

भारत सरकार
विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय
वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान विभाग
लोक सभा
अतारांकित प्रश्न संख्या 5185
(उत्तर देने की तारीख 02.04.2025)

ई-अपशिष्ट प्रबंधन के लिए वैज्ञानिक प्रौद्योगिकी

5185 श्री श्रीरंग आप्पा चंदू बारणे:

श्रीमती भारती पारधी:

श्री बजरंग मनोहर सोनवणे:

क्या विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्री यह बताने की कृपा करेंगे कि:

- (क) क्या वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सीएसआईआर) ने ई-अपशिष्ट के सुरक्षित और कुशल प्रबंधन के लिए कोई विशिष्ट प्रौद्योगिकी अथवा प्रक्रिया विकसित की है;
- (ख) यदि हां, तो सीएसआईआर द्वारा ई-अपशिष्ट के पुनर्चक्रण, निपटान और उससे प्रमुख सामग्री वापस निकालने के लिए कौन-कौन से प्रमुख प्रौद्योगिकीय समाधान विकसित किए गए हैं;
- (ग) इन प्रौद्योगिकियों के विकास की वर्तमान स्थिति क्या है;
- (घ) ई-अपशिष्ट प्रबंधन प्रौद्योगिकियों के विकास हेतु सीएसआईआर अंतर्राष्ट्रीय अनुसंधान संस्थाओं के साथ किस प्रकार सहयोग कर रहा है;
- (ङ.) क्या सीएसआईआर ने अपनी ई-अपशिष्ट प्रबंधन प्रौद्योगिकियों को कार्यान्वित करने के लिए किन्हीं उद्योगों और सरकारी एजेंसियों अथवा गैर-सरकारी संगठनों के साथ भागीदारी की है;
- (च) यदि हां, तो तत्संबंधी ब्यौरा क्या है; और
- (छ) श्रमिकों और उनके परिवेश की सुरक्षा के लिए सीएसआईआर की प्रौद्योगिकियों में कौन-कौन से सुरक्षा उपाय शामिल किए गए हैं?

उत्तर

माननीय राज्य मंत्री (स्वतंत्र प्रभार)
विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी तथा पृथ्वी विज्ञान
(डॉ. जितेन्द्र सिंह)

(क) एवं (ख) जी हाँ। वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सीएसआईआर) ने अपनी घटक प्रयोगशालाओं नामशः सीएसआईआर-राष्ट्रीय धातुकर्म प्रयोगशाला (सीएसआईआर-एनएमएल), जमशेदपुर और सीएसआईआर-खनिज एवं पदार्थ प्रौद्योगिकी संस्थान (सीएसआईआर-आईएमएमटी), भुवनेश्वर के माध्यम से ई-अपशिष्ट के सुरक्षित एवं कुशल प्रबंधन हेतु कुछ प्रौद्योगिकियाँ/प्रक्रियाएँ विकसित की हैं।

सीएसआईआर-एनएमएल के प्रयास मुख्यतः ई-अपशिष्ट के विभिन्न भागों जैसे प्रिंटेड सर्किट बोर्ड (पीसीबी), ली-आयन (एलआईबी), हार्ड डिस्क, ऑप्टिकल फाइबर से अलौह, दुर्लभ, दुर्लभ मृदा और कीमती धातुओं की पुनर्प्राप्ति पर केंद्रित हैं। ये प्रौद्योगिकियाँ/प्रक्रियाएँ निम्न के लिए विकसित की गई हैं:

- **मोबाइल फोन के अपशिष्टों और विभिन्न उपस्करों के स्क्रेप से सोने की पुनर्प्राप्ति:** मोबाइल फोन के अपशिष्ट के पीसीबी, विभिन्न उपस्करों के ऐसे छोटे भागों जिनकी बाहरी परत पर सोना लगा होता

है, की धातु के विलयन की एक प्रक्रिया विकसित की गई है। 99% सोना प्राप्त करने के लिए अधिशोषण/संयोजन के अनुवर्ती ऊष्मोपचार के बाद रासायनिक निक्षालन का उपयोग किया जाता है।

- **मोबाइल फोन की पृथकित ली-आयन बैटरियों से कोबाल्ट की पुनर्प्राप्ति:** मोबाइल फोन की पृथकित लीथियम-आयन बैटरियों (एलआईबी) से धातुओं के विलयन की एक प्रक्रिया विकसित की गई है। उच्च तापमान पर 60 मिनट में अन्य धातुओं के साथ ~70-80% कोबाल्ट प्राप्त करने के लिए ऑक्सीकारक की उपस्थिति में डाइल्यूटेड सल्फ्यूरिक एसिड का उपयोग किया गया। उत्पन्न निक्षालित द्राव को विलायक निष्कर्षण, अवक्षेपण, क्रिस्टलीकरण/इलेक्ट्रो-विनिंग तकनीकों के माध्यम से और अधिक संसाधित किया जाता है ताकि लवण/धातु के रूप में कोबाल्ट को पुनः प्राप्त किया जा सके।
- **पर्सनल कंप्यूटरों की अपशिष्ट हार्ड डिस्क से मूल्य वर्धित उत्पाद के रूप में नियोडायमियम की पुनर्प्राप्ति:** पृथकित हार्ड डिस्क के चुम्बकों से मूल्यवर्धित उत्पाद के रूप में नियोडायमियम की पुनर्प्राप्ति के लिए एक प्रक्रिया विकसित की गई है। इष्टतमीकृत स्थिति में, सल्फ्यूरिक एसिड 98% नियोडायमियम (Nd), 97% लौह (Fe), 60% निकेल (Ni) और 7.5% बोरिक एसिड के निक्षालन के बाद Nd का चयनात्मक अवक्षेपण और 5-20% HF विलयन के साथ-साथ अवक्षेप का निक्षालन किया जाता है।
- **लीथियम, आयरन और फास्फोरस की पुनर्प्राप्ति के लिए भुक्तशेष/प्रयुक्त/ पृथकित लीथियम आयरन फॉस्फेट (एलएफपी) बैटरियों का पुनर्चक्रण:** 10-20% ठोस पदार्थों का उपयोग करते हुए अम्ल निक्षालन से, 98-100% लीथियम (Li), आयरन (Fe) और फॉस्फोरस (P) निष्कर्षित किया जा सकता है। लीथियम कार्बोनेट/लीथियम हाइड्रॉक्साइड के रूप में 90-95% शुद्ध लीथियम और 98% शुद्ध आयरन फॉस्फेट निष्कर्षित करने के लिए इस निक्षालित द्राव को चयनात्मक अनुक्रमिक अवक्षेपण पद्धति में संसाधित किया गया। इस प्रक्रिया में शुद्ध ग्रेफाइट एक यौगिक है। इस विकसित प्रक्रिया में आयरन फॉस्फेट के अतिरिक्त लीथियम वांछित विपणन योग्य रूप में पुनर्प्राप्त होता है। ये व्युत्पन्न मान नई बैटरी के विनिर्माण के अलावा बहुप्रयोगों में उपयोग किए जा सकते हैं।
- **मिश्रित रसायनों की भुक्तशेष/प्रयुक्त/पृथकित लीथियम-आयन बैटरियों से लीथियम, निकेल, कोबाल्ट, मँगनीज और ग्रेफाइट की पुनर्प्राप्ति:** 20-30% ठोस पदार्थों का उपयोग करते हुए अम्ल निक्षालन से, 94-96% लीथियम (Li), कोबाल्ट (Co), निकेल (Ni) और मँगनीज (Mn) निष्कर्षित किया गया। इस निक्षालित द्राव को चयनात्मक अनुक्रमिक बहुस्तरीय विलायक निष्कर्षण और अवक्षेपण पद्धति में संसाधित किया गया ताकि लीथियम, निकेल, कोबाल्ट और मँगनीज के 96-99.9% से अधिक विभिन्न प्रकार के शुद्ध लवण निष्कर्षित किए जा सकें। उच्च शुद्ध ग्रेफाइट इस प्रक्रिया का एक व्युत्पन्न उत्पाद है। इस प्रक्रिया से अम्ल और अभिकर्मकों की पुनर्प्राप्ति होती है। विकसित प्रौद्योगिकी लवण के रूप में मँगनीज को छोड़कर लीथियम, कोबाल्ट और निकेल जैसे महत्वपूर्ण तत्वों को वांछित विपणन योग्य रूप में निष्कर्षित कर सकती है जिसके परिणामस्वरूप समग्र पुनर्चक्रण से पुनः प्रयोज्य ग्रेफाइट प्राप्त होता है। जेनरिक मूल्य के लिए 100 किलोग्राम स्पेंट लैपटॉप एलआईबी का अनुमान 25 किलोग्राम इलेक्ट्रोड सामग्री देता है जिसमें से 5.7 किलोग्राम कोबाल्ट सल्फेट, 0.69 किलोग्राम लीथियम हाइड्रॉक्साइड, 0.51 किलोग्राम निकेल कार्बोनेट, 5.4 किलोग्राम मँगनीज कार्बोनेट, 0.5 किलोग्राम एल्युमिना पाउडर और 12 किलोग्राम ग्रेफाइट पाउडर को अलग किया जा सकता है। सीएसआईआर-एनएमएल, जमशेदपुर ने 1टीपीडी पैमाने पर एलआईबी को विघटित और पुनर्चक्रण करने के लिए एक पायलट स्केल सुविधा भी विकसित की है। यह सुविधा नई बैटरी बनाने के लिए उपयुक्त धातु लवण संश्लेषित करने हेतु सभी एलआईबी को संसाधित करने में सक्षम है।

सीएसआईआर-आईएमएमटी, भुवनेश्वर ने ई-अपशिष्ट के प्रबंधन हेतु निम्नलिखित प्रौद्योगिकियां/प्रक्रियाएं विकसित की हैं:

- **प्रिंटेड सर्किट बोर्डों से मूल्यवान धातुओं की पुनर्प्राप्ति के लिए प्रॉसेस फ्लोशीट:** यांत्रिक पृथक्करण और हाइड्रोमेटालर्जिकल पद्धति के बाद ई-अपशिष्ट के पुनर्चक्रण के लिए एक प्रॉसेस फ्लोशीट विकसित की गई। यह फ्लोटेशन तकनीक (एक भौतिक-रासायनिक पृथक्करण विधि) हाइड्रोफिलिक धातु और हाइड्रोफोबिक गैर-धातु कणों को अलग करने के लिए उपयोग की गयी। महीन धातु कण कॉपर निक्षालन के अधीन होते हैं। कॉपर निक्षालन सर्किट से प्राप्त अवशिष्टों को टिन और कीमती धातु रिकवरी सर्किट के लिए संसाधित किया गया।
- **एनडी और पीआर तथा अन्य दुर्लभ मृदा तत्वों (आरईई) की पुनर्प्राप्ति के लिए प्रॉसेस फ्लोशीट:** इलेक्ट्रॉनिक्स में मौजूद अपशिष्ट नियोडायमियम मैग्नेट्स (NdFeB), स्कैप आदि से नियोडायमियम (Nd) एवं प्रेसियोडीमियम (Pr) तथा पृथ्वी के अन्य दुर्लभ तत्वों (आरईई) की पुनर्प्राप्ति के लिए प्रॉसेस फ्लोशीट विकसित की गई है।

ग. सीएसआईआर-एनएमएल द्वारा विकसित प्रक्रियाएं/प्रौद्योगिकियाँ प्रौद्योगिकी तत्परता स्तर (टीआरएल)-6 और उससे ऊपर हैं। इसके अलावा, सीएसआईआर-आईएमएमटी द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियां/प्रक्रियाएँ टीआरएल-4 पर हैं।

घ. सीएसआईआर ने हाल ही में जर्मनी, ऑस्ट्रेलिया, फ्रांस और बुल्गारिया में अनुसंधान और प्रौद्योगिकी संस्थानों के साथ ई-अपशिष्ट प्रबंधन से संबंधित अनुसंधान परियोजनाओं पर साझेदारी की है जिनमें निम्नलिखित क्षेत्रों को सम्मिलित किया गया है:

- अयस्कों और अपशिष्टों से बैटरी सामग्री और दुर्लभ पृथ्वी तत्वों की उन्नत पुनर्प्राप्ति;
 - अपशिष्ट विद्युत और इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों (WEEE) से दुर्लभ पृथ्वी तत्वों - एर्बियम (Er), टेरेबियम (Tb), यूरोपियम (Eu), प्रेजोडियम (Pr) नियोडिमियम (Nd) और डिस्प्रोसियम (Dy) के चयनात्मक रूप से निष्कर्षण हेतु एक प्रभावी निष्कर्षण और पृथक्करण प्रौद्योगिकी विकसित करना; और
 - अंतर्राष्ट्रीय स्वच्छ नवाचार शोधकर्ता नेटवर्क - एक परिपत्र अर्थव्यवस्था मॉडल में एंड ऑफ लाइफ (EoL) सौर पैनल अपशिष्ट समेकित करना
- सीएसआईआर-एनएमएल ने इस क्षेत्र में सामान्य अनुसंधान करने के लिए कोरिया इंस्टिट्यूट ऑफ ज्योसाइंस एंड मिनरल रिसोर्सेज (केआईजीएम), कोरिया के साथ भागीदारी की है।

(ङ) और (च) जी हाँ। ई-अपशिष्ट प्रबंधन के लिए सीएसआईआर द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियां/प्रक्रियाएँ ई-अपशिष्ट के विभिन्न भागों जैसे प्रिंटेड सर्किट बोर्ड (पीसीबी), ली-आयन (एलआईबी), हार्ड डिस्क, ऑप्टिकल फाइबर से धातुओं की पुनर्प्राप्ति के लिए कई उद्योगों को हस्तांतरित की गई हैं ताकि अलौह, दुर्लभ, दुर्लभ मृदा और कीमती धातुएं पुनः प्राप्त की जा सकें। इनका विवरण अनुलग्नक-1 में दिया गया है।

(छ) विकास के दौरान ठोस, तरल और गैसों के उपचार के लिए केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (सीपीपीबी) और राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (एसपीपीबी) के प्रावधानों और मानक विनियमों का पालन किया गया है। लाइसेंसधारी उद्योगों को सलाह और निर्देश दिया जाता है कि वे कामगारों और आसपास के पर्यावरण की सुरक्षा के लिए इसका पालन करें।

क्र.सं.	प्रौद्योगिकी/प्रक्रिया का नाम	लाइसेंसधारी
1	नो-हाउ फॉर रिकवरी ऑफ गोल्ड फ्रॉम द वेस्ट प्रिंटेड सर्किट बोर्ड्स (पीसीबी) ऑफ यूज्ड एंड डिस्कार्डेड मोबाइल फोन्स	मेसर्स एडीवी मेटल कंबाइन प्राइवेट लिमिटेड, दिल्ली
2	नो-हाउ (लैबोरेटरी स्केल) फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ प्रीशियस मेटल्स (Au, Pt, Pd) फ्रॉम द मेटलिक कंसंट्रेट ऑफ पीसी-पीसीबी	मेसर्स एवरग्रीन रीसाइकलकारो प्राइवेट लिमिटेड, नवी मुंबई
3	नो-हाउ फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ कोबाल्ट एंड गोल्ड फ्रॉम द ब्लैक कैथोड मटीरियल ऑफ Li-Co बैटरीज एंड गोल्ड कोटेड सर्फेस ऑफ ई-वेस्ट, रेस्पेक्टिवली	मेसर्स एक्सिमो रिसाइक्लिंग प्राइवेट लिमिटेड, नई दिल्ली
4	नो-हाउ फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ कोबाल्ट मेटल/साल्ट फ्रॉम ब्लैक पाउडर ऑफ लीथियम बैटरीज	मेसर्स यूएनक्यू इंड प्राइवेट लिमिटेड फिरोजाबाद
5	नो-हाउ (लैब स्केल) फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ वैल्यूएबल एंड प्रीशियस मेटल्स (Cu, Au, Ag और Co, Mn) फ्रॉम स्क्रेप ऑफ इलेक्ट्रॉनिक वेस्ट एंड वेस्ट Li-कोबाल्ट बैटरीज	मेसर्स वाल्ले इन्फोटेक , रांची
6	नो-हाउ फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ कोबाल्ट मेटल/साल्ट फ्रॉम ब्लैक पाउडर ऑफ Li-कोबाल्ट बैटरीज	मेसर्स एवरग्रीन रीसाइकलकारो इंडिया प्राइवेट लिमिटेड, नवी मुंबई
7	नो-हाउ (लैब स्केल) फॉर एक्सट्रैक्शन ऑफ कोबाल्ट एंड मैंगनीज फ्रॉम द ब्लैक कैथोडिक मटीरियल ऑफ Li-कोबाल्ट बैटरीज	मेसर्स एसबीसीओएन रिसाइक्लिंग प्राइवेट लिमिटेड, अहमदाबाद
8	टेक्नोलॉजिकल नो-हाउ फॉर द एक्सट्रैक्शन ऑफ Cu, Al एंड Au फ्रॉम वेस्ट पीसीबी	मेसर्स मेटाओर रिसाइक्लर प्राइवेट लिमिटेड , कोलकाता
9	क्लोज्ड लूप हॉलिस्टिक रिसाइक्लिंग प्रोसेस फॉर रिकलरी ऑफ क्रिटिकल मेटल फ्रॉम एनी /मिक्सड केमिस्ट्रीज ऑफ लीथियम बेस्ड बैटरीज	मेसर्स रेकी एनर्जी, पुणे
10	नो-हाउ फॉर द रिकवरी ऑफ Co, Li, एंड Mn फ्रॉम लीथियम ऑयन बैटरीज (एलआईबी)	मेसर्स मेटाओर , कोलकाता
11	क्लोज्ड लूप नो-हाउ टू रिसाइकल स्पेंट लीथियम-ऑयन लीथियम-आयन बैटरीज (एलआईबी) टू प्रोड्यूस वैल्यू-एडेड प्रोडक्ट्स ऑफ Li, Co, Mn, Cu, Ni, सेलेबल प्लास्टिक्स एंड ग्रेफाइट	मेसर्स नाइल ली-साइकिल इंडिया प्राइवेट लिमिटेड , हैदराबाद
12	रिसाइक्लिंग लीथियम ऑयन बैटरीज (एलआईबी) टू रिकवर सेलेबल मेटल/साल्ट्स ऑफ Li, Co, Mn , Ni, Cu, Al, ग्रेफाइट एंड प्लास्टिक्स	मेसर्स रीसाइक्लिब प्राइवेट लिमिटेड, नई दिल्ली

13	टेक्नोलॉजिकल नो-हाउ फॉर द एक्सट्रैक्शन ऑफ Cu, Al एंड Au एज मेटल्स/साल्ट्स फ्रॉम वेस्ट पीसीबी	मेसर्स नोवासेन्सा , नई दिल्ली
14	टेक्नोलॉजिकल नो-हाउ टू रिसाइकल स्पेंट लीथियम-ऑयन बैटरीज (एलआईबी) टू प्रोड्यूस वैल्यू-ऐडेड प्रोडक्ट्स ऑफ Li, Co, Mn , Cu, Ni, एज मेटल/साल्ट्स	मेसर्स नोवासेन्सा , नई दिल्ली
15	नो-हाउ टू रिकवर सेलेबल प्रोडक्ट्स ऑफ Cu, Al एंड Au एज मेटल्स/साल्ट्स फ्रॉम वेस्ट पीसीबी	मेसर्स वेस्ट मैनेजमेंट प्राइवेट लिमिटेड, बैंगलोर

प्रयुक्त रासायनिक प्रतीक:

(i) Au- सोना	(vi) Co- कोबाल्ट
(ii) Pt- प्लैटिनम	(vii) Ag- चांदी
(iii) Pd - पैलेडियम	(viii) Cu- तांबा
(iv) Li- लिथियम	(ix) Mn - मँगनीज
(v) Ni- निकेल	(x) Al- एल्युमिनियम
