

DOI: <https://doi.org/10.55505/sa.2022.1.13>

CZU: 621.436

## EVALUAREA PERFORMANȚELOR ECOLOGICE ALE MOTORULUI CU APRINDERE PRIN COMPRIARE ALIMENTAT CU DIVERSE TIPURI DE COMBUSTIBILI

*Eduard BANARI*

**Abstract.** The research reflected in this study aimed to determine the ecological performance of the compression ignition engine (4DC (110X125) powered by diesel oil, rapeseed biodiesel (B 100) and diesel oil-biodiesel mixture (B20 (diesel oil 80% + biodiesel 20%), B50 (diesel oil 50% + biodiesel 50%)), based on experimental tests at the stand. The purpose was achieved by using a gas analyzer (Cartec CET 2000) that allowed the measurement of the concentration of pollutant emissions from exhaust gases at various loads and speeds of diesel engine operation. It was established that powering the engine with biodiesel and diesel oil-biodiesel mixture produces a minimal impact on the environment by reducing the concentration of harmful substances emitted into the atmosphere.

**Key words:** Biodiesel; Diesel oil; Carbon dioxide; Carbon monoxide; Hydrocarbons; Oxygen.

**Rezumat.** Cercetările au avut ca scop evaluarea performanțelor ecologice ale motorului cu aprindere prin comprimare (4DC (110X125) alimentat cu motorină, biodiesel (B100) transesterificat din ulei de rapiță și amestec din motorină și biodiesel (B20 (motorină 80% + biodiesel 20%), B50 (motorină 50% + biodiesel 50%)), în cadrul încercărilor experimentale la stand. Scopul propus s-a realizat prin folosirea unui analizator de gaze (Cartec CET 2000) care a permis măsurarea concentrației emisiilor poluante din gazele de eșapament la diverse sarcini și turații ale funcționării motorului diesel. Alimentarea motorului cu biodiesel și amestec de motorină și biodiesel produce un impact minim asupra mediului, prin reducerea concentrației de substanțe nocive emise în atmosferă.

**Cuvinte-cheie:** Biodiesel; Motorină; Bioxid de carbon; Monoxid de carbon; Hidrocarburi; Oxigen.

### INTRODUCERE

Epuizarea rezervelor mondiale de petrol, deficitul tot mai mare de produse petroliere, creșterea prețurilor la carburanții tradiționali și înăsprirea constantă a cerințelor privind nocivitatea gazelor de eșapament la motoarele cu ardere internă determină căutarea continuă a resurselor alternative de energie (Tutunea, D. 2009; Марков, B. et al. 2017).

Cercetările privind combustibilii alternativi câștigă în prezent atenție la nivel mondial din cauza cererii în creștere de energie și a epuizării rezervelor fosile. În plus, creșterea încălzirii globale și alte pericole de mediu au forțat aproape toate țările să reducă dependența de combustibilii fosili (Ramaraju, A. 2011). De aceea tot mai actuală devine necesitatea elaborării, producerii și utilizării surselor energetice regenerabile. Această necesitate este și mai actuală pentru țările care nu dispun de surse energetice fosile proprii, categorie din care face parte și Republica Moldova (Hăbășescu, I. et al. 2005).

Biocombustibilii pot reduce consumul de combustibili fosili și astfel pot reduce emisiile de dioxid de carbon, biocombustibilii fiind neutri în carbon. Dioxidul de carbon care este emis în timpul procesului de ardere a biocombustibilului se întoarce în atmosferă exact în aceeași cantitate care a fost fixată de plante prin procesul de fotosinteză. Prin urmare, biocombustibilii par a fi un mijloc foarte eficient pentru reducerea acestor emisii, cel puțin la prima vedere (Hanaki, K., Portugal-Pereira, J. 2018). Dintre aceștia face parte și biodieselul (ester metilul) – combustibil ce poate fi obținut direct din uleiuri vegetale și grăsimi animale. Acesta este principiul fundamental pe care se sprijină politica de promovare a utilizării biodieselului în economie. Biodieselul, fiind biodegradabil, se descompune rapid în resturi organice naturale, reducând aproape toate formele de poluare a aerului (Hăbășescu, I. et al. 2011).

Biodieselul este considerat cel mai comun combustibil alternativ obținut din uleiuri vegetale pentru alimentarea MAC ca substituent al motorinei, fiind utilizat de unul singur sau în amestec cu motorina.

Un parametru important al funcționării motorului este și nocivitatea gazelor de eșapament (Geambașu, S. 2018; Вена, В. С. 2014; Stănescu, R. С. 2012; Бирюков, В. 2017; Горбунов, В., Патрахальцев, Н. 1998; Алексеев, В. et al. 1990; Лиханов, В., Сайкин, А. 1994; Марков, В. 2002). În prezent, aspectul reducerii

emisiilor de noxe din gazele de evacuare ale motoarelor diesel este tratat cu o importanță deosebită datorită extinderii domeniului de aplicare a acestora și majorării numărului total de vehicule dotate cu motoare diesel (Александров, А. et al. 2014). Prin urmare, împreună cu îmbunătățirea performanței economice a motoarelor diesel, reducerea nocivității gazelor de eșapament a acestora devine o problemă majoră.

Scopul acestei lucrări prevede stabilirea valorilor încercărilor experimentale privind emisiile poluante pentru diverse sarcini și turații ale funcționării motorului diesel și analiza emisiilor de noxe din gazele de evacuare (monoxidul de carbon (CO), bioxidul de carbon (CO<sub>2</sub>), hidrocarburile (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) și emisiile de particule (fumeizarea)) la funcționarea motorului cu combustibili supuși testării.

## MATERIALE ȘI METODE

Încercările experimentale în condiții de laborator au fost realizate pe un motor de tipul DC4 11,0/12,5. Cercetările au fost efectuate pe stand model KI 13638 GOSNITI (conform GOST 18509-88 și GOST 17.2.02-98), dotat cu mașină electrică asincronă de creare a sarcinii, care funcționează în regim de generator în timpul frânării. Puterea motorului este consumată de o frână, obținându-se astfel un cuplu de rezistență variabil.

La realizarea încercărilor experimentale în condiții de laborator (pe stand), pentru determinarea concentrației emisiilor poluante în gazele de evacuare s-a folosit analizatorul de gaze de tipul Cartec seria CET 2000. În calitate de combustibili s-au utilizat motorina, amestecurile B20 (motorină 80% + biodiesel 20%), B50 (motorină 50% + biodiesel 50%) și B100 (biodiesel 100%). Acesta din urmă a fost transesterificat din ulei de rapiță (Слюсаренко, В. et al. 2010) la instalația de producere a biocombustibilului M8-КПБ-01 elaborată de SA „Алиментармаş” din Chișinău.

Concentrația emisiilor poluante în gazele de eșapament s-a determinat în funcție de sarcina motorului de 0%, 25%, 50% și 75% din puterea nominală Ne.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

Valorile măsurărilor emisiilor poluante pentru toate cele patru tipuri de combustibili testați sunt prezentate în figurile 1–5.

Monoxidul de carbon se formează la arderea incompletă a combustibililor în camera de ardere a motorului. Rezultatele obținute în urma încercărilor la stand ale motorului DC4 11,0/12,5 (Fig. 1) demonstrează faptul că, la gradul de solicitare a motorului de la 0 până la 75%Ne, odată cu utilizarea biodieselului B100 se micșorează concentrația emisiei de CO cu  $0,01 \pm 0,005\%$  vol. în raport cu motorina ( $0,02 \pm 0,05\%$  vol.). Utilizarea amestecurilor cu biocombustibil are un efect benefic asupra concentrației de CO din gazele de eșapament pe toată plaja de cercetare.

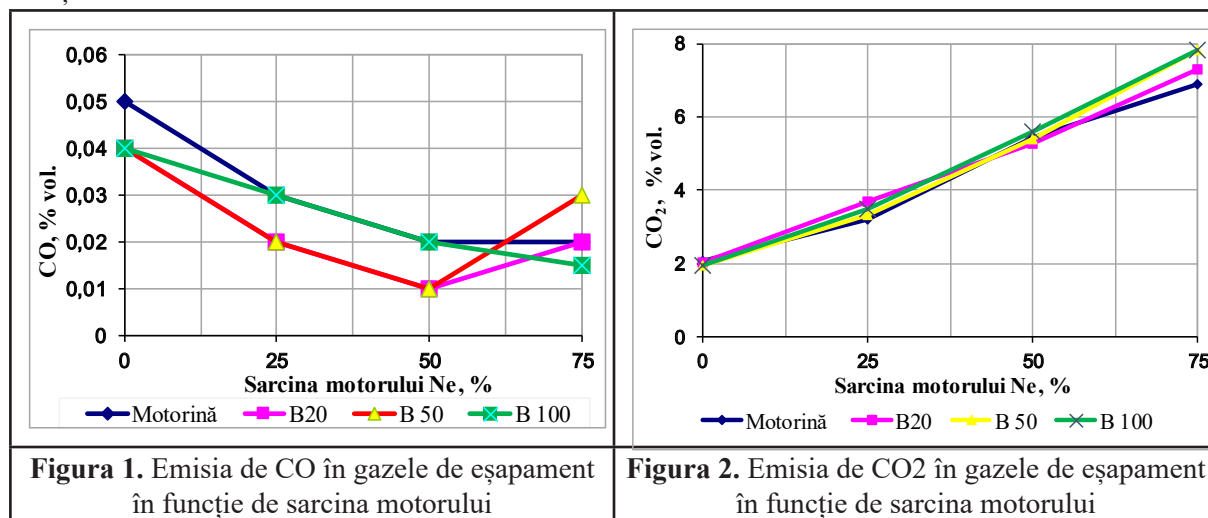
La funcționarea MAC alimentat cu B20 și B50, la gradul de solicitare a motorului de la 0 până la 50%Ne se observă o diminuare a concentrației de CO cu  $0,01\%$  vol. în raport cu motorina ( $0,05 \pm 0,02\%$  vol.). Acest lucru se explică prin faptul că, inițial, conținutul de CO scade deoarece există suficient oxigen pentru a finaliza reacția chimică de formare a emisiei de CO<sub>2</sub>, dar apoi, odată cu micșorarea treptată a oxigenului, emisia de CO începe să crească deoarece este mai dificil pentru CO să găsească molecule de oxigen pentru a finaliza reacția. De aici, în continuare, observăm că pe plaja de cercetare de la 50%Ne până la 75%Ne se înregistrează o majorare a emisiei de CO cu  $0,01 \pm 0,02\%$  vol. în raport cu motorina pentru ambele cazuri ale amestecurilor de combustibili (B20, B50).

Conținutul de bioxid de carbon CO<sub>2</sub> reprezintă o măsură a eficienței procesului de ardere a combustibilului în MAI. Concentrația majorată de CO<sub>2</sub> în atmosferă contribuie la dezvoltarea efectului de seră. Gazul cu efect de seră CO<sub>2</sub> este responsabil pentru cea mai mare parte a încălzirii globale, fiind inofensiv pentru populație.

După cum se vede din Figura 2, la funcționarea MAC cu toate tipurile de combustibili supuși testării, se observă o majorare a concentrației emisiei de CO<sub>2</sub> pe toată plaja de cercetare de la 0 până la 75%Ne.

O majorare mai esențială s-a stabilit la gradul de solicitare a motorului de 75%Ne, la alimentarea cu biodiesel B100 și B50 – cu  $0,92\%$  vol. (13,35%) și, respectiv,  $0,94\%$  vol. (13,64%) în raport cu motorina. În cazul alimentării cu B20 de asemenea se observă o creștere a concentrației emisiei de CO<sub>2</sub> în raport cu motorina cu  $0,42\%$  vol. (6,1%), la gradul de solicitare a motorului de 75%Ne. Conchidem că, odată cu majorarea sarcinii, concentrația emisiei de CO<sub>2</sub> crește, ceea ce înseamnă că practic tot oxigenul

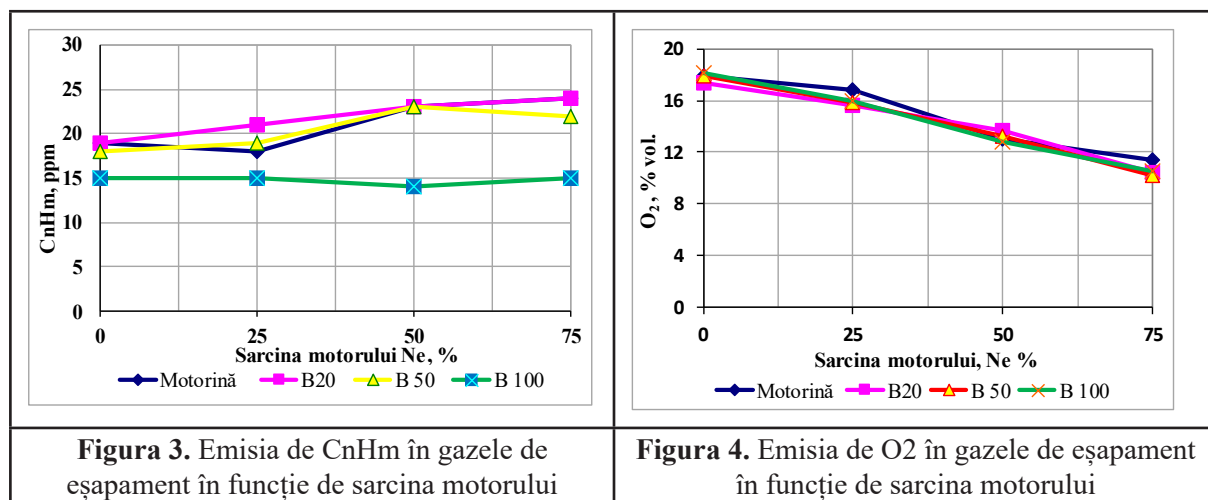
se consumă la arderea biodieselului și derivatele acestuia în camera de ardere, acest fapt demonstrând o funcționare eficientă a motorului la sarcină medie de 70–75%.



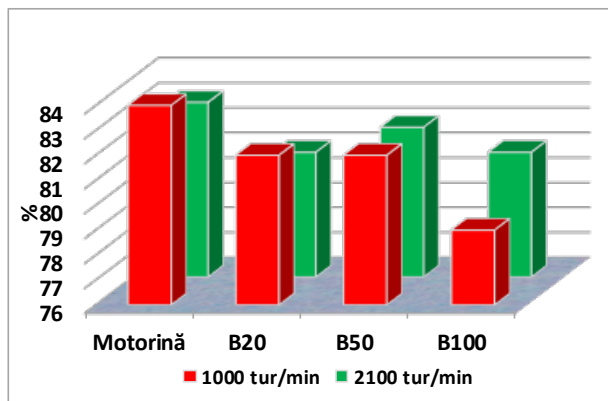
Valorile rezultatelor privind stabilirea concentrației emisie de CnHm pentru probele de combustibili analizați sunt redată în Figura 3. Datele obținute demonstrează că emisia de CnHm depinde, în general, de tipul de combustibil și modalitatea desfășurării procesului de ardere a combustibilului în camera de ardere a motorului.

De exemplu, în cazul alimentării motorului cu biodiesel B100 se observă o diminuare a concentrației emisie de CnHm în raport motorină – cu 9 ppm (39,13%) la gradul de solicitare a motorului de la 0 până la 50%Ne și cu 8 ppm (34,78%) la sarcina de 75%Ne. În cazul alimentării cu B50 la fel s-a remarcat o micșorare a concentrației emisie de CnHm în raport cu motorina – cu 2 ppm (8,33%) la gradul de solicitare a motorului de 75%Ne. În ceea ce privește alimentarea MAC cu B20 s-a stabilit că, la majorarea gradului de solicitare a motorului de la 0 până la 75%Ne, concentrația emisie de CnHm practic este identică cu cea de la utilizarea motorinei. Deci, odată cu mărirea concentrației de biodiesel în motorină, emisia de CnHm în gazele de eșapament se micșorează, fapt ce demonstrează că arderea combustibilului în cilindru este, parțial, totală.

Oxygenul este întotdeauna prezent în gazele de evacuare. Din Figura 4 se poate observa clar că la alimentarea motorului de tipul DC4 11,0/12,5 cu biodiesel și cu amestecuri ale acestuia se reduce concentrația oxygenului (O<sub>2</sub>) de la 18,17 până la 10,57%vol. în raport cu motorina (17,94 până la 11,41 %vol.), pe toată plaja de cercetare de la 0 până la 75%Ne.



Concluzionăm, astfel, că biodieselul și derivatele acestuia ard în motor mai complet decât motorina. În Figura 5 sunt prezentate valorile rezultatelor emisie de fum la funcționarea motorului DC4 11,0/12,5 alimentat cu motorină, biodiesel B100 și amestecurile de combustibili B20 și B50. Se poa-



**Figura 5.** Valorile emisiei de fum la funcționarea motorului DC4 11,0/12,5 alimentat cu combustibilii supuși testării

te observa că, odată cu creșterea concentrației de biodiesel în motorină, are loc o scădere ușoară a emisiei de fum (transparența gazelor de evacuare).

De exemplu, la funcționarea motorului la merul în gol  $n = 1000 \text{ min}^{-1}$  s-a constatat că, în cazul alimentării cu motorină, concentrația emisiei de fum a alcătuit 84%, la alimentarea cu B20 (motorină 80% + biodiesel 20%) și B50 (motorină 50% + biodiesel 50%) concentrația emisiei a atins valoarea de 82%, iar la alimentarea cu B100 (biodiesel pur) – 79%. La funcționarea MAC la turația  $n = 2100 \text{ min}^{-1}$  la fel se observă micșorarea neesențială a concentrației emisiei de fum de la 83% până la 81%, ceea ce ne permite să deducem că compoziția amestecului de combustibili diminuează emisia de fum în gazele de eșapament în

raport cu alimentarea motorului cu motorină.

Stabilirea celor mai bune valori ale concentrațiilor de emisii nocive în gazele de eșapament se realizează prin optimizarea compoziției unor astfel de biocombustibili.

## CONCLUZII

Din cercetările experimentale realizate rezultă că:


- la alimentarea motorului cu aprindere prin comprimare cu biodiesel B100 și cu amestecuri de combustibili (B20, B50), concentrația noxelor în gazele de eșapament se reduce, iar concentrația de CO<sub>2</sub> se majorează în raport cu combustibilul tradițional;
- oxigenul care ia parte la formarea amestecului de carburant în timpul funcționării motorului este consumat practic complet pentru reacția de ardere, ceea ce indică un conținut scăzut de O<sub>2</sub> în gazele de eșapament. Aceasta înseamnă că alimentarea MAC cu biocombustibil produce un impact minim asupra mediului, datorită concentrației mai reduse a emisiilor de substanțe nocive în atmosferă;
- utilizarea biodieselului permite nu numai asigurarea circulației bioxidului de carbon și a oxigenului în atmosferă, dar și reducerea concentrației emisiilor nocive (CO, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> și particule) până la 50% din gazele de eșapament ale motorului cu ardere internă;
- folosirea biodieselului în calitate de combustibil pentru motorul DC4 11,0/12,5 a permis micșorarea concentrației emisiei de CO cu 25% la regimul de funcționare a motorului la sarcina medie de 70-75%;
- odată cu creșterea concentrației de biodiesel în motorină, emisia de C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> în gazele de eșapament se micșorează, deoarece prezența moleculelor de oxigen în compoziția biodieselului participă la o ardere mai completă a amestecului de combustibili. Cele mai scăzute valori ale emisiei de C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> din gazele de eșapament s-au înregistrat la utilizarea biodieselului B100, cu 37,5% mai mici în raport cu motorina;
- majorarea concentrației de biodiesel în motorină duce la o scădere a concentrației emisiei de fum în gazele de eșapament produse de motorul DC4 11,0/12,5, aceasta indicând o îmbunătățire semnificativă a parametrilor ecologici.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BENEĂ, B.C. (2014). Cercetări privind utilizarea biocarburanților pentru motoarele de autovehicule: tz. de doct. în șt. tehnice. Brașov, 92 p.
2. GEAMBAȘU, S. (2018). Cercetări privind influența biocombustibililor asupra comportamentului ecologic și energetic al motoarelor cu aprindere prin comprimare: autoref. tz. de doct. în șt. tehnice. Brașov, 249 p.
3. HANAKI, K., PORTUGAL-PEREIRA, J. (2018). The Effect of Biofuel Production on Greenhouse Gas Emission Reductions. In: K. Takeuchi, H. Shiroyama, O. Saito, M. Matsuura, eds. Biofuels and Sustainability. Holistic Perspectives for Policy-making. Tokyo, pp. 53-75. ISBN 978-4-431-54895-9.
4. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., ESIR, M. et al. (2005). Indicii de performanță a motorului cu aprindere prin comprimare alimentat cu biocombustibil. In: Energetica Moldovei. Aspecte regionale de dezvoltare: conf.

- intern., Chișinău, 21-24 sept., ed. a I-a, pp. 672-683. ISBN 9975-62-145-7.
5. HĂBĂȘESCU, I., red. (2011). Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură. Chișinău: Bons Offices. 312 p. ISBN 978-9975-80-531-5.
  6. HĂBĂȘESCU, I., CEREMPEI, V., DELEU, V. et al. (2009). Energie din biomasă: Tehnologii și mijloace tehnice. Chișinău: Bons Offices. 368 p. ISBN 978-9975-80-301-4.
  7. RAMARAJU, A., KUMAR, A.T.V. (2011). Biodiesel development from high free fatty acid Punnakka oil. In: ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 6(4), pp. 1-6.
  8. STĂNESCU, R.C. (2012). Cercetări privind tehnologiile de producere și performanțele biocarburanților pentru automobile: autoref. tz. de doct. în șt. tehnice. Brașov, 77 p.
  9. TUTUNEA, D. (2009). Folosirea combustibililor neconvenționali la motoarele cu ardere internă: rez. tz. de doct. în șt. tehnice. Craiova, 10 p.
  10. АЛЕКСАНДРОВ, А.А., АРХАРОВ, И.А., МАРКОВ, В. А. и др. (2014). Нефтяные моторные топлива: экологические аспекты применения. Москва: ООО НИЦ «Инженер», 691 с.
  11. АЛЕКСЕЕВ, В.П., ВОРОНИН, В.Ф., ГРЕХОВ, Л.В. и др. (1990). Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Москва: Машиностроение. 288 с. ISBN 5-217-00117-8. Доступ: [http://xn-----8kcbtc0a5adc4apig4ck2a9b.xn--p1ai/f/dvigateli\\_vnutrennego\\_sgoraniya.pdf](http://xn-----8kcbtc0a5adc4apig4ck2a9b.xn--p1ai/f/dvigateli_vnutrennego_sgoraniya.pdf)
  12. БИРЮКОВ, В.В. (2017). Методы повышения эффективности работы дизеля при использовании этанола в качестве экологической добавки к дизельному топливу: дис. д-ра технических наук. Москва, 173 с.
  13. ГОРБУНОВ, В.В., ПАТРАХАЛЬЦЕВ, Н.Н. (1998). Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Москва: Изд-во Российского университета дружбы народов. 216 с.
  14. ЛИХАНОВ, В.А., САЙКИН, А.М. (1994). Снижение токсичности автотракторных дизелей. Москва: Колос. 224 с.
  15. МАРКОВ, В.А., БАШИРОВ, Р.М., ГАБИТОВ, И.И. (2002). Токсичность отработавших газов дизелей. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 376 с.
  16. МАРКОВ, В.А., НАГОРНОВ, С.А., РОМАНЦОВА, С.В., НЕВЕРОВА, В.В., БОВЭНЬ, Са. (2017). Метилловый эфир рапсового масла как дизельное топливо. В: Транспорт на альтернативном топливе, № 6 (60), с. 17-31. ISSN 2073-1329.
  17. СЛЮСАРЕНКО, В., ГАНЯ, Г., ЛАКУСТА, И., БАНАРЬ, Е., (2010). Технологический процесс производства биотоплива. In: Știința agricolă, nr.1, pp. 58-61. ISSN 1857-0003.

### INFORMAȚII DESPRE AUTOR

**BANARI Eduard**  <https://orcid.org/0000-0002-4227-5120>  
 asistent universitar, Facultatea Inginerie Agrară și Transport Auto, Universitatea Agrară de Stat din  
 Moldova, Republica Moldova  
*E-mail:* edu.banari@gmail.com

Data prezentării articolului: 12.04.2022

Data acceptării articolului: 21.05.2022