je to progresivan proces u vremenu i prostoru, što pretpostavlja povećanje intenziteta kada se brzina, pravac vetra i ostali faktori ne menjaju. Chepil konstatuje da se najveći deo čestica eolskog nanosa kreće u prizemnim slojevima vazduha (oko 90% do visine 30 cm) i daje podatke o procentualnoj zastupljenosti mogućih načina kretanja tih čestica.

Procesima eolske erozije je vremenom posvećena sve veća pažnja, tako da je u organizaciji American Society of Agricultural Engineers 1996. godine održana konferencija o aeropolutantima poreklom sa poljoprivrednih površina (First International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, ICAPAO '96) u okviru koje je u posebnoj sekciji tretirana problematika merenja i prognoze eolske erozije (Session 2. Wind erosion: predictions and measurements), a 1997. godine je povodom obeležavanja 50. godišnjice istraživanja eolske erozije pod okriljem U. S. Department of Agriculture, održan Simpozijum posvećen isključivo problemima eolske erozije (International Symposium/Workshop-Wind Erosion, Commemorating the 50th anniversary of the USDA's Wind Erosion Research at Kansas State University). Ipak, najilustrativniji dokaz zainteresovanosti stručne javnosti za problematiku eolske erozije je stalna „debatna konferencija” otvorena 1994. godine na

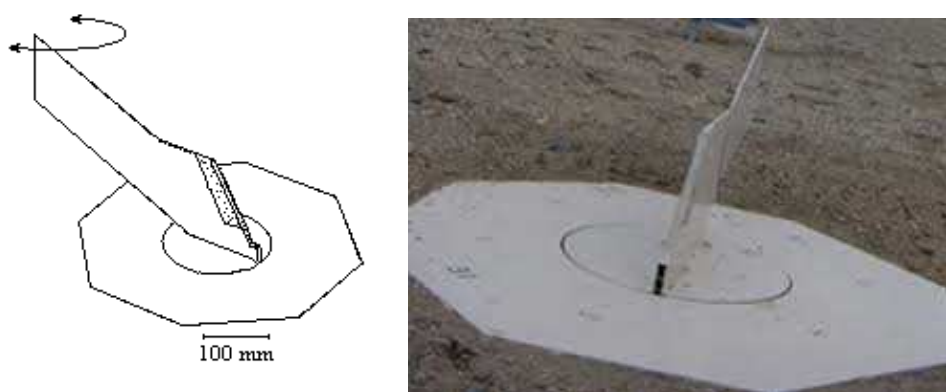
Internetu, gde je u svakom trenutku iz bilo kog dela Sveta moguće pokrenuti diskusiju ili dati svoj komentar na bilo koje pitanje vezano za ovaj proces (<http://www.weru.ksu.edu>).

U skladu sa razmerama i značajem problema eolske erozije, mnogobrojni istraživači i sa prostora bivšeg Sovjetskog Saveza su se bavili izučavanjem ovih procesa. Najzastupljenija mera koja se primenjivala u te svrhe je bilo podizanje šumskih vetrozaštitnih pojaseva. Tako nastalu sintezu poljoprivrede i šumarstva možda najbolje ilustruje posebno formirana disciplina „агролесомелиорация” u okviru koje su se detaljno razmatrali svi aspekti uticaja zaštitnih pojaseva na mikroklimatske uslove i prinose (Albenskij & Nikitin, 1956). Savchenko i Smirnov (1997) su ustanovili da područja sa kojih se najčešće pokreće eolski nanos ne moraju biti uvek pustinje, nego isušene doline i delte reka, kao i prostrane ravnice gde je površinski sloj prekriven lesom i rastresitim zemljištem. I širom Istočnog bloka, eolska erozija je bila predmet veoma detaljnih istraživanja, pre svega, u bivšoj Čehoslovačkoj. Ovim istraživanjima su obuhvaćeni mnogi aspekti pomenute problematike, od eksperimenata sa primenom različitih uređaja za merenje intenziteta procesa, analize njihovog rada i zahvaćenog nanosa, preko uticaja pojedinih faktora na gubitke zemljišta, modeliranja samog procesa i uspostavljanja odgovarajućih empirijskih zavisnosti, do mera zaštite od agresivnog delovanja (Pasak, 1964, 1967, 1984; Švehlik, 1972, 1982, 1987; Stredansky, 1980, 1981, 1993; Stredansky & Stredanska, 1998). Između ostalog, Pasak (1984) ističe da je svaka ravna površina otvorenog polja izložena eolskoj eroziji, pogotovo ako na tom području često duvaju vetrovi, ako je zemljište lakog mehaničkog sastava, ako je srednja godišnja suma padavina manja od 550 mm vodenog taloga i ako je pošumljenost ispod 20%. Prema navodima Georgieva et al. (1995) oko 1/3 obradivih površina u Bugarskoj podložno je eolskoj eroziji, pri čemu izvršena rejonizacija prema klimatskim parametrima pokazuje da 52% teritorije Bugarske ima uslove za razvoj veoma jake i jake eolske erozije, 23% za njen srednji intenzitet, a samo 25% za retku pojavu eolske erozije. Ova i slična istraživanja eolske erozije koja su se sprovodila u susjednim zemljama su bila posebno važna, zbog sličnih prirodnih uslova u regionu.

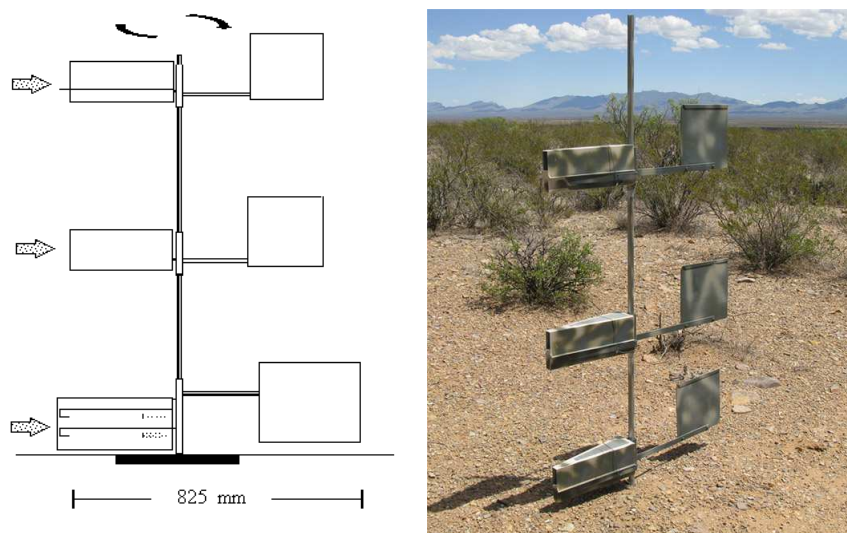
Istraživači iz zemalja Zapadne Evrope su se, takođe, bavili ovim procesima, među kojima treba navesti grupu engleskih autora koja je objavila monografiju „Erozija zemljišta” (Kirkby & Morgan, 1980) u kojoj se pored ostalih oblika erozionih procesa posebno obrađuje eolska erozija (Wilson & Cooke). Warren, profesor Departmana za geografiju sa univerzitetskog koledža iz Londona, napravio je spisak literature iz čitavog sveta koji je vezan za oblast eolske erozije, pri čemu je najranija referenca datirala čak iz 1669. godine, a poslednja krajem 1989. godine kada je prestala potreba za ovom bazom podataka zbog pojave brojnih elektronskih bibliografija.

Razvojem nauke i tehnologije, naročito korišćenjem računara i mogućnosti da se do potrebnih ulazno-izlaznih podataka dođe mnogo brže, dolazi do razvoja novih metoda i programa vezanih za zaštitu zemljišta od erozije. U pogledu vodne erozije, jedan od takvih je Projekat predviđanja vodne erozije WEPP - Water Erosion Prediction Project (Flanagan et al., 1995; Flanagan & Frankenberger, 2000). WEPP model procenjuje gde, kada i u kojoj količini će se pojaviti problemi oticanja vode, gubitaka zemljišta i produkcije nanosa na datoj padini i/ili slivu u funkciji klime, nagiba, zemljišta i korišćenja zemljišta. Program dozvoljava korisniku laku upotrebu i interpretaciju rezultata. Izlazni podaci pružaju potencijalno snažan alat za procenu različitih opcija konzervacije zemljišta, kako poljoprivrednih tako i šumskih ekosistema (npr. putevi, opožarene površine itd). Projekat je predstavljen softverskom

aplikacijom (WEPP v4.0 ili v2001.300) i pratećom dokumentacijom (WEPP User Summary). WEPP model ima regionalni karakter, što znači da sve zavisnosti treba modifikovati u skladu sa istraživanjima u konkretnim uslovima. Zbog toga je urađen fajl klime za meteorološku stanicu Beograd - opservatorija (Velojić et al., 2001) u proseku od 37 godina (1949-1985) za osnovne podatke i dnevni razvoj vremena za period od 21 godine (1965-1985). Ova stanica je izabrana kao najbolje obrađena stanica koja pokriva veliku teritoriju (ovoj stanici gravitira oko 30% poljoprivrednog zemljišta u Srbiji). Za merenje intenziteta eolske erozije na obradivim površinama, aktuelna istraživanja sa rotacionim „pivot” hvatačima nanosa su prethodila izradi jednog od novijih simulacionih modela za proračun i prognozu procesa eolske erozije WEPS - Wind Erosion Prediction System (Hagen et al., 1996; Zobeck et al., 1996). Prvi rotacioni „pivot” hvatač Near-surface creep/saltation sampler je služio za izdvajanje saltirajućih čestica do visine 20 mm (0-3, 3-9 i 9-20 mm), a drugi Big Spring Number Eight (BSNE) do visine 1 m (5, 10, 25, 50 i 100 cm), slike 4/1. i 4/2.



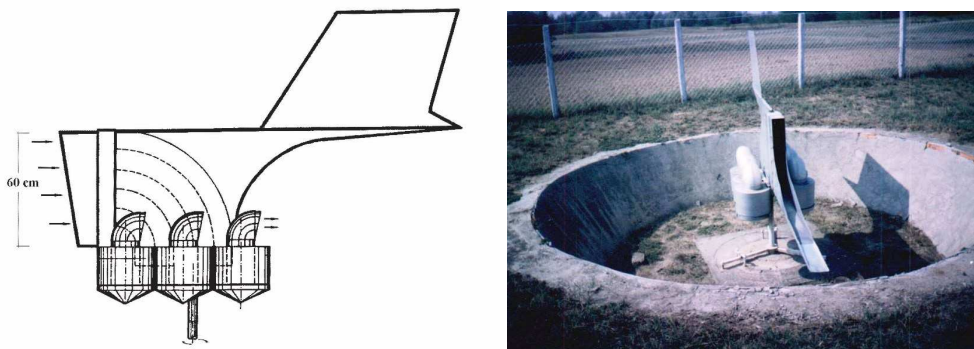
Slika 4/1. Near-surface creep/saltation sampler (Hagen et al., 1996; Zobeck et al., 1996)



Slika 4/2. Big Spring Number Eight hvatač nanosa (Hagen et al., 1996; Zobeck et al., 1996)

U okviru naših prostora, mora se konstatovati da su istraživanja eolske erozije bila relativno skromna i da se raspolaže ograničenim fondom laboratorijskih i terenskih podataka. Gavrilović (1969, 1972) konstatuje da su metode proračuna intenziteta erozije vetrom tek u početnim stadijumima razrade, mada je ovaj problem od velikog interesa za praksu i istovremeno predlaže da se ugroženost nekog područja vetrom prikazuje preko izohijetalnih karata. Jevtić (1973), u svojoj disertaciji „Mogućnost određivanja srednjegodišnjeg inteziteta

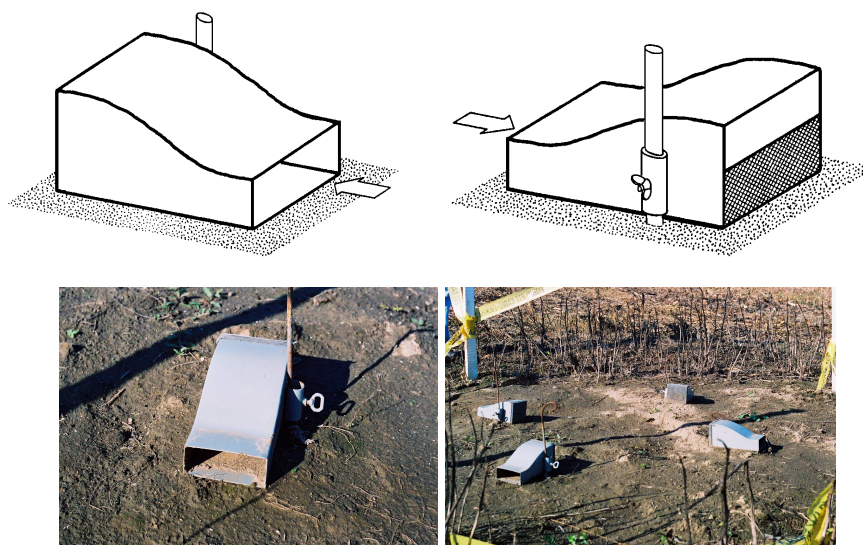
eolske erozije putem mernih instrumenata” konstruiše rotacioni hvatač eolskog nanosa, koji je kao poseban vid pneumatskog uređaja bio podešen za rad u prizemnom sloju atmosfere (0-60 cm), slika 4/3. Otvori strujnih kanala su dimenzija 10 x 10 cm, a raspoređeni su jedan iznad drugog u vertikalnoj seriji. Prve procene za područje Vojvodine date na osnovu merenja pneumatskom sondom, za severnu Bačku i južni Banat sa fokusom na Deliblatsku i Subotičku-horgošku peščaru, izvršene su u periodu 1971-1974. godine (Jevtić, 1975), gde je za područje Deliblatske peščare egzaktno utvrđen godišnji pronos nanosa od 4 kg m^{-1} .



Slika 4/3. Rotacioni hvatač eolskog nanosa (Jevtić, 1973)

Primenjujući formulu Pasaka za određivanje potencijalnog intenziteta eolske erozije, Božinović i Letić (1982) i Letić et al. (1984) utvrđuju da je preko 85% površine Vojvodine u kategoriji uznemirenih i veoma uznemirenih zemljišta. Uz tu konstataciju, daju i kartu područja sa ucrtanim izolinijama intenziteta eolske erozije na kojoj se vidi da se eolska erozija u najoštrijem obliku javlja na Deliblatskoj i Subotičko-horgoškoj peščari (do $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$), ali da ni ostale površine nisu pošteđene štetnog delovanja ovog procesa. Procenjeno je da prosečna vrednost potencijalnog intenziteta eolske erozije za Vojvodinu iznosi oko $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$.

Rezultati sistematskih merenja, objavljeni u radovima Letića (1989, 1992), dali su konkretne kvantitativne pokazatelje intenziteta i štetnosti eolske erozije na Subotičko-horgoškoj peščari. Merenja su vršena u Donjem Tavankutu, gde je 1980. godine formiran Centar za praćenje eolske erozije od strane Katedre za melioracije Šumarskog fakulteta u Beogradu.



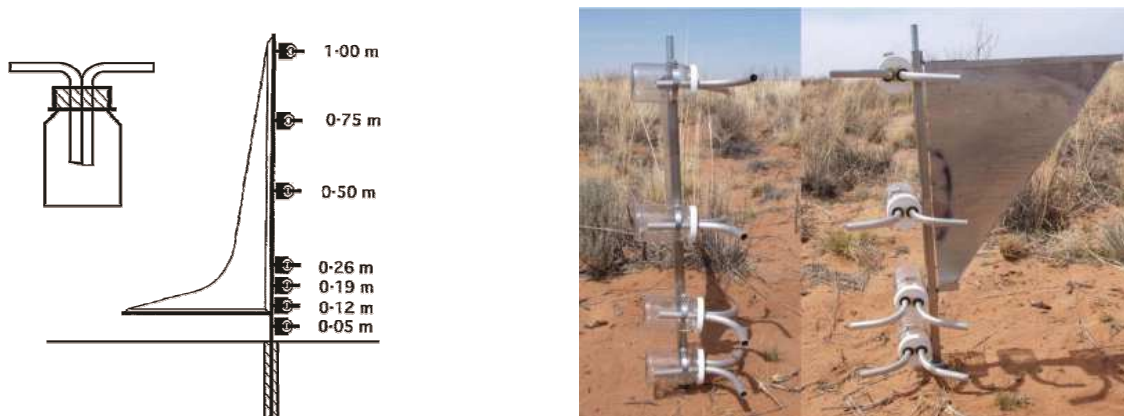
Slika 4/4. Hvatač nanosa konstruisan po ideji prof. dr M. Božinovića (Savić, 1999)

Savić (1999) je u svojoj disertaciji „Ugroženost zemljišta Vojvodine eolskom erozijom” pomoću posebno konstruisanih hvatača nanosa po ideji prof. dr M. Božinovića, dimenzija ulaznog otvora 10,0 x 4,5 cm (slika 4/4.), tokom trogodišnjeg perioda (1995-1997) na dva lokaliteta u Vojvodini (Tavankutu i Rimskim Šančevima), izvršio sistematska istraživanja eolske erozije i relevantnih uzročnih faktora. Na osnovu izmerenih intenziteta eolske erozije iz različitih pravaca, tj. strana sveta, osmotrenih meteoroloških parametara i njihove koincidencije, izveo je izraz za „klimatski faktor” koji pruža mogućnost za približnu procenu potencijalne ugroženosti i razvijenosti procesa eolske erozije na nekom lokalitetu.

U monografiji „Nemirni pesak” (Letić et al., 2001), prikazana su istraživanja procesa eolske erozije na području Subotičko-horgoške peščare na dve osmatračke stanice pomoću rotacionog hvatača nanosa tipa pneumatske sonde (1980-1999), od kojih je jedna bila na površini zaštićenoj šumskim zasadima, a druga na nezaštićenoj površini i statičnog hvatača nanosa tipa *deflametar* – modifikovanog Karoljijevog hvatača (1995-1997) na nezaštićenoj površini. Na taj način je pored određivanja ukupne produkcije eolskog nanosa, omogućeno i definisaje rezultujućeg pravca kretanja nanosa na istraživanom području, kao i procena odnosa između pokrenutih i odnetih količina eolskog nanosa. Ukupne godišnje količine produkovanog eolskog nanosa kretale su se od 1,348 do 43,190 kg m⁻¹ god⁻¹ na nezaštićenoj lokaciji i od 0,101 do 0,593 kg m⁻¹ god⁻¹ na šumom zaštićenoj lokaciji. Dominantni pravac kretanja eolskog nanosa je bio od severozapada ka jugoistoku, a od ukupnih količina produkovanog eolskog nanosa u proseku je samo 25-45% nanosa nastavljalo da se kreće van erozionog polja merne stanice, najvećim delom u prizemnom sloju do ukupne visine od 60 cm. Isto tako, korelacionim analizama su ustanovljene empirijske formule za proračun sumarnih količina eolskog nanosa – izraz za proračun jediničnog intenziteta eolske erozije (kg m⁻¹ s⁻¹) i izraz za proračun mesečnih količina eolskog nanosa (kg m⁻¹ mes⁻¹).

Savić & Letić (2003) analiziraju procese eolske erozije na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava u Vojvodini, a Savić et al. (2004) daje novi pristup za njihovu kvantifikaciju. Bazirajući se na proučavanja intenziteta eolske erozije na području Vojvodine, Letić et al. (2008, 2009, 2011) ističe posledice primene intenzivnih poljoprivrednih tehnologija, jer su destruktivni efekti eolske erozije najvidljiviji u poljoprivredi i na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava. Ugroženost ovih prostora definisana je primenom empirijskih modela proračuna intenziteta eolske erozije Pasak (1967) i Letić (1989).

Da bi se povećala tačnost podataka, odnosno ocena intenziteta i procena šteta, potrebne su bile precizne i pouzdane metode merenja eolske erozije. Korišćeni su razni tipovi hvatača, kao npr. Big Spring Number Eight (BSNE) i Modified Wilson and Cook (MWAC) hvatači, prikazani na slikama 4/2. i 4/5., koji su bili najpopularniji za istraživanje saltacije (skokova) na terenu (Zobeck et al., 2003; Mendez et al., 2011). Procena transporta zemljišnog materijala vetrom vršena je i na eksperimentima „*in situ*” u aerodinamičkim tunelima (Xing & Guo, 2009; Farsang et al., 2013). Eksperimentalna istraživanja u aerodinamičkim tunelima vršena su i sa efektima poliakrilamida (PAM) u cilju određivanja sposobnosti zemljišta da umanjí degradaciju (Armbrust, 1997; He et al., 2008). Najnovija istraživanja eolske erozije, između ostalog, zasnivaju se na terenskim merenjima i daljinskoj detekciji vegetacionog pokrivača (Yue et al. 2015).

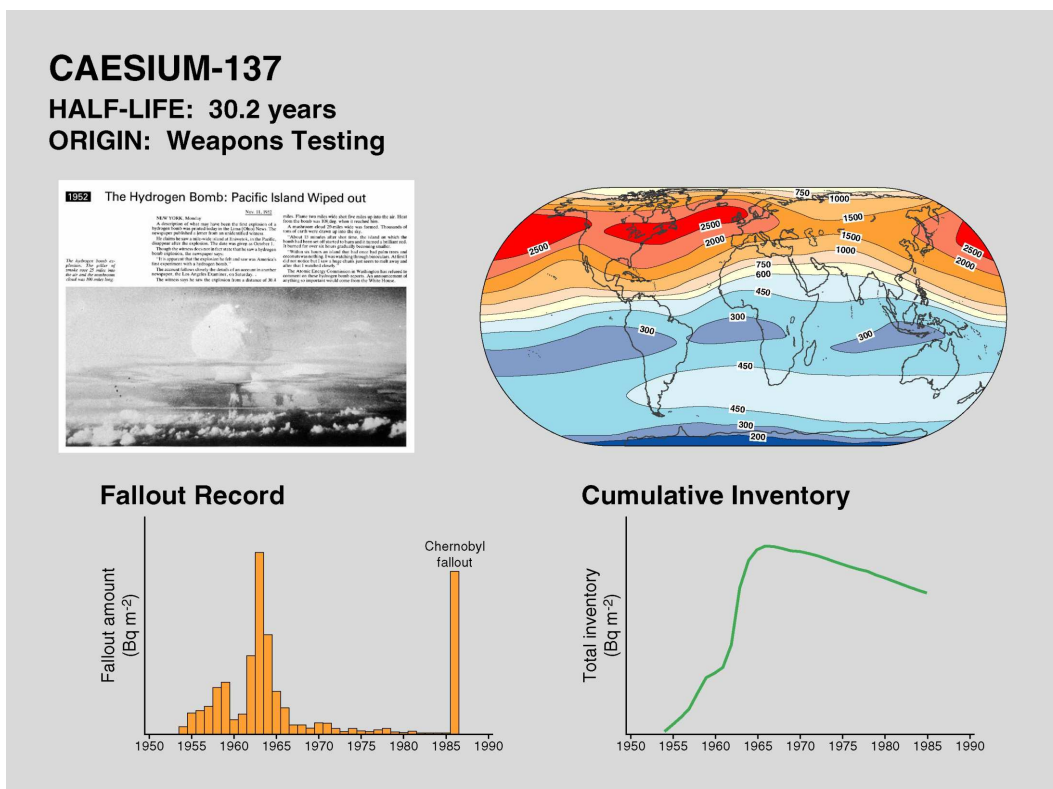


Slika 4/5. Modified Wilson and Cook hvatač nanosa dopušten od strane Soil Science Society of America (Zobeck et al., 2003)

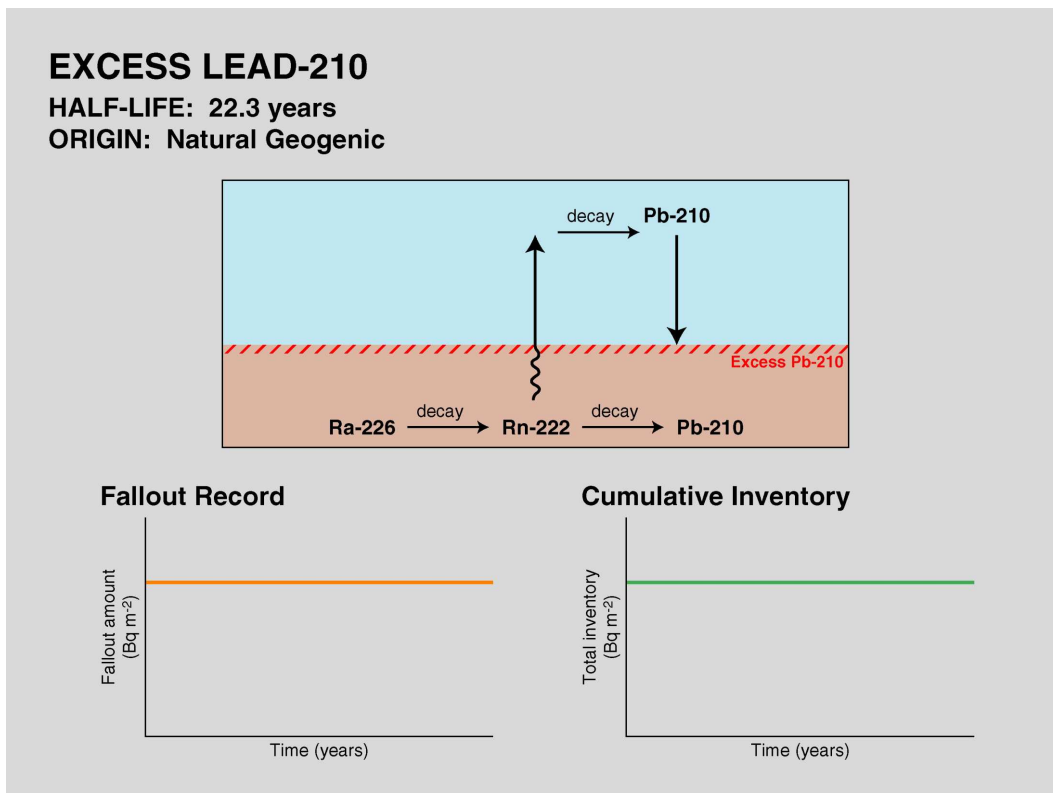
Postojeće metode praćenja gubitka zemljišta imaju brojna ograničenja u oblasti reprezentativnosti dobijenih podataka, njihovoj prostornoj distribuciji, potencijalu pružanja informacija na duži period o gubitku zemljišta i prostornom rasporedu na širim područjima, tako da je jedan broj istraživača ispitivao mogućnost primene merenja radionuklida iz radioaktivnih padavina, posebno ^{137}Cs , u cilju procene intenziteta erozije – deflacije i depozicije na poljoprivrednim zemljištima. U suštini, metoda sa ^{137}Cs omogućava prikupljanje retrospektivnih informacija za duži period o gubitku zemljišta i prostornom rasporedu nanosa na određenoj površini na osnovu samo jedne posete terenu. U svom radu, Walling i Quine (1995) su pokušali da izvrše procenu potencijala šire primene ove metode u istraživanju erozije zemljišta i da uključuje u upotrebu druge radionuklide iz radioaktivnih padavina ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be). Vodeći se radom pionira metodologije merenja radionuklida iz radioaktivnih padavina u cilju procene intenziteta erozije (Walling, 1988; Ritchie & Ritchie, 1995; Walling & Quine, 1995; Walling et al., 1995, 1996; He & Walling, 1996, 1997; Walling & He, 2000), mnogi istraživači širom sveta preneli su ova istraživanja na područja svog delovanja (Basher & Webb, 1997; Yan et al., 2000, 2001; Zhang et al., 2003; Yang et al., 2011; Chappell et al., 2011).

Cezijum 137 (^{137}Cs) se od ova tri radionuklida najviše upotrebljava. Ovaj radionuklid sa periodom poluraspada od 30,2 godine nije prirodnog porekla. Prisutnost ^{137}Cs u životnoj sredini je postala globalna i datira od 1954. godine sa vrhuncem u ranim '60-im kada je ispušten atmosferskim testiranjem termonuklearnog oružja. ^{137}Cs koji je tom prilikom dospeo u atmosferu se još decenijama taložio na tlo. Povišena aktivnost ^{137}Cs u atmosferi se vremenom smanjivala zbog fizičkog raspada ovog radioizotopa, ali i zbog procesa njegovog deponovanja u zemljište i površinske vode. Nivoi zračenja su varirali na celoj Zemljinoj kugli, što se odrazilo i na količinu godišnjih odlaganja i na lokacije koje su u vezi sa glavnim centrima testiranja oružja (Walling et al., 2002; Zapata, 2003). Znatna količina ^{137}Cs je ispuštena u atmosferu slučajno katastrofom u Černobilu 1986. godine, što je rezultiralo naknadnim uticajima ispuštenog ^{137}Cs na ogromna područja Evrope i obližnjeg regiona (slika 4/6.). Druga dva radionuklida se razlikuju od ^{137}Cs sa dve važne stvari. Kao prvo, oba su prirodna i drugo, uticaj njihovog zračenja se može tretirati kao trajan. Olovo 210 (^{210}Pb) se u prirodi pojavljuje kao produkt raspada dugoživećeg prirodnog radionuklida Uranijuma 238 (^{238}U). Period poluraspada ^{210}Pb je 22,3 godine, a njegova velika rasprostranjenost u prirodi potiče od činjenice da je poreklom od dugoživećeg gasovitog Radona 222 (^{222}Rn), koji

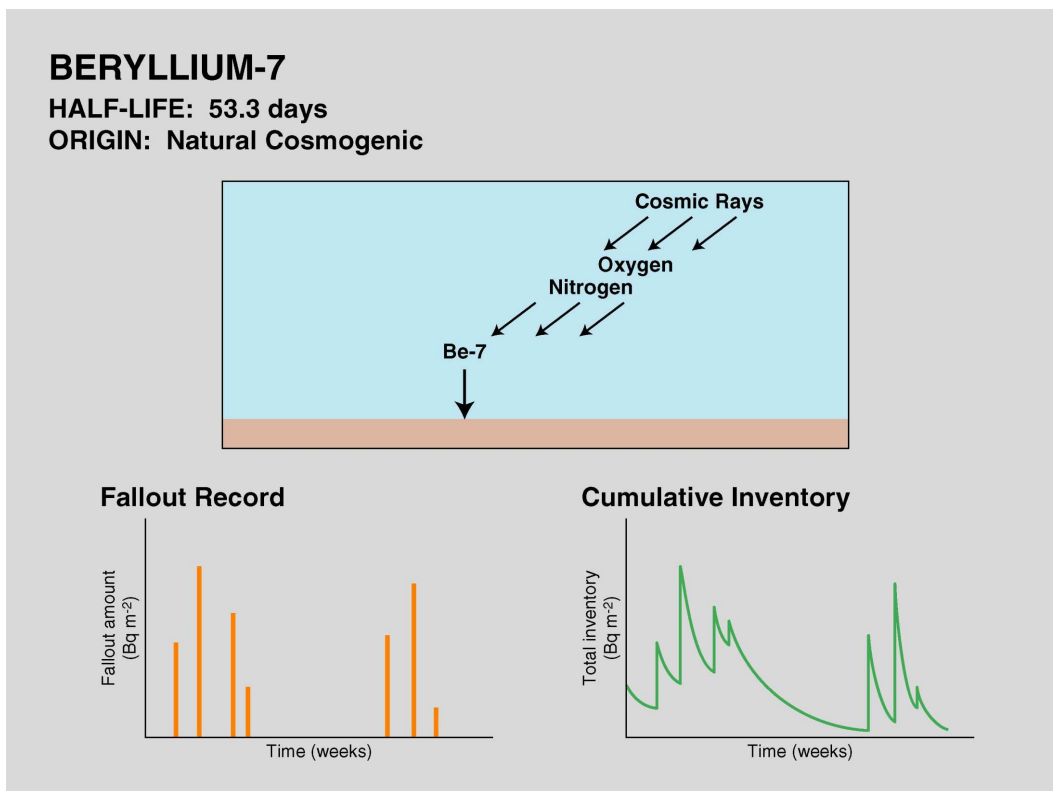
nastaje raspadom Radijuma 226 (^{226}Ra), takođe, člana radioaktivnog niza ^{238}U . ^{226}Ra se u prirodi nalazi u zemljištu i stenama i nakon njegovog raspada nastaje ^{222}Rn , koji kao inertan gas napušta sve hemijske veze u kojima se ^{226}Ra nalazio i lagano prolazi kroz pore zemljišta dok ne dospe u atmosferu. Nakon raspada ^{222}Rn , nastaju radioaktivni potomci koji nisu hemijski inertni, pa stupaju u reakcije najčešće sa česticama aerosola u atmosferi. U slučajevima kada je zbog neporoznosti tla ovaj process sprečen, gasoviti ^{222}Rn i svi njegovi potomci ostaju na istom mestu gde se ^{226}Ra raspao. U tom slučaju, ^{210}Pb je generisano u zemljištu na mestu raspada ^{226}Ra , tako da se aktivnosti oba ova radionuklida nalaze u ravnoteži. Gornja difuzija malog dela ^{222}Rn , koji je nastao u zemljištu i stenama, unosi ^{210}Pb u atmosferu i njegovo naknadno deponovanje prouzrokuje unos ovog radionuklida u površinsko zemljište i sedimente. Ova dodatna aktivnost ^{210}Pb neće biti u ravnoteži sa svojim izvorom ^{226}Ra . Aktivnost ovog deponovanog ^{210}Pb je viša od aktivnosti ^{226}Ra i aktivnosti ^{210}Pb koje je nastalo raspadom na tom istom mestu bez migracije posredstvom ^{222}Rn . Ovo ^{210}Pb se naziva nepodržano ili višak ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) kada je objedinjeno sa zemljištem i sedimentima, da bi se razlikovalo od ^{210}Pb proizvedenog na mestu gde se odigrao raspad ^{226}Ra (slika 4/7.). Berilijum 7 (^7Be) ima jako kratak poluraspada od 53,3 dana. Proizveden je bombardovanjem Zemljine atmosfere kosmičkim zracima da bi se hemijski vezan za čestice aerosola naknadno deponovao na tlo ili površinske vode, kao i drugi radoizotopi ispušteni u atmosferu (slika 4/8.). Različiti periodi poluraspada navedenih radionuklida koji različitim putevima dospevaju u atmosferu i njihova različita distribucija, znači da će im koncentracija, odnosno ukupna količina koja se nalazi u zemljištu ili sedimentima u Bq m^{-2} , ispoljiti različito privremeno ponašanje. Tako na primer, u slučaju da $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ pokazuje konstantnu aktivnost u uzorcima zemljišta u nekoj širokoj oblasti, može se zaključiti da se radi o stabilnom zemljištu na koje nije uticala ni deflacija, a ni depozicija zemljišta (Walling, 2007).



Slika 4/6. Poreklo ^{137}Cs u zemljištu i varijacije srednjih vrednosti ^{137}Cs prema geografskoj širini (Walling, 2007)



Slika 4/7. Poreklo prirodnog ²¹⁰Pb_{ex} u zemljištu (Walling, 2007)



Slika 4/8. Poreklo prirodnog ⁷Be u zemljištu (Walling, 2007)

Istraživači iz Manaaki Whenua Landcare Research, Lincoln, New Zealand, Basher i Webb (1997), proučavali su intenzitete eolske erozije (stanje erozije tla) u Mekenzijevom basenu, koje su ocenjivali na šest profila primenom metode ¹³⁷Cs da bi se kvantitativno izmerila eolska erozija posle 1953. godine. Srednja vrednost prostorne aktivnosti ¹³⁷Cs na svim

lokacijama je iznosila $351 \pm 90 \text{ Bq m}^{-2}$, dok je osnovna ulazna vrednost bila $422 \pm 63 \text{ Bq m}^{-2}$, što je pretpostavilo prosečan gubitak zemljišta od 2,2 cm.

U finalnom izveštaju Evropske Komisije „Eolska erozija na evropskim zemljištima lakog mehaničkog sastava - Wind Erosion on European Light Soils (WEELS)”, objavljenom 1999. godine od strane Warren-a, a iza koga stoje istraživači iz 1) Department of Geography University College, London, England, 2) Institute of Soil Technology, Bremen, Germany, 3) Erosion and Soil & Water Conservation Group, Wageningen, Netherlands i 4) Department of Physical Geography Lund University, Sweden, Adrian Chappell je u delu „Model pronosa nanosa dobijen ^{137}Cs ” napravio prvu studiju u severozapadnoj Evropi koja je istraživala kontinuirano prostorne varijacije ^{137}Cs na velikoj površini (preko 25 km^2) i jednu od samo nekoliko u svetu koja se fokusirala konkretno na kretanje zemljišta vetrom. Studija je bila urađena kombinovanjem uzoraka koji su se sastojali od grubih mreža, terenskih grupa uzoraka i analiza ovih podataka sa geostatistikom. Na skali ukupnog istraživanog područja, stanje pokretanja je slično odlaganju nanosa, jer je neto gubitak iznosio samo $0,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. To nije bilo zbog toga što se najveći deo erodiranog zemljišta preraspodelio unutar područja, već zbog toga što je područje izloženo deflaciji slično onom koje je podvrgnuto depoziciji. Prostorni obrasci koje je otkrila ova studija sugerišu da je aktivnost eolske erozije dominantna u mehanizmu kretanja zemljišta, gde postoji značajna razlika u stanju erozije između oblasti (od $-32,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ do $37,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$) zbog različitih načina upravljanja zemljištem.

Radioaktivne padavine udružene sa testiranjem nuklearnog oružja '50-tih i '60-tih godina prošlog veka, obezbedile su prisustvo trasera (radioaktivne obeleživače - markere) za kretanje nanosa i proučavanje erozije zemljišta (^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be). S tim u vezi, posebno je bilo važno rešiti problem njihovog prostornog rasprostranjenja, pre svega ^{137}Cs , jer su pretpostavke za determinaciju odgovarajućih referentnih zaliha (količina) ^{137}Cs u zemljištu bile dobro izabrane eksperimentalne površine i dobijene referentne vrednosti (Golosov et al., 2008; Chappell et al., 2011; Funk et al., 2012; Hu et al., 2014).

Merenje radionuklida za procenu stanja erozije zasniva se na poređenju zaliha na pojedinim mernim mestima sa referentnom zalihom (lokalni radioaktivni padavinski ulaz), koja nije ni deflacija ni depozicija. Izmerena zaliha za pojedinačni uzorak manja od referentne vrednosti je indikativna za deflaciju, dok je veća zaliha od referentne vrednosti indikativna za depoziciju. Za pretvaranje merenja ^{137}Cs u kvantitativne procene stanja erozije korišćeni su različiti pristupi. Ove metode uključuju, kako empirijske odnose, tako i teorijske modele i matematičke procedure (Walling & He, 1997, 1998, 1999). U nastojanju da se standardizuju metode i procedure, Walling i He 2001. godine (Walling et al., 2006) razvijaju PC-kompatibilni softverski paket u Microsoft Excel Add-Ins varijanti za brojne modele koji su varirali u složenosti od prostog proporcionalnog modela (Proportional Model - PM) ka višim složenijim modelima bilansa mase (Simplified Mass Balance Model - SMBM, Mass Balance Model - MBM) i modelima koji pokušavaju da opišu ključne procese kontrolišući distribuciju ^{137}Cs u zemljišnom profilu (Profile Distribution Model - PDM). Ovaj lako dostupni standardizovani softver je igrao važnu ulogu u promovisanju upotrebe ^{137}Cs u proučavanju erozije zemljišta širom sveta. Walling et al. (2006) razvija najnovije modele za pretvaranje merenja količine radionuklida u procenu stanja erozije, deflacije i depozicije zemljišta, uključujući i modernizovanje postojećeg softvera.

Na poljoprivrednim zemljištima basena Gediz u zapadnoj Turskoj, izračunati su gubici zemljišta sa PM i SMBM modelom, gde su dobijeni rezultati išli do $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. U okviru istog basena, malo reprezentativno poljoprivredno polje Ulukent je izabrano za upoređenje dobijenih podataka tehnikom ^{137}Cs sa rezultatima koji su dobijeni univerzalnom jednačinom guubitka zemljišta (USLE) primenjenom na ovom području ranije. Podaci dobijeni USLE jednačinom 1985. godine od $21,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ su bili veoma bliski rezultatima dobijenim PM modelom ($-22 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$), mada treba istaći da USLE jednačina ne uključuje, a tehnika ^{137}Cs uključuje uticaj vetra (Saç et al., 2007). U basenu Yatagan u zapadnoj Turskoj, Saç et al. (2008) je dobio PDM modelom na neporemećenim zemljištima intenzitete erozije od $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $27 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, dok je PM i SMBM modelima na obradivim zemljištima dobio $65 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $116 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Upoređujući ove rezultate sa rezultatima dobijenim USLE jednačinom dobijen je vrlo visok koeficijent korelacije $R = 0,97$.

Zasnovano na ovim saznanjima, mnogi autori koriste ove modele u istraživanjima karakteristika ^{137}Cs u vetrom erodiranim zemljišnim profilima. Hu et al. (2005) je za Unutrašnju Mongoliju u Kini sa SMBM modelom dobio na oranicama intenzitet eolske erozije $7.990 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$, a sa PDM modelom $4.270 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ i $1.808 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ na slabo i srednje pokrivenim pašnjacima.

Long et al. (2012), objašnjava ^{137}Cs tehniku „*Finger Printing*” za proučavanje erozije i akumulacije nanosa, tako što daje osnovu tehnike i pokazuje nekoliko studija slučaja procene intenziteta erozije zemljišta, istraživajući izvore sedimenata i rezervoare odlaganja na nekoliko lokaliteta u Kini.

Pored ovih modela, korišćeni su i razni izrazi i indikatori, koji su uz pomoć daljinske detekcije i geografskog informacionog sistema (Geographic Information System - GIS) poslužili za definisanje fizičkih principa, karakteristika, prostorne distribucije i mera kontrolisanja eolskih aktivnosti.

Prostorna distribucija eolske erozije zasnovana na daljinskoj detekciji i GIS-u (karta eolske erozije $R=1:100.000$) i njenih glavnih faktora (brzina vetra, Normalized Difference Vegetation Index - NDVI - indeks normalizovane razlike vegetacije, vlaga, tekstura i nagib površine zemljišta) u Kini, iskorišćena je da se utvrdi indeks erozije dinاميке WEDI koji prikazuje potencijalni kapacitet eolske erozije (Zhang et al., 2001).

Ocenu rizika od eolske erozije na Mongolskom platou koristeći „*fuzzy c-means clustering*” (FCM) i GIS tehniku dao je Shi et al. (2010).

Indikatorom kosimulacije količina ^{137}Cs i klasifikacijom australijskih zemljišta procenjena je neto redistribucija zemljišta (sredina '50-tih do ranih '90-tih) koristeći australijski empirijski model. Geostatistički pristup je pokazao da se približno 5 puta više zemljišta izgubi sa obradivih (od $-4,29$ do $+0,17 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$) nego sa neobradivih (od $-0,91$ do $+0,05 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$) površina u Australiji (Chappell et al., 2011).

Istraživanja Borrelli et al. (2014) obezbeđuju preliminarnu Pan-evropsku ocenu koja opisuje prostorni model ugroženosti zemljišta eolskom erozijom i postavlja temelj za buduće aktivnosti modeliranja. Indeks ugroženosti zemljišta eolskom erozijom (ILSWE) je kreiran kombinujući privremene prostorne varijacije najčešće uticajnih erozionih faktora (erozivnost

klime, erodibilnost zemljišta, pokrivenost vegetacijom, konfiguracija terena). Istraživanja u 34 evropske zemlje pokazuju da se srednji i visoki nivo ugroženosti zemljišta eolskom erozijom proteže od 25,8 Mha do 13,0 Mha, odnosno korespondira ukupnoj površini od 5,3% i 2,9%.

Erodibilne frakcije zemljišta (EF) su jedan od ključnih parametara za procenu osetljivosti zemljišta na eolsku eroziju i one su izračunate za 18.730 georeferenciranih uzoraka gornjih slojeva tla (LUCAS dataset). Prognoza prostorne distribucije EF i indeksa kore zemljišta se oslonila na niz povezanih, ali nezavisnih promenjiva koristeći pristup digitalnog mapiranja. Prostorna interpolacija se pokazala dobrom sa koeficijentom determinacije $R^2 = 0,89$ (Borrelli et al., 2014).

U radu Zhang & Dong (2014), pronos nanosa je izražen kao jedna eksponencijalna jednačina za sve tipove predela, gde je količina nanosa sa pokretnih dina bila 659 puta veća nego sa žbunaste vegetacije i 8 puta veća nego sa nepokretnih dina u severnoj Kini.

Eolska erozija je jedan od glavnih faktora degradacije zemljišta i problema životne sredine u semiaridnim i aridnim regionima, pa je tehnika praćenja ^{137}Cs za procenu intenziteta eolske erozije u stepskim područjima dobila sve veću primenu (Zhang et al., 2002; Qi et al., 2008; Liu et al. 2008). U semiaridnim regionima, epizode eolske erozije često slede posle velikih kiša, tako da se vodna i eolska erozija javljaju skoro istovremeno na istom mestu. Zbog toga, sve veći broj istraživača (Visser et al., 2004; Li et al., 2005) vodnu i eolsku eroziju ne proučavaju više kao odvojene procese, već njihove efekte istražuju konkurentno, što znači da kvantifikuju uticaj vodne i eolske erozije posebno, kao i njihove kombinovane efekte. Kompleks vodne i eolske erozije, Song et al. (2006) naziva još i kompleksom eolsko-fluvijalnih interakcija. Gendugov i Glazunov (2009) daju jedinstvenu jednačinu za izračunavanje praga brzine tokova vode i vetra homogenih zemljišta, što je prva izvedena zajednička jednačina koja je eksperimentalno opravdana.

U okviru monografije „Kopnena ekohidrologija” u ediciji D'Odorico i Porporato (2006), u poglavlju devet, Cornelis je obradio hidroklimatologiju eolske erozije u semiaridnim i aridnim područjima, gde je prikazao procese i efekte, faktore koji utiču, modele za izračunavanje, metode za merenje i analizu podataka i principe za kontrolu eolske erozije.

Informacije o interakciji između erozije zemljišta i osobina zemljišta su važan uslov za održivo upravljanje zemljišnim resursima. Relacije između osobina zemljišta i stepena redistribucije zemljišta, reflektujući i deflaciju i depoziciju, važan su indikator tih interakcija. Povezanost je teško istražiti koristeći tradicionalne pristupe, tako da korišćenje radionuklida ^{137}Cs može da dokaže srednjoročnu distribuciju zemljišta i nudi sredstva za prevazilaženje mnogih ograničenja tradicionalnih pristupa. Novija istraživanja Du-a i Walling-a (2011) su pokazala potencijal za korišćenje merenja ^{137}Cs u oceni uticaja erozije i kretanja zemljišta na zemljišne osobine (sastav tla, veličina čestica, ukupan ugljenik, makro hranjive materije N, P, K i Mg, mikro hranjive materije Mn, Mo, Fe, Cu i Zn i druge, uključujući Ti i As). Merenja ^{137}Cs su realizovana na 52 uzorka zemljišta sakupljenih unutar 7 ha obradivog zemljišta blizu Colebrooke, Devon, UK, gde su bile utvrđene količine ^{137}Cs i prostorni raspored srednjoročne distribucije zemljišta unutar istraživanog polja. Kretanje zemljišta je pokazalo da se individualni uzorci kreću od deflacije $-12,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ do depozicije $19,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Uzorci površinskog zemljišta (0-5 cm) su bili sakupljeni odmah pored svakog dubinskog uzorka.

Karakteristike zemljišta su pokazale značajnu varijabilnost sa vrednostima koje se generalno kreću od 10 do 30%. Analize su pokazale statistički značajnu povezanost između nekih osobina zemljišta (ukupni fosfor, procenat gline, Ti i As) i stepena redistribucije zemljišta, ali za najveći broj osobina zemljišta nije bilo statističke povezanosti. Ovo ukazuje da su neki drugi faktori erozije i kretanja nanosa, takođe, važni u uzrokovanju prostorne varijabilnosti i zemljišnih osobina ili da zbog relativno dubokih zemljišta u ovom slučaju, zemljišne osobine nisu osetljive na procese preraspodele zemljišta.

Tehnike praćenja radionuklida dobijaju sve više na značaju i poslednjih godina se primenjuju za proučavanje intenziteta erozije i preraspodele zemljišta i u slučajevima drugih vrsta erozija (npr. glacijalna erozija), ekosistema (npr. alpskih livada) i rušilačkih tokova (npr. klizišta). Tako je efekat glacijalnog raspadanja većitog leda koristeći radionuklide ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ i ^{10}Be i stabilni izotop $\delta^{13}\text{C}$ u istočnim Alpima u Švajcarskoj proučavao Zollinger et al. (2015). Shao et al. (2011) je istraživao intenzitet erozije zemljišta i karakteristike tipične alpske livade korišćenjem tehnike ^{137}Cs na Qinghai-Tibet platou u Kini, dok je identifikaciju preraspodele zemljišta korišćenjem ^{137}Cs za karakterizaciju klizišta, odnosno površina sklonim klizanju za studiju slučaja Sarno-Quindici u Italiji dao Buccheri et al. (2014).

Kao i u slučaju ograničenog fonda laboratorijskih i terenskih podataka, tako su u okviru naših prostora i merenja radionuklida koji se poslednjih godina sve više koriste za određivanje prostorne raspodele erozije tla i više nego skromna. U radu „Mogućnost primene i prednosti metode Cezijum 137 za određivanje eolske erozije u uslovima Vojvodine” (Savić et al., 2002), pored osmatranja i merenja intenziteta eolske erozije u terenskim uslovima putem raznih tipova instrumenata, po prvi put se daje prikaz metode radioizotopa veštačkog porekla ^{137}Cs .

Široka javnost u Srbiji je verovala da je tokom bombardovanja 1999. godine region AP Vojvodine kontaminiran sa osiromašenim uranijumom, što je povećalo brigu javnosti od potencijalne kontaminacije poljoprivrednih proizvoda usled radioaktivnosti zemljišta. Zasnivajući se na gama spektrometerskim analizama 50 uzoraka zemljišta koji su uzeti širom Vojvodine, Bikit et al. (2005) je zaključio da nema povećanja radioaktivnosti koja može ugroziti proizvodnju hrane. Najveće količine ^{137}Cs u zemljištima, pronađene su na lokalitetima Deliblato ($28,2 \pm 1,9 \text{ Bq kg}^{-1}$), Margita ($48,7 \pm 2,4 \text{ Bq kg}^{-1}$) i Bavanište ($55,0 \pm 3,0 \text{ Bq kg}^{-1}$).

Krmar et al. (2011) je zamenio standardne tehnike za kvantifikaciju erozije zemljišta i prikazao preliminarne rezultate svojih istraživanja - merenje efekata erozionih dejstava atmosferskih padavina i vetra na jednoj lokaciji u Deliblatskoj peščari - koja je bazirao na merenju dubinske raspodele koncentracije ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$.

Blagojević (2012) je u svojoj doktorskoj disertaciji „Razvoj metodologije procene erozije tla i pronosa nanosa primenom GIS tehnologija u funkciji upravljanja zaštitom životne sredine” primenio ^{137}Cs kao trasera za određivanje produkcije nanosa kroz sagledavanje nivoa odstupanja od neporemećenih uslova u slivu akumulacije Drenova.

Krmar et al. (2015) je proučavao eolsku eroziju na Deliblatskoj peščari koristeći radionuklide ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$. Merenja koja su predstavljena, definisana su da daju dokaze o intezitetu eolske erozije na slabo vezanom peskovitom zemljištu, koje je redovno obrađivano da spreči

nicanje vegetacije i zemljištu koje je stalno pokriveno vegetacijom. Dobijeni rezultati su pokazali da je intenzitet erozije na obrađivanom području više od 30 puta bio veći od posmatranog područja koga pokriva vegetacija. Primetna je bila i dobra korelacija između prostornih distribucija obračunatih ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$.

Na osnovu svega izloženog, može se zaključiti da mnogi autori ističu značajan uticaj eolske erozije na degradaciju zemljišta, ali da je izučenost samog procesa na ovim prostorima još uvek nezadovoljavajuća. Dosadašnja istraživanja eolske erozije u našoj zemlji bila su koncentrisana samo na zemljišta lakšeg mehaniškog sastava i to na malom broju lokaliteta (npr. Deliblatska i Subotičko-horgoška peščara). Oseća se i nedostatak eksperimenta sa primenom različitih tipova instrumenata za zahvatanje i određivanje intenziteta eolskog nanosa, kao i uporedni prikazi tako dobijenih rezultata. Da bi se delimično nadomestili navedeni nedostaci, u ovom radu je, pored merenja eolskog nanosa statičnim mernim instrumentima, primenjena i metoda praćenja radioizotopa veštačkog porekla ^{137}Cs , koji se zajedno sa $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be koristi za detekciju i determinaciju procesa eolske erozije i koji omogućava prikupljanje retrospektivnih informacija o gubitku i (re)distribuciji zemljišta na određenoj površini.

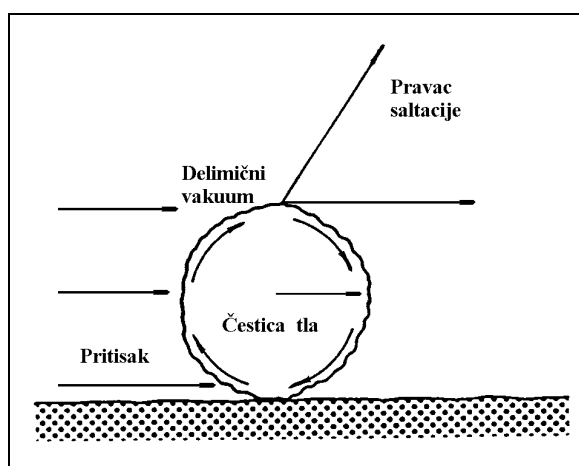
5. MATERIJAL I METODE RADA

5.1. Principi pokretanja i transporta eolskog nanosa

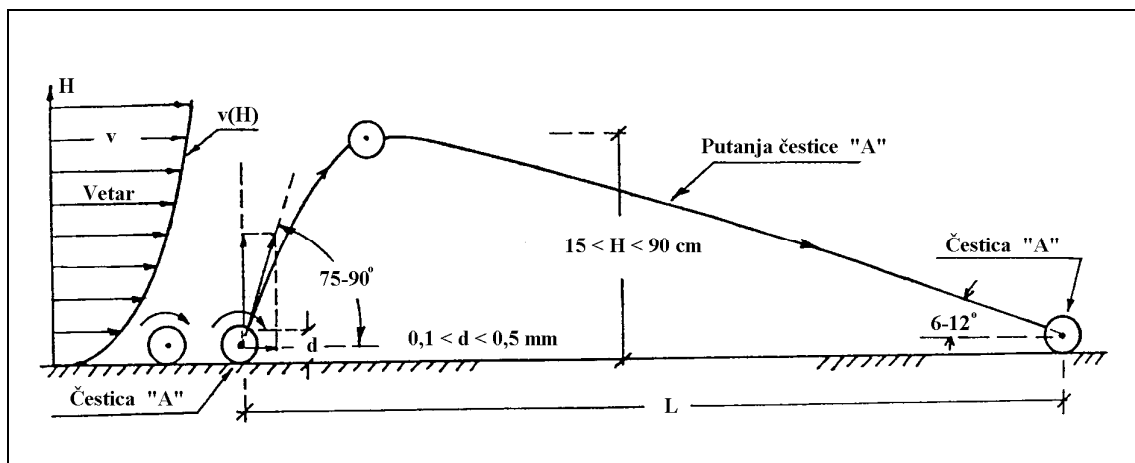
Eolska erozija se javlja na prostorima gde vetar raspolaže dovoljnom kinetičkom energijom da otkine i pokrene pojedinačne, elementarne čestice zemljišnog supstrata ili njegove već formirane strukturne agregate, ali i tamo gde transportna sposobnost vetra toliko oslabi da dolazi do odlaganja - sedimentacije nošenih čestica. Izuzetna složenost ovog procesa ogleda se u tome što se on odvija u više faza, ali i u tome što na njega utiču brojni prirodni i antropogeni faktori (Kohnke & Bertrand, 1972).

Kratak opis pojedinih faza ovog kompleksnog procesa daje Chepil (1945):

- Usitnjavanje (mravljenje, drobljenje) zemljišta i otkidanje čestica nastaje usled dejstva mraza, naizmeničnog vlaženja i sušenja zemljišta, udara kišnih kapi, obrade, gaženja i sl.;
- Pokretanje najčešće počinje pomeranjem izrazito erodibilnih čestica čiji je prečnik 0,1 - 0,5 mm;
- Transport čestica vetrom, odnosno njihovo premeštanje sa jednog mesta na drugo, odvija se kotrljanjem, vučenjem (puzanjem), saltacijom (poskakivanjem) ili u suspenziji vazdušne struje (lebdenjem);
- Elutriacija - razvrstavanje čestica tokom kretanja usled različite veličine, gustine i oblika;
- Abrazija je proces pri kome čestice eolskog nanosa udaraju u zemljišne agregate i razbijaju ih u manje, sve do veličine kada mogu biti pokrenuti vetrom;
- Usov (lavina) ili povećanje intenziteta erozije nastaje na taj način što čestice nanosa koje padaju na tlo izazivaju pokretanje drugih čestica;
- Taloženje (odlaganje, deponovanje, sedimentacija) eolskog nanosa nastaje kada transportna sposobnost vetra, usled smanjenja njegove brzine, opadne ispod kritične za određenu vrstu nošenih čestica;
- Konsolidacija i stabilizacija tla nastaje nakon taloženja ukoliko za to postoje potrebni uslovi (vlažnost zemljišta, organske materije, mikrobiološka aktivnost, vegetacija i sl.).



Slika 5.1/1. Šematski prikaz podizanja čestice tla u vazduh prema Chepil-u (Kohnke & Bertrand, 1972)



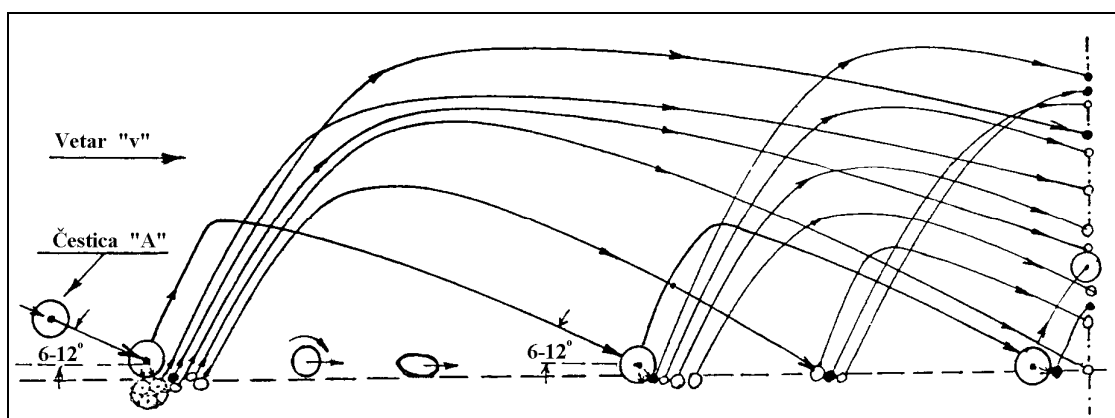
Slika 5.1/2. Šematski prikaz putanje čestice „A“ pod dejstvom vetra (Savić, 1999)

Glavni činioci koji utiču na pojavu i razvoj procesa eolske erozije su:

- Brzina vetra i njegov turbulentni karakter;
- Gustina i temperatura vazduha na određenoj visini od tla;
- Oblik, masa i dimenzije čestica zemljišta;
- Sile trenja i kohezije čestica zemljišta na površini tla i u vazduhu (Savić, 1999).

Sile koje deluju na česticu zemljišta na površini tla:

- Dinamička sila vetra;
- Sile otpora pri kretanju;
- Težina čestice;
- Atmosferski pritisak;
- Sila uzgona (podizanja) čestice sa tla (Savić, 1999).



Slika 5.1/3. Šematski prikaz progresivnog povećavanja broja čestica u pokretu (Savić, 1999)

Može se konstatovati da se proces eolske erozije progresivno razvija u prostoru (kako po površini, tako i po dubini) i vremenu. Ograničenja za razvoj ovako potencijalno intenzivnog procesa predstavljaju promene uslova duž putanje kretanja vetra (karakteristike tla, reljef, vrste i stanja vegetacije, brzine vetra i drugih parametara). Međutim, progresivnost procesa eolske erozije se mora uvek imati u vidu, pogotovo ako se preduzimaju neke intervencije na izraženijim erodibilnim površinama. Neracionalni zahvati mogu da pokrenu ostale rušilačke faktore sredine, koji ponekad dovode do uništavanja čitavih ekosistema (Savić, 1999).

Rezultati nekih eksperimentalnih istraživanja pokazali su da u zavisnosti od načina kretanja čestica varira i količina, odnosno procentualni udeo čestica koje se premeštaju. To znači, da se u najnižem sloju vazduha, do visine od 5 cm, kreće i do 50% produkovanog nanosa, a da se oko 90% od ukupne količine eolskog nanosa transportuje u prizemnom sloju do nivoa od 30 cm.

Tabela 5.1/1. Raspored čestica (procentualni udeo čestica) eolskog nanosa po slojevima vazduha različite visine

(Kaljanov, 1966) cit. Gavrilović, 1972		(Švehlik, 1972)		(Letić, 1989)	
Visina iznad tla (cm)	Udeo čestica (%)	Visina iznad tla (cm)	Udeo čestica (%)	Visina iznad tla (cm)	Udeo čestica (%)
0 - 10	95,5	0 - 40	57 - 75	0 - 10	22
10 - 20	3,7	40 - 80	13 - 38	10 - 20	14
20 - 30	0,5	80 - 120	3 - 9	20 - 30	17
30 - 40	0,2	120 - 160	0,4 - 1,1	30 - 40	16
40 - 50	0,1	160 - 200	0,1 - 4,5	40 - 50	16

Mnogi autori navode rezultate svojih istraživanja o rasporedu čestica eolskog nanosa po slojevima vazduha različite visine, tzv. profil koncentracije nanosa (Letić, 1989). Međutim, zahvatanje čestica eolskog nanosa je vršeno drugačijim instrumentima i u nejednakim uslovima, pa se otuda i rezultati, manje ili više, razlikuju.

Veoma važno svojstvo eolske erozije, kojim se iskazuju gubici površinskog sloja zemljišta je njen intenzitet. Pod pojmom intenziteta eolske erozije podrazumeva se prosečna količina otknutih, odnetih ili nataloženih čestica zemljišta po jedinici površine u analiziranom vremenskom periodu. Intenzitet eolske erozije se najčešće izražava u milimetrima odnetog ili istaloženog zemljišnog sloja, u $m^3 km^{-2}$ ili $m^3 ha^{-1}$ (jedinice zapremine), $t km^{-2}$ ili $t ha^{-1}$ (jedinice mase) i količini čestica po poprečnom profilu - preseku vazdušnog fronta, $kg m^{-1}$ ili $t km^{-1}$ (Savić, 1999).

Letić (1989) uvodi klasifikaciju eolske erozije prilagođenu tipu primenjenih instrumenata i načinu merenja intenziteta eolske erozije. Kategorije su date prema pronosu nanosa, tj. količinama transportovanog nanosa po jediničnoj širini fronta upravnog na pravac vetra, izraženog u $kg m^{-1}$ ili $t km^{-1}$ godišnje.

Tabela 5.1/2. Klasifikacija eolske erozije (Letić, 1989)

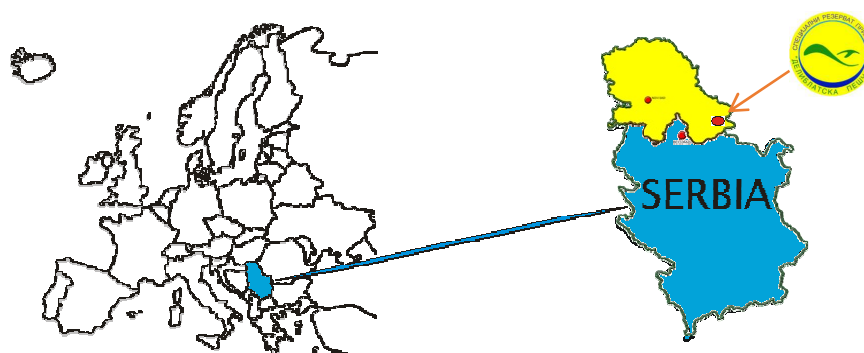
Kategorija	Pronos nanosa ($kg m^{-1} god^{-1}$)	Opis erozije
I	< 0,5	Normalna
II	0,5 - 2	Slaba
	2 - 5	Srednja
III	5 - 7	Jaka
	7 - 10	Vrlo jaka
IV	> 10	Katastrofalna

5.2. Opis istraživanog područja

Područje Deliblatske peščare predstavlja izrazitu sliku geoloških procesa koji su se događali tokom pleistocena. Naslage peska, delom nastale taloženjem Dunava na ulasku u Đerdapsku klisuru, a delom donete karpatskim rekama (Karaš, Nera i Moravica), razvejavale su se pod uticajem vetrova i stvarale specifičan dinski reljef, dok su les pleistocenske, tj. glacijalne starosti i navejavanje peska, stratigrafski mlađeg elementa, usledili kasnije.

Ovaj prostor, kao najveća oaza peščarsko-stepske i šumske vegetacije koja je nekada dominirala Panonskom nizijom, jedan je od najvažnijih evropskih centara biodiverziteta i najznačajnije stepsko područje u Srbiji. Zbog svog specijskog, ekosistemskog i predeonog diverziteta, krajem 1977. godine je proglašena za specijalni prirodni rezervat, a Vlada Republike Srbije je 2002. godine donela Uredbu o zaštiti Specijalnog rezervata prirode „Deliblatska peščara” I kategorije zaštite od izuzetnog značaja za Republiku Srbiju (Službeni glasnik republike Srbije, br. 03/02).

U međunarodnim okvirima, Deliblatska peščara je 1989. godine proglašena za međunarodno značajno stanište ptica (IBA), 2004. godine je močvarni deo rezervata Labudovo okno stavljen na spisak zaštićenih područja zavisnih od vode i značajnih za basen Dunava (ICPDR), 2005. godine je proglašena za međunarodno značajno stanište biljaka (IPA) i uključena na listu Emerald područja, 2006. godine je Labudovo okno uvršćeno na listu vlažnih područja Ramsarske konvencije i 2008. godine je proglašena za međunarodno značajno stanište dnevnih leptira (PBA). Ujedno je i objekat geološkog nasleđa Srbije.



Slika 5.2/1. Položaj Deliblatske peščare

Deliblatska peščara se nalazi u južnom Banatu u jugoistočnom delu Vojvodine (koordinate centralne tačke se nalaze na 44° 55' 03" severne geografske širine i 21° 06' 55" istočne geografske dužine) i obuhvata prostor izduženog elipsoidnog oblika od 350 km², koji je okružen prostranstvom urbane stepe Panonske nizije (dužina u pravcu jugoistok-severozapad iznosi 35 km, a širina u pravcu severoistok-jugozapad 15 km). Prostire se između naseljenih mesta Deliblato, Mramorak, Vladimirovac, Banatski Karlovac, Grebenac, Kajtasovo i Dubovac. Jedino naselje u Peščari je selo Šušara, dok se na samu granicu, u jugozapadnom delu, naslanja selo Šumarak. Dine žutog i sivog peska sa maksimalnim visinskim kotama blizu 200 m.n.m. (Pluc - 192 m.n.m. i Crni vrh - 189 m.n.m.) pravilnog su pravca prostiranja jugoistok-severozapad, kao što je usmeren i ceo kompleks Deliblatske peščare. Najniža kota je na Dunavu (lokalitet Labudovo okno - 63 m.n.m.).

5.3. Merenje i uzorkovanje

U cilju kvantifikacije procesa eolske erozije na golom zemljištu, odnosno stalno obrađenom površinskom sloju zemljišta bez zaštite od vetra i zaštitne uloge vegetacionog pokrivača i vegetacionog pojasa, tj. efekta zaštite od vetra i smanjenja intenziteta eolske erozije, izabrani su lokaliteti Cvijićev vis i Dragičev hat – rasadnik (slika 5.3/1.).



Slika 5.3/1. Pozicija erozionih polja u Specijalnom rezervatu prirode „Deliblatska peščara”

Eroziono polje Cvijićev vis ($X = 4972755$, $Y = 7508178$, $\varphi = 44^{\circ} 53' 57,60''$, $\lambda = 21^{\circ} 05' 53,45''$, $h = 156,5$ m.n.m.) se nalazi kako mu samo ime kaže na visoravni na kojoj nije uspjelo pošumljavanje crnim borom, tako da su se uz permanentnu obradu zemljišta na površini od približno 0,2 ha simulirali prirodni uslovi, koje karakterišu otvorenost i neobraslost površine (slika 5.3/2.).



Slika 5.3/2. Eroziono polje Cvijićev vis – satelitski i fotografski snimak

Eroziono polje Dragičev hat – rasadnik I ($X = 4965713$, $Y = 7520645$, $\varphi = 44^{\circ} 50' 08,50''$, $\lambda = 21^{\circ} 15' 20,40''$, $h = 79$ m.n.m.) se nalazi u okviru napuštenog rasadnika u depresiji koja je okružena šumskim zasadima različitih vrsta drveća i samoniklim vrstama, tako da su se uz

permanentnu obradu zemljišta na površini od 0,2 ha simulirali prirodni uslovi neobraslog, ali zaštićenog zemljišta (slika 5.3/3.).



Slika 5.3/3. Erozijska polja Dragičev hat – rasadnik I i Dragičev hat – rasadnik II

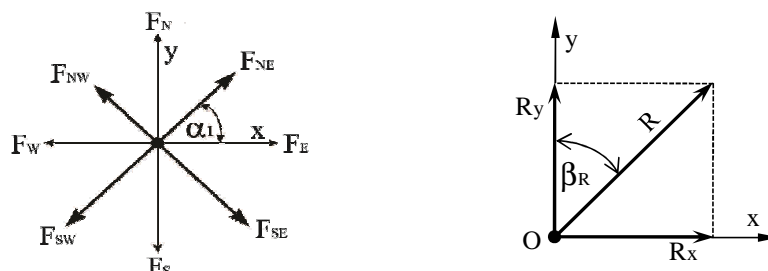
Erozijsko polje Dragičev hat – rasadnik II ($X = 4965675$, $Y = 7520765$, $\varphi = 44^\circ 50' 07,30''$, $\lambda = 21^\circ 15' 25,80''$, $h = 79$ m.n.m.) predstavlja polje u istoj depresiji, koje je okruženo šumom, ali i obraslo travnom vegetacijom, tako da su se na površini od 0,2 ha simulirali prirodni uslovi obraslog i zaštićenog zemljišta u cilju komparativnog praćenja procesa eolske erozije (slika 5.3/3.).

5.3.1. Merenje i uzorkovanje eolskog nanosa mehaničkim hvatačima

Pravac i smer kretanja nanosa kod eolske erozije su promenljivi, jer zavise prevashodno od trenutnog pravca vetra. S obzirom da su priroda i karakter vetrova iz pojedinih pravaca različiti, značajno je ustanoviti i količine eolskog nanosa koje ti vetrovi pokreću. Pored toga, u uslovima relativno čestih promena pravca duvanja vetrova sasvim je verovatno da unutar jednog erozionog polja dolazi do premeštanja čestica tla. Konstatovanjem samo ukupnih količina pokrenutog nanosa ne može se objektivno utvrditi gubitak zemljišta sa neke površine, odnosno pravi intenzitet eolske erozije i smer u kome se taj nanos kreće. Primenom statičnih mernih instrumenata, usmerenih ka određenim pravcima vetra, eolska erozija može da se definiše u vektorskom smislu (Savić, 1999).

5.3.1.1. Model za procenu, proračun i prognozu eolske erozije

Metoda koja podrazumeva upotrebu statičnih hvatača pruža mogućnost da se pored utvrđivanja sumarne količine nanosa (ukupna količina nanosa iz svih hvatača), odredi i rezultanta intenziteta eolske erozije u vektorskom smislu. To podrazumeva izračunavanje vektorskog, a ne aritmetičkog zbira nanosa (vrednosti iz suprotnih smerova se međusobno oduzimaju) uz definisanje pravca i smera u kome se proces erozije odvija.



Slika 5.3/4. Vektorski prikaz delovanja procesa eolske erozije iz različitih pravaca

Ako se posmatra šematski prikaz delovanja procesa eolske erozije (slika 5.3/4.), gde su sa F_i označeni registrovani intenziteti erozije iz navedenih smerova, a sa α_i uglovi njihovih pravaca u odnosu na pozitivni smer usvojene x-ose pravouglog Dekartovog koordinatnog sistema ($O_{x,y}$), može se uočiti analogija sa sistemom sila koje istovremeno deluju na jednu tačku. Međutim, ta analogija nije potpuna, jer registrovani intenziteti erozije ne deluju u istom vremenskom trenutku, pa tek ako se uvede aproksimacija intenziteta erozije za izabrane vremenske periode (mesec, godina) može se usvojiti uslovna analogija sa delovanjem sila na jednu tačku.

Projekcije pojedinih mesečnih intenziteta na postavljene koordinatne ose x i y biće

$$X_i = F_i \cdot \cos\alpha_i$$

$$Y_i = F_i \cdot \sin\alpha_i,$$

pri čemu su indeksom „i” označeni intenziteti iz posmatranih pravaca – N, NE, E, SE, S, SW, W i NW.

Zajedničko delovanje svih ovih intenziteta u pravcu osa dato je izrazima:

$$R_x = \sum_{i=N}^{i=NW} X_i$$

$$R_y = \sum_{i=N}^{i=NW} Y_i.$$

Konačni intenzitet rezultante određuje se kao hipotenuza pravouglog trougla čije su katete projekcije R_x i R_y

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}.$$

Ugao delovanja rezultante u odnosu na pozitivan smer y-ose ili u ovom slučaju u odnosu na pravac severa definisan je odnosom

$$\sin \beta_R = \frac{R_x}{R},$$

dok je koeficijent pravca rezultante k, kao prave koja prolazi kroz koordinatni početak i ima funkciju $y = k \cdot x$, definisan odnosom:

$$k = \frac{R_y}{R_x}.$$

Na ovaj način su intenziteti iz osam posebnih pravaca zamenjeni jednom vrednošću – rezultantom, koja je potpuno određena svojom veličinom – rezultujućim intenzitetom erozije, pravcem i smerom.

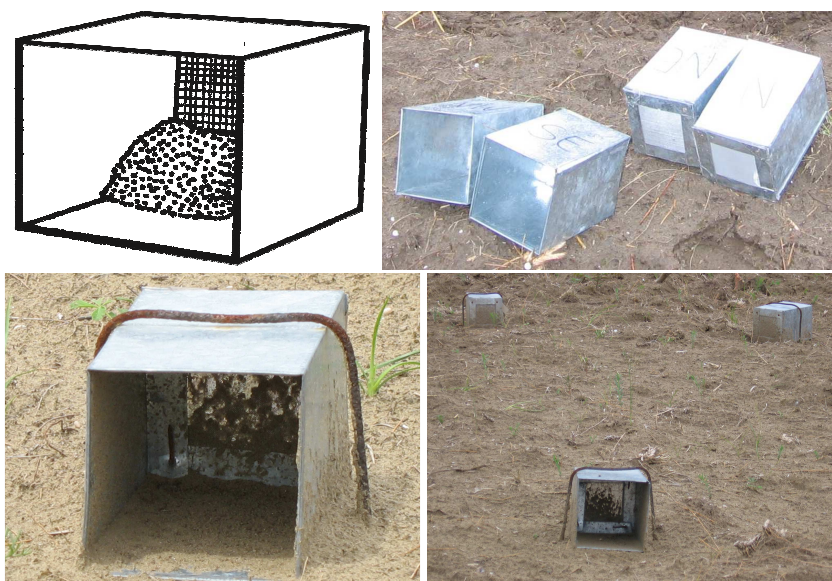
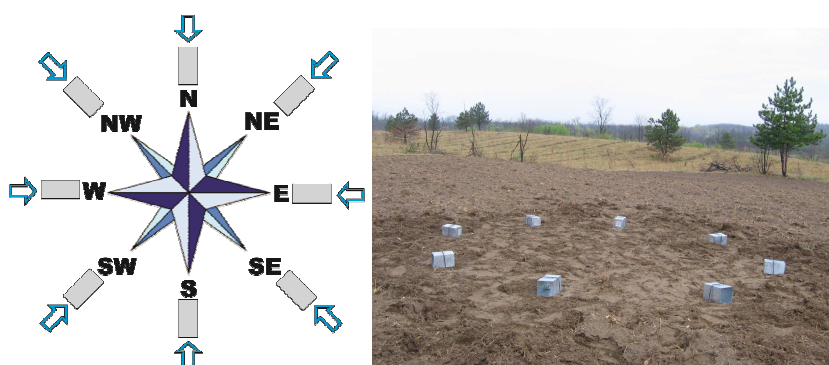
Sprovedeni proračuni obuhvataju izračunavanje rezultujućih vrednosti mesečnih i godišnjih intenziteta eolske erozije u pravcu koordinatnih osa x i y (R_x i R_y), kao i određivanje intenziteta rezultantne R, njenog pravca i smera delovanja. Pri tome, rezultujući pravac procesa eolske erozije je određen azimutom (uglom između pravca severa i pravca rezultante posmatrano u smeru kretanja kazaljke na satu) i koeficijentom pravca, dok je smer delovanja definisan pozitivnim i negativnim predznacima vrednosti R_x , R_y i k, a u rezultatima je iskazan oznakom kvadranta prema kome se nanos transportuje i strelicom odgovarajuće orijentacije. Treba još napomenuti da su godišnje sume, takođe, vektorski, a ne aritmetički zbir mesečnih intenziteta, odnosno da se vodilo računa ne samo o intenzitetu procesa, nego i o njegovom pravcu i smeru u pojedinim mesecima.

$$\vec{R}_{x_God.} = \sum_{i=jan.}^{i=dec.} \vec{R}_{x_i} \quad \text{i} \quad \vec{R}_{y_God.} = \sum_{i=jan.}^{i=dec.} \vec{R}_{y_i}$$

Uvođenje rezultujuće vrednosti intenziteta eolske erozije, kao posebne veličine, zahteva i njeno suštinsko objašnjenje. Sumiranjem rezultata svih statičnih hvatača, dobija se količina ukupno pokrenutog eolskog nanosa na posmatranom erozionom polju (produkcija eolskog nanosa). Međutim, ovako dobijen podatak ne daje informaciju o tome koji se deo pokrenutog eolskog nanosa premeštao samo unutar tog erozionog polja, a koji deo je odnet van njegovih granica (gubitak zemljišta). Određivanjem rezultante intenziteta eolske erozije utvrđuje se količina nanosa koja se transportuje van erozionog polja, kao i pravac i smer tog kretanja u posmatranom vremenskom periodu. Da bi se napravila terminološka razlika između ovih veličina, koriste se pojmovi „sumarne” i „rezultujuće” količine eolskog nanosa (Savić, 1999).

5.3.1.2. Uzorkovanje eolskog nanosa mehaničkim hvatačima

Permanentno praćenje procesa eolske erozije na prostoru Deliblatske peščare vršeno je od 2006. do 2009. godine na lokalitetu Cvjićev vis u centralnom delu peščare, koji se nalazi između naselja Deliblato i Šušara. Na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik u jugoistočnom delu peščare, koji se nalazi na magistralnom putu između Kovina i Bele Crkve praćenje procesa eolske erozije vršeno je u periodu od maja 2006. godine do aprila 2007. godine. Na oba lokaliteta zemljište čine sivo-žuti peskovi, kao najugroženiji tip zemljišta, jer predstavljaju inicijalnu fazu u formiranju površinskih slojeva zemljišta. Za kvantifikaciju procesa eolske erozije primenjeni su statični hvatači nanosa tipa *deflametar* (slika 5.3/5.), kojima su se registrovali količina (g) i pronos eolskog nanosa ($g \cdot m^{-1}$) kroz vertikalni poprečni profil dimenzija ulaznog otovra 10 x 10 cm. Izlazni otvor je bio prekriven mrežicom sa otvorima 0,35 mm u cilju propuštanja vazduha i zadržavanja čestica nanosa. Hvatači nanosa su bili postavljeni na površini tla i namenjeni prvenstveno za zaustavljanje čestica koje se kreću u najnižim prizemnim slojevima vazduha u zoni u kojoj se transportuje najveći deo eolskog nanosa. Otvori hvatača su bili usmereni ka osnovnim pravcima i međupravcima (N-sever, NE-severoistok, E-istok, SE-jugoistok, S-jug, SW-jugozapad, W-zapad, NW-severozapad) u pogledu brzina i čestina vetrova (slika 5.3/6.).

Slika 5.3/5. Statični hvatači nanosa tipa *deflametar*

Slika 5.3/6. Orientacija primenjenih hvatača eolskog nanosa

5.3.1.3. Intenzitet eolske erozije

Upotrebom primenjenog tipa hvatača sa vertikalno postavljenim ulaznim otvorima za nanos, intenzitet eolske erozije se meri i iskazuje kao količina nanosa koja se putem vetra transportuje kroz posmatrani poprečni presek jedinične širine u izabranom vremenskom periodu (npr. $\text{g m}^{-1} \text{god}^{-1}$ ili $\text{kg m}^{-1} \text{god}^{-1}$). Postavljanjem više statičnih hvatača, orijentisanih posebno prema pojedinim pravcima vetra, moguće je odrediti vektorske rezultante za količinu nanosa, pravac i smer njegovog kretanja. Na taj način se za dati lokalitet uočava pravac agresivnog delovanja vetra, odnosno, upravno na njega postavljena linija fronta koja je najugroženija procesima eolske erozije i to sumarno na nivou godine ili za pojedine kraće periode. Konstatovanjem širine te linije fronta, uz prethodno ustanovljen intenzitet erozije, može se utvrditi koje se količine eolskog nanosa odnose sa neke površine preko uočenog profila. Međutim, često je potrebno da se ovakav gubitak zemljišta sa nekog polja, izazvan eolskom erozijom, iskaže kao masa ili zapremina nanosa odneta sa jedinice površine (npr. kg ha^{-1} ili $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Za uspostavljanje veze između ovih veličina potrebno je odrediti dužinu i površinu aktivnog erozionog polja sa koje se eolski nanos skupljao u postavljenim hvatačima. Globalno posmatrano, granice nekog erozionog polja ugroženog vetrom i njegova površina su promenljivi u vremenu i relativno teško mogu da se odrede u prirodnim uslovima.

Istraživanja koja su sprovedeli Zahar (1970) i Švehlik (1987), usmerena na iznalaženje odnosa između količine nanosa u deflametru i gubitka zemljišta, ukazala su na njihovu linearnu zavisnost koja se može prikazati kao:

$$I = c \cdot h$$

gde su:

I - intenzitet eolske erozije ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)

h - količina eolskog nanosa u deflametru (kg god^{-1})

c - konstanta ($c=2,32$ za dati lokalitet i deflametar širine 40 cm).

Znatno složenije principe pri rešavanju ovog problema primenjuje Fryrear et al. (1998) za postavljanje osnovnih relacija erozionog modela RWEQ. Jednačina kojom se opisuje pronos eolskog nanosa duž neke erozije površine ima oblik:

$$b_{(x)} \cdot \frac{dQ_{(x)}}{dx} + Q_{(x)} - Q_{\max(x)} + R_{(x)} = 0$$

gde su:

$Q_{(x)}$ - pronos nanosa na distanci x (kg m^{-1})

$Q_{\max(x)}$ - maksimalni (potencijalni) pronos nanosa (kg m^{-1})

$R_{(x)}$ - retencioni koeficijent površine,

x - udaljenost merne tačke od ivice polja (m)

$b_{(x)}$ - dužina polja (m).

Polazeći od ove jednačine, određenim analitičkim transformacijama i empirijskim aproksimacijama, pomenuti autor dolazi do izraza koji povezuje potencijalni pronos nanosa i gubitak zemljišta:

$$SL = \frac{2 \cdot x}{s^2} \cdot Q_{\max} \cdot e^{-\left(\frac{x}{s}\right)^2}$$

gde su:

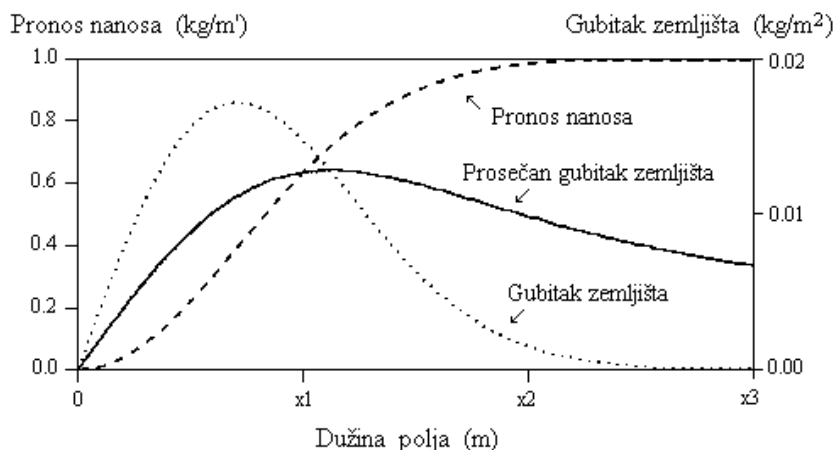
SL - gubitak zemljišta - Soil Loss (kg m^{-2})

s - konstantna dužina polja (m)

x - udaljenost merne tačke od ivice polja (m)

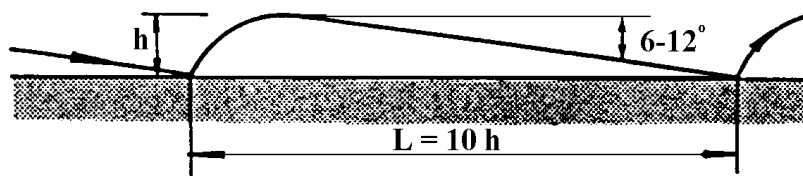
Q_{\max} - maksimalni pronos nanosa (kg m^{-1}).

Grafički prikaz promene transporta nanosa, gubitaka zemljišta i prosečnog gubitka zemljišta duž polja ugroženog eolskom erozijom za primer maksimalnog pronosa nanosa od $Q_{\max} = 1,0 \text{ kg m}^{-1}$ dat je na slici 5.3/7. Pronos eolskog nanosa se postepeno povećava duž erozionog polja, da bi na nekom odstojanju x_n koje zavisi od niza faktora dostigao svoj maksimum. Gubitak zemljišta dostiže najveću vrednost na udaljenosti $x = s/\sqrt{2}$, a prestaje kada pronos nanosa dostigne maksimum. Prosečan gubitak zemljišta se prema ovom modelu određuje kao količnik pronosa nanosa i udaljenosti x.



Slika 5.3/7. Odnos između pronosa eolskog nanosa, gubitaka zemljišta i prosečnog gubitka zemljišta duž nekog erozionog polja na osnovu jednačina RWEQ (Fryrear et al., 1998)

Polazeći od činjenice da su ulazni otvori hvatača eolskog nanosa primenjenih za sprovedena istraživanja malih dimenzija (10 x 4,5 cm) može se sa dovoljnom tačnošću smatrati da se pripadajuća zona uticaja prostire do prosečne dužine leta jedne saltirajuće čestice. Obzirom da je putanja čestice paraboličnog oblika (slika 5.3/8.) visine oko $h = 70$ cm i dužine $L \approx 10 \cdot h$, za relaciju između količine nanosa u hvataču (kg), pronosa nanosa (kg m^{-1}) i gubitka zemljišta (kg m^{-2}) usvojena je pravougaona površina dimenzija $7 \cdot 0,1$ m za širinu hvatača od 10 cm ili $7 \cdot 1$ m za pronos nanosa sveden na širinu fronta od 1m (Savić, 1999).



Slika 5.3/8. Izgled putanje saltirajuće čestice eolskog nanosa (Savić, 1999)

5.3.2. Merenje i uzorkovanje zemljišta za metodu praćenja količina ¹³⁷Cs

Najpouzdanije determinisanje eolske erozije i njenih efekata se može postići na osnovu neposrednih sistematskih merenja samog procesa i njegovih uzročnika u realnim terenskim uslovima. Nažalost, ovakva istraživanja su uglavnom sporadična i ograničenog trajanja. Problem predstavlja i nepostojanje opšteprihvaćenih ili standardizovanih mernih instrumenata pomoću kojih bi se procesi eolske erozije mogli na odgovarajući, jedinstven način kvantifikovati (Savić et al., 2002). Usled složenih zahteva prilikom osnivanja eolomernih stanica i nedovoljnog broja eksperimenata sa primenom različitih tipova instrumenata za hvatanje i određivanje intenziteta eolskog nanosa, od devedesetih godina prošlog veka je počela sve veća primena metoda praćenja prisustva radioizotopa veštačkog porekla ¹³⁷Cs u zemljištu koji se koristi za detekciju i determinaciju procesa eolske erozije i koji omogućava procenu gubitaka zemljišta i projekciju prostornog rasporeda eolskog nanosa na određenoj površini. Konstatacijom povećanog ili smanjenog sadržaja ¹³⁷Cs u pojedinim uzorcima u odnosu na lokalni padavinski ulaz (referentni uzorak) dobija se prostorna predstava o fazi erozionog procesa (odnošenje ili taloženje nanosa) na eksperimentalnoj površini.

5.3.2.1. Modeli pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta

Za pretvaranje merenja radionuklida u kvantitativne procene stanja erozije korišćeni su različiti pristupi, koji su uključivali, kako empirijske odnose, tako i teorijske modele i matematičke procedure.

Svi pristupi u oblasti praćenja aktivnosti ^{137}Cs , a samim tim i erozivnih promena mogu biti podeljeni u dve grupe. Prvu grupu modela čine teorijski modeli za obrađivana i neobrađivana zemljišta, odnosno za kultivisana i netaknuta područja. Postoji više modela koji konvertuju količine ^{137}Cs u gubitke obrađivanih zemljišta, a najjednostavniji od njih je proporcionalni model. Za neobrađivana zemljišta, najviše se primenjuje model profilne distribucije koji se bazira na kontroli vertikalne distribucije ^{137}Cs u zemljišnom profilu (Walling & Quine, 1990). Druga grupa modela u svom sagledavanju problema ima empirijsku jednačinu. Empirijska jednačina se uspostavlja da bi se objasnio odnos između gubitka ^{137}Cs u zemljištu i erozije tla (Basher & Webb, 1997).

Osnovna fizička veličina koja se meri u proceni erozionih procesa je količina radionuklida u odabranom uzorku iz određenog sloja zemljišta. Ova količina se može iskazati na nekoliko načina. Sam proces merenja nekog uzorka adekvatno kalibrisanim HPGe detektorom će dati aktivnost samog uzorka. Izmerena aktivnost radionuklida (A) je direktno proporcionalna masi radionuklida (m) u merenom uzorku. Veza između ove dve veličine je sledeća:

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} m \frac{N_{av}}{M}$$

gde je:

$T_{1/2}$ - period poluraspada radionuklida

m - masa radionuklida u merenom uzorku

M - atomska masa radionuklida

N_{av} - Avogadrov broj koji iznosi $6,0221412 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Ukupna aktivnost radionuklida zavisi od dimenzija i količine uzorka koji se meri, tako da je u praksi uobičajeno da se aktivnost radionuklida izražava po jedinici mase u Bq kg^{-1} . Ponekad se ova veličina zove specifična aktivnost, a ponekad i koncentracija aktivnosti. Međutim, za potrebe izučavanja erozionih procesa, neophodno je znati ukupnu količinu nekog radionuklida po jedinici površine. U literaturi na engleskom jeziku, ova veličina se naziva „*inventory*“, što bi u slobodnom prevodu moglo da znači „inventar“ ili „zaliha“. Jedinica u kojoj se ova veličina izražava je Bq m^{-2} . Ova veličina daje integralnu meru količine nekog radionuklida ili tačnije rečeno njegove aktivnosti po jedinici površine. Sa eksperimentalne tačke gledišta, ova veličina daje integralnu meru količine radionuklida ispod neke površine određenu presekom uzorkivača („*corer*“) koji se koristi u procesu uzorkovanja zemljišta, što daje dodatnu eksperimentalnu pogodnost. Merenje ukupne aktivnosti radionuklida u uzorku zemljišta direktno daje „*inventory*“.

Rezultati merenja koji se dobijaju iz gama spektrometrije izraženi u Bq kg^{-1} relativno se lako pretvaraju u „*inventory*“ množenjem sa $\rho \cdot x$, gde je ρ zapreminska masa neporemećenih uzorka, a x debljina sloja uzorkovanja. U svim jednačinama kojima se količina radionuklida u nekom zemljištu pretvara u količinu izgubljenog zemljišta figuriše „*inventory*“ u Bq m^{-2} , što je

mera ukupne količine radionuklida po jedinici površine. Kako kod nas još uvek nije usvojen pojam za „*inventory*“, u nastavku teksta će se ova veličina nazivati količinom radionuklida, što ona, u stvari, i predstavlja. Pojam „količina radionuklida“ u sebi nosi kvantitativni karakter, koji je time u ovom radu naglašen.

U nastavku će biti ukratko predstavljena teorijska osnova primenjenih modela, zajedno sa svojim prednostima i ograničenjima.

Proporcionalni model (Proportional Model – PM)

Proporcionalni model se zasniva na pretpostavci da su padavinski ulazi ^{137}Cs totalno izmešani unutar obradivog sloja i da je gubitak zemljišta direktno proporcionalan smanjenju količina ^{137}Cs u zemljišnom profilu, kao i da koncentracije ^{137}Cs u erodiranom i deponovanom nanosu ostaju konstantne kroz vreme. Na primer, ako je padavinski ulaz ^{137}Cs uklonjen za pola, pretpostavlja se da je ukupan gubitak zemljišta u određenom periodu 50%.

Proporcionalni model je predstavljen jednačinom

$$Y = 10 \frac{BdX}{100TP}$$

gde je:

Y - srednji gidišnji gubitak zemljišta ($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)

d - dubina oranja ili obrađivanog sloja (m)

B - zapreminska masa zemljišta (kg m^{-3})

X - procentualno smanjenje količine ^{137}Cs u ukupnom uzorku $((A_{ref} - A)/A_{ref} \cdot 100)$

T - vreme koje je proteklo od početka obrade zemljišta (god)

A_{ref} - lokalna referentna količina ^{137}Cs po jedinici površine (Bq m^{-2})

A - ukupno izmerena količina ^{137}Cs u uzorku po jedinici površine (Bq m^{-2})

P - korektivni faktor veličine čestica.

U slučajevima gde je količina ^{137}Cs A za uzorkovanu tačku veća od lokalne referentne količine A_{ref} , pretpostavlja se taloženje nanosa, a godišnji intenzitet taloženja Y' ($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$) se može proceniti koristeći sledeću jednačinu

$$Y' = 10 \frac{BdX'}{100TP'}$$

gde je:

X' - procentualno povećanje količine ^{137}Cs u ukupnom uzorku $((A - A_{ref})/A_{ref} \cdot 100)$

P' - korektivni faktor veličine čestica deponovanog nanosa.

Proporcionalni model zahteva, pored vrednosti o količinama ^{137}Cs za uzete uzorke i lokalne referentne količine, samo podatke o dubini oranja, pa ga je zato lako primeniti. Međutim, ovaj model predstavlja značajno pojednostavljenje stvarnosti. Ako je neka akumulirana količina ^{137}Cs na površini uklonjena erozijom pre njenog uključivanja u obrađeni zemljišni profil, procene gubitka zemljišta koje pruža ovaj model će preceniti stvarni gubitak zemljišta. Možda je još važnije da model ne uzima u obzir progresivno smanjenje koncentracije ^{137}Cs u

zemljištu unutar obrađivanog sloja, zbog uključivanja zemljišta iz nižih slojeva od prvobitne dubine oranja. Kao rezultat toga, procene dobijenih intenziteta erozije verovatno potcenjuju gubitke zemljišta. Isto tako, taloženje zemljišta će biti potcenjeno, jer model ne uzima u obzir progresivno smanjenje ^{137}Cs u aktivnostima pokrenutog nanosa koji je kasnije deponovan kao nastavak erozije tla.

Model profilne distribucije (Profile Distribution Model – PDM)

Za neobrađena zemljišta, dubina rasprostiranja ^{137}Cs u profilu zemljišta će biti znatno drugačija od one u obrađivanim zemljištima, gde je ^{137}Cs pomešan u izoranom sloju. U mnogim situacijama, dubina rasprostiranja ^{137}Cs u neporemećenom stabilnom zemljištu će ispoljiti eksponencijalni pad sa dubinom koji može biti opisan sledećom funkcijom (Zhang et al., 1990; Walling & Quine, 1990)

$$A'(x) = A_{ref} (1 - e^{-x/h_0})$$

gde je:

$A'(x)$ - količina ^{137}Cs iznad dubine x (Bq m^{-2})

A_{ref} - referentna količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})

x - dubina od površine zemljišta (kg m^{-2})

h_0 - koeficijent koji opisuje oblik profila (kg m^{-2}).

Ako se pretpostavlja da se ukupna količina radioaktivnih padavina ^{137}Cs dogodila 1963. godine i da je dubina rasprostiranja ^{137}Cs u profilu zemljišta nezavisna od vremena, intenzitet erozije Y za erodirane tačke sa ukupnom količinom ^{137}Cs A_u (Bq m^{-2}) manjom od lokalne referentne količine A_{ref} (Bq m^{-2}) može se izraziti kao

$$Y = \frac{10}{(t - 1963)P} \ln\left(1 - \frac{X}{100}\right)h_0$$

gde je:

Y - godišnji gubitak zemljišta ($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)

t - godina uzorkovanja (god)

X - procenat gubitka ^{137}Cs u odnosu na lokalnu referentnu vrednost $((A_{ref} - A_u)/A_{ref} \cdot 100)$

A_u - izmerena ukupna količina ^{137}Cs u uzorku (Bq m^{-2}).

Za lokacije taloženja, intenzitet taloženja R' se može proceniti iz viška količine ^{137}Cs $A_{ex}(t) = A_u - A_{ref}$ (Bq m^{-2}) i koncentracije ^{137}Cs u deponovanom nanosu C_d pomoću sledećeg izraza:

$$R' = \frac{A_{ex}}{\int_{t_0}^t C_d(t') e^{-\lambda(t-t')} dt'} = \frac{A_u - A_{ref}}{\int_S R dS \int_S A_{ref} (1 - e^{-R/h_0}) dS}$$

Model profilne distribucije je jednostavan i lak za korišćenje. Međutim, ovaj model verovatno precenjuje intenzitete gubitaka zemljišta, jer uključuje niz pojednostavljenih

pretpostavki i ne uzima u obzir vreme zavisno od prirode radioaktivnih padavina ^{137}Cs i progresivne evolucije dubine rasprostiranja ^{137}Cs u profilu tla nakon taloženja iz atmosfere.

Model Basher & Webb

Model Basher & Webb se zasniva na činjenici da je odnos između gubitaka ^{137}Cs u zemljištu i gubitaka zemljišta eksponencijalan (Walling & Quine, 1990). Taj jednostavni empirijski pristup je iskorišćen za zapažanje o eksponencijalnom opadanju ^{137}Cs sa povećanjem dubine zemljišta kao osnove za određivanje debljine izgubljenog zemljišta koja polazi od pretpostavke da je takva distribucija postojala pre početka erozije.

Izmerena ulazna vrednost vertikalne distribucije aktivnosti ^{137}Cs izračunata je kao kumulativni procenat ^{137}Cs sa povećanjem dubine. Odnos između kumulativnog procenta ^{137}Cs i dubine zemljišta je izražen eksponencijalnom jednačinom

$$Ah = A \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot h})$$

gde je:

Ah - količina ^{137}Cs iznad dubine h u zemljištu (%)

A - ulazna vrednost ^{137}Cs (100%)

λ - koeficijent koji opisuje oblik vertikalne distribucije ^{137}Cs u zemljištu.

Može se uočiti da je gornja jednačina, u stvari, pojednostavljeni model profilne distribucije (PDM), pošto su u njoj umesto apsolutnih vrednosti količina radionuklida po jedinici površine prisutne relativne vrednosti izražene u procentima.

Ova jednačina važi za slučaj kada količina ^{137}Cs ravnomerno opada sa dubinom, tako da se promene mogu izraziti samo sa jednim koeficijentom. Međutim, analiza podataka je pokazala da brzina opadanja ^{137}Cs zavisi od dubine zemljišta, pa je jednačina modifikovana uvođenjem kompleksnije eksponencijalne funkcije

$$Ah = A \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot h - \beta \cdot h^2})$$

gde je:

β - drugi koeficijent koji opisuje oblik vertikalne distribucije ^{137}Cs u zemljištu.

Na svakom lokalitetu, izmerena aktivnost ^{137}Cs upoređena je sa ulaznom vrednošću da bi se izračunao procenat gubitka ^{137}Cs i izračunala debljina izgubljenog zemljišta

$$h_{lost} = \frac{-\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 4\beta \ln(1 - \frac{Z}{100})}}{2\beta}$$

gde je:

h_{lost} - dubina izgubljenog zemljišta (cm)

λ, β - koeficijenti koji opisuju oblik vertikalne distribucije ^{137}Cs u zemljištu

Z - gubitak ^{137}Cs u odnosu na ulaznu vrednost (%).

Ako je izmerena aktivnost ^{137}Cs premašivala ulaznu vrednost, nije računato taloženje zemljišta, pošto nisu postojali podaci na osnovu kojih bi se napravio model odnosa između kumulativnog procenta ^{137}Cs i debljine nataloženog zemljišta, tako da je srednji gubitak zemljišta na svakom pravcu izračunat na osnovu srednje vrednosti gubitka ^{137}Cs .

5.3.2.2. Modeli pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta u Microsoft Excel Add-Ins varijanti

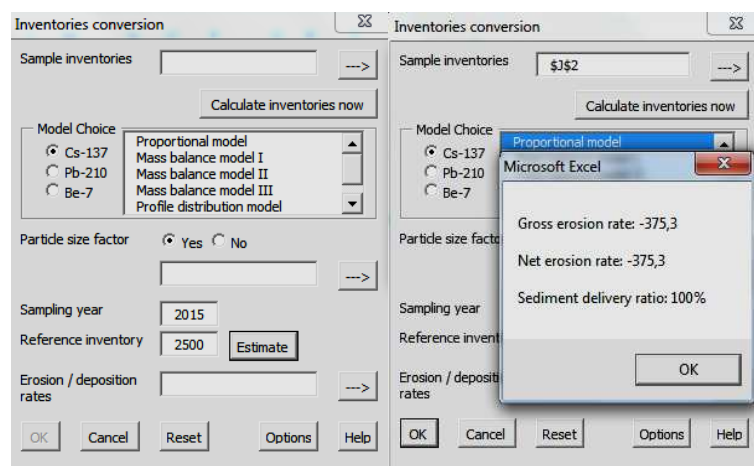
U nastojanju da se standardizuju metode i procedure, Walling i He (2001) razvijaju PC-kompatibilni softverski paket u Microsoft Excel Add-Ins varijanti za brojne modele pretvaranja izmerenih količina radionuklida (^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be) u procenu stanja erozije zemljišta (tabela 5.3/1.). U ovom radu je korišćena najnovija verzija pomenutog PC-kompatibilnog softverskog paketa u Microsoft Excel Add-Ins varijanti (slika 5.3/9.) za pretvaranje količina ^{137}Cs u intenzitete erozije (Walling et al., 2006) i to:

1. Proporcionalni model (Proportional Model - PM) na obrađivanom zemljištu i
2. Model profilne distribucije, odnosno model distribucije ^{137}Cs u zemljišnom profilu (Profile Distribution Model - PDM) na zemljištu u nenarušenom stanju.

Konverzija količina radionuklida u procenu stanja erozije zemljišta pokušava numerički da izvede intenzitet odnošenja ili taloženja nanosa u određenom vremenskom okviru. Složenost i neizvesnost u vezi sa raznim procesima preraspodele zemljišta pretpostavlja iterativan, subjektivan i istraživački pristup. Da bi se upoznale potrebe za konverzijom količina radionuklida, razvijen je istraživački alat za pretvaranje količina ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be u procenu stanja erozije zemljišta korišćenjem „*Visual Basic Application*”. Alat je dizajniran tako da se bavi količinama radionuklida sa određenih tačaka iz pojedinačnih pravaca koji prate liniju pronosa nanosa, pod pretpostavkom da ne postoji doprinos sa drugih područja ili značajan doprinos usled kretanja zemljišta niz nagib (tzv. zemljišna preraspodela).

Kao standard unutar Microsoft Excel-a, Add-Ins je poboljšan sa sledećim prednostima i karakteristikama:

1. Add-Ins može u potpunosti da iskoristi funkcije upravljanja i analizu dostupnih podataka u Microsoft Excel-u. Rezultati konverzije mogu biti lako povezani sa drugim promenljivama ili faktorima životne sredine u cilju daljih analiza;
2. Da bi se obezbedio značajan nivo parametrisanja u modelima (tabela 5.3/2.), limiti za pojedine parametre su bili korektno postavljeni i parametri (izvedeni ili procenjeni) su bili definisani odgovarajućim vrednostima;
3. Modelima konverzije ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be se može pristupiti preko uniformnog, konzistentnog i interaktivnog „*interface*”-a na veoma lak način (tzv. „*user-friendly*”). Dizajn „*interface*”-a prati logičan tok analize podataka, uključujući ulazne izvore podataka na vrhu, specifikaciju parametara u sredini i čuvanje rezultata na dnu;
4. Pomoćne informacije (tzv. „*help file*”) su integrisane u program (relevantne informacije i uputstva se daju u odgovarajućem momentu);
5. Ne postoje ograničenja u imenima „*folder*”-a, putanja i lokacija „*file*”-ova, tako da se na taj način korisniku daje više fleksibilnosti pri instalaciji softvera i upravljanju podacima.



Slika 5.3/9. PC-kompatibilni softverski paket u Microsoft Excel Add-Ins varijanti

Tabela 5.3/1. Raspoloživi modeli u Add-Ins (Walling et al., 2006)

Radionuklidi	Obrađivano zemljište	Neobrađivano zemljište
^{137}Cs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proporcionalni model* (Proportional model*) 2. Uprošćeni model ravnoteže/bilansa mase* (Simplified mass balance model*) 3. Model ravnoteže/bilansa mase (Mass balance model) 4. Model ravnoteže/bilansa mase sa obradom (Mass balance model with tillage) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model oblika profila (Profile shape model) 2. Diffusion and migration model (Model rasipanja i premeštanja)
$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model ravnoteže/bilansa mase* (Mass balance model*) 2. Model ravnoteže/bilansa mase sa obradom* (Mass balance model with tillage*) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diffusion and migration model* (Model rasipanja i premeštanja*)
^7Be	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model oblika profila* (Profile shape model*) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model oblika profila* (Profile shape model*)

* Modeli koji su bili dalje modifikovani ili razvijani

Tabela 5.3/2. Spisak zahtevanih parametara za pojedinačne modele (Walling et al., 2006)

Model	Zahtevani parametri
Proporcionalni model	Dubina oranja, zapremenska masa, godina početka obrade zemljišta
Uprošćeni model ravnoteže/bilansa mase	
Model ravnoteže/bilansa mase	Dubina oranja, godina početka obrade zemljišta, proporcionalni faktor, dubina prostiranja, godišnji padavinski fluks*
Model ravnoteže/bilansa mase sa obradom	Dubina oranja, konstanta obrade zemljišta, proporcionalni faktor, dubina prostiranja, dužina i stepen nagiba za svaku deonicu pravca, godišnji padavinski fluks*
Model rasipanja i premeštanja	Koeficijent rasipanja, dubina prostiranja, koeficijent pomeranja, godišnji padavinski fluks*
Model oblika profila	Faktor oblika profila

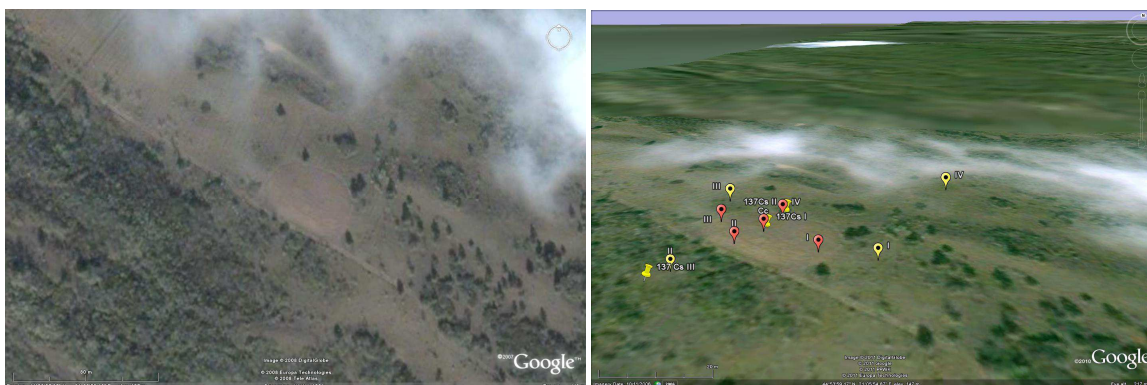
* Zahtevano samo za ^{137}Cs modele

Za uzete količine radionuklida duž pravca uzorkovanja, u svim modelima je potreban korektivni faktor veličine čestica koji može biti uključen u proračune, ali nije obavezan. Svaki model ima svoj specifičan skup parametara, ali su neki od ovih parametara zajednički za više modela. Važno je da se prepozna koji se pojedinačni modeli razlikuju u svojim osnovnim pretpostavkama, opisima procesa i predstavljenim vremenskim varijacijama. Razumevanje modela i njihovih parametara je bitan preduslov u njihovim primenama.

Na kraju, pokazalo se u praksi da su sva tri radionuklida u stanju da pruže informacije o redistribuciji zemljišta u rasponu vremenskih intervala od nekoliko dana (^7Be), kroz decenije (^{137}Cs), do približno 100 godina ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$). Pored toga, korišćenje radionuklida u kombinaciji nudi potencijal da se identifikuju vremenski trendovi intenziteta erozije kako bi se rasvetlila istorija erozionih procesa na proučavanoj lokaciji.

5.3.2.3. Uzorkovanje zemljišta za metodu praćenja količina ^{137}Cs

Za metodu praćenja količina radionuklida ^{137}Cs , zemljište iz Deliblatske peščare je prvi put uzorkovano 2008. godine na lokalitetu Cvijićev vis (slika 5.3/10.) kada je zbog dobijanja početnih rezultata uzeto sondom (sonde su različiti tipovi burgija namenjene specijalno za istraživanje zemljišta, slika 5.3/11.) ukupno 9 inicijalnih uzoraka sa tri lokacije (1. obrađeno erodirano zemljište, 2. obrađeno akumulirano zemljište, 3. neobrađeno zemljište) iz slojeva zemljišta 0-5, 5-15 i 15-30 cm (3 lokacije x 3 horizonta = 9 uzoraka). Na istom lokalitetu su 2010. godine odabrane dve lokacije (1. obrađeno zemljište, 2. neobrađeno zemljište) za uzimanje osnovnih uzoraka koji na najbolji način opisuju, definišu vertikalnu distribuciju radionuklida u izabranim profilima i osam pravilno raspoređenih tačaka za uzimanje ostalih uzoraka, od kojih su se četiri nalazile unutar površine obrađivanog zemljišta, dok su druge četiri bile raspoređene van nje. Osnovni uzorci su uzimani iz slojeva zemljišta 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-15, 15-20 cm (2 lokacije x 7 horizonta = 14 uzoraka) pomoću metalnog diska za uzorkovanje zemljišta u vlažnom stanju (slika 5.3/12.), a ostali uzorci iz slojeva zemljišta 0-5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm (8 lokacija x 4 horizonta = 32 uzorka) pomoću cilindra po Kopeckom (slika 5.3/13). Lokacije sa kojih je uzorkovano obrađivano zemljište čine kvadrat stranice 20 m, dok su tačke sa kojih je uzimano neobrađivano zemljište respoređene po temenima kvadrata stranice 40 m. Osnovni uzorak sa neobrađenog zemljišta je definisao neki vid referentne vrednosti, pa je, stoga, uzet kao ulazni podatak za modele konverzije količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta.



Slika 5.3/10. Eroziono polje Cvijićev vis – prostorni raspored inicijalnih, osnovnih i ostalih uzoraka (satelitski snimak)

U cilju dobijanja što relevantnije predstave o gubicima i redistribuciji zemljišta na erozionom polju Cvijićev vis metodom praćenja količina ^{137}Cs i kreiranja grafičkih prikaza istog terena (^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), 2012. godine je uzeto ukupno 58 uzoraka (cilindrom $D = 10$ cm, $H = 20$ cm, $V = 1.571$ cm³) na tačkama raspoređenih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) na pravilnim međusobnim rastojanjima od 5 m (obrađeno zemljište) i 10 m (neobrađeno zemljište) u zavisnosti od konfiguracije terena, odnosno nagiba i stepena kupiranosti terena (slika 5.3/14.).



Slika 5.3/11. Uzimanje uzoraka zemljišta sondom



Slika 5.3/12. Uzimanje uzoraka zemljišta metalnim diskom



Slika 5.3/13. Uzimanje uzoraka zemljišta cilindrima po Kopeckom



Slika 5.3/14. Uzimanje uzoraka zemljišta cilindrima $V = 1.571 \text{ cm}^3$

5.3.2.4. Laboratorijske analize

Laboratorijske analize ispitivanja radioaktivnosti uzoraka vršene su u Laboratoriji Katedre za nuklearnu fiziku Departmana za fiziku Prirodno - matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, jednoj od retkih laboratorija u Srbiji akreditovanih za gama spektrometrijska merenja koja garantuje visok kvalitet izvršenih merenja i međunarodnu prepoznatljivost dobijenih rezultata. Svi uzorci tla su osušeni na 105 °C, uklonjena im je nečistoća, a fina zemlja je zdrobljena da bi mogla da se proseje kroz dvomilimetarsko sito. Nakon obrade, uzorci mase od 300 g su pakovani u standardnu geometriju ($d = 70$ mm, $h = 32$ mm) i svakom uzorku je određena koncentracija radionuklida metodom gama spektroskopije visoke rezolucije pomoću niskofonskog HPGe detektora sa berilijumskim prozorom relativne efikasnosti 32%. Karakteristično vreme merenja je bilo oko $70 \cdot 10^3$ s. Za obradu spektara korišćena je verzija programa GENIE koja osim identifikovanih gama linija uvek iskazuje spektralne intenzitete za više od 30 izabranih radioizotopa. Na osnovu intenziteta gama linija zabeleženih u izmerenim spektrima, izračunate su koncentracije aktivnosti svih radioizotopa koji su se nalazili u uzorcima. Za radioizotope kojima nije primećena ni jedna karakteristična gama linija u spektrima, procenjena je gornja granica koncentracije aktivnosti u uzorcima zemljišta. Greške rezultata merenja su iskazane sa nivoom poverenja od 95%, što znači da je verovatnoća da se pri ponovljenom merenju istog uzorka dobije rezultat izvan granica iskazane greške manja od 5%. Analitički rezultati su iskazani kao ukupna aktivnost ^{137}Cs u svakom uzorku (Bq kg^{-1}), a vrednosti ukupne aktivnosti ^{137}Cs pretvorene su u aktivnosti po jedinici površine (Bq m^{-2}). Ukupna aktivnost ^{137}Cs na lokacijama gde su uzorci uzimani po dubini (slojevi od 2 cm i 5 cm) dobijena je sabiranjem prostorne aktivnosti ^{137}Cs iz svih slojeva.

Laboratorijske analize zapreminske mase neporemećenih uzoraka su vršene u Laboratoriji Instituta za nizijško šumarstvo i životnu sredinu iz Novog Sada.

Odnos mase zemljišta isušene na 105 °C prema njenoj zapremini u nenarušenom stanju predstavlja zapreminsku masu zemljišta.

Zapreminska masa zemljišta se izračunava prema formuli

$$\rho = \frac{M_s}{V_t}$$

gde su:

ρ - zapreminska masa (g cm^{-3})

M_s - masa zemljišnog uzorka nakon sušenja (g)

V_t - zapremina uzorka – poznata zapremina cilindra po Kopeckom 100 cm^3 .

Uzimanje uzoraka za određivanje zapreminske mase zemljišta urađeno je pomoću staklenih epruveta sa zapušačem zapremine 20 cm^3 i cilindra po Kopeckom zapremine 100 cm^3 (slika 5.3/15.). Cilindar po Kopeckom se sastoji od metalnog prstena visine 4,5 cm zaoštrenog na jednom kraju, dve mrežice i dva poklopca. Uzorci su uzimani iz svakog sloja osnovnih, referentnih i ostalih određenih uzoraka, kako unutar površine obrađivanog zemljišta, tako i van nje u nenarušenom stanju (5 puta u horizontima od 2 cm epruvetama i 3 puta u

horizontima od 5 cm cilindrima). Cilindri po Kopeckom su utiskivani u svaki horizont pomoću nabijača. Prilikom otkopavanja cilindra po Kopeckom vodilo se računa da se ne oštete uzorci. Pedološkim nožem je odstranjivan višak zemlje. Uzorci u epruvetama i cilindrima su kasnije prenešeni u laboratoriju (slika 5.3/16.), gde su sušeni na 105 °C do postizanja konstantne mase. Nakon sušenja, uzorci su izmereni na preciznoj vagi. Od dobijene mase oduzeta je poznata masa praznog cilindra. Tako dobijene vrednosti predstavljale su masu zemljišta u suvom stanju koja se koristila za izračunavanje zapreminske mase zemljišta. Zapreminske mase svakog sloja osnovnih, referentnih i ostalih određenih uzoraka definisane su kao srednje vrednosti uzetih uzoraka za dobijanje zapreminskih masa zemljišta.



Slika 5.3/15. Uzimanje uzoraka za određivanje zapreminske mase zemljišta u nenarušenom stanju



Slika 5.3/16. Obrada uzoraka u laboratoriji za određivanje zapreminske mase zemljišta

5.4. Merenje i uzorkovanje zemljišta za izbor referentnih uzoraka (referentne količine ^{137}Cs)

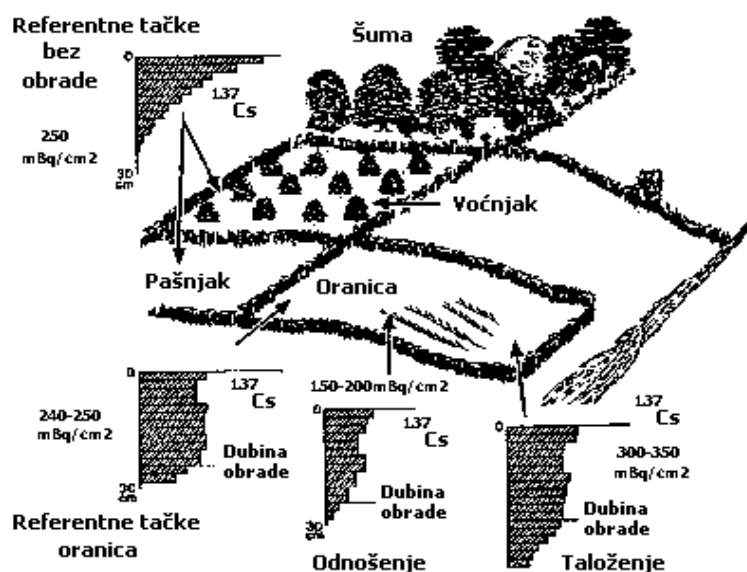
Pouzdanost modela konverzije količina radionuklida ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta, zavisi u najvećoj meri od ranije utvrđenih tzv. referentnih vrednosti, koje na najbolji način definišu sadržaj ^{137}Cs u nenarušenim zemljištima koja odlikavaju prirodne uslove u istraživanom području.

Osnovni razlozi nepouzdanosti procena intenziteta eolske erozije koristeći tehniku praćenja aktivnosti ^{137}Cs u zemljištu su:

1. Određivanje referentne količine ^{137}Cs u neporemećenom uzorku koja se koristi za poređenje sa uzorkovanim količinama ^{137}Cs na drugim lokacijama gde je ^{137}Cs izgubljen ili dobijen u zavisnosti od deflacije ili depozicije zemljišta;

2. Razvoj kalibracije koja povezuje količine ^{137}Cs sa prosečnim kretanjem zemljišta u nekom srednjoročnom periodu.

Referentna količina je kritičan parametar za svako istraživanje koje koristi radionuklide. Izmerenim referentnim vrednostima utvrđuje se da li je tačka uzorkovanja označena kao tačka izložena deflaciji (redukovana koncentracija) ili depoziciji (povećana koncentracija) zemljišta (slika 5.4/1.). Ovde se mora naglasiti da ove vrednosti imaju za cilj da obezbede preliminarne procene verovatnih referentnih količina za istraživana područja, koje kasnije ne moraju da se koriste u modelima konverzije. Međutim, uzorkovanje neporemećenih lokacija na istim ili sličnim nadmorskim visinama je neophodno da bi se dobile uporedne vrednosti koje predstavljaju očekivane vrednosti u odsustvu erozionih procesa i dobile primenjive referentne vrednosti u modelima konverzije. Nažalost, ima vrlo malo područja koja su ostala neporemećena za vreme celokupnog trajanja padavina ^{137}Cs – radijacije (1954-1983) i koja obezbeđuju procenu uticaja lokalnog zračenja. Na lokacijama gde je bilo malo poremećaja zemljišta, sadržaj ^{137}Cs u profilima pokazuje tipične eksponencijalne oblike. Vertikalna distribucija ^{137}Cs u šumama je obično dublja nego kod pašnjaka, verovatno zato što horizont lisne prostirke (šumska stelja) omogućava vodi da se lakše procedi, lakše nego kroz gusto upakovani površinski sloj pašnjaka. Količina ^{137}Cs po dubini profila na pašnjacima se rapidno smanjuje od površine, ali postoje neke količine ^{137}Cs i u dubljim slojevima. Ovo se verovatno dešava zbog obrade pašnjaka u nekoj ranijoj fazi njegove istorije. Sadržaj ^{137}Cs u profilu obradivog zemljišta pokazuje donekle ravnomernu raspodelu ^{137}Cs po dubini, proizvedenu gotovo sigurno homogenizacijom profila tokom kultivacije, tako da se ovi uzorci retko uzimaju kao referentni.



Slika 5.4/1. Šematski prikaz osnovnih principa na kojima se zasniva metoda praćenja količina ^{137}Cs (Savić et al., 2002)

Tokom ovih istraživanja identifikovano je nekoliko mesta na Deliblatskoj peščari zbog njihovog potencijala da se dobije referentna količina ^{137}Cs , ali je za neke pronađene šumske lokalitete utvrđeno da su previše kontaminirani ^{137}Cs usled deponovanja eolskog nanosa. Na kraju, izabrana su tri lokaliteta na osnovu sadržaja ^{137}Cs u profilima i informacija o korišćenju zemljišta u prošlosti. Selektovani uzorci predstavljaju referentne količine ^{137}Cs za proučavanje eolske erozije na Deliblatskoj peščari, jer pokazuju količine ^{137}Cs koje se mogu očekivati i na drugim zemljištima u nenarušenom stanju širom Deliblatske pešcare.

U toku 2013. godine, uzeti su uzorci sa tri lokaliteta iz šuma bagrema (Bg – GJ Deliblatski pesak, odelenje 128, odsek b, X = 4972840, Y = 7508014, 154,56 m.n.m., šuma stara 29 godina), belog bora (B – GJ Deliblatski pesak, odelenje 88, odsek f, X = 4971037, Y = 7510550, 150,06 m.n.m., šuma stara 35 godina) i lipe (L – GJ Deliblatski pesak, odelenje 335, odsek d, X = 4973924, Y = 7509193, 163,09 m.n.m., šuma stara 84 godine), cilindrima po Kopeckom, na dubinama od 0-5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm (3 lokacije x 3 uzoraka x 4 horizonta = 36 uzoraka), u cilju dobijanja što boljih referentnih vrednosti, odnosno što relevantnijeg ulaznog podatka.

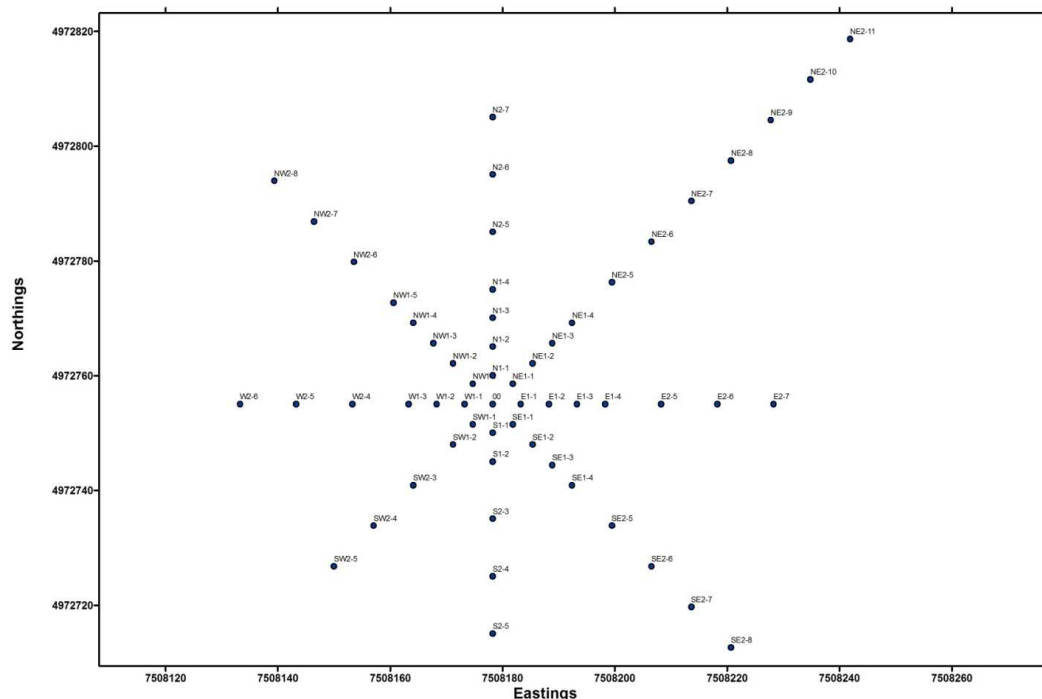
5.5. Merenje i uzorkovanje zemljišta za procenu stanja redistribucije zemljišta (količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)

S obzirom da je eolska erozija proces koji se odvija u prostoru i da se prema metodi praćenja sadržaja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ uzorci uzimaju sa većeg broja tačaka unutar analiziranog erozionog polja, tačke uzorkovanja, odnosno površine koje one reprezentuju su prostorno definisane korišćenjem sistema za globalno pozicioniranje (GPS). Ovaj sistem omogućava određivanje položaja tačke u prostoru pomoću GPS prijemnika i navigacionih satelita. Ova metoda pruža posebne mogućnosti u kombinaciji sa primenom geografskog informacionog sistema (GIS). U okviru GIS-a, prostorni elementi su povezani sa ostalim relevantnim podacima smeštenim u bazama podataka. Prostorni elementi bi u ovom slučaju bile tačke uzorkovanja ili površine koje one reprezentuju, a u bazama podataka, pored rezultata dobijenih utvrđivanjem aktivnosti ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, mogu biti smešteni i svi ostali podaci o faktorima koji utiču na eolsku eroziju (npr. oblik i veličina parcele, način korišćenja zemljišta, vegetacija itd.). Ovako organizovani podaci omogućavaju praćenje analizirane pojave u vremenu i prostoru, kao i uočavanje određenih zakonitosti i međuzavisnosti između uzročnih faktora i krajnjeg procesa. Na osnovu arhiviranih podataka u relacionim bazama, mogu se izrađivati kartografski materijali sa detaljno prikazanim procesima kretanja nanosa unutar nekog eksperimentalnog erozionog polja.

Uzorci zemljišta su uzeti na lokalitetu Cvijićev vis sa pozicija čiji je raspored unapred definisan na terenu. Tačke su raspoređene zrakasto (slika 5.5/1.) po određenim pravcima duvanja vetrova (transekti) na pravilnim međusobnim rastojanjima od 5 m (obrađeno zemljište) i 10 m (neobrađeno zemljište) i to:

- pravac ka severu (N) – 7 tačaka,
- pravac ka severoistoku (NE) – 11 tačaka,
- pravac ka istoku (E) – 7 tačaka,
- pravac ka jugoistoku (SE) – 8 tačaka,
- pravac ka jugu (S) – 5 tačaka,
- pravac ka jugozapadu (SW) – 5 tačaka,
- pravac ka zapadu (W) – 6 tačaka,
- pravac ka severozapadu (NW) – 8 tačaka.

Potreban broj tačaka za uzimanje uzoraka zemljišta po pojedinim pravcima ustanovljen je u zavisnosti od konfiguracije terena, odnosno nagiba i stepena kupiranosti terena.



Slika 5.5/1. Raspored uzoraka zemljišta uzetih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)

Pozicije tačaka na terenu na kojima su uzimani uzorci određene su preciznim odmeravanjima po pojedinim pravcima od centralne tačke. Sve tačke su snimljene ručnim GPS uređajem za precizno snimanje koordinata tipa Trimble GeoXT 6000 submetarske tačnosti. U uređaju su integrisani GPS i GLONASS prijemnici i dvofrekventna L1/L2 GPS antena, koja omogućava kodna i fazna merenja u realnom vremenu i u stanju decimetarske tačnosti. U cilju povećanja tačnosti snimljenih koordinata, nakon snimanja na terenu, izvršena je diferencijalna korekcija podataka snimanja korišćenjem baznih podataka za diferencijalnu korekciju sa AGROS mreže permanentnih stanica koja je u nadležnosti Republičkog geodetskog zavoda. Koordinate tačaka su snimljene u *Gaus-Kruger*-ovom pravouglom koordinatnom sistemu zona 7 (MGI Balkans zone 7), a istovremeno su snimljene i nadmorske visine svih tačaka.

Podaci o snimljenim koordinatama i nadmorskim visinama na kojima se nalaze merne tačke poslužili su kao osnova za kreiranje grafičkih prikaza terena. Za tu svrhu, korišćen je alat „*Spline*” u okviru softverskog paketa ESRI ArcGIS. Kao rezultat obrade podataka putem ovog alata, formiran je rasterski prikaz čije vrednosti piksela predstavljaju nadmorske visine. Raspored radionuklida ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ je, takođe, predstavljen u vidu rasterskih prikaza kreiranih pomoću „*Spline*” alata, samo što u ovom slučaju vrednosti piksela predstavljaju informacije o količinama ^{137}Cs , odnosno $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$. U osnovi, postupak predstavlja površinsku interpolaciju predstavljenu matematičkom funkcijom, pri čemu obavezno moraju biti ispunjena dva uslova:

- površina mora proći kroz tačke gde su ostvarena merenja,
- površina mora imati minimalno moguća zakrivljenja.

„*Spline*” alat u okviru ESRI ArcGIS programa koristi sledeće formule za površinsku interpolaciju

$$S_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot R(r_j)$$

$$T_{(x,y)} = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y$$

$$R_{(r)} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[\ln \left(\frac{r}{2\tau} \right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[K_0 \left(\frac{r}{\tau} \right) + c + \ln \left(\frac{r}{2\pi} \right) \right] \right\}$$

gde je:

$j = 1, 2, \dots, n$

n - broj uzoraka

λ_j - koeficijenti

r_j - udaljenost od tačaka x i y do tačke j

a_i - koeficijenti

r - rastojanje između bilo koje tačke i uzorka

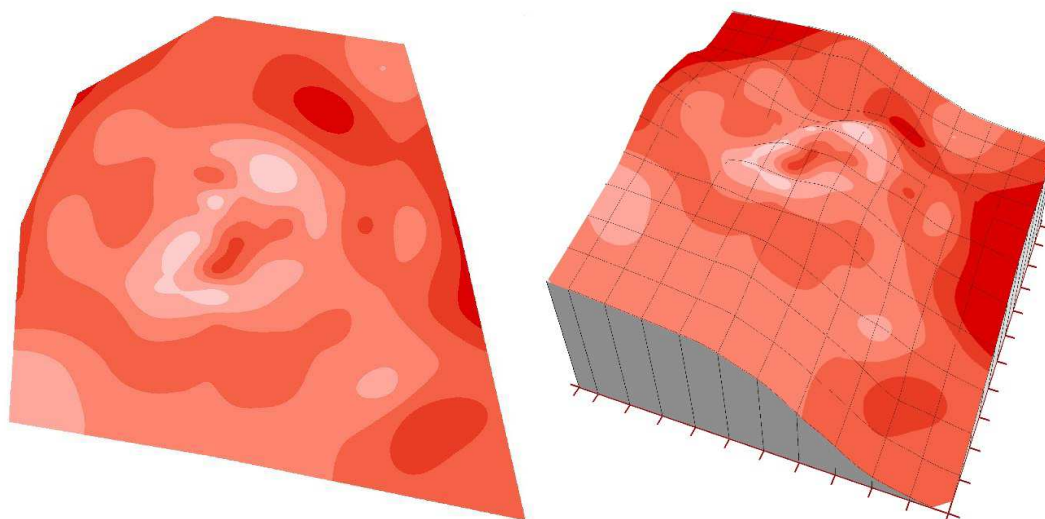
τ^2 - parametar mase

K_0 - modifikovana funkcija Bassel-a

c - konstanta koja iznosi 0,577215.

Za razliku od regresione analize gde funkcija približno odgovara izmerenim tačkama, interpolacija predstavlja prilagođavanje krive gde funkcija prolazi tačno kroz sve izmerene tačke. „Spline” alat je zasnovan na jednostavnoj površinskoj interpolaciji koja u osnovi koristi polinome (tzv. interpolacijski polinomi). Osnovni nedostatak ovog alata je da se sa povećanjem broja merenja po pravilu povećava i stepen polinoma, ali ovaj alat ima prednost u tome da umesto jednog polinoma visokog stepena primenjuje više polinoma nižeg stepena (npr. između prve i druge tačke prvi, između druge i treće tačke drugi...).

Nakon kreiranja svih potrebnih rastera i njihovog kombinovanja, podaci o sadržaju radionuklida ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u zemljištu su vizuelno predstavljeni kao 2D i 3D grafički prikazi u svrhu detaljnijih analiza (slika 5.5/2.). Na 2D grafičkim prikazima, prostorne distribucije količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ izražene su izolinijama (linije koje spajaju tačke iste vrednosti ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), a na 3D grafičkim prikazima u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$. Naime, procentualno smanjenje sadržaja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ definiše deflaciju koja je označena predznakom „-”, a procentualno povećanje sadržaja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u odnosu na lokalne padavinske ulaze ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ definiše depoziciju zemljišta koja je označena predznakom „+”.



Slika 5.5/2. 2D i 3D grafički prikazi terena

5.5. Statističke metode

Za analizu složenih problema kao što je eolska erozija mogu se primeniti različite statističke metode, od kojih su u ovom radu korišćene deskriptivna statistika (analiza numeričkih obeležja), regresiona i korelaciona analiza.

U domen deskriptivne statistike spadaju posmatranje i prikupljanje, sređivanje, grupisanje, prikazivanje i obrada podataka na jasan i razumljiv način, kao i izračunavanje statističkih parametara. Statističkom analizom obuhvaćene su metode čiji je zadatak objašnjavanje posmatranih varijabilnih pojava i statističko zaključivanje o parametrima na osnovu uzorka. Analitička statistika se koristi kako bi se doneli zaključci o celokupnoj populaciji na osnovu podataka dobijenih merenjima sprovedenim na uzorku. Donošenje sudova i zaključaka o celini pojave vrši se na osnovu proučavanja i poznavanja određenog broja statističkih jedinica, odnosno na osnovu dela osnovnog skupa - uzorka. Rezultati istraživanja su često izraženi broječanim ili numeričkim vrednostima ispitivane pojave. Da bi se dobila preglednija slika numeričkih vrednosti, podaci se grupišu u redosled vrednosti koji se naziva statistička serija. Kod statističkih serija se lakše uočavaju najmanja i najveća vrednost i veličine koje se češće ponavljaju. Frekvencija predstavlja broj jedinica sa istom vrednošću obeležja. Serija svih frekvencija statističkog skupa se naziva distribucija frekvencija. Za potpunije sagledavanje koncentracije rasporeda frekvencija primenjuju se mere centralne tendencije koje čitavu distribuciju frekvencija zamenjuju jednim pokazateljem kao što su: aritmetička sredina, medijana, modus itd. Potpuniji uvid u neku distribuciju frekvencija pružaju pokazatelji njene varijacije (disperzije) i oblika rasporeda koji omogućavaju da se sagleda varijabilitet obeležja u seriji. Pokazatelj asimetrije pokazuje kako su raspoređene distribucije frekvencija po grupama obeležja u odnosu na srednju vrednost, a pokazatelj spljoštenosti pokazuje da li je neka distribucija frekvencija izdužena ili spljoštena u odnosu na neki normalni raspored vrednosti (Hadživuković, 1991).

Kada je priroda ispitivanja takva da veličina jedne pojave zavisi od druge pojave tada je reč o dvema karakteristikama od kojih je jedna slučajno promenljiva, a druga je određena sticajem okolnosti. Karakteristika koja utiče i uslovljava veličinu druge karakteristike naziva se nezavisna promenljiva, dok se ona na koju se utiče zove zavisna promenljiva, a ispitivanje ovakvih problema regresiona analiza. Praktični značaj proučavanja regresije nije samo u utvrđivanju jačine ili oblika zavisnosti podrazumevajući oblik regresione krive, nego i u mogućnosti da se putem nje dolazi do raznih predviđanja pojava. Ako postoji znatan uticaj neobjašnjene varijacije, tada se ispituje mogućnost uticaja još nekog od faktora na zavisnu promenljivu, tj. meri se uticaj dve ili više nezavisnih promenljivih na zavisnu promenljivu. Metod ispitivanja uticaja više nezavisnih promenljivih na zavisnu promenljivu naziva se višestruka (miltipla) regresija (Hadživuković, 1991).

U izvesnim slučajevima istraživanje se svodi na sagledavanje međuzavisnosti dve promenljive. Stepem slaganja dve promenljive ili ispitivanje njihove medjuzavisnosti naziva se korelaciona analiza. Koeficijent korelacije pokazuje stepen slaganja između promenljivih u linearnoj zavisnosti. To je jedan relativan pokazatelj nezavisan od jedinice mere u kojima su izraženi originalni podaci, pa je vrlo podesan za upoređenja sa drugim koeficijentima korelacije. Kreće se u intervalu od -1 do 1 zavisno od jačine slaganja dve promenljive. Pozitivna korelacija znači da sa porastom jedne promenljive raste i druga, a negativna korelacija da je veza između promenljivih u obrnutom odnosu, tj. porast jedne promenljive

praćen je opadanjem druge. Skupnu linearnu vezu između promjenljivih pruža koeficijent višestruke (multiple) korelacije koji ukazuje na saglasnost promjenljivih kod kojih je jedna uzeta kao zavisna promjenljiva. Ovaj koeficijent je po pravilu veći nego koeficijent korelacije između promjenljivih i za razliku od njega kreće se u intervalu od 0 do 1 (Hadživuković, 1991).

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanja eolske erozije na Deliblatskoj peščari obuhvatila su višegodišnja kontinuirana merenja produkcije eolskog nanosa - količina i pronosa eolskog nanosa pomoću primenjenih mernih instrumenata na osnovu kojih su određeni intenziteti eolske erozije i gubici zemljišta. Pored ovoga, prikupljeni su i obrađeni relevantni uzorci zemljišta (inicijalni, osnovni i ostali) za pretvaranje dobijenih vrednosti količina radionuklida ^{137}Cs u kvantitativne procene stanja erozije, odnosno u količine izgubljenog zemljišta, gde su korišćeni različiti pristupi koji su uključivali empirijske odnose, teorijske modele i matematičke procedure. Isto tako, uporedo je analizirano zemljište za izbor referentnih uzoraka ^{137}Cs (referentne količine ^{137}Cs), čije će vrednosti poslužiti kao osnova za metodu praćenja ^{137}Cs na Deliblatskoj peščari u nekim budućim istraživanjima. Prostorna (re)distribucija zemljišta na eksperimentalnom području Cvijićev vis je prikazana preko rasprostiranja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ predstavljenih izolinijama (2D prikazi) i u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs (3D prikazi). Dobijeni podaci su bili osnova za kvantitativno definisanje i kvalitativan opis eolske erozije na Deliblatskoj peščari, pomoću kojih su procesi eolske erozije potpunije određeni i detaljnije prikazani. Uzajamna povezanost dobijenih podataka je određena korelacionom analizom izraženom koeficijentima korelacije, a opis dobijenih podataka deskriptivnom statističkom analizom izraženom merama centralne tendencije i merama varijacije (disperzije) i oblika rasporeda. Svi rezultati su grupisani u nekoliko međusobno odvojenih poglavlja koja čine jedinstvenu celinu, predstavljajući pokušaj da se kompleksni degradacioni procesi eolske erozije na Deliblatskoj peščari dodatno ilustruju i razjasne. Za upoređivanje dobijenih rezultata korišćena je metoda komparativne analize, a do zaključaka o važnosti rezultata i mogućnosti njihove primene došlo se metodom sinteznog zaključivanja.

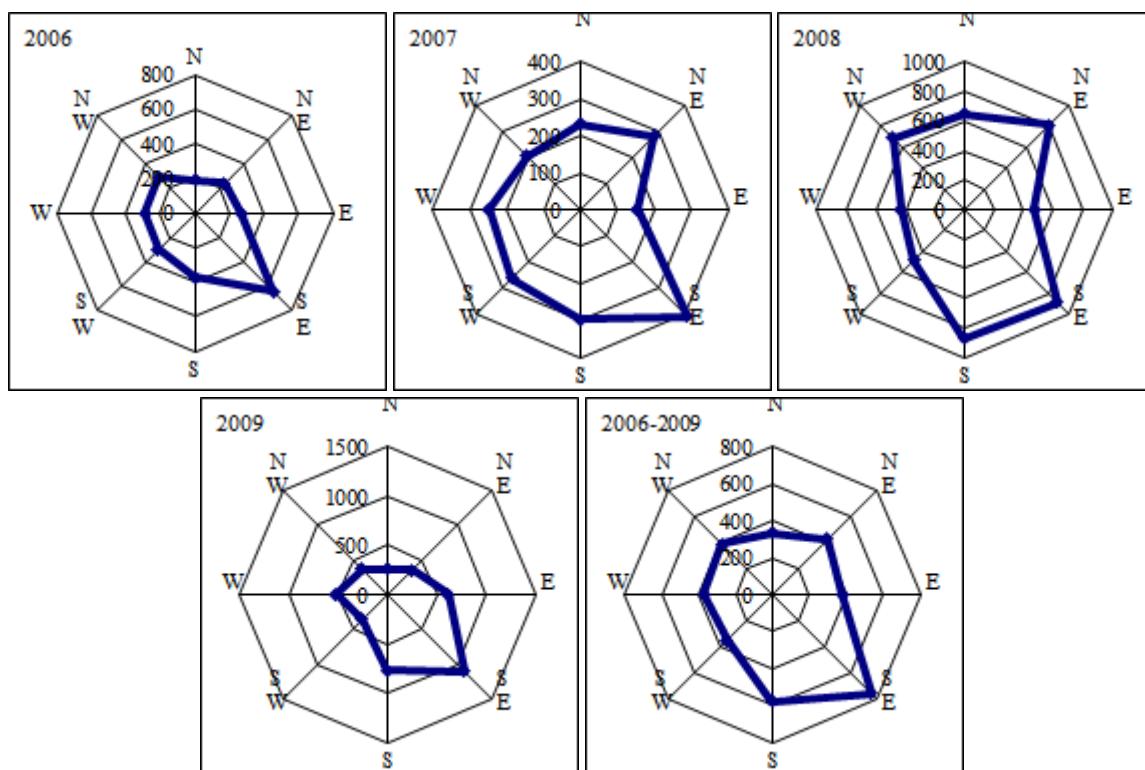
6.1. Količine eolskog nanosa i intenziteti eolske erozije

6.1.1. Količine i pronosi eolskog nanosa

Praćenje procesa eolske erozije na prostoru Deliblatske peščare vršeno je od 2006. do 2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis, koji je izabran kao karakterističan, jer je pored centralne pozicije na Deliblatskoj peščari, obrađivani površinski sloj zemljišta bio bez zaštite od vetra. Paralelno sa ovim merenjima, na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik, praćenje procesa eolske erozije vršeno je u periodu od maja 2006. godine do aprila 2007. godine u uslovima postojanja zaštitne uloge vegetacionog pokrivača i/ili vegetacionog pojasa, kako bi prikupljeni podaci bili kompatibilni i komparativni sa podacima prikupljenim na erozionom polju Cvijićev vis. Utvrđenom dinamikom, jednom mesečno, uzimani su uzorci zahvaćenog eolskog nanosa i konstatovane su njihove količine, odnosno mase suvih uzoraka. Na taj način, formirane su vremenske serije koje prikazuju mesečne količine eolskog nanosa u gramima (g) na sva tri merna mesta za svaki od osam hvatača nanosa tipa *deflametar* orijentisanih prema određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), tabela 6.1/1. i slika 6.1/1.

Tabela 6.1/1. Mesečne količine eolskog nanosa zahvaćene postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Mesec Godina	Količine eolskog nanosa (g)								
	Cvijićev vis								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Σ
Jan-2006	18,2	41,6	66,3	119,5	77,8	23,7	26,7	32,5	406,3
Feb-2006	16,3	43,7	62,7	236,0	90,9	85,9	56,5	33,2	625,3
Mar-2006	47,6	46,5	23,3	129,0	83,6	69,3	92,8	70,7	562,9
Apr-2006	8,4	9,8	11,8	34,4	37,0	21,9	15,3	9,1	147,7
Maj-2006	17,4	13,0	14,8	14,0	11,4	13,8	15,4	22,6	122,4
Jun-2006	41,7	43,3	39,8	41,3	32,1	29,2	25,1	38,7	291,2
Jul-2006	13,1	7,8	12,0	13,5	7,2	9,1	13,6	40,0	116,3
Avg-2006	11,3	8,2	11,4	20,2	11,4	14,3	13,7	20,3	110,8
Sep-2006	1,6	2,5	4,6	7,6	3,6	3,6	1,8	4,2	29,5
Okt-2006	11,5	5,6	5,9	6,4	9,2	10,4	7,9	11,9	68,8
Nov-2006	0,9	18,6	15,7	16,1	4,8	7,0	5,0	2,8	70,9
Dec-2006	2,0	3,2	2,1	6,1	3,9	11,1	10,5	3,0	41,9
Jan-2007	6,0	7,0	6,5	11,9	8,9	9,3	7,7	11,9	69,2
Feb-2007	6,7	26,8	12,7	172,3	50,6	74,2	43,0	18,8	405,1
Mar-2007	11,5	27,6	1,8	62,7	24,8	20,6	26,1	24,4	199,5
Apr-2007	1,4	4,2	2,7	3,1	1,5	4,0	2,7	2,6	22,2
Maj-2007	15,0	10,3	7,0	25,0	14,8	21,1	21,9	27,7	142,8
Jun-2007	19,4	23,1	31,7	34,5	39,0	31,8	33,7	25,5	238,7
Jul-2007	21,2	29,6	2,2	6,2	6,2	6,0	6,1	7,3	84,8
Avg-2007	87,9	116,4	10,0	25,9	33,0	25,6	23,3	24,0	346,1
Sep-2007	23,8	11,6	13,2	26,3	24,6	15,3	27,8	11,3	153,9
Okt-2007	26,7	20,8	53,1	24,4	80,4	41,3	44,1	40,8	331,6
Nov-2007	7,5	5,1	9,5	13,9	10,7	8,9	7,6	7,9	71,1
Dec-2007	5,9	1,5	2,8	2,1	3,4	4,1	4,0	3,0	26,8
Jan-2008	1,2	0,8	0,3	1,9	1,2	2,2	1,8	1,8	11,2
Feb-2008	1,3	0,6	1,0	1,3	1,1	0,9	0,9	1,2	8,3
Mar-2008	20,3	8,8	12,8	27,6	31,9	35,5	22,1	29,0	188,0
Apr-2008	19,8	11,9	10,4	18,6	12,5	9,0	16,1	17,0	115,3
Maj-2008	22,2	11,7	32,6	90,5	62,0	57,9	22,0	17,5	316,4
Jun-2008	53,0	33,5	31,2	44,5	45,5	47,6	49,4	52,6	357,3
Jul-2008	12,1	10,8	4,9	13,7	20,8	19,1	17,1	15,2	113,7
Avg-2008	2,9	4,9	4,0	7,4	6,1	6,9	10,8	6,8	49,8
Sep-2008	6,9	11,8	8,8	6,1	5,6	7,2	4,6	7,4	58,4
Okt-2008	2,8	2,2	2,6	2,4	3,3	3,2	3,2	2,3	22,0
Nov-2008	25,3	9,7	6,1	150,6	193,8	66,3	32,8	15,9	500,5
Dec-2008	478,6	702,0	354,8	525,6	490,4	232,1	251,1	522,4	3557,0
Jan-2009	33,1	101,4	178,6	317,1	203,1	36,6	51,6	56,3	977,8
Feb-2009	25,0	49,0	147,1	187,3	117,6	32,4	37,9	39,5	635,8
Mar-2009	47,5	30,4	26,0	116,2	80,7	39,6	133,9	51,9	526,2
Apr-2009	4,0	13,4	22,2	81,5	97,1	52,7	27,0	7,7	305,6
Maj-2009	25,8	37,8	70,5	61,2	48,6	34,8	43,5	32,5	354,7
Jun-2009	7,8	12,4	11,6	15,7	18,9	16,8	25,1	12,2	120,5
Jul-2009	6,0	14,5	15,9	22,1	38,4	17,3	38,2	11,4	163,8
Avg-2009	0,6	3,0	13,6	14,4	6,4	2,6	5,0	4,2	49,8
Sep-2009	2,4	0,1	1,3	0,9	1,9	3,3	16,1	2,8	28,8
Okt-2009	41,2	27,5	46,3	86,8	23,4	35,3	48,2	63,1	371,8
Nov-2009	16,8	26,9	27,2	80,2	80,1	38,0	23,5	16,0	308,8
Dec-2009	49,2	36,6	56,7	114,4	52,0	51,3	72,1	71,2	503,5



Slika 6.1/1. Godišnje i prosečna količina eolskog nanosa (g) za period 2006-2009. godine zahvaćena postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis

Za iskazivanje intenziteta eolske erozije, uz ove podatke, neizostavno se moraju navesti i osnovne karakteristike primenjenih instrumenata, odnosno, pre svega, dimenzije njihovih ulaznih otvora čija je širina 10 cm. Naime, da bi se prenebregla situacija korišćenja različitih mernih instrumenata i da bi prikupljeni podaci bili uporedivi sa ma kojim drugim istraživanjima ove vrste, bilo je neophodno da se daljim računskim postupcima intenzitet eolske erozije iskaže kao pronos nanosa po jediničnoj širini fronta, tj. kao količina nanosa koja se transportuje kroz jedinični poprečni profil u posmatranom vremenu ($\text{g m}^{-1} \text{mes}^{-1}$, $\text{kg m}^{-1} \text{god}^{-1}$ i sl.). Ovako pripremljeni mesečni i godišnji podaci za izabrane pravce merenja eolskog nanosa predstavljaju osnovu za dalje proračune i analize koje se odnose na određivanje intenziteta eolske erozije.

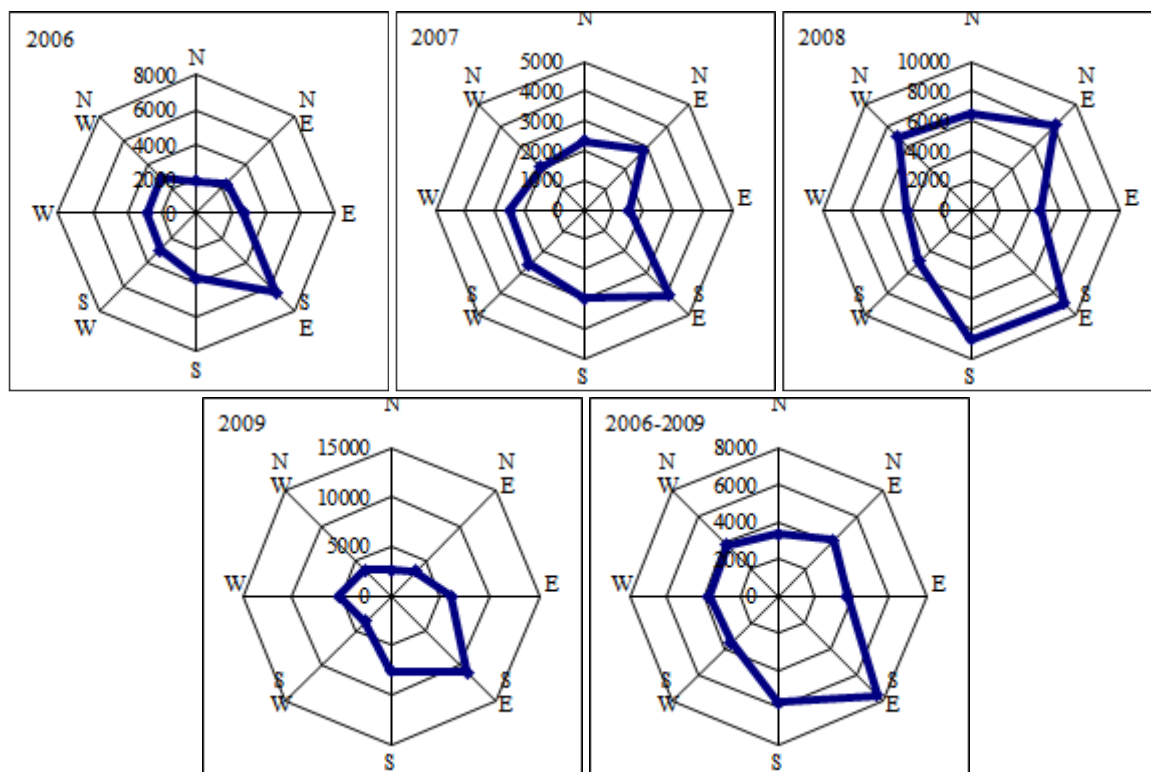
Tabela 6.1/2. Mesečni pronosi eolskog nanosa zahvaćeni postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Mesec Godina	Pronos eolskog nanosa (g m^{-1})									
	Cvijićev vis									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Σ	$\Sigma' (\bar{\Sigma}/8)$
Jan-2006	182,3	416,0	663,3	1.195,0	778,0	237,0	267,0	324,7	4.063,3	507,9
Feb-2006	163,3	437,3	627,3	2.360,3	909,0	859,0	565,3	331,7	6.253,3	781,7
Mar-2006	476,3	465,3	232,7	1.290,3	836,0	693,0	928,3	707,0	5.629,0	703,6
Apr-2006	84,0	98,0	118,0	344,0	370,0	219,0	153,0	91,0	1.477,0	184,6
Maj-2006	174,0	130,0	148,0	140,0	114,0	138,0	154,0	226,0	1.224,0	153,0
Jun-2006	417,0	433,0	398,0	413,0	321,0	292,0	251,0	387,0	2.912,0	364,0
Jul-2006	131,0	78,0	120,0	135,0	72,0	91,0	136,0	400,0	1.163,0	145,4
Avg-2006	113,0	82,0	114,0	202,0	114,0	143,0	137,0	203,0	1.108,0	138,5
Sep-2006	16,0	25,0	46,0	76,0	36,0	36,0	18,0	42,0	295,0	36,9
Okt-2006	115,0	56,0	59,0	64,0	92,0	104,0	79,0	119,0	688,0	86,0
Nov-2006	9,0	186,0	157,0	161,0	48,0	70,0	50,0	28,0	709,0	88,6
Dec-2006	20,0	32,0	21,0	61,0	39,0	111,0	105,0	30,0	419,0	52,4

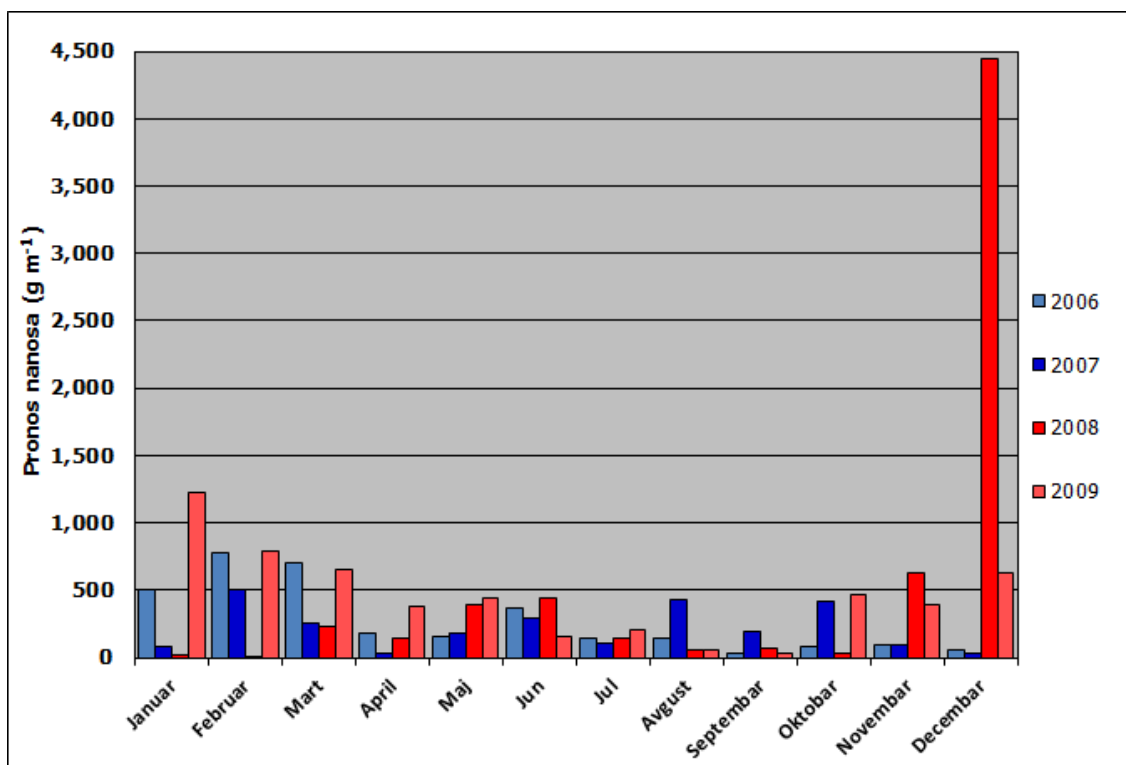
Mesec Godina	Pronos eolskog nanosa (g m^{-1})										
	Cvijicev vis									Σ	Σ' (Σ/a)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
Jan-2007	60,0	70,0	65,0	119,0	89,0	93,0	77,0	119,0	692,0	86,5	
Feb-2007	67,0	268,0	127,0	1.723,0	506,0	742,0	430,0	188,0	4.051,0	506,4	
Mar-2007	115,0	276,0	18,0	627,0	248,0	206,0	261,0	244,0	1.995,0	249,4	
Apr-2007	14,0	42,0	27,0	31,0	15,0	40,0	27,0	26,0	222,0	27,8	
Maj-2007	150,0	103,0	70,0	250,0	148,0	211,0	219,0	277,0	1.428,0	178,5	
Jun-2007	194,0	231,0	317,0	345,0	390,0	318,0	337,0	255,0	2.387,0	298,4	
Jul-2007	212,0	296,0	22,0	62,0	62,0	60,0	61,0	73,0	848,0	106,0	
Avg-2007	879,0	1.164,0	100,0	259,0	330,0	256,0	233,0	240,0	3.461,0	432,6	
Sep-2007	238,0	116,0	132,0	263,0	246,0	153,0	278,0	113,0	1.539,0	192,4	
Okt-2007	267,0	208,0	531,0	244,0	804,0	413,0	441,0	408,0	3.316,0	414,5	
Nov-2007	75,0	51,0	95,0	139,0	107,0	89,0	76,0	79,0	711,0	88,9	
Dec-2007	59,0	15,0	28,0	21,0	34,0	41,0	40,0	30,0	268,0	33,5	
Jan-2008	12,0	8,0	3,0	19,0	12,0	22,0	18,0	18,0	112,0	14,0	
Feb-2008	13,0	6,0	10,0	13,0	11,0	9,0	9,0	12,0	83,0	10,4	
Mar-2008	203,0	88,0	128,0	276,0	319,0	355,0	221,0	290,0	1.880,0	235,0	
Apr-2008	198,0	119,0	104,0	186,0	125,0	90,0	161,0	170,0	1.153,0	144,1	
Maj-2008	222,0	117,0	326,0	905,0	620,0	579,0	220,0	175,0	3.164,0	395,5	
Jun-2008	530,0	335,0	312,0	445,0	455,0	476,0	494,0	526,0	3.573,0	446,6	
Jul-2008	121,0	108,0	49,0	137,0	208,0	191,0	171,0	152,0	1.137,0	142,1	
Avg-2008	29,0	49,0	40,0	74,0	61,0	69,0	108,0	68,0	498,0	62,3	
Sep-2008	69,0	118,0	88,0	61,0	56,0	72,0	46,0	74,0	584,0	73,0	
Okt-2008	28,0	22,0	26,0	24,0	33,0	32,0	32,0	23,0	220,0	27,5	
Nov-2008	253,0	97,0	61,0	1.506,0	1.938,0	663,0	328,0	159,0	5.005,0	625,6	
Dec-2008	4.786,0	7.020,0	3.548,0	5.256,0	4.904,0	2.321,0	2.511,0	5.224,0	35.570,0	4.446,3	
Jan-2009	331,0	1.014,0	1.786,0	3.171,0	2.031,0	366,0	516,0	563,0	9.778,0	1.222,3	
Feb-2009	250,0	490,0	1.471,0	1.873,0	1.176,0	324,0	379,0	395,0	6.358,0	794,8	
Mar-2009	475,0	304,0	260,0	1.162,0	807,0	396,0	1.339,0	519,0	5.262,0	657,8	
Apr-2009	40,0	134,0	222,0	815,0	971,0	527,0	270,0	77,0	3.056,0	382,0	
Maj-2009	258,0	378,0	705,0	612,0	486,0	348,0	435,0	325,0	3.547,0	443,4	
Jun-2009	78,0	124,0	116,0	157,0	189,0	168,0	251,0	122,0	1.205,0	150,6	
Jul-2009	60,0	145,0	159,0	221,0	384,0	173,0	382,0	114,0	1.638,0	204,8	
Avg-2009	6,0	30,0	136,0	144,0	64,0	26,0	50,0	42,0	498,0	62,3	
Sep-2009	24,0	1,0	13,0	9,0	19,0	33,0	161,0	28,0	288,0	36,0	
Okt-2009	412,0	275,0	463,0	868,0	234,0	353,0	482,0	631,0	3.718,0	464,8	
Nov-2009	168,3	269,3	272,3	802,0	801,0	380,0	235,3	160,0	3.088,3	386,0	
Dec-2009	492,1	365,8	566,8	1.144,3	520,0	512,7	721,4	712,3	5.035,4	629,4	
Σ 2006	1.901,0	2.438,7	2.704,3	6.441,7	3.729,0	2.993,0	2.843,7	2.889,3	25.940,7	3.242,6	
Σ 2007	2.330,0	2.840,0	1.532,0	4.083,0	2.979,0	2.622,0	2.480,0	2.052,0	20.918,0	2.614,8	
Σ 2008	6.464,0	8.087,0	4.695,0	8.902,0	8.742,0	4.879,0	4.319,0	6.891,0	52.979,0	6.622,4	
Σ 2009	2.594,4	3.530,1	6.170,1	10.978,3	7.682,0	3.606,7	5.221,8	3.688,3	43.471,8	5.434,0	

Hronološki prikaz mesečnih pronosa eolskog nanosa po pravcima duvanja vetrova, tj. pravcima iz kojih dolazi nanos, dati su u tabeli 6.1/2. i prikazani na slici 6.1/2. Raspon u kome osciliraju ove vrednosti izuzetno je širok, od $10,4 \text{ g m}^{-1}$ u februaru do $4.446,3 \text{ g m}^{-1}$ u decembru 2008. godine (slika 6.1/3.). Izrazito veliki pronos nanosa zabeležen u decembru 2008. godine je direktna posledica suve i tople zime sa mesečnim vrednostima jugoistočnog vetra („Košava“) od $5,5 \text{ m s}^{-1}$ (prosečna vrednost iznosi $4,9 \text{ m s}^{-1}$) i južnog vetra od $4,9 \text{ m s}^{-1}$ (prosečna vrednost iznosi $3,9 \text{ m s}^{-1}$). Sumiranje ovih vrednosti po godinama pokazalo je da su najveće količine eolskog nanosa registrovane iz jugoistočnog pravca 17-25% (prosečno 21%),

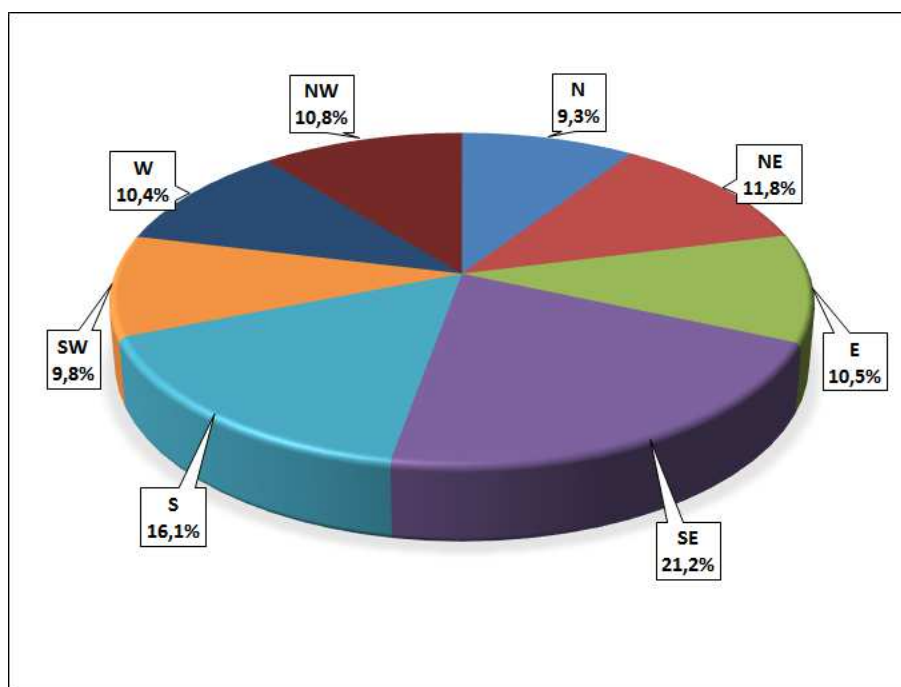
a iz kombinacije istočnog, jugoistočnog i južnog pravca 41-57% (prosečno 48%) u odnosu na sve ostale pravce (slika 6.1/4.).



Slika 6.1/2. Godišnji i prosečni pronos eolskog nanosa (g m^{-1}) za period 2006-2009. godine zahvaćen postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis



Slika 6.1/3. Mesečne vrednosti pronosa eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine



Slika 6.1/4. Raspodela eolskog nanosa po pravcima duvanja vetrova (pravci iz kojih dolazi nanos) na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

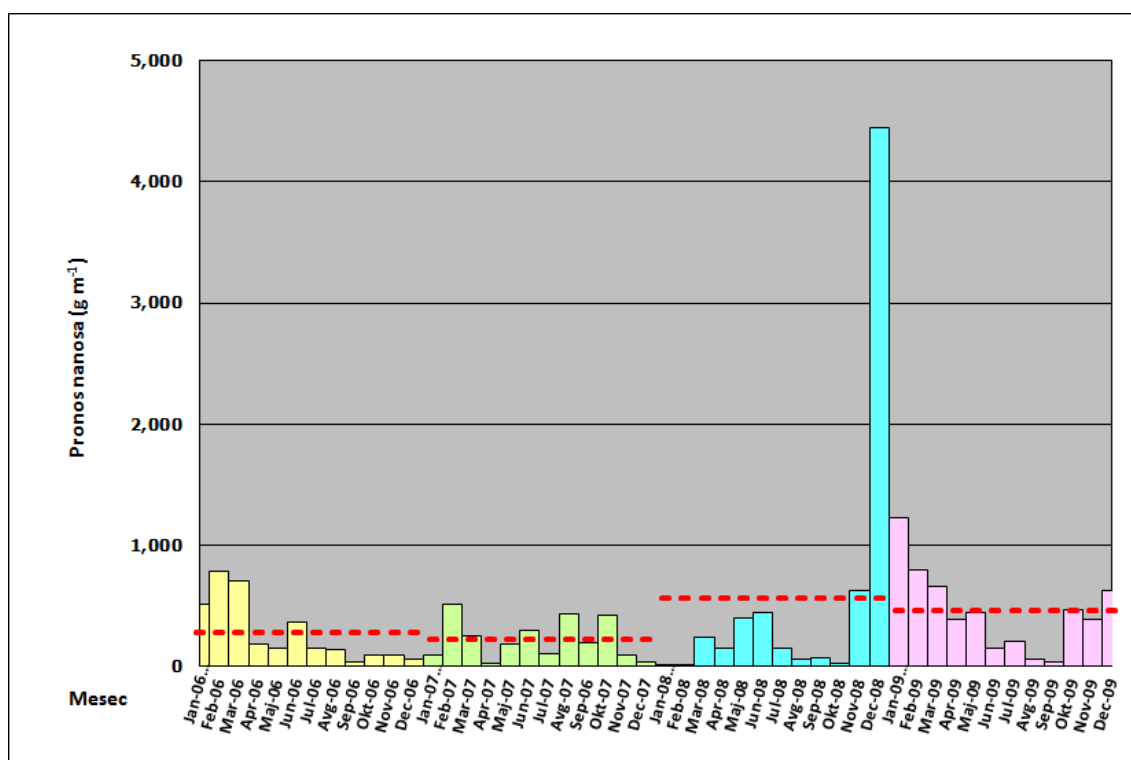
Deskriptivna statistička analiza mesečnih pronosa eolskog nanosa po pravcima duvanja vetrova je data u tabeli 6.1/3. Na osnovu 48 merenja, mere centralne tendencije, tj. izračunate srednje vrednosti izražene preko aritmetičke sredine kreću se u intervalu od $633,4 \pm 138,7 \text{ g m}^{-1}$ za jugoistočni pravac do $276 \pm 99,2 \text{ g m}^{-1}$ za severni pravac, dok se srednje vrednosti po položaju kreću za medijanu (centralna vrednost) od 247 g m^{-1} za jugoistočni pravac do $121,5 \text{ g m}^{-1}$ za severoistočni pravac. Suma pronosa eolskog nanosa kreće se između $30.404,9 \text{ g m}^{-1}$ za jugoistočni pravac do $13.289,3 \text{ g m}^{-1}$ za severni pravac, a interval varijacije (opseg) između $7.019,0 \text{ g m}^{-1}$ za severoistočni pravac do $2.312,0 \text{ g m}^{-1}$ za jugozapadni pravac. Mera varijacije (disperzije), tj. prosečno odstupanje pojedinačnih pronosa nanosa od srednje vrednosti (standardna devijacija) kreće se između $1.009,8 \text{ g m}^{-1}$ za severoistočni pravac do $366,7 \text{ g m}^{-1}$ za jugozapadni pravac. Mere oblika rasporeda izražene preko koeficijenta asimetrije kreću se između 3,0 za jugoistočni pravac do 6,4 za severoistočni pravac i karakterišu jaku pozitivnu asimetriju, dok se mere oblika rasporeda izražene preko koeficijenta spljoštenosti kreću između 11,4 za jugoistočni pravac do 42,8 za severoistočni pravac i izražavaju izdužen raspored u odnosu na normalni raspored vrednosti.

Tabela 6.1/3. Parametri deskriptivne statistike za mesečne pronose eolskog nanosa zahvaćene postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Parametri	Pronos nanosa (g m^{-1})							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
X_{sr} - Aritmetička sredina	276,9	352,0	314,6	633,4	481,9	293,8	309,7	323,3
$\pm X_{sr}$ - Standardna greška	99,2	145,8	85,0	138,7	114,7	52,9	59,2	107,8
M_e - Medijana	140,5	121,5	123,5	247,0	240,0	198,5	220,5	165,0
M_o - Modus	115,0	-	-	61,0	114,0	-	251,0	42,0
σ - Standardna devijacija	687,5	1.009,8	589,0	960,9	794,4	366,7	410,2	746,8

Parametri	Pronos nanosa (g m^{-1})							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
σ^2 - Varijansa	472.701,8	1.019.734,0	346.923,9	923.245,2	631.008,5	134.487,0	168.300,3	557.678,0
α_4 – Koeficijent spljoštenosti	41,5	42,8	20,1	11,4	20,7	19,7	18,0	41,6
α_3 – Koeficijent asimetrije	6,3	6,4	4,2	3,0	4,1	3,8	3,8	6,3
l – Interval varijacije	4.780,0	7.019,0	3.545,0	5.247,0	4.893,0	2.312,0	2.502,0	5.212,0
Min - Minimum	6,0	1,0	3,0	9,0	11,0	9,0	9,0	12,0
Max - Maksimum	4.786,0	7.020,0	3.548,0	5.256,0	4.904,0	2.321,0	2.511,0	5.224,0
Σ – Suma	13.289,3	16.895,7	15.101,4	30.404,9	23.132,0	14.100,7	14.864,3	15.520,7
n - Broj merenja	48	48	48	48	48	48	48	48

Iz datog hronološkog prikaza mesečnih vrednosti pronosa eolskog nanosa iz različitih pravaca (tabela 6.1/2. i slike 6.1/5. i 6.1/6.) može se uočiti njihova velika međusobna sličnost. Izvršena korelaciona analiza je pokazala da postoji veoma jaka međusobna veza između mesečnih pronosa eolskog nanosa zahvaćenih postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca, jer se dobijeni koeficijenti korelacije kreću od 0,75 do 0,99 (tabela 6.1/4.).

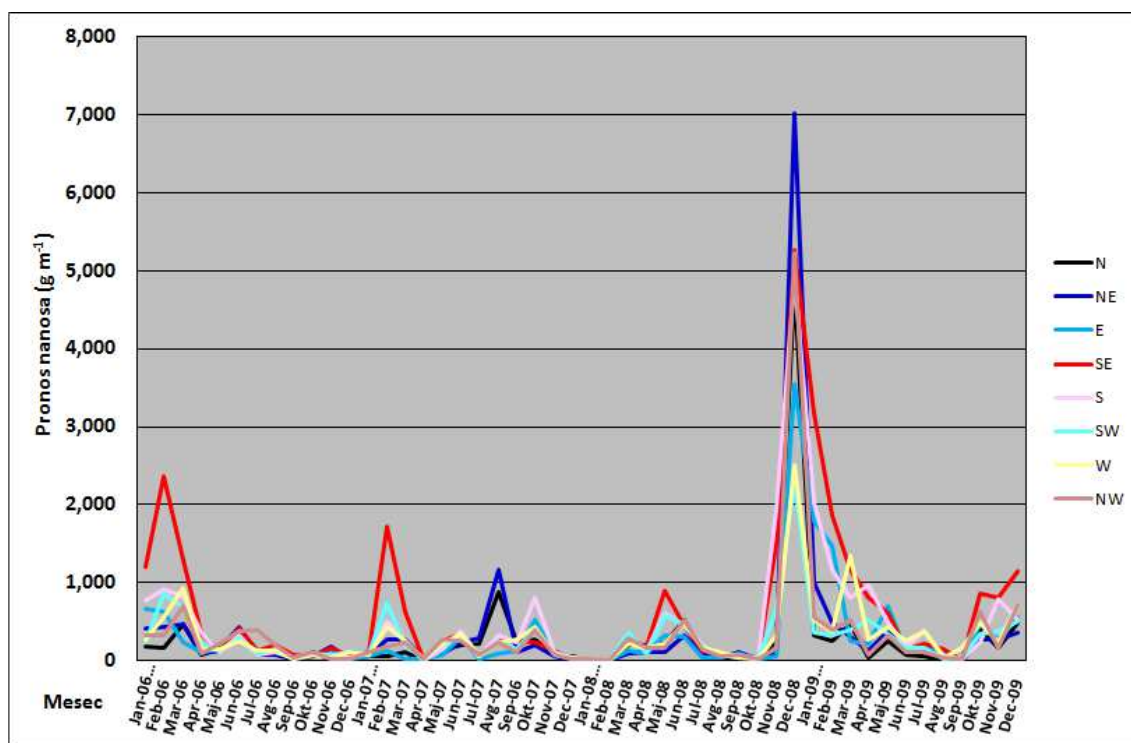


Slika 6.1/5. Pronos eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićevo vis za period 2006-2009. godine

Uzajamna povezanost registrovanih količina eolskog nanosa iz ovih pravaca verovatno je posledica same prirode vetra i procesa pokretanja eolskog nanosa. Naime, vetar koji dovodi do deflacije ima pulsirajući karakter, a nailaskom na prepreke njegovo kretanje prelazi iz laminarnog u turbulentno, gde vrtložna masa istovremeno dovodi do pokretanja čestica tla u svim pravcima, odnosno do taloženja eolskog nanosa u svim hvatačima, ali će svakako najveće količine nanosa biti u hvataču koji je orijentisan prema pravcu dominantnog vetra.

Tabela 6.1/4. Koeficijenti korelacije između mesečnih pronosa eolskog nanosa zahvaćeni postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Pravac	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
N	1,00	0,99	0,83	0,75	0,85	0,86	0,86	0,98
NE	0,99	1,00	0,87	0,79	0,87	0,85	0,83	0,97
E	0,83	0,87	1,00	0,89	0,90	0,79	0,79	0,87
SE	0,75	0,79	0,89	1,00	0,93	0,88	0,82	0,79
S	0,85	0,87	0,90	0,93	1,00	0,90	0,84	0,86
SW	0,86	0,85	0,79	0,88	0,90	1,00	0,89	0,88
W	0,86	0,83	0,79	0,82	0,84	0,89	1,00	0,89
NW	0,98	0,97	0,87	0,79	0,86	0,88	0,89	1,00

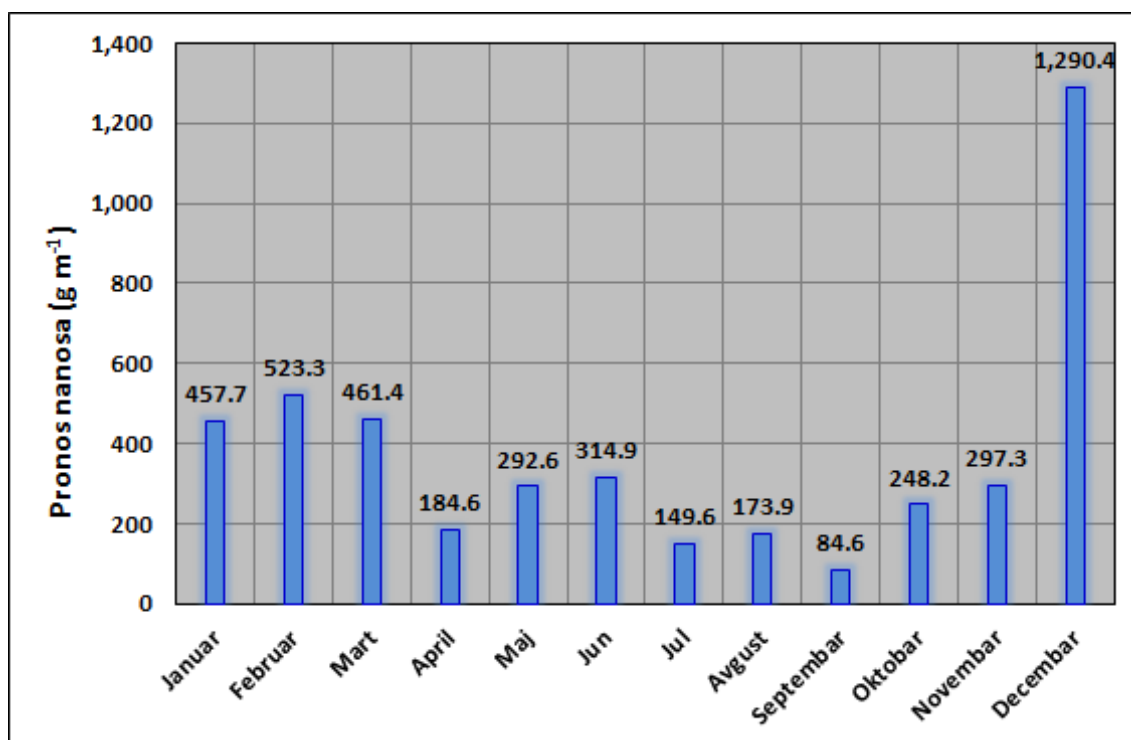


Slika 6.1/6. Pronos eolskog nanosa po pravcima duvanja vetrova (pravci iz kojih dolazi nanos) na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Zabeležene mesečne brzine jugoistočnog („Košava“) i južnog vetra u decembru 2008. godine uticale su i na prosečnu vrednost, odnosno srednju mesečnu vrednost pronosa eolskog nanosa u decembru koja iznosi $1.290,4 \text{ g m}^{-1}$. Za razliku od ove vrednosti, najmanji srednji mesečni pronos eolskog nanosa zabeležen je u septembru u iznosu od $84,6 \text{ g m}^{-1}$. Isto tako, najveće godišnje vrednosti pronosa eolskog nanosa zahvaćene su 2008. godine u iznosu od $6.622,4 \text{ g m}^{-1}$, a najmanje 2007. godine u iznosu od $2.614,8 \text{ g m}^{-1}$. Prosečni godišnji pronos eolskog nanosa za period 2006-2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis iznosi $4.478,4 \text{ g m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (tabela 6.1/5 i slike 6.1/7. i 6.1/8.).

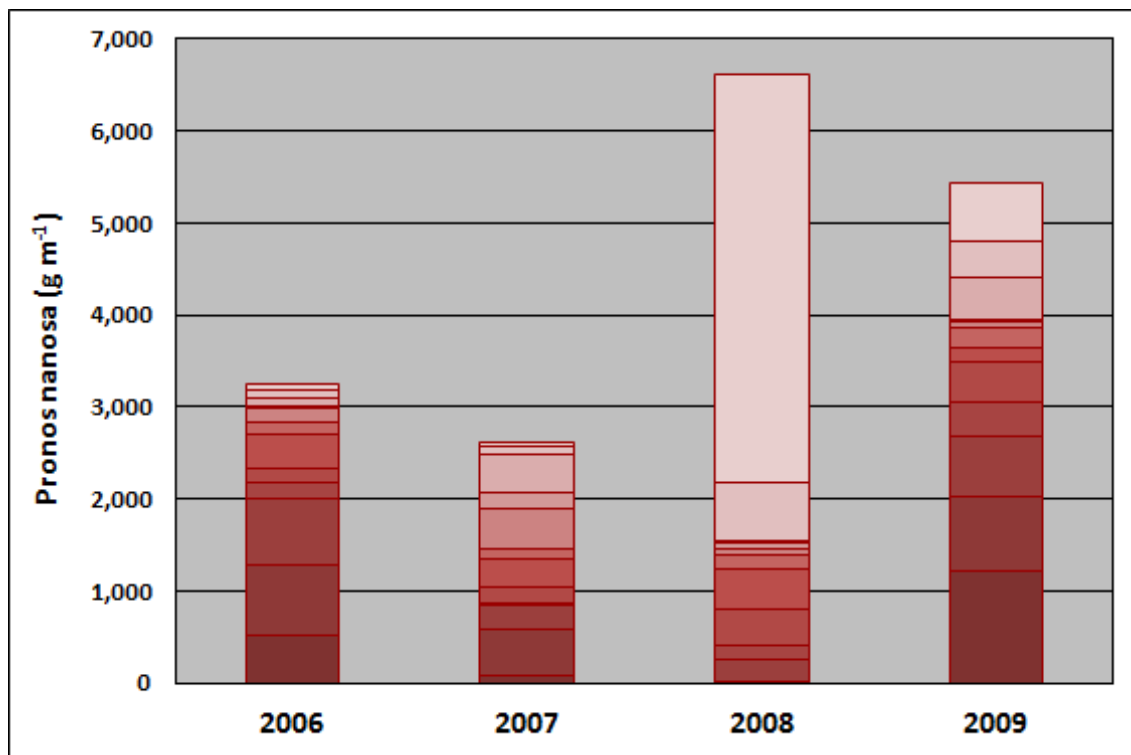
Tabela 6.1/5. Mesečne i srednje mesečne vrednosti pronosa nanosa na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Mesec Godina	Pronos nanosa (g m^{-1})				
	2006	2007	2008	2009	X_{sr}
Januar	507,9	86,5	14,0	1.222,3	457,7
Februar	781,7	506,4	10,4	794,8	523,3
Mart	703,6	249,4	235,0	657,8	461,4
April	184,6	27,8	144,1	382,0	184,6
Maj	153,0	178,5	395,5	443,4	292,6
Jun	364,0	298,4	446,6	150,6	314,9
Jul	145,4	106,0	142,1	204,8	149,6
Avgust	138,5	432,6	62,3	62,3	173,9
Septembar	36,9	192,4	73,0	36,0	84,6
Oktoabar	86,0	414,5	27,5	464,8	248,2
Novembar	88,6	88,9	625,6	386,0	297,3
Decembar	52,4	33,5	4.446,3	629,4	1.290,4
Σ	3.242,6	2.614,8	6.622,4	5.434,0	4.478,4



Slika 6.1/7. Srednje mesečne vrednosti pronosa nanosa na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Na osnovu godišnjih pronosa eolskog nanosa, može se napraviti ocena intenziteta erozionih procesa prema klasifikaciji Letića (1989), čije su kategorije upravo zasnovane na ovim veličinama. Prema ovoj klasifikaciji, izmerena eolska erozija se kreće od II kategorije - srednja erozija ($2.614,8 \text{ g m}^{-1}$) do III kategorije - jaka erozija ($6.622,4 \text{ g m}^{-1}$). Ako se ovome doda da je granica između jake i vrlo jake erozije po istoj klasifikaciji 7.000 g m^{-1} pomenuta zabeležena količina 2008. godine od $6.622,4 \text{ g m}^{-1}$ dobija još više na značaju. Međutim, rezultati ovakvih klasifikacija moraju se shvatati veoma uslovno, jer podjednaki intenziteti eolske erozije nemaju isti značaj i iste negativne efekte za zemljišta različitih tipova.



Slika 6.1/8. Godišnje vrednosti pronosa eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Količine izmerenog eolskog nanosa za period od maja 2006. do aprila 2007. godine indiciraju da je na lokalitetu Cvijićev vis najveći intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou, koji je 4 puta veći u odnosu na intenzitet eolske erozije na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik I, a čak 30,2 puta veća u odnosu na izmereni intenzitet eolske erozije na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II, koji je u cilju praćenja i poređenja procesa eolske erozije istovremeno i komparativni profil, jer karakteriše uslove sa veoma malim intenzitetom eolske erozije. Na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik I zabeleženi intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou je 7,5 puta veći od onog zabeleženog na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II, što je direktna posledica zaštitne uloge vegetacionog pokrivača prisutnog na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II (tabela 6.1/7.).

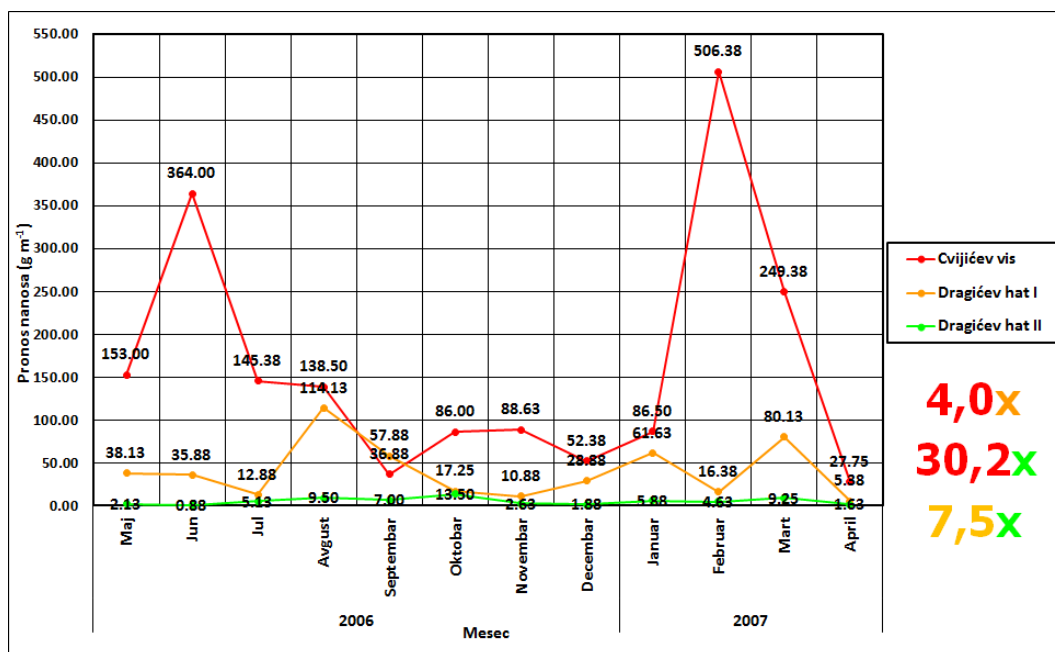
Mesečne vrednosti pronosa eolskog nanosa za isti period na lokalitetu Cvijićev vis pokazuju da se minimalne i maksimalne vrednosti kreću u intervalu od 27,75 g m⁻¹ u aprilu 2007. godine do 506,38 g m⁻¹ u februaru iste godine. Na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik I, mesečne vrednosti pronosa eolskog nanosa kreću se u intervalu od 5,38 g m⁻¹ u aprilu 2007. godine do 114,13 g m⁻¹ u avgustu 2006. godine, a na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II u intervalu od 0,88 g m⁻¹ u junu 2006. godine do 13,5 g m⁻¹ u oktobru 2006. godine (tabela 6.1/6. i slika 6.1/9.). Prosečni mesečni pronos eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis iznosi 161,23 g m⁻¹ mes⁻¹, na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik I 39,95 g m⁻¹ mes⁻¹ i na lokalitetu Dragićev hat – rasadnik II 5,33 g m⁻¹ mes⁻¹

Tabela 6.1/6. Uporedni prikaz pronosa nanosa po mesecima na lokalitetima Cvijićev vis i Dragičev hat

Mesec	Pronos nanosa (g m^{-1})		
	Cvijićev vis	Dragičev hat – rasadnik I	Dragičev hat – rasadnik II
Maj-2006	153,00	38,13	2,13
Jun-2006	364,00	35,88	0,88
Jul-2006	145,38	12,88	5,13
Avg-2006	138,50	114,13	9,50
Sep-2006	36,88	57,88	7,00
Okt-2006	86,00	17,25	13,50
Nov-2006	88,63	10,88	2,63
Dec-2006	52,38	28,88	1,88
Jan-2007	86,50	61,63	5,88
Feb-2007	506,38	16,38	4,63
Mar-2007	249,38	80,13	9,25
Apr-2007	27,75	5,38	1,63
Σ	1.934,75	479,38	64,00

Tabela 6.1/7. Odnosi pronosa nanosa na lokalitetima Cvijićev vis (CV) i Dragičev hat I i II (DH-I i DH-II)

Mesec	Odnos pronosa nanosa		
	CV/DH-I	CV/DH-II	DH-I/DH-II
Maj-2006	4,0	72,0	17,9
Jun-2006	10,1	416,0	41,0
Jul-2006	11,3	28,4	2,5
Avg-2006	1,2	14,6	12,0
Sep-2006	0,6	5,3	8,3
Okt-2006	5,0	6,4	1,3
Nov-2006	8,1	33,8	4,1
Dec-2006	1,8	27,9	15,4
Jan-2007	1,4	14,7	10,5
Feb-2007	30,9	109,5	3,5
Mar-2007	3,1	27,0	8,7
Apr-2007	5,2	17,1	3,3
Ukupno	4,0	30,2	7,5



Slika 6.1/9. Mesečni pronosi nanosa zahvaćeni postavljenim mernim instrumentima na lokalitetima Cvijićev vis, Dragičev hat – rasadnik I i Dragičev hat – rasadnik II

6.1.2. Rezultujuće vrednosti (rezultante) pronosa eolskog nanosa

Metoda koja podrazumeva upotrebu statičnih hvatača pruža mogućnost da se pored utvrđivanja sumarne količine pronosa eolskog nanosa (ukupna masa nanosa iz svih hvatača izražena u g m^{-1}), odredi i rezultanta pronosa eolskog nanosa u vektorskom smislu izražena u istoj jedinici mere. To podrazumeva izračunavanje vektorskog, a ne aritmetičkog zbira nanosa (vrednosti iz suprotnih smerova se međusobno oduzimaju) uz definisanje pravca i smera u kome se proces erozije odvija.

Tabela 6.1/8. Rezultujući pronosi i smerovi kretanja eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis

Mesec Godina	U pravcu x-ose	U pravcu y-ose	Rezultanta R (g m^{-1})	Ugao pravca*	Koeficijent pravca k	Smer kretanja eolskog nanosa	
	Rx (g m^{-1})	Ry (g m^{-1})		β°		kvadrant	smer
Jan-2006	-1.138,3	1.084,5	1.572,2	314	-0,95	NW	NW ↖ SE
Feb-2006	-1.198,3	2.478,3	2.752,8	334	-2,07	NW	NW ↖ SE
Mar-2006	444,2	933,1	1.033,5	25	2,10	NE	SW ↗ NE
Apr-2006	-58,3	550,5	553,5	354	-9,44	NW	NW ↖ SE
Maj-2006	72,5	-115,2	136,1	148	-1,59	SE	NW ↙ SE
Jun-2006	-265,1	-177,3	318,9	236	0,67	SW	SW ↙ NE
Jul-2006	212,6	-237,2	318,5	138	-1,12	SE	NW ↙ SE
Avg-2006	66,8	43,4	79,7	57	0,65	NE	SW ↗ NE
Sep-2006	-44,3	51,8	68,2	319	-1,17	NW	NW ↖ SE
Okt-2006	92,8	-27,9	96,9	107	-0,30	SE	NW ↙ SE
Nov-2006	-283,1	51,0	287,6	280	-0,18	NW	NW ↖ SE
Dec-2006	117,9	96,8	152,6	51	0,82	NE	SW ↗ NE
Jan-2007	28,3	45,3	53,4	32	1,60	NE	SW ↗ NE
Feb-2007	-447,2	1.859,6	1.912,6	346	-4,16	NW	NW ↖ SE
Mar-2007	-77,3	354,3	362,7	348	-4,58	NW	NW ↖ SE
Apr-2007	-4,9	3,1	5,9	302	-0,63	NW	NW ↖ SE
Maj-2007	244,5	55,3	250,6	77	0,23	NE	SW ↗ NE
Jun-2007	17,9	321,2	321,7	3	17,96	NE	SW ↗ NE
Jul-2007	-120,1	-324,7	346,2	200	2,70	SW	SW ↙ NE
Avg-2007	-522,5	-1.177,6	1.288,3	204	2,25	SW	SW ↙ NE
Sep-2007	66,1	140,2	155,0	25	2,12	NE	SW ↗ NE
Okt-2007	170,9	566,0	591,2	17	3,31	NE	SW ↗ NE
Nov-2007	-34,6	101,3	107,0	341	-2,93	NW	NW ↖ SE
Dec-2007	36,7	-13,0	39,0	109	-0,35	SE	NW ↙ SE
Jan-2008	24,2	10,6	26,4	66	0,44	NE	SW ↗ NE
Feb-2008	0,4	0,8	0,9	27	2,00	NE	SW ↗ NE
Mar-2008	291,7	294,9	414,8	45	1,01	NE	SW ↗ NE
Apr-2008	25,2	-82,2	86,0	163	-3,26	SE	NW ↙ SE
Maj-2008	-295,5	1.240,9	1.275,6	347	-4,20	NW	NW ↖ SE
Jun-2008	339,0	-32,6	340,5	95	-0,10	SE	NW ↙ SE
Jul-2008	191,3	135,1	234,2	55	0,71	NE	SW ↗ NE
Avg-2008	77,9	50,4	92,8	57	0,65	NE	SW ↗ NE
Sep-2008	-65,3	-54,7	85,2	230	0,84	SW	SW ↙ NE
Okt-2008	12,4	12,8	17,8	44	1,03	NE	SW ↗ NE
Nov-2008	-285,3	3.037,7	3.051,1	355	-10,65	NW	NW ↖ SE
Dec-2008	-4.382,3	-3.182,1	5.415,7	234	0,73	SW	SW ↙ NE
Jan-2009	-3.572,3	3.085,9	4.720,7	311	-0,86	NW	NW ↖ SE
Feb-2009	-2.254,5	1.853,7	2.918,7	309	-0,82	NW	NW ↖ SE
Mar-2009	689,4	851,7	1.095,8	39	1,24	NE	SW ↗ NE

Mesec Godina	U pravcu x-ose	U pravcu y-ose	Rezultanta	Ugao pravca*	Koeficijent pravca	Smer kretanja eolskog nanosa	
	Rx (g m ⁻¹)	Ry (g m ⁻¹)	R (g m ⁻¹)	β°	k	kvadrant	smer
Apr-2009	-196,0	1.730,7	1.741,8	354	-8,83	NW	NW ↖ SE
Maj-2009	-494,2	409,7	641,9	310	-0,83	NW	NW ↖ SE
Jun-2009	141,4	166,9	218,7	40	1,18	NE	SW ↗ NE
Jul-2009	167,1	419,5	451,5	22	2,51	NE	SW ↗ NE
Avg-2009	-161,0	127,3	205,2	308	-0,79	NW	NW ↖ SE
Sep-2009	184,1	4,2	184,1	89	0,02	NE	SW ↗ NE
Okt-2009	-93,4	44,7	103,6	296	-0,48	NW	NW ↖ SE
Nov-2009	-412,7	1.164,9	1.235,8	340	-2,82	NW	NW ↖ SE
Dec-2009	-46,9	437,2	439,7	354	-9,32	NW	NW ↖ SE
Σ 2006**	-1.980,6	4.731,9	5.129,6	337	-2,39	NW	NW ↖ SE
Σ 2007	-642,3	1.931,0	2.035,0	342	-3,01	NW	NW ↖ SE
Σ 2008	-4.066,4	1.431,6	4.311,0	289	-0,35	NW	NW ↖ SE
Σ 2009	-6.049,0	10.296,5	11.941,9	330	-1,70	NW	NW ↖ SE

*Ugao pravca - azimut

**Godišnje sume predstavljaju vektorski, a ne aritmetički zbir mesečnih vrednosti

Kao što se vidi iz tabele 6.1/8., rezultujući pravci i smerovi kretanja eolskog nanosa bili su promenljivi za pojedine mesece analiziranog perioda. Bez obzira što je period istraživanja (2006-2009) nedovoljno dug da bi se izveli neki pouzdaniji zaključci o godišnjoj raspodeli eolskog nanosa, već na osnovu ovih merenja je indikativno da se po maksimalnim mesečnim intenzitetima eolske erozije izdvajaju zimski meseci (decembar 2008., januar 2009., februar 2006. i 2007. godine). Međutim, podaci svedeni na godišnje rezultujuće vrednosti, za sve četiri godine istraživanja, dali su približno ujednačen smer kretanja nanosa od jugoistoka ka severozapadu. Generalno, godišnje pomeranje nanosa odvija se ka severozapadnom kvadrantu sa azimutom 289 - 342°, što znači da je jugoistočni vetar „Košava“ preovlađujući pri pokretanju i transportu eolskog nanosa na Deliblatskoj peščari.

Tabela 6.1/9. Odnos sumarnih (Σ-aritmetički zbir) i rezultujućih (R-vektorski zbir) mesečnih pronosa eolskog nanosa za period 2006-2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis

Godišnje vrednosti	2006	2007	2008	2009
Σ (g m ⁻¹)	25.940,7	20.918,0	52.979,0	43.471,8
R (g m ⁻¹)	5.129,6	2.035,0	4.311,0	11.941,9

Odnos sumarnih (aritmetički zbir iz tabele 6.1/2.) i rezultujućih (vektorski zbir iz tabele 6.1/8.) mesečnih vrednosti intenziteta eolske erozije prikazan je u tabeli 6.1/9. Količine ukupno produkovanog eolskog nanosa i deo nanosa koji se premešta unutar granica erozionog polja i transportuje van granica erozionog polja su promenljivi u prostoru i vremenu. Rezultujuće vrednosti su manje od sumarnih, a procentualni udeo godišnjih efektivnih gubitaka zemljišta u odnosu na ukupnu produkciju nanosa istraživan na lokalitetu Cvijićev vis (tabela 6.1/10.) kreće se od 8,1% do 27,5%, što znači da se od ukupno podignutog eolskog nanosa samo manji deo odnese trajno van erozionog polja (10-30%), dok se ostatak premešta unutar njegovih granica.

Tabela 6.1/10. Procentualni odnos sumarnih (Σ -aritmetički zbir) i rezultujućih (R-vektorski zbir) mesečnih pronosa eolskog nanosa za period 2006-2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis

Godišnje vrednosti	2006	2007	2008	2009
R/ Σ (%)	19,8	9,7	8,1	27,5

6.1.3. Intenziteti eolske erozije po jedinici površine

Često je potrebno da se gubici zemljišta sa neke površine iskažu kao masa ili zapremina nanosa odneta sa jedinice površine (npr. $t\ ha^{-1}$ ili $m^3\ ha^{-1}$). Za uspostavljanje veze između pronosa nanosa iskazanog u $g\ m^{-1}$ i ovih veličina potrebno je odrediti dužinu i površinu aktivnog erozionog polja sa koje se eolski nanos sakupljao u postavljenim hvatačima, ali granice nekog erozionog polja ugroženog vetrom i njegova površina su promenljivi u vremenu i relativno teško mogu da se odrede u prirodnim uslovima. Obzirom da je putanja saltirajuće čestice paraboličnog oblika visine oko $h = 70\ cm$ i dužine $L \approx 10 \cdot h$, za relacije između količina nanosa u hvataču (kg), pronosa nanosa ($kg\ m^{-1}$) i gubitaka zemljišta ($kg\ m^{-2}$) usvojena je pravougaona površina dimenzija $7 \cdot 0,1\ m$ za širinu hvatača od $10\ cm$ ili $7 \cdot 1\ m$ za pronos nanosa sveden na širinu fronta od $1\ m$. Prosečan gubitak zemljišta se prema ovom modelu određuje kao količnik pronosa nanosa i udaljenosti merne tačke od ivice polja.

Tabela 6.1/11. Godišnje količine eolskog nanosa izražene po jedinici površine za period 2006-2009. na lokalitetu Cvijićev vis

Godina	Količine nanosa ($t\ ha^{-1}\ god^{-1}$)	
	Cvijićev vis	
	Pokrenuto	Odneto
2006	37,06	7,33
2007	29,88	2,91
2008	75,68	6,16
2009	62,10	17,06

Vrednosti određene na ovaj način moraju biti u skladu sa pronosima eolskog nanosa, što znači da izrazito odskoču ekstremna 2008. godina sa $75,68\ t\ ha^{-1}$ i 2009. godina sa $62,10\ t\ ha^{-1}$ pokrenutog zemljišta, dok su ostale vrednosti niže i međusobno sličnog reda veličine – $37,06\ t\ ha^{-1}$ 2006. godine i $29,88\ t\ ha^{-1}$ 2007. godine. I ovom prilikom su posebno izdvojene ukupno pokrenute (sumarne) i odnete (rezultujuće) količine eolskog nanosa. Na osnovu produkcije eolskog nanosa, odnosno sumarnih količina eolskog nanosa, može se izvršiti komparacija dobijenih vrednosti sa rezultatima sračunatim nekim drugim postupcima koji ne određuju vektorsku rezultantu eolskog nanosa, npr. određivanje gubitaka zemljišta na osnovu količine nanosa u *rotacionom deflametru* (Švehlik, 1987). Sa druge strane, rezultujuće količine eolskog nanosa daju realnu sliku o količini odnetog površinskog sloja tla sa posmatranog erozionog polja.

Korekcijom koeficijenta Švehlik-a (1987) u ranije navedenom izrazu za dovođenje u vezu količine nanosa u hvataču i zapreminskog gubitka tla, konstantna vrednost $c_{40} = 2,32$ određena za dimenzije otvora instrumenta od $40\ cm$ svedena je na $c_{10} = 9,28$ za hvatač nanosa širine $10\ cm$. Pri istom gubitku zemljišta u širem hvataču biće zahvaćeno više nanosa, pa je novi koeficijent dobijen kao $c_{10} = 4 \cdot 2,32 = 9,28$. Na osnovu izmerenih količina eolskog nanosa zahvaćenih na mernim mestima i korigovanog koeficijenta, izračunata je zapremina

ukupno pokrenutog eolskog nanosa sa jedinične površine i upoređena sa odgovarajućim vrednostima iz tabele 6.1/11.

Tabela 6.1/12. Uporedni prikaz godišnjih gubitaka zemljišta eolskom erozijom (produkcija nanosa) na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine sračunatih usvojenom metodom ($t\ ha^{-1}$) i prema postupku Švehlika ($m^3\ ha^{-1}$)

Godina	Cvijićev vis		
	Usvojeni metod	Prema Švehliku	Sračunata zaprem. masa
	($t\ ha^{-1}$)	($m^3\ ha^{-1}$)	($t\ m^{-3}$)
2006	37,06	24,07	1,54
2007	29,88	19,41	1,54
2008	75,68	49,16	1,54
2009	62,10	40,34	1,54

Iz date tabele 6.1/12. jasno je vidljiva potpuna usaglašenost rezultata dobijenih na ova dva načina. Pri tome, na osnovu njihovog odnosa sračunata je prosečna zapreminska masa nanosa od $1,54\ t\ m^{-3}$, koja se može smatrati prihvatljivom s obzirom da je dobijena vrednost približna realnim zapreminskim masama ovog tipa zemljišta.

Na isti način, poput godišnjih, mogu se odrediti i izdvojiti maksimalni mesečni intenziteti eolske erozije iskazani u $t\ ha^{-1}$ koji su prikazani u tabeli 6.1/13. Pojava maksimalnih vrednosti je i ovde karakteristična za zimske mesece (decembar, januar, februar), gde se udeo odnetih maksimalnih mesečnih vrednosti u odnosu na ukupnu mesečnu produkciju nanosa kreće od 15% do blizu 50%.

Tabela 6.1/13. Maksimalne vrednosti mesečnih intenziteta eolske erozije ($t\ ha^{-1}$) za period 2006-2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis

Godina	Maksimalni mesečni intenziteti eolske erozije ($t\ ha^{-1}\ mes^{-1}$)		
	Cvijićev vis		
	Mesec	Pokrenuto	Odneto
2006	februar	8,93	3,93
2007	februar	5,79	2,73
2008	decembar	50,81	7,74
2009	januar	13,97	6,74

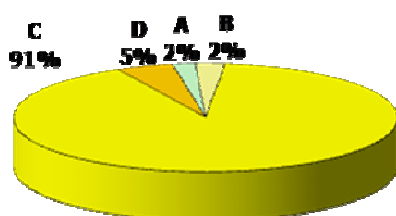
Godišnji gubici zemljišta izraženi u $t\ ha^{-1}$, odnosno odgovarajuće vrednosti u $m^3\ ha^{-1}$, omogućavaju da se intenziteti eolske erozije iskažu i kao visine odnetih slojeva tla. Tako je pri značajnom intenzitetu procesa na Cvijićevom visu 2008. godine pokrenut površinski sloj zemljišta od oko 0,5 cm, što se golim okom teško može uočiti. Međutim, posmatrano u dužem vremenskom periodu, ovakve količine pokrenutog i odnetog eolskog nanosa mogu da promene konfiguraciju terena i da pri tome prouzrokuju ozbiljne štete. Ostali izmereni godišnji intenziteti eolske erozije dovode do uznemiravanja i gubitaka površinskog sloja zemljišta od 0,2 do 0,4 cm godišnje, što potvrđuje i ekstremni gubitak zemljišta od preko 0,4 cm koji se dogodio u nekoliko nezavisnih epizoda u decembru 2008. godine i januaru 2009. godine.

6.1.4. Mehanički i hemijski sastav eolskog nanosa i osnovnog zemljišta

U pogledu granulometrijskog (mehaničkog) sastava eolskog nanosa na Deliblatskoj peščari, karakteristična je visoka koncentracija sitnih peskova od čak 91%, što je veća koncentracija u odnosu na Subotičko-horgošku peščaru koja iznosi od 79% do 89% (Letić et al., 2001). Ova činjenica ukazuje da je potencijalna erodibilnost zemljišta na Deliblatskoj peščari po pitanju eolske erozije veoma velika, naročito u odsustvu travnog i šumskog pokrivača.

Tabela 6.1/14. Granulometrijski sastav i teksturna klasa zemljišta

Horizont	Granulometrijski sastav %						Teksturna klasa
	> 0,2	0,2 - 0,02	0,02 - 0,002	< 0,002	Ukupno > 0,02	Ukupno < 0,02	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Cvijičev vis - nanos	4.8	90.8	2.5	1.9	95.6	4.4	Pesak
Dragičev hat - nanos	8.7	81.6	3.9	5.8	90.3	9.7	Ilovasti pesak
Cvijičev vis - zemljiste	3.8	91.8	0.2	4.2	95.6	4.4	Pesak
Dragičev hat - zemljiste	2.2	85.6	8.5	3.7	87.8	12.2	Ilovasti pesak

**Legenda:**

- A - Glina (< 0.002 mm):**
B - Prah (0.002 - 0.02 mm)
C - Sitan pesak (0.02 – 0.2 mm)
D - Krupan pesak (> 0.2 mm)

Slika 6.1/10. Granulometrijski sastav eolskog nanosa na Deliblatskoj peščari

Sadržaj ukupnog peska u eolskom nanosu i osnovnom zemljištu se kretao od 87,8% do 95,6%. Najveće učešće je utvrđeno za frakciju sitnog peska (81,6 - 91,8%). Teksturna klasa se razlikovala na istraživanim lokalitetima. Dok je na lokalitetu Cvijičev vis teksturna klasa bila pesak, dotle je na lokalitetu Dragičev hat utvrđena teksturna klasa ilovasti pesak (tabela 6.1/14. i slika 6.1/10.).

Tabela 6.1/15. Sadržaj humusa, karbonata i reakcija zemljišnog rastvora

Horizont	pH u H ₂ O	Humus (%)	CaCO ₃ (%)
Cvijičev vis - nanos	6.63	0.25	8.99
Dragičev hat - nanos	6.79	0.20	15.56
Cvijičev vis - zemljiste	7.28	0.48	6.97
Dragičev hat - zemljiste	7.03	0.52	15.16

Iako je sadržaj humusa mali, ipak je u delu istraživanog područja na zemljištu duplo veći u odnosu na eolski nanos, što govori o inicijalnoj fazi gomilanja organske materije. Sadržaj karbonata se kretao od 6,97% do 15,56%. Reakcija zemljišnog rastvora je bila slabo kisela do neutralna. S obzirom da se radi o sterilnim peskovima, tj. niskom sadržaju humusa, očekivane količine pristupačnog azota (N), fosfora (P) i kalijuma (K) su vrlo male, odnosno slabo obezbeđene (tabela 6.1/15.).

6.2. Koncentracije i količine ^{137}Cs u zemljištu i intenziteti eolske erozije

Zbog poznatih problema sa višegodišnjim kontinuiranim merenjima produkcije eolskog nanosa i gubitaka zemljišta u realnim terenskim uslovima, primenjena je metoda praćenja prisustva radioizotopa veštačkog porekla ^{137}Cs adsorbovanog u zemljištu, čije se detektovane koncentracije i količine koriste za pretvaranje u količine izgubljenog zemljišta i definisanje prostornog rasprostiranja zemljišta na određenoj površini. Merenjem ^{137}Cs u uzorcima zemljišta se na osnovu samo jedne posete terenu dobijaju potpunije informacije o procesima eolske erozije, odnosno konstatacijom povećanog ili smanjenog sadržaja ^{137}Cs u pojedinim uzorcima u odnosu na lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs (referentna vrednost) moguće je definisati faze procesa (deflacija – odnošenje ili depozicija – taloženje zemljišta), intenzitete procesa (gubici zemljišta) i pratiti premeštanje zemljišta u prostoru i vremenu na eksperimentalnoj površini (redistribucija zemljišta), što daje ovoj metodi izvesnu prednost u odnosu na neke druge metode koje potenciraju samo intenzitete erozionih procesa. Svi uzorci zemljišta za procenu stanja eolske erozije na Deliblatskoj peščari metodom praćenja količina ^{137}Cs uzeti su sa lokaliteta Cvijićev vis i to:

1. Inicijalni uzorci sa obrađenog i neobrađenog zemljišta u cilju stvaranja predstave o prisustvu radionuklida u zemljištu i efikasnosti metode praćenja količina ^{137}Cs ;
2. Osnovni uzorci sa obrađenog i neobrađenog zemljišta u cilju dobijanja lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs , odnosno referentne vrednosti količine ^{137}Cs u zemljištu;
3. Ostali uzorci sa obrađenog i neobrađenog zemljišta u cilju dobijanja što realnije predstave o vertikalnoj i prostornoj distribuciji ^{137}Cs na eksperimentalnom području;
4. Uzorci sa obrađenog i neobrađenog zemljišta uzeti zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) u cilju dobijanja što relevantnije predstave o gubicima i redistribuciji zemljišta na eksperimentalnom području (slike 6.2/1. i 6.2/2.).

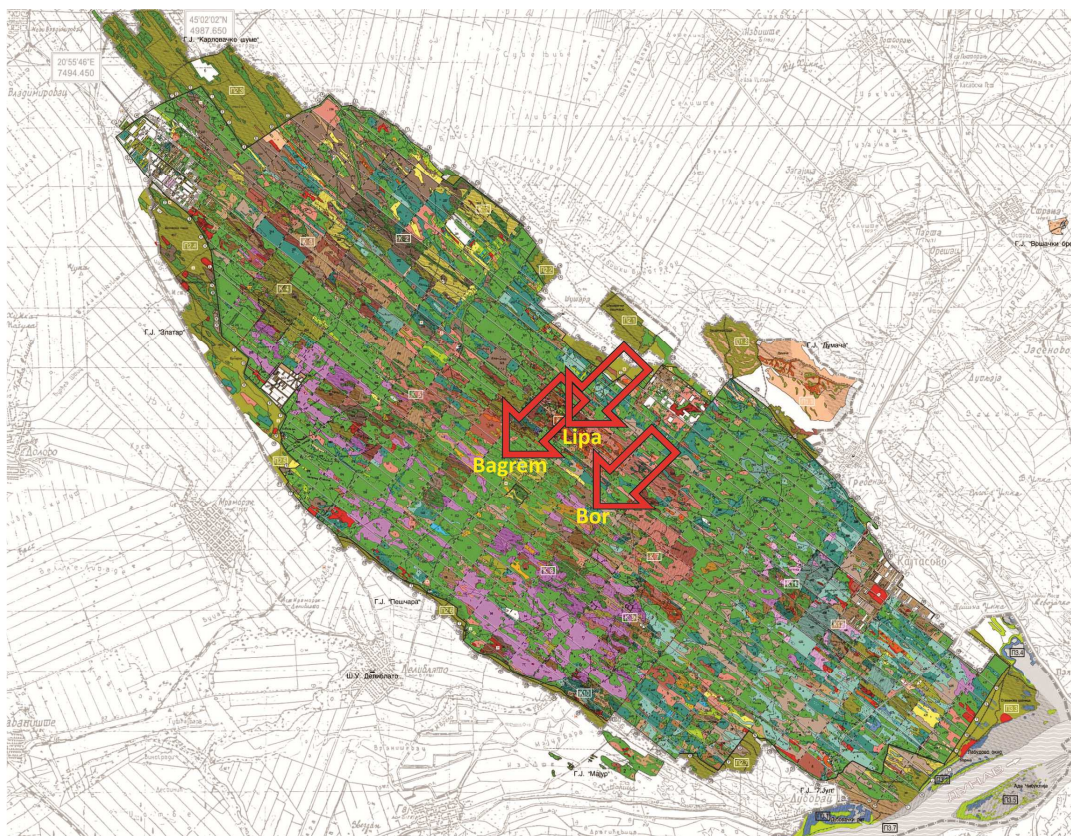


Slika 6.2/1. Prostorni raspored inicijalnih, osnovnih i ostalih uzoraka (satelitski snimak)



Slika 6.2/2. Prostorni raspored uzoraka uzetih po pravcima N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (satelitski snimak)

Referentni uzorci zemljišta su uzeti u širem perimetru Cvijićevog visa iz obližnjih šuma bagrema, belog bora i lipe, zbog pokušaja da se na najbolji način definišu prirodni uslovi u istraživanom području i činjenice da te vrednosti mogu poslužiti kao osnova za metodu praćenja količina ^{137}Cs na Deliblatskoj peščari u nekim budućim istraživanjima (slika 6.2/3.).



Slika 6.2/3. Prostorni raspored referentnih uzoraka u Specijalnom rezervatu prirode „Deliblatska peščara”

6.2.1. Inicijalni uzorci

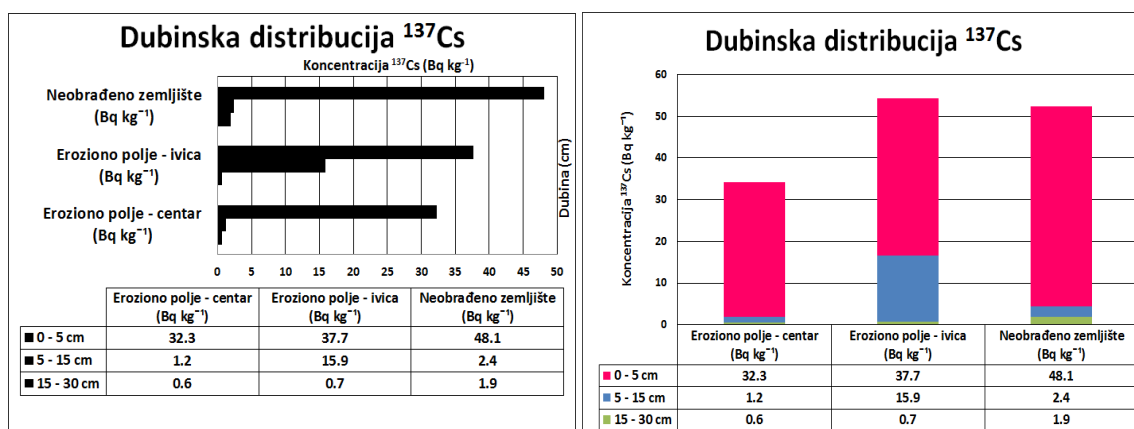
U cilju dobijanja početnih rezultata vertikalne distribucije ^{137}Cs na Deliblatskoj peščari i predstave o metodi praćenja količina ^{137}Cs , uzeto je ukupno 9 inicijalnih uzoraka sa tri profila iz slojeva 0-5, 5-15 i 15-30 cm i to: 1) obrađeno erodirano zemljište (eroziono polje - centar); 2) obrađeno akumulirano zemljište (eroziono polje - ivica); 3) neobrađeno zemljište.

Detektovane vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs u Bq kg^{-1} i količina ^{137}Cs u Bq m^{-2} sa greškama merenja su navedene u tabeli 6.2/1., a ilustrovane na slici 6.2/4.

Tabela 6.2/1. Detektovane koncentracije i količine ^{137}Cs sa greškama merenja u inicijalnim uzorcima

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Neobrađeno zemljište	0 – 5	0,84	48,10	$\pm 1,60$	2.020,20	$\pm 67,20$
	5 – 15	1,21	2,36	$\pm 0,27$	285,56	$\pm 32,67$
	15 - 30	1,31	1,91	$\pm 0,17$	375,32	$\pm 33,41$
	Σ		52,37		2.681,08	
Eroziono polje - ivica	0 – 5	1,29	37,70	$\pm 1,00$	2.431,65	$\pm 64,50$
	5 – 15	1,35	15,90	$\pm 0,80$	2.146,50	$\pm 108,00$
	15 - 30	1,36	0,70	$\pm 0,30$	142,80	$\pm 61,20$
	Σ		54,30		4.720,95	
Eroziono polje - centar	0 – 5	1,42	32,30	$\pm 0,70$	2.293,30	$\pm 49,70$
	5 – 15	1,41	1,20	$\pm 0,13$	169,20	$\pm 18,33$
	15 - 30	1,37	0,64	$\pm 0,19$	131,52	$\pm 39,05$
	Σ		34,14		2.594,02	

Sadržaj ^{137}Cs kod uzoraka na neobrađenom zemljištu pokazuje da je ^{137}Cs prilično slabo prodro po dubini. U sloju od 5 do 15 cm ga je bitno manje nego na površini, a u sloju od 15 do 30 cm aktivnost ^{137}Cs je veoma mala. Slična se tendencija dobija i za uzorke uzete sa erozionog polja – centar. Koncentracija ^{137}Cs se sa dubinom i ovde jako brzo smanjuje, a jedina ozbiljnija razlika između ovih uzoraka je u tome što je u površinskom sloju profila erozionog polja – centar nešto manja koncentracija ^{137}Cs , koja je nastala najverovatnije kao posledica procesa deflacije.

Slika 6.2/4. Dubinska distribucija ^{137}Cs u inicijalnim uzorcima

Aktivnost ^{137}Cs kod uzoraka sa erozionog polja – ivica u površinskom sloju je istog reda veličine kao i kod prethodne dve lokacije. Male razlike mogu da potiču od više faktora, ali je

neposredni početak pripreme terena (obrada zemljišta) za simulaciju prirodnih uslova koje karakterišu otvorenost i neobraslost površine uticao da dođe do manjih uznemiravanja tla u tom trenutku. Međutim, bitnija razlika se uočava na dubinama od 5 do 15 cm na erozionom polju – ivica, gde je koncentracija ^{137}Cs u proseku deset puta veća nego kod druga dva profila, što je prilično očigledan dokaz da je na tom mestu došlo do akumulacije nanosa bogatog ^{137}Cs .

Početni rezultati merenja nedvosmisleno ukazuju na procese odnošenja nanosa i gubitaka zemljišta iz centralnog dela erozionog polja i sedimentacije nanosa i akumulacije zemljišta na obodnom merenom delu erozionog polja.

6.2.2. Osnovni uzorci

Za uzimanje osnovnih uzoraka na obrađenom i neobrađenom zemljištu koji na najbolji način opisuju, odnosno definišu vertikalnu distribuciju ^{137}Cs u izabranim profilima određene su dve lokacije – 1) obrađeno erodirano zemljište (eroziono polje - centar) i 2) neobrađeno zemljište – iz slojeva zemljišta 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-15, 15-20 cm.

Preduslov za uzimanje uzoraka u izabranim profilima i dobijanje što realnijih vrednosti sadržaja ^{137}Cs u njima u Bq m^{-2} , kao ključnih ulaznih podataka u modelima ^{137}Cs za procenu stanja erozije, bio je određivanje zapreminske mase neporemećenih uzoraka, odnosno uzoraka zemljišta u nenarušenom stanju. Naime, osnovni parametar za pretvaranje izmerenih koncentracija ^{137}Cs u Bq kg^{-1} u količine ^{137}Cs u Bq m^{-2} je zapreminska masa zemljišta izražena u g cm^{-3} . Zapreminske mase svakog sloja uzoraka, prikazane u tabeli 6.2/2., definisane su kao srednje vrednosti uzetih uzoraka za dobijanje zapreminskih masa zemljišta.

Tabela 6.2/2. Zapreminske mase neporemećenih osnovnih uzoraka

Uzorak	Zapremina cilindra (cm^3)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Srednja vrednost z. m. (g cm^{-3})
Osnovni uzorak-obrađeno (0-2 cm)	20	61,63	92,25	30,62	1,53	1,51
Osnovni uzorak-obrađeno (0-2 cm)	20	56,61	86,46	29,85	1,49	
Osnovni uzorak-obrađeno (0-2 cm)	20	54,42	84,53	30,11	1,51	
Osnovni uzorak-obrađeno (0-2 cm)	20	61,53	91,06	29,53	1,48	
Osnovni uzorak-obrađeno (0-2 cm)	20	30,05	60,76	30,71	1,54	
Osnovni uzorak-obrađeno (2-4 cm)	20	32,18	60,90	28,72	1,44	1,49
Osnovni uzorak-obrađeno (2-4 cm)	20	51,40	81,67	30,27	1,51	
Osnovni uzorak-obrađeno (2-4 cm)	20	58,24	89,21	30,97	1,55	
Osnovni uzorak-obrađeno (2-4 cm)	20	56,62	86,42	29,80	1,49	
Osnovni uzorak-obrađeno (2-4 cm)	20	56,23	85,90	29,67	1,48	
Osnovni uzorak-obrađeno (4-6 cm)	20	63,08	93,06	29,98	1,50	1,56
Osnovni uzorak-obrađeno (4-6 cm)	20	64,94	97,15	32,21	1,61	
Osnovni uzorak-obrađeno (4-6 cm)	20	46,82	77,85	31,03	1,55	
Osnovni uzorak-obrađeno (4-6 cm)	20	59,68	89,66	29,98	1,50	
Osnovni uzorak-obrađeno (4-6 cm)	20	56,11	88,91	32,80	1,64	1,52
Osnovni uzorak-obrađeno (6-8 cm)	20	57,81	87,57	29,76	1,49	
Osnovni uzorak-obrađeno (6-8 cm)	20	53,52	83,84	30,32	1,52	
Osnovni uzorak-obrađeno (6-8 cm)	20	48,59	79,14	30,55	1,53	
Osnovni uzorak-obrađeno (6-8 cm)	20	57,46	88,06	30,60	1,53	
Osnovni uzorak-obrađeno (6-8 cm)	20	62,86	93,41	30,55	1,53	1,55
Osnovni uzorak-obrađeno (8-10 cm)	20	55,56	85,69	30,13	1,51	
Osnovni uzorak-obrađeno (8-10 cm)	20	58,27	90,18	31,91	1,60	
Osnovni uzorak-obrađeno (8-10 cm)	20	44,33	76,19	31,86	1,59	
Osnovni uzorak-obrađeno (8-10 cm)	20	59,35	89,82	30,47	1,52	
Osnovni uzorak-obrađeno (8-10 cm)	20	62,88	93,53	30,65	1,53	

Uzorak	Zapremina cilindra (cm ³)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Srednja vrednost z. m. (g cm ⁻³)
Osnovni uzorak-obrađeno (10-15 cm)	100	128,25	277,58	149,33	1,49	1,52
Osnovni uzorak-obrađeno (10-15 cm)	100	104,25	257,00	152,75	1,53	
Osnovni uzorak-obrađeno (10-15 cm)	100	137,30	292,62	155,32	1,55	
Osnovni uzorak-obrađeno (15-20 cm)	100	145,46	293,45	147,99	1,48	1,50
Osnovni uzorak-obrađeno (15-20 cm)	100	141,19	293,19	152,00	1,52	
Osnovni uzorak-obrađeno (15-20 cm)	100	137,24	286,63	149,39	1,49	
Osnovni uzorak-neobrađeno (0-2 cm)	20	58,68	82,33	23,65	1,18	1,28
Osnovni uzorak-neobrađeno (0-2 cm)	20	50,69	76,90	26,21	1,31	
Osnovni uzorak-neobrađeno (0-2 cm)	20	54,14	80,57	26,43	1,32	
Osnovni uzorak-neobrađeno (0-2 cm)	20	49,95	76,11	26,16	1,31	
Osnovni uzorak-neobrađeno (0-2 cm)	20	39,40	64,64	25,24	1,26	
Osnovni uzorak-neobrađeno (2-4 cm)	20	60,58	85,43	24,85	1,24	1,27
Osnovni uzorak-neobrađeno (2-4 cm)	20	62,11	89,05	26,94	1,35	
Osnovni uzorak-neobrađeno (2-4 cm)	20	39,20	64,01	24,81	1,24	
Osnovni uzorak-neobrađeno (2-4 cm)	20	59,36	84,91	25,55	1,28	
Osnovni uzorak-neobrađeno (2-4 cm)	20	58,19	83,31	25,12	1,26	
Osnovni uzorak-neobrađeno (4-6 cm)	20	44,73	70,23	25,50	1,28	1,34
Osnovni uzorak-neobrađeno (4-6 cm)	20	60,31	87,30	26,99	1,35	
Osnovni uzorak-neobrađeno (4-6 cm)	20	59,96	87,42	27,46	1,37	
Osnovni uzorak-neobrađeno (4-6 cm)	20	58,94	84,99	26,05	1,30	
Osnovni uzorak-neobrađeno (4-6 cm)	20	53,87	81,42	27,55	1,38	
Osnovni uzorak-neobrađeno (6-8 cm)	20	55,45	82,61	27,16	1,36	1,38
Osnovni uzorak-neobrađeno (6-8 cm)	20	56,07	83,20	27,13	1,36	
Osnovni uzorak-neobrađeno (6-8 cm)	20	38,29	65,69	27,40	1,37	
Osnovni uzorak-neobrađeno (6-8 cm)	20	33,32	61,58	28,26	1,41	
Osnovni uzorak-neobrađeno (6-8 cm)	20	65,55	93,77	28,22	1,41	
Osnovni uzorak-neobrađeno (8-10 cm)	20	58,58	86,74	28,16	1,41	1,38
Osnovni uzorak-neobrađeno (8-10 cm)	20	62,39	90,27	27,88	1,39	
Osnovni uzorak-neobrađeno (8-10 cm)	20	56,96	84,45	27,49	1,37	
Osnovni uzorak-neobrađeno (8-10 cm)	20	39,87	67,83	27,96	1,40	
Osnovni uzorak-neobrađeno (8-10 cm)	20	50,59	77,46	26,87	1,34	
Osnovni uzorak-neobrađeno (10-15 cm)	100	132,68	272,36	139,68	1,40	1,38
Osnovni uzorak-neobrađeno (10-15 cm)	100	137,68	265,12	127,44	1,27	
Osnovni uzorak-neobrađeno (10-15 cm)	100	110,82	258,30	147,48	1,47	
Osnovni uzorak-neobrađeno (15-20 cm)	100	105,78	249,20	143,42	1,43	1,46
Osnovni uzorak-neobrađeno (15-20 cm)	100	112,77	261,62	148,85	1,49	
Osnovni uzorak-neobrađeno (15-20 cm)	100	105,14	250,34	145,20	1,45	

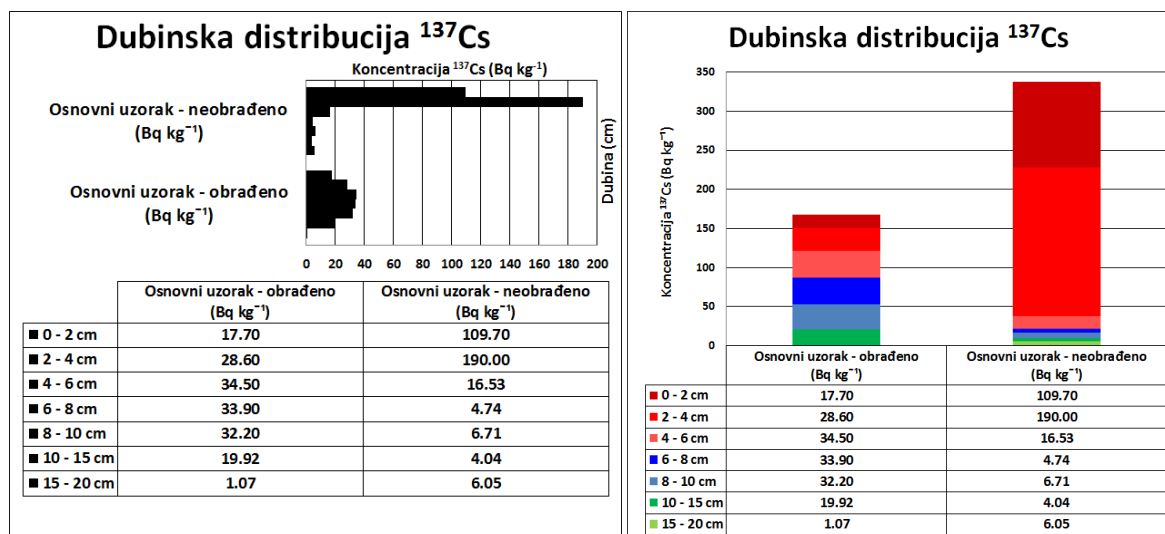
Na lokaciji gde je uzet osnovni uzorak na neobrađenom zemljištu bilo je malih poremećaja zemljišta, ali je sadržaj ¹³⁷Cs u profilu karakterističnog eksponencijalnog oblika. Pretpostavka je da je manji sadržaj ¹³⁷Cs u sloju 0 - 2 cm ($109,70 \pm 1,90 \text{ Bq kg}^{-1}$) u odnosu na sloj 2 - 4 cm ($190,00 \pm 3,00 \text{ Bq kg}^{-1}$) nastao kao posledica neuspelog pošumljavanja crnim borom ove površine pre dvadeset godina kada je zbog pokušaja primene nove tehnologije pošumljavanja crnim borom u brazde i kretanja mehanizacije očigledno došlo do nekih poremećaja površinskih slojeva zemljišta. Sama činjenica da se koncentracija ¹³⁷Cs po dubini profila rapidno smanjuje od površine dovoljno govori da se radi o pašnjačkom terenu i teškim geomorfološkim, geološkim i pedološkim uslovima na izabranoj površini. Primetno je i to da je aktivnost ¹³⁷Cs kod ovog uzorka izrazito visoka i iznosi $337,77 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $10.603,57 \text{ Bq m}^{-2}$, što može biti posledica velikog lokalnog padavinskog ulaza ¹³⁷Cs ili dodatne kontaminacije ¹³⁷Cs usled deponovanja eolskog nanosa.

Sadržaj ¹³⁷Cs u profilu obrađenog zemljišta (eroziono polje - centar) je donekle ravnomeran po dubini, jer je usled obrade zemljišta (oranje) došlo do mešanja površinskih slojeva zemljišta u dubini do 20 cm. Isto tako, prisutna koncentracija ¹³⁷Cs u ovom uzorku od $167,89$

Bq kg⁻¹ i količina ¹³⁷Cs od 5.381,11 Bq m⁻² u poređenju sa osnovnim uzorkom na neobrađenom zemljištu ukazuje na prisutne procese eolske erozije. Generalno, obradiva zemljišta imaju uniformnu vertikalnu raspodelu ¹³⁷Cs, tako da se ovi uzorci retko uzimaju kao uporedive – referentne vrednosti (tabela 6.2/3. i slika 6.2/5).

Tabela 6.2/3. Detektovane koncentracije i količine ¹³⁷Cs sa greškama merenja u osnovnim uzorcima

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Koncentracija ¹³⁷ Cs (Bq kg ⁻¹)	σ ₁ (Bq kg ⁻¹)	Količina ¹³⁷ Cs (Bq m ⁻²)	σ ₂ (Bq m ⁻²)
Osnovni uzorak – neobrađeno zemljište	0 – 2	1,51	109,70	± 1,90	3.312,94	± 57,38
	2 – 4	1,49	190,00	± 3,00	5.662,00	± 89,40
	4 – 6	1,56	16,53	± 0,29	515,74	± 9,05
	6 – 8	1,52	4,74	± 0,23	144,10	± 6,99
	8 – 10	1,55	6,71	± 0,17	208,01	± 5,27
	10 – 15	1,52	4,04	± 0,20	307,04	± 15,20
	15 – 20	1,50	6,05	± 1,60	453,75	± 120,00
	Σ		337,77		10.603,57	
Osnovni uzorak – obrađeno zemljište	0 – 2	1,28	17,70	± 0,50	453,12	± 12,80
	2 – 4	1,27	28,60	± 0,50	726,44	± 12,70
	4 – 6	1,34	34,50	± 0,60	924,60	± 16,08
	6 – 8	1,38	33,90	± 0,50	935,64	± 13,80
	8 – 10	1,38	32,20	± 0,60	888,72	± 16,56
	10 – 15	1,38	19,92	± 0,23	1.374,48	± 15,87
	15 – 20	1,46	1,07	± 0,07	78,11	± 5,11
	Σ		167,89		5.381,11	

Slika 6.2/5. Dubinska distribucija ¹³⁷Cs u osnovnim uzorcima

6.2.3. Ostali uzorci

U cilju dalje analize vertikalne distribucije ¹³⁷Cs, uzeti su ostali uzorci iz slojeva zemljišta 0-5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm, čije pozicije na obrađenom zemljištu čine kvadrat stranice 20 m, dok na neobrađenom zemljištu čine kvadrat stranice 40 m računajući od centra erozionog polja. I u slučaju ovih uzoraka, određene su zapreminske mase svakog sloja neporemećenih uzoraka u izabranim profilima, koje su definisane kao srednje vrednosti uzetih uzoraka za dobijanje zapreminskih masa zemljišta (tabela 6.2/4.).

Tabela 6.2/4. Zapreminske mase neporemećenih ostalih uzoraka

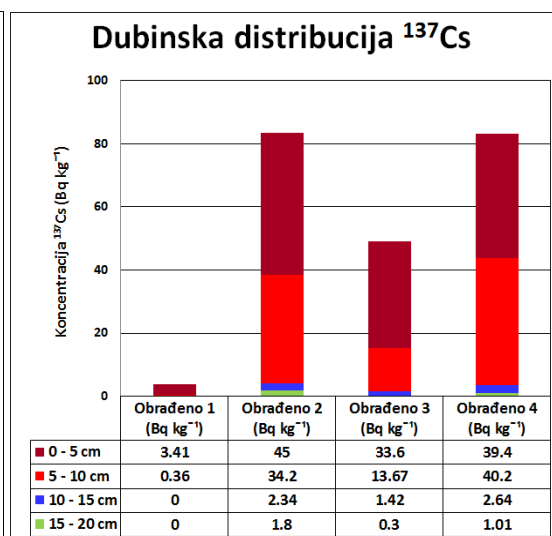
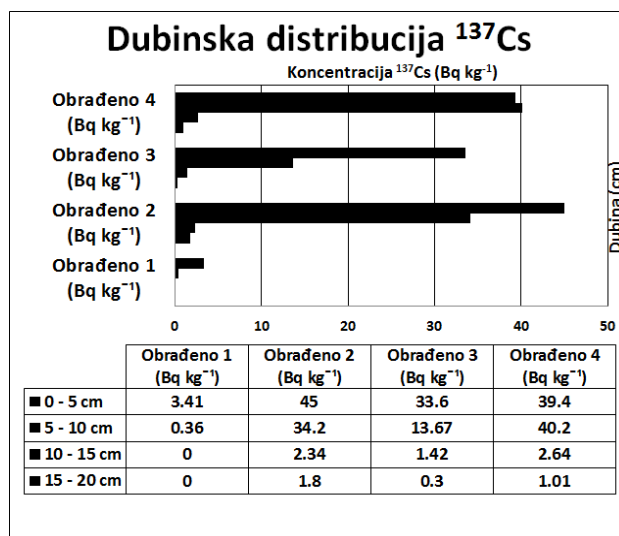
Uzorak	Zapremina cilindra (cm ³)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Srednja vrednost z. m. (g cm ⁻³)
Obrađeno 1 (0-5 cm)	100	134,84	280,08	145,24	1,45	1,42
Obrađeno 1 (0-5 cm)	100	145,46	284,01	138,55	1,39	
Obrađeno 1 (0-5 cm)	100	141,19	283,29	142,10	1,42	
Obrađeno 1 (5-10 cm)	100	136,76	275,56	138,80	1,39	1,39
Obrađeno 1 (5-10 cm)	100	128,75	267,91	139,16	1,39	
Obrađeno 1 (5-10 cm)	100	137,24	276,02	138,78	1,39	
Obrađeno 1 (10-15 cm)	100	128,25	272,50	144,25	1,44	1,43
Obrađeno 1 (10-15 cm)	100	137,30	274,89	137,59	1,38	
Obrađeno 1 (10-15 cm)	100	147,15	294,37	147,22	1,47	
Obrađeno 1 (15-20 cm)	100	141,23	281,28	140,05	1,40	1,44
Obrađeno 1 (15-20 cm)	100	106,15	251,47	145,32	1,45	
Obrađeno 1 (15-20 cm)	100	104,25	250,00	145,75	1,46	
Obrađeno 2 (0-5 cm)	100	132,68	270,57	137,89	1,38	1,36
Obrađeno 2 (0-5 cm)	100	105,78	243,58	137,80	1,38	
Obrađeno 2 (0-5 cm)	100	126,22	259,29	133,07	1,33	
Obrađeno 2 (5-10 cm)	100	136,76	275,88	139,12	1,39	1,39
Obrađeno 2 (5-10 cm)	100	137,24	275,90	138,66	1,39	
Obrađeno 2 (5-10 cm)	100	106,15	245,95	139,80	1,40	
Obrađeno 2 (10-15 cm)	100	137,30	287,94	150,64	1,51	1,47
Obrađeno 2 (10-15 cm)	100	73,89	220,18	146,29	1,46	
Obrađeno 2 (10-15 cm)	100	105,14	247,76	142,62	1,43	
Obrađeno 2 (15-20 cm)	100	134,84	281,00	146,16	1,46	1,43
Obrađeno 2 (15-20 cm)	100	110,82	250,41	139,59	1,40	
Obrađeno 2 (15-20 cm)	100	104,25	247,93	143,68	1,44	
Obrađeno 3 (0-5 cm)	100	105,66	241,84	136,18	1,36	1,35
Obrađeno 3 (0-5 cm)	100	133,10	266,41	133,31	1,33	
Obrađeno 3 (0-5 cm)	100	136,52	272,31	135,79	1,36	
Obrađeno 3 (5-10 cm)	100	114,13	256,31	142,18	1,42	1,36
Obrađeno 3 (5-10 cm)	100	143,22	277,30	134,08	1,34	
Obrađeno 3 (5-10 cm)	100	114,90	246,46	131,56	1,32	
Obrađeno 3 (10-15 cm)	100	140,64	288,05	147,41	1,47	1,45
Obrađeno 3 (10-15 cm)	100	102,18	241,85	139,67	1,40	
Obrađeno 3 (10-15 cm)	100	133,21	281,93	148,72	1,49	
Obrađeno 3 (15-20 cm)	100	102,28	246,85	144,57	1,45	1,42
Obrađeno 3 (15-20 cm)	100	128,51	268,48	139,97	1,40	
Obrađeno 3 (15-20 cm)	100	134,03	276,54	142,51	1,43	
Obrađeno 4 (0-5 cm)	100	143,22	267,94	124,72	1,25	1,29
Obrađeno 4 (0-5 cm)	100	105,66	235,59	129,93	1,30	
Obrađeno 4 (0-5 cm)	100	124,75	257,50	132,75	1,33	
Obrađeno 4 (5-10 cm)	100	102,29	234,45	132,16	1,32	1,32
Obrađeno 4 (5-10 cm)	100	114,90	240,15	125,25	1,25	
Obrađeno 4 (5-10 cm)	100	140,65	280,17	139,52	1,40	
Obrađeno 4 (10-15 cm)	100	132,91	272,56	139,65	1,40	1,38
Obrađeno 4 (10-15 cm)	100	114,13	250,44	136,31	1,36	
Obrađeno 4 (10-15 cm)	100	140,34	278,63	138,29	1,38	
Obrađeno 4 (15-20 cm)	100	133,10	277,95	144,85	1,45	1,46
Obrađeno 4 (15-20 cm)	100	136,52	281,57	145,05	1,45	
Obrađeno 4 (15-20 cm)	100	134,54	282,50	147,96	1,48	
Neobrađeno 1 (0-5 cm)	100	107,87	225,99	118,12	1,18	1,12
Neobrađeno 1 (0-5 cm)	100	135,45	242,85	107,40	1,07	
Neobrađeno 1 (0-5 cm)	100	73,89	183,21	109,32	1,09	
Neobrađeno 1 (5-10 cm)	100	136,93	279,38	142,45	1,42	1,42
Neobrađeno 1 (5-10 cm)	100	93,57	235,86	142,29	1,42	
Neobrađeno 1 (5-10 cm)	100	126,22	266,98	140,76	1,41	
Neobrađeno 1 (10-15 cm)	100	132,68	272,36	139,68	1,40	1,38
Neobrađeno 1 (10-15 cm)	100	137,68	265,12	127,44	1,27	
Neobrađeno 1 (10-15 cm)	100	110,82	258,30	147,48	1,47	

Uzorak	Zapremina cilindra (cm ³)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Srednja vrednost z. m. (g cm ⁻³)
Neobrađeno 1 (15-20 cm)	100	105,78	249,20	143,42	1,43	1,46
Neobrađeno 1 (15-20 cm)	100	112,77	261,62	148,85	1,49	
Neobrađeno 1 (15-20 cm)	100	105,14	250,34	145,20	1,45	
Neobrađeno 2 (0-5 cm)	100	124,75	196,42	71,67	0,72	0,84
Neobrađeno 2 (0-5 cm)	100	134,54	217,79	83,25	0,83	
Neobrađeno 2 (0-5 cm)	100	132,91	230,40	97,49	0,97	
Neobrađeno 2 (5-10 cm)	100	126,22	245,53	119,31	1,19	1,16
Neobrađeno 2 (5-10 cm)	100	105,78	217,34	111,56	1,12	
Neobrađeno 2 (5-10 cm)	100	73,89	191,87	117,98	1,18	
Neobrađeno 2 (10-15 cm)	100	140,65	273,76	133,11	1,33	1,25
Neobrađeno 2 (10-15 cm)	100	132,68	249,66	116,98	1,17	
Neobrađeno 2 (10-15 cm)	100	140,34	266,65	126,31	1,26	
Neobrađeno 2 (15-20 cm)	100	110,82	235,21	124,39	1,24	1,28
Neobrađeno 2 (15-20 cm)	100	102,29	226,50	124,21	1,24	
Neobrađeno 2 (15-20 cm)	100	105,14	239,55	134,41	1,34	
Neobrađeno 3 (0-5 cm)	100	124,75	229,28	104,53	1,05	0,97
Neobrađeno 3 (0-5 cm)	100	102,18	189,36	87,18	0,87	
Neobrađeno 3 (0-5 cm)	100	134,03	231,89	97,86	0,98	
Neobrađeno 3 (5-10 cm)	100	102,28	231,66	129,38	1,29	1,21
Neobrađeno 3 (5-10 cm)	100	140,64	256,17	115,53	1,16	
Neobrađeno 3 (5-10 cm)	100	133,21	250,90	117,69	1,18	
Neobrađeno 3 (10-15 cm)	100	132,91	274,36	141,45	1,41	1,33
Neobrađeno 3 (10-15 cm)	100	128,51	253,58	125,07	1,25	
Neobrađeno 3 (10-15 cm)	100	140,65	272,76	132,11	1,32	
Neobrađeno 3 (15-20 cm)	100	102,29	237,53	135,24	1,35	1,29
Neobrađeno 3 (15-20 cm)	100	134,54	245,04	110,50	1,11	
Neobrađeno 3 (15-20 cm)	100	140,34	283,04	142,70	1,43	
Neobrađeno 4 (0-5 cm)	100	135,45	209,11	73,66	0,74	0,85
Neobrađeno 4 (0-5 cm)	100	112,77	191,00	78,23	0,78	
Neobrađeno 4 (0-5 cm)	100	107,87	212,47	104,60	1,05	
Neobrađeno 4 (5-10 cm)	100	93,57	203,50	109,93	1,10	1,12
Neobrađeno 4 (5-10 cm)	100	141,23	251,47	110,24	1,10	
Neobrađeno 4 (5-10 cm)	100	128,75	245,17	116,42	1,16	
Neobrađeno 4 (10-15 cm)	100	145,46	271,78	126,32	1,26	1,21
Neobrađeno 4 (10-15 cm)	100	141,19	257,45	116,26	1,16	
Neobrađeno 4 (10-15 cm)	100	137,68	257,28	119,60	1,20	
Neobrađeno 4 (15-20 cm)	100	128,25	256,95	128,70	1,29	1,25
Neobrađeno 4 (15-20 cm)	100	136,93	262,46	125,53	1,26	
Neobrađeno 4 (15-20 cm)	100	147,15	267,65	120,50	1,21	

Uzorak 1 na obrađenom zemljištu gotovo da nije imao značajnu koncentraciju i količinu ¹³⁷Cs (3,77 Bq kg⁻¹ i 274,41 Bq m⁻²), što je karakteristika izuzetno jakih procesa eolske erozije. Uzorci 2 i 4 imaju skoro identične vrednosti 83,34 Bq kg⁻¹ i 83,25 Bq kg⁻¹, odnosno 5.737,59 Bq m⁻² i 5.450,39 Bq m⁻² sa izrazitom prisutnošću ¹³⁷Cs do 10 cm dubine. Uzorak 3 ima istu tendenciju kao uzorci 2 i 4 samo sa manjom vrednošću ukupnog sadržaja ¹³⁷Cs koja iznosi 48,99 Bq kg⁻¹, odnosno 3.321,81 Bq m⁻². Generalno, uzorci na obrađenom zemljištu pokazuju dubinsku raspodelu ¹³⁷Cs koja se može definisati kao nešto između eksponencijalnog i uniformnog karaktera sa vrednostima koje ukazuju na prisutne procese eolske erozije (tabela 6.2/5. i slika 6.2/6).

Tabela 6.2/5. Detektovane koncentracije i količine ^{137}Cs sa greškama merenja u ostalim uzorcima na obrađenom zemljištu

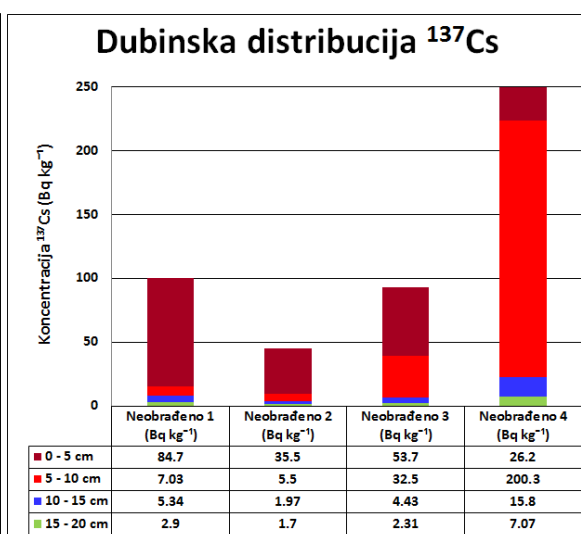
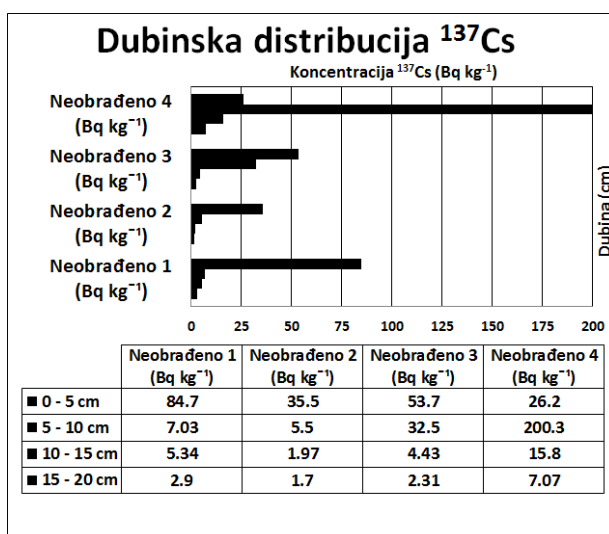
Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Obrađeno zemljište 1	0 – 5	1,45	3,41	$\pm 0,22$	247,23	$\pm 15,95$
	5 – 10	1,51	0,36	$\pm 0,05$	27,18	$\pm 3,78$
	10 – 15	1,52	0,00	$\pm 1,10$	0,00	$\pm 83,60$
	15 – 20	1,50	0,00	$\pm 0,50$	0,00	$\pm 37,50$
	Σ			3,77		274,41
Obrađeno zemljište 2	0 – 5	1,36	45,00	$\pm 0,70$	3.060,00	$\pm 47,60$
	5 – 10	1,39	34,20	$\pm 0,50$	2.376,90	$\pm 34,75$
	10 – 15	1,47	2,34	$\pm 0,20$	171,99	$\pm 14,70$
	15 – 20	1,43	1,80	$\pm 0,10$	128,70	$\pm 7,15$
	Σ			83,34		5.737,59
Obrađeno zemljište 3	0 – 5	1,35	33,60	$\pm 0,60$	2.268,00	$\pm 40,50$
	5 – 10	1,36	13,67	$\pm 0,25$	929,56	$\pm 17,00$
	10 – 15	1,45	1,42	$\pm 0,16$	102,95	$\pm 11,60$
	15 – 20	1,42	0,30	$\pm 0,06$	21,30	$\pm 4,26$
	Σ			48,99		3.321,81
Obrađeno zemljište 4	0 – 5	1,29	39,40	$\pm 0,70$	2.541,30	$\pm 45,15$
	5 – 10	1,32	40,20	$\pm 0,50$	2.653,20	$\pm 33,00$
	10 – 15	1,38	2,64	$\pm 0,20$	182,16	$\pm 13,80$
	15 – 20	1,46	1,01	$\pm 0,07$	73,73	$\pm 5,11$
	Σ			83,25		5.450,39

Slika 6.2/6. Dubinska distribucija ^{137}Cs u ostalim uzorcima na obrađenom zemljištu

Uzorke na neobrađenom zemljištu u širem perimetru erozionog polja karakteriše izražen eksponencijalni oblik. Uzorci 1 i 2 imaju tipičnu tendenciju dubinske raspodele ^{137}Cs na pašnjacima sa izrazitim padom sadržaja ^{137}Cs od površine sa osnovnom razlikom ukupne koncentracije i količine ^{137}Cs koje u uzorku 1 iznose $99,97 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $5.822,49 \text{ Bq m}^{-2}$, a u uzorku 2 $44,67 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $2.041,93 \text{ Bq m}^{-2}$. Sličnu tendenciju ima i uzorak 3 sa koncentracijom i količinom ^{137}Cs od $92,94 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $5.014,29 \text{ Bq m}^{-2}$ sa razlikom u sadržaju ^{137}Cs u sloju 5-10 cm, gde je prisutna koncentracija ^{137}Cs veća nekoliko puta nego u prethodna dva uzorka. Izuzetna razlika u sadržaju ^{137}Cs je prisutna u uzorku 4 u kome su koncentracija i količina ^{137}Cs $249,37 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $13.728,08 \text{ Bq m}^{-2}$ sa posebnim naglaskom na sloj 5-10 cm gde je prisutno $200,30 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $11.216,80 \text{ Bq m}^{-2}$, što ukazuje na pojavu depozicije zemljišta (tabela 6.2/6. i slika 6.2/7.).

Tabela 6.2/6. Detektovane koncentracije i količine ^{137}Cs sa greškama merenja u ostalim uzorcima na neobrađenom zemljištu

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Neobrađeno zemljište 1	0 – 5	1,12	84,70	$\pm 1,10$	4.743,20	$\pm 61,60$
	5 – 10	1,42	7,03	$\pm 0,17$	499,13	$\pm 12,07$
	10 – 15	1,38	5,34	$\pm 0,25$	368,46	$\pm 17,25$
	15 – 20	1,46	2,90	$\pm 0,10$	211,70	$\pm 7,30$
	Σ			99,97		5.822,49
Neobrađeno zemljište 2	0 – 5	0,84	35,50	$\pm 0,40$	1.491,00	$\pm 16,80$
	5 – 10	1,16	5,50	$\pm 0,18$	319,00	$\pm 10,44$
	10 – 15	1,25	1,97	$\pm 0,23$	123,13	$\pm 14,38$
	15 – 20	1,28	1,70	$\pm 0,09$	108,80	$\pm 5,76$
	Σ			44,67		2.041,93
Neobrađeno zemljište 3	0 – 5	0,97	53,70	$\pm 0,80$	2.604,45	$\pm 38,80$
	5 – 10	1,21	32,50	$\pm 0,50$	1.966,25	$\pm 30,25$
	10 – 15	1,33	4,43	$\pm 0,26$	294,60	$\pm 17,29$
	15 – 20	1,29	2,31	$\pm 0,10$	149,00	$\pm 6,45$
	Σ			92,94		5.014,29
Neobrađeno zemljište 4	0 – 5	0,85	26,20	$\pm 0,60$	1.113,50	$\pm 25,50$
	5 – 10	1,12	200,30	$\pm 2,10$	11.216,80	$\pm 117,60$
	10 – 15	1,21	15,80	$\pm 0,40$	955,90	$\pm 24,20$
	15 – 20	1,25	7,07	$\pm 0,17$	441,88	$\pm 10,63$
	Σ			249,37		13.728,08

Slika 6.2/7. Dubinska distribucija ^{137}Cs u ostalim uzorcima na neobrađenom zemljištu

Analiza svih osnovnih i ostalih uzoraka na obrađenom zemljištu unutar erozionog polja i neobrađenom zemljištu van erozionog polja je pokazala da osnovni uzorak sa neobrađenog zemljišta predstavlja neki vid uporedne vrednosti, pa je, stoga, uzet kao ulazni podatak (lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs) za modele pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta. Ovaj uzorak odslikava sredinu na kojoj su sprovedena istraživanja i predstavlja uporednu vrednost koja može korektno da definiše procese eolske erozije na ovom lokalitetu.

6.2.4. Referentni uzorci

Da bi se dobile uporedne vrednosti koje definišu prirodne uslove i predstavljaju očekivane vrednosti u odsustvu erozionih procesa, potrebno je uzorkovanje sa neporemećenih lokacija koje obezbeđuje procenu uticaja lokalnog zračenja ^{137}Cs i koje na najbolji način definiše sadržaj ^{137}Cs u nenarušenim zemljištima. Vertikalna distribucija ^{137}Cs u šumama je generalno dublja nego kod pašnjaka, a koncentracija ^{137}Cs u profilima ima tipičan eksponencijalni oblik. S tim u vezi, u toku ovih istraživanja identifikovano je nekoliko mesta na Deliblatskoj peščari sa velikim potencijalom da daju referentne količine ^{137}Cs , ali su na kraju izabrana samo tri lokaliteta na osnovu informacija o korišćenju zemljišta u prošlosti. Selektovani uzorci predstavljaju na neki način referentne uzorke za proučavanje eolske erozije na Deliblatskoj peščari, jer pokazuju količine ^{137}Cs koje se mogu očekivati i na drugim zemljištima u nenarušenom stanju širom ovog područja. U cilju dobijanja što relevantnijih referentnih vrednosti količina ^{137}Cs , uzeti su uzorci zemljišta sa tri lokaliteta i to: 1) šuma bagrema - šuma stara 29 godina; 2) šuma belog bora - šuma stara 35 godina; 3) šuma lipe - šuma stara 84 godine (slika 6.2/3.).

Iz istih razloga kao i kod određivanja zapreminskih masa neporemećenih uzoraka, odnosno uzoraka zemljišta u nenarušenom stanju kod osnovnih i ostalih uzoraka, određene su i zapreminske mase svakog sloja referentnih uzoraka u izabranim profilima, koje su prikazane u tabeli 6.2/7. kao srednje vrednosti uzetih uzoraka za dobijanje zapreminskih masa zemljišta.

Tabela 6.2/7. Zapreminske mase neporemećenih referentnih uzoraka

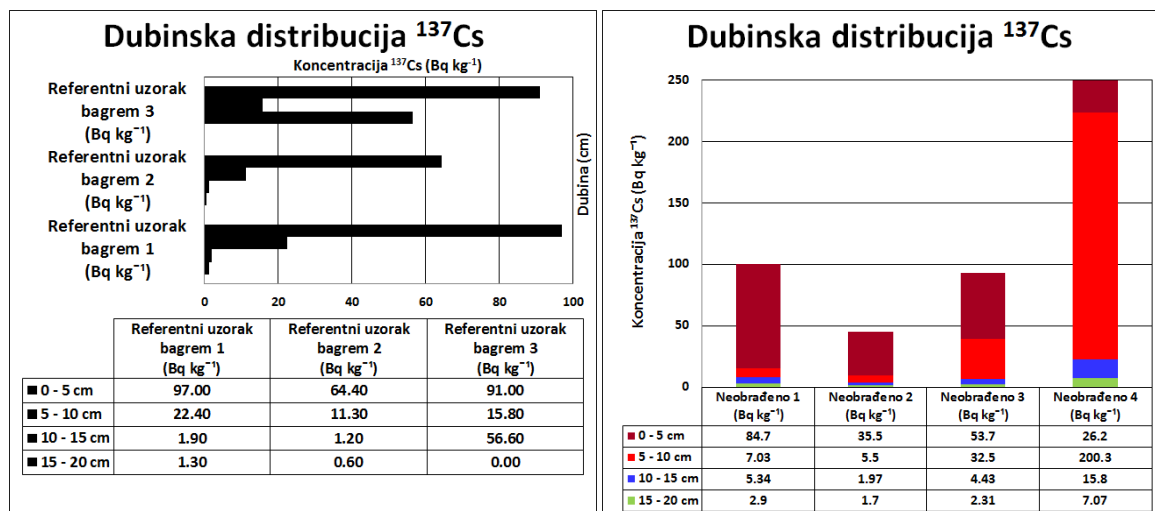
Uzorak	Zapremina cilindra (cm ³)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Srednja vrednost z. m. (g cm ⁻³)
Referentni uzorak – bagrem (0-5 cm)	100	114,16	208,67	94,51	0,95	0,92
Referentni uzorak – bagrem (0-5 cm)	100	104,27	201,22	96,95	0,97	
Referentni uzorak – bagrem (0-5 cm)	100	128,29	211,94	83,65	0,84	
Referentni uzorak – bagrem (5-10 cm)	100	126,26	230,83	104,57	1,05	1,10
Referentni uzorak – bagrem (5-10 cm)	100	102,22	213,21	110,99	1,11	
Referentni uzorak – bagrem (5-10 cm)	100	128,77	243,64	114,87	1,15	
Referentni uzorak – bagrem (10-15 cm)	100	147,16	252,63	105,47	1,05	1,05
Referentni uzorak – bagrem (10-15 cm)	100	136,57	248,60	112,03	1,12	
Referentni uzorak – bagrem (10-15 cm)	100	124,79	222,16	97,37	0,97	
Referentni uzorak – bagrem (15-20 cm)	100	135,50	242,81	107,31	1,07	1,06
Referentni uzorak – bagrem (15-20 cm)	100	137,72	241,16	103,44	1,03	
Referentni uzorak – bagrem (15-20 cm)	100	102,34	210,61	108,27	1,08	
Referentni uzorak – beli bor (0-5 cm)	100	141,25	245,79	104,54	1,05	0,98
Referentni uzorak – beli bor (0-5 cm)	100	105,82	200,37	94,55	0,95	
Referentni uzorak – beli bor (0-5 cm)	100	137,27	230,94	93,67	0,94	
Referentni uzorak – beli bor (5-10 cm)	100	139,72	268,03	128,31	1,28	1,25
Referentni uzorak – beli bor (5-10 cm)	100	134,71	263,34	128,63	1,29	
Referentni uzorak – beli bor (5-10 cm)	100	107,93	225,13	117,20	1,17	
Referentni uzorak – beli bor (10-15 cm)	100	132,24	270,56	138,32	1,38	1,29
Referentni uzorak – beli bor (10-15 cm)	100	134,09	262,72	128,63	1,29	
Referentni uzorak – beli bor (10-15 cm)	100	143,28	262,52	119,24	1,19	
Referentni uzorak – beli bor (15-20 cm)	100	145,49	280,10	134,61	1,35	1,37
Referentni uzorak – beli bor (15-20 cm)	100	112,81	255,23	142,42	1,42	
Referentni uzorak – beli bor (15-20 cm)	100	105,70	239,76	134,06	1,34	
Referentni uzorak – lipa (0-5 cm)	100	73,93	150,88	76,95	0,77	0,75
Referentni uzorak – lipa (0-5 cm)	100	105,19	205,36	100,17	1,00	
Referentni uzorak – lipa (0-5 cm)	100	137,32	185,56	48,24	0,48	

Uzorak	Zapremina cilindra (cm ³)	Masa cilindra (g)	Masa posle sušenja (g)	Masa uzorka (g)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Srednja vrednost z. m. (g cm ⁻³)
Referentni uzorak – lipa (5-10 cm)	100	132,71	215,69	82,98	0,83	0,99
Referentni uzorak – lipa (5-10 cm)	100	140,69	236,14	95,45	0,95	
Referentni uzorak – lipa (5-10 cm)	100	102,34	220,05	117,71	1,18	
Referentni uzorak – lipa (10-15 cm)	100	136,98	255,08	118,10	1,18	1,15
Referentni uzorak – lipa (10-15 cm)	100	141,22	259,28	118,06	1,18	
Referentni uzorak – lipa (10-15 cm)	100	114,95	224,28	109,33	1,09	
Referentni uzorak – lipa (15-20 cm)	100	110,85	229,51	118,66	1,19	1,23
Referentni uzorak – lipa (15-20 cm)	100	140,70	252,46	111,76	1,12	
Referentni uzorak – lipa (15-20 cm)	100	133,15	271,34	138,19	1,38	

Referentni uzorci u šumi bagrema su uzeti nedaleko od erozionog polja na nagibu koji se nalazi na padini sa severozapadne strane eksperimentalnog područja. Dobijene koncentracije i količine ¹³⁷Cs se kreću u intervalu od 77,50 Bq kg⁻¹, odnosno 3.848,65 Bq m⁻² u uzorku 2 do 163,40 Bq kg⁻¹, odnosno 7.475,60 Bq m⁻² u uzorku 3. Referentni uzorci 2 i 3 imaju tipičan eksponencijalni oblik, dok je u uzorku 1 došlo do mešanja površinskih slojeva tla, jer su dobijene vrednosti u sloju 10 - 15 cm od 56,60 ± 2,20 Bq kg⁻¹, odnosno 2.745,10 ± 106,70 Bq m⁻² posledica obrade zemljišta u nekom ranijem vremenskom periodu i/ili spiranja tla kao uticaj vodne erozije na strmom zemljištu (tabela 6.2/8. i slika 6.2/8.).

Tabela 6.2/8. Detektovane koncentracije i količine ¹³⁷Cs sa greškama merenja u referentnim uzorcima u šumi bagrema

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm ⁻³)	Koncentracija ¹³⁷ Cs (Bq kg ⁻¹)	σ ₁ (Bq kg ⁻¹)	Količina ¹³⁷ Cs (Bq m ⁻²)	σ ₂ (Bq m ⁻²)
Šuma bagrema 1	0 – 5	0,95	97,00	± 4,00	4.607,50	± 190,00
	5 – 10	1,05	22,40	± 1,00	1.176,00	± 52,50
	10 – 15	1,05	1,90	± 0,50	99,75	± 26,25
	15 – 20	1,07	1,30	± 0,30	69,55	± 16,05
	Σ		122,60		5.952,80	
Šuma bagrema 2	0 – 5	0,97	64,40	± 2,50	3.123,40	± 121,25
	5 – 10	1,11	11,30	± 0,60	627,15	± 33,30
	10 – 15	1,12	1,20	± 0,30	67,20	± 16,80
	15 – 20	1,03	0,60	± 0,30	30,90	± 15,45
	Σ		77,50		3.848,65	
Šuma bagrema 3	0 – 5	0,84	91,00	± 3,00	3.822,00	± 126,00
	5 – 10	1,15	15,80	± 0,80	908,50	± 46,00
	10 – 15	0,97	56,60	± 2,20	2.745,10	± 106,70
	15 – 20	1,08	0,00	± 1,20	0,00	± 64,80
	Σ		163,40		7.475,60	

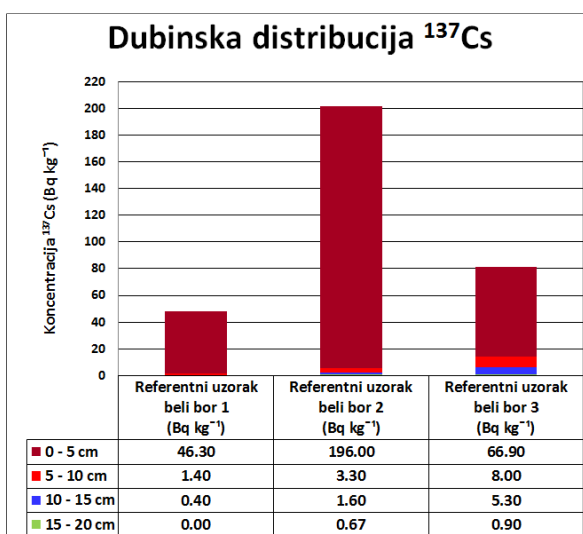
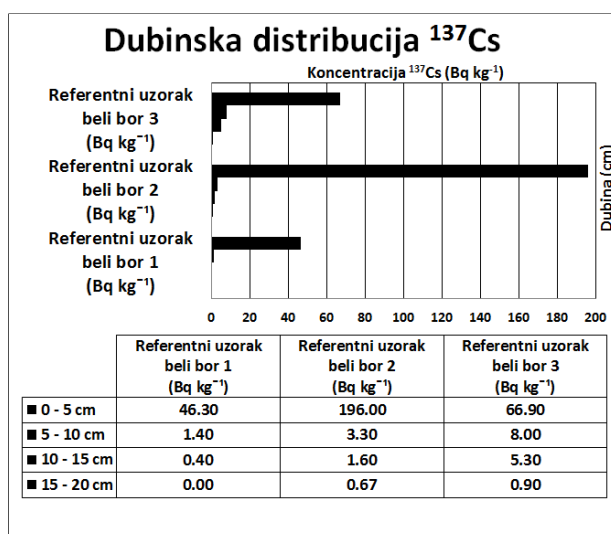


Slika 6.2/8. Dubinska distribucija ¹³⁷Cs u referentnim uzorcima u šumi bagrema

Referentne uzorke iz šume belog bora karakteriše izrazito naglašen eksponencijalan oblik sa razlikom u sadržaju ^{137}Cs koji se kreće od $48,10 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $2.547,95 \text{ Bq m}^{-2}$ kod uzorka 1 i $81,10 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $3.987,95 \text{ Bq m}^{-2}$ kod uzorka 3 do $201,57 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $9.673,62 \text{ Bq m}^{-2}$ kod uzorka 2 (tabela 6.2/9. i slika 6.2/9.).

Tabela 6.2/9. Detektovane koncentracije i količine ^{137}Cs sa greškama merenja u referentnim uzorcima u šumi belog bora

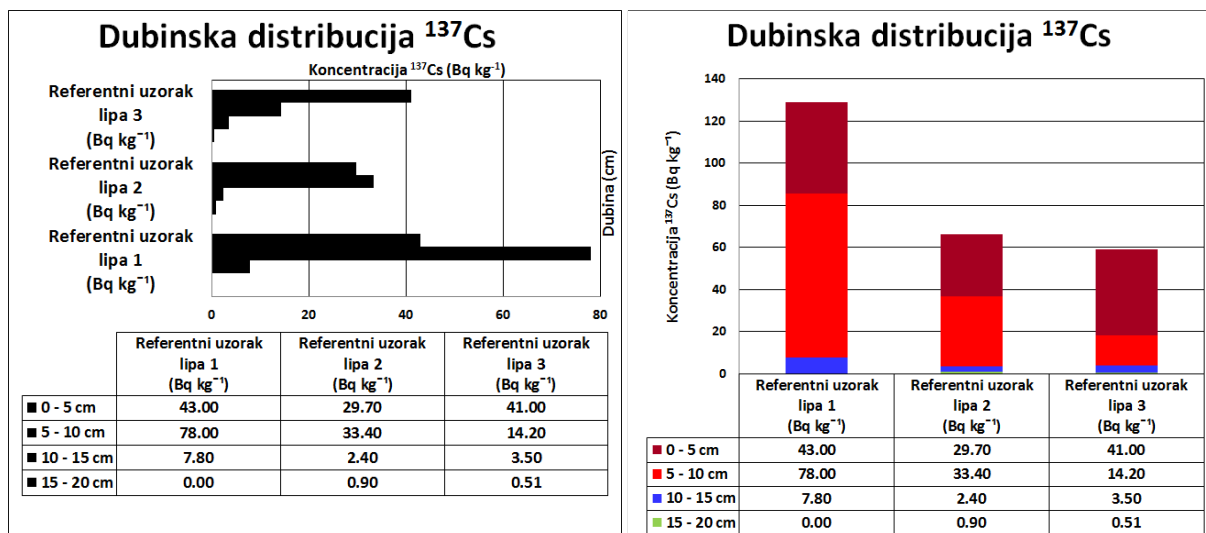
Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Šuma belog bora 1	0 – 5	1,05	46,30	$\pm 1,80$	2.430,75	$\pm 94,50$
	5 – 10	1,28	1,40	$\pm 0,30$	89,60	$\pm 19,20$
	10 – 15	1,38	0,40	$\pm 0,30$	27,60	$\pm 20,70$
	15 – 20	1,35	0,00	$\pm 1,00$	0,00	$\pm 67,50$
	Σ		48,10		2.547,95	
Šuma belog bora 2	0 – 5	0,95	196,00	$\pm 7,00$	9.310,00	$\pm 332,50$
	5 – 10	1,29	3,30	$\pm 0,40$	212,85	$\pm 25,80$
	10 – 15	1,29	1,60	$\pm 0,30$	103,20	$\pm 19,35$
	15 – 20	1,42	0,67	$\pm 0,26$	47,57	$\pm 18,46$
	Σ		201,57		9.673,62	
Šuma belog bora 3	0 – 5	0,94	66,90	$\pm 2,50$	3.144,30	$\pm 117,50$
	5 – 10	1,17	8,00	$\pm 0,60$	468,00	$\pm 35,10$
	10 – 15	1,19	5,30	$\pm 0,50$	315,35	$\pm 29,75$
	15 – 20	1,34	0,90	$\pm 0,27$	60,30	$\pm 18,09$
	Σ		81,10		3.987,95	

Slika 6.2/9. Dubinska distribucija ^{137}Cs u referentnim uzorcima u šumi belog bora

Šuma lipe je stara 84 godine i teoretski predstavlja idealne prirodne uslove u istraživanom području. Sadržaj ^{137}Cs u referentnim uzorcima se kretao od $59,21 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $2.047,74 \text{ Bq m}^{-2}$ u uzorku 3, do $128,80 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $5.352,70 \text{ Bq m}^{-2}$ u uzorku 1. U kontekstu globalnih varijacija srednjih vrednosti količina ^{137}Cs prema geografskoj širini, ove količine ^{137}Cs u odsustvu erozionih procesa na ovim prostorima mogu biti očekivane. Međutim, u uzorcima 1 i 2 izdvojile su se količine ^{137}Cs u slojevima od 5 - 10 cm koje su veće nego u slojevima 0 - 5 cm. Pretpostavka je da je u ovom slučaju došlo do slivanja vode sa puta Deliblato – Šušara u neposrednoj blizini lokacije i spiranja zemljišta koje je uticalo na ovakvu preraspodelu površinskih slojeva tla (tabela 6.2/10. i slika 6.2/10.).

Tabela 6.2/10. Detektovane koncentracije i količine ^{137}Cs sa greškama merenja u referentnim uzorcima u šumi lipa

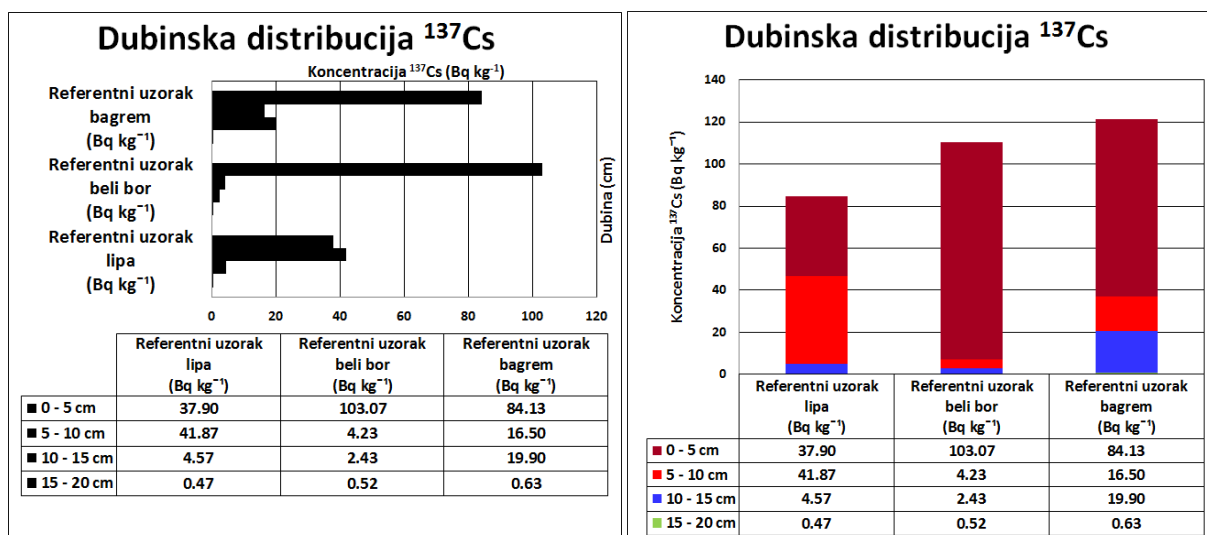
Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Šuma lipa 1	0 – 5	0,77	43,00	$\pm 1,80$	1.655,50	$\pm 69,30$
	5 – 10	0,83	78,00	$\pm 3,00$	3.237,00	$\pm 124,50$
	10 – 15	1,18	7,80	$\pm 0,60$	460,20	$\pm 35,40$
	15 – 20	1,19	0,00	$\pm 1,10$	0,00	$\pm 65,45$
	Σ			128,80		5.352,70
Šuma lipa 2	0 – 5	1,00	29,70	$\pm 1,30$	1.485,00	$\pm 65,00$
	5 – 10	0,95	33,40	$\pm 1,50$	1.586,50	$\pm 71,25$
	10 – 15	1,18	2,40	$\pm 0,40$	141,60	$\pm 23,60$
	15 – 20	1,12	0,90	$\pm 0,30$	50,40	$\pm 16,80$
	Σ			66,40		3.263,50
Šuma lipa 3	0 – 5	0,48	41,00	$\pm 1,30$	984,00	$\pm 31,20$
	5 – 10	1,18	14,20	$\pm 0,80$	837,80	$\pm 47,20$
	10 – 15	1,09	3,50	$\pm 0,40$	190,75	$\pm 21,80$
	15 – 20	1,38	0,51	$\pm 0,27$	35,19	$\pm 18,63$
	Σ			59,21		2.047,74

Slika 6.2/10. Dubinska distribucija ^{137}Cs u referentnim uzorcima u šumi lipa

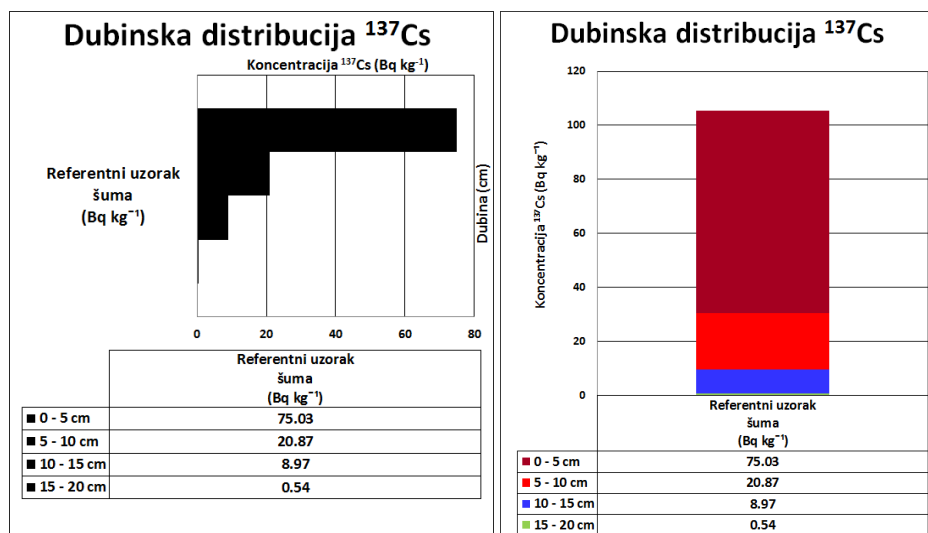
Kako je za pronađene šumske lokalitete utvrđeno da je usled delovanja erozionih procesa došlo do poremećaja površinskih slojeva zemljišta, izračunate su srednje vrednosti dubinske distribucije ^{137}Cs u referentnim uzorcima u šumama bagrema, belog bora i lipa, koje su se kretale od $84,80 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $3.785,14 \text{ Bq m}^{-2}$ za referentne uzorke u šumi lipa, preko $110,26 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $5.507,65 \text{ Bq m}^{-2}$ za referentne uzorke u šumi belog bora do $121,17 \text{ Bq kg}^{-1}$, odnosno $5.855,95 \text{ Bq m}^{-2}$ za referentne uzorke u šumi bagrema. Sve srednje vrednosti detektovanih koncentracija ^{137}Cs u referentnim uzorcima imaju dovoljno duboku vertikalnu distribuciju ^{137}Cs , ali jedino srednja vrednost koncentracije ^{137}Cs u šumi belog bora ima eksponencijalni oblik, dok su srednje vrednosti koncentracija ^{137}Cs u šumama bagrema i lipa sa ravnomernijom raspodelom ^{137}Cs . S tim u vezi, izračunate su referentna koncentracija i količina ^{137}Cs za šumu kao srednja vrednost svih srednjih vrednosti dubinske distribucije ^{137}Cs u referentnim uzorcima u šumama bagrema, belog bora i lipa od $105,41 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $5.012,71 \text{ Bq m}^{-2}$, koje odlikavaju realnu situaciju po pitanju sadržaja ^{137}Cs u šumskim ekosistemima Deliblatske peščare (tabela 6.2/11., slike 6.2/11. i 6.2/12.).

Tabela 6.2/11. Srednje vrednosti detektovanih koncentracija i količina ^{137}Cs sa greškama merenja u referentnim uzorcima

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Šuma bagrema	0 – 5	0,92	84,13	$\pm 3,17$	3.870,13	$\pm 145,67$
	5 – 10	1,10	16,50	$\pm 0,80$	907,50	$\pm 44,00$
	10 – 15	1,05	19,90	$\pm 1,00$	1.044,75	$\pm 52,50$
	15 – 20	1,06	0,63	$\pm 0,60$	33,57	$\pm 31,80$
	Σ			121,17		5.855,95
Šuma belog bora	0 – 5	0,98	103,07	$\pm 3,77$	5.050,27	$\pm 184,57$
	5 – 10	1,25	4,23	$\pm 0,43$	264,58	$\pm 27,08$
	10 – 15	1,29	2,43	$\pm 0,37$	156,95	$\pm 23,65$
	15 – 20	1,37	0,52	$\pm 0,51$	35,85	$\pm 34,94$
	Σ			110,26		5.507,65
Šuma lipe	0 – 5	0,75	37,90	$\pm 1,47$	1.421,25	$\pm 55,00$
	5 – 10	0,99	41,87	$\pm 1,77$	2.072,40	$\pm 87,45$
	10 – 15	1,15	4,57	$\pm 0,47$	262,58	$\pm 26,83$
	15 – 20	1,23	0,47	$\pm 0,56$	28,91	$\pm 34,24$
	Σ			84,80		3.785,14
Šuma	0 – 5	0,88	75,03	$\pm 2,80$	3.301,47	$\pm 123,20$
	5 – 10	1,11	20,87	$\pm 1,00$	1.158,10	$\pm 55,50$
	10 – 15	1,16	8,97	$\pm 0,61$	520,07	$\pm 35,44$
	15 – 20	1,22	0,54	$\pm 0,56$	33,08	$\pm 33,89$
	Σ			105,41		5.012,71

Slika 6.2/11. Srednje vrednosti dubinske distribucije ^{137}Cs u šumama bagrema, belog bora i lipe

Ovako definisana referentna vrednost količine ^{137}Cs za šumu – srednja vrednost svih srednjih vrednosti referentnih količina ^{137}Cs za osnovne tipove šume na Deliblatskoj peščari – bi mogla dati izvestan doprinos budućim istraživanjima produkcije eolskog nanosa i gubitaka zemljišta metodom praćenja količina ^{137}Cs na istim ili sličnim terenima širom regiona.

Slika 6.2/12. Srednja vrednost dubinske distribucije ¹³⁷Cs za šumu

6.2.4. Pretvaranje (konverzija) količina ¹³⁷Cs u količine izgubljenog zemljišta

Iz grupe teorijskih modela, za obrađena zemljišta je korišćen najjednostavniji proporcionalni model (PM), gde su gubici zemljišta direktno proporcionalni smanjenju količina ¹³⁷Cs u zemljišnom profilu, a za neobrađena zemljišta najprimenjeniji model profilne distribucije (PDM), koji se zasniva na eksponencijalnom padu rasprostiranja ¹³⁷Cs po dubini zemljišnog profila (Walling & He, 1999). Po ovim modelima, određene su koncentracije i količine ¹³⁷Cs u Bq kg⁻¹ i Bq m⁻² i gubici zemljišta u t ha⁻¹ god⁻¹ i cm prikazani u tabelama 6.2/12. i 6.2/13. Za pretvaranje izmerenih količina ¹³⁷Cs u intenzitete erozije korišćena je najnovija verzija PC-kompatibilnog softverskog paketa u Microsoft Excel Add-Ins varijanti (Walling et al., 2006).

Tabela 6.2/12. Koncentracije i količine ¹³⁷Cs u Bq kg⁻¹ i Bq m⁻² i gubici zemljišta u t ha⁻¹ god⁻¹ i cm po modelima Walling-a

R. br.	Uzorak	Zapr. masa (gcm ⁻³)	Koncentr. ¹³⁷ Cs (Bqkg ⁻¹)	σ_1 (Bqkg ⁻¹)	Model konverzije ¹³⁷ Cs	Količina ¹³⁷ Cs (Bqkm ⁻²)	σ_2 (Bqkm ⁻²)	Σ -gubitak zemljišta (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PM (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PDM (tha ⁻¹ god ⁻¹)	Σ -gubitak zemljišta h (cm)	PM h (cm)	PDM h (cm)	PDM _{ep} (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PDM _{ep} h (cm)
1	00	1,08	19,9	0,6	PM	4.288,26	129,29	2.138,14	2.138,14		19,84	19,84		243,10	2,26
2	N ₁₋₁	1,03	31,5	0,8	PM	6.484,18	164,68	1.332,52	1.332,52		12,95	12,95		158,57	1,54
3	N ₁₋₂	1,05	28,6	0,7	PM	5.996,89	146,78	1.517,67	1.517,67		14,48	14,48		177,32	1,69
4	N ₁₋₃	1,03	32,8	0,7	PM	6.737,16	143,78	1.248,26	1.248,26		12,15	12,15		148,83	1,45
5	N ₁₋₄	1,07	16,1	0,6	PM	3.444,99	128,38	2.407,89	2.407,89		22,51	22,51		275,56	2,58
6	N ₂₋₅	0,89	41,3	0,8	PDM	7.391,91	143,18	123,63		123,63	1,38		1,38	123,63	1,38
7	N ₂₋₆	0,91	24,0	0,7	PDM	4.382,68	127,83	239,46		239,46	2,62		2,62	239,46	2,62
8	N ₂₋₇	0,92	53,8	1,0	PDM	9.887,55	183,78	27,56		27,56	0,30		0,30	27,56	0,30
9	NE ₁₋₁	1,02	41,5	0,8	PM	8.499,31	163,84	677,37	677,37		6,61	6,61		81,00	0,79
10	NE ₁₋₂	1,02	32,3	0,7	PM	6.614,71	143,35	1.284,03	1.284,03		12,54	12,54		153,54	1,50
11	NE ₁₋₃	1,02	14,2	0,5	PM	2.896,08	101,97	2.471,38	2.471,38		24,24	24,24		296,68	2,91
12	NE ₁₋₄	1,05	19,7	0,6	PM	4.139,26	126,07	2.135,76	2.135,76		20,33	20,33		248,83	2,37
13	NE ₂₋₅	0,93	31,0	0,7	PDM	5.774,29	130,39	185,89		185,89	2,00		2,00	185,89	2,00
14	NE ₂₋₆	0,85	27,0	0,7	PDM	4.598,25	119,21	231,16		231,16	2,71		2,71	231,16	2,71
15	NE ₂₋₇	0,91	17,8	0,6	PDM	3.252,52	109,64	282,96		282,96	3,10		3,10	282,96	3,10
16	NE ₂₋₈	0,92	47,3	0,9	PDM	8.718,87	165,90	72,55		72,55	0,79		0,79	72,55	0,79
17	NE ₂₋₉	0,85	39,5	0,9	PDM	6.704,94	152,77	150,07		150,07	1,77		1,77	150,07	1,77
18	NE ₂₋₁₀	0,91	31,0	0,9	PDM	5.651,87	164,09	190,61		190,61	2,09		2,09	190,61	2,09
19	NE ₂₋₁₁	0,90	39,3	0,8	PDM	7.089,02	144,31	135,29		135,29	1,50		1,50	135,29	1,50
20	E ₁₋₁	1,08	28,0	0,7	PM	6.063,69	151,59	1.545,61	1.545,61		14,27	14,27		174,75	1,61
21	E ₁₋₂	1,03	42,1	0,8	PM	8.657,05	164,50	629,04	629,04		6,12	6,12		74,93	0,73
22	E ₁₋₃	1,11	3,8	0,4	PM	843,26	88,76	3.405,75	3.405,75		30,69	30,69		375,70	3,39
23	E ₁₋₄	1,09	26,0	0,6	PM	5.648,46	130,35	1.691,65	1.691,65		15,57	15,57		190,74	1,76

R. br.	Uzorak	Zapr. masa ^{137}Cs (gcm^{-3})	Koncentr. ^{137}Cs (Bqkg^{-1})	σ_1 (Bqkg^{-1})	Model konverzije ^{137}Cs	Količina ^{137}Cs (Bqm^{-2})	σ_2 (Bqm^{-2})	Σ -gubitak zemljišta ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PM ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	Σ -gubitak zemljišta h (cm)	PM h (cm)	PDM h (cm)	PDM_{ep} ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM_{ep} h (cm)
24	E ₂₋₅	0,89	30,9	0,7	PDM	5.488,78	124,34	196,88		196,88	2,22		2,22	196,88	2,22
25	E ₂₋₆	0,99	29,1	0,7	PDM	5.776,63	138,96	185,80		185,80	1,87		1,87	185,80	1,87
26	E ₂₋₇	0,95	28,1	0,7	PDM	5.317,52	132,46	203,48		203,48	2,15		2,15	203,48	2,15
27	SE ₁₋₁	1,07	8,7	0,6	PM	1.869,89	128,96	2.951,43	2.951,43		27,46	27,46		336,19	3,13
28	SE ₁₋₂	1,11	6,9	0,5	PM	1.537,95	111,45	3.174,75	3.174,75		28,49	28,49		348,96	3,13
29	SE ₁₋₃	1,13	10,0	0,6	PM	2.264,84	135,89	2.967,38	2.967,38		26,20	26,20		320,98	2,83
30	SE ₁₋₄	1,11	11,5	0,5	PM	2.550,80	110,90	2.807,39	2.807,39		25,31	25,31		309,98	2,80
31	SE ₂₋₅	1,00	35,1	0,8	PDM	7.036,10	160,37	137,32		137,32	1,37		1,37	137,32	1,37
32	SE ₂₋₆	1,00	25,1	0,7	PDM	5.012,97	139,80	215,20		215,20	2,16		2,16	215,20	2,16
33	SE ₂₋₇	1,08	14,2	0,6	PDM	3.059,96	129,29	290,38		290,38	2,70		2,70	290,38	2,70
34	SE ₂₋₈	1,06	19,5	0,6	PDM	4.137,73	127,31	248,89		248,89	2,35		2,35	248,89	2,35
35	S ₁₋₁	1,09	13,6	0,6	PM	2.977,10	131,34	2.625,21	2.625,21		23,98	23,98		293,57	2,68
36	S ₁₋₂	1,09	21,5	0,6	PM	4.705,35	131,31	2.028,45	2.028,45		18,54	18,54		227,04	2,07
37	S ₂₋₃	0,86	39,1	0,8	PDM	6.762,56	138,36	147,85		147,85	1,71		1,71	147,85	1,71
38	S ₂₋₄	0,88	21,1	0,7	PDM	3.717,90	123,34	265,05		265,05	3,01		3,01	265,05	3,01
39	S ₂₋₅	0,83	47,4	1,0	PDM	7.827,94	165,15	106,84		106,84	1,29		1,29	106,84	1,29
40	SW ₁₋₁	1,10	21,0	0,6	PM	4.613,58	131,82	2.067,55	2.067,55		18,82	18,82		230,57	2,10
41	SW ₁₋₂	1,05	23,9	0,6	PM	5.025,09	126,15	1.843,09	1.843,09		17,53	17,53		214,73	2,04
42	SW ₂₋₃	0,92	30,3	0,8	PDM	5.594,11	147,70	192,83		192,83	2,09		2,09	192,83	2,09
43	SW ₂₋₄	0,92	25,8	0,6	PDM	4.735,04	110,12	225,90		225,90	2,46		2,46	225,90	2,46
44	SW ₂₋₅	0,82	55,2	1,0	PDM	9.026,08	163,52	60,72		60,72	0,74		0,74	60,72	0,74
45	W ₁₋₁	1,09	3,7	0,4	PM	805,09	87,04	3.351,31	3.351,31		30,80	30,80		377,17	3,47
46	W ₁₋₂	1,06	34,7	0,8	PM	7.332,97	169,06	1.086,75	1.086,75		10,29	10,29		125,90	1,19
47	W ₁₋₃	1,07	19,5	0,6	PM	4.166,79	128,21	2.161,06	2.161,06		20,23	20,23		247,77	2,32
48	W ₂₋₄	0,88	36,5	0,8	PDM	6.456,55	141,51	159,63		159,63	1,80		1,80	159,63	1,80
49	W ₂₋₅	0,94	30,3	0,8	PDM	5.666,68	149,62	190,04		190,04	2,03		2,03	190,04	2,03
50	W ₂₋₆	0,78	39,8	0,8	PDM	6.198,66	124,60	169,56		169,56	2,18		2,18	169,56	2,18
51	NW ₁₋₁	1,08	22,6	0,7	PM	4.892,83	151,55	1.942,44	1.942,44		17,94	17,94		219,82	2,03
52	NW ₁₋₂	1,10	16,9	0,6	PM	3.709,60	131,70	2.379,57	2.379,57		21,68	21,68		265,37	2,42
53	NW ₁₋₃	0,66	0,7	0,3	PM	89,67	38,24	2.178,09	2.178,09		33,03	33,03		404,71	6,14
54	NW ₁₋₄	1,09	10,6	0,5	PM	2.304,18	108,69	2.835,97	2.835,97		26,09	26,09		319,47	2,94
55	NW ₁₋₅	1,06	33,1	0,8	PM	7.023,52	169,75	1.194,07	1.194,07		11,25	11,25		137,81	1,30
56	NW ₂₋₆	0,91	56,9	0,9	PDM	10.378,27	164,16	8,67		8,67	0,10		0,10	8,67	0,10
57	NW ₂₋₇	0,98	22,6	0,7	PDM	4.440,25	137,53	237,24		237,24	2,42		2,42	237,24	2,42
58	NW ₂₋₈	1,01	24,2	0,7	PDM	4.893,02	141,53	219,82		219,82	2,17		2,17	219,82	2,17
X _{Sr}		0,99	26,87	0,7		5.192,44	135,80	1.123,81	2.071,71	175,91	10,78	19,65	1,90	208,29	2,11

Tabela 6.2/13. Koncentracije i količine ^{137}Cs u Bq kg^{-1} i Bq m^{-2} i gubici zemljišta u $\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$ i cm po modelima Walling-a (nastavak)

R. br.	Uzorak	Zapr. masa ^{137}Cs (gcm^{-3})	Koncentr. ^{137}Cs (Bqkg^{-1})	σ_1 (Bqkg^{-1})	Model konverzije ^{137}Cs	Količina ^{137}Cs (Bqm^{-2})	σ_2 (Bqm^{-2})	Σ -gubitak zemljišta ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PM ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	Σ -gubitak zemljišta h (cm)	PM h (cm)	PDM h (cm)	PDM_{ep} ($\text{tha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM_{ep} h (cm)
1	00	1,08	19,9	0,6	PM	4.288,26	129,29	2.138,14	2.138,14		19,84	19,84		243,10	2,26
2	N ₁₋₁	1,03	31,5	0,8	PM	6.484,18	164,68								
3	N ₁₋₂	1,05	28,6	0,7	PM	5.996,89	146,78								
4	N ₁₋₃	1,03	32,8	0,7	PM	6.737,16	143,78								
5	N ₁₋₄	1,07	16,1	0,6	PM	3.444,99	128,38	985,28	1.626,59	130,22	9,48	15,52	1,43	164,42	1,65
6	N ₂₋₅	0,89	41,3	0,8	PDM	7.391,91	143,18								
7	N ₂₋₆	0,91	24,0	0,7	PDM	4.382,68	127,83								
8	N ₂₋₇	0,92	53,8	1,0	PDM	9.887,55	183,78								
9	NE ₁₋₁	1,02	41,5	0,8	PM	8.499,31	163,84								
10	NE ₁₋₂	1,02	32,3	0,7	PM	6.614,71	143,35								
11	NE ₁₋₃	1,02	14,2	0,5	PM	2.896,08	101,97								
12	NE ₁₋₄	1,05	19,7	0,6	PM	4.139,26	126,07								
13	NE ₂₋₅	0,93	31,0	0,7	PDM	5.774,29	130,39	710,64	1.642,14	178,36	7,06	15,93	1,99	184,42	1,96
14	NE ₂₋₆	0,85	27,0	0,7	PDM	4.598,25	119,21								
15	NE ₂₋₇	0,91	17,8	0,6	PDM	3.252,52	109,64								
16	NE ₂₋₈	0,92	47,3	0,9	PDM	8.718,87	165,90								
17	NE ₂₋₉	0,85	39,5	0,9	PDM	6.704,94	152,77								

R. br.	Uzorak	Zapr. masa (gcm ⁻³)	Koncentr. ¹³⁷ Cs (Bqkg ⁻¹)	σ_1 (Bqkg ⁻¹)	Model konverzije ¹³⁷ Cs	Količina ¹³⁷ Cs (Bqm ⁻²)	σ_2 (Bqm ⁻²)	Σ -gubitak zemljišta (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PM (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PDM (tha ⁻¹ god ⁻¹)	Σ -gubitak zemljišta h (cm)	PM h (cm)	PDM h (cm)	PDM _{ep} (tha ⁻¹ god ⁻¹)	PDM _{ep} h (cm)
18	NE ₂₋₁₀	0,91	31,0	0,9	PDM	5.651,87	164,09								
19	NE ₂₋₁₁	0,90	39,3	0,8	PDM	7.089,02	144,31								
20	E ₁₋₁	1,08	28,0	0,7	PM	6.063,69	151,59								
21	E ₁₋₂	1,03	42,1	0,8	PM	8.657,05	164,50								
22	E ₁₋₃	1,11	3,8	0,4	PM	843,26	88,76								
23	E ₁₋₄	1,09	26,0	0,6	PM	5.648,46	130,35	1.122,60	1.818,01	195,39	10,41	16,67	2,08	200,33	1,96
24	E ₂₋₅	0,89	30,9	0,7	PDM	5.488,78	124,34								
25	E ₂₋₆	0,99	29,1	0,7	PDM	5.776,63	138,96								
26	E ₂₋₇	0,95	28,1	0,7	PDM	5.317,52	132,46								
27	SE ₁₋₁	1,07	8,7	0,6	PM	1.869,89	128,96								
28	SE ₁₋₂	1,11	6,9	0,5	PM	1.537,95	111,45								
29	SE ₁₋₃	1,13	10,0	0,6	PM	2.264,84	135,89								
30	SE ₁₋₄	1,11	11,5	0,5	PM	2.550,80	110,90								
31	SE ₂₋₅	1,00	35,1	0,8	PDM	7.036,10	160,37	1.599,09	2.975,24	222,95	14,50	26,87	2,14	275,99	2,56
32	SE ₂₋₆	1,00	25,1	0,7	PDM	5.012,97	139,80								
33	SE ₂₋₇	1,08	14,2	0,6	PDM	3.059,96	129,29								
34	SE ₂₋₈	1,06	19,5	0,6	PDM	4.137,73	127,31								
35	S ₁₋₁	1,09	13,6	0,6	PM	2.977,10	131,34								
36	S ₁₋₂	1,09	21,5	0,6	PM	4.705,35	131,31								
37	S ₂₋₃	0,86	39,1	0,8	PDM	6.762,56	138,36	1.034,68	2.326,83	173,25	9,71	21,26	2,00	208,07	2,15
38	S ₂₋₄	0,88	21,1	0,7	PDM	3.717,90	123,34								
39	S ₂₋₅	0,83	47,4	1,0	PDM	7.827,94	165,15								
40	SW ₁₋₁	1,10	21,0	0,6	PM	4.613,58	131,82								
41	SW ₁₋₂	1,05	23,9	0,6	PM	5.025,09	126,15								
42	SW ₂₋₃	0,92	30,3	0,8	PDM	5.594,11	147,70	878,02	1.955,32	159,82	8,33	18,18	1,76	184,95	1,89
43	SW ₂₋₄	0,92	25,8	0,6	PDM	4.735,04	110,12								
44	SW ₂₋₅	0,82	55,2	1,0	PDM	9.026,08	163,52								
45	W ₁₋₁	1,09	3,7	0,4	PM	805,09	87,04								
46	W ₁₋₂	1,06	34,7	0,8	PM	7.332,97	169,06								
47	W ₁₋₃	1,07	19,5	0,6	PM	4.166,79	128,21								
48	W ₂₋₄	0,88	36,5	0,8	PDM	6.456,55	141,51	1.186,39	2.199,71	173,08	11,22	20,44	2,00	211,68	2,17
49	W ₂₋₅	0,94	30,3	0,8	PDM	5.666,68	149,62								
50	W ₂₋₆	0,78	39,8	0,8	PDM	6.198,66	124,60								
51	NW ₁₋₁	1,08	22,6	0,7	PM	4.892,83	151,55								
52	NW ₁₋₂	1,10	16,9	0,6	PM	3.709,60	131,70								
53	NW ₁₋₃	0,66	0,7	0,3	PM	89,67	38,24								
54	NW ₁₋₄	1,09	10,6	0,5	PM	2.304,18	108,69								
55	NW ₁₋₅	1,06	33,1	0,8	PM	7.023,52	169,75								
56	NW ₂₋₆	0,91	56,9	0,9	PDM	10.378,27	164,16	1.374,48	2.106,03	155,24	14,34	22,00	1,56	226,61	2,44
57	NW ₂₋₇	0,98	22,6	0,7	PDM	4.440,25	137,53								
58	NW ₂₋₈	1,01	24,2	0,7	PDM	4.893,02	141,53								
X _{sr}		0,99	26,87	0,7		5.192,44	135,80	1.111,40*	2.081,23	173,54	10,63	19,61	1,87	207,06	2,10

*Srednje vrednosti gubitaka zemljišta dobijene na osnovu srednjih vrednosti gubitaka zemljišta po određenim pravcima duvanja vetrova ne sadrže vrednosti centralnog uzorka na erozionom polju

Srednje vrednosti gubitaka zemljišta na obrađenom zemljištu iznose 2.081,23 t ha⁻¹ god⁻¹ i 19,61 cm, a na neobrađenom zemljištu 173,54 t ha⁻¹ god⁻¹ i 1,87 cm. Na celokupnom eksperimentalnom području, ponderisane srednje vrednosti gubitaka zemljišta (ukupne količine izgubljenog zemljišta dobijene PM i PDM modelima podeljene brojem uzoraka) iznose 1.111,40 t ha⁻¹ god⁻¹ i 10,63 cm. Najveći gubici su dobijeni za pravac dominantnog jugoistočnog vetra i na obrađenom zemljištu iznose 2.975,24 t ha⁻¹ god⁻¹ i 26,87 cm, a na neobrađenom zemljištu 222,95 t ha⁻¹ god⁻¹ i 2,14 cm. Najmanji gubici su dobijeni za pravac severnog vetra i na obrađenom zemljištu iznose 1.626,59 t ha⁻¹ god⁻¹ i 15,52 cm, a na neobrađenom zemljištu 130,22 t ha⁻¹ god⁻¹ i 1,43 cm. Na celokupnom eksperimentalnom

području najmanji gubici zemljišta od 710,64 t ha⁻¹ god⁻¹ i 7,06 cm su dobijeni za pravac severoistočnog vetra zbog velikog nagiba terena sa te strane i najvećeg broja uzetih uzoraka (11 uzoraka). Za centralni uzorak 00 koji se nalazi na sredini obrađenog dela erozionog polja dobijen je gubitak zemljišta od 2.138,14 t ha⁻¹ god⁻¹ i 19,84 cm.

Modelom profilne distribucije izračunati su i gubici zemljišta za sve uzorke uzete na eksperimentalnom području. Srednje vrednosti gubitaka zemljišta u ovom slučaju iznose 207,06 t ha⁻¹ god⁻¹ i 2,10 cm. Najveći gubici zemljišta su dobijeni za pravac dominantnog jugoistočnog vetra i iznose 275,99 t ha⁻¹ god⁻¹ i 2,56 cm, a najmanji za pravac severnog vetra i iznose 164,42 t ha⁻¹ god⁻¹ i 1,65 cm.

Model Basher & Webb je zasnovan na činjenici da je odnos između gubitaka ¹³⁷Cs u zemljištu i gubitaka zemljišta eksponencijalan, što pretpostavlja odnos između kumulativnog procenta ¹³⁷Cs i dubine zemljišta izražen sledećom eksponencijalnom jednačinom

$$Ah = A \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot h - \beta \cdot h^2})$$

gde je:

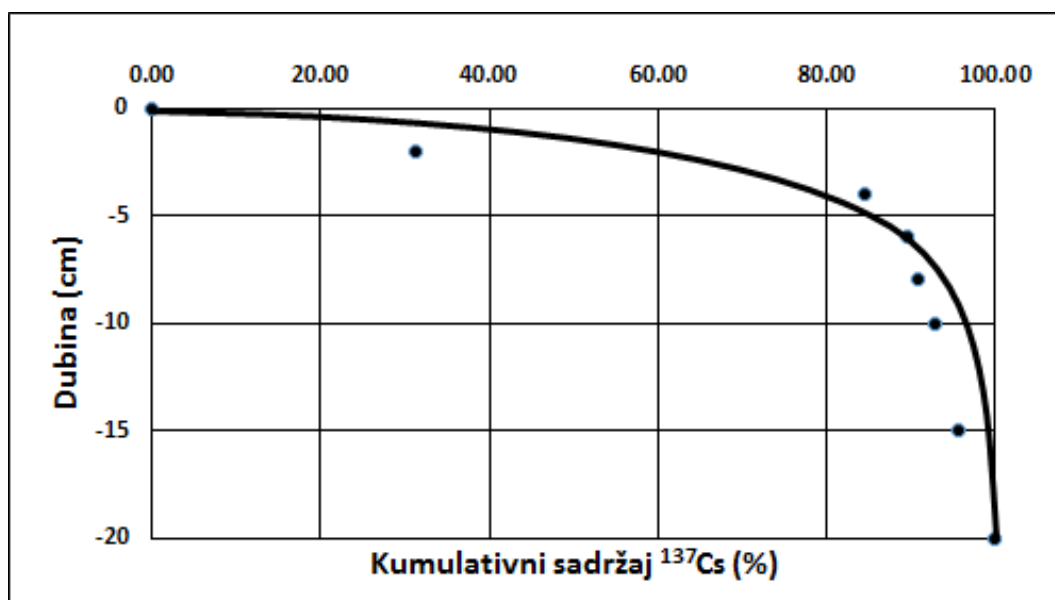
Ah - količina ¹³⁷Cs iznad dubine h u zemljištu (%)

A - ulazna vrednost ¹³⁷Cs (100%)

λ - prvi koeficijent koji opisuje oblik vertikalne distribucije ¹³⁷Cs u zemljištu

β - drugi koeficijent koji opisuje oblik vertikalne distribucije ¹³⁷Cs u zemljištu.

Dobijene vrednosti odnosa između kumulativnog procenta ¹³⁷Cs i dubine zemljišta za lokalni padavinski ulaz ¹³⁷Cs prikazane su na slici 6.2/13. i u tabeli 6.2/14.



Slika 6.2/13. Odnos između kumulativnog sadržaja ¹³⁷Cs (%) i dubine zemljišta (cm) u lokalnom padavinskom ulazu ¹³⁷Cs

Tabela 6.2/14. Odnos između kumulativnog sadržaja ^{137}Cs (%) i dubine zemljišta (cm) u lokalnom padavinskom ulazu ^{137}Cs

Dubina h (cm)	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	Količina ^{137}Cs kumulativno (Bq m^{-2})	Količina ^{137}Cs kumulativno (%)
0	0,00	0,00	0,00
-2	3.312,94	3.312,94	31,24
-4	5.662,00	8.974,94	84,64
-6	515,74	9.490,68	89,50
-8	144,10	9.634,77	90,86
-10	208,01	9.842,78	92,83
-15	307,04	10.149,82	95,72
-20	453,75	10.603,57	100,00

Razvijanjem ove jednačine dolazi se do sledećeg:

$$\frac{Ah}{A} - 1 = -e^{-\lambda \cdot h - \beta \cdot h^2}$$

$$1 - \frac{Ah}{A} = e^{-\lambda \cdot h - \beta \cdot h^2}$$

$$1 - \frac{Ah}{A} = \frac{1}{e^{\lambda \cdot h + \beta \cdot h^2}}$$

$$\frac{1}{A - Ah} = e^{\lambda \cdot h + \beta \cdot h^2}$$

$$\frac{1}{1 - \frac{Ah}{A}} = e^{\lambda \cdot h + \beta \cdot h^2}$$

Ako označimo

$$Z = \frac{1}{1 - \frac{Ah}{A}}$$

dobija se

$$Z = e^{\lambda \cdot h + \beta \cdot h^2},$$

a logaritmovanjem leve i desne strane

$$\ln Z = \lambda \cdot h + \beta \cdot h^2.$$

Koeficijenti λ i β se dobijaju primenom multiple regresione analize za parametre do dubine zemljišta od 15 cm uz obavezno obeležavanje opcije da je slobodni parametar 0, pri čemu se usvaja $X_1 = h$ i $X_2 = h^2$, što znači da je zavisna promenljiva $\ln Z$, a nezavisne promenljive X_1 i X_2 (Basher & Webb, 1997), tabela 6.2/15.

Tabela 6.2/15. Parametri za multiplu regresionu analizu

Dubina h (cm)	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	Količina ^{137}Cs kumulativno (Bq m^{-2})	Količina ^{137}Cs kumulativno (%)	Ah/A (Bq m^{-2})	Ah/A (%)	$Z = \frac{1}{1 - \frac{Ah}{A}}$	$\ln(Z)$	X_1	X_2
2	3.312,94	3.312,94	31,24	0,312	0,312	1,454	0,375	2	4
4	5.662,00	8.974,94	84,64	0,846	0,846	6,511	1,873	4	16
6	515,74	9.490,68	89,50	0,895	0,895	9,528	2,254	6	36
8	144,10	9.634,77	90,86	0,909	0,909	10,945	2,393	8	64
10	208,01	9.842,78	92,83	0,928	0,928	13,938	2,635	10	100
15	307,04	10.149,82	95,72	0,957	0,957	23,369	3,151	15	225
20	453,75	10.603,57	100,00	1,000	1,000	5.301.785,994	15,484	20	400

Rešenja za nezavisne promenjive određuju koeficijente $X_1 = \lambda = 0,4355$ i $X_2 = \beta = -0,0153$ sa vrlo visokim koeficijentom determinacije $R^2 = 0,9865$ i koeficijentom korelacije $R = 0,9932$.

Jednačina regresione krive (*fitting equation*) je izražena kao

$$Ah = A \cdot (1 - e^{-0,4355 \cdot h + 0,0153 \cdot h^2}),$$

a gubitak zemljišta

$$h_{lost} = \frac{-\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 4\beta \ln(1 - \frac{Z}{100})}}{2\beta},$$

odnosno za dobijene koeficijente $\lambda = 0,4355$ i $\beta = -0,0153$

$$h_{lost} = \frac{-0,4355 + \sqrt{0,1897 + 0,0612 \cdot \ln(1 - \frac{Z}{100})}}{-0,0306}.$$

Na osnovu ove jednačine, za 58 uzoraka zemljišta uzetih na tačkama raspoređenih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) i pravilnim međusobnim rastojanjima od 5 m (1 - n – obrađeno zemljište) i 10 m (2 - n – neobrađeno zemljište) u zavisnosti od konfiguracije terena, odnosno nagiba i stepena kupiranosti terena, određene su koncentracije i količine ^{137}Cs u Bq kg^{-1} i Bq m^{-2} i gubici zemljišta u cm i $\text{t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ prikazani u tabeli 6.2/16.

Tabela 6.2/16. Koncentracije i količine ^{137}Cs u Bq kg^{-1} i Bq m^{-2} i gubici zemljišta u cm i $\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$ po modelu Basher & Webb

Red. br.	Uzorak	Zapr. masa (g cm^{-3})	Koncentr. ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})	Z (%)	Gubitak zemljišta h (cm)	Gubitak zemljišta h ($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	Gubitak zemljišta h (cm)	Gubitak zemljišta h ($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)
1	00	1,08	19,9	0,6	4.288,26	129,29	59,56	2,26	243,09	2,26	59,56
2	N ₁₋₁	1,03	31,5	0,8	6.484,18	164,68	38,85	1,18	121,09	1,39	139,24
3	N ₁₋₂	1,05	28,6	0,7	5.996,89	146,78	43,44	1,37	144,00		
4	N ₁₋₃	1,03	32,8	0,7	6.737,16	143,78	36,46	1,08	111,02		
5	N ₁₋₄	1,07	16,1	0,6	3.444,99	128,38	67,51	2,87	306,98		
6	N ₂₋₅	0,89	41,3	0,8	7.391,91	143,18	30,29	0,85	76,29		
7	N ₂₋₆	0,91	24,0	0,7	4.382,68	127,83	58,67	2,20	200,58		
8	N ₂₋₇	0,92	53,8	1,0	9.887,55	183,78	6,75	0,16	14,70		
9	NE ₁₋₁	1,02	41,5	0,8	8.499,31	163,84	19,84	0,52	52,82	1,63	155,47
10	NE ₁₋₂	1,02	32,3	0,7	6.614,71	143,35	37,62	1,13	115,37		
11	NE ₁₋₃	1,02	14,2	0,5	2.896,08	101,97	72,69	3,38	344,67		
12	NE ₁₋₄	1,05	19,7	0,6	4.139,26	126,07	60,96	2,35	247,20		
13	NE ₂₋₅	0,93	31,0	0,7	5.774,29	130,39	45,54	1,47	136,91		
14	NE ₂₋₆	0,85	27,0	0,7	4.598,25	119,21	56,63	2,07	176,02		
15	NE ₂₋₇	0,91	17,8	0,6	3.252,52	109,64	69,33	3,04	277,37		
16	NE ₂₋₈	0,92	47,3	0,9	8.718,87	165,90	17,77	0,46	41,95		
17	NE ₂₋₉	0,85	39,5	0,9	6.704,94	152,77	36,77	1,09	92,76		
18	NE ₂₋₁₀	0,91	31,0	0,9	5.651,87	164,09	46,70	1,52	139,02		
19	NE ₂₋₁₁	0,90	39,3	0,8	7.089,02	144,31	33,14	0,96	86,14		
20	E ₁₋₁	1,08	28,0	0,7	6.063,69	151,59	42,81	1,35	145,68	2,32	244,33
21	E ₁₋₂	1,03	42,1	0,8	8.657,05	164,50	18,36	0,47	48,53		
22	E ₁₋₃	1,11	3,8	0,4	843,26	88,76	92,05	8,14	903,07		
23	E ₁₋₄	1,09	26,0	0,6	5.648,46	130,35	46,73	1,53	165,82		
24	E ₂₋₅	0,89	30,9	0,7	5.488,78	124,34	48,24	1,60	142,15		
25	E ₂₋₆	0,99	29,1	0,7	5.776,63	138,96	45,52	1,47	145,80		
26	E ₂₋₇	0,95	28,1	0,7	5.317,52	132,46	49,85	1,68	159,22		
27	SE ₁₋₁	1,07	8,7	0,6	1.869,89	128,96	82,37	4,79	514,63	3,32	361,44
28	SE ₁₋₂	1,11	6,9	0,5	1.537,95	111,45	85,50	5,49	611,98		
29	SE ₁₋₃	1,13	10,0	0,6	2.264,84	135,89	78,64	4,15	469,67		
30	SE ₁₋₄	1,11	11,5	0,5	2.550,80	110,90	75,94	3,77	418,03		
31	SE ₂₋₅	1,00	35,1	0,8	7.036,10	160,37	33,64	0,97	97,58		
32	SE ₂₋₆	1,00	25,1	0,7	5.012,97	139,80	52,72	1,84	183,48		
33	SE ₂₋₇	1,08	14,2	0,6	3.059,96	129,29	71,14	3,22	346,45		
34	SE ₂₋₈	1,06	19,5	0,6	4.137,73	127,31	60,98	2,35	249,75		
35	S ₁₋₁	1,09	13,6	0,6	2.977,10	131,34	71,92	3,30	360,88	1,95	193,11
36	S ₁₋₂	1,09	21,5	0,6	4.705,35	131,31	55,62	2,01	219,45		
37	S ₂₋₃	0,86	39,1	0,8	6.762,56	138,36	36,22	1,07	92,68		
38	S ₂₋₄	0,88	21,1	0,7	3.717,90	123,34	64,94	2,65	233,66		
39	S ₂₋₅	0,83	47,4	1,0	7.827,94	165,15	26,18	0,71	58,90		
40	SW ₁₋₁	1,10	21,0	0,6	4.613,58	131,82	56,49	2,06	226,09	1,56	154,96
41	SW ₁₋₂	1,05	23,9	0,6	5.025,09	126,15	52,61	1,83	192,49		
42	SW ₂₋₃	0,92	30,3	0,8	5.594,11	147,70	47,24	1,55	143,22		
43	SW ₂₋₄	0,92	25,8	0,6	4.735,04	110,12	55,34	1,99	182,49		
44	SW ₂₋₅	0,82	55,2	1,0	9.026,08	163,52	14,88	0,37	30,52		
45	W ₁₋₁	1,09	3,7	0,4	805,09	87,04	92,41	8,39	913,10	2,60	267,02
46	W ₁₋₂	1,06	34,7	0,8	7.332,97	169,06	30,84	0,87	92,15		
47	W ₁₋₃	1,07	19,5	0,6	4.166,79	128,21	60,70	2,33	249,45		
48	W ₂₋₄	0,88	36,5	0,8	6.456,55	141,51	39,11	1,19	105,00		
49	W ₂₋₅	0,94	30,3	0,8	5.666,68	149,62	46,56	1,52	141,97		
50	W ₂₋₆	0,78	39,8	0,8	6.198,66	124,60	41,54	1,29	100,43		

Red. br.	Uzorak	Zapr. masa (g cm ⁻³)	Koncentr. ¹³⁷ Cs (Bq kg ⁻¹)	σ_1 (Bq kg ⁻¹)	Količina ¹³⁷ Cs (Bq m ⁻²)	σ_2 (Bq m ⁻²)	Z (%)	Gubitak zemljišta h (cm)	Gubitak zemljišta h (t ha ⁻¹ god ⁻¹)	Gubitak zemljišta h (cm)	Gubitak zemljišta h (t ha ⁻¹ god ⁻¹)
51	NW ₁₋₁	1,08	22,6	0,7	4.892,83	151,55	53,86	1,90	205,83	1,96	181,88
52	NW ₁₋₂	1,10	16,9	0,6	3.709,60	131,70	65,02	2,66	291,77		
53	NW ₁₋₃	0,66	0,7	0,3	89,67	38,24	99,15	no	no		
54	NW ₁₋₄	1,09	10,6	0,5	2.304,18	108,69	78,27	4,09	444,73		
55	NW ₁₋₅	1,06	33,1	0,8	7.023,52	169,75	33,76	0,98	103,76		
56	NW ₂₋₆	0,91	56,9	0,9	10.378,27	164,16	2,12	0,05	4,37		
57	NW ₂₋₇	0,98	22,6	0,7	4.440,25	137,53	58,12	2,16	212,33		
58	NW ₂₋₈	1,01	24,2	0,7	4.893,02	141,53	53,85	1,90	192,22		
X_{sr}		0,99	26,87	0,7	5.192,44	135,80	51,03	2,10	216,27	2,09*	212,18

*Srednje vrednosti gubitaka zemljišta dobijene na osnovu srednjih vrednosti gubitaka zemljišta po određenim pravcima duvanja vetrova ne sadrže vrednosti centralnog uzorka na erozionom polju

Srednje vrednosti koncentracija i količina ¹³⁷Cs iznose $26,87 \pm 0,70$ Bq kg⁻¹ i $5.192,44 \pm 135,80$ Bq m⁻², a srednje vrednosti gubitaka zemljišta $2,09$ cm i $212,18$ t ha⁻¹ god⁻¹. Najveći gubici zemljišta dobijeni su za pravac dominantnog jugoistočnog vetra i iznose $3,32$ cm i $361,44$ t ha⁻¹ god⁻¹, a najmanji za pravac severnog vetra i iznose $1,39$ cm i $139,24$ t ha⁻¹ god⁻¹. Za centralni uzorak 00 koji se nalazi na sredini erozionog polja zabeležen je gubitak zemljišta od $2,26$ cm i $59,56$ t ha⁻¹ god⁻¹. Za uzorak NW₁₋₃ izmerena aktivnost ¹³⁷Cs od $0,7$ Bq kg⁻¹ i količina ¹³⁷Cs od $89,67$ Bq m⁻² je minimalna, tako da model nije mogao da izračuna količinu izgubljenog zemljišta.

Generalno, slični rezultati su dobijeni za model Basher & Webb $212,18$ t ha⁻¹ god⁻¹ i $2,09$ cm i modele profilne distribucije za neobrađeno zemljište $173,54$ t ha⁻¹ god⁻¹ i $1,87$ cm i celokupno eksperimentalno područje $207,06$ t ha⁻¹ god⁻¹ i $2,10$ cm. Nešto veći gubici zemljišta dobijeni modelom Basher & Webb i modelom profilne distribucije za celokupno eksperimentalno područje u odnosu na model profilne distribucije za neobrađeno zemljište su upravo zbog većih gubitaka zemljišta na erozionom polju nastalih kao posledica obrade zemljišta u nedavnoj prošlosti. Nije slučajno što se rezultati modela Basher & Webb i modela profilne distribucije za celokupno eksperimentalno područje gotovo poklapaju, jer se model Basher & Webb zasniva na eksponencijalnom odnosu između gubitaka ¹³⁷Cs i gubitaka zemljišta, što je i osnova modela profilne distribucije kod koga dubina rasprostiranja ¹³⁷Cs u neporemećenom stabilnom zemljištu ispoljava eksponencijalan pad sa dubinom (Walling & Quine, 1990). Srednje vrednosti gubitaka zemljišta dobijene proporcionalnim modelom na obrađenom zemljištu erozionog polja su svojim vrednostima $10 - 12$ puta veći nego gubici zemljišta dobijeni modelom profilne distribucije na neobrađenom zemljištu van erozionog polja, a $9 - 10$ puta veći nego gubici zemljišta dobijeni modelom Basher & Webb i modelom profilne distribucije na celokupnom eksperimentalnom području.

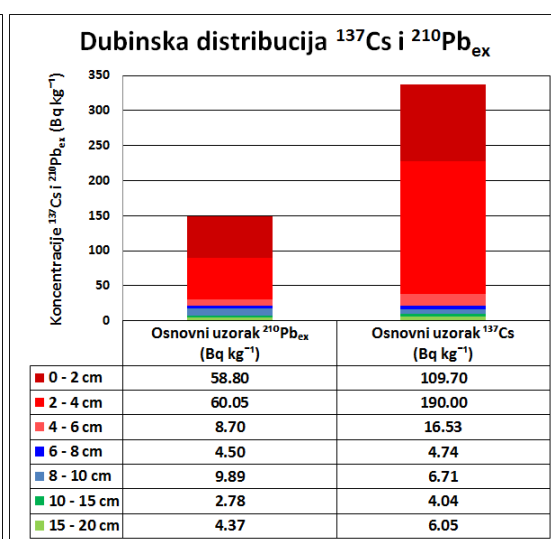
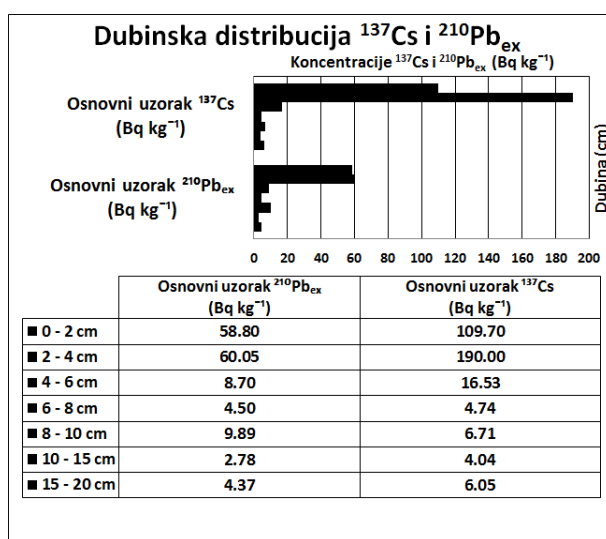
6.3. Redistribucija zemljišta na eksperimentalnom području

Da bi se dobila što relevantnija predstava o gubicima i redistribuciji zemljišta na eksperimentalnom području Cvijićev vis metodom praćenja količina radionuklida (^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), kreirani su 2D i 3D grafički prikazi terena.

Kako je već ranije utvrđeno, osnovni uzorak sa neobrađenog zemljišta predstavlja ulazni podatak, odnosno izabranu uporednu vrednosti (lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), samo što je za razliku od koncentracije i količine ^{137}Cs koje su kod ovog uzorka izrazito visoke i iznose $337,77 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $10.603,57 \text{ Bq m}^{-2}$, koncentracije i količine $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ nešto manje i iznose $149,09 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $4.819,35 \text{ Bq m}^{-2}$ (tabela 6.3/1., slike 6.3/1. i 6.3/2.).

Tabela 6.3/1. Detektovane vrednosti koncentracija i količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ sa greškama merenja u osnovnim uzorcima (lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)

Uzorak	Dubina (cm)	Zapreminska masa (g cm^{-3})	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg^{-1})	σ_1 (Bq kg^{-1})	Količina ^{137}Cs (Bq m^{-2})	σ_2 (Bq m^{-2})
Osnovni uzorak ^{137}Cs	0 – 2	1,51	109,70	$\pm 1,90$	3.312,94	$\pm 57,38$
	2 – 4	1,49	190,00	$\pm 3,00$	5.662,00	$\pm 89,40$
	4 – 6	1,56	16,53	$\pm 0,29$	515,74	$\pm 9,05$
	6 – 8	1,52	4,74	$\pm 0,23$	144,10	$\pm 6,99$
	8 – 10	1,55	6,71	$\pm 0,17$	208,01	$\pm 5,27$
	10 – 15	1,52	4,04	$\pm 0,20$	307,04	$\pm 15,20$
	15 – 20	1,50	6,05	$\pm 1,60$	453,75	$\pm 120,00$
	Σ			337,77		10.603,57
Osnovni uzorak $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	0 – 2	1,51	58,80	$\pm 4,01$	1.775,76	$\pm 121,10$
	2 – 4	1,49	60,05	$\pm 4,01$	1.789,49	$\pm 119,50$
	4 – 6	1,56	8,70	$\pm 1,91$	271,54	$\pm 59,56$
	6 – 8	1,52	4,50	$\pm 2,81$	136,80	$\pm 85,55$
	8 – 10	1,55	9,89	$\pm 0,26$	306,53	$\pm 7,95$
	10 – 15	1,52	2,78	$\pm 2,31$	211,58	$\pm 175,75$
	15 – 20	1,50	4,37	$\pm 1,71$	327,65	$\pm 128,13$
	Σ			149,09		4.819,35



Slika 6.3/1. Dubinska distribucija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u osnovnim uzorcima (lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)

Za 58 uzoraka zemljišta uzetih na tačkama raspoređenih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) i pravilnim međusobnim rastojanjima od 5 m (1 - n – obrađeno zemljište) i 10 m (2 - n – neobrađeno zemljište) u zavisnosti od konfiguracije terena, određene su koncentracije i količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u Bq kg^{-1} i Bq m^{-2} sa greškama merenja. Pored ovih veličina, u tabeli 6.3/2. su prikazane prostorne koordinate X i Y snimljene u *Gauss-Kruger*-ovom pravouglom koordinatnom sistemu zona 7 (MGI Balkans zone 7) i nadmorske visine uzetih uzoraka ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$.



Slika 6.3/2. Prostorni raspored uzoraka uzetih po pravcima N, NE, E, SE, S, SW, W, NW i osnovnih uzoraka - lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (satelitski snimak)

Tabela 6.3/2. Prostorne koordinate X i Y i nadmorske visine

Red. br.	Uzorak	X	Y	Nadmorska visina
1	00	4972755,05	7508178,25	156,47
2	N ₁₋₁	4972760,05	7508178,25	156,39
3	N ₁₋₂	4972765,05	7508178,25	156,31
4	N ₁₋₃	4972770,05	7508178,25	155,74
5	N ₁₋₄	4972775,05	7508178,25	155,17
6	N ₂₋₅	4972785,05	7508178,25	154,60
7	N ₂₋₆	4972795,05	7508178,25	153,40
8	N ₂₋₇	4972805,05	7508178,25	153,13
9	NE ₁₋₁	4972758,59	7508181,78	156,24
10	NE ₁₋₂	4972762,12	7508185,32	156,11
11	NE ₁₋₃	4972765,66	7508188,85	155,98
12	NE ₁₋₄	4972769,19	7508192,39	155,84
13	NE ₂₋₅	4972776,27	7508199,46	154,97
14	NE ₂₋₆	4972783,34	7508206,53	152,10
15	NE ₂₋₇	4972790,41	7508213,60	151,04
16	NE ₂₋₈	4972797,48	7508220,67	148,72
17	NE ₂₋₉	4972804,55	7508227,74	147,92
18	NE ₂₋₁₀	4972811,62	7508234,81	146,80
19	NE ₂₋₁₁	4972818,69	7508241,88	146,50

Red. br.	Uzorak	X	Y	Nadmorska visina
20	E ₁₋₁	4972755,05	7508183,25	156,18
21	E ₁₋₂	4972755,05	7508188,25	155,91
22	E ₁₋₃	4972755,05	7508193,25	155,76
23	E ₁₋₄	4972755,05	7508198,25	155,49
24	E ₂₋₅	4972755,05	7508208,25	155,21
25	E ₂₋₆	4972755,05	7508218,25	154,94
26	E ₂₋₇	4972755,05	7508228,25	154,18
27	SE ₁₋₁	4972751,52	7508181,78	156,34
28	SE ₁₋₂	4972747,98	7508185,32	156,30
29	SE ₁₋₃	4972744,45	7508188,85	156,25
30	SE ₁₋₄	4972740,91	7508192,39	156,09
31	SE ₂₋₅	4972733,84	7508199,46	156,00
32	SE ₂₋₆	4972726,77	7508206,53	155,91
33	SE ₂₋₇	4972719,70	7508213,60	155,82
34	SE ₂₋₈	4972712,63	7508220,67	155,56
35	S ₁₋₁	4972750,05	7508178,25	156,20
36	S ₁₋₂	4972745,05	7508178,25	155,64
37	S ₂₋₃	4972735,05	7508178,25	154,96
38	S ₂₋₄	4972725,05	7508178,25	156,85
39	S ₂₋₅	4972715,05	7508178,25	158,01
40	SW ₁₋₁	4972751,52	7508174,71	156,35
41	SW ₁₋₂	4972747,98	7508171,17	155,10
42	SW ₂₋₃	4972740,91	7508164,10	155,36
43	SW ₂₋₄	4972733,84	7508157,03	156,82
44	SW ₂₋₅	4972726,77	7508149,96	156,94
45	W ₁₋₁	4972755,05	7508173,25	156,33
46	W ₁₋₂	4972755,05	7508168,25	156,07
47	W ₁₋₃	4972755,05	7508163,25	155,29
48	W ₂₋₄	4972755,05	7508153,25	154,56
49	W ₂₋₅	4972755,05	7508143,25	156,68
50	W ₂₋₆	4972755,05	7508133,25	157,19
51	NW ₁₋₁	4972758,59	7508174,71	156,39
52	NW ₁₋₂	4972762,12	7508171,17	156,31
53	NW ₁₋₃	4972765,66	7508167,64	156,14
54	NW ₁₋₄	4972769,19	7508164,10	155,75
55	NW ₁₋₅	4972772,73	7508160,57	155,63
56	NW ₂₋₆	4972779,80	7508153,50	154,27
57	NW ₂₋₇	4972786,87	7508146,43	153,64
58	NW ₂₋₈	4972793,94	7508139,35	153,52

Za utvrđene količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, izračunati su procenti odstupanja od lokalnih padavinskih ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ prema sledećoj formuli

$$X = \left(\frac{A}{A'} \cdot 100 \right) - 100$$

gde su:

X - procentualno odstupanje količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u uzorku

A - izmerena količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u uzorku (Bq m^{-2})

A' - lokalni padavinski ulaz – referentna količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (Bq m^{-2}).

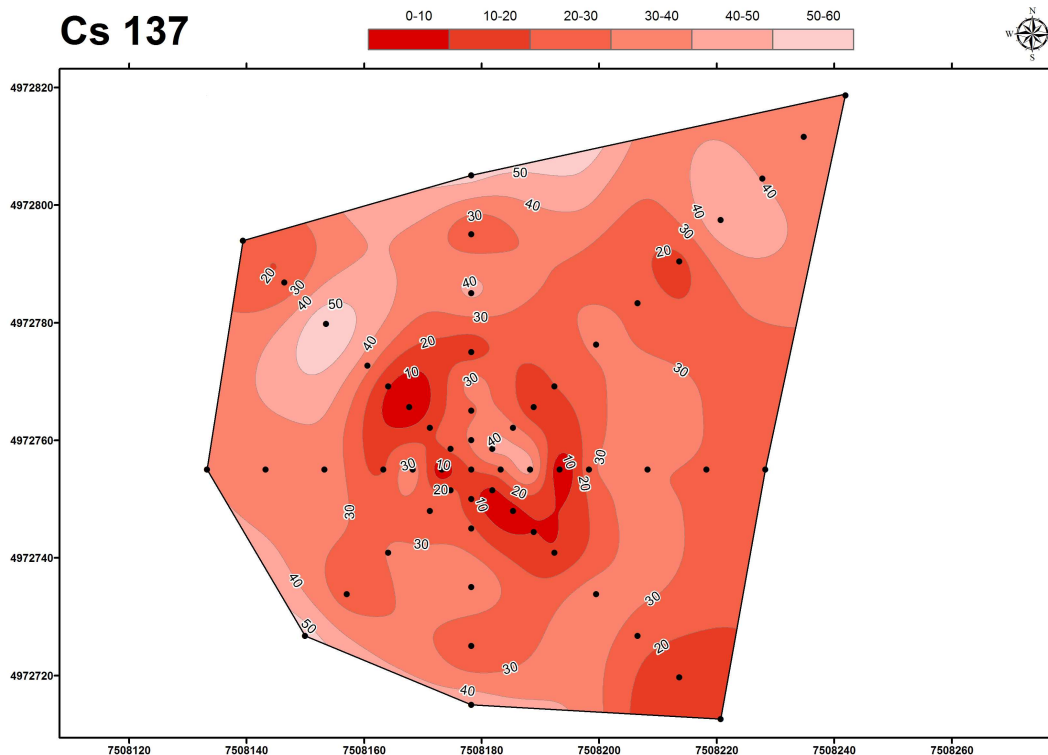
Procentualno smanjenje sadržaja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ definiše deflaciju koja je označena predznakom „-“, a procentualno povećanje sadržaja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u odnosu na lokalne padavinske ulaze ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ definiše depoziciju zemljišta koja je označena predznakom „+“ (tabela 6.3/3.).

Tabela 6.3/3. Koncentracije i količine ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ sa greškama merenja i procenti odstupanja od lokalnih padavinskih ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$

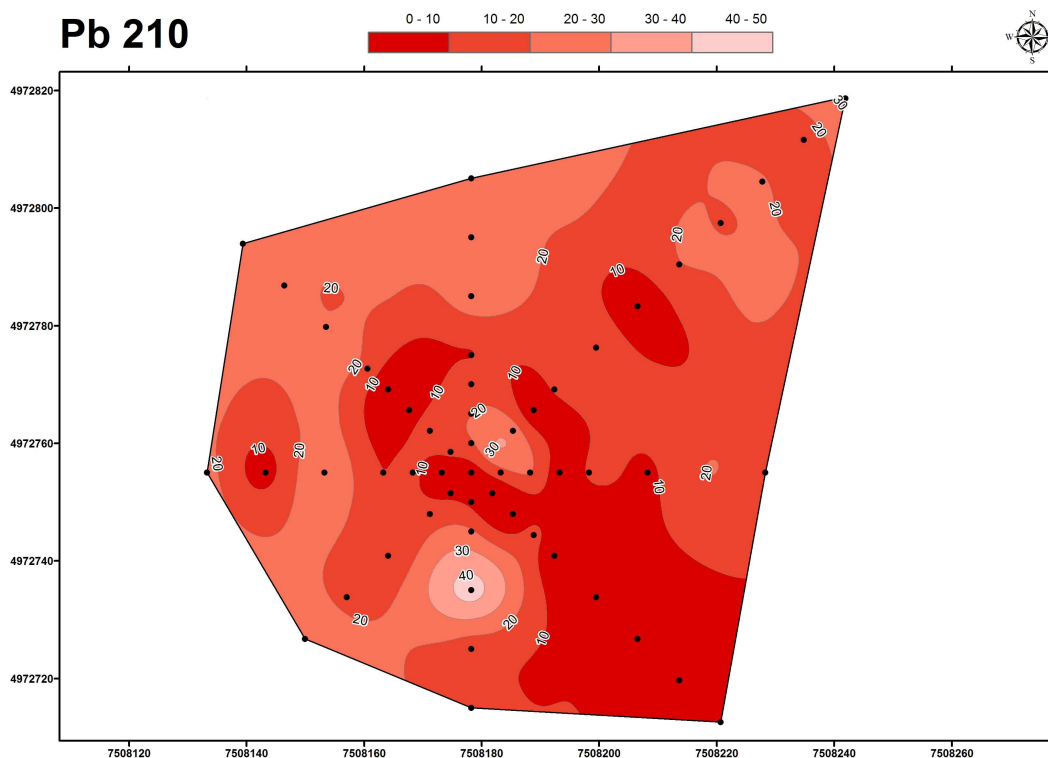
Red. br.	Uzorak	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg ⁻¹)	σ_1 (Bq kg ⁻¹)	Količina ^{137}Cs (Bq m ⁻²)	σ_2 (Bq m ⁻²)	Odstupanje ^{137}Cs (%)	Koncentracija $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (Bq kg ⁻¹)	σ_1 (Bq kg ⁻¹)	Količina $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (Bq m ⁻²)	σ_2 (Bq m ⁻²)	Odstupanje $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (%)
1	00	19,90	0,60	4.288,26	129,29	-59,56	3,75	5,96	808,09	1.283,93	-83,23
2	N ₁₋₁	31,50	0,80	6.484,18	164,68	-38,85	18,85	7,96	3.880,22	1.639,49	-19,48
3	N ₁₋₂	28,60	0,70	5.996,89	146,78	-43,44	19,80	5,94	4.151,69	1.245,36	-13,85
4	N ₁₋₃	32,80	0,70	6.737,16	143,78	-36,46	16,45	5,96	3.378,85	1.223,82	-29,88
5	N ₁₋₄	16,10	0,60	3.444,99	128,38	-67,51	9,75	7,96	2.086,25	1.704,22	-56,71
6	N ₂₋₅	41,30	0,80	7.391,91	143,18	-30,29	25,40	6,95	4.546,11	1.244,53	-5,66
7	N ₂₋₆	24,00	0,70	4.382,68	127,83	-58,67	21,70	6,95	3.962,67	1.269,77	-17,77
8	N ₂₋₇	53,80	1,00	9.887,55	183,78	-6,75	26,80	7,95	4.925,40	1.461,92	+2,21
9	NE ₁₋₁	41,50	0,80	8.499,31	163,84	-19,84	27,40	5,95	5.611,59	1.219,13	+16,45
10	NE ₁₋₂	32,30	0,70	6.614,71	143,35	-37,62	25,45	5,95	5.211,90	1.219,06	+8,15
11	NE ₁₋₃	14,20	0,50	2.896,08	101,97	-72,69	1,50	5,96	305,92	1.216,45	-93,65
12	NE ₁₋₄	19,70	0,60	4.139,26	126,07	-60,96	11,25	6,96	2.363,79	1.462,30	-50,95
13	NE ₂₋₅	31,00	0,70	5.774,29	130,39	-45,54	17,80	6,96	3.315,56	1.296,33	-31,20
14	NE ₂₋₆	27,00	0,70	4.598,25	119,21	-56,63	3,55	6,96	604,59	1.185,25	-87,45
15	NE ₂₋₇	17,80	0,60	3.252,52	109,64	-69,33	19,50	6,96	3.563,16	1.271,69	-26,06
16	NE ₂₋₈	47,30	0,90	8.718,87	165,90	-17,77	19,75	6,95	3.640,54	1.280,74	-24,45
17	NE ₂₋₉	39,50	0,90	6.704,94	152,77	-36,77	20,40	7,95	3.462,80	1.349,23	-28,14
18	NE ₂₋₁₀	31,00	0,90	5.651,87	164,09	-46,70	15,85	7,94	2.889,75	1.448,20	-40,03
19	NE ₂₋₁₁	39,30	0,80	7.089,02	144,31	-33,14	31,85	7,95	5.745,17	1.434,86	+19,22
20	E ₁₋₁	28,00	0,70	6.063,69	151,59	-42,81	16,05	5,95	3.475,80	1.289,13	-27,87
21	E ₁₋₂	42,10	0,80	8.657,05	164,50	-18,36	20,25	5,95	4.164,02	1.224,06	-13,59
22	E ₁₋₃	3,80	0,40	843,26	88,76	-92,05	4,80	5,96	1.065,17	1.323,58	-77,90
23	E ₁₋₄	26,00	0,60	5.648,46	130,35	-46,73	10,75	6,97	2.335,42	1.514,13	-51,54
24	E ₂₋₅	30,90	0,70	5.488,78	124,34	-48,24	8,50	6,95	1.509,86	1.235,14	-68,67
25	E ₂₋₆	29,10	0,70	5.776,63	138,96	-45,52	20,00	7,96	3.970,19	1.579,99	-17,61
26	E ₂₋₇	28,10	0,70	5.317,52	132,46	-49,85	14,05	7,95	2.658,76	1.505,29	-44,83
27	SE ₁₋₁	8,70	0,60	1.869,89	128,96	-82,37	0,10	5,95	21,49	1.279,42	-99,55
28	SE ₁₋₂	6,90	0,50	1.537,95	111,45	-85,50	0,10	5,95	22,29	1.326,81	-99,54
29	SE ₁₋₃	10,00	0,60	2.264,84	135,89	-78,64	12,55	5,95	2.842,38	1.348,20	-41,02
30	SE ₁₋₄	11,50	0,50	2.550,80	110,90	-75,94	0,10	6,96	22,18	1.543,68	-99,54
31	SE ₂₋₅	35,10	0,80	7.036,10	160,37	-33,64	2,75	5,95	551,26	1.193,28	-88,56
32	SE ₂₋₆	25,10	0,70	5.012,97	139,80	-52,72	1,95	2,90	389,45	580,05	-91,92
33	SE ₂₋₇	14,20	0,60	3.059,96	129,29	-71,14	3,25	5,95	700,34	1.282,76	-85,47
34	SE ₂₋₈	19,50	0,60	4.137,73	127,31	-60,98	5,60	5,95	1.188,27	1.263,12	-75,34
35	S ₁₋₁	13,60	0,60	2.977,10	131,34	-71,92	7,25	5,95	1.587,06	1.303,08	-67,07
36	S ₁₋₂	21,50	0,60	4.705,35	131,31	-55,62	21,05	6,96	4.606,87	1.523,12	-4,40
37	S ₂₋₃	39,10	0,80	6.762,56	138,36	-36,22	43,40	9,96	7.506,26	1.723,27	+55,76
38	S ₂₋₄	21,10	0,70	3.717,90	123,34	-64,94	13,95	7,95	2.458,04	1.400,57	-48,99
39	S ₂₋₅	47,40	1,00	7.827,94	165,15	-26,18	17,15	7,95	2.832,26	1.312,68	-41,23
40	SW ₁₋₁	21,00	0,60	4.613,58	131,82	-56,49	7,25	5,95	1.592,78	1.306,21	-66,95
41	SW ₁₋₂	23,90	0,60	5.025,09	126,15	-52,61	14,55	6,96	3.059,21	1.463,27	-36,52
42	SW ₂₋₃	30,30	0,80	5.594,11	147,70	-47,24	11,20	6,95	2.067,79	1.282,77	-57,09
43	SW ₂₋₄	25,80	0,60	4.735,04	110,12	-55,34	18,00	6,96	3.303,52	1.277,27	-31,45
44	SW ₂₋₅	55,20	1,00	9.026,08	163,52	-14,88	26,80	6,95	4.382,23	1.136,11	-9,06

Red. br.	Uzorak	Koncentracija ^{137}Cs (Bq kg $^{-1}$)	σ_1 (Bq kg $^{-1}$)	Količina ^{137}Cs (Bq m $^{-2}$)	σ_2 (Bq m $^{-2}$)	Odstupanje ^{137}Cs (%)	Koncentracija $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (Bq kg $^{-1}$)	σ_1 (Bq kg $^{-1}$)	Količina $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (Bq m $^{-2}$)	σ_2 (Bq m $^{-2}$)	Odstupanje $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (%)
45	W $_{1-1}$	3,70	0,40	805,09	87,04	-92,41	1,05	5,95	228,47	1.295,27	-95,26
46	W $_{1-2}$	34,70	0,80	7.332,97	169,06	-30,84	12,10	6,96	2.557,03	1.470,72	-46,94
47	W $_{1-3}$	19,50	0,60	4.166,79	128,21	-60,70	10,20	5,96	2.179,55	1.273,15	-54,77
48	W $_{2-4}$	36,50	0,80	6.456,55	141,51	-39,11	29,90	9,96	5.289,06	1.762,49	+9,75
49	W $_{2-5}$	30,30	0,80	5.666,68	149,62	-46,56	7,00	6,95	1.309,13	1.299,41	-72,83
50	W $_{2-6}$	39,80	0,80	6.198,66	124,60	-41,54	24,05	6,96	3.745,67	1.084,64	-22,27
51	NW $_{1-1}$	22,60	0,70	4.892,83	151,55	-53,86	12,85	6,96	2.781,98	1.506,72	-42,27
52	NW $_{1-2}$	16,90	0,60	3.709,60	131,70	-65,02	15,75	5,95	3.457,18	1.305,26	-28,26
53	NW $_{1-3}$	0,70	0,30	89,67	38,24	-99,15	3,50	4,95	461,55	652,74	-90,42
54	NW $_{1-4}$	10,60	0,50	2.304,18	108,69	-78,27	0,10	5,95	21,74	1.293,98	-99,55
55	NW $_{1-5}$	33,10	0,80	7.023,52	169,75	-33,76	16,90	7,96	3.586,03	1.690,02	-25,59
56	NW $_{2-6}$	56,90	0,90	10.378,27	164,16	-2,12	20,35	5,95	3.711,74	1.085,75	-22,98
57	NW $_{2-7}$	22,60	0,70	4.440,25	137,53	-58,12	21,15	6,95	4.155,37	1.365,09	-13,77
58	NW $_{2-8}$	24,20	0,70	4.893,02	141,53	-53,85	20,20	6,95	4.084,26	1.405,92	-15,25

U cilju lakšeg determinisanja procesa eolske erozije, prostorne distribucije koncentracija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ izražene su izolinijama čije se vrednosti kreću za ^{137}Cs u intervalu 0 - 60 Bq kg $^{-1}$, a za $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u intervalu 0 - 50 Bq kg $^{-1}$ (slike 6.3/3. i 6.3/4.), pošto se sadržaj ^{137}Cs kretao između 0,7 i 56,9 Bq kg $^{-1}$, u proseku 26,9 Bq kg $^{-1}$, a sadržaj $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ između 0,1 i 43,4 Bq kg $^{-1}$, u proseku 14,4 Bq kg $^{-1}$. U oba prikaza ortogonalne projekcije koncentracija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ predstavljenih izolinijama u državnom pravouglom koordinatnom sistemu *Gaus-Kruger*-ove projekcije (MGI Balkans zone 7) primetan je dominantan uticaj pravca jugoistok-severozapad (SE-NW), odnosno jugoistočnog vetra „Košava”. Na pomenutom pravcu, vrednosti izolinija koncentracija ^{137}Cs pokazuju veliku, a vrednosti izolinija koncentracija $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ nešto manju neujednačenost u zavisnosti od stepena kupiranosti terena.



Slika 6.3/3. Prostorna distribucija ^{137}Cs u Bq kg $^{-1}$ na eksperimentalnom području Cvijićev vis predstavljena izolinijama



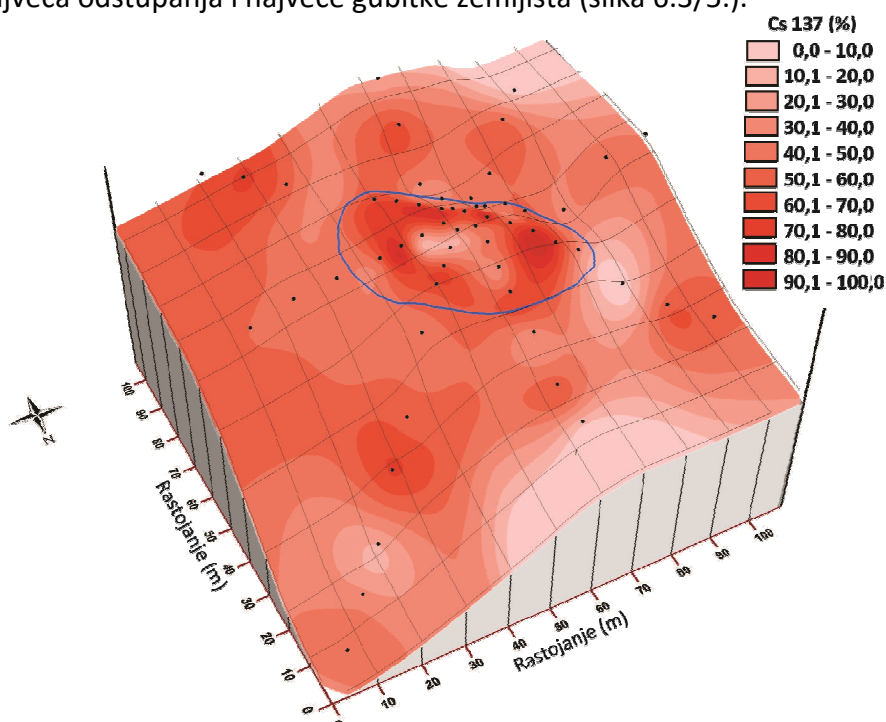
Slika 6.3/4. Prostorna distribucija $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u Bq kg^{-1} na eksperimentalnom području Cvijićev vis predstavljena izolinijama

Procenti odstupanja ^{137}Cs od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs se kreću od -2,12% za NW₂₋₆ uzorak ($10.378,27 \text{ Bq m}^{-2}$) na neobrađenom zemljištu koji karakteriše skoro nepromenjeno stanje zemljišta do -99,15% za NW₁₋₃ uzorak ($89,67 \text{ Bq m}^{-2}$) na obrađenom zemljištu koji karakteriše odnošenje zemljišta do dubine oranja, što je prisutna pojava na najvećem delu erozionog polja (u proseku -51,03% ili $5.411,00 \text{ Bq m}^{-2}$).

Procenti odstupanja $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ od lokalnog padavinskog ulaza $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ se kreću od +55,76% za S₂₋₃ uzorak ($7.506,26 \text{ Bq m}^{-2}$) na neobrađenom zemljištu koji karakteriše izrazitu depoziciju zemljišta do -99,55% za SE₁₋₁ i NW₁₋₄ uzorke ($21,49$ i $21,74 \text{ Bq m}^{-2}$) na obrađenom zemljištu koji karakterišu odnošenje gotovo celokupnog površinskog sloja zemljišta, što je samo mestimično prisutno na erozionom polju (u proseku -42,64% ili $2.054,97 \text{ Bq m}^{-2}$).

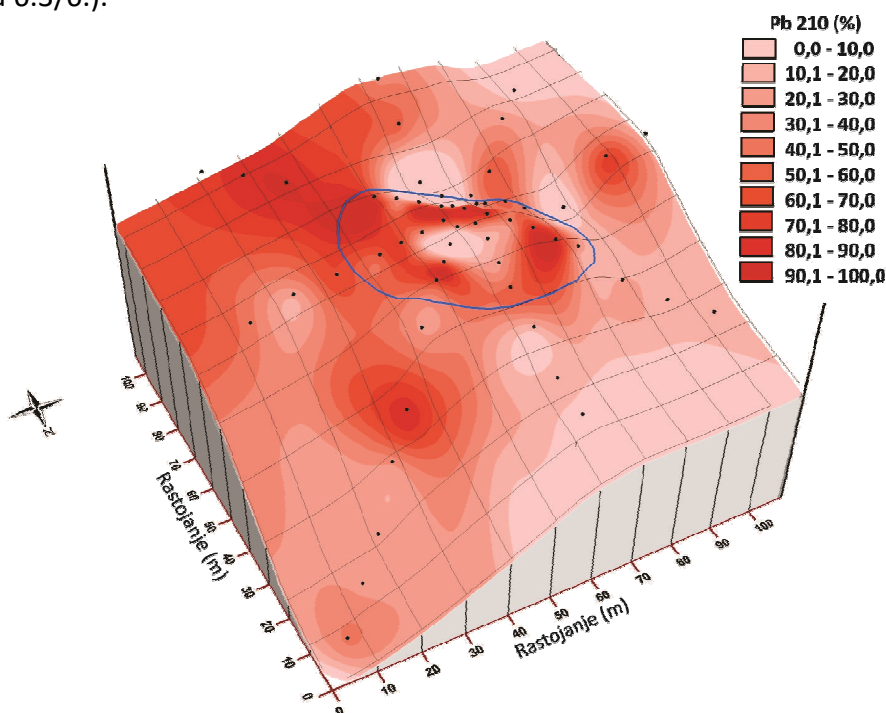
Kao rezultat obrade podataka, formirani su rasterski prikazi čije vrednosti piksela predstavljaju informacije o količinama ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, odnosno o prostornim distribucijama ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u procentima odstupanja od lokalnih padavinskih ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u državnom pravouglom koordinatnom sistemu *Gaus-Kruger*-ove projekcije (MGI Balkans zone 7). Nakon kreiranja potrebnih 2D rasterskih formata i njihovog kombinovanja sa nadmorskim visinama, podaci o sadržaju ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u zemljištu vizuelno su predstavljeni kao 3D prikazi. Kreirani 3D prikazi koji predstavljaju prostornu distribuciju ^{137}Cs u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs pokazuju procese deflacije zemljišta, dok kreirani 3D prikazi koji prikazuju prostornu distribuciju $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ pokazuju kombinaciju procesa deflacije i depozicije zemljišta u manjem obimu (Krmar et al., 2015). Proces deflacije zemljišta su na 3D prikazu prostorne distribucije ^{137}Cs predstavljeni nijansama crvene boje, počev od najsvetlije crvene koja

ilustruje najmanja odstupanja i najmanje gubitke zemljišta do najtamnije crvene koja identifikuje najveća odstupanja i najveće gubitke zemljišta (slika 6.3/5.).



Slika 6.3/5. Prostorna distribucija ^{137}Cs u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs na erozionom polju i eksperimentalnom području Cvijićev vis (3D prikaz)

Kod 3D prikaza prostorne distribucije $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, procesi deflacije i depozicije u manjem obimu su, takođe, predstavljeni nijansama crvene boje, samo što u ovom slučaju najsvetlija crvena definiše, pored najmanjih odstupanja i najmanjih gubitaka zemljišta i prisutne procese depozicije zemljišta, dok najtamnija crvena identifikuje najveća odstupanja i najveće gubitke zemljišta (slika 6.3/6.).



Slika 6.3/6. Prostorna distribucija $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ na erozionom polju i eksperimentalnom području Cvijićev vis (3D prikaz)

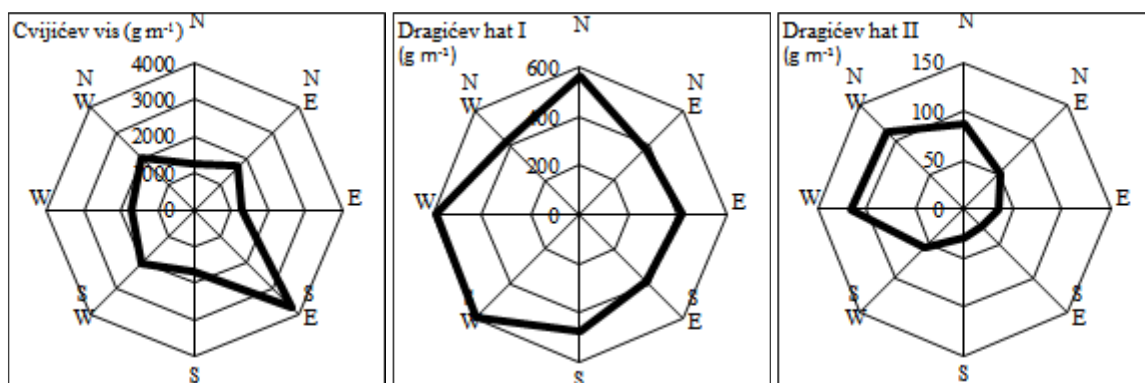
Kao i u slučaju ortogonalne projekcije koncentracija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ predstavljenih izolinijama i na 3D prikazima prostornih distribucija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ je primetan dominantan uticaj pravca jugoistok - severozapad (SE-NW), odnosno jugoistočnog vetra „Košava”. Na pomenutom pravcu, procenti odstupanja ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ od lokalnih padavinskih ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ imaju najveće vrednosti, koje označavaju najveće gubitke zemljišta prikazane najtamnijom nijansom crvene boje.

6.4. Uporedni prikaz zahvaćenog eolskog nanosa i intenziteta eolske erozije

Uporedno merenje pronosa nanosa identičnim hvatačima na dva lokaliteta (Cvijičev vis i Dragičev hat) i tri merna mesta u prvoj i drugoj godini merenja (maj 2006 – april 2007.), omogućilo je da se izvrši adekvatno poređenje zahvaćenih količina nanosa. Iako na oba lokaliteta zemljište čine sivo - žuti peskovi, osobnosti samih mernih mesta, u smislu izloženosti vetru i drugih mikroklimatskih karakteristika, okruženja, vegetacionog pokrivača, teksturne klase zemljišta i korišćenja zemljišta, uticale su na različitost dobijenih rezultata. Naime, kako je istaknuto u poglavlju 5.3., Cvijičev vis karakterišu neobraslost i otvorenost površine (stalno obrađen površinski sloj zemljišta), Dragičev hat – rasadnik I karakterišu neobraslost i zaštićenost površine (okruženo šumom i stalno obrađen površinski sloj zemljišta) i Dragičev hat – rasadnik II karakterišu obraslost i zaštićenost zemljišta (okruženo šumom i obraslo travnom vegetacijom). Vrednosti pronosa nanosa po određenim pravcima duvanja vetrova na sva tri merna mesta prikazane su u tabeli 6.4/1. i slici 6.4/1. Dok je na Cvijičevom visu izrazito dominantan jugoistočni pravac duvanja vetrova („Košava”), na Dragičevom hatu – rasadnik I dominantni su jugozapadni, zapadni i severni pravci, a na Dragičevom hatu – rasadnik II zapadni i severozapadni pravci. Pored navedenih osobnosti mernih mesta, konfiguracije terena, prirodnih i veštačkih prepreka koje modifikuju pravce duvanja vetrova, koincidencije sa drugim klimatsko - meteorološkim faktorima (temperature vazduha, padavine, vlažnost zemljišta), ovakvi rezultati se mogu opravdati i kratkim vremenskim periodom merenja.

Tabela 6.4/1. Uporedni prikaz pronosa nanosa po određenim pravcima na lokalitetima Cvijičev vis i Dragičev hat za period maj 2006 – april 2007.

Mesec	Pronos nanosa (g m^{-1})		
	Cvijičev vis	Dragičev hat – rasadnik I	Dragičev hat – rasadnik II
N	1.251,0	568,0	87,0
NE	1.678,0	379,0	52,0
E	1.300,0	417,0	35,0
SE	3.752,0	386,0	25,0
S	1.694,0	478,0	29,0
SW	2.066,0	595,0	56,0
W	1.725,0	588,0	116,0
NW	2.012,0	424,0	112,0
Σ	15.478,0	3.835,0	512,0

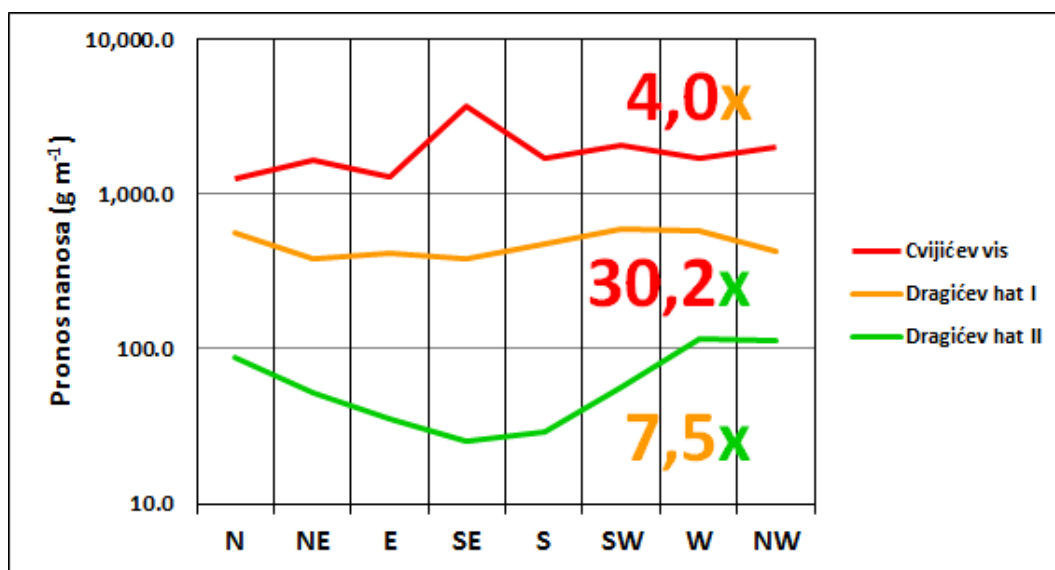


Slika 6.4/1. Uporedni prikaz pronosa nanosa po određenim pravcima na lokalitetima Cvijičev vis i Dragičev hat za period maj 2006 – april 2007. (radijalni dijagram)

Količine izmerenog eolskog nanosa pokazuju da je na lokalitetu Cvijićev vis zabeležen intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou 4 puta veći u odnosu na intenzitet eolske erozije na lokalitetu Dragićevo hat – rasadnik I i 30,2 puta veći u odnosu na intenzitet eolske erozije na lokalitetu Dragićevo hat – rasadnik II. Na lokalitetu Dragićevo hat – rasadnik I zabeleženi intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou je 7,5 puta veći od onog zabeleženog na lokalitetu Dragićevo hat – rasadnik II (tabela 6.4/2. i slika 6.4/2.).

Tabela 6.4/2. Odnosi pronosa nanosa po određenim pravcima na lokalitetima Cvijićevo vis (CV) i Dragićevo hat (DH-I i DH-2) za period maj 2006 – april 2007.

Mesec	Odnos pronosa nanosa		
	CV/DH-I	CV/DH-II	DH-I/DH-II
N	2,2	14,4	6,5
NE	4,4	32,3	7,3
E	3,1	37,1	11,9
SE	9,7	150,1	15,4
S	3,5	58,4	16,5
SW	3,5	36,9	10,6
W	2,9	14,9	5,1
NW	4,7	18,0	3,8
Ukupno	4,0	30,2	7,5



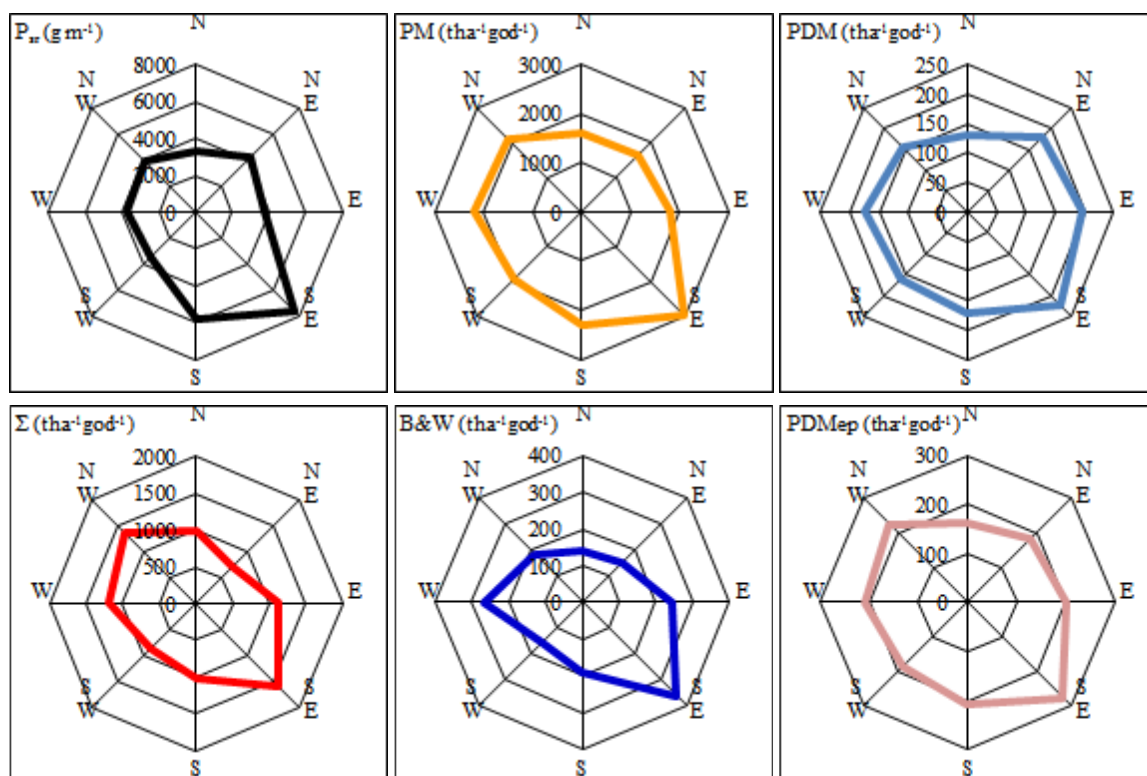
Slika 6.4/2. Uporedni prikaz pronosa nanosa po određenim pravcima na lokalitetima Cvijićevo vis i Dragićevo hat za period maj 2006 – april 2007.

Vetar je sigurno najznačajniji klimatski faktor eolske erozije. Predstavlja agresivni agens koji uzrokuje kretanje čestica zemljišta. Kao vektorska veličina vetar je potpuno određen pravcem iz koga duva i jačinom, odnosno brzinom (brzina vetra je put vazdušne mase u jedinici vremena, a jačina je sila kojom vetar deluje na predmete na zemlji). Za brzinu vetra se uzimaju najčešće srednje i maksimalne brzine u posmatranom vremenskom intervalu. Registrovanje brzine vetra vrši se uglavnom na 10 m iznad tla, dok su za eolsku eroziju od većeg značaja brzine u prizemnim slojevima. Brzina vetra u nivou tla, zbog izraženih sila trenja između podloge i vazdušnih masa, relativno je mala, a strujanje hipotetički ima laminaran režim. Sa porastom visine od tla, brzine strujanja se naglo povećavaju do nekih prosečnih vrednosti. Ovakav raspored brzina po visini naziva se „profil vetra” i predstavlja posebnu karakteristiku svakog lokaliteta (Savić, 1999).

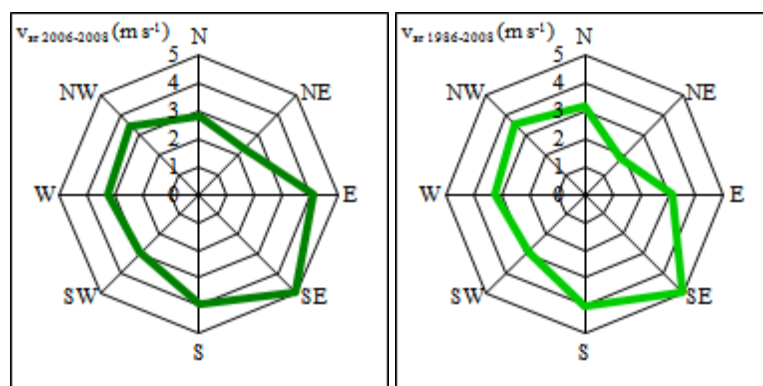
Tabela 6.4/3. Uporedni prikaz pronosa nanosa, koncentracija i količina ^{137}Cs i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac ($\varphi = 45^\circ 03'$, $\lambda = 21^\circ 02'$, $h = 100,0$ m.n.m.)

Pronos nanosa		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	X_{sr}
P_{sr}	(g m^{-1})	3.322,4	4.223,9	3.775,4	7.601,3	5.783,0	3.525,2	3.716,1	3.880,2	4.478,5
P_{sr}	(kg m^{-1})	3,3	4,2	3,8	7,6	5,8	3,5	3,7	3,9	4,5
Koncentracije i količine ^{137}Cs		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	X_{sr}
A_{sr}	(Bq kg^{-1})	32,6	31,0	26,9	16,4	28,5	31,2	27,4	23,4	27,2
A_{sr}	(Bq m^{-2})	6.332,19	5.812,65	5.399,34	3.433,78	5.198,17	5.798,78	5.104,46	4.716,42	5.224,5
Gubitak zemljišta		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	X_{sr}
B&W	($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	139,24	155,47	244,33	361,44	193,11	154,96	267,02	181,88	212,18
Σ (PM&PDM)	($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	985,28	710,64	1.122,60	1.599,09	1.034,68	878,02	1.186,39	1.374,48	1.111,40
PM	($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	1.626,59	1.642,14	1.818,01	2.975,24	2.326,83	1.955,32	2.199,71	2.106,03	2.081,23
PDM	($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	130,22	178,36	195,39	222,95	173,25	159,82	173,08	155,24	173,54
PDM _{ep}	($\text{t ha}^{-1} \text{god}^{-1}$)	164,42	184,42	200,33	275,99	208,07	184,95	211,68	226,61	207,06
Srednja brzina vetra		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	X_{sr}
V_{sr} 2006-2008	(m s^{-1})	2,8	2,3	4,1	4,9	3,9	3,0	3,3	3,5	3,5
V_{sr} 1986-2008	(m s^{-1})	3,2	1,8	3,1	4,9	4,0	2,9	3,2	3,6	3,4

Brzine vetrova i obrada zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis, imali su za posledicu razvijanje erozionih procesa različitih intenziteta. Vrednosti izmerenih pronosa nanosa i gubitaka zemljišta dobijene različitim modelima konverzije količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta u potpunosti su korespondentne sa srednjim vrednostima brzina vetrova izmerenih na MS Banatski Karlovac ($\varphi = 45^\circ 03'$, $\lambda = 21^\circ 02'$, $h = 100,0$ m.n.m.), kako za period uzorkovanja 2006-2008., tako i za statistički značajan period 1986-2008. godine (tabela 6.4/3. i slika 6.4/3.).

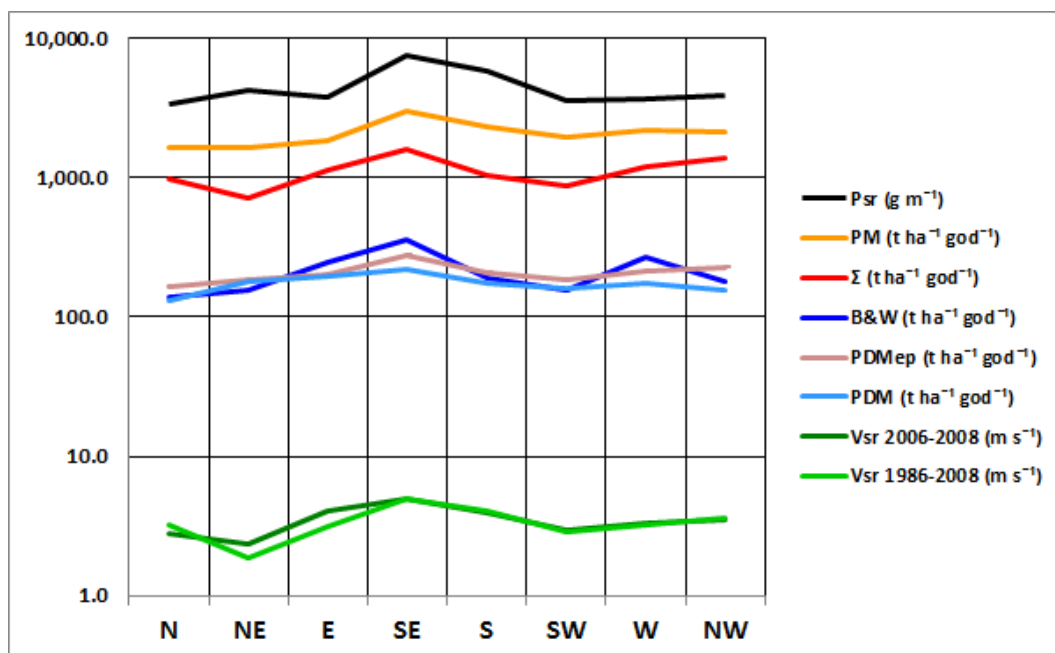


Slika 6.4/3. Uporedni prikaz pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac (radijalni dijagram)



Slika 6.4/3. Uporedni prikaz pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetra na MS Banatski Karlovac (nastavak)

Linijski dijagram sa apscisom na kojoj su predstavljeni određeni pravci duvanja vetra i ordinatom sa logaritamskom skalom na kojoj su predstavljeni pronos nanosa (g m^{-1}), gubici zemljišta ($\text{t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$) i srednje brzine vetra (m s^{-1}) je iskorišćen da bi se prikazala sličnost i konzistentnost dobijenih podataka (slika 6.4/4.).



Slika 6.4/4. Uporedni prikaz pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetra na MS Banatski Karlovac

Komparacija rezultata pronosa nanosa, gubitaka zemljišta i srednjih brzina vetra pokazuje analogiju dobijenih vrednosti, jer sve vrednosti, bez obzira na jedinicu mere, ističu dominaciju jugoistočnog pravca. Prosečni gubici zemljišta dobijeni na obrađenom zemljištu su oko 10 puta veći nego gubici zemljišta dobijeni na neobrađenom zemljištu.

Da bi se saglasnost dobijenih rezultata još više istakla, kombinacija zahvaćenog eolskog nanosa i intenziteta eolske erozije je prikazana linijskim dijagramima sa apscisom na kojoj su predstavljeni određeni pravci duvanja vetra i ordinatama sa različitim razmerama na kojoj su predstavljene srednje vrednosti pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednje brzine vetra na MS Banatski Karlovac (slike 6.4/5, 6.4/6, 6.4/7, 6.4/8 i 6.4/9.).

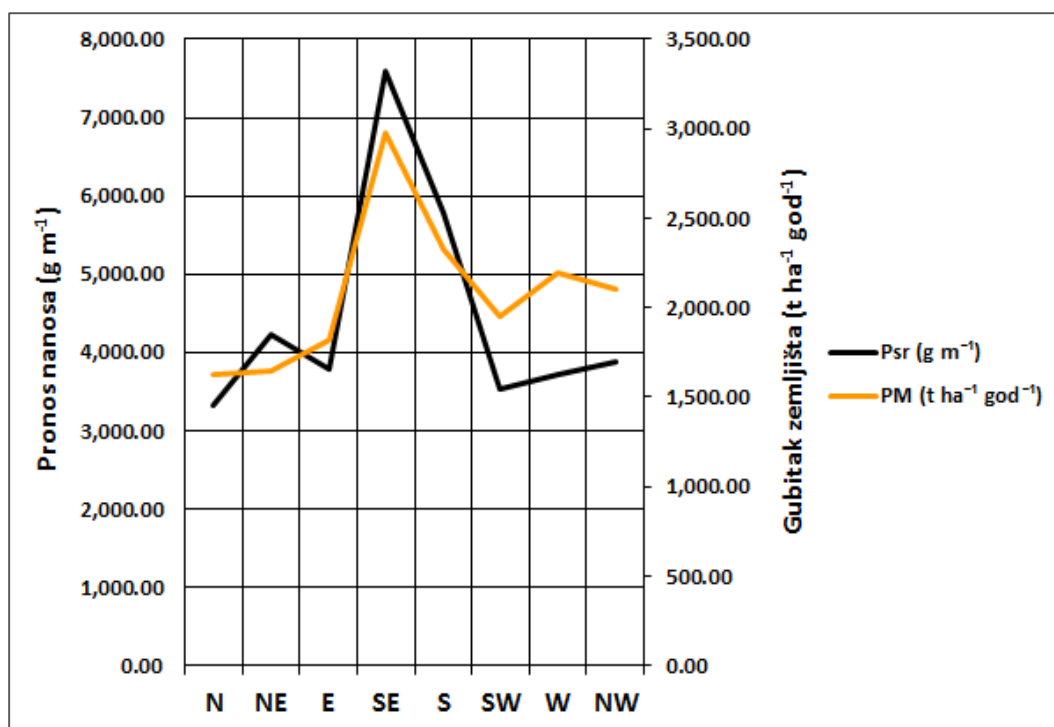
Izvršena korelaciona analiza je pokazala da postoji veoma jaka veza između izmerenih vrednosti, tj. između srednjih vrednosti pronosa nanosa i koncentracija i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac, jer se dobijeni koeficijenti korelacije kreću od $\pm 0,75$ do $0,98$ (tabela 6.4/4.). Isto tako, za odnos gubitaka zemljišta dobijenih modelima pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac koeficijenti korelacije se kreću od $0,63$ do $0,93$ (tabela 6.4/5.).

Tabela 6.4/4. Koeficijenti korelacije između pronosa nanosa i koncentracija i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac

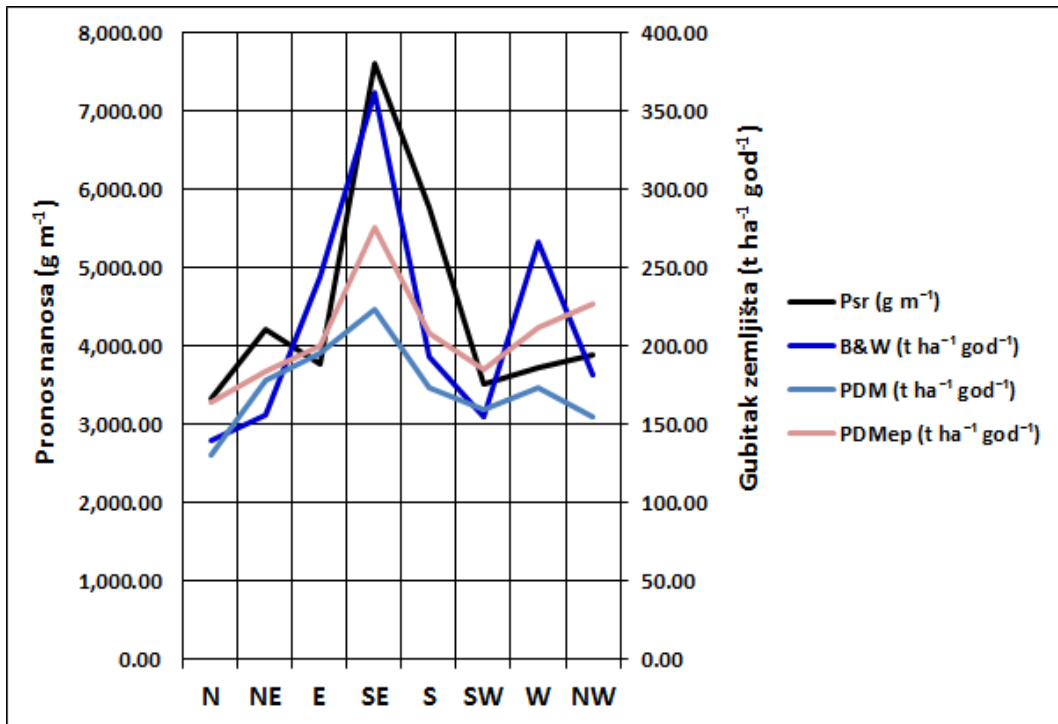
Izmerene vrednosti	P_{sr} (g m^{-1})	A_{sr} (Bq kg^{-1})	A_{sr} (Bq m^{-2})	$V_{sr 2006-2008}$ (m s^{-1})
P_{sr} (g m^{-1})	1	-0,75	-0,81	0,75
A_{sr} (Bq kg^{-1})	-0,75	1	0,98	-0,84
A_{sr} (Bq m^{-2})	-0,81	0,98	1	-0,83
$V_{sr 2006-2008}$ (m s^{-1})	0,75	-0,84	-0,83	1

Tabela 6.4/5. Koeficijenti korelacije između gubitaka zemljišta dobijenih modelima konverzije količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac

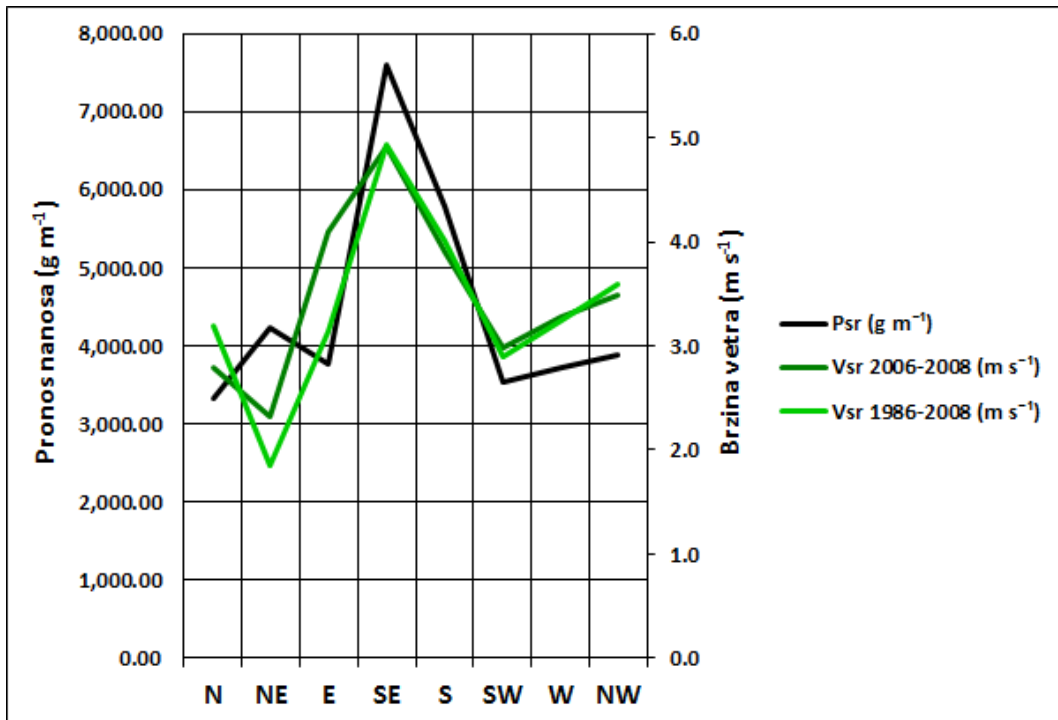
Modeli	B&W ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PM ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	PDM_{ep} ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	$V_{sr 2006-2008}$ (m s^{-1})
Vetar					
B&W ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	1	0,83	0,85	0,86	0,84
PM ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	0,83	1	0,67	0,93	0,82
PDM ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	0,85	0,67	1	0,75	0,73
PDM_{ep} ($\text{t ha}^{-1}\text{god}^{-1}$)	0,86	0,93	0,75	1	0,83
$V_{sr 2006-2008}$ (m s^{-1})	0,84	0,82	0,73	0,83	1



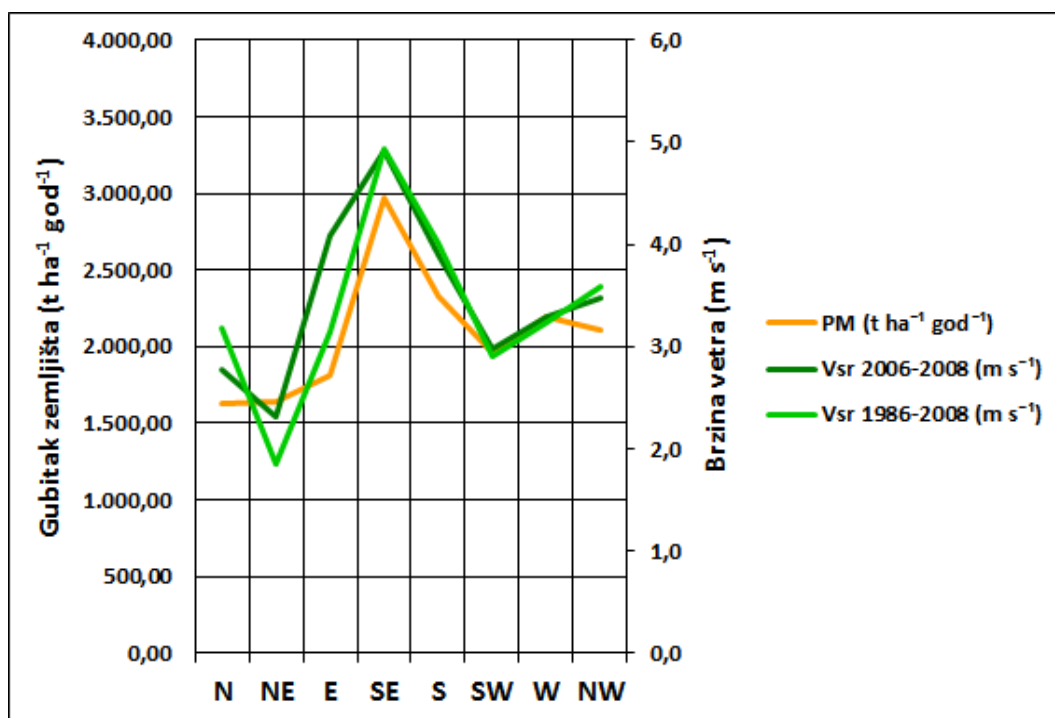
Slika 6.4/5. Uporedni prikaz pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis



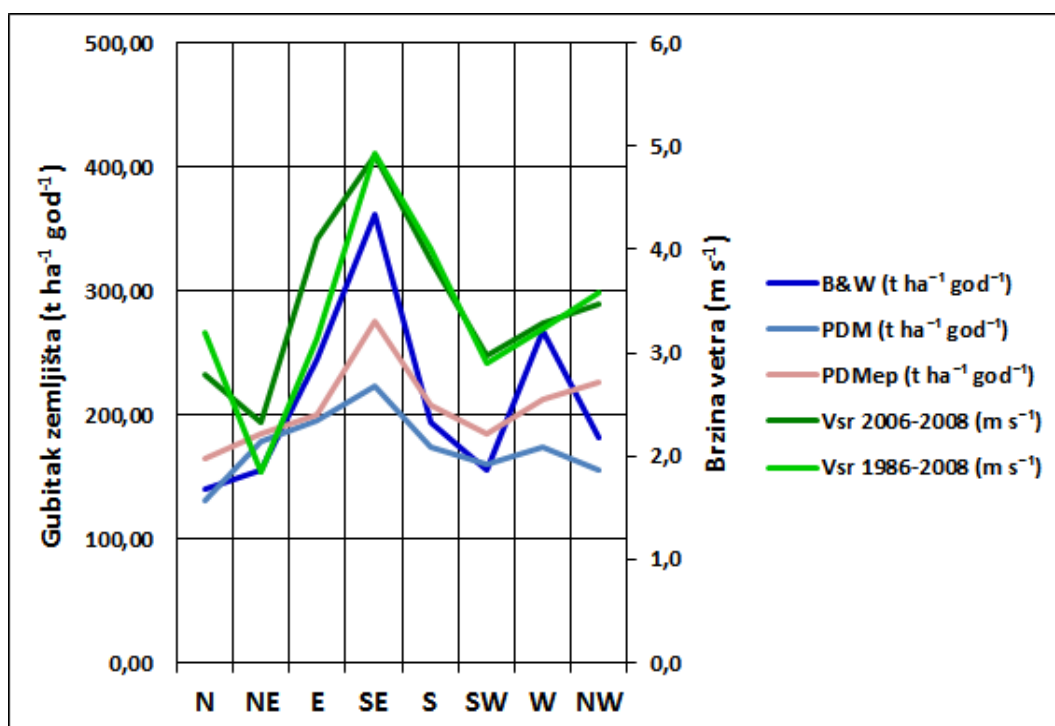
Slika 6.4/6. Uporedni prikaz pronosa nanosa i gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićevo vis (nastavak)



Slika 6.4/7. Uporedni prikaz pronosa nanosa na lokalitetu Cvijićevo vis i srednjih brzina vetra na MS Banatski Karlovac



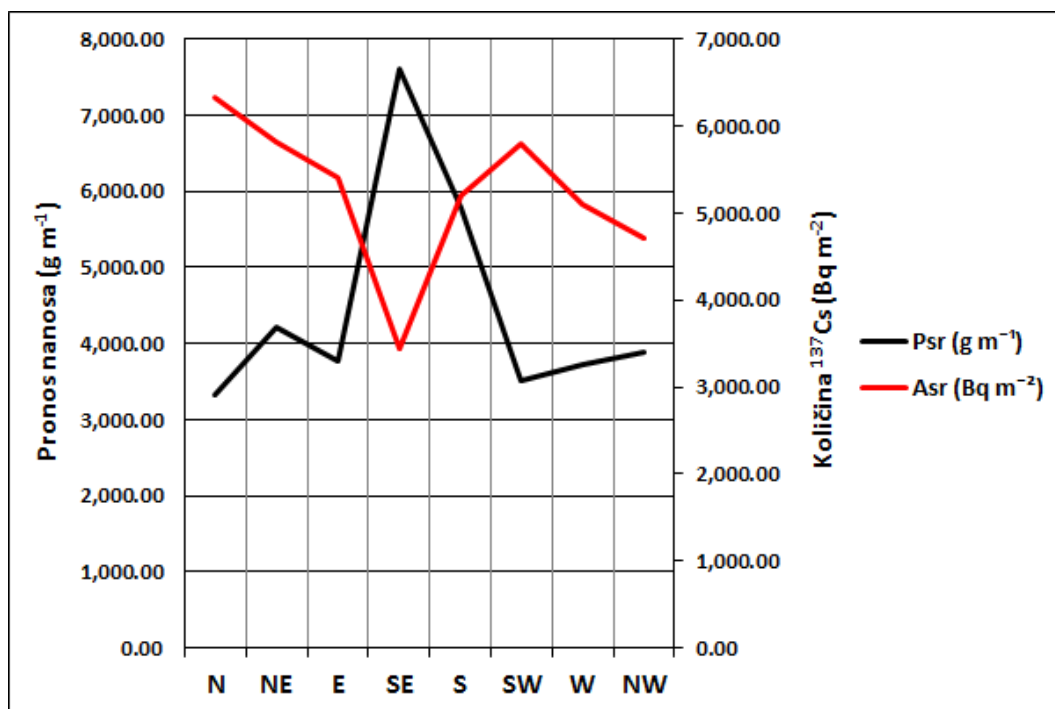
Slika 6.4/8. Uporedni prikaz gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac



Slika 6.4/9. Uporedni prikaz gubitaka zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac (nastavak)

Koeficijenti linearne korelacije između izmerenih vrednosti na lokalitetu Cvijićev vis pokazuju pozitivne i negativne smerove povezanosti, pošto pozitivne vrednosti ukazuju da je porast jedne promenljive praćen porastom druge, a negativne vrednosti da je porast jedne promenljive praćen opadanjem druge. Naime, odnos između zahvaćenih količina nanosa hvatačima nanosa postavljenih po određenim pravcima duvanja vetrova izraženih preko pronosa nanosa (g m^{-1} ili kg m^{-1}) i koncentracija ili količina ^{137}Cs (Bq kg^{-1} ili Bq m^{-2}) u uzorcima

nanosa raspoređenih zrakasto po istim pravcima je obrnuto proporcionalan, što znači da veći pronos nanosa implicira manju koncentraciju ili količinu ^{137}Cs i obrnuto (slika 6.4/10.).



Slika 6.4/10. Usporedni prikaz pronosa nanosa i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis

Da bi se bolje shvatila povezanost i međusobna zavisnost izmerenih veličina na lokalitetu Cvijićev vis, u tabeli 6.4/6. je dat usporedni prikaz srednjih vrednosti pronosa nanosa (P_{sr}), količina ^{137}Cs (A_{sr}) i procentualnih udela srednjih vrednosti količina ^{137}Cs u lokalnom padavinskom ulazu ^{137}Cs (A_{ipu}), odnosno srednjih vrednosti odstupanja količina ^{137}Cs od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs (O_{ipu}) koje predstavljaju odnete količine ^{137}Cs sa mernog mesta (A'_{sr}). Dobijeni koeficijent korelacije od 0,81 pokazuje da postoji veoma jaka veza između srednjih vrednosti pronosa nanosa (P_{sr}) i odnetih količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis (A'_{sr}) prikazanih na slici 6.4/11.

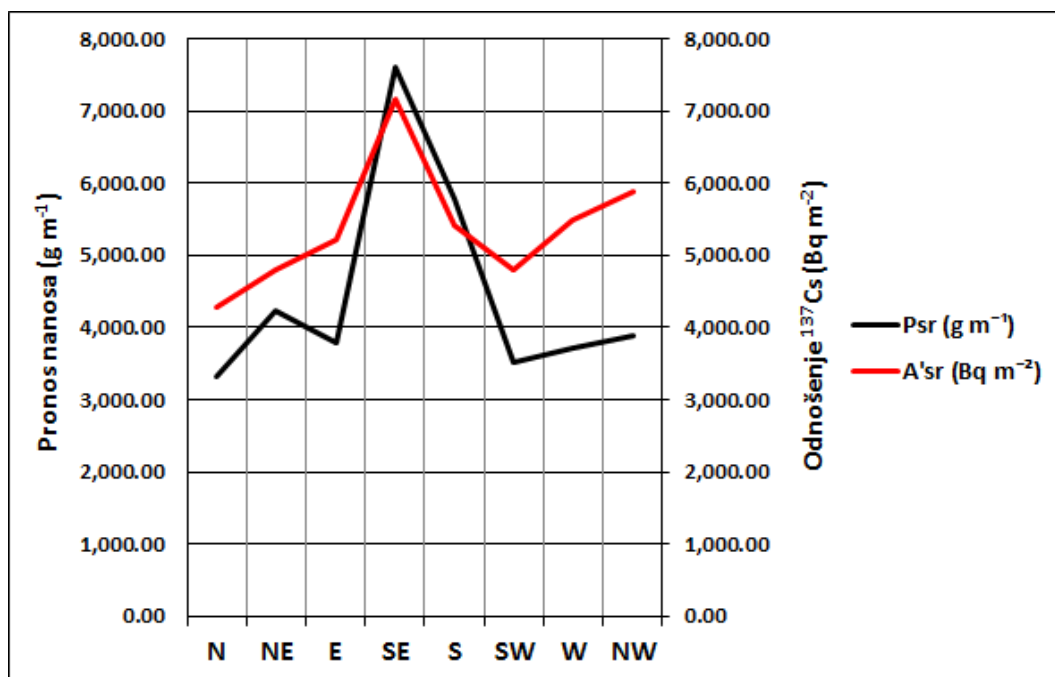
Tabela 6.4/6. Usporedni prikaz pronosa nanosa, količina ^{137}Cs , procentualnog udela količina ^{137}Cs u lokalnom padavinskom ulazu ^{137}Cs , odstupanja količina ^{137}Cs od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs i odnetih količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis

Odnosnje	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
P_{sr} (g m ⁻¹)	3.322,4	4.223,9	3.775,4	7.601,3	5.783,0	3.525,2	3.716,1	3.880,2
A_{sr} (Bq m ⁻²)	6.332,19	5.812,65	5.399,34	3.433,78	5.198,17	5.798,78	5.104,46	4.716,42
A_{ipu} (%)	59,72	54,82	50,92	32,38	49,02	54,69	48,14	44,48
O_{ipu} (%)	40,28	45,18	49,08	67,62	50,98	45,31	51,86	55,52
A'_{sr} (Bq m ⁻²)	4.271,27	4.790,79	5.204,23	7.169,74	5.405,28	4.804,69	5.499,01	5.886,97

Napomena: Lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs je osnovni uzorak na neobrađenom zemljištu (10.603,57 Bq m⁻²)

Redistribucija zemljišta na eksperimentalnom području je predstavljena preko projekcije redistribucija srednjih vrednosti pronosa nanosa (R_p) i količina ^{137}Cs (R_A) pod pretpostavkom da bi se zahvaćene količine eolskog nanosa mehaničkim hvatačem iz jednog kvadranta da nisu zahvaćene prenele na suprotni i da odstupanje količine ^{137}Cs od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs određuje odnetu količinu ^{137}Cs sa mernog mesta, tj. premeštanje zemljišta u okviru jednog mernog pravca sa jednog kvadranta na suprotni (tabela 6.4/7. i slika 6.4/12).

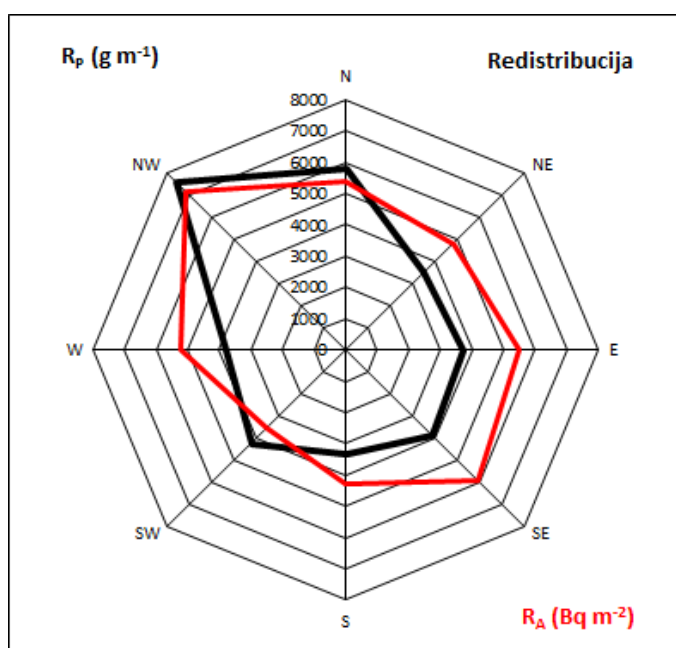
Na primer, zahvaćena količina eolskog nanosa u jugoistočnom kvadrantu erozionog polja $P_{sr} = 7.601,3$ (g m^{-1}) bi se da nije zahvaćena prenela na severozapadni, a odneti količina ^{137}Cs iz jugoistočnog dela eksperimentalnog područja $A'_{sr} = 7.169,74$ (Bq m^{-2}) bi se deponovala negde na njegovoj severozapadnoj strani. Dobijeni koeficijent korelacije od 0,68 pokazuje da postoji izražena veza između redistribuiranih srednjih vrednosti pronosa nanosa (R_p) i količina ^{137}Cs (R_A) na lokalitetu Cvijićev vis.



Slika 6.4/11. Uporedni prikaz pronosa nanosa i odnetih količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis

Tabela 6.4/7. Uporedni prikaz redistribucija pronosa nanosa i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis

Redistribucija	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
R_p (g m^{-1})	5.783,0	3.525,2	3.716,1	3.880,2	3.322,4	4.223,9	3.775,4	7.601,3
R_A (Bq m^{-2})	5.405,28	4.804,69	5.499,01	5.886,97	4.271,27	3.525,2	5.204,23	7.169,74



Slika 6.4/12. Uporedni prikaz redistribucija pronosa nanosa i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis

7. DISKUSIJA REZULTATA

Eolska erozija je značajan faktor degradacije zemljišta u globalnim razmerama, ali veoma potcenjen, jer su posledice njenog delovanja teško uočljive na prvi pogled. U našim uslovima, AP Vojvodina je kao poljoprivredno područje i najobedumljenija regija sa nekoliko prostorno odvojenih peščanih celina, među kojima se ističe Deliblatska peščara, jedna od najugroženijih u Evropi (Savić et al., 2002). U kontekstu sve više prisutnih klimatskih promena i procesa dezertifikacije semiaridnih i aridnih područja, istraživanje eolske erozije je od neprocenljivog značaja.

Eolska erozija je specifičan proces koji se odvija u izrazito složenim okolnostima uzajamnog delovanja brojnih prirodnih i antropogenih faktora uglavnom stohastičkog karaktera, zbog čega je njeno istraživanje kompleksan naučno-istraživački problem. Dosadašnja istraživanja i merenja intenziteta eolske erozije u našoj zemlji bila su retka i osećao se nedostatak eksperimenata sa upotrebom različitih tipova instrumenata za kvantifikaciju intenziteta eolskog nanosa i primene novih i savremenijih metoda praćenja radionuklida, prvenstveno radioizotopa veštačkog porekla „Cezijum 137”, za determinaciju procesa eolske erozije, kao i uporednih prikaza tako dobijenih rezultata (Savić et al., 2002). Najveću vrednost izvršenih istraživanja predstavljaju rezultati dugoročnih direktnih merenja intenziteta eolskog nanosa i dobijeni rezultati redistribucije zemljišta tehnikom praćenja količina radionuklida na nezaštićenim i zaštićenim površinama.

Sprovedenim istraživanjima na izabranim karakterističnim lokalitetima Deliblatske peščare uspostavljeno je praćenje procesa eolske erozije, odnosno, neposredno, sistematsko merenje intenziteta eolske erozije na osnovu količina eolskog nanosa – pronosa nanosa u terenskim uslovima. Takođe, na ovaj način su odedeni dominantni pravci kretanja eolskog nanosa, definisala se njegova unutargodišnja raspodela i utvrdio efekat vegetacije na smirivanje erozionih procesa i smanjenje intenziteta eolske erozije. U isto vreme, po prvi put su na ovim prostorima, na istom lokalitetu, sprovedena uporedna istraživanja eolske erozije primenom grupe mehaničkih hvatača nanosa orijentisanih prema različitim pravcima i metoda zasnovanih na praćenju aktivnosti radionuklida veštačkog porekla ^{137}Cs u zemljištu, čije količine služe da se posebnim teorijskim modelima pretvore u gubitke zemljišta.

Posebno treba istaći značaj merenja intenziteta eolske erozije pomoću statičnih hvatača nanosa paralelno sa metodom praćenja radionuklida ^{137}Cs , jer je na taj način omogućeno, pored određivanja ukupne produkcije i gubitaka zemljišta, definisaje dominantnog i rezultujućeg pravca i smera kretanja eolskog nanosa, kao i procena redistribucije zemljišta i odnos između pokrenutih i odnetih količina eolskog nanosa na istraživanom području.

Primenom adekvatnih metoda terenskih i laboratorijskih istraživanja, obezbeđeni su značajni rezultati, kako za analizu procesa eolske erozije u periodu neposrednih merenja, tako i za njihovu prognozu u budućnosti. Komparativna analiza ovih metoda je ukazala na validnost kvantifikacije procesa eolske erozije i mogućnost njihove primene, a dobijeni rezultati produkcije eolskog nanosa i gubitaka zemljišta su dali doprinos opštoj oceni stanja degradacije zemljišta i ugroženosti Deliblatske peščare.

Za smanjenje nepovoljnih uticaja eolske erozije na Deliblatskoj peščari, neophodno je primenjivati mere zaštite (pošumljavanje, podizanje zaštitnih pojaseva, izbor vrsta drveća

protiveroziona agrotehnika, uočavanje i izdvajanje perioda sa mogućim najizraženijim epizodama eolske erozije itd.) u zavisnosti od lokalnih karakteristika područja koje se štiti. Definisanjem dominantnog pravca delovanja erozionih procesa omogućava se projektovanje i podizanje zaštitnih pojaseva sa orijentacijom i pravcem pružanja koji obezbeđuju maksimalne efekte. Da bi se smanjio rizik od sve češćih pojava suša poslednjih godina, na osnovu egzaktno utvrđenih intenziteta eolske erozije mogu se vrlo uspešno predvideti štete od degradacionih procesa eolske erozije i primeniti zaštitne mere i radovi za njihovu kontrolu, kako bi se one dovele do tolerantnih granica.

Najčešće primenjivani hvatači eolskog naosa u svetu su rotacionog tipa, koji služe, pre svega, za zahvatanje saltirajućih čestica, a koji se između sebe razlikuju, pored konstrukcije i izgleda, po profilu koncentracije eolskog nanosa i to: Rotacioni Near-surface creep/saltation hvatač do visine 20 mm, Rotacioni hvatač tipa pneumatske sonde do visine 60 cm, Big Spring Number Eight (BSNE) i Modified Wilson and Cook hvatač do visine 1 m, deflametar Švehlika do visine 2 m (Warren et al., 1999; Savić, 1999) itd. Međutim, po ugledu na posebno konstruisani statični hvatač nanosa tipa deflametar – modifikovani Karoljijev hvatač (dimenzije ulaznog otvora 10,0 x 4,5 cm) po ideji prof. dr M. Božinovića (Savić, 1999), u ovom radu su primenjeni statični hvatači nanosa tipa *deflametar* dimenzija otvora 10 x 10 cm postavljeni po tlu sa orijentacijom ulaznih otvora prema različitim pravcima duvanja vetrova (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) da bi pokrili najniže prizemne slojeve vazduha u kojima se transportuje najveći deo eolskog nanosa, jer tako dobijeni rezultati mogu neznatno da odstupaju od realnih vrednosti, odnosno da prikazuju nešto niži intenzitet eolske erozije. Kvantifikacija eolskog nanosa statičnim hvatačima stalno usmerenim prema određenim pravcima duvanja vetrova, omogućila je da se posebno evidentiraju dominantni pravci kretanja nanosa i razlikuju „sumarna” produkcija eolskog nanosa (aritmetički zbir zahvaćenih količina nanosa iz svih hvatača) i „rezultujuća” količina eolskog nanosa (vektorski zbir), jer te veličine određuju pored ukupno pokrenute količine eolskog nanosa (produkcija nanosa) i delove nanosa koji se transportuju van granica erozionog polja (gubitak zemljišta), generalni pravac i smer njegovog kretanja.

Tabela 7/1. Godišnji pronosi i srednja vrednost eolskog nanosa zahvaćeni postavljenim mernim instrumentima iz određenih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine

Godina	Pronos eolskog nanosa (kg m ⁻¹ god ⁻¹)
2006	3,24
2007	2,61
2008	6,62
2009	5,43
X _{sr}	4,48

Prve studije i organizovani radovi na zaštiti od eolske erozije na našim prostorima datiraju sa početka XIX veka, kada je pod rukovodstvom austrougarskih šumarskih inženjera (Bahofen, Wessely, Jenő itd.) krenulo plansko pošumljavanje Deliblatske peščare (Savić, 1999). U to vreme, štetnost eolske erozije se najčešće procenjivala vizuelno, a prve kvantitativne procene za područje Deliblatske peščare izvršene su tek u periodu 1971-1974. godine merenjem pomoću rotacionog hvatača eolskog nanosa tipa pneumatske sonde na lokalitetu Dubovac. Rezultati istraživanja na Deliblatskoj peščari ukazali su na značajne procese eolske erozije, koji su definisani intenzitetom eolske erozije, odnosno godišnjim pronosom nanosa od 4 kg m⁻¹ (Jevtić, 1975). Slične vrednosti merenja eolske erozije na Deliblatskoj peščari su

dobijene za godišnje pronose eolskog nanosa zahvaćene postavljenim mernim instrumentima na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine, čija srednja vrednost iznosi $4,48 \text{ kg m}^{-1}$ (tabela 7/1.).

Dalja merenja eolske erozije u našoj zemlji tiču se Subotičko-horgoške peščare, gde je 1980. godine u Donjem Tavankutu formiran centar za praćenje eolske erozije na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava od strane Katedre za melioracije Šumarskog fakulteta u Beogradu (Letić, 1989). Na dve eolomerne stanice (lokaliteti „Polje” i „Šuma”) pomoću rotacionog hvatača nanosa tipa pneumatske sonde u periodu 1980-1999. godine mereni su pronosi eolskog nanosa. Analize dobijenih podataka su ukazale na snažne procese destrukcije koji su se odvijali na nezaštićenim površinama Subotičko-horgoške peščare, gde je prosečan pronos eolskog nanosa iznosio $6,918 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, dok je na šumom zaštićenoj lokaciji iznosio $0,362 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Na istom lokalitetu na nezaštićenoj površini (lokalitet „Polje”), 1995. godine su postavljeni i statični hvatači tipa *deflametar* čija je orijentacija ulaznih otvora bila prema različitim pravcima, odnosno stranama sveta. Merenja Savića (1999) u trogodišnjem periodu 1995-1997. su omogućila da se identifikuju dominantni pravci kretanja eolskog nanosa i posebno razlikuju ukupna produkcija i udeo nanosa odnet van erozionog polja, odnosno rezultujući pravac kretanja i procena odnosa između pokrenutih i odnetih količina eolskog nanosa. Početkom 1995. godine izmerene su količine eolskog nanosa na 4 hvatača od $60,55 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ koje značajno odskaku od vrednosti iz ostalih godina ($1,95 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ 1996. godine i $1,61 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ 1997. godine), što je 95% od ukupne količine zahvaćenog eolskog nanosa u trogodišnjem periodu. Obzirom da su takvi pronosi nanosa zabeleženi tokom više meseci (januar $5,99 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, februar $21,43 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, mart $6,52 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, april $23,18 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i maj $1,49 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$) nije se radilo o slučajnoj grešci uzorkovanja i merenja. Dominantni pravac kretanja eolskog nanosa išao je od severozapada ka jugoistoku, a od ukupnih količina produkovanog nanosa u proseku 25-45% nanosa je nastavlja da se kreće van erozionog polja, najvećim delom u prizemnom sloju atmosfere, jer se upravo pri tlu kreće 50-90% nanosa (Letić et al., 2001). U poređenju prosečne vrednosti pronosa eolskog nanosa na lokalitetu „Polje” u Donjem Tavankutu za period 1980-1999. koja iznosi $6,918 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i prosečne vrednosti pronosa eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. koja iznosi $4,48 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, dolazi se do zaključka da je intenzitet eolske erozije na Subotičko-horgoškoj peščari nešto veći. Što se tiče merenja Savića (1999), iako na prvi pogled izgleda iluzorno uprosečavati vrednosti pronosa nanosa i svoditi ih na godišnji nivo, pošto su 1995. godine dobijene ekstremne vrednosti mesečnih pronosa nanosa kakve na ovom lokalitetu nisu registrovane od osnivanja eolomerne stanice, a za razliku od njih, zabeležene prosečne vrednosti pronosa nanosa 1996. i 1997. godine su bile izrazito niske, prosečna vrednost pronosa nanosa na 4 hvatača u trogodišnjem periodu je iznosila $5,34 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$, što je vrednost koja se nalazi između već pomenutih prosečnih vrednosti pronosa nanosa dobijenih za period 1980-1999. godine na lokalitetu „Polje” u Donjem Tavankutu ($6,918 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$) i za period 2006-2009. godine na lokalitetu Cvijićev vis ($4,48 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$). Isto tako, na Deliblatskoj peščari je dominantni pravac kretanja eolskog nanosa jugoistok - severozapad (jugoistočni vetar „Košava”), a od ukupnih količina produkovanog nanosa u proseku samo 10-30% nanosa nastavlja da se kreće van erozionog polja.

Najuobičajeniji pristup kod proučavanja eolske erozije je eksperimentalno istraživanje u aerodinamičkim tunelima ili neposredno u terenskim uslovima. Za terenska proučavanja eolske erozije, korišćeni su razni tipovi mernih instrumenata, pre svega, rotacionih hvatača Big Spring Number Eight (BSNE) i Modified Wilson and Cook (MWAC), jer su bili

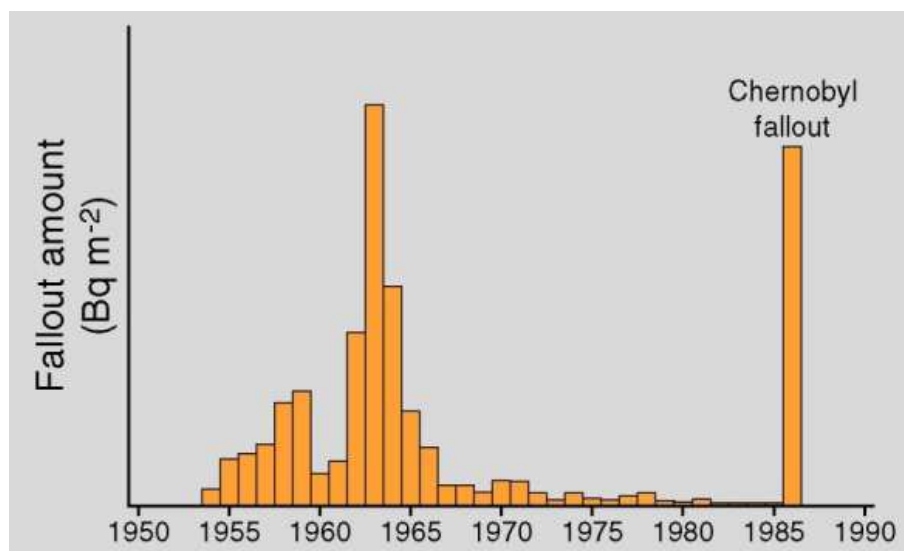
najpopularniji za istraživanje saltacije (skokova) na terenu. Pronos i transport nanosa dobijeni merenjem pomoću BSNE i MWAC hvatača su različiti, ali su rezultati intenziteta eolske erozije konzistentni i komparativni (Mendez et al., 2011). Webb et al. (2016) daje mesečne pronose eolskog nanosa zahvaćene MWAC hvatačima na pet mernih mesta eksperimentalnog području Jornada, južni Novi Meksiko (USA), koji su zahvaćeni u periodu od maja 2013. do maja 2014. godine. Najveći pronosi eolskog nanosa su zabeleženi na mernom mestu 3 u avgustu 2013. godine od $28,705 \text{ kg m}^{-1}$ i mernom mestu 4 u maju 2014. godine od $18,581 \text{ kg m}^{-1}$, dok su najmanji pronosi nanosa zabeleženi na mernom mestu 1 u januaru 2014. godine od $0,122 \text{ kg m}^{-1}$ i 2 u januaru 2014. godine od $0,111 \text{ kg m}^{-1}$. U poređenju ovih vrednosti sa mesečnim vrednostima pronosa eolskog nanosa za period od maja 2006. do aprila 2007. godine na lokalitetu Cvijićev vis koji pokazuju da se minimalne i maksimalne vrednosti kreću u intervalu od $0,028 \text{ kg m}^{-1}$ u aprilu 2007. godine do $0,506 \text{ kg m}^{-1}$ u februaru iste godine dolazi se do zaključka da su minimalne mesečne vrednosti pronosa nanosa na Jornada eksperimentalnom području istog ili sličnog reda veličina kao najveće izmerene vrednosti pronosa eolskog nanosa na lokalitetu Cvijićev vis.

Merenjem intenziteta eolske erozije pomoću mernih instrumenata rezultati se iskazuju kao pronos nanosa kroz posmatrani poprečni profil za izabrani vremenski period (npr. $\text{kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$). Međutim, za određivanje gubitaka zemljišta po jedinici površine, intenzitet erozionih procesa je potrebno izraziti kao $\text{kg m}^{-2} \text{ god}^{-1}$ ili $\text{t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Problem dovođenja u direktnu vezu ovako kvantifikovanih količina nanosa proističe iz neodređenosti veličine erozionog polja, tj. površine sa koje pokrenuti eolski nanos dospeva do ulaznog otvora hvatača. Usvojena dužina pripadajuće zone hvatača od približno „jednog skoka” saltirajuće čestice, u poređenju sa nekim drugim pristupima, dala je prihvatljive rezultate. Dužina erozionog polja od 300 m je dovoljna da precizno odredi transportni kapacitet saltacije donesenog nanosa (saltacionog fluksa – saltacionog pronosa) na golim poljoprivrednim površinama (Zobeck et al., 2003). U modelu korišćenom u ovom radu, obzirom da je putanja saltirajuće čestice paraboličnog oblika visine približno $h = 70 \text{ cm}$ i dužine $L \approx 10 \cdot h$, usvojena je pravougaona površina dimenzija $7 \cdot 1 \text{ m}$ za pronos nanosa sveden na širinu fronta od 1m (Savić, 1999).

U finalnom izveštaju Evropske Komisije „Eolska erozija na evropskim zemljištima lakog mehaničkog sastava” (Warren et al., 1999), izvršeno je eksperimentalno istraživanje u aerodinamičkim tunelima i neposredno u terenskim uslovima. Merenje pronosa eolskog nanosa je vršeno za 11 vrsta zemljišta sa pokretnim aerodinamičkim tunelom na Institute of Soil Technology (BTI) u Bremen-u, Nemačka. Dobijene vrednosti su se za agregatno stabilna zemljišta kretale u intervalu $100,95 \text{ g m}^{-1}$ (Lamstedt zemljište) i $4.506,5 \text{ g m}^{-1}$ (Klosterholte zemljište). Za erodibilna zemljišta, dobijene vrednosti pronosa eolskog nanosa su bile veće i za dinsko peščarsko zemljište su iznosile $5.600,49 \text{ g m}^{-1}$, a za duboko orano zemljište (Meinersen zemljište) $6.373,0 \text{ g m}^{-1}$. Preliminarni rezultati simulacije gubitaka zemljišta putem WEELS modela (Wind Erosion on European Light Soils) izračunati su za područje Barnham, UK, gde su za analizirane brzine vetrova u periodu 1970-1998. godine, srednji gubici zemljišta procenjeni na $1,56 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, a maksimalni na $15,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, dok su za područje Grönheim, Nemačka za analizirane brzine vetrova u periodu 1981-1993. godine, srednji gubici zemljišta procenjeni na $0,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Inače, u ovom modelu, za gubitak zemljišta od oko $10,0 \text{ t ha}^{-1}$ korespondira gubitak zemljišta od oko $0,65 \text{ mm}$. U cilju kalibracije WEELS modela (korišćeni MWAC hvatači), studija slučaja na erozionom polju veličine oko $7,55 \text{ ha}$ koje se nalazi na sredini poljoprivrednog zemljišta u Grönheim-u je pokazala da je za vreme jakog nevremena u intervalu od nekoliko časova odneto 53 t ili $7,1 \text{ t ha}^{-1}$ prašinstog

eolskog nanosa. Ova količina od $7,1 \text{ t ha}^{-1}$ je stavljena u kontekst vodne erozije u ravničarskim područjima Severne Evrope koja je reda veličine samo $0,5 - 1 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, što dokazuje dominaciju vetra kao erozionog agensa. Pronos eolskog nanosa u Grönheim-u je 1999. godine iznosio $15,8 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$.

Merenje eolske erozije je važan naučno - istraživački korak u naporima da se zaustavi proces opustinjavanja (dezertifikacije) nekih područja. Proučavanje u peščanoj oblasti Yuyang okruga koji je lociran u pustinji Mu Us, Kina je zasnovano na pronosu peščanog nanosa od $9.643 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ za pokretne peskove, $6.394 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ za polupokretne peskove, $2.634,5 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ za gola obradiva zemljišta i $127,7 \text{ kg m}^{-1} \text{ god}^{-1}$ za obrasle površine. Dobijeni intenziteti eolske erozije su bili $1.673,18 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ u 1986. godini, $1.568,10 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ u 1996. godini i $1.685,04 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ u 2005. godini, a prosečna pokrivenost vegetacijom je bila 42,39% u 1986. godini, 48,07% u 1996. godini i 48,03% u 2005. godini, što pokazuje da povećanje vegetacionog pokrivača nije uspeo da smanji eolsku eroziju (Yue et al., 2015).



Slika 7/1. Radioaktivne padavine kao posledica nuklearnih proba (1954-1983) i černobilske katastrofe 1986. godine (Walling, 2007)

Ubrzana erozija i degradacija zemljišta koja je sa njom povezana danas predstavljaju ozbiljan globalni problem. Zbog toga, postoji sve veća potreba da se prikupe pouzdane informacije o gubicima zemljišta. Iako se najpouzdanije determinisanje eolske erozije i njenih efekata postiže neposrednim sistematskim merenjima samog procesa i njegovih uzročnika u realnim terenskim uslovima, problem predstavlja to što su ovakva istraživanja uglavnom sporadična i ograničenog trajanja i što ne postoje opšteprihvaćeni ili standardizovani merni instrumenti pomoću kojih bi se procesi eolske erozije mogli na jedinstven način kvantifikovati, pa se počev od kraja prošlog veka sve više primenjuju metode praćenja radionuklida iz radioaktivnih padavina, posebno ^{137}Cs , u cilju procene intenziteta erozije zemljišta. Međutim, izvori nepouzdanosti u proceni intenziteta erozije koristeći tehniku praćenja ^{137}Cs su određivanje referentne vrednosti ^{137}Cs na neporemećenim uzorcima koji su potrebni za poređenje sa drugim uzorcima gde je ^{137}Cs sa povećanom ili smanjenom koncentracijom u zavisnosti od deflacije ili depozicije nanosa, jer ima vrlo malo područja koja su ostala neporemećena za vreme celokupnog trajanja radioaktivnih padavina (1954-1983) i kalibracija koja povezuje količinu ^{137}Cs u zemljištu sa intenzitetom erozionih procesa i transportom nanosa, odnosno redistribucijom zemljišta. Dodatne radioaktivne padavine

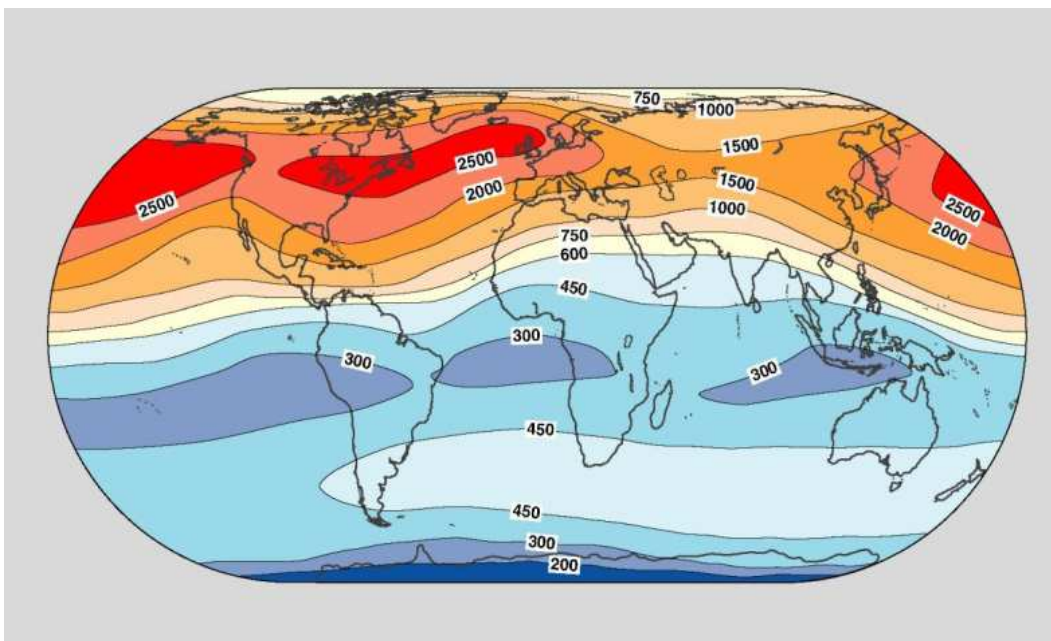
^{137}Cs u mnogim oblastima Evrope povezane sa nesrećom u Černobilu 1986. godine svakako su iskomplikovale interpretaciju vrednosti ^{137}Cs i zaista mogu ograničiti vrednost primene ovih metoda u tim oblastima, jer poseban problem predstavljaju dva glavna perioda radioaktivnih padavina, tj. radioaktivnih padavinskih ulaza u relativno kratkom vremenskom periodu (nešto više od 20 godina) koji se ne mogu razdvojiti, kao i povećana prostorna varijabilnost padavinskog ulaza poreklom iz Černobila, koja je posebno izražena u zemljama iz okruženja (Walling, 2007), slika 7/1.

U finalnom izveštaju Evropske Komisije „Eolska erozija na evropskim zemljištima lakog mehaničkog sastava” (Warren et al., 1999), izabrana su samo četiri lokaliteta od niza korišćenih zemljišnih tipova zbog njihovog potencijala da daju referentnu količinu ^{137}Cs na osnovu vertikalnih distribucija ^{137}Cs u profilima i informacija o korišćenju zemljišta u prošlosti. Selektovani uzorci koji su korišćeni kao referentni uzorci ^{137}Cs za proučavanje područja pokazuju količine ^{137}Cs koje se mogu očekivati na lokacijama u južnoj Engleskoj. Owens (1994) je 1991. godine odredio referentnu količinu ^{137}Cs u jugozapadnoj Engleskoj od 2.708 Bq m^{-2} , koja je korigovana na 3.330 Bq m^{-2} za kraj radijacije 1983. godine. Količina ^{137}Cs za istraživano područje Barnham u 1999. godini je bila 2.068 Bq m^{-2} , a za poređenje je korišćena korigovana vrednost od 2.990 Bq m^{-2} za kraj radijacije 1983. godine. Za obrađeno zemljište na lokaciji Rufford Forest Farm, Nottinghamshire, UK, Walling & Quine (1995) analiziraju sadržaj ^{137}Cs i njegov potencijal i određuju referentnu vrednost koja iznosi 3.200 Bq m^{-2} . Novija istraživanja referentnih količina ^{137}Cs na širim područjima, vezana su, uglavnom, za azijsko tlo. Izmerene referentne količine ^{137}Cs u Unutrašnjoj Mongoliji, Kina bile su 1.967 Bq m^{-2} locirane na stepskim pašnjacima, dok su količine ^{137}Cs na drugim mestima bile u opsegu od 1.330 Bq m^{-2} na livadama do 5.119 Bq m^{-2} na rečnim naslagama (Funk et al., 2012). Isto tako, rezultati studije slučaja u centralno - istočnom platou Unutrašnje Mongolije, Kina pokazali su da je na smeđim zemljištima smeštenim u istočnom i južnom delu grada Xing'an referentna količina ^{137}Cs iznosila 2.447 Bq m^{-2} , na peskovitim zemljištima smeštenim u južnom i centralnom delu grada Tongliao i centralnom delu grada Chifeng 2.430 Bq m^{-2} , na černozeu smeštenom u severozapadnom delu grada Chifeng 2.384 Bq m^{-2} i smeđim zemljištima smeštenim u južnom delu grada Xilin Gol 2.368 Bq m^{-2} (Hu et al., 2014).

Referentna vrednost količine ^{137}Cs za šumu na Deliblatskoj peščari definisana kao srednja vrednost svih srednjih vrednosti referentnih količina ^{137}Cs za osnovne tipove šume na Deliblatskoj peščari iznosi $5.012,71 \text{ Bq m}^{-2}$. Ovako dobijena referentna količina odražava realnu situaciju u šumskim ekosistemima po pitanju sadržaja ^{137}Cs i može se očekivati na drugim šumskim lokalitetima na Deliblatskoj peščari. Osnovni uzorak sa obrađenog zemljišta koji sadrži $5.381,11 \text{ Bq m}^{-2}$ je sličan referentnom uzorku. Kako je ovaj uzorak uzet sa centralnog dela erozionog polja na visoravni koga karakterišu otvorenost i neobraslost površine, zemljišni profil ilustruje procese deflacije, odnosno pojačane efekte eolske erozije. Analiza svih osnovnih i ostalih uzoraka na obrađenom zemljištu unutar erozionog polja i neobrađenom zemljištu van erozionog polja je pokazala, bez obzira na sve nedostatke, da osnovni uzorak sa neobrađenog zemljišta sa količinom ^{137}Cs od $10.603,57 \text{ Bq m}^{-2}$ predstavlja uporednu vrednost, tj. lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs za modele pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta. Ovaj uzorak odslikava sredinu na kojoj su sprovedena istraživanja i predstavlja uporednu vrednost koja može korektno da definiše procese eolske erozije na ovom lokalitetu. Generalno, treba izabrati referentne uzorke koji se zasnivaju na poznavanju istorije terena, tako da ih ne bi trebalo odrediti bez prethodno prikupljenih

detaljnih informacija. S tim u vezi, na Deliblatskoj peščari je primetna povećana kontaminiranost ^{137}Cs , koja je najverovatnije posledica černobilske katastrofe 1986. godine.

U pogledu modela pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta korišćenih u ovom radu, iz grupe teorijskih modela Walling-a (Walling et al., 2006), proporcionalnim modelom (PM) za obrađena zemljišta dobijeni su prosečni gubici zemljišta od $2.081,23 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $19,61 \text{ cm}$, a modelom profilne distribucije (PDM) za neobrađena zemljišta $173,54 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $1,87 \text{ cm}$. Najveći gubici su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra i na obrađenom zemljištu iznose $2.975,24 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $26,87 \text{ cm}$, a na neobrađenom zemljištu $222,95 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,14 \text{ cm}$. Modelom profilne distribucije (PDM) za sve uzorke uzete na eksperimentalnom području, dobijeni prosečni gubici zemljišta iznose $207,06 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,10 \text{ cm}$, a najveći gubici zemljišta dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra $275,99 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,56 \text{ cm}$. Imajući u vidu sve ove podatke, nije preporučljivo koristiti proporcionalni model (PM) za zemljišta koja su kultivisana u neposrednoj prošlosti na Deliblatskoj peščari i oko nje, jer ovaj model daje enormne vrednosti gubitaka zemljišta koje su veće i do 10 puta u odnosu na vrednosti gubitaka zemljišta dobijene modelom profilne distribucije (PDM) na celokupnom eksperimentalnom području. Izuzetak je ako se ta zemljišta obrađuju u dužem vremenskom periodu počev od '60-tih godina prošlog veka, jer u tom slučaju proporcionalni model (PM) daje približne vrednosti kao i model profilne distribucije (PDM) na zemljištima obraslim vegetacijom.



Slika 7/2. Varijacije srednjih vrednosti ^{137}Cs prema geografskoj širini - vrednosti su procenjene iz kumulativne depozicije ^{137}Cs na površini kopna i okeana u datim pojasevima geografskih širina (Walling, 2007)

Model zasnovan na empirijskom odnosu Basher & Webb dao je prosečne koncentracije i količine ^{137}Cs od $26,87 \pm 0,70 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $5.192,44 \pm 135,80 \text{ Bq m}^{-2}$ i prosečne gubitke zemljišta od $212,18 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,09 \text{ cm}$. Najveći gubici zemljišta su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra od $361,44 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $3,32 \text{ cm}$. Basher & Webb (1997) su proučavali intenzitete eolske erozije na jezerskim sedimentima u Mackenzie basenu, Novi Zeland. Srednja vrednost sadržaja ^{137}Cs sa svih mernih pravaca je iznosila $351 \pm 90 \text{ Bq m}^{-2}$, dok je lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs iznosio $422 \pm 63 \text{ Bq m}^{-2}$, što je dalo prosečan gubitak zemljišta od $2,2 \text{ cm}$. Uzorkovana količina ^{137}Cs je premašivala referentnu vrednost na samo

nekoliko lokacija, koje su u većini slučajeva bile obrasle vegetacijom. Međutim, postojao je kontrast u pogledu sadržaja ^{137}Cs između ogoljenih zemljišta ($268 \pm 17 \text{ Bq m}^{-2}$) i zemljišta sa vegetacionim pokrivačem ($418 \pm 15 \text{ Bq m}^{-2}$) na terasama jezera Pukaki. Gubitak zemljišta bez vegetacionog pokrivača iznosio je 3,9 cm, nasuprot zemljišta obraslih vegetacijom koja nisu imala gubitke. Srednja vrednost sadržaja ^{137}Cs bila je malo veća ($457 \pm 25 \text{ Bq m}^{-2}$) od lokalnog padavinskog ulaza, dok su zemljišta bez vegetacionog pokrivača imala prosek od $326 \pm 90 \text{ Bq m}^{-2}$ sa prosečnim gubitkom zemljišta 2,8 cm. Površinski sloj zemljišta sa vegetacionim pokrivačem bio je u proseku 4 cm deblji od površinskog sloja bez vegetacionog pokrivača. Gubici zemljišta ustanovljeni ovom metodom, razlike u debljini površinskog sloja zemljišta na uzdignućima (gredama) i depresijama i tendencija smanjenja debljine površinskog sloja zemljišta sa smanjenjem prisutne vegetacije ukazuju na gubitke zemljišta većih razmera. Iz gore navedenog proizilazi da su rezultati dobijeni modelom Basher & Webb na Deliblatskoj peščari i rezultati pomenutih autora na jezerskim sedimentima Mackenzie basena istog reda veličine, samo je indikativna ogromna razlika u radioaktivnosti zemljišta severne i južne hemisfere (slika 7/2.).

Finalni izveštaj Evropske Komisije „Eolska erozija na evropskim zemljištima lakog mehaničkog sastava” (Warren et al., 1999) je pokazao da je aktivnost eolske erozije na istraživanom području u jugozapadnoj Engleskoj dominantna u mehanizmu kretanja zemljišta, gde postoji bitna razlika u intenzitetu eolske erozije između oblasti od $-32,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ do $37,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Ukupana količina ^{137}Cs za obradivo zemljište na istraživanom području Barnham, UK je slična referentnom uzorku i iznosi 2.078 Bq m^{-2} . Iako je oblast ugrožena eolskom erozijom u Velikoj Britaniji ograničena u odnosu na onu ugroženu vodnom erozijom, eolska erozija ima veći uticaj na terenu. U Velikoj Britaniji, intenzitet eolske erozije se obično kreće između $0,1$ i $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (Owens & Walling, 1996, 1998). U svom radu, Walling i Quine (1995) su pokušali da izvrše procenu potencijala šire primene metode ^{137}Cs u istraživanju erozije zemljišta i da uključe u upotrebu druge radionuklide iz radioaktivnih padavina ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be). U studiji redistribucije zemljišta na maloj parceli na lokaciji Buttsford Barton, Devon, UK, dobili su bruto eroziju $12,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, srednju veličinu deflacije $13,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, srednju veličinu depozicije $16,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i neto eroziju $10,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$.

U mnogim delovima sveta, sve veća potreba za informacijama o intenzitetu eolske erozije pojačava interesovanje za primenu merenja ^{137}Cs u cilju procene intenziteta eolske erozije i redistribucije zemljišta. Istraživanja eolske erozije u stepskim područjima severne Kine nagovestila su da se neznatne eolske aktivnosti događaju na livadama sa intenzitetom eolske erozije manjim od $0,108 \text{ cm god}^{-1}$, dok su one intenzivnije na polupokretnim peskovima bile sa intenzitetima većim od $1,35 \text{ cm god}^{-1}$ (Zhang et al., 2002). U tipičnom stepskom regionu severnog dela Mongolskog platoa, pašnjaci i košene livade u Bayannur-u su bile neznatno erodirane sa intenzitetom eolske erozije od $64,58$ do $169,07 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$. Napuštena farmerska zemljišta u Karakorum-u su bila jako erodirana sa godišnjim gubitkom površinskog sloja zemljišta od $4,05 \text{ mm god}^{-1}$ i intenzitetom eolske erozije do $6.723,06 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$. Ukupni gubitak površinskog sloja zemljišta usled eolske erozije je bio $17,4 \text{ cm}$, pošto je kultivacija stepskih zemljišta započela '60-tih godina prošlog veka (Qi et al., 2008). U studiji slučaja Tairat-Xilin Gol transeka na Mongolskom platou, rezultati su pokazali da je količina ^{137}Cs na uzorkovanim područjima u opsegu od $265,63 \pm 44,91 \text{ Bq m}^{-2}$ do $1.279,54 \pm 166,53 \text{ Bq m}^{-2}$ i da intenzitet eolske erozije varira od $64,58 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ do $419,63 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ (Liu et al., 2008).

Procena intenziteta eolske erozije u Taipusi provinciji, Unutrašnja Mongolija, Kina, određena uprošćenim modelom bilansa mase (SMBM) iznosila je $7.990 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ za oranice, a procena intenziteta eolske erozije određena modelom profilne distribucije (PDM) iznosila je $4.270 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ za slabo pokrivene pašnjake i $1.808 \text{ t km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ za srednje pokrivene pašnjake (Hu et al., 2005). Na pašnjacima u Unutrašnjoj Mongoliji, godišnji prosečni gubici zemljišta iznosili su od 130 t km^{-2} do 540 t km^{-2} , a godišnje depozicije zemljišta od 154 t km^{-2} 1960. godine do 26 t km^{-2} u neposrednoj prošlosti (Funk et al., 2012).

U poljoprivrednom regionu basena Gediz, zapadna Turska, intenzitet gubitaka zemljišta je bio izračunat koristeći proporcionalni (PM) i uprošćeni model bilansa mase (SMBM). Kada je korišćen PM model, intenzitet deflacije i depozicije zemljišta je varirao od -15 do $-28 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i od $+5$ do $+41 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, dok su sa SMBM modelom rezultati varirali od -16 do $-33 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i od $+5$ do $+55 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Posmatrana je i zakonitost između rezultata oba modela i dobijen je gubitak zemljišta do $30 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Isto tako, upoređivani su podaci dobijeni USLE jednačinom od $21,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ na malom reprezentativnom poljoprivrednom polju Ulukent sa rezultatima dobijenim tehnikom praćenja ^{137}Cs i ovi rezultati su bili veoma bliski rezultatima dobijenim PM modelom od $-22 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (Saç et al., 2007). U Yatagan basenu, zapadna Turska, primenjena su tri različita modela za izračunavanje intenziteta erozije na obradivim i neobradivim zemljištima. Model profilne distribucije (PDM) je korišćen za neporemećena zemljišta, dok su proporcionalni model (PM) i uprošćeni model bilansa mase (SMBM) korišćeni za kultivisana zemljišta. Srednji godišnji intenzitet erozije dobijen PDM modelom na neporemećenim zemljištima je bio $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ na brdu Peynirli i $27 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ na brdu Kurtas, dok je srednji godišnji intenzitet erozije dobijen PM i SMBM modelima na obradivim zemljištima na brdu Kayisalan bio $65 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $116 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Koeficijent korelacije između USLE jednačine i tehnike praćenja ^{137}Cs je bio vrlo visok $R = 0,97$ (Saç et al., 2008).

U okviru naših prostora, prikaz metode praćenja radioizotopa veštačkog porekla ^{137}Cs za određivanje prostorne distribucije eolske erozije prvi put je prezentovao Savić et al. (2002). Zasnivajući se na analizama 50 uzoraka zemljišta koji su uzeti širom Vojvodine, Bikit et al. (2005) je konstatovao da su najveće količine ^{137}Cs u zemljištima pronađene na lokalitetima u Banatu i to: Deliblato ($28,2 \pm 1,9 \text{ Bq kg}^{-1}$), Margita ($48,7 \pm 2,4 \text{ Bq kg}^{-1}$) i Bavanište ($55,0 \pm 3,0 \text{ Bq kg}^{-1}$). Krmar et al. (2011) je prikazao preliminarna merenja dubinske distribucije ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u zemljištu na centralnom delu Deliblatske peščare (lokalitet Cvijićev vis). Ukupan sadržaj ^{137}Cs u reprezentativnom uzorku neobrađenog zemljišta iznosio je 7.780 Bq m^{-2} , dok je u reprezentativnom uzorku obrađenog zemljišta iznosio 5.270 Bq m^{-2} . Za $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ su te vrednosti na neobrađenom zemljištu iznosile 3.580 Bq m^{-2} , a na obrađenom zemljištu 4.040 Bq m^{-2} . Krmar et al. (2015) je koristeći radionuklide ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ dao rezultate za isti lokalitet na Deliblatskoj peščari koji pokazuju da je intenzitet eolske erozije na obrađenom zemljištu preko 30 puta veći nego na području obraslom vegetacijom. U slučaju ^{137}Cs , gubici obrađenog zemljišta dobijeni proporcionalnim modelom (PM) iznose od -54 do $-291 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$, a gubici neobrađenog zemljišta dobijeni modelom profilne distribucije (PDM) iznose od $-0,15$ do $-8,70 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$.

Posmatrajući Kartu erozije Srbije (Institut „Jaroslav Černi“, 2001), područje Deliblatske peščare spada u kategoriju V - vrlo slaba erozija i IV - slaba erozija sa vrednostima specifične produkcije nanosa od $< 100 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ god}^{-1}$ do $500 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ god}^{-1}$. Ako se ove vrednosti

pomnože sa sračunatom zapreminskom masom od $1,54 \text{ t m}^{-3}$ u poglavlju 6.1. (tabela 6.1/14.) dobija se produkcija nanosa sa vrednostima koje se kreću od $< 1,54 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ do $7,70 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Izmerene vrednosti produkcije eolskog nanosa po godinama na lokalitetu Cvijićev vis se kreću u intervalu od $29,88 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ 2007. godine do $75,68 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ 2008. godine i ulaze u opseg od srednje ($15,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$) do ekscesivne erozije ($> 46,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$). U pogledu modela pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta, model profilne distribucije (PDM) za neobrađena zemljišta je dao prosečne gubitke zemljišta od $173,54 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $1,87 \text{ cm}$, model profilne distribucije (PDM) za sve uzorake uzete na eksperimentalnom području $207,06 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,10 \text{ cm}$ i model Basher & Webb $212,18 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,09 \text{ cm}$. Ove vrednosti daleko premašuju kategoriju ekscesivne erozije prema Karti erozije Srbije, ali se u značajnoj meri uklapaju u neke dobijene rezultate istraživanja gubitaka zemljišta metodom praćenja ^{137}Cs širom sveta, što potvrđuje potencijalno dobru primenljivost ove metode i na peščarsko - stepsko - šumskom području Deliblatske peščare. Isto tako, u svetu postoji širok dijapazon kategorisanih vrednosti eolske erozije koje se sa jedne strane kreću od neznatne eolske erozije na livadama sa intenzitetima manjim od $0,108 \text{ cm god}^{-1}$, preko one intenzivnije na polupokretnim peskovima sa intenzitetima većim od $1,35 \text{ cm god}^{-1}$ (Zhang et al., 2002) do jako erodiranih poljoprivrednih zemljišta sa godišnjim gubitkom površinskog sloja od $4,05 \text{ mm god}^{-1}$ sa druge strane (Qi et al., 2008). Sve ovo ukazuje na terminološke probleme i izuzetno velike razlike u tumačenju dobijenih rezultata metodom praćenja količina ^{137}Cs na istim ili sličnim zemljištima, kao i na neusaglašenost ocena intenziteta eolske erozije, tako da postoji još dovoljno prostora za ocenu kvaliteta ove metode i objektivnost modela pretvaranja količina ^{137}Cs u intenzitete eolske erozije i gubitke zemljišta.

Izmerene vrednosti pronosa eolskog nanosa u realnim terenskim uslovima na Deliblatskoj peščari na najbolji način determinišu procese i efekte eolske erozije i potpuno se uklapaju u sliku erozije ugroženosti AP Vojvodine i Republike Srbije. Međutim, nepostojanje standardizovanih mernih instrumenata pomoću kojih bi se na jedinstven način kvantifikovali procesi eolske erozije ukazuje na potrebu kombinovanja statičnih i rotacionih hvatača sa većim visinskim distribucijama eolskog nanosa u budućim istraživanjima.

Izmerene količine ^{137}Cs i dobijeni gubici zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis suštinski definišu procese redistribucije zemljišta (deflacije i depozicije) ukazujući na ekstremno jake intenzitete eolske erozije na golom zemljištu, odnosno stalno obrađenom površinskom sloju zemljišta bez zaštitne uloge vegetacionog pokrivača i vegetacionog pojasa. Ipak, ovde treba još jednom istaći da su radioaktivne padavine ^{137}Cs povezane sa nesrećom u Černobilu 1986. godine dodatno iskomplikovale interpretaciju vrednosti ^{137}Cs i u izvesnoj meri ograničile upotrebu metode praćenja ^{137}Cs u širem perimetru Deliblatske peščare, jer je povećana prostorna varijabilnost padavinskog ulaza ^{137}Cs poreklom iz Černobila primetno izražena na ovom području. Zbog toga, korišćenje ^{137}Cs u kombinaciji sa radionuklidima prirodnog porekla $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be nudi potencijal da se preciznije identifikuju intenziteti eolske erozije u rasponu vremenskih intervala od nekoliko dana do nekoliko decenija kako bi se rasvetlila istorija erozionih procesa na proučavanim lokalitetima u budućnosti.

8. ZAKLJUČCI

Neposredna kontinuirana četvorogodišnja merenja intenziteta eolske erozije sprovedena na lokalitetu Cijićev vis i jednogodišnje merenje intenziteta eolske erozije sprovedeno na dva merna mesta lokaliteta Dragićev hat na Deliblatskoj peščari, obrada dobijenih podataka i njihova analiza, pružaju mnogobrojne rezultate iz kojih se mogu izvesti sledeći zaključci:

- Primenjeni hvatači nanosa tipa *deflametar* uspešno se mogu koristiti za neposredna merenja intenziteta eolske erozije iskazanog kao pronos nanosa po jediničnoj širini fronta, odnosno kao količina nanosa koja se transportuje kroz jedinični poprečni profil u posmatranom vremenu ($\text{g m}^{-1} \text{mes}^{-1}$, $\text{kg m}^{-1} \text{mes}^{-1}$, $\text{g m}^{-1} \text{god}^{-1}$, $\text{kg m}^{-1} \text{god}^{-1}$). Ovaj merni instrument je jednostavan što može da doprinese njegovoj širokoj primeni;
- Sprovedenim merenjima utvrđeni su mesečni i godišnji pronosi eolskog nanosa na lokalitetima Cvijićev vis i Dragićev hat na kojima do sada nije bilo sličnih istraživanja;
- Merenja eolske erozije na lokalitetu Cvijićev vis na Deliblatskoj peščari postavljenim mernim instrumentima tipa *deflametar* za period 2006-2009. godine su ukazala na značajne procese eolske erozije koji su definisani srednjim godišnjim pronosom nanosa od $4,48 \text{ kg m}^{-1}$;
- Ustanovljeno je da su ukupno zahvaćene količine nanosa na 8 hvatača bile $\Sigma = 25,94, 20,92, 52,98$ i $43,47 \text{ kg m}^{-1} \text{god}^{-1}$, a pronosi nanosa $\Sigma' (\Sigma/8) = 3,24, 2,61, 6,62$ i $5,43 \text{ kg m}^{-1} \text{god}^{-1}$ u 2006., 2007., 2008. i 2009. godini respektivno;
- Prema klasifikaciji Letića (1989), čije su kategorije zasnovane na godišnjim pronosima eolskog nanosa, izmerena eolska erozija se kreće od II kategorije - srednja erozija ($2,61 \text{ kg m}^{-1}$) do III kategorije - jaka erozija ($6,62 \text{ kg m}^{-1}$). Ako se ovome doda da je granica između jake i vrlo jake erozije po istoj klasifikaciji $7,0 \text{ kg m}^{-1}$ pomenuta zabeležena količina 2008. godine od $6,62 \text{ kg m}^{-1}$ dobija na značaju;
- Mesečni pronosi nanosa su se kretali u veoma širokom dijapazonu, od minimalne vrednosti $10,4 \text{ g m}^{-1}$ u februaru do maksimalne vrednosti $4.446,3 \text{ g m}^{-1}$ u decembru 2008. godine, koja je činila skoro 70% od ukupnog godišnjeg pronosa nanosa za dati lokalitet. Maksimumi mesečnih vrednosti najčešće su se javljali tokom zime (februar 2006. i 2007., decembar 2008. i januar 2009.), a minimumi mesečnih vrednosti tokom proleća i jeseni;
- Korelaciona analiza je pokazala da postoji veoma jaka međusobna veza između mesečnih pronosa nanosa zahvaćenih postavljenim mernim instrumentima iz različitih pravaca na lokalitetu Cvijićev vis za period 2006-2009. godine, jer se dobijeni koeficijenti korelacije kreću od 0,75 do 0,99 što ukazuje na izraženo vrtložno kretanje nanosa u zoni erozionog polja;
- Pronosi nanosa za period od maja 2006. do aprila 2007. godine pokazuju da je na lokalitetu Cvijićev vis koga karakterišu neobraslost i otvorenost površine (povremena obrada zemljišta) zabeležen najveći intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou koji je 4 puta veći u odnosu na lokalitet Dragićev hat – rasadnik I koga karakterišu neobraslost i zaštićenost površine (okruženo šumom i povremena obrada zemljišta) i 30,2 puta veći u odnosu na Dragićev hat – rasadnik II koga karakterišu obraslost i zaštićenost zemljišta (okruženo šumom i obraslo travnom vegetacijom). Na lokalitetu

- Dragičev hat – rasadnik I intenzitet eolske erozije na godišnjem nivou je 7,5 puta veći od onog na lokalitetu Dragičev hat – rasadnik II, što je direktna posledica zaštitne uloge vegetacionog pokrivača i vegetacionog pojasa;
- Merenje intenziteta eolske erozije iz određenih pravaca (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) potpuno definiše procese eolske erozije u vektorskom smislu, jer pored ukupne produkcije nanosa i gubitaka zemljišta određuje pravac i smer kretanja nanosa za izabrani vremenski interval;
 - Najveći pronosi nanosa su registrovani iz jugoistočnog pravca 21,2%, a najmanji iz severnog pravca 9,3%. Kombinacija istočnog, jugoistočnog i južnog pravca je dala ukupno 47,8% pronosa nanosa iz jugoistočnog kvadranta, što je približno polovina od ukupno zahvaćenih količina nanosa na datom lokalitetu;
 - Gubici zemljišta izraženi preko rezultujućih mesečnih pronosa nanosa (vektorski zbir) iznosili su 5,13, 2,04, 4,31 i 11,94 kg m⁻¹ u 2006., 2007., 2008. i 2009. godini respektivno, a procentualni udeo godišnjih gubitaka zemljišta u odnosu na ukupnu produkciju nanosa (aritmetički zbir) se kretao od 8,1% do 27,5%, što znači da se od ukupno podignutog eolskog nanosa samo manji deo odnese trajno van erozionog polja, dok se ostatak premešta unutar njegovih granica;
 - Direktno merenje intenziteta eolske erozije posebno iz različitih pravaca je jedini pravi i najpouzdaniji pokazatelj pravca kretanja eolskog nanosa. Rezultujući pravac kretanja eolskog nanosa u toku perioda istraživanja bio je od jugoistoka ka severozapadu (severozapadni kvadrant sa azimutom 289-342°) pod uticajem dominantnog jugoistočnog vetra „Košava“;
 - U pogledu granulometrijskog (mehaničkog) sastava eolskog nanosa na Deliblatskoj peščari karakteristična je visoka koncentracija sitnih peskova (0,02-0,2 mm) od čak 91%, što ukazuje na potencijalnu erodibilnost zemljišta, naročito u odsustvu travnog i šumskog pokrivača;
 - U delu istraživnog područja sadržaj humusa u zemljištu je mali, ali je duplo veći u odnosu na eolski nanos, što govori o inicijalnoj fazi gomilanja organske materije.

Na osnovu svih uzetih uzoraka zemljišta za procenu stanja eolske erozije metodom praćenja količina ¹³⁷Cs na lokalitetu Cvijićev vis na Deliblatskoj peščari, njihove obrade i analize podataka, dobijeni su rezultati iz kojih se mogu izvesti sledeći zaključci:

- Ukupan broj uzetih uzoraka za metodu praćenja količina ¹³⁷Cs je iznosio 149, od kojih je bilo 9 inicijalnih uzoraka (3 profila po 3 uzorka), 14 osnovnih uzoraka (2 profila po 7 uzoraka), 32 ostala uzorka (8 profila po 4 uzorka), 36 referentnih uzoraka (9 profila po 4 uzorka) i 58 uzoraka uzetih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW);
- Osnovni uzorak na neobrađenom zemljištu sa detektovanom količinom ¹³⁷Cs od 10.603,57 Bq m⁻² predstavlja uporednu vrednost, tj. lokalni padavinski ulaz ¹³⁷Cs za modele pretvaranja količina ¹³⁷Cs u količine izgubljenog zemljišta. Ovaj uzorak odlikava sredinu na kojoj su sprovedena istraživanja i predstavlja uporednu vrednost koja može korektno da definiše procese eolske erozije. Izbor osnovnog uzorka sa neobrađenog zemljišta za lokalni padavinski ulaz ¹³⁷Cs je zasnovan na poznavanju istorije terena (dodatne radioaktivne padavine kao posledica černobilske

- katastrofe 1986. godine, neuspelo pošumljavanje crnim borom 1996. godine, poremećaj površinskih slojeva zemljišta usled primene nove tehnologije prilikom pošumljavanja itd.);
- Referentna vrednost količine ^{137}Cs za šumu na Deliblatskoj peščari definisana kao srednja vrednost svih srednjih vrednosti referentnih količina ^{137}Cs za osnovne tipove šume na Deliblatskoj iznosi $5.012,71 \text{ Bq m}^{-2}$. Ovako dobijena referentna vrednost odražava realnu situaciju u šumskim ekosistemima po pitanju sadržaja ^{137}Cs i može se očekivati i na drugim šumskim lokalitetima na Deliblatskoj peščari;
 - Za pretvaranje izmerenih količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta po teorijskim modelima Walling-a korišćen je najjednostavniji proporcionalni model (PM) za obrađena zemljišta, a najprimenjeniji model profilne distribucije (PDM) za neobrađena zemljišta u okviru najnovije verzije PC-kompatibilnog softverskog paketa u Microsoft Excel Add-Ins varijanti (Walling et al., 2006);
 - Proporcionalnim modelom (PM) za obrađena zemljišta dobijeni su prosečni gubici zemljišta od $2.081,23 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $19,61 \text{ cm}$. Najveći gubici su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra i na obrađenom zemljištu iznose $2.975,24 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (17,9% od ukupnih količina izgubljenog zemljišta) i $26,87 \text{ cm}$ (17,1% od ukupne visine izgubljenog površinskog sloja zemljišta);
 - Modelom profilne distribucije (PDM) za neobrađena zemljišta dobijeni su prosečni gubici zemljišta od $173,54 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $1,87 \text{ cm}$. Najveći gubici su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra i na neobrađenom zemljištu iznose $222,95 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (16,1% od ukupnih količina izgubljenog zemljišta) i $2,14 \text{ cm}$ (14,3% od ukupne visine izgubljenog površinskog sloja zemljišta);
 - Modelom profilne distribucije (PDM) za sve uzorake uzete na eksperimentalnom području dobijeni su prosečni gubici zemljišta od $207,06 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,10 \text{ cm}$. Najveći gubici zemljišta su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra od $275,99 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (16,7% od ukupnih količina izgubljenog zemljišta) i $2,56 \text{ cm}$ (15,3% od ukupne visine izgubljenog površinskog sloja zemljišta);
 - Model zasnovan na empirijskom odnosu Basher & Webb dao je prosečne koncentracije i količine ^{137}Cs od $26,87 \pm 0,70 \text{ Bq kg}^{-1}$ i $5.192,44 \pm 135,80 \text{ Bq m}^{-2}$ i prosečne gubitke zemljišta od $212,18 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ i $2,09 \text{ cm}$. Najveći gubici zemljišta su dobijeni za merni pravac dominantnog jugoistočnog vetra od $361,44 \text{ t ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$ (21,3% od ukupnih količina izgubljenog zemljišta) i $3,32 \text{ cm}$ (19,8% od ukupne visine izgubljenog površinskog sloja zemljišta);
 - Gubici zemljišta dobijeni modelima pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta ukazuju na značajne procese eolske erozije definisane jakom i ekscisivnom eolskom erozijom;
 - Preporuka za primenu metode praćenja količina ^{137}Cs na peščarsko - stepsko - šumskom području Deliblatske peščare je korišćenje modela Basher & Webb i modela profilne distribucije (PDM) na zemljištima obraslim vegetacijom;
 - Kako su gubici zemljišta dobijeni proporcionalnim modelom (PM) enormno veliki, u cilju preciznije identifikacije intenziteta eolske erozije u budućnosti preporučuje se korišćenje ^{137}Cs u kombinaciji sa radionuklidima prirodnog porekla $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be .

Na osnovu svih uzetih uzoraka zemljišta za procenu stanja redistribucije zemljišta metodom praćenja količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ na lokalitetu Cijićev vis na Deliblatskoj peščari, njihove obrade i analize podataka, dobijeni su rezultati iz kojih se mogu izvesti sledeći zaključci:

- Za 58 uzoraka zemljišta uzetih na tačkama raspoređenih zrakasto po određenim pravcima (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW), pored koncentracija i količina ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, određene su prostorne koordinate X i Y i nadmorske visine uzetih uzoraka;
- Osnovni uzorak sa neobrađenog zemljišta predstavlja ulazni podatak, odnosno izabranu uporednu vrednost (lokalni padavinski ulaz ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), samo što je za razliku od količine ^{137}Cs koja je kod ovog uzorka izrazito visoka i iznosi 10.603,57 Bq m⁻², količina $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ nešto manja i iznosi 4.819,35 Bq m⁻²;
- Prostorne distribucije koncentracija ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ izražene su izolinijama čije se vrednosti kreću za ^{137}Cs u intervalu 0 - 60 Bq kg⁻¹, a za $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u intervalu 0 - 50 Bq kg⁻¹, pošto se sadržaj ^{137}Cs kretao između 0,7 i 56,9 Bq kg⁻¹, u proseku 26,9 Bq kg⁻¹, a sadržaj $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ između 0,1 i 43,4 Bq kg⁻¹, u proseku 14,4 Bq kg⁻¹;
- Kreirani 3D prikazi predstavljaju prostornu distribuciju ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ u procentima odstupanja od lokalnog padavinskog ulaza ^{137}Cs i $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, koji se za ^{137}Cs kreću od -2,12% za NW₂₋₆ uzorak (10.378,27 Bq m⁻²) do -99,15% za NW₁₋₃ uzorak (89,67 Bq m⁻²), u proseku -51,03% (5.411,00 Bq m⁻²), a za $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ od +55,76% za S₂₋₃ uzorak (7.506,26 Bq m⁻²) do -99,55% za SE₁₋₁ i NW₁₋₄ uzorke (21,49 i 21,74 Bq m⁻²), u proseku -42,64% (2.054,97 Bq m⁻²);
- U oba slučaja projekcije redistribucije zemljišta (2D i 3D grafički prikazi) primetan je dominantan uticaj pravca jugoistok - severozapad (SE-NW), odnosno jugoistočnog vetra „Košava”.

Komparacija dobijenih rezultata je omogućila da se izvedu sledeći zaključci:

- Izvršena korelaciona analiza je pokazala da postoji veoma jaka veza između izmerenih vrednosti, odnosno srednjih vrednosti pronosa nanosa i količina ^{137}Cs na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac, jer se dobijeni koeficijenti korelacije kreću od $\pm 0,75$ do 0,98;
- Za odnos gubitaka zemljišta dobijenih modelima pretvaranja količina ^{137}Cs u količine izgubljenog zemljišta na lokalitetu Cvijićev vis i srednjih brzina vetrova na MS Banatski Karlovac koeficijenti korelacije se kreću od 0,63 do 0,93;
- Između srednjih vrednosti pronosa nanosa i srednjih vrednosti odnetih količina ^{137}Cs postoji veoma jaka veza određena koeficijentom korelacije od 0,81;
- Za redistribuciju zemljišta na eksperimentalnom području koja je predstavljena preko projekcije premeštanja srednjih vrednosti pronosa nanosa i srednjih vrednosti odnetih količina ^{137}Cs , dobijen je koeficijent korelacije od 0,68 koji pokazuje da postoji izražena međusobna veza između ovih veličina. Premeštanje zemljišta po mernim pravcima dokazuje dominaciju pravca jugoistok - severozapad (SE-NW), koji u slučaju redistribucije srednjih vrednosti pronosa nanosa iznosi 21,2%, a u slučaju redistribucije srednjih vrednosti odnetih količina ^{137}Cs 17,2% od ukupnih vrednosti;
- Za smanjenje nepovoljnih uticaja eolske erozije na Deliblatskoj peščari, neophodno je primenjivati mere zaštite (npr. pravac pružanja zaštitnih pojaseva) upravne na pravac

duvanja jugoistočnog vetra „Košava“ u zavisnosti od lokalnih karakteristika područja koje se štiti.

Primena metode praćenja količina radionuklida ^{137}Cs u istraživanjima procesa eolske erozije poslednjih godina pojačava interesovanje naučne i stručne javnosti u cilju dobijanja intenziteta eolske erozije. Za druge radionuklide iz radioaktivnih padavina, posebno $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ i ^7Be , postoji dovoljno dokaza da pružaju znatan potencijal u istraživanju procesa eolske erozije, kako sami za sebe, tako i u kombinaciji sa ^{137}Cs .

Na osnovu svih dobijenih rezultata, sprovedenih analiza i izvedenih zaključaka može se konstatovati da su ciljevi realizovani u potpunosti, a postavljena radna hipoteza potvrđena.

9. LITERATURA

1. Albenskij, A. V., Nikitin, P. D. (1956): Agrolesomelioracija, Gosudarstvennoe izdateljstvo seljskohozajstvennoj literatury, str. 744, Moskva.
2. Armbrust, D. V. (1997): Effectiveness of Polyacrylamide (PAM) for Wind Erosion Control, International Symposium - Wind Erosion, Manhattan, Kansas, USA.
3. Basher, L. R., Webb, T. H. (1997): Wind erosion rates on terraces in the Mackenzie Basin, Journal of The Royal Society of New Zealand, Vol. 27, No. 4, pp. 499-512.
4. Beasley, R. P. (1972): Erosion and sediment pollution control, Ames, Iowa State University Press, USA.
5. Bennett, H. H. (1953): Engineering handbook for soil conservation service, U.S. Department of agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D. C., prevod Marjanov M., Zadružna štamparija, str. 90, Beograd.
6. Bikit, I., Slivka, J., Čonkić, Lj., Krmar, M., Vesković, M., Žikić-Todorović, N., Varga, E., Ćurčić, S., Mrdja, D. (2005): Radioactivity of the soil in Vojvodina (northern province of Serbia and Montenegro), Journal of Environmental Radioactivity, No. 78, pp. 11-19, Elsevier Ltd.
7. Blagojević, B. (2012): Razvoj metodologije procene erozije tla i pronosa nanosa primenom GIS tehnologija u funkciji upravljanja zaštitom životne sredine, doktorska disertacija, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu.
8. Borrelli, P., Ballabio, C., Panagos, P., Montanarella, L. (2014): Wind erosion susceptibility of European soils, Geoderma, No. 232-234, pp. 471-478.
9. Borrelli, P., Panagos, P., Ballabio, C., Lugato, E., Weynants, M., Montanarella, L. (2014): Towards a Pan-european assessment of land susceptibility to wind erosion, Land degradation & development, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com).
10. Buccheri, G., De Lauro, E., De Martino, S., Esposito, M., Falanga, M., Fontanella, C. (2014): Identification of soil redistribution using ^{137}Cs for characterizing landslide-prone areas: a case study in Sarno-Quindici, Italy, Environmental Earth Science, 72:2129-2140.
11. Božinović, M., Letić, Lj. (1982): Mere za zaštitu površinskih voda od eolskog nanosa, Bilten Jugoslovenskog društva za zaštitu voda, br. 56, str. 4-15, Beograd.
12. Božinović, M., Pantelić, P., Savić, R. (1994): Eolska erozija na Deliblatskoj peščari, Zbornik radova VI „Deliblatski pesak”, str. 139-160.
13. Chappell, A., Hancock, G., Viscarra Rossel, R. A., Loughran, R. (2011): Spatial uncertainty of the ^{137}Cs reference inventory for Australian soil, Journal of geophysical research, Vol. 116, F04014.
14. Chappell, A., Viscarra Rossel, R. A., Loughran, R. (2011): Spatial uncertainty of ^{137}Cs -derived net (1950s-1990) soil redistribution for Australia, Journal of geophysical research, Vol. 116, F04015.
15. Chepil W. S. (1945): Dynamics of wind erosion I-VI, Soil sci. 60, 61, USA.
16. Chepil, W. S., Woodruff, N. P. (1954): Estimations of wind erodibility of field surfaces, Soil and water conservation journal, No. 6, USA.
17. Chepil, W. S. (1961): The use of spheres to measure lift and drag on wind-eroded soil grains, Soil sci. 24, pp. 243-245, USA.
18. Chepil, W. S., Siddoway, F. H., Armbrust, D. V. (1963): Climatic index of wind erosion conditions in the Great Plains, Proc. Soil Sci. Soc. Am., No. 27, pp. 449-452, USA.

19. Cornelis, W. M. (2006): Hydroclimatology of wind erosion in arid and semiarid environments, P. D'Odorico and A. Porporato (eds.), *Dryland Ecohydrology*, Chapter 9, pp. 141–159, Springer.
20. Du, P., Walling, D. E. (2011): Using ^{137}Cs measurements to investigate the influence of erosion and soil redistribution on soil properties, *Applied Radiation and Isotopes*, No. 69, pp. 717–726.
21. Farsang, A., Duttmann, R., Bartus, M., Szatmári, J., Barta, K., Bozsó, G. (2013): Estimation of soil material transportation by wind based on in situ wind tunnel experiments, *Journal of Environmental Geography*, No. 6 (3–4), pp. 13–20.
22. Flanagan, C., D., Livingston, J., S., et al. (1995): WEPP User Summary, USDA, Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, USA.
23. Flanagan, C., D., Frankenberger, R., J. (2000): Water Erosion Prediction Project (WEPP), Windows Interface Tutorial, USDA, Agricultural Research Service & Purdue University, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana, USA.
24. Fryrear, W. D., Saleh, A., Bilbro, J. D., Schomberg, H. M., Stout, J. E., Zobeck, T. M. (1998): Revised Wind Erosion Equation, USDA, Wind erosion and water conservation research unit, Technical bulletin, No. 1, p. 181, USA.
25. Funk, R., Li, Y., Hoffmann, C., Reiche, M., Zhang, Z., Li, J., Sommer, M. (2012): Using ^{137}Cs to estimate wind erosion and dust deposition on grassland in Inner Mongolia - selection of a reference site and description of the temporal variability, *Plant Soil*, 351:293–307.
26. Gavrilović, S. (1969): Melioracioni sistemi i erozija, *Časopis Vodoprivreda*, br. 1, str. 24–33, Beograd.
27. Gavrilović, S. (1971): Inženjerig o bujičnim tokovima i eroziji, Specijalno izdanje časopisa Izgradnja, str. 292, Beograd.
28. Gavrilović, S. (1972): Izohijetalne karte duvanja vetrova - novi doprinos za racionalnu borbu protiv eolske erozije, Seminar: Erozijska, bujični tokovi i rečni nanos, knjiga 2, str. 13–19, Beograd.
29. Gendugov, V. M., Glazunov, G. P. (2009): Unity of Mechanisms of Water and Wind Erosion of Soils, *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 5, pp. 553–560.
30. Georgiev, I., Adamov, I., Turnalieva, L., Kuteva, P. (1995): A division into districts of the wind soil erosion by climatic data, Scientific conference: 90 years of soil erosion control in Bulgaria, pp. 166–171, Sofia, Bulgaria.
31. Golosov, V. N., Markelov, M. V., Belyaev, V. R., Zhukova, O. M. (2008): Problems in Determining Spatial Inhomogeneity of ^{137}Cs Fallout for Estimating Rates of Erosion-Accumulative Processes, *Russian Meteorology and Hydrology*, Vol. 33, No. 4, pp. 217–227.
32. Hadživuković, S. (1991): Statistički metodi s primenom u poljoprivredi i biološkim istraživanjima, drugo prošireno izdanje, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
33. Hagen L. J., Wagner L. E., Tatarko J. (1996): Wind Erosion Prediction System (WEPS), pp. 284, WERU, Kansas, USA.
34. He, J.-j., Cai, Q.-g., Tang, Z.-j. (2008): Wind tunnel experimental study on the effect of PAM on soil wind erosion control, *Environ Monit Assess*, 145:185–193.
35. He, Q., Walling, D.E. (1996): Interpreting the particle size effect in the adsorption of ^{137}Cs and unsupported ^{210}Pb by mineral soils and sediments, *J. Environ. Radiact.*, 30: 117–137.

36. He, Q., Walling, D.E. (1997): The distribution of fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in undisturbed and cultivated soils, *Appl. Radiat. Isotopes.*, 48: 677-690.
37. Hu, Y.-f., Liu, J., Batunacun, Zhen, L. (2014): Determination of ^{137}Cs reference inventories in a large-scale region: A case study in the central-eastern Inner Mongolia Plateau, *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 24, No. 6, pp. 1047-1059.
38. Hu, Y.-f., Liu, J., Zhuang, D., Cao, H., Yan, H., Yang, F. (2005): Distribution characteristics of ^{137}Cs in wind-eroded soil profile and its use in estimating wind erosion modulus, *Chinese Science Bulletin*, Vol. 50, No. 11, pp. 1155-1159.
39. Jevtić, Lj. (1973): Mogućnost određivanja srednjegodišnjeg inteziteta eolske erozije putem mernih instrumenata, *Glasnik Šumarskog fakulteta, Serija E doktorske disertacije br. 6*, str. 1-75.
40. Jevtić, Lj. (1975): Rezultati istraživanja režima eolskih nanosa na Deliblatskoj peščari, *Zbornik radova III „Deliblatski pesak”*, prethodno saopštenje, str. 147-149.
41. Kirkby, M. J., Morgan, R. P. C. (1980): Soil erosion, Publication of the British geomorphological research group, John Wiley and sons Ltd., p. 415.
42. Kohnke, H., Bertrand, A. R. (1972): Konzervacija tla, prevod sa engleskog, *Svjetlost*, str. 271, Sarajevo.
43. Krmar, M., Velojić, M., Hansman, J., Todorović, N. (2011): Efekti eolske erozije mereni distribucijom ^{137}Cs i prirodnih radionuklida, XXVI Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, *Zbornik radova*, str. 96-100, Tara, Srbija.
44. Krmar, M., Velojić, M., Hansman, J., Ponjarac, R., Mihailović, A., Todorović, N., Vučinić-Vasić, M., Savić, R. (2015): Wind erosion on Deliblato (the largest European continental sandy terrain) studied using $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ and ^{137}Cs measurements, *J Radioanal Nucl Chem*, 303:2511–2515.
45. Letić, Lj. (1989): Istraživanje intenziteta eolske erozije na području Subotičko-Horgoške pešcare, doktorska disertacija, str. 307, Šumarski fakultet, Beograd.
46. Letić, Lj. (1992): Empirijske procene deflacionih procesa na zemljištima lakog mehaničkog sastava u Vojvodini, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, br. 74, str. 663-667, Beograd.
47. Letić, Lj., Savić, R., Božinović, M., Adamović, B., Marjanov, M. (2001): Monografija „Nemirni pesak”, str. 160, Edicija „Tragovi”, knjiga V, JP „Palić-Ludaš”.
48. Letić, Lj., Savić, R., Nikolić, V. (2009): Ugroženost Zapadne Bačke procesom eolske erozije, *Šumarstvo* br. 1-2, str. 37-44, Beograd.
49. Letić, Lj., Savić, R., Nikolić, V. (2011): Eolska erozija u Vojvodini, *Zbornik radova „Okrugli sto na temu 90.000 hektara novih šuma i poljizaštinih pojaseva do 2020. godine”*, str. 81-89, Prvi sajam šumarstava u Novom Sadu, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije.
50. Letić, Lj., Savić, R., Velojić, M. (2008): Wind erosion researches and monitoring in Vojvodina, *Workshop Proceedings: Needs and priorities for research and education in biotechnology applied to emerging environmental challenges in SEE countries (ISBN 978-86-912323-1-3)*, pp. 61-65, Novi Sad.
51. Letić, Lj., Štefkić, D., Blesić, P. (1984): Eolska erozija na području SAP Vojvodine, *Zemljište i biljka*, Vol. 33, No. 2, str. 121-128, Novi Sad.
52. Li, M., Li, Z.-b., Liu, P.-l. Yao, W.-y. (2005): Using Cesium-137 technique to study the characteristics of different aspect of soil erosion in the Wind-water Erosion Crisscross Region on Loess Plateau of China, *Applied Radiation and Isotopes*, No. 62, pp. 109-113.

53. Liu, J.-y., Qi, Y.-q., Shi, H.-d., Zhuang, D.-f., Hu, Y.-f. (2008): Estimation of wind erosion rates by using ^{137}Cs tracing technique: A case study in Tariat-Xilin Gol transect, Mongolian Plateau, Chinese Science Bulletin, Vol. 53, No. 5, pp. 751-758.
54. Long, Y., Zhang, X., Wen, A., He, X. (2012): ^{137}Cs Finger Printing Technique for Erosion and Sedimentation Studies, J. Mt. Sci., 9: 34–40.
55. Mendez, M. J., Funk, R., Buschiazzo, D. E. (2011): Field wind erosion measurements with Big Spring No. Eight (BSNE) and Modified Wilson and Cook (MWAC) samplers, Geomorphology, No. 129, pp. 43–48.
56. Owens, P. N. (1994): Towards improved interpretation of caesium-137 measurements in soil erosion studies, PhD thesis, Exeter University.
57. Owens, P. N., Walling, D. E. (1996): Spatial variability of caesium-137 inventories at reference sites: an example from two contrasting sites in England and Zimbabwe, Applied Radiation Isotopes, No. 47 (7), pp. 699-707.
58. Owens, P. N., Walling, D. E. (1998): The use of a numerical mass-balance model to estimate rates of soil redistribution on uncultivated land from C s measurements, Journal of Environmental Radioactivity, No. 40 (2), pp. 185-203.
59. Pasak, V. (1964): Rychlost vetru a odnos pudy, Meliorace, č.1, str. 39-46, Praha.
60. Pasak, V. (1967): Faktory ovlivnujici vetrnou erozi pudy, Vedecke prace, VUM, Praha.
61. Pasak, V., a kol. (1984): Ochrana pudy pred erozi, Statni zemedelske nakladatelstvi, str. 161, Praha.
62. Qi, Y.-q., Liu, J.-y., Shi, H.-d., Hu, Y.-f., Zhuang, D.-f. (2008): Using ^{137}Cs tracing technique to estimate wind erosion rates in the typical steppe region, northern Mongolian Plateau, Chinese Science Bulletin, Vol. 53, No. 9, pp. 1423-1430.
63. Ritchie, J. C., Ritchie, C. A. (1995): ^{137}Cs use in erosion and sediment deposition studies: promises and problems, In: IAEA, Use of Nuclear Techniques in Studying Soil Erosion and Siltation, IAEA-TECDOC-828, 111-201.
64. Saç, M. M., Yumurtaci, E., Yener, G., Camgöz, B., Uğur, A., Özden, B. (2007): Soil erosion determinations by using ^{137}Cs technique in the agricultural regions of Gediz Basin, Western Turkey, Environ Geol, 55:477–483.
65. Saç, M. M., Uğur, A., Yener, G., Özden, B. (2008): Estimates of soil erosion using cesium-137 tracer models, Environ Monit Assess, 136:461–467.
66. Savić, R. (1999): Ugroženost zemljišta Vojvodine eolskom erozijom, doktorska disertacija, str. 170, Departman za uređivanje voda, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
67. Savić, R., Benka, P., Letić, Lj., Gostović, M. (2002): Mogućnost primene i prednosti metode Cezijum 137 za određivanje eolske erozije u uslovima Vojvodine, Tematski zbornik radova „Melioracije i poljoprivreda”, str. 171-177, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uredjenje voda, Novi Sad.
68. Savić, R., Božinović, M., Letić, Lj. (2004): A new approach to quantification of wind erosion processes, Zemljište i biljka, Vol. 53, No. 2, pp. 119-128.
69. Savić, R., Letić, Lj. (2003): Wind erosion on light soils in Vojvodina, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, I(2), 5-10.
70. Savchenko, A. V., Smirnov, V. V. (1997): Wind Erosion Peculiarities of the Drying Pool Soil, International Symposium - Wind Erosion, Manhattan, Kansas, USA.
71. Shao, Q.-q., Xiao, T., Liu, J.-y, Qi, Y.-q. (2011): Soil erosion rates and characteristics of typical alpine meadow using ^{137}Cs technique in Qinghai-Tibet Plateau, Chinese Science Bulletin, Vol. 56, No.16, pp. 1708–1713.

72. Shi, H., Gao, Q., Qi, Y., Liu, J., Hu, Y. (2010): Wind erosion hazard assessment of the Mongolian Plateau using FCM and GIS techniques, *Environmental Earth Science*, 61:689-697.
73. Song, Y., Yan, P., Liu, L. (2006): A review of the research on complex erosion by wind and water, *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 16, No. 2, pp. 231-241.
74. Stredansky, J. (1980): Zavislost odnosu pody od rychlosti vetra, *Polnohospodarstvo*, Roč. 26, č.3, str. 219-226, Bratislava.
75. Stredansky, J. (1981): Zavislost odnosu pody od rychlosti vetra a vlhkosti pody, *Acta fytotechnica*, Roč. 37, str. 249-255, Nitra.
76. Stredansky, J. (1993): Vetrena erozia pody - ochrany ucinok polnohospodarskych plodin voče ucinom vetrenej erozie, *Metodiky pro zavadeni vysledku vyzkumu do zemedelske praxe*, Roč. 15, Ministerstvo zemedelstvi ČR, str. 1-35, Praha.
77. Stredansky, J., Stredanska, A. (1998): Vpliv odnosu pody vetrom na urodnost pody, *Polnohospodarstvo*, Roč. 44, č.5, str. 241-247, Bratislava.
78. Švehlik, R. (1972): Deflametr a prvni vysledky mereni, *Sbornik Československe společnosti zemepisne*, Roč. 1972, č.3, sv. 77, str. 233-242, Praha.
79. Švehlik, R. (1972): Deflametr a další vysledky mereni, *Geograficky časopis*, Roč. 26, č.1, str. 54-65, Bratislava.
80. Švehlik, R. (1982): Mereni intenzity vetrne eroze pomoci deflametru, *Geograficky časopis*, Roč. 34, č. 2, str. 194-199, Bratislava.
81. Švehlik, R. (1987): Deflametricke metody ve vyzkumu vetrene eroze, *Sbornik UVTIZ - Meliorace, Technicke informace*, Roč. 23 (LX), str. 151-158, Praha.
82. Velojić, M., Stanišić, M., Jovanović, D. (2001): Primena projekta predviđanja vodne erozije (Water Erosion Prediction Project) na primeru MS Beograd, *Šumarstvo* br. 1-2, str. 71-78, Beograd.
83. Visser, S. M., Sterk, G., Ribolzi, O. (2004): Techniques for simultaneous quantification of wind and water erosion in semi-arid regions, *Journal of Arid Environments*, 59:699-717.
84. Walling, D. E. (1988): Use of ¹³⁷Cs and other fallout radionuclides in soil erosion investigations: Progress, problems, and prospects, In: *Use of ¹³⁷Cs in the study of soil erosion and sedimentation*, Technical Report Series, IAEA Technical Document-1028, pp. 39-62, Vienna, Austria.
85. Walling, D. E. (2007): Tracing versus Monitoring: New Approaches to Studying the Fine Sediment Dynamics of Catchments and River Basins, *International Conference on Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management*, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Serbia.
86. Walling, D. E., He, Q. (1997): Models for converting ¹³⁷Cs measurements to estimates of soil redistribution rates on cultivated and uncultivated soils (Including software for model implementation), *A contribution to the International Atomic Energy Agency Coordinated Research Programmes on Soil Erosion (D1.50.05) and Sedimentation (F3.10.01)*, Department of Geography, Exeter, UK.
87. Walling, D. E., He, Q. (1998): Use of fallout ¹³⁷Cs measurements for validating and calibrating soil erosion and sediment delivery models, In: *Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes*, (Proceedings Vienna Symposium), International Association of Hydrological Sciences, Publication 249:267-278.
88. Walling, D. E. and He, Q. (1999). Using fallout lead-210 measurements to estimate soil erosion on cultivated land, *Soil Sci. Am. J.*, 63:1404-1412.

89. Walling, D. E., He, Q. (1999): Improved models for estimating soil erosion rates from Caesium-137 measurement, *Journal of Environmental Quality*, 28:611-622.
90. Walling, D. E., He, Q. (2000): The global distribution of bomb-derived ¹³⁷Cs reference inventories, Final Report on IAEA Technical Contract 10361/RO-R1, University of Exeter, UK.
91. Walling, D. E., He, Q., Appleby, P. G. (2002): In: Zapata, F. (ed.) *Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radio-nuclides*, Kluwer, Dordrecht.
92. Walling, D. E., He, Q., Quine, T. A. (1995): Use of caesium-137 and lead-210 as tracers in soil erosion investigations, *International Association of Hydrological Sciences*, Publication No. 229:163-172.
93. Walling, D. E., He, Q., Quine, T. A. (1996): Use of fallout radionuclides measurements in sediment budget investigations, *Géomorphologi: Relief, Processes, Environmental*, 3:17-28.
94. Walling, D. E., Quine, T. A. (1990): Use of caesium-137 to investigate patterns and rates of soil erosion on arable fields, In: J. Broadman, I.D.I. Foster, and J.A. Dearing (eds.), *Soil erosion on agricultural land*, pp. 33-53, Wiley, London.
95. Walling, D. E., Quine, T. A. (1990): Calibration of caesium-137 measurements to provide quantitative erosion rate data, *Land Degrad Rehabil*, 2:161-165.
96. Walling, D. E., Quine, T. A. (1991): The use of ¹³⁷Cs measurements to investigate soil erosion on arable fields in the UK: potential applications and limitations, *Journal of Soil Science*, 42:147-165.
97. Walling, D. E., Quine, T. A. (1993): Use of caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: Handbook for the application of the caesium-137 technique, pp. 196, Overseas Development Administration Research Scheme R4579, Department of Geography, University of Exeter, UK.
98. Walling, D. E., Quine, T. A. (1995): Use of fallout radionuclide measurements in soil erosion investigations, *FAO Document Repository*, Department of Geography, University of Exeter, UK.
99. Walling, D. E., Quine, T. A. (1995): The use of fallout radionuclide measurements in soil erosion investigations, *Proceedings, International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Soil/Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation*. International Atomic Energy Agency, Publication ST1/PUB/947:597-619.
100. Walling, D. E., Zhang, Y., He, Q. (2006): Models for Converting Measurements of Environmental Radionuclide Inventories (¹³⁷Cs, Excess ²¹⁰Pb, and ⁷Be) to Estimates of Soil Erosion and Deposition Rates (Including Software for Model Implementation), Department of Geography, University of Exeter, EX4 4RJ UK.
101. Warren, A., et al. (1999): *Wind Erosion on European Light Soils (WEELS)*, Final Report to the European Union Commission, 1) Department of Geography, University College, London, England, 2) Institute of Soil Technology, Bremen, Germany, 3) Erosion and Soil & Water Conservation Group, Wageningen, Netherlands, 4) Department of Physical Geography, Lund University, Sweden, pp. 178.
102. Warsta, L., Taskinen, A., Paasonen-Kivekäs, M., Karvonen, T., Koivusalo, H. (2014): Spatially distributed simulation of water balance and sediment transport in an agricultural field, *Soil & Tillage Research*, No. 143, pp. 26-37.
103. Webb, N. P., Galloza, M. S., Zobeck, T. M., Herrick, J. E. (2016): Threshold wind velocity dynamics as a driver of aeolian sediment mass flux, *Aeolian Research*, 20: 45–58.

104. Xing, M., Guo, L.-j. (2009): The dust emission law in the wind erosion process on soil surface, Science in China Series G: Physics, Mechanics & Astronomy, Vol. 52, No. 2, pp. 258-269.
105. Yan, P., Dong, G., Zhang, X., Zhang, Y. (2000): Preliminary results of the study on wind erosion in the Qinghai-Tibetan Plateau using ^{137}Cs technique, Chinese Science Bulletin, Vol. 45, No. 1, pp. 1019:1025.
106. Yan, P., Dong, Z., Dong, G., Zhang, X., Zhang, Y. (2001): Preliminary results of using ^{137}Cs to study wind erosion in the Qinghai-Tibet Plateau, J Arid Environ, 47:443-452.
107. Yang, Y. H., Yan, B. X., Yhu, H. (2011): Estimating soil erosion in Northeast China using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, Pedosphere, 21:706-711.
108. Yue, Y., Shi, P., Zou, X., Ye, X., Zhu, A.-x., Wang, J. (2015): The measurement of wind erosion through field survey and remote sensing: a case study of the Mu Us Desert, China, Nat Hazards, 76:1497-1514.
109. Zachar, D. (1970): Erozia pody, SAV, str. 528, Bratislava.
110. Zhang, C., Gong, J., Zou, X. Y., Dong, G., Li, X., Dong, Z., Quing, Z. (2003): Estimates of soil movement in a study area in Gonghe Basin, North-East of Qinghai-Tibet Plateau, J Arid Environ, 53:285-295.
111. Zhang, C., Zou, X., Dong, G., Zhang, X., Qin, Z. (2002): Characteristics of ^{137}Cs deposition in steppe area, Chinese Science Bulletin, Vol. 47, No. 10, pp. 848-853.
112. Zhang, G.-p., Zhang, Z.-x., Liu, J.-y. (2001): Spatial distribution of wind erosion and its driving factors in China, Journal of Geographical Sciences, Vol. 11, No. 2, pp. 127-139.
113. Zhang, Z., Dong, Z. (2014): Characteristics of aeolian sediment transport over different land surfaces in northern China, Soil & Tillage Research, No. 143, pp. 106-115.
114. Zapata, F. (2003): The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments, Soil & Tillage Research, 69:3-13.
115. Zobeck, T. M., Sterk, G., Funk, R., Rajot, J. L., Stout, J. E., Van Pelt, R. S. (2003): Measurement and data analysis methods for fieldscale wind erosion studies and model validation, Earth Surface Processes and Landforms, No. 28, pp. 1163-1188.
116. Zobeck, T. M., Stout, E. J., Gill, E. T., Fryrear, W. D. (1996): Airborne dust and sediment measurements in agricultural fields, pp. 1-8, USDA, Agricultural Research Service, Texas, USA.
117. Zollinger, B., Alewell, C., Kneisel, C., Meusburger, K., Brandová, D., Kubik, P., Schaller, M., Ketterer, M., Egli, M. (2015): The effect of permafrost on time-split soil erosion using radionuclides (^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, meteoric ^{10}Be) and stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) in the eastern Swiss Alps, J Soils Sediments, 15:1400-1419.
118. ***Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ (2001): Vodoprivredna osnova Republike Srbije, str. 1-369, Beograd.

BIOGRAFIJA

Mr Miljan Velojić rođen je 17. 09. 1963. godine u Knjaževcu gde je završio osnovnu i srednju školu. Studije na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, Institut za vodoprivredu erozionih područja, upisao je školske 1986/87. godine i završio 07. 04. 1992. godine sa prosečnom ocenom 8.39. Diplomirao je na predmetu Bujični tokovi i erozija na temu "*Pluviometrijski režim sliva reke Visočice*" ocenom 10 (deset).

Po završetku studija, u periodu od 01. 04. 1993. do 30. 04. 1995. godine, radio je na Šumarskom fakultetu u Beogradu, na Katedri za bujične tokove i eroziju, kao stručni saradnik - pripravnik u okviru sprovođenja programa o zapošljavanju mladih visokostručnih kadrova nadarenih za naučno-istraživački rad Republičkog zavoda za tržište rada. U okviru tri semestra bio je angažovan na praktičnom delu nastave (vežbe, konsultacije i sl.) na predmetu Bujični tokovi i erozija za deo nastave Projektovanje u bujičarstvu. Za vreme rada na fakultetu boravio je na stručnoj praksi i usavršavanju u Nemačkoj (15. 07 - 15. 10. 1993. god.), u šumariji Bondorf na Švarcvالدu u okviru direkcije Frajburg, preko organizacije za međunarodnu razmenu studenata i poslediplomaca IAESTE. Od 06. 07. 1995. godine radio je u Istraživačko-razvojnog centru u okviru generalne direkcije JP „Srbijašume“ kao istraživač saradnik i učestvovao je u izradi više studija, programa i projekata. Stručni ispit je položio 08. 07. 1999. godine u okviru koga je odbranio stručni rad pod nazivom "*Dopuna glavnog projekta za uređenje korita Manastirskog potoka*". Posle pripajanja Instituta za šumarstvo Javnom preduzeću Srbijašume, od 01. 03. 1999. godine prelazi na Institut za šumarstvo u novoformirano Odeljenje za zaštitu i unapređenje životne sredine kao istraživač, gde ostaje do 30. 06. 2003. godine. 01. 07. 2003. godine prelazi u Javno preduzeće „Vojvodinašume“ - ogranak preduzeća ŠG „Novi Sad“ na mesto samostalnog referenta za zaštitu životne sredine. Iste poslove je obavljao od 28. 02. 2005. godine u direkciji preduzeća, da bi 01. 11. 2009. godine došao na mesto koordinatora za sertifikaciju šuma i životnu sredinu, gde i danas radi.

Poslediplomske studije upisao je školske 1992/93. godine na grupi za Bujične tokove i eroziju na kojoj je položio sve ispite predviđene programom ocenama 10 (deset). Magistarski rad pod naslovom "*Proučavanje efekata poprečnih objekata u bujičnim tokovima sliva reke Nišave*" (R₈₀ - Disertacije i teze/R₈₂ - Odbranjena magistarska teza; 3) odbranio je 14. 07. 2000. godine na Šumarskom fakultetu u Beogradu i stekao akademski naziv MAGISTRA ŠUMARSKIH NAUKA IZ OBLASTI ZAŠTITE OD EROZIJE

Od kraja 1996. godine angažovan je u Udruženju šumarskih inženjera i tehničara Srbije (UŠITS) kao tehnički urednik i sekretar redakcije časopisa *Šumarstvo*. Učestvovao je i u organizaciji mnogih skupova, a kao član organizacionog odbora u realizaciji međunarodne konferencije *Natural and socio-economic effects of erosion control in mountainous regions* održanoj povodom 2002. godine - godine planine od 10-13. 12. 2002. godine u Beogradu i Banji Vrujci.

Mr Miljan Velojić je u dosadašnjem radu (sam ili sa drugim autorima) učestvovao u izradi 27 naučnih i stručnih radova, od kojih je 21 objavljen kod nas i 6 u inostranstvu, i realizaciji studije o upravljanju nanosom u slivu reke Južne Morave, kao koautor poglavlja, koja je kasnije štampana kao monografija. U toku 2002. godine konkurisao je kod Zadužbine Andrejević (12. konkurs) i uz pomoć nje publikovao magistarski rad kao monografiju u okviru biblioteke Posebna izdanja. Pored toga, učestvovao je u izradi dva glavna projekta uređenja bujičnih tokova, kao odgovorni projektant i saradnik.