

بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی در استان کردستان با استفاده از GIS

سمیرا زارعی^{۱*}، محمدرضا ملکی^۲

۱. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه کردستان

۲. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹)

چکیده

بیوگاز یکی از منابع تجدید پذیر انرژی است که توسط باکتری‌هایی که موجب تجزیه مواد آلی در شرایط بی‌هوازی می‌گردند، تولید می‌شود. به منظور تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مکان‌های مناسب راه اندازی واحدهای بیوگاز، سهولت دسترسی به ضایعات آلی و تخمین مقدار آن‌ها حائز اهمیت است. در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از اطلاعاتی نظیر تراکم جمعیت روستایی و جمعیت دام در منطقه و نقشه‌های کاربری اراضی، مدلی برای تعیین پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی، پراکنش آن در سطح استان کردستان و تعیین نقاط مستعد برای احداث واحدهای بیوگاز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با تخمیر بی‌هوازی فضولات دامی و پسماندهای روستایی در استان کردستان، می‌توان به تولید سالانه ۱۱۷/۲۷۲ میلیون مترمکعب بیوگاز دست یافت که این میزان انرژی علاوه بر داشتن مزایای زیست محیطی فراوان، می‌تواند جایگزین بخشی از انرژی فسیلی مصرفی در استان باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، تخمیر بی‌هوازی، ضایعات، محیط زیست، فضولات دامی

مقدمه

محدودیت منابع فسیلی و رشد سریع مصرف انرژی در جهان و نیز اثرات منفی زیست محیطی استفاده از سوخت‌های فسیلی، ضرورت روی آوردن به منابع نوین و تجدید پذیر انرژی را آشکار می‌سازد. بیوگاز توسط باکتری‌هایی که موجب تجزیه مواد آلی در شرایط بی‌هوازی می‌گردند، تولید می‌شود. مواد آلی شامل فضولات حیوانی و انسانی و بقایای گیاهی قابل تجزیه می‌باشد. قسمتی از مواد آلی می‌توانند تحت شرایط ویژه‌ای به دور از اکسیژن تخمیر شده و به بیوگاز که به طور مهم ترکیبی از گاز متان و گاز کربنیک است تبدیل شوند. تقریباً می‌توان گفت که هر نوع ماده آلی آبدار برای هضم یا تخمیر بی‌هوازی مناسب می‌باشد است. در یک دسته بندی کلی مواد زائد حاصل از فعالیت حیوانات اهلی (فضولات و پسماندهای علوفه)، مواد زائد گیاهی (کاه، علف) و مواد زائد خانگی (فضولات انسانی، آشغال‌های خانگی و فاضلاب) برای تولید بیوگاز مناسب هستند. واحدهای بیوگاز با توجه به سطح تکنولوژی و پتانسیل اقتصادی برای کشاورزان جهان سوم مناسب می‌باشد. تبدیل ضایعات آلی مانند فضولات دامی و پسماندهای روستایی به بیوگاز از جنبه‌های مختلفی دارای اهمیت است؛ اول آن که بیوگاز به دلیل داشتن ارزش حرارتی بالا، می‌تواند به عنوان

سوخت، مورد استفاده قرار گیرد و جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد؛ دوم آن که استفاده از این فناوری اثرات اجتماعی قابل توجهی در حوزه حفظ محیط زیست و کمک به سلامت انسان از طریق دفع بهداشتی فضولات خواهد داشت و سوم آن که لجن خروجی از واحدهای بیوگاز، کودی غنی شده‌ای خواهد بود که می‌تواند بازده محصولات کشاورزی را افزایش دهد. یکی از مکان‌های مناسب برای استفاده بهینه از بیوگاز، روستاها می‌باشند. چرا که با احداث واحدهای تولید بیوگاز در این مناطق، مشکلات سوخت رسانی و دفع زباله‌های روستایی مرتفع خواهد شد. سیستم دفع پسماندهای روستایی به این صورت است که یا خود روستا به عنوان مرکز دفع بوده و زباله‌های سایر روستاها نیز به این روستا آورده می‌شود یا روستا در مجاورت شهر بوده و پسماندها همراه با زباله‌های شهری دفع می‌شوند. لذا احداث واحدهای تولید بیوگاز در روستاها برای استفاده از این پسماندها که مقدار زیادی از آن را پسماندهای آلی و فسادپذیر تشکیل می‌دهند از نظر زیست محیطی، اقتصادی و تولید انرژی مفید است (Taheri & Bigdeli, 2014; Aminian et al., 2013; Shafiei et al., 2013; Amiri et al., 2010) در حالی که در بسیاری از کشورها، فضولات دامی از سال‌ها قبل به منبعی برای تولید انرژی و ارزش افزوده تولیدات دامی تبدیل شده، در کشور ما انباشت فضولات دامی با ایجاد شرایط مناسب برای رشد و گسترش انواع عوامل بیماری‌زا در کنار بوی بد و تجمع حشرات، شرایط نامطلوبی را ایجاد کرده

* نویسنده مسئول: s.zareei@uok.ac.ir

خراسان رضوی با روشی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شد. طبق نتایج، مقدار پتانسیل بیوگاز از کود دامی در سطح استان ۹۴۱۹۸ میلیون متر مکعب و پتانسیل انرژی ۲۰۳۵ تراژول برآورد شد (Aminian et al., 2013; Shafiei et al., 2013). در مطالعه دیگری برای تعیین پتانسیل بیومس و مکان‌های بهینه برای واحدهای بیوگاز در جنوب فنلاند از روشی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد (Hohn et al., 2014). همچنین از روش مبتنی بر GIS برای ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و محصولات علوفه‌ای در مقیاس منطقه‌ای در لهستان استفاده شد. بررسی آن‌ها بر تولید بیوگاز از کود حیوانی (شامل گاو و خوک)، و سایر مواد مانند محصولات علوفه‌ای متمرکز بود (Sliz-Szkliniarz & Vogt 2012).

پژوهش‌های معدودی در زمینه تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از پسماندهای آلی دامی و روستایی برای بعضی از مناطق ایران صورت گرفته است اما تا کنون پژوهشی در زمینه پتانسیل تولید بیوگاز و پراکنش جغرافیایی آن در سطح استان کردستان انجام نشده است. بنابراین هدف این مطالعه محاسبه پتانسیل و تعیین پراکنش مناطق مستعد تولید بیوگاز استان کردستان از فضولات دامی (گاو، گوسفند و بز) و پسماندهای فسادپذیر روستایی به تفکیک شهرستان‌های استان با استفاده از GIS می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، استان کردستان در غرب ایران است که بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۰ دارای ۱۰ شهرستان، ۲۹ شهر، ۳۱ بخش، ۸۶ دهستان و ۱۶۹۷ آبادی است. برای محاسبه پتانسیل بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی باید میزان فضولات و پسماندهای قابل دسترس در منطقه تخمین زده شوند. از این رو، اطلاعات مربوط به جمعیت روستایی استان و جمعیت دام به تفکیک نوع دام و شهرستان (جدول ۱) از آمارنامه‌های سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان و مرکز آمار ایران تهیه شد و میانگین فضولات تولیدی سالانه هر دام (جدول ۲) نیز از منابع استخراج گردید. وزن متوسط دام‌ها با توجه به نژادهای غالب دام در منطقه تخمین زده شد. با در دست داشتن این اطلاعات و از حاصلضرب جمعیت دام در میزان فضولات تولیدی هر دام و با در نظر گرفتن ضریبی برای امکان استحصال فضولات، می‌توان پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را تخمین زد. جدول ۱. آمار جمعیت روستایی و جمعیت دام استان کردستان به تفکیک

است. این در حالی است که بسیاری از واحدهای دامداری انرژی مورد نیاز خود را از سوخت‌های فسیلی به وسیله تانکرهای حامل سوخت تأمین می‌نمایند. به این ترتیب لزوم راه اندازی واحدهای تولید بیوگاز به صورت مستقیم و غیرمستقیم توسط دامداران و روستاییان هر چه بیشتر احساس می‌شود.

مطالعات متعددی در سراسر دنیا به منظور تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از انواع پسماندها در مناطق مختلف انجام شده است. نتایج حاصل از مطالعه پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات آلی به دست آمده از حیوانات مزرعه و کشتارگاه‌ها در مالزی نشان داد که در مالزی می‌توان مقدار ۴۵۸۹/۴۹ میلیون متر مکعب در سال بیوگاز تولید کرد که قادر است انرژی الکتریکی معادل با $10^9 \times 8/27$ کیلووات ساعت در سال را تأمین نماید (Abdeshahian et al., 2016). در مطالعه دیگری پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات آلی در مکزیک و استفاده از آن در تولید برق بررسی شد. در این مطالعه ۳۹۱ مکان در کشور مکزیک که از جنبه های فنی و اقتصادی دارای پتانسیل مناسب برای احداث واحدهای بیوگاز بودند انتخاب و معرفی شدند (Rios and Kaltschmitt, 2016). مطالعات دیگری پتانسیل تولید بیوگاز از پسماندهای آلی را در چند کشور محاسبه کرده و سهم بیوگاز تولیدی را در تأمین و پوشش بخشی از نیازهای انرژی از جمله در تولید برق و بخش حمل و نقل گزارش کردند (Uddin et al., 2015; Lopez Moreda, 2016; Lonqvist et al., 2016).

در یک پژوهش پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و ضایعات کشتارگاهی در مناطقی از ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات حیوانی قابل دسترس در ایران ۸۶۰۰ میلیون متر مکعب در هر سال است (Afazeli et al., 2014). بررسی پتانسیل استحصال بیوگاز از پسماند روستایی در استان چهارمحال بختیاری نشان داد که در این استان می‌توان سالانه مقدار ۲۴۹۰۰۳۰ مترمکعب بیوگاز از پسماندهای روستایی و مقدار ۲۵۳۴۰۵۲۱۴ مترمکعب بیوگاز از فضولات دامی تولید کرد (Taheri & Bigdeli, 2014). بررسی مشابهی در استان یزد بر روی پتانسیل استحصال بیوگاز از پسماند روستایی انجام شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که سالانه می‌توان در حدود ۷۸۳ میلیون مترمکعب بیوگاز از منابع موجود در روستاهای استان یزد استخراج نمود (Amiri et al., 2010).

پتانسیل تولید بیوگاز از کود دامی در استان خراسان رضوی بر پایه مدلی از GIS ارزیابی شد. در این بررسی مدلی از پتانسیل تولید بیوگاز از کود دامی و پراکنش آن در سطح استان

رقومی در محیط GIS تولید می‌شود که در آن می‌توان مناطق مناسب برای احداث واحدهای بیوگاز را در سطح استان مشخص نمود.

جدول ۳. معیارهای حذف مکان‌های نامناسب برای احداث واحدهای بیوگاز (اقتباس از: Hohn et al., 2014)

معیارهای حذفی	شرایط/فاصله
نواحی جنگلی	تا فاصله ۲۰۰ متری
رودخانه‌ها و منابع آبی	تا فاصله ۲۰۰ متری
مناطق حفاظت شده	تا فاصله ۵۰۰ متری
مناطق مسکونی و شهری	تا فاصله ۱۰۰۰ متری
جاده‌ها و خطوط ریلی	تا فاصله ۳۰ متری

نتایج و بحث

پتانسیل بیوگاز از فضولات دامی به تفکیک انواع دام‌ها (شامل گاو، گوسفند و بز) برای هر شهرستان محاسبه شد. مقدار کل فضولات دامی قابل دسترس به منظور تولید بیوگاز در استان کردستان $10^8 \times 8/47$ کیلوگرم در سال برآورد شد که بیوگاز قابل تولید از آن $10^9 \times 107/249$ میلیون متر مکعب می‌باشد. مجموع میزان پسماندهای تجزیه پذیر روستایی قابل استحصال برای استفاده در دستگاه‌های بیوگاز در استان کردستان با در نظر گرفتن 800 گرم در روز میانگین تولید سرانه زباله در کردستان (Annual statistics report of Kurdistan province, 2011) سهم $51/96\%$ زباله‌های فساد پذیر از کل زباله‌های جمع آوری شده در استان (Moazed & Delfi, 2012) $10^9 \times 76/91$ کیلوگرم در سال تخمین زده شد که قابلیت تولید $9/998$ میلیون متر مکعب بیوگاز را دارا می‌باشد. از جمع مقادیر محاسبه شده، مجموع پتانسیل بیوگاز تولیدی از منابع فوق الذکر در استان کردستان برابر با $117/272$ میلیون متر مکعب برآورد شد. با توجه به ارزش حرارتی $21/6$ مگاژول بر مترمکعب، مقدار انرژی تولیدی از بیوگاز معادل $2/533 \times 10^9$ مگاژول می‌باشد که به ویژه برای مناطق دورافتاده روستایی رقم قابل ملاحظه‌ای است. از سوی دیگر هر متر مکعب بیوگاز قابلیت تولید $5/96$ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در سال را دارد؛ بنابراین از مجموع بیوگاز محاسبه شده در استان کردستان می‌توان سالانه معادل $6/99 \times 10^8$ کیلووات ساعت برق تولید کرد. می‌توان گفت در صورتی که فضولات دامی و پسماندهای روستایی مدیریت شده و در فرآیند تخمیر بی‌هوازی به کار گرفته شوند، انرژی حاصل توان جایگزینی بخش عمده‌ای از مصرف گاز در بخش کشاورزی استان را به راحتی دارا می‌باشد. با مقایسه دو منبع تولید بیوگاز در مناطق روستایی در استان کردستان می‌توان نتیجه گرفت که فضولات دامی نسبت

نوع دام و شهرستان (اقتباس از: (Annual statistics report of Kurdistan province, 2011; Moazed & Delfi, 2012; Agricultural census, 2014)

شهرستان	جمعیت روستایی (نفر)	تعداد گاو و گوساله	تعداد گوسفند و بره	بز و بزغاله	تعداد دام هر شهرستان
بانه	۴۲۲۶۱	۲۸۱۴۰	۲۸۷۴۲	۹۶۱۰۹	۱۵۲۹۹۱
بیجار	۴۱۴۳۱	۲۰۶۹۴	۳۰۶۵۵۱	۷۸۵۴۰	۴۰۵۷۸۵
دهگلان	۳۶۵۶۳	۲۴۹۱۶	۸۰۸۸۱	۱۲۲۸۵	۱۱۸۰۸۲
دیواندره	۵۳۴۵۵	۷۹۱۵۹	۲۳۲۵۷۶	۴۷۴۶۵	۳۵۹۲۰۰
سرآباد	۴۴۸۶۵	۲۹۵۷۴	۲۸۷۵۳	۳۵۳۲۵	۹۳۶۵۲
سقز	۶۸۷۸۸	۸۱۸۲۷	۲۱۲۸۴۲	۸۱۵۶۱	۳۷۶۲۳۵
سنندج	۷۴۸۸۷	۲۷۶۹۲	۶۱۸۶۰	۱۶۸۵۸	۱۰۶۴۱۵
قروه	۴۹۱۶۹	۲۴۶۳۹	۱۸۲۰۴۹	۳۹۰۷۹	۲۴۵۷۶۷
کامیاران	۴۹۶۴۱	۴۰۵۱۲	۱۰۳۱۵۰	۴۹۴۸۷	۱۹۳۱۴۹
مریوان	۴۶۷۱۱	۳۰۳۰۲	۹۶۲۷۰	۷۹۳۸۰	۲۰۵۹۵۲
جمع کل در استان	۵۰۷۷۷۱	۳۸۷۴۵۵	۱۳۳۳۶۷۴	۵۳۶۰۸۹	۲۲۵۷۲۱۸

جدول ۲. ضرایب محاسبه بیوگاز تولیدی سالانه از فضولات دامی

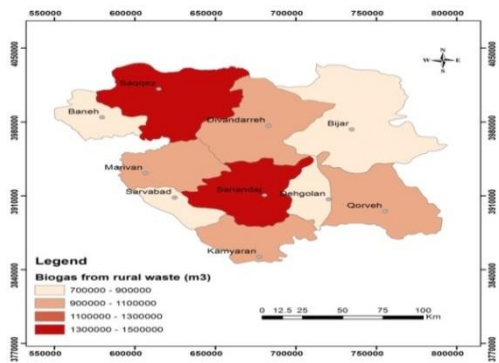
(اقتباس از: (Noorollahi et al., 2015; Aminian et al., 2013; Omrani, 1996)

ماده اولیه	وزن متوسط دام	نسبت فضولات تولیدی	حجم بیوگاز تولیدی	درصد متان موجود در بیوگاز شده	حجم گاز
kg	M ³ /kg	به وزن دام	M ³ /kg	در	M ³ /kg
فضولات گاو	۵۰۰-۶۲۰	۲/۶	۰/۲۶-۰/۲۸	۵۰-۶۰	۰/۱۴
فضولات گوسفند و بز	۴۰-۵۰	۳/۳۶	۰/۲۲-۰/۲۴	۴۰-۵۰	۰/۱

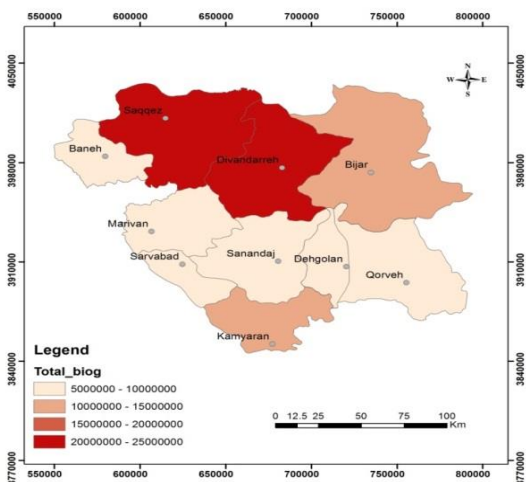
با توجه به سرانه تولید پسماندهای فسادپذیر و جمعیت روستایی هر شهرستان و با اعمال ضریب امکان استحصال پسماندهای تولیدی در روستاها، پتانسیل بیوگاز از این منبع محاسبه می‌گردد. از جمع مقادیر به دست آمده از این دو منبع، پراکنش بیوگاز بر حسب متر مکعب به ازای هر کیلومتر مربع در سال در منطقه محاسبه و در نهایت با توجه به ارزش حرارتی بیوگاز مقدار انرژی تولیدی سالیانه از بیوگاز برآورد می‌شود. همچنین اطلاعات مربوط به جمعیت روستایی، میزان تولید سرانه پسماند روستایی و جمعیت دام‌ها برای هر شهرستان وارد نرم افزار ArcGIS شده و مورد پردازش قرار می‌گیرد. با استفاده از روش GIS، مدل پتانسیل بیوگاز تولیدی به ازای هر یک از منابع موجود به صورت مجزا و ترکیبی تهیه شده و مدل پراکندگی پتانسیل تولید بیوگاز در سطح استان تولید می‌شود. در ادامه، با استفاده از نقشه‌های پایه (نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، رودخانه‌ها و منابع آبی و راه‌های استان) و با در دست داشتن معیارهای مشخص برای حذف مکان‌های نامناسب، با بهره‌گیری از همپوشانی لایه‌های تهیه شده نقشه

به پسماندهای فسادپذیر روستایی سهم بسیار بیشتری در تولید بیوگاز دارند. این یافته با نتایج حاصل از مطالعات قبلی انطباق دارد (Taheri & Bigdeli, 2014; Amiri et al., 2010).

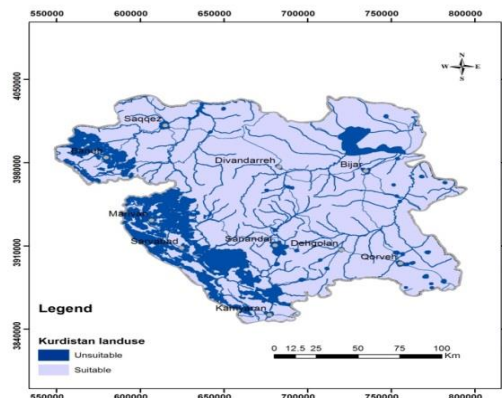
نقشه پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی (به تفکیک گاو، گوسفند و بز)، پسماندهای روستایی و کل تولید بیوگاز در شهرستان‌های استان کردستان در شکل‌های (۱) تا (۴) نشان داده شده است. همچنین مناطق مناسب برای احداث واحدهای بیوگاز در استان کردستان مطابق با معیارهای زیست محیطی و فنی (فواصل مناسب از مناطق حفاظت شده، جنگل‌ها، منابع آب، جاده‌ها و مناطق مسکونی) در شکل (۵) مشخص شده‌اند.



شکل ۳. پتانسیل تولید بیوگاز از پسماندهای روستایی در استان کردستان

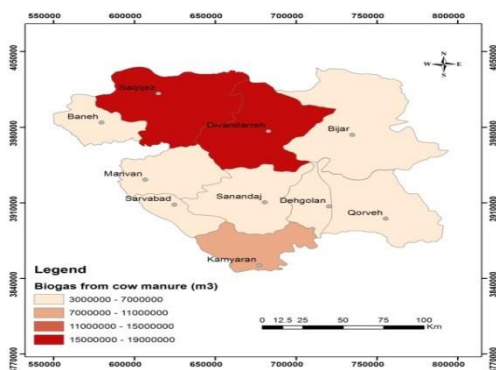


شکل ۴. کل پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی در استان کردستان

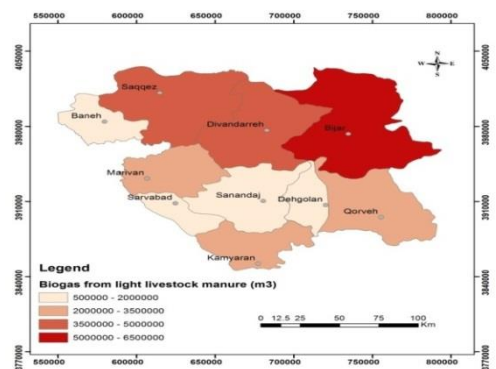


شکل ۵. مناطق مناسب برای احداث واحدهای تولید بیوگاز در استان کردستان

متر مکعب در سال به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تولید بیوگاز در استان کردستان را به خود اختصاص داده‌اند. در حال حاضر فضولات تولیدی در سطح دامداری‌های استان در محوطه یا بیرون واحد دپو می‌شود تا پس از گذشت یک دوره چند هفته یا چند ماهه (بسته به فصل و تقاضای بازار) برای مصارف کودی جمع آوری و در سطح زمین‌های زراعی توزیع گردد. دپوی فضولات و یا کاربرد بیش از حد آن به عنوان کود مشکلاتی را از قبیل انتشار نیتروژن، فسفر، فلزات کمیاب،



شکل ۱. پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دام‌های سنگین (گاو) در استان کردستان



شکل ۲. پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دام‌های سبک (گوسفند و بز) در استان کردستان

با توجه به نقشه‌ها می‌توان دریافت که بیشترین سهم تولید بیوگاز از فضولات دام‌های سنگین، فضولات دام‌های سبک و پسماندهای روستایی به ترتیب مربوط به شهرستان‌های سقز با مقدار ۱۶/۶۷۸ میلیون متر مکعب، بیجار با مقدار ۵/۸۲۲ میلیون متر مکعب و سنندج با مقدار ۱۰/۴۴۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که شهرستان‌های سقز با ۲۱/۵۸۶ میلیون متر مکعب و دهگلان با ۶/۷۳۰ میلیون

در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف فنی و زیست محیطی مانند فاصله مناسب از مناطق حفاظت شده، منابع آب، مناطق مسکونی و جاده‌ها نقشه مکان‌های مناسب احداث واحدهای بیوگاز تولید شد.

از آنجا که در اکثر روستاها نه تنها استفاده‌ای از پسماندهای روستایی نمی‌شود بلکه دفع و دفن آن‌ها با صرف هزینه‌های فراوان انجام می‌شود، به منظور حفاظت از محیط زیست و حفظ سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات زنده، اتخاذ راهکارهای لازم برای حل این معضل امری ضروری است. احداث و توسعه واحدهای تولید بیوگاز در روستاها به عنوان یک روش مناسب برای جمع آوری و استفاده بهینه فضولات دامی و پسماندهای روستایی با کنترل و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از انباشت این ضایعات، در کنار تولید انرژی به عنوان یک ضرورت باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. با توجه به آمار و ارقام ارائه شده در این مطالعه به روشنی این نتیجه حاصل می‌گردد که بسیاری از مناطق روستایی استان کردستان پتانسیل تولید بیوگاز را دارند و تنها با مدیریت و برنامه ریزی مناسب می‌توان از این منبع تجدید پذیر انرژی استفاده کرد و از مزایای اقتصادی و زیست محیطی آن بهره برد.

REFERENCES

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.

Afazeli, H., Jafari, A., Rafiee, S. & Nosrati, M. (2014). An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 380-386.

Agricultural census. (2014). Iran Statistical Centre. (In Farsi)

Aminian, A., Abbaspour Fard, M. H., Aghkhani, M. H. & Edalat, M. H. (2013). Assessment of biomass resources potential in Khorasan Razavi province for bioenergy production, *Journal of Environmental Studies*, 39 (2), 73 - 82. (In Farsi)

Amiri, L., Abdoli, M. A., Ramezani-pour, M. (2010). The Potentiometry of the Biogas Recovery from Rural Waste (Case study: Yazd County), *5th national congress on waste management*, Mashhad, Iran. (In Farsi)

Annual statistics report of Kurdistan province. (2011). Management and planning organization of Kurdistan. (In Farsi)

Hohn, J., Lehtonen, E., Rasi, S. & Rintala, J. (2014). A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland, *Applied Energy*, 113, 1-10.

Lonnqvist, T., Sanches-Pereira, A. & Sandberg, T.

آمونیاک، بوی بد و عوامل بیماری‌زا در پی خواهد داشت (Shafiei *et al.*, 2013). لذا با احداث واحدهای تولید بیوگاز می‌توان گامی اساسی در جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست محیطی برداشت. علاوه بر این، در صورت به کارگیری این بخش برای تولید بیوگاز می‌توان سهم بزرگی از نیاز منطقه به گاز طبیعی به ویژه در مناطق روستایی را مرتفع نمود.

نتیجه گیری کلی

به منظور تعیین مکان مناسب برای احداث واحدهای تولید بیوگاز و ظرفیت مناسب این واحدها، باید برآوردی از میزان مواد آلی قابل دسترس و موجود در منطقه صورت گیرد. در این مطالعه با بهره گیری از روش GIS، پتانسیل بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی و پراکنش آن در سطح استان کردستان ارزیابی شد. مقدار پتانسیل تولید بیوگاز در سطح استان کردستان در مجموع ۱۱۷/۲۷۲ میلیون متر مکعب برآورد شد که مقدار قابل توجهی است و می‌تواند سهم بزرگی در تأمین نیازهای انرژی در بخش کشاورزی استان داشته باشد. بیشترین پتانسیل تولید بیوگاز در شهرستان سقز (۱۹٪) با مقدار ۲۱/۵۸۶ میلیون مترمکعب محاسبه شد. علاوه بر این، با

(2015). Biogas potential for sustainable transport e a Swedish regional case, *Journal of Cleaner Production*, 108, 1105-1114.

Lopez Moreda, I. (2016). The potential of biogas production in Uruguay, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1580-1591.

Moazed, H. & Delfi, M. (2012). The rural waste management, Iranian municipalities organization, Khajeh Nasireddin Tousi Press, 112 Pages. (In Farsi)

Noorollahi, Y., Kheirrouz, M., Farabi Asl, H., Yousef, H. & Hajinezhad, A. (2015). Biogas production potential from livestock manure in Iran, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 748-754.

Omrani, G. A. (1996). Principles of biogas production from urban and rural wastes. University of Tehran Press, 170 Pages. (In Farsi)

Rios, M. & Kaltschmitt, M. (2016). Electricity generation potential from biogas produced from organic waste in Mexico, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 384-395.

Shafiei, M., Ebrahimi Nik, M. A. & Rashki, A. (2013). Assessment of biogas potential in Khorasan Razavi province basis on GIS model. *8th national congress on agricultural machinery engineerin (Biosystems) and mechanization*, Mashhad, Iran. (In Farsi)

Sliz-Szkliniarz, B. & Vogt, J. (2012). A GIS-based approach for evaluating the potential of biogas

production from Livestock manure and crops at a regional scale: A case study for the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 752–763.

Taheri, M. & Bigdeli, M. (2014). Assessment of biogas potential from Rural Waste (Chaharmahal va Bakhtiari), *6th congress on Renewable and Clean Energies*, Tehran, Iran. (In Farsi)

Uddin, W., Khan, B., Shaukat, N., Majid, M., Mehmood, A., Ali, S.M., Younas, U., Anwar, M., Mujtaba, G. & Almeshal, A. M. (2016). Biogas potential for electric power generation in Pakistan: A survey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54,25-33.