ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Pagina jurnalului
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

ESTIMAREA FACTORULUI EROZIVITĂȚII PRECIPITAȚIILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Tudor Castraveț[a]

[a] *Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău, Republica Moldova*

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte-cheie:
Erozivitatea precipitațiilor,
RUSLE,
Republica Moldova.

A B S T R A C T

Eroziunea precipitațiilor reprezintă o măsură a forței erozive a precipitațiilor. De obicei, este exprimată ca o variabilă, cum ar fi factorul R dinn Ecuația Universală a Pierderilor de Sol (USLE) (Wischmeier și Smith, 1965, 1978) sau derivatele sale. Indicele de erozivitate a precipitațiilor pentru un eveniment pluviometric (EI30) este calculat din energia cinetică totală și intensitatea maximă de 30 minute a unor evenimente individuale. Aceste date sunt deseori indisponibile pentru unele regiuni și țări. De obicei, există trei aspecte problematice privind datele privind precipitațiile: rezoluția temporală scăzută, densitatea spațială scăzută și accesul limitat la date. Acestea sunt valabile mai ales pentru unele țări, cum ar fi și Republica Moldova, unde eroziunea solului este o problemă reală și persistentă (Summer, 2003) și unde solurile reprezintă principala resursă naturală a țării. În consecință, cercetarea și gestionarea eroziunii solului este deosebit de importantă. Scopul acestui studiu este de a contribui la elaborarea unui model bazat pe datele disponibile privind precipitațiile, cum ar fi valorile unor evenimente individuale, sumele zilnice sau lunare, și de a calcula erozivitatea precipitațiilor pe teritoriul Republicii Moldova. Datele privind precipitațiile colectate în perioada 1994-2015 la 15 stații meteorologice din Republica Moldova, cu o rezoluție temporală de 10 minute, au fost folosite pentru a genera harta erozivității.

Introducere

Caracteristicile precipitațiilor ca: frecvență, durată, cantitate, intensitate și energie cinetică joacă roluri importante în eroziunea solului prin apă. Scopul acestui studiu este de a dezvolta un model bazat pe datele disponibile despre precipitații, cum ar fi cele asupra unor evenimentele, sume zilnice sau lunare, pentru a calcula erozivitatea precipitațiilor pe teritoriul Republicii Moldova.

Republica Moldova este situată între 45°28' și 48°29'N și între 26°37' și 30°09'E, acoperă 33,8 mii km^2 în Europa de Est și constă din dealuri, platouri și câmpii. Cele mai înalte zone sunt în nord și centru (300-400 m); în sud altitudinea este mai mică (100-200 m). Cota medie este de 147 m, cu o altitudine maximă de 429,5 m în Dealul Bălănești (Figura 1).

Precipitațiile anuale variază de la 400 la 620 mm, iar temperatura medie variază de la + 9,1°C și +10,1°C. Verile calde și iernile reci, variabilitatea ridicată în distribuția precipitațiilor și lungimea fluctuantă a sezonului de vegetație, caracterizează clima ca temperat-continentală (Figura 4).

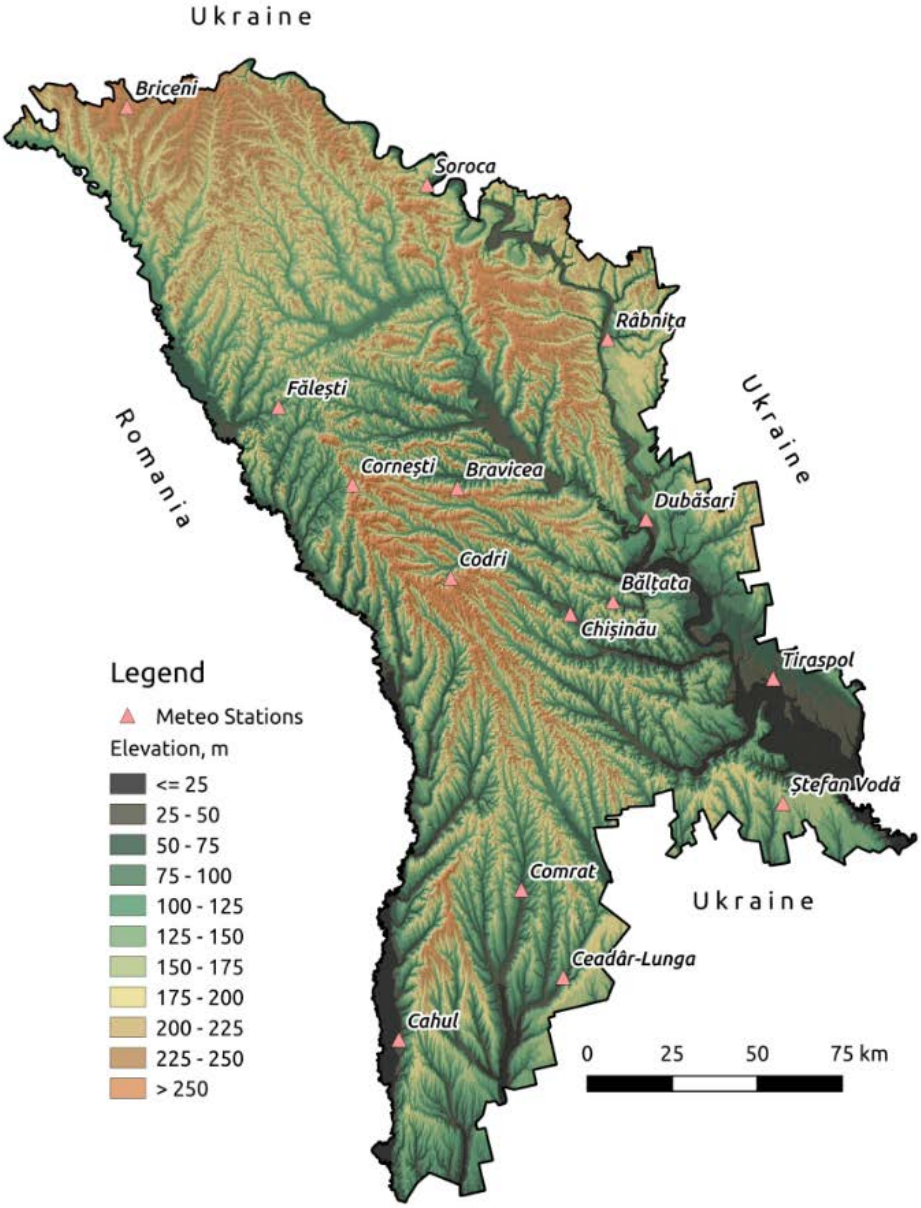


Figura 1. Distribuția stațiilor meteorologice

Materiale și metode

Datele privind precipitațiile colectate în perioada 1984-2016 la 15 stații meteorologice din Republica Moldova, cu o rezoluție temporală de 10 minute, au fost utilizate pentru a genera harta erozivității precipitațiilor în Republica Moldova.

Precipitațiile sunt factorul principal al eroziunii, iar efectul lor eroziv este legat de cantitatea, intensitatea și alte caracteristici ale acestora. În studiu au fost utilizate date privind precipitațiile în perioada caldă (aprilie-octombrie), colectate de Serviciul Hidrometeoro-logic de Stat al Republicii Moldova pentru perioada 1984-2016, după care a fost generată harta erozivității precipitațiilor. Pentru cele 15 stații meteorologice studiate, numărul de ani pentru care sunt disponibile date variază între 14 (Briceni) și 33 (Chișinău), cu o medie de 21,9 ani (Tabelul 1).

Pentru toate stațiile, cu excepția stației Chișinău, fluxul de date este cuprins între anii 1993-94 și 2016. În perioada 1984-2016, numărul mediu de evenimente erozive este de 26,7, variind de la 24 (Ceadâr-Lunga) la 32 (Fălești) evenimente. Stațiile din sudul și estul Moldovei au cel mai mic număr de evenimente (24-25 pe sezon) comparativ cu partea nordică și cea vestică (31-32) (Tabelul 2).

Tabel 1. Caracteristici ale stațiilor meteorologice

ID	Nume stație	Înc.	Sfârșit	Ani	Lat.	Long.	Elevația (m)	Număr mediu anual de evenimente (aprilie-octombrie)
1	**Bălțata**	1993	2008	16	47,058	29,013	81,9	24
2	**Bravicea**	1993	2014	22	47,360	28,411	241,8	30
3	**Briceni**	1999	2012	14	48,362	27,099	214,5	31
4	**Cahul**	1993	2015	23	45,900	28,189	29,8	25
5	**Ceadâr-Lunga**	1993	2014	22	46,064	28,813	81,4	24
6	**Chișinău**	1984	2016	33	47,025	28,848	59,6	27
7	**Codri**	1996	2016	21	47,123	28,385	236,5	27
8	**Comrat**	1993	2016	24	46,296	28,655	65,1	24
9	**Cornești**	1993	2016	24	47,369	28,002	243,9	29
10	**Dubăsari**	1994	2016	23	47,275	29,145	45,4	26
11	**Fălești**	1993	2007	15	47,573	27,712	112,3	32
12	**Râbnița**	1994	2016	23	47,753	29,000	35,2	26
13	**Soroca**	1993	2015	23	48,163	28,291	143,3	26
14	**Ștefan Vodă**	1993	2014	22	46,519	29,659	166,1	26
15	**Tiraspol**	1994	2016	23	46,850	29,629	32,8	24

Pentru toate stațiile, cu excepția stației Chișinău, fluxul de date este cuprins între anii 1993-94 și 2016. În perioada 1984-2016, numărul mediu de evenimente erozive este de 26,7, variind de la 24 (Ceadâr-Lunga) la 32 (Fălești) evenimente. Stațiile din sudul și estul Moldovei au cel mai mic număr de evenimente (24-25 pe sezon) comparativ cu partea nordică și cea vestică (31-32) (Tabelul 2).

Tabel 2. Caracteristicile precipitațiilor

ID	Nume stații	Durata precipitațiilor (vara), h	Cantitatea precipitațiilor (vara), mm	Cantitatea anuală de precipitații, mm	Intensitatea medie a precipitațiilor, mm/h
1	**Bălțata**	98	251	500	3,8
2	**Bravicea**	123	300	568	4,4
3	**Briceni**	125	316	616	4,2
4	**Cahul**	93	267	514	4,7
5	**Ceadâr-Lunga**	80	237	466	6,3
6	**Chișinău**	122	281	547	4,1
7	**Codri**	109	286	631	6,7
8	**Comrat**	83	233	494	5,7
9	**Cornești**	120	299	619	4,5
10	**Dubăsari**	87	242	537	5,4
11	**Fălești**	125	336	567	4,3
12	**Râbnița**	82	259	524	5,4
13	**Soroca**	108	267	539	4,7
14	**Ștefan Vodă**	109	261	542	4,0
15	**Tiraspol**	70	232	505	7,6

Durata medie a evenimentelor erozive din sezonul cald se situează între 70 de ore (Tiraspol) și 125 ore (Briceni, Fălești). Durata precipitațiilor scade de la nord la sud și de la est la vest. Precipitațiile sunt legate, pe tot parcursul anului, în special, de activitatea ciclonică, doar că vara precipitațiile convective joacă un rol mai important. În timpul sezonului cald, predomină precipitațiile sub formă de averse (Tabelul 3).

Tabel 3. Numărul lunar al evenimentelor erozive pentru perioada în studiu

ID	Stația	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie	Octombie	Noiembrie
1	**Bălțata**	8	56	79	82	75	59	27	-
2	**Bravicea**	46	104	135	141	87	93	51	-
3	**Briceni**	16	76	105	95	62	50	35	-
4	**Cahul**	32	93	125	101	98	82	49	-
5	**Ceadâr-Lunga**	18	86	120	91	88	69	50	-
6	**Chișinău**	72	164	168	176	134	109	84	-
7	**Codri**	23	111	109	126	90	70	45	2
8	**Comrat**	23	93	120	107	92	84	46	-
9	**Cornești**	31	124	146	150	110	88	52	-
10	**Dubăsari**	62	115	132	116	94	75	3	-
11	**Fălești**	25	56	88	113	91	65	35	2
12	**Râbnița**	48	108	141	123	95	81		-
13	**Soroca**	24	85	115	149	100	82	42	-
14	**Ștefan Vodă**	33	92	132	115	72	78	42	-
15	**Tiraspol**	53	94	113	124	80	88	2	-
	Media	**34,3**	**97,1**	**121,9**	**120,6**	**91,2**	**78,2**	**40,2**	**2,0**

În ceea ce privește distribuția spațială, se observă o creștere a precipitațiilor spre nord-vest și, odată cu creșterea altitudinii (Лacce, 1978). Cantitățile maxime de

precipitații au fost înregistrate în Podișul Moldovei de Nord, în Podișul Nistrului și Podișul Codrilor, care au mai mult de 550 mm anual. În aceeași regiune, în timpul sezonului cald, cantitatea de precipitații este mai mare de 300 mm. Precipitațiile în timpul verii reprezintă 45-59% din precipitațiile anuale, în același timp se poate observa o scădere a ponderei lor de la vest la est. Corelația dintre cantitatea anuală de precipitații și cantitatea de precipitații din timpul verii este reprezentată de o funcție de putere care prezice destul de bine (R^2 = 0,619) cantitatea de precipitații din sezonul cald din valorile anuale (Figura 2).

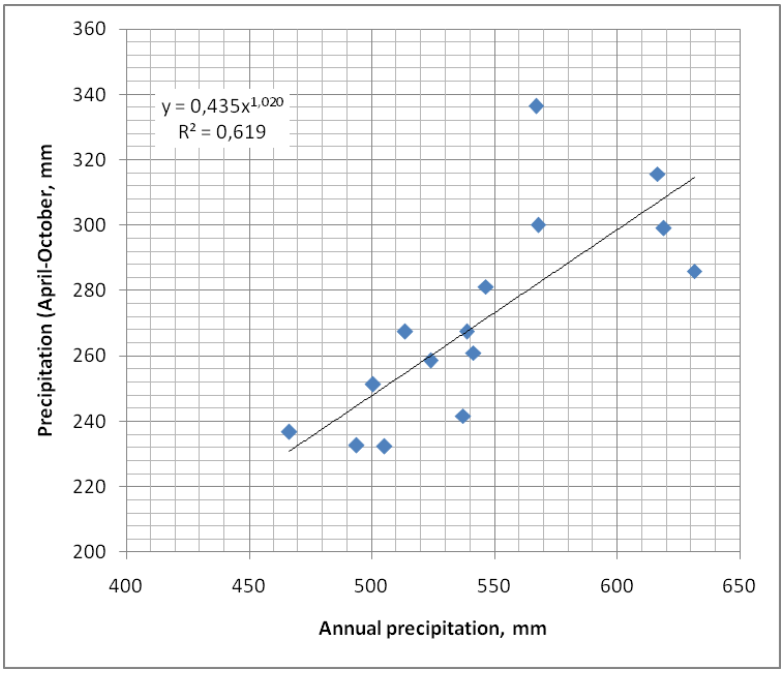


Figura 2. Corelația spațială între cantitatea anuală de precipitații și cantitatea de precipitații din intervalul aprilie - octombrie

Intensitatea medie a precipitațiilor pentru un eveniment pluviometric variază între 3,8 și 7,6 mm/oră, în timpul perioadei de observație. Din cele 15 stații, cele mai mari valori ale intensității sunt înregistrate la stațiile Tiraspol, Codri și Ceadâr-Lunga (6,3-7,6 mm/h), iar cele mai scăzute valori la stațiile Bălțata, Chișinău și Ștefan Vodă (3,8-4,1 mm/h). După colectarea datelor privind precipitațiile, estimarea factorului erozivității (R) pentru Republica Moldova a inclus două etape suplimentare: a) calculul factorului R pentru fiecare stație meteorologică, b) interpolarea spațială a valorilor punctiforme ale factorului R. În acest studiu, a fost utilizată ecuația inițială RUSLE pentru a crea o baza de date privind valorile factorului R la 15 stații meteo în Republica Moldova. Ecuația universală a pierderilor de sol modificată (RUSLE) este:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Modelul RUSLE este compus din șase factori utilizați pentru a prezice pierderea

anuală medie a solului pe termen lung (A). Ecuația include: erozivitatea precipitațiilor (R), erodibilitatea solului (K), lungimea pantei (L), înclinarea pantei (S), managementul acoperirii terenurilor (C) și practicile de suport (P) (Ecuația 1). Modelul RUSLE utilizează abordarea lui Brown și Foster (1987) pentru calcularea erozivității medii anuale a precipitațiilor, R (MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1}) (Renard et al., 1997).

$$R = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left[\sum_{k=1}^{m_j}\left(EI_{30}\right)_k\right]_j \quad (2)$$

Unde, n este numărul de ani de înregistrări, m_j este numărul de evenimente erozive dintr-un an dat j, iar *EI30* este indicele de erozivitate pentru un eveniment singular k (Ecuația 2). Astfel, factorul R este valoarea medie anuală a *EI30* cumulată pentru o perioadă dată. Erozivitatea unor evenimente *EI30* a precipitațiilor (MJ mm ha^{-1} h^{-1}) se obține din formula următoare (Ecuația 3):

$$EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^{o} e_r v_r\right) I_{30} \quad (3)$$

Unde, e_r și v_r sunt energia unităților de precipitații (MJ ha^{-1} mm^{-1}) și volumul precipitațiilor (mm) pentru o perioadă de timp r, iar *I30* este intensitatea maximă a precipitațiilor pe o perioadă de 30 min în cadrul unui eveniment (mm h^{-1})

Energia unității de precipitații, e_r (Ecuația 4), este calculată pentru fiecare interval de timp ca (Brown și Foster, 1987):

$$e_r = 0{,}29\left[1 - 0{,}72\exp\left(-0{,}05 i_r\right)\right] \quad (4)$$

Unde, e_r este energia cinetică, în MJ ha^{-1} mm^{-1}, și i_r este intensitatea, în mm h^{-1}.

Intensitatea ploilor (i_r) (mm h^{-1}) pentru fiecare interval de 10 minute (Δt_r = 1/6 h) este (Ecuația 5):

$$i_r = \frac{\Delta v_r}{\Delta t_r} = \frac{\Delta v_r}{1/6} = \Delta v_r \times 6 \quad (5)$$

Având în vedere densitatea relativ scăzută a observațiilor, interpolarea valorilor erozivității cel mai degrabă nu ar produce rezultate realiste. În schimb, a fost utilizată o abordare de tip regresie pentru a estima distribuția erozivității precipitațiilor din datele de altitudine, latitudine și longitudine. Ecuația de regresie multiplă obținută ia forma (Ecuația 6):

$$R_{ave} = 9150{,}75 - 0{,}33 \times Elev - 40{,}42 \times Lat - 221{,}82 \times Long \text{ , } R^2=0{,}6 \quad (6)$$

Rezultate și discuții

În ceea ce privește distribuția spațială, se observă o creștere a erozivității precipitațiilor de la est la vest, odată cu creșterea altitudini și descreșterea longitudinii. Variabilitatea relativ ridicată a condițiilor climatice pe teritoriul Republicii Moldova determină o rată de precipitații destul de ridicată, de la 572,4 (în SE) la 1259,1 MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1} (în NV), cu o medie de 880,4 MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1}. Pentru Câmpia Prutului mijlociu, valorile erozivității precipitațiilor se situează între 893,4 și 1161,5 la o medie de 1058,2 MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1}.

.

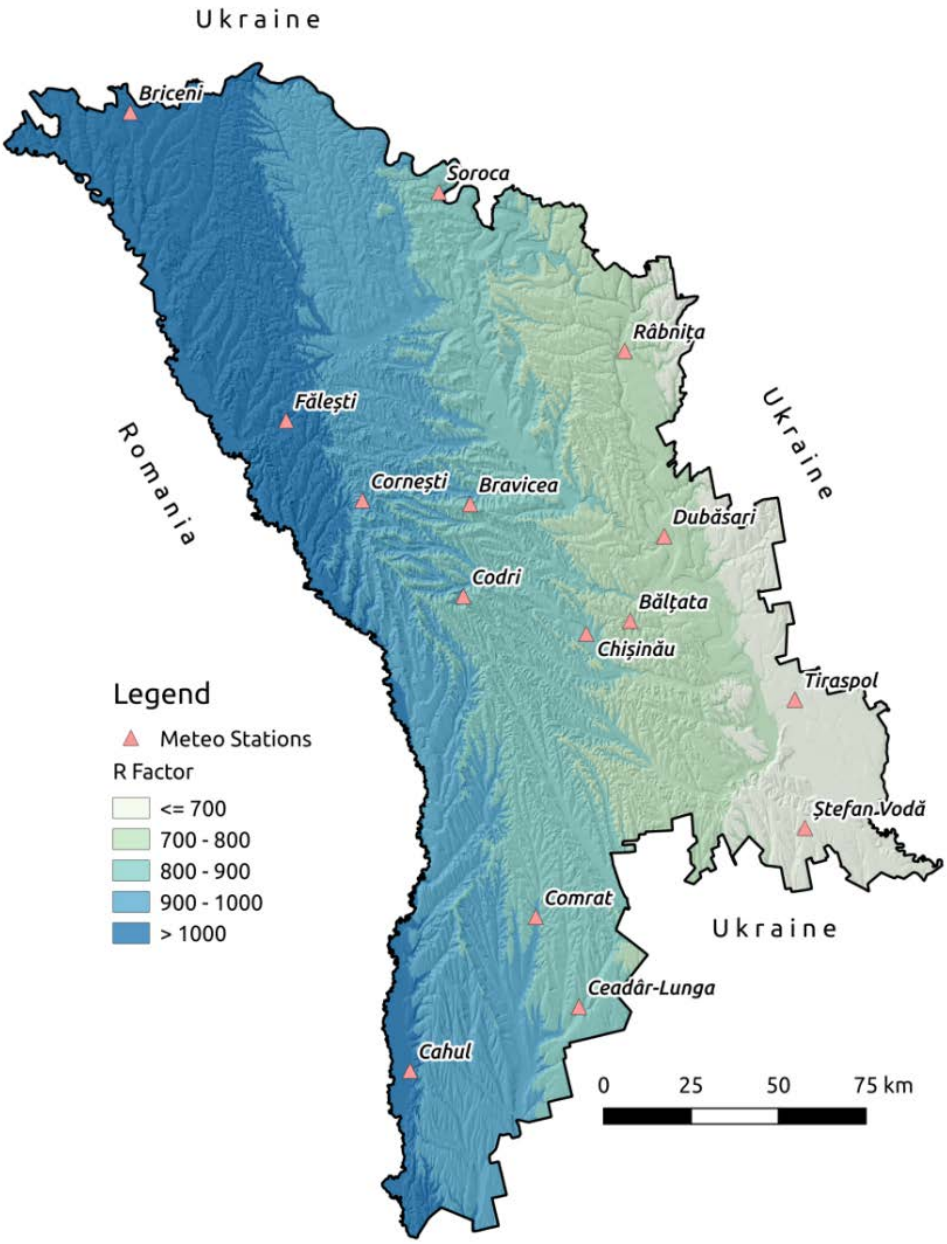


Figura 3. Erozivitatea precipitațiilor în Republica Moldova (MJ-mm-ha^{1}-h^{1}-an^{1})

Lunar, precipitațiile atmosferice sunt caracterizate de valori medii erozive ale unui eveniment de 24,7 mm ha^{-1} h^{-1}. Valorile minime și maxime sunt egale cu 4,7 și respectiv 47 mm ha^{-1} h^{-1}. Valorile absolute variază de la 0,5 (noiembrie) până la 107,2 MJ mm ha^{-1} h^{-1} (august).

Tabel 4. Valori medii ale erozivității unor elemente pluviometrice

Stații	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie	Octombrie	Noiembrie
Bălțata	1,7	10,6	48,2	36,3	57,4	25,1	11,0	-
Bravicea	4,8	23,0	26,5	51,0	34,9	19,3	7,4	-
Briceni	4,3	24,9	26,0	77,1	29,9	19,4	2,4	-
Cahul	7,4	17,0	42,6	56,6	47,0	87,2	11,6	-
Ceadâr-Lunga	3,9	14,7	64,9	56,3	41,7	20,7	14,7	-
Chișinău	9,0	22,0	28,9	39,3	38,2	30,6	11,9	-
Codri	7,1	15,0	28,2	35,5	41,1	29,0	31,1	0,5
Comrat	8,7	14,7	60,9	52,2	42,6	25,4	6,6	-
Cornești	8,1	16,9	50,0	41,9	28,4	21,0	17,4	-
Dubăsari	5,4	16,5	21,5	37,3	33,4	19,3	3,3	-
Fălești	4,8	22,3	30,2	47,0	47,7	46,9	5,1	9,0
Râbnița	8,3	15,5	36,8	45,7	47,7	32,2		-
Soroca	3,8	15,1	24,4	42,3	107,2	26,1	5,8	-
Ștefan Vodă	11,5	10,3	33,8	51,0	54,3	24,2	11,4	-
Tiraspol	3,9	12,3	32,5	21,5	53,6	18,3	1,1	-
	6,2	**16,7**	**37,0**	**46,1**	**47,0**	**29,6**	**10,1**	**4,7**

Se cunoaște despre existența unei bune corelații între cantitatea anuală de sol erodat și coeficientul anual de distribuție a precipitațiilor, cunoscut sub denumirea de indice Fournier. Erozitivitatea precipitațiilor poate fi dedusă pe baza acestui indice sau prin utilizarea indicelui Fournier modificat. Indicele Fournier (Ecuația 7) este calculat din relația de mai jos (Arnoldus, 1980):

$$FI = \frac{p_{\max}^2}{P} \quad .....(7)$$

Unde, p_{max} - cantitatea medie lunară de precipitații pentru luna cea mai ploioasă din an (mm), P - cantitatea anuală de precipitații (mm).

Indicele Fournier modificat (Equation 8) este dat de expresia (Arnoldus, 1980):

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad .....(8)$$

Unde, p_i – cantitatea medie lunară a precipitațiilor pentru luna *i* (mm), *P* - cantitatea anuală de precipitații (mm).

Regresiile dintre erozivitatea precipitațiilor și FI (Ecuația 9) și, respectiv, MFI (Ecuația 10) pentru Republica Moldova sunt următoarele:

$$R = 234{,}25 \times FI^{0{,}531}, R^2=50{,}86\% \quad ..(9)$$

$$R = 56{,}81 \times MFI^{0{,}69}, R^2=27{,}04\% \quad (10)$$

Regresiile între erozivitatea precipitațiilor și cantitatea anuală de precipitații este (Ecuația 11):

$$R = 5{,}82 \times P^{0{,}793}, R^2=16{,}4\% \quad (11)$$

Un studiu recent privind erozivitatea precipitațiilor găsește valori similare cu ale noastre la nivelul Uniunii Europene (Panagos et al., 2015). Astfel, pentru teritoriul României, s-au găsit valori medii de 785,0, variind de la 462,2 la 1150,1 MJ mm ha^{-1} h^{-1}, prezentând valori similare cu ale noastre pentru dealurile și platourile din estul țării.

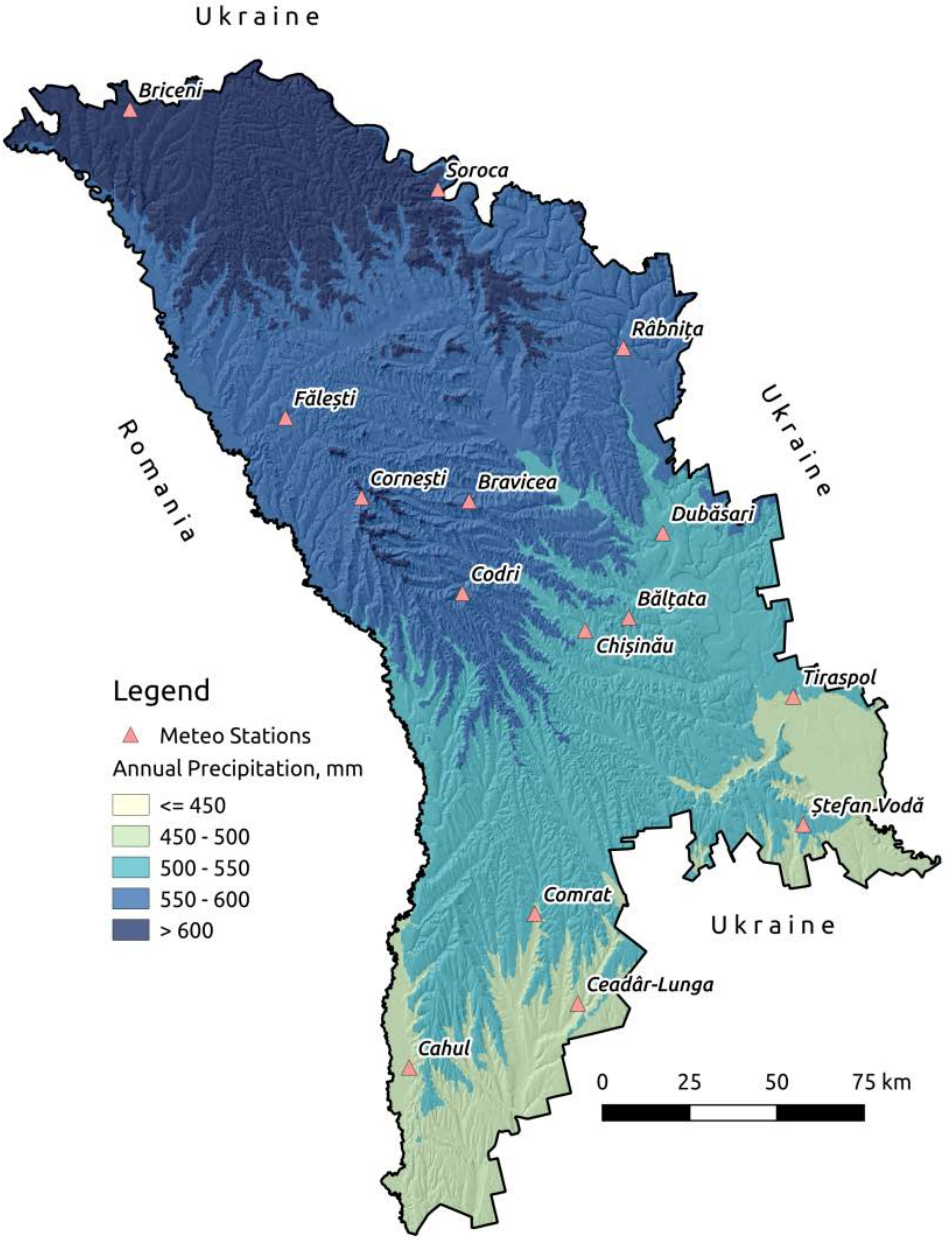


Figura 1: Precipitații anuale, mm

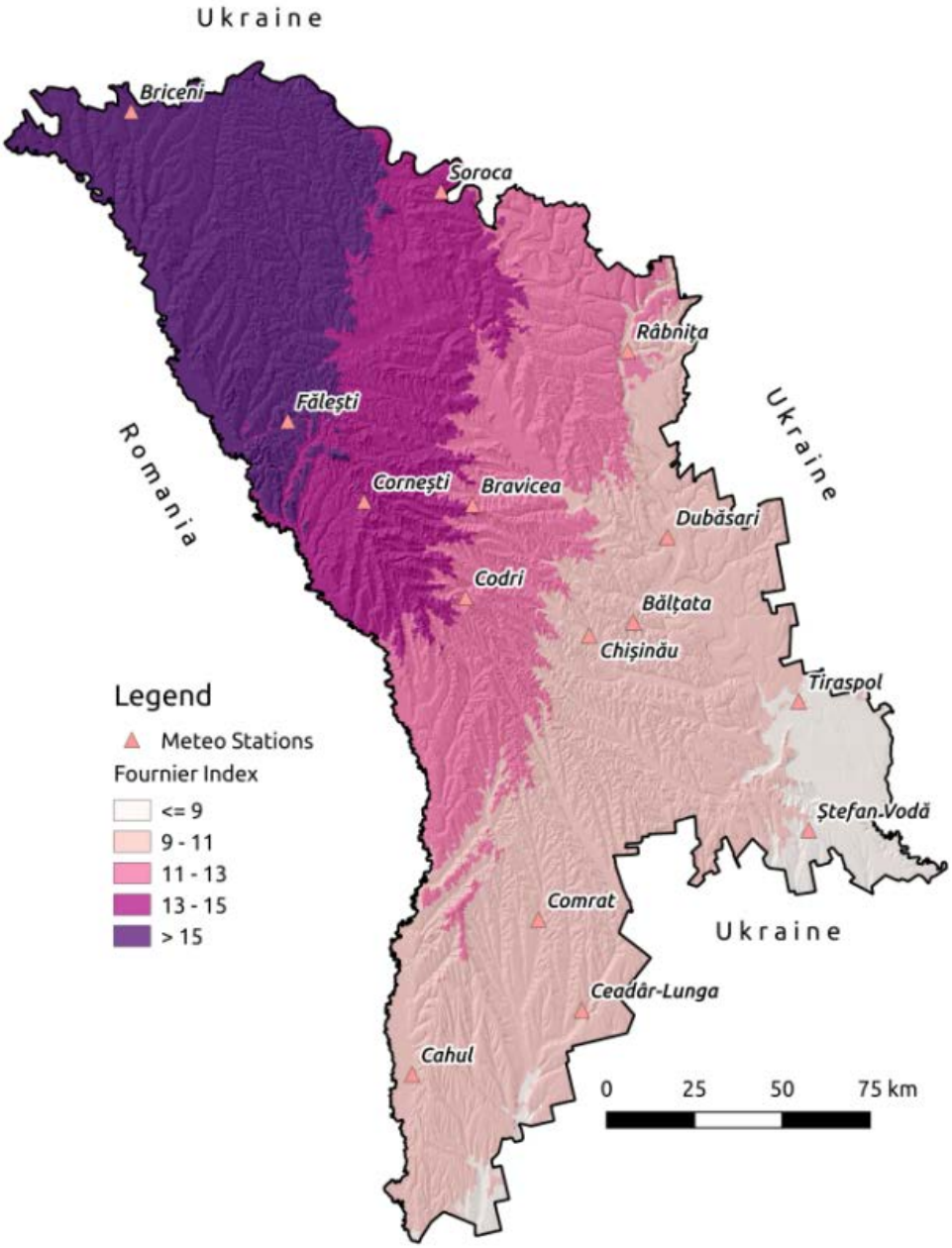


Figura 2: Indicele Fournier

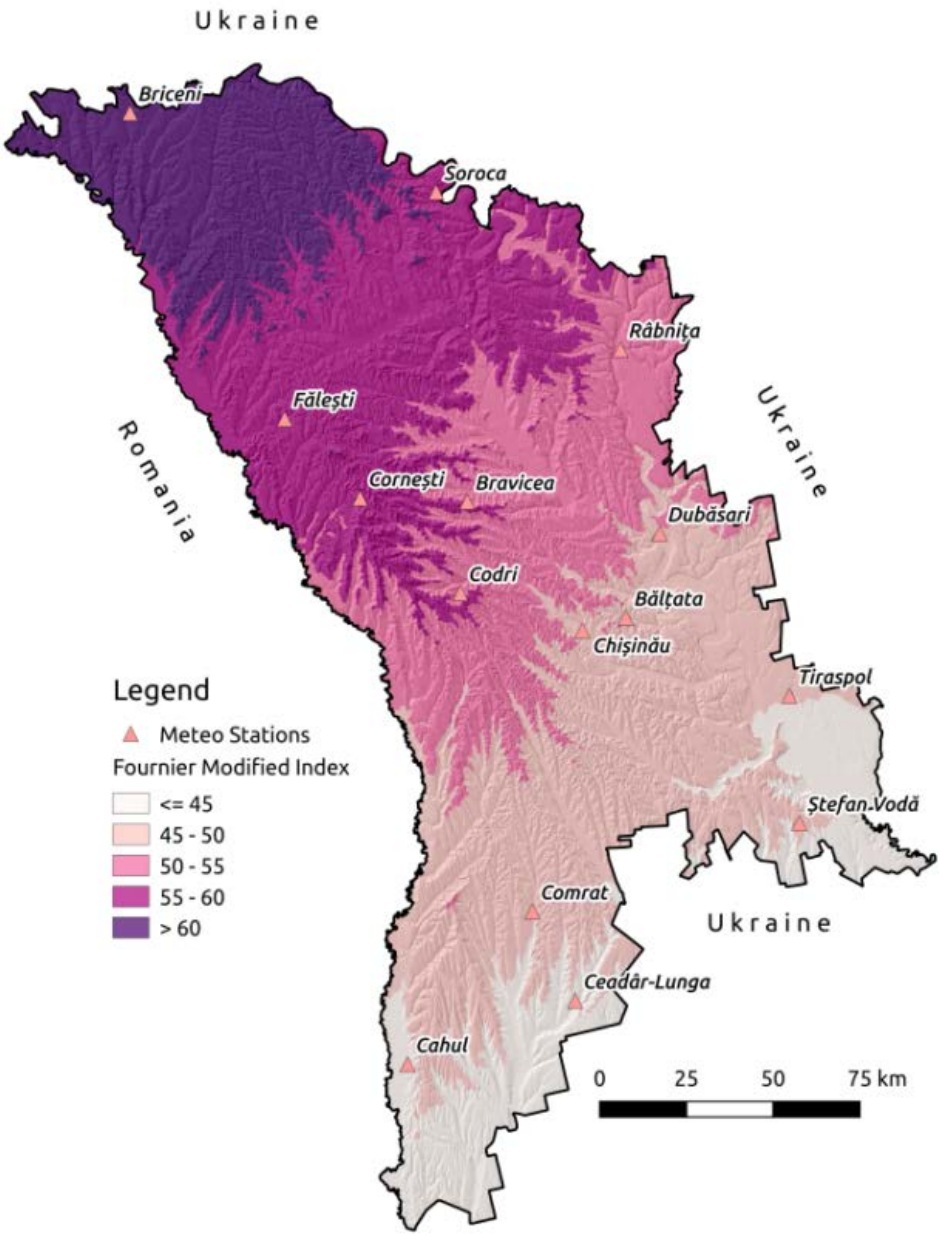


Figura 3: Indicele Fournier modificat

CONCLUZII

Variabilitatea relativ ridicată a condițiilor climatice a dus la o gamă destul de mare de valori de erozivitate a precipitațiilor, cuprinse între 572,4 (în SE) și 1259,1 MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1} (în NV), cu o valoare medie de 880,4 MJ mm ha^{-1} h^{-1} an^{-1}.

Se constată că factorul R pe unitate de precipitații este foarte variabil, prin urmare, alegerea ecuațiilor de regresie ar trebui făcută cu prudență. Cea mai bună estimare este dată de relația dintre valorile factorului R și indicele Fournier (R^2=50,86%), comparativ cu indicele Fournier modificat și precipitațiile anuale (P) (respectiv R^2=27,04% și R^2=16, 4%).

Hărțile rezultate din erozivitatea precipitațiilor, pe lângă utilizarea directă în estimarea pierderii erozive a solului, pot fi, de asemenea, utilizate în studiile privind evaluarea expunerii terenului la alunecări de teren, inundații și alte fenomene naturale periculoasă.

BIBLIOGRAFIE

Arnoldus, H.M.L. (1980), An approximation of rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. Assessment of erosion (M. de Boodt & D. Gabriels, eds.), Wiley, Chichester, U.K., p. 127-132.

Castraveț, T., (2016). Aplicarea metodelor climatologice în studiul pericolului eroziunii solului, Mat. Conf. Șt. Naț. cu part. Internaț. „Mediul și dezvoltarea durabilă”, 06-08 Oct. 2016, UST, Chișinău, ISBN 978-9975-76-170-3, p. 146-151

Panagos, P., et al., (2015) Rainfall erosivity in Europe, Science of The Total Environment, Volume 511, 1 April 2015, Pages 801-814, ISSN 0048-9697,http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008.

Renard, K.G., Freimund, J.R., (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE, Journal of Hydrology, 157 (1994) 287-306.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yolder, D.C., (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Agricultural Handbook 703). US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Summer, W., (2003). Soil erosion in the Republic of Moldova - the importance of institutional arrangements. Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques (Proceedings of symposium HS01 held during IUGG2003 at Sapporo. July 2003). IAHS Publ. no. 279.

Voloschuk, M. D., Ionita, I., (2006) Moldavia, in Soil Erosion in Europe, Edited by J. Boardman and J. Poesen, John Wiley & Sons, 183-197.

Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. (1965). Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agr. Handbook No. 282, U.S. Dept. Agr., Washington, DC.

Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. Agr. handbook No. 537, U.S. Dept. of Agr., Science and Education Administration.

Лассе, Г. Ф. (1978) Климат Молдавской ССР, Ленинград, Гидрометеоиздат, 374 с.

ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Pagina jurnalului
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

APLICAREA METRICILOR PEISAGISTICE ÎN ANALIZA MODIFICĂRII UTILIZĂRII TERENURILOR ÎN BAZINUL RÂULUI NÂRNOVA

Stratan Liliana[a], Bejan Iurie[a]

[a]*Institutul de Ecologie și Geografie, Chișinău, Republica Moldova*

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte-cheie:
Bazinul Nârnova
Utilizarea terenurilor
Metricii peisagistici

A B S T R A C T

Peisajele geografice sunt sisteme dinamice, care în continuu sunt afectate de factorii naturali și antropici. Studiul dat urmărește scopul de a investiga structura și modificările peisajelor din limitele bazinului hidrografic Nârnova, amplasat în partea de vest a Podișului Codrilor. Având o suprafață de 416,21 km^2, bazinul se extinde în limitele a 2 raioane administrative – partea de nord în raionul Nisporeni, iar cea de sud în raionul Hâncești și cuprinde 19 comune. Condițiile naturale variate, cu altitudini de la 20,9 m (în partea inferioară, la confluență cu r. Prut) până la 428,2 m (dealul Bălănești), au condiționat formarea unei varietăți mari de peisaje. În intervalul de timp analizat (1982-2013) au avut loc modificări esențiale în structura peisagistică a bazinului, cu o reducere semnificativă peisajelor viticole și cele arabile, și extinderi a celor pastorale și silvice. Practic nemodificate au rămas peisajele acvatice, pomicole și cele non-rezidențiale, din care motiv acestea nu vor fi analizate. Reducerea dimensiunii medii a unităților elementare de peisaj de-a lungul timpului (1982-2013) a contribuit la creșterea gradului de fragmentare (cu 50%), ceea ce are un impact negativ asupra mediului
.

Introducere

Peisajele geografice sunt sisteme dinamice, care în continuu sunt afectate de factorii naturali și antropici. În acest sens, studiul dat urmărește scopul de a investiga structura și schimbările (dinamica) peisajului geografic în limitele bazinului hidrografic Nârnova. Prin structura peisajului se subînțelege numărul, mărimea și forma parcelelor (patch), iar prin dinamică se exprimă toate modificările ce au loc în cadrul acestui peisaj (ca ani de referință s-au luat 1982 și 2013).

În studiul peisajelor contemporane au început să se cristalizeze tendințe moderne în cuantificarea atributelor peisagistice și anume – **metricii peisagistici**, apariția cărora se datorează dezvoltării Sistemelor Informaționale Geografice, menite să ofere modele aplicative (Patch Analyst, Fragstats) și să se calculeze o varietate extrem de largă de metrici. Metricii

peisagistici sunt instrumente importante, care sunt utilizate cu scopul de a interpreta structura, configurația și schimbările peisajului, astfel încât aceste caracteristici ale peisajului să fie percepute cu ușurință (Farina A., 2006).

Bazinul râului Nârnova este amplasat în partea de vest a Podișului Codrilor (fig. 1), având o suprafață de 416,21 km^2. Din punct de vedere administrativ, zona de studiu este cuprinsă în 2 raioane – partea de nord în raionul Nisporeni, iar cea de sud în raionul Hâncești și cuprinde 19 comune. Condițiile naturale variate, cu altitudini ce variază de la 20,9 m (în partea inferioară, la confluență cu r. Prut) până la 428,2 m (dealul Bălănești), au determinat prezența unei varietăți mari de categorii de terenuri (tipuri de peisaje).

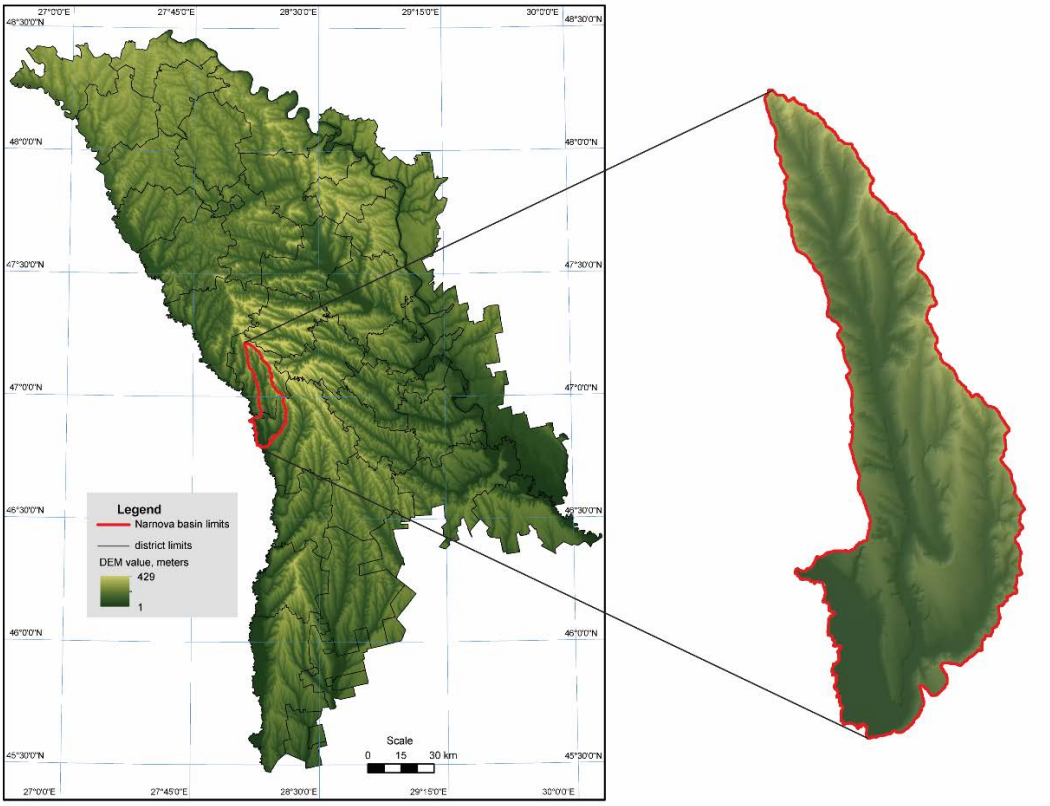


Figura 1. Amplasarea zonei de studiu

Materiale și metode

La baza analizei efectuate au stat hărțile topografice la scara 1 : 50 000, realizate în anii 1982 și 2013 disponibile pe www.geoportal.md . Au fost identificate și analizate nouă tipuri de acoperire a terenurilor: ape, arabil, păduri, pajiști, vii, livezi, arbuști, localități, non-rezidențiale (terenuri sub construcții din extravilan) (fig. 2). Pentru cartografierea terenurilor arabile s-au utilizat hărțile funciare (la scara 1:10 000, anul 1985) și imaginile ortophoto (anul 2011). Identificarea

fenomenelor de schimbare este realizată prin generarea hărților care indică creșterile și scăderea suprafețelor terenurilor.

Pentru estimarea unui sistem optim de utilizare a terenurilor este necesar de a efectua evaluări cantitative. Prezintă interes în această privință aprecierea ***metricii peisagistice***, care s-a efectuat cu ajutorul programelor FRAGSTATS și ArcGIS (cu extensiile Patch analyst și Patch Grid).

Peisajul prezintă două caracteristici fundamentale: *structura* și *configurația* (Forman, 1995):

1. Structura peisajului – varietatea și abundența arealelor privind caracteristicile legate de diversitate.

2. Configurația peisajului - în contrast cu structura se referă la caracterul spațial, la dispunerea, poziția sau orientarea elementelor de peisaj.

Ambele se măsoară (cuantifică) cu ajutorul ***metricii peisagistice.*** Acestea descriu anumite caracteristici cantitative ale unui perimetru peisagistic (Stupariu I., 2011).

Metricile de structură măsoară: numărul tipurilor de areale, delimitate din punct de vedere peisagistic, proporțiile în care sunt repartizate, oferind informații despre diversitatea peisajului.

Metricile de configurație măsoară perimetrul, distanța dintre areale, grupuri de areale și definesc *caracterul spațial*.

Principalii indici peisagistici analizați au fost:

(http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/Metrics/Area%20-%20Density%20-%20Edge%20Metrics/AREA%20-%20DENSITY%20-%20EDGE%20METRICS.htm):

1) Numărul unităților de peisaj (NP - *Number of Patches*);

2) Densitatea marginilor, în m/ha (ED - *Edge density*);

3) Densitatea parcelelor, în unit./ha (*PD – Patch Density*);

4) Indicele celei mai mari parcele, în % (*LPI)*

5) Dimensiunea medie a unităților elementare de peisaj, în ha (*MPS – Mean Patch Size*);

6) Suprafața totală a clasei, în ha (*CA – Class area)*;

7) Indicele formei medii (*MSI - Mean Shape Index*);

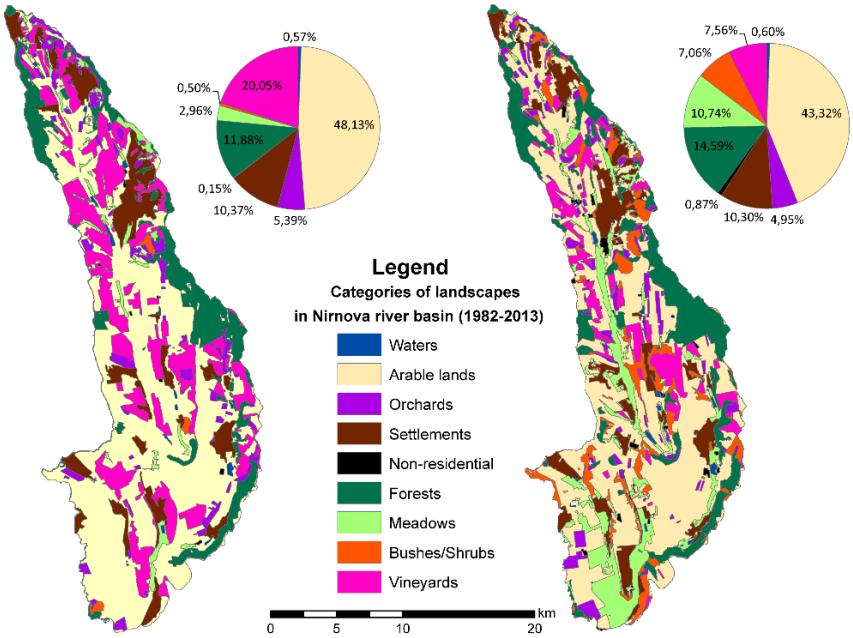
8) Dimensiunea fractală medie a unităților (*MPFD*);

9) Indicele de interspersie și juxtapunere, % (*IJI*);

10) Indicele de diversitate Shannon (*SHDI - Shannon's diversity Index*).

Rezultate și discuții

În intervalul de timp analizat (1982-2013) au avut loc modificări esențiale în structura peisagistică a bazinului râului Nârnova (Figura 2). Cea mai mare reducere au suferit-o peisajele viticole (suprafața cărora s-a micșorat de la 20,05 % la 7,56 %) și cele arabile (care și-au micșorat suprafața de la 48,13 % în anul 1982 la 43,32% în anul 2013). Practic nemodificate au rămas peisajele acvatice, pomicole și cele non-rezidențiale, din care motiv acestea nu vor fi analizate.



Sursa: prelucrat după hărțile topografice, 1 : 50 000, (1982 și 2013)

Figura 2. Modificările peisagistice în bazinul râului Nârnova (anii 1982 și 2013)

Tabelul 1. Modificarea indicilor metricii peisagistice la nivel de clasă

Metrica/Anul	ED	MPS	NumP	CA	MSI	MPFD	PD	LPI
Peisaje arabile								
1982	37,61	222,70	90	20043,04	2,01	1,38	0,43	92,08
2013	52,02	146,58	123	18030,28	2,04	1,37	0,66	21,53
Peisaje cu livezi								
1982	98,46	25,50	88	2244,62	1,53	1,28	3,75	6,09
2013	102,70	21,93	94	2061,47	1,48	1,28	4,43	7,08
Peisaje silvice								
1982	52	100,91	49	4945,07	1,78	1,32	0,95	40,58
2013	52,94	92,03	66	6074,22	1,85	1,33	0,94	32,61
Pajiști								
1982	159,62	17,85	69	1232,26	2,15	1,36	7,76	17,7
2013	84,77	61,23	73	4470,31	2,14	1,35	2,01	40,02
Arbuști								
1982	74,26	52,41	4	209,65	1,55	1,26	1,91	38,84
2013	97,31	38,66	76	2938,83	1,90	1,32	2,79	7,47
Peisaje viticole								
1982	51,07	122,79	68	8350,03	1,87	1,31	0,79	11,38
2013	65,18	56,17	56	3145,76	1,60	1,28	1,74	17,08

Creșteri ale valorilor | Schimbări nesemnificative /fără schimbări | Descreșteri ale valorilor

Cea mai mare pondere din teritoriu o dețin **peisajele arabile** (Figura. 3), care s-au redus în suprafața cu peste 2000 ha, de la 48,13 % în anul 1982 la 43,32% în anul 2013. Numărul de parcele (NumP) s-a mărit de cca. 3 ori, pe când dimensiunea medie a parcelelor (MPS) s-a redus cu 35%, iar indicele celei mai mari parcele (LPI) s-a redus de circa 4,3 ori (Tabelul 1).

Peisajele arabile predomină în cursul inferior al bazinului și pe terasele plane și în luncă. Cauzele care au contribuit la reducerea acestor terenuri au fost parcelarea excesivă în rezultatul privatizării, imposibilitatea mecanizării, degradarea unor parcele și transformarea altora în pârloagă. Suprafețele care s-au extins în această perioadă pe contul celor cca. 2000 ha de terenuri arabile au fost cele cu pajiști – 38,8%, cu arbuști – 18% și pomicole – 12,2%, etc

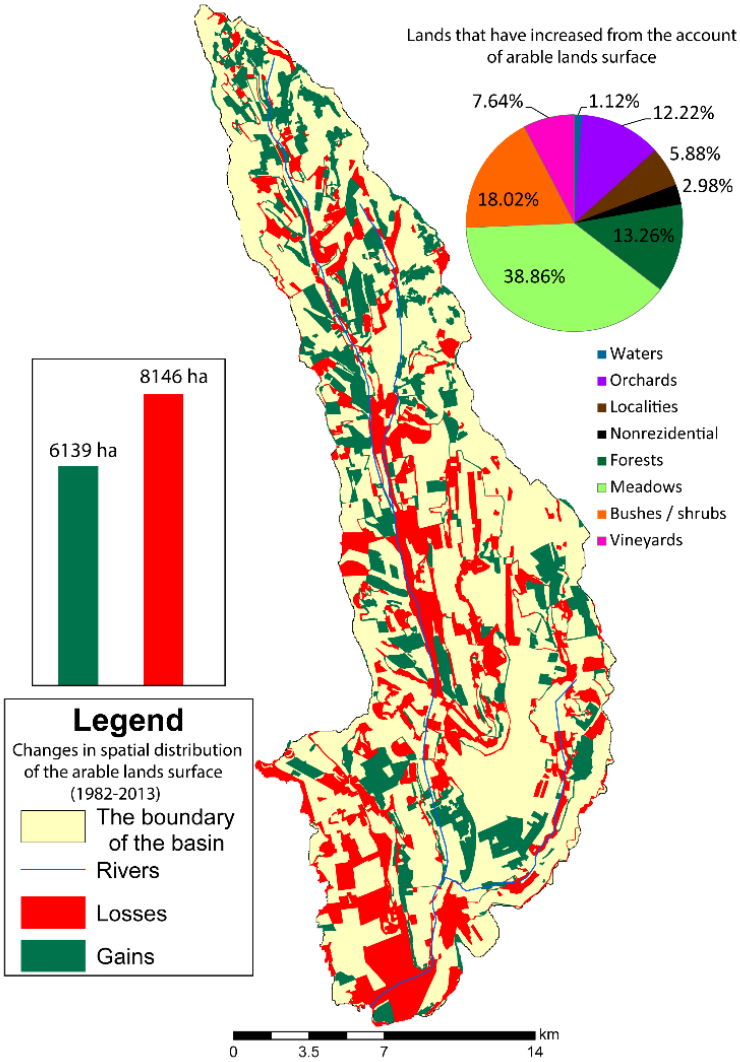


Figura 3. Modificarea peisajelor arabile

Suprafețele **terenurilor silvice** au crescut de la 11,8 % în anul 1982 la 14,5 % în 2013 (Figura 4). Numărul de parcele (NumP) s-a mărit cu 35%, însă dimensiunea medie a parcelelor (MPS) și indicele celei mai mari parcele (LPI) s-au redus cu 8-9% (Tabel 1). Aceste peisaje predomină pe versanți, la altitudini ce depășesc 250 m sau pe suprafețe de cumpănă. Extinderea peisajelor silvice s-a efectuat pe baza terenurilor cu arbuști – 38,21 %, arabile – 32,41 %, livezilor – 17,25 % etc.

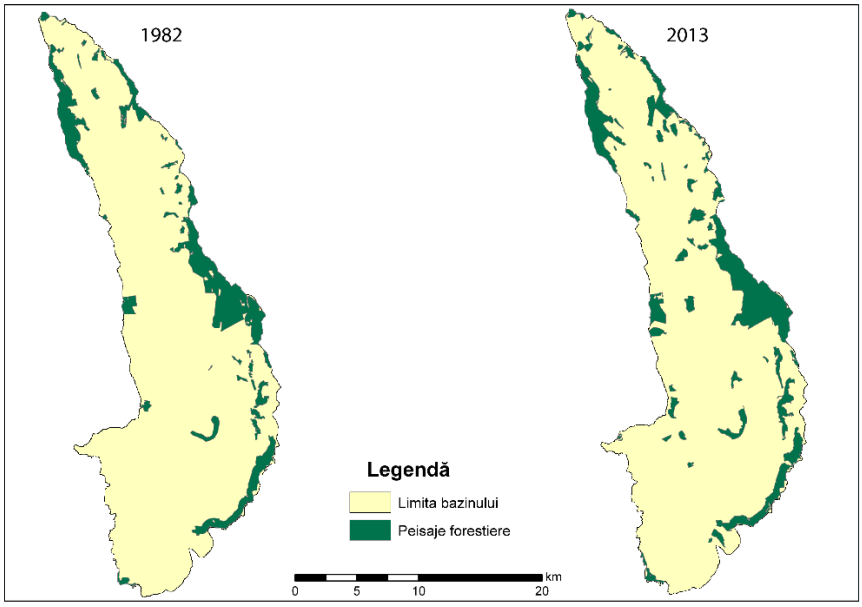


Figura 4. Modificarea peisajelor silvice

Peisajele **pastorale** s-au extins de circa 3,6 ori, de la circa 3% la 10,7% (Figura 5). Numărul de parcele (NumP) s-a mărit neesențial (cu 4%), pe când dimensiunea medie a parcelelor (MPS) a crescut de 3,4 ori, iar indicele celei mai mari parcele (LPI) a crescut de 2,3 ori (Tabel 1).

Această creștere a avut loc pe contul terenurilor arabile abandonate (pârloagă), mai ales din lunca r. Nârnova, sau celor degradate, dar și a celor ocupate anterior de plantații pomicole.

Suprafețele viticole au suferit cele mai mari modificări. Acestea s-au redus cu circa 5200 ha, de la 20,05 % la 7,56 % (Figura 6). Prima cauză ce a contribuit la diminuarea acestor suprafețe a fost adoptarea în anul 1986 a „legii antialcoolice”, conform căreia, până în anul 1990, s-au defrișat 1320 ha (15% din toate viile). Altă cauză a fost restrângerea pieței de desfacere, daunele provocate de condițiile meteorologice nefavorabile și imposibilitatea micilor proprietari de a reface plantațiile afectate. Numărul de parcele (NumP) s-a redus cu 18%, pe când dimensiunea medie a parcelelor (MPS) s-a redus de 2,2 ori, iar indicele celei mai mari parcele (LPI) a crescut cu 50% (tab. 1). Cele circa 5200 ha de plantații viticole au fost transformate în terenuri arabile –

65,19 %, terenurilor cu arbuști – 8,08 %, terenurilor cu livezi – 7,09 % etc.

Creșterea suprafeței terenurilor cu **arbuști** de la 0,5 % la 7 % (Figura 7) s-a datorat scăderii suprafețelor arabile, abandonării și degradării livezilor, pădurilor și pajiștilor. Numărul de parcele (NumP) a crescut de 19 ori, pe când dimensiunea medie a parcelelor (MPS) s-a redus cu 16%, iar indicele celei mai mari parcele (LPI) s-a redus de circa 5,2 ori (Tabel 1).

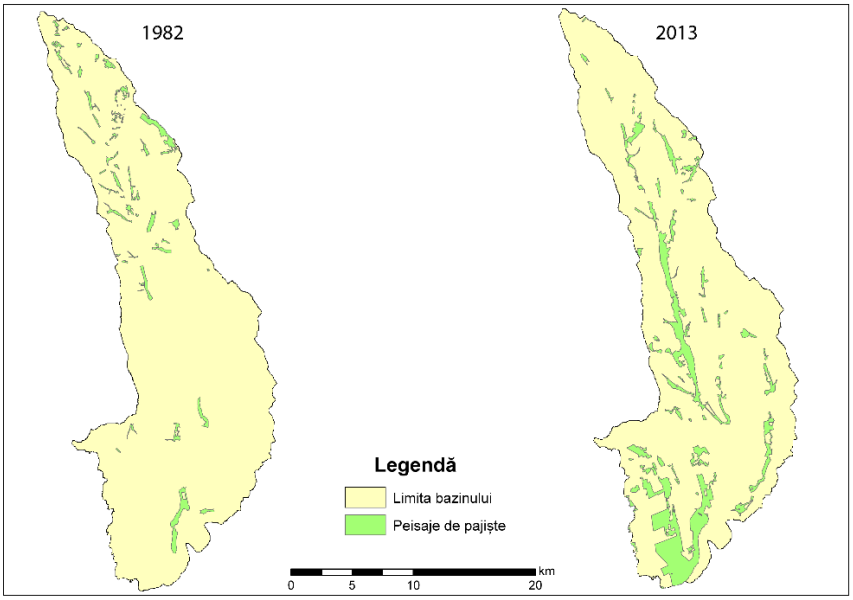


Figura 5. Modificarea peisajelor cu pajiști

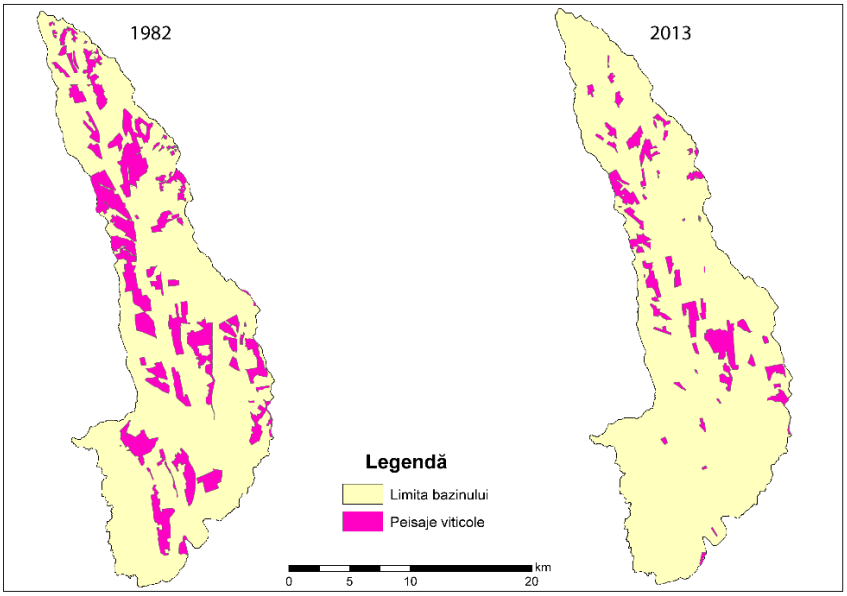


Figura 6. Modificarea peisajelor viticole

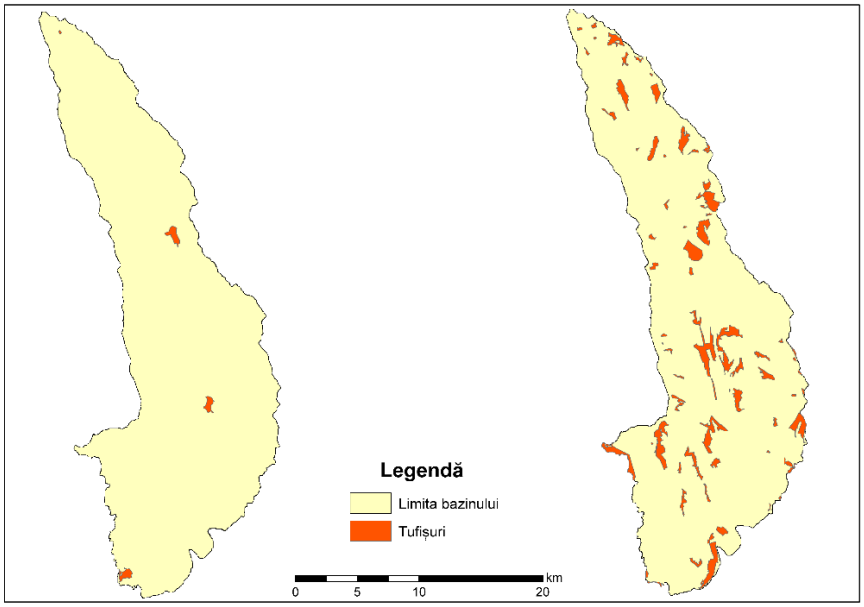


Figura 7. Modificarea peisajelor cu arbuști

Celelalte categorii de peisaje nu au suferit modificări esențiale ale suprafeței în perioada analizată. Suprafața localităților s-a redus de la 10,37% la 10,3%, cele cu livezi – de la 5,4% la 5,0%, iar cele acvatice de la 0,57% la 0,6%.

Pentru aprecierea dinamicii spațio-temporală a peisajelor s-a calculat și ***Indicele Binar*** (BCI) conform relației:
BCI = (NCH% – CH%)/(NCH% + CH%), unde: NCH% - ponderea peisajelor modificate (transformate în alte tipuri), iar CH% - ponderea peisajelor nemodificate în intervalul de timp analizat [T_1.T_2].

În cei circa 30 de ani, 45% din teritoriul bazinului și-a modificat modul de utilizare a terenurilor (Figura 8). Valoarea Indicelui Binar este de 0,1, ceea ce reprezintă **schimbări foarte substanţiale**. În cadrul bazinului hidrografic Nîrnova continuă să predomină peisajele arabile și cele pomi-viticole (55 % din teritoriu), ceea ce este o valoare mare pentru un teritoriu cu condiții geomorfologice variate. Totuși, valoarea ecologică a peisajelor din bazin a crescut considerabil, datorită extinderii suprafețelor ci peisaje naturale.

În perioada analizată, numărul total de parcele în bazin a crescut cu 50% (de la 430 la 645), ceea ce a contribuit ca densitatea marginilor de asemenea să se mărească proporțional. Indicele celei mai mari parcele a scăzut de 4,8 ori. Toate acestea au contribuit ca Indicele de interspersie și juxtapunere să se mărească cu 7% (de la 71,6% la 78,7%), iar Indicele de diversitate Shannon s-a mărit de la 1,49 până la 1,72 (Tabel 2).

Tabelul 2. Modificarea indicilor metricii peisagistice la nivelul întregului bazin

Anul	NumP	PD	ED	LPI	IJI	SHDI(SDI)
1982	430	1,0860	51,1824	44,3715	71,5970	1,48937
2013	645	1,5881	65,6988	9,30	78,7403	1,72025

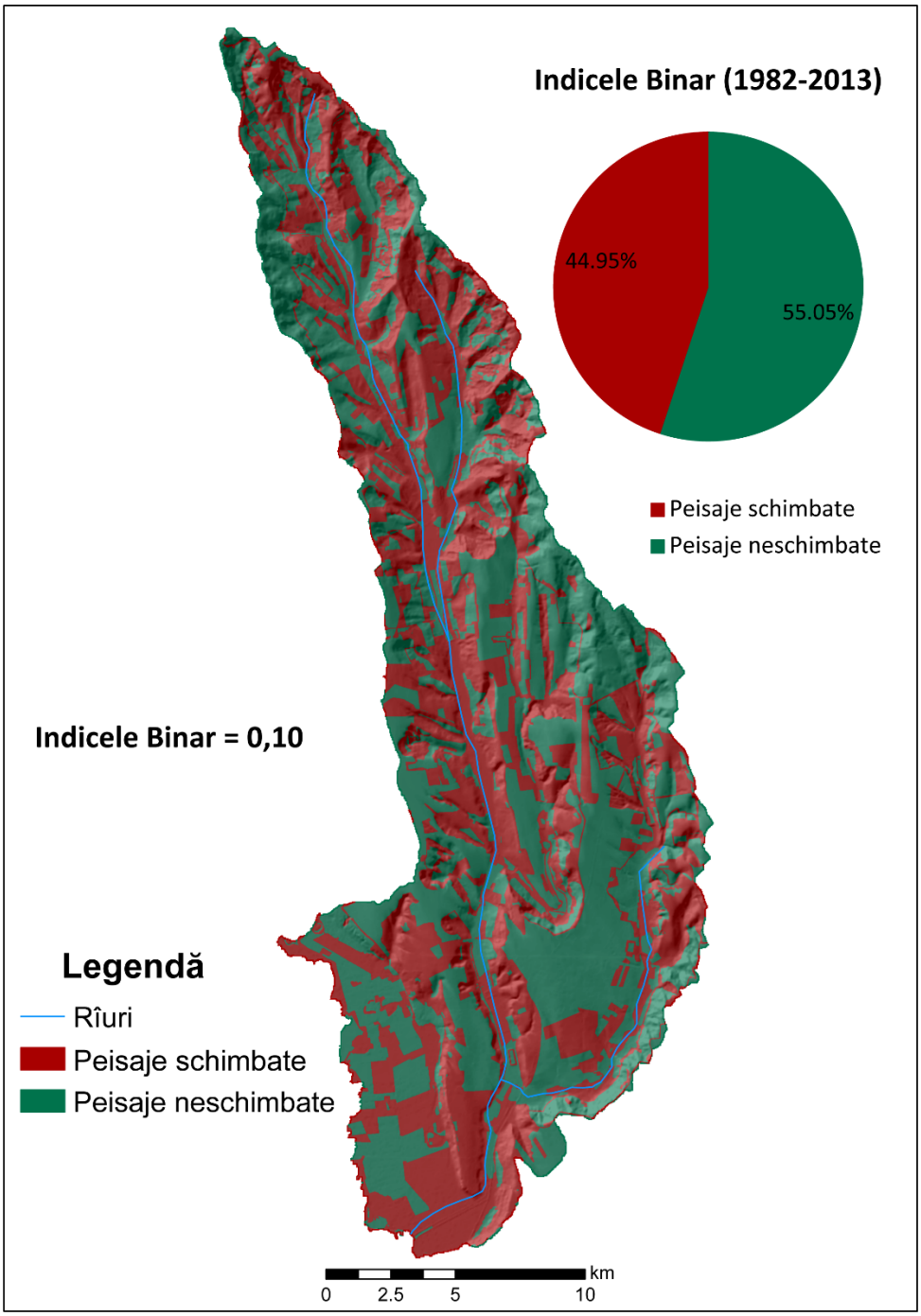


Figura 8. Indicele binar al schimbărilor, bazinul râului Nârnova (1982-2013)

Concluzii

Reducerea dimensiunii medii a unităților elementare de peisaj de-a lungul timpului a contribuit la creșterea gradului de fragmentare a peisajelor. În zona de studiu, extinderea peisajelor forestiere este extrem de importantă pentru protecția biodiversității. Aici se întâlnesc numeroase habitate importante și coridoare ecologice (zona-nucleu pentru păsări Zberoaia-Prut). Creșterea însă a gradului de fragmentare a peisajelor are un rol negativ pentru speciile întâlnite, deoarece habitatele și zonele lor de migrație sunt restricționate.

Utilizarea metricii peisagistice oferă multe facilități în studiile de ecologia peisajelor. Se pot obține rezultate obiective despre structura peisajului prin calcularea parametrilor săi.

Structura peisajului poate fi analizată în timp folosind aceste rezultate. Cu calcularea metricii peisagistice, efectele umane asupra peisajului pot fi detectate în timp și poate fi apreciată starea peisajului.

Structura peisagistică a bazinului hidrografic Nârnova în anii 1982-2013 a suferit schimbări profunde, care afectează în mod direct starea mediului în ansamblu în zonă prin creșterea impactului antropic.

Recomandări

Efectuarea unui studiu privind detectarea schimbărilor miltitemporale (time-trajectory analysis), pentru fiecare an, pentru intervalul de timp 1982-2017 cu utilizarea imaginilor satelitare.

În scopul îmbunătățirii stării peisajelor din bazin se impun unele modificări în organizarea lor spațială:

1. Consolidarea și extinderea parcelelor cu valoare ecologică sporită (terenurilor silvice în cursul superior și pe versantul de dreapta în cursul mediu);
2. Extinderea și asigurarea continuității peisajelor pastorale de luncă, ce vor îndeplini funcția de coridoare ecologice, pentru a asigura conectivitatea parcelelor de pădure și pășune cu cele acvatice.

BIBLIOGRAFIE

Farina A. (2006) Principles and Methods in Landscape Ecology, *Springer*. Hoechstetter, S., Walz, U., Dang, L. H. & Thinh, N. X. (2008).

http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/Metrics/Area%20-%20Density%20-%20Edge%20Metrics/AREA%20-%20DENSITY%20-%20EDGE%20METRICS.htm

www.geoportal.md , hărțile topografice la scara 1 : 50 000, pentru anii 1982 și 2013

Pătru-Stupariu I., Stupariu, M-S., Călin I., Cuculici, R., Huzui, A., Oprea, R., Stănescu A. (2011) Elaborating and implementing an algorithm for landscape evaluation and prognosis applications for the mountainous and the Subcarpathian sectors of Prahova Valley, Editura Universității/ Bucharest, ISBN 978-606-61.

Forman R. (1995), Land mosaics. The Ecology of Landscapes and regions. *Cambridge University Press.*

ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Pagina jurnalului
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

MODERNIZAREA INFRASTRUCTURII HIDROEDILITARE CU MODELE GIS

Iustina Lateș [a], Ștefania Chirica [a], Mihail Luca [b]

[a]Drd.Ing., Universitatea Tehnică"Gheorghe Asachi" Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului , e-mail lates.iustina90@gmail.com,

[b]Profesor Univ. Dr. Ing., Universitatea Tehnică"Gheorghe Asachi" Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria Mediului, e-mail mluca2004@yahoo.com

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte cheie:
Bază de date
Sistem de alimentare cu apă
Layere particularizate,
Identificatori cadastrali
Aducțiune

A B S T R A C T

Modelele GIS sunt utilizate în managementul sistemelor de alimentare cu apă și canalizare pentru monitorizarea parametrilor constructivi și funcționali. Sistemele GIS în conlucrare cu programele de verificare și proiectare contribuie la reabilitarea și modernizarea rețelelor de conducte pentru alimentare cu apă. Modelele GIS monitorizează în detaliu componentele sistemului de alimentare cu apă, cu începere de la captare până la consumator (puț de captare, aducțiune, stație de tratare, rezervoare stații de pompare, conducte de transport și distribuție, hidranți, cămine, construcții speciale etc). O problemă deosebită în monitorizarea sistemului de alimentare cu apă o constituie conducta de aducțiune. Aceasta are o structură complexă, fiind alcătuită din tuburi cu diametre mari realizate din materiale diferite. Lungimea conductei de aducțiune este mare, iar pe traseu se află o serie de construcții speciale ce asigură funcționarea sa. Conducta de aducțiune este amplasată pe un teren greu de controlat, iar monitorizarea parametrilor constructivi și funcționali este dificilă. Studiul de caz întocmit pentru Aducțiunea I Timișești - Iași arată complexitatea și importanța folosirii modelului GIS în monitorizarea parametrilor funcționali. Sistemul regional de alimentare cu apă a județului Iași furnizează apă potabilă pentru 140 de localităţi. Apa este transportată din sursa subterană Timişeşti la Iaşi prin trei conducte de aducţiune. Prima aducţiune(I) a fost dată în funcţiune în anul 1911. Aceasta a fost realizată din materiale diverse (fontă, beton armat, oţel) cu diametrul de 600-800 mm şi are lungimea de 104 km. Conducta I funcţionează gravitaţional. Aducţiunea I are patru tronsoane funcţional distincte, care transportă debitul nominal Q_o = 0,35 m^3/s, debitul transportat: Q = 0,2 - 0,6 m^3/s şi temperatura apei: T = 4 - 12 ^{o}C. Pe traseul conductei se află subtraversarea râului Moldova şi supratraversarea râului Siret. Pe lungimea conductei se află branşamente pentru alimentarea localităților urbane şi rurale, toate monitorizate privind debitele distribuite. Conducta este monitorizată printr-un sistem GIS, dar acesta trebuie modernizat şi extins pe elementele componente ale aducţiunii.

Introducere

Rețelele edilitare sunt primordiale în dezvoltarea și asigurarea unui nivel de trai ridicat din cadru localităților. Problematica cunoașterii amplasamentului rețelelor de alimentare cu apă și a construcțiilor caracteristice ridică o importanță deosebită. În general regiile de apă din fiecare localitate în parte țin evidența acestora. Unele regii de apă au pentru sistemele de alimentare cu apă modele GIS în format digital, iar altele încă lucrează cu date în format analogic.

Fiecare componentă a sistemelor de alimentare cu apă este complexă și trebuie tratată diferit în funcție de zona în care este amplasată aceasta (rurală sau urbană), relieful terenului, tipul și amplasamentul sursei de apă, variația necesarului de apă din localitate, situațiile imprevizibile ce apar ca urmare a unor avarii sau declanșarea unor incendii, condițiile economice (Lateș I., 2017).

Aducţiunea Timişeşti – Iaşi se compune din trei conducte: Ad I, Ad II şi Ad III. Dintre acestea, aducţiunea Ad II este compusă din două fire pe prima jumătate a traseului (Ad IIa şi Ad IIb).

Prezentarea zonei de studiu din punct de vedere cadastral

Din punct de vedere cadastral Aducțiunea Timișești - Iași traversează două județe și o serie de unități teritorial administrative. Acesta traversează următoarele UAT-uri:

a) Județul Neamț: Timișesti, Urecheni, Lunca Moldovei, Tupilați, Nisiporești, Gherăești, Sabăoani, Tămășeni, Doljești, Buhonca, Boghincea.

b) Județul Iași: Miroslovești, Ciohorani, Mircești, Răchiteni, Oțeleni, Brăești, Lungani, Bălțați, Butea, Al. I. Cuza, Strunga, Târgu Frumos, Ion Neculce, Podu Iloaiei, Dumești , Lețcani, Valea Lupului, Miroslava, Iași.

c) Aducțiunea Timișești-Iași își începe traseul din extravilanul comunei Timișești din tarla 42, parcela CC 314 și mergea de-a lungul drumului DE 306 actual DC 21..

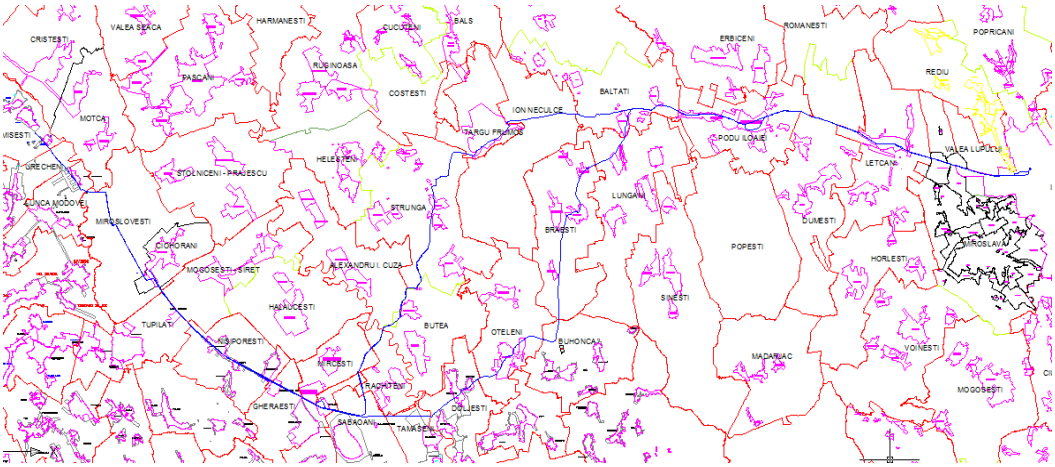


Figura 1. Schema sistemului de aducţiune Timişeşti Iaşi de la sursă la consumator (linia albastră – conductele de aducţiune)

d). Aducțiunea I Timișești – Iași își schimbă traseul față de celelalte două conducte în localitatea Săbăoani, județul Neamț, apoi trece prin localitățile Tămășeni, Doljești, Oțeleni, Buhonca, Brăiești, Lungani și se aliniază traseului celorlalte conducte în localitatea Bălțați, apoi au același traseu până la rezervorul din Păcurari Iași

Studiu de caz: Aducțiunea I Timișești-Iași

Dintre cele trei conducte de aducţiune, firul I se remarcă prin durata de exploatare şi varietatea materialelor de execuţie. Sistemul de alimentare cu apă potabilă a oraşului Iaşi din sursa Timişeşti reprezintă prima alimentare cu caracter regional din România. Începută în anul 1907 şi dată în exploatare în anul 1911, conducta de aducţiunea Ad I, cunoscută şi sub numele de aductiunea „Regele Carol I”, transportă apa de la drenul vechi Timişeşti la rezervorul Păcurari din Iaşi pe traseul Timişeşti – Săbăoani – Brăeşti – Sârca – Iaşi. Materialele de execuţie constau din beton, fontă şi oţel (Tabel 1). Având în vedere lungimea conductei de aducţiune de 104 km, la momentul execuţiei acesteia, preţul fontei a înregistrat o creştere la nivel mondial datorită consumului de material extraordinar de mare pentru acea perioadă.

Tabel 1. Elemente constructive caracteristice ale conductei de aducţiune Ad I (Luca M., et al. 2015)

Sector	Dn [mm]	Material de execuţie
t	Ov 700/1200	Beton armat
	800	Beton armat
	800	Oţel
Săbăoani - Oţeleni	800	Fontă
	800	Oţel
	800	Beton armat
	Ov 1000/1500	Beton armat
Oţeleni - Brăeşti	600	Fontă
Brăeşti – Rezervor Păcurari	600	Fontă
	600	Beton armat

Pe traseul lor, conductele de aducţiune întâlnesc obstacole naturale (râul Moldova, râul Siret, dealul Strunga), dar şi drumuri, pe care le supratraversează şi subtraversează prin intermediul unor construcţii hidrotehnice speciale (Figura 3).

Pe traseul aducţiunilor Timişeşti - Iaşi sunt prezenţi o serie de consumatori contorizaţi şi monitorizaţi. Aducţiunea I furnizează apă consumatorilor din localităţile Roman, Butea, Doljeşti, Brăeşti şi Lungani. Celelalte conducte deservesc localităţile Mogoşeşti – Siret, Iugani, Răchiteni, Strunga, Tg. Frumos, Bălţaţi, Podu Iloaiei, Dumeşti, Leţcani şi Valea Lupului.

Volumele de apă transportate prin conducta de aducţiune I până la intrarea în Iaşi în rezervoarele Păcurari (Fig. 4) sunt contorizate pe traseu la Săbăoani.

a) b)

Figura 3. Lucrări de supra şi subtraversare ale aducţiunii Ad I: a - Subtraversarea râului Moldova în zona localităţii Soci (Luca M., et al. 2015); b - Supratraversarea aducţiunii I peste râul Siret în zona localităţii Rotunda

Fig.4. Ortofotoplan din zona rezervoarelor Păcurari

Pe plan internaţional sunt utilizate diverse de modele hidraulice de analiză a sistemelor de alimentare cu apă, iar dintre acestea, unele sunt corelate cu modelarea prin GIS (Goodchild M., Sui D., 2005).

În funcţie de tipul componentelor monitorizate (aducţiune, reţea de distribuţie, staţii de pompare, rezervoare de înmagazinare, sisteme de clorinare, etc.), sistemul de achiziţie a datelor SCADA va transmite parametrii de analiză la serverul central al operatorului. Astfel, la nivelul rezervoarelor din Păcurari se monitorizează debitele transportate, valorile fiind centralizate la dispeceratul operatorului prin intermediul SCADA (Figura 5). De asemenea, parametrii de calitate ai apei transportate sunt analizaţi de la distanţă în punctul de control Brăeşti, unde se monitorizează concentraţia de clor rezidual şi turbiditatea.

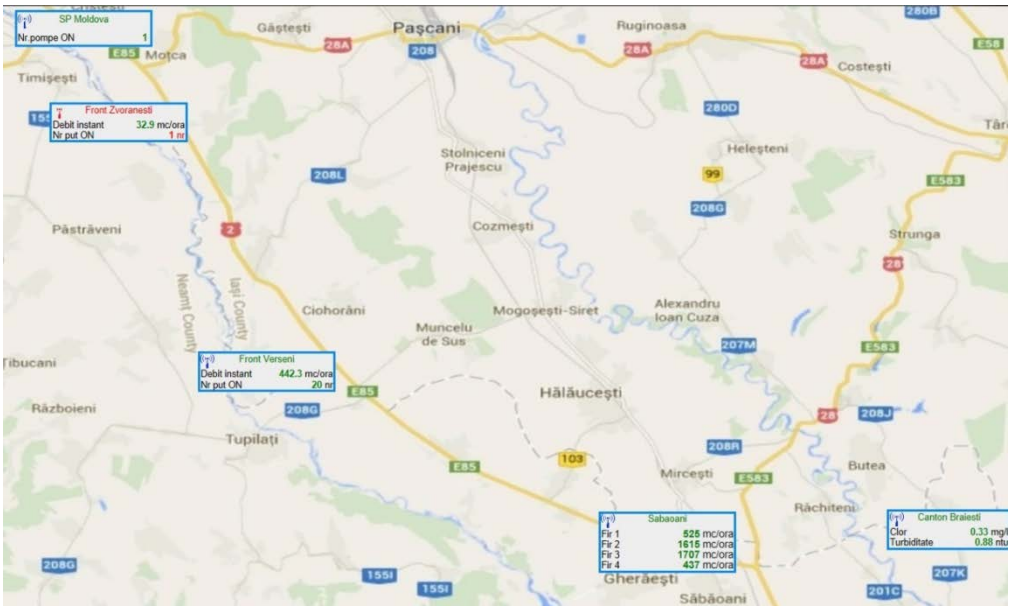


Figura 5. Puncte de monitorizare a parametrilor apei transportate prin conductele de aducţiune

Implementarea sistemului GIS în cadrul ApaVital a început în anul 1998, odată cu demararea procesului de digitizare a planurile existente folosind tableta digitizoare. Pe baza planurilor digitizate, în anul 2001 s-a dezvoltat sistemul GIS Net Set cu compania Data Invest Iași, care a fost utilizat de către operatorul de apă - canal până în anul 2015, când s-a realizat trecerea la un model superior, prin implementarea programului ArcGIS. Interfața este accesibilă online pentru tot personalul din exploatare, fiind ușor de folosit datorită meniului care intersectează: modelul aducțiunii Timișești, a aducțiunii Prut, reţele de apă sau canalizare din zona metropolitană Iași şi din celelalte sectoare monitorizate la nivelul judeţului.

Tehnologia GIS este din ce în ce mai aplicată pentru studiile ce au legătură cu sistemele de distribuţie a apei, acestea sunt gestionate de diferite aplicații ce au o importanță deosebită pentru utilitățile de apă și includ cartografierea, modelarea, facilitățile de management, managementul ordinelor de muncă și planificarea pe termen scurt sau lung (Altadmory A.,2014).

Modelele GIS trebuie să faciliteze managementul sistemelor de alimentare cu apă prin îndeplinirea unor funcţii precum:

- monitorizarea conductelor şi a instalaţiilor hidraulice din cămine, precum şi a stării structurale a acestora;
- monitorizarea construcţiilor speciale din cadrul supratraversărilor;
- monitorizarea parametrilor de calitate ai apei transportate şi distribuite;
- monitorizarea punctelor de distribuţie, precum şi a celor de intrare şi ieşire din sistem (analiza debitelor şi a presiunilor);
- monitorizarea pierderilor de apă (întocmirea balanţei debitelor în secţiunile de intrare şi ieşire);

- prelevarea de probe şi efectuarea de analize în zonele de distribuţie;

În procesul de monitorizare al conductelor de aducţiune Timişeşti – Iaşi se remarcă insuficienţa punctelor de măsură şi control ale debitelor, presiunilor şi parametrilor de calitate. Existenţa acestora faciliteză identificarea cu precizie ridicată a zonelor afectate de fenomene care impiedică furnizarea cerinţei de apă la consumatori la parametri de calitate şi cantitate impuşi de standardele şi normativele în vigoare. Printre cele mai importante fenomene de acest tip se pot enumera pierderile de apă din conducte, contaminarea apei transportate, afectarea integrităţii structurale a sistemului sau prezenţa unor consumatori frauduloşi.

Concluzii

1. Modelele GIS facilitează procesul de inspecție, întreținere și monitorizare a sistemelor de alimentare cu apă.

2. Monitorizarea parametrilor rețelei de distribuție se realizează mai ușor prin implementarea unor sisteme GIS de tip SCADA.

3. Modelele de monitorizare GIS folosesc interogări ce creează hărți digitale și rapoarte prin care se facilitează comunicarea companiei de apă – canal cu autoritățile și clienții, situaţie ce determină un management corect în distribuirea apei la debitul, presiunea şi calitatea solicitată de consumator.

BIBLIOGRAFIE

Alexandrescu S. A., (2013): *Contribuții la optimizarea hidraulică și funcțională a sistemelor regionale de alimentare cu apă*. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iaşi.

Altadmory A., (2013): *Crearea unui GIS pentru rețelele de apă reziduală și apă pluvială în incintele industriale,* Buletinul Științific al Universității Tehnice de Construcții București, Nr.2, București.

Goodchild M., Sui D., (2005): *The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience*, International Journal of Geographical Information Science, S.U.A.

Lateș I., (2017): *Cercetări privind realizarea unui sistem de monitorizare cu model GIS a sistemelor de alimentare cu apă. Studiu de caz,* Raport de cercetare nr.2, Iași.

Luca M., Bălan A., Toma D., Apetroi I. V., Avram M., (2015): *The adduction pipes management on limiting water loss.* Proceedings IWA Regional Conference: “Water Loss Management 2015”, ARA Publishing, Bucureşti, Romania, pp. 348 – 356, ISBN 978-606-93752-6-6.

Luca M., Chirica Ş., Luca Al. L., (2017): *Elemente de analiză hidraulică a fenomenului “pierderi de apă” din reţelele de conducte*. Conferinţa tehnico-ştiinţifică cu participare internaţională Instalaţii pentru Construcţii şi Economia de Energie, Ediţia a XXVII-a, 6-7 iulie 2017, Iaşi, România, pp. 100–108.

ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Journal homepage
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

SIMULAREA UNUI DEBIT CONSTANT ÎN CAZUL PRODUCERII UNEI INUNDAȚII, FOLOSIND HEC-RAS ȘI DATELE HIDROLOGICE CALCULATE DE AUTORITĂȚILE REGIONALE. STUDIU DE CAZ: BAZINUL HIDROGRAFIC AL RÂULUI PODRIGA (NE ROMÂNIEI)

***Andrei Urzică*[a], *Cristian. C. Stoleriu*[a], *Claudiu Pricop*[b], *Elena Huțanu*[a], *Gheorghe Romanescu*[a]**

[a]*Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Romania*
[b]*Water Basin Administration Prut-Bârlad, Str. Theodor Văscăuțeanu, 10, 700462, Iași*

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte cheie:
HEC-RAS,
LiDAR,
simulare,
inundații,
Podriga

A B S T R A C T

Nord-Estul României se confruntă cu fenomene excepționale date de producerea inundațiilor încă de la începutul primăverii, odată cu topirea zăpezilor și începerea ploilor torențiale. Aceste evenimente amenință în fiecare an majoritatea bazinelor hidrografice, atât de dimensiuni mari, cât și de dimensiuni mici și mijlocii. Acesta este și cazul bazinului hidrografic al râului Podriga, care este un bazin de dimensiuni mici și este supus unui risc continuu la inundație. Râul Podriga este afluent de stânga al râului Bașeu, fiind cel mai mare bazin hidrografic ca dimensiune ce alimentează scurgerea râului Bașeu. Pe baza debitelor cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10%, calculate de autoritățile regionale, s-au generat 3 benzi de inundabilitate, cu ajutorul programului open-source, HEC-RAS. Pe baza limitelor de inundabilitate, s-au extras suprafețele afectate de inundație, generate manual, pe baza ortofotoplanurilor (ed. 2015). În cele din urmă s-a realizat o comparație între suprafețele inundate rezultate în urma simulării de inundație folosind programul HEC-RAS și suprafețele existente în Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani.

Introducere

Inundațiile au fost, rămân și încă vor rămâne, cele mai puternice forme de distrugere, cu impact major asupra societății umane, dar și asupra mediului natural. Pagubele survenite în urma producerii unor astfel de fenomene, pot fi de natură economică, cu pierderi financiare enorme în rândul cetățenilor, cât și de natură umană, cu pierderi de vieți omenești. Primele mențiuni ale producerii de fenomene hidrologice devastatoare pe teritoriul României datează încă din

secolul al XI – lea. Primele descrieri ale fenomenelor distructive de origine hidrologică datează din anul 1234, când s-a produs o revărsare a fluviului Dunărea, în perioada 25 decembrie – 7 ianuarie, în cadrul sectorului mijlociu. Cele mai recente inundații, viituri s-au revărsări au fost studiate în lucrări de specialitate, atât la nivel local, cât și la nivel regional (Romanescu et al., 2009, 2011a, 2011b, 2012, Kourgialas & Karatzas, 2011; Salit et al., 2013; Costache et al., 2015; Romanescu et al., 2018; Arghius et al., 2014).

La nivelul regiunii de nord-est a României, au fost făcute analize asupra bazinelor hidrografice de dimensiuni mari, precum bazinul hidrografic al râului Prut, bazinul hidrografic al râului Jijia, abordând atât tehnici moderne de analiză (simularea unor inundații cu debit constant cu diferite probabilități de apariție, utilizarea tehnicilor de teledetecție pentru identificarea extinderii inundațiilor încă de la apariția primelor imagini satelitare de înaltă rezoluție, cât și tehnici de analiză descriptivă a evenimentelor (Romanescu et al., 2017, Huțanu et al., 2018, Urzică et al., 2018, Enea et. al., 2018).

Fenomenele hidrologice cele mai devastatoare din ultimii ani, ce au afectat bazinele hidrografice amintite mai sus, au avut loc în 1991, 2008 și 2010 cu repercusiuni majore asupra populației locale, pierderile materiale și umane fiind însemnate (Romanescu and Stoleriu 2013, 2017).

Scopul acestei lucrări este de a pune în evidență zonele cu risc ridicat la inundații, de pe valea râului Podriga, folosind o metodologie bine definită, dar și de a analiza suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 1%, 5% sau de 10%.

Studiu de față se concentrează pe un bazin hidrografic de mici dimensiuni, bazinul hidrografic al râului Podriga, situat în nord-estul României (Figura 1). Râul Podriga este trecut în Atlasul Cadastrului Apelor din România sub codul RO.XII.1.10.6 și este afluent de stânga al râului Bașeu, iar suprafața de 234 de km^2 de pe care își adună apele, face ca bazinul hidrografic Podriga să fie cel mai mare bazin hidrografic ce alimentează cursul râului Bașeu.

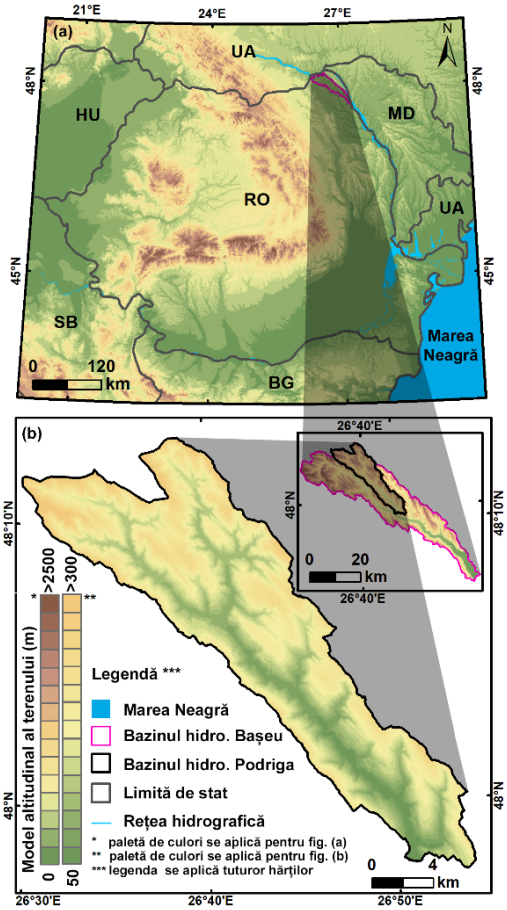


Figura 1 Localizarea fizico-geografică a bazinului hidrografic al râului Podriga în cadrul României și în cadrul bazinului hidrografic al râului Bașeu

Altitudinea din cadrul bazinului hidrografic este cuprinsă între 85 m, în zonele de luncă a râurilor și 283 m, în partea de nord-vest. Râul Podriga are o lungime de 40 km. Altitudinea maximă de la care izvorăște este de 250 m, iar în zona de confluență cu râul Bașeu, altitudinea ajunge la 87 m. Lungimea totală a rețelei hidrografice este de 71 km. Apele râului Podriga sunt alimentate doar de 3 afluenți importanți, r. Valea Boului (afluent de stânga, cu o lungime de 6,3 km și o suprafață a bazinului colector de 17 km^2), r. Lișmănița (afluent de stânga, cu o lungime de 14,4 km și o suprafață a bazinului hidrografic de 49 km^2), r. Izvoarele (afluent de dreapta, cu o lungime de 7,3 km și o suprafață a bazinului de recepție de 12 km^2). În ceea ce privește acumulările acvatice din cadrul bazinului hidrografic Podriga, acestea sunt în număr de 16 și totalizează un volum de retenție de aproximativ 17 mil. m^3. Pe cursul râului Podriga sunt amenajate 5 lucrări hidrotehnice, cea mai mare acumulare are un volum de retenție de 14,35 mil m^3 și este în administrația Apelor Române (Ac. Mileanca). Debitul maxim înregistrat a fost de 190 m^3/s, iar debitul minim înregistrat a fost de 0,015 m^3/s.

Materiale și metode

În ceea ce privește metodologia abordată, aceasta implică tehnici și cunoștințe avansate în mediu Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), fiind vorba de implementarea unui model hidrologic uni-dimensional pentru simularea unui debit constant în cazul producerii unor inundații cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10%, pe cursul râului Podriga. Programele folosite au fost atât cu licență (ArcGIS), cât și open-source (HEC-RAS). Literatura asimilată în vederea stăpânirii tehnicilor de lucru și a metodologiei este compusă atât din titluri internaționale (Dawson et al., 2008, Jonkman et al., 2008, Patel and Gundaliya, 2016), cât și din titluri naționale (Huțanu et al., 2018, Ghindăoanu et al., 2018). Metodologia pe baza căreia a fost realizată analiza s-a axat în principal pe lucrul cu programul HEC-RAS, program ce a fost dezvoltat de Institutul Resurselor de Apă, din cadrul armatei americane. Programul HEC-RAS este capabil de analize hidrologice 1D sau 2D, având ca date hidrologice de intrare, fie debite cu un caracter stabil, fie instabil. De asemenea, pot fi generate analize privind transportul de sedimente, ori modificarea cursului unui râu.

Setul de date principal necesar rulării simulări de inundație cu caracter uni-dimensional este format dintr-un Model Numeric Altitudinal al Terenului și datele hidrologice privind debitele istorice din cadrul bazinului hidrografic, pentru diferite probabilități de apariție, în cazul de față fiind vorba probabilități de 1%, 5% și de 10%.

Modelul Numeric Altitudinal al Terenului a fost obținut de la Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad, sub forma unor fișiere de tip LiDAR cu extensia .tiff. Fișierele de tip LiDAR au fost realizate în cadrul proiectului *SMIS-CSNR No.17945: Lucrări pentru reducerea riscului la inundații în bazinul hidrografic Prut-Bârlad* de către ANAR. Unirea fișierelor .tiff a presupus crearea unui *Geodatabase,* în cadrul căruia a fost generat un *Raster Dataset*. În urma încărcării fișierelor în *Raster Dataset*, a rezultat un raster cu o rezoluție spațială de 1m. Modelul

Altitudinal al Terenului a fost validat folosind o serie de filtre precum *flow direction, sink* și *fill* (Figura 2).

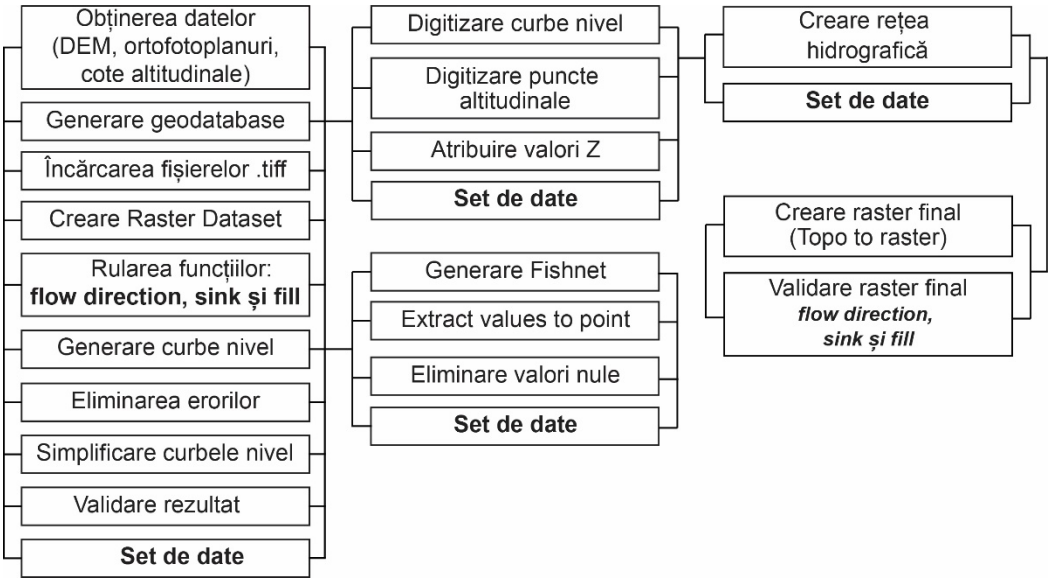


Figura 2 Schemă metodologică privind prelucrarea fișierelor LiDAR, dar și utilizarea altor două seturi de date pentru generarea unui Model Numeric Altitudinal al Terenului

Datele hidrologice pe baza cărora s-au generat cele 3 situații cu probabilitate de apariție de 1%, 5% și 10% au fost preluate din *Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani*, valabil pentru intervalul 2014 – 2017.

Pentru obținerea benzilor de inundabilitate s-a folosit programul HEC-RAS 5.0.5, și s-a parcurs trei etape principale: etapa de pre-procesare, etapa de procesare și etapa de post-procesare. În cele ce urmează se va face o detaliere a fiecărei etape (Figura 3).

Prima etapă, cea de pre-procesare a presupus generarea straturilor vectoriale specifice: talvegul (center line), malurile (bank), calea de scurgere (flowpaths) și secțiunile transversale (cross-sections). O dată generate aceste straturi a fost nevoie de generare a tabelelor de atribute aferente fiecărui strat și popularea acestora cu atribute precum: length, hydroID, station, name's river, reach, left bank, right bank, left length, channel length și right length.

Pentru trasarea straturilor vectoriale s-a utilizat rasterul de umbrire a bazinului hidrografic (generat cu funcția *Hillshade*), dar și cu ajutorul ortofotoplanurilor (ed. 2015), în zonele în care cursul râului a fost greu de identificat.

Trasarea straturilor a presupus urmărirea unor reguli stricte precum: digitizarea talvegului s-a realizat de la izvoare spre vărsare, pentru stabilirea direcției de scurgere; digitizarea malurilor s-a realizat începând cu malul stâng, urmat de cel drept; digitizarea secțiunilor

transversale s-a realizat de la izvoare spre vărsare, dinspre malul stâng spre cel drept, perpendicular pe talveg, cu condiția de a se intersecta o singura dată cu direcția de scurgere, fără a se intersecta între ele și să nu fie mai lungi decât limita Modelul Numeric Altitudinal al Terenului.

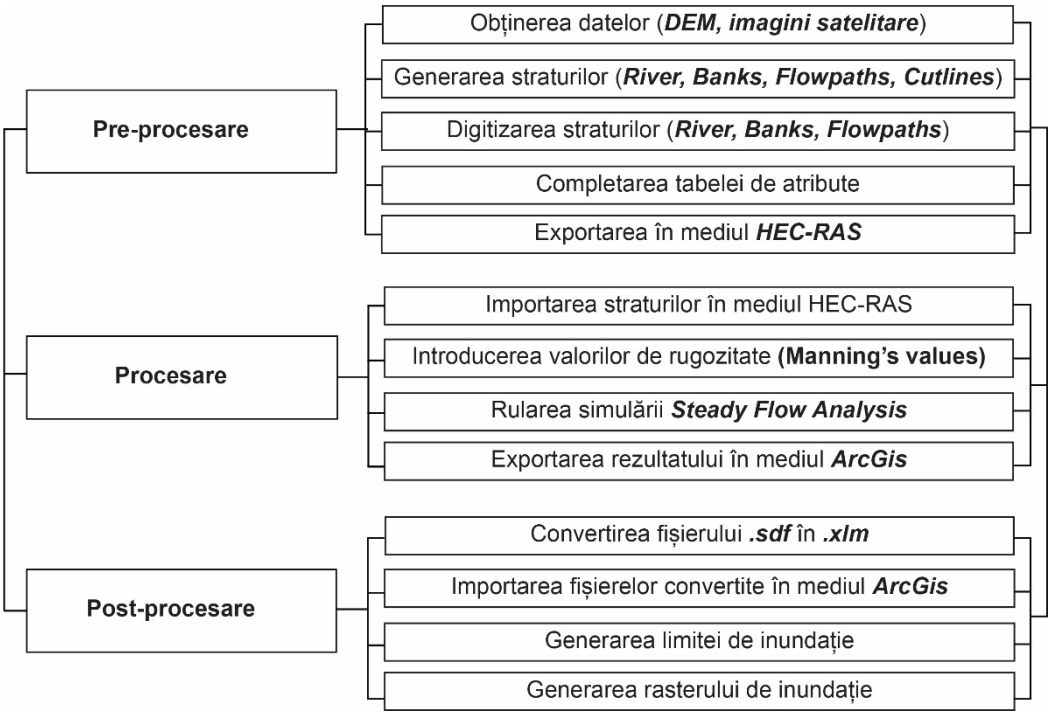


Figura 3 Schemă metodologică privind etapele de lucru în vederea realizării unei simulări de inundație cu ajutorul suitei de program ArcGIS și HEC-RAS

Etapa de procesare a presupus exportarea straturilor vectoriale anterior generate, din mediul ArcGIS, în mediul de lucru HEC-RAS, dar și de introducere a unor parametri esențiali rulării simulării de inundație, precum coeficientul de rugozitate, date hidrologice cu privire la regimul de scurgere, volumul acumulărilor acvatice de pe cursului râului Podriga, altitudinea minimă la care sunt localizate acumulări acvatice și un ultim parametru a fost cel legat de panta medie a râului. Coeficienții de rugozitate introduși au fost de: 0,035 pentru pășuni, 0,025 pentru terenuri agricole, 0,04 pentru suprafețe acvatice și 0,08 pentru terenuri degradate. Debitele introduse în cazul celor trei situații ipotetice analizate sunt de: 190 m^3/s pentru situația de 1%, 110 m^3/s pentru situația de 5% și 90 m^3/s pentru situația de 10%.

Etapa de post-procesare a presupus exportarea rezultatului din mediul HEC-RAS, în mediul ArcGIS și generarea limitei de inundație și a rasterului cu valorile adâncimii inundației.

Stratul vectorial cu utilizarea terenului a fost obținut prin digitizarea on-screen a ortofotoplanurilor, ediția 2015. În urma procesului de digitizare au fost generate

16.143 poligoane, care au fost clasificate în 19 categorii de utilizare a terenului (locuințe, construcții anexe, clădiri administrative și social culturale, căi ferate, drumuri de interes național, drumuri de interes județean, drumuri de interes local, drumuri de exploatare, străzi secundare, teren arabil, curți, teren neproductiv, teren degradat, păduri, vegetație forestieră, tufărișuri, pășuni, ape curgătoare, ape stătătoare și zone umede).

Rezultate și discuții

Analizând rezultatele obținute se poate observa faptul că amplasarea corectă a locuințelor și a construcțiilor anexe, (în general a gospodăriilor) pe cursul râului Podriga oferă un grad de siguranță ridicat populației în cazul producerii unor fenomene hidrologice de tipul inundațiilor (Figura 4).

Producerea unei inundații cu o probabilitate de 1%, având un debit de 190 m^3/s, amenință un număr de construcții anexe și locuințe relativ redus, fiind afectate 3 construcții anexe și 2 locuințe, echivalentul a două gospodării. Categoriile de utilizare a terenului mai sus menționate acoperă o suprafață de 0,02 ha (Tabel 1). Printre categoriile de utilizare a terenului afectate într-un număr redus se numără curțile, cu o suprafață totală afectată de 0,4 ha, tufărișurile, cu o suprafață de 0,1 ha, categoriile de drumuri (căi ferate, drumuri de interes național, județean, local, de exploatarea sau străzi secundare), totalizând 4,7 ha, ceea ce înseamnă 12.462 m (12,462 km). Cele mai afectate categorii sunt cele aflate în extravilan, acestea fiind reprezentate de terenurile arabile, pășuni, păduri, suprafețe acvatice, și zone umede. Terenurile arabile sunt inundate pe o suprafață de 155 ha, pășunile pe o suprafață de 453 ha, pădurile pe o suprafață de 14 ha, suprafețele acvatice însumează 147 ha, iar zonele umede 18 ha. Suprafața totală afectată în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție o dată la 100 de ani este de 797 ha, ceea ce înseamnă 3,2% din întreaga suprafață a bazinului hidrografic al râului Podriga. Valorile detaliate ale suprafețelor afectate în cazul celor trei situații analizate pot fi consultate în Tabelul 1.

Tabel 1 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 1%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	155.92
Construcții anexe	0.01
Drumuri județene	0.13
Teren degradat	0.89
Drumuri de exploatare	2.39
Păduri	14.17
Perdea forestieră	1.08
Pășuni	453.73
Locuințe	0.01
Lacuri	119.38
Drumuri locale	1.87
Drumuri naționale	0.01
Căi ferate	0.24
Străzi secundare	0.07
Tufărișuri	0.13
Cursuri de apă	28.84
Zone umede	18.46
Curți	0.40
Total	**797**

Producerea unei inundații cu un debit de 110 m^3/s, echivalentul unei probabilități de apariție de 5%, afectează o suprafață totală de 674 ha (Tabel 2). Suprafața afectată reprezintă 2,8% din întreaga suprafață a bazinului hidrografic analizat. Categoriile de utilizare a terenului cu suprafețele cele mai mici afectate sunt, ca și în cazul inundației cu probabilitatea de 1%, construcțiile anexe și locuințele, cu o suprafață totală afectată de 0,007 ha, fiind afectat un singur imobil pentru

fiecare categorie mai sus menționată. Curțile sunt afectate pe o suprafață de 0,2 ha, cu 0,2 ha mai puțin decât în cazul producerii unei inundații de 1%. Categoriile de drum totalizează o suprafață inundată de 3,9 ha, echivalentul a 10.781 m (10,781 km). Cele mai afectate categorii de utilizare a terenului sunt cele date de terenurile arabile, pășuni, păduri, suprafețe acvatice și zone umede. Terenurile arabile sunt afectate pe o suprafață de 133 ha, echivalentul a aproximativ 20% din întreaga suprafață afectată. Ponderea pășunilor inundate depășește 50%, suprafața totală fiind de 360 ha. Pădurile însumează 13 ha de teren inundat, suprafețe acvatice 147 ha, iar zonele umede 14 ha.

Tabel 2 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 5%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	133.74
Construcții anexe	0.001
Drumuri județene	0.06
Teren degradat	0.60
Drumuri de exploatare	2.08
Păduri	12.97
Perdea forestieră	0.84
Pășuni	360.11
Locuințe	0.01
Lacuri	119.26
Drumuri locale	1.65
Drumuri naționale	0.00
Căi ferate	0.17
Străzi secundare	0.02
Tufărișuri	0.11
Cursuri de apă	28.70
Zone umede	13.71
Curți	0.28
Total	**674**

Producerea unui debit de 80 m^3/s pe cursul râului Podriga poate duce la o inundație ce se întinde pe 564 de ha, echivalentul a 2,3% din întreaga suprafață a bazinului colector al râului Podriga. Ca și în cazul celor două situații analizate mai sus, suprafețe afectate într-un grad mai redus sunt date de construcțiile anexe și locuințele, ambele categorii totalizând 0,003 ha (Tabel 3). Curțile sunt afectate pe o suprafață de 0,2 ha, iar categoriile de drumuri 3,5 ha, cu o lungime totală de 9.671 m (9,671 km), la acest debit, nivelul inundației nemaiajungând la nivelul străzilor secundare.

Tabel 3 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații cu o probabilitate de apariție de 10%

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	120.54
Construcții anexe	0.0001
Drumuri județene	0.03
Teren degradat	0.58
Drumuri de exploatare	1.87
Păduri	12.38
Perdea forestieră	0.71
Pășuni	274.07
Locuințe	0.00
Lacuri	119.20
Drumuri locale	1.59
Drumuri naționale	0.004
Căi ferate	0.10
Tufărișuri	0.09
Cursuri de apă	28.57
Zone umede	4.74
Curți	0.25
Total	**564**

Din întreaga suprafață a bazinului Podriga, sunt inundate 120 ha de teren arabil. Pășunile prezintă 274 ha inundate, cu o pondere de sub 50% din totalul suprafeței afectate. Pădurile sunt afectate pe o suprafață de 12 ha, iar suprafețe acvatice prezintă aceeași arie de 174 ha afectate, la fel ca și în cazul celorlalte două scenarii.

În ceea ce privește suprafețele supuse riscului de a fi afectate de inundație, menționate în *Planul Împotriva Inundațiilor*, producerea unei inundații cu o asigurare de 1% sau de 5%, ar duce la afectarea unei suprafețe de 25 de ha în cazul terenurilor arabile, de 215 ha în cazul pășunilor, de 150 ha în cazul terenurilor forestiere, de 3 ha în cazul grădinilor (Tabel 4). În același timp, 28 de gospodării, 300 m de drum de interes județean, 300 m de căi ferate ar fi afectate.

Tabel 4 Suprafețele afectate în cazul producerii unei inundații de 1%/5% prezente Planul Împotriva Inundațiilor

Utilizare teren	Suprafață (ha)
Teren arabil	25
Grădini	3
Păduri	150
Pășuni	215
Total	**393**

Făcând o comparație a suprafețelor cu potențial inundabil aferente categoriilor de utilizare a terenului prezente în *Planul Județean de Apărare Împotriva Inundațiilor, Fenomenelor Meteorologice Periculoase, Accidentelor la Construcții Hidrotehnice și Poluărilor Accidentale al Județului Botoșani* la o asigurare de 1% sau de 5%, cu suprafețele generate prin intermediul tehnicilor GIS, se poate observa faptul că unele categorii au fost subevaluate, cum este cazul terenurilor arabile, pășunilor, drumurilor de interes județean, căilor ferate (Tabel 5).

La polul opus se regăsesc unele categorii care au fost supraevaluate, cum este cazul gospodăriilor și a pădurilor (Tabel 6).

Tabel 5 Comparația lungimilor de drumuri afectate în cazul analizei rezultate cu HEC-RAS și cele extrase din Planul Împotriva Inundațiilor (eng. CSDAF)

Utilizare teren	HecRas (m)	PÎI* (m)
Căi ferate	720	300
Drumuri naționale	26	-
Drumuri județene	274	300
Drumuri locale	4543	-
Străzi secundare	224	-
Drumuri de exploatare	6674	-

Tabel 6 Comparația suprafețelor afectate a terenurilor ocupate de vegetație forestieră în cazul analizei rezultate cu HEC-RAS și cele extrase din * Planul Împotriva Inundațiilor

Utilizare teren	Hec-Ras (ha)	CSDAF* (ha)
Pădure	15.25	150
Total	15.25	150

Realizând o medie a construcțiilor prezente într-o gospodărie, reiese faptul că o singură gospodărie, are, în medie, o locuință și două, maxim trei construcții anexe. Dacă fiecare gospodărie ar avea câte o singura locuință, ar rezulta că la producerea unei inundații cu un debit de 190 m^3/s sau 110 m^3/s ar fi afectate 28 de locuințe, lucru supraevaluat, daca este să facem comparație cu benzile de inundabilitate generate în mediul GIS, unde sunt afectate doar 2 locuințe. În același timp, cu o medie de 2 construcții anexe/gospodărie, ar rezulta faptul că ar fi afectate în total 56 de construcții anexe, comparativ cu 3 construcții anexe rezultate din mediu GIS. Numărul de construcții anexe afectate este, din nou, supraevaluat în Planul Împotriva Inundațiilor.

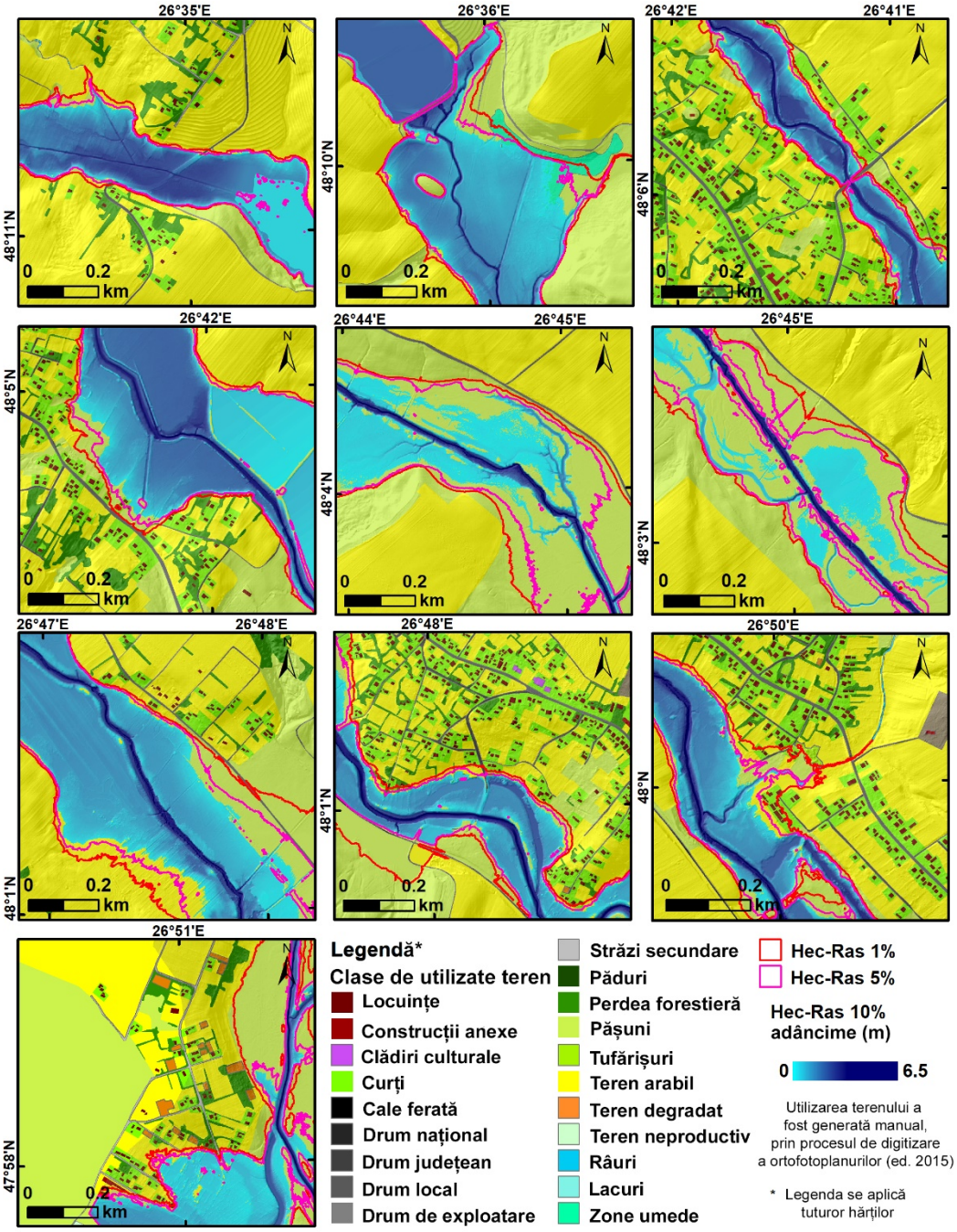


Figura 4 Exemple de zone afectate de inundații, la diferite probabilități de apariție (1%, 5% și 10%), din cadrul bazinului hidrografic al râului Podriga

Concluzii

Studiul de față a urmărit aplicarea unei metodologii de identificare a zonelor cu potențial inundabile din cadrul bazinului hidrografi al râului Podriga. Cu ajutorul programului de modelare hidrologică au fost generate trei situații ipotetice de producere a unei inundații cu diferite probabilități de apariție, de 1%, 5% și de 10%. Producerea unei inundații cu un debit istoric de 190 m^3/s (cu probabilitate de apariție o data la 100 de ani) ar putea afecta 797 ha din cadrul bazinului hidrografic studiat. Un debit de 110 m^3/s (cu o probabilitate de apariție o dată la 20 de ani) ar putea afecta 672 ha a bazinului colector al râului Podriga, iar un debit de 80 m^3/s (cu o probabilitate de apariție o dată la 10 ani) ar putea afecta 564 ha din întregul bazin hidrografic.

Totodată, s-a realizat extragerea suprafețelor afectate prezente în Planul Împotriva Inundațiilor, pus la dispoziție de prefectura județului Botoșani și s-a realizat o comparație a categoriilor de utilizare a terenului identificate de autoritățile regionale ca fiind supuse unui risc hidrologic, cu suprafețele supuse riscului hidrologic generate cu ajutorul programului HEC-RAS. Comparația celor două surse a scos la evidență faptul că unele categorii de utilizare a terenului au fost subevaluate în ceea ce privește riscul pe care îl dețin în fața unui fenomen hidrologic, în Planul Împotriva Inundațiilor. Categorii precum terenurile arabile, pășunile, drumuri de interes județean și căi ferate dețin suprafețe sau lungimi mult sub rezultatul obținut de simulările HEC-RAS. La polul opus, se găsesc pădurile și gospodăriile a căror suprafață și număr au fost supraevaluate.

BIBLIOGRAFIE

Costache R., Pravalie R., Mitof I. & Popescu C. Flood vulnerability assessment in the low sector of Sărețel cathement. Case study: Joseni village. *Carpath J Earth Environ Sci* 2015 **10**, 161–169.Romanescu G. Siret river basin planning (Romania) and the role of wetlands in diminishing the floods. *WIT Trans Ecol Environ* 2009, **125**, 439–453.

Romanescu G. & Nistor I. The effect of the July 2005 catastrophic inundations in the Siret River's Lower Watershed, Romania. *Nat Hazards* 2011, **57**, 345–368.

Romanescu G., Stoleriu C.C. & Romanescu A.M. Water reservoirs and the risk of accidental flood occurrence. Case study: Stanca–Costesti reservoir and the historical floods of the Prut river in the period July–August 2008, Romania. *Hydrol Process* 2011, **25**, 2056–2070.

Romanescu G., Zaharia C. & Stoleriu C.C. Long-term changes in average annual liquid flow river Miletin (Moldavian Plain). *Carpathian J Earth Environ Sci* 2012, **7**, 161–170.

Romanescu G. & Stoleriu C.C. Causes and Effects of the Catastrophic Flooding on the Siret River (Romania) in July-August 2008. *Nat Hazards* 2013b, **69**, 1351–1367.

Romanescu G. & Stoleriu C.C. Exceptional floods in the Prut basin, Romania, in the context of heavy rains in the summer of 2010. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 2017, **17**, 381–396.

Romanescu G., Cimpianu C.I., Mihu-Pintilie A. & Stoleriu C.C. Historic flood events in

NE Romania (post-1990). *J Maps* 2017, **13**, 787–798

Romanescu G., Hapciuc O.E., Minea I. & Iosub M. Flood vulnerability assessment in the mountain–plateau transition zone: a case study of Marginea village (Romania). *J Flood Risk Manage* 2018b, **11**, 502–513.

Dawson R.J., Speight L., Hall J.W., Djordjevic S., Savic D. & Leonardo J. Attribution of flood risk in urban areas. *J Hydroinf* 2008, **10**, (4), 275.

Jonkman S.N., Vrijling J.K. & Vrouwenvelder A.C.W.M. Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new methods. *Nat Hazards* 2008, **46**, 353–389.

Patel C.G. & Gundaliya P. J. Floodplain delineation using HEC-RAS model – A case study of Surat city. *Open Journal of Modern Hydrology* 2016, **6**, 34–42 . doi: 10.4236/ojmh.2016.61004.

Kourgialas N. & Karatzas G. Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas – a case study. *Hydrol Sci J* 2011, **56**, (2), 212–225.

Salit F., Zaharia L. & Beltrando G. Assessment of the warming system against floods on a rural area: the case of the lower Siret River (Romania). *Nat Hazards Earth Syst Sci* 2013, **13**, 409-416.

Urzica A., Mihu-Pintilie A., Hutanu E., Ghindaoanu V. B., Albu L. M. Using GIS methods for modelling exceptional flood events in Baseu river basin, NE Romania, Geobalcanica 4th International Scientific Conference, 15-16 mai 2018, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 463 – 471.

Hutanu E., Mihu-Pintilie A., Urzica A. The use of GIS techniques for obtaining potentially floodable surfaces in the jijia floodplain, Geobalcanica 4th International Scientific Conference, 15-16 mai 2018, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 473 – 480.

Ghindaoanu V. B., Hutanu E., Urzica A. The GIS modeling of the terrain favorability for the placement of constructions in the areas with hydro-geomorphological risk, Geobalcanica 4th International Scientific Conference, 15-16 mai 2018, Ohrid Republic of Macedonia, pp. 22 – 30.

Enea A., Urzica A., Breaban I. G. Remote sensing, GIS and HEC-RAS techniques, applied for flood extent validation, based on LANDSAT imagery, LIDAR and hydrological data. Case study: Bașeu river, Romania, J. of Environmental Protection and Ecology, vol 19 (3), 2018

*** County Scheme of Defence Against Flooding (online),, http://www.prefecturabotosani.ro/urgenta/Plan%20jud.Botosani%202014%20-%202017.pdf (accesed 19 September, 2018)

Jurnalul Est European de Sisteme Informaționale Geografice și Teledetecție, Vol. 2, nr. 1, 2018

ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Pagina jurnalului
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

MODELAREA ZGOMOTULUI URBAN GENERAT DE TRAFICUL RUTIER. STUDIU DE CAZ: ZONA CENTRALĂ A MUNICIPIULUI VASLUI

Ionuț Șorea[a], Cristian Constantin Stoleriu[a], Adrian Ursu[a], Andrei Urzică[a], Gheorghe Romanescu[a]

[a]Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Romania

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte cheie:
zgomot ambiental,
trafic rutier,
QGIS,
opeNoise

A B S T R A C T

Zgomotul ambiental a devenit în ultimii ani o problemă de mediu intens dezbătută la nivel european, atât cu privire la efectele sale asupra sănătății cetățenilor, cât și la modul în care poate fi redus de către administrațiile locale. La nivelul Uniunii Europene, Directiva 2002/49/CE reprezintă actul normativ care oferă indicații Statelor Membre asupra modului în care se poate modela zgomotul ambiental având ca sursă traficul rutier din aglomerările urbane, traficul feroviar, aerian din vecinătatea aeroporturilor, zgomotul din zonele industriale și cel generat pe drumurile din afara orașelor.
Lucrarea de față urmărește prezentarea unei metode de modelare a zgomotului rutier folosind instrumentul GIS open-source opeNoise v. 1.0. – plugin integrat în QGIS Brighton 2.6.1. Zona studiată este reprezentată de porțiunea centrală a municipiului Vaslui, delimitată de Bd. Traian, Str. Ștefan cel Mare, Str. Alecu Donici, Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei. Pentru crearea hărților strategice de zgomot pe baza cărora se vor putea identifica zonele cu nivel ridicat de zgomot s-au integrat în plugin-ul de cartografiere acustică date de ordin spațial precum geometria rețelei stradale sau cea a clădirilor.

Introducere

Poluarea fonică reprezintă o problemă de mediu actuală a lumii contemporane în contextul în care transportul și urbanizarea s-au extins enorm ca fenomene conexe globalizării. Sursele de producere ale zgomotului ambiental sunt reprezentate de elemente precum traficul rutier pe drumurile principale și în aglomerațiile urbane, feroviar, aerian în vecinătatea aeroporturilor și cel produs de zonele industriale. În mediul urban, infrastructura rutieră reprezintă sursa cea mai importantă generatoare de zgomot ambiental (Murphy E. et al., 2006). În acest sens, conform precizărilor Comisiei Europene, aprox. 50 milioane de persoane care locuiesc în zone urbane sunt afectate de trafic pe timp de noapte, în timp ce 20 milioane dintre

acestea au probleme de sănătate din această cauză. Pentru luarea de măsuri de combatere a zgomotului ambiental și realizarea planurilor de acțiune, se cere crearea hărților strategice de zgomot. Acestea sunt reprezentări cartografice care redau nivelurile de zgomot în funcție de sursa de producere a acestuia. O astfel de hartă este concepută pentru evaluarea globală a expunerii populației la zgomotul ambiental.

Realizarea hărților strategice de zgomot pentru aglomerările urbane oferă o serie de avantaje la nivelul planificării teritoriale, printre care se numără: modelarea zgomotului în vederea construirii de noi zone rezidențiale, informarea populației cu privire la nivelurile de zgomot în zonele de interes, depistarea zonelor liniștite și păstrarea lor ca atare sau crearea de noi zone de acest fel, stabilirea arterelor stradale cu nivel ridicat al zgomotului și simularea efectelor unor eventuale metode de diminuare a nivelului zgomotului.

Tema abordată în lucrare a fost aleasă plecând de la actualitatea problemei poluării fonice. La nivel european, Directiva 2002/49/CE oferă principii directoare pentru Statele Membre ale Uniunii Europene cu privire la zgomotul ambiental, în vederea întocmirii hărților strategice de zgomot de către cele din urmă. În România, Directiva este transpusă în legislația națională prin Hotărârea de Guvern nr. 321/2005, reactualizată în 2013.

Scopul lucrării îl reprezintă prezentarea metodologică a modelării zgomotului provocat de traficul rutier folosind instrumentul GIS open-source openNoise v. 1.0. – plugin integrat în QGIS Brighton 2.6.1. Modelarea zgomotului ține cont, în proporții diferite, de elementele cadrului natural.

Municipiul Vaslui este poziționat la intersecția paralelei de 46°39´ lat. N cu meridianul de 27°44´ long. E, la contactul dintre Podișul Central Moldovenesc și Colinele Tutovei. Relieful actual derivă dintr-o câmpie sarmato-pliocenă, înălțată epirogenetic, transformată într-o regiune de dealuri și coline (Mocanu A., 2008) (Figura 1).

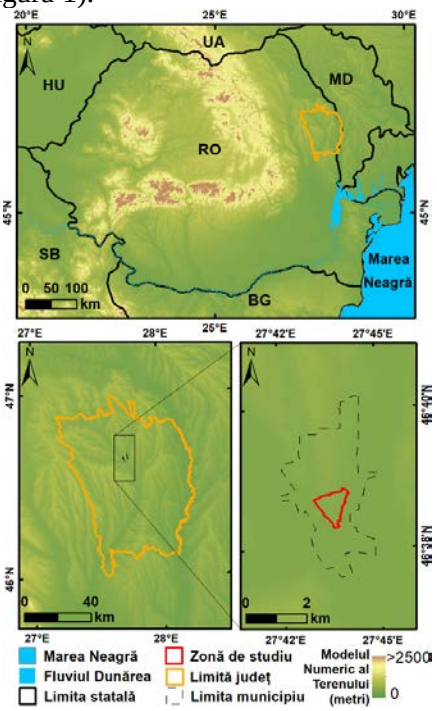


Figura 1 Localizarea fizico-geografică a județului Vaslui și a zonei de studiu în cadrul României

Caracteristicile generale ale reliefului imprimă vetrei orașului și tramei sale stradale trăsături morfometrice care inevitabil vor influența traficul rutier, în ciuda modificărilor antropice și lucrărilor geotehnice realizate pentru construcția blocurilor, dezvoltarea sistemului tehnico-edilitar sau definitivarea rețelei stradale. Caracteristicile generale ale reliefului zonei municipiului Vaslui sunt puternic influențate de structura geologică

monoclinală specifică Podișului Bârladului, unitatea de relief de rang superior în care este încadrat orașul. Agenții de eroziune sunt cei care au definitivat forma actuală a reliefului.

În dealurile din împrejurimile municipiului Vaslui întâlnim altitudini maxime mai mult sau mai puțin cuprinse în intervalul 200-300 m. Astfel, la vest de oraș, lângă localitatea Rediu întâlnim Dealul Ghoerghițoaiei-Rediu (198 m), în continuarea căruia, la nord-vest, se desfășoară Dealul Brodoc (220 m).

Aspectele climatice reprezintă la rândul lor elemente ce influențează modelarea zgomotului. Elementele climatice au un efect cu atât mai mare asupra receptorului cu cât sursa de zgomot se află la o distanță mai mare de acesta, în cazul distanțelor mici (în general mai mici de 100 m), efectul fiind neglijabil (Rasmussen R.O. et al., 2007).

Temperatura aerului reprezintă un factor de corecție pentru modelarea zgomotului. Mecanismul care stă la baza propagării sunetelor la temperaturi diferite ale aerului este refracția. Valoarea zgomotului produs de autovehicule este mai ridicată la temperaturi mai scăzute (Subramani T. et al., 2012, Bendtsen H. et al., 2009, Mioduszewski P. et al., 2014). Pentru municipiul Vaslui, temperatura medie anuală este de 9,4°C, apropiată de media națională de 9,5°C (Larion D., 2004).

Nivelul de zgomot este direct proporțional cu valoarea umezelii relative a aerului, astfel încât acesta crește când umezeală relativă este ridicată (Subramani T. et al., 2012). Pentru municipiul Vaslui, media multianuală a umezelii relative este una redusă, având valoarea de 73% (Larion D., 2004). Vegetația urbană reprezintă și ea un important factor de corecție al nivelelor de zgomot. Benzile de arbori, parcurile de cartier și spațiile verzi publice au capacitatea de a absoarbe sau de a reflecta în proporții diferite zgomotul pe direcția sursă – receptor (Yang H.S., 2013). Pe raza municipiului există mai multe parcuri, dintre care cele mai extinse sunt: Parcul Copou (11 ha), Parcul Tineretului (cu Teatrul de Vară) și Parcul Movas (în zona foste fabrici de mobilă).

Solul poate avea capacitatea de a absoarbe zgomotul în funcție de gradul de porozitate, e adevărat că într-o proporție mai mică decât vegetația arborescentă în mediul urban (Yang H.S., 2013).

Zona de studiu reprezintă porțiunea centrală a municipiului Vaslui, fiind delimitată la nord de Str. Alecu Donici, Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei, la vest și sud-vest de Bulevardul Traian, în timp ce limita de est o reprezintă Str. Ștefan cel Mare, cuprinzând în limitele sale principalele instituții politico-administrative ale municipiului (Figura 2).

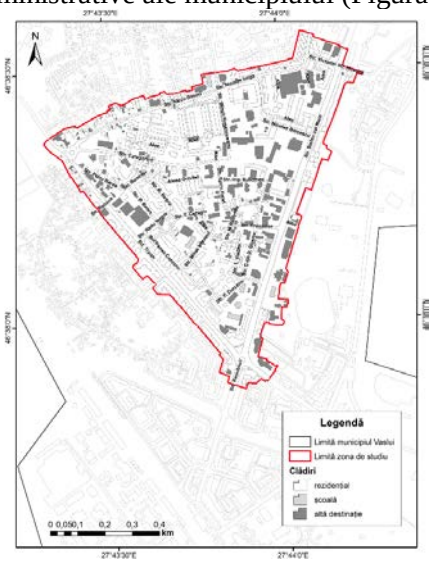


Figura 2 Localizarea zonei de studiu în cadrul municipiului Vaslui

Materiale și metode

Metodologia de lucru poate fi divizată între trei mari părți, după cum urmează:

- Crearea bazei de date spațiale (clădiri și rețea stradală) și integrarea datelor de trafic obținute în teren;
- Procesarea datelor în plugin-ul opeNoise în vederea calculului indicatorilor de zgomot;
- Procesarea datelor de ieșire obținute în urma rulării plugin-ului și obținerea hărților strategice de zgomot finale.

Datele de ordin spațial ce stau la baza oricărei cartografieri acustice sunt date de tip vectorial având atribuite informații folosite ulterior de soft-urile specializate în domeniu. Corectitudinea unei astfel de baze de date este prin urmare esențială. La nivelul României, totuși datele de acest fel lipsesc de cele mai multe ori. În cazul datelor de trafic rutier, situația este una cu mult mai negativă.

Programul folosit pentru generarea valorilor indicatorilor de zgomot este unul de tip open-source. Rezultatul final obținut în urma rulării lui nu este harta strategică de zgomot propriu-zisă, astfel încât un ultim pas metodologic a fost reprezentat de interpolarea valorilor decibelilor din diferite puncte din zona de studiu.

Baza de date necesară modelării zgomotului generat de traficul rutier pe zona de studiu aleasă a fost alcătuită din două mari seturi de date:

- Date spațiale ca date de bază pentru modelarea zgomotului (rețeaua stradală digitizată sub formă de polilinii și clădirile din zona de studiu sub formă de poligoane);
- Date privitoare la traficul rutier din zona de studiu, obținute prin cercetare de teren și atribuite fișierului cu extensia .shp descriind rețeaua stradală.

Primul pas în generarea bazei de date spațiale a fost reprezentat de crearea suportului digitizării clădirilor și rețelei stradale. La baza acestuia au stat ortofotoplanurile publicate în mediul online de Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCPI) pe website-ul propriu, dar nedescărcabile. Folosind site-ul oficial, s-au realizat capturi de ecran pentru ortofotoplanurile din anul 2016. În continuare, ortofotoplanul obținut pentru zona de studiu a fost georeferențiat. Metoda folosită a fost cea a georeferențierii prin puncte de corespondență. Punctele sursă au fost extrase din Google Earth. Acestea au fost alese în prealabil în funcție de situarea lor la intersecție de drumuri bine delimitate atât pe imaginea satelitară din Google Earth, cât și pe ortofotoplan.

După georeferențierea ortofotoplanului, următorul pas a constat în crearea propriu-zisă a bazei de date spațiale reprezentând elementele definitorii modelării zgomotului: clădirile și rețeaua stradală din zona de studiu.

Rețeaua stradală a fost inițial digitizată sub formă de poligon, dar mai apoi a fost transformată în polilinii pentru a putea fi integrată în mediul opeNoise. Atât forma clădirilor, poziționarea acestora, cât și forma poligoanelor reprezentând străzile din zona de studiu au fost confirmate prin imagini satelitare de arhivă din Google Earth sau imagini obținute prin Google Street View și Google Maps. În continuare, în tabela de atribute ale celor două shapefile-uri s-au integrat câmpurile considerate necesare îndeplinirii scopului lucrării. Fișierului rețelei stradale i-a fost generată tabela de atribute conform cerințelor din plugin-ul opeNoise, aceasta din urmă fiind compusă din câmpuri populate cu date obținute din teren și

extrapolate sau cu date obținute din legislație sau hărți generate pe baza modelului numeric al terenului (Figura 3).

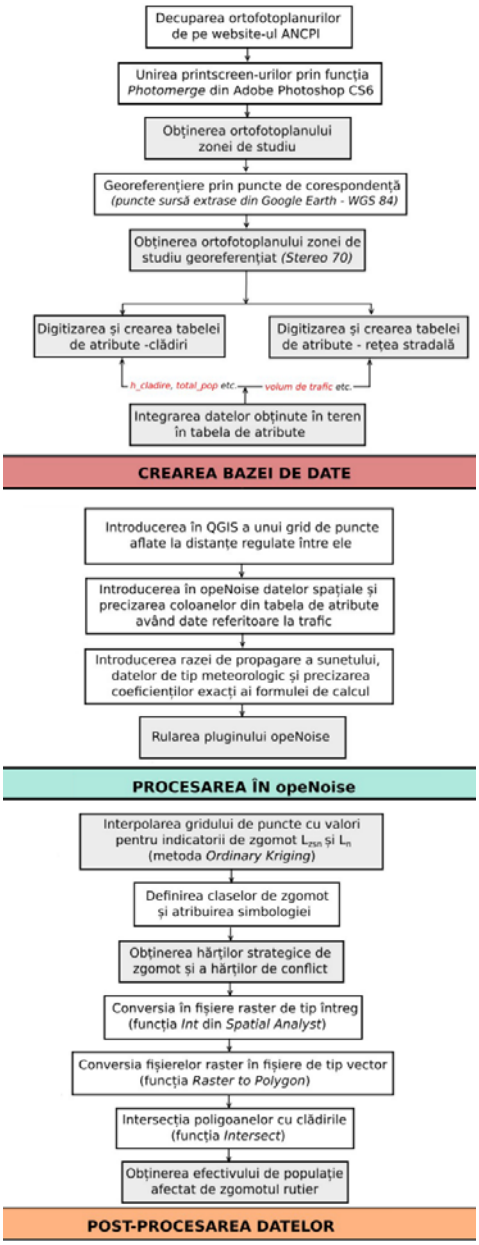


Figura 3 Schemă metodologică pentru modelarea zgomotului folosind plugin-ul opeNoise

Programul folosit pentru procesarea datelor și calculul indicatorilor de zgomot Lzsn și Lnoapte a fost plugin-ul opeNoise integrat în soft-ul open source QGIS Brighton 2.6.1. Versiunea de plugin instalată în QGIS a fost v. 1.0.

Metoda interimară de calcul pentru indicatorii de zgomot L_{zsn} și L_{noapte} utilizată de plugin-ul opeNoise este metoda națională franceză de calcul „NMPB Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCCSTB)", menționată în Hotărârea din 5 mai 1995 referitoare la zgomotul produs de traficul peinfrastructurile rutiere, Jurnalul Oficial din 10 mai 1995, art. 6, și standardul francez XPS 31-133, întocmai cu precizările Directivei Europene nr. 49 din 2002.

Fișierul rețelei stradale introdus în plugin-ul opeNoise a fost de tip polilinii. Pentru simplificare, străzile au fost digitizate plecând de la axul central al carosabilului, printr-o singură linie. În condițiile în care se vrea creșterea acurateței, străzile se pot reprezenta prin două linii, una pentru fiecare sens (linii desenate pe mediana sensului de mers). Totuși, legislația din domeniu nu obligă digitizarea străzilor după sensul de mers. Pe lângă străzi, am simplificat și digitizarea sensurilor giratorii. Posibilitatea simplificării în digitizarea rețelei stradale este enunțată și în Ghidul Comisiei Europene, cu specificarea că aceasta va genera o mică abatere de la realitate (acurațete de 1 dB). Metoda de calcul a indicatorilor de zgomot folosită de opeNoise necesită delimitarea străzilor în segmente. Acestea au fost definite în funcție de existența intersecțiilor cu alte străzi. Pentru integrarea în opeNoise, a fost necesară introducerea volumului de trafic (numărul autovehiculelor) ușor și greu,

pentru fiecare segment de stradă în parte. Aceste valori au fost obținute ca medie orară pentru intervalele de timp precizate în Anexa 1 a Directivei nr. 49/2002/CE și în H.G. 321/2005, reactualizată în 2013 (Tabel 1).

Tabel 1 – Intervalele orare pentru obținerea datelor despre volumul de trafic

Indicator	Interval de timp
L_{zi}	7:00 – 19:00
$L_{seară}$	19:00 – 23:00
L_{noapte}	23:00 – 7:00

De asemenea, fișierului rețelei stradale i s-a atribuit informații legate de caracteristicile acustice ale carosabilului, numărul de benzi, viteza de circulație a autovehiculelor, tipul fluxului de trafic sau profilul longitudinal al drumurilor.

Înainte de începerea calculului propriu-zis, în opeNoise a fost introdus un grid de puncte aflate la distanțe regulate unele de altele (3 m măsurați în teren) (Asensio, C. et al., 2011). Odată introduse toate variabilele cerute, plugin-ul creează puncte de recepție a zgomotului pe fațadele clădirilor și distribuie niveluri de zgomot fiecărui punct în parte din gridul de puncte regulate introdus inițial, folosindu-se de razele de sunet directe și de difracție generate de sursele de tip linie (străzile).

Formula calculului nivelurilor de zgomot pentru Lzi-seară-noapte (indicator asociat disconfortului acustic genreral) este cea precizată în standardul francez XPS 31-133 (preluată fiind și în H.G. 321/2005), și anume:

$$\boldsymbol{Lzsn} = 10 \cdot lg \frac{1}{24}(12 \cdot 10^{\frac{Lzi}{10}} + +4 \cdot 10^{\frac{Lseară+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{Lnoapte+10}{10}}) \quad (1)$$

unde: Lzsn = indicator acustic pentru ziua calendaristică, Lzi = indicator acustic pentru intervalul orar 7^{00}-19^{00}, Lseară = indicator acustic pentru intervalul orar 19^{00}-23^{00}, Lnoapte = indicator acustic pentru intervalul orar 23^{00}-7^{00}.

Rezultatul final obținut în opeNoise este un grid cu puncte regulate care are atribuit valori pentru indicatorii L_z, L_s, L_n și L_{zsn} pentru fiecare punct în parte. Plugin-ul mai poate permite atașarea simbologiei standard pentru o modelare a zgomotului (clasele de 5 dB(A) și culorile specifice), dar nu oferă posibilitatea generării hărții strategice de zgomot propriu-zise.

Fișierul nou obținut a fost transferat din QGIS în ArcGIS, unde pentru generarea hărții de zgomot s-au interpolat punctele obținute în etapa precedentă de lucru, folosindu-se metoda Ordinary Kriging. Ultimul pas a însemnat definirea claselor de niveluri ale zgomotului conform legislației în vigoare și atribuirea simbologiei (Figura 4).

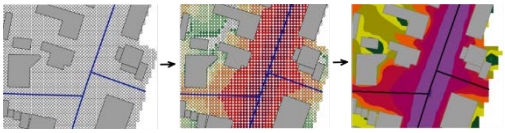


Figura 4 Fluxul de lucru în cartografierea zgomotului și rezultatele acestuia (grid cu puncte regulate - puncte având niveluri de dB(A) și simbologie atașate - harta strategică de zgomot)

Rezultate și discuții

Modelarea zgomotului generat de traficul rutier pe zona de studiu a fost executată cu ajutorul plugin-ului opeNoise v. 1.0. integrat în soft-ul QGIS 2.6.1. bazându-se pe Metoda interimară de calcul NMPB Routes-96 și Standardul francez XP S31-133, conform metodologiei prezentate în capitolul III. Au fost calculate nivelurile de zgomot provenite de

la traficul rutier până la distanța de 100 metri de o parte și de alta a unui drum.

Pentru hărțile strategice de zgomot rutier valoarea maximă obținută pentru Lzsn este de 82,7 dB(A), în timp ce pentru Ln este de 74,06 dB(A).

Pentru indicatorul de zgomot Lzsn, valorile cele mai mari ale zgomotului își găsesc sursa în traficul de pe Str. Ștefan cel Mare și Bd. Traian (75-80 dB(A)), repartizate uniform, cu o singură mare excepție – Str. Ștefan cel Mare în zona Pieței Civice, unde valorile Lzsn sunt de peste 80 dB(A). Acestea din urmă sunt generate de existența unui carosabil din pietre de pavaj, mai zgomotos decât asfaltul.

Pentru Str. Călugăreni și Str. Alecu Donici continuată de Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei, indicatorul Lzsn prezintă valori medii cuprinse între 65-70 dB(A), cu porțiuni ce pot depăși 70 dB(A) la sursă (Figura 5).

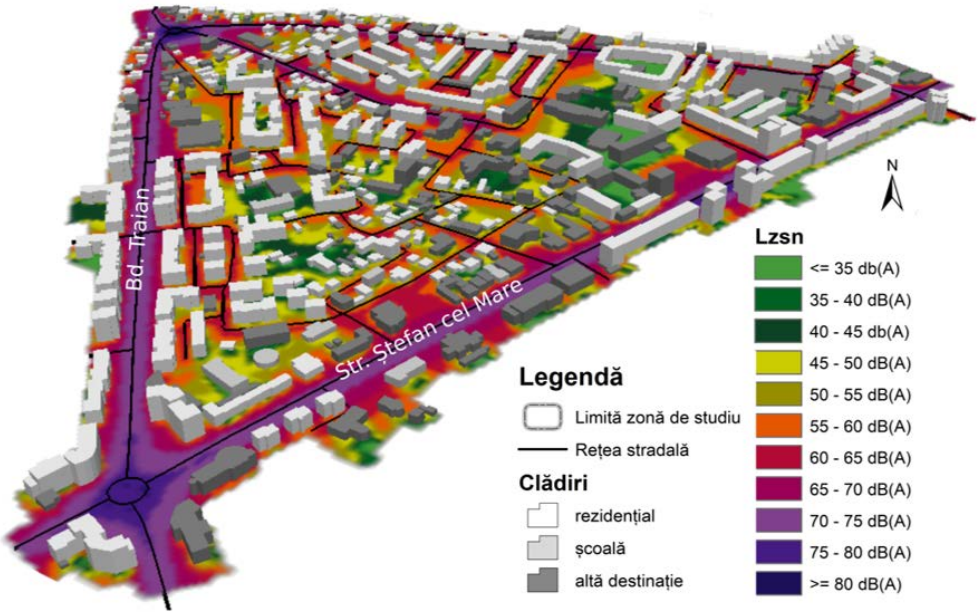


Figura 5 Modelarea 3D a clădirilor din zona de studiu – indicatorul Lzsn

Pentru harta strategică de zgomot generată pentru indicatorul Ln, avem cea mai mare parte a zonei de studiu cuprinsă în intervalul de valori 45-55 dB(A). Zonele rezidențiale prezintă valori de chiar sub 40 dB(A), în timp ce străzile rezidențiale au valori medii de 50-55 dB(A).

Din nou, valorile cele mai mari se regăsesc pe Bd. Traian și Str. Ștefan cel Mare, străzile cu cel mai mare volum de trafic din zona de studiu, demonstrând importanța relației volum de trafic – zgomot rutier. Acestea prezintă valori medii de 60-65 dB(A), având mici porțiuni cu valori de peste 65 dB(A), cea mai concludentă porțiune fiind din nou zona Pieței Civice cu carosabilul din pietre de pavaj. Străzile jucând rol de limită nordică a zonei de studiu, dar și Str. Călugăreni terminată la intersecția cu Str. Mihail Kogălniceanu (sens unic), au valori ale Ln cuprinse între 55-60 dB(A) (Figura 6).

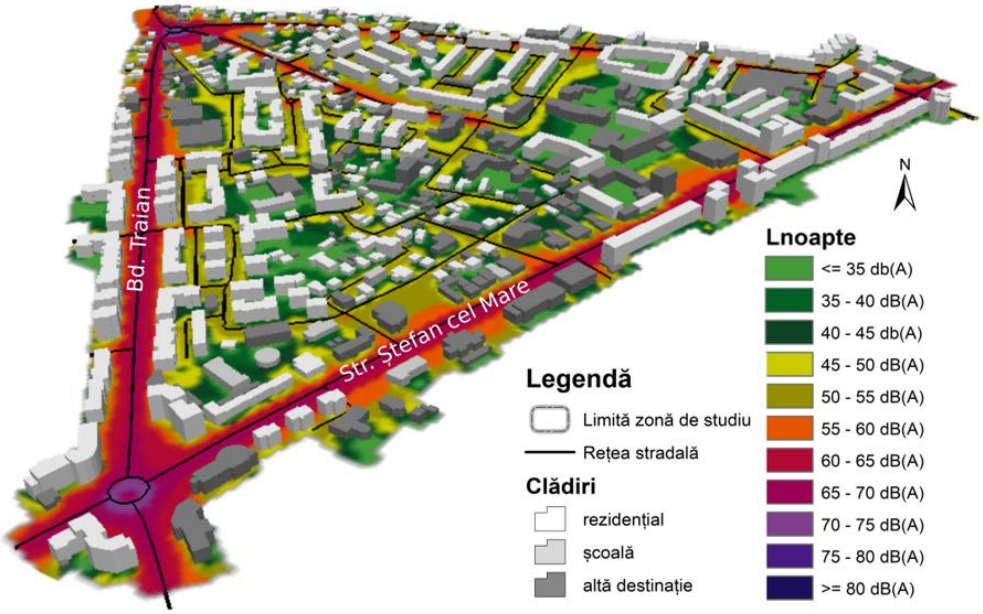


Figura 6 Modelarea 3D a clădirilor din zona de studiu – indicatorul Ln

Modelarea actuală a zgomotului reprezintă o modelare 2D, implicând anumite dezavantaje precum:

- Redarea cartografică a informațiilor despre nivelurile de zgomot la o înălțime fixă (4 m de la sol). Zgomotul se propagă în toate direcțiile, la fel și impactul acestuia, astfel încât estimarea efectivului populației afectate prezintă abateri;

- Luarea deciziilor se ia pe baza cartografierii zgomotului la o înălțime fixă. Măsurile de reducere ale problemelor generate de poluarea fonică ar trebui să fie fundamentate de un studiu al propagării zgomotului la toate nivelurile de înălțime (Kurakula V., 2007).

Principalul inconvenient în realizarea hărților strategice de zgomot folosind plugin-ul opeNoise îl reprezintă faptul că în modelarea propriu-zisă nu au putut fi integrate propriu-zis elemente ce țin de propagarea zgomotului altele decât clădirile în sine. Astfel, suprafețele absorbante reprezentate de spațiile verzi și de benzile de arbori nu au putut fi folosite pentru a corecta nivelurile de zgomot obținute. Corecția în sine nu este una foarte mare, dar anumite areale din zona de studiu ar putea fi caracterizate de valori mai mici ale nivelurilor de zgomot rutier în urma aplicării elementelor corective.

Rezultatele obținute în urma rulării unor soft-uri de cartografiere acustică, fie ele licențiate sau de tip open-source, oferă o acuratețe destul de ridicată fiind compatibile cu diferite formate de baze de date. Din această cauză, acestea sunt adesea folosite de autoritățile locale în demersul lor de gestionare a azgomotului ambiental (Bilașco Ș. et al., 2017).

Concluzii

Finalitatea lucrării o reprezintă realizarea hărților strategice de zgomot pentru zona de studiu – porțiunea centrală a municipiului Vaslui – pentru cei doi

indicatori de zgomot Lzsn și Lnoapte. Aceștia sunt cei mai importanți doi indicatori în contextul în care zgomotul poate perturba activitățile umane din timpul zilei, dar și somnul din timpul nopții.

Metodologia folosită în lucrarea de față prezintă atât puncte tari, cât și puncte slabe în încercarea acesteia de a cartografia zgomotul având ca sursă traficul rutier din zonele urbane. Folosindu-se de un plugin integrat într-un program de GIS open-source, metodologia poate fi folosită de publicul larg, cu condiția deținerii unui nivel mediu de cunoștințe în utilizarea Sistemelor Informaționale Geografice. Aceasta prezintă ca metodă interimară de calcul metoda franceză NMPB Routes-96, cea omologată de Comisia Europeană, și folosită de altfel și autoritățile române. Introducerea datelor de ordin spațial și a celor legate strict de traficul rutier se face în mod similar cu programele de modelare acustică licențiate.

Totuși, folosirea plugin-ului opeNoise prezintă și puncte slabe, dintre care cele mai importante fiind cele legate de factorii de corecție în propagarea zgomotului. Plugin-ul nu permite integrarea efectului vegetației în modelare, cunoscut fiind faptul că vegetația urbană reprezintă o suprafață ce poate absoarbe și/sau reflecta sunetul. Neintegrarea topografiei zonei de studiu în modelare reprezintă un alt minus, în contextul în care formele de relief cu altitudini relative importante pot juca rol de barieră în calea zgomotului.

O altă abatere cu efect în acuratețea modelării o reprezintă și faptul că plugin-ul nu permite decât calcularea difracțiilor laterale ale sunetului, nu și pe cele verticale sau reflexiile. De asemenea, faptul că modelarea generată este una 2D aduce mici erori, acest fapt în special în contextul unei estimări ulterioare a efectivului de populație afectată de zgomotul rutier. Totuși, recomandările Comisiei Europene sunt la rândul lor fundamentate pe o modelare a zgomotului la nivelul de 4 m înălțime, astfel încât o modelare 3D reprezintă doar o sporire a acurateții, nu și o neconformare în raport cu legislația în vigoare. Nu în ultimul rând, un alt dezavantaj îl reprezintă incapacitatea pluginului de a genera hărțile de zgomot în mod independent.

BIBLIOGRAFIE

Asensio, C., Ruiz, M., Pavon, I., Recuero, M. (2011). *Uncertainty in Noise Maps Isolines: The Effect of the Sampling Grid*. Acta Acustica united with Acustica, 97, 237-242. DOI: 10.3813/AAA.918403

Bendtsen, H., Lu, Q., Kohler, E. (2009). *Temperature influence on road traffic noise, Californian OBSI measurement study, Report 169*. Road Directorate, Danish Road Institute

Bilașco, Ș., Govor, C., Roșca, S., Vescan, I., Filip, S., Fodorean, I. (2017). *GIS model for identifying urban areas vulnerable to noise pollution: case study*. Front. Earth Sci. 2017, 11(2): 214–228. DOI: 10.1007/s11707-017-0615-6. Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Comisia Europeană (2003). [European] Commission Recommendation of 6 August 2003 (2003/613/EC) concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road

traffic noise and railway noise, and related emission data

Guvernul României (2005). Hotărârea de Guvern nr. 321 din 14.04.2005 (M.O. nr. 19/10.01.2008) privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant, reactualizată prin Hotărârea de Guvern nr. 1260 (M.O. nr. 15/19.01.2013)

Kurakula, V. (2007). *GIS-Based Approach for 3D Noise Modelling Using 3D City Models*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands

Larion, D. (2004). *Clima municipiului Vaslui*. Iași: Ed. Terra Nostra

Mioduszewski, P., Taryma, S., Wozniak, R. (2014). *Temperature influence on type/road noise of selected tyres*. Inter-noise. Melbourne, Australia

Mocanu, A. (2008). *Modul de utilizare a terenului și studiul calității solului în municipiul Vaslui*. Iași: Ed. Universitatea Alexandru Ioan Cuza

Murphy, E., Rice, H., Meskell, C. (2006). *Environmental noise prediction, noise mapping and GIS integration: the case of inner Dublin, Ireland*. East-European Acoustical Association. 8th International Transport Noise and Vibration Symposium, St. Petersburg

Parlamentul European (2002). Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental

Rasmussen, R.O., Bernhard, R.J., Sandberg, U., Mun, E.P. (2007). *The Little Book of Quieter Pavements*. Washington D.C.: FHWA, The Trantsec Group.

Subramani, T., Kavitha, M., Sivaraj, K.P. (2012). *Modeling Of Traffic Noise Pollution*. International Journal of Engineering Research and Applications, 2(3), 3175-3182

Yang, H.S. (2013). *Outdoor noise control by natural/sustainable materials in urban areas*. The University of Sheffield, School of Architecture (teză de doctorat)

East European Journal of Geographical Information Systems and Remote Sensing, VOL. 2, issue 1, 2018

ALEXANDRU IOAN CUZA UNIVERSITY of IAȘI

Journal homepage
http://www.geomatica.uaic.ro

G.I.S. & REMOTE SENSING

EVALUAREA CALITĂȚII APEI FREATICE. STUDIU DE CAZ: LOCALITATEA RUSENI, JUDEȚUL NEAMȚ

Vasilica Racariu[a], Andrei Urzică[a], Cristian C. Stoleriu[a]

[a]Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Romania

INFORMAȚII ARTICOL

Cuvinte cheie:
SIG,
calitatea apei,
Neamț,
ape freatice,
Hach-Lange

A B S T R A C T

În prezent, importanța apei reprezintă o prioritate pentru toate statele lumii. Se urmărește, întâi de toate, o gestionare sustenabilă a resurselor de apă, urmată de preocuparea cât mai actuală de a repune în circulație apa utilizată și uzată.

Importanța studierii unei astfel de teme este dată de preocuparea societății din ce în ce mai mare pentru un monitoring integrat al calității apei. În România, o mare parte a locuitorilor beneficiază de utilizarea apei subterane, fie prin rețeaua de canalizare, fie prin construirea unor fântâni. În primul caz, standardele calitative ale apei sunt conforme, acestea fiind continuu verificate. În al doilea caz, însă, situația este diferită deoarece depinde de fiecare utilizator și beneficiar să se intereseze și să adopte măsurile necesare pentru asigurarea unei ape de calitate.

Obiectivul lucrării constă în analiza pH-ului, a temperaturii, a oxigenului dizolvat în sezoane diferite (primăvară, toamnă și iarnă) pentru cca. 50 de fântâni.

Introducere

În prezent, importanța apei reprezintă o prioritate pentru toate statele lumii. Se urmărește, întâi de toate, o gestionare sustenabilă a resurselor de apă, urmată de preocuparea cât mai actuală de a repune în circulație apa utilizată, lipsită de poluanți, corpurile de apă fiind interconectate între ele prin ciclul hidrologic (Chapman, 1996)

De-a lungul timpului, acest subiect a reprezentat preocuparea diferiților oameni de știință. Chimistul Pierre Macquer a demonstrat pentru prima oară, în secolul al XVIII-lea, în Franța, că prin combustia hidrogenului are loc formarea picăturilor de apă (Furon, 1967). A fost urmat de fizicianul Henry Cavendish ce a realizat, prin combinarea hidrogenului cu oxigenul, cu ajutorul scânteii electronice, apă. De atunci și până în prezent s-a ajuns la concluzii diverse, descoperindu-se numeroase proprietăți ale acestui corp ce prezintă o diversitate de anomalii fizice și chimice. De altfel, există trei categorii ce intră în compoziția apei pure: apa ușoară – H_2O, apa grea – D_2O și apa hipergrea – T_2O (ultimele în cantități mult mai mici).

Preocupările prezente sunt legate de vulnerabilitatea resurselor de apă

existente. Creșterea demografică și expansiunea teritorială a populației exercită o presiune sporită asupra acestora. 70% din consumul de apă este cauzat de agricultură, urmată de cel în industrie, transport și asigurarea unui stil de viață decent. Risipa de apă în aceste cazuri este crescută, iar purificarea celor uzate se face insuficient. Începutul reglementărilor în Europa este consemnat prin Directiva Cadru a Apei 60/2000/EC ce prezintă o serie de măsuri cu privire la managementul integrat a resurselor de apă (subterane, de suprafață, tranzitorii și costiere) care a avut ca scop ca până la finele anului 2015 să se ajungă la o stare de echilibru ecologic între componentele chimice, fizice și biologice.

În România, o mare parte a locuitorilor beneficiază de utilizarea apei subterane, fie prin rețeaua de canalizare, fie prin construirea unor fântâni. În primul caz, standardele calitative ale apei sunt conforme, acestea fiind continuu verificate. În al doilea caz, însă, situația stă diferit deoarece stă la atitudinea fiecărui utilizator și proprietar să se intereseze și să adopte măsurile necesare pentru asigurarea unei ape de calitate (Lozan et al., 2010).

Materiale și metode

Pentru realizarea acestui studiu, etapele de lucru au fost împărțite în trei mari categorii:

- stabilirea zonei de monitorizare;
- selectarea surselor de apă principale, neabandonate și de la care consumul se face zilnic;
- stabilirea și localizarea numărul de puncte pentru măsurare, precum și alegerea echipamentului necesar.

Evoluția gospodăririi apelor, în România, cuprinde, conform Mihăescu, 2014, trei etape: până în 1974 – etapa gospodăririi cantitative, când accentul s-a pus pe asigurarea cu apă a folosințelor, și foarte puțin pe aspectele calitative; 1974-2000 – etapa gospodăririi cantitative și calitative; au apărut mai multe acte legislative, care arată interesul atât pentru aspectele calitative, cât și pentru cele cantitative (Decretul nr.414/1979 pentru stabilirea valorilor limită admisibile ale principalelor substanțe poluante din apele uzate înainte de evacuarea acestora.); – etapa gospodăririi durabile a apelor: calitate + cantitate + ecosisteme sănătoase.

Selectarea fântânilor pentru care s-au efectuat măsurătorile, s-a făcut în funcție de gradul de acces, de gradul lor de utilizare și de distribuția cât mai uniformă în zona de studiu. Toți acești factori au scopul de a oferi o interpretare cât mai uniformă a datelor prelevate.

Analiza a constat în măsurătorile efectuate cu ajutorul multiparametrului portabil Hach Lange (pus la dispoziție de Laboratorul de Geoarheologie, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Platforma interdisciplinară ArheoInvest) asupra adâncimii freaticului din satul Ruseni. De asemenea, s-au efectuat măsurători și asupra coloanei de apă din fântâni, precum și valorile următorilor parametrii ai apei: pH, oxigenul dizolvat (DO), conținutul total dizolvat de săruri (CTDS) și temperatura. Multiparametrul portabil Hach Lange are încorporat la partea superioară doi conectori în care se pot introduce pe rând doar câte doi electrozi Intellical care redau și înregistrează în timp real, prin ajutorul unui fir de 30 de metri, valorile parametrilor pH, DO, CTDS și temperatura. Timpul de așteptare pentru stabilizarea rezultatului este relativ scurt: în medie 3 minute pentru DO și CTDS și 7 minute pentru pH (Bryan et Cushman,

1989) măsurătorile efectuându-se la nivelul piezometric și apoi, din metru în metru până la adâncimea maximă pentru fiecare fântână în parte. De asemenea, cei 3 senzori indică fiecare temperatura apei, calculându-se apoi o medie finală.

Măsurătorile în teren au fost efectuate în perioada 28.10.2016 – 01.12.2016 pentru fântânile F1-F33, iar pentru F34-F50 în perioada 29.03.2017 – 31.03.2017. În cadrul acestor măsurători s-au luat în considerare următorii parametri care stau la baza calității apei: temperatura coloanei de apă de la nivelul piezometric până la adâncimea maximă, din metru în metru, pH-ul apei, oxigenul dizolvat, conținutul total dizolvat de săruri coordonatele geografice al fiecărei fântâni

Pe baza acestor măsurători s-a putut stabili nivelul freatic al apei din zona studiată, s-au înregistrat coordonate geografice cu ajutorul echipamentelor GPS pentru fiecare fântâni analizate, s-au făcut observații și s-au stabilit punctele în care există abateri de la valorile standard ale parametrilor măsurați (Bora et Goswami , 2017).

Prelucrarea datelor s-a făcut cu ajutorul softurilor Google Earth Pro, TNTmips 6.9, ArcMap 10.2.2, Greenshot, Adobe Photoshop CS6 free trial și programul de calcul tabelar Microsoft Excel. Cartarea pe teren a punctelor a fost realizată cu ajutorul aplicației AndroiTS GPS Test, în sistemul de coordonate de referință WGS84.

S-a utilizat metoda IDW pentru a obține hărțile cu distribuția concentrațiilor parametrilor studiați (Kumar, 2012, 2013; Murphy et al., 2010; Rabeiy, 2018). Astfel, s-a acordat o pondere fiecărei fântâni reprezentată printr-un punct. Valoarea ponderilor se stabilește folosind distanțele de la punctul de măsurat la un altul necunoscut, fiind evaluate în baza 10. Deci, cu cât este mai mare puterea lui 10, cu atât efectul punctelor îndepărtate se diminuează, la cele apropiate prin distanțe egale ponderea fiind aceeași (Dumitrescu, 2012; Lima et al., 2003; Bartier et Keller, 1996).

Rezultate și discuții

În urma prelucrării datelor, s-au obținut o serie de grafice și hărți care au ca scop facilitarea analizei asupra parametrilor ce stau la baza calității apei. Informația sintetizată cu ajutorul graficelor urmărește fluctuațiile temperaturii, ale CTDS-ului, pH-ului și DO-ului. De asemenea, pentru aceeași parametri s-au realizat și hărți prin metoda interpolării, clasificarea valorilor făcându-se pe baza criteriilor stabilite la nivel național, european și internațional (Figura 1). Profilele fântânilor diferă în funcție de adâncimea stratului freatic. Astfel că, la altitudini mai mari de 260 de metri, în zona de sud-vest, adâncimea fântânilor ajunge până la un maxim de 28,5 metri (F30), iar în zona nordică și centrală, estică și sud-estică se ating valorile minime (3 metri – F33) (Figura 2).

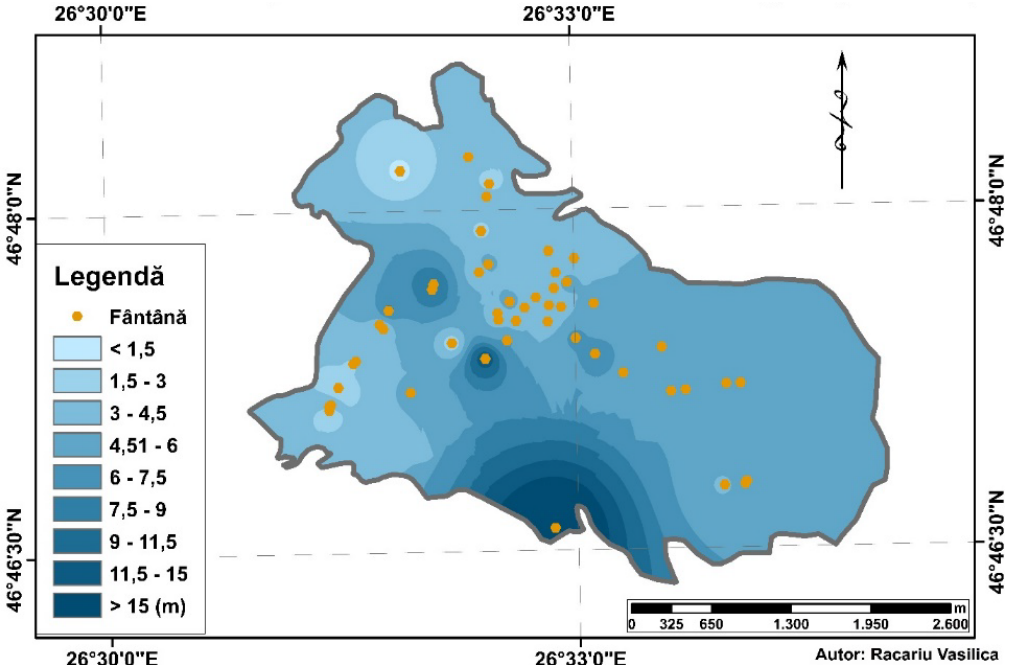


Figura 1 Harta hidroizohipselor pentru cele 50 de fântâni studiate

Nivelul piezometric se definește ca fiind „nivelul liber al apei freatice, raportat la un nivelment general sau la un reper local" (Romanescu, 2010). Adâncimea celor 50 de fântâni este cuprinsă între 3 și 15 metri. Volumul apei disponibile existentă în fiecare fântână variază între valoarea de 0,12 m3 (F3) și 6,28 m3 (F31), prima cu o adâncime de 5,96 de metri, amplasată la altitudinea de 250 de metri, iar a doua cu o adâncime de 21,6 metri, amplasată la altitudinea de 280 de metri. Se observă tendința de creștere direct proporțională a adâncimii cu altitudinea. Amplitudinea altitudinală este de 125 de metri, iar cea a adâncimilor este de 25,5 metri, dar nu se înregistrează nici o relație fixă între cele două valori.

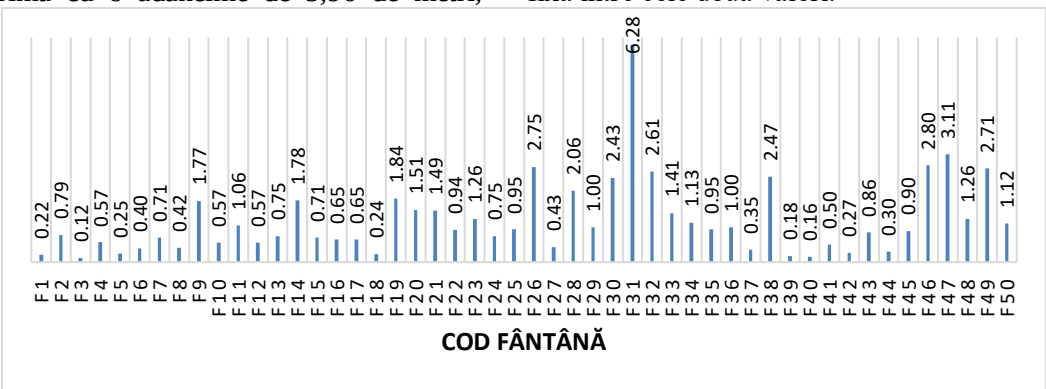


Figura 2 Volumul de apă, exprimat în mc, pentru cele 50 de fântâni studiate

Analiza temperaturii

Se observă o tendință de scădere a temperaturii de la SE către NV. Printre numeroasele cauze se numără creșterea altitudinală către V-NV și efectuarea măsurătorilor în sezoane diferite (Figura 3). Altitudinea influențează temperatura aerului care influențează direct proporțional temperatura apei. Temperatura aerului o influențează pe cea a apelor subterane până la o adâncime de 15 metri. Doar două fântâni dintre cele analizate au o adâncime mai mare de 15 metri, restul de 48 având, prin urmare, temperaturi ale apelor dependente de temperatura atmosferică (Scrădeanu et Gheorghe, 2007).

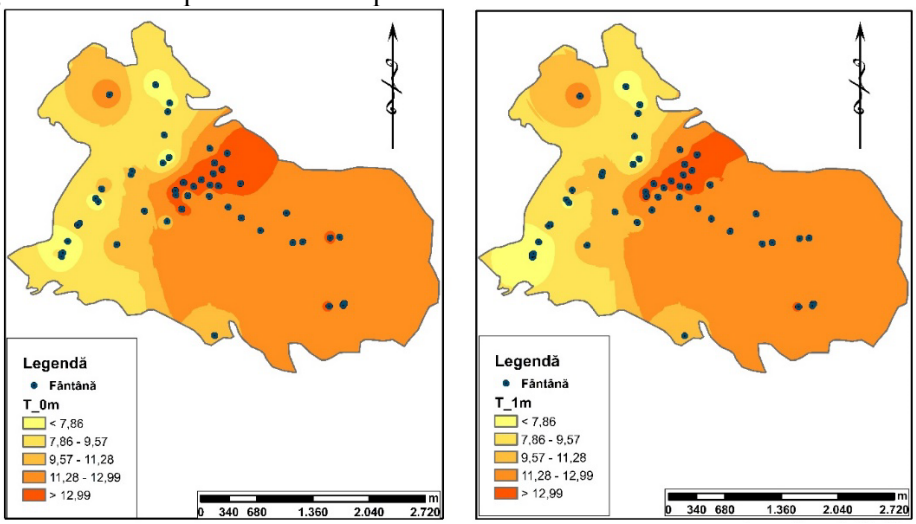


Figura 3 Harta temperaturii la nivelul piezometric (0 metri) și la 1 metru

Media pentru primele 34 de fântâni este de 12,54°C, iar pentru următoarele 16 de 8,1°C (Figura 4). Valorile mai mari s-au înregistrat în sezonul de toamnă, și nu primăvara. Acest lucru se explică prin proprietatea apei de a avea căldura specifică mai crescută. Astfel, pentru aceeași cantitate de energie emisă, în același interval de timp, apa se va încălzi mai greu decât solul. Acest lucru este valabil și la cedarea căldurii, apa răcindu-se mult mai greu. Apa celor două fântâni cu adâncimea mai mare de 15 metri este influențată de această dată de temperatura medie multianuală a aerului, iar la peste 25 de metri se află sub influența gradientului geotermic.

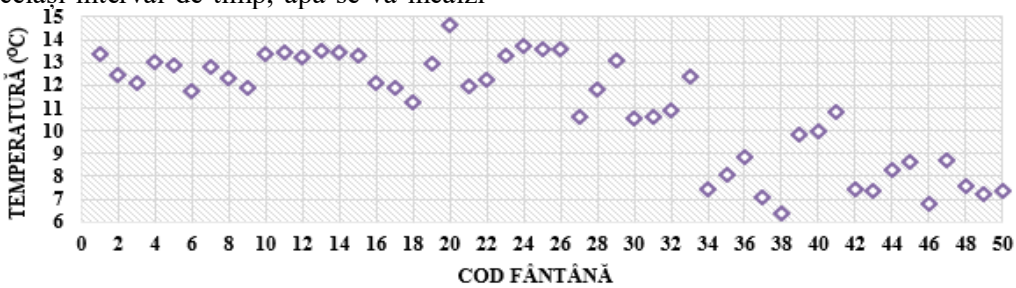


Figura 4 Distribuția temperaturii medii a apei înregistrată în cele 50 de puncte de studiu

Analiza pH-ului

pH-ul este determinat de roca cu care apa intră în contact, activități antropice, dar și fluctuații ale temperaturii. Fiind definit ca logaritmul negativ al concetrației de ioni de hidrogen, indiferent ce afectează această cantitate, va afecta pH-ul. Ionizarea apei este o reacție în apa pură sau o soluție apoasă prin care o moleculă de apă pierde nucleul unuia dintre atomii de hidrogen, rezultând hidroxid (OH-). H+ se alipește rapid unei alte molecule de apă, formând hidroniu (H3O+). La temperatura camerei (25°C), în apa pură, cantitatea de hidroxid și cea de hidroniu sunt egale, pH-ul având valoarea 7. Cu cât temperatura crește, vibrațiile moleculare cresc, iar cantitatea de H+ crește și ea, datorită unei tendințe mai scăzute de formare a legăturilor, ducând deci la o reducere a pH-ului. Acest lucru este valabil și pentru scăderea temperaturii, ce duce la o creștere a valorii pH-ului.

Influența temperaturii asupra pH-ului se observă pentru toate cele trei măsurători (Figura 5). În majoritatea cazurilor, dar mai pregnant în acestea, valoarea pH-ului înregistrează o scădere când temperatura crește sau invers, o creștere la scăderea temperaturii.

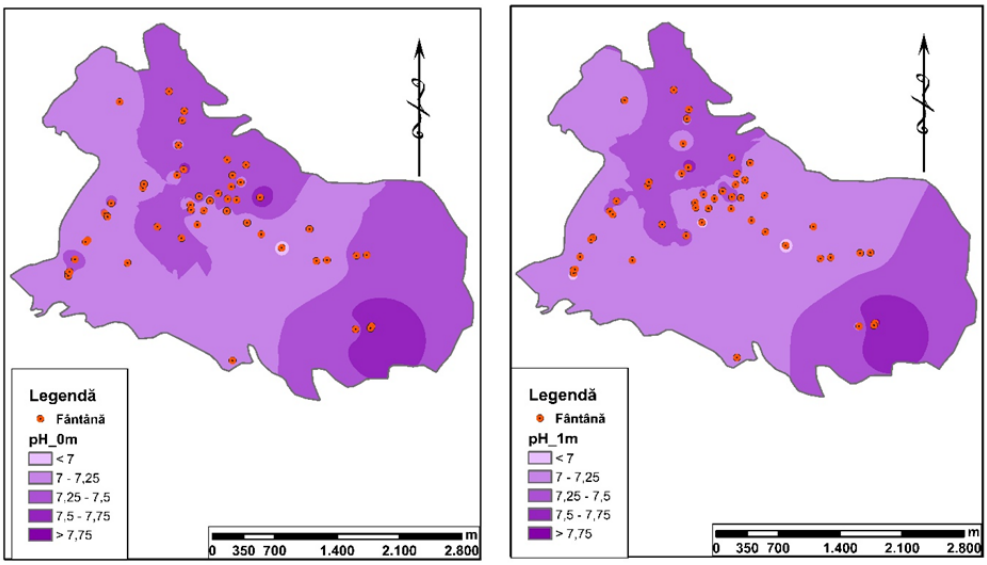


Figura 5 Harta distribuției pH-ului pentru cele 50 de fântâni studiate

Valoarea medie minimă este de 6,5 iar cea maximă de 7,73. Amplitudinea rezultată este de 1,23. Se observă valori mai mari în prezența solurilor aluviale și mai mici în a celor brune luvice. În funcție de cele două sezoane, valorile pH-ului nu prezintă vreo tendință în funcție de temperaturile mai scăzute sau mai ridicate. Media este ușor bazică, de 7,2. Pentru fântâna (F38) cu cea mai mică medie a temperaturii (6,38°C) s-a înregistrat valoarea medie cea mai mare a pH-ului (Figura 6).

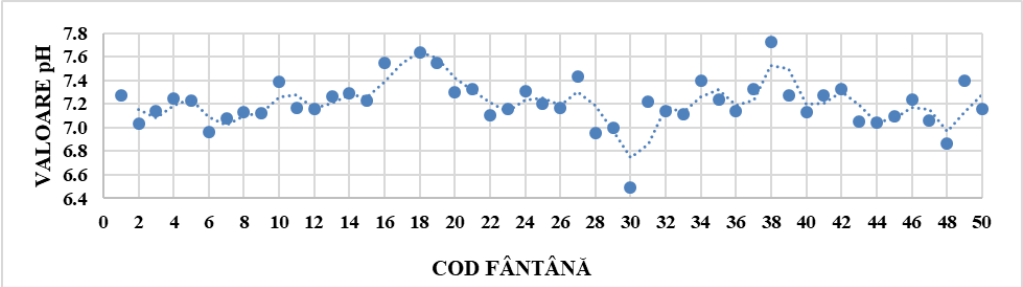


Figura 6 Distribuția pH-ului pentru cele 50 de fântâni studiate

Analiza oxigenului dizolvat (DO)

În urma calculării deviației standard s-au eliminat valorile DO-ului pentru fântânile F28, F31, F46 și F47, fiind constatate în cazul lor erori de măsurare în teren (Wanga et Wolfbeis, 2014). S-au folosit 3 deviații standard succesive, rezultând eliminarea a 0,26% dintre valori.

O proprietate importantă a distribuţiei normale o constituie gruparea valorilor de o parte şi de alta a mediei (Patriche, 2009). Astfel, între -3σ şi 3σ sunt grupate 99,74% din valori. Prin urmare, dacă o distribuţie reală este dovedită statistic ca fiind normală, o valoare care diferă faţă de medie cu mai mult de 3 deviaţii standard trebuie privită cu rezerve şi verificată.

Clasificarea valorilor s-a făcut pe baza celor 5 clase de calitate stabilite de Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor . Majoritatea se încriu în clasa a III-a de calitate (5-7 mg/L) (Figura 7).

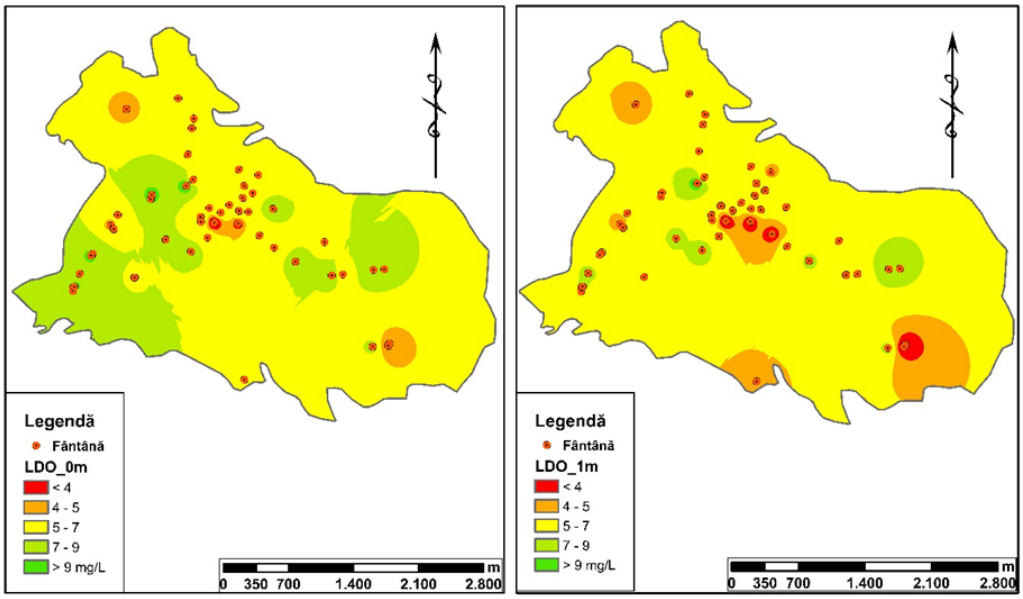


Figura 7 Harta DO-ului la nivelul piezometric (0 metri) și la 1 metru pentru cele 50 de fântâni studiate

În apele mai calde, conținutul de oxigen dizolvat este mai mic. Valorile medii între care se încadrează măsurătorile sunt 1,41mg /L (F17) și 10,92 mg/L (F50), iar temperaturile specifice sunt 11,92, respectiv 7,37°C (Figura 8). De asemenea, este prezentă reducerea oxigenului dizolvat o dată cu adâncimea coloanei de apă, cu două excepții (F12 și F30) datorată unei temperaturi mai scăzute în stratul de apă de la 2 metri sub nivelul piezometric. În sezonul rece valorile sunt mai mari datorită temperaturilor mai scăzute. Calitatea apei în astfel de cazuri este precară, iar acest lucru se reflectă în valori scăzute ale DO-ului și foarte crescute ale CTDS-ului, clasificând această sursă de apă ca fiind nepotabilă. Totuși, ea deservește familiile ce locuiesc în preajma ei. Diferența dintre nivelul piezometric și adâncime este de 2,05 m, având un volum de 1,77 mc apă. Măsurătorile au fost efectuate la 6,60 m, 7,60 m și la 8,65 m adâncime, obținându-se valori invers proporționale între CTDS și DO.

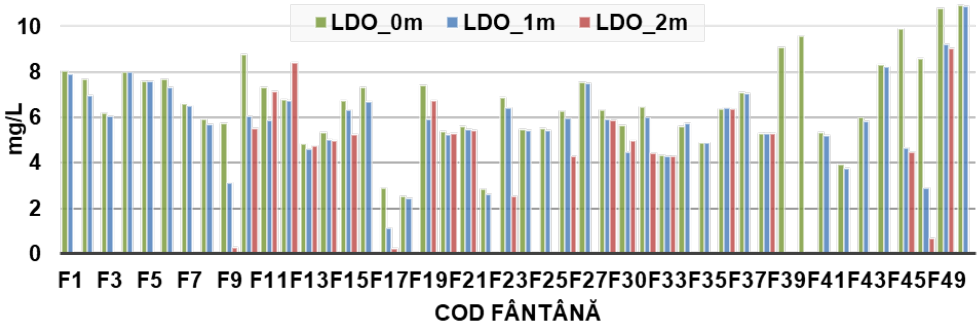


Figura 8 Valorile DO-ului în funcție de adâncimea până la 2 metri sub nivelul piezometric pentru cele 50 de fântâni

Analiza conținutului total dizolvat de săruri

Clasele CTDS-ului au la bază standardele EPA, fiind clasificate în funcție de ponderea mare a valorilor care se află în intervalul 350 – 600 mg/L (68% pentru 0 m și 70% pentru 1 m), dar luând în considerare și faptul că după depășirea valorii de 500 mg/L apa are nivelul maxim de contaminare (Hallock, 2002) (Figura 19).

Media CTDS-ului se situează între 233,98 și 932,56 mg/L, reflectând o situație nu tocmai fericită pentru locuitorii satului Ruseni. Valorile fântânilor F34 și F50 nu au fost luate în considerare după calcularea deviației standard.

Se observă o scădere a concentrației o dată cu scăderea temperaturii, în partea de NV măsurătorile fiind efectuate în luna martie, când s-au înregistrat valori mai mici. CTDS crește însă semnificativ în partea de SE, dar cele mai mari valori se înregistrează în apropierea Pârâului Nechit și ușor în apropierea Pârâului Mesteacăn, în soluri aluviale. Creșterea altitudinală aduce după sine și o scădere a CTDS.

Valoarea CTDS scade doar de la 0 către 1 metru, ca mai apoi să crească, valorile cele mai mari atingându-se la adâncimile fântânilor. Aceasta este consecința temperaturii apei care este influențată mai puțin de către atmosferă în straturile inferioarei, crescând spre adâncime. O altă cauză ar putea fi impuritățile ce se depun la

baza fântânii și care sunt agitate cu ușurință în timpul măsurătorilor. Cu excepția unei singure valori (168 mg/L Pentru F49, la 0 metri), toate valorile depășesc 200 mg/L, indicând deci și o duritate apei. Aceasta se observă în zona cu cea mai mare densitate din localitatea Ruseni, urmând cursul Pârâului Nechit.

Valorile minime se află sub limita ce indică potabilitatea apei, însă valorile maxime sunt în procent de 100% peste aceasta, 25% dintre valori nu depășesc 500 mg/L în primii patru metri, iar la ultimul metru mai puțin de 25% se prezintă ca apă potabilă. De asemenea, în primii 3 metri, 50% dintre valori sunt mai mici de 500 mg/L (Figura 10).

Însumând totuși valorile aflate sub și deasupra limitei de potabilitate, se constată că majoritatea o depășesc, la 5 metri adâncime sub nivelul piezometric având cea mai mare înregistrare.

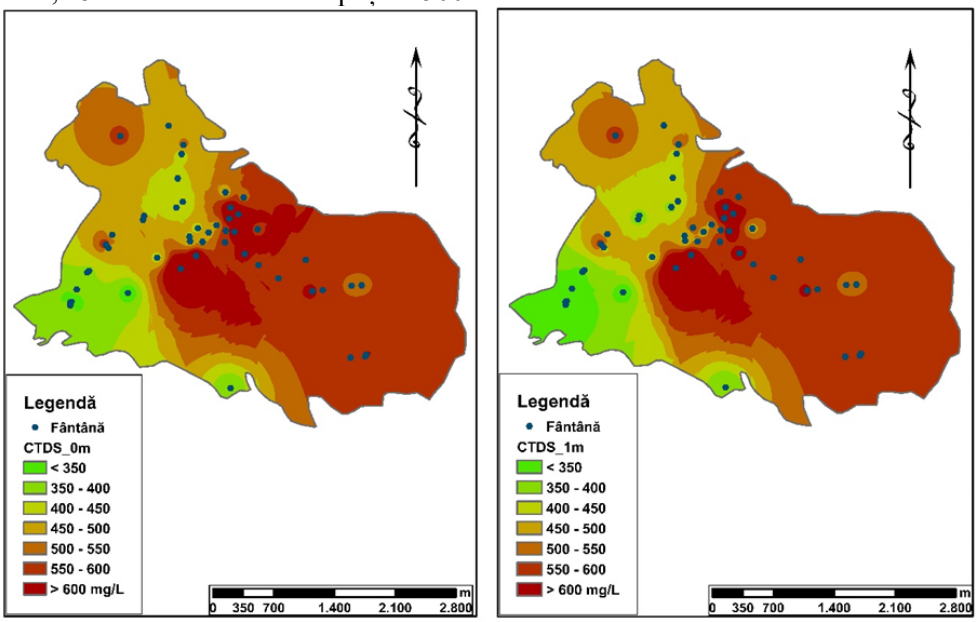


Figura 9 Harta CTDS-ului la nivelul piezometric (0 metri) și la 1 metru pentru cele 50 de fântâni studiate

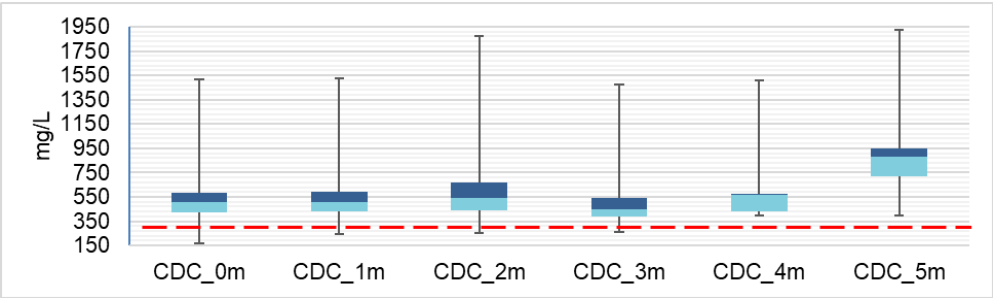


Figura 10 Reprezentarea CTDS-ului prin intermediul box-plotului pentru cele 50 de fântâni studiate

Concluzii

Zona de studiu, un sat de pe Valea Bistriței, concentrează un număr de peste 3.000 de locuitori, sursa de apă principală fiind cea oferită de fântâni. Atât structura pedologică, cât și problemele de mediu conferă apei duritate și o compoziție bogată în substanțe organice și anorganice.

Lucrarea de față reprezintă, așadar, un studiu preliminar, nefiind incluși o serie de factori ce contribuie mai mult sau mai puțin la comportamentul calitativ al apei. Totuși, s-au putut observa tendințele principale ale parametrilor ce stau la baza determinării calității apei, factorul cel mai important fiind temperatura, ce își exercită influența asupra tuturor, având o relație de direct sau de invers proporționalitate.

De asemenea, importanța pH-ului și a conținutului total de săruri dizolvate nu trebuie neglijată. În cazul primului parametru nu s-au identificat abateri de la valorile ideale pentru ca apa consumată să fie benefică societății și mediului. În cazul CTDS-ului, însă, există abateri grave, apa putând fi considerată în anumite areale ca fiind nepotabilă. Acest parametru include atât sărurile benefice organismului, cât și pe cele dăunătoare.

Concentrațiile de oxigen dizolvat nu ridică probleme majore, menținându-se în jurul valorii de 6 mg/L, dar prezentând și valori din prima și ultima clasă de calitate. Totuși, acest indicativ este strâns legat de fluctuațiile de temperatură.

Evoluția parametrilor studiați este una dinamică, iar orice acțiune antropică poate destabiliza echilibrul acestora. De asemenea, un rol important în fluctuațiile valorilor fiind dat de stratul pedologic și factorii climatici.

BIBLIOGRAFIE

Bartier P. M., Keller C. P., (1996), Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW), Computers & Geosciences Vol. 22, No. 7, pp. 195-799.

Bora M., Goswami D. C., (2017), Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): case study of the Kolong River, Assam, India, Vol. 7, Issue 6, pp 3125–3135.

Bryan A. I., Cushman M. R., System for calibrating, monitoring and reporting the status of a pH sensor.

Chapman D., (1996). Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition, Great Britain.

Dumitrescu A., (2012) Principii și metode aplicate în spațializarea parametrilor climatici, „Tehnologii, date și cunoștințe geospațiale libere”, 12-13 octombrie 2012 – București.

Hallock D., (2002), A Water Quality Index for Ecology's Stream Monitoring Program. Washington State Department of Ecology, Olympia, WA. 17 pp. + anexe. nr. 02-03-052.

Furon R., (1967), Problema apei în lume, Editura Științifică, București.

Kumar M. J., (2012), GIS based groundwater quality mapping in southeastern part of Anantapur district, Andhra Pradesh, India, vol. 2, no. 3.

Kumar M. J., (2013), Determination of an optimal interpolation technique to

represent the spatial distribution of groundwater quality at urban and peri-urban areas of Proddatur, Y.S.R district, Andhra, vol. 4, no. 2.

Lima A., De Vivo B., Cicchella D., Cortini M., Albanese S., (2003), Multifractal IDW interpolation and fractal filtering method in environmental studies: an application on regional stream sediments of (Italy), Campania region, Elsevier, Applied Geochemistry.

Lozan R., Tărîţă A., Sandu M., Moşanu E., Sergentu E., (2010), Apa de izvor – o sursă alternativă de alimentare cu apă a populaţiei rurale (raioanele Hânceşti, Leova, Cahul Şi Cantemir), Institutul de Ecologie şi Geografie al Academiei de Ştiinţe a Moldovei, Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii, nr. 1(310)/2010, p. 165 – 171.

Mihăiescu R., (2014), Monitoringul integrat al mediului, Cluj-Napoca.

Murphy R. R., Curriero F. C., Ball W. P., (2010), Comparison of spatial interpolation methods for water quality evaluation in the Chesapeake Bay. DOI: 10.1061/(ASCE)EE.19437870.00001

Patriche C. V., (2009), Metode statistice aplicate în climatologie, Editura Terra Nostra, Iaşi.

Rabeiy R.E., (2018), Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area. DOI 10.1007/s11356-017-8617-1.

Romanescu Gh., (2010), Geografie fizică de la A la Z, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti

Scrădeanu D., Gheorghe A., (2007), Hidrogeologie generală, Editura Universității din București, București.

Wanga X., Wolfbeis O. S., (2014), Optical methods for sensing and imaging oxygen: materials, spectroscopies and applications, Chemical Society Reviews, Issue 10.

***Decretul nr. 414/1979 pentru stabilirea valorilor limită admisibile ale principalelor substanțe poluante din apele uzate înainte de evacuarea acestora, Monitorul Oficial al României.

***Directiva 60/2000/EC a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2000 de stabilire a unui cadru de politică comunitară în domeniul apei, Jurnalul Oficial al Uniunii Europene.