



R&D IN INDIA

INNOVATIONS
UNLOCKED

तेजी से बढ़ते शहरीकरण और बदलती जीवनशैली के कारण ठोस अपशिष्ट प्रबंधन के मुद्दे गंभीर हो गए हैं, क्योंकि खुले लैंडफिल ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन के माध्यम से पर्यावरण को नुकसान पहुंचा रहे हैं। इस कचरे का लगभग आधा हिस्सा बायोडिग्रेडेबल कार्बनिक पदार्थ है जिसे एक मूल्यवान संसाधन में बदला जा सकता है।

CSIR-भारतीय रासायनिक प्रौद्योगिकी संस्थान (CSIR-IICT) ने इस समस्या के समाधान के लिए एनारोबिक गैस लिफ्ट रिक्टर (AGR) तकनीक विकसित की है। इस AGR प्रणाली को डॉ. ए. गंगाधर राव के नेतृत्व में 2013 में विकसित किया गया था जिसे भारतीय परिस्थितियों के लिए अधिकृत किया गया था और यह एनारोबिक डाइजेशन के माध्यम से जैविक कचरे को बायोगैस में बदल देती है। यह बायोगैस खाना पकाने और ऑफ-ग्रिड बिजली के लिए स्वच्छ ऊर्जा स्रोत के रूप में काम करती है।

इसके अतिरिक्त, एजीआर प्रक्रिया जैविक खाद या किण्वित जैविक खाद (FOM) का उत्पादन करती है जिससे मिट्टी की उर्वरता और फसल की पैदावार बढ़ती है। रासायनिक उर्वरकों की जगह FOM का उपयोग संधारणीय कृषि को बढ़ावा देता है।

AGR तकनीक लैंडफिल से जैविक कचरे को हटाकर, मिथेन उत्सर्जन तथा प्रदूषण को कम करके कई पर्यावरणीय लाभ प्रदान करती है। यह खाद्य अपशिष्ट, बाजार जनित सब्जी अपशिष्ट, बूचड़खाने के अपशिष्ट और पशु खाद सहित विभिन्न फीडस्टॉक्स को समायोजित करता है। यह AGR प्रणाली 11 भारतीय राज्यों में 31 अधिष्ठापनों के साथ प्रतिदिन लगभग 250 किलोग्राम से लेकर 10 टन कचरे को प्रबंधित करती है जो एक संधारणीय अपशिष्ट प्रबंधन में इसकी बहुमुखी प्रतिभा और प्रभावशीलता को प्रदर्शित करती है।

AGR तकनीक को अपनाने से पर्यावरण को कई लाभ मिलते हैं। लैंडफिल से जैविक कचरे को हटाकर, AGR आधारित बायोगैस संयंत्र मिथेन

उत्सर्जन को काफी हद तक कम कर सकते हैं, जो एक शक्तिशाली ग्रीनहाउस गैस है। इसके अलावा, जैविक कचरे को संसाधित करके, AGR तकनीक स्वच्छ प्रदूषण को कम करती है और सार्वजनिक स्वास्थ्य की सुरक्षा प्रदान करती है।

AGR प्रौद्योगिकी विभिन्न प्रकार के फीडस्टॉक्स जैसे खाद्य अपशिष्ट, बाजार जनित सब्जी अपशिष्ट, रहतूत अपशिष्ट, बूचड़खाने से निकलने वाले अपशिष्ट, लैंडफिल लीचेट, पशु खाद, MSW (OFMSW) के कार्बनिक सामग्री आदि को संसाधित करने में सक्षम है।

प्रधानमंत्री द्वारा सराहना: नवाचार को मान्यता

जैविक कचरे के बोझ को एक उपयोगी संसाधन में परिवर्तित किए जाने की क्षमता को अनदेखा नहीं किया जा सकता है। जनवरी 2021 में, एनारोबिक गैस लिफ्ट रिक्टर (AGR) पर आधारित CSIR- IICT उच्च दर बायोमैथेनेशन तकनीक को माननीय प्रधानमंत्री श्री नरेंद्र मोदी के मन की बात संबोधन में विशेष उल्लेख मिला। इस मान्यता ने इस नवाचार की अभूतपूर्व प्रकृति और अपशिष्ट प्रबंधन प्रथाओं में क्रांति लाने की इसकी क्षमता को उजागर किया।

एक केस स्टडी द्वारा प्रदर्शन: बोवेनपल्ली सब्जी मार्केट यार्ड में एजीआर आधारित बायोगैस प्लांट

डॉ. बी.आर. अवेडकर सब्जी मंडी यार्ड, बोवेनपल्ली, हैदराबाद में CSIR-IICT की AGR तकनीक सफल कार्यान्वयन का एक प्रमुख उदाहरण है। हैदराबाद में सबसे बड़ी सब्जी मंडी यार्ड होने के नाते, यह हर दिन लगभग 10-12 टन जैविक कचरे की एक अत्यधिक मात्रा के प्रबंधन की चुनौती को पूरा करता है।

ऊर्जा की कम खपत

AGR प्रणाली बोवेनपल्ली में बाजार की कटींग में लगभग 30 किलोग्राम प्रतिदिन LPG की जगह लेती है जिसके परिणामस्वरूप महत्वपूर्ण लागत बचत होती है और संधारणीय खाना पकाने की प्रणाली को बढ़ावा मिलता है।

अक्षय पात्र फाउंडेशन में CSIR-IICT का पहला व्यावसायिक AGR-आधारित बायोगैस संयंत्र खाना पकाने के

लिए खाद्य अपशिष्ट को बायोगैस में परिवर्तित करता है जिससे LPG का उपयोग कम होता है। यह संयंत्र प्रतिदिन 120-140 क्यूबिक मीटर बायोगैस उत्पन्न करता है जो लगभग 60 किलोग्राम LPG की जगह लेता है। उत्पादित जैव-खाद का उपयोग जैविक उर्वरक के रूप में किया जाता है जो एक बंद लूप प्रणाली का उदाहरण है और इसे 'अपशिष्ट से संपदा' का खिताब मिला है। यह मॉडल 'रसोई से रसोई तक अपशिष्ट को ऊर्जा में परिवर्तित करने' की क्षमता को दर्शाता है जो संधारणीय अपशिष्ट प्रबंधन में AGR तकनीक की प्रभावशीलता को उजागर करता है।

टिकाऊ भविष्य के लिए विकेंद्रीकृत अपशिष्ट प्रबंधन की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम

अक्षय पात्र फाउंडेशन की सफलता AGR तकनीक की क्षमता को उजागर करती है। CSIR- IICT का लक्ष्य ठोस अपशिष्ट प्रबंधन से जुड़े शहरी और अर्ध-शहरी क्षेत्रों में AGR सिस्टम का विस्तार करना है। ये मॉड्यूलर AGR सिस्टम स्केलेबल हैं जो उन्हें सभी आकार के समुदायों के लिए उपयुक्त बनाता है। AGR तकनीक के साथ विकेंद्रीकृत अपशिष्ट प्रबंधन समुदायों को अपशिष्ट निपटारा और ऊर्जा उत्पादन को स्वतंत्र रूप से प्रबंधित करने में सक्षम बनाता है।

डॉ. ए. गंगाधर राव और डॉ. एस. श्रीधर के नेतृत्व में CSIR- IICT ने AGR और नैनोफिल्ट्रेशन (NF) तकनीक को मिलाकर एक एकीकृत प्रणाली विकसित की है। यह नवाचार सीनेज और जैविक कचरे का कुशलतापूर्वक उपचार करता है, यह बायोगैस, जैव-खाद और स्वच्छ, पुनः प्रयोज्य पानी पैदा करता है तथा अपशिष्ट प्रबंधन और पानी की कमी को दूर करता है एवं संधारणीयता को बढ़ावा देता है।

AGR और NF प्रौद्योगिकियों को स्केलेबिलिटी और किफायत के लिए डिज़ाइन किया गया है जो उन्हें समान अपशिष्ट प्रबंधन चुनौतियों का समाधान करने वाले विकासशील देशों के लिए आदर्श बनाता है। भारत में उनकी सफलता वैश्विक स्तर पर एक मॉडल के रूप में काम कर सकती है, जो टिकाऊ अपशिष्ट प्रबंधन प्रथाओं को बढ़ावा देती है।

साक्षात्कार

डॉ. श्रीनिवास रेड्डी
निदेशक, CSIR- IICT

प्रश्न: विभिन्न क्षेत्रों में AGR प्रौद्योगिकी को बढ़ाने और लागू करने में आपको किन चुनौतियों का सामना करना पड़ा है और CSIR- IICT इन चुनौतियों का समाधान कैसे कर रहा है ताकि व्यापक रूप से इसे अपनाया जा सके?

उत्तर: हमारे सामने एक प्रमुख चुनौती जैविक कचरे की पृथक रूप में अनुपलब्धता थी, हालांकि प्रतिदिन बड़ी मात्रा में कचरा उत्पन्न होता है। हम लॉजिस्टिक संबंधी समस्याओं को रोकने के लिए अपशिष्ट उत्पादन के स्रोत पर बायोगैस संयंत्र लगाने का प्रस्ताव करते हैं और ग्राहकों को संयंत्र परिसर के पास ऊर्जा और/या बिजली अनुप्रयोगों के लिए बायोगैस की उपयोगिता सुनिश्चित करने की सलाह भी देते हैं। दूसरा, भारत के उठे क्षेत्रों में तापमान हीटिंग तत्वों के शामिल होने के कारण आर्थिक समस्या उत्पन्न करता है। माइक्रोबियल कंसोर्टिया को पाचन तापमान के आधार पर क्रांतिकृत किया जाता है और जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, भारत के उठे क्षेत्रों में तापमान बायोगैस उत्पादन के लिए कुशल अवायवीय पाचन के लिए उपयुक्त माइक्रोबियल कल्चर की भी मांग करता है। बायोगैस उत्पादन की क्षमता फीडस्टॉक के प्रकार और इसलिए तकनीकी-आर्थिक व्यवहार्यता पर निर्भर करती है।

प्रश्न: कृपया AGR प्रौद्योगिकी के उपयोग से होने वाले पर्यावरणीय और आर्थिक लाभों के बारे में विस्तार से बताएं।

उत्तर: सड़े हुए भोजन से मिथेन (CH₄) बनता है जो एक ग्रीनहाउस गैस है जिसकी ग्लोबल वार्मिंग क्षमता CO₂ से 21 गुना अधिक है। हमारे AGR तकनीक जैविक कचरे को बायोगैस में बदल देती है जो LPG की जगह ले सकती है या बिजली उत्पन्न कर सकती है जिससे GHG (ग्रीन हाउस गैस) उत्सर्जन कम होता है। स्रोत पर कचरे का प्रबंधन पर्यावरण को लाभ पहुंचाता है और जीवाश्म ईंधन को अक्षय ऊर्जा से बदलकर संधारणीयता को बढ़ावा देता है।

एक टन जैविक कचरा प्रतिदिन 280-296 किलोग्राम CO₂ उत्सर्जित कर सकता है, विकेंद्रीकृत बायोगैस संयंत्र CO₂ और CH₄ को अवशोषित करते हैं, उन्हें ईंधन के रूप में उपयोग करते हैं, इस प्रकार लैंडफिल से कार्बन फुटप्रिंट और प्रदूषण को कम करते हैं। 1-2 टन प्रतिदिन का एक बायोगैस संयंत्र फैब्रिकेशन, इंस्टालेशन और प्रचालन के दौरान 10-15 लोगों के लिए रोजगार पैदा कर सकता है।

आर्थिक दृष्टिकोण से, बायोगैस संयंत्रों के लिए ROI अलग-अलग होता है। यदि यह बिजली उत्पादन के लिए उपयोग किया जाता है तो ROI लंबा होता है; यदि LPG की जगह लेते हैं तो ROI 3-3.5 वर्ष होता है क्योंकि LPG की लागत (रु. 90/ किग्रा) बिजली (रु. 11/kWh) की तुलना में अधिक है। एक क्यूबिक मीटर बायोगैस लगभग 0.4 किलोग्राम LPG या 0.7-0.85 यूनिट बिजली की जगह लेती है।

हम वितरण मॉडल की संस्तुति करते हैं, जिसके अंतर्गत जहां कचरा उत्पन्न होता है, वहीं संयंत्र स्थापित किया जाता है। इससे कचरा संग्रहण और लैंडफिलिंग से होने वाले गंभीर प्रभाव कम हो जाते हैं, होटलों, अस्पतालों और संस्थानों में प्रयुक्त बड़े रसोईघर ईंधन और ऊर्जा की जरूरतों में आत्मनिर्भर बनने के लिए इस तकनीक को अपना सकते हैं।

प्रश्न: CSIR- IICT में AGR प्रौद्योगिकी का स्वदेशी विकास किस प्रकार किया गया तथा इसकी सफलता में योगदान देने वाले प्रमुख नवाचार और अनुसंधान उपलब्धियां क्या थीं?

उत्तर: CSIR- IICT एक दशक से भी ज्यादा समय पहले भारतीय परिस्थितियों के अनुकूल AGR तकनीक का स्वदेशीकरण शुरू किया था। यूरोपीय उच्च दर डाइजेस्टर, हालांकि प्रभावशाली थे, लेकिन भारत के अपशिष्ट प्रकारों के लिए आर्थिक रूप से व्यवहार्य या उपयुक्त नहीं थे। इस प्रकार, CSIR-IICT ने एनारोबिक गैस लिफ्ट रिक्टर (AGR) तकनीक विकसित की जिसमें कुशल मिश्रण, हाइड्रोलिक और ठोस परिव्याप्त समय का पृथक्करण, अमोनिया अक्रोह नियंत्रण और मेल काटने की विशेषताएं हैं।

वर्ष 2013 में टूकान, तेलंगाना स्थित में 1 टन प्रतिदिन के एक बायोगैस संयंत्र में किए गए फील्ड परीक्षणों में विभिन्न अपशिष्टों का उपचार करना और तेजी से अम्लीकरण, बायोमास वाशआउट, pH रखरखाव और C/N अनुपात समायोजन जैसे परिचालन संबंधी मुद्दों को हल करना शामिल था। AGR, तीन चरणिय पृथक्करण तंत्र वाला एक घोल डाइजेस्टर, डिजाइन, फीडस्टॉक चिन्ता, प्रक्रिया दक्षता और उत्पादन में सुधार करने के लिए दस वर्षों में विकसित हुआ। बायोगैस संयंत्रों की सफलता सुनिश्चित करने के लिए संचालन और रखरखाव के महत्वपूर्ण तत्व पर ध्यान केंद्रित करते हुए, ग्राहकों की जरूरतों के आधार पर अनुकूलित डिजाइन प्रदान किए जाते हैं।

भावी संभावनाएं

CSIR- IICT की तकनीकें कचरे को मूल्यपरक संसाधनों में बदल देती हैं जिससे संधारणीय विकास को बढ़ावा मिलता है। विकेंद्रीकृत अपशिष्ट प्रबंधन स्थानीय समुदायों को सशक्त बनाता है, यह चक्रीय अर्थव्यवस्था के सिद्धांतों को बढ़ावा देता है और लैंडफिल से संबंधित बीमारी के जोखिम को कम करके सार्वजनिक स्वास्थ्य में सुधार करता है। अधिक बायोगैस या जैव-खाद की बिक्री से अतिरिक्त आय उत्पन्न हो सकती है जिससे आर्थिक कल्याण में वृद्धि हो सकती है।

स्रोत: साइंस मीडिया कम्युनिकेशन सेल, CSIR-NIScPR, नई दिल्ली।



बोवेनपल्ली सब्जी मार्केट यार्ड में AGR प्रौद्योगिकी पर आधारित 10 टन प्रतिदिन की क्षमता वाला एक बायोगैस संयंत्र



जवाहर नगर MSW डंप यार्ड में 5 टन प्रतिदिन की क्षमता वाला बायोगैस संयंत्र



R&D IN INDIA

INNOVATIONS
UNLOCKED

Rapid urbanisation and changing lifestyles have led to significant solid waste management issues, with open landfills causing environmental harm through greenhouse gas emissions. Nearly half of this waste is biodegradable organic matter, which can be transformed into a valuable resource.

CSIR-Indian Institute of Chemical Technology (CSIR-IICT) has developed the Anaerobic Gas Lift Reactor (AGR) technology to address this problem. Led by Dr. A. Gangagni Rao, the AGR system, developed since 2013, is designed for Indian conditions and transforms organic waste into biogas through anaerobic digestion. This biogas serves as a clean energy source for cooking and off-grid electricity.

Additionally, the AGR process produces bio-manure or Fermented Organic Manure (FOM), enhancing soil fertility and crop yields. Replacing

benefits by diverting organic waste from landfills, reducing methane emissions, and minimising pollution. It accommodates various feedstocks, including food waste, market vegetable waste, slaughterhouse waste, and animal manures. With 31 installations across 11 Indian states, the AGR system handles capacities from 250 kg to 10 tons of waste daily, demonstrating its versatility and effectiveness in sustainable waste management.

The adoption of AGR technology offers a multitude of environmental benefits. By diverting organic waste from landfills, AGR based biogas plants can significantly reduce methane emissions, a potent greenhouse gas. Furthermore, by processing organic waste, AGR technology promotes cleaner landfills, minimising environmental pollution and safeguarding public health.

The versatility of AGR technology is proven for variety of feedstocks such as food waste, market vegetable waste, mulberry waste, slaughterhouse waste, landfill leachate, animal manures,

10 ton of waste treatment every day.

Mention in PM's 'Mann ki Baat' Programme

The potential of organic waste to be a resource rather than a burden has not gone unnoticed. In January 2021, the CSIR-IICT high rate biomethanation technology based on Anaerobic Gas Lift Reactor (AGR) received a special mention in Prime Minister Shri Narendra Modi's *Mann Ki Baat* address. This recognition highlighted the groundbreaking nature of this innovation and its potential to revolutionise waste management practices.

A Case Study in Action: AGR based Biogas plant at the Bowenpally Vegetable Market Yard

Dr. B R Ambedkar Vegetable Market Yard in Bowenpally, Hyderabad, serves as a prime example of the successful implementation of CSIR-IICT's AGR technology. Being the largest vegetable market yard in Hyderabad, it grapples with the challenge of managing a significant amount of organic waste - approximately 10-12 tons every day.

Beyond Electricity: Reducing LPG Consumption

The AGR system at Bowenpally also replaces about 30 kg of LPG daily in the market canteen, resulting in significant cost savings and promoting sustainable cooking.

CSIR-IICT's first commercial AGR-based biogas plant at The Akshaya Patra Foundation (TAPF) converts food waste into biogas for cooking, reducing LPG usage. The plant generates 120-140 cubic meters of biogas daily, replacing about 60 kg of LPG. The bio-manure produced is used as organic fertilizer, exemplifying a closed-loop system and earning the title "Wealth from Waste." This model showcases the potential of converting "waste to energy from kitchen to kitchen," highlighting the effectiveness of AGR technology in sustainable waste management.

Scaling Up: Decentralised Waste Management for a Sustainable Future

The success of TAPF highlights the potential of AGR technology. CSIR-IICT aims to expand AGR systems in urban and semi-urban areas struggling with solid waste management. These modular AGR systems are scalable, making them suitable for communities of all sizes.

INTERVIEW

Dr. Srinivasa Reddy
Director, CSIR-IICT



Q. What challenges have you encountered in scaling up and implementing AGR technology across various regions, and how is CSIR-IICT addressing these challenges to ensure widespread adoption?

A. One of the major challenges that we have encountered is the non-availability of segregated organic waste although there are huge volumes of waste is generated on a daily basis. We propose the deployment of biogas plants at the source of waste generation to prevent logistic issues and also advice the clients to ensure the utility of biogas either for heat and/or power applications near the plant premises. Secondly, the temperature in the colder regions of India poses an economical issue due to the inclusion of heating elements. The microbial consortia are classified based on the digestion temperature and as mentioned above the temperature in the colder regions of India also demands suitable microbial cultures for efficient anaerobic digestion to take place for biogas generation. The potential of biogas generation depends on the type of feedstock, and hence the techno-economic feasibility.

Q. Please elaborate the environmental and economic benefits observed from the deployment of AGR technology.

A. Rotting food creates methane (CH₄), a greenhouse gas with 21 times the global warming potential of CO₂. Our AGR technology converts organic waste to biogas, which can replace LPG or generate power, reducing Green House Gas (GHG) emissions. Managing waste at the source benefits the environment and promotes sustainability by replacing fossil fuels with renewable energy.

A ton of organic waste can release 280-296 kg of CO₂ daily. Decentralised biogas plants capture CO₂ and CH₄, using them as fuel, thus reducing the carbon footprint and pollution from landfills. A 1-2 ton/day biogas plant can create jobs for 10-15 people during fabrication, installation, and operation.

Economically, the ROI for biogas plants varies. If used for power generation, the ROI is longer; if replacing LPG, the ROI is 3-3.5 years due to higher LPG costs (Rs. 90/kg) compared to electricity (Rs. 11/kWh). One cubic meter of biogas replaces about 0.4 kg of LPG or 0.7-0.85 units of electricity.

We advocate a distributive model, setting up plants where waste is generated. This reduces hazardous effects from waste collection and landfilling. Large kitchens in hotels, hospitals, and institutions can adopt this technology to become self-sufficient in fuel and energy needs.

Q. How the AGR technology was indigenously developed at CSIR-IICT, and what were the key innovations and research milestones that contributed to its success?

A. Over a decade ago, CSIR-IICT began indigenising AGR technology to suit Indian conditions. European high-rate digesters, though impressive, were not economically feasible or suitable for India's waste types. Thus, CSIR-IICT developed the Anaerobic Gas Lift Reactor (AGR) technology, featuring efficient mixing, delinking of hydraulic and solids residence time, ammonia inhibition control, and scum cutting.

Field trials in 2013 at a 1-ton/day biogas plant in Toofran, Medak, involved treating various wastes and resolving operational issues like rapid acidification, biomass washout, pH maintenance, and C/N ratio adjustments. The AGR, a slurry digester with a three-phase separation mechanism, evolved over ten years to improve design, feedstock versatility, process efficiency, and yield. Customised designs are provided based on client needs, with a focus on the crucial element of operation and maintenance to ensure the success of biogas plants.

Decentralised waste management with AGR technology enables communities to manage waste disposal and energy generation independently.

CSIR-IICT, led by Dr. A. Gangagni Rao and Dr. S. Sridhar, has developed an integrated system combining AGR and Nano Filtration (NF) technology. This innovation efficiently treats sewage and organic waste, generating biogas, bio-manure, and clean, reusable water. It addresses waste management and water scarcity, promoting sustainability.

AGR and NF technologies are designed for scalability and affordability, making them ideal for developing countries facing

similar waste management challenges. Their success in India can serve as a model globally, promoting sustainable waste management practices.

Future Prospects

CSIR-IICT's technologies transform waste into valuable resources, fostering sustainable development. Decentralised waste management empowers local communities, promotes circular economy principles, and improves public health by reducing landfill-related disease risks. The sale of excess biogas or bio-manure can generate additional income, enhancing economic well-being.

Contributed by: Science Media Communication Cell, CSIR-NIScPR, New Delhi.



10 ton/day biogas plant based on AGR technology at the Bowenpally vegetable market yard

chemical fertilizers with FOM supports sustainable agriculture.

AGR technology offers numerous environmental

Organic Fraction of MSW (OFMSW) etc. There are about 31 installations across India in 11 states with varying plant capacities from 250 kg to



5 ton/day biogas plant at the Jawahar Nagar MSW dump yard in Hyderabad