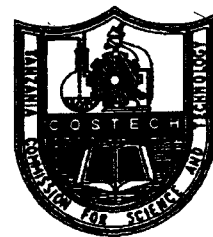


# JAMHURI YA MUUNGANO WA TANZANIA



Wizara ya Mali Asili na Utalii  
na  
Tume ya Taifa ya Sayansi na Teknolojia



## HATIMA YA BARAFU YA MLIMA KILIMANJARO

February 2002

# **HATIMA YA BARAFU KWENYE KILELE CHA MLIMA KILIMANJARO**

## **MUHTASARI**

Kwa kuzingatia umuhimu wa kimazingira na kiuchumi wa barafu iliyopo kwenye mlima Kilimanjaro, hatima ya barafu hii imetafitiwa kwa kina. Matokeo ya utafiti yanaonyesha kwamba hali ya kushuka kwa halijoto katika maeneo ya mlima Kilimanjaro, Tanzania na nchi za SADC kwa ujumla inatarajiwa kutokea katika miaka ya mwanzoni ya karne hii. Hali hii (ambayo alama zake zimekwishaanza kujionyesha) itaifanya barafu iendelee kuwepo kwenye kilele cha mlima Kilimanjaro hadi miaka mingi baada ya mwaka wa 2020. Hata hivyo mabadiliko ya hali ya hewa ya baadaye yanatarajiwa kuifanya barafu itoweke kabisa kwenye mlima Kilimanjaro mwanzoni mwa karne ijayo. Baada ya hapo, itapita miaka mingi kabla ya barafu kukusanyika tena kwenye kilele cha mlima Kilimanjaro. Ikiwa tahadhari kadhaa zitachukuliwa, maeneo katika na kando kando ya mlima Kilimanjaro yataendelea kuwa na mazingira mazuri kwa kilimo, mifugo na makazi ya watu hata baada ya barafu kutoweka kabisa kwenye mlima huo.

## **SHUKRANI**

Tume ya Taifa ya Sayansi na Teknolojia kwa kushirikiana na Wizara ya Maliasili na Utalii zinatoa shukrani kwa Profesa Ernest C. Njau wa Chuo Kikuu cha Dar es Salaam kwa utafiti wa kina alioufanya na kuwezesha kutayarisha ripoti hii.

Kazi hii imegharamiwa na fedha kutoka kwenye Mfuko wa Taifa wa Uendelezaji Sayansi na Teknolojia (MTUSATE) pamoja na Wizara ya Maliasili na Utalii.

## **YALIYOMO**

	<i>UKURASA</i>
1. Muhtasari	i
2. Shukrani	iii
3. Yaliyomo	v
4. UTANGULIZI	1
5. VYANZO NA VICHOCHEO VYA MABADILIKO YA HALI YA HEWA	5
6. MABADILIKO YA HALI YA HEWA DUNIANI KWA JUMLA	8
7. MABADILIKO YA HALI YA HEWA KATIKA NCHI ZA AFRIKA KUSINI MWA MSTARI WA IKWETA	13
8. MABADILIKO YA HALI YA HEWA KARIBU NA MLIMA KILIMANJARO	15
9. MABADILIKO KATIKA BARAFU YA MLIMA KILIMANJARO	20
10.TAHADHARI	21
11.MAREJEO	24

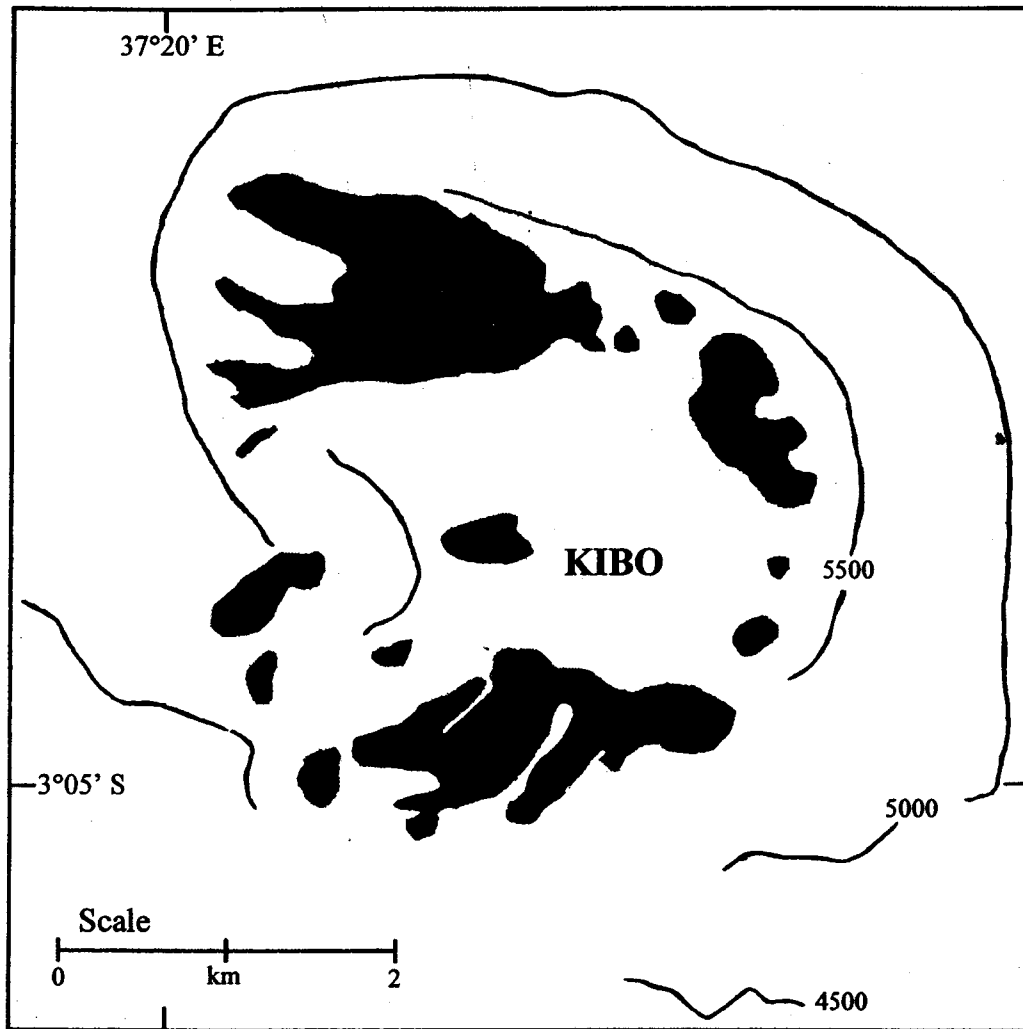
## **1. UTANGULIZI**

Mlima Kilimanjaro ni mlima mrefu zaidi barani Afrika na ni wa 116 kwa urefu duniani. Ukiwa katika latitudo  $3^{\circ} 5' S$  na longitudo  $37^{\circ} 20' E$ , mlima huu una urefu wa meta 5895 juu ya usawa wa bahari. Ripoti zote zilizoandikwa juu ya mlima Kilimanjaro katika karne ya 18 zinaonyesha kwamba mlima huu ulikuwa umefunikwa na barafu wakati huo. Kwa mfano mmishenari wa Kijerumani aitwaye J. Rebmann alipouona mlima Kilimanjaro kwa mara ya kwanza tarehe 11 Mai 1847, aliuripoti mlima huu kama "mlima mkubwa uliofunikwa na barafu". Myeyuko wa barafu iliyopo juu ya mlima huu hutiririsha maji katika mito ifuatayo iliyopo Tanzania: Himo, Karanga, Weru Weru, Kikafu, Sanya, Ngare Koe, Engare Rongai, Engare Nairobi, Ol Molog, Larangwa, Mukao, Sere, Somson, Mware, Kyoyo, Kisiringo, Msangaji, Witini, Ghona, Mwambo, Lume, Mlombea, Msangai na mingineyo. Pia hutiririsha maji katika mito ifuatayo iliyopo Kenya: Ollaioni, Magoine, Lolterish, Ngare Len, Mokueni, Olkeju Loltulelei, Kamwanga na mingineyo. Maji mengi ya mto Pangani yana chanzo chake katika mlima Kilimanjaro.

Kuongezeka au kupungua kwa barafu ya mlima Kilimanjaro hutegemea mabadiliko ya hali ya hewa katika na kando kando ya mlima huo hususan halijoto, "specific humidity", mvua na utando wa mawingu. Tangu karne ya 19

hadi sasa, hali ya hewa duniani kwa jumla na katika nchi za Afrika ya Mashariki imekuwa ikibadilika. Kwa hiyo tungetumaini kwamba kiasi cha barafu juu ya mlima Kilimanjaro nacho kingekuwa kikibadilika tangu karne ya 19. Kama ilivyotarajiwa, utafiti uliofanywa na watafiti kadhaa (akiwemo Profesa L. G. Thompson wa Chuo Kikuu cha Ohio huko Amerika) umegundua yafuatayo. Kwamba katika mwaka wa 1989, kiasi cha barafu kilikua asilimia 25 tu ya kiasi cha barafu iliyokuwepo katika mwaka wa 1912. Hii ina maana kwamba tangu mwaka wa 1912 hadi mwaka wa 1989, barafu ya mlima Kilimanjaro ilikuwa ikipungua kwa wastani wa asilimia 0.97 kwa mwaka. Kielelezo namba 1 kinaonyesha usambaaji wa barafu juu ya mlima Kilimanjaro ulivyokuwa katika mwaka wa 1989. Ikiwa hali ya hewa itaendelea kupunguza barafu hii kwa kiwango hiki hiki cha asilimia 0.97, basi barafu yote iliyopo juu ya mlima Kilimanjaro itatoweka kabisa mara tu baada ya mwaka wa 2015. Kama ikiwezekana, ni vizuri tukajua mapema kama hali ya hewa inayobadilisha barafu ya mlima Kilimanjaro itaendelea kupunguza hii barafu kwa kiwango cha asilimia 0.97 (au zaidi) kwa miaka 15 au zaidi ijayo, au hali hii ya hewa inaweza kubadilika vinginevyo na hivyo kupunguza kasi ya upoteaji wa barafu yenyewe au hata kuongeza barafu yenyewe. Ujuaji huu wa mapema tunaweza tukaupata kutokana na utabiri makini wa kisayansi kuhusu hatima ya barafu ya mlima Kilimanjaro katika miaka michache na mingi inayofuata unaotumia mbinu za

kisasa za sayansi ya hali ya hewa. Utabiri kama huu tuliufanya hivi karibuni, na matokeo yake yametolewa kwa kina katika ripoti hii. Kabla ya kutoa yale matokeo haswa yaliyokusudiwa, hebu tuangalie angalau kwa muhtasari jinsi mabadiliko ya hali ya hewa yanavyotarajiwa kutokea duniani kote, katika nchi za SADC na huko Moshi (Kilimanjaro) katika miaka michache na mingi kuanzia sasa. Kwa maelezo ya kina zaidi pamoja na uchambuzi zaidi wa kisayansi kuhusiana na yaliyomo katika ripoti hii, msomaji anaelekezwa katika orodha ya mada za kisayansi zilizochapishwa katika majarida ya kimataifa ambayo imeambatanishwa mwishoni mwa ripoti hii.



**Kielelezo Namba 1:** Kilele cha mlima Kilimanjaro ambapo sehemu zilizokuwa na barafu katika mwaka wa 1989 zimepakwa wino mweusi.



## **2. VYANZO NA VICHOCHEO VYA MABADILIKO YA HALI YA HEWA**

Kati ya vyanzo na vichocheo vya mabadiliko ya hali ya hewa popote duniani na ambavyo vimefahamika sana kwa miaka mingi ni hivi vifuatavyo:

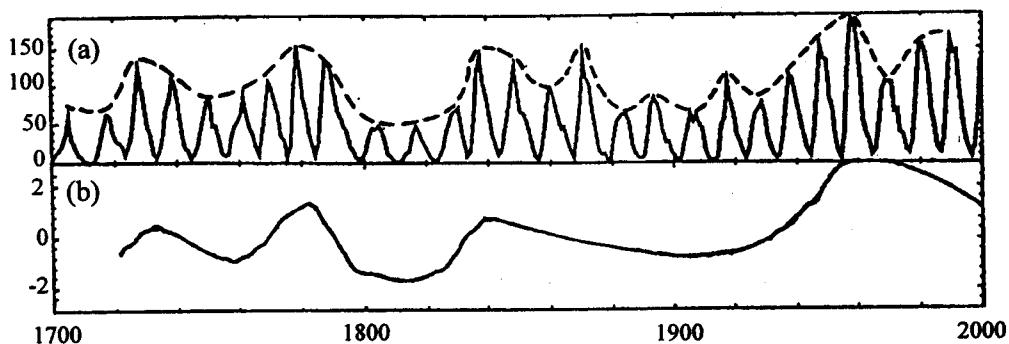
- (a) Sifa za dunia (kwa mfano umbo, hali ya uso wake, na kadhalika) na yaliyomo usoni mwa dunia na katika anga lake kiasili au kwa sababu ya shughuli za binadamu;
- (b) Mwelekeo wa dunia na mwendo wake wa kulizunguka Jua (linalotoa mwanga) na ule wa kujizungusha kwenye mhimili wake; na
- (c) Milipuko ya volkeno.

Katika miaka ya hivi karibuni, utafiti umeonyesha kwamba kiko pia chanzo na kichocheo kingine kikubwa kinachohusiana na mabadiliko yanayotokea katika mwanga wa Jua unaoelekezwa duniani. Kwa sababu vyanzo na vichocheo (a), (b) na (c) vimeelezwa sana katika vitabu vya kawaida vya jiografia na hali ya hewa, hatuoni haja ya kuvifafanua na kuvitolea maelezo zaidi. Lakini bila shaka upo umuhimu wa kuelezea kidogo juu ya hicho chanzo na kichocheo kipya kilichotajwa hapo juu.

Kiasi cha mwanga wa Jua unaoelekezwa duniani hubadilikabadilika kidogo na wakati. Mabadiliko haya ni madogo sana hivyo kwamba hayawezi yenyewe

kuchochea moja kwa moja mabadiliko makubwa ya hali ya hewa. Ni vizuri pia kujua kwamba hayo mabadiliko madogo yanayotokea katika mwanga wa Jua unaoelekezwa duniani huenda sambamba na mabadiliko katika jumla ya vidoa vyeusi vinavyotokea kwenye uso wa Jua (yaani "sunspots"). Kwa jina lingine, haya mabadiliko yanayotokea katika mwanga wa Jua unaoelekezwa duniani huitwa "mawimbi ya jua" (yaani "solar cycles").

Kielelezo namba 2 kinaonyesha aina tatu za mawimbi ya Jua na mabadiliko yake tangu mwaka wa 1700 hadi mwaka jana (yaani 2000).



**Kielelezo Namba 2:** Aina tatu za Mabadiliko ya mawimbi ya Jua tangu mwaka wa 1700 hadi mwaka wa 2000. Aina ya kwanza inawakilishwa na mstari usiokatika katika uliopo sehemu ya (a). Aina ya pili inawakilishwa na mstari unaokatika katika uliopo sehemu ya (a). Na aina ya tatu inawakilishwa na sehemu ya (b).

Mawimbi ya Jua yaliyoonyeshwa katika kielelezo namba 2 yamegawanyika katika mafungu matatu. Fungu la kwanza ni lile linalowakilishwa na mstari usiokatika katika uliopo sehemu ya juu ya (a). Fungu la pili ni lile

linalowakilishwa na mstari unaokatikakatika uliopo sehemu ya juu ya (a). Na fungu la tatu ni lile linalowakilishwa na sehemu ya (b) katika kielelezo namba 2. Ili kurahisisha maelezo yanayofuata, tunayaita mawimbi ya Jua yaliyopo katika fungu la kwanza "Mawimbi ya Jua aina ya kwanza", na yale yaliyopo katika fungu la pili tunayaita "Mawimbi ya Jua aina ya pili". Pia yale mawimbi ya Jua yaliyopo katika fungu la tatu tunayaita "Mawimbi ya Jua aina ya tatu".

Kama unavyoweza kuona au kutambua katika kielelezo namba 2, mawimbi ya jua aina ya kwanza hujirudia rudia kila baada ya miaka karibu 11. Hii ndiyo maana mawimbi haya hujulikana kama "mawimbi ya jua ya miaka 11" (yaani "11-year solar cycle").

Kitu kinachoonekana cha ajabu kuhusiana na mawimbi ya jua ni hiki kinachofuata. Haya mawimbi ni madogo sana. Lakini cha ajabu ni kwamba pamoja na udogo wake, haya mawimbi yana mizunguko (periods) ambayo ni sawa na mizunguko ya mabadiliko makubwa ya hali ya hewa hususan halijoto, mvua, unyevunyevu na kasi ya upepo. Hii inaonyesha kwamba upo uhusiano kati ya baadhi ya mabadiliko makubwa ya hali ya hewa na mawimbi ya Jua. Sasa hapo hapo maswali yanakuja: Uhusiano huu utawezekanaje ikizingatiwa kwamba haya mawimbi ni madogo sana? Na kama huu uhusiano upo, si lazima ziwepo mbinu (za kiasili) za kukuza kwa kiasi kikubwa hivyo vibadiliko vidogo

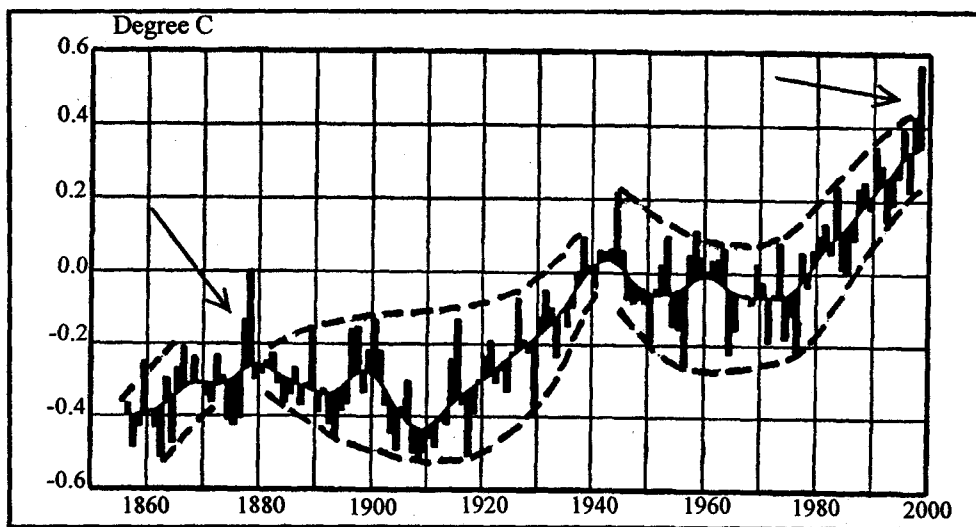
sana ambavyo vinaweza kuletwa na haya mawimbi madogo ya Jua? Baada ya utafiti mgumu na wa miaka mingi, wanasayansi wanaohusika hatimaye waligundua majibu ya maswali haya katika miaka ya tisini (during the 1990's). Kwa hiyo inajulikana wazi sasa kwamba, kwa namna fulani, mawimbi ya Jua yana uhusiano unaofahamika kati yake na baadhi ya mabadiliko makubwa ya hali ya hewa. Na hii ndio sababu inayoyafanya mawimbi ya Jua yawe katika orodha ya vyanzo na vichocheo vya mabadiliko ya hali ya hewa.

Katika sehemu inayofuata tutaona kwa jumla jinsi mawimbi ya Jua pamoja na yale yaliyoorodheshwa chini ya (a), (b) na (c) mwanzoni mwa sehemu hii yalivyokwisha changia katika kuleta mabadiliko ya hali ya hewa huko nyuma. Pia tutaona jinsi mabadiliko ya hali ya hewa yanavyotarajiwa kutokea huko mbeleni, hususan katika maeneo yaliyokusudiwa katika ripoti hii.

### **3. MABADILIKO YA HALI YA HEWA DUNIANI KWA JUMLA**

Kulingana na madhumuni ya ripoti hii, mabadiliko ya hali ya hewa katika ngazi ya dunia yanayohusika sana ni yale ya halijoto. Kielelezo cha 3 kinaonyesha mabadiliko ya halijoto karibu na uso wa dunia (global-mean air temperature) tangu mwaka wa 1856 hadi mwaka wa 1999. Mistari inayokatika katika imetumiwa katika kielelezo namba 3 kuonyesha mipaka ya juu kabisa na ya chini

kabisa ya mabadiliko ya halijoto. Hivyo tunaweza kusema kwamba mistari inayokatika katika imetumiwa kuchora *vifuniko* (envelopes) vya mabadiliko ya halijoto yaliyoonyeshwa katika kielelezo namba 3. Utaona kwamba vifuniko vyenyewe viko vya aina mbili, na kwamba hivi vifuniko hubadilika kutoka aina moja hadi aina nyingine katika nyakati fulani. Mabadiliko kama haya yalitokea mwaka wa 1942 na kati ya mwaka wa 1874 na 1881 (angalia kielelezo namba 3).



**Kielelezo Namba 3:** Halijoto ya hewa karibu na uso wa dunia tangu mwaka wa 1856 hadi mwaka wa 1999 (angalia miraba nyeusi inayoelekea juu au chini). Mipaka ya juu na chini ya mabadiliko ya halijoto imechorwa kwa kutumia mistari inayokatika katika. Mishale inaonyesha dalili zinazoashiria kutokea mabadiliko makubwa katika mfumo mzima wa mabadiliko ya halijoto.

Ulinganisho wa vielelezo namba 2(b) na namba 3 unaonyesha wazi kwamba halijoto ya dunia inahusiana na mawimbi ya Jua aina ya tatu kama ifuatavyo:-

- (a) "Minimum" katika kifuniko cha kielelezo namba 3 hutokea pamoja na "maximum" katika kielelezo namba 2(b).
- (b) "Antinode" (kivimbe) katika kifuniko cha kielelezo namba 3 hutokea pamoja na "minimum" katika kielelezo namba 2(b).
- (c) Kutokana na (a) na (b) zilizoandikwa hapo juu, vifuniko vya kielelezo namba 3 hubadilika katika mzunguko (period) ulio sawa na ule wa mabadiliko sambamba katika kielelezo namba 2(b).
- (d) Mabadiliko kutoka aina moja ya kifuniko hadi aina nyingine ya kifuniko katika kielelezo namba 3 hutokea katikati ya "maximum" na "minimum" zilizo jirani katika kielelezo namba 2(a).

Alama zinazoashiria kuwa mabadiliko katika aina ya kifuniko yatatokea karibuni yameonyeshwa kwa mishale katika kielelezo namba 3. Hii pamoja na kipengele (d) kilichoandikwa hapo juu vinaonyesha kwamba mabadiliko makubwa yanatarajiwa kutokea katika mfumo wa halijoto ya dunia katika miaka ya mwanzo ya karne hii. Mabadiliko haya ya dunia yatatokea sambamba na mabadiliko katika halijoto ya nchi za SADC na maeneo ya mlima Kilimanjaro

kama itakavyofafanuliwa katika sehemu zinazofuata. Pia mabadiliko haya ya dunia yataongeza ukali wa majanga ya hali ya hewa kama mafuriko na ukame katika sehemu mbali mbali za dunia.

Kabla ya kuhitimisha hii sehemu, ni vizuri kuzingatia kwamba katika kipindi cha muda mrefu, halijoto ya dunia au ya sehemu ya dunia haiongezeki au kupungua moja kwa moja (monotonically) bali huongezeka au hupungua kwa kuyumbayumba. Kwa mfano, hebu tuangalie kielelezo namba 3. Tangu mwaka wa 1850 hadi leo, halijoto ya dunia kwa wastani imebadilika ifuatavyo:

- (a) Tangu mwaka 1850 hadi 1880 halijoto iliongezeka kwa  $0.20^{\circ}\text{C}$
- (b) Tangu mwaka wa 1880 hadi mwaka wa 1910, halijoto ilipungua kwa  $0.20^{\circ}\text{C}$
- (c) Tangu mwaka wa 1910 hadi mwaka wa 1940, halijoto iliongezeka kwa  $0.45^{\circ}\text{C}$
- (d) Tangu mwaka wa 1940 hadi mwaka wa 1970, halijoto ilipungua kwa  $0.09^{\circ}\text{C}$
- (e) Tangu mwaka wa 1970 hadi mwaka jana (2000), halijoto iliongezeka kwa  $0.44^{\circ}\text{C}$ .

Ukizingatia takwimu zilizotolewa hapo juu, inaonyesha kuwa katika kila kipindi

cha miaka kama 30 hali ya joto inapungua au inaongezeka duniani kote. Lakini kwa ujumla hali ya joto imekuwa ikiongezeka.

Sasa ni kwa kiasi gani shughuli za binadamu (anthropogenic activities) zinaweza kubadili hali ya hewa ikilinganishwa na yale mabadiliko yanayoletwa na nguvu za asili (natural forces)? Ugunduzi uliofanywa muda mfupi tu uliopita na ambao upo katika hatua za kuchapishwa kwenye majarida ya kimataifa unaonyesha wazi kwamba mabadiliko ya asili ya hali ya hewa (hususani yale yanayohusiana na mawimbi ya Jua) ni makubwa sana kuliko yale yanayoletwa na shughuli za binadamu. Kwa bahati mbaya hakuna "computer climate model" yo yote ambayo imekwishafanikiwa kutengeneza (simulate) mabadiliko ya hali ya hewa yanayohusiana na mawimbi ya Jua. Imebainika kwamba "averaging processes" zinazotumika katika "computer model" zote zilizokwisha tumika mpaka sasa hivi huua ule uwezekano wa "computer model" hizo kutengeneza (simulate) mabadiliko ya hali ya hewa yanayohusiana na mawimbi ya Jua.

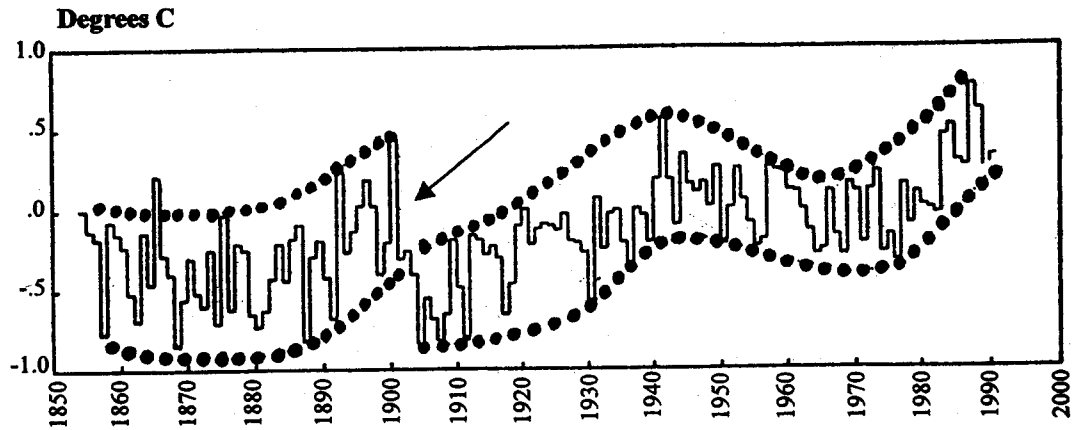
Ili binadamu aweze kushindana bega kwa bega na nguvu za asili katika kuleta mabadiliko ya hali ya hewa, itambidi azushe "greenhouse or other warming effect" isiyopungua ile inayoweza kuletwa na asilimia 20 ya mwanga wa Jua unaoelekezwa duniani. Hivyo kwa kiasi kikubwa sana, ongezeko



(linaloyumbayumba) la wastani wa halijoto lililoonyeshwa katika kielelezo namba 3 tangu mwaka wa 1856 linatokana na mabadiliko ya asili. Utafiti unaonyesha kwamba ongezeko la halijoto ya dunia lilianza katika karne ya 18, na linahusiana na aina fulani ya mawimbi ya Jua ambayo hatukuitaja katika Sehemu ya 2 ya ripoti hii. Baada ya kuanza katika karne ya 18, ongezeko hili la halijoto ya dunia linatarajiwa kuendelea kwa kuyumbayumba hadi kufikia kileleni karibu na mwaka wa 2170. Baada ya kubakia kileleni kwa miaka kadhaa, halijoto ya dunia itaanza kushuka kwa kuyumbayumba.

#### **4. MABADILIKO YA HALI YA HEWA KATIKA NCHI ZA AFRIKA KUSINI MWA MSTARI WA IKWETA**

Katika kuangalia mabadiliko ya hali ya hewa katika nchi za SADC na zilizopo Afrika kusini mwa ikweta, tunatupia zaidi macho kwenye halijoto. Kielelezo cha 4 kinaonyesha mabadiliko ya halijoto mwaka hadi mwaka (annual surface temperature) katika nchi za Afrika zilizopo kwenye eneo la 0°-30° S na 10°-40° E tangu mwaka 1855 hadi mwaka 1986. Eneo hili linajumuisha Tanzania.



**Kielelezo Namba 4:** Halijoto ya mwaka hadi mwaka (annual surface temperature) katika eneo la Afrika lililopo  $0^{\circ}$  hadi  $30^{\circ}$  S na  $10^{\circ}$  E hadi  $40^{\circ}$  E tangu mwaka 1855 mpaka mwaka wa 1986 (angalia mstari mwembamba). Madoa meusi yanaonyesha mipaka ya juu na ya chini ya hayo mabadiliko ya halijoto. Mshale unaonyesha wakati ambapo halijoto ilishuka ghafla na kwa ujumla.

Baada ya kushuka ghafla kwa halijoto mara baada ya mwaka wa 1900 (angalia mshale kwenye kielelezo namba 4), mfumo wa mabadiliko ya halijoto umejiwekea muda wa mzunguko ulio nusu ya ule wa mawimbi ya Jua aina ya tatu (angalia kielelezo namba 2(b)). Hali hii inadhihirika na inajionyesha kabisa katika takwimu za halijoto kutoka eneo lote la Afrika lililopo kusini mwa mstari wa Ikweta. Tukichanganya ukweli huu pamoja na utafiti uliokwishafanywa juu ya mawimbi ya Jua aina ya tatu, inaonekana kwamba halijoto katika eneo la Afrika linalowakilishwa katika kielelezo namba 4 itaanza kupungua katika miaka ya mwanzoni ya karne hii. Ikishaanza, hali hii ya kupungua kwa halijoto itaendelea mpaka karibu mwaka wa 2048. Kumbuka kwamba mwanzo wa hali

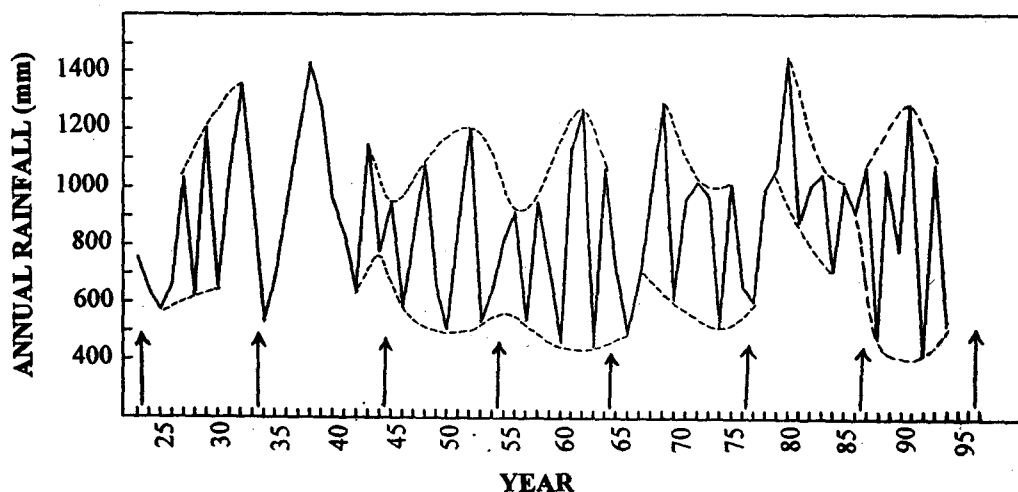
hii ya kupungua kwa halijoto inatarajiwa kwenda sambamba na yale mabadiliko katika mfumo wa halijoto ya dunia inayofuatia mshale uliopo upande wa kulia wa kielelezo namba 3. Pia utafiti unaonyesha kwamba kadri tunavyousogelea mwaka wa 2048, mvua kwa ujumla katika nchi za Afrika kusini mwa mstari wa Ikweta itazidi kuongezeka. Hata mvua kule Sahel, Afrika magharibi itaongezeka na kufikia kilele kati ya mwaka wa 2005 na mwaka wa 2020.

## **5. MABADILIKO YA HALI YA HEWA KARIBU NA MLIMA KILIMANJARO**

Vyanzo na vichocheo vya mabadiliko ya hali ya hewa kwenye mlima Kilimanjaro na kando kando ya mlima huu ni vile vile vilivyotajwa katika sehemu ya 2 ya ripoti hii. Hivyo utafiti wa kina juu ya hivi vyanzo na vichocheo VYOTE unaweza kutonyesha jinsi hali ya hewa katika na kando kando ya mlima Kilimanjaro itakavyokua hapo baadaye.

Katika kuchambua rekodi za hali ya hewa za miaka ya nyuma, tulichambua rekodi kutoka Moshi mjini, Lyamungu, Same, Arusha na uwanja wa ndege wa Kilimanjaro kwa upande wa Tanzania. Pia tulichambua rekodi kutoka vituo vitatu kutoka Kenya. Lakini katika ripoti hii tumeonvesha tu zile rekodi za Mqshi mjini ili kuepuka urefushaji wa ripoti usio wa lazima.

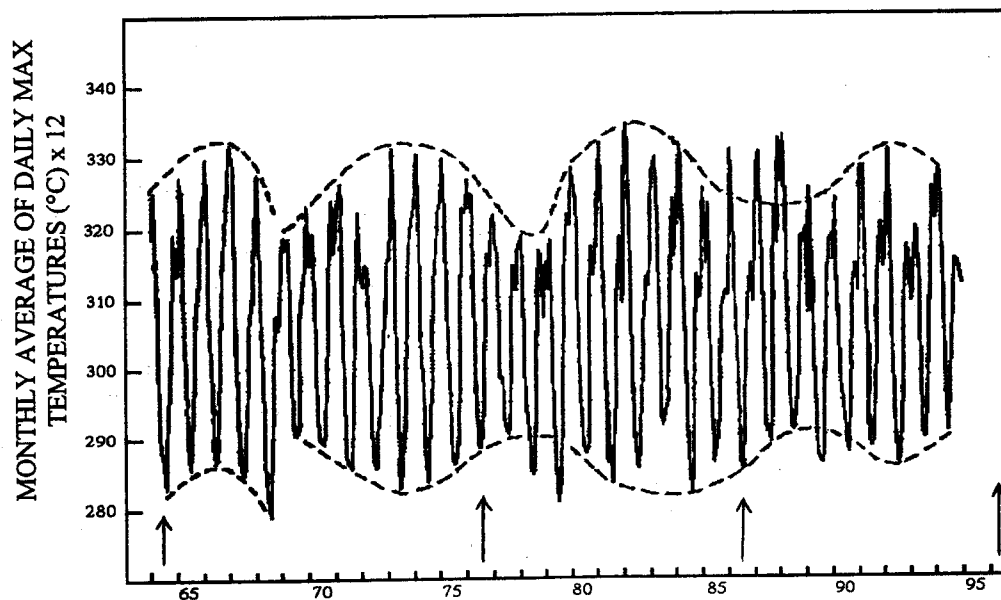
Pamoja na mambo mengine, mabadiliko ya hali ya hewa karibu na kando kando ya mlima Kilimanjaro yanahusiana na mawimbi ya Jua. Kwa mfano, ukilinganisha kielelezo namba 2(a) na kielelezo namba 5, utaona kwamba upo uhusiano kati ya mawimbi ya Jua aina ya kwanza na mabadiliko ya mvua pale Moshi mjini.



**Kielelezo Namba 5:** Mabadiliko ya mvua Moshi mjini tangu mwaka wa 1922 hadi mwaka wa 1985. Mistari inayokatika katika inaonyesha mipaka ya juu na chini ya hayo mabadiliko ya mvua. Pia mishale inaonyesha nyakati za "minima" katika mawimbi ya Jua aina ya kwanza.

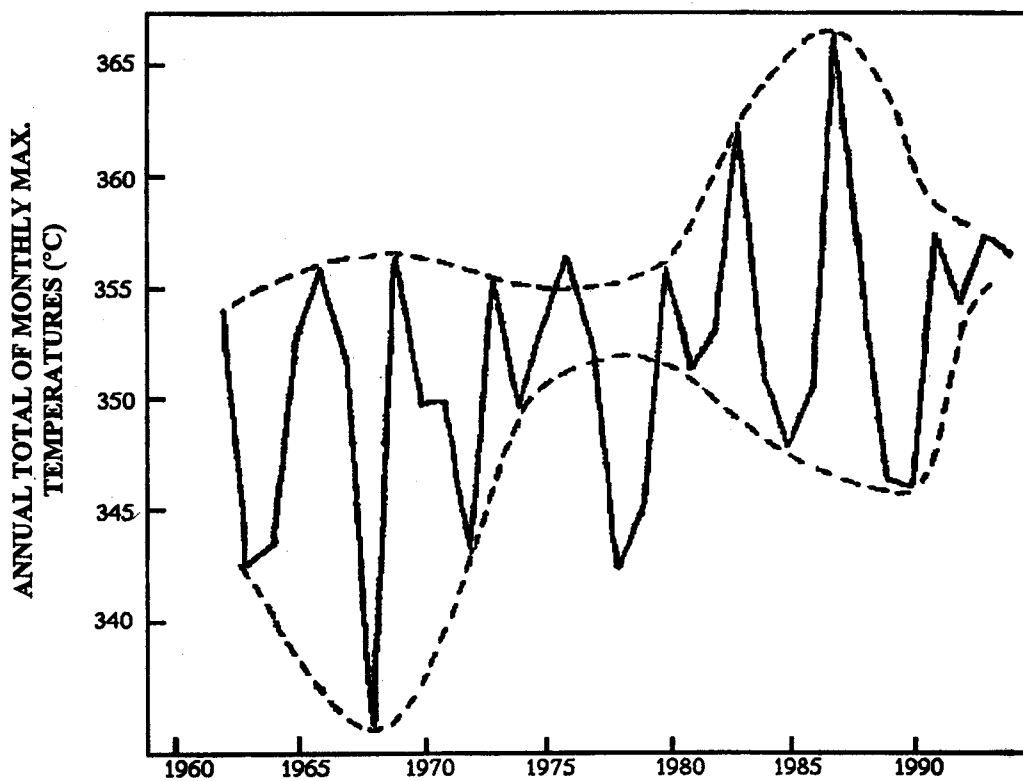
Ni wazi kwamba kila "minimum" na "node" ya vifuniko vilivyochorwa kwa mistari inayokatika katika kwenye kielelezo namba 5 ipo karibu sana na "minimum" ya mawimbi ya Jua aina ya kwanza.

Mabadiliko ya huko nyuma ya halijoto huko Moshi mjini yameonyeshwa katika kielelezo namba 6 pamoja na kielelezo namba 7. Ukiangalia kielelezo namba 6 utagundua kwamba baada ya mabadiliko yaliyotokea katika mwaka wa 1969 (angalia mistari inayokatika katika kwenye hiki kielelezo), "node" hutokea katika mpangilio (pattern) wa mabadiliko ya halijoto miaka miwili baada ya kila "minimum" ya mawimbi ya Jua aina ya kwanza.



**Kielelezo Namba 6:** Wastani kwa mwezi wa halijoto za juu kabisa za kila siku Moshi mjini tangu 1964 mpaka 1994 (angalia mistari isiyokatika katika). Mipaka ya juu na ya chini ya mabadiliko ya halijoto imechorwa kwa kutumia mistari inayokatika katika. Mishale inaonyesha nyakati za "minima" katika mawimbi ya Jua ya aina ya kwanza.

Picha inayojitokeza kutoka kielelezo namba 6 tukizingatia muda mrefu zaidi ya miaka 11 ni kwamba halijoto huyumba yumba juu na chini ya wastani fulani ambao haubadiliki kwa kiasi kikubwa. Zingatia kwamba ijapokuwa wastani wa halijoto ya dunia umeongezeka kwa karibu  $0.26^{\circ}\text{C}$  tangu mwaka wa 1970 hadi mwaka wa 1990 (angalia kielelezo namba 3), kielelezo namba 6 hakionyeshi ongezeko kama hilo tangu mwaka wa 1970 hadi mwaka wa 1990.



**Kielelezo Namba 7:** Jumla kwa mwaka ya halijoto za juu kabisa za miezi ya mwaka Moshi mjini tangu 1962 mpaka 1993 (angalia mistari isiyokatika katika). Mipaka ya juu na ya chini ya hayo mabadiliko ya halijoto (isipokuwa pale katikati kwenye "node") imechorwa kwa kutumia mistari inayokatika katika.

Hebu sasa tuelekeze macho yetu kwenye kielelezo namba 7. Kielelezo hiki kinaonyesha kwamba wastani wa halijoto umekuwa ukiongezeka tangu mwaka wa 1967. Kifuniko kilichochoywa (kwa mistari inayokatika katika) katika hiki kielelezo kina tabia ya kuvimba na kujifinya kadri muda unavyokwenda. Kwa mfano kipo kivimbe (antinode) chenye kilele katika mwaka wa 1967. Kivimbe hiki kimeegemea na kurefukia zaidi upande wa chini. Sasa kivimbe kinachofuata kina kilele chake karibu na mwaka wa 1989. Tofauti na kile kivimbe cha mwanzo, kivimbe hiki kimeegemea na kurefuka zaidi upande wa juu. Inatarajiwa kwamba kivimbe kitachofuata katika kipindi cha karibu miaka 26 tangu mwaka wa 1993 kitaegemea na kurefukia zaidi chini. Matokeo yake ni kwamba wastani wa halijoto utapungua.

Baada ya kuongezeka tangu mwaka wa 1967 hadi miaka ya 1990, kiwango cha halijoto kandokando na katika mlima Kilimanjaro kinatarajiwa kushuka kwa kiasi kikubwa ndani ya kipindi kinachoanzia mwaka wa 2000 hadi mwaka wa 2025. Takwimu zinaonyesha kwamba kiwango cha halijoto ya juu (maximu daily temperature) ya kila siku huko Moshi pamoja na kiwanja cha Ndege cha Kilimanjaro mwezi wa pili mwaka huu kiko chini kuliko ilivyokuwa mwaka jana mwezi wa pili kwa  $7.30^{\circ}\text{C}$ .

Uchambuzi wa rekodi za hali ya hewa kutoka Moshi unaonyesha pia kwamba "specific humidity" pamoja na "dew point" hubadilika kule Moshi kwa kutegemea vichocheo kadhaa yakiwepo mawimbi ya Jua. Kwa mfano "dew point" ya Moshi hufikia "minimum" na "maximum" karibu sambamba na mawimbi ya Jua aina ya kwanza. Pia mabadiliko ya "dew point" ya Moshi kwa ujumla yalianza kuongezeka tangu mwaka wa 1976 baada ya kushuka kiwango kuanzia mwaka wa 1960.

Kama tulivyoeleza hapo juu, "specific humidity" ya Moshi hubadilika kwa kutegemea mawimbi ya Jua. "Specific humidity" ikiongezeka katika eneo lenye barafu, matokeo ni kwamba kiasi cha barafu kitapungua. Lakini "specific humidity" haitegemei halijoto katika sehemu ya chini ya anga la dunia.

## **6. MABADILIKO KATIKA BARAFU YA MLIMA KILIMANJARO**

Kuongezeka au kupungua kwa barafu iliyo kileleni mwa mlima Kilimanjaro kunategemea mabadiliko ya hali ya hewa kama halijoto, "specific humidity", mvua, na kadhalika katika na karibu na mlima huo. Baada ya kujumuisha chambuzi zilizoripotiwa (kwa muhtasari tu) katika sehemu 3, 4 na 5 zilizotangulia, tulitumia komputa kupata matokeo ya jinsi barafu ya mlima Kilimanjaro inavyotarajiwa kubadilika kuanzia sasa hadi mwishoni mwa karne



hii. Kwa kifupi matokeo tuliyopata ni kama ifuatavyo:-

Matarajio ni kwamba halijoto katika na kando kando ya mlima Kilimanjaro itaanza kupungua kwa kasi tangu miaka ya mwanzoni ya karne hii. Kupungua huku kwa halijoto kutaendelea hadi kaibu na mwaka wa 2048. Baada ya hapo halijoto itaanza kuongezeka pole pole. Ongezeko hilo la pole pole linatarajiwa kudumu hadi mwaka wa 2093. Mara baada ya hapo, halijoto katika na kando kando ya mlima Kilimanjaro itaanza kupungua kwa kasi kubwa hadi mwaka wa 2138. Kwa kipindi cha zaidi ya miaka 50 kuanzia mwaka wa 2138, halijoto kandokando na katika mlima Kilimanjaro itaendelea kubakia juu pamoja na ile ya dunia kwa ujumla. Ni katika kipindi hiki mlima Kilimanjaro utapoteza barafu yake yote kabisa kwa mara ya kwanza kuanzia sasa. Na baada ya kupoteza barafu yake, mlima Kilimanjaro utabaki bila barafu kwa zaidi ya miaka 130.

## **7. TAHADHARI**

Utafiti wetu unaonyesha wazi kwamba baada ya miaka fulani kuanzia sasa, barafu yote ya mlima Kilimanjaro itapotea. Pia mlima wenyewe utabaki bila kipande cha barafu kwa miaka mingi. Tumefanya utafiti mwingine (sambamba na huu ulioelezwa kwenye hii ripoti) ili kuangalia mabadiliko ya mvua yatakavyokuwa mkoani Kilimanjaro baada ya mlima Kilimanjaro kupoteza

barafu yake. Huu utafiti mwingine umetoa matokeo yanayoonyesha kwamba mkoa wa Kilimanjaro bado utaendelea kupata "patterns" za kawaida za mvua ambazo zitakuwa zikibadilishwa badilishwa na vitu kadhaa yakiwepo mawimbi ya Jua. Hizi "patterns" za mvua zitaendelea kuipatia mtiririko wa maji wa kuridhisha ile mito inayoanzia mlima Kilimanjaro ikiwa zile sehemu zilizoko katika na kando kando ya huu mlima zitakuwa na "water catchment" nzuri. Hii haina uajabu wo wote kwa sababu ipo mito mingi katika ukanda wa tropiki inayoanzia katika vilima na milima isiyokuwa na barafu. Kwa hiyo hatua ya maana inayopaswa kuchukuliwa ni kuongeza, kupanua, kukuza pamoja na kutunza "vegetation" kando kando ya mlima Kilimanjaro. Hatua hii itasaidia kuongeza "effective catchment" ya maji ya mvua ili mito inayoanzia mlima Kilimanjaro iweze kuendelea kupata mtiririko usiokatika wa maji. Pia hatua hii itasaidia kurutubisha na kuboresha "microclimate" kando kando na katika mlima Kilimanjaro na hatimaye kusaidia katika mafanikisho ya kilimo na uboreshaji wa mazingira katika mkoa wa Kilimanjaro. Kwa kifupi basi, tunapendekeza hatua zifuatazo zichukuliwe kama tahadhari muhimu:-

- (a) Kasi ya ukataji miti katika msitu unaozunguka mlima Kilimanjaro ithibitiwe.
- (b) Kasi ya upandaji na ukuzaji/ulindaji wa miti kando kando na katika mlima Kilimanjaro iwe katika kiwango cha kuridhisha.

- (c) Uchomaji wa msitu wa mlima Kilimanjaro ukomeshwe kabisa.
- (d) Miti ya kudumu ipandwe katika sehemu zilizo kando kando ya mito yote inayoanzia katika mlima Kilimanjaro.
- (e) Mashamba yote mkoani Kilimanjaro yanayopandwa tu mazao ya muda mfupi (kama mahindi, maharagwe na ulezi) yasiwe na maeneo makubwa yasiyokuwa na mti hata mmoja (yaani yasiwe na maeneo makubwa yaliyo wazi kama uwanja wa mpira). Kwa maneno mengine, wenye mashamba makubwa yanayotumiwa tu kwa mazao ya muda mfupi wahimizwe kupanda mti mmoja mmoja mashambani na kwenye mipaka ya mashamba hayo ikiwa tahadhari kama hiyo haijachukuliwa.

## MAREJEO

- [1] **S. Hastenrath and L. Grischar**, "Glacier recession on Kilimanjaro, East Africa, 1912-89", *J. Glaciol.* 43, 455-459 (1997).
- [2] **S. Hastenrath**, "The glaciers of equatorial East Africa", D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1984).
- [3] **J. P. Peixoto and A.H. Oort**, "Physics of Climate", American Institute of Physics, New York (1992).
- [4] **E. Bryant**, "Climate Process and Change", Cambridge University Press, Cambridge (1997).
- [5] **J. K. Hargreaves**, "The Solar-Terrestrial Environment", Cambridge University Press, Cambridge (1995).
- [6] **N. Cadler**, "The Manic Sun", Pilkington Press, London (1997).
- [7] **S.G. Philander**, "Is the temperature rising? The uncertain science of global warming" Princeton University Press (1998).
- [8] **E. C. NJAU**: "A generalised theory of Sun-Climate/weather link and climatic change", *Nuovo Cimento* 12C, 597-611 (1989).
- [9] **E. C. NJAU**: "Prediction of meteorological parameters: 1. Analytical Method", *Nuovo Cimento* 14C, 473-488 (1991).
- [10] **E. C. NJAU**: "States in rainfall and temperature variations", *Nuovo Cimento* 14C, 535-539 (1991).