

Research Paper

Potential assessment of bioenergy production from animal waste in Lorestan province

Movahed Sepahvand¹, Hadis Nematpour Malek Abad^{2*} and Mohammad Ali Ghahremani Aghbolagh Rostam Khan³

¹Researcher, Agricultural Engineering Research Group, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

²Researcher, Agricultural Engineering Research Group, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

³Ph.D. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Article information

Extended Abstract

Received: 2025/05/17

Accepted: 2025/09/08

Keywords:

Biomass
Animal waste
Combined heat and power (CHP)
Global warming potential (GWP)
Lorestan province

*Corresponding author:

h.nematpour@areeo.ac.ir

ORCID: 

[0009-0005-6951-192X](https://orcid.org/0009-0005-6951-192X)

**Introduction**

Population growth and technological advancement mean that human activities now consume high levels of energy. This causes significant problems, including the depletion of fossil fuel resources and environmental pollution. Energy managers and planners are therefore developing options to meet these increasing demands for energy while maintaining a low environmental impact. The application of advanced energy-saving techniques, renewable energy resources, and technologies presents a viable solution to these problems. Bioenergy is a widely available resource, making it an attractive form of renewable energy. Biomass is abundant and easily accessible, making it a low-cost resource with great flexibility in terms of potential applications. One effective way to harness biomass energy is through the simultaneous production of electricity and heat from animal waste. Cogeneration, a highly efficient technology, produces both electricity and thermal energy using a variety of technologies and fuels, offering a cost-effective solution to reduce CO₂ emissions. Given the significant amount of animal waste in biomass resources and its inadequate management in the country, it is crucial to assess the potential for bioenergy production and analyze the distribution of this renewable resource across different regions of Iran. This research aims to evaluate the bioenergy production potential from animal waste in Lorestan province.

<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2025.15140.751>

Method

Data for this study were gathered from relevant organizations, library sources, and agricultural statistics for the year 2023. This section of the research focuses on the geographical location of the region, livestock and poultry data, the amount of animal waste, methods for calculating the theoretical and potential for biogas and methane production from animal waste, the examination of simultaneous electricity and heat production, and the estimation of pollutant emissions from bioenergy production using animal waste. Finally, the share of reducing the production of electric energy from fossil fuels by replacing the electric energy produced from animal waste in Lorestan province was calculated.

Results

Based on the results, the amount of waste that can be collected from much livestock in the province was calculated to be 280318.6 tons, and heavy (cow) and light (sheep and goat) livestock with a production amount of 152594.9 and 127723.7 tons, respectively, accounted for 54.44% and 45.56% of the waste that can be collected from much livestock, respectively. Additionally, the amount of waste that can be collected from poultry units in the province was estimated to be 74,751.1 tons. Broiler and egg-laying chicken breeding units, with production amounts of 68,626.3 and 6,124.8 tons, respectively, accounted for 91.81% and 8.19% of the waste from poultry units. The annual methane production potential from livestock and poultry waste in the province was calculated to be 34.136 and 20.183 Mm³, respectively. Additionally, the total amount of animal waste (from livestock and poultry) that can be collected in the province was estimated at 355,069.7 tons, and the annual amount of methane produced from it was estimated at 54.319 Million Cubic Meters. Khorramabad, Borujerd, and Aligudarz counties were ranked first, second, and third in the province, with annual production potentials of 9.605, 8.813, and 7.516 Mm³, respectively.

Additionally, the energy, electrical, and thermal power of the CHP (combined heat and power) system derived from animal waste were calculated as 236,287.68 MWh of electricity with a power of 33.75 MW and 265,823.62 MWh of heat with a power of 37.96 MW, respectively. Khorramabad, Borujerd, and Aligudarz counties were ranked first, second, and third in the province, with the potential to produce 41781.75, 38335.68, and 32695.04 MWh of electricity, and 47004.47, 43,127.64, and 36,781.91 MWh of heat, respectively. The amount of greenhouse gas emissions from the production of electrical energy from animal waste was 118,148.45 tons/year, and the share of CO₂, N₂O and CH₄ in the emissions was 118,143.84, 0.1181, and 4.49 tons/year, respectively. Additionally, the global warming potential (GWP) index for energy production from animal waste was calculated to be 118,274.74 tons of CO₂ equivalent. Compared to gas-fired power plants, generating electricity from animal waste reduces greenhouse gas emissions by 64,309.01 tons of CO₂ equivalent/year (35.2%).

Conclusions

The current significant dependence of the energy sector on fossil fuel resources has led to numerous problems worldwide, including energy security issues and environmental pollution. Many abandoned renewable resources could be utilized to generate energy and balance the energy consumption profile in this sector. One of the energy sectors that significantly relies on

fossil fuels is the electricity generation sector. In addition, one of the most overlooked renewable sources of biomass originates from the agriculture sector, i.e., animal waste. Hence, the present study aimed to assess the potential for bioenergy production from animal waste in Lorestan province. Based on the results, the use of electrical energy produced from animal waste can supply 7.11% of the electrical energy consumed in Lorestan province. Therefore, by producing bioenergy from animal waste, we can take steps to reduce dependence on fossil resources and greenhouse gas emissions, and thus achieve sustainable development.

Acknowledgements

"Not applicable"

Author Contributions

Movahed Sepahvand: Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal analysis, Data curation, Writing-original draft preparation, Writing-review and editing, Supervision, Project administration.

Hadis Nematpour Malek Abad: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Resources, Writing-original draft preparation.

Mohammad Ali Ghahremani Aghbolagh Rostam Khan: Methodology, Formal analysis, Resources.

Data Availability Statement

The original contributions presented in the study are included in the article; further inquiries can be directed to the corresponding author.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Funding Statement

The author(s) received no specific funding for this research.

How to cite this paper:

Sepahvand, M., Nematpour Malek Abad, H., and Ghahremani Aghbolagh Rostam Khan, M.A. (2025). Potential assessment of bioenergy production from animal waste in Lorestan province. *Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery*. 36: 63-77. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2025.15140.751>



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Shahrekord University](#). This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)



قابلیت‌سنجی تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی در استان لرستان

موحد سپهوند^۱، حدیث نعمت‌پور ملک‌آباد^{۲*} و محمدعلی قهرمانی آقبلاغ رستم‌خان^۳

- ۱- پژوهشگر، گروه تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
- ۲- پژوهشگر، گروه تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
- ۳- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

محدودیت منابع فسیلی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از سوختن آن‌ها، اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی زیست‌توده را افزایش داده است. یکی از راه‌های تولید انرژی از زیست‌توده، تولید هم‌زمان برق و حرارت از انرژی فضولات حیوانی است. با توجه به سهم بالای فضولات حیوانی در منابع زیست‌توده و عدم مدیریت صحیح آن در کشور، ضروری است قابلیت تولید انرژی زیستی و تعیین پراکندگی این منبع تجدیدپذیر در مناطق مختلف ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین این تحقیق با هدف قابلیت‌سنجی تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی در استان لرستان صورت گرفت. اطلاعات مربوط به این تحقیق از سازمان‌های ذی‌ربط، منابع کتابخانه‌ای و آمارنامه کشاورزی برای سال ۱۴۰۲ گردآوری شد. بر اساس نتایج، مقدار کل فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری در استان ۳۵۵۰۶۹/۷ تن و مقدار متان تولید شده از آن ۵۴۳۱۹ میلیون مترمکعب محاسبه شد. مقادیر انرژی و توان الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از فضولات حیوانی به‌ترتیب ۲۳۶۲۸۷/۶۸ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۳/۷۵ مگاوات و ۲۶۵۸۲۳/۶۲ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۳۷/۹۶ مگاوات به‌دست آمد. شهرستان‌های خرم‌آباد، بروجرد و الیگودرز به‌ترتیب با قابلیت تولید ۴۱۷۸۱/۷۵، ۳۸۳۳۵/۶۸ و ۳۲۶۹۵/۰۴ مگاوات‌ساعت برق و ۴۷۰۰۴/۴۷، ۴۳۱۲۷/۶۴ و ۳۶۷۸۱/۹۱ مگاوات‌ساعت حرارت در رتبه‌های اول تا سوم استان قرار گرفتند. هم‌چنین مقدار شاخص قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی از فضولات حیوانی ۱۱۸۲۷۴/۷۴ تن معادل CO₂ محاسبه شد. بر اساس نتایج، استفاده از انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات حیوانی می‌تواند ۷/۱۱ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی در استان لرستان را تأمین نماید.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷

واژه‌های کلیدی:

زیست‌توده

فضولات حیوانی

تولید هم‌زمان برق و حرارت

قابلیت گرمایش جهانی

استان لرستان

*پست الکترونیکی نویسنده

مسئول:

h.nematpour@areeo.ac.irORCID: 

۰۰۰۹-۰۰۰۵-۶۹۵۱-۱۹۲X



مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف انرژی به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنعت در دنیا افزایش یافته است. کاهش روزافزون منابع انرژی فسیلی به همراه افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوختن آن‌ها در حال تبدیل به یک بحران جهانی است. ادامه این روند تهدیدی جدی برای کشورهای صادر کننده سوخت‌های فسیلی از جمله ایران خواهد بود و نسل‌های آتی را با مشکل جدی تأمین انرژی مواجه خواهد ساخت. بنابراین ضرورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله زیست‌توده نمایان می‌شود (Taghinazhad *et al.*, 2018). زیست‌توده حدود ۱۴ درصد (۵۶ میلیون تراژول در سال) از انرژی اولیه جهان را تأمین کرده است و از این لحاظ در میان انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، مقام نخست در عرضه انرژی اولیه را دارا است (Tursi, 2019). همچنین در زمینه تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدشونده، زیست‌توده پس از انرژی برق‌آبی در جایگاه دوم جهانی قرار دارد (Banja, 2013). قابلیت زیست‌توده در ایران ۱۳۲ میلیون تن و مقدار زیست‌گاز قابل استحصال از آن ۱۶۱۴۶/۳۵ میلیون مترمکعب (۳۲۳ پتاژول) برآورد شد (Mohammadi Maghanaki *et al.*, 2013) که در این میان سهم منابع مختلف شامل پسماندهای کشاورزی، فضولات دامی و ضایعات فسادپذیر شهری (فاضلاب‌های صنعتی و شهری) به ترتیب ۴۵، ۴۰ و ۱۵ درصد از کل است (Khoshgoftar Manesh *et al.*, 2020).

مطالعات متعددی در زمینه قابلیت‌سنجی تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی در ایران و جهان صورت گرفته است که در ادامه به چند نمونه آن اشاره شده است. در مطالعه‌ای با عنوان قابلیت تولید زیست‌گاز از فضولات دامی در ایران، مقدار کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری ۹۷/۵ میلیون تن در سال و مقدار زیست‌گاز قابل استحصال از آن ۲۳/۸ میلیارد مترمکعب برآورد شد (Ghaemi & Sadeghi, 2013).

در مطالعه‌ای دیگر با عنوان بررسی قابلیت تولید زیست‌گاز از فضولات دامی در استان کردستان با استفاده از GIS، مقدار کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری ۸۴۷ هزار تن در سال و مقدار زیست‌گاز تولید شده از آن ۱۰۷/۲۵ میلیون مترمکعب به دست آمد (Zareei & Maleki, 2017). در پژوهشی با هدف قابلیت‌سنجی فنی و

زیست‌محیطی تولید زیست‌گاز از فضولات مرغی در ایران، مقدار کل فضولات مرغی قابل جمع‌آوری ۱۹۱۰/۴ هزار تن در سال و مقدار زیست‌گاز قابل استحصال از آن ۹۵۵/۲ میلیون مترمکعب به دست آمد. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که استفاده از این مقدار زیست‌گاز می‌تواند ۰/۵ درصد از مصرف گاز طبیعی کشور را تأمین و باعث کاهش انتشار آلاینده‌ها به مقدار ۲۴۰۲/۳۹ هزار تن کربن دی‌اکسید معادل شود (Khoshgoftar Manesh *et al.*, 2020).

در بررسی قابلیت تولید زیست‌گاز از فضولات دامی در لهستان، مقدار کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری ۱۱۲ میلیون تن در سال و قابلیت انرژی قابل استحصال از آن ۱۵۰۹۷۰ تراژول محاسبه شد که معادل ۲۸۲۵۰ گیگاوات ساعت انرژی الکتریکی است (Kozlowski *et al.*, 2019). همچنین در پژوهشی در جزایر قناری ایسلند، مقدار کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری ۴۹۵/۶ هزارتن در سال و مقدار زیست‌گاز قابل استحصال و ظرفیت توان الکتریکی نصب شده از آن به ترتیب ۲۷/۱ میلیون مترمکعب و ۶/۸ مگاوات برآورد شد که باعث کاهش انتشار آلاینده‌ها به مقدار ۵۵/۷۴۵ هزارتن کربن دی‌اکسید معادل می‌شود (Ramos-Suarez *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر که برای تولید زیست‌گاز از فضولات حیوانی در اندونزی صورت گرفت، مقدار زیست‌گاز تولیدی از فضولات ۹۵۹۷/۴ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد (Khalil *et al.*, 2019).

با توجه به مرور منابع انجام شده و از سوی دیگر، سهم بالای فضولات حیوانی در منابع زیست‌توده کشور و لزوم مدیریت صحیح آن به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، ضروری است قابلیت تولید انرژی زیستی و تعیین پراکندگی این منبع تجدیدپذیر در مناطق مختلف ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین این تحقیق با هدف قابلیت‌سنجی تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی در استان لرستان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۰۹۹ کیلومترمربع در ناحیه جنوب‌غربی ایران بین ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه

مقدار زیست‌گاز تولید شده از فضولات و حجم متان حاصل از آن از رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شود (Khoshgoftar et al., 2020).

$$BP = \sum_{i=1}^n M_i \times VPB_i \quad (2)$$

$$MP = \sum_{i=1}^n M_i \times VM_i \quad (3)$$

که در آن BP و MP به ترتیب مقدار سالانه زیست‌گاز و متان تولید شده از فضولات n گروه حیوانی با شمارشگر M_i (m³)، مقدار سالانه فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری VPB_i و VM_i به ترتیب حجم زیست‌گاز و متان تولید شده از آن به ازای هر کیلوگرم فضولات حیوانی ($\frac{m^3}{kg}$) است که در جدول ۳ آورده شده است.

برآورد انرژی و توان از فضولات حیوانی

به منظور تولید هم‌زمان برق و حرارت از انرژی فضولات حیوانی، استفاده از سامانه‌های CHP متداول است. مقدار انرژی الکتریکی و حرارتی تولیدی در سامانه CHP به ترتیب از رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه شد (Algieri et al., 2019).

$$E_{el} = \frac{\sum_{i=1}^n MP(i) \times LHV \times \alpha}{3.6} \quad (4)$$

$$E_{th} = \frac{\sum_{i=1}^n MP(i) \times LHV \times \beta}{3.6} \quad (5)$$

که در آن E_{el} انرژی الکتریکی تولیدی (MWh)، E_{th} انرژی حرارتی تولیدی (MWh)، LHV ارزش حرارتی پایین ($\frac{MJ}{m^3}$)، α بازده الکتریکی و β بازده حرارتی سامانه است.

ارزش حرارتی پایین گاز متان برابر ۳۹/۱۵ مگاژول بر مترمکعب و بازده الکتریکی و حرارتی سامانه CHP بر پایه موتور احتراق داخلی به ترتیب ۴۰ و ۴۵ درصد، همچنین بازده کل سامانه ۸۵ درصد در نظر گرفته شد (Algieri et al., 2019). همچنین با لحاظ کردن مدت زمان کاری سالیانه ۷۰۰۰ ساعت برای سامانه‌های CHP، توان الکتریکی و توان حرارتی به ترتیب از رابطه‌های ۶ و ۷ به دست آمد (Algieri et al., 2019).

$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t} \quad (6)$$

$$P_{th} = \frac{E_{th}}{t} \quad (7)$$

که در آن‌ها، P_{el} توان الکتریکی (MW)، P_{th} توان حرارتی (MW) و t کارکرد سالیانه نیروگاه (h) است.

و ۲۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (Anonymous, 2023).

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مربوط به این مطالعه از سازمان‌های ذیربط شامل مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، همچنین منابع کتابخانه‌ای و آمارنامه کشاورزی (جلد دوم) برای سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری شده است (Anonymous, 2024).

قابلیت‌سنجی تولید متان از فضولات حیوانی

قابلیت‌سنجی تولید متان از فضولات حیوانی در سه مرحله انجام شد، در مرحله اول آمار جمعیت دام و طیور در استان مشخص، در مرحله دوم مقدار فضولات قابل جمع‌آوری از آن‌ها برآورد و در مرحله سوم مقدار زیست‌گاز تولید شده و متان حاصل شده از آن محاسبه گردید.

آمار جمعیت دام و طیور در استان لرستان

به منظور بهبود دقت در محاسبه تولید فضولات از منابع مختلف، حیوانات در ۲ گروه دام و طیور تقسیم‌بندی شدند. تعداد کل جمعیت دام (سنگین و سبک) و طیور (مرغ گوشتی و تخم‌گذار) در استان به ترتیب ۴۶۳۵۲۷۰ رأس (جدول ۱) و ۴۳۲۳۲۰۰۰ قطعه (جدول ۲) است.

محاسبه مقدار فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری

مقدار فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (Khoshgoftar Manesh et al., 2020).

$$M = \sum_{i=1}^n N_i \times W_i \times R_i \times A \quad (1)$$

که در آن M مقدار سالانه فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری از n گروه حیوانی با شمارشگر N_i (kg)، W_i جمعیت حیوان، W_i متوسط وزن حیوان (kg)، R_i نسبت فضولات حیوانی سالانه به وزن حیوان و A میزان قابلیت استحصال یا در دسترس بودن فضولات حیوانی (%) است. در جدول ۳ متوسط وزن دام و طیور با توجه به نژادهای غالب در استان تخمین زده شد و نسبت فضولات حیوانی به وزن حیوان و ضریب استحصال فضولات از منابع استخراج شد.

محاسبه مقدار زیست‌گاز تولیدی و حجم متان حاصل

از آن

جدول ۱- آمار جمعیت دام (راس) در استان لرستان به تفکیک نوع دام

شهرستان	سنگین			سبک		
	بومی	دو رگ	اصیل	جمع	گوسفند و بره	بز و بزغاله
جمع کل						
ازنا	۱۱۸۰	۱۵۷۴۴	۷۰۱	۱۷۶۲۵	۲۱۲۳۵۳	۳۱۷۷۴
الیگودرز	۷۶۴۴	۳۰۳۶۳	۴۶۷	۳۸۴۷۴	۴۱۱۱۵۴	۲۳۸۳۲۹
بروجرد	۳۱۶۱	۳۹۳۵۹	۲۱۰۳	۴۴۶۲۳	۱۹۱۱۳۸	۶۸۰۸
پلدختر	۸۷۷۶	۳۳۷۴	۳۲۷	۱۲۴۷۷	۳۶۰۹۴۴	۱۹۱۵۰۹
چغابیل	۱۷۹۳	۷۳۱	۱۱۷	۲۶۴۱	۴۰۴۷۵	۱۱۸۴۵
خرم‌آباد	۱۲۲۶۸	۳۴۸۶۱	۱۵۱۱	۴۸۶۴۰	۶۲۶۸۱۴	۲۷۹۱۲۳
دلفان	۹۹۰۹	۱۶۳۰۶	۱۲۵	۲۶۳۴۰	۳۴۶۷۱۸	۵۳۲۰۵
دورود	۳۷۷۵	۱۷۹۹۳	۴۸۳۰	۲۶۵۹۸	۱۴۰۴۶۹	۴۶۱۶۸
دوره چگنی	۵۲۶۶	۴۵۰۹	۳۹۳۴	۱۳۷۰۹	۱۸۶۷۶۸	۹۸۷۱۰
سلسله	۳۴۹۲	۲۸۱۱۴	۹۳۵	۳۲۵۴۱	۲۱۳۸۳۴	۶۸۵۸۲
کوه‌دشت	۷۵۵۰	۵۵۱۰	۵۷۶	۱۳۶۳۶	۲۳۲۵۳۲	۹۱۴۱۰
استان لرستان	۶۴۸۱۴	۱۹۶۸۶۴	۱۵۶۲۶	۲۷۷۳۰۴	۲۹۶۳۱۹۹	۱۱۱۷۴۶۳

جدول ۲- آمار جمعیت مرغ گوشتی و تخم‌گذار (قطعه) در استان لرستان

شهرستان	مرغ		جمع کل
	گوشتی	تخم‌گذار	
ازنا	۱۵۱۱۸۰۰	۲۷۰۰۰۰	۱۷۸۱۸۰۰
الیگودرز	۵۵۱۷۳۰۰	۱۳۰۰۰۰	۵۶۴۷۳۰۰
بروجرد	۹۷۰۳۶۰۰	۹۰۰۰۰	۹۷۹۳۶۰۰
پلدختر	۱۲۲۴۱۰۰	۵۰۰۰۰	۱۲۷۴۱۰۰
چغابیل	۱۴۴۴۵۰۰	-	۱۴۴۴۵۰۰
خرم‌آباد	۶۳۴۰۰۰۰	۲۲۵۰۰۰	۶۵۶۵۰۰۰
دلفان	۱۵۴۱۰۰۰	-	۱۵۴۱۰۰۰
دورود	۴۵۰۲۳۰۰	۲۰۰۰۰	۴۵۲۲۳۰۰
دوره چگنی	۷۴۳۲۰۰	-	۷۴۳۲۰۰
سلسله	۴۹۴۱۰۰۰	۸۵۰۰۰	۵۰۲۶۰۰۰
کوه‌دشت	۴۸۹۳۲۰۰	-	۴۸۹۳۲۰۰
استان لرستان	۴۲۳۶۲۰۰۰	۸۷۰۰۰۰	۴۳۲۳۲۰۰۰

جدول ۳- ضرایب محاسبه زیست‌گاز تولیدی سالانه از فضولات حیوانی

حیوان	متوسط وزن حیوان (kg)	نسبت فضولات حیوانی سالانه به وزن حیوان	حجم زیست‌گاز تولیدی ($\frac{m^3}{kg}$)	درصد متان موجود در زیست‌گاز	حجم گاز متان حاصل شده ($\frac{m^3}{kg}$)
بومی	۲۰۰	۲/۶	۰/۲۶-۰/۲۸	۵۰-۶۰	۰/۱۴
دو رگ	۳۲۵	۲/۶	۰/۲۶-۰/۲۸	۵۰-۶۰	۰/۱۴
اصیل	۴۷۵	۲/۶	۰/۲۶-۰/۲۸	۵۰-۶۰	۰/۱۴
گوسفند و بره	۵۰	۳/۳۶	۰/۲۲-۰/۲۴	۴۰-۵۰	۰/۱
بز و بزغاله	۳۷/۵	۳/۳۶	۰/۲۲-۰/۲۴	۴۰-۵۰	۰/۱
گوشتی	۲/۷۵	۱/۶۲	۰/۴-۰/۶	۵۰-۷۰	۰/۲۷
مرغ تخم‌گذار	۱/۶	۷/۰۴	۰/۴-۰/۶	۵۰-۷۰	۰/۲۷

مقدار انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی

برای محاسبه قابلیت گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی زیستی، با به‌کارگیری ضرایب

تولید گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2 ، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO_2 محاسبه شدند. ضرایب انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای

منبع	CH_4 (g/kWh)	N_2O (g/kWh)	CO_2 (g/kWh)	نوع نیروگاه
(Mousavi Reineh & Sadatinejad, 2021)	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳۶	۷۷۱/۲۶۹	گاز طبیعی
(Belik and Starodubets., 2016)	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۵	۵۰۰	CHP

نتایج و بحث

در این مطالعه، ابتدا مقدار فضولات قابل جمع‌آوری از انواع دام در استان لرستان به تفکیک شهرستان (جدول ۵) محاسبه شد. مقدار فضولات قابل جمع‌آوری از انواع دام در استان ۲۸۰۳۱۸/۶ تن محاسبه شد و دام سنگین و سبک با مقدار تولید ۱۵۲۵۹۴/۹ و ۱۲۷۷۲۳/۷ تن، به‌ترتیب ۴۵/۵۶ و ۵۴/۴۴ درصد از فضولات قابل جمع‌آوری از انواع دام را به خود اختصاص دادند. گاو و گوساله دورگ با مقدار تولید ۱۱۶۴۴۵/۱ تن (۷۶/۳۱ درصد) و گوسفند و بره با مقدار ۹۹۵۶۳/۶ تن (۷۷/۹۵ درصد) به‌ترتیب بیش‌ترین سهم از فضولات قابل جمع‌آوری حاصل از دام سنگین و سبک را به خود اختصاص دادند. شهرستان‌های خرم‌آباد، الیگودرز و بروجرد با تولید ۵۳۷۷۱، ۴۰۳۴۴/۵ و ۳۳۲۹۳/۷ تن از مقدار فضولات قابل جمع‌آوری در استان به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

در ادامه، مقدار فضولات قابل جمع‌آوری از واحدهای مرغداری در استان لرستان به تفکیک شهرستان (جدول ۶) محاسبه شد. مقدار فضولات قابل جمع‌آوری از واحدهای مرغداری در استان ۷۴۷۵۱/۱ تن برآورد شد و واحدهای پرورش مرغ گوشتی و تخم‌گذار با مقدار تولید ۶۸۶۲۶/۳ و ۶۱۲۴/۸ تن، به‌ترتیب ۹۱/۸۱ و ۸/۱۹ درصد از فضولات واحدهای مرغداری را به خود اختصاص دادند. شهرستان‌های بروجرد، خرم‌آباد و الیگودرز با تولید ۱۶۳۵۳/۴، ۱۱۸۵۴/۸ و ۹۸۵۳/۲ تن از مقدار فضولات قابل جمع‌آوری در استان به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

در این مطالعه، قابلیت تولید سالانه زیست‌گاز از فضولات دامی در استان ۷۰۵۷۷/۲ هزار مترمکعب و متان

حاصل از زیست‌گاز تولید شده ۳۴۱۳۵/۹ هزار مترمکعب محاسبه شد (جدول ۷). هم‌چنین مقادیر زیست‌گاز و متان تولیدی سالانه از فضولات مرغی به‌ترتیب ۳۷۳۷۵/۶ و ۲۰۱۸۳/۱ هزار مترمکعب به‌دست آمد (جدول ۸). مقادیر سالانه زیست‌گاز و متان تولید شده از فضولات حیوانی (دامی و مرغی) در استان لرستان در جدول ۹ نشان داده شده است. قابلیت تولید سالانه زیست‌گاز از فضولات حیوانی در استان ۱۰۷۹۵۲/۸ هزار مترمکعب و متان حاصل از زیست‌گاز تولید شده ۵۴۳۱۹ هزار مترمکعب محاسبه شد. شهرستان‌های خرم‌آباد، بروجرد و الیگودرز با تولید ۹۶۰۵، ۸۸۱۲/۸ و ۷۵۱۶/۱ هزار مترمکعب متان تولید شده از فضولات حیوانی در استان به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

در مطالعه‌ای با عنوان ظرفیت استحصال زیست‌گاز از فضولات دامی در شهرستان جوین استان خراسان رضوی، مقدار کل فضولات دامی قابل دسترس ۱۳۶/۸ هزار تن در سال و مقدار زیست‌گاز قابل استحصال از آن ۳۲/۴ میلیون مترمکعب برآورد شد (Zolfaghari & Vaezi, 2024). در پژوهشی با عنوان قابلیت‌سنجی تولید زیست‌گاز از فضولات دامی در پاکستان، نتایج نشان داد که از ۱۵۹ میلیون رأس گاو و بوفالو در این کشور، روزانه ۶۵۲ هزار تن فضولات تولید می‌شود که از این حجم از فضولات، قابلیت استحصال ۱۶/۳ میلیون مترمکعب زیست‌گاز و ۵۷/۵ هزار تن کود غنی‌شده در روز وجود دارد (Amjid et al., 2011). هم‌چنین در پژوهشی به‌منظور بررسی قابلیت تولید زیست‌گاز از پسماند حیوانات در مالزی، مقدار زیست‌گاز حاصل از پسماند آلی به‌دست آمده از حیوانات مزرعه و کشتارگاه‌ها ۴۵۸۹/۴۹ میلیون مترمکعب در سال برآورد

کل فضولات دامی قابل دسترس ۵/۶۳ میلیون تن در سال برآورد شد که مقدار زیست‌گاز قابل استحصال از آن ۱۰۵/۶۷ میلیون مترمکعب است (Karaca, 2023).

شد که قادر است انرژی الکتریکی معادل ۸۲۷۰ گیگاوات ساعت در سال را تأمین نماید (Abdeshahian et al., 2016). در پژوهشی دیگر با عنوان تعیین قابلیت تولید زیست‌گاز از فضولات حیوانی در استان قونیه ترکیه، مقدار

جدول ۵- مقدار فضولات قابل جمع‌آوری (تن) از انواع دام در استان لرستان

شهرستان	دام سنگین			دام سبک			جمع کل
	بومی	دورگ	اصیل	جمع	گوسفند و بره	بز و بزغاله	
ازنا	۳۰۶/۸	۹۳۱۲/۶	۸۶۵/۷	۱۰۴۸۵/۱	۷۱۳۵/۱	۸۰۰/۷	۱۸۴۲۰/۹
الیگودرز	۱۹۸۷/۴	۱۷۹۵۹/۷	۵۷۶/۷	۲۰۵۲۳/۸	۱۳۸۱۴/۸	۶۰۰۵/۹	۴۰۳۴۴/۵
بروجرد	۸۲۱/۹	۲۳۲۸۰/۸	۲۵۹۷/۲	۲۶۶۹۹/۹	۶۴۲۲/۲	۱۷۱/۶	۳۳۲۹۳/۷
پلدختر	۲۲۸۱/۸	۱۹۹۵/۷	۴۰۳/۸	۴۶۸۱/۳	۱۲۱۲۷/۷	۴۸۲۶	۲۱۶۳۵
چغابیل	۴۶۶/۲	۴۳۲/۴	۱۴۴/۵	۱۰۴۳/۱	۱۳۶۰	۲۹۸/۵	۲۷۰۱/۶
خرم‌آباد	۳۱۸۹/۷	۲۰۶۲۰/۳	۱۸۶۶/۱	۲۵۶۷۶/۱	۲۱۰۶۱	۷۰۳۳/۹	۵۳۷۷۱
دلفان	۲۵۷۶/۳	۹۶۴۵	۱۵۴/۴	۱۲۳۷۵/۷	۱۱۶۴۹/۷	۱۳۴۰/۸	۲۵۳۶۶/۲
دورود	۹۸۱/۵	۱۰۶۴۲/۹	۵۹۶۵/۱	۱۷۵۸۹/۵	۴۷۱۹/۸	۱۱۶۳/۴	۲۳۴۷۲/۷
دوره چگنی	۱۳۶۹/۲	۲۶۶۷/۱	۴۸۵۸/۵	۸۸۹۴/۸	۶۲۷۵/۴	۲۴۸۷/۵	۱۷۶۵۷/۷
سلسله	۹۰۷/۹	۱۶۶۲۹/۴	۱۱۵۴/۷	۱۸۶۹۲	۷۱۸۴/۸	۱۷۲۸/۳	۲۷۶۰۵/۱
کوه‌دشت	۱۹۶۳	۳۲۵۹/۲	۷۱۱/۴	۵۹۳۳/۶	۷۸۱۳/۱	۲۳۰۳/۵	۱۶۰۵۰/۲
استان لرستان	۱۶۸۵۱/۷	۱۱۶۴۴۵/۱	۱۹۲۹۸/۱	۱۵۲۵۹۴/۹	۹۹۵۶۳/۶	۲۸۱۶۰/۱	۲۸۰۳۱۸/۶

جدول ۶- مقدار فضولات قابل جمع‌آوری (تن) از واحدهای مرغ‌داری در استان لرستان

شهرستان	مرغ		جمع کل
	گوشتی	تخم‌گذار	
ازنا	۲۴۴۹/۱	۱۹۰۰/۸	۴۳۴۹/۹
الیگودرز	۸۹۳۸	۹۱۵/۲	۹۸۵۳/۲
بروجرد	۱۵۷۱۹/۸	۶۳۳/۶	۱۶۳۵۳/۴
پلدختر	۱۹۸۳	۳۵۲	۲۳۳۵
چغابیل	۲۳۴۰/۱	-	۲۳۴۰/۱
خرم‌آباد	۱۰۲۷۰/۸	۱۵۸۴	۱۱۸۵۴/۸
دلفان	۲۴۹۶/۴	-	۲۴۹۶/۴
دورود	۷۲۹۳/۷	۱۴۰/۸	۷۴۳۴/۵
دوره چگنی	۱۲۰۴	-	۱۲۰۴
سلسله	۸۰۰۴/۴	۵۹۸/۴	۸۶۰۲/۸
کوه‌دشت	۷۹۲۷	-	۷۹۲۷
استان لرستان	۶۸۶۲۶/۳	۶۱۲۴/۸	۷۴۷۵۱/۱

جدول ۷- مقادیر سالانه زیست‌گاز و متان تولید شده (هزار مترمکعب) از فضولات دامی در استان لرستان

شهرستان	دام سنگین		دام سبک		جمع کل	
	زیست‌گاز	متان	زیست‌گاز	متان	زیست‌گاز	متان
ازنا	۲۸۳۱	۱۴۶۷/۹	۱۸۲۵/۳	۷۹۳/۶	۴۶۵۶/۳	۲۲۶۱/۵
الیگودرز	۵۵۴۱/۴	۲۸۷۳/۳	۴۵۵۸/۸	۱۹۸۲/۱	۱۰۱۰۰/۲	۴۸۵۵/۴
بروجرد	۷۲۰۹	۳۷۳۸	۱۵۱۶/۶	۶۵۹/۴	۸۷۲۵/۶	۴۳۹۷/۴
پلدختر	۱۲۶۴	۶۵۵/۴	۳۸۹۹/۴	۱۶۹۵/۴	۵۱۶۳/۴	۲۳۵۰/۸
چغابیل	۲۸۱/۶	۱۴۶	۳۸۱/۵	۱۶۵/۹	۶۶۳/۱	۳۱۱/۹
خرم‌آباد	۶۹۳۲/۵	۳۵۹۴/۷	۶۴۶۱/۸	۲۸۰۹/۵	۱۳۳۹۴/۳	۶۴۰۴/۲
دلفان	۳۳۴۱/۴	۱۷۳۲/۶	۲۹۸۷/۸	۱۲۹۹/۱	۶۳۲۹/۲	۳۰۳۱/۷
دورود	۴۷۴۹/۲	۲۴۶۲/۵	۱۳۵۳/۲	۵۸۸/۳	۶۱۰۲/۴	۳۰۵۰/۸
دوره چگنی	۲۴۰۱/۶	۱۲۴۵/۳	۲۰۱۵/۴	۸۷۶/۳	۴۴۱۷	۲۱۲۱/۶
سلسله	۵۰۴۶/۸	۲۶۱۶/۹	۲۰۵۰	۸۹۱/۳	۷۰۹۶/۸	۳۵۰۸/۲
کوه‌دشت	۱۶۰۲/۱	۸۳۰/۷	۲۳۲۶/۸	۱۰۱۱/۷	۳۹۲۸/۹	۱۸۴۲/۴
استان لرستان	۴۱۲۰۰/۶	۲۱۳۶۳/۳	۲۹۳۷۶/۶	۱۲۷۷۲/۶	۷۰۵۷۷/۲	۳۴۱۳۵/۹

جدول ۸- مقادیر سالانه زیست‌گاز و متان تولید شده (هزار مترمکعب) از فضولات مرغی در استان لرستان

شهرستان	گوشتی		مرغ		جمع کل	
	زیست‌گاز	متان	زیست‌گاز	متان	زیست‌گاز	متان
ازنا	۱۲۲۴/۶	۶۶۱/۳	۹۵۰/۴	۵۱۳/۲	۲۱۷۵	۱۱۷۴/۵
الیگودرز	۴۴۶۹	۲۴۱۳/۶	۴۵۷/۶	۲۴۷/۱	۴۹۲۶/۶	۲۶۶۰/۷
بروجرد	۷۸۵۹/۹	۴۲۴۴/۳	۳۱۶/۸	۱۷۱/۱	۸۱۷۶/۷	۴۴۱۵/۴
پلدختر	۹۹۱/۵	۵۳۵/۴	۱۷۶	۹۵	۱۱۶۷/۵	۶۳۰/۴
چغابیل	۱۱۷۰	۶۳۱/۸	-	-	۱۱۷۰	۶۳۱/۸
خرم‌آباد	۵۱۳۵/۴	۲۷۷۳/۱	۷۹۲	۴۲۷/۷	۵۹۲۷/۴	۳۲۰۰/۸
دلفان	۱۲۴۸/۲	۶۷۴	-	-	۱۲۴۸/۲	۶۷۴
دورود	۳۶۴۶/۹	۱۹۶۹/۳	۷۰/۴	۳۸	۳۷۱۷/۳	۲۰۰۷/۳
دوره چگنی	۶۰۲	۳۲۵/۱	-	-	۶۰۲	۳۲۵/۱
سلسله	۴۰۰۲/۲	۲۱۶۱/۲	۲۹۹/۲	۱۶۱/۶	۴۳۰۱/۴	۲۳۲۲/۸
کوه‌دشت	۳۹۶۳/۵	۲۱۴۰/۳	-	-	۳۹۶۳/۵	۲۱۴۰/۳
استان لرستان	۳۴۳۱۳/۲	۱۸۵۲۹/۴	۳۰۶۲/۴	۱۶۵۳/۷	۳۷۳۷۵/۶	۲۰۱۸۳/۱

جدول ۹- مقادیر سالانه زیست‌گاز و متان تولید شده (هزار مترمکعب) از فضولات حیوانی در استان لرستان

شهرستان	زیست‌گاز	متان
ازنا	۶۸۳۱/۳	۳۴۳۶
الیگودرز	۱۵۰۲۶/۸	۷۵۱۶/۱
بروجرد	۱۶۹۰۲/۳	۸۸۱۲/۸
پلدختر	۶۳۳۰/۹	۲۹۸۱/۲
چغابیل	۱۸۳۳/۱	۹۴۳/۷
خرم‌آباد	۱۹۳۲۱/۷	۹۶۰۵
دلفان	۷۵۷۷/۴	۳۷۰۵/۷
دورود	۹۸۱۹/۷	۵۰۵۸/۱
دوره چگنی	۵۰۱۹	۲۴۴۶/۷
سلسله	۱۱۳۹۸/۲	۵۸۳۱
کوه‌دشت	۷۸۹۲/۴	۳۹۸۲/۷
استان لرستان	۱۰۷۹۵۲/۸	۵۴۳۱۹

مقادیر انرژی و توان الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از فضولات حیوانی در جدول ۱۰ نشان داده شده است. شهرستان‌های خرم‌آباد، بروجرد و الیگودرز به ترتیب با قابلیت تولید ۴۱۷۸۱/۷۵، ۳۸۳۳۵/۶۸ و ۳۲۶۹۵/۰۴ مگاوات ساعت برق و ۴۷۰۰۴/۴۷، ۴۳۱۲۷/۶۴ و ۳۶۷۸۱/۹۱ مگاوات ساعت حرارت در رتبه‌های اول تا سوم قابلیت تولید برق و حرارت از فضولات حیوانی در استان قرار گرفتند. همچنین قابلیت تولید ۲۳۶۲۸۷/۶۸

مگاوات ساعت برق با توان ۳۳/۷۵ مگاوات و ۲۶۵۸۲۳/۶۲ مگاوات ساعت حرارت با توان ۳۷/۹۶ مگاوات از کل فضولات حیوانی در استان لرستان محاسبه شد. در مطالعه‌ای مشابه، قابلیت تولید سالانه ۳/۵۵ مگاوات ساعت برق و ۱۱/۴۴ مگاوات ساعت حرارت از مقدار ۴۲/۵ هزارتن فضولات قابل جمع‌آوری از گاوداری‌های صنعتی استان بوشهر به دست آمد (Nabi Bidhendi et al., 2022).

جدول ۱۰- مقادیر انرژی و توان ترکیبی الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از فضولات حیوانی

شهرستان	انرژی الکتریکی (MWh)	انرژی حرارتی (MWh)	توان الکتریکی (MW)	توان حرارتی (MW)
ازنا	۱۴۹۴۶/۶	۱۶۸۱۴/۹۳	۲/۱۴	۲/۴۰
الیگودرز	۳۲۶۹۵/۰۴	۳۶۷۸۱/۹۱	۴/۶۷	۵/۲۵
بروجرد	۳۸۳۳۵/۶۸	۴۳۱۲۷/۶۴	۵/۴۸	۶/۱۶
پلدختر	۱۲۹۶۸/۲۲	۱۴۵۸۹/۲۵	۱/۸۵	۲/۰۸
چغابیل	۴۱۰۵/۱	۴۶۱۸/۲۳	۰/۵۹	۰/۶۶
خرم‌آباد	۴۱۷۸۱/۷۵	۴۷۰۰۴/۴۷	۵/۹۷	۶/۷۱
دلفان	۱۶۱۱۹/۸	۱۸۱۳۴/۷۷	۲/۳۰	۲/۵۹
دورود	۲۲۰۰۲/۷۴	۲۴۷۵۳/۰۸	۳/۱۴	۳/۵۴
دوره چگنی	۱۰۶۴۳/۱۵	۱۱۹۷۳/۵۴	۱/۵۲	۱/۷۱
سلسله	۲۵۳۶۴/۸۵	۲۸۵۳۵/۴۶	۳/۶۲	۴/۰۸
کوه‌دشت	۱۷۳۲۴/۷۵	۱۹۴۹۰/۳۴	۲/۴۷	۲/۷۸
استان لرستان	۲۳۶۲۸۷/۶۸	۲۶۵۸۲۳/۶۲	۳۳/۷۵	۳۷/۹۶

انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات حیوانی می‌تواند ۷/۱۱ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی در استان لرستان در سال ۱۴۰۱ را با مقدار کل مصرف ۳۳۲۵۰۵۱/۴ مگاوات ساعت تأمین نماید (جدول ۱۱). در مطالعه‌ای مشابه،

انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات گاوداری‌های صنعتی استان بوشهر، قابلیت تأمین ۰/۰۵ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی در استان (سال ۱۳۹۸) با مقدار کل مصرف ۶/۱ میلیارد کیلووات ساعت را داشت (Nabi

نیازشان را از منابع زیست‌توده دارند. در این میان استان‌های سیستان و بلوچستان و ایلام به ترتیب با ۳۴/۳۳ و ۸/۵۷ درصد در رتبه‌های اول و دوم قرار داشتند (Noorollahi *et al.*, 2015).

Bidhendi *et al.*, 2022). هم‌چنین در بررسی قابلیت تولید زیست‌گاز از فضولات دامی در ایران، نتایج نشان داد که ۷ استان ایران (شامل استان‌های: سیستان و بلوچستان، ایلام، گلستان، خراسان جنوبی، چهارمحال بختیاری، همدان و لرستان) امکان تأمین بیش از ۳ درصد از گاز طبیعی مورد

جدول ۱۱- برآورد سهم کاهش تولید انرژی الکتریکی از سوخت‌های فسیلی با جایگزینی انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات حیوانی در استان لرستان

شهرستان	انرژی الکتریکی مصرفی استان در سال ۱۴۰۱	سهم انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات حیوانی در تأمین انرژی الکتریکی مصرفی (درصد)
ازنا	۲۲۲۰۱۵/۶	۶/۷۳
الیگودرز	۳۶۰۲۱۵/۷	۹/۰۸
بروجرد	۶۵۱۶۶۶/۲	۵/۸۸
پلدختر	۲۳۹۷۲۴	۵/۴۱
چغابیل	۴۹۹۳۱/۳	۸/۲۲
خرم‌آباد	۷۹۰۷۶۹	۵/۲۸
دلفان	۱۵۴۳۲۱/۳	۱۰/۴۵
دورود	۳۵۴۷۷۶	۶/۲۰
دوره چگنی	۷۷۷۵۵	۱۳/۶۹
سلسله	۱۴۲۸۴۰/۹	۱۷/۷۶
کوهدشت	۲۸۱۰۳۶/۴	۶/۱۶
استان لرستان	۳۳۲۵۰۵۱/۴	۷/۱۱

جدول ۱۲- انتشار گازهای گلخانه‌ای و قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی الکتریکی از فضولات حیوانی

شهرستان	CO ₂ (ton)	N ₂ O (ton)	CH ₄ (ton)	قابلیت گرمایش جهانی (ton eq. CO ₂)	درصد از قابلیت گرمایش جهانی (%)
ازنا	۷۴۷۳/۳	۰/۰۰۷۴	۰/۲۸۳۹	۷۴۸۱/۵۶	۶/۳۳
الیگودرز	۱۶۳۴۷/۵۲	۰/۰۱۶۳	۰/۶۲۱۲	۱۶۳۶۵/۶۲	۱۳/۸۴
بروجرد	۱۹۱۶۷/۸۴	۰/۰۱۹۲	۰/۷۲۸۴	۱۹۱۸۹/۰۹	۱۶/۲۲
پلدختر	۶۴۸۴/۱۱	۰/۰۰۶۵	۰/۲۴۶۴	۶۴۹۱/۳۰	۵/۴۹
چغابیل	۲۰۵۲/۵۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۷۸۰	۲۰۵۴/۸۴	۱/۷۴
خرم‌آباد	۲۰۸۹۰/۸۷	۰/۰۲۰۹	۰/۷۹۳۹	۲۰۹۱۴/۰۲	۱۷/۶۸
دلفان	۸۰۵۹/۹	۰/۰۰۸۰	۰/۳۰۶۳	۸۰۶۸/۸۱	۶/۸۲
دورود	۱۱۰۰۱/۳۷	۰/۰۱۱۰	۰/۴۱۸۱	۱۱۰۱۳/۵۶	۹/۳۱
دوره چگنی	۵۳۲۱/۵۸	۰/۰۰۵۳	۰/۲۰۲۲	۵۳۲۷/۴۷	۴/۵۰
سلسله	۱۲۶۸۲/۴۲	۰/۰۱۲۷	۰/۴۸۱۹	۱۲۶۹۶/۴۸	۱۰/۷۴
کوهدشت	۸۶۶۲/۳۸	۰/۰۰۸۷	۰/۳۲۹۲	۸۶۷۱/۹۹	۷/۳۳
انتشار کل	۱۱۸۱۴۳/۸۴	۰/۱۱۸۱	۴/۴۹	-	-
قابلیت گرمایش جهانی (ton eq. CO ₂)	۱۱۸۱۴۳/۸۴	۳۶/۶۱	۹۴/۲۹	۱۱۸۲۷۴/۷۴	۱۰۰

قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی از فضولات حیوانی ۱۱۸۲۷۴/۷۴ تن معادل CO₂ محاسبه شد. بر اساس نتایج، استفاده از انرژی الکتریکی تولید شده از فضولات حیوانی می‌تواند ۷/۱۱ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی در استان لرستان را تأمین نماید. بنابراین با تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی، می‌توان در جهت کاهش وابستگی به منابع فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه نیل به توسعه پایدار گام برداشت.

سپاسگزاری

از حمایت‌ها و مساعدت‌های سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان بابت تهیه و تأمین امکانات لازم برای اجرای این پژوهش، صمیمانه قدردانی می‌شود.

مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در انجام این پژوهش به صورت زیر است:

- موحد سپهوند: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، نرم‌افزار، اعتبارسنجی، تحلیل رسمی، گردآوری داده‌ها، تهیه پیش‌نویس اولیه، بازبینی و ویرایش، نظارت، مدیریت پروژه.
- حدیث نعمت‌پور ملک‌آباد: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، تحلیل رسمی، منابع، تهیه پیش‌نویس اولیه.
- محمدعلی قهرمانی آق‌بلاغ رستم‌خان: روش‌شناسی، تحلیل رسمی، منابع.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها است.

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندگان است.

جدول ۱۲ مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی الکتریکی از فضولات حیوانی را نشان می‌دهد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی الکتریکی از فضولات حیوانی ۱۱۸۱۴۸/۴۵ تن در سال و سهم CO₂، CH₄ و N₂O از انتشار به‌ترتیب ۱۱۸۱۴۳/۸۴، ۰/۱۱۸۱ و ۴/۴۹ تن در سال به‌دست آمد. همچنین قابلیت گرمایش جهانی در تولید انرژی از فضولات حیوانی ۱۱۸۲۷۴/۷۴ تن معادل CO₂ محاسبه شد. تولید انرژی الکتریکی از فضولات حیوانی در مقایسه با نیروگاه‌های با سوخت گازی، باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۶۴۳۰۹/۰۱ تن معادل CO₂ در سال (۳۵/۲ درصد) می‌شود. در پژوهشی با هدف امکان‌سنجی تولید انرژی الکتریکی از پسماندهای دامی در ایران، نتایج نشان داد با تولید ۱۲۲۳/۵۷ مگاوات توان الکتریکی از ۱۰۲/۹۵ میلیون تن پسماندهای دامی و کشتارگاهی، می‌توان از انتشار حداقل ۹۵۵۹/۶ هزار تن کربن دی‌اکسید در سال جلوگیری کرد (Shirzad et al., 2019).

نتیجه‌گیری

تقاضای انرژی در جهان به دلایلی مانند افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری، به سرعت رو به رشد است. محدودیت منابع فسیلی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از سوختن آنها، ضرورت کاهش مصرف انرژی فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله زیست‌توده را نمایان می‌دارد. با توجه به سهم بالای فضولات حیوانی در منابع زیست‌توده و عدم مدیریت صحیح آن در کشور، این تحقیق با هدف قابلیت‌سنجی تولید انرژی زیستی از فضولات حیوانی در استان لرستان صورت گرفت. بر اساس نتایج، مقدار کل فضولات حیوانی قابل جمع‌آوری در استان ۳۵۵۰۶۹/۷ تن و مقدار متان تولید شده از آن ۵۴/۳۱۹ میلیون مترمکعب محاسبه شد. مقادیر انرژی و توان الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از فضولات حیوانی به‌ترتیب ۲۳۶۲۸۷/۶۸ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۳/۷۵ مگاوات و ۲۶۵۸۲۳/۶۲ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۳۷/۹۶ مگاوات به‌دست آمد. همچنین مقدار شاخص

- technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.011>
- Khoshgoftar Manesh, M.H., Rezazadeh, A., & Kabiri, S. (2020). A feasibility study on the potential, economic and environmental advantages of biogas production from poultry manure in Iran. *Renewable Energy*, 159, 87-106. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.173>
- Kozłowski, K., Dach, J., Lewicki, A., Malinska, K., Carmo, I., & Czekala, W. (2019). Potential of biogas production from animal manure in Poland. *Archives of Environmental Protection*, 45(3), 99-108. <https://doi.org/10.24425/aep.2019.128646>
- Mohammadi Maghanaki, M., Ghobadian, B., Najafi, G., & Janzadeh Galogah, R. (2013). Potential of biogas production in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 702-714. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.021>
- Mousavi Reineh, S.M., & Sadatinejad, S.J. (2021). Calculation of environmental costs of electricity generation (Case study of thermal power plants in Tehran). *Urban Economics and Planning*, 1(4), 198-205. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/UE.2020.09.04.01>
- Nabi Bidhendi, Gh., Daryabeigi Zand, A., & Rabiee Abyaneh, M. (2022). Specified evaluation of livestock manure resources for biogas production (Case study: dairy industries of Bushehr province, Iran). *Environmental Researches*, 12(24), 81-90. (In Persian).
- Noorollahi, Y., Kheirrouz, M., Farabi Asl, H., Yousefi, H., & Hajinezhad, A. (2015). Biogas production potential from livestock manure in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 748-754. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.190>
- Ramos-Suarez, J.L., Ritter, A., Mata Gonzalez, J., & Camacho Perez, A. (2019). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.011>
- حمایت مالی
نویسنده(ها) هیچ حمایت مالی خاصی برای انجام این پژوهش دریافت نکرده‌اند.
- منابع
Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., & Lee, C. T. (2016). Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 714-723. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>
- Algieri, A., Andiloro, S., Tamburino, V., & Zema, D. A. (2019). The potential of agricultural residues for energy production in Calabria (Southern Italy). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.001>
- Amjid, S.S., Bilal, M.Q., Nazir, M.S., & Hussain, A. (2011). Biogas, renewable energy resource for Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2833-2837. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.041>
- Anonymous. (2024). Agricultural statistics. Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).
- Anonymous. (2023). Central province statistical yearbook. Lorestan province management and planning organization. (In Persian).
- Banja, M. (2013). Renewable energy progress in EU 27 (2005- 2020). Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- Belik, I., & Starodubets, N. (2016). Potential of sverdlovsk oblast and yekaterinburg environmental sector. E3S Web of Conferences.
- Ghaemi, F., & Sadeghi, H. (2013). Potential of biogas production from livestock waste in Iran. *4th Iranian Bioenergy Conference*, Tehran. (In Persian).
- Karaca, C. (2023). The biogas potential of animal manure and its GHG reduction effect in Konya Province, Turkey. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 31(4), 232-239. <https://doi.org/10.3846/jee.2023.20052>
- Khalil, M., Ali Berawi, M., Heryanto, R., & Rizalie, A. (2019). Waste to energy

150. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.025>

- Shirzad, M., Kazemi Shariat Panahi, H., B. Dashti, B., Rajaeifar, M.A., Aghbashlo., & Tabatabaei, M. (2019). A comprehensive review on electricity generation and GHG emission reduction potentials through anaerobic digestion of agricultural and livestock/slaughterhouse wastes in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 571-594. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.011>
- Taghinazhad, J., Abdi, R., & Adl, M. (2018). Modeling of biogas production process from cow manure with completely stirred tank reactor under semi continuously feeding. *Journal of Agricultural Machinery*, 8(1), 159-169. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jam.v8i1.57758>
- Tursi, A. (2019). A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal*, 22, 962-979. <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.3>
- Zareei, S., & Maleki, M. R. (2017). A survey on potential of biogas production from livestock and rural wastes using GIS in Kurdistan Province. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 48(1), 173-178. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijbse.2017.61572>
- Zolfaghari, Gh., & Vaezi, I. (2024). Biogas production capacity from animal waste (case study: Joveyn city, Razavi Khorasan province). *Journal of Environmental Sciences Studies*, 9(3), 9225-9234. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jess.2023.426757.2181>