

ÎNCĂRCAREA ZĂPEZII PE SOL ȘI PRESIUNEA DINAMICĂ A VÂNTULUI ESTIMATE ÎN BAZA TEORIEI VALORILOR EXTREME

Doctor în geografie **Valentin RĂILEANU**¹

Membru corespondent al AȘM **Maria NEDEALCOV**¹

Gheorghe CROITORU²

Doctorandă **Olga CRIVOVA**¹

Doctor în geografie **Rodica COJOCARI**¹

¹ Institutul de Ecologie și Geografie al AȘM

² Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor al Republicii Moldova

THE SNOW LOAD ON SOIL AND WIND'S DYNAMIC PRESSURE ESTIMATED BY THE EXTREME VALUES THEORY

Summary. Extreme climatic phenomena present risk factors for agriculture, health, constructions etc and are studied profoundly these past years using extreme values theory. Several relations that describe positive extreme values' probability in GEV and Gumbel distributions are presented in the article. As an example we show the maps of characteristic and reference values of snow's load on soil and wind's dynamic pressure with a probability of exceeding per year equal to 0.02, which is equivalent to the mean return interval of 50 years. The obtained results could serve as a basis for elaboration of national annexes to Eurocode 1, parts 3 and 4 in constructions.

Keywords: Extreme Values theory, Gumbel distribution, return period, digital maps.

Rezumat. Fenomenele climatice extreme prezintă factori de risc pentru agricultură, sănătate, construcții etc. și sunt intens studiate în ultimii ani utilizând teoria valorilor extreme. În articol sunt expuse unele relații ce descriu probabilitățile valorilor extreme pozitive în distribuțiile GEV și Gumbel. Ca exemplu sunt prezentate hărțile valorilor caracteristice și de referință ale încărcării de zăpadă pe sol și ale presiunii dinamice a vântului cu probabilitatea de depășire într-un an de 0,02, echivalent cu intervalul mediu de revenire de 50 de ani. Rezultatele obținute pot servi ca bază pentru elaborarea anexelor naționale la Eurocod 1, părțile 3 și 4, în construcții.

Cuvinte-cheie: Teoria valorilor extreme, distribuția Gumbel, perioada de revenire, hărți digitale.

INTRODUCERE

În contextul schimbării climei recente și a încălzirii globale, fenomenele climatice extreme constituie factori de risc pentru economia națională. Vânturile puternice, inundațiile, ploile torențiale, valurile de căldură, gerurile cumplite și îndelungate, ninsorile abundente sau lipsa zăpezii în perioada de iarnă, grindina afectează puternic agricultura, sănătatea publică, transportul, construcțiile (edificii, poduri, șosele, baraje) etc. Toate acestea conduc la prejudicii esențiale de energie electrică și termică, de combustibil, resurse bugetare și pierderi de vieți omenești.

Cu toate că fenomenele climatice extreme sunt rare, frecvența și intensitatea lor a crescut simțitor în ultimele decenii. Astfel că studiul limitelor extreme de manifestare a unor fenomene meteorologice prezintă un interes deosebit.

În pofida faptului că un fenomen, cu cât este mai puternic, cu atât se declanșează mai rar, probabilitatea

aparitiei acestuia este mai mare decât cea prezisă de distribuții normale pe axa timpului. Comportamentul valorilor extreme ale unei variabile aleatorii este descris prin intermediul Teoriei valorilor extreme, și anume, prin Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (Generalized Extreme Values Distribution – GEVD), care este explicată, la rândul ei, prin trei distribuții în funcție de semnul și valoarea parametruului de formă a distribuției GEV: Weibull, Gumbel și Frechet.

În această lucrare este expusă succint Teoria valorilor extreme, aplicată pentru calculul și cartografierea valorilor de referință (caracteristice) ale presiunii dinamice a vântului și încărcării de zăpadă pe sol cu intervalul mediu de revenire (IMR) de 50 de ani. Rezultatele pot servi drept bază pentru elaborarea anexelor naționale la Eurocod 1, părțile 3 și 4, în construcții. Menționăm că distribuția Gumbel este utilizată de majoritatea țărilor europene pentru asemenea elaborări.

METODOLOGIA CERCETĂRILOR

Distribuția valorilor climatice maxime, în special ale celor anuale, este exprimată [1] prin Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (GEVD):

$$G(x; \mu, \sigma, \xi) = \exp \{-[1 + \xi(x - \mu)/\sigma]\}^{-1/\xi}, \quad (1)$$

unde $-\infty < \mu < \infty$, $\sigma > 0$ și $-\infty < \xi < \infty$ sunt parametri de locație, scară și formă corespunzător. În funcție de valoarea ξ , expresia (1) definește trei tipuri de distribuții: Weibull ($\xi < 0$), Gumbel ($\xi = 0$) și Frechet ($\xi > 0$). Fiecare dintre cele trei tipuri are forme distincte de comportament în extremitățile (cozile) distribuției. Distribuția Weibull este limitată de sus, ceea ce înseamnă că există o valoare finită pe care maximul nu îl poate depăși. Distribuția Gumbel oferă o coadă ușoară, ceea ce înseamnă că, deși maximul poate lua valori infinite de mari, probabilitatea de a obține astfel de niveluri descrește exponențial. Distribuția Frechet este limitată de jos, descrește polinomial în partea de sus, astfel încât valorile mai mari ale maximului să fie obținute cu o probabilitate mai mare decât a distribuției Gumbel. Parametrii distribuției pot fi estimați prin metoda posibilității maxime (MLE).

În cazul când valoarea ξ este mică, probabilitățile distribuțiilor GEVD și Gumbel în cozile de sus practic sunt aceleași. În acest articol, pentru calculul valorilor de referință (caracteristice) cu intervalul mediu de revenire (IMR) a încărcării de zăpadă pe sol și a presiunii dinamice a vântului a fost utilizată distribuția Gumbel cu funcția de densitate a probabilității (PDF) și funcția distribuției cumulative (CDF):

$$f(x) = (1/\sigma) \exp(-z - \exp(-z)) \quad (2),$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3),$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 ale eșantionului:

$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$, unde $\gamma \approx 0,5772$ – constanta Euler-Mascheroni, $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) \sigma_1$. Prin urmare,

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1. \quad (4)$$

Perioada de revenire a acestei valori este egală cu $1/p$. Quantila este o funcție inversă celei de distribuție cumulativă $F(x)$. Pentru distribuția Gumbel, pentru maxime:

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (5)$$

Prin urmare,

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \ln[\ln(1/p)]\} \sigma_1 \quad (6)$$

Valoarea de referință (caracteristica) pentru a fi depășită într-un an cu probabilitatea p este egală cu

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 \ln[\ln(1/1-p)]\} \sigma_1 \quad (7)$$

Valoarea de referință pentru a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p = 0,02$ (interval mediu de reve-

nire (IMR=50 ani) este egală cu

$$x(0,98) = x_{med} + 2,5923 \sigma_1 \quad (8)$$

Ca date inițiale pentru estimarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol au servit valorile maxime anuale ale adâncimii zăpezii (în cm) înregistrate la 16 stații meteorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat în perioada 1966–2016 (56 de ani), cu unele excepții (stațiile Bălțata – 55, Cahul – 55, Cornești – 51, Dubăsari – 54, Leova – 54, Râbnita – 53, Soroca – 55). Valorile maxime anuale sunt obținute din valorile maxime diurne și lunare. Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Trecerea de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă se face prin înmulțire cu o valoare medie a greutății specifice a zăpezii, fără a lua în considerare variabilitatea greutății specifice [2]. Greutatea specifică a zăpezii este influențată de: grosimea stratului de zăpadă, temperatură, acțiunea vântului, umiditatea aerului, acțiunea ploii asupra zăpezii, acțiunea soarelui, timpul de la stabilirea stratului de zăpadă etc. În prezent, nu există un model de calcul al încărcării din zăpadă care să țină cont direct și explicit de contribuția și influența tuturor acestor factori.

În 2001, Joint Committee on Structural Safety (JCSS) a propus o formulă în care a introdus o limită superioară a greutății specifice a zăpezii $\gamma(\infty) = 5 \text{ kN/m}^3$ și o limită inferioară $\gamma(0) = 1,7 \text{ kN/m}^3$:

$$\gamma = \frac{\lambda \gamma(\infty)}{h} \ln[1 + \frac{\gamma(0)}{\gamma(\infty)} (e^{h/\lambda} - 1)] \quad (9)$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii [kN/m^3], h este înălțimea stratului de zăpadă (m), iar parametrul $\lambda = 0,85$. Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Drept date inițiale pentru calculul valorilor de referință a presiunii dinamice a vântului au servit valorile maxime anuale ale vitezei vântului înregistrate la 16 stații meteorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat, în perioada 1966–2016 (51 de ani), dar nu mai puțin de 50 de ani (stațiile Bălți și Bălțata). Valorile maxime anuale sunt obținute din valorile maxime diurne și lunare. Valorile de referință ale presiunii dinamice a vântului sunt calculate din valorile de referință ale vitezei vântului.

Valoarea de referință a vitezei vântului (viteza de referință a vântului), v_b [3], este viteza caracteristică a vântului mediată pe o durată de 10 minute, determinată la o înălțime de 10 m, independent de direcția

Republica Moldova. Zonarea valorilor de referință ale presiunii dinamice a vântului, q_b în kN/m^2 , având IMR = 50 ani

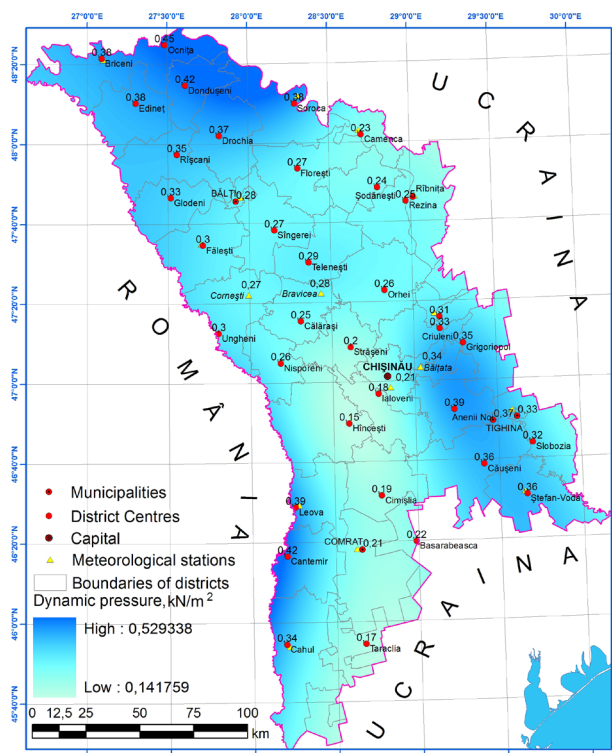


Figura 1. Republica Moldova. Harta valorilor caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol s_k (kN/m^2) cu IMR=50 de ani.

vântului, în câmp deschis (teren de categoria II cu lungimea de rugozitate convențională, $z_0 = 0,05$ m) și având o probabilitate de depășire într-un an de 0,02 (ceea ce corespunde unei valori având intervalul mediu de recurență IMR = 50 de ani). Valoarea de referință a presiunii dinamice a vântului [3] (presiunea de referință a vântului) q_b este valoarea caracteristică a presiunii dinamice a vântului calculată cu expresia:

$$q_b = 0,625 (v_b)^2. \quad (10)$$

La etapa inițială, pentru fiecare stație meteorologică au fost calculate valorile maxime anuale ale încărcării de zăpadă pe sol, utilizând relația (9), media și deviația standard ale eșantionului, apoi calculate valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol cu IMR egal cu 50 de ani conform ecuației (8). Interpolarea spațială a valorilor obținute și elaborarea hărții digitale au fost efectuate utilizând metoda Spline (Curbură minimă) în mediul Sistemului Informațional Geografic ArcGIS 10 (figura 1). Harta este proiectată în sistemul de coordonate UTM 84, zona 35, meridianul central 27° , coeficientul de scară 0,9996 și deplasare

Republica Moldova. Zonarea valorilor caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol s_k , kN/m^2 , cu IMR = 50ani

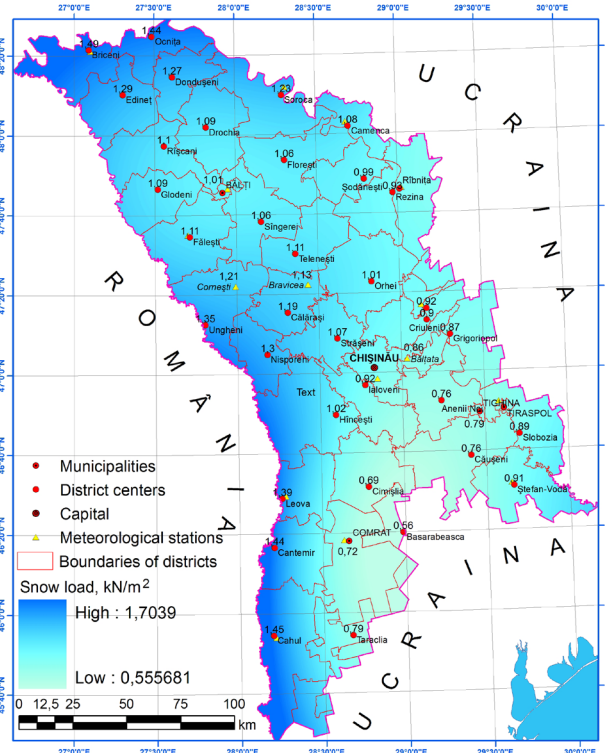


Figura 2. Republica Moldova. Harta valorilor de referință ale presiunii dinamice a vântului q_b (kN/m^2) cu IMR=50 de ani.

falsă spre EST 500 000 m. Pe hartă sunt prezentate limitele raioanelor și municipiilor, centrele raionale, rețeaua geografică, precum și valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol ale centrelor raionale și municipale și ale unor stații meteorologice (Cornești, Bravicea, Bălțața).

ANALIZA REZULTATELOR OBTINUTE

Valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol cu IMR egal cu 50 de ani variază în Republica Moldova în limitele 0,56...1,70 kN/m^2 . Cele mai mari valori se atestă în bazinul mijlociu și inferior al Prutului cu extindere în regiunea Codrilor și în partea de nord a țării. Această situație poate fi explicată prin acțiunea Ciclonului Euroasiatic și influența curburii Carpaților, ținând cont și de zonalitate.

Valori intermediare pot fi atestate în nord-estul și estul republicii. Cele mai mici valori sunt caracteristice raioanelor Cimișlia, Basarabeasca, Anenii Noi, UTA Căgăuzia și parțial Căușeni, Ialoveni ($<0,75$ kN/m^2).

Valorile de referință au fost obținute din analiza valorilor maxime anuale ale vitezei vântului în distribuția Gumbel (Distribuție a Valorilor Extreme), utilizată de majoritatea țărilor europene la elaborarea anexelor naționale la Eurocod 1 [1-4]. La etapa

inițială, pentru fiecare stație meteorologică, au fost analizate valorile maxime anuale ale vitezei vântului și calculate media și deviația standard a eșantionului, precum și valoarea de referință pentru intervalul mediu de revenire de 50 de ani conform formulei [8]. Valorile de referință ale presiunii dinamice a vântului cu IMR egal cu 50 de ani au fost calculate conform formulei [10].

Interpolarea spațială a valorilor obținute cu extindere spre frontiera țării și elaborarea hărții digitale au fost efectuate utilizând metoda Spline (Curbură minimă) în mediul Sistemului Informațional Geografic ArcGIS 10 (figura 2). Valorile de referință ale presiunii dinamice a vântului cu IMR egal cu 50 de ani variază în teritoriu în limitele 0,14...0,53 kN/m². Elementele suplimentare ale hărții corespund figurii 1. Pe hartă sunt prezentate valorile de referință ale centrelor raionale și municipale și ale unor stații meteorologice (Cornești, Bravicea, Bălțata).

Pe hartă pot fi evidențiate trei zone cu valori mari: partea de nord-est, partea de sud-vest (parțial raioanele Leova, Cantemir și Cahul) și partea de sud-est (raioanele Criuleni, Anenii Noi și Căușeni). Cele mai mici valori sunt specifice regiunii Codrilor cu extindere spre sud (parțial raioanele Strășeni, Ialoveni, Hâncești, Cimișlia).

CONCLUZII

Teoria valorilor extreme poate fi utilizată pentru analiza fenomenelor climatice de risc, calcularea și cartografierea anumitor valori climatice extreme cu o anumită perioadă de revenire. Hărțile digitale ale valorilor de referință (caracteristice) ale presiunii dinamice a vântului și încărcării de zăpadă pe sol cu intervalul mediu de revenire (IMR) de 50 de ani în teritoriul Republicii Moldova, elaborate cu suportul Sistemelor Informaționale Geografice, permit de a efectua o zonare a acestor valori. Rezultatele pot servi ca bază pentru elaborarea anexelor naționale la implementarea Eurocod-ului 1, părțile 3 și 4, în construcții.

BIBLIOGRAFIE

1. Gilleland E. and Katz R. W. (2006). Analyzing seasonal to interannual extreme weather and climate variability with Extremes Toolkit. [www.assessment.ucar.edu/pdf/Gilleland 2006 revised.pdf](http://www.assessment.ucar.edu/pdf/Gilleland%202006%20revised.pdf).
2. EN 1991-1-3 (2003) (English): Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads. [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. EN 1991-1-4: (2005) Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions. <https://archive.org/details/en.1991.1.4.2005>.



Și au dzis Purice-aprodul:
— Doamne, eu mă voi face
moviliță și vino de te sui pe mine și
încalecă.

Lică Sainciuc. *Ștefan cel Mare și aprodul Purice* de I. Neculce. Hârtie, calcugravură, 2015.