4. අයිස් සමය සහ හිරුලප

සූර්යාගෙන් ලැබෙන සකල රශ්මියම පෘථිවිය මගින් අවශෝෂණය නොකරන්නේ ඇයි? අනෙක් අතට පෘථිවියෙන් පරාවර්තණය වන සූර්ය තාපය මුළුමනින්ම වායුගෝලයෙන් ඉහළට මිදී අභ්‍යවකාශයට නොයන්නේ ඇයි?

හොඳින් ඉර පායා ඇති දිනක වුවද හිම මත ලිස්සායන ස්කී(ski) ක්‍රීඩා කිරීමට කඳුකරයට ගිය කෙනෙකුට අවට වාතයේ ඇති තද ශීතල ගතිය මැනැවින් දැනේ. ශීතල වායුවේ ජල වාෂ්ප නොමැති වීම නිසා තාපය සිරකර ගැනීමට ශීතල වාතයට අසීරුය. ඒ නිසා වාතය ශීතල වූ විට සූර්යා මගින් අවට වායුගෝලය රත්නොවේ. අනෙක් අතට ධවල හිම මත පතිත වන හිරු එළිය මුළුමනින්ම පාහේ නැවත අභ්‍යවකාශය දෙසට පරාවර්තණය වෙයි. එහෙත් සීතල පෙදෙස්වලදී වුවද හිරු රැස් ඔබේ සම හෝ අත්වැස්ම වැනි අඳුරු පෘෂ්ඨයක්මත පතිත වූ විට රශ්මිය අවශෝෂණය වී තාපය ජනිත වෙයි.

ඔබේ ස්කී අත්වැස්ම රත්වී උණුසුම්වෙන විට ඉන් මිදෙන තාප ශක්තිය අහසදෙසට විකිරණය වී වායුගෝලයේ ඇති හරිතාගාර වායුව මගින් අවුරා සිරකරගනු ලබයි. පරාවර්තණය වන ආලෝකය හරිතාගාර වායුව විනිවිද මිදී ගැලවී යන නමුදු ආලෝකයත් සමඟ විකිරණය වන තාප ශක්තියට එසේ කල නොහැක.

මිහිතලය උණුසුම් වීමට හා සිසිල් වීමට තුඩුදෙන්නේ කිනම් හේතූන්දැයි විද්‍යාඥයන් විසින් මැනවින් විමසා බලනු ලැබ ඇත. ඒ අතරින් විශිෂ්ඨතම විද්‍යාඥයෙකු ලෙස ඔස්ට්‍රෝ-හන්ගේරියානු අධිරාජ්‍යයේ සිවිල් ඉංජිනේරුවරයෙකු ලෙස කට යුතු කල මිලියුටින් මිලන්කොවිච් (Milutin Milankovich) සැලකේ. වර්තමානයේ සර්බියාව යනුවෙන් හැඳින්වෙන ප්‍රදේශයේදී 1879 ජනිත වූ මිලියුටින්ට ප්‍රථම ලෝක යුද්ධය අවධියේදී බුඩාපෙස්ට්හි හන්ගේරියානු විද්‍යා ඇකඩමි

පුස්තකාලයේ රාජකාරි කටයුතු කිරීමට අවස්ථාව සැලසුණි. ඒ වන විටත් ඔහු එකල මතුවූ විශාලතම විද්‍යාත්මක ගැටළුව වූ අයිස් සමය (Ice-Age) ඇතිවීම පිළිබඳව හදාරමින් සිටියේය. ඉන් දශක දෙකකකට පසු 1941 දී ලෝකය තවත් මහා යුද්ධයකට අවතීර්ණ වී සිටියදී ඔහු සිය විශිෂ්ඨ කෘතිය *"Canon of Insolation of the Ice-Age Problem"* යනුවෙන් ප්‍රකාශයට පත් කලේය

පෘථිවියේ දේශගුණය විචලනයට කාරක වන අයිස්-සමය(Ice Age) ඇතිවීම මූලික වශයෙන් කාල චක්‍ර තුනකට වෙන්කල හැකි බව මිලියුටින් මිලන්කොවිච් විසින් 1941දී තහවුරු කළේය. මේ කාල-චක්‍ර මිලන්කොවිච් චක්‍ර වශයෙන් හැඳින්වෙයි.

මින් වඩා දීර්ඝතම කාල-චක්‍රයට හේතුව පොළොව සූර්යා වටේ ගමන් කරන කක්ෂය වසර 100,000 වරක් දික්වී වෙනස්වීමයි. පොළොව සූර්යා වටේ ගමන්කරන්නේ නියම වෘත්තාකාර කක්ෂයක නොවේ. වඩා නිවැරදිව කිවහොත් අණ්ඩාකාර හෙවත් ඉලිප්සියාකාර කක්ෂයක් ඔස්සේ පොළොව සූර්යා වටා ගමන් කරයි. වසර 100,000 වරක් මේ කක්ෂයේ ඉලිප්ස(ellipse) මාර්ගය ඉඳුරා තීව්‍ර වෙයි. එවිට එම සංසිද්ධිය සිදුවන වකවානුව තුළ පෘථිවිය වරෙක සූර්යාට වඩාත්ම නුදුරින්ද තවත් වරෙක සූර්යාට වඩාත්ම ඈතින්ද ගමන් කරයි. මෙහි ප්‍රතිඵලය පොළොවට වැටෙන සූර්ය තාපයේ තීව්‍ර බව තත් කාලය පුරා සැලකිය යුතු පරාසයකින් වෙනස් වීමයි.

පොළොව සූර්යා වටා යන කක්ෂයේ ඉලිප්සීය ස්වභාවය වර්තමානයේ එතරම් තීව්‍ර නැත. එබැවින් ජනවාරි හා ජූලි මාස අතර පොළොවට වැටෙන හිරුරැස්වල වෙනස 6% වැඩිනොවේ. එහෙත් වසර ලක්ෂයකට වරක් පොළොවේ ඉලිප්සියාකාර කක්ෂය අතිශයින් තීව්‍ර වූ විට එම වෙනස ප්‍රමාණයෙන් 20%-30% අතර දක්වා ඉහළ යයි. පොළොව මත පතිත වන සූර්ය තාපය මෙතරම් විශාල පරාසයකින් වෙනස් කරන එකම කාල චක්‍රය මෙයයි. එනිසා එමගින් පොළොවේ දේශගුණයට ඇතිවන බලපෑම අති විශාලය.

වසර 42,000 ට වරක් ඇතිවෙන දෙවන වර්ගයේ කාල චක්‍රවලට හේතු වන්නේ සූර්යා වටා භ්‍රමණය වෙමින් ගමන් කරන පෘථිවිය සිය අක්ෂයේ සිට මඳක් පසෙකට ඇලවීමයි. මෙසේ ඇලවීමේ කෝණය අංශක 21.8° සිට 24.4° ද දක්වා වෙනස්විය හැක. පෘථිවිය මෙලෙස පසෙකට ඇලවීම ඒ මත වැටෙන සූර්ය තාපයේ ප්‍රබලතාවය වෙනස් කිරීමට හේතු වෙයි.

වඩාත් කෙටිම තුන්වන කාල චක්‍රය උද්ගත වන්නේ වසර 22,000 වරකි. මෙයට හේතුව පෘථිවිය භ්‍රමණය වන අක්ෂය 22,000 වසරකට වරක් උතුරු තරුවේ සිට වේගා තරුව දිසාවට දෝලනය වීමයි. මේ සංසිද්ධිය සිදුවූ විට ශීත ඍතුව ඉතා අධික ශීතලයෙනුත් ගිම්හානය ගිනියම් රස්නයෙනුත් යුක්ත වෙයි.

ඉහත කී කාල චක්‍ර තුනම හැඳින්වෙන්නේ මිලන්කොවිච් කාල චක්‍ර යනුවෙනි. එහෙත් මිලන්කොවිච් කාලචක්‍ර අනුව අයිස්-සම (ice ages) උද්ගතවන්නේ ඊට අනුගාමීව මහාද්වීප චලනය හෙවත් මහද්වීපිත ප්ලාවිතය (continental drift) විසින් පෘථිවියේ ගොඩබිම් ප්‍රදේශ පෘථිවි ධ්‍රැවයන්ට වඩාත් ළංකරනු ලැබූවිටයි. මේ සිදුවීම මිලන්කොවිච් කාල චක්‍ර සමග නියම කලට උද්ගත වූ විට ඇතිවන දෘඩ ශීත ඍතු (හා සිසිල් ගිම්හාන) ධ්‍රැව ප්‍රදේශ වල අති විශාල වශයෙන් හිම එක්රැස්කරලීමට දායක වේ. ඒ සුවිශාල හිම කන්දරාව පැතිරීම නිසා අයිස්-සම(ice ages) උද්ගතවේ.

දෘඪ මිලන්කොවිච් කාලචක්‍ර තත්ත්වයන් යටතේ වුවද වසරකට මහ පොළොවට වැටෙන සමස්ත සූර්ය තාපයේ ප්‍රමාණය 1% කින් දහයෙනුත් පංගුවකට වඩා වෙනස් නොවේ. එහෙත් සූර්ය රශ්මි ප්‍රමාණයේ ඒ සා සුළුතර වෙනසට වුවද මහපොළොවේ උෂ්ණත්වය සෙන්ටිග්‍රේඩ් අංශක 5° කින් වෙනස් කළ හැක.

නිසැක වශයෙන්ම කෙසේ සිදුවන්නේ දැයි විස්තර කළ නොහැකි නමුත් අයිස්-සම උද්ගතවීමට වායුගෝලයේ පවතින හරිතාගාර වායු සාන්ද්‍රණයද බලපාන බව අනුමාණ කෙරේ. මේ අනුමානයට හේතුව නම් දක්ෂිනාර්ධගෝලයේ හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය පහත දැමීමකින් තොරව මෙතෙක් කිසිම දේශගුණ

කොම්පියුටර මොඩලයකට (computer model) අනුරූපී අයිස් සමයක් නිර්මාණය කිරීමට නොහැකිවීමය. පෘථිවියේ, වායුගෝලයේ හා අභ්‍යවකාශයේ ඇතිවිය හැකි විවිධ විචලනයන් පිළිබඳ උපකල්පනික දත්ත ඒ සඳහා විශේෂයෙන් පිළියෙල කල කොම්පියුටර වැඩසටහන් වලට කැවීමෙන් දේශගුණික තත්ත්වයන් නිර්මාණය කොට සැසඳීම මෙවැනි කොම්පියුටර මොඩල මගින් සිදුකෙරේ.

අයිස්-සම උද්ගත වීම පිළිබඳ ප්‍රහේලිකාව මිලියුටින් මිලන්කොවිච් විසින් 1941දී නිවැරදිව විසඳනු ලැබු නමුදු ඔහු එකල පළකල විශිෂ්ඨ ලේඛණය ප්‍රථම වරට ඉංග්‍රිසි බසට පෙරළුනේ 1969 වසරේදීය. ඒ වන විට සාගර පත්ලේ රොන් මඩ අතරින් විද්‍යාඥයන් විසින් සොයාගනු ලැබූ සාධක මිලන්කොවිච් කාල චක්‍ර වලට අනුකූලව අයිස්-සමය නිසා ඇතිවන භූවිෂම ලක්ෂණ කදිමට තහවුරු කළේය.

මිලන්කොවිච් කාලචක්‍ර වල බලපෑම නිසා ඇත්ත වශයෙන්ම මේ වන විට පෘථිවිය සිසිල්විය යුතු බවත් අප තවත් හිම යුගයකට මුහුණපාමින් සිටින බවත් යටකී අධ්‍යයනයන්ට අනුව බොහෝ විද්‍යාඥයෝ විශ්වාස කලහ. එහෙත් හුදෙක් එය වායුගෝලයේ හරිතාගාර වායු සමතුලිතය, මානව ක්‍රියාකාරකම් නිසා කෙතරම් තියුණු ලෙස වෙනස් වී ඇත්දැයි දැන නිශ්චය කර ගැනීමට ටික කලකට පෙර තිබූ විශ්වාසයක් පමණි.

හරිතාගාර වායු සහ මිලන්කොවිච් කාල චක්‍ර වල බලපෑම නිසා දේශගුණයට ඇතිවූ බලපෑම පිළිබඳ වඩා පුළුල් දැනීමකින් සන්නද්ධ වීමට දේශගුණ විද්‍යාඥයන්ට හැකිවූවත් පරීක්ෂා කළයුතු තවත් බොහෝ සාධක ගණනාවක්ම විය.

ඒ අතරින් එක සාධකයක් වූයේ සූර්යාගෙන් නිකුත්වන තාපරශ්මීවල තීව්‍ර බවයි. සූර්යාගෙන් නිකුත්වන රශ්මියෙන් තුනෙන් දෙකකට කිට්ටු ප්‍රමාණයක් පෘථිවිය මත අවශෝෂණය වී වැයවේ. ඉතිරි තුනෙන් එක නැවත අභ්‍යවකාශයට පරාවර්තනය වේ.

සූර්ය පෘෂ්ඨයේ හිරුලප(sunspots) ඇති වීම දෙදහස් වසරක තරම් ඈත කාලයක සිට චීන සහ ග්‍රීක තාරකා විද්‍යාඥයන්ගේ නිරීක්ෂණයට ලක්විය. මේ හිරුලප ප්‍රමාණය කෙටිකාලීනව 11වසරක කාලචක්‍රයකට අනුවද දීර්ඝකාලීනව ශතවර්ෂ අටකට කිට්ටු කාල චක්‍රයකට අනුවද වෙනස්වන බව 19වන සියවස වන විට දැනගන්නා ලදී. හිරුලප වල උෂ්ණත්වය සූර්ය පෘෂ්ඨයේ උෂ්ණත්වයට වඩා අඩුය. එහෙත් මවිතයට තුඩුදුන් කරුණ හිරුලප ප්‍රමාණය වැඩිවූවිට පෘථිවියේ උණුසුම ඉහළ යාමයි. හිරුලප විරලවීම 1685-1715 කාලපරිච්ඡෙදයේදී යුරෝපයේ සාමාන්‍යය උෂ්ණත්වය අංශක එකකින් පහළ බැසීමට හේතුවිනැයි විශ්වාස කෙරේ.

දේශගුණය කෙරේ හිරු ලප සැබවින්ම බලපාන්නේද? එහෙත් වසර 6000ක් තරම් ඈත කාලයක් දක්වා වයස රුක් කඳන්වල වාර්ෂික-වලයන්(tree-rings) පරීක්ෂාකර බැලූවිට සූර්ය ලප හා වෘක්ෂ වර්ධනය අතර කිසියම් සමීපතාවයක් ඇති බවක් දැන ගැනීමට නොහැකිවිය. (වාර්ෂික-වලය යනු වෘක්ෂයක් තිරස් අතට කැපූ විට දක්නට ලැබෙන එහි වාර්ෂික වැඩීම වසරක් පාසා සලකුණු කෙරෙන වලයාකාර රේඛා සටහනයි. මේ වාර්ෂික වලයන් අතර ඇති පරතරය තත්කාලීන දේශගුණය නිගමණය කිරීමේ සාධකයක් වශයෙන් යොදා ගැනේ. වලයාකාර රේඛා අතර පරතරය වැඩිවූ විට ඒ වසර යහපත් දේශගුණයක් සහිත වසරක් වශයෙන්ද ඒ පරතරය පටුවීම අයහපත් දේශගුණයක් ඇතිවූ වසරක සලකුණ වශයෙන්ද ගැනේ.)

වඩා මෑත කලෙක සොයා ගත් තොරතුරු අනුව පොළොවට පතිතවන සූර්ය රශ්මියේ ප්‍රමාණය හා වායුගෝලයේ ඇති හරිතාගාර වායූ ප්‍රමාණය එකිනෙකට වෙනස් ආකාරයට පෘථිවියේ දේශගුණය කෙරෙහි බලපාන බව දැන ගන්නට ලැබී තිබේ. සූර්යාගෙන් නිකුත්වන පාරජම්බුල කිරණ (ultra-violet rays) ඕසෝන් ස්තරය මගින් අවශෝෂනය කිරීම මගින් සූර්ය රශ්මිය ස්තරගෝලයේ හෙවත් ස්ට්‍රැටොෂ්පියරයේ ඉහළ කොටස උණුසුම් කරයි. එහෙත් හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය ඉහළගිය විට උණුසුම්වන්නේ පරිවර්තීයගෝලයේ හෙවත් ට්‍රොපොෂ්පියරයේ අප ජීවත්වෙන පහළ කොටසයි.

කලකට පෙර ඕසෝන් ස්තරය විවරවීම (ozone hole) නිසා පාරජම්බුල කිරණ අවශෝෂනය දුර්වලවීමෙන් ස්ට්‍රැටොෂ්පියරයේ ඇතිවූ සිසිල්වීමටද හරිතාගාරවායු ප්‍රමාණය අධික වීම නිසා ට්‍රොපොෂ්පියරයේ වැඩිවන උෂ්ණුසුමටද මේ වන විට වායුගෝලය ලක්ව ඇත. කෙසේ වෙතත් මේ වෙනසට හිරුළප බල පා ඇති බවක් දැනගන්නට නොමැත.

නොයෙක් පාෂාණීභූත හෙවත් ෆොසිල (fossil) ද්‍රව්‍යයද තත්කාල වකවානුවල පැවැති දේශගුණය පිළිබඳ බොහෝ දේ අපට කියාදෙයි. ෆොසිලවල ඇතැම් ලක්ෂන මෙන්ම ෆොසිල තැන්පත්ව ඇති විවිධ ප්‍රදේශ අනුවද එකල දේශගුණය ගැන තොරතුරු දැනගත හැක. උදාහරණයක් ලෙස ගතහොත් දේශගුණයේ දැඩිවෙනසක් නිසා හිටි හැටියේ සත්ත්ව වර්ග ලොකයේ එක් කොනක සිට තවත් කොනකට සංක්‍රමනය වීම ෆොසිල තැන්පත්ව ඇති ප්‍රදේශ අනුව මැනවින් තේරුම් ගත හැක.