Articles Published

వాయు కాలుష్య కట్టడి ఎలా?

ఢిల్లీ ప్రజలు 9 నవంబర్ 2025న ఇండియా గేట్ వద్ద 'క్లీన్ ఎయిర్' కోసం భారీ ప్రదర్శన నిర్వహించారు. ప్రతి సంవత్సరం ఢిల్లీ నగరం శీతాకాలంలో వాయు కాలుష్యంతో ఉక్కిరిబిక్కిరి అవుతోందని ఈ ఘటన మరోసారి స్పష్టం చేసింది. ప్రతి శీతాకాలంలో నగరంపై దట్టమైన, విషపూరితమైన పొగమంచు కమ్ముకుంటుంది. అదేవిధంగా ఢిల్లీవాసుల కళ్లు, గొంతు మండటం జరుగుతోంది. గాలి నాణ్యత ప్రజలను భయాందోళనకు గురి చేస్తున్నది. ఢిల్లీ గాలి కాలుష్యానికి అనేక కారణాలు ఉన్నాయి.

పంజాబ్, హర్యానా, ఉత్తరప్రదేశ్ వంటి రాష్ట్రాలలో వ్యవసాయ పంట అవశేషాలను తగలబెట్టడం, దీపావళి పండుగనాడు బాణసంచా కాల్చడం, మరోవైపు వాహనాల ఉద్గారాలు పెరగడం వల్ల వాయు కాలుష్యం పెరిగిపోతోంది. శీతాకాలంలో దట్టమయిన మంచుతో కాలుష్యం కలవటం వలన పొగమంచు ఏర్పడుతుంది. దీనినే 'స్మాగ్' అని అంటారు. పొగమంచు దృశ్యమానతను తగ్గిస్తుంది. దీనివలన విమాన, రైలు, రోడ్డు వంటి రవాణా వ్యవస్థలకు తీవ్ర అంతరాయం కలుగుతుంది. ఈ కారణంగా రోడ్డు, రైలు, విమాన ప్రమాదాలు జరిగిన సంఘటనలు చాలావరకు ఉన్నాయి.

దీపావళి తర్వాత ఢిల్లీ నగరంలో గాలి కాలుష్యం నుండి ఉపశమనం కలిగించడానికి అక్టోబర్ 28, 2025న ఢిల్లీ ప్రభుత్వం ఐఐటీ కాన్పూర్ సహకారంతో క్లౌడ్‌సీడింగ్ నిర్వహించింది. కానీ, క్లౌడ్‌సీడింగ్ విజయవంతం కాలేదు. క్లౌడ్ సీడింగ్ అంటే కృత్రిమంగా వర్షాన్ని సృష్టించడం. దీపావళి పండుగకు కొన్ని రోజుల ముందు, ఢిల్లీ పరిసర ప్రాంతాలలో బాణసంచా అమ్మకం, పేల్చడంపై ఐదు సంవత్సరాల నిషేధాన్ని భారత అత్యున్నత న్యాయస్థానం సడలించింది. తక్కువ కాలుష్య కారక 'గ్రీన్ క్రాకర్స్' వాడకాన్ని అనుమతించింది. గ్రీన్ క్రాకర్స్ 20 నుండి 30% మాత్రమే కాలుష్యాన్ని కలుగజేస్తాయి. అయితే, అవికూడా గాలి నాణ్యతను దిగజార్చే హానికరమైన కణాలను విడుదల చేస్తాయని నిపుణులు చెపుతున్నారు.

వాయు కాలుష్యం అంటే ఏమిటి?

ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ (డబ్ల్యూహెచ్ఓ) ప్రకారం వాయు కాలుష్యం అంటే వాతావరణం సహజ లక్షణాలను మార్చివేసే ఏదైనా రసాయన, భౌతిక లేదా జీవసంబంధమైన ఏజెంట్ అంతర్గత (ఇండోర్) లేదా బాహ్య (అవుట్ డోర్) వాతావరణాన్ని కలుషితం చేయడం. ప్రపంచ జనాభాలో ఎక్కువశాతం ప్రజలు డబ్ల్యూ.హెచ్.ఓ మార్గదర్శక పరిమితులను మించిన కాలుష్య కారకాలు కలిగిన గాలిని పీల్చుకుంటున్నారని, దిగువ, మధ్య ఆదాయ దేశాలు అత్యధికంగా వాయు కాలుష్యానికి గురి అవుతున్నాయని అని డబ్ల్యూ.హెచ్.ఓ. డేటా తెలియచేస్తున్నది.

వాయు కాలుష్యంలో ఢిల్లీకి రెండో స్థానం

గాలి నాణ్యత స్థాయి 0-50 మంచిది, 51-100 మితమైనది, 101-200 పేలవమైనది, 201-300 అనారోగ్యకరం, 301-400 తీవ్రమైనది, 401-500 ఆ పైన ప్రమాదకరమైనది. ఢిల్లీలో గత కొన్ని రోజులుగా సగటు గాలి నాణ్యత 323తో తీవ్రస్థాయికి చేరుకుంది. హైదరాబాద్‌లో సగటు గాలి నాణ్యత 111తో పేలవమైన గాలి నాణ్యతను కలిగి ఉంది. ఈ నాణ్యత ప్రతిరోజూ మారుతుంది. ప్రపంచంలోని 20 అత్యంత కాలుష్య నగరాల్లో 13 భారతదేశంలోనే ఉన్నాయి. అత్యంత కాలుష్య రాజధాని ఢిల్లీ. ప్రస్తుతం దేశ రాజధాని ఢిల్లీలో వాయు కాలుష్యం వలన పీల్చే ప్రాణవాయువు నాణ్యత లోపించింది. వాయు కాలుష్యం వివిధ పట్టణాలలో సర్వ సాధారణ విషయంగా మారిపోయినది. దీనివలన మరణాల రేటు పెరగటంతోపాటుగా వాతావరణ మార్పులు సంభవిస్తున్నాయి. నవంబర్ 13, 2024 నాటికి సెంట్రల్ పొల్యూషన్ కంట్రోల్ బోర్డ్ విడుదల చేసిన భారతదేశంలోని అత్యంత కలుషితమైన టాప్ 10 నగరాలలో ఢిల్లీ, హాజీపూర్, భివానీ మొదటి మూడు స్థానాలను ఆక్రమించాయి. స్విస్ దేశానికి చెందిన 'ఐ.క్యూ. ఎయిర్ కంపెనీ' ప్రకారం నవంబర్ 7, 2024 నాటికి వాయు కాలుష్యంలో ఢిల్లీ ప్రపంచంలోనే రెండో స్థానంలో ఉంది. లాహోర్ మొదటి స్థానంలో ఉంది. భారతదేశం ప్రస్తుతం తీవ్ర వాయు కాలుష్యంతో పోరాడుతోంది. మొత్తంమీద ప్రపంచవ్యాప్తంగా భారతదేశం మూడో అత్యంత కలుషితమైన దేశం. ప్రపంచ వాయు నాణ్యత నివేదిక ప్రకారం దేశంలో వార్షిక సగటు పార్టిక్యులేట్ మ్యాటర్ 2.5 సాంద్రతలు 53.3 మైక్రోగ్రామ్స్ పర్ క్యూబిక్ మీటర్ నుంచి 54.4 మైక్రోగ్రామ్స్ పర్ క్యూబిక్ మీటరుకి పెరిగాయి.

'ది లాన్సెట్ ప్లానెటరీ హెల్త్ జర్నల్' పరిశోధన అంశాలు

2008-2019 మధ్య ఢిల్లీ, బెంగళూరు, చెన్నై, ముంబై, అహ్మదాబాద్, హైదరాబాద్, కోల్‌కతా, పూణే, వారణాసి, సిమ్లా వంటి పది భారతీయ నగరాల్లో నమోదైన సుమారు 3.6 మిలియన్ల మరణాల డేటాను అధ్యయనం చేసి, పరిశోధన ఫలితాలను 'ది లాన్సెట్ ప్లానెటరీ హెల్త్ జర్నల్' ప్రచురించింది. ఈ అధ్యయనం భారతదేశం ప్రస్తుత గాలి నాణ్యత ప్రమాణాలను తెలియజేస్తున్నది. ఈ అధ్యయనం ప్రకారం గాలిలోనికి 24 గంటల వ్యవధిలో పార్టిక్యులేట్ మ్యాటర్ 2.5, క్యూబిక్ మీటరుకు 60 మైక్రోగ్రాముల వరకు విడుదల అవుతున్నది. ఇది ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ నిర్దేశించిన క్యూబిక్ మీటర్‌కు 15 మైక్రోగ్రాముల కంటే నాలుగు రెట్లు ఎక్కువ. పార్టిక్యులేట్ మ్యాటర్ 2.5, అనగా గాలిలో 2.5 మైక్రాన్లు లేదా అంతకంటే తక్కువ వెడల్పు ఉన్న చిన్న చిన్నకాలుష్య కణాలు.

వాయుకాలుష్యంతో భారీసంఖ్యలో మరణాలు

బ్రిటిష్ మెడికల్ జర్నల్ (బి.ఎం.జె)లో ప్రచురితమైన ఒక అధ్యయనం ప్రకారం, వాయు కాలుష్యం కారణంగా భారతదేశంలో సంవత్సరానికి 2.18 మిలియన్ల మరణాలు సంభవిస్తున్నాయి. పరిశ్రమలలో, విద్యుత్ ఉత్పత్తి, రవాణాలో శిలాజ ఇంధనాలను ఉపయోగించడంవల్ల వచ్చే వాయు కాలుష్యం ప్రపంచవ్యాప్తంగా సంవత్సరానికి 5.1 మిలియన్ల అదనపు మరణాలకు కారణమవుతోందని పరిశోధనలో వెల్లడైంది. వాయు కాలుష్యాన్ని నివారించాలి అంటే శిలాజ ఇంధనాల వాడకాన్ని తగ్గించి, 'సోలార్ విద్యుత్' వంటి పునరుత్పాదక ఇంధనాల వాడకాన్ని పెంచాలి. ఈక్రమంలో భారత ప్రభుత్వం 'జీవ ఇంధనాలపై జాతీయ విధానం' ద్వారా పర్యావరణ అనుకూల ఇథనాల్ బ్లెండెడ్ పెట్రోల్ (ఇ20 పెట్రోల్) కార్యక్రమానికి రూపకల్పన చేసింది. హరిత హైడ్రోజన్ ఉత్పత్తి, వినియోగం, ఎగుమతి కోసం 'నేషనల్ గ్రీన్ హైడ్రోజన్ మిషన్'ను ప్రారంభించింది. బాటరీలతో నడిచే విద్యుత్ వాహనాల వినియోగాన్ని ప్రోత్సహిస్తున్నది.

కాలుష్య నివారణలో ప్రజల పాత్ర కీలకం

కాలుష్య నివారణలో ప్రజల సహకారం ఎంతో అవసరం. కావున ప్రజలు స్వచ్ఛందంగా సైకిల్ వంటి వాహనాల వినియోగాన్ని అలవాటు చేసుకోవాలి. కాలుష్యాన్ని నివారించడానికి అనేక చట్టాలు ఉన్నప్పటికీ వాటిని ప్రభుత్వాలు సక్రమంగా అమలు చేయలేకపోతున్నాయి. ఉత్సవాలను జరిపిన తర్వాత ప్లాస్టర్ ఆఫ్ పారిస్ విగ్రహాలను నీటిలో నిమజ్జనం చేయడంవలన జల కాలుష్యం ఏర్పడుతున్నది. గత సంవత్సరం తెలంగాణ ప్రభుత్వం డీజే సౌండ్, ధ్వని కాలుష్యం నియంత్రణ కోసం మార్గదర్శకాలను రూపొందించినప్పటికీ అమలుచేయడానికి ప్రజలు సహకరించటం లేదు. ఇలా ప్రజల సహకారం లేనప్పుడు ప్రభుత్వాలు కూడా ఏం చేయలేవు. అంటే ప్రజల సహకారంతోనే ఎటువంటి కాలుష్యాన్ని అయినా కట్టడి చేయగలం. పరిస్థితులు విషమించిన తర్వాత నిరసన ప్రదర్శనలు చేయడం వలన లాభం ఉండదు. ఎందుకంటే కాలుష్యం బారిన పడిన తర్వాత తిరిగి పూర్వపరిస్థితిని తీసుకొని రావటం అంత సులువు కాదు. కాబట్టి ప్రజలు బాధ్యతతో ప్రభుత్వాలకు సహకరించాలి.

- డా. శ్రీధరాల రాము,
ఫ్యాకల్టీ ఆఫ్ కెమిస్ట్రీ అండ్ ఎన్విరాన్మెంటల్ సైన్సెస్

రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ రంగంలో ప్రపంచాన్ని శాసిస్తున్న చైనా

అమెరికా, చైనా మధ్య ప్రస్తుతం నెలకొన్న వాణిజ్య యుద్ధం కారణంగా కొద్దిరోజుల క్రితం చైనా తన 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' ఎగుమతులపై ఆంక్షలు విధించడం ద్వారా అమెరికా తమపై విధించిన వాణిజ్య ఆంక్షలు, సుంకాలను ఎదుర్కోనాలని భావిస్తోంది. చైనా నిర్ణయంతో ప్రపంచ దేశాలు కూడా ఇబ్బందికర పరిస్థితులను ఎదుర్కోబోతున్నాయి. 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' అంటే అరుదైన భూమి ఖనిజాలు. 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' మొత్తం సంఖ్య పదిహేడు. అవి పదిహేను 4ఎఫ్ బ్లాక్‌కు చెందిన 'లాంథనైడ్స్' మూలకాలు (లాంథనం మూలకం నుంచి లుటేషియం మూలకం వరకు), 3వ బ్లాక్ కు చెందిన 'స్కాండియం' మూలకం, 4 బ్లాక్‌కు చెందిన 'యట్రియం' మూలకం. పదిహేడు మూలకాలు వేరువేరు బ్లాకులకు చెందినవి అయినప్పటికీ వీటన్నిటిని కలిపి 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' అని పిలుస్తారు. దీనికి కారణం ఇవన్నీ ఒకే రకమైన ధర్మాలను కలిగి ఉండటం, ఒకే ధాతువు నిక్షేపాలలో కలిసి భూమిలో లభించటం, ప్రకృతిలో వాటి దగ్గరి సంబంధం, సారూప్య ప్రవర్తన కారణంగా వీటిని ఒకే సమూహంలో చేర్చటం జరిగింది.

- డా..శ్రీధరాల రాము,
ఫ్యాకల్టీ ఆఫ్ కెమిస్ట్రీ
అండ్ ఎన్విరాన్మెంటల్ సైన్సెస్

'రేర్ ఎర్త్' అనగా భూమిలో అరుదుగా లభించేవి. ఈ పదం కొంచెం తప్పు పేరు. ఎందుకంటే 'రేర్ ఎర్త్' అనే పదం ఈ మూలకాలను మొదట కనుగొన్నప్పుడు ఇవి భూమిలో అరుదుగా లభిస్తాయి అనే భావనతో వీటిని 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' అని పేరు పెట్టారు. వాస్తవానికి ఈ మూలకాలన్నీ భూమి పైపొరలలో అధిక మొత్తంలో లభిస్తాయి. ప్రపంచవ్యాప్తంగా విస్తరించి ఉన్నాయి. చారిత్రక పేరు సంప్రదాయాల కారణంగా వీటిని ఇప్పటికీ 'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' అని పిలుస్తున్నారు. ఉదాహరణకు రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ మూలకమైన సీరియం భూమిలో రాగివలె సమృద్ధిగా లభిస్తుంది (అత్యంత సమృద్ధిగా దొరికే 25వ మూలకం), రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ మూలకం థులియం కూడా బంగారం కంటే ఎక్కువగా లభిస్తుంది.

'రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్' ఉత్పత్తిలో చైనా ఆధిపత్యం

రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ ధర్మాలు ఒకేలా ఉండటం వలన భూమిలో ఇవి కలిసి లభిస్తాయి. కావున 1907 వరకు వీటిని ఒకే మూలకం అని భావించారు. రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్‌ను సంగ్రహించడం కష్టతరంగా ఉంటుంది, ఎందుకంటే వీటి రసాయన ధర్మాలు ఒకేలా ఉండటం వలన వీటిని వేరు చేయడానికి ఖరీదైన, బహుళదశల ప్రక్రియలు అవసరం. అంతర్జాతీయ ఇంధన సంస్థ ప్రకారం మైనింగ్ చేసిన రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ (ఆర్ఈఈ) ఉత్పత్తిలో 60% కంటే ఎక్కువ ఒకే ఒక దేశం చైనా నుండి వస్తుంది. అంతేకాకుండా, ప్రాసెసింగ్ చేసిన REE లను ప్రపంచవ్యాప్తంగా చైనా 90% కంటే ఎక్కువ నియంత్రిస్తుంది. 1990ల చివరి నుంచి ప్రపంచంలోని ఆర్ఈఈలలో 85-95 శాతం చైనా అందించింది.

చైనా ఎలా అగ్రస్థానం సాధించింది?

చైనా వెలుపల కూడా వివిధ దేశాలలో రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ లభిస్తాయి. కానీ, సమస్య ఏమిటంటే ఈ

దేశాలలో రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ మైనింగ్ అంతగా చేయడం లేదు. దీనికి కారణం ఆర్థిక సాధ్యత సమస్యలతోపాటు, మైనింగ్ కలిగించే కాలుష్యం, పర్యావరణ ఆందోళనలు. అయితే, చైనాలో రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ మైనింగ్‌తోపాటుగా సాంకేతికత ఇంటెన్సివ్ ప్రాసెసింగ్ కూడా జరుగుతుంది. చైనా ఈ వ్యాపారంలోకి రావాలని నిర్ణయించుకున్న దశాబ్దాల తర్వాత ఈ చర్య బలమైన వాణిజ్య పరపతిగా లాభాలను ఇస్తోంది. 21వ శతాబ్దంలో రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ చాలా ప్రాచుర్యంలోనికి వచ్చాయి. ఎందుకంటే, ఒకటి.. రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్‌లో ఆధునిక సాంకేతికతకు దోహదపడే కీలకమైన, ప్రత్యేక లక్షణాలను గుర్తించటం. రెండు.. రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ ఉత్పత్తి, సరఫరాలో చైనా ఆధిపత్యం. మూడు.. ప్రపంచంలోని రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ సరఫరాలో ఎక్కువ భాగం చైనాపై అంతర్జాతీయ సమాజం ఆధారపడటం.

రేర్ ఎర్త్ మాగ్నెట్స్

రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ ఇతర మూలకాలతో కలిసి ఏర్పరిచే మిశ్రమ లోహాలు అత్యంత శక్తిమంతమైన అయస్కాంత పదార్థాలు. ఇవి వివిధ రంగాలలో ఉపయోగపడతాయి. ఉదాహరణకు బోరాన్, ఇనుములకు నియోడైమియం అనే 'రేర్ఎర్త్ ఎలిమెంట్' కలిపితే ఏర్పడే మిశ్రమ లోహం అత్యంత శక్తిమంతమైన అయస్కాంతత్వాన్ని కలిగి ఉంటుంది. రక్షణ పరికరాలు, ఎలక్ట్రిక్ మోటార్లు, యుద్ధ విమానాలు, కార్లలో పవర్ విండోలు, ఎయిర్‌బ్యాగ్‌లను అమర్చడానికి ఈ అయస్కాంతాలను ఉపయోగిస్తారు. ప్రపంచవ్యాప్తంగా అత్యధికంగా రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ నిల్వలు కలిగిన టాప్ టెన్ దేశాలు, 2024లో వివిధ దేశాలు ఉత్పత్తి చేసిన రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ డేటా అమెరికా జియోలాజికల్ సర్వే నుంచి తీసుకోవడం జరిగింది.

రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ నిల్వల్లో టాప్ టెన్ దేశాలు

1. చైనా నిల్వలు: 44 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 2,70,000 మెట్రిక్ టన్నులు. 2. బ్రెజిల్ నిల్వలు: 21 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 20 మెట్రిక్ టన్నులు. 3. భారతదేశం నిల్వలు: 6.9 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 2,900 మెట్రిక్ టన్నులు. 4. ఆస్ట్రేలియా నిల్వలు: 5.7 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 13,000 మెట్రిక్ టన్నులు. 5. రష్యా నిల్వలు: 3.8 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 2,500 మెట్రిక్ టన్నులు.

6. వియత్నాం నిల్వలు: 3.5 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 300 మెట్రిక్ టన్నులు. 7. అమెరికా నిల్వలు: 1.9 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి 45,000 మెట్రిక్ టన్నులు. 8. గ్రీన్ ల్యాండ్ నిల్వలు: 1.5 మిలియన్ మెట్రిక్ టన్నులు, ఉత్పత్తి లేదు. 9. టాంజానియా నిల్వలు: 0.9 మిలియన్ టన్నులు. ఉత్పత్తి లేదు. 10. దక్షిణాఫ్రికా నిల్వలు: 0.9 మిలియన్ టన్నులు. ఉత్పత్తి లేదు. 2024లో ఆర్ఈఈల ఉత్పత్తిలో చైనా మొదటి స్థానం కాగా, అమెరికా రెండో స్థానంలో ఉన్నాయి.

రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్‌ను ఉపయోగించే రంగాలు

స్మార్ట్ ఫోన్లు, డిజిటల్ కెమెరాలు, కంప్యూటర్ హార్డ్ డిస్క్‌లు, ఫ్లోరోసెంట్, లైట్‌ఎమిటింగ్‌డయోడ్ (ఎల్ఈడీ) లైట్లు, ఫ్లాట్ స్క్రీన్ టెలివిజన్లు, కంప్యూటర్ మానిటర్లు, ఎలక్ట్రానిక్ డిస్ప్లేలు, క్లీన్ ఎనర్జీ, డిఫెన్స్ టెక్నాలజీలు, విండ్ టర్బైన్లు, రోబోటిక్స్, ఎలక్ట్రిక్ వాహనాలు, ఎంఆర్ఐ స్కానర్లు, క్యాన్సర్ చికిత్స పరికరాలలో రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ ఉపయోగిస్తారు. రేర్ ఎర్త్ ఎలిమెంట్స్ నిల్వలలో మూడో స్థానంలో ఉన్న భారతదేశం వాటిని ఉత్పత్తి చేయటంలో చైనాను అధిగమించాల్సిన అవసరం ఉన్నది.

డేటా సెంటర్ల ఏర్పాటుకు సముద్ర గర్భం మేలు!

- డా..శ్రీధరాల రాము,
ఫ్యాకల్టీ ఆఫ్ కెమిస్ట్రీ అండ్
ఎన్విరాన్మెంటల్ సైన్సెస్

డేటా సెంటర్లు టెక్నాలజీ అభివృద్ధిలో ఎంతో కీలకపాత్ర వహిస్తాయి. డేటా సెంటర్లు ఎంతో అవసరమని ప్రజలు భావిస్తున్నప్పటికీ డేటా సెంటర్ల ఏర్పాటు వలన నీటి సమస్యలు, విద్యుత్ శక్తి సమస్యలు, పర్యావరణ సమస్యలు తలెత్తుతాయని ప్రజలు ఆందోళన చెందుతున్నారు. వీటన్నిటిని దృష్టిలో పెట్టుకొని 'సస్టైనబుల్ డేటా సెంటర్లు' ఏర్పాటు దిశగా టెక్నాలజీ రూపొందిస్తున్నారు. ఇందులో భాగంగానే మైక్రోసాఫ్ట్ 2018లో 'ప్రాజెక్ట్ నాటిక్' అనే ప్రయోగాత్మక ప్రాజెక్టును చేపట్టగా, చైనా ప్రపంచంలోనే మొట్టమొదటి నీటి అడుగున సస్టైనబుల్ డేటా సెంటర్‌ను అక్టోబర్ 7, 2025న ప్రారంభించింది.

డేటాను అందరికీ అర్థమయ్యే భాషలో చెప్పాలంటే 'సమాచారం' అని అర్థం. డేటా అనేది అక్షరాల రూపంలో కానీ, రేఖాచిత్రాల రూపంలో కానీ, వీడియో లేదా ఆడియో రూపంలో లేదా డిజిటల్ రూపంలో (0, 1)కానీ ఉండవచ్చును. కంప్యూటర్, డిజిటల్ టెక్నాలజీలు అందుబాటులోకి రాకముందు డేటాను పుస్తకాలలో రాయటం ద్వారా లేదా ముద్రించటం ద్వారా భద్రపరిచేవారు. భద్రపరిచిన ఈ డేటాను అవసరమైనవారు వినియోగించుకోవడానికి అనువుగా పుస్తకాల రూపంలో గ్రంథాలయాలలో పాఠకులకు అందుబాటులో ఉంచేవారు. కంప్యూటర్, డిజిటల్ టెక్నాలజీ అందుబాటులోనికి వచ్చినతర్వాత డేటాను డిజిటల్ రూపంలోనికి మార్చి పెన్ డ్రైవ్స్, హార్డ్ డిస్క్, డేటా సెంటర్లలో భద్రపరుస్తున్నారు. గ్రంథాలయాలు, డేటా సెంటర్ల మూల ఉద్దేశం ఒక్కటే. కానీ, పని చేసే విధానం వేరు. ఉదాహరణకు జ్వరాన్ని చూసే సంప్రదాయ పాదరస థర్మామీటర్, అధునాతన డిజిటల్ థర్మామీటర్ మూల ఉద్దేశం ఒక్కటే కానీ పనిచేసే విధానం వేరు. గ్రంథాలయాలు, డేటా సెంటర్లు ఈ రెండూ కూడా డేటాను నిలువ చేసే ప్రదేశాలు. అవసరమైనవారు డేటా వినియోగించుకోవడానికి ఉద్దేశించినవి. అంటే సంప్రదాయ గ్రంథాలయాలకు అధునాతన డిజిటల్ రూపంగా డేటా సెంటర్స్‌ను భావించవచ్చును.

డేటా సెంటర్ ఏర్పాటుకు సముద్రతీర ప్రాంతాలు ఎందుకు అనుకూలం?

సముద్ర గర్భ ఫైబర్ ఆప్టిక్ కేబుల్స్‌ను ఉపయోగించి సముద్రం కింద డేటా సెంటర్ కేబుల్స్‌ను వేస్తారు. ఖండాంతరాలలోని డేటా సెంటర్లను కలపడానికి, ప్రపంచవ్యాప్తంగా ఇంటర్నెట్ డేటా (సమాచారం) ప్రవహించేలా చేయడానికి సముద్ర మార్గం చాలా అనుకూలమైన మార్గం. ఇలా చేయడానికి అనేక కారణాలు ఉన్నాయి. నేలపై పోలిస్తే సముద్రమార్గం ఖండాల మధ్య దూరాన్ని తగ్గిస్తుంది. భూమి మార్గాలు ఖండాల చుట్టూ తిరగడం, బహుళ దేశాలను దాటడం, కొండలు, ఎడారులను దాటి వెళ్లడం వలన దూరం పెరుగుతుంది. తద్వారా ఇంటర్నెట్ వేగం తగ్గుతుంది అంటే లేటెన్సీని పెంచుతుంది. (తక్కువ లేటెన్సీ = వేగవంతమైన ఇంటర్నెట్ వేగం) సముద్ర గర్భ కేబుల్స్ అతి తక్కువ మార్గాన్ని కలిగి ఉంటాయి. కావున క్లౌడ్ సేవలు, వీడియో కాల్స్, గేమింగ్, ఫైనాన్షియల్ ట్రేడింగ్‌లకు ఆలస్యాన్ని తగ్గిస్తాయి. నేలపై కేబుల్స్ కంటే సముద్ర గర్భ కేబుల్స్ ట్యాప్ చేయడం కష్టం. నేలపై కేబుల్స్ సరిహద్దులు దాటాలి. అనుమతులు, పన్నులు, బహుళ ప్రభుత్వాల సహకారం అవసరం. కొన్ని ప్రాంతాలు (ఉదా. మధ్యప్రాచ్యం, మధ్య ఆసియా) రాజకీయంగా అస్థిర పరిస్థితులను కలిగి ఉంటాయి. కొన్ని ప్రాంతాలు భూకంపాలు, వర్షాలు వంటి ప్రకృతి వైపరీత్యాలకు ఎక్కువగా గురవుతాయి. 99% అంతర్జాతీయ ఇంటర్నెట్ డేటా సముద్ర గర్భ కేబుల్స్ ద్వారా ప్రయాణిస్తుంది. ఉపగ్రహాల ద్వారా కాదు. (ఉపగ్రహాలు దూర ప్రాంతాలు లేదా బ్యాకప్ కోసం ఉపయోగపడతాయి. కానీ, నెమ్మదిగా, తక్కువ సామర్థ్యం కలిగి ఉంటాయి.

ప్రపంచ సాంకేతిక మౌలిక సదుపాయాలకు ఒక సరికొత్త ముందడుగుగా చైనా ప్రపంచంలోనే మొట్టమొదటి వాణిజ్య ఆర్టిఫిషియల్ ఇంటెలిజెన్స్ (ఏఐ) ఆధారిత సముద్ర నీటి అడుగున డేటా సెంటర్‌ను హైనాన్ ప్రావిన్స్ తీరంలో అక్టోబర్ 7, 2025న ప్రారంభించింది. సముద్రనీటి అడుగున 35 మీటర్ల (సుమారు 115 అడుగులు) లోతులో ఉన్న డేటాసెంటర్ పవన శక్తిని వినియోగించుకుంటుంది. పవన శక్తి 95% కంటే ఎక్కువ విద్యుత్తును సరఫరా చేస్తుంది. సహజంగా చల్లబడే సముద్రగర్భ వాతావరణంలో డేటాసెంటర్ ఉష్ణోగ్రతను నియంత్రించడానికి నీరు, విద్యుత్ శక్తి వినియోగం తగ్గిపోతుంది. సంప్రదాయ భూసంబంధమైన డేటా కేంద్రాలతో పోలిస్తే, నీటి అడుగున ప్రాజెక్ట్ మొత్తం విద్యుత్ వినియోగం 22.8%కు తగ్గిపోతుంది. నేల, నీటి వినియోగం అసలు లేదు. స్థల సేకరణ ఖర్చు మిగిలిపోతుంది. అంతేకాకుండా ఇంటర్నెట్ స్పీడు, నేల మీద ఉన్న దానికన్నా చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ప్రపంచ దేశాలు కూడా భవిష్యత్తులో సముద్ర గర్భంలో సస్టైనబుల్ డేటా సెంటర్లను ఏర్పాటు చేస్తాయని ఆశిద్దాం.

ఐక్యరాజ్యసమితి పర్యావరణ కార్యక్రమం ప్రకారం

2019 నుంచి ప్రపంచవ్యాప్తంగా ఇంటర్నెట్ వినియోగదారులు రెట్టింపు కంటే ఎక్కువయ్యారు. అయితే, ఇంటర్నెట్ ట్రాఫిక్ ప్రపంచవ్యాప్తంగా 5.5 బిలియన్లకు విస్తరించింది. 'డేటా సెంటర్లు పెద్ద మొత్తంలో విద్యుత్ శక్తి, నీటిని వినియోగిస్తాయి. దీని వలన గ్రీన్‌హౌస్ వాయు ఉద్గారాలు పెరుగుతాయి. నీటిసరఫరాపై ఎక్కువ ఒత్తిడి ఉంటుంది' అని యూఎన్ఈపీ వాతావరణ మార్పు విభాగం డైరెక్టర్ మార్టిన్ క్రాస్ అన్నారు. అనేక డేటా సెంటర్లు గణనీయమైన పరిమాణంలో నీటిని ఉపయోగిస్తాయి. ప్రపంచ ఆర్థిక ఫోరం ప్రకారం ఒక మెగావాట్ డేటా సెంటర్ ప్రతి సంవత్సరం 25.5 మిలియన్ లీటర్ల నీటిని, శీతలీకరణ కోసం మాత్రమే వినియోగిస్తుంది. ఇది దాదాపు 300,000 మంది రోజువారీ నీటి వినియోగానికి సమానం. ఇంత భారీ నీటి వినియోగం తీవ్రమైన నీటి సమస్యని కలిగిస్తుంది. సాధారణ సర్వర్‌ల సెంట్రల్ ప్రాసెసింగ్ యూనిట్ (సీపీయూ) 70-80 శాతం వేడిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. మిగిలినది మెమరీ వంటి ఇతర పరికరాల నుంచి వస్తుంది. డేటా సెంటర్లు సాధారణంగా తమ శీతలీకరణ వ్యవస్థల కోసం కొంతవరకు గాలిలో తేమకోసం నీటిని ఉపయోగిస్తాయి. సర్వర్ల చుట్టూ అవసరమైన పరిస్థితులను ఏర్పరచటానికి ఇది అవసరం. ఈ నీరు ప్రధానంగా డేటా సెంటర్ శీతలీకరణ టవర్ ద్వారా వాతావరణంలోకి ఆవిరైపోతుంది.

విద్యుత్ డిమాండ్

ఇప్పటి నుంచి 2030 మధ్య విద్యుత్ డిమాండ్ పెరుగుదలలో డేటా సెంటర్లు 20 శాతానికి పైగా కారణమవుతాయని అంతర్జాతీయ ఇంధన సంస్థ అంచనా వేసింది. డేటా సెంటర్లు సాధారణంగా కొన్ని వేల నుంచి కొన్ని మిలియన్ల సర్వర్‌లను లెక్కిస్తుంది. అనేక అభివృద్ధి చెందుతున్న దేశాలకు స్థిరమైన లేదా తగినంత విద్యుత్ సరఫరా లేకపోవడంతో, డేటా సెంటర్ ఆపరేటర్లు బ్యాకప్, ప్రత్యామ్నాయ విద్యుత్ సరఫరాలపై ఆధారపడతారు. ఇందుకోసం డీజిల్ ఇంజన్ జనరేటర్లను వాడటం వలన డీజిల్ ఇంజన్ నిర్వహణ ఖర్చు, ఉద్గారాలు పెరుగుతాయి. ఇది గాలి నాణ్యతను దిగజార్చుతుంది. శబ్ద కాలుష్యాన్ని కలుగచేస్తుంది. 2022లో మెటా డేటా సెంటర్ విద్యుత్ వినియోగం 11,167,416 మెగావాట్ అవర్‌కి చేరుకుంది. 2030 నాటికి డేటా సెంటర్ల నుంచి విద్యుత్ వినియోగం 3,000 టెరావాట్‌అవర్‌కు చేరుకుంటుందని అంచనా. నేడు వాటి శక్తి వినియోగంలో 4 నుంచి 10 రెట్లు పెరుగుదల. డేటా సెంటర్ సర్వర్‌లు అనుబంధ పరికరాలలోకి వెళ్లే గణనీయమైన విద్యుత్ శక్తి వల్ల అవి వేడెక్కుతాయి చివరికి ఇది ఉప ఉత్పత్తిగా వ్యర్థ వేడిగా మారుతుంది. శీతలీకరణ వ్యవస్థలు, రిఫ్రిజిరేటర్‌లను వినియోగించడం, తరచుగా పెద్ద మొత్తంలో నీటిని ఉపయోగించడం ద్వారా వ్యర్థ వేడిని చల్లపరుస్తారు.

సముద్రం అడుగున డేటాసెంటర్ ఏర్పాటు

మైక్రోసాఫ్ట్ 'ప్రాజెక్ట్ నాటిక్' అనేది 2018 జూన్‌లో ప్రారంభమైన ప్రయోగాత్మక ప్రాజెక్ట్. ఇది సముద్ర దిగువన డేటా సెంటర్లను నిర్మించి పనిచేయటం ద్వారా, నీటి వినియోగం, విద్యుత్ శక్తి, నిర్వహణ ఖర్చు, పర్యావరణ ప్రభావాలు ఎంతవరకు తగ్గిపోతాయో పరిశోధించింది. సముద్రం చల్లదనాన్ని ఉపయోగించి కూలింగ్ చేయడం, పునరుత్పాదక శక్తి (వేవ్ ఎనర్జీ)తో డేటా సెంటర్‌ను నడపడం ఈ ప్రాజెక్టు ప్రధాన లక్ష్యం. 2024లో మైక్రోసాఫ్ట్ ప్రాజెక్ట్‌ను అధికారికంగా ఈ ప్రాజెక్టు ముగించింది. ఈ ప్రాజెక్టును పోలిన ప్రాజెక్టుని చైనా విజయవంతంగా పూర్తి చేసింది.

అమెరికా వ్యవసాయ ఉత్పత్తులను భారత్ ఎందుకు వ్యతిరేకిస్తున్నది?

అమెరికా వ్యవసాయ, పాడి పరిశ్రమ ఉత్పత్తులను భారతదేశ మార్కెట్లో అనుమతి ఇచ్చే విషయంలో భిన్నాభిప్రాయాల కారణంగా భారతదేశం, అమెరికా మధ్య వాణిజ్య చర్చలు విఫలమయ్యాయి. అమెరికా తమ దేశ వ్యవసాయం, పాడిపరిశ్రమ, మత్స్య రంగాల ఉత్పత్తులను భారతదేశంలో అమ్ముకోవటం కోసం ఒత్తిడి చేస్తుండగా, భారత్ తమ దేశ రైతులను రక్షించుకోవటానికి అమెరికా ప్రతిపాదనను వ్యతిరేకిస్తోంది. అమెరికా తమ దేశ ఆవులను మేపడానికి జంతు సంబంధ ఆహారం (దాణా) ఉపయోగిస్తుంది. కాబట్టి, ఆ ఆవుల ద్వారా వచ్చే పాలను (నాన్ వెజ్ పాలు) అనుమతించడానికి భారతదేశం ఇష్టపడటం లేదు. భారతదేశ 3.9 ట్రిలియన్ డాలర్ల ఆర్థిక వ్యవస్థకు కేవలం 16% మాత్రమే వ్యవసాయం, దాని అనుబంధ రంగాలు దోహదపడుతున్నాయి. భారతదేశ పాడి పరిశ్రమ రంగం 1.4 బిలియన్లకు పైగా ప్రజలకు ఆహారం ఇస్తోంది. 80 మిలియన్లకు పైగా ఉపాధి కల్పిస్తోంది. ప్రధానంగా చిన్నకారు రైతులు. కావున అమెరికా వ్యవసాయ ఉత్పత్తులను భారతదేశంలోనికి అనుమతిస్తే భారతదేశ రైతుల నుంచి ప్రభుత్వం తీవ్ర వ్యతిరేకతను ఎదుర్కోవలసి వస్తుంది.

భారతదేశ పాడి రైతుల ఉపాధికి ప్రాధాన్యం

భారతదేశ పాడి పరిశ్రమ లక్షలాది మంది చిన్న తరహా రైతులకు జీవనోపాధి కల్పిస్తున్నది. ఈ కారణంగా పాడి రైతుల ఉపాధికి ప్రాధాన్యమివ్వాలి. వీరిలో చాలామంది తమ జీవనోపాధి కోసం కేవలం 1–3 ఆవులపై ఆధారపడి ఉన్నారు. ప్రస్తుతం దేశపాడి పరిశ్రమ భారతదేశ స్థూల విలువ జోడింపుకి దాదాపు 2.5–3% తోడ్పడుతోంది, ఇది రూ. 7.5–9 లక్షల కోట్లు. అందువల్ల ఏదైనా అంతరాయం గ్రామీణ ఆదాయం, జీవనోపాధిపై తీవ్రంగా ప్రభావం చూపుతుందని భావిస్తున్నారు.

జన్యుపరంగా మార్పు చేసిన విత్తనాలు అంటే ఏమిటి?

ప్రకృతి సిద్ధంగా మొక్కలలో జన్యు పదార్థం (డీఎన్ఏ) మార్పిడి 'పరపరాగ సంపర్కం' ద్వారా జరుగుతుంది. అంటే ఈ ప్రక్రియలో ఒక మొక్కలోని పువ్వు పుప్పొడి అదే జాతికి చెందిన వేరే మొక్క పువ్వును చేరుతుంది. దీని ఫలితంగా భిన్నమైన లక్షణాలతో కొత్త మొక్కలు ఏర్పడతాయి. ఈ పద్ధతినే రీకాంబినేషన్ అని అంటారు. ఈ పద్ధతి ద్వారా మొక్కలలో జన్యు వైవిధ్యం పెరుగుతుంది. ఇది కొత్త కలయికలను సృష్టించడం ద్వారా పంటల దిగుబడి, నాణ్యత, తెగుళ్ల నిరోధకత పెరుగుతుంది. కృత్రిమంగా 'రీకాంబినెంట్ డీఎన్ఏ టెక్నాలజీలో' శాస్త్రవేత్తలు ల్యాబ్‌లలో ఉద్దేశ పూర్వకంగా ఒక జాతి నుంచి జన్యువులను తీసుకొని మరొక జాతి మొక్కలు లేదా ఇతర జీవులలో చొప్పిస్తారు.

ప్రయోజనాలు– వివాదాలు

భారతదేశంలో బీటీ కాటన్, పత్తి సాగును విప్లవాత్మకంగా మార్చింది. బీటీ కాటన్ స్వయంగా కీటకాలను నిరోధిస్తుంది. కాబట్టి, ఇది రైతులకు కీటకాల నుంచి రక్షణ కల్పించి దిగుబడిని పెంచింది. పురుగుమందుల వాడకాన్ని తగ్గించింది. భారతదేశంలో బీటీ కాటన్ ప్రవేశ పెట్టిన (2002లో) తర్వాత పత్తి దిగుబడి 20-30% పెరిగింది. కొన్ని ప్రాంతాలలో, బోల్‌వార్మ్ వంటి కీటకాలు బీటీ టాక్సిన్‌కు నిరోధకతను అభివృద్ధి చేశాయి.

బీటీ గింజలు సాధారణ గింజల కంటే ఖరీదైనవి, రైతులకు ఆర్థిక భారం కలిగిస్తాయి. ఆరోగ్యం, పర్యావరణంపై ప్రభావం గురించి కొందరు ఆందోళన వ్యక్తం చేస్తున్నారు. బీటీ విత్తనాలు ఒక్కసారి మాత్రమే వినియోగానికి పనికొస్తాయి. కావున బహుళ జాతి కంపెనీలకు జీఎం విత్తనాలపై పేటెంట్‌లను కలిగి ఉండటం వలన రైతులు బహుళ జాతి కంపెనీలపై ఆధారపడవలసి వస్తుంది.

అమెరికా పాల ఉత్పత్తులతో సమస్య

ప్రకృతి సిద్ధంగా ఆవులు శాకాహారులు. పచ్చ గడ్డి, ఎండుగడ్డి వంటి మొక్క సంబంధిత ఆహార పదార్థాలను ప్రాసెస్ చేయడానికి ఆవు జీర్ణవ్యవస్థ రూపొందింది. అయితే, యునైటెడ్ స్టేట్స్‌లో పారిశ్రామిక వ్యవసాయ కార్యకలాపాలలో భాగంగా పశువులకు, వాటి ఆహారంలో జంతువుల నుంచి సేకరించిన ఉత్పత్తులను తినిపిస్తారు. జంతు ఉత్పత్తులను తినే ఆవుల ద్వారా పొందే పాలను 'మాంసాహార పాలు' అని భారతదేశంలో వ్యవహరిస్తారు. దాదాపు 38% మంది భారతీయులు శాఖాహార ఆహారాన్ని అనుసరిస్తారు. కాబట్టి, భారతదేశం ఇలాంటి పాలను అనుమతించదు. అమెరికాలో వ్యవసాయం పారిశ్రామిక రంగం కావున ఖర్చు తగ్గించుకోవటానికి, ఎక్కువ లాభాలను పొందటం కోసం, అధిక పాల ఉత్పత్తి కోసం, అధిక నాణ్యత, అధిక ధర గల ఎండుగడ్డి వంటి మొక్కల ఆధారిత దాణాల కంటే చౌకగా లభించే జంతు ఉత్పత్తులను ఆవులకు తినిపిస్తారు.

'మాడ్ కౌ డిసీజ్'

ఆవులకు జంతు ఉత్పత్తులను తినిపించడం వలన ప్రాణాంతక నాడీ సంబంధిత వ్యాధి 'మాడ్ కౌ డిసీజ్' 1980, 1990లలో ఇంగ్లాండ్‌లో, 2003, 2012లో అమెరికాలో ఆవులకు వ్యాప్తి చెందింది. ఈ వ్యాధి సోకిన ఆవు మాంసం తిన్న మానవులకు 'క్రూట్జ్‌ఫెల్డ్_జాకోబ్ డిసీజ్' అనే మెదడు సంబంధిత వ్యాధి అభివృద్ధి చెందింది. వ్యవసాయానికి, పాడి పరిశ్రమలకు అధిక ప్రాధాన్యత ఇచ్చే భారతదేశంలో రైతుల జీవనోపాధికి, వ్యవసాయ, పాడి పరిశ్రమ రంగాలకి, ప్రజల ఆరోగ్యానికి హాని కలుగజేసే అమెరికా వ్యవసాయ, పాడి పరిశ్రమ ఉత్పత్తులను భారతదేశ మార్కెట్లలోనికి ప్రభుత్వం ఎట్టి పరిస్థితులలో అనుమతించడం సాధ్యంకాదు.

- డా. శ్రీధరాల రాము,
ఫ్యాకల్టీ ఆఫ్ కెమిస్ట్రీ అండ్ ఎన్విరాన్మెంటల్ సైన్సెస్

Hans India

India must trek Beijing's journey to achieve clean air

Dr SRIDARALA RAMU

THE national capital New [illegible] is once again choking under toxic winter smog. This is a regular winter feature as thick layers of toxic smog engulf Delhi. Several factors contribute to its poor air quality, including burning of crop residues in the neighbouring Punjab, Haryana and Uttar Pradesh, bursting of firecrackers during Diwali and overwhelming emissions from vehicles, among others.

To provide temporary relief after Diwali, the State government collaborated with IIT-Kanpur to conduct cloud seeding trials on October 28. They were vain efforts as they did not result in any significant rainfall.

Ironically, in 1998, Beijing was considered one of the most polluted cities in the world. Over a continuous period of 20 years (1998–2017), Beijing successfully reduced its pollution levels through a series of long-term air quality control programmes. The experience shows that similar long-term strategies can help New Delhi and other Indian cities achieve lasting improvements in air quality.

In the absence of a comprehensive, city-wide air-quality monitoring system, the precise annual AQI averages are not available as regards Beijing in 1998. However, the measurements that do exist from that period show annual averages of SO_2 at 90–120 µg/m^3, NO_2 at 70–74 µg/m^3, and PM10 exceeding 150–200 µg/m^3 — all of which represent seriously unhealthy levels. During winter, coal-based heating pushed pollution even higher, with many studies estimating that peak daily AQI values frequently surpassed 300–500(Hazardous) on the most polluted days.

In response to the alarming deterioration of air quality, Beijing launched a comprehensive pollution control programme in 1998. Large-scale clean-air measures were undertaken in preparation for the 2008 Olympic Games. The "Beijing Clean Air Action Plan," initiated in 2013, marked a turning point. Between 2013 and 2017, Beijing made remarkable progress, and its annual average AQI decreased from 140–150 (Poor) in 2013 to 80–90 (Moderate) by 2017.

Between 1998 and 2017, the annual average concentrations of SO_2, NO_2 and PM10 in Beijing fell by 93.3 per cent, 37.8 per cent and 55.3 per cent, respectively, thanks to a relentless war "on pollution control".

Air quality can be classified according to IQAir standards: They include AQI Range: 0–50 good, 51–100 moderate, 101–150 unhealthy for sensitive groups, 151–200 unhealthy, 201–300 very unhealthy and 301–500+ hazardous.

If these values are low, the air quality has improved.

Lessons from Beijing-1. Strengthening policies continuously:

From 1998 to 2017, Beijing responded proactively to increasing urban size, population, energy consumption and vehicle usage by adopting legal, administrative, economic and technological measures to control pollution.

2. Building an effective air-quality management system: Over two decades, Beijing developed a comprehensive management framework supported by national and municipal laws, regulations and a strong monitoring structure, involving city and district governments.

3. Strong local emission and fuel standards: It introduced stricter local emission norms and improved fuel-quality standards specifically tailored for the city's requirements.

4. Advanced monitoring systems: The city developed an integrated air-quality monitoring network combining satellite data, remote sensing and ground stations apart from tracking major pollution sources.

5. Public awareness and participation: Public access to real-time air quality data and pollution-control updates encouraged citizen involvement.

6. Transition to cleaner energy: Coal-fired energy use in urban and suburban regions was gradually replaced with gas and other clean energy sources. These areas we[illegible] transformed into "coal-free zone[illegible] by 2017.

7. Vehicle-emission contr[illegible] systems: By studying global be[illegible] practices and adapting them locally, Beijing developed its own advanced vehicle-emission control system.

8. Economic growth alongside pollution reduction:

Despite rapid economic growth — maintaining an annual GDP growth rate of over 6.5 per cent — Beijing achieved significant air-quality improvements, thanks to a gradual decline in carbon dioxide emissions, sustainable development and creation of green jobs.

Strong political will, clear goals, well-designed environmental laws, long-term plans, and people's participation enabled Beijing to succeed in controlling air pollution.

Impact on human health:

According to the World Health Organisation (WHO), 99 per cent of the world's population breathes polluted air, and air pollution causes seven million premature deaths every year. PM2.5 — particulate matter with a diameter of 2.5 micrometres or less — poses the greatest health risk. This can increase the risk of stroke, heart disease, lung disorders and cancer.

Air pollutants arise from both human-made and natural sources, including burning fossil fuels, dust storms, wildfires and volcanic eruptions. With long-term planning, cleaner energy adoption and col- [illegible] lution can be significantly reduced.

(The writer is Professor of Chemistry and Environmental Sciences in Hyderabad)

మహా నగరాలు గ్యాస్ చాంబర్‌లా మారుతున్నాయి

ధూమపానం ఆరోగ్యానికి హానికరం అంటారు. కానీ, ఇప్పుడు మనం పీల్చే గాలి ఆరోగ్యానికి హానికరం అనే పరిస్థితి వచ్చింది. దీనికి కారణం పెరిగిన వాయు కాలుష్యం. కొద్ది రోజుల క్రితం దేశవ్యాప్తంగా ఉన్న 80 మందికి పైగా పద్మ అవార్డు గ్రహీతలైన వైద్యుల బృందం వాయు కాలుష్యం ఇకపై శీతాకాలానికి మాత్రమే పరిమితమైన సమస్య కాదని, ఇది ప్రజారోగ్యానికి నిరంతర ముప్పు అని ఒక హెచ్చరికతో కూడిన సలహాను జారీ చేశారు. అంటే భారతదేశం మహానగరాలలో వాయు కాలుష్యం వల్ల ఇకపై ప్రజలు పీల్చుకొనే గాలి హానికరమన్నమాట. పిల్లలు, గర్భిణీ స్త్రీలు, వృద్ధులు..గుండె సంబంధిత లేదా ఊపిరితిత్తుల వ్యాధులు ఉన్నవారికి వాయు కాలుష్యం నిరంతర ప్రాణాంతక ప్రమాదం అని వారు హెచ్చరిస్తున్నారు.

- డా. శ్రీధరాల రాము,
ఫ్యాకల్టీ ఆఫ్ కెమిస్ట్రీ అండ్ ఎన్విరాన్మెంటల్ సైన్సెస్

వాయు కాలుష్యానికి ఢిల్లీ పేరు ప్రముఖంగా వినిపిస్తున్నప్పటికీ ప్రస్తుత వార్షిక డేటాను పరిశీలిస్తే దేశంలోని ఇతర మహా నగరాలలో సైతం వాయు కాలుష్యం అనారోగ్యకరమైన స్థాయిలోనే ఉంది. ఉత్తర భారత దేశంలో PM2.5 స్థాయిలు ప్రపంచ ఆరోగ్య సంస్థ భద్రతా పరిమితుల కంటే 20 నుంచి 40 రెట్లు ఎక్కువగా ఉన్నాయి. దాదాపు 70 శాతం జనాభా ప్రతిరోజూ అసురక్షిత గాలిని పీలుస్తున్నారు. వాయు కాలుష్యం అనేక వ్యాధులకు కారణం అవుతుందని ఈ సంయుక్త జాతీయ సలహా సంస్థ తెలిపింది.

పీఎం 2.5 అంటే ఏమిటి?

పీఎం 2.5 (పార్టిక్యూలేట్ మేటర్ 2.5), అంటే 2.5 మైక్రోమీటర్లకు సమానమైన లేదా అంతకంటే తక్కువ వ్యాసం కలిగిన కణ పదార్థాన్ని తెలియజేస్తుంది. ఇది అతిపెద్ద ఆరోగ్య ముప్పును కలిగిస్తుంది. దీనిని తరచుగా చట్టపరమైన గాలి నాణ్యతా ప్రమాణాలలో కొలమానంగా ఉపయోగిస్తారు. వాయు కాలుష్యప్రభావాన్ని తగ్గించుకోవడానికి సంయుక్త జాతీయ సలహా సంస్థ వైద్యులు పౌరులకు వివరణాత్మక భద్రతా మార్గదర్శకాలను జారీ చేశారు. అవి..అధిక ఎయిర్ క్వాలిటీ ఇండెక్స్ (ఏక్యూఐ) ఉన్న సమయాలలో 'హెపా' ఎయిర్ ప్యూరిఫైయర్లు, N95 మాస్కలను ఉపయోగించటం. హెపా 'అధిక సామర్థ్యం గల పార్టిక్యులేట్ ఎయిర్ ఫిల్టర్'కు సంక్షిప్త రూపం. ఈ రకమైన ఎయిర్ ఫిల్టర్ కనీసం 99.97% దుమ్ము, పుప్పొడి, బూజు, బ్యాక్టీరియా, 0.3 మైక్రాన్ల పరిమాణంలో ఉన్న ఏదైనా గాలిలో ఉండే కణాలను తొలగించగలదు.

ఎయిర్ క్వాలిటీ ఇండెక్స్

గాలి కాలుష్యం గరిష్టంగా ఉన్నప్పుడు బయటి కార్యకలాపాలను పరిమితం చేసుకొని ఇండ్లలోనే ఉండిపోవటం శ్రేయస్కరం. ఎయిర్ ప్యూరిఫైయర్లు లేని కుటుంబాలు ప్రతిరోజూ నేలను నీటితో శుభ్రం చేయాలి. వంటగదిలో సరైన వెంటిలేషన్ ఉండేలా చూసుకోవాలి. ట్రిపుల్ లేయర్ మాస్కలను ఉపయోగించాలి. నిర్మాణ ధూళి, పారిశ్రామిక ఉద్గారాలు, వ్యర్థాలను తగలబెట్టడం నిషేధించాలి. డీజిల్ జనరేటర్లపై కఠినమైన నియంత్రణలను అమలు చేయాలి. విద్యుత్ ప్రజా రవాణాను విస్తరించాలి. ప్రపంచంలోని వివిధ నగరాలలోని గాలి నాణ్యతను ఎయిర్ క్వాలిటీ ఇండెక్స్ ద్వారా తెలుసుకోవచ్చును. ఐక్యరాజ్యసమితి పర్యావరణ కార్యక్రమం భాగస్వామి అయిన 'ఐక్యూఎయిర్' ద్వారా ఎయిర్ క్వాలిటీ ఇండెక్స్‌ను తెలుసుకోవచ్చును. ఐక్యూ ఎయిర్ అనేది స్విస్ వాయు నాణ్యత సాంకేతిక సంస్థ. గూగుల్ ప్లే స్టోర్‌లో లభించే 'ఐక్యూ ఎయిర్ ఎయిర్ విజువల్' యాప్ ద్వారా గాలి నాణ్యతను తెలుసుకోవచ్చును. గాలిలోకి విడుదలయ్యే కాలుష్య కారకాల పరిమాణం బట్టి ఎప్పటికప్పుడు ఒక ప్రదేశం గాలి కాలుష్య నాణ్యత మారుతూ ఉంటుంది.

గాలి నాణ్యతా ప్రమాణాలు

ఐక్యూ ఎయిర్ ప్రమాణాల ప్రకారం గాలి నాణ్యతను ఈ కింది విధాలుగా విభజింపవచ్చును. ఎయిర్ క్వాలిటీ ఇండెక్స్ పరిధి 0-50 మంచిది. 51-100 మోస్తరు, 101-150 సున్నితమైన సమూహాలకు అనారోగ్యకరమైనది, 151-200 అనారోగ్యకరమైనది, 201-300 చాలా అనారోగ్యకరమైనది, 301-500+ ప్రమాదకరమైనది. ఈ ప్రమాణాల ఆధారంగా గాలి కాలుష్యం తీవ్రత తక్కువగా ఉన్నట్టు గాలి నాణ్యత పెరిగినట్లు అర్థం చేసుకోవాలి. నవంబర్ 2025లో ఘజియాబాద్ దేశంలోనే అత్యంత కాలుష్య నగరంగా అవతరించింది, ఆ తర్వాత నోయిడా, బహదూర్‌గఢ్, ఢిల్లీ, హాపూర్, గ్రేటర్ నోయిడా, బాగ్‌పట్, సోనిపట్, మీరట్, రోహ్‌తక్‌లు జాతీయ రాజధాని ప్రాంతం, దాని పరిసర ప్రాంతాలలో టాప్ 10లో నిలిచాయి. రాష్ట్రాలలో కాలుష్యం విస్తృతంగా వ్యాపించింది. నవంబర్ 2025లో రాజస్థాన్‌లో అత్యధికంగా కాలుష్య నగరాలు ఉన్నాయి. 34 నగరాల్లో 23 నగరాలు జాతీయ పరిమితులను మించిపోయాయి.

బీజింగ్ తరహాలో గాలి కాలుష్య నియంత్రణ

మనదేశంలో కాలుష్య సమస్య వచ్చినప్పుడు మాత్రమే ప్రజలు తక్షణ పరిష్కారాల కోసం ప్రభుత్వాలపై ఒత్తిడి తెస్తున్నారు. కాలుష్య నియంత్రణ అనేది తక్షణం పరిష్కారం అయ్యే సమస్య కాదు. ఇది ఒక దీర్ఘకాలిక ప్రణాళిక. 1998లో బీజింగ్‌లో అప్పటి అధికారిక మానిటరింగ్ వ్యవస్థ పూర్తిస్థాయిలో లేనందున, కచ్చితమైన వార్షిక ఏక్యూఐ సగటు సంఖ్యలు అందుబాటులో లేవు. అయితే అప్పటి కొలతల ప్రకారం స్థాయిలు చాలా అనారోగ్యకరమైన స్థాయిలలో ఉండేవి. గాలి కాలుష్య నియంత్రణ కోసం 1998వ సంవత్సరంలో బీజింగ్‌లో దీర్ఘకాలిక ప్రణాళికలను అమలు చేశారు. ఫలితంగా 2017 కల్లా బీజింగ్ వార్షిక సగటు గాలి నాణ్యత 80–90 (మోస్తరు)కు చేరింది. అంటే గాలి నాణ్యత పెరిగి వాయు కాలుష్యం తగ్గింది. ప్రపంచంలో మరే ఇతర నగరం లేదా ప్రాంతం ఇలాంటి ఘనతను సాధించలేదు.

అధిక స్థాయిలో కాలుష్యం

హర్యానాలోని 25 నగరాల్లో 22 నగరాలు పరి
తుల కంటే ఎక్కువ స్థాయిలో కాలుష్యాన్ని క
ఉన్నాయి. ఉత్తరప్రదేశ్‌లోని 20 నగరాల్లో
నగరాలు ఈ పరిమితిని దాటాయి. మధ్యప్ర
ఒడిశా, పంజాబ్‌లలో కూడా అధిక కాలు
స్థాయిలు నమోదయ్యాయి. వేసవి కాలంలో
వేడి వాయు కాలుష్యాన్ని మరింత తీవ్రత
చేస్తుంది. అధిక ఉష్ణోగ్రతలు, సూర్యరశ్మి సమ
లో నైట్రోజన్ ఆక్సైడ్లు, అస్థిర సేంద్రియ సమ్మే
లు మన చుట్టూ ఉండే వాతావరణంలో ఓ
ను ఏర్పరుస్తాయి. ఓజోన్ ఒక విషవాయు
ప్రకృతి సిద్ధంగా భూమి ఉపరితలం నుంచి
కి.మీ నుంచి దాదాపు 50 కి.మీ వరకు విస్తరి
ఉన్న స్ట్రాటోస్ఫియర్ లో ఓజోన్ ఉంటు
కానీ, ఓజోన్ మన చుట్టూ ఉండే వాతావర
లో ఉండటం ప్రమాదకరం. భారతదేశంలో
అనేక నగరాలలో శుభ్రమైన గాలిని పీల్చుకో
పోవటం వలన ఊపిరితిత్తుల కాన్సర్ వ
రోగాల బారిన పడే అవకాశం ఉన్నది. అ
ధూమపానం చేస్తే వచ్చే ఊపిరితిత్తుల కాన
వాయు కాలుష్యం వలన ధూమపానం చేయని
రికి కూడా వచ్చే అవకాశం ఉన్నది.

భావితరాల ఆరోగ్యం కోసం...

బీజింగ్ మార్పు అకస్మాత్తుగా జరగలేదు.
సంవత్సరాల (1998-2017) నిరంతర క
చర్యలు, ప్రభుత్వం, ప్రజలు పరస్పరం స
రించుకోవడం ద్వారా ఇది సాధ్యమైంది. భా
దేశంలో కాలుష్య నియంత్రణ చట్టాలు ఉన్న
టికీ వివిధ కారణాల వలన ప్రభుత్వాలు వా
అమలు చేయలేకపోతున్నాయి, ఒకవేళ ప్ర
త్వాలు కఠినగా చట్టాలు అమలు చేద్దామన
న్నా ప్రజలు సహకరించరు. ప్రజలు ఎన్ని
సమయంలో రాజకీయ పార్టీల నుంచి తవ
లభించే ఉచిత పథకాలు, ఆర్థిక ప్రయోజనా
మాత్రమే శ్రద్ధ చూపుతారు. స్వచ్ఛమైన గా
నీరు, ఆహారం, కాలుష్య నియంత్రణ గురి
డిమాండ్ చేయరు. ప్రజలు తమ భావితరా
తాము సంపాదించిన ఆస్తులను వారసత్వం
ఇవ్వాలని ఆలోచిస్తున్నారు. కానీ, భావితరా
ఆరోగ్యవంతంగా బతకడం కోసం స్వచ్ఛమై
గాలి, నీరు, ఆహారాన్ని వారసత్వంగా ఇ
విధంగా ఆలోచిస్తే మంచిది.

Hans India

Air pollution: Cloud seeding is not the solution

DR SRIDARALA RAMU

CLOUD seeding is the process of artificially inducing rainfall. To provide relief from air pollution in Delhi after Diwali, the Delhi government, in collaboration with IIT-Kanpur, conducted cloud seeding on October 28. Due to atmospheric heat, water from oceans, rivers, lakes, and other water bodies evaporates into vapor. The process of converting vapor into liquid droplets is called condensation while the direct transformation of vapor into a solid is called deposition. Condensation occurs with the help of tiny particles suspended in the air. Examples include dust particles, other small particles, or volcanic ash. These tiny particles act as condensation nuclei. Water vapor gathers around these particles (condensation nuclei) and transforms into liquid droplets or ice crystals.

When many such liquid droplets or ice crystals accumulate, a cloud is formed. As the size and weight of these droplets or ice crystals increase, they fall to the earth as rain. This is how natural rainfall occurs.

Cloud seeding:

Clouds can naturally produce rain. But not all clouds result in rainfall. In cloud seeding, chemicals like silver iodide, dry ice, or salt act as artificial condensation nuclei. These substances are released into moisture-laden clouds using aircraft, rockets, or ground-based generators. The nuclei help form sufficient liquid droplets or ice crystals, increasing their size and weight, thereby inducing artificial rainfall. Like a car with a working engine and fuel that may not start due to a weak battery and needs a push, cloud seeding works when clouds and sufficient moisture are present, but rain does not occur naturally.

Clouds may not always produce rain:

Cloud seeding does not work under clear skies. Insufficient number of condensation nuclei to convert water vapor into droplets or ice crystals. Cloud seeding aims to address such critical issues.

Cloud seeding can interfere with naturally occurring rainfall. The chemicals used may alter the concentration of other atmospheric gases. Artificially inducing rain in one area can disrupt weather balance in nearby regions, potentially reducing rainfall nearby. In some cases, cloud seeding has led to sudden heavy rainfall, resulting in floods.

How can human activities affect clouds?

Research shows that aerosols released into the atmosphere due to air pollution affect cloud formation and can inhibit rainfall. Aerosols prevent water droplets in clouds from merging into larger, heavier droplets. As a result, the droplets remain very small and continue to float in the atmosphere. Thus, air pollution from urban and industrial activities significantly impacts rainfall patterns.

Why the experiment failed in Delhi?

Cloud seeding works only when clouds have around 50 per cent or more humidity. However, in the Delhi experiment, the targeted clouds had only 15-20 per cent humidity, according to Manindra Agrawal, Director of IIT, Kanpur, which partnered with the government for the project. He stated that a chemical mixture of common salt, rock salt, and silver iodide was used.

According to the Indian Institute of Tropical Meteorology, although cloud seeding trials are usually conducted for drought management, this was the first indigenous attempt to use the method for air pollution control, Agrawal noted.

Where has cloud seeding worked?

Over 50 countries, including Saudi Arabia, the United States, Israel, Indonesia, and Australia, have conducted cloud seeding projects at some point. Some achieved good results, while others saw little or no success.

The United Arab Emirates (UAE) is noted as one of the most successful countries in cloud seeding. It conducts operations annually to increase rainfall and combat severe water scarcity. Reports indicate rainfall increased by 10 to 30 per cent in some areas.

China's success:

During the 2008 Beijing Olympics, China successfully used cloud seeding to create favourable weather conditions. To prevent rain during the opening and closing ceremonies, clouds were "emptied" in advance. China launched over 1,100 rockets from several locations, using silver iodide for cloud seeding. This subsequently delayed rainfall in Beijing and resulted in clear skies.

Adverse effects:

Cloud seeding can interfere with naturally occurring rainfall. The chemicals used may alter the concentration of other atmospheric gases. Artificially inducing rain in one area can disrupt weather balance in nearby regions, potentially reducing rainfall nearby. In some cases, cloud seeding has led to sudden heavy rainfall, resulting in floods.

Scientists warn that cloud seeding is not a permanent solution to Delhi's air pollution. While it may provide short-term relief, it does not address the root causes of pollution. Even if artificial rain is successful, it may clear the air for only a few hours or days—a temporary fix. Therefore, it is important to implement long-term strategies to tackle air pollution.

(The writer is a Chemistry and Environmental Sciences faculty)