

«بسمه تعالی»

درخواست پیشنهادیه

عنوان مسئله:	احداث واحد نیروگاهی تولید پراکنده کوچک مقیاس بیوگاز
حوزه اصلی:	آب و انرژی
حوزه فرعی:	سیستم‌های انرژی و کشاورزی پایدار
تاریخ انتشار:	۱۴۰۳/۰۹/۱
تاریخ انقضای تقاضا:	ندارد
نگارنده:	سیدمحسن مستشار شهیدی
کد سند:	

مشخصات تأیید کنندگان	عنوان	نام و نام خانوادگی	تاریخ	امضا

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه.....	۴
۱-۱ لغات و اصطلاحات.....	۴
۱-۲ شرح کلی مسئله.....	۵
۱-۳ تصاویر.....	۸
۱-۴ نوع مسئله.....	۹
۱-۵ حداقل سفارش مورد نیاز.....	۹
۱-۶ نظر متخصص / خبره درباره مسئله.....	۹
۱-۷ امکان سنجی حل مسئله.....	۱۲
۱-۸ کاربردهای دیگر فناوری/محصول در صنایع مختلف.....	۱۵
۱-۹ ذی نفعان حل مسئله.....	۱۶
فصل ۲: شرح خواسته‌ها و نحوه اجرا.....	۱۷
۲-۱ الزامات مدنظر برای محصول.....	۱۷
۲-۲ بررسی عملکرد برای الزامات کمی.....	۲۰
۲-۳ محدودیت‌ها و قیود.....	۲۰
۲-۴ پیوست‌ها.....	۲۲
فصل ۳: نحوه صحه‌گذاری الزامات.....	۲۳
۳-۱ ملاحظات صحه‌گذاری.....	۲۳
۳-۲ روش صحه‌گذاری الزامات.....	۲۴
فصل ۴: خروجی‌های مورد انتظار و الزامات تحویل‌دهی.....	۲۶
۴-۱ اقلام تحویلی مورد انتظار (سخت‌افزار و نرم‌افزار).....	۲۶
۴-۲ مستندات تحویلی مورد انتظار.....	۲۶
فصل ۵: ملاحظات.....	۲۷
۵-۱ شیوه‌های مطلوب همکاری.....	۲۷
۵-۲ مالکیت.....	۲۷



- ۵-۳ تخصص های مورد نیاز مربوط به تیم مجری..... ۲۷
- ۵-۴ ملاحظات مربوط به زیرساخت لازم..... ۲۷
- ۵-۵ ملاحظات ویژه کاربر / کارفرما..... ۲۸
- فصل ۶: محتوا و قالب پیشنهادیه و راه ارتباطی با کارفرما و نگارنده..... ۲۹
- ۶-۱ پیشنهادیه..... ۲۹
- Error! Bookmark not defined.**..... ۶-۲ اطلاعات تماس نگارنده سند
- Error! Bookmark not defined.**..... ۶-۳ اطلاعات تماس کارفرما

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ لغات و اصطلاحات		
تعریف	اختصار / معادل لاتین	لغت / اصطلاح
به مجموعه‌ای که متشکل از چندین زیرمجموعه باشد و در کنار یکدیگر هدف مشخصی را دنبال نمایند سامانه یا سیستم گفته می‌شود.	System	سامانه
گاز تولید شده از فرایند فعل و انفعالات باکتری‌ها یا میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده لجن فاضلاب.	Biogas-Syngas	بیوگاز
هر نوع محصول بسدت آمده از پسماند حیوانی و گیاهی.	Raw materials	مواد خام
ماده اولیه یا سوخت ابتدایی مورد استفاده در نیروگاه بیوگاز.	Feedstock	خوراک
هر نوع از فضولات دامی و یا پسماند بستر دام که همگن شده و تبدیل به مایع گردیده.	Liquid Manure	کود دامی مایع
مجموعه ادوات لازم برای پالایش پسماند مایع واحد دامداری	Landfill	تصفیه خانه زباله
یک نوع راکتور بستر سیال ناپیوسته یا تولید پیوسته است که برای ذخیره لجن خروجی از سایت تصفیه خانه استفاده می‌شود	Digester	هاضم
زمانی (بر حسب روز) است که جامدات یا باکتری در فرایند لجن فعال باقی می‌مانند.	SRT	متوسط زمان ماند سلولی
میزان زمانی اطلاق می‌شود که مواد در فرایند هضم باقی می‌مانند تا باکتری‌ها بتوانند ماده را تجزیه و انرژی تولید کنند.	HRT	زمان ماند هیدرولیکی
یکی از انواع هاضم‌های بی‌هوازی محسوب می‌گردد که تیمار دمایی آن بین ۳۰ الی ۴۰ درجه سلسیوس است.	Mesophilic digester	مزوفیلیک
یکی از انواع هاضم‌های بی‌هوازی محسوب می‌گردد که تیمار دمایی آن بین قابل کنترل بوده و بوسیله سیال عامل روغن تأمین حرارت می‌شود.	Thermophilic digester	ترموفیلیک
انواع باکتری‌ها و موجودات ریز جثه که در فرایند هضم بی‌هوازی اثرگذارند.	Micro organism	میکرو ارگانیسم
واحد تولید همزمان توان الکتریکی و حرارت	CHP	تولید همزمان برق و حرارت

۲-۱ شرح کلی مسئله

دامنه انجام کار:

احداث نیروگاه‌های تولید پراکنده بیوگاز اهمیت زیادی دارد و می‌تواند به بهبود وضعیت انرژی و محیط زیست کمک کند. خوراک راه انداز این نیروگاه‌ها گاز سنتز متساعد شده از فعالیت باکتری‌ها و میکرو ارگانیسم‌هاست. بنابراین بر اساس خوراک مورد نیاز در دسته نیروگاه‌های گازی قرار می‌گیرند. بیوگاز به عنوان یک سوخت تمیز و پایدار می‌تواند در پخت و پز و گرمایش خانگی استفاده شود. این کاربرد به ویژه در مناطق روستایی که دسترسی به سوخت‌های فسیلی محدود است، بسیار مفید است. با این وجود به دلیل داشتن ارزش حرارتی قابل قبول (۷۰٪ گاز شهری) می‌تواند در صورت جمع آوری کافی و ذخیره مناسب به عنوان سوخت واحدهای تولید برق و حرارت محسوب گردد. توسعه شهری، ناترازی انرژی و نیاز روز افزون به مصرف برق باعث شده تا استفاده از ظرفیت نیروگاه‌های تولید پراکنده بیش از پیش احساس شود. در این راستا واحدهای تولیدی و دامداری روستایی می‌تواند برای راه‌اندازی واحدهای کوچک مقیاس تولید همزمان برق و حرارت مفید واقع شوند.

تعریف دقیق مشکل:

در واحدهای تولیدی کشاورزی و دامداری خرد معضل تأمین انرژی الکتریکی و گرمایی در فصول مختلف سال بر روی میزان هزینه و درآمد سالانه اثرگذار است. بطوری‌که موجب کاهش ۴۰٪ سودآوری این واحدها و افزایش تولید پسماند در طول سال شده است. مضاف بر اینکه اثر این مشکل در بهره‌وری مالی این واحدها بطور مستقیم اثرگذار بوده و در دراز مدت موجب افزایش مهاجرت جوامع روستایی به کلان شهرها و گسترش ناعدالتی در جامعه روستایی و دهک‌های پایین جامعه می‌شود. راه اندازی واحدهای نیروگاهی کوچک مقیاس در روستاها و دامداری‌های کوچک (کمتر از ۵۰۰ راس) می‌تواند در تأمین پایدار برق، توسعه کسب و کار روستایی، حفظ محیط زیست و پایداری شبکه سراسری برق در اوج پیک بار موثر باشد. بصورتی که وجود این واحدها علاوه بر موارد بیان شده موجب کاهش وابستگی واحدهای تولیدی روستایی به شبکه برق سراسری می‌شود. بنابراین علت اصلی وجود معضل عدم توسعه نیروگاه‌های کوچک مقیاس تولید همزمان برق و حرارت مرتبط با مشکلاتی است که قطعی برق در فصول تابستان و زمستان گریبان‌گیر قشر روستایی و تولیدکنندگان محصولات دامی شده و در حال حاضر راه حل موقتی برای آن وجود ندارد. همچنین دریافت یارانه سوخت و ارزان بودن حامل‌های انرژی نیز موجب عدم استقبال سرمایه‌گذاران به منظور ورود جدی به این عرصه شده است. در بررسی محصولات مشابه داخلی و بین‌المللی مشخص شد که اغلب نیروگاه‌های تولید پراکنده بیوگاز در مقیاس متوسط و بزرگ طراحی، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌شوند که از جمله الزامات آن‌ها راه‌اندازی واحدهای پالایشگاهی گاز سنتزی است. محدودیت‌های مالی و نقص دانشی در راه‌اندازی واحدهای پیرامونی نیروگاه‌های تولید پراکنده بیوگاز موجب شده تا سرمایه‌گذاران داخلی رغبت چندانی برای ورود به این عرصه را نداشته باشند. با این وجود پیشرفت‌های رخ داده و اسناد علمی منتشره از مجموعه‌های دانشگاهی و پژوهشکده‌های انرژی سطح کشور نشان‌دهنده پتانسیل مناسب به منظور بومی‌سازی دانش راه‌اندازی و بهره‌برداری این دست از نیروگاه‌هاست.

علل بروز مشکل:

۱. افزایش درآمد از محل ضایعات / اتلافات	۲. کاهش هزینه تمام شده فرآیند / قیمت محصول
---	--

توضیحات:

دلایل اهمیت موضوع:

ناترازی انرژی بطور مستقیم و غیر مستقیم در بهره‌وری واحدهای تولیدی اثرگذار بوده است. اثر نامطلوب این پدیده بر واحدهای خرد نسبت به واحدهای بزرگ مقیاس و مادر بیشتر است. بطوریکه گزارش‌های متعدد وزارت صمت و اتاق‌های بازرگانی استانی در سال‌های اخیر مبین متضرر شدن واحدهای خرد از بابت انتفاع انرژی به بیش از ۴۰٪ است. این معضل باعث شده تا واحدهای خرد توانمند به سمت راه اندازی نیروگاه‌های کوچک مقیاس سوق داده شوند. نمونه رایج نیروگاه‌های تولید پراکنده راه‌اندازی شده در واحدهای صنعتی خرد، متوسط و سازمان‌های دولتی است که با استفاده از دیزل-ژنراتورها و با هدف بهره‌برداری حداکثری از سهمیه سوخت گاز طبیعی یا گازوئیل و در راستای تولید همزمان برق و حرارت بکار گرفته شده‌اند. با در نظر گرفتن تمامی این موارد وجه دیگر ناترازی انرژی اثر نامطلوب خود را در تأمین پایدار خوراک (سوخت) و محدودیت‌های حکمرانی مرتبط با محیط زیست نشان می‌دهد. بنابراین استفاده از خوراک‌های پسماندی با منبع تجدیدپذیر می‌تواند مزیت رقابتی قابل مناسبی را برای صاحبان صنایع خرد ایجاد نماید. استفاده از لجن فاضلاب واحدهای دامداری و همچنین مواد پسماندی حاصل از بستر دام قابلیت بالایی برای تولید بیوگاز به عنوان یک خوراک گازی شکل دارد که موجب می‌شود تا بهره‌برداری حداکثری از ظرفیت نیروگاه‌های کوچک مقیاس تجدیدپذیر زیستی بوقوع بپیوندد. ارتقاء قابلیت‌های نیروگاه‌های تولید پراکنده کوچک مقیاس با هدف تولید همزمان برق و حرارت نیز باعث مرتفع‌سازی عدم النفع ناترازی انرژی شده و در مدت زمان ۲ الی ۳ سال می‌تواند واحد تولیدی را از وابستگی به شبکه توزیع برق سراسری بی‌نیاز سازد. بنابراین جایگاه راه‌اندازی این دست از نیروگاه‌ها در مقیاس کوچک چنان قابل ملاحظه بوده که می‌تواند در کاهش پیک بار شبکه سراسری نیز اثرگذار باشد. بطور معمول بازگشت سرمایه راه‌اندازی و بهره‌برداری این نوع از نیروگاه‌ها دو ساله بوده و در صورت انجام به موقع تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه می‌تواند به ۱۸ ماه کاهش یابد. رصد واحدهای بهره‌برداری شده با خوراک بیوگاز در کشور نشان می‌دهد که تنها ۱۰ مرکز فعال به منظور تولید توان برق تجدید پذیر زیستی وجود دارد که اغلب موارد موجود مقیاس بزرگ بوده و دانش فنی طراحی و بهره‌برداری آن وارداتی است. بنابراین بومی‌سازی این فناوری در مقیاس کوچک می‌تواند آورده مالی قابل توجهی را برای بهره‌بردار و کاربر داشته باشد.

هدف و محدوده طرح:

- ۱- بومی‌سازی دانش فنی طراحی و راه‌اندازی نیروگاه‌های تولید پراکنده برق و حرارت همزمان (Bio-CHP)
- ۲- ساخت ۴ نمونه نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت مقیاس کوچک (هر واحد نیروگاهی کمتر از ۵۰ کیلووات ساعت)

۳- راهاندازی و تولید محدود همزمان برق و حرارت بر اساس نیاز اولیه کاربر محدوده کاربری این نیاز در فاز اول اجرا برای یک دامداری ۳۰۰ راسی گاو شیرده در منطقه جغرافیایی شهرستان چناران از توابع استان خراسان رضوی است.

توصیف محصول مدنظر و فناوری مورد استفاده در آن:

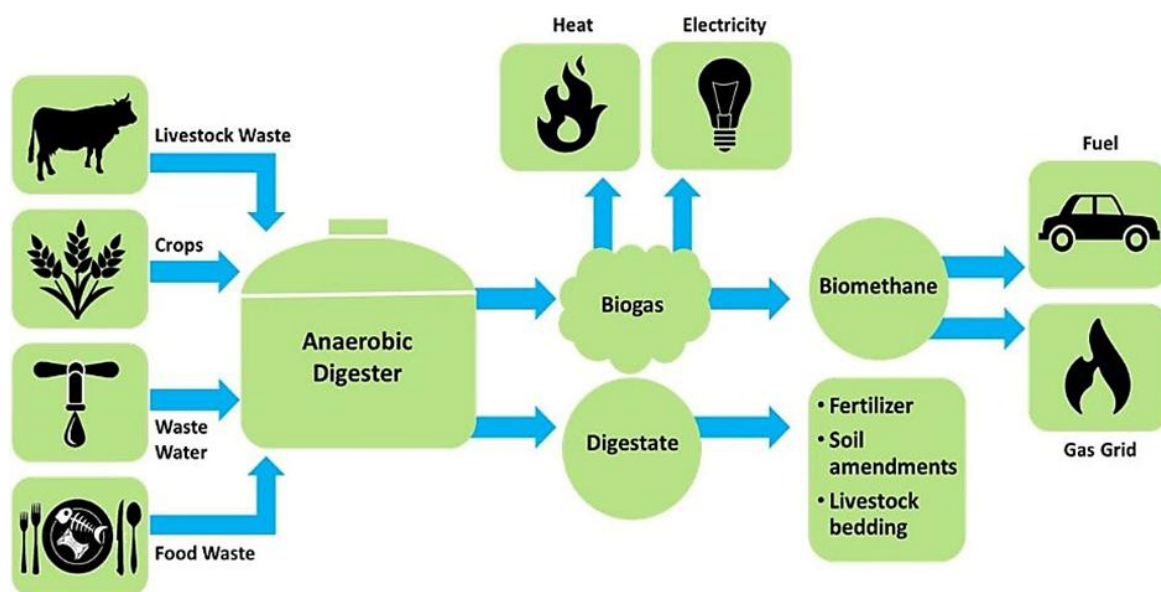
با توجه به وجود امکانات تصفیه لجن فاضلاب در واحد دامداری مد نظر و امکان تأمین مواد خام از سایر مجموعه‌های همکار، محصول مد نظر شامل دو قسمت مجزا است. قسمت اول شامل ۳ هاضم با ظرفیت ۵۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ لیتر است که زمان ماند هیدرولیکی هر یک از آن‌ها ۱۲،۸ و ۲۴ ساعت پیش‌بینی شده است. فاز دانشی مرتبط با طراحی نیروگاه و پیش تیمار حرارتی سامانه هاضم بی‌هوازی می‌تواند در قالب رساله دکتری یا پایان نامه کارشناسی ارشد دنبال گردد. قسمت دوم این مجموعه شامل سامانه تصفیه ابتدایی و پیش‌رانه احتراق داخلی (موتور بیوگاز سوز اشتعال جرقه‌ای) است که بطور همزمان تولید برق و حرارت می‌کند. ظرفیت این دامداری ۳۰۰ راس از نوع گاو شیرده است که ظرفیت تولید روزانه ۱۵۰ کیلووات ساعت برق از نیروگاه کوچک مقیاس بیوگاز در آن برآورد شده است. فناوری بکاررفته در سامانه هاضم‌ها موجب بهینه‌شدن هضم بی‌هوازی میشود که اثر آن در کاهش زمان ماند سلولی و افزایش تولید حجم گاز نمایان خواهد شد. این قابلیت وجود دارد که با استفاده از همزن و همچنین بیوپارهای اختلاط یافته در هاضم‌ها میزان اسیدیته‌شدن مخلوط را کاهش داده و بازده تولید گاز را بالاتر برد.

توضیح مؤلفه‌ها و اجزای محصول:

مهمترین مؤلفه‌های مرتبط با نیروگاه بیوگاز شامل توانمندی تولید گاز (فشار گاز خروجی) هاضم‌ها، بازده حرارتی نیروگاه، میزان اسیدیته‌شدن مخلوط لجن، زمان ماند هیدرولیکی هاضم‌ها و شاخص‌های مرتبط با اقتصادی بودن فرایند جداسازی، تولید توان و کاهش مخاطرات زیست محیطی‌ست. چراکه احداث و فعالیت دامداری‌ها به دلیل آزادسازی سطح زیاد متان جزء صنایع دارای مخاطره زیست محیطی محسوب می‌شود. اجزاء اصلی سامانه نیروگاه تولید پراکنده نیز شامل دو بخش کلی هاضم‌ها و مولد است. هر هاضم شامل همزن، سامانه پیش‌گرمایش، سامانه تغذیه لجن، حسگرهای مرتبط با اندازه‌گیری فشار گاز تولیدی، حسگر دمای پوسته هاضم، دبی‌سنج ورودی و خروجی لجن، رطوبت‌سنج و pH سنج هاضم است. همچنین دو هاضم اولیه دارای سامانه کنترلی به منظور رعایت شرایط ایمنی و تنظیم دقیق نرخ جریان تغذیه مواد خام است. بصورتی که خروجی لجن هاضم اول پس از افت تولید گاز به هاضم ثانویه انتقال داده می‌شود تا بدین طریق شرایط تغذیه‌ای بمناسب تری برای باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها پدید آید. در نهایت نیز لجن خروجی هاضم ثانویه به هاضم سوم انتقال داده شده تا در مدت زمان بیشتری نسبت به سایر هاضم‌ها به تولید گاز بپردازد. در همین فرایند و به منظور بهبود نرخ تجزیه سلولی توسط باکتری‌ها و کاهش نرخ تولید ترکیبات گوگردی برخی از افزونه‌های پایه معدنی یا زیستی به هاضم اولیه و ثانویه اضافه خواهد شد. تغذیه خارجی هاضم‌ها نیز مشتمل بر استفاده از دو افزونه بیوپار و میکروارگانیسم‌های تسریع کننده فرایند هضم در شرایط خاص عملکردی است. در سامانه مولد نیز وجود ذخیره‌ساز موقت گاز (ایجاد شرایط ثبات انتقال گاز به سامانه مولد)، رگولاتور کنترل فشار، سامانه مولد برق (موتور احتراق داخلی اشتعال جرقه‌ای)، ژنراتور،

مبدل حرارتی روغنی برای تبدیل حرارت اگزوز به گرما است. دلیل استفاده از مبدل حرارتی روغنی یکپارچه سازی سامانه پیش گرمایش هاضمها با سامانه تولید حرارت نیروگاه پراکنده است.

۱-۳ تصاویر



دیاگرام عملکردی نیروگاه تولید پراکنده برق و حرارت از بیوگاز



محل جغرافیایی دامداری



نمونه آزمایشگاهی سامانه نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت کوچک مقیاس (پژوهشکده انرژی های تجدید پذیر دانشگاه تربیت مدرس)

۱-۴ نوع مسئله

بومی سازی محصولات خارجی	بازیابی یا فرآوری ضایعات
-------------------------	--------------------------

۱-۵ حداقل سفارش مورد نیاز

تعداد / مقدار	واحد	بازه زمانی
۴	عدد	۲ سال

۱-۶ نظر متخصص / خبره درباره مسئله

تحلیل از دیدگاه عملیاتی:

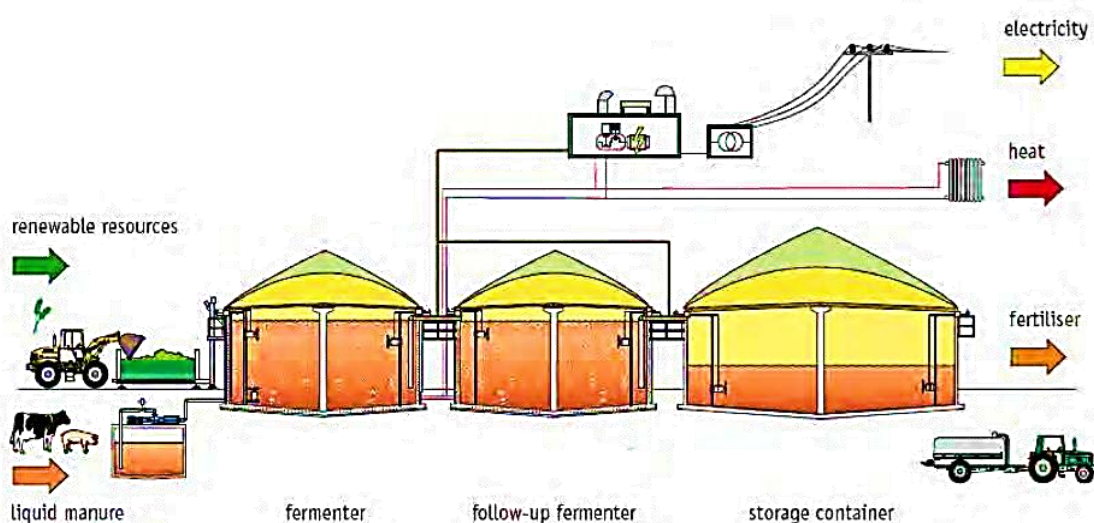
نحوه راه اندازی و استفاده از سامانه های تولید پراکنده همزمان برق و حرارت بصورت مستقر در محل و نزدیک به واحد پالایشگاهی است. از آنجایی که مقیاس نیروگاه کوچک بوده بنابراین نیاز به بهره برداری از پالایشگاه مجهز پیرامونی نیست و می توان با کمترین میزان تصفیه لجن هاضم خوراک مناسب نیروگاه را برای راه اندازی فراهم نمود. بنابراین، نیروگاه مد نظر با توجه به ابعاد نمونه در نزدیکی واحد تصفیه لجن دامداری احداث خواهد شد. انجام مراحل راه اندازی نیاز به برگزاری مناقصه فنی دارد. بدین منظور که یک شرکت معتبر فعال در حوزه نیروگاهی می بایست پس از جلب نظر مجریان طرح اقدام به تجهیز کارگاه و آماده سازی ملزومات راه اندازی اولیه نماید. برای این منظور به مجریان طرح پیشنهاد می شود که شرکت آهار را به عنوان مشاور بخش تجهیز و راه اندازی بکار گرفته و از تجربیات آن ها بهره ببرند. با توجه به اینکه فنآور طرح اظهار داشته که برای راه اندازی واحد نیروگاهی، نمونه آزمایشگاهی دارد، بنابراین لازم است تا آزمون های عملکردی نمونه دستگاه با لجن تصفیه شده دامداری هدف انجام شود و گزارش فنی آن در اختیار سازنده نیروگاه قرار گیرد. با توجه به موارد بیان شده گلوگاه های عملیاتی را می توان در راه اندازی اولیه، تطبیق خوراک اولیه دامداری با سامانه هاضم طراحی شده، نحوه انتقال سامانه به دامداری و تطبیق عملیاتی سامانه با شرایط آب و هوایی منطقه خلاصه کرد.

تحلیل از دیدگاه فنی:

گلوگاه های فنی مرتبط با بهره برداری یک نیروگاه شامل موارد عمومی و تخصصی است. در بیان موارد عمومی می توان به طراحی و مدلسازی نیروگاه، مطالعات جانمایی و زیست محیطی احداث نیروگاه، مدیریت ایمنی و پسماند نیروگاه، ارزیابی کیفیت خوراک نیروگاه، برآورد دقیق حداکثر توان تولیدی براساس تغییرات نرخ تغذیه خوراک، نحوه راه اندازی واحد کنترل و دیسپاچینگ و برآوردهای اقتصادی فروش برق بر اساس تعرفه های بازار برق است.

گلوگاه های تخصصی راه اندازی نیروگاه های بیوگاز شامل مراحل پالایشگاهی، تأمین پایدار خوراک نیروگاه، برآورد دقیق زمان های تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه واحدهای مولد و پالایشگاهی، ارتقاء کیفیت کود

استحصالی از هاضمها و برآورد میزان کاهش متان انتشاری ما به ازای احداث یک واحد نیروگاهی است. به دلیل اینکه یکی از ملزومات اصلی بهره‌برداری از نیروگاه‌های بیوگاز وجود واحدهای هاضم است، کنترل تمامی شرایط فیزیکی و شیمیایی دخیل در کیفیت گاز سنتزی تولیدی به عنوان چالش مطرح است. در نمونه‌های صنعتی لازم است تا شرایطی فراهم گردد که هاضم‌ها با یکدیگر مرتبط باشند که هم بتوان کیفیت خوراک را در سطح قابل قبولی حفظ کرد و هم اینکه فشار گاز در یک سطح پایدار مطلوب قرار گیرد. بدین منظور می‌بایست حداقل سه هاضم با اختلاف ارتفاعی مناسب در سامانه نیروگاهی تعبیه گردد تا بتوان زمان ماند هیدرولیکی را کنترل کرد. شکل زیر نمونه‌ای از هاضم‌های صنعتی به منظور تولید پایدار گاز سنتز را نشان می‌دهد.



بطور عمده پسماند خروجی از هاضم انتهایی دارای ارزش اقتصادی بالا از نظر تولید کود پروتئینه است. کنترل دقیق پارامترهای اثرگذار در حجم تولید گاز هاضم‌ها بوسیله کنترل سرعت همزن، تزریق مداوم مواد خام و کنترل دقیق pH قابل دستیابی است. بنابراین عملکرد بهینه موارد بیان شده از جمله چالش‌های فنی در راه‌اندازی واحدهای تولید پراکنده همزمان برق و حرارت با خوراک بیوگاز است. سایر گلوگاه‌ها مرتبط با سامانه مولد می‌شود. با توجه به فرهنگ رایج مهندسی نیروگاه استفاده از مولدهای احتراق داخلی برای نیروگاه‌های CHP مرسوم است. روش‌های متنوعی برای ارتقاء بازده نیروگاهی در CHP مطرح است که رایج‌ترین آن بازچرخانی حرارت دفع شده در سیستم‌های گرمایشی است. به دلیل ابعاد کوچک نیروگاه مد نظر انتخاب مولد احتراق داخلی مناسب از جمله چالش‌هاست. علاوه بر این ممکن است به دلیل شرایط اقلیمی منطقه افت فشار گاز در سامانه نیروگاهی رخ دهد که تأمین پایدار نرخ تغذیه خوراک نیروگاهی نیز چالش برانگیز است. به دلیل انجام حداقل میزان تصفیه بر روی ترکیبات گاز سنتزی، احتمال وجود ترکیبات سولفوره (H_2S) در مخلوط خوراک سامانه مولد بسیار بالاست. بنابراین، لازم است تا تمهیدات مرتبط با تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه واحدهای مکانیکی و یا تعمیرات اساسی موتور احتراقی در نظر گرفته شود. می‌توان برای کاهش مخاطرات مرتبط با استفاده موتورهای احتراق داخلی از ظرفیت موتورهای استرلینگ نیز بهره برد.

تحلیل از دیدگاه کارکردی:

از لحاظ کارکردی ماهیت استحصال انرژی از گاز سنتز متساعد شده لجن فاضلاب بصورتی است که کیفیت سنجی خوراک اولیه از مهمترین چالش‌های کارکردی محسوب می‌شود. بطور معمول ترکیبات گاز سنتز شامل متان، کربن دی اکسید و ترکیبات گوگردی است که توسعه دانش تخلیص و جداسازی این ترکیبات باعث افزایش بهره اقتصادی نیروگاه می‌شود. با این وجود چگونگی اجرای طرح تطبیق نتایج علمی با اجرائی باعث ایجاد گلوگاه کارکردی شده است. بدین صورت که لازم است تا قبل از راه‌اندازی نمونه اولیه فرایند اعتبارسنجی کیفیت خوراک نیروگاه از نظر ترکیبات و تعیین درصد متان انجام شود. پس از تعیین درصد متان میزان ترکیبات مخرب و همچنین ارزش حرارتی خوراک در دسترس قابل تخمین است. علاوه بر آن قرار است به منظور افزایش حجم تولید گاز در هاضم‌ها از ترکیبات تسریع کننده فعالیت میکروارگانیسم‌ها استفاده شود. برای این منظور می‌بایست یک فاز دانشی از TRL 1 الی TRL 7 طی گردد تا محلول بهینه به منظور استفاده محدود تولید و بکارگیری شود. این قابلیت وجود دارد که محصول پیرامونی تولید شده در سایر هاضم‌های موجود مورد استفاده قرار گیرد که این ظرفیت بالقوه اقتصادی موجبات تولید انبوه ترکیب حاوی میکروارگانیسم‌های تسریع کننده فعالیت باکتری‌ها در بستر لجن فاضلاب را نشان می‌دهد. برای نیل به این هدف لازم است تا یک الی ۲ رساله دکتری یا پایان نامه ارشد برای کیفیت‌سنجی خوراک موجود در قسمت مهندسی پروژه تعریف گردد و نتایج آن در اختیار مجریان و بهره‌برداران قرار گیرد.

دیدگاه پشتیبانی:

از نظر پشتیبانی، لجستیکی و تعمیرات و نگهداری، پروژه مذکور می‌تواند در قالب سه بخش مطرح شود. در مرحله راه‌اندازی، پیمانکار تجهیزات می‌تواند بر اساس اطلاعات علمی منتشره از واحد مهندسی فرایند تکمیل و راه‌اندازی نیروگاه را انجام دهد. برخی از تجهیزات کنترلی نیازمند واردات است که اغلب آن‌ها مرتبط با موارد اندازه‌گیری دقیق، حسگرها، پردازنده‌ها و عملگرها است. ساخت هاضم‌ها می‌تواند از لحاظ لجستیکی دارای نکاتی باشد. اختلاف ارتفاع بین هاضم ۱ و ۲ مستلزم حفر چاه با عمق مشخص است. همچنین تمامی هاضم‌ها باید دارای بدنه بتنی مسلح باشند تا در برابر خوردگی لجن فاضلاب مقاوم بوده و احیاناً نشی بوجود نیاید. استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردندگی یا ایزوگام کردن جداره داخلی هاضم‌ها می‌تواند احتمال نشی را کاهش دهد و استفاده از بتن مسلح را محدود سازد. تعمیرات و نگهداری از جمله مهمترین موارد اصلی در فرایند پس از بهره‌برداری است. به دلیل وجود ترکیبات گوگردی و همچنین خوردگی لجن فاضلاب، تعمیرات و نگهداری تمامی تجهیزات می‌بایست لحاظ گردد. بازدید شفت و پره همزن‌های هاضم، کالیبراسیون سالانه تجهیزات اندازه‌گیری و بازدید کارکرد پمپ‌های انتقال لجن جزء موارد ضرور تعمیرات و نگهداری است. اثر ترکیبات گوگردی بر کاهش عملکرد سامانه مولد نیروگاه پس از دو سال کاملاً مشهود خواهد بود. بنابراین به بهره‌بردار پیشنهاد می‌گردد برای کاهش اثرات مخرب ترکیبات گوگردی در موتور احتراق داخلی از پوش‌های جداشدنی مقاوم به سولفور استفاده کند یا اینکه با اضافه کردن بوش سیلندر جداشدنی، عمر کارکردی را بیشتر نموده و اثرات نامطلوب بیوگاز را کاهش دهد.

در این راستا استفاده محدود از موتورهای استرلینگ هم پیشنهاد می‌گردد. البته محدودیت فضا در راه‌اندازی و بهره‌برداری موتورهای استرلینگ موجب کاهش استقبال از این نوع پیشرانده شده است.

دیدگاه اقتصادی و مالی:

در حال حاضر محصولات خروجی از لجن فاضلاب مجموعه دامداری به منظور تولید کود دامی استفاده می‌شود و هیچ گونه برنامه‌ریزی برای کاهش متان وجود ندارد. ارزش اقتصادی لجن موجود پس از راه‌اندازی واحد نیروگاهی در حدود ۸۰٪ افزایش می‌یابد. چراکه پسماند تغلیظ شده هاضم‌ها محل ایجاد ترکیب پروتئینه خواهد بود که به عنوان کود فرآوری شده قابل عرضه به بازار است. بنابراین یکی از مزیت‌های رقابتی راه‌اندازی نیروگاه در تولید کود پروتئینه با ارزش اقتصادی بالاست. با توجه به تعرفه خرید برق تجدید پذیر (۴۰۰۵۵ Rial/kW.h) و میزان ظرفیت تولید ماهانه این مجموعه از نیروگاه بیوگاز، برآورد می‌شود که نقطه سر به سری واحد نیروگاهی ۲ سال باشد.

۱-۷ امکان سنجی حل مسئله

امکان سنجی اقتصادی:

ناترازی انرژی و کاهش قابلیت اطمینان توزیع برق توسط شبکه سراسری، بازار پسندی تولیدات برق پراکنده را رونق داده است. براساس گزارش آژانس انرژی آمریکا حدود ۲٪ از حجم بازار انرژی متخص این نیروگاه‌هاست. با این وجود به دلایل اقلیمی و منابع سرشار و همچنین مشوق‌های مالیاتی، حجم بالقوه راه‌اندازی این واحدها در ایران بالاتر از ۵٪ خواهد بود. استفاده از سوخت‌های زیستی و بیوگاز باعث ایجاد مزیت اقتصادی از بابت ایجاد راهکاری مناسب برای تامین سوخت پایدار و ارزان قیمت برای این واحدها می‌شود که قابلیت اطمینان اقتصادی اجرای این طرح را بالا می‌برد. با این وجود هزینه‌های تعمیر و نگهداری و اثر شرایط اقلیمی خاص موجب کاهش بازده اقتصادی این نیروگاه‌ها می‌شود. بهره‌برداری از این نیروگاه‌ها در مقیاس کوچک نه تنها باعث مرتفع سازی عدم النفع واحدهای تولیدی از قطع برق شبکه سراسری می‌شود، بلکه ارزیابی درصد موفقیت آنها می‌تواند در پویاسازی اقتصاد روستا و مناطق کم برخوردار موثر باشد.

شرح	حداقل (م ت)	حداکثر (م ت)
میزان افزایش درآمد سالانه	۵۰۰	۳،۰۰۰
کاهش هزینه های پیرامونی	۱۰۰	۵۰۰
افزایش درآمد از محل فروش برق	۵،۰۰۰	۷،۰۰۰
افزایش درآمد از محل فروش کود پروتئینه غنی شده	۱،۰۰۰	۳،۰۰۰
افزایش هزینه به منظور تعمیرات و نگهداری نیروگاه	۳۰۰	۵۰۰
افزایش هزینه تغییر کاربری سامانه تصفیه لجن	۵۰۰	۷۰۰

امکان سنجی فنی:

اصلی ترین مسئله حول احداث و راه اندازی نیروگاه های تولید پراکنده در واحدهای صنعتی خرد و متوسط جبران عدم النفع حاصل از قطعی های مکرر برق و همچنین تأمین پایدار حرارت در فصول سرد سال به منظور ایجاد پایداری در خط تولید و فرایند خدمات رسانی است. خوراک نیروگاه های تولید پراکنده می تواند از منابع فسیلی یا زیستی تأمین گردد که نوع خوراک زیستی از جمله شکل های نوین و سازگار با محیط زیست محسوب می گردد. چراکه در مقیاس بالا توانمندی جمع آوری متان متساعد شده از فعالیت های حیوانی را داراست. لذا، قادر به رفع محدودیت های محیط زیستی در واحدهای دامداری است. با این وجود مهمترین مفاهیم مهم در راستای راه اندازی یک نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز مشتمل بر موارد زیر است.

- بهبود مؤلفه زمان ماند هیدرولیکی در هاضم ها بر اساس مقدار بیوگاز مصرفی نیروگاه
- برآورد تعداد دقیق هاضم های مورد نیاز و افزایش بازده تولید بیوگاز به کمک باکتری های تجزیه کننده اصلاح شده

- کاهش تولید ترکیبات سولفور (H₂S) از مبدا تولید گاز به کمک بیوفیلترهای تولید داخل

- استفاده از موتور-ژنراتورهای گازسوز با توان حداکثر ۵۰ کیلووات

- لزوم بهره برداری از سامانه کنترل دقیق نرخ جریان لجن، دور همزن، اسیدی شدن مخلوط و تولید بیوگاز زمان ماند هیدرولیکی مهمترین مؤلفه فیزیکی در بازده تولید گاز هاضم هاست. ابعاد، نرخ تغذیه، اسیدیته شدن مخلوط باعث تغییرات در زمان ماند سلولی شده و بطور مستقیم بر زمان ماند هیدرولیکی اثر می گذارد. افزایش اسیدی شدن مخلوط باعث اختلال در روند تجزیه مواد مغذی و کربوهیدرات ها توسط باکتری های فعال شده. بنابراین، لازم است تا از افزونه های قلیایی یا بیوچارها برای کاهش سطح اسیدیته شدن مخلوط بهره برد.

یکی از مهمترین تئوری ها مد نظر پیشنهاد دهندگان این طرح غنی سازی باکتری ها به منظور افزایش سطح فرایند تجزیه کنندگی است. بنابراین، لازم است تا حول این موضوع طرح های تحقیقاتی مشترک با مراکز پژوهشی و دانشگاه ها تعریف و انجام شود. در فرایند مد نظر و بر اساس الگوهای موجود لازم است تا حداقل سه هاضم بکارگیری شوند. زمان ماند هیدرولیکی هریک از آن ها می بایست متفاوت باشد تا از این طریق نرخ خروج گاز کنترل شود و بر اساس شرایط کارکردی مولدهای برق، جریان گاز پایدار تأمین گردد. بنابراین، لازم است تا هاضم ابتدایی در زمان کمتر از ۹ ساعت به حداکثر فشار کاری برسد و پس از آن با کاهش سطح خوراک و انتقال آن به هاضم میانی، وظیفه تأمین گاز بر عهده هاضم میانی باشد. لازم است تا هاضم میانی در کمتر از ۱۵ ساعت به حداکثر فشار کاری برسد که افت فشار گاز رخ ندهد. در نهایت نیز هاضم سوم برای جمع آوری محصولات خروجی هاضم میانی و ابتدایی تعبیه شده تا بصورت همزمان تولید گاز و کود دامی پروتئینه کند. در هاضم انتهایی استحصال گاز کمتری پیش بینی شده و بیشتر بر توانمندی تولید کود دامی پروتئینه آن تمرکز خواهد شد. چراکه مخلوط درون آن دارای سطح پایین تری از مواد مغذی و کربوهیدرات ها بوده و سطح پروتئین در آن بالاست.

با توجه به رصد تحقیقات کنونی مبنی بر کاهش اثرات مخرب ترکیبات سولفور بر عملکرد نیروگاه های بیوگاز می توان دریافت که دو رویکرد متفاوت وجود دارد. رویکرد اول که متداول ترین نوع آن است استفاده از ظرفیت

پالایشگاه شیرین‌سازی گاز ترش به منظور جداسازی ترکیبات گوگردی از بیوگاز خروجی از هاضم‌هاست. وجود گازی‌سازهای متعدد (گازیفایر)، تجهیزات سردکننده، مبدل‌های حرارتی، جداسازهای واکنشی و فیلترهای خاص، راه‌اندازی این دست از پالایشگاه‌ها را برای واحدهای دامداری کمتر از ۵۰۰ راس هزینه‌زا نموده و دوره بازگشت سرمایه نیروگاه را تا ۲ برابر افزایش می‌دهد. رویکرد دوم استفاده از ظرفیت تولید دانش و بهره‌گیری از نتایج تحقیقات داخلی به منظور استفاده عملیاتی از بیوفیلترها تولیدی در گروه تحصیلی مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه فردوسی است که نتایج محصول نهایی تولید شده در مجلات معتبر بین‌المللی و در قالب مقاله به چاپ رسیده و توانسته در حدود ۹۴٪ سطح هیدروژن سولفید را کاهش دهد.

ردیف	محصول / فناوری مشابه	شرکت و کشور سازنده	لینک وبسایت	شرح محصول و اطلاعات فنی موجود / مستندات
۱	Biogas Nord	آلمان	https://www.biogas-info.co.uk/resources/suppliers/biogas-nord	سازنده انواع هاضم‌های تک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای
۲	2G Energy AG	آلمان	https://2-g.com/en	ساخت و بهره‌برداری از سامانه‌های Bio-CHP
۳	سامان انرژی گستر پویای شرق	ایران	https://newgas.ir/	راه‌اندازی نیروگاه‌های Bio-CHP در ایران
۴	بیوفیلتر کاهنده H ₂ S	ایران	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262301123X	استفاده از بیوجار و مواد آلی برای جداسازی ارزان هیدروژن سولفید از گاز اولیه خروجی از هاضم‌ها

وجه تمایز / تشابه فناوری‌ها با یکدیگر و مزایا و معایب هر یک:

وجه تمایز اصلی بین فناوری‌های بین‌المللی و محصول موجود، بومی‌سازی سامانه یکپارچه هاضم-مولد در ابعاد کوچک به منظور راه‌اندازی یک دیزل ژنراتور ۵۰ کیلووات است. همچنین وجه تمایز با محصول داخلی، استفاده از فناوری‌های کنترل دقیق در رصد میزان تولید بیوگاز در واحدهای کوچک مقیاس است.



پروژه هاضم مستقر در روستای خوجان نیشابور
توسط شرکت پیشنهاددهنده بهره‌بردار



پروژه ۱۵۰۰ مترمکعبی ذخیره‌سازی بیوگاز توسط
شرکت پیشنهاددهنده بهره‌بردار

امکان سنجی مالی:

راه اندازی نیروگاه کوچک مقیاس تولید همزمان برق و حرارت شامل گلوگاه‌های فناورانه ایست که بر روی امکان‌سنجی مالی فاز راه‌اندازی آن اثرگذار است. موارد زیر بخش محسوسی از مولفه‌های اثرگذار را بیان میکند:

- ۱- طراحی و مدلسازی نیروگاه بر اساس خوراک موجود
 - ۲- انتخاب ابعاد هاضم‌ها، انتخاب موتور تولید کننده قدرت و تعیین حداقل تعداد حسگرها و عملگرها
 - ۳- اصلاح و تطبیق شرایط احداث نیروگاه با واحد تصفیه لجن موجود در دامداری
- از جمله مطالبات کلیدی برای احداث نیروگاه، تعیین کیفیت خوراک است. بنابراین، لازم است تا در فاز دانشی اطلاعات مربوط به کیفیت‌سنجی بیوگاز تولیدی دامداری مشخص شود. هزینه این فاز از اجرا در قالب مشارکت دانشی و انتقال فناوری است.

حداقل هزینه‌های تحقیقات			
ردیف	شرح فعالیت	حداقل هزینه (م ت)	حداکثر هزینه (م ت)
۱	فعالیت‌های تحقیقاتی تا رسیدن به کمینه محصول پذیرفتنی (MVP)	۳۵۰	۵۰۰
۲	فعالیت‌های لازم تا ساخت و آزمون نمونه مهندسی	۵۰۰	۱۰۰۰
۳	فعالیت‌های لازم تا حصول نمونه معیار تولید	۵۰۰	۱۰۰۰

حداقل هزینه‌های تولید		
هزینه‌های ثابت	ساختمان	بین ۱ تا ۳ میلیارد تومان
	تجهیزات و ماشین‌آلات تخصصی	بین ۱ تا ۳ میلیارد تومان
	تجهیزات و ماشین‌آلات عمومی	کمتر از ۵۰۰ میلیون تومان
هزینه‌های متغیر	مواد اولیه و مصرفی	کمتر از ۵۰۰ میلیون تومان
	نیروی انسانی	بین ۱ تا ۳ میلیارد تومان

۸-۱ کاربردهای دیگر فناوری/محصول در صنایع مختلف

صنایعی را که محصول مدنظر یا فناوری آن می‌تواند در آن کاربرد داشته باشد علامت بزنید:

۱. صنایع برقی و نیروگاهی
۲. تامین آب و انرژی
۳. دام و طیور

۹-۱ ذی نفعان حل مسئله

ردیف	سازمان	نقش سازمان	سمت در سازمان	نوع تعامل	توضیحات
۱	توزیع برق شهرستان	متولی توسعه	مدیرعامل	بررسی اسناد منتشر شده	استعلام اطلاعات از مدیرعامل برق شهرستان محل احداث
۲	گلشیر مشهد	متولی اکتساب (کارفرما)	ریاست	بازدید و رصد میدانی	کسب اطلاعات اولیه از ظرفیت مجموعه تولیدی
۳	پردیس رشد ایرانیان	طرح ریز مأموریت	کاشف	—	ارائه دهنده سند RFP
۴	شرکت آهار	رقیب	مدیر تحقیق و توسعه	پرس و جواز آگاهان	مشاور تجهیز و بهره برداری
۵	سامان انرژی گستر پویای شرق	کاربر عملیاتی	مدیر عامل	بازدید و مصاحبه	مجری بهره برداری

فصل ۲: شرح خواسته‌ها و نحوه اجرا

۲-۱ الزامات مدنظر برای محصول			
اولویت	شرح	نوع الزام	شناسه
قطعی	<p>سناریوهای استفاده از محصول عبارتند از :</p> <p>۱- راه‌اندازی هاضم‌های کوچک و استفاده از سامانه تولید همزمان برق و حرارت توسعه یافته در پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت مدرس</p> <p>۲- بهره‌مندی از مدل‌های مرسوم ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های بیوگاز متوسط و بزرگ مقیاس</p> <p>رعایت الزامات مرتبط با فاکتورهای زمان ماند هیدرولیکی، کیفیت خوراک اولیه، تخمین نرخ حجمی گاز تولیدی و حداکثر توان تولیدی نیروگاه</p> <p>زمان ماند هیدرولیکی مولفه مهم در تخمین ابعاد و تعداد هاضم‌هاست. همچنین می‌تواند در برآورد زمان عملیاتی شدن نیروگاه موثر باشد.</p> <p>کیفیت خوراک تولیدی نیز برای تخمین میزان حداکثر گاز استحصال از گاز متساعد شده اولیه بکار می‌رود.</p> <p>به منظور طراحی و مدلسازی اولیه نیروگاه و تأمین تجهیزات پیرامونی آن لازم است تا نرخ تغذیه نیروگاه براساس نرخ حجمی گاز تولیدی از هاضم‌ها برآورد شود.</p> <p>پس از رعایت الزامات فوق، می‌توان حداکثر میزان توان تولیدی توسط مولدهای برق را برآورد کرد. با توجه به سیستم‌های موجود در دامداری اولویت تأمین توان برق برای واحدهای شیردوشی، واحد پمپ و انتقال آب کشاورزی، واحدهای سردکننده ذخیره‌سازهای شیر، واحد گرمایش مرکزی و واحد اداری مجموعه است. تخمین دقیق تخصیص برق برای هریک از این زیر سامانه‌ها در تعیین زمان بازگشت سرمایه بسیار اهمیت دارد.</p>	مأموریتی/ عملکردی	QR-1
ترجیحی	<p>بر اساس برآوردهای اولیه انجام شده و همچنین خروجی‌های حاصله از مصاحبه و ظرفیت‌سنجی میدانی دامداری، برای تولید پیوسته برق و حرارت از طریق نیروگاه تولید پراکنده بیوگاز، ۳ هاضم با حجم‌های ۵۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ لیتری لازم است. هاضم‌ها بر اساس ترتیب حجمی پشت سرهم قرار می‌گیرند. بصورتی که هاضم اولیه دارای کمترین حجم است تا زمان ماند هیدرولیکی آن کاهش یافته و در مدت زمان کوتاه‌تری به حداقل فشار گاز مطلوب به منظور راه‌اندازی اولیه نیروگاه برسد. هاضم ۵۰۰ لیتری نیز به منظور نگهداشت مابقی لجن‌های تصفیه شده در انتهای خط جانمایی می‌شود تا از این طریق بهره‌بردار بتواند کود پروتئینه مطلوب را استخراج نماید. کیفیت گاز استحصال از هاضم‌ها می‌بایست بصورتی باشد که حداقل دارای ۵۵٪ متان بوده تا با غنی‌سازی مجدد مخلوط سوخت ورودی به مولدها از افت توان نیروگاه جلوگیری شود. بطور معمول این غنی‌سازی با وارد کردن سوخت‌های مایع و افزایش درصد آن‌ها در مخلوط سوخت وارد شده به مولد (موتور احتراق داخلی) انجام می‌شود.</p>	کارکردی	QR-2

	<p>انتفاع اصلی از توان برق تولیدی نیروگاه تنها به منظور تأمین برق دامداری در زمان پیک بار مصرف شبکه سراسری توزیع برق است. برنامه‌ریزی‌های انجام شده بدین صورت است که در هنگام پیک بار، کلیه مصارف برق دامداری توسط نیروگاه تأمین شود و واحد مذکور بطور تقریبی از تأمین برق سراسری بی‌نیاز گردد. همچنین در فصول سرد و به منظور جلوگیری از سوزاندن سوخت‌های مایع آلاینده محیط زیست برای تأمین گرمایش سوله نگهداشت دام، می‌توان از ظرفیت حرارتی نیروگاه بهره برد. بنابراین فاصله اثرگذاری راه‌اندازی نیروگاه در محدوده دامداری است. از زمان تصویب RFP طرح و شروع رسمی پروژه پیش بینی می‌شود که راه‌اندازی نیروگاه ۳ سال بطول بیانجامد. ۹ ماه مربوط به فاز دانشی و تکمیل فاز تحقیقاتی و ۲ سال و ۳ ماه آینده به منظور اجرای پروژه و بهره‌برداری کامل از نیروگاه. در دسترس بودن این پروژه به دلیل وجود سرمایه‌گذار خصوصی تنها در حیطه اختیارات شرکت پیمانکار اجراء و کارفرما است. سایر شرکت‌های خصوصی متقاضی می‌بایست همین روند را در جهت احداث نیروگاه طی نمایند. چراکه ظرفیت نگهداشت دام به عنوان مولفه پایه تخمین حجم گاز تولیدی از واحدی به واحد دیگر متغیر است.</p>		
قطعی	<p>به دلیل قرارگیری نیروگاه در محدوده اقلیمی حاشیه رشته کوه هزار مسجد (شهرستان چناران)، تغییرات آب‌وهوایی ناگهانی در این منطقه امری متداول است. بنابراین بهره‌بردار می‌بایست الزام تطبیق با شرایط محیط طبیعی را لحاظ کند. الزام مستقل‌سازی تولید گاز از شرایط اقلیمی و تهمیدات مرتبط با حوادث غیر مترقبه (سیل و زلزله) در منطقه جغرافیایی مذکور می‌بایست جزء الزامات قطعی و تعهدات رسمی پیمانکار احداث و بهره‌برداری باشد.</p> <p>با افزایش تعداد مولدهای برق احتمال ایجاد ارتعاش و همچنین وجود صدای ناهنجار از بابت کارکرد تمام بار موتورها وجود دارد. بنابراین الزام است تا با تعبیه اتاق مخصوص مولدها، جانمایی مناسب ادوات بیرونی و درونی اتاق و همچنین استفاده از تجهیزات کاهش نویز محیطی و ارتعاش مولدها (زیرسازی مناسب سازه نگهدارنده موتوها) این الزام پوشش داده شود.</p>	محیطی	QR-3
قطعی	<p>پس از ساخت هاضم‌ها، نمونه مولد سیار و سایر ملزومات نیروگاهی، الزام حمل و نقل تجهیزات بوجود می‌آید. با توجه به نظر کاربر ممکن است تأمین برخی از تجهیزات از مبادی وارداتی صورت گیرد. لذا در نظر گرفتن حمل و نقل برون استانی و حتی بین کشوری در این طرح الزامیست.</p> <p>پس از بهره‌برداری نیروگاه، لازم است کاربرگ‌های مرتبط با تعمیر و نگهداری به تکنسین آموزش دیده تحویل داده شود. به دلیل فعالیت سامانه نیروگاهی در محیط خورنده، رعایت اصول فنی و زمان‌های تعیین شده برای تعمیر و نگهداری و چک قطعات مکانیکی یا سازه هاضم‌ها می‌بایست رعایت گردد. همچنین درجه تخلیه مناسب لجن نیز برای تمیزکاری دوره‌ای می‌بایست توسط طراحی سازه در نظر گرفته شود.</p>	پشتیبانی	QR-4

	یکی از مراحل مهم در روند بهره‌برداری، تست کامل قطعات و سپس تحویل‌دهی سالم به کارفرماست. همچنین لازم است تا پیمانکار بطور مستقر یا مشترک، تکنسین آموزش دیده جهت انجام خدمات پس از فروش و در دسترس کارفرما را تعیین کرده و نحوه ارتباط موثر آن را با کارفرما یا نماینده تام‌الاختیار وی مشخص کند.		
QR-5	فیزیکی	برای تعیین وزن سازه هاضم‌ها نیاز به مطالعات مکانیک خاک و در صورت الزام زیرسازی به منظور ایجاد استحکام سازه هاضم‌ها در برابر نشست زمین است. حجم هاضم‌ها می‌بایست به ترتیب ۵۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ لیتر در نظر گرفته شود تا در مدت زمان ماند هیدرولیکی کمینه به تولید حداکثر حجم بیوگاز برسد. برای جلوگیری از نشستی هاضم‌ها لازم است تا سطح بیرونی و درونی آن‌ها ایزوگام گردد. دیواره هاضم‌ها لازم است از بتن مسلح ساخته شود و سقف آن متحرک در نظر گرفته شود. شفت همزن بالای هاضم نیز می‌بایست بصورت تلسکوپی طراحی گردد تا در حین فرایند باز و بسته شدن سقف هاضم، ضربه به آن وارد نشده و خم نگردد. وزن هریک از مولدها با سازه فولادی نگهدارنده حداکثر ۳ تن می‌شود.	قطعی
QR-6	شیمیایی	به دلیل شرایط وجود محیط بی‌هوازی در هاضم‌ها، احتمال افزایش pH مخلوط لجن و به تبع آن سمی شدن محیط وجود دارد. همچنین نشت لجن به اطراف سازه موجب آلودگی خاک می‌شود.	قطعی
QR-7	مصرف انرژی	استارت اولیه مولدها مستلزم وجود باتری ۲۴ ولت است. اما پس از راه‌اندازی لزومی بر نصب کامل این تجهیزات نیست. ویژگی این نیروگاه تأمین توان مورد نیاز برای استقلال دامداری از شبکه توزیع سراسری برق است. یکی از الزامات مهم در این بخش وجود سامانه کنترلی برای ایجاد توازن در حین اتصال برق مولدهای تولید پراکنده به شبکه توزیع برق سراسری است. ضعف در تأمین این سامانه، منجر به تحمیل بار ناگهانی به مولدها شده و احتمال خرابی‌های مکانیکی غیر پیش‌بینی شده را افزایش می‌دهد.	قطعی
QR-8	طول عمر عملیاتی	با در نظر گرفتن انجام شدن به موقع دوره‌های تعمیرات و نگهداری، حداکثر عمر عملیاتی سامانه ۱۵ سال تخمین زده می‌شود. در صورت تعویض به موقع مولدها، عمر عملیاتی تا ۱۰ نیز قابل افزایش است (حداکثر ۲۵ سال).	قطعی
QR-9	تضمین محصول	میزان تعهدات از طرف بهره‌بردار به منظور تضمین محصول در مراحل پس از بهره‌برداری می‌بایست تعیین و در متن قرارداد بهره‌برداری بطور دقیق انشاء شود.	قطعی
QR-10	ایمنی	به دلیل فعالیت در محیط خورنده، دارای ارتعاش بالا و همچنین بد بو، الزامات ایمنی شامل موارد زیر است: ۱- الزام به رعایت نکاتی ایمنی مرتبط با اشتعال‌پذیری ۲- الزام به رعایت نکاتی ایمنی مرتبط محیط‌های پرمخاطره ارتعاشی و پرسر و صدا ۳- الزام به رعایت حداکثر میزان فشار گاز و بازرسی دوره‌ای سوپاپ‌های اطمینان فشار گاز	قطعی

QR-11	محیط زیست	۱- الزام به رعایت استانداردهای بین المللی حداکثر سطح انتشار متان ۲- الزام به رعایت استانداردهای ملی مرتبط با راه اندازی و مخاطرات زیستی نیروگاه های تولید پراکنده ۳- الزام به رعایت استانداردهای بهره برداری ذخیره سازها و اماکن تصفیه لجن فاضلاب	قطعی
QR-12	طراحی	۱- الزام به رعایت اصول طراحی سازه های بتنی در محیط های خورنده ۲- الزام به رعایت اصول طراحی و مدلسازی نیروگاه های تولید پراکنده	قطعی
QR-13	ساخت	پوشش پذیری سطحی مواد بکاررفته در هاضم ها و توانمندی عایق کاری سطوح مرتبط با انتقال بیوگاز به ورودی خوراک نیروگاه همچنین عایق کاری دقیق خروجی آگروز نیروگاه به منظور استفاده حداکثری از حرارت بازیافت در سامانه تولید حرارت	قطعی

۲-۲ بررسی عملکرد برای الزامات کمی

شناسه	ویژگی عملکردی	واحد	مقدار کنونی	وضعیت مطلوب	توضیحات
PR-1	تولید گاز	m ³ /h	۰	۲.۵	
PR-2	همزن	RPM	۰	۱۰۰	
PR-3	دبی مناسب انتقال	kg/hr	۰	۱۲۰	
PR-4	تولید توان	kW	۰	۲۵۰۰	
PR-5	سرعت انتقال	Lit/min	۰	۳۰	

۲-۳ محدودیت ها و قیود

محدودیت های خارج از مجموعه کاربر و کارفرما:

سر فصل محدودیت هایی که خارج از مجموعه کاربر و کارفرما می شود شامل موارد زیر است.

۱- محدودیت های مرتبط با سیاست گذاری و حکمرانی: تغییر سیاست گذاری در تعیین تعرفه خرید برق تجدید پذیر از جمله مهمترین این موارد است. رویه اعلام تعرفه خرید برق تجدیدپذیر در سال های اخیر نشان داده که قانون گذار دست دولت ها را برای اعمال هرگونه سیاست انقباضی یا انبساطی تعرفه باز گذاشته است. با توجه به نبود سیاست های مدون در توسعه منابع تجدیدپذیر در کشور، این امکان وجود دارد که در حوزه تصمیم گیر بالادستی، تعرفه خرید برق تجدید پذیر کاهش یابد که بصورت مستقیم در بازگشت سرمایه نیروگاه اثرگذار است. مورد دیگری که جزء این محدودیت ها قرار می گیرد مربوط به تغییر تعرفه های مالیاتی است. در حال حاضر مشوق های مالیاتی مناسبی برای بهره برداری از واحدهای برق

تجدیدپذیر در نظر گرفته شده است. اما این امکان وجود دارد که ارزش ریالی مشوقها کمتر شده و سختگیری بر روی احداث این دست از واحدها بیشتر گردد.

۲- محدودیت‌های زیست محیطی: با توجه به تغییر آبی استانداردهای داخلی و ارائه بخشنامه‌های خلق‌الساعه از طرف نهادهای قانون‌گذاری و نظارتی، این محدودیت بوجود خواهد آمد که استاندارد سختگیرانه‌تری برای کاهش سطح متان واحدهای نیروگاهی بیوگاز وضع شده و در زمان کمی لازم الاجراء شود. همچنین ممکن است به دلیل تغییر کاربری سامانه تصفیه لجن، محدودیت‌های مرتبط با رعایت استاندارد پساب خروجی از دامداری و بازچرخانی آب نیز دستخوش تغییراتی بشود.

۳- محدودیت‌های فنی و دانشی مرتبط با راه‌اندازی: تجربه راه‌اندازی واحدهای نیروگاهی بیوگاز توسط پیمانکاران اغلب در ابعاد متوسط و بزرگ بوده. با مشورت از خبرگان این بخش مشخص شد که محدودیت دانشی در راه‌اندازی این واحدها، حتی در ابعاد بزرگ کماکان وجود دارد. بنابراین، در صورت طی نشدن مناسب فاز دانشی و نقص در ارائه نتایج کیفیت‌سنجی خوراک نیروگاه امکان شکست پروژه در فاز اجراء وجود دارد.

بررسی مستندات و استانداردهای موجود برای راه‌اندازی واحدهای نیروگاهی بیوگاز نشان داد که مهمترین مولفه‌های دخیل عبارتند از:

۱- زیربنای موجود: براساس ویژگی‌های ابعادی و استحکام سازه هاضم‌ها (استوانه‌ای یا افقی) می‌بایست حداقل زیربنای کافی برای احداث تخمین زده شود. زمان ماند هیدرولیکی در برآورد حجم هاضم اثرگذار است. در همین راستا حداقل ۱۰٪ حجم برآورد شده میدانی می‌بایست برای محل انباشت مواد خام در نظر گرفته شود.

۲- ویژگی‌های فیزیکی خوراک اولیه و مواد خام: کیفیت‌سنجی و تغییر کیفیت خوراک دام به منظور استحصال بیشترین حد متان از مخلوط بیوگاز حالت ایده‌آل برای احداث نیروگاه بیوگاز است. بهترین حد استحصال متان از لجن فاضلاب دامی ۷۰٪ ارزش حرارتی گاز شهری است که می‌بایست برای تولید خوراک مناسب دام توازنی بین کیفیت متان استحصال و حداکثر بازدهی شیری گاوها در نظر گرفته شود.

۳- برآورد حدودی از شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه: تغییرات ناگهانی آب و هوایی و اقلیم بر روی پیش تیمار حرارتی هاضم‌ها و کارکرد بیوفیلترها اثرگذار است.

۴- حداقل هزینه برای راه‌اندازی اولیه: با توجه به موارد هزینه‌ای بیان شده، می‌بایست حد استاندارد تأمین هزینه و پرداخت‌های مرحله‌ای توسط سرمایه‌گذار لحاظ گردد.

محدودیت‌های داخلی مجموعه کاربر و کارفرما:

محدودیت‌های داخلی مد نظر کاربر عبارتند از:

- ۱- حداقل تغییر کاربری در سامانه تصفیه لجن به منظور احداث واحد نیروگاهی
- ۲- کنترل هزینه احداث: حداکثر میزان سرمایه‌گذاری برای اجرای فاز اول طرح بین ۷ الی ۱۰ میلیارد تومان است

۳- محدودیت بازگشت سرمایه: برآوردهای اقتصادی و زمان اجرای پروژه می‌بایست به صورتی انجام گیرد که نقطه بازگشت سرمایه حداکثر دو سال باشد.

۴- عدم تغییر در کنستانت‌تره و خوراک دام: امکان تغییر آن چنانی به منظور تولید حداکثر متان در خوراک اولیه دامی وجود ندارد.

راه‌حل‌ها / فناوری‌ها و محصولات نامطلوب برای کاربر:

۲-۴ پیوست‌ها

۱. پیوست ۱ (Hyperlink شود)
۲. پیوست ۲
۳.
۴. قالب پیشنهادیه فنی
۵. دیگر مستندات مانند استاندارد ها و موارد دیگر

فصل ۳: نحوه صحه‌گذاری الزامات

۳-۱ ملاحظات صحه‌گذاری

مشخصات آزمون‌ها:

ردیف	عنوان آزمون	سطح آزمون	مسئول اجرا
۱	آزمون کیفیت سنجی ترکیبات بیوگاز تولیدی	پیشرفته	تیم پژوهشی
۲	آزمون عملکردی سامانه نیروگاهی با لجن فاضلاب مجموعه دامداری	متوسط	تیم اجرایی
۳	آزمون عملکردی جداسازی ترکیبات سولفور	پیشرفته	تیم پژوهشی
۴	تست اولیه بهره‌برداری از سامانه هاضم‌ها	متوسط	تیم اجرایی
۵	خوراک دهی اولیه به نیروگاه	متوسط	تیم اجرایی
۶	کالیبراسیون سامانه کنترلی با اجزاء نیروگاه و هاضم‌ها	پیشرفته	تیم اجرایی

نکات و الزامات آزمون، کنترل کیفیت و تضمین کیفیت محصول:

الزامات مهم برای تأیید کارکرد محصول اولیه به منظور راه‌اندازی یک واحد تولید همزمان برق و حرارت به صورتی است که می‌بایست در دو قالب آزمون‌های عملکردی و بازرسی برخط در نظر گرفته شود. اولین الزام عملکردی این سامانه تطبیق شرایط کارکردی با خوراک اولیه دامداری است. بنابراین لازم است تا بر اساس نتایج بدست آمده از کیفیت سنجی خوراک اولیه، کیفیت عملکردی سامانه بررسی و صحه‌گذاری شود. پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت مدرس به عنوان مجری بخش مهندسی و ارتقاء محصول اولیه شناخته می‌شود. بنابراین، ظرفیت ارتباطاتی این مجموعه این امکان را فراهم می‌آورد تا برای تضمین کیفیت کارکردی سامانه به گزارشات علمی تایید شده از طرف مراجع علمی بین المللی (مقالات منتشره) و تضمین کیفیت کارکردی بر اساس گزارش پژوهشگاه ابری اکتفا کند. پس از تضمین کیفیت کارکردی اولیه محصول لازم است تا سازوکار بازرسی برخط از سامانه بر اساس فازهای مختلف بهره‌برداری تدوین شده و به کاربر ارائه گردد.

گواهی‌ها یا تأییدیه‌های لازم برای بخش خاصی از محصول یا تمام محصول:

۱- گواهی و مستندات مربوط به کیفیت سنجی خوراک اولیه

۲- تأییدیه کاربری مناسب هاضم، بیوفیلترها و نیروگاه

تعهدات مدنظر در زمینه ضمانت محصول:

تعهدات مدنظر در قالب تضمین محصول عبارتند از:

۱- تحویل دفترچه کاربری نیروگاه به همراه کاربرگ‌های بازرسی فنی

۲- توجیه و آموزش تکنسین‌های مربوطه برای راه‌اندازی و انجام بازرسی‌های لازم نیروگاهی

۳- تضمین تأمین قطعات مصرفی از طرف بهره‌بردار

۴- ارائه خدمات تعمیر و نگهداری پس از بهره‌برداری در چارچوب متعارف از طرف بهره‌بردار به مدت دو

سال

۲-۳ روش صحت‌گذاری الزامات

توضیحات	روش صحت‌گذاری				شناسه الزام
	آزمون	نمایش	تحلیل	بازرسی	
	✓				QR-1
				✓	QR-2
				✓	QR-3
				✓	QR-4
	✓				QR-5
	✓				QR-6
		✓			QR-7
		✓			QR-8
				✓	QR-9
	✓				QR-10
				✓	QR-11
			✓		QR-12
			✓		QR-13
	✓				PR-1
	✓				PR-2
	✓				PR-3



۳-۲ روش صحه‌گذاری الزامات					
توضیحات	روش صحه‌گذاری				شناسه الزام
	آزمون	نمایش	تحلیل	بازرسی	
	✓				PR-4
	✓				PR-5

فصل ۴: خروجی‌های مورد انتظار و الزامات تحویل دهی

۴-۱ اقلام تحویلی مورد انتظار (سخت‌افزار و نرم‌افزار)				
ردیف	عنوان اقلام تحویلی	تعداد / مقدار	موعد تحویل	توضیحات
۱	سامانه کنترلی نیروگاه	۱	۹ ماهه دوم	
۲	مدل طراحی شده نیروگاه	۳	۹ ماهه اول	
۳	ادوات تعمیر و نگهداری	-	۳ ماهه آخر	

۴-۲ مستندات تحویلی مورد انتظار			
ردیف	عنوان مستندات	موعد تحویل	توضیحات
۱	نتایج کیفیت سنجی مواد خام	۶ ماهه	به منظور برآورد سطح تولید گاز سننر
۲	نقشه طراحی و مدلسازی نیروگاه	۶ ماهه	ارائه شده توسط تیم مهندسی
۳	نقشه سازه هاضم‌ها و طراحی سامانه مولد	۹ ماهه	ارائه شده توسط تیم مهندسی
۴	مستندات مرتبط با هزینه کرد تامین و تجهیز قطعات	۶ ماهه	ارائه شده توسط تیم تامین تجهیزات
۵	مستندات مرتبط با نحوه راه‌اندازی سامانه	۶ ماهه	ارائه شده توسط تیم بهره‌بردار
۶	مستندات مرتبط با نحوه کنترل سامانه	۶ ماهه	ارائه شده توسط تیم بهره‌بردار
۷	مستندات مرتبط با نحوه تعمیر و نگهداری سامانه	۶ ماهه	ارائه شده توسط تیم بهره‌بردار

فصل ۵: ملاحظات

۵-۱ شیوه‌های مطلوب همکاری	
۱. عقد قرارداد تحقیق و توسعه	۲. عقد قرارداد ارائه خدمات فنی
۳. ادغام با شرکت فناور	۴. سرمایه‌گذاری مشترک

۵-۲ مالکیت
<p>مالکیت مادی:</p> <p>مالکیت مادی نیروگاه پس از احداث در اختیار کارفرماست.</p> <p>مالکیت معنوی:</p> <p>مالکیت معنوی و دانش توسعه داده شده بصورت مشترک برای تیم مجری و پژوهشگران دانشگاهی مرتبط با پروژه است.</p>

۵-۳ تخصص‌های مورد نیاز مربوط به تیم مجری
<p>۱- مهندس نیروگاه</p> <p>۲- طراح و مدلساز سیستم‌های انرژی و نیروگاهی</p> <p>۳- مهندس مکانیک گرایش ساخت و تولید</p> <p>۴- مهندس شیمی گرایش محیط زیست یا جداسازی فرایندی</p> <p>۵- مهندس عمران با گرایش سازه</p> <p>۶- مدیر پروژه</p> <p>۷- حسابدار یا مدیر مالی</p>

۵-۴ ملاحظات مربوط به زیرساخت لازم
<p>تیم مجری می‌بایست زیرساخت موجود تصفیه خانه در محل دامداری را بر اساس نیاز خود ارتقاء یا تغییر کاربری دهند. همچنین نیاز است تا برای احداث واحدهای هاضم، زیر بنای عمرانی لازم را به کارفرما ارائه دهند.</p>



۵-۵ ملاحظات ویژه کاربر / کارفرما

با توجه به جایگاه مشاورت کارفرمای این پروژه در اتاق بازرگانی استان خراسان رضوی، در صورت موفقیت در بهره‌برداری این پروژه و رضایت کارفرما، توانمندی عقد قرار داد برای یک واحد ۲۰۰۰ راسی گاو شیرده بوجود خواهد آمد.

فصل ۶: محتوا و قالب پیشنهادیه و راه ارتباطی با کارفرما و نگارنده

۱-۶ پیشنهادیه

تیم مجری باید فعالیت‌های پروژه و هزینه تمام‌شده را در قالب ارائه شده در پیوست سند حاضر، پیشنهاد دهد. پیشنهادیه ارائه شده توسط مجری بایستی تمامی سرفصل‌های قالب ارائه شده را پوشش دهد. توضیحات تفصیلی در قالب پیشنهادیه ارائه شده است.

پیشنهادیه باید به زبان رسمی فارسی و به صورت فایل الکترونیکی با پسوند PDF و docx ارائه شود. علاوه بر موارد ذکر شده در قالب پیشنهادیه، با توجه به اهمیت هزینه تولیدی برای کاربر، لازم است تخمینی اولیه از هزینه‌های مربوط به تولید محدود یا تولید انبوه محصول این پروژه ارائه شود.