वर्ष 3 | अंक 4 | दिसंबर 2025
www.gaonjunction.com ₹50
अमर उजाला गांव जंक्शन

अभियान

ग्रामीण अर्थव्यवस्था को नई रफ्तार
कार्बन न्यूट्रल हाईवे

पी.एस. ओझा
पूर्व राज्य समन्वयक, यू.पी. राज्य जैव-ऊर्जा विकास बोर्ड

कार्बन न्यूट्रल हाईवे का निर्माण टिकाऊ विकास की दिशा में बड़ा बदलाव ला सकता है। यह सिर्फ सड़क नहीं है, बल्कि तरक्की का ऐसा इंजन है, जिससे ग्रामीण अर्थव्यवस्था नई उड़ान भरेगी। वृक्षारोपण से ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार सृजन होगा और पर्यावरण भी सुरक्षित रहेगा।

सड़क नेटवर्क विकास का प्रतीक है, जो अर्थव्यवस्था, व्यापार, पर्यटन और सामाजिक समरसता को गति देता है। भारत में राजमार्गों का तेज विस्तार हो रहा है। लेकिन, सड़क निर्माण के लिए आवश्यक सीमेंट, स्टील, बिटुमिन उत्पादन, भूमि समतलीकरण, मशीनरी संचालन तथा परिवहन - ये सभी प्रक्रियाएं वायुमंडल में भारी मात्रा में कार्बन डाइऑक्साइड छोड़ती हैं। प्रति किलोमीटर राजमार्ग निर्माण से 100-120 टन कार्बन डाइऑक्साइड का उत्सर्जन होता है। हरित ऊर्जा के प्रयासों के बावजूद पेट्रोलियम ईंधन की खपत रोकना कठिन है। इसलिए, भविष्य के हाईवे निर्माण में सड़क के किनारों पर कार्बन सोखने वाले वृक्षों का घना रोपण नीति का अनिवार्य हिस्सा होना चाहिए।

वृक्षारोपण से ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार सृजन

कार्बन न्यूट्रल हाईवे न केवल कार्बन उत्सर्जन में उल्लेखनीय कमी लाकर वायु गुणवत्ता में सुधार कर सकते हैं, बल्कि ये जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने में भी योगदान सकते हैं। इस अभियान के तहत वृक्षारोपण से ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार सृजन हो सकता है और सामुदायिक भागीदारी व पर्यावरणीय जागरूकता बढ़ाई जा सकती है। आर्थिक दृष्टि से ये हाईवे ऊर्जा एवं ईंधन की बचत, कार्बन क्रेडिट से अतिरिक्त आय और दीर्घकालिक रखरखाव लागत में कमी सुनिश्चित कर सकते हैं। नीतिगत स्तर पर भारत की वर्ष 2070 तक नेट जीरो लक्ष्यों से जुड़ी प्रतिबद्धता को मजबूती तथा सतत विकास लक्ष्यों की प्राप्ति में ये हाईवे महत्वपूर्ण योगदान दे सकते हैं।

ऐसे बन सकता है कार्बन न्यूट्रल हाईवे

सड़कों के दोनों किनारों पर उच्च कार्बन सोखने वाले वृक्षों का घना रोपण कर 'कार्बन न्यूट्रल हाईवे' बना सकते हैं - यानी उत्सर्जित कार्बन को जैविक या अन्य तरीकों से पूरी तरह न्यूट्रलाइज करना होगा। इसमें बांस बड़ी भूमिका निभा सकता है। बांस अन्य वृक्षों की तुलना में कई गुना अधिक कार्बन अवशोषित कर सकता है। प्रधानमंत्री नरेंद्र मोदी ने भी बांस को 'ग्रीन गोल्ड' कहा है। बांस न केवल कार्बन न्यूट्रल (ग्रीन हाईवे) बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है, बल्कि भविष्य में लकड़ी का टिकाऊ विकल्प भी बन सकता है। भविष्य की राजमार्ग परियोजनाओं में बांस-आधारित हरित गलियारों को प्राथमिकता देते हुए इसके रोपण, रखरखाव एवं उपयोग की विस्तृत नीति बनानी चाहिए। साथ ही, लेमनग्रास, खस, कैमोमाइल, पामारोजा, सहजन जैसी औषधीय व सुगंधित प्रजातियों के पौधों का रोपण भी करना चाहिए। ये पौधे मिट्टी के कटाव को रोकेंगे और शक्तिशाली कार्बन सिंक का कार्य करेंगे, बल्कि चक्रीय रूप से उनकी कटाई-बिक्री से राजमार्ग प्राधिकरण को अतिरिक्त राजस्व भी प्राप्त होगा।

ऐसे समझें कार्बन न्यूट्रलिटी

कार्बन न्यूट्रलिटी का अर्थ है कि किसी परियोजना या गतिविधि से कुल कार्बन उत्सर्जन और उसके द्वारा वातावरण से अवशोषित या ऑफसेट की गई कार्बन की मात्रा बराबर हो जाए। जब यह नेट जीरो संतुलन प्राप्त हो जाए, तो उस परियोजना को कार्बन न्यूट्रल कहा जाता है। सड़क निर्माण के दौरान जितना कार्बन उत्सर्जित हुआ, उसे या तो स्रोत पर ही कम किया जाए (जैसे हरित सामग्री एवं ऊर्जा का उपयोग) या उतनी ही मात्रा की भरपाई पुक्षारोपण, नवीकरणीय ऊर्जा उपयोग तथा कार्बन क्रेडिट की खरीद जैसे उपायों से की जाए।

हाईवे निर्माण में कार्बन उत्सर्जन के स्रोत

- **निर्माण सामग्री :** सीमेंट, स्टील और बिटुमिन उत्पादन में अत्यधिक ऊर्जा खपत होती है, जिसमें भारी मात्रा में कार्बन उत्सर्जित होता है।
- **भारी मशीनरी और ईंधन :** सड़क निर्माण में रोलर, लोडर, डोजर, और ट्रकों में डीजल जलता है, जो कार्बन डाइऑक्साइड छोड़ता है।
- **भूमि उपयोग परिवर्तन :** सड़क निर्माण के लिए जंगलों की कटाई व मिट्टी की खोदाई होती है, जिससे कार्बन अवशोषण क्षमता घटती है।
- **सड़क रखरखाव एवं संचालन :** स्ट्रीट लाइटिंग, टोल संचालन और मरम्मत कार्यों में भी ऊर्जा और ईंधन की खपत होती है। वाहनों से कार्बन डाइऑक्साइड, नाइट्रस ऑक्साइड और सूक्ष्म कणों का निरंतर उत्सर्जन होता है।

कार्बन न्यूट्रल हाईवे निर्माण के मुख्य चरण

कार्बन न्यूट्रल हाईवे बनाना केवल निर्माण तकनीक नहीं, बल्कि एक समग्र दृष्टिकोण है। इसे नीचे दिए गए चार चरणों में समझा जा सकता है :

- **कार्बन उत्सर्जन का आकलन :** सबसे पहले निर्माण परियोजना के हर चरण - सामग्री, मशीनरी, ईंधन, श्रम परिवहन आदि - से उत्सर्जित कुल कार्बन की गणना करते हैं। इसके लिए 'लाइफ साइकिल असेसमेंट (एलसीए)' और 'कार्बन फुटप्रिंट मूल्यांकन' तकनीकों का उपयोग किया जाता है।
- **कार्बन कमी :** इस चरण में ऐसे उपाय अपनाए जाते हैं, जो उत्सर्जन को न्यूनतम करते हैं। इनमें पुनर्चक्रित सामग्री, कोल्ड मिक्स टेक्नोलॉजी, नवीकरणीय ऊर्जा आधारित उपकरण और ऊर्जा-कुशल मशीनरी का उपयोग शामिल है।
- **कार्बन ऑफसेट :** जो उत्सर्जन रोक नहीं सकते, उसकी भरपाई वृक्षारोपण, आयोचार, सौर परियोजनाओं अथवा कार्बन क्रेडिट से की जाती है।
- **मॉनिटरिंग और रिपोर्टिंग :** परियोजना के दौरान उत्सर्जन की निरंतर निगरानी और दस्तावेजीकरण किया जाता है ताकि पारदर्शिता बनी रहे।

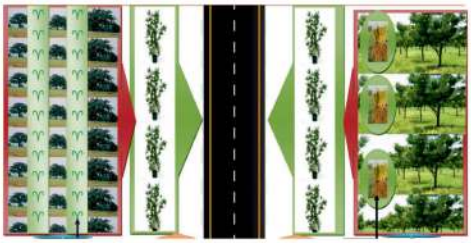
कार्बन कमी के तकनीकी उपाय

(क) टिकाऊ निर्माण सामग्री का उपयोग

- **फ्लाई ऐश आधारित सीमेंट :** पारंपरिक सीमेंट की तुलना में 25-30% कम कार्बन उत्सर्जन।
- **प्लास्टिक वेस्ट मिक्सिंग :** प्लास्टिक कचरे का पुनः उपयोग सड़क की मजबूती बढ़ाता है और पर्यावरणीय बोझ घटाता है।
- **रबड़ क्रम्ब मिक्सिंग :** पुराने टायरों की रबड़ से सड़कें अधिक टिकाऊ बनती हैं।
- **पुनर्चक्रित एग्रीगेट्स :** पुराने कंक्रीट और ऊमर को दोबारा प्रयोग करना भी उपयोगी विकल्प है।

(ख) ऊर्जा दक्ष तकनीक अपनाना

- **कोल्ड मिक्स बिटुमिन टेक्नोलॉजी :** यह हॉट मिक्स के मुकाबले 30% तक ऊर्जा बचाती है।
- **हाइड्रोलिक-सौर ऊर्जा आधारित उपकरण :** निर्माण चरण में नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग।
- **एलईडी आधारित सोलर लाइटिंग सिस्टम :** सड़क के किनारे प्रकाश व्यवस्था में ऊर्जा बचत।



वर्बन-न्यूट्रल हाईवे बनाने के लिए सड़क के दोनों किनारों पर हर्बल, सगंध युक्त और जैव-ऊर्जा में उपयोगी पौधों का रोपण कर सकते हैं। सड़क के दोनों तरफ 50-60 फीट तक छोड़कर शेष जमीन पर बाई ओर महुआ व करंज के बीच लेमनग्रास लगा सकते हैं। सड़क से सटे भाग में बांस की हरित पट्टी विकसित कर सकते हैं। दाईं ओर नीम व लक्ष्मी तरु (Simarouba) जैसे वृक्षों के साथ खस की इंटरक्रॉपिंग कर सकते हैं।

भारत में कार्बन न्यूट्रल हाईवे के उदाहरण तथा नीतिगत पहल

नेशनल हाईवे अथॉरिटी ऑफ इंडिया की ग्रीन हाईवे नीति (2015) : इस नीति के तहत सड़कों के किनारे वृक्षारोपण को अनिवार्य किया गया है और निर्माण में पुनर्चक्रित सामग्री के उपयोग को बढ़ावा दिया गया है। वर्तमान में, निम्नलिखित कुछ हाईवे उक्त श्रेणी में सम्मिलित हैं:

- **दिल्ली-मेरठ एक्सप्रेसवे (ग्रीन हाईवे) :** भारत का पहला ग्रीन एक्सप्रेसवे, जिसमें सौर ऊर्जा आधारित लाइटिंग, वाटर हार्वेस्टिंग सिस्टम और व्यापक वृक्षारोपण किया गया है।
- **नर्मदा एक्सप्रेसवे (एमपी) :** यह परियोजना पर्यावरणीय प्रभाव को न्यूनतम रखने हेतु ग्रीन कॉरिडोर के रूप में विकसित की जा रही है।
- **चारधाम ऑल वेदर रोड प्रोजेक्ट :** उत्तराखंड में इस परियोजना में पर्यावरणीय संतुलन के लिए विस्तृत पुनर्वनीकरण योजना लागू की गई है।

(ग) ग्रीन बेल्ट और जैव विविधता संवर्धन

- सड़क के किनारों पर स्थानीय प्रजातियों के पौधों का रोपण फायदेमंद हो सकता है। एक किलोमीटर सड़क पर औसतन 1000 पौधे लगे हों तो प्रतिवर्ष 10-12 टन कार्बन अवशोषित हो सकता है।
- सड़कों के किनारे स्थानीय प्रजातियां - जैसे बांस, नीम, अर्जुन, शीशम, अमलतास, पीपल, कचनार और गुलमोहर लगा सकते हैं। बांस सबसे उपयोगी है, क्योंकि यह कार्बन अवशोषण में अन्य वृक्षों से अधिक प्रभावी है, साथ ही ध्वनि, धूल और प्रदूषण नियंत्रण के लिए हरित अवरोधक का काम करता है।

(घ) कार्बन कैप्चर की तकनीकें : कार्बन न्यूट्रल हाईवे बनाने से जुड़ी परियोजनाओं के तहत निर्माण स्थलों पर बायोचार उत्पादन इकाइयां लगा सकते हैं तथा कार्बन स्टोरेज पिट्स में कार्बनिक अपशिष्ट संग्रहित कर कार्बन को संरक्षित कर सकते हैं।

कार्बन अवशोषण का मात्रात्मक विश्लेषण

राजमार्ग के दोनों किनारों पर 20 मीटर चौड़ी पट्टी में बांस लगाने से प्रति किलोमीटर लगभग 4 हेक्टेयर क्षेत्र में रोपण हो सकता है, जो प्रतिवर्ष 60-70 टन कार्बन (15-17 टन/हेक्टेयर) अवशोषित करेगा। इस तरह, मात्र 2 वर्षों में ही निर्माण से उत्सर्जित 100-120 टन कार्बन की भरपाई हो जाएगी और 10 वर्षों में एक किलोमीटर सड़क की बांस पट्टी 600-700 टन कार्बन सोख लेगी - यह दर किसी अन्य वृक्ष-आधारित हरित पट्टी से अधिक है।

कार्बन ऑफसेट के लिए प्रमुख उपाय

सड़क निर्माण से पहले और बाद में समुदाय के साथ मिलकर वृक्षारोपण कर सकते हैं। परियोजना हेतु कार्बन सीक्वेस्ट्रेशन प्लान तैयार करना होगा। कार्बन ऑफसेट गतिविधियों को अंतरराष्ट्रीय मानकों के अनुसार पंजीकृत करके राजस्व मिल सकता है। सौर ऊर्जा इकाइयां, चार्जिंग स्टेशन व सोलर लाइटिंग पोल लगाकर हरित ऊर्जा उपयोग सुनिश्चित कर सकते हैं। ग्राम पंचायतों, स्वयं सहायता समूहों व एनजीओ की भागीदारी से हरित परियोजनाओं का संचालन किया जा सकता है।

ऐसे दूर हो सकती हैं निर्माण की चुनौतियां

कार्बन न्यूट्रल हाईवे के निर्माण में प्रारंभिक लागत में बढ़ोतरी, तकनीकी ज्ञान व प्रशिक्षित पेशेवरों की कमी, राष्ट्रीय मानकों का अभाव तथा बड़े नेटवर्क की कार्बन मॉनिटरिंग की जटिलता जैसी चुनौतियां हैं, जिसके लिए ठोस नीतिगत कदमों की जरूरत है। नेट-जीरो इंफ्रास्ट्रक्चर मिशन के तहत कार्बन-न्यूट्रल हाईवे नीति लागू करने, ग्रीन इंफ्रास्ट्रक्चर फंड बनाने तथा आईआईटी जैसे संस्थानों में कार्बन-मुक्त निर्माण सामग्री पर शोध बढ़ाना होगा। पब्लिक-प्राइवेट पार्टनरशिप मॉडल में टैक्स लाभ और कार्बन क्रेडिट से निजी क्षेत्र को प्रोत्साहन देना होगा। स्मार्ट ट्रैफिक मैनेजमेंट के जरिये ईंधन खपत और उत्सर्जन कम करने की दिशा में भी कदम उठाए जा सकते हैं।