

---

# Testarea informațiilor publicate despre emisiile gazelor cu efect de seră.

**Analiza conformității  
cu metoda Benford's Law**

---

*Drd. Alexandru-Teodor CORACIONI,*  
Universitatea „1 Decembrie 1918” Alba Iulia,  
e-mail: alexandru.coracioni@uab.ro

*Prof. univ. dr. Tatiana DĂNESCU,*  
Universitatea de Medicină, Farmacie,  
Științe și Tehnologie din Târgu Mureș,  
e-mail: tatiana.danescu@uab.ro

## Rezumat

*Problematica emisiei gazelor cu efect de seră și a schimbările climatice nu poate fi omisă din sfera preocupărilor pentru dezvoltarea profesiei de audit financiar și, implicit, a activităților auditorului financiar. În cadrul activității auditorului financiar, analiza calității datelor referitoare la aceste aspecte presupune aplicarea unor metode diverse de revizuire analitică, care pot să includă procedee statistice sau matematice inedite. Unul dintre acestea este procedeul de revizuire analitică bazat pe testarea conformității distribuției datelor cu Benford's Law. Prezentăm un caz practic de testare a verosimilității datelor publicate referitoare la emisia gazelor cu efect de seră, având ca sursă baza de date Eurostat. Informațiile referitoare la emisiile de gaze cu efect de seră reprezintă fundamentul unor decizii specifice politicilor de mediu, stabilite la nivel micro sau macroeconomic. Dacă aceste informații sunt afectate de influențe subiective atunci deciziile economice sau politicile de mediu vor fi la rândul lor influențate. Din acest motiv, obiectivul prezentei cercetări de testare a verosimilității datelor publicate despre emisia gazelor cu efect de seră își dovedește utilitatea în contextul demersurilor actorilor economici și sociali privind dezvoltarea durabilă a economiei.*

**Cuvinte cheie:** *audit financiar, ISAE 3410, misiuni de asigurare, gaze cu efect de seră, politică de mediu, Benford's Law.*

**Clasificare JEL:** C10, M41, M42, M48

### Vă rugăm să citați acest articol astfel:

Coracioni, A.-T., Dănescu, T. (2020), Testing of Published Information on Greenhouse Gas Emissions. Conformity Analysis with the Benford's Law Method, *Audit Financiar*, vol. XVIII, no. 4(160)/2020, pp. 821-830,  
DOI: 10.20869/AUDITF/2020/160/029

### Link permanent pentru acest document:

<http://dx.doi.org/10.20869/AUDITF/2020/160/029>

Data primirii articolului: 9.06.2020

Data revizuirii: 13.07.2020

Data acceptării: 3.10.2020

## 1. Introducere

În cadrul activității sale auditorul financiar are oportunitatea desfășurării unor activități noi, cum ar fi spre exemplu misiunea de asigurare asupra declarațiilor pentru gazele cu efect de seră (GHG).

Acest gen de activitate este specific standardului profesional 3410 – *Misiuni de asigurare privind declarațiile referitoare la gazele cu efect de seră*<sup>1</sup> (ISAE 3410). Datorită legăturii dintre fenomenul emisiei acestor gaze și schimbările climatice GHG prezintă o importanță particulară, cu consecințe directe asupra procesului decizional reprezentat de elaborarea politicilor de mediu la nivel micro sau macroeconomic.

Procesul decizional se bazează pe calitatea și verosimilitatea datelor obținute, care nu trebuie să fie influențate în mod subiectiv. În acest context, serviciile profesionale de audit pot să ofere un suport real analizei datelor care se referă la GHG prin utilizarea unor procedee specifice, cum este spre exemplu *Benford's Law* (BL), procedee care pot îndrepta activitatea viitoare a profesiei în direcția unor teme globale și atipice, cum ar fi spre exemplu problematica schimbărilor climatice.

Scopul cercetării este de a testa verosimilitatea datelor statistice referitoare la emisiile de gaze cu efect de seră obținute din baza de date furnizată de către Agenția Europeană de Mediu (*European Environment Agency – EEA*), prin intermediul analizei de conformitate cu legea de distribuție prezentată de către *Benford's Law*. Datele analizate se referă la emisiile de CO<sub>2</sub> rezultate din procese industriale și utilizarea produselor de către țările UE, în perioada 2008 – 2017, din cauza influențelor și conexiunilor geografice reciproce. Datele exprimate în termeni fizici sunt *estimate și nu sunt în mod direct măsurate*, pe baza unui model general de calcul prezentat de către Eurostat. Obiectivul se înscrie într-un demers mai larg, care vizează evaluarea bunurilor de mediu, cu aplicație în domeniul investițiilor specifice reducerii impactului emisiilor de gaze cu efect de seră în România.

<sup>1</sup> IFAC (2015), Manual de Reglementări Internaționale de Control al Calității, Audit, Revizuire, Alte Servicii de Asigurare și Servicii Conexe, Ediția 2015, Volumul II. București, 2016, CAFR, ISAE 3410 – *Misiuni de asigurare privind declarațiile referitoare la gazele cu efect de seră*, pp.238-327.

## 2. Revizuirea literaturii de specialitate

Avantajele unei misiuni de asigurare independente realizată în domeniul auditului financiar, asupra unei raportări referitoare la emisiile GHG au fost identificate de către PricewaterhouseCoopers (2007), dar și de către Simnett et al. (2009). În cadrul procesului formal de dezvoltare a standardului ISAE 3410, a fost realizat un studiu preliminar (Consultation Paper) în octombrie 2009 (IFAC, 2009).

În literatura științifică sunt redate explicații ale fenomenului matematic care fundamentează BL<sup>2</sup>. În anul 2009, Fewster recomandă pentru verificarea statistică a rezultatelor obținute în urma aplicării BL, testul Pearson Chi-pătrat.

În misiunea de asigurare ce constituie subiectul ISAE 3410<sup>3</sup>, auditorul financiar poate utiliza întreaga paletă a procedurilor disponibile, de la analiza controalelor implementate, confirmări, observație, analiza estimărilor, utilizarea eșantionării, dar și proceduri de revizuire analitică, cum este spre exemplu metoda bazată pe *Benford's Law*. Rezultatele politicilor de mediu pot fi periclitate în situația în care datele pe care se bazează sunt manipulate (Matthew et al., 2019) ori supuse unor influențe subiective.

De asemenea, Cole, Maddison și Zhang (2019)<sup>4</sup> au comentat faptul că, dacă datele care stau la baza elaborării politicilor de mediu nu sunt date de încredere, există posibilitatea ca aceste politici să fie ineficiente. Autorii evidențiază faptul că una dintre cauzele posibilității ca datele să nu fie de încredere este aceea că aceste informații pot fi în mod conștient denaturate în scopul prezentării unei imagini pozitive privind impactul asupra mediului. Autorii consideră că acest subiect nu

<sup>2</sup> Fewster, R. M. (2009), A Simple Explanation of Benford's Law, *American Statistician*, 63(1), pp. 26–32, doi: 10.1198/tast.2009.0005.

<sup>3</sup> IFAC (2015), Manual de Reglementări Internaționale de Control al Calității, Audit, Revizuire, Alte Servicii de Asigurare și Servicii Conexe, Ediția 2015, Volumul II, București, 2016, CAFR, ISAE 3410 – *Misiuni de asigurare privind declarațiile referitoare la gazele cu efect de seră*, pp.238-327.

<sup>4</sup> Cole, M. A., Maddison, D. J. and Zhang, L. (2019), Testing the emission reduction claims of CDM projects using the Benford's Law, *Climatic Change*, doi: 10.1007/s10584-019-02593-5.

este foarte bine prezentat în literatura referitoare la schimbările climatice sau la problematica emisiilor de gaze cu efect de seră, iar ei propun o tehnică simplă pentru examinarea integrității datelor prin utilizarea Benford's Law. De asemenea, autorii examinează un număr de șase lucrări care au aplicat BL în cadrul unor proiecte referitoare la acest subiect:

- Dumas and Devine (2002);
- Brown (2005);
- Zahran et al. (2014);
- Fu et al. (2014);
- Stoerk (2016);
- Beiglou et al. (2017).

Aplicabilitatea metodei BL<sup>1</sup> o regăsim și în alte studii aplicate pe date din contabilitate.

### 3. Metodologia de cercetare

Demersul de cercetare s-a bazat pe o amplă documentare și analiză a literaturii de specialitate referitoare la problematica declarațiilor nefinanciare, a informațiilor referitoare la emisiile de gaze cu efect de seră. Pe baza acestora am evaluat aspecte ale sistemului de raportare corporativă referitor la responsabilitatea socială, dar și existența unor încercări de testare a verosimilității datelor care se referă la GHG. În mod evident înțelegerea informațiilor referitoare la emisiile GHG implică un grad de specializare tehnică ce impune cu siguranță necesitatea existenței unor echipe de audit multi-disciplinare. Dar pentru analiza de verosimilitate există alternative de analiză reprezentate de procedee de revizuire analitică, cum este, spre exemplu, aplicarea BL. Pasul următor al demersului de cercetare științifică a fost de a identifica date cantitative, referitoare la emisiile de GHG, prelucrarea acestora prin metode cantitative în scopul stabilit. Sursa de date a fost reprezentată de către informațiile obținute din cadrul site-ului EEA<sup>2</sup>, la secțiunea **Greenhouse gas emissions**

<sup>1</sup> Durtschi C, Hillison W, Pacini C., The effective use of Benford's Law to assist in detecting fraud in accounting data, *Journal Forensic Accounting* 5, 2004: pp. 17–34.

<sup>2</sup> <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do>

**by source sector (source: EEA) [env\_air\_gge]**, datele fiind actualizate la 24 februarie 2020. Datele redate în termeni fizici sunt *estimate și nu sunt în mod direct măsurate*, pe baza unui model general de calcul prezentat de către Eurostat.

Am aplicat asupra acestor date extrase din baza de date, procedeul BL pentru primele 4 cifre, în mod separat pentru fiecare poziție. Datele statistice obținute au fost testate prin utilizarea testelor Chi-pătrat și Kolmogorov-Smirnov, rezultatele fiind interpretate. În cadrul acestei interpretări am acordat o atenție mai mare testului Kolmogorov Smirnov.

## 4. Rezultate și discuții

### 4.1. Prezentare generală

Benford's Law<sup>3</sup> prezintă modul în care se distribuie cifrele din punct de vedere statistic în cadrul informațiilor numerice specifice surselor de date provenite din realitatea economică și socială. Spre exemplu, numărul 1 are o frecvență de aproximativ 30% în cazul ocurenței pe prima poziție a unui număr. Probabilitatea de apariție scade pentru cifrele mai mari. Probabilitatea de apariție a primelor cifre este similară cu cea a intervalelor scării logaritmice. S-a constatat că rezultatele se aplică la o mare diversitate de date. Această lege de ocurență se aplică numerelor scrise în sistem zecimal. Fenomenul se poate generaliza pentru ocurența cifrelor numerelor exprimate în baze diferite de numerație. O colecție de numere respectă distribuția BL în cazul în care primul digit (d) cuprins între 1 și 9 se distribuie statistic cu o probabilitate de apariție (1):

$$\text{Probabilitate}(d) = \log_{10}(d + 1) - \log_{10}(d) = \log_{10}(1+1/d) \quad (1)$$

iar:

$$\sum \text{Probabilitate}(d) = 1 \quad (2)$$

Ocurența cifrelor aflate pe primele poziții ale unui număr respectă BL și au distribuția prezentată în **Tabelul nr. 1**, având reprezentarea grafică în cadrul **Figurii nr. 1**.

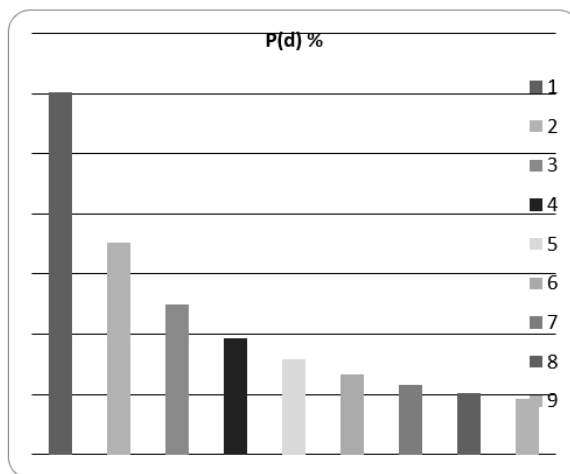
<sup>3</sup> Frank Benford, The law of anomalous numbers, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1938, p. 78.

**Tabelul nr. 1. Distribuția primei cifre (Benford's Law)**

d	Digit 1	Digit 2	Digit 3	Digit 4	Digit 5	Digit 6	Digit 7	Digit 8	Digit 9	Total
Probabilitate(d)	30,1%	17,6%	12,5%	9,7%	7,9%	6,7%	5,8%	5,1%	4,6%	100%

Sursa: Prelucrare proprie

**Figura nr. 1. Distribuția primei cifre (Benford's Law)**



Sursa: Prelucrare proprie

Probabilitatea  $P(d)$  este dependentă de distanța dintre digitul  $d$  și digitul  $d+1$  în cadrul unei scări logaritmice. Probabilitatea este corelată cu distribuția mantisei logaritmului numărului respectiv, fiind distribuită uniform din punct de vedere al frecvențelor de apariție. Legea poartă numele fizicianului Frank Benford<sup>1</sup>. Inițial, a fost prezentată de către matematicianul Simon Newcomb în anul 1881. Frank Benford, care era de profesie fizician, a verificat aplicabilitatea legii pentru date specifice din domenii diferite de activitate (20.229 date de observație).

Probabilitatea  $P\{D\}$  ca un număr să înceapă cu secvența  $\{D\}$ : F1, F2, F3, este (3):

$$P\{D\} = \log B \left(1 + \frac{1}{D}\right) \quad (3)$$

Probabilitatea ca al doilea digit semnificativ (D2) al unui număr în sistemul zecimal să fie  $k$  este prezentată în formula (4):

$$P_k = \sum_{i=1}^9 \left(1 + \frac{1}{10i+k}\right), \quad k \text{ aparține numerelor } \intregri \text{ de la } 0 \text{ la } 9 \quad (4)$$

<sup>1</sup> Frank Benford, The law of anomalous numbers, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1938, p. 78.

Probabilitatea ca al treilea digit semnificativ (D3) al unui număr în sistemul zecimal să fie  $k$  este (5):

$$P_k = \sum_{i=1}^9 \left(1 + \frac{1}{100i+k}\right), \quad k \text{ aparține numerelor } \intregri \text{ de la } 0 \text{ la } 9 \quad (5)$$

Probabilitatea ca ultimul digit al unui număr în sistemul zecimal să fie  $k$  (L1) este (6):

$$P_k = \frac{1}{10}, \quad k \text{ aparține numerelor } \intregri \text{ de la } 0 \text{ la } 9 \quad (6)$$

Modelul BL poate fi aplicat datelor distribuite în cadrul unor mai multe ordine de mărime. Nu putem aplica modelul pentru verificarea unor seturi de valori care reprezintă facturi sau plăți în cadrul unui interval (spre exemplu, între 150.000 – 200.000 RON) sau mai mari decât o valoare minimă, ori care depășesc o valoare maximă.

Studiile care au avut ca obiect date de natură contabilă au scos în evidență mai multe criterii de aplicabilitate ale BL<sup>2</sup>. Printre altele, putem aminti criteriile, cum ar fi, spre

<sup>2</sup> Durtschi C, Hillison W, Pacini C., The effective use of Benford's Law to assist in detecting fraud in accounting data, *Journal Forensic Accounting* 5, 2004: pp. 17–34.

exemplu, cazul unor distribuții care se pretează analizei BL: date cu volum mare, numere rezultate din calcule aritmetice (cantitate x preț) sau date de tranzacționare reale (spre exemplu, vânzări). Aceste criterii pot dovedi imposibilitatea utilizării BL pentru date contabile atunci când acestea sunt reprezentate de numere atribuite (numere de facturi, cecuri) sau acolo unde aceste numerele pot fi rezultatul unor decizii umane subiective (prețuri de tipul 2,99), conturi având limite minimale sau

maximale sau, spre exemplu, conturile care nu înregistrează tranzacții.

Pentru a cuantifica din punct de vedere statistic gradul în care datele observate se corelează cu modelul matematic (*goodness-of-fit*) putem utiliza mai multe metode dintre care amintim: testul Chi-pătrat, Kolmogorov-Smirnov 1, Kolmogorov-Smirnov 2, Kolmogorov-Smirnov 3, testul Kuiper, testul Z<sup>1</sup> (Farbaniec et al., 2011), după cum se vede în Tabelul nr. 2.

**Tabelul nr. 2. Teste statistice de verosimilitate (Benford's Law)**

Test	Ecuatie
Pearson Chi-pătrat	$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
Kolmogorov-Smirnov 1 (K-S1)	$KS1 = D \sqrt{\frac{n^2}{2n}} \quad D = \max_i  f_i - \hat{f}_i  \quad (i=1, \dots, k)$
Kolmogorov-Smirnov 2 (K-S2)	$KS2 = D \sqrt{n} \quad D = \max_i  f_i - \hat{f}_i  \quad (i=1, \dots, k)$
Kolmogorov-Smirnov 3 (K-S3)	$KS3 = V_N \cdot [\sqrt{N} + 0,155 + 0,24 N^{-1/2}] \quad (i=1, \dots, k)$
Testul Kuiper	$V_N = D_N^+ + D_N^-; \quad D_N^+ = \sup_i  f_i - \hat{f}_i ; \quad D_N^- = \sup_i  \hat{f}_i - f_i ; \quad N = \frac{n^2}{2n}$
Testul Z	$Z_i = \frac{p_i - \hat{p}_i}{\sqrt{\hat{p}_i(1 - \hat{p}_i)/n}}$

Sursa: Farbaniec, M. et al., 2011

Pentru a evalua gradul de corelație dintre cele două seturi de date putem utiliza coeficientul de corelație Pearson. Coeficientul de corelație de moment Pearson (r) este (7):

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

unde  $\bar{x}$  și  $\bar{y}$  sunt mediile pentru eșantioane.

#### 4.2. Aplicație practică

Din datele accesate din site-ul EEA<sup>2</sup>, secțiunea **Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA) [env\_air\_gge]**, pentru testul de

verosimilitate al GHG am extras o bază de date în format csv, având următoarele dimensiuni:

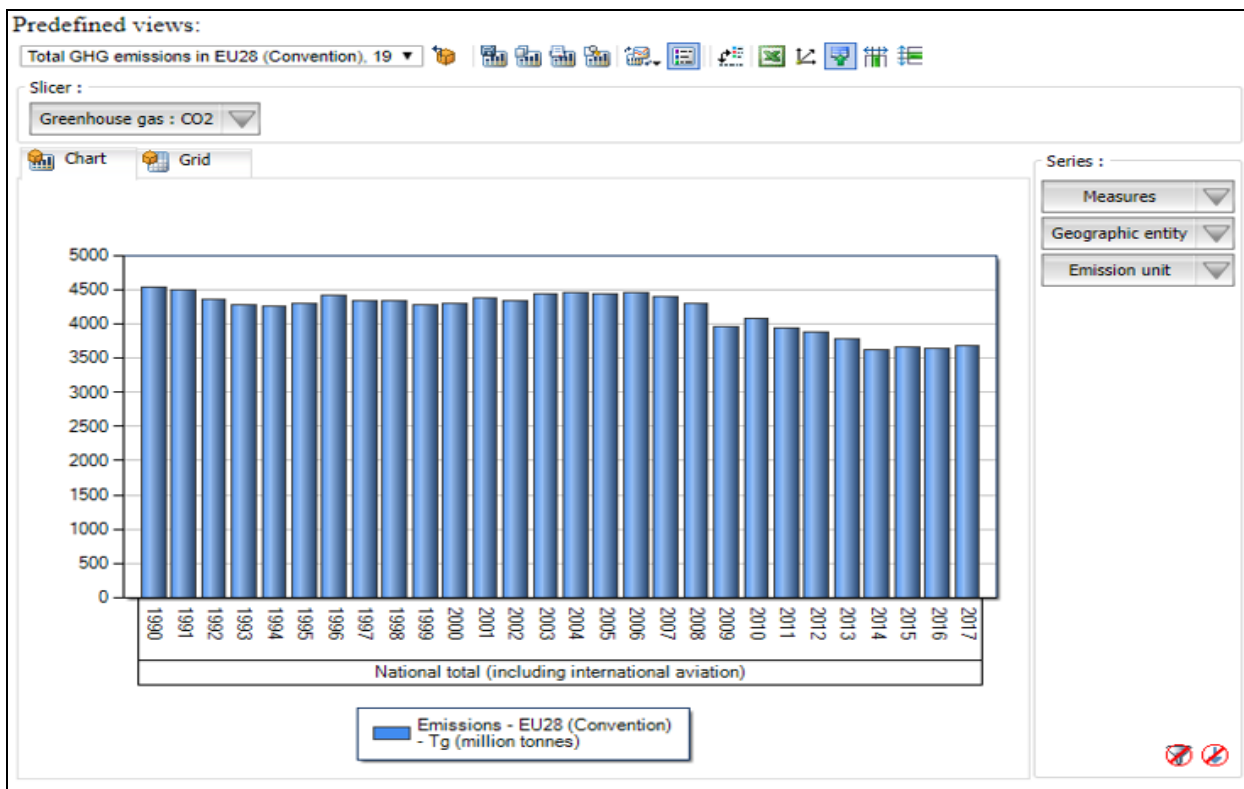
- Poluant gazos: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> și valoarea agregată (GHG). Gazele fluorinate și valoarea agregată GHG sunt exprimate în CO<sub>2</sub> echivalent;
- Entitatea geopolitică (GEO): membri EU, țări EFTA, țări candidat;
- Sectorul sursă pentru emisiile gazoase (AIRESECT): sectoarele sunt clasificate în conformitate cu *Common Reporting Format* (CRF), aliniat la cerințele de raportare UNFCCC;
- Perioada de timp: anuală;
- Unitatea de măsură: mii tone și milioane tone.

Datele descărcate în formă grafică agregată sunt prezentate în **Figura nr. 2**, reprezentarea grafică fiind obținută într-un format predefinit pus la dispoziția publicului de către EEA.

<sup>1</sup> Farbaniec, M. et al. (2011), Application of the first digit law in credibility evaluation of the financial accounting data based on particular cases, *10th International Congress on Internal Control, Internal Audit, Fraud and Anti-Corruption Issues*, Kraków, p. 27. Disponibil la: [http://benford.pl/documents/benford\\_pikw.pdf](http://benford.pl/documents/benford_pikw.pdf).

<sup>2</sup> <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do>

**Figura nr. 2. Emisii GHG anuale pentru EU28 în perioada 1990 – 2017, raportate de țările membre către UNFCCC și EU Greenhouse Gas Monitoring**



Sursa: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

În urma prelucrării datelor referitoare la emisiile de CO<sub>2</sub> rezultate din procese industriale și utilizarea produselor de către țările UE în perioada 2008 – 2017, prin

aplicarea procedurii BL pentru primele patru cifre am obținut rezultatele redată în Tabelul nr. 3.

**Tabelul nr. 3. Test de verosimilitate (Benford's Law) – aplicație practică**

Cifră	D1t (%)	Nr. apariții D1	D1a (%)	D2t (%)	Nr. apariții D2	D2a (%)	D3t (%)	Nr. apariții D3	D3a (%)	D4t (%)	Nr. apariții D4	D4a (%)
0				11.968	29	9.29	10.178	25	7.62	10.018	30	10.64
1	30.103	106	33.13	11.389	45	14.42	10.138	39	11.89	10.014	13	4.61
2	17.609	51	15.94	10.882	23	7.37	10.097	27	8.23	10.01	40	14.18
3	12.494	18	5.63	10.433	28	8.97	10.057	38	11.59	10.006	26	9.22
4	9.691	46	14.38	10.031	30	9.62	10.018	25	7.62	10.002	38	13.48
5	7.918	28	8.75	9.668	39	12.50	9.979	33	10.06	9.998	19	6.74
6	6.695	41	12.81	9.337	35	11.22	9.94	31	9.45	9.994	34	12.06
7	5.799	17	5.31	9.035	28	8.97	9.902	35	10.67	9.99	29	10.28
8	5.115	7	2.19	8.757	30	9.62	9.864	40	12.20	9.986	34	12.06
9	4.576	6	1.88	8.5	25	8.01	9.827	35	10.67	9.982	19	6.74
<b>Total</b>	<b>100.000</b>	<b>320</b>	<b>100.00</b>	<b>100.000</b>	<b>312</b>	<b>100.00</b>	<b>100.000</b>	<b>328</b>	<b>100.00</b>	<b>100.000</b>	<b>282</b>	<b>100.00</b>

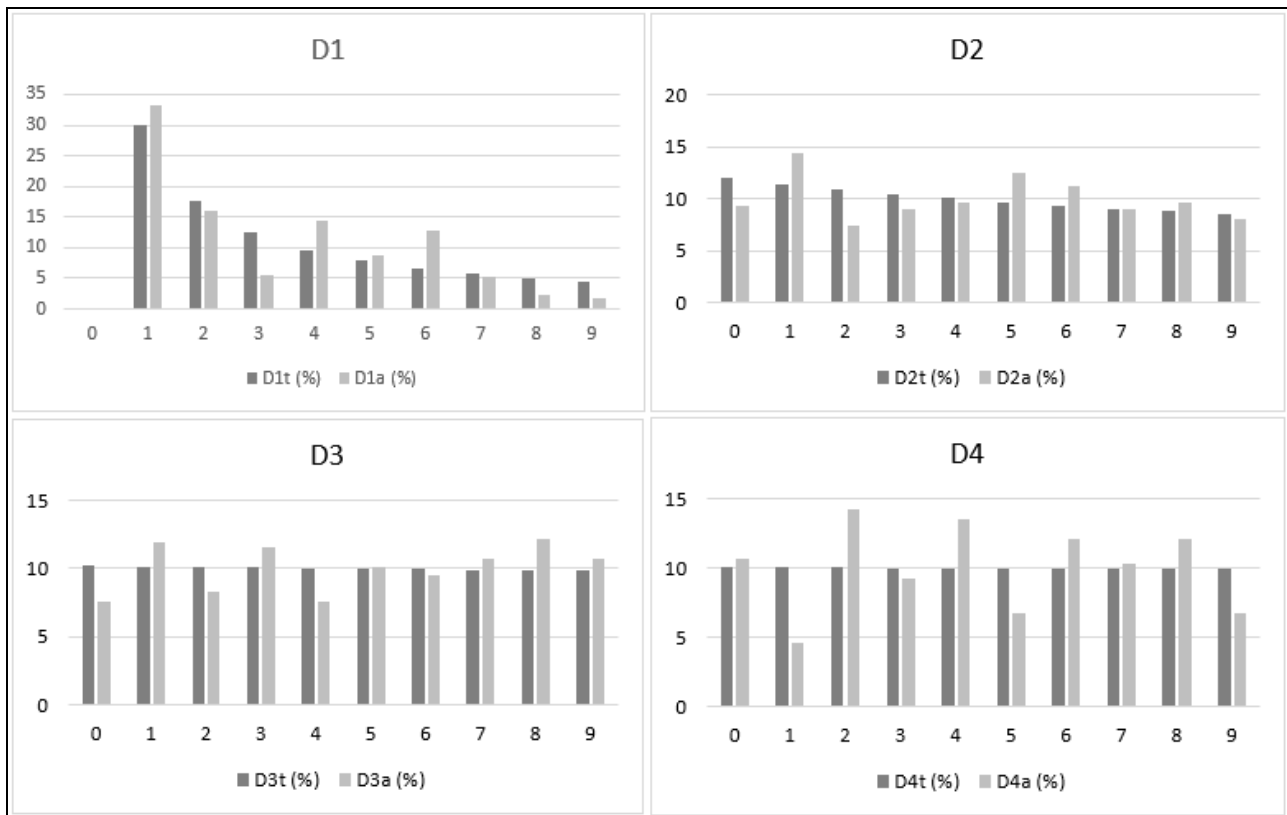
Sursa: Prelucrare proprie, pe baza datelor analizate

În Tabelul nr. 3, D1t, D2t, D3t și D4t reprezintă distribuția teoretică a primelor patru cifre, iar D1a, D2a, D3a și D4a reprezintă distribuția primelor patru cifre din

baza de date analizată.

Reprezentarea grafică a distribuției BL este prezentată în cadrul *Figurii nr. 3*.

**Figura nr. 3. Reprezentarea grafică a rezultatelor testului BL**



Sursa: Prelucrare proprie, pe baza datelor analizate

Prin aplicarea **testului statistic Pearson Chi-pătrat** de testare a semnificației ipotezelor statistice am obținut o valoare apropiată de zero pentru primul digit, ceea ce ne conduce la concluzia că putem rejecta ipoteza nulă în acest caz, dar este diferită de zero pentru următoarele trei cifre, cu o valoare semnificativ diferită de zero pentru digitul 3. Testul Pearson Chi-pătrat a fost dezvoltat în anul 1900, fiind considerat unul dintre testele care stau la bazele statisticii moderne. Acesta este un test non-parametric, respectiv este un test care nu specifică detalii

despre condițiile parametrilor populației din care este extras un eșantion (Tabelul nr. 4 – Test statistic (Pearson Chi-pătrat)).

Ipotezele testului sunt următoarele:

- Ipoteza nulă (**H0**): afirmă că nu există nicio asociere dintre două variabile din cadrul populației.
- Ipoteza alternativă (**H1**): propune că cele două variabile sunt legate de populație.

**Tabelul nr. 4. Test statistic (Pearson Chi-pătrat)**

Test CHI pătrat D1			Test CHI pătrat D2			Test CHI pătrat D3			Test CHI pătrat D4		
Digit 1 (D1)	Observat (D1)	Așteptat (D1)	Digit 2 (D2)	Observat (D2)	Așteptat (D2)	Digit 3 (D3)	Observat (D3)	Așteptat (D3)	Digit 4 (D4)	Observat (D4)	Așteptat (D4)
			0	29	34.67	0	25	36.44	0	30	31.33
1	106	35.56	1	45	34.67	1	39	36.44	1	13	31.33
2	51	35.56	2	23	34.67	2	27	36.44	2	40	31.33
3	18	35.56	3	28	34.67	3	38	36.44	3	26	31.33
4	46	35.56	4	30	34.67	4	25	36.44	4	38	31.33
5	28	35.56	5	39	34.67	5	33	36.44	5	19	31.33
6	41	35.56	6	35	34.67	6	31	36.44	6	34	31.33
7	17	35.56	7	28	34.67	7	35	36.44	7	29	31.33
8	7	35.56	8	30	34.67	8	40	36.44	8	34	31.33
9	6	35.56	9	25	34.67	9	35	36.44	9	19	31.33
	p-value	0.0000		p-value	0.0800		p-value	0.4446		p-value	0.0011

Sursa: Prelucrare proprie, pe baza datelor analizate

De asemenea, am calculat și coeficientul de corelație Pearson dintre variabila reprezentată de către rata rezultată din analiza datelor și rata calculată BL și am obținut următoarele valori ale acestui coeficient: 0,908078; 0,2155485; - 0,4022651; 0,0041272 aferente cifrelor D1, D2, D3 și D4, valori care implică un nivel de corelație ridicat pentru primul digit, dar un nivel de corelație scăzut pentru următoarele trei cifre.

Din acest motiv am aplicat testul de verosimilitate Kolmogorov-Smirnov, care este utilizat pentru a verifica dacă două eșantioane provin din aceeași distribuție. În situația în care primul eșantion are  $m$  elemente cu funcția cumulativă observată de distribuție  $F(x)$ , iar al doilea eșantion are  $n$  elemente cu funcția cumulativă observată de distribuție  $G(x)$ , atunci (8):

$$D_{m,n} = \max_x |F(x) - G(x)| \quad (8)$$

**Ipoteza nulă  $H_0$ :** ambele eșantioane provin dintr-o populație cu aceeași distribuție. Rejeptăm ipoteza nulă (la nivel de semnificație  $\alpha$ ) dacă  $D_{m,n} > D_{m,n,\alpha}$  unde  $D_{m,n,\alpha}$  este valoarea critică.

Pentru  $m$  și  $n$  suficient de mari (9):

$$D_{m,n,\alpha} = c(\alpha) \sqrt{\frac{m+n}{mn}} \quad (9)$$

unde  $c(\alpha)$  = inversul valorii distribuției Kolmogorov la  $\alpha$  și pot fi identificați în tabelul de distribuție Kolmogorov-Smirnov.

Rezultatele testului confirmă faptul că nu există o diferență semnificativă între cele două distribuții (Tabelul nr. 5).

**Tabelul nr. 5. Test statistic (goodness of fit) (Kolmogorov-Smirnov)**

Test Kolmogorov-Smirnov D1			Test Kolmogorov-Smirnov D2			Test Kolmogorov-Smirnov D3			Test Kolmogorov-Smirnov D4		
alpha	0.05		alpha	0.05		alpha	0.05		alpha	0.05	
Cum% RE	Cum% BL	Dif.	Cum% RE	Cum% BL	Dif.	Cum% RE	Cum% BL	Dif.	Cum% RE	Cum% BL	Dif.
			9.29%	11.97%	2.67%	7.62%	10.18%	2.56%	10.64%	10.02%	0.62%
33.13%	30.10%	3.02%	23.72%	23.36%	0.36%	19.51%	20.32%	0.80%	15.25%	20.03%	4.78%
49.06%	47.71%	1.35%	31.09%	34.24%	3.15%	27.74%	30.41%	2.67%	29.43%	30.04%	0.61%
54.69%	60.21%	5.52%	40.06%	44.67%	4.61%	39.33%	40.47%	1.14%	38.65%	40.05%	1.40%
69.06%	69.90%	0.83%	49.68%	54.70%	5.02%	46.95%	50.49%	3.54%	52.13%	50.05%	2.08%
77.81%	77.82%	0.00%	62.18%	64.37%	2.19%	57.01%	60.47%	3.45%	58.87%	60.05%	1.18%
90.63%	84.51%	6.11%	73.40%	73.71%	0.31%	66.46%	70.41%	3.94%	70.92%	70.04%	0.88%
95.94%	90.31%	5.63%	82.37%	82.74%	0.37%	77.13%	80.31%	3.17%	81.21%	80.03%	1.17%
98.13%	95.42%	2.70%	91.99%	91.50%	0.49%	89.33%	90.17%	0.84%	93.26%	90.02%	3.24%
100.00%	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	0.00%
	D-stat	0.061150		D-stat	0.050235		D-stat	0.039436		D-stat	0.047838
	D-crit	0.216221		D-crit	0.216562		D-crit	0.215895		D-crit	0.218009
	Semnificativ	Nu		Semnificativ	Nu		Semnificativ	Nu		Semnificativ	Nu

Sursa: Prelucrare proprie, pe baza datelor analizate

## 5. Concluzii

Prin testarea verosimilității datelor referitoare la emisiile de gaze – redate în termeni fizici fără a fi măsurate, ci doar estimate, date publicate în Eurostat – pe baza metodei BL am obținut un rezultat, care la rândul lui a fost verificat statistic prin metodele Pearson Chi-pătrat și Kolmogorov-Smirnov. Rezultatul obținut a întărit încrederea în datele utilizate. Ne bazăm încrederea în verosimilitatea datelor, în special pe baza interpretării verosimilității statistice a datelor realizată în urma aplicării testului Kolmogorov-Smirnov.

Importanța analizei datelor referitoare la emisiile GHG este semnificativă prin efectul acestora asupra

schimbărilor climatice cauzate de încălzirea globală. Această problemă are implicații în procesul decizional referitor la politicile de mediu la nivel macroeconomic, dar și pentru deciziile de management referitoare la politicile de mediu la nivel micro sau macroeconomic. Impactul implică răspunsuri care se extind pe perioade îndelungate de timp. În acest context analizele economice fundamentate pe aceste date depind în mare măsură de calitatea lor. Procesul decizional este declanșat de cele mai multe ori de existența unor riscuri, cum este, spre exemplu, riscul schimbărilor climatice, ce pot influența în lanțul riscurilor sociale și economice generate de către schimbările climatice.

## BIBLIOGRAFIE

1. Beiglou PHB, Gibbs C, Rivers L, Adhikari U, Mitchell J (2017), Applicability of Benford's Law to compliance assessment of self-reported wastewater treatment plant discharge data, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 19(04): 1750017.
2. Bendford, Frank, The law of anomalous numbers, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1938, (p. 78).
3. Brown RJ (2005), Benford's Law and the screening of analytical data: the case of pollutant concentrations in ambient air, *Analyst*, 130(9): pp. 1280–1285.
4. Cole, M. A., Maddison, D. J. and Zhang, L. (2019), Testing the emission reduction claims of CDM projects using the Benford's Law, *Climatic Change*, doi: 10.1007/s10584-019-02593-5.
5. Dumas CF, Devine JH (2002), Detecting evidence of non compliance in self-reported pollution emissions data: an application of Benford's Law, în *American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tampa, FL*, Available at <http://agecon.lib.umn.edu>.
6. Durtschi C, Hillison W, Pacini C., The effective use of Benford's Law to assist in detecting fraud in accounting data, *Journal Forensic Accounting* 5, 2004: pp. 17–34.
7. Farbaniec, M. et al. (2011), Application of the first digit law in credibility evaluation of the financial accounting data based on particular cases, *10th International Congress on Internal Control, Internal Audit, Fraud and Anti-Corruption Issues, Kraków*, p. 27. Disponibil la: [http://benford.pl/documents/benford\\_pikw.pdf](http://benford.pl/documents/benford_pikw.pdf).
8. Fewster, R. M. (2009), A Simple Explanation of Benford's Law, *American Statistician*, 63(1), pp. 26–32, doi: 10.1198/tast.2009.0005.
9. Fu Q, Fang Z, Villas-Boas SB, Judge G (2014), An investigation of the quality of air data in Beijing, Available at <http://are.berkeley.edu/~sberto/BeijingJuly16.pdf>.
10. Green, W. et al., The expertise required for greenhouse gas assurance engagements: lessons to be learned from existing schemes and standards, Disponibil la adresa: [https://www.researchgate.net/profile/Roger\\_Simnet/publication/268357942](https://www.researchgate.net/profile/Roger_Simnet/publication/268357942).
11. Huggins, A. (2011), Are Greenhouse Gas Assurance Engagements a Natural Domain of the Auditing Profession?, *Current Issues in Auditing*, Vol. 5, No. 2, pp. A1-A12, 2011, Disponibil la adresa: SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1676056> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1676056>.
12. Hong L. C. (2014), A study of the readiness and awareness of future accounting educators in introducing ISAE 3410 standards: A pilot study in Malaysia. Disponibil la adresa: <https://www.researchgate.net/publication/241195200>.

13. Matthew A. Cole, David J. Maddison, Liyun Zhang, (2019), Testing the emission reduction claims of CDM projects using the Benford's Law, *Climatic Change*, disponibil la adresa: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02593-5>.
14. Nugent, M. 2008. IAASB main agenda (2008), *Issues paper – emissions assurance*. Disponibil la adresa: <http://www.ifac.org/IAASB/Meeting-BGPapers.php?MID=0144&ViewCat=1017>.
15. Simnett, R., Nugent, M. AndHuggins, A. (2009), Developing an international assurance standard on greenhouse gas statements. *Accounting Horizons*, 23 (4): pp. 347-364.
16. Stoerk, T (2016), Statistical corruption in Beijing's air quality data has likely ended in 2012, *Atmos Environ*, 127: pp. 365–371.
17. Zahran S., Iverson T., W., Weiler S., Underwood A. (2014), Evidence that the accuracy of self-reported lead emissions data improved: a puzzle and discussion. *J Risk Uncertain* 49(3): pp. 235–257.
18. HM Treasury (2011), Stern Review on the economics of climate change, Disponibil la adresa: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern\\_review\\_report.htm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm).
19. IFAC (2015), Manual de Reglementări Internaționale de Control al Calității, Audit, Revizuire, Alte Servicii de Asigurare și Servicii Conexe, Ediția 2015, Vol. II, București, 2016, *CAFR*.
20. IFAC (2009a), Consultation Paper – Assurance on a Greenhouse Gas Statement. Disponibil la adresa: <https://www.iaasb.org/projects/assurance-greenhouse-gas-statement>.
21. PricewaterhouseCoopers (PwC), (2007). Building trust in emissions reporting: Global trends in emissions trading schemes. Disponibil la adresa: <http://www.pwc.com/extweb/pwcpublishations.nsf/docid/8DF4237F6B2F7FCF8525728300503B70>.