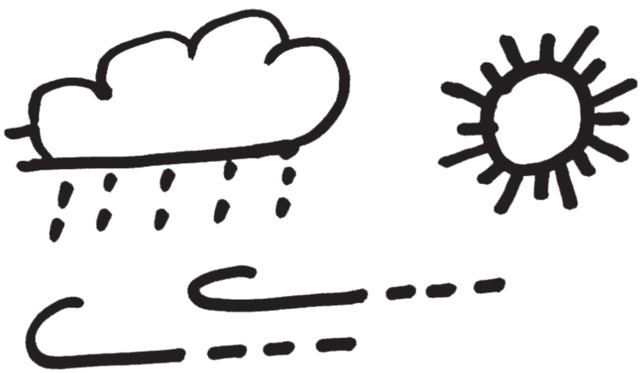
जलवायु परिवर्तन

प्रारम्भिक जानकारी



गेहेन्द्र बहादुर गुरुङ्ग

पुस्तिकाको नाम : जलवायु परिवर्तन– प्रारम्भिक जानकारी

लेखक : गेहेन्द्र बहादुर गुरुङ्ग

प्रकाशिका : कालिका देवी गुरुङ्ग, पोखरा १२, माटेपानी, कास्की, नेपाल

पहिलो संस्करण : वि.सं. २०७९ (ई.सं. २०२३)

प्रकाशित प्रति : ५००

© सर्वाधिकार : लेखकमा सुरक्षित

आबरण पृष्ठ : लेखक स्वयम

मुल्य : जलवायु परिवर्तन शिक्षाकोलागि लेखक र प्रकाशिकाको तर्फबाट यो संस्करण निशुल्कः गरिएकोछ

सन्दर्भ ग्रन्थकोलागि : गुरुङ्ग, गेहेन्द्र बहादुर (२०७९). जलवायु परिवर्तन– प्रारम्भिक जानकारी. कालिका देवी गुरुङ्ग, पोखरा, कास्की, नेपाल

Gurung, G. B. (2023). Climate Change – preliminary information. Kalika Devi Gurung, Pokhara, Kaski, Nepal

जलवायु परिवर्तन शिक्षाकोलागि यस पुस्तिकाको अंशहरु गैरब्यावसायिक प्रकाशन र कार्यमा प्रयोग गर्न सकिने छ ।

पृष्ठ सज्जा : सोनाम थापा

मुद्रण : कञ्चन प्रिन्टर्स, न्यूरोड, पोखरा, कास्की, नेपाल ।
फोन: ०६१–५७००७८

ISBN : 978-9937-1-3514-6

"विज्ञान स्पष्ट छ, जलवायुका परिवर्तनहरू अभूतपूर्व छन्, ढिलाईकोलागि अब समय छैन।"

– आईपिसिसि, छैटौं प्रतिवेदन, २०२१

बाबा हर्क बहादुर गुरुङ्ग
र
आमा देवी गुरुङ्गको नाममा

लेखकको मनबाट

जलवायु परिवर्तन अहिले विश्व समूदाय सामु एउटा जल्दो बल्दो समस्याको रूपमा तेर्सिएको छ । जलवायु परिवर्तन र यसको असरहरू बारे बुझेर, अध्ययन गरेर ती असरहरूको न्यूनिकरण गर्ने र परिवर्तित जलवायुमा अनुकूलन हुनु पर्ने कार्य अति आवश्यक भएको छ। यसका दुई पाटाहरू– (१) थप जलवायु परिवर्तन हुन नदिने र भइसकेको परिवर्तनलाई साबिकको तहमा फर्काउने र (२) परिवर्तित जलवायुमा अनुकूलन हुने । बेलैमा व्यक्ति, समूदाय, देश र विश्व समूदाय गम्भीर भएर यी दुई पाटाबाट मानव समूदाय र पृथ्वीको वातावरणमा हुनसक्ने नकरात्मक असरलाई न्यून गर्न लागिपरेन भने यसले मानव सभ्यतामा ठूलो हानी नोक्सानी पुऱ्याउन सक्नेमा वैज्ञानिकहरूले भन्दै आएका छन् ।

हाल जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि छलफलहरू राष्ट्रिय र अन्तर्राष्ट्रिय स्तरमा अलि बेसी चल्छ, त्यसको तुलनामा स्थानीय र समूदायस्तरमा कमै छलफल भईरहेकोछ । जबकि यसको प्रत्यक्ष असर स्थानीय र समूदायस्तरमा पर्दछ । यसको असर अझ भविष्यको पिढीलाई पर्ने भएकोले विद्यालयस्तरबाटै यो विषयसम्बन्धि ज्ञान लिनुपर्ने अति आवश्यक छ । त्यसैले विद्यालय स्तर र सो पार गरीसकेका नानीबाबुले जलवायु परिवर्तनको प्रारम्भिक ज्ञान पाउनमा मद्दत पुगोस् भन्ने हेतुले यो पुस्तिका प्रकाशमा ल्याइएको हो ।

यस पुस्तिकामा जलवायु परिवर्तन भनेको के हो, विद्यमान अवस्थामा भइरहेको जलवायु परिवर्तनको कारण के हो, हालको जलवायु परिवर्तनलाई कसरी साबिकको अवस्थामा ल्यउन सकिन्छ र परिवर्तित र भविष्यमा हुने जलवायु परिवर्तनमा मानवजातिले अनुकूलन गर्नु पर्ने आवश्यकताको बारेमा परिचय दिने प्रयास गरिएको छ । साथै हाल विश्व समूदायले र नेपालले गरिरहेको प्रयासहरूको बारेमा पनि अति छोटो जानकारी दिने प्रयास गरिएको छ ।

यो पुस्तिका विभिन्न ग्रन्थहरूको अध्ययन र लेखकको व्यक्तिगत

अनुभवको आधारमा तयार पारिएको हो । यो अध्ययन आफैमा पूरा छैन, किनकि हाल जलवायु परिवर्तनसम्बन्धि प्रशस्त अध्ययन तथा अनुसन्धानहरू भइरहेका छन् र हरेक दिन नयाँ नयाँ प्रतिवेदनहरू प्रकाशित भइरहेको सन्दर्भमा ती सबै ग्रन्थहरू अध्ययन गर्न सम्भव पनि छैन । त्यसैले सीमित तर सान्दर्भिक ग्रन्थहरूको अध्ययनमा यो पुस्तिका आधरित छ ।

यस पुस्तिकामा समावेश गरिएका तालिकाहरूमा र चित्रहरूमा विभिन्न ग्रन्थहरूबाट प्राप्त तथ्याङ्कहरू प्रयोग गरिएका छन् । कुनै चित्रहरू जस्ताको तस्तै समावेश गरिएको छ । कुनै चित्रहरूमा शब्दार्थलाई थप प्रष्ट्याउन अनुमानित अंकहरू प्रयोग गरिएको छ ।

पाठकको नजरबाट पुस्तिकालाई अध्ययन गरेर मोटामोटी शुद्दाशुद्दीकोलागि पृष्ठपोषण दिनुभएकोमा तीर्थ गुरुङ्गलाई आभार ब्यक्त गर्दछु ।

आशा छ यस पुस्तिकाले विद्यालय स्तरका र सो पार गरीसकेका नानीबाबुको जलवायु परिवर्तनसम्बन्धि ज्ञानमा एउटा सानो खुट्किलो भने पनि थप्नेछ ।

प्रश्न, जिज्ञाशा वा सुझाव भए यस पुस्तिकाको पछाडि आवरण पृष्ठमा दिईएको ईमेल मार्फत सम्पर्क गर्न सकिनेछ ।

- *लेखक*

प्रकाशिकाको भनाई

बिकाससँगै पृथ्वीको वातावरणको पनि ह्रास हुदै गएको छ। हाल पृथ्वीको वातावरणको चुनौतीको रूपमा मानवसिर्जित जलवायु परिवर्तन रहेको छ । यसको दीर्घकालिन समाधान भनेको जलवायु परिवर्तनका कारक तत्व हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनलाई घटाई वायुमण्डलमा त्यसको साबिक स्तर कायम गर्नु र परिवर्तित जलवायुलाई पुनः साबिकको अवस्थामा ल्याउनु हो । दोश्रो साबिकको अवस्थामा नआउञ्जेल परिवर्तित जलवायुमा वा भविष्यमाा परिवर्तन हुने जलवायुमा मानव प्रणालीले अनुकूलन गर्नु हो र सोकोलागि प्राकृतिक प्रणालीलाई सहज बनाउनु हो। तेश्रो महत्वपूर्ण पक्ष भनेको भावी सन्ततिलाई यस विषयमा ज्ञान दिई उपरोक्त दुबै कार्यमा तिनीहरूलाई सक्षम बनाउनु हो।

यस पुस्तिकामा १२ खण्डहरू छन । खण्ड १ देखि ५ सम्म जलवायु परिवर्तन र त्यससँग सम्बन्धित विषयबारे जानकारी दिन खोजिएको छ। खण्ड ६ र ७ मा हालको जलवायु पविर्तनको अवस्था र त्यसका कारणको बारेमा जानकारी दिने प्रयास गरिएको छ । खण्ड ८ मा जलवायु पविर्तनबाट हुने जोखिम र असरको बारेमा छ भने खण्ड ९ मा ती जोखिमलाई न्यूनिकरण गर्ने र अनुकूलनको उपायहरूको बारेमा जानकारी दिने प्रयास गरिएको छ। खण्ड १० र ११ मा राष्ट्रिय तथा अन्तर्राष्ट्रिय स्तरमा भइरहेको प्रयास र सम्वादहरूको केहि जानकारी र अन्तमा जलवायु परिवर्तनको प्रभावकारी व्यवस्थापनकोलागि आउँदा दिनहरूमा गर्नु पर्ने आवश्यक कृयाकलापहरू सम्बन्धि लेखकले आफ्ना धारणाहरू खण्ड १२ मा दिने प्रयास गरेका छन् ।

भावी पुस्तालाई विद्यालयस्तरबाटै यस विषयमा परिचित गराउनु अति आवश्यक छ । यो पुस्तिकाले भावी पुस्तालाई जलवायु परिवर्तनबारे ज्ञान दिनमा सहयोग दिनेछ भन्ने हेतुले प्रकाशनमा ल्याएकी छु। यस अर्थमा सानै भएपनि यो पुस्तिकाको देन रहने छ भन्ने आशा लिएकी छु।

- प्रकाशिका

विषय–सूचि

लेखकको मनबाट		**क**
प्रकाशिकाको भनाई		**ग**
विषय–सूचि		**घ**
खण्ड १.	**जलवायु – परिचय र परिभाषा**	**१**
खण्ड २.	**जलवायु परिवर्तन**	**१७**
खण्ड ३.	**विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तन**	**२६**
खण्ड ४.	**नेपालको जलवायु परिवर्तन**	**३४**
खण्ड ५.	**पृथ्वीको वायुमण्डल**	**३७**
	५.१. ट्रोपस्फीयर (Troposphere)	३७
	५.२. स्ट्राटस्फीयर (Stratosphere)	३८
	५.३. मेसस्फीयर (Mesosphere)	३८
	५.४. थर्मस्फीयर (Thermosphere)	३९
	५.५. एक्सोस्फीयर (Exosphere)	३९
	५.६. आयनोस्फीर (Ionosphere)	३९
खण्ड ६.	**जलवायु परिवर्तनका कारण**	**४०**
खण्ड ७.	**हरितगृह ग्याँस**	**४३**
	७.१. विकिरण शक्ति (Radiative forcing)	४५
	७.२. विश्वब्यापी उष्णिकरण क्षमता (global warming potential)	४७
	७.३. हरितगृह ग्याँसको जीवनचक्र	४८
	७.४. हरितगृह ग्याँसको श्रोत	४९
	७.५. मानव गतिविधिबाट उत्सर्जित विभिन्न हरितगृह ग्याँसहरू	५१
	७.६. मानव श्रृजित हरितगृह ग्याँसका प्रमुख श्रोतहरू	५१
	७.७. विश्व जीवाष्म ईन्धन उत्पादन तथा प्रयोग	५३
	७.८. विश्वब्यापी वनजंगल तथा कृषि भूमिको अवस्था	५८
खण्ड ८.	**विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तनको जोखिम, असर र प्रभाव**	**६१**
	८.१. जोखिम	६१
	८.२. असर र प्रभाव	६३
	८.३. जलवायु परिवर्तनको असर वा प्रभावको प्रकृति	६४
	८.४. जलवायु परिवर्तनका पक्षहरू	६४
	८.४.१. ऋतुमा असर (गर्मी ऋतु छिटो सुरु हुने र ढिलो.......	६६
	८.४.२. हावाको चालमा वृद्धि हुने	६६
	८.४.३. अतिवृष्टि तथा अनावृष्टिका घटनाहरूमा परिवर्तन	६७

८.४.४. कुहिरो तथा बादल लाग्ने घटनामा परिवर्तन ६९
८.५. जलवायु परिवर्तनको प्राकृतिक प्रणालीमा असर ६९
८.५.१. जलभण्डार तथा जलश्रोतमा असर ६९
८.५.२. समुद्री पारिस्थितिय प्रणालीमा असर र समुद्री.......... ७२
८.५.३. वनस्पतिको पालुवा पलाउने, फुल्ने तथा फल्ने......... ७४
८.५.४. जीवहरूको बसाइँ सराइ तथा प्रजननमा असर ७५
८.६. जलवायु परिवर्तनको मानवीय प्रणालीमा असर ७५
८.६.१. भौतिक संरचनामा असर ७६
८.६.२. कृषि तथा पशु पालनमा असर ७६
८.६.३. पर्यटनमा असर ७८
८.६.४. जिविकोपार्जनमा असर ७९
८.६.५. उद्योग व्यापारमा असर ८०
८.६.६. मानव स्वास्थ्यमा असर ८१
८.६.७. सामाजिक तथा सांस्कृतिक क्षेत्रमा असर ८१

खण्ड ९. जलवायु परिवर्तनजन्य जोखिम न्यूनिकरण ८३

९.१. जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण वा अल्पिकण गर्ने र........... ८४
९.१.१. बिकासको डि–कार्बनिङ्ग ८५
९.१.२. जीवाष्म ईन्धनको साटो नविकरणीय उर्जाको प्रयोग ८५
९.१.३. वनजंगल जोगाउने र सो को क्षेत्रफल बढाउने ८७
९.१.४. प्राकृतिक पारिस्थितीय प्रणालीमा आधरीत प्रांगरीक...... ८७
९.१.५. उर्जा किफायती कृयाकलाप ८९
९.१.६. वायुमण्डलमा भएको कार्बनडाईअक्साईड्को संकलन.... ९१
९.२. जलवायु परिवर्तन अनुकूलन ९१
९.२.१. स्थान वा क्षेत्र विशेषको जलवायु तथा सम्बन्धित......... ९३
९.२.२. परिवर्तित जलवायुले ल्याउन सक्ने असर वा प्रभाव....... ९५
९.२.३. जोखिम न्यूनिकरणका लागि आवश्यक कृयाकलाप,...... १००
९.२.४. सम्मुखता तथा सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुख १०१
९.२.५. विद्यमान श्रोत, साधान, क्षमता तथा नीतिनियमको...... १०५
९.२.६. अनुकूलन तथा बिकास योजनाको लागू, अनुगमन र.... १०६

खण्ड १०. जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि विश्व संवाद १०८

खण्ड ११. जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि नेपालको पहल, सहकार्य तथा सहभागिता १११

खण्ड १२. जलवायु परिवर्तनसम्बन्धि नेपालको अबको बाटो ११३

संक्षिप्त शब्दहरू ११५

सन्दर्भ ग्रन्थहरू ११६

तालिका–सूचि

तालीका १ : कोप्पेन–गैगरको जलवायु वर्गीकरण, तिनका प्रतिक (संकेत) चिन्ह....... ४
तलिका १.१ : तालिका १ को मापदण्डको थप ब्याख्या ६
तालिका २ : नेपालको जलवायु १२
तालिका ३ : परिमार्जित कोप्पेन गैगरको (Koppen-Geiger) वर्गीकरणमा............... १३
तालिका ४ : भौगोलिक क्षेत्रानुसार नेपालको जलवायु (सन १९७१–२०१४ .... १४
तालिका ५ : ऋतु अनुसार नेपालको जलवायु (सन १९७१–२०१४ सम्मको........... १४
तालिका ६ : ऋतु र भौगोकि क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा अधिक र सबैभन्दा न्यून........ १५
तालिका ७ : ऋतु र भौगोलिक क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा अधिक अधिकतम.............. १५
तालिका ८ : ऋतु र भौगोलिक क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा न्यून न्यूनतम तापक्रम........१५
तालिका ९ : ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा अधिक र सबैभन्दा न्यून वर्षा....... १६
तालिका १० : ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा अधिक अधिकतम तापक्रम.......... १६
तालिका ११ : ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा न्यून न्यूनतम तापक्रम (°से)........१६
तालिका १२ : जलवायु परिवर्तन सम्वन्धी अन्तरसरकारी कार्यदल.......................... ३०
तालिका १३ : विभिन्न नमूनाको प्रयोग गरी अध्ययन गरिएको नेपालको जलवायुको... ३५
तालिका १४ : मानव गतिविधिका कारण हालैका वर्षहरूमा बढ्दै गएका प्रमुख......... ४३
तालिका १५ : सन् १७५० देखि यता हरितगृहग्याँसको कारण विश्वब्यापी विकिरण.... ४७
तालिका १६ : प्रमुख हरित गृहग्याँसहरूको विश्व उष्णिकरण क्षमता......................४८
तालीका १७ : मानव गतिविधिबाट वार्षिक उत्सर्जित प्रमुख हरितगृह ग्याँसहरू..........५१
तालीका १८ : हरितगृह ग्याँसका प्राकृतिक तथा मानवीय श्रोतहरू ५२
तालिका १९ : विभिन्न जिवाष्म ईन्धनको हरितगृह ग्याँसमा रुपान्तरण मान............ ५४
तालिका २० : जोखिमको सम्भाब्यता तह ६२
तालिका २१ : विभिन्न तापक्रममा प्रति एक केजी सुख्खा हावाले थेग्न सकिने.......... ६८
तालिका २२ : सन १९०१ देखि समुद्री सतहको उचाईमा भएको वृद्धि ७३

खण्ड १. जलवायु – परिचय र परिभाषा

१.१ परिचय र परिभाषा

जलवायु वा अर्को शब्दमा हावापानी हामीले दैनिक भनिरहने र सुनिरहने शब्द हो । जलवायु वा हावापानी भन्नाले कुनै खास स्थानको वर्षौं अवधिको हावा र पानी र सोसँग सम्बन्धित गतिविधि जस्तै तापक्रम, वर्षा, आर्द्रता, हावाको गतिविधि, आदिको औसत अवस्थालाई जनाउँदछ । यहाँ "औसत अवस्था" भन्ने शब्द प्रयोग गरिएको छ किनकि तापक्रम, वर्षा, आर्द्रता, हावाको गतिविधि, आदि एक दिनमा पनि एउटा अवस्थामा रहँदैन । यो उतारचढाव भइरहन्छ । जस्तै राति चिसो हुन्छ, तापक्रम थोरै हुन्छ, दिउँसो गर्मी हुन्छ, तापक्रम बढी हुन्छ । अरु जलवायुका तत्वहरू अथवा अवयवहरू वा अङ्गहरू (वर्षा, आर्द्रता, हावाको गतिविधि, आदि) को अवस्था पनि दिनभरिमा उतारचढाव भइरहन्छ । एक दिनमा वा हप्तामा वा महिनामा वा वर्षभरिमा यिनीहरूको मान धेरै थोरै भईरहन्छन् । त्यसैले कुनै स्थानको कुनै अवधिभरिको जलवायु भनेको यी तत्व वा अङ्ग वा अवयवहरू वा हावा र पानीको औसत गतिविधिले जनाउँदछ । नेपाली बृहत् शब्दकोश अनुसार "प्राणीको जीवन र स्वास्थ्यमा असर पार्ने स्थानीय हावा, पानी आदि प्राकृतिक पदार्थ वा हावा र पानीको अवस्था"लाई जलवायु वा हावापानी भनिन्छ (नेपाल प्रज्ञा–प्रतिष्ठान, २०७५) । यसबाट जलवायु र प्राणी वा जीवको जीवन र स्वास्थ्यबीच घनिष्ठ सम्बन्ध रहेको पनि जनाउँदछ । जलवायु वा हावापानी सम्बन्धी लेखिएका प्रकाशनहरूमा यी दुबै शब्दहरू उत्तिकै प्रयोग गरिएको पाइन्छ । यस पुस्तिकमा धेरैजसो जलवायु शब्दलाई प्रयोग गरिएको छ ।

जलवायुसँगसँगै प्रयोगमा आउने अर्को शब्द हो 'मौसम' । धेरै ठाउँमा मौसम र जलवायुलाई पर्यायवाची शब्दको रूपमा प्रयोग गरिएको पाइन्छ । तर यिनीहरूबीच फरक छ । जलवायुले लामो अवधि वा महिनादेखि माथिको औसत तापक्रम, वर्षा, आर्द्रता, हावाको गतिविधि, आदिको अवस्थालाई जनाउँदछ भने मौसमले यी गतिविधिहरूको छोटो अवधि वा महिना दिनभन्दा कम अवधि जस्तै घण्टाको वा दिनको वा हप्ताको गनिविधिलाई जनाउँदछ । मौसम प्राकृतिक रूपमा परिवर्तन भइरहन्छ । बिहानको मौसम दिउँसो परिवर्तन भइसक्छ र फेरि बेलुका परिवर्तन भइसक्छ । तर प्राकृतिक रूपमा जलवायु परिवर्तन हुँदैन । जस्तै कुनै एक वर्षको वैशाख महिनाको औसत तापक्रम अर्को वर्षको वैशाख महिनाको औसत तापक्रमसँग तात्विक भिन्नता हुँदैन र हुन पनि हुँदैन र वर्षौंवर्षसम्मको वैशाख महिनाको औसत

तापक्रममा सार्थक फरक आउनु हुँदैन । त्यही अवस्था अन्य सबै महिनाहरूमा पनि लागू हुन्छ । तर हजारौ वा लाखौं वर्षको अन्तरालमा भने प्राकृतिक तवरले पनि जलवायु वा औषतमा फरक आउन सक्दछ ।

कुनै स्थानको एक महिनाको वा एक वर्षको तापक्रम न्यूनतम १०° सेन्टीग्रेडदेखि अधिकतम ३०° सेन्टीग्रेडसम्म हुन्छ भने सालाखाला वा औसत २०° सेन्टीग्रेडले सो स्थानको जलवायु जनाउँछ । त्यस्तै वार्षिक वर्षा कम्तीमा १,१०० मिमिदेखि बढिमा १,५०० मिमिसम्म हुन्छ भने सालाखाला वा औसत १,३०० मिमिले त्यस स्थानको जलवायु जनाउँछ । तापक्रम, वर्षा, आर्द्रता, हावा, हावाको गतिविधि, आदिलाई जलवायु या मौसमको अवयव वा अङ्ग वा तत्वहरू मानिन्छन् । यी अवयव या अङ्गहरूको औसत मान वा जलवायु कुनै निश्चित स्थानमा मूलत सधैं एउटै रहन्छन् । अगाडीकै उदाहरणमा कुनै स्थानको एक महिनाको वा एक वर्षको सालाखाला वा औसत तापक्रम हरेक वर्ष २०° सेन्टीग्रेड वा तात्विक फरक नहुने गरी २०° सेन्टीग्रेडको नजिक रहिरहनु पर्दछ । यस अर्थमा काठमाण्डौ वा पोखरा वा नेपाल वा विश्वभरिको वार्षिक औसत मौसम वा जलवायु अझ भनौं तापक्रम, वर्षा, हावाको गतिविधि, आदि हरेक वर्ष एउटै रहन्छन् । साधारणतय जलवायुको लागि औसत लेखाजोखा गर्दा कम्तिमा ३० वर्षको तथ्याङ्क प्रयोग गर्नु पर्दछ भन्ने वैज्ञानिकहरूको धारणा छ ।

१.२. पृथ्वीको जलवायु

विश्वभरि गर्मीदेखि जाडो र सुख्खादेखि अति वर्षा हुने हावापानी भएका स्थानहरू छन् । तापक्रम र वर्षाको आधारमा वैज्ञानिकहरूले पृथ्वीको जलवायुलाई मुख्य ३० (तीस) प्रकारमा वर्गीकरण गरेका छन् (तालिका १) । कुनै स्थानको जलवायुको प्रकार त्यस स्थानको मासिक तथा वार्षिक औसत तापक्रम तथा वर्षाको आधारमा निर्धारित हुन्छ । स्थान विशेषको तापक्रम तथा वर्षा सो स्थानको निम्न कारकहरूमा भर पर्दछ ।

१. समुद्री सतहदेखिको उचाई,
२. सो स्थानको अक्षांश,
३. समुद्र वा ठूलो पानीको क्षेत्र जस्तै तालदेखिको निकटता,
४. त्यस क्षेत्रको भू-बनौट, जस्तै पहाड, समथर, आदि
५. सो स्थानमा चल्ने चिसो तथा तातो हावाको गति तथा त्यसको दिशा,
६. त्यस क्षेत्र वा आसपासमा चल्ने चिसो तथा तातो समुद्री पानीको धार तथा त्यसको दिशा, आदि

सर्वप्रथम जलवायुलाई वर्गीकरण गर्ने कार्य रुसी–जर्मन वैज्ञानिक Wladimir Koppen (वाजीमिर कोप्पेन) ले सन १८८४ मा सुरुवात गरे (Koppen, 1884) । उनले जलवायु वर्गीकरण गर्दा औसत तापक्रमलाई मुख्य आधार मानेका थिए । उनले औसत तापक्रमलाई निम्न तीन समूहमा छुट्याएका थिए र यो वार्षिक औसत तापक्रम हो ।

१) २०° से भन्दा माथि २) १०–२०° से ३) १०° से भन्दा कम

यो तापक्रमको वर्गीकरणको मुख्य अधार कोप्पेनले बिरुवाको गतिविधिलाई लिएका थिए । हावाको तापक्रम कति पुग्दा बिरुवाको वृद्धिदर छिटो हुन्छ र कति पुग्दा सो वृद्धिदर रोकिन्छ भन्ने कुरालाई उनले आधार बनाई तापक्रलाई उक्त तीन समूहमा विभाजन गरेका थिए । यी तापक्रम समूहको आधारमा Koppen ले पृथ्वीको जलवायुलाई मुख्य पाँच किसिममा वर्गीकरण गरेका थिए ।

Wladimir Koppen ले मूलतः तापक्रमको आधारमा वर्गीकरण गरेको पृथ्वीको जलवायु

१. उष्णकटिबन्धीय वा उष्ण जलवायु (tropical)

२. उप–उष्णकटिबन्धीय वा उप–उष्ण जलवायु (sub-tropical)

  २.१ न्यानो उप–उष्णकटिबन्धीय जलवायु (warm sub-tropical)

  २.२ शितल उप–उष्णकटिबन्धीय जलवायु (cool sub-tropical)

३. शीतोष्ण जलवायु (temperate)

  ३.१ न्यानो शीतोष्ण जलवायु (warm temperate)

  ३.२ निरन्तर शीतोष्ण वा समशीतोष्ण जलवायु (continuous temperate)

  ३.३ चिसो शीतोष्ण जलवायु (cold temperate)

४. चिसो जलवायु (cold)

५. ध्रुवीय जलवायु (polar)

वाजीमिर कोप्पेनले प्रदिपादन गरेको जलवायु वर्गीकरण प्रणालीलाई अर्का वैज्ञानिक Rudolf Geiger (Geiger 1954) (रुडल्फ गैगर) ले सत्तरी वर्षपछि अर्थात् सन १९५४ मा थप सुधार गरे । उनले विशेषतः तापक्रमलाई थप विभाजन र परिमार्जन गरे र त्यसमाथि वर्षाको गतिविधिलाई समेत जोडेर कोप्पेनको प्रमुख पाँच प्रकारको जलवायुलाई विभिन्न उप-वर्ग र उप-उप-वर्गमा विभाजन गरी जलवायुको प्रकारलाई ३० (तीस) बनाए र ती सबैलाई संकेत वा प्रतिक चिन्ह दिए । Geiger को लेख अहिले पाउन भने गाह्रो छ । सुरुवातमा कोप्पेनले sub-tropical अर्थात् उप-उष्णकटिबन्धीय वर्गीकरण गरेको साटो गैगरले arid अथवा सुख्खा वर्गीकरण गरे जसको मुख्य मापदण्डको आधार तापक्रमभन्दा वर्षालाई महत्व दिइयो । अहिले

यो जलवायु वर्गीकरण प्रणालीलाई "Köppen–Geiger's climatic classification" अर्थात् "कोप्पेन–गैगरको जलवायु वर्गीकरण" भनी नामकरण गरिएको छ जुन सर्वत्र प्रयोगमा छ । यो प्रणाली अनुसार जलवायुको वर्गीकरण तालीका १ अनुसार रहेको छ । सुरुमा मापदण्ड बुझ्न केही गाह्रो हुनेछ ।

तालीका १: कोप्पेन–गैगरको जलवायु वर्गीकरण, तिनका प्रतिक (संकेत) चिन्ह र मापदण्डको परिभाषा

पहिलो (1st) स्तरको संकेत	दोश्रो (2nd) स्तरको संकेत	तेश्रो (3rd) स्तरको संकेत	विवरण (Description)	मापदण्ड (Criteria)*
A			**Tropical**	**$T_{cold} \geq 18$**
	f		- Rainforest	$P_{dry} \geq 60$
	m		- Monsoon	Not (Af) & $P_{dry} \geq 100 - MAP/25$
	w		- Savannah	Not (Af) & $P_{dry} < 100 - MAP/25$
B			**Arid**	**$MAP < 10 \times P_{threshold}$**
	W		- Desert	$MAP < 5 \times P_{threshold}$
	S		- Steppe	$MAP \geq 5 \times P_{threshold}$
		h	- Hot	$MAT \geq 18$
		k	- Cold	$MAT < 18$
C			**Temperate**	**$T_{hot} > 10$ & $0 < T_{cold} < 18$**
	s		- Dry Summer	$P_{sdry} < 40$ & $P_{sdry} < P_{wwet}/3$
	w		- Dry Winter	$P_{wdry} < P_{swet}/10$
	f		- Without dry season	Not (Cs) or (Cw)
		a	- Hot Summer	$T_{hot} \geq 22$
		b	- Warm Summer	Not (a) & $T_{mon10} \geq 4$
		c	- Cold Summer	Not (a or b) & $1 \leq T_{mon10} < 4$
D			**Cold**	**$T_{hot} > 10$ & $T_{cold} \leq 0$**
	s		- Dry Summer	$P_{sdry} < 40$ & $P_{sdry} < P_{wwet}/3$
	w		- Dry Winter	$P_{wdry} < P_{swet}/10$
	f		- Without dry season	Not (Ds) or (Dw)
		a	- Hot Summer	$T_{hot} \geq 22$
		b	- Warm Summer	Not (a) & $T_{mon10} \geq 4$
		c	- Cold Summer	Not (a, b or d)
		d	- Very Cold Winter	Not (a or b) & $T_{cold} < -38$
E			**Polar**	**$T_{hot} < 10$**
	T		- Tundra	$T_{hot} > 0$
	F		- Frost	$T_{hot} \leq 0$

* मापदण्डको ब्याख्या

MAP = mean annual precipitation (वार्षिक औसत वर्षा)

MAT = mean annual temperature (वार्षिक औसत तापक्रम)

T_{hot} = temperature of the hottest month (सबैभन्दा धेरै गर्मी महिनाको तापक्रम)

T_{cold} = temperature of the coldest month (सबैभन्दा धेरै जाडो महिनाको तापक्रम)

T_{mon10}= number of months where the temperature is above 10^0 C (१०° से भन्दा बढि भएका महिनाको सङ्ख्या)

P_{dry} = precipitation of the driest month (सबैभन्दा धेरै सुख्खा महिनाको वर्षा)

P_{sdry} = precipitation of the driest month in summer (गर्मी यामको सबैभन्दा धेरै सुख्खा महिनाको वर्षा

P_{wdry} = precipitation of the driest month in winter (जाडो यामको सबैभन्दा धेरै सुख्खा महिनाको वर्षा)

P_{swet} = precipitation of the wettest month in summer (गर्मी यामको सबैभन्दा धेरै वर्षा हुने महिनाको वर्षा)

P_{wwet} = precipitation of the wettest month in winter (जाडो यामको सबैभन्दा धेरै वर्षा हुने महिनाको वर्षा)

$P_{threshold}$ = varies according to the following rules (निम्न निम्नानुसार फरक पर्दछ)

$P_{threshold}$ = 2 × MAT if 70% of MAP occurs in winter (२ × MAT यदि ७०% वर्षा हिउँदमा भएमा)

$P_{threshold}$ = 2 × MAT + 28 if 70% of MAP occurs in summer (२ × MAT+२८ यदि ७०% वर्षा गर्मी याममा भएमा)

$P_{threshold}$ = 2 × MAT + 14 Otherwise (अन्यको हकमा २ × MAT+14 हुनेछ)

Summer and winter are defined as the warmer and cooler six months period of ONDJFM (October, November, December, January, February, March) and AMJJAS (April, May, June, July, August, September) respectively. (ONDJFM र AMJJAS मा जुन महिनाहरूमा गर्मी वा जाडो हुन्छ, सोहि यामलाई गर्मी वा जाडो याम भनी परिभाषित गरिएको छ ।) पृथ्वीको उत्तरी गोलार्धमा ONDJFM जाडो याम हुन्छ र AMJJAS गर्मी याम हुन्छ, दक्षिणी गोलार्धमा यसको विपरित हुन्छ ।

श्रोतः Peel, *et.al.* (2007)

तालिका १.१: तालिका १ को मापदण्डको थप ब्याख्या

जलवायुको प्रकार	जलवायुको नाम	तापक्रम तथा बर्षाको मापदण्ड	मापदण्डको ब्याख्या
A	**Tropical**	**$T_{cold} \geq 18$**	**सबैभन्दा जाडो महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा १८ डि से**
Af	Tropical rainforest	$P_{dry} \geq 60$	A को तापक्रम + सबैभन्दा सुख्खा महिनाको वर्षा कम्तिमा ६० मिमि
Am	Tropical monsoon	Not (Af) & $P_{dry} \geq 100 - MAP/25$	A को तापक्रम + सबैभन्दा सुख्खा महिनाको वर्षा कम्तिमा $100 - \frac{\text{total annual precipitation (mm)}}{25}$ भएमा
Aw	Tropical svannah	Not (Af) & $P_{dry} < 100 - MAP/25$	A को तापक्रम + सबैभन्दा सुख्खा महिनाको वर्षा $100 - \frac{\text{total annual precipitation (mm)}}{25}$ भन्दा कम भएमा
B	**Arid**	**$MAP < 10 \times P_{threshold}$**	**बार्षिक औषत बर्षा $P_{threshold}$ को १० गुणा भन्दा कम भएमा** (३ **किसिमको $P_{threshold}$ निकाल्ने तरीका माथि मापदण्डको ब्याख्यामा दिईसकेको छ**)
BWh	Hot desert	$MAP < 5 \times P_{threshold;}$ $MAT \geq 18$	बार्षिक औषत बर्षा $P_{threshold}$ को ५ गुणाभन्दा कम र बार्षिक औषत तापक्रम कम्तिमा १८ डि से
BWk	Cold desert	$MAP < 5 \times P_{threshold;}$ $MAT < 18$	बार्षिक औषत बर्षा $P_{threshold}$ को ५ गुणाभन्दा कम र बार्षिक औषत तापक्रम १८ डि से भन्दा कम
BSh	Hot steppe	$MAP \geq 5 \times P_{threshold;}$ $MAT \geq 18$	बार्षिक औषत बर्षा कम्तिमा $P_{threshold}$ को ५ गुणा र बार्षिक औषत तापक्रम कम्तिमा १८ डि से
BSk	Cold steppe	$MAP \geq 5 \times P_{threshold;}$ $MAT < 18$	बार्षिक औषत बर्षा कम्तिमा $P_{threshold}$ को ५ गुणा र बार्षिक औषत तापक्रम १८ डि से भन्दा कम

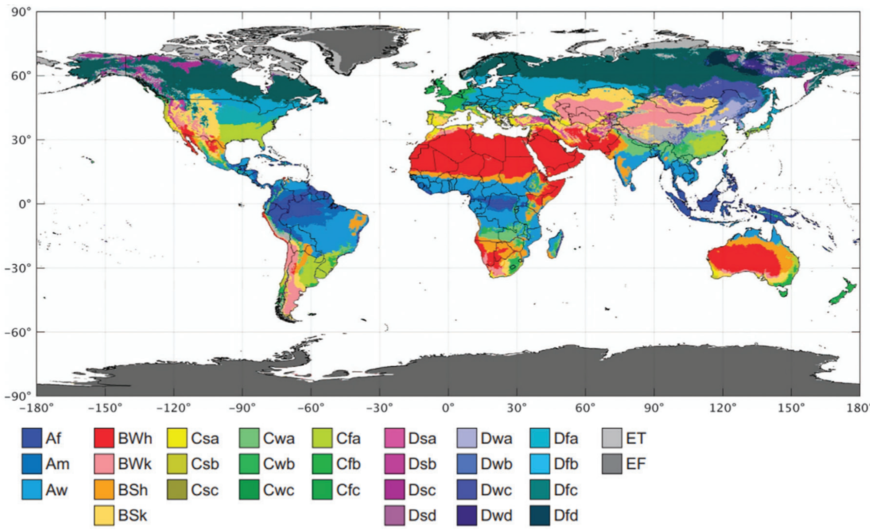
C	Temperate	$T_{hot}>10$ & $0<T_{cold}<18$	**सबैभन्दा गर्मी महिनाको औषत तापक्रम १० डि से भन्दा माथि र सबैभन्दा जाडो महिनाको औषत तापक्रम ० र १८ डि से को बीच**
Csa	Dry and hot summer mediterranean	$P_{sdry}<40$ & $P_{sdry}<P_{wwet}/3$; $T_{hot}\geq 22$	बर्षा: गर्मी यामको सबैभन्दा सुख्खा महिनाको वर्षा ४० मिमिभन्दा कम र यो अधिक बर्षा हुने महिनाको औषत बर्षाको ३ भागको १ भागभन्दा कम तापक्रम: अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से
Csb	Dry and warm summer mediterranean	$P_{sdry}<40$ & $P_{sdry}<P_{wwet}/3$; Not (a) & $T_{mon10}\geq 4$	बर्षा: Csa कै तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तर २२ डि से भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४
Csc	Dry and cold summer mediterranean	$P_{sdry}<40$ & $P_{sdry}<P_{wwet}/3$; Not (a or b) & $1\leq T_{mon10}<4$	बर्षा: Csa कै तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा १ तर ४ भन्दा कम र Csa र Csb को तापक्रमको मापदण्डमा पनि पर्दैन
Cwa	Monsoon (Dry winter, hot summer)	$P_{wdry}<P_{swet}/10$; $T_{hot}\geq 22$	बर्षा: सबैभन्दा सुख्खा हिउद महिनाको औषत वर्षा, सबैभन्दा अधिक बर्षा हुने महिनाको औषत बर्षाको १० भाग को १ भाग भन्दा कम तापक्रम: अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से
Cwb	Sub-tropical highland (Dry winter and warm summer)	$P_{wdry}<P_{swet}/10$; Not (a) & $T_{mon10}\geq 4$	बर्षा: Cwa कै तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तर २२ डि से भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४

Cwc	Cold sub-tropical highland (Dry winter and cold summer)	$P_{wdry}<P_{swet}/10$; Not (a or b) & $1 \le T_{mon10}<4$	बर्षा: Cwa कै तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तापक्रम भएका महिनाहरूको संख्या कम्तिमा १ तर ४ भन्दा कम, Csa र Csb को तापक्रमको मापदण्डभित्र नपर्ने
Cfa	Humid subtropical	Not (Cs) or (Cw); $T_{hot} \ge 22$	बर्षा: माथिको Cs र Cw समूहमा नपर्ने तापक्रम: सबैभन्दा गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से
Cfb	Temperate oceanic	Not (Cs) or (Cw); Not (a) & $T_{mon10} \ge 4$	बर्षा: माथिको Cs र Cw समूहमा नपर्ने तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तर २२ डि से भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४
Cfc	Subpolar oceanic	Not (Cs) or (Cw); Not (a or b) & $1 \le T_{mon10}<4$	बर्षा: माथिको Cs र Cw समूहमा नपर्ने तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा १ तर ४ भन्दा कम
D	**Cold**	$\mathbf{T_{hot}>10\ \&\ T_{cold} \le 0}$	**अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम १० डि से भन्दा माथि र अधिक जाडो महिनाको औषत तापक्रम शून्य वा कम**
Dsa	Hot-summer humid continental influenced by mediterranean	$P_{sdry}<40$ & $P_{sdry}<P_{wwet}/3$; $T_{hot} \ge 22$	बर्षा: गर्मी यामको सुख्खा महिनाको वर्षा ४० मिमिभन्दा कम र यो अधिक बर्षा हुने महिनाको बर्षाको ३ भागको १ भागभन्दा कम तापक्रम: अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से

Dsb	Warm-summer humid continental influenced by mediterranean	P_{sdry}<40 & P_{sdry} <P_{wwet}/3; Not (a) & T_{mon10}≥4	बर्षा: Dsa को जस्तै तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तर २२ डि से भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४
Dsc	Subarctic influenced by mediterranean	P_{sdry}<40 & P_{sdry} <P_{wwet}/3; Not (a, b or d)	बर्षा: Dsa को जस्तै तापक्रम: Dsa, Dsb, Dsd को मामदण्डामा नपर्ने
Dsd	Extremely cold subarctic influenced by mediterranean	P_{sdry}<40 & P_{sdry} <P_{wwet}/3; Not (a or b) & T_{cold}<−38	बर्षा: Dsa को जस्तै तापक्रम: माथि Dsa, Dsb, Dsc को मामदण्डामा नपर्ने, तर अधिक जाडो महिनाको औषत तापक्रम −३८ डि से भन्दा कम
Dwa	Monsoon-influenced hot-summer humid continental	P_{wdry}<P_{swet}/10; T_{hot}≥22	बर्षा: सुख्खा हिउद महिनाको औषत वर्षा, अधिक बर्षा हुने गर्मी महिनाको औषत बर्षाको १० भाग को १ भाग भन्दा कम तापक्रम: सबैभन्दा गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से
Dwb	Monsoon-influenced warm-summer humid continental	P_{wdry}<P_{swet}/10; Not (a) & T_{mon10}≥4	बर्षा: Dwa को जस्तो तापक्रम: १० डि से भन्दा बढि तर २२ डि से भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४
Dwc	Monsoon-influenced sub-arctic	P_{wdry}<P_{swet}/10; Not (a, b or d)	बर्षा: Dwa को जस्तो तापक्रम: Dwa, Dwb, Dwd को मापदण्डमा नपर्ने

Dwd	Monsoon-influenced extremely cold sub-arctic	$P_{wdry}<P_{swet}/10$; Not (a or b) & $T_{cold}<-38$	बर्षा: Dwa को जस्तो तापक्रम: जाडो महिनाको औषत तापक्रम –३८ डि से भन्दा कम र Dwa, Dwb, Dwc को मापदण्डमा नपर्ने
Dfa	Hot-summer humid continental	Not (Ds) or (Dw); $T_{hot}\geq22$	बर्षा: माथिको Ds र Dw को मापदण्डमा नपर्ने तापक्रम: सबैभन्दा गर्मी महिनाको औषत तापक्रम कम्तिमा २२ डि से
Dfb	Warm-summer humid continental	Not (Ds) or (Dw); Not (a) & $T_{mon10}\geq4$	बर्षा: Dfa को जस्तै तापक्रम: १० डि से भन्दा माथि तर २२ भन्दा कम तापक्रम भएका महिनाहरुको संख्या कम्तिमा ४
Dfc	Subarctic	Not (Ds) or (Dw); Not (a, b or d)	बर्षा: Dfa को जस्तै तापक्रम: Dfa, Dfb, Dfd को मापदण्डमा नपर्ने
Dfd	Extremely subarctic	Not (Ds) or (Dw); Not (a or b) & $T_{cold}<-38$	बर्षा: Dfa को जस्तै तापक्रम: माथि Dfa, Dfb, Dfc को मापदण्डमा नपर्ने, अधिक जाडो महिनाको औषत तापक्रम –३८ डि से भन्दा कम
E	**Polar**	$\mathbf{T_{hot}<10}$	**अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम १० डि से भन्दा कम**
ET	Tundra	$T_{hot}>0$	अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम ० < 10 डि से
EF	Frost	$T_{hot}\leq0$	अधिक गर्मी महिनाको औषत तापक्रम ० डि से वा कम

चित्र १: सन १९८०–२०१६ को जलवायुको तथ्याङ्क प्रयोग गरी बनाइएको कोप्पेन–गैगर जलवायु वर्गीकरणको विश्व नक्शा



श्रोत: Hylke *et.al.* (2018)

चित्र १ कोप्पेन–गैगरको जलवायु वर्गीकरणको मापदण्डलाई आधार बनाई तयार गरिएको हो । यो नक्शा हेर्दा भूमध्य रेखाको वरिपरि, केहि अक्षांश उत्तर र केहि अक्षांश दक्षिणको बीच भागमा type A अर्थात् उष्णकटिबंधीय वा उष्ण जलवायु भएको देख्दछौं । त्यसपछि बिस्तारै दुबै ध्रुवतिर अक्षांश बढ्दै गएमा type B, C, D र E अर्थात् उप–उष्णकटिबंधीय वा उप–उष्ण जलवायु, शीतोष्ण जलवायु, चिसो जलवायु र ध्रुवीय जलवायु हुदै गएको देखिन्छ ।

१.३ नेपालको जलवायु

विश्व मानचित्रमा नेपाल २६° २२' – ३०° २७' उ अक्षांश र ८०° ४०' 04' – ८८° १२' पू देशान्तरमा अवस्थित छ (LRMP – 1986) । अक्षांशको अवस्थितिको आधारमा नेपाल पृथ्वीको शितोष्ण प्रदेशमा (२३.५°– ६६.५°) पर्दछ जहाँ जाडो र गर्मी मौसम लगभग बराबर हुन्छ । कोप्पेन–गैगर जलवायु वर्गीकरणको विश्व नक्शामा पनि नेपालको जलवायु शितोष्ण जलवायु भएको देखाउँछ (चित्र १) । तथापि

नेपालको भूधरातलको कारणले गर्दा यहाँको जलवायुमा विविधता छ । फराकिलो दृष्टिकोणले नेपालको तीन मुख्य प्राकृतीक भूगोलको आधारमा जल तथा शक्ति आयोगको सचिवालयले तीन प्रकारको जलवायु भएको देखाइएको छ (WECS, 2005) - तालिका २ ।

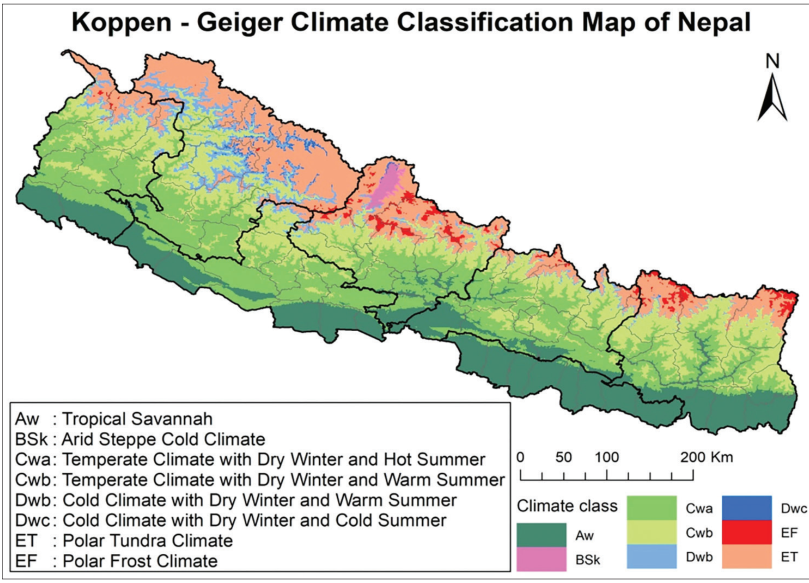
तालिका २: नेपालको जलवायु

भौगोलिक क्षेत्र	जलवायु	औसत वार्षिक वर्षा	औसत वार्षिक तापक्रम
हिमाल	तुन्द्रा वा पर्वतीय (Arctic/Alpine)	हिउँ–१५०–२०० मिमि	<३°से–१०°से
पहाड	शितल तथा न्यानो शीतोष्ण (Cool/warm Temperate)	२७५–२,३०० मिमि	१०°से–२०°से
तराई	उपोष्ण वा उप–उष्णकटिबंधीय (Sub-tropical)	१,१००–३,००० मिमि	२०°से–२५°से

श्रोतः WECS, 2005.

तर परिमार्जित कोप्पेन–गैगर जलवायु वर्गीकरणको मापदण्डलाई आधार मानी बनाइएको नेपालको जलवायु नक्शामा नेपालमा पाँचै प्रकारका मुख्य जलवायुहरू अवस्थित भएको पाइन्छ । कूल ३० उप-प्रकारको जलवायु मध्ये ८ उप-प्रकारको जलवायु विद्यमान भएको पाइन्छ। यो वर्गीकरण नेपालको विभिन्न प्राकृतिक भूगोल अनुसार विभिन्न प्रकारको जलवायु (चित्र २) भएको देखिन्छ ।

चित्र २: परिमार्जित कोप्पेन गैगरको (Koppen-Geiger) वर्गीकरणमा आधारित नेपालको जलवायु



श्रोत: Karki *et.al.*, 2016

तालिका ३: परिमार्जित कोप्पेन गैगरको (Koppen-Geiger) वर्गीकरणमा आधारित नेपालको जलवायु

जलवायुको संकेत	बिवरण	नेपालको भौगोलिक क्षेत्र
Aw	Tropical savannah (उष्णकटिबंधीय घाँसे जलवायु)	तराई, चुरे, भित्री मधेश तथा मध्य पहाडको खोलातीरका फाँटहरू
BSk	Arid Steppe Cold Climate (सुख्ख तथा चिसो जलवायु)	मुस्ताङको कालीगण्डकीको तीर
Cwa	Temperate climate with dry winter and hot summer (सुख्खा हिउँद र तातो गर्मी ऋतु भएको शीतोष्ण जलवायु)	महाभारत र मध्य पहाडी क्षेत्र
Cwb	Temperate climate with dry winter and warm summer (सुख्खा हिउँद र न्यानो गर्मी ऋतु भएको शीतोष्ण जलवायु)	उच्च पहाडी क्षेत्र

जलवायुको संकेत	बिवरण	नेपालको भौगोकि क्षेत्र
Dwb	Cold climate with dry winter and warm summer (सुख्खा हिउँद र तातो गर्मी ऋतु भएको चिसो जलवायु)	उच्च पहाडी क्षेत्रको माथिल्लो भाग
Dwc	Cold climate with dry winter and cold summer (सुख्खा हिउँद र न्यानो गर्मी ऋतु भएको चिसो जलवायु)	भित्री हिमालय
ET	Polar Tundra climate (ध्रुवीय तुन्द्रा जलवायु)	उच्च हिमाली क्षेत्रको खर्क क्षेत्र
EF	Polar Frost climate (ध्रुवीय तुषारो जलवायु)	उच्च हिमाली क्षेत्रको बाह्रै महिना हिउँले ढाकिने क्षेत्र

१.४. विभिन्न भौगोलिक क्षेत्र र ऋतु अनुसार नेपालको जलवायु (तालिका ४ देखि ११)

तालिका ४: भौगोलिक क्षेत्रानुसार नेपालको जलवायु (सन १९७१–२०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

भौगोलिक क्षेत्र	वर्षा (मिमि)	अधिकतम तापक्रम (°से)	न्यूनतम तापक्रम (°से)
नेपाल	१,५०२.३	२२.४	११.४
उच्च हिमाली क्षेत्र (>४,००० मि)	६९४.२	१७.६	–३.८
उच्च पहाडी क्षेत्र (२,२००–४,००० मि)	१,५०७.९	१७.६	६.६
मध्य पहाडी क्षेत्र (१,०००–२,५०० मि)	१,६२७.४	२४.६	१३.३
सिवालिक वा चुरे पहाडी क्षेत्र (२००–१,५०० मि)	१,७०८.५	२९.३	१७.१
तराई क्षेत्र (५९–२०० मि)	१,६००.४	३०.८	१८.८

तालिका ५: ऋतु अनुसार नेपालको जलवायु (सन १९७१–२०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	वर्षा (मिमि)	अधिकतम तापक्रम (° से)	न्यूनतम तापक्रम (° से)
हिउद (डिसेम्बर–फेब्रुवरी)	५५.०	१६.४	४.१
मनसून पूर्व (मार्च–मे)	१८१.१	२४.२	११.५
मनसून (जुन–सेप्टेम्बर)	१,२०५.३	२५.९	१७.५
मनसून पश्चात (ओक्टोबर–नोभेम्बर)	६१.१	२१.९	१०.१

तालिका ६: ऋतु र भौगोकि क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा अधिक र सबैभन्दा न्यून वर्षा (मिमि) (सन १९७१ – २०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिक वर्षा (मिमि)		न्यूनतम वर्षा (मिमि)	
	भौगोलिक क्षेत्र	वर्षा (मिमि)	भौगोलिक क्षेत्र	वर्षा (मिमि)
हिउद	उच्च पहाड	७२.६	तराई	४१.७
मनसून पूर्व	मध्य पहाड	२१२.९	उच्च पहाड	१०५.४
मनसून	सिवालिक	१,४२६.३	उच्च हिमाल	५०२.९
मनसून पश्चात	तराई	७०.२	उच्च हिमाल	३६.५
वार्षिक	**सिवालिक**	१,७०८.५	**उच्च हिमाल**	६९४.२

तालिका ७: ऋतु र भौगोलिक क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा अधिक अधिकतम तापक्रम (°से) (सन १९७१–२०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिक अधिकतम तापक्रम		न्यून अधिकतम तापक्रम	
	भौगोलिक क्षेत्र	°से	भौगोलिक क्षेत्र	°से
हिउद	तराई	२३.९	उच्च हिमाल, उच्च पहाड	११.८
मनसून पूर्व	तराई	३४.१	उच्च हिमाल, उच्च पहाड	१८.५
मनसून	तराई	३३.९	उच्च हिमाल, उच्च पहाड	२१.५
मनसून पश्चात	तराई	३०.३	उच्च हिमाल, उच्च पहाड	१६.९
वार्षिक	**तराई**	३०.८	**उच्च हिमाल, उच्च पहाड**	१७.६

तालिका ८: ऋतु र भौगोलिक क्षेत्रानुसारको सबैभन्दा न्यून न्यूनतम तापक्रम (°से) (सन १९७१ – २०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिक न्यूनतम तापक्रम		न्यून न्यूनतम तापक्रम	
	भौगोलिक क्षेत्र	°से	भौगोलिक क्षेत्र	°से
हिउँद	तराई	१०.३	उच्च हिमाल	–९.१
मनसून पूर्व	तराई	१९.५	उच्च हिमाल	–४.८
मनसून	तराई	२५.२	उच्च हिमाल	२.०
मनसून पश्चात	तराई	१७.७	उच्च हिमाल	–५.५
वार्षिक	**तराई**	१८.८	**उच्च हिमाल**	–३.८

तालिका ९: ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा अधिक र सबैभन्दा न्यून वर्षा (मिमि) (सन १९७१–२०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिकतम वर्षा (मिमि)		न्यूनतम वर्षा (मिमि)	
	जिल्ला	वर्षा (मिमि)	जिल्ला	वर्षा (मिमि)
हिउँद	अच्छाम	१०९.९	धनुषा	२४.७
मनसून पूर्व	संखुवासभा	३८५.४	मुस्ताङ्ग	४४.७
मनसून	कास्की	२,१७३.२	मुस्ताङ्ग	१६६.६
मनसून पश्चात	झापा	११७.५	मुस्ताङ्ग	२१.०
वार्षिक	**कास्की**	**२,७१०.५**	**मुस्ताङ्ग**	**२५७.८**

तालिका १०: ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा अधिक अधिकतम तापक्रम (°से) (सन १९७१ – २०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिक अधिकतम तापक्रम		न्यून अधिकतम तापक्रम	
	जिल्ला	°से	जिल्ला	°से
हिउँद	संखुवासभा	२५.०	मनाङ्ग	–०.७
मनसून पूर्व	बाँके	३४.४	मनाङ्ग	३.१
मनसून	रूपन्देही	३३.६	मनाङ्ग	८.९
मनसून पश्चात	संखुवासभा	३०.७	मनाङ्ग	३.८
वार्षिक	**रोल्पा**	**३०.८**	**मनाङ्ग**	**४.२**

तालिका ११: ऋतु र जिल्ला अनुसारको सबैभन्दा न्यून न्यूनतम तापक्रम (°से) (सन १९७१–२०१४ सम्मको वार्षिक औसत)

ऋतु	अधिक न्यूनतम तापक्रम		न्यून न्यूनतम तापक्रम	
	जिल्ला	°से	जिल्ला	°से
हिउँद	झापा	१०.७	मनाङ्ग	–९.३
मनसून पूर्व	संखुवासभा, रूपन्देही, कास्की	१९.७	मनाङ्ग	–५.४
मनसून	रोल्पा	२५.३	मनाङ्ग	०.३
मनसून पश्चात	सिरह, संखुवासभा	१८.२	मनाङ्ग	–६.२
वार्षिक	**सिरहा**	**१९.०**	**मनाङ्ग**	**–४.६**

तलिका ४ देखि ११ को तथ्याङ्क श्रोत: DHM, 2017

खण्ड २: जलवायु परिवर्तन

२.१ जलवायु परिवर्तन –परिभाषा र आयामहरू

जलवायुको अवस्थामा आएको परिवर्तन नै जलवायु परिवर्तन हो जसलाई तथ्याङ्कीय परिक्षणको प्रयोग गरी जलवायुका अवयवहरू (तापक्रम, वर्षा, आर्द्रता, आदि) वा तिनका फरकशिलता (variability) (अधिकतम, न्यूनतम, आदि) को औसत मानमा आएको परिवर्तनमार्फत् पहिचान गर्न सकिन्छ जुन परिवर्तन सामान्यतया दशकौं वर्ष वा लामो समयसम्म कायम रहन्छ[1] (IPCC 2022)।

जलवायुको अवस्थामा आएको परिवर्तन तथ्याङ्क विज्ञान (statistics) अनुसार उल्लेख्य हुनुपर्दछ र परिवर्तित भएको अवस्था कम्तिमा पनि १० वर्ष वा सोभन्दा बढि अवधिसम्म कायम वा टिकाउ रहनु पर्दछ। यदि औसत मानमा वा अंकमा फरक देखियो तर तथ्याङ्क विज्ञानले त्यसलाई उल्लेख्य साबित गर्दैन र त्यस्तो परिवर्तन कम्तिमा १० वर्ष पनि टिक्दैन भने त्यहाँ जलवायु पविर्तन भएको मानिदैन। यस्तो किसिमको परिवर्तन क्षणिक वा अस्थायी फरकशिलता मात्र हो।

कुनै एक ठाउँको दैनिक तापक्रमको औसत मान सन १९५१ – १९८० को र १९८१ – २०१० को बीच तुलना गर्दा केहि फरक हुन सक्छ, किनकि यी दुईवटा औसत दुरुस्त एउटै अंक हुने सम्भावना रहदैन। यदि यो फरक तथ्याङ्कीय परिक्षण अनुसार उल्लेख्य (Significant) भएन भने त्यहाँ तापक्रम परिवर्तन भएको मानिदैन। तर यदि यी दुई औसत अंकहरूको फरक तथ्याङ्कीय परिक्षणले उल्लेख्य फरक देखायो भने, त्यहाँ तापक्रम परिवर्तन भएको मानिन्छ। यस्तै अन्य सबै मौसम वा जलवायुका अवयवहरू वा तिनका तथ्याङ्क अध्ययन गर्दा तथ्याङ्कीय परिक्षणले उल्लेख्य देखायो भने परिवर्तन भएको मानिन्छ। यस्तो जलवायुको तथ्याङ्कको अध्ययन माथि उदाहरणमा दिएको अवधिहरू खप्ट्याएर पनि गर्न सकिन्छ। जस्तै सन १९५१–१९८० र सन १९६१–१९९० को तुलना, वा अझ नजिकका अवधिहरू बनाएर अध्ययन गर्न सकन्छि। जस्तै १९५१–१९८० र सन १९५६–१९८५ वा निरन्तर तथ्याङ्कको विश्लेषण गरेर बढ्दो वा घट्दो क्रम वा प्रवृत्ति (trend analysis) को पनि अध्ययन गरिन्छ। यसरी अध्ययन गर्दा यदि जलवायुको अवयवहरूको प्रवृत्ति अथवा बढ्दो वा घट्दो क्रममा उल्लेख्य फरक छैन भने त्यहाँ जलवायु परिवर्तन भएको मानिदैन, तर सो क्रमको वृद्धि वा घट्दो क्रम उल्लेख्य भएको पाइयो र

1. A change in the state of the climate that can be identified (e.g., by using statistical tests) by changes in the mean and/ or the variability of its properties and that persists for an extended period, typically decades or longer.

सो क्रम कम्तीमा दश वर्ष वा सोभन्दा बढि निरन्तर रह्यो भने त्यहाँ जलवायु परिवर्तन भएको छ भनेर मान्न सकिन्छ । यसको मूल उद्धेश्य भनेको त्यस स्थान विशेषमा समयान्तरमा जलवायुमा परिवर्तन आएको छ कि छैन र त्यो परिवर्तन केहि दशकसम्म टिकाउ छ कि छैन भनेर हेर्ने नै हो । परिवर्तन हुदा जलवायुको औसत मानमा वृद्धि अथवा कमी पनि आउन सक्दछ। साधारणतय बिना कुनै कारण जलवायुको औसत तथ्याङ्कमा उल्लेख्य फरक आउदैन र आउनु पनि हुदैन ।

१.२ जलवायु परिवर्तनका पक्ष वा रूपहरू

मूलतः मौसम वा जलवायुका विभिन्न अवयवहरूको औसत मानमा आएको परिवर्तनले जलवायु परिवर्तन भएको देखाउदछ । जस्तै तापक्रमको औसत, वर्षाको औसत, आर्द्रताको औसत, आदि । कुनै एउटा अवयवको औसतमा परिवर्तन आयो भनेपनि त्यहाँ जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । उदाहरणकोलागि तापक्रमको औसतमा परिवर्तन देखियो तर वर्षा वा आर्द्रता वा अन्य अवयवको औसतमा परिवर्तन देखिएन भनेपनि त्यहाँ जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ वा बुझिन्छ यद्यपि कुनै एउटा अवयवमा आएको परिवर्तनले अर्को अवयवमा पनि परिवर्तन ल्याउँदछ वा गराउँदछ । जस्तै तापक्रममा परिवर्तन भएपछि यसले वर्षा वा आर्द्रतामा वा परस्परमा परिवर्तन ल्याउँदछ ।

तर औसत तथ्याङ्कले मात्र जलवायु परिवर्तन भएको नदेखाउन सक्दछ । उदाहरणकोलागि अंक १०, १५ र २० को औसत १५ हो । त्यस्तै ५, १५ र २५ को औसत पनि १५ नै हो । औसत मात्र हेर्दा यी दुई तथ्याङ्कहरूको बीचमा फरक छैन भन्ने बुझिन्छ । तर एउटा तथ्याङ्कको न्यूनतम अंक १० र अधिकतम अंक २० छ जसको बीच १० अंकको फरक छ भने अर्कोको क्रमश ५ र २५ छन् जसको बीचको फरक २० छ । यसरी तथ्याङ्कमा आउने फरकपनलाई फरकशिलता (variability) भनिन्छ । औसत अंक मात्र हेर्दा तथ्याङ्कभित्रको फरकशिलता थाहा हुदैन । तसर्थ जलवायु परिवर्तनको लेखाजोखा गर्दा अवयवको औसतको अलावा तिनको फरकशिलताको पनि अध्ययन गर्न आवश्यक छ । अवयवको एउटा पक्षले परिवर्तन नदेखाएतापनि अर्को पक्षले परिवर्तन देखाएको हुन सक्दछ। फरकशिलताको विभिन्न आयामहरू (dimensions) हुन्छन् ।

त्यस्तै गरी जलवायु परिवर्तनको विभिन्न पक्ष वा रूपहरू हुन्छन्, तापक्रममा परिवर्तन नआए पनि वर्षामा परिवर्तन आयो भने त्यहाँ जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । जलवायु परिवर्तनका रूपहरूलाई निम्न परिच्छेदहरूमा जानकारी दिने प्रयाश गरिएकोछ । कुनै एक पक्ष वा रूपले परिवर्तन नदेखाए पनि अर्को पक्षले

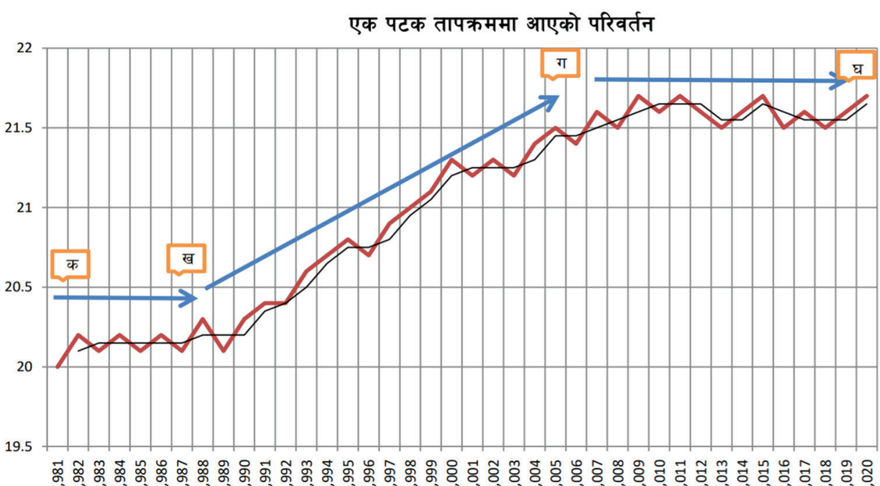
परिवर्तन भएको देखाउन सक्दछ र कुनै एक रूप वा पक्षमा परिवर्तन भएको देखिएमा त्यहाँ परिवर्तन भएको वा आएको मानिन्छ ।

क. औसत मानमा (average) परिवर्तन
ख. आवृत्तिमा (frequency) परिवर्तन
ग. समयान्तरमा (interval) परिवर्तन
घ. हावाको बहाव दिशामा (wind direction) परिवर्तन
ङ. चरमपनमा (extreme) परिवर्तन
च. फरकशिलतामा (variability) परिवर्तन

क. औसत मानमा परिवर्तन

तापक्रम, वर्षा, हावाको चाल, जस्ता जलवायुका अवयवहरूको औसत मान दीर्घकालसम्म कायम रहने गरी घटेमा वा बढेमा जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । यस्तो परिवर्तनहरू एकपटकको चालको रूपमा पनि हुन सक्दछ । अर्थात् त्यस्तो औसत मानमा एक पटक परिवर्तन भएपछि परिवर्तित नयाँ मानमा स्थिर रहन पनि सक्दछ । उदाहरणकोलागि कुनै स्थानको वार्षिक तापक्रम वा वर्षा वा हावाको चाल वा गतिको औसत मान परिवर्तन भई बढेर वा घटेर नयाँ मान कायम हुन सक्दछ ।

चित्र ३: जलवायु परिवर्तन भई एउटा स्थायी बिन्दुमा आएर स्थिर भएको चित्रण



चित्र ३ मा एक पटक परिवर्तनको उदाहरण परिकल्पना गरिएको छ । यहाँ सन १९९० सम्म ('ख' बिन्दुभन्दा अगाडिको अवधि) तापक्रम स्थिर रहेको देखाइएको छ । त्यस बेला वार्षिक औसत तापक्रम झण्डै २०.२° से को हाराहारीमा देखाइएको छ । तर सन १९९१ बाट २०१० सम्म ('ख' देखि 'ग' अवधि) तापक्रम वृद्धि भयो । त्यसपछि सन २०११ देखि ('ग' पछाडिको अवधि) बढेको मानमा तापक्रम स्थिर रहेको देखाइएको छ । बढेपछिको तापक्रमको वार्षिक औसत मान झण्डै २१.६° से देखाइएको छ र सो मानमा स्थिर भएको उदाहरण देखाइएको छ ।

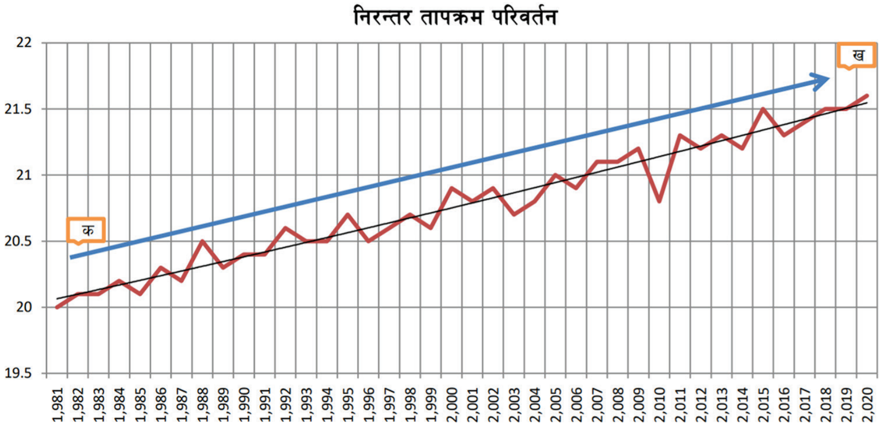
एक पटक परिवर्तन भई नयाँ जलवायुमा स्थिर रहनकालागि जलवायु परिवर्तनका कारक तत्वहरू, विषेश गरी अहिलेको सन्दर्भमा हरितगृह ग्याँस, नयाँ तहमा स्थिर रहनु पर्दछ । यस्तो परिवर्तन औसत मान घटेर पनि हुन सक्छ । यस्तो अवस्था अन्य जलवायुका अवयवहरू जस्तै वर्षा, हुरी, आदिको सन्दर्भमा पनि हुन सक्दछ । यहाँ तापक्रमलाई उदाहरणकोलागि मात्र लिइएको छ ।

यस्तो अवस्था भएमा परिवर्तित जलवायुमा अर्थात् २०१० (बिन्दु 'ग' पछाडि) पछि को जलवायुको अवस्थामा एक पटक अनुकूलन भयो भने जलवायु परिवर्तनको असर निरन्तर नभइरहन सक्छ । पुरानो अर्थात् जलवायु परिवर्तन हुनुभन्दा अगाडि ('ख' बिन्दुभन्दा पहिला) को कृयाकलापले परिवर्तित जलवायुका कारण उत्पन्न समस्यालाई सम्बोधन नगर्न सक्छ । त्यसैले नयाँ जलवायुमा अनुकूलन हुनकालागि व्यक्ति तथा समूदायले नयाँ कृयाकलापहरू अवलम्बन गर्नु पर्ने हुन्छ ।

ख. निरन्तर प्रवृत्ति

दोश्रो अवस्था हो लामो समयसम्म निरन्तर परिवर्तन भई रहने, कि त घट्दो गतिमा कि त बढ्दो गतिमा । चित्र नं. ४ मा निरन्तर परिवर्तन भइरहेको जलवायुको उदाहरण चित्रण गरिएको छ । यो अवस्था चित्र नं. १ को 'ख' देखि 'ग' ले पनि चित्रण गर्दछ । यस्तो अवस्थामा जलवायु परिवर्तन भई एउटा स्थिर बिन्दुमा गएर नबस्ने भएकोले अनुकूलन गर्न गाह्रो हुन्छ र निरन्तर क्षति भइरहन्छ । खास गरी जलवायुमा परिवर्तन ल्याउने तत्वहरूमा निरन्तर परिवर्तन भइरह्यो अथवा बढ्ने वा घट्ने क्रम निरन्तर भइरह्यो भने जलवायुको मानमा पनि निरन्तर बढ्ने वा घट्ने क्रम भइरहन्छ । हाल मानवीय कारणले गर्दा वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको मात्रा दिनानुदिन बढ्दो छ । त्यसले गर्दा पृथ्वीको तापक्रम बढ्दो गतिमा छ र यो निरन्तर गतिमा भइरहेको छ । तर यदि हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन रोकियो र वायुमण्डलमा हाल भएको हरितगृह ग्याँसको मात्रामा स्थिरता कायम भयो भने हालसम्म जति तापक्रम बढेकोछ, सम्भवत त्यसमा स्थिर रहन सक्छ ।

चित्र ४: निरन्तर जलवायु परिवर्तन भएको चित्रण



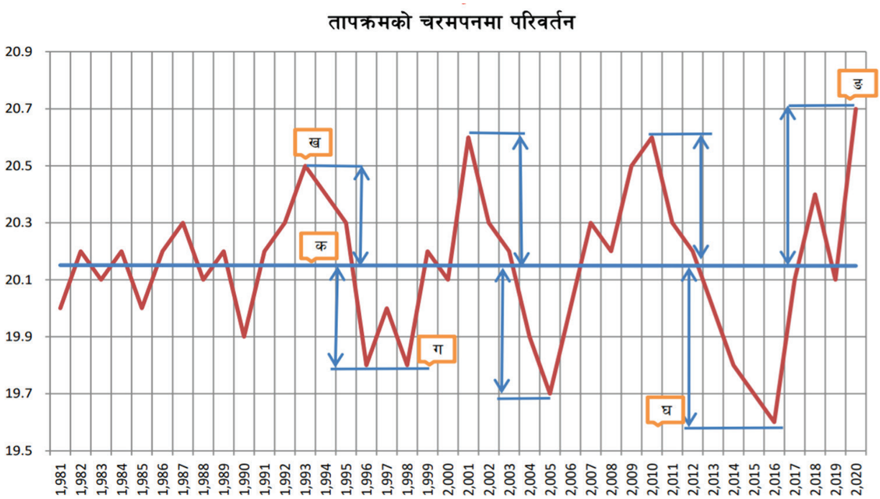
निरन्तर परिवर्तन भइरहेको जलवायुमा अनुकूलन हुन गाह्रो हुन्छ, किनकी यस्तो अवस्थामा मानिसले आफ्नो कृयाकलाप पनि निरन्तर परिवर्तन गरिरहनु पर्दछ। परिवर्तित जलवायुकोलागि उपयुक्त कृयाकलाप पहिचान गर्न नपाउदै जलवायु पविर्तन वा भिन्न भएर जान्छ र अर्को कृयाकलापको खोजीमा लाग्नु पर्दछ। वर्तमान जलवायु परिवर्तनको अवस्था पनि यहि नै छ । हाल विद्यमान जलवायु परिवर्तन निरन्तर छ । विश्व समूदायले यसलाई स्थिर राख्ने प्रयास गरिरहेको छ । तर यसको कारक, हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन स्थिर नभएसम्म जलवायुलाई स्थिर बनाउन सम्भव छैन ।

ग. चरम मानमा परिवर्तन

जलवायु परिवर्तनमा औसत तथ्याङ्क बढ्ने वा घट्ने मात्राले सबै जानकारी दिंदैन । कुनै स्थानको तापक्रमको औसत अंक समयान्तरमा स्थिर रहिरहन सक्छ तर त्यसको चरमपनमा परिवर्तन आएको हुन सक्दछ जुन औसत मापले देखाउदैन । त्यसैले तथ्याङ्कको चरमपना पनि हेरिन्छ जसमा परिवर्तन आएमा जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ (चित्र ५) । मानि लिऊँ कुनै स्थानमा वर्षभरिको औसत तापक्रम २०.१५° से थियो । यो मान कुनै वर्ष अलि तातो भई २०.३° से हुन्थ्यो भने कुनै वर्ष अलि चिसो भई २०.१° से सम्म झर्थ्यो । तथ्याङ्कीय विश्लेषणले यसलाई खासै उल्लेख्य देखाउदैनथ्यो । तर पछिल्ला वर्षहरूमा गर्मी हुने वर्ष निकै तातो भई सो वर्षको औसत तापक्रप २०.३° से भन्दा अधिक हुने र चिसो हुने वर्षमा पनि चिसो

बढेर २०.१° से भन्दा कम हुदै गयो जुन तथ्याङ्कीय गणितले पनि उल्लेख्य देखायो, यद्यापि औसत मान भने २०.१५° से नै रह्यो । यसरी वार्षिक औसत तापक्रपमा फरक नदेखिएतापनि चरमपना (extreme) वा अति धेरै वा अति थोरै तापक्रमको घटनाहरू बढ्दै गई उल्लेख्य परिवर्तन आयो भने पनि जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । यस्तो प्रवृत्ति जलवायुका अन्य अवयवहरू जस्तै हावा, हुरी, वर्षा, आदिमा पनि हुनसक्दछ ।

चित्र ५: दीर्घकालिन औसत तापक्रम स्थिर भएको तर चरमपना वृद्धि भएको अवस्था



एउटा उदाहरणकोलागि, चित्र ३ मा दीर्घकालिन औसत तापक्रम रेखा 'क' सिधा तेर्सो रहेको छ । यो रेखा तल वा माथि भई परिवर्तन भएको छैन । औसत तामक्रम भनेको अधिकतम तापक्रम र न्यूनतम तापक्रमको बीचको औसत हो । यो चित्रमा अघिल्ला वर्षहरूमा अधिकतम औसत तापक्रम र न्यूनतम औसत तापक्रम धेरै माथि वा धेरै तल छैन, अथवा यिनीहरूको बीचमा ठूलो फरक छैन । तर पछिल्ला वर्षहरूमा अधिकतम औसत तापक्रम अझ बढ्दै जाने र न्यूनतम तापक्रम अझ कम हुदै गई तापक्रमको चरमपना अथवा अधिकतम तापक्रम र न्यूनतम तापक्रमको बीचको दुरी बढ्दै गई अति गर्मी र अति चिसो बढ्दै गएको चित्रण गरिएको छ । तर पनि यी दुई तापक्रमहरूको बीचको औसतमा परिवर्तन आएको छैन । समयान्तरमा 'क' (औसत बिन्दु) र 'ख' (अधिकतम तापक्रमको बिन्दु) को बीचको दुरी र 'क' र ' ग' (न्यूनतम तापक्रमको बिन्दु) को बीचको दुरी बढ्दै गई 'क–घ' र 'क–ङ' को दुरी

अझ लामो हुदै गई चरमपन बढ्दै गएको चित्रण गरिएको छ । यसरी औसत मानमा परिवर्तन नभएपनि चरमपना साबिक नरही अझ चरम हुदै गयो भने पनि जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । यो चरमपना साबिकभन्दा कम हुदै जान पनि सक्छ, अर्थात् अघिल्ला वर्षहरूमा अधिकतम तापक्रम र न्यूनतम तापक्रमको बीचमा बढि फरक र पछिल्ला वर्षहरूमा सो फरक कम हुदै गएपनि जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ ।

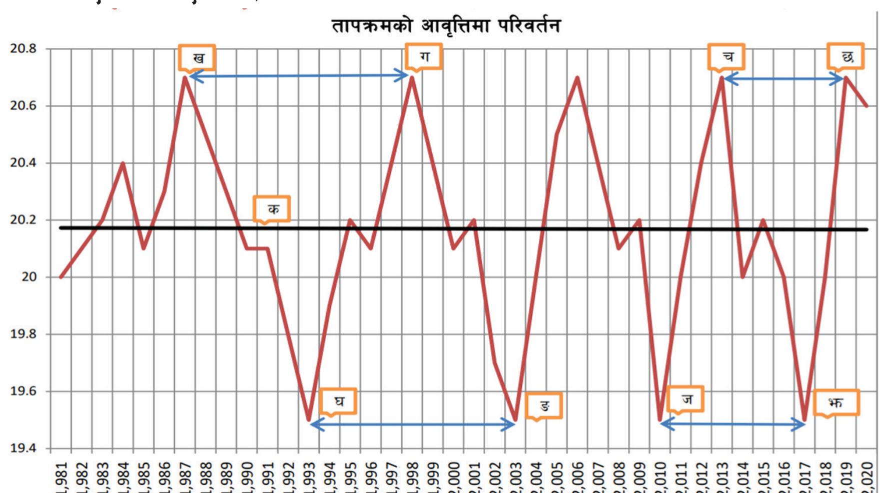
घ. चरम घटनाको आवृत्तिमा परिवर्तन

चरम घटना अझ चरम हुंदै जानु वा कम हुँदै जानु परिवर्तनको एउटा पाटो हो । यसको अर्को परिवर्तनको पाटो चाँही चरम घटना अझै चरम हुंदै गई वा नगई त्यसको आवृत्ति वा आउने समय (frequency or return period) मा परिवर्तन आउनु पनि हो । यसको अर्थ चरमपनका घटनाहरू छिटो छिटो आउने वा दोहोरिने हो (चित्र ६) । जस्तै कुनै स्थानमा अतिवृष्टि वा अनावृष्टि वा यसले निम्त्याउने ठूलो बाढी, पहिरो वा खडेरी साधारणतय सालाखाला २० वर्षको अन्तरालमा आउने गर्दथ्यो । त्यसमा एक दुई वर्ष अगाडि पछाडि हुन सक्थ्यो जुन उल्लेख्य थिएन । तर सो आउने समयमा परिवर्तन भई त्यस्ता चरमपनका घटनाहरू सो २० वर्षबाट पविर्तन भई १५ वर्ष वा १० वर्षकै समयको अन्तरालमा आउन थाल्यो जुन उल्लेख्य रूपमै छिटो देखियो भने त्यस्ता आवृत्तिमा आएको परिवर्तनलाई पनि जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । त्यसमा सो घटनाको चरमपनामा पनि परिवर्तन आउनु पर्छ भन्ने चाहि हैन, चरमपनमा परिवर्तन नआए पनि उस्तै तहको चरमपन भएको घटनाको आवृत्तिमा परिवर्तन आयो भने त्यसलाई परिवर्तन भएको मानिन्छ । आवृत्ति छिटोको सट्टा ढिलो पनि हुन सक्छ । यो एक वर्षभित्र कुनै स्थानमा घट्ने जलवायुको घटनाको विश्लेषणबाट पनि गर्न सकिन्छ । अर्थात एक बर्षभित्र पनि साधारणत एक पटक बाढी आउथ्यो, तर सो गतिबिधि परिवर्तन भई दुई पटक आउन थाल्यो अथवा बढ्न वा घट्न थाल्यो भनेपनि परिवर्तन भएको मानिन्छ ।

चित्र ६ मा 'क' दीर्घकालिन औसत तापक्रमको रेखा हो जसमा कुनै परिवर्तन अथवा तलमाथि भएको छैन । १९८१ देखि २०२० सम्मको औसत एउटै छ । यो अवधिमा आउने अधिक गर्मी वा अधिक जाडोको चरमपनमा पनि कुनै परिवर्तन आएको छैन । अर्थात् बिन्दु ख ग च छ, क देखि एउटै उचाईमा छन् वा बिन्दु घ ङ ज झ एउटै गहिराईमा छन् । त्यसैले रेखा 'क' सँगको दुरीमा परिवर्तन आएको छैन । तर चित्रमा यी अधिक गर्मी तथा अधिक जाडोको आउने वा दाहोरिने अवधि बिस्तारै छिटो छिटो भएको देखाइएको छ । अघिल्ला वर्षहरूमा गर्मीको उच्च बिन्दुहरू 'ख' र

'ग' को बीचको दुरीभन्दा पछिल्ला वर्षहरूमा 'च' र 'छ' को बीचको दुरी कम भएको छ, अर्थात् छिटै अति गर्मी वर्ष दोहोरिन थालेको छ । यहि घटना अति चिसो वर्षमा पनि भएको चित्रण गरिएको छ । त्यसैले यस्तो चरम घटनाको फिर्ती अवधि छिटो छिटो भई हरेक साल पनि आउन सक्छ र कुनै वर्ष त एकै वर्षमा अति गर्मी, अति जाडोको अवस्था पनि हुन सक्छ । त्यसैले औसत तथा चरमपनमा परिवर्तन नआए पनि साबिक अवधिमा आइरहेको चरमपनको फिर्ती अवधि छिटो छिटो वा ढिलो भयो भने पनि जलवायुमा परिवर्तन आएको मानिन्छ ।

चित्र ६: जलवायुका अवयवको आवृत्ति वा फिर्ती समयमा परिवर्तन (यहाँ छोटो समयमा **फिर्ती भएको देखाएको छ**)

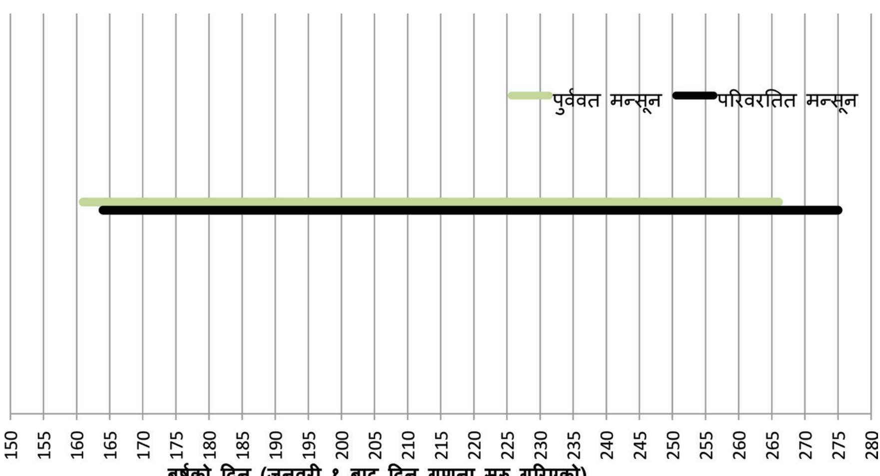


ङ. समयान्तरमा परिवर्तन

जलवायुको गतिविधिमा उल्लेख्य समयान्तर अथवा समयको अन्तर (timing) आएपनि जलवायु परिवर्तन भएको मानिन्छ । उदाहरणकोलगि कुनै ४ महिनाको कूल वर्षाको मात्रामा कुनै उल्लेख्य परिवर्तन आएको छैन । साधारण अवस्थामा पहिलो महिनामा बढि वर्षा हुन्थ्यो र पछिल्ला महिनाहरूमा कम हुन्थ्यो । तर अव वर्षा पछिल्लो महिनामा उल्लेख्य बढ्न लाग्यो र सुरुको महिनामा उल्लेख्य कम भयो भने वर्षाको समयमा परिवर्तन उल्लेख्य रह्यो भने परिवर्तन भएको मानिन्छ । यो समयको परिवर्तन महिनामा मात्र नभई दिनमा पनि हुनसक्छ । उदाहरणकोलगि नेपाल सरकारको जल तथा मौषम बिज्ञान बिभागको सन २०१९ सम्म "नेपालको

मनसून अंग्रेजी महिनाको जुन १० तारीखमा सुरु भई सेप्टेम्बर २३ तारीखमा अन्त्य हुन्छ" भन्ने थियो (DHM 2010 र DHM 2019) । यी मितिहरूको बीचमा मनसूनको अवधि १०६ दिनको हुन्थ्यो । तर पछिल्लो बर्ष सन २०२० देखि DHM को मनसूनको परिभाषा परिवर्तन भएको देखिन्छ । अब "जुन महिनाको १३ तारीखमा सुरु भई, अक्टोबर महिनाको २ तारीखमा अन्त्य" हुने बर्षालाई मनसून भनिएको छ (DHM 2022) । यसरी मनसुन पछाडि सरेको देखिन्छ भने यी दुई मितिको बीचमा मनसूनको अवधि ६ दिनले बढेर ११२ दिन भएको छ । सरकारले मनसूनको अवधिमा परिवर्तन भयो भनेर भनेको देखिदैन तर यी मितिहरूलाई हेर्दा नेपालमा अहिले मनसूनी वर्षा पछि सरेको देखिन्छ (चित्र ७) । ढिलो गरी मनसूनको वर्षा सुरु भएको छ र ढिलो गरी मनसून बिदा हुने गरेको छ । तर यो परिवर्तन, जलवायु परिवर्तनको परिभाषा अनुसार कम्तिमा केहि दशक बर्ष टिक्दैन भने यो परिवर्तन मानिदैन ।

चित्र ७: नेपालको मनसूनी ऋतु केहि ढिलो सुरु भई अलि पछाडि लम्बिई समयमा परिवर्तन देखिएको



तथ्याङ्क श्रोत: पूर्ववत मनसूनकोलागि DHM (2010) र DHM (2019) र परिवर्तित (पछिल्लो) मनसूनकोलागि DHM (2022)

खण्ड ३. विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तन

पृथ्वीको वातावरण र मानव जातिले गरेको बिकासको दिगोपनामा गम्भीर समस्याहरू आएको छ भनेर विश्व समूदायले सन् १९८० को दशकमा, खास गरी सो दशकको पछिल्ला वर्षहरूमा महशुस गरिसकेको थियो । सन १९८८ को नोभेम्बरमा विश्व मौसम विज्ञान सँगठन र संयुक्त राष्ट्र संघको वातावरणीय कार्यक्रमले संयुक्त रुपमा जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि अन्तरसरकारी कार्यदल (Inter-governmental Panel on Climate Change - IPCC) स्थापना गऱ्यो (https://unfccc.int/timeline/ accessed on 25 Mar. 2022) । सोहि समयमा यस दलको विभिन्न कार्य समूहहरू (working groups) पनि गठन गरियो । १९९० मा सो दलले जलवायु सम्बन्धि आफ्नो प्रथम मूल्याङ्कन वा अध्ययन प्रतिवेदन (First Assessment Report) प्रकाशित गऱ्यो जसमा मानव गतिविधिले गर्दा वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको सघनता बढेको औंल्याइएको थियो । यो प्रतिवेदन र यसलाई केन्द्रबिन्दुमा राखेर सोहि वर्ष आयोजित दोश्रो विश्व जलवायु सम्मेलनले जलवायु सम्बन्धि आवश्यक कार्यहरूकोलागि गति दिन विश्व समूदायले एउटा सन्धिपत्र नै गर्नु पर्ने आवश्यकता औंल्यायो । सोहि वर्ष अर्थात् १९९० को डिसेम्बर महिनामा जलवायु परिवर्तन सम्बन्धी खाका सन्धिपत्र लेख्नकोलागि संयुक्त राष्ट्रसंघले एउटा अन्तरसरकारी वार्ता समिति (Inter-governmental Negotiating Committee) गठन गऱ्यो । सो वार्ता समितिले जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि खाका सम्झौता (framework convention on climate change) तयार गरी छलफलहरू अगाडि बढायो । सन् १९९२ मा सो खाका सन्धिपत्र संयुक्त राष्ट्रसंघले ग्रहण गऱ्यो र सोहि वर्ष वातावरण तथा दिगो बिकासकोलागि ब्राजिलको राजधानी रियो द जेनेरोमा भएको विश्व शिखर सम्मेलनमा सो सन्धिपत्रलाई खुलासा गरियो र विश्व समूदायलाई हस्ताक्षरकोलागि आह्वान गरियो । उक्त सन्धिपत्रमा हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन नियन्त्रण गर्ने र जलवायु परिवर्तन अनुकूलन सम्बन्धि विश्व समूदायलाई एकजुट बनाउने ध्येय राखिएको छ । आवश्यक सङ्ख्यामा सदस्य राष्ट्रहरूबाट हस्ताक्षार भएपछि यो सन्धिपत्र सन १९९४ बाट विधिवत लागू भयो ।

जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि अन्तरसरकारी कार्यदल (आई पि सि सि) को प्रथम मूल्याङ्कन वा अध्ययन प्रतिवेदन १९९० ले पृथ्वीको सतहको औसत तापमान बितेको १०० वर्षमा ०.३ देखि ०.६° से. ले बढेको प्रस्तुत गऱ्यो (IPCC, 1990) । सबैभन्दा बढी तापक्रम वृद्धि ४०° देखि ७०° उत्तरी आक्षाँशमा भएको पाइएको

देखायो । सो दर कायम भए आउदा शताब्दीमा वार्षिक औसत ०.०२ देखि ०.०५° से. का दरले तापक्रम बढ्न सक्ने अनुमान गरियो जुन बितेको १०,००० वर्षको अवधिमा देखिएको वृद्धि मध्ये सबभन्दा धेरै वा अधिक हो । यो दर कायम रहे सन १९९० को तुलनामा २०२५ सम्ममा १° से ले पृथ्वीको सतहको औसत तापक्रम वृद्धि हुने अनुमान गरियो । यद्यापि हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनमा कटौतीका प्रयासहरू गरेतापनि उक्त प्रतिवेदनले वार्षिक ०.०१ देखि ०.०२° से का दरले आउदा शताब्दीमा पृथ्वीको सतहको तापक्रम बढ्ने अनुमान गऱ्यो ।

आई पि सि सि ले सन १९९५ मा दोश्रो मूल्याङ्कन वा अध्ययन प्रतिवेदन प्रकाशित गऱ्यो । दोश्रो अध्ययन प्रतिवेदनले प्रथम मूल्याङ्कन प्रतिवेदनकै तापक्रम वृद्धि (१०० वर्षमा ०.३ देखि ०.६ °से बढेको) लाई सदर गऱ्यो र १९९० पछिको थप ५ वर्षको तथ्याङ्कलाई समेटेर विश्लेषण गर्दा खास उल्लेख्य परिवर्तन नभएको प्रतिवेदन प्रस्तुत गऱ्यो (Houghton *et.al.* eds, 1995) । तर दोश्रो प्रतिवेदनले हालैका वर्षहरू सन १८६० देखि यताकै अधिक गर्मी भएको खुलासा गरे । यो प्रतिवेदनले दिवाकालीन तापक्रमभन्दा रात्रीकालीन तापक्रमको वृद्धिदर बढी भएको जानकारी दियो भने तापक्रमको परिवर्तन भौगोलिक स्थान विशेषमा फरक भएको पनि उल्लेख गऱ्यो । उदाहरणकोलागि पृथ्वीको मध्य अक्षांशीय क्षेत्रमा हिउँद र बसन्त ऋतुमा तापमानको वृद्धिदर बढि रहेको र केहि सीमित स्थानमा जस्तै उत्तरी आन्ध्र महासागरमा चिसिदै गएको प्रतिवेदनले देखायो । उत्तरी गोलार्धको उच्च अक्षंशीय क्षेत्रमा खासगरि जाडो ऋतुमा वर्षा बढेको पनि दोश्रो मूल्याङ्कन प्रतिवेदनले जानकारीमा ल्यायो ।

त्यस्तै आई पि सि सि ले सन् २००१ र २००७ मा क्रमसः तेश्रो र चौथो मूल्याङ्कन प्रतिवेदनहरू प्रकाशित गऱ्यो । तेश्रो प्रतिवेदन निकाल्दा सम्म आई पि सि सि ले जलवायु परिवर्तनलाई लेखाजोखा गर्ने विधिहरूलाई अझ वैज्ञानिक बनाइदै बिकास तथा सुधार पनि सँगसँगै गर्दै ल्यायो जसले जलवायु परिवर्तन विश्लेषणका अन्य विभिन्न पक्षहरूलाई पनि समेट्यो । यसरी बिकसित विधिहरूबाट थप तथ्याङ्क सहित मूल्याङ्न गर्दा पृथ्वीको सतहको औसत तापक्रम उन्नाईसौ शताब्दीको पछिल्लो दशकहरूको औसत तापक्रमको तुलनामा ०.६°से ले बढेको प्रकाशमा ल्यायो जसको दायरा ०.४ देखि ०.८°से रह्यो (IPCC, 2001) । त्यस्तै तापक्रमको वृद्धि दर पनि बढ्दै गएको तेश्रो मूल्याङ्कन प्रतिवेदनले देखायो जुन दर पहिलो प्रतिवेदनले ०.३ देखि ०.६°से देखाएको थियो । तेश्रो प्रतिवेदनले समुद्रमाथिभन्दा जमिनमाथिको वायुको तापक्रमको वृद्धि दर बढि रहेको र समुद्री सतहबाट वायुमण्डलको उचाई अनुसार तापक्रमको बिद्धि दर फरक रहेको तथ्यहरू पनि प्रकाशमा ल्यायो । यसले बीसौं शताब्दीको विभिन्न दशकहरूमा र पृथ्वीको विभिन्न स्थानमा तापक्रम पविर्तनको

विशेषताहरू (characteristics) कस्तो रह्यो सोको पनि विश्लेषण गऱ्यो । जलवायु परिवर्तनलाई प्रभाव पार्ने अन्य विभिन्न तत्वहरूसँगको सम्बन्धलाई पनि विश्लेषण गऱ्यो । तथ्याङ्कहरूको विश्लेषण गर्दा बिसौं शताब्दी, विशेष गरी सन् १९९० को दशक, त्यसमा पनि सन् १९९८, बितेको १,००० वर्षको सबैभन्दा गर्मी वर्षको रूपमा रहेको बताए ।

बिगत ५००,००० (पाँच लाख) वर्षको तापक्रमको अध्ययन गर्दा पछिल्लो १०,०००–१००,००० वर्षमा पृथ्वीको सीमित क्षेत्रमा केहि दशककोलागि ५ देखि १०° से ले तापक्रम बढेको तर त्यस्तो वृद्धि विश्व ब्यापी नभएको र त्यस्तै पछिल्लो १०,००० वर्षभित्र तापक्रम वृद्धि भएको प्रमाणहरू पाइएपनि सो विश्वब्याापी नभई सीमित क्षेत्रमा मात्रै त्यहाँको विशेष वातावरणको कारणले गर्दा यस्तो वृद्धि भएको वैज्ञानिकहरूले ठम्याएका छन । अन्टार्कटिक (दक्षिणी ध्रुव) हिउँको अध्ययनबाट बिगत ४२०,००० (चार लाख बीस हजार) वर्षमा विभिन्न चरणमा वायुमण्डलको तापक्रम, कारबनडाईअक्साईड तथा मिथेनमा परिवर्तन भएको प्रमाणहरू पनि प्रकाशमा ल्यायो (IPCC, 2001) ।

चौथौ प्रतिवेदनले जलवायु विज्ञानलाई थप विश्लेषण गर्दै लेखाजोखा विधिलाई अझ सुदृढ पार्दै जलवायु परिवर्तन र हरितगृह ग्याँसको बीचको सम्बन्धलाई गहिरिएर बुझ्ने काम गऱ्यो । सन् १९९८ बितेको १,००० वर्षको सबैभन्दा गर्मी वर्ष भनी तेश्रो प्रतिवेदनले भनिसकेको थियो भने चौंथो प्रतिवेदन लेख्दासम्म सन् २००५ पनि अर्को अधिक गर्मी वर्षको रुपमा देखियो । वैज्ञानिकहरूले १९९८ अति गर्मी हुनुमा अल्निनोको[1] प्रभावलाई पनि एक मानेको थियो, तर सन् २००५ मा त्यस्तो कुनै प्रभाव पार्ने गतिबिति नहुदापनि सो वर्ष एउटा अधिक गर्मी वर्ष हुन गयो । यो प्रतिवेदनले सन १९९५ देखि २००६ सम्मका १२ वर्षहरू मध्ये १९९६ बाहेक अन्य ११ वर्षहरू सन १८५० देखि यताकै सबैभन्दा गर्मी वर्षहरू भएको प्रस्तुत गऱ्यो (IPCC, 2007) । अद्यावधिक गरिएको पछिल्लो १०० वर्ष अर्थात् १९०६ – २००५ को प्रति शतक तापक्रम वृद्धि दर (०.७४±०.१८° से) अघिल्लो १०० वर्ष अर्थात् १९०१ – २००० को प्रति शतक तापक्रम वृद्धि दर (०.६±०.१८° से) भन्दा बढि रह्यो । सन् १८५० देखि २००५ सम्म आइपुग्दा पृथ्वीको सतहको तापक्रम ०.७६±०.१९° से ले वृद्धि भयो र पछिल्लो ५० वर्ष (१९५० भन्दा पछाडि) को वृद्धि दर अघिल्लो ५० वर्ष (१९५० भन्दा अगाडि) को वृद्धि दरभन्दा दोब्बर भएको खुलासा गऱ्यो ।

1 ईक्वीडोर र पेरुको समुद्री तटमा बहने तातो समुद्री धारलाई एलनिनो (ElNino) भनिन्छ । यो तातो धार अथवा एलनिनो बहने वर्षमा प्रशान्त महासागरको मौसम पनि न्यानो हुन्छ । यो साधारणतय २ देखि ७ वर्षको अन्तरालमा बहन्छ र यहि अन्तरालमा त्यस क्षेत्रको मौसम पनि सोहि अनुसार न्यानो हुन्छ ।

तापक्रम जलवायु तथा मौसमको एउटा महत्वपूर्ण सुचक हो । पृथ्वीको सतहको तापक्रमको अवस्था आईपिसिसिको प्रत्येक प्रतिवेदनले बढ्दै गएको देखायो । पहिलो प्रतिवेदनले बितेको १०० वर्षमा ०.३–०.६° से बढेको प्रस्तुत गऱ्यो, तेश्रो प्रतिवेदनले ०.४–०.८° से (०.६±०.१८° से), चौथो प्रतिवेदनले ०.५६–०.९२° से (०.७४±०.१८° से), पाँचौ प्रतिवेदनले ०.६५–१.०६ ° से (०.८५±०.२१° से) रहेको प्रकाशमा ल्याए । हरेक पछिल्लो प्रतिवेदनले अघिल्लो प्रतिवेदनले प्रकाश गरेको तापक्रम वृद्धि दर भन्दा बढेको देखायो (तालिका ९) ।

आई पि सि सि ले सन् २०१४ मा पाँचौ मूल्याङ्कन प्रतिवेदन निकाल्यो । पृथ्वीको तापक्रम वृद्धिमा नयाँ रेकर्ड कायम भएको यो प्रतिवेदनले ल्यायो । पछिल्लो ३० वर्ष (१९८० पछाडि), १८५० देखिको यताको गर्मी दशकहरूको रुपमा रेकर्डमा देखियो (IPCC, 2014a) । १९८३ देखि २०१२ को ३० वर्ष सम्भवतः बितेको १,४०० वर्षमा उत्तरी गोलार्धमा सबैभन्दा गर्मी दशकहरूको रुपमा रह्यो । सन १९८० देखि २०१२ को अवधिमा पृथ्वीको सतहको तापक्रम ०.८५° से (०.६५–१.०६) ले वृद्धि भयो जुन चौथो प्रतिवेदनले ०.७४±०.१८° से देखाएको थियो । पाचौँ पतिबेदनले समुद्रको सतहदेखि तल विभिन्न गहिराईमा भएको तापक्रमको वृद्धिको अध्ययन पनि गऱ्यो र बढ्दै गएको ताप शक्तिको अधिक भाग समुद्रमा सञ्चित हुन गएको पनि प्रतिवेदनले औंल्यायो । यसले १०० वर्षलाई पनि विभिन्न छोटो छोटो अवधिमा टुक्र्याएर अध्ययन गऱ्यो जसबाट पछिल्ला दशकहरू अघिल्ला दशकहरूभन्दा गर्मी हुँदै गएको तथ्यलाई प्रकाशमा ल्यायो ।

सन २०२१ मा प्रकाशित आईपिसिसिको छैटौ प्रतिवेदनले सन् १८५०–१९०० को औसतको तुलनामा सन् २०११–२०२० को औसत विश्वब्यापी तापक्रम अझ धेरै (०.९५–१.२°से ले वृद्धि) बढेको पाइएको छ (IPCC, 2021) ।

यसरी हरेक पछिल्ला प्रतिवेदनमा पृथ्वीको सतहको तापक्रम वृद्धि हुदै गएको देखियो ।

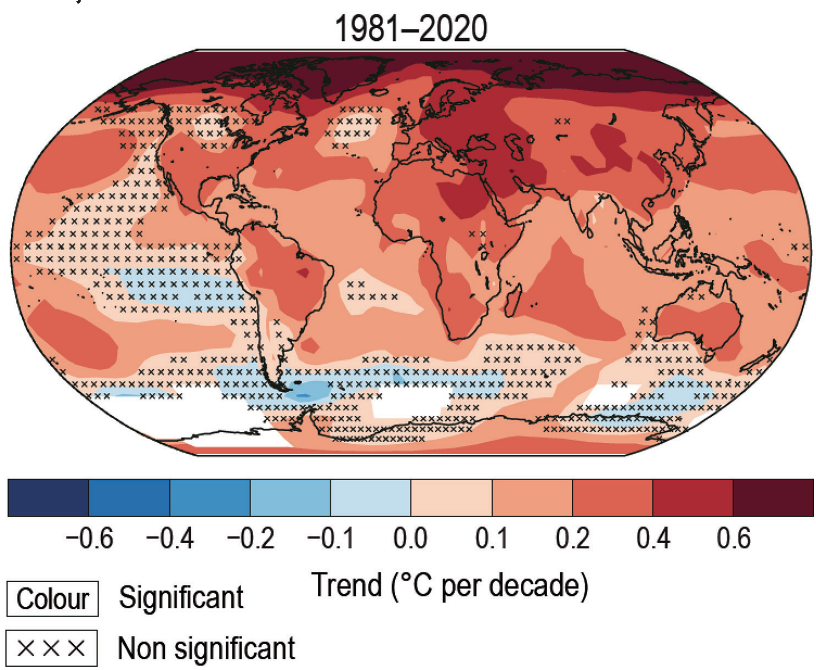
तालिका १२: जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि अन्तरसरकारी कार्यदल (Inter-governmental Panel on Climate Change - IPCC) का प्रतिवेदनहरूको सारंश

मूल्याङ्कन प्रतिवेदनको क्रमाङ्क	मूल्याङ्कन प्रतिवेदन प्रकाशित साल	१८५०– १९०० को औसत तापक्रमको तुलनामा मूल्याङ्कन प्रतिवेदनले औल्याएको तापक्रम वृद्धि
प्रथम मूल्याङ्कन प्रतिवेदन	सन १९९०	०.३–०.६° से बढेको ठम्याई
दोश्रो मूल्याङ्कन प्रतिवेदन	सन १९९५	प्रथम मूल्याङ्कन प्रतिवेदनको ठम्याइलाई नै सदर
तेश्रो मूल्याङ्कन प्रतिवेदन	सन २००१	०.४–०.८° से (०.६±०.१८° से) वृद्धि भएको खुलासा
चौथो मूल्याङ्कन प्रतिवेदन	सन २००७	०.५६–०.९२° से (०.७४±०.१८° से) ले वृद्धि भएको प्रस्तुत
पाँचौ मूल्याङ्कन संश्लेषण प्रतिवेदन	सन २०१४	०.६५–१.०६° से (०.८५±०.२१° से) ले वृद्धि भएको प्रतिवेदन
छैटौ मूल्याङ्कन प्रतिवेदन	सन २०२१	०.८४–१.१° से ले वृद्धि भएको प्रतिवेदन (यो पछिल्लो २ दशकको (२००१-२०२०) औसतको आधारमा हो । पछिल्लो एक दशकको (२०११ – २०२०) मात्र औसत लियो भने यो वृद्धि ०.९५ – १.२° से हुन आउछ) (IPCC 2021)

पाँचौ प्रतिवेदनले वर्षाको बारेमा पनि प्रतिदेबन गऱ्यो जस अनुसार उत्तरी गोलार्धको मध्याक्षाँशमा सन् १९०१ देखि यता वर्षाको मात्रामा वृद्धि भएको देखाइएको छ ।

चित्र ८: जमिनमाथि र खासगरी उत्तरी गोलार्धमा बितेका वर्षहरूमा तापक्रमको बृद्धिदर

अधिक भएको



श्रोतः Arias, *et.al.* (2021)

समग्रमा बिसौं शताब्दीमा जमिन क्षेत्रमाथि पृथ्वीको वर्षा १% जतिले बढेको दोश्रो प्रतिवेदनले देखायो (IPCC, 1995) । खासगरी उत्तरी गोलार्धको माथिल्लो अक्षांशीय भूमिमाथि र प्रशान्त महासागारको भूमध्य रेखीय क्षेत्रमा वर्षा बढेको संकेतहरू देखियो । हावामा पानीको मात्रा अर्थात् वाष्पकण केहि वृद्धि भएको पाइयो भने समुद्रमाथि बादलको मात्रामा वृद्धि भएको पनि देखियो । तर यी देखिएका घटनाहरूमा भने समय र स्थान अनुसार फरक फरक भई कतै बढी कतै कम, अझ कतै ऋणात्मक पनि छन् । तर तेश्रो प्रतिवेदनले भने बिसौं शताब्दीमा पृथ्वीमा वर्षा प्रतिदशक ०.५-१.०% ले बढेको देखायो । यो प्रतिवेदन अनुसार प्रति शतक ५-१०% वृद्धि हुन आउछ । यो वृद्धि खासगरी उत्तरी गोलार्धको मध्य तथा माथिल्लो अक्षांशीय भूमिमाथि रहेको देखियो भने भूमध्य रेखीय क्षेत्र (१०° उ -१०° द) को जमिन क्षेत्रमाथि प्रतिदशक ०.२-०.३५ ले बढेको देखियो । त्यस्तै दक्षिणी गोलार्द्धको जमिनमाथि भने त्यस्तो कुनै तुलनायोग्य परिवर्तन देखिएन र समुद्रमाथिको वर्षामा भने तथ्याङ्कको कमिले गर्दा त्यस्त कुनै आवृत्ति स्थापित गर्न सकेन (IPCC, 2001a) ।

उत्तरी गोलार्द्धको मध्य तथा माथिल्लो अक्षांशीय भूमिमाथि २-४% ले भारी वर्षाका घटनाहरू बढेको देखियो जुन विभिन्न कारण जस्तै हावाको अर्द्रतामा परिवर्तन, आँधिबेहरीका घटनाहरू, आदिले हुन सक्छ। सोहि क्षेत्रमा बिसौ शताब्दीमा झण्डै २% ले बादलको ढकाई बढेको अनुमान पनि छ । यस्तो अवस्था खासगरी दैनिक न्यूनतम तथा अधिकतम तापक्रमको बीचको फरक कम हुदै गएको तथ्यसँग सम्बन्धित देखियो । एसिया र अफ्रिकाका केहि भागहरूमा पछिल्लो दशकहरूमा सुख्खाको तारन्तरता वा आवृत्ति र सघनता बढ्दै गएको पनि देखियो ।

चौथो प्रतिवेदनले पनि ३०° उ अक्षांश भन्दा माथिको उत्तरी गोलार्धको भूभागमा सन् १९०० देखि २००५ को अवधिमा साधारणता वर्षाको मात्रा बढेको देखायो (Trenberth, *et.al.* 2007) । भूमध्य रेखाको १०° उ र १०° द भित्र वर्षा घट्दै गएको आवृद्धि देखियो, खासगरी १९७६/१९७७ सालदेखि यता यो क्रम तीव्र देखिएको छ जसले विश्वब्यापी वर्षाको औसतलाई असर पार्दछ। उत्तरी तथा दक्षिणी अमेरिकाको पूर्वी भाग, उत्तरी यूरोप, उत्तरी तथा मध्य एशियामा वर्षा उल्लेख्य बढेको र साहेल, भूमध्य क्षेत्र, दक्षिणी अफ्रिका र दक्षिणी एशियाको केहि भागमा सुख्खा भएको देखियो। तापक्रमको तुलनामा वर्षाको भौगोलिक तथा मौसमी विविधता बढी देखियो र यसलाई नदिहरूको बहावले पनि पुष्टि गरेको छ।

तापक्रम र हावामा वाष्पिकरण बढेसँगै भारी वर्षाका घटनाहरू पनि बढेको छ, यो कूल वर्षाको मात्रा घट्दै गएको स्थानमा पनि देखिएको छ। तर सन् १९७० को दशकदेखि यता उष्ण तथा उपोष्ण प्रदेशमा सुख्खाका घट्नाहरू पनि साधारण हुन थालेका छन्। सन् १९८८ देखि २००४ भित्र समुद्रमाथिको वायुमा पानीको मात्रा प्रति दशक १.२±०.३% ले वृद्धि भएको छ भने १९७० देखि यता ४% ले नै वृद्धि भएको अनुमान लगाएको छ। दैनिक अधिकतम र न्यूनतम तापक्रमको बीचको फरक कम हुदै गएकोले बादल बन्ने प्रकृया पनि बढेको अवस्था आएको चौथौ प्रतिवेदनले पुष्टी गरेकोछ ।

दुबै उत्तरी तथा दक्षिणी गोलार्द्धको मध्य अक्षांशमा बहने पश्चिमी वायुमा वृद्धि भएको छ । करिब सन् १९७० देखि तिव्र उष्णकटिबंधीय चक्रबात (tropical cyclone) मा परिवर्तन आएको छ । विश्वब्यापी रुपमा विनाशकारी तुफानहरूको अवधि र तिव्रतामा पनि १९७० को मध्य दशकबाट बढेको देखिन्छ जुन वास्तविक घटनाहरूले पनि देखाउँछ । यस्ता घटनाहरूको अधिक वृद्धि उत्तरी तथा दक्षिण पश्चिम प्रशान्त महासागर र हिन्द महासागरमा भएको छ। त्यस्तै सन् २००४ मा दक्षिणी अन्ध्रमहासागरको ब्राजिलको तटिय क्षेत्रमा प्रथम पटक यस्तो चक्रबात रेकर्ड गरिएको छ ।

उत्तरी गोलार्द्धको मध्य अक्षांशीय भुभागमा खासगरी १९५१ देखि वर्षा वृद्धि भएको पाँचौ प्रतिवेदनले पनि फेरि पुष्टि गऱ्यो (Hartmann, *et.al.*, 2013) । १९७०

देखि पृथ्वीको सतहको हावामा आर्द्रता बढेको देखिएतापनि पछिल्ला वर्षहरूमा यो घटेको देखिएको छ । त्यस्तै बादलको आवृद्धिमा पनि ठोस केहि भन्न सकिने आवस्था नदेखिएको पाँचौ प्रतिवेदनले बताए ।

१९५० देखि विश्वब्यापी रूपमा चिसो दिन र चिसो रात घटेको र न्यानो दिन र न्यानो रात बढेकोमा विश्वास बढ्दै गयो । १९५० देखि यता पृथ्वीको धेरै जसो जमिनमाथि अधिक वर्षाको घटनाहरू बढ्दै गए, यद्यापि कतै घट्दै गएपनि घट्दै गएको क्षेत्र कम रह्यो । चौंथो प्रतिवेदनले कुनै स्थानमा सुख्खा बढ्दै गएको प्रतिवेदन गरेतापनि पाँचौ प्रतिवेदनले यो विषयमा कम विश्वास जनायो, यद्यापि भुमध्य सागरीय क्षेत्र र पश्चिमी अफ्रिका, मध्य उत्तर अमेरिका र उत्तर पश्चिम अस्ट्रेलियामा भने सुख्ख बढ्दै गएको गतिविधि लाई भने पाँचौ प्रतिवेदनले पनि नकारेन ।

बितेको १०० वर्षमा उष्णकटिबन्धीय चक्रबात विश्वब्यापी स्तरमा बढेको वा घटेको वा यथावत रहेको भन्ने बारेमा पाँचौ प्रतिवेदनले ठोस निष्कर्ष निकाल्न सकेन तथापि सन् १९७० को दशकदेखि यता भने उत्तरी प्रशान्त महासागरमा शक्तिशाली उष्णकटिबन्धीय चक्रवतहरूको आवृद्धि र सघनता चाहि निश्चित रुपमा बढेको निष्कर्षमा भने पुगे । त्यस्तै असिना वा हुरीबतासको नतीजा सम्बन्धि पनि दीर्घकालीन तथ्याङ्कको अभावले गर्दा कुनै ठोस निष्कर्ष निकाल्न सकेन ।

वायुमण्डलको हावाको चाल पनि सन् १९७० देखि ध्रुवीय क्षेत्रतिर सरेको र उष्णप्रदेशको क्षेत्र बिस्तार भएको र ध्रुवीय जलवायुको भुमरी संकुचन भएको छ । यो प्रवृद्धि बढी मात्रामा उत्तरी गेलार्धमा देखिएको छ ।

छैटौ प्रतिवेदनले "१९८० को दशकदेखि यता पृथ्वीको थलसतहमाथि वर्षाको वृद्धिको दर बढ्दै गएको उल्लेख गरेको छ भने समुद्री जलसतहको लवणमा अएको परिवर्तन मानवीय कारणले नै भएको अधिक विश्वास गर्न सकिने" भनेको छ । पृथ्वीको उत्तरी तथा दक्षिणी गोलार्द्धको मध्य अक्षांशीय क्षेत्रमा बहने चक्रवत १९८० को दशकदेखि यता सम्भवता अझ ध्रुवीय क्षेत्रतर्फ सरेको छ । १९७० को दशकदेखि यता समुद्रको माथिल्लो सतह (० देखि ७०० मि) को पानी तातिएको छ र यो मानवीय गतिविधिले नै भएको प्राय निश्चित नै हो ।

छैटौ प्रतिवेदनले मनवीय कारणले नै पृथ्वीको वायुमण्डल, महासागर र जमिन न्यानो भएको र वायुमण्डल, महासागर र जैविकमण्डलमा द्रुतगतिले फराकिलो परिवर्तन आएको तथ्यलाई प्रष्ट पारेको छ । छैटौ प्रतिवेदनले आउदा दशकहरूमा जलवायु परिवर्तनले प्राकृतिक तथा मानवीय प्रणालीको विविध पक्षमा पार्न सक्ने सम्भावित नकरात्मक असरहरूको बारेमा बढि केन्द्रित गरेको छ र जलवायु परिवर्तनलाई बढावा दिने मानवीय गतिविधिलाई ढिलो नगरी घटाउनु पर्नेमा जोड दिएको छ ।

खण्ड ४. नेपालको जलवायु परिवर्तन

विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तनसँगसँगै नेपालको जलवायुमा पनि परिवर्तन आएको छ । नेपालको सबै भौगोलिक क्षेत्रमा तापक्रम वृद्धि भएको छ भने, वर्षामा पनि परिवर्तन आएको छ । केहि वर्षदेखि गर्दै आएको अध्ययनहरूले नेपालको तापक्रम बढेको देखाइएको छ भने वर्षाको हकमा परिमाणात्मक भन्दा पनि गुणात्मक परिवर्तन आएको देखाइएकोछ ।

सन् १९७१ देखि २०१४ सम्म नेपालको अधिकतम तापक्रम वार्षिक ०.०५६° से का दरले वृद्धि भएको छ (DHM, 2017) । तर यो वार्षिक वृद्धि दर ऋतु तथा भौगोलिक क्षेत्रानुसार फरक छ । सबैभन्दा उच्च वृद्धिदर मनसून ऋतुमा (वार्षिक ०.०५८° से) छ भने सबैभन्दा कम वृद्धिदर मनसून पूर्वको ऋतु अथवा वसन्त ऋतुमा (वार्षिक ०.०५१° से) रहेको छ । त्यस्तै वार्षिक न्यूनतम तापक्रमको वृद्धिदर ०.००२° से प्रतिवर्ष रहेको छ जुन उल्लेख्य छैन । न्यूनतम तापक्रमको हकमा अधिक वृद्धिदर मनसूनको समयमा (०.०१४° से) रहेको छ भने, सबैभन्दा कम वृद्धिदर हिउँदको समयमा रहेको छ जुन ऋृणात्मक (-०.०० ९° से) छ अर्थात् हिउँद ऋतुमा चिसो बढ्दै गएको देखिन्छ ।

वर्षाको परिवर्तन सम्बन्धमा भने DHM, 2017 को प्रतिवेदन अनुसार प्रतिवर्ष -१.३३३ मिमि का दरले घट्दै गएको देखिएको छ र सबैभन्दा बढी मनसूनपछि वा शरद ऋतुमा वार्षिक-०.३२४ मिमिका दरले घट्दै गएको देखिन्छ ।

अघिल्लो अर्को एक अध्ययन अनुसार सन १९७६ - २००५ को अवधिमा नेपालको तापक्रम वार्षिक औसत ०.०२५° से का दरले वृद्धि भएको देखिएको थियो । अधिकतम र न्यूनतम तापक्रमको हकमा क्रमशः ०.०४५° से र ०.०७° से का दरले वृद्धि भएको देखिएको थियो । वर्षाको पनि थोरै परिमाणले (प्रति वर्ष ४.१२५ मिमि का दरले) वृद्धि भएको देखिएको थियो (Practical Action 2009) ।

तालिका १३: विभिन्न नमूनाको प्रयोग गरी अध्ययन गरिएको नेपालको जलवायुको परिदृष्य

परिदृष्य नमूना	आरसिपि ४.५ (RCP4.5)			आरसिपि ८.५ (RCP8.5)		
समयावधि	२०१६–४५	२०३६–६५	२०७१–००	२०१६–४५	२०३६–६५	२०७१–००
समग्र नेपालको वर्षामा आउन सकिने परिवर्तन (%)	२.१	७.९	१०.७	६.४	१२.१	२३.०
उच्च हिमाली क्षेत्र	२.६	९.५	१२.६	८.०	१४.४	२५.१
उच्च पहाडी क्षेत्र	१.७	७.६	१०.३	६.३	१२.४	२१.७
पहाडी क्षेत्र	२.१	७.२	९.९	५.८	११.२	२२.६
चुरे क्षेत्र	१.६	७.४	९.९	५.८	११.१	२१.९
तराई क्षेत्र	२.१	७.३	१०.२	५.४	१०.६	२२.७
समग्र नेपालको तापक्रममा आउन सकिने परिवर्तन (°से)	०.९२	१.३	१.७२	१.०७	१.८२	३.५८
उच्च हिमाली क्षेत्र	०.९५	१.३६	१.७९	१.०९	१.८६	३.६१
उच्च पहाडी क्षेत्र	०.८९	१.२७	१.६६	१.०४	१.७६	३.४४
पहाडी क्षेत्र	०.९	१.२६	१.६९	१.०६	१.८	३.५६
चुरे क्षेत्र	९.४	१.२९	१.७२	१.१	१.८७	३.६६
तराई क्षेत्र	०.९३	१.२९	१.७३	१.११	१.८७	३.६९

श्रोतः MoFE, 2019b.

नेपाल सरकारले गरेको अर्को अध्ययन अनुसार आउँदा वर्षहरूमा जलवायु परिवर्तन भइरहनेछ। विभिन्न नमूनामा आधारित परिदृश्य अनुसार सन् १९८१-२०१० को औसतको दाँजोमा सन् २०१६-२०४५ को अवधिमा वर्षाको हकमा २.१-६.४%, २०३६-२०६५ को अवधिमा ७.९-१२.१% र २०७१-२१०० को अवधिमा १०.७-२३% ले वृद्धि हुने देखिन्छ । त्यस्तै गरी यो समयावधिमा क्रमशः ०.९२-१.०७° से, १.३-१.८२° से र १.७२-३.५८° से तापक्रम बद्धि हुने देखिन्छ । यो परिवर्तन ऋतु र भौगोलिक क्षेत्रको आधारमा पनि फरक हुने छ, तर अगामी दशकहरूमा समग्रमा गर्मी र वर्षा बढ्ने भन्ने संकेत गर्दछ (MoFE, 2019b) ।

परिदृष्य सम्बन्धि यो भन्दा अगाडी गरेको अर्को अध्ययनले सन २०३० सम्म औसत १.४° से (०.५-२.०° से), २०६० सम्म २.८° से (१.७-४.१° से) र २०९० सम्म ४.७° से (३.०-६.३° से) सम्म तापक्रम बढ्ने अनुमान गरिएको थियो (NCVST, 2009) ।

यसरी विभिन्न बेलामा विभिन्न अध्ययनहरूले गरेको नतिजामा फरक फरक आउनुको कारणहरू विभिन्न अवधि, विभिन्न वर्ष साथै विभिन्न स्थानको तथ्याङ्कको प्रयोग गर्नुको साथै विभिन्न विधिको प्रयोगका कारण फरक पर्न सक्दछ । तर सबै अध्ययनहरूले नेपालको जलवायु परिवर्तन भएको र आउँदा वर्षहरूमा पनि परिवर्तन हुन्छ भन्ने देखाएको छ ।

बितेका वर्षहरूमा झैं आउँदा वर्षहरूमा पनि जलवायु परिवर्तन भौगोलिक क्षेत्र तथा ऋतुमा फरक पर्ने देखिन्छ । विभिन्न नमूना अध्ययनले पनि विभिन्न परिदृश्य देखाएकाछन् ।

खण्ड ५. पृथ्वीको वायुमण्डल

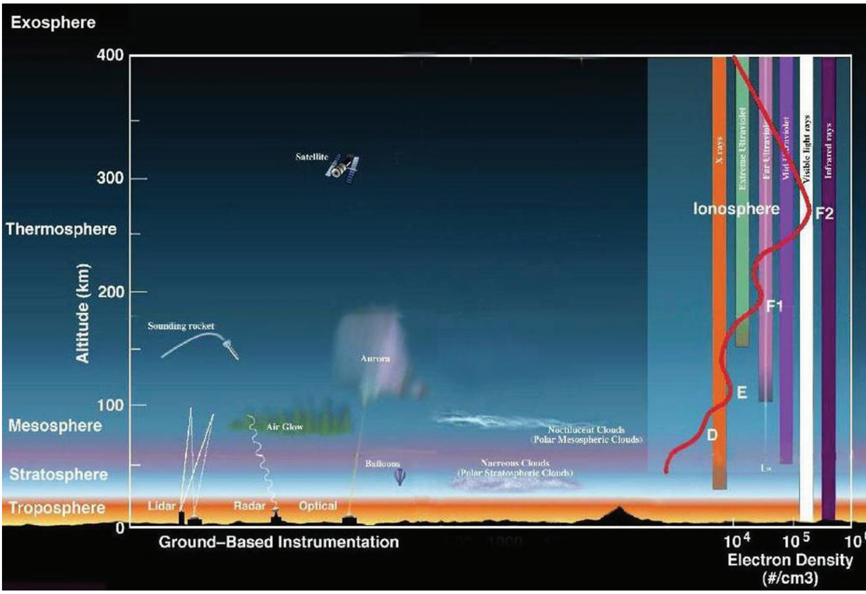
जीवनकोलागि वातावरण दिने पृथ्वीको वायुमण्डल सौर्य प्रणालीको एउटा अद्वितीय प्रणाली हो । वायुमण्डलले पृथ्वीलाई बाहिरबाट बेरेर राखेको हुन्छ । यसको सबैभन्दा बाहिरी घेरो समुद्रको सतहबाट झण्डै १०,००० किलोमिटरसम्म फैलिएको छ । वायुमण्डलमा हामीले सास फेर्ने हावा सहित विभिन्न प्रकारका वायुहरू हुन्छन् । वायुमण्डलले सौर्य उर्जालाई थाँतेर राख्छ र पृथ्वीलाई न्यानो बनाउछ, बिनाशकारी सौर्य विकिरणबाट जीवनलाई सुरक्षा दिन्छ । पृथ्वीको वायुमण्डलमा विभिन्न तहहरू छन् (चित्र ९) । यी प्रत्येक तहले वायुमण्डलमा आआफ्नो भूमिका निर्बाह गरेको हुन्छ । मोटामोटी यी तहहरू र तिनको संक्षिप्त परिचय निम्न छन् ।

१. ट्रोपस्फीयर (Troposphere)
२. स्ट्राटस्फीयर (Stratosphere)
३. मेसस्फीयर (Mesosphere)
४. थर्मस्फीयर (Thermosphere)
५. एक्सोस्फीयर (Exosphere)
6. Ionosphere

५.१ ट्रोपस्फीयर (Troposphere)

पृथ्वीको स्थल र जल सतहसँग जोडिएर रहेको वायुमण्डलको सबैभन्दा तल्लो तह ट्रोपस्फीयर हो । यो समुद्री सतहबाट ७-२० किलोमिटरको उचाई सम्म फैलिएकोछ । यो उचाई १४.५ किमि पनि भनिएकोछ (NASA/Goddard, 2017) । ध्रुवीय क्षेत्रमा पातलो र भूमध्य रेखीय क्षेत्रमा यो तह मोटो रहेकोछ । सम्पूर्ण वायुमण्डलको झण्डै ८०% भाग (mass) यो तहमा रहेको छ । मौसम तथा जलवायुका प्राय सबै गतिविधिहरू यो तहमा हुन्छन् । यो तहमा उचाई बढ्दै गएपछि तापक्रम र हावाको चाप (pressure) घट्दै जान्छ ।

चित्र ९: पृथ्वीको वायुमण्डलको तहहरू



श्रोतः NASA/Goddard, Aug 7, 2017

५.२ स्ट्राटस्फीयर (Stratosphere)

यो ट्रोपस्फीयरपछिको माथिल्लो वायुपण्डलको तह हो । यो समुद्री सतहबाट २०–५० किलोमिटरको दुरीमा आवस्थित छ । यो तह पनि ध्रुवीय क्षेत्रमा पातलो र भूमध्य रेखीय क्षेत्रमा मोटो वा बढी फैलावाट रहेकोछ । स्ट्राटस्फीयरको तल्लो तह, ८-१६ किलोमिटरमा मौसमी गतिविधिहरू हुन्छन् । स्ट्राटस्फीयरमा उचाई बढ्दै गएपछि तापक्रम बढ्दै जान्छ । यो तहमा जेट विमानहरू उड्छन् र यो ओजन तह अवस्थित हुने तह हो । ओजन तहले सौंर्य विकिरणबाट आउने परावैंजनी विकिरण (ultraviolet radiation) लाई रोकी पृथ्वीको जीवलाई सुरक्षा दिने काम गर्दछ ।

५.३ मेसस्फीयर (Mesosphere)

समुद्री सतहबाट ५०-८५ किलोमिटरको दुरीमा मेसस्फीयर आवस्थित छ । यो तहमा उचाई बढेसँगै तापक्रम र चाप घट्दै जान्छ । यो तहको माथिल्लो भागमा -९०° से (-१३०° फ) सम्म चिसो हुन्छ । अन्तरिक्षबाट झरेको उल्काहरू मेसस्फीयरमा

प्रवेश गरेपछि वायुसँग घर्षण हुन्छन् र जल्छन् । यस बाहेक यो तहको बारेमा कमै थाहा छ किनकी अध्ययनकोलागि साधानहरू यो तहमा पठाउन सकिदैन । यो तहको वायुमण्डलको अध्ययनकोलागि रकेटहरू प्रक्षेपण गर्नु पर्छ जुन महंगो पर्न आउछ ।

५.४ थर्मस्फीयर (Thermosphere)

वायुमण्डलको यो तह समुद्री सतहबाट ९०-६०० किलोमिटरको दुरीमा आवस्थित छ । कसै कसैले १,००० किलोमिटरको उचाईसम्म पनि लिन्छन् । यो तहमा उचाईसँगै तापक्रम बढ्दै जान्छ । थर्मस्फीयरमा हावाको घनत्व अति कम हुन्छ । पृथ्वीबाट प्रक्षेपण गरिएको भूउपग्रहहरू यो तहमा पृथ्वीलाई परिक्रमा गर्छन् । यसले गर्दा कहाँसम्म वायुमण्डल हो र कहाँबाट अन्तरिक्ष सुरु हुन्छ भन्नेमा बिवादहरू उठिरहन्छन् । औपचारिक परिभाषामा समुद्री सतहबाट १०० किलोमिटरको उचाईबाट अन्तरिक्ष सुरु हुन्छ ।

५.५ एक्सोस्फीयर (Exosphere)

एक्सोस्फीयर वायुमण्डलको सबैभन्दा बाहिरी तह हो । यो समुद्री सतहबाट ६००-१०,००० किलोमिटरको दुरीमा आवस्थित छ । यो तहको बारेमा पनि धेरै तथ्यहरू अझै जानकारीमा आएको छैन ।

५.६ आयनोस्फीर (Ionosphere)

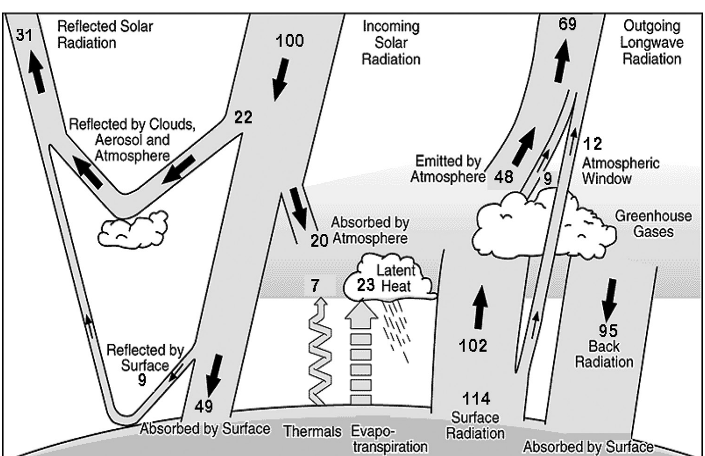
आयनोस्फीर एउटा अन्तरतह वायुमण्डलको तह हो । यो तह समुद्री सतहको ४८ किमि (स्ट्राटस्फीयरभित्र) देखि झण्डै ९६५ किमि (एक्सोस्फीयर) सम्म रहेको छ । त्यसैले यो तह ट्रोपस्फीयर बाहेक वायुमण्डलको अन्य तहहरूमा खप्टिएको छ । यो तहमा अणु तथा परमाणुहरूको विद्युतीय गतिविधिहरू भई एउटा गतिशील तहको रुपमा रहेकोछ । सौर्य गतिविधिको आधारमा सो गतिशील तह पनि कहिले साँगुरिने र कहिले फैलिने प्रकृय भइरहन्छ । विभिन्न विद्युतीय गतिविधिहरूको आधारमा यो तहलाई थप उप–तह D, E र F मा पनि विभाजन गरिएको छ ।

यस खण्डको सूचनाको श्रोतः University Corporation for Atmospheric Research, 2015 and NASA/Goddard, Aug 7, 2017

खण्ड ६. जलवायु परिवर्तनका कारण

पृथ्वीको जलवायुकोलागि आवश्यक सम्पूर्ण उर्जा सौर्य विकिरणबाट प्राप्त हुन्छ । पृथ्वीले सौर्यविकिरण लघु तरंग (short-wave) को रुपमा प्राप्त गर्दछ । पृथ्वीको वायुमण्डल, अझ भनौं ट्रपसस्फियरको सतहमा आइपुगेको सौर्य विकिरणको करीब २२% वायुमण्डलबाट र करीब ९% पृथ्वीको सतहबाट (जल र थलको सतह) गरी झण्डै ३१% तत्काल परावर्तन भई अन्तरिक्षतिरै फर्किन्छ । बाँकी ६९% मध्ये पृथ्वीको वायुमण्डलमा २०% र जल र थलमा ४९% सोसिन्छ (चित्र १०) । पृथ्वीले सोसेको सौर्य विकिरण जलवायु प्रणालीको विभिन्न घटकहरू जस्तै वायुमण्डल, समुद्र, पानी, हिउँ, जमिन, प्राणी, आदिमा रहन्छन् । तर जलवायु प्रणालीको विभिन्न घटकमा रहेको उर्जा सधै सञ्चित भएर बसिरहदैन । उर्जा सञ्चित भएर बस्यो भने यो जम्मा हुदै जान्छ र पृथ्वीको समग्र तापक्रम बढ्दै जान्छ । त्यसैले सुर्यबाट प्राप्त भएको उर्जा लामो अथवा दीर्घ तरंग (long-wave) को माध्यमबाट पुन अन्तरिक्षतिरै फर्किन्छ जसले गर्दा पृथ्वीमा रहने उर्जा सन्तुलन रहन गई पृथ्वीको तापक्रम सन्तुलित रहन्छ ।

चित्र १०: पृथ्वीमा सौर्यविकिरणको सन्तुलन



श्रोतः Kiehl and Trenberth, 1997

पृथ्वीले प्राप्त तथा परावर्तन गरी उर्जा सन्तुलन राख्नमा विभिन्न प्राकृतिक कारणले भूमिका खेल्दछ । सर्बप्रथम त सुर्यबाट आउने उर्जाको मात्राको ठूलो भूमिका रहन्छ । वैज्ञानिकहरूको विश्लेषणमा सुर्यबाट उर्जा उत्सर्जनमा समयान्तरमा केहि फरक भईरहन्छ । यस्तो कहिले अलि बढि र कहिले अलि कम साधारणतय ११ वर्षको चक्रमा भइरहन्छ । जसले गर्दा प्राकृतिक रुपमा ११ वर्षको अवधिमा पृथ्वीको तापक्रम अलि बेसी र अलि घटि भइरहन्छ । त्यस्तै पृथ्वीले सूर्यलाई परिक्रमा गर्ने कक्षमा बिस्तारै थोरै फरक आउँदा ॠतुको जलवायुमा साबिकभन्दा फरक आउछ । अर्को महत्वपूर्ण कारक हो पृथ्वीको जलवायु प्रणालीका घटकहरूमा परिवर्तन भइरहनु । ज्वालामुखी प्राकृतिक रुपमा गइरहन्छ । ठूलो ज्वालामुखी गएको बेलामा वायुमण्डलमा धेरै सेतो धुवाँ फैलिन्छ । यस्तो सेतो धुवाँले सुर्यबाट आएको उर्जा परावर्तन गरी अन्तरिक्ष तिरै फर्काउने भुमिका खेल्दछ जसले गर्दा वायुमण्डलमा तापक्रम घट्न जान्छ । त्यसै गरी पृथ्वीमा बेलाबेलामा अन्तरिक्षबाट ठूलासाना उल्कापिण्डहरू खसिरहने गर्दछ । ठूलो उल्का खसेको बेलामा यसले ठूलो धुलो उडाउँछ जसले धेरै ठाउ ओगड्छ र धेरै समयसम्म वायुपण्डलमा रहन्छ । यस्तो अवस्थामा ती धुलोले पनि सौर्य शक्तिलाई अन्तरिक्षतिर परावर्तन गर्दछ जसले गर्दा पृथ्वी तथा वायुमण्डललाई चिसो गर्दछ । अर्को महत्वपूर्ण कारक चाहिँ वायुपण्डलमा उपस्थित हरितगृह ग्याँसको मात्रा हो । वायुमण्डलमा भएको हरितगृह ग्याँसले पृथ्वीबाट अन्तरिक्ष तर्फ फर्किने विकिरण अथवा उर्जा रोक्ने काम गर्दछ । त्यसैले वायुमण्डलमा अधिक हरितगृह ग्याँस भयो भने यसले वायुमण्डलको तापक्रम बढाउने काम गर्दछ । सुर्यबाट आउने उर्जामा कमबेसी हुने, पृथ्वीको कक्षमा धेरथोर परिवर्तन आउने, ठूलोसानो ज्वालामुखी विष्फोट हुने र ठूलासाना उल्कापिण्डहरू पृथ्वीमा खस्ने, आदि प्राकृतिक कारणहरू हुन् । तर वायुमण्डलको हरितगृह ग्याँस कमबेसी हुने चाहिँ प्राकृतिक र मानवीय दुइटै हुन सक्छन् । हाल पृथ्वीमा भइरहेको जलवायु परिवर्तनको मुख्य कारण वायुमण्डलमा रहेको हरितगृह ग्याँसको मात्रा बढेकोले भएको हो भन्नेमा वैज्ञानिकहरूको ठम्याई छ । वायुमण्डलमा हाल भईरहेको हरितगृह ग्याँसको वृद्धि प्राकृतिक नभई बिकासको दौरानमा मानवीय गतिविधिबाट भएको पनि वैज्ञानिकहरूको ठम्याई छ ।

यसरी दिउँसो घाम लाग्दा लघु तरंग (short-wave) को रूपमा वायुमण्डल र पृथ्वीको सतहले सोसेर राखेको विकिरण राती दीर्घ तरंग (long-wave) को रुपमा पुन अन्तरिक्षतिर फर्किन्छ । फर्किने दौरानमा पनि विकिरण अगाडि पछाडि हुन्छ, अर्थात् पृथ्वीको सतहबाट निस्केको विकिरण केहि भाग सिधा अन्तरिक्षतर्फ जान्छ, केहि भाग वायुमण्डलले सोस्छ र केहि भाग वायुमण्डलले पुनः पृथ्वीको सतहतिर फर्काउँदछ । हावामा सोसिएको विकिरण पुनः केहि भाग अन्तरिक्ष तथा केहि भाग

जमिन तर्फ फर्किन्छ। अन्तमा सबै विकिरण पुनः अन्तरिक्षतर्फ फर्किन्छ र आएको र गएको विकिरणको बीचमा सन्तुलन रहन्छ।

पृथ्वीबाट अन्तरिक्षतर्फ फर्किने विकिरणको मात्रा वायुमण्डलमा कुन हरितगृह ग्याँस कति छ, भन्नेमा भर पर्छ। हाल मानिसले गरेको बिकासको गतिविधिका कारण पृथ्वीको वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँस १९सौं शताब्दी अथवा संसारमा औद्योगिकरण युगको अगाडि को भन्दा अधिक बढेको छ र यो मात्रा साबिक अथवा प्राकृतिक रुपमा बायुपण्डलमा हुनु पर्ने हरितगृह ग्याँसको मात्राभन्दा बढि भएकोछ। हरितगृह ग्याँसले दीर्घ तरंग (long-wave) अन्तरिक्षतर्फ फर्किनबाट रोक्दछ। लघु वा छोटो तरंग (short-wave) को विकिरण सजिलै हरितगृह ग्याँसबाट छिरेर आउँछ, तर फर्किने बेलामा दीर्घ तरंग (long-wave) हरितगृह ग्याँसबाट सजिलै छिरेर जान सक्दैन। हरितगृह ग्याँसले यसलाई रोक्छ, सोस्छ र पुनः पृथ्वीको सतहतर्फ फर्काउने काम गर्छ। जसको फलस्वरुप बिस्तारै पृथ्वीको सतहको र वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि हुदै गएको अवस्था छ र जलवायु परिवर्तन भइरहेको छ।

खण्ड ७. हरितगृह ग्याँस

हरितगृह ग्याँस भनेको वायुमण्डलमा भएका ती ग्याँसहरू हुन जसले पृथ्वीबाट अन्तरिक्षतिर फर्किने लामो वा दीर्घ तरंगको विकिरण लाई रोक्दछ र पृथ्वीलाई न्यानो पारी राख्दछ। यिनीहरूले पृथ्वीको तापक्रमलाई कायम वा सन्तुलित राख्नमा भुमिका खेल्दछ। तर आवश्यक मात्राभन्दा बढी हरितगृह ग्याँस भयो भने वायुमण्डल बढी तातिन्छ र कम भयो भने वायुमण्डल चिसिन्छ। त्यसैले वायुमण्डलमा ठीक्क मात्रामा हरितगृह ग्याँस हुनु आवश्यक छ। जसरी एउटा सिसाको घर वा प्लाष्टिकको घरभित्र घामको प्रकाश र न्यानो छिर्छ र त्यो सिसा वा प्लाष्टिकले भित्रको न्यानो बाहिर जानबाट रोक्दछ जसले गर्दा प्लाष्टिक वा सिसाको घर न्यानो भइरहन्छ त्यसरी नै पृथ्वीलाई छोपेर वा घेरेर बसेको वायमण्डलमा भएको हरितगृह ग्याँसले पनि पृथ्वीबाट न्यानोपन बाहिर जानबाट रोक्दछ। प्राकृतिक रुपमा हरितगृह ग्याँस वायुमण्डलमा उपस्थित हुन्छ। कार्बनडाईअक्साईड (CO_2), मिथेन (CH_4), नाईट्रस् अक्साईड (N_2O), सिएफसि (११ (CFC11), सिएफसि-१२ (CFC12), आदी वायुमण्डलका मुख्य हरितगृह ग्याँसहरू हुन। वायुमण्डलमा यी हरितगृह ग्याँसहरूको मात्रा वा घनत्व विभिन्न समयमा परिवर्तन भएको छ। हालैका वर्षहरूमा पनि वायुमण्डलमा रहेको हरितगृह ग्याँसको घनत्व वा मात्रामा परिवर्तन आएकोछ अर्थात् बढेको छ जसले गर्दा जलवायु परिवर्तन भइरहेको छ। तालिका नं. १४ मा मानव गतिविधिका कारण यी ग्याँसहरूमा आएको परिवर्तनको केहि उदाहरण प्रस्तुत गरिएको छ।

तालिका १४: मानव गतिविधिका कारण हालैका वर्षहरूमा बढ्दै गएका प्रमुख हरितगृह ग्याँसहरू

हरितगृह ग्याँस	औद्योगिकरण हुनु भन्दा अगाडि (१७५०–१८००)	१९९०	२०११	२०२०	प्रतिवर्ष वृद्धि दर (१९९० को अंकडानुसार)	हरितगृह ग्याँसको आयु (वर्षमा)
कार्बनडाईअक्साईड (CO_2) ppmv	२८०	३५३	३९०.५	४१३.२२	१.८ (०.५%)	५०–२००*
मिथेन (CH_4) ppmv	०.८	१.७२	१.८०३२	१.८७३५	०.०१५ (०.९%)	१०
नाईट्रस् अक्साईड (N_2O) ppbv	२८८	३१०	३२४	३३२.५	०.८ (०.२५%)	१५०

हरितगृह ग्याँस	औद्योगिकरण हुनु भन्दा अगाडि (१७५०–१८००)	१९९०	२०११	२०२०	प्रतिवर्ष वृद्धि दर (१९९० को अंकडानुसार)	हरितगृह ग्याँसको आयु (वर्षमा)
सिएफसि-११ (CFC11) pptv	०	२८०			९.५ (४%)	६५
सिएफसि-१२ (CFC12) pptv	०	४८४			१७ (४%)	१३०

श्रोतः IPCC, 1990a for 1990 data, IPCC 2013 for 2011 data, and NOAA/GML for 2020 data

* महासागर र पृथ्वीको जैविक मण्डलमा कार्बनडाईअक्साईडलाई सोस्ने प्रकृय त्यति साधारण छैन । त्यसैले एउटा मात्र मानले वा अंकले कार्बनडाईअक्साईडको आयुलाई देखाउन मुस्किल हुन्छ ।

हरितगृह ग्याँसहरूको मापन ppm, ppb र ppt मा गरिन्छ । ppm भनेको "पार्ट पर मिलियन" हो । यो भनेको "प्रति एक मिलियन" अर्थात् "प्रति दशलाख" (१/१०,००,०००) भनेको हो किनकि एक मिलियन भनेको दशलाख हो, जसको मान ०.०००१% हुन्छ । त्यस्तै ppb भनेको "पार्ट पर बिलियन" अर्थात् "प्रति एक अरब" (१/१,००,००,००,०००) भनेको हो, यसको मान ०.००००००१% हुन्छ । र ppt भनेको "पार्ट पर ट्रिलियन" अर्थात् "प्रति दश खरब" (१/१०,००,००,००,००,०००) हो र यसको मान ०.००००००००००१% हुन आउछ । ppm, ppb र ppt को पछाडि भएको v को अर्थ volume अर्थात् आयतन हो जसले यी नापहरू आयतनमा गरिएका हुन् भनेर जनाउदछ ।

हाल वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको मात्रा वा घनत्व अधिक बढेको छ (तालिका १४) । सन २०११ मा कार्बनडाईअक्साईडको घनत्व ३९०.५ पिपिएम, नाईट्रसअक्साईडको घनत्व ३२४.२ पिपिबि र मिथेनको घनत्व १.८०३२ पिपिएम पुग्यो जुन सन १७५० भन्दा अगाडिको घनत्वको भन्दा क्रमशः ४०%, २०% र १५० % ले बढि हो (IPCC, 2013) ।

यो घनत्व सन २०२० फेब्रुवरी महिनामा कार्बनडाईअक्साईडको ४१३.२२ पिपिएम, २०२० जनवरीमा नाईट्रसअक्साईडको ३३२.५ पिपिबि र मिथेनको १.८७३५ पिपिएम पुगेको छ (NOAA/GML) । यसरी वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको घनत्व बढ्दै जाँदा, पृथ्वीको वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि हुंदै गएकोछ जसलाई विश्वब्यापी उष्णिकरण (global warning) भनिएको छ ।

कार्बनडाईअक्साईड वायुमण्डलको तल्लो तहमा केहि बाक्लो रहन्छ भने उचाई बढ्दै गएपछि यसको घनत्व पातलिदै जान्छ । भौगोलिक दृष्टिकोणले समुद्रमाथिको वायुमण्डलमा भन्दा जमिनमाथिको वायुमण्डलमा र दक्षिणी गोलार्द्धभन्दा उत्तरी गोलार्द्धमाथिको वायुमण्डलमा बढी कार्बनडाईअक्साईड भएको पाइएको छ जहाँ स्वभावैले मान्छेको वा बिकासको गतिविधि बढी छ जसले कार्बनडाईअक्साईडको उत्सर्जन बढाउँदछ (Simon and Allen, 2013 and Diallo, et.al. 2017).

मिथेनको घनत्व ट्रोपस्फीयर र स्ट्राटस्फीयरमा बढी रहेको छ । भौगोलिक दृष्टिकोणले एशिया र युरोपको जमिनमाथि र भूमध्य रेखाको क्षेत्रमा अरु ठाउको तुलनामा बढि मिथेन पाइएकोछ (Jardinine, et.al., 2002) । त्यस्तै सुरुमा नाईट्रस्अक्साईड वायुमण्डलको तल्लो तहमा बढी हुन्छ र उचाई बढ्दै गएपछि यसको घनत्व घट्दै जान्छ भन्ने बुझाई थियो । तर प्राकृतिक रुपले वायुमण्डलको मेसस्फीयर र थर्मस्फीयरमा पनि N_2O उत्पादन हुने भएकोले यसको घनत्व पनि स्ट्राटस्फीयर देखि मेसोफेयरको तल्लो तहसम्म बढि हुने बुझिएको छ । साथै पृथ्वीको सतहमा मानवीय गतिविधिबाट उत्सर्जन हुने नाईट्रसअक्साईड पनि त्यहि तहमा गएर जम्मा हुने पनि वैज्ञानिकहरूको भनाई छ (Sheese, et.al., 2016) ।

७.१ विकिरण शक्ति (Radiative forcing)

वायुमण्डलको ट्रोपस्फीयर तहको सतहमा प्रवाह हुने अर्थात् आउने र जाने गतिविधिबाट रहने खुद (net) विकिरणलाई विकिरण शक्ति भनिन्छ । यो भनेको सुर्यबाट जति विकिरण त्यस तहमा प्राप्त हुन्छ र त्यस तहबाट पृथ्वीबाट कति विकिरण पुन अन्तरिक्षतर्फ फर्किन्छ सो घटाएर रहने शेष अथवा खुद विकिरणलाई जनाउँछ । सामान्यतः यो शेष शुन्य रहनु पर्दछ । किनकि वायुमण्डलले जति विकिरण प्राप्त गऱ्यो त्यति नै विकिरण पुनः अन्तरिक्षतिर पठाउनु पर्दछ । यदि यो शेष शुन्यभन्दा तल वा माथि भयो भने पृथ्वीको वातावरण खासगरि वायुमण्डल स्वस्थ छैन भन्ने जनाउँछ । प्राप्त सौर्य विकिरण भन्दा अधिक विकिरण बाहिर गयो भने विकिरण शक्ति ऋृणात्मक हुन्छ र वायुमण्डल वा पृथ्वी चिसो हुदै जान्छ, । त्यसको बिपरित प्राप्त सौर्य विकिरण भन्दा थोरै विकिरण बाहिरिने भयो भने विकिरण शक्ति धनात्मक हुन्छ र वायुमण्डल वा पृथ्वी तातो हुदै जान्छ । त्यसैले विकिरिण शक्ति सौर्य विकिरण कति प्राप्त हुन्छ र पृथ्वीबाट कति अन्तरिक्षतिर फर्किन्छ त्यसमा भर पर्दछ । यसलाई तलको समिकरणमा सरल गर्न खोजिएको छ ।

समिकरण १ : Radiative forcing (FR) = Incoming Radiation – (minus) Outgoing Radiation at the surface of troposphere (विकिरण क्षमता = वायुमण्डलको ट्रपस्फेयर सतहमा भित्रिने विकिरण – सोहि सतहबाट बाहिरिने विकिरण)

समिकरण २ : वायुमण्डलमा भित्रिने विकिरण–वायुमण्डलबाट बाहिरिने विकिरण = ० (शुन्य) । यसको अर्थ वायुमण्डल स्वच्छ छ ।

समिकरण ३ : वायुमण्डलमा भित्रिने विकिरण – वायुमण्डलबाट बाहिरिने विकिरण = + (धनात्मक) नतिजा । यसको अर्थ वायुमण्डल स्वच्छ छैन र वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसहरूको मात्रा बढी हुन्छ । यस्तो अवस्थाले वायुमण्डल तातो हुदै जान्छ ।

समिकरण ४ : वायुमण्डलमा भित्रिने विकिरण – वायुमण्डलबाट बाहिरिने विकिरण = – (ऋणात्मक) नतिजा । यसको अर्थ पनि वायुमण्डल स्वच्छ छैन र वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसहरूको मात्रा कम हुन्छ । यस्तो अवस्थाले वायुमण्डल चिसो हुदै जान्छ ।

विकिरण शक्ति घटबढ हुनुमा वायुमण्डलमा उपस्थित हरितगृह ग्याँसमा निर्भर रहन्छ । वायुमण्डलमा आवश्यकभन्दा बढी हरितगृह ग्याँस भएमा यिनीहरूले विकिरण सोसेर राख्दछ । फलतः अन्तरिक्ष तर्फ फर्कने विकिरण कम हुन्छ र विकिरण शक्ति धनात्मक हुन्छ र पृथ्वीको वायुमण्डल र पृथ्वी तातिदै गई तापक्रम बढ्दै जान्छ । त्यसको बिपरीत वायुमण्डलमा आवश्यकभन्दा कम हरितगृह ग्याँस भएमा अन्तरिक्ष तर्फ फर्कने विकिरण बढी हुन्छ र विकिरण शक्ति ऋणात्मक हुन्छ र पृथ्वीको वायुमण्डल र पृथ्वी चिसो हुदै जान्छ ।

विकिरण शक्तिको मापन वाट प्रति वर्गमिटर ($W m^{-2}$) मा गरिन्छ (IPCC, 2019) । ट्रोपस्फियरको सतहमा सुर्यबाट प्रति वर्गमिटर ३४२ वाट विकिरण प्राप्त हुन्छ ।

सन् १७५० देखि २०१९ सम्म आइपुग्दा वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको मात्रा बढिसकेको छ । यो बढेको कारण वायुमण्डलको विकिरण शक्ति पनि वृद्धि भएको छ । सन १७५० को दाँजोमा प्राय सबै हरितगृह ग्याँसको साथै कूल हरितगृह ग्याँसहरूले वायुमण्डलको कूल विकिरण शक्ति वृद्धि गर्नमा मदत पुऱ्याएको छ (तालिका १५) ।

तालिका १५: सन् १७५० देखि यता हरितगृहग्याँसको कारण विश्वब्यापी विकिरण शक्तिको अवस्था (W m⁻²)

हरितगृह ग्याँस	आईपिसिसिको मूलयात्कन प्रतिवेदन				
	दोश्रो (१७५०–१९९३)	**तेश्रो** (१७५०–१९९८)	**चौथौं** (१७५०–२००५)	**पाँचौं** (१७५०–२०११)	**छैठौं** (१७५०–२०१९)
CO_2	१.५६ (१.३३-१.७९)	१.४६ (१.३१-१.६१)	१.६६ (१.४९-१.८१)	१.८२ (१.६३-२.०१)	२.१६ (१.९०-२.४१)
CH_4	०.४७ (०.४०-०.५४)	०.४८ (०.४१-०.५५)	०.४८ (०.४३-०.५३)	०.४८ (०.४३-०.५३)	०.५४ (०.४३-०.६५)
N_2O	०.१४ (०.१२-०.१६)	०.१५ (०.१४-०.१६)	०.१६ (०.१४-०.१८)	०.१७ (०.१४-०.२)	०.२१ (०.१८-०.२४)
कूल मानव श्रृजित (अन्य हरितगृह ग्याँस सहित)	अनुमान नगरिएको	अनुमान नगरिएको	~~१.६~~ (~~०.१४-०.१८~~) 1.6 (0.6-2.4)	~~०.१७~~ (~~०.१४-०.२०~~) 2.3 (1.1-3.3)	~~०.२१~~ (~~०.१८-०.२४~~) 2.72 (1.96-3.48)

श्रोतः IPCC, 2021

७.२ विश्वब्यापी उष्णिकरण क्षमता (global warming potential)

वायुमण्डललाई न्यानो बनाउन हरितगृह ग्याँसहरूको फरक फरक क्षमता हुन्छन् । यो क्षमतालाई विश्वब्यापी उष्णिकरण क्षमता (global warming potential) भनिन्छ । उष्णिकरण क्षमतालाई अनुक्रमणिका (index) मा नापिन्छ । हरितगृह ग्याँसहरूमा कार्बडाईअक्साईड (CO_2) लाई आधार वा सन्दर्भ (reference) ग्याँसको रुपमा लिइएकोछ जसको उष्णिकरण क्षमता अनुक्रमणिका (warning potential index) एक (१) राखिएको छ । अन्य ग्याँसहरूको हकमा कार्बडाईअक्साईड (CO_2) को तुलनामा तिनको उष्णिकरण क्षमता (warming potential) बढि भयो भने तिनीहरूको अनुक्रमणिका (index) एक भन्दा बढी हुन्छ र कम भयो भने एक भन्दा कम हुन्छ । यो क्षमता ग्याँसको उमेर वा अवधि अथवा सो ग्याँस उत्सर्जन भए पछाडिको अवधिमा पनि निर्भर हुन्छ । (IPCC, 2013) । तालिका १६ मा केहि मुख्य हरितगृह ग्याँसहरूको उष्णिकरण क्षमता अनुक्रमणिका (warming potential index) दिइएको छ ।

तालिका १६: प्रमुख हरित गृहग्याँसहरूको विश्व उष्णिकरण क्षमता (Global Warming Potential of key GHGs)

ग्याँस	**२० वर्ष**	**१०० वर्ष**	**५०० वर्ष**	**अनुमानित जीवनकाल (वर्ष)**
कार्बनडाईअक्साईड (CO_2)	१	१	१	फरक फरक हुन्छन
मिथेन (CH_4)	७२	२५	७.६	१२
नाईट्रसअक्साईड (N_2O)	२८९	२९८	१५३	११४
हाईड्रोफ्लोरोकार्बनहरू (HFCs)	४३७-१२,०००	१२४-१४,८००	३८-१२२०	१.४-२७०
परफ्लोरोकार्बनहरू (PFCs)	८००-५०,०००	५,२१०-१३,२००	७,३९०-१७,४००	११,२००-२१,२००
सल्फर हेक्साफ्लोराइड (SF_6)	३,२००	१६,३००	२२,८००	३२,६००

श्रोत: Solomon *et.al.*, 2007.

कार्बनडाईअक्साईडको उष्णिकरण बल वा क्षमतालाई सबै अवधिमा १ मानिएको छ । अन्य हरितगृहग्याँसको उष्णिकरण क्षमतालाई कार्बनडाईअक्साईडको सापेक्षमा निर्धारण गरिएको छ । समयसँगै हरितगृहग्याँसको उष्णिकरण क्षमता पनि परिवर्तन हुदै जान्छ । तालिका १६ मा समयसँगै मिथेन (CH_4) र नाईट्रसअक्साईड (N_2O) को क्षमता कमजोर हुदै गएको देखिन्छ । सलफरफ्लोराईड ग्याँसहरूको क्षमता भने बढ्दै गएको देखिन्छ भने फ्लोरोकार्बनहरूको घटबढ भएको देखिन्छ । सबै हरितगृह ग्याँसहरूको योगबाट वायुमण्डलको एउटा समग्र उष्णिकरण क्षमताको नतिजा आइरहेको हुन्छ ।

७.३ हरितगृह ग्याँसको जीवनचक्र

वायुमण्डलमा भएको ग्याँसहरू चलयमान हुन्छन । यिनीहरू उत्पत्ति हुन्छन् र पुनः बिलय हुन्छन् । यिनीहरू एक प्रकारको यौगिक (compound) बाट अर्को प्रकारको यौगिकमा परिवर्तन भइरहेका हुन्छन् । विभिन्न ग्याँसको उत्पत्ति वा उत्सर्जन र बिलय विभिन्न समयावधिमा हुन्छ । उत्पत्ति भएदेखि कुनै छिटै र कुनै ढिलो बिलय हुन्छन् । यो प्रकृय चलिरहन्छ । यसलाई हरितगृह ग्याँसको जीवनचक्र भनिन्छ । यस प्रकृयाले गर्दा विभिन्न प्रकारको ग्याँसहरूको मात्रा वायुमण्डलमा स्थिर रहन्छ । यो प्राकृतिक प्रणालीमा चलिरहन्छ । तर जब प्राकृतिक रुपमा उत्सर्जन हुने र बिलय हुने प्रकृयामा बाह्य कृयाकलापबाट अवरोध वा बिचलन आउछ, त्यस बेला यो सन्तुलन बिग्रिन गई ग्याँसको मात्रा बेसी वा कमी हुने अवस्था आउछ ।

हाल पृथ्वीको वायुमण्डलमा भएको ग्याँसहरू, खासगरी हरितगृह ग्याँसहरूको सन्तुलनमा बिचलन आई यी ग्याँसहरूको मात्रामा वृद्धि भइरहेको छ । यसो हुनको कारण यिनीहरूको प्राकृतिक प्रकृयामा मानिसको गतिविधिले असर पार्नु हो । बिकासको दौरानमा मानिसले हरितगृह ग्याँसहरू उत्सर्जन हुने कृयाकलापहरू अधिक गरेको र प्राकृतिक रुपमा तिनीहरू बिलय हुने गति कम भएको हुनाले हरितगृह ग्याँसहरूको मात्रा वायुमण्डलमा बढदै गएको वैज्ञानिकहरूको ठम्याई छ ।

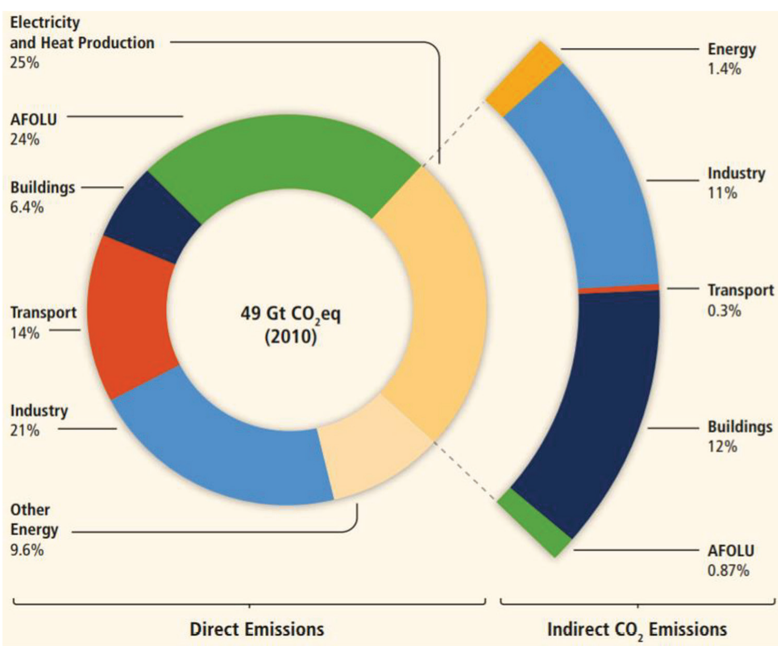
मुख्य हरितगृह ग्याँसहरू मध्ये कार्बनडाईअक्साईड (CO_2) उत्सर्जन भएको मितिले केहि वर्षदेखि सैयौं वर्षसम्म वायुमण्डलमा रहिरहन्छ । त्यस्तै मिथेन (CH_4) १२ वर्ष र नाईट्रसअक्साईड (N_2O) ११४ वर्ष सम्म वायुमण्डलमा रहिरहन सक्ने वैज्ञानिकहरूको भनाई छ । तर यी वर्षहरू कुनै निश्चित वा अन्तिम सङ्ख्या चाहि हैन, त्यसमा केहि वर्ष तलमाथि हुने अवस्था रहन्छ । अन्य विभिन्न ग्याँसहरू पनि विभिन्न समयावधिसम्म वायुमण्डलमा रहिरहन्छन् । अगाडि उत्सर्जन भएका ग्याँसहरू विभिन्न प्रकृयाले अन्य कतै स्थिरिकरण नहुदै थप उत्सर्जन भएमा त्यसको मात्रा वायुमण्डलमा बढ्दै गई उष्णिकरणमा वृद्धि हुदै जान्छ (Forster et.al., 2007) । तालिका १४ मा केहि हरितगृह ग्याँसहरूको अनुमानित जीवनकाल देखाइएको छ ।

७.४ हरितगृह ग्याँसको श्रोत

हाल वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको मात्रा बढ्दै जानुको मूल कारण मानवजातिले गरेको बिकासको बढ्दो गतिविधिले भएको हो भन्नेमा वैज्ञानिकहरू विश्वस्त छन् । मानव श्रृजित हरितगृह ग्याँसको मूल श्रोतहरू भनेको उर्जा, कृषि, बन तथा भूउपयोग, उद्योग, यातायात तथा आवास क्षेत्रहरू हुन । मानिसले उर्जाको लागि अधिक कोईला, जिवाष्म ईन्धन (fossil fuel), दाउरा, आदि जलाउँदा त्यसबाट हरितगृह ग्याँस निस्कन्छन् । त्यस्तै कृषि तथा अन्य विभिन्न प्रयोजनकालागि बन फडानी गर्दा हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन हुनुकोसाथै वायुमण्डलमा भएको हरितगृह ग्याँस, खास गरी कार्वनडाइअक्साईड (CO_2) लाई स्थिरीकरण गर्ने वनजंगलको क्षेत्रफल तथा गुणस्तरमा ह्रास आई वायुमण्डलमा हरितगृह ग्याँसको मात्रा बढ्दै जान्छ । खेती गर्ने सिलसिलामा माटो खनजोत गर्ने, झारपात जलाउने, रासायनिक मल प्रयोग गर्ने, आदि जस्ता कृयाकलापबाट पनि हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन हुन्छ । घाँस खाने जनावरहरूको पाचनप्रणलीबाट मिथेन ग्याँस निस्कन्छ जुन एउटा हरितगृह ग्याँस हो । प्रशस्त सङ्ख्यामा घाँसखाने पशुपालन गर्दा तिनबाट मिथेन ग्याँसको उत्सर्जनमा पनि वृद्धि हुन्छ । त्यस्तै उद्योग, यातायात तथा आवास क्षेत्रमा प्रयोग

हुने उर्जा तथा रासायनिक पदार्थको प्रयोगबाट विभिन्न प्रकारका हरितगृह ग्याँसहरू उत्सर्जन हुन्छन् । मानव गतिविधिबाट सन् २०१० मा विश्वब्यापी हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन ४९ गिगा टन कार्बन बराबर भएको अनुमान गरिएको थियो, जसमध्ये उर्जा क्षेत्रबाट १७ गिगा टन (३५%), कृषि, बन तथा अन्य भूउपयोग क्षेत्रबाट १२ गिगा टन (२४%), उद्योग क्षेत्रबाट १० गिगा टन (२१%), यातायात क्षेत्रबाट ७ गिगा टन (१४%) र भवन तथा आवास क्षेत्रबाट ३.२ गिगा टन (६.४%) भएको थियो । उर्जा क्षेत्रबाट उत्पादन भएको हरितगृह ग्याँसको सन्दर्भमा भने उत्पादित उर्जाको अन्तिम उपयोग खासगरी उद्योग र भवन क्षेत्रमा हुने भएकोले सो को भार उर्जा क्षेत्रबाट हटाई यी उपयोग गर्ने क्षेत्रहरूमा सार्दा उद्योग क्षेत्रको ३१% र भवन तथा आवास क्षेत्रको १९% भार पर्न आउछ । अन्तरसरकारी जलवायु परिवर्तन कार्यदलका अनुसार आर्थिक वृद्धि तथा जनसङ्ख्या वृद्धि नै हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन बढाउने मूल कारकहरू हुन् (IPCC, 2014b) ।

चित्र ११: विभिन्न आर्थिक क्षेत्रबाट हरितगृह गयाँसको उत्सर्जन



श्रोतः IPCC, 2014b

७.५ मानव गतिविधिबाट उत्सर्जित विभिन्न हरितगृह ग्याँसहरू

हरितगृह ग्याँसको वार्षिक उत्सर्जनमा कार्बनडाईअक्साईडको हिस्सा अधिक छ । त्यसपछि मिथेन र नाईट्रस अक्साईडले क्रमसः दोश्रो र तेश्रो स्थान ओगटेको छ भने, हेलोकार्बनहरूको स्थान चौथोमा रहेको छ । तालीका १७ ले विभिन्न वर्षमा उत्सर्जन भएको हरितगृह ग्याँसको अनुपात देखाउछ ।

तालीका १७: मानव गतिविधिबाट वार्षिक उत्सर्जित प्रमुख हरितगृह ग्याँसहरू (१९७० – २०१९)

क्र.सं.	हरिगृह ग्याँस	१९७०	१९९०	२०१०	२०१९
१	कार्बनडाईअक्साईड (CO_2) जीवाष्म तेलको प्रयोग तथा औद्योगिक उत्सर्जन (%)	५५	५९	६५	६४.३
	कार्बनडाईअक्साईड (CO_2) जमिन तथा भूउपयोग बाट भएको उत्सर्जन (%)	१७	१६	११	१०.७
२	मिथेन (CH_4) (%)	१९	१८	१६	१६.६
३	नाईट्रस अक्साईड (N_2O) (%)	७.९	७.४	६.२	४.७
४	हेलोकार्बन ग्याँसहरू (CFCs) (%)	०.४४	०.८१	२	२.९
५	जमिन तथा भूउपयोग बाट भएको $CH_{4+}N_2O$ को कूल उत्सर्जन (%)				०.८
६	कूल उत्सर्जन (Gt CO_2 eq)	२७	३८	४९	५९.१ (±५.९)

श्रोतः IPCC, 2014c (सन १९७०, १९९० र २०१० को तथ्याङ्कका लागि), UNEP (2020) सन २०१९ को तथ्याङ्कका लागि ।

तालिका १७ हेर्दा सन १९७०, १९९० र २०१० को बीस बीस वर्षको अन्तरालमा ११/११ गिगाटनले समग्र हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन वृद्धि हुदै गएको देखिन्छ । तर पछिल्लो अवधि सन २०१० देखि २०१९ को ९ वर्षको अन्तरालमै १० गिगाटनभन्दा बढि समग्र हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन भएको देखिन्छ । यसले पछिल्लो वर्षहरूमा समग्र हतिरगृह ग्याँसको उत्सर्जन झन् बढ्दै गएको देखाउछ जसले जलवायु परिवर्तनलाई अझ टेवा दिने काम गर्दछ जुन राम्रो संकेत हैन ।

७.६ मानव श्रृजित हरितगृह ग्याँसका प्रमुख श्रोतहरू

बिकासको दौरानमा मान्छेको विभिन्न कृयाकलापबाट हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन भइरहेको छ । तालीका १८ ले विभिन्न हरितगृह ग्याँसहरू कुन कृयाकलापबाट उत्सर्जन भईरहेकाछन् भन्ने देखाउछ ।

तालीका १८: हरितगृह ग्याँसका प्राकृतिक तथा मानवीय श्रोतहरू

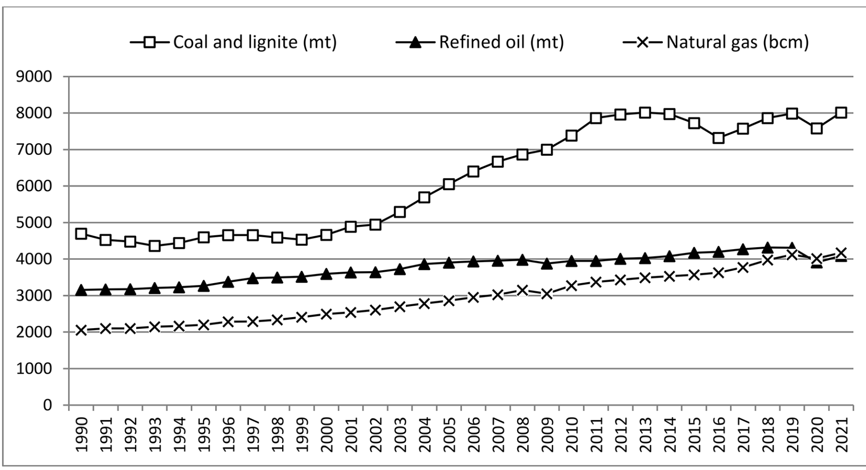
क्र.सं.	हरिगृह ग्याँस	प्रमुख उत्सर्नन श्रोत	प्राकृतिक वा मानवीय
१	कार्बनडाईअक्साईड (CO_2)	जीवाष्म ईन्धन तथा उर्जा (डिजल, पेट्रोल, मट्टितेल, कोईला, आदि) को प्रयोग	मानवीय
		भूउपयोग परिवर्तन (वनजंगल फाँडेर खेती बिस्तार गरेको, बस्ति बिकास तथा अन्य संरचनाहरूको बिकासको कारण बन बिनास)	मानवीय
२	मिथेन (CH_4)	धानखेत	मानवीय
		जैविक मास जलाएको	मानवीय
		घाँस खाने पशुको पाचन प्रणाली	प्राकृतिक तथा मानवीय
		फोहोर बिसर्जन स्थल	मानवीय
		कोईला खानी	मानवीय
		ग्याँस उत्खनन्	मानवीय
		समुद्र तथा जलक्षेत्र	प्राकृतिक
		प्राकृतिक सिमसार क्षेत्र	प्राकृतिक
		धमिरा	प्राकृतिक
३	नाईट्रस अक्साईड (N_2O)	समुद्र	प्राकृतिक
		माटो वा जमिन	प्राकृतिक तथा मानवीय
		जैविक मासको जलान वा दहन (बाल्ने)	मानवीय
४	हेलोकार्बन ग्याँसहरू		
	मिथायल ब्रोमाईड (CH_3Br)	समुद्री लेउ	प्राकृतिक तथा मानवीय
	अन्य हेलोकार्बन ग्याँसहरू (CFC11, CFC12, CFC114, HCFC-22, CFC-113, CH3CCl3, CCl4, halons 1211 / 1301)	उद्योग तथा हावाई क्षेत्र	मानवीय
५	ओजोल (O_3)	प्राकृतिक प्रकृय	प्राकृतिक
६	नाईट्रोजन अक्साईड (NOx)	जीवाष्म ईन्धन तथा उर्जा (डिजल, पेट्रोल, मट्टितेल, कोईला, आदि) को प्रयोग, प्राकृतिक	प्राकृतिक तथा मानवीय
७	कार्बन मनोअक्साईड (CO)	जीवाष्म ईन्धन तथा उर्जा (डिजल, पेट्रोल, मट्टितेल, कोईला, आदि) को प्रयोग	मानवीय

श्रोत: Watson *et.al*, 1990

७.७ विश्व जीवाष्म ईन्धन उत्पादन तथा प्रयोग

आर्थिक बिकासकोलागि ईन्धन तथा उर्जा अति आवश्यक साधन हो । हाल विश्व समूदायले उर्जा उत्पादनको लागि जीवाष्म ईन्धन अधिक उपयोग गर्छन जसमा कोईला, डिजल, पेट्रोल, मट्टितेल, प्राकृतिक ग्याँस, आदि पर्दछ । जीवाष्म ईन्धन अधिक उपयोगको कारण बिगत २०० वर्ष (सन १८०० देखि) यता बिकासको दौरानमा अधिक हरितगृह ग्याँसहरू उत्सर्जन भएको छ । गएको ३० वर्षभित्रमा (सन १९९० देखि २०२१ सम्म) जीवाष्म उर्जाको उत्पादन तथा उपयोग निरन्तर बढेको अवस्था छ (चित्र १२) ।

चित्र १२: विश्व जिवाष्म ईन्धन उत्पादन (१९९०–२०२१)



तथ्याङ्कको श्रोत: enerdata, 2022

विभिन्न प्रति ईकाई जीवाष्म ईन्धनबाट विभिन्न मात्रामा हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन हुन्छ । सबै ग्याँसहरू कार्बनडाईअक्साईडलाई सन्दर्भ बनाएर मापन गरिन्छ । तालिका १९ मा यो जानकारी दिइएको छ ।

तालिका १९: विभिन्न जिवाष्म ईन्धनको हरितगृह ग्याँसमा रुपान्तरण मान (conversion factor)

Gaseous fuels

Fuel	Unit	kg CO_2e	kg CO_2	kg CH_4	kg N_2O
CNG (compressed natural gas)	tonnes	2,533.00	2,528.26	3.40	1.33
	litres	0.44327	0.44245	0.00059	0.00023
	kWh (Net CV)	0.20374	0.20336	0.00027	0.00011
	kWh (Gross CV)	0.18387	0.18352	0.00025	0.00010
LNG (liquefied natural gas)	tonnes	2,542.41	2,537.68	3.40	1.33
	litres	1.15041	1.14827	0.00154	0.00060
	kWh (Net CV)	0.20449	0.20411	0.00027	0.00011
	kWh (Gross CV)	0.18455	0.18421	0.00025	0.00010
LPG (liquefied petroleum gas)	tonnes	2,938.81	2,934.82	2.14	1.86
	litres	1.55537	1.55325	0.00113	0.00099
	kWh (Net CV)	0.23030	0.22999	0.00017	0.00015
	kWh (Gross CV)	0.21448	0.21419	0.00016	0.00014
Natural gas	tonnes	2,533.00	2,528.26	3.40	1.33
	cubic metres	2.02266	2.01888	0.00271	0.00107
	kWh (Net CV)	0.20374	0.20336	0.00027	0.00011
	kWh (Gross CV)	0.18387	0.18352	0.00025	0.00010
Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2,542.41	2,537.68	3.40	1.33
	cubic metres	2.03017	2.02640	0.00271	0.00107
	kWh (Net CV)	0.20449	0.20411	0.00027	0.00011
	kWh (Gross CV)	0.18455	0.18421	0.00025	0.00010
Other petroleum gas	tonnes	2,601.11	2,598.56	1.17	1.39
	litres	0.95279	0.95185	0.00043	0.00051
	kWh (Net CV)	0.20094	0.20074	0.00009	0.00011
	kWh (Gross CV)	0.18486	0.18468	0.00008	0.00010

Liquid fuels

Aviation spirit	tonnes	3,218.60	3,127.67	61.13	29.80
	litres	2.29082	2.22610	0.04351	0.02121
	kWh (Net CV)	0.25805	0.25076	0.00490	0.00239
	kWh (Gross CV)	0.24514	0.23822	0.00466	0.00227

Fuel	Unit	kg CO_2e	kg CO_2	kg CH_4	kg N_2O
Aviation turbine fuel	tonnes	3,181.41	3,149.67	1.95	29.80
	litres	2.54310	2.51772	0.00156	0.02382
	kWh (Net CV)	0.26086	0.25826	0.00016	0.00244
	kWh (Gross CV)	0.24782	0.24535	0.00015	0.00232
Burning oil	tonnes	3,165.32	3,149.67	7.81	7.85
	litres	2.54039	2.52782	0.00627	0.00630
	kWh (Net CV)	0.25964	0.25835	0.00064	0.00064
	kWh (Gross CV)	0.24666	0.24544	0.00061	0.00061
Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3,028.61	2,986.60	0.30	41.71
	litres	2.54603	2.51072	0.00025	0.03506
	kWh (Net CV)	0.25568	0.25214	0.00003	0.00352
	kWh (Gross CV)	0.24057	0.23724	0.00002	0.00331
Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3,206.62	3,164.33	0.30	41.99
	litres	2.68787	2.65242	0.00025	0.03520
	kWh (Net CV)	0.26891	0.26536	0.00003	0.00352
	kWh (Gross CV)	0.25278	0.24944	0.00002	0.00331
Fuel oil	tonnes	3,221.37	3,209.38	4.18	7.81
	litres	3.18317	3.17133	0.00413	0.00771
	kWh (Net CV)	0.28484	0.28378	0.00037	0.00069
	kWh (Gross CV)	0.26775	0.26675	0.00035	0.00065
Gas oil	tonnes	3,229.34	3,190.00	3.31	36.03
	litres	2.75776	2.72417	0.00282	0.03077
	kWh (Net CV)	0.27310	0.26978	0.00028	0.00305
	kWh (Gross CV)	0.25672	0.25359	0.00026	0.00286
Lubricants	tonnes	3,181.42	3,171.09	3.05	7.28
	litres				
	kWh (Net CV)	0.28131	0.28039	0.00027	0.00064
	kWh (Gross CV)	0.26443	0.26357	0.00025	0.00061

Fuel	Unit	kg CO_2e	kg CO_2	kg CH_4	kg N_2O
Naphtha	tonnes	3,142.87	3,131.33	3.41	8.13
	litres				
	kWh (Net CV)	0.24898	0.24807	0.00027	0.00064
	kWh (Gross CV)	0.23653	0.23566	0.00026	0.00061
Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2,942.05	2,924.82	9.08	8.16
	litres	2.16802	2.15532	0.00669	0.00601
	kWh (Net CV)	0.24164	0.24022	0.00075	0.00067
	kWh (Gross CV)	0.22920	0.22786	0.00071	0.00064
Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3,152.58	3,135.00	9.26	8.32
	litres	2.31467	2.30176	0.00680	0.00611
	kWh (Net CV)	0.25390	0.25248	0.00075	0.00067
	kWh (Gross CV)	0.24120	0.23986	0.00071	0.00064
Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3,221.37	3,209.38	4.18	7.81
	litres	3.18317	3.17133	0.00413	0.00771
	kWh (Net CV)	0.28484	0.28378	0.00037	0.00069
	kWh (Gross CV)	0.26775	0.26675	0.00035	0.00065
Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3,229.34	3,190.00	3.31	36.03
	litres	2.75776	2.72417	0.00282	0.03077
	kWh (Net CV)	0.27310	0.26978	0.00028	0.00305
	kWh (Gross CV)	0.25672	0.25359	0.00026	0.00286
Refinery miscellaneous	tonnes	2,944.82	2,933.33	3.39	8.09
	litres				
	kWh (Net CV)	0.25966	0.25864	0.00030	0.00071
	kWh (Gross CV)	0.24667	0.24571	0.00028	0.00068
Waste oils	tonnes	3,224.58	3,171.09	3.17	50.33
	litres				
	kWh (Net CV)	0.27494	0.27038	0.00027	0.00429
	kWh (Gross CV)	0.25674	0.25248	0.00025	0.00401

Fuel	Unit	kg CO_2e	kg CO_2	kg CH_4	kg N_2O
Marine gas oil	tonnes	3,249.99	3,205.99	0.81	43.20
	litres	2.77540	2.73782	0.00069	0.03689
	kWh (Net CV)	0.27485	0.27113	0.00007	0.00365
	kWh (Gross CV)	0.25836	0.25486	0.00006	0.00343
Marine fuel oil	tonnes	3,159.50	3,113.99	1.27	44.24
	litres	3.12204	3.07707	0.00126	0.04372
	kWh (Net CV)	0.27937	0.27535	0.00011	0.00391
	kWh (Gross CV)	0.26261	0.25883	0.00011	0.00368

Solid fuels

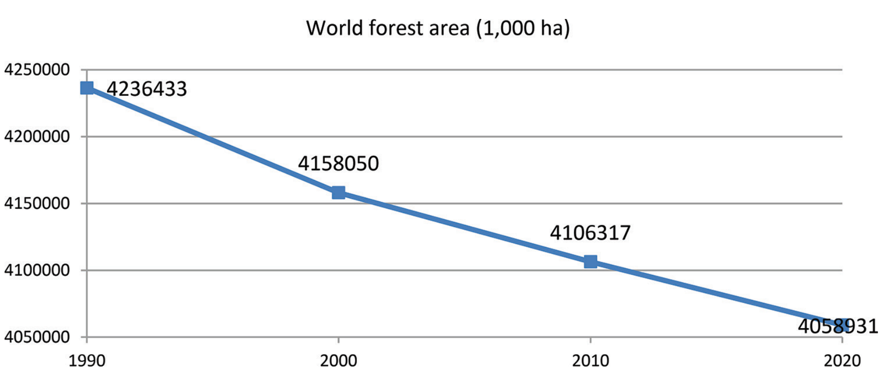
Coal (industrial)	tonnes	2,380.01	2,354.55	9.66	15.80
	kWh (Net CV)	0.33726	0.33365	0.00137	0.00224
	kWh (Gross CV)	0.32040	0.31697	0.00130	0.00213
Coal (electricity generation)	tonnes	2,222.94	2,209.75	0.60	12.59
	kWh (Net CV)	0.33333	0.33135	0.00009	0.00189
	kWh (Gross CV)	0.31666	0.31478	0.00009	0.00179
Coal (domestic)	tonnes	2,883.26	2,632.00	214.60	36.66
	kWh (Net CV)	0.36276	0.33115	0.02700	0.00461
	kWh (Gross CV)	0.34462	0.31459	0.02565	0.00438
Coking coal	tonnes	3,222.04	3,200.96	7.56	13.52
	kWh (Net CV)	0.38358	0.38107	0.00090	0.00161
	kWh (Gross CV)	0.36440	0.36201	0.00085	0.00153
Petroleum coke	tonnes	3,397.79	3,388.18	3.10	6.50
	kWh (Net CV)	0.36006	0.35904	0.00033	0.00069
	kWh (Gross CV)	0.34206	0.34109	0.00031	0.00065
Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2,219.47	2,206.30	0.60	12.57
	kWh (Net CV)	0.33333	0.33135	0.00009	0.00189
	kWh (Gross CV)	0.31666	0.31478	0.00009	0.00179

श्रोत: https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020

७.८ विश्वब्यापी वनजंगल तथा कृषि भूमिको अवस्था

विश्व खाद्य संगठनले सन् १९४८ देखि विश्व वनजंगलको अवस्थाको लेखाजोखा गर्दै आएको छ । संगठनले तयार पारेको तथ्याङ्क हेर्दा हरेक वर्ष विश्वब्यापी वन बिनाश भईरहेको छ । सन १९४० मा विश्व वन तथ्याङ्कको अभिलेख सुरु गर्दा पृथ्वीमा भएका मान्छेलाई आवश्यक पर्ने वनको श्रोत अवस्थित भएको प्रतिवेदन गरेको थियो । तर पछिल्ला वर्षहरूमा वनको बिनाश भएकोले सहि व्यवस्थापन गरी वनको उपयोग गर्नु पर्ने प्रतिवेदन आइरहेको छ। संगठनले सन २०२० मा प्रकाशित गरेको प्रतिवेदनमा पछिल्लो दशकमा वन बिनासको दर कम हुदै आएको छ (चित्र १३) । सन १९९० को दाँजोमा २००० मा ७८,३८३ हजार हे. ले वन क्षेत्र घटेको थियो भने, सन २०१० मा २००० को दाँजोमा ५१,७३३ हजार हे. र सन २०२० मा २०१० को दाँजोमा ४७,३८६ हजार हे. घटेको छ । यसरी वन बिनाश त भई नै रहेको छ, तर प्रति दशक वन बिनास हुने क्षेत्रफल भने कम हुदै गएको छ ।

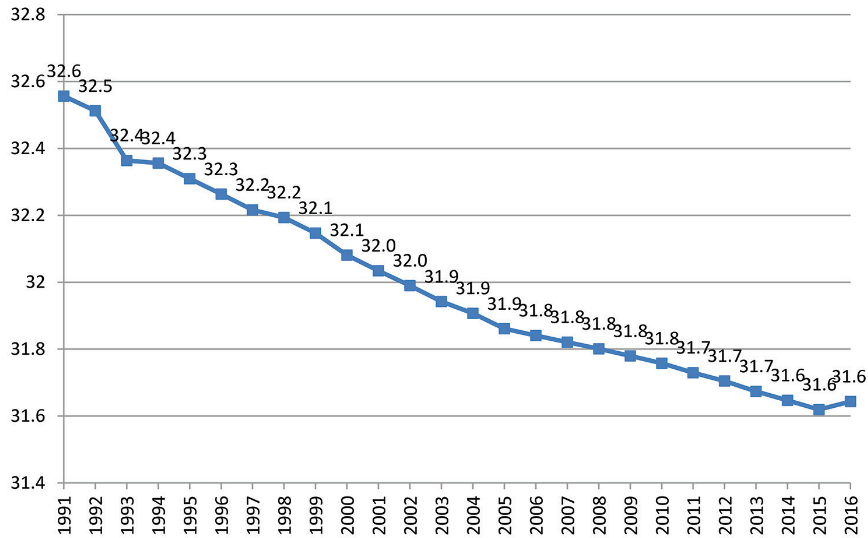
चित्र १३: विश्वब्यापी वन क्षेत्रको अवस्था



श्रोत: FAO. 2020

यसरी वन बिनास हुदा वनस्पतिमा भएको कार्बन हावामा रिहा हुन्छ जसले गर्दा हावामा हरितगृह ग्याँसको मात्रा बढन जान्छ । र वनको क्षेत्र घट्दै गएपछि वायुमण्डलमा भएको कार्बनडाईअक्साईड्को स्थिरीकरण गर्ने प्राकृतिक प्रकृया पनि कम भई वायुमण्डलमा हरित गृहग्याँस, खास गरी कार्बनडाईअक्साईडको मात्रा वा घनत्व बढ्दै जान्छ ।

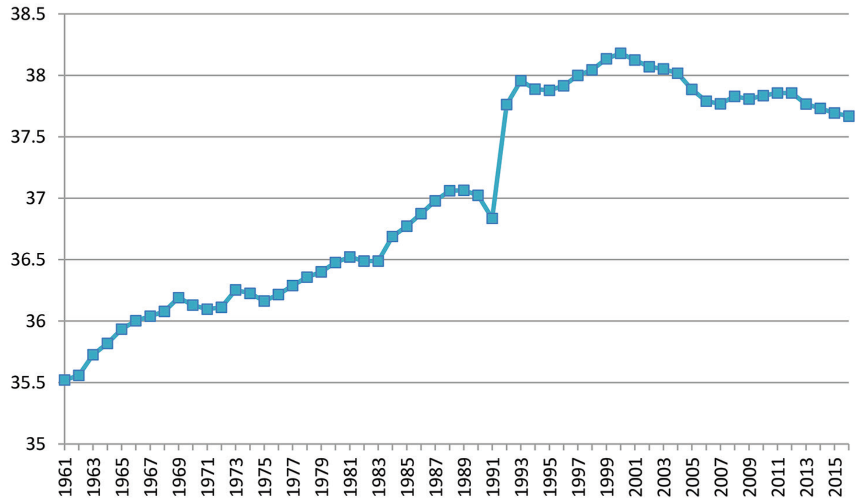
चित्र १४: विश्वब्यापी बन क्षेत्रको अवस्था (%)



श्रोत: World Bank, 2020a.

विश्व बैंकले प्रकाशित गरेको अर्को प्रतिवेदनले पनि पृथ्वीमा वनको क्षेत्रफल घट्दै गएको देखाउँछ । सन १९९१ मा वन क्षेत्रले पृथ्वीको स्थल भागको झण्डै ३२.६% ओगटेको थियो । तर सन २०१६ मा आइपुग्दा वन क्षेत्रले करीब ३१.६% मात्र ओटेको छ (चित्र १४) । यसरी वन बिनाश हुँदा वनको क्षेत्रफल घट्दै गएको र कृषि क्षेत्र बढ्दै गएको तथ्याङ्कले पनि देखाएको छ यद्यपि केहि वर्षदेखि यता कृषि भूमिमा केहि नगन्य कम हुदै आएको देखिन्छ (चित्र १५) ।

चित्र १५: विश्व कृषि भूमिको अवस्था (**पृथ्वीको स्थल क्षेत्रको** %) (**सन १९६१–२०१६**)



श्रोत: World Bank 2020b

विश्व बैंकको २०२० को प्रतिबेदन अनुसार सन् २००० सम्म विश्व कृषि क्षेत्र बढ्दै गएको थियो । सन् १९६१ मा कृषि क्षेत्रले पृथ्वीको थलभागको ३५.५% भूभाग ओगटेको मा सन २००० मा भण्डै ३८.२% ओगटेकोथियो । तर सन २००० पछि कृषि क्षेत्रले ओगटेको भूभाग केहि घटेकोछ । सन २०१६ मा आईपुग्दा कृषि क्षेत्रले पृथ्वीको थलभागको ३७.७% ओगटेको देखाईएकोछ ।

खण्ड ८. विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तनको जोखिम, असर र प्रभाव

जलवायु परिवर्तनको क्षेत्रमा 'जोखिम', 'असर' र 'प्रभाव' जस्ता शब्दहरू प्रयोग भइरहन्छन् । जलवायु क्षेत्रमा यी शब्दावलीहरूको जानकारी लिनु अति अवश्यक छ ।

८.१ जोखिम

आईपिसिसिले (IPCC) जोखिमलाई एउटा "सम्भाव्य प्रतिकूल नतिजा"को रूपमा परिभाषित गरेकोछ (IPCC, 2018b) । यसकोलागि तीन वटा तत्वहरूको संयोग हुनु पर्दछ, भनेको छ । पहिलो हो असर पार्ने घटना घट्नु पर्‍यो, दोश्रो हो सो घटना कुनै मानवीय वा प्राकृतिक वस्तु वा प्रणालीको सम्पर्कमा आउनु पर्‍यो र तेश्रो हो ती सम्पर्कमा आएका वस्तु वा प्रणालीको सो घटना प्रतिको सम्वेदनशिलता अथवा ती घटनाबाट जोगिन सक्ने क्षमताको स्तर अथवा प्रभावित हुन सक्ने सम्भावना । ठूलो जोखिम त्यो बेला हुन्छ जब ठूलो घटना घट्ने प्राय निश्चित हुन्छ, धेरै वस्तुहरू वा प्रणालीहरू सो घटनाको सम्पर्कमा आउछन् र ती वस्तु वा प्रणालीहरू सो घटनाप्रति अति नै सम्वेदनशील वा प्रभावित हुने अवस्था धेरै भएको हुन्छ । यहाँ प्रतिकूल नतिजालाई सम्भाव्य भनिएको छ । यसको कारण सो प्रतिकूल असर हुन पनि सक्छ, नहुन पनि सक्छ, थोरै असर पनि हुन सक्छ, धेरै पनि हुन सक्छ । त्यसको अनिश्चितता रहन्छ ।

जोखिमले प्रतिकूल असरलाई मात्र जनाउछ । तर बिपदलाई मध्यनजरमा राखी बिकास गरेमा त्यसले अवसर पनि ल्याउन सक्ने वास्तविकता पनि छ । तथापी यस्ता अवसरको उपयोग प्रति कम ध्यान र कम चर्चा भएको अवस्था चाहिँ छ । त्यसैले साधारणतय 'जोखिम' नकरात्मक शब्द हो, जोखिम भन्दा 'नोक्सान' हुन सक्ने सम्भावनालाई जनाउँदछ, 'फाइदा' हुने वा 'अवसर'लाई जनाउदैन । तर यो असर भइसकेको अवस्था चाहिँ होईन । जोखिमले कुन स्थानमा, कुन बेला, के का कारणले, के कति जीउ धनको नोक्सान वा क्षति हुन सक्छ भनेर सम्भावनाको जानकारी दिन्छ । जस्तै कुनै एक स्थानमा कुनै समयावधिमा बाढीका कारण केहि घरहरू नोक्सान हुने सम्भावना छ भने ती घरहरूलाई बाढीको जोखिममा छ भन्ने बुझाउछ । ती घरहरू बाढीले लैजान पनि सक्छ, नलैजान पनि सक्छ, धेरै वा थोरै मात्र लैजान सक्छ । यीनै घरहरूको उदाहरण लिँदा, बाढीले लैजाने सम्भावना धेरै

छ भने, जोखिम धेरै भयो र सम्भावना कम छ भने जोखिम कम भयो । आईपिसिसि (IPCC) ले यस्तो सम्भावनालाई प्रतिशतको आधारमा ब्यक्त गरेको छ र जोखिमको सम्भावनालाई "असाधारण तवरले असम्भव" देखि लिएर "लगभग निश्चित" सम्म गरी ९ सम्भावनामा राख्न सुझाएको छ । तालिका २० मा ती सम्भावनाका तहहरू देखाइएको छ ।

तालिका २०: जोखिमको सम्भाब्यता तह

क्र.सं.	जोखिमको तह	जोखिमको सूचक (घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना प्रतिशतमा)
१	असाधारण तवरले असम्भव (exceptionally unlikely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना १% भन्दा कम छ (<1%)
२	अत्यन्तै असम्भव (extremely unlikely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ५% भन्दा कम छ (<5%)
३	धेरै असम्भव (very unlikely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना १०% भन्दा कम छ (<10%)
४	असम्भव (unlikely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ३३% भन्दा कम छ (<33%)
५	असम्भव वा सम्भव बराबरी (about as likely as not)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ३३–६६% को बीचमा छ (33-66%)
६	सम्भव (likely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ६६% भन्दा बढि छ (>66%)
७	धेरै सम्भव (very likely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ९०% भन्दा बढि छ (>90%)
८	अत्यन्तै सम्भव -extremely likely)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ९५% भन्दा बढि छ (>95%)
९	लगभग निश्चित (virtually certain)	घटना वा क्षति हुन सक्ने सम्भावना ९९% भन्दा बढि छ (>99%)

श्रोतः (IPCC, 2018a)

"सम्भावना" केहि तथ्याङ्कको आधारमा निकालिन्छ । त्यसरी निकालिएको सम्भावना कतिको विश्वासिलो छ भनेर पुनः हेर्नु पर्छ भन्ने आईपिसिसि (IPCC) को सुझाव छ । जस्तै जोखिम वा घटना हुन सक्ने सम्भावना ९९% आयो । अब

यो सम्भावना कतिको विश्वास योग्य वा भरपर्दो छ त भनेर विश्वासको तह वा भरपर्दोपनको तह पनि विभिन्न मापदण्डहरूका आधारमा गरिनु पर्दछ। जस्तै स्थानीय अनुभवहरू, अन्य विज्ञहरूको अनुभवहरू, तथ्याङ्कको नै भरपर्दोपन, विभिन्न अन्य प्रमाणहरू र सहमति, आदिको आधारमा ५ स्तर वा तहमा हेर्न आईपिसिसि (IPCC) ले सुझाएको छ (IPCC, 2014e) । यी स्तरहरू वा तहहरू हुन्:

१) अति उच्च (भरपर्दो)
२) उच्च
३) मध्यम
४) न्यून र
५) अति न्यून

उदाहरणकोलागि कुनै घर पहिरोले लैजान "अत्यन्तै असम्भव" (extremely unlikely, <1%) भएको लेखाजोखाको नतीजा आयो, तर त्यो "अत्यन्तै असम्भव" पनि कतिको भरपर्दो हो भनेर पुन मूल्याङ्कन गरिनु पर्दछ। यो नतिजा "अति कम भर पर्दो" भयो भने "अत्यन्तै असम्भव" भनेतापनि "धेरै असम्भव" वा "असम्भव" पनि हुन सक्दछ। "अति धेरै" भर पर्दो भयो भने "सम्भवतः त्यो घरलाई पहिरोले लादैन" भन्ने जनाउँछ। साधारणतय ब्यवहारिक रुपमा प्रायः "भर पर्दो" दृष्टिकोणबाट लेखाजोखा गरी जोखिमलाई ५ स्तरमा हर्ने गरेको पाइन्छ। यो पाँच स्तरलाई सहभागितामूलक लेखाजोखा वा मूल्याङ्कन वा अध्ययन अदि अन्य विभिन्न प्रयोजनकोलागि पनि प्रयोगमा ल्याइने गरिएको पनि छ।

८.२ असर र प्रभाव

"सम्भाव्य प्रतिकूल नतिजा" अथवा 'जोखिम' वास्तविकतामा परिणत भएपछि असर वा प्रभाव भनिन्छ। यसको अर्थ सम्भाव्य प्रतिकूल असर हुन सक्छ भनी अनुमान गरिएकोमा सो वास्तवमै भयो र सोहि अनुसार धेरै व थोरै नोक्सान तथा क्षती भयो भने अब यो सम्भावना रहेन, यो वास्तविक भयो र यसलाई असर भनिन्छ। प्रायः असर र प्रभावलाई उस्तै उस्तै किसिमले बुझ्ने गरिन्छ। 'असर' शब्दको बारेमा जलवायु परिवर्तन क्षेत्रमा बिस्तृत परिभाषित गरिएको देखिदैन। तर साधारणतय तत्काल वा प्रत्यक्ष पर्ने परिणामलाई 'असर' र परोक्ष, दीर्घकाल र बृहत परिणाम चाहि 'प्रभाव' हो भन्ने जनाउँदछ। जस्तै एउटा खेतमा बाढी पस्यो र सबै धान नोक्सान बनायो, त्यो चाहि असर भयो। तर त्यसको बृहत असर चाहि त्यस घर परिवारको खाना

र स्वास्थ्य, त्यस घर परिवारको आम्दानी र खर्च, बालबच्चाको पढाइ, आदि विविध विषयमा पुग्न जान्छ जसलाई 'प्रभाव' भनिन्छ । तत्कालको परिणाम (असर) प्रायः प्रतिकूल वा नकरात्मक नै हुन्छन, तर प्रभाव चाहि सकरात्मक पनि हुन्छन । जस्तै बाढीले धान नोक्सान गरेतापनि खेतमा मलिलो माटो ल्याएर राखिदियो जसको कारण त्यसपछिका बाली र अर्को सालदेखिको धान बालीको उत्पादन निकै बढ्यो भने यो पनि प्रभाव हो र यो प्रभाव चाहि सकरात्मक हो । यसको अलावा बाढीको असरबाट केहि राम्रो सिकाई भयो, त्यसको आधारमा सरकारले नीतिनियमहरू बनायो र फलस्वरुप आइन्दादेखि बाढीबाट सुरक्षित घर बनाउन थाल्यो, बाढीबाट जोगाउने र जोगिने संरचनाहरू बनायो भने त्यो पनि बाढीकै बृहत सकरात्मक प्रभाव हो । आईपिसिसि (IPCC, 2019) अनुसार साधारणतय जीवन, जिविकोपार्जन, स्वास्थ्य तथा भलाई, पारिस्थितीय प्रणाली तथा जैविक प्रजाती, आर्थिक, सामाजिक तथा सांस्कृतिक सम्पदाहरू, पूर्वाधार, सेवा क्षेत्र, आदिमा भएको असरलाई प्रभाव भनी जनाउदछ जुन बृहत हुन्छन् (IPCC, 2019) ।

विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तनको असर वा प्रभाव प्राकृतिक तथा मानवीय प्रणालीमा परेको छ र आउँदा दशकौ वर्षहरूसम्म सो असर परिरहने वैज्ञानिकहरूको भनाई छ । खास गरेर जलवायु परिवर्तनले प्रत्यक्ष प्राकृतिक परिस्थितिय प्रणाली र भौतिक संरचनाहरूमा असर गर्छ । भौतिक रूपमा मानिसलाई पनि असर पर्दछ । तर मानवीय प्रणाली प्रकृतिमाथि भर पर्ने भएकोले दोश्रो चरणमा सो असर वा प्रभाव मानवीय प्रणालीमा पर्दछ । मानवीय प्रणालमिा पनि पुनः प्रत्यक्ष र परोक्ष तथा तत्कालिन र दीर्घकालीन प्रभावहरू पर्दछन् । असर वा प्रभावहरू स्थायी र अस्थायी प्रकृतिका पनि हुन्छन् । कुनै असरहरू जलवायु पहिलाको अवस्थामा फर्के पनि सो असर फेरि पहिलाको अवस्थामा फर्किदैनन् तिनीहरू स्थायी असर हुन । जस्तै एक स्थानमा अवस्थित जीव प्रजाती जलवायुमा परिवर्तन आई अति गर्मी वा अति सुख्खा भएमा खप्न नसकि सो प्रजाती लोप भएर जान्छ । यसरी एकपटक लोप भएपनि जलवायुको अवस्था साबिकै अवस्थामा फर्किएपनि यी प्रजातीहरू पुनः अस्तित्वमा आउन सक्दैनन्, किनकि तिनको बंश नै नाश भएर गइसकेको हुन्छ । खास गरी जैविक सम्पदा वा प्रजातीहरू लोप भयो भने तिनीहरू पुनर्स्थापित हुदैनन् । तर कुनै असरहरू चाहिँ यदि जलवायु पहिलाको अवस्थामा फर्क्यो भने सो असर पनि फेरि पहिलाको अवस्थामा फर्किन्छन, तिनीहरू अस्थायी असरहरू हुन् । जस्तै पृथ्वीमा अत्याधिक गर्मी भयो भने हिउ पग्लेर हिमाल कालो पहाडमा परिवर्तन हुन सक्छ । तर तापक्रम चिसो भयो भने, ती काला पहाडमा फेरि हिउँ जम्न थाल्छन् र हिमाल पहिलाको अवस्थामा फर्किन्छन् ।

जलवायु परिवर्तनको असर जलवायुको धेरै अवयवहरू मध्ये एउटा मात्रको परिवर्तनले पनि हुन्छ र एकभन्दा बढि अवयवहरूको परिवर्तनको श्रमिश्रणबाट पनि हुन्छ जुन जटिल हुन्छ । प्रायः एउटा अवयवमा आएको परिवर्तनले अर्को अवयवलाई पनि परिवर्तन गराउने भएकोले जलवायु परिवर्तनको असर जटिल नै हुन्छ । उदाहरणकोलागि हालको विश्वब्यापी जलवायु परिवर्तनको सुरुवात वायुमण्डलको तापक्रमको वृद्धिबाट भएको हो । वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि भएपछि त्यसले हावाको चालमा परिवर्तन ल्याउछ, हावाको आर्द्रतामा परिवर्तत ल्याउछ, वायुमण्डलमा बादल तथा कुहिरो बन्ने प्रकृयमा परिवर्तन ल्याउछ र वर्षामा परिवर्तन आउछ । त्यसैले ती परिवर्तनहरू एक अपासमा अन्तरसम्बन्धित हुन्छन् र असरहरू कुनै एउटाको मात्रै भन्दापनि श्रमिश्रण र जटिल हुन्छन् ।

८.३ जलवायु परिवर्तनको असर वा प्रभावको प्रकृति

हालको जलवायु परिवर्तनको प्रकृति निरन्तर परिवर्तनशील छ । यो तापक्रम वा वर्षा वा हावाहुरी आदिको एउटा औसत बिन्दुबाट अर्को औसत बिन्दुमा एक पटक सरी वा परिवर्तन भई त्यस नयाँ बिन्दुमा स्थिर भएर बसेको परिवर्तन नभई, यो निरन्तर परिवर्तन भइरहेको अवस्था हो । यस्तो अवस्थामा नकरात्मक असर अधिक हुन्छ, कारण नकरात्मक असर हुनलाई सो असर बारे जान्ने बुझ्ने समयको आवश्यक पर्दैन, त्यसैले असर परीहाल्छ । तर सकरात्मक असरलाई सदुपयोग गर्न सो असरको प्रकृतिबारे पहिला बुझ्नु पर्छ अनि मात्र सो असरबाट बच्ने बचाउने काम गर्न सकिन्छ । तर निरन्तर परिवर्तन भइरहेको आवस्थामा ती सकरात्मक असरहरू क्षणिक हुन्छन्, तिनलाई बुझ्दाबुझ्दै र ती सकरात्मक असरको उपयोग गर्न नपाउदै ती परिवर्तन भएर जान्छन् । त्यसैले अन्तिम वा खुद नतिजा चाहि नकरात्मक असर वा प्रभाव अधिक हुनु हो ।

जलवायु परिवर्तनको असरलाई तीन क्षेत्रमा विभाजन गरी हेर्न सकिन्छ, पहिलो हावा र पानीकै क्षेत्रमा देखिने परिवर्तनहरू, दाश्रो प्राकृतिक प्रणालीमा देखिने असर वा परिवर्तनहरू र तेश्रो मानवीय प्रणालीमा देखिने असरहरू वा प्रभावहरू । निम्न बुँदाहरूमा यी क्षेत्रहरूमा देखिने असर वा परिवर्तनहरूको बारेमा संक्षिप्त जानकारी दिइनेछ ।

८.४ जलवायु परिवर्तनका पक्षहरू

जलवायु परिवर्तनका विविध आयम वा पक्षहरू वा अवयवहरू छन् । जलवायुको

एउटा आयाम परिवर्तन हुँदा त्यसले अर्को आयमलाई पनि परिवर्तन गराउछ । त्यसैले त्यहाँ एउटा अन्तर असर परिरहेको हुन्छ । यी असर वा परिवर्तनलाई पहिलो चरणको असरको रुपमा तल जानकारी गराउन प्रयास गरिएको छ ।

८.४.१ ऋतुमा असर (गर्मी ऋतु छिटो सुरु हुने र ढिलो सम्म रहि लामो हुने, जाडो ऋतु छोटिने)

वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि भएपछि गर्मी बढ्छ, गर्मी ऋतु लामो हुन्छ र अति गर्मीका घटनाहरू बढ्छन् । यसबाट जाडो हुने क्षेत्रलाई केहि फाइदा र राहात चाहिँ मिल्छ । तर गर्मी क्षेत्रमा गर्मी अझ बढ्नाले थप सकस हुन सक्छ र शितल बनाउनलाई आवश्यक बिजुलीको भार बढ्न सक्छ । तापक्रम बढेसँगै शारीरिक वृद्धि हुने बोटबिरुवा तथा बालीबाट छिटो र थप उत्पादन हुने सम्भवना रहन्छ । त्यस्तै तापक्रम वृद्धि भएर उपयुक्त भयो भने पशुपंक्षी बाट पनि राम्रो उत्पादन लिन सकिन्छ । तर गर्मी अधिक भयो भने पशुपंक्षी तथा बोटबिरुवालाई तापको तनाव भई उत्पादनमा ह्रास आउन सक्छ । यस्ता असरहरू स्थान विशेष, समय विशेष र वस्तु विषेश हुन्छन् ।

जाडो हुने क्षेत्रमा पनि गर्मी बढ्दै जाँदा गर्मीसँग सामना गर्ने क्षमता र प्रचलित व्यवस्था नहुदा त्यहाँका बासिन्दालाई गर्मीको तनाव हुन सक्छ । र यस्तो नयाँ हावापानीमा अनुकूलन हुने कृयाकलापहरूको अति अवश्यक्ता पर्दछ ।

८.४.२ हावाको चालमा वृद्धि हुने

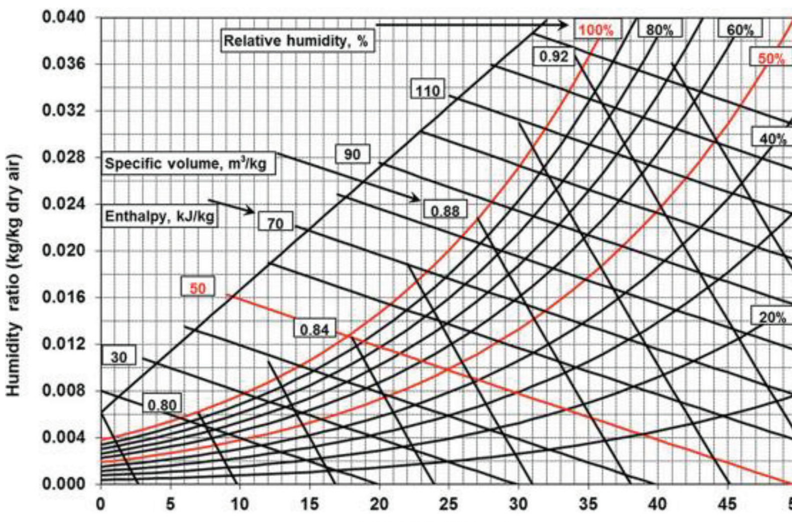
तापले हावालाई शक्ति दिन्छ र हावाको अणुहरूमा बिचलन ल्याउँछ । तातो हावा हल्का भई माथि जाने र खाली हुन लागेको स्थानमा चिसो हावा आउने प्रकृयाले गर्दा तापक्रमको वृद्धिसँगै हावाको चालमा वृद्धि हुन्छ । साथै हावामा तापशक्ति सञ्चय भएपछि हावाको चाल पनि शक्तिशाली हुदै जान्छ, जसले गर्दा बिनासकारी हावाहुरीको घटनाहरू बढ्दै जान्छन् । नेपालमा पनि हावाको गतिमा परिवर्तन आएको छ । वि.सं. २०७५ चैत १७ गते आईतबार (Sunday 31 March 2019) को दिन बारा र पर्सा जिल्लामा शक्तिशाली हावाको भुमरी आयो र यतिको शक्तिशाली भुमरी नेपालमा जल तथा मौसम विज्ञानको औपचारिक तथ्याङ्क लिने कार्य सुरु भएदेखि पहिलोपटक देखिएको भनी नेपाल सरकारले प्रेस बिज्ञप्ती मार्फत सर्वसाधारणलाई जानकारी गराएको थियो । त्यस्तै समुद्री आँधीको सङ्ख्या तथा तिनको शक्ति र आवृत्तीमा वृद्धि भई समुद्री तटको बस्तीमा रहेका धनजनको क्षति हुने क्रम पनि

बढ्दो छ । समुद्रमाथि चल्ने हावाले समुद्र सतहबाट पानीको बाफ पनि बटुल्छ र त्यस्तो वाष्पयुक्त हावाले जमिनमाथि आएपछि भारी वर्षा गराउदछ फलत बाढी र पहिरोको घटनाको समस्यामा वृद्धि हुन्छ । ठूलो आँधी आएको बेला समुद्री तटको बस्तीमा मात्र नभई महाद्विपको भित्री भूभागसम्म पनि क्षति पुऱ्याउने गरेको छ । सन २०१४ को अक्टोबर महिनाको दोश्रो र तेश्रो हप्तामा बंगालको खाडीमा आएको आँधीको प्रभाव नेपालसम्म आइपुगेको थियो र यसले नेपालको हिमाली क्षेत्रमा, खासगरी अन्नपूर्ण हिमाल क्षेत्रमा धनजनको क्षति गराएको थियो ।

८.४.३ अतिवृष्टि तथा अनावृष्टिका घटनाहरूमा परिवर्तन

वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि भएपछि हावाले पानीको बाफ वा कणलाई धानेर राख्न सक्ने क्षमता बढ्छ । त्यसैले तापक्रम बढेको हावामा सापेक्षिक आर्द्रता १००% वा शितबिन्दु (dewpoint) पुग्न तापक्रम कम भएको हावाको तुलनामा बढि समय लाग्छ । फलतः पानी पर्ने घटनाको बीचको समयान्तर लामो हुन सक्छ अर्थात् पानी नपर्ने घटना या सुख्खाको समय लामो हुन सक्छ । उच्च तापक्रम भएको हावामा पानीको बाफ पनि बढि हुने भएकोले सो बाफ वर्षाको रुपमा खस्दा यसले मुसलधारे वर्षाको रुप लिन्छ ।

चित्र १६: साधारण Psychrometric chart



प्रस्तुत psychrometric चार्टमा (चित्र १६ मा) “Y” एक्सिस अथवा ठाडो रेखामा प्रति एक केजी सुख्खा हावाले थेक्न सक्ने पानीको मात्रा देखाइएको छ भने “X” एक्सिस अथवा तेर्सो रेखामा हावाको तापक्रम °से मा देखाइएको छ। ती दुईको बीचको बक्र रेखाहरूले सापेक्षिक अर्धता (%) देखाइएकोछ। जुन बिन्दुमा तापक्रमको रेखा र १००% सापेक्षिक आर्द्रताको रेखाको (वक्र रेखा) बीच मिलन हुन्छ, त्यो बिन्दुको सिधा बाँया “Y” एक्सिस अथवा ठाडो रेखामा तत् अवस्थामा एक केजी हावाले थेक्न सक्ने पानीको मात्रा देखाउछ । सो चार्टबाट निम्न तालीका बनाई संक्षिप्त बुझाई गर्ने प्रयास गरिएको छ ।

तालिका २१: विभिन्न तापक्रममा प्रति एक केजी सुख्खा हावाले थेग्न सकिने पानीको मात्रा

हावाको तापक्रम (°से)	एक केजी हावाले धान्न सक्ने पानीको मात्रा (के.जी. प्रति के.जी. सुख्खा हावा)	प्रति ५°से वृद्धि हुँदा हावाको क्षमतामा वृद्धि (के.जी. प्रति के.जी. सुख्खा हावा)
१०	०.००८	
१५	०.०११	०.००३
२०	०.०१५	०.००४
२५	०.०२०	०.००५
३०	०.०२७	०.००७
३५	०.०३७	०.०१०

तालीका २१ मा हावाको तापक्रम १०° से हुंदा प्रति के.जी. हावाले झण्डै ०.००८ के.जी. पानीको बाफ वा कण धान्न सक्ने क्षमता देखाउछ भने १५° से हुंदा सो क्षमता ०.०११ के.जी. प्रति के.जी. हावा हुन्छ। यहाँ हावाको तापक्रम ५° से बढ्दा यसको पानी धान्न सक्ने क्षमता ०.००३ के.जी. ले वृद्धि भएको देखाउछ। जब हावाको तापक्रम २०° से हुन्छ सो क्षमता ०.००४ के. जी. हुन्छ । यसरी वायुमण्डलको तापक्रम बढ्दै जाँदा प्रति केजी हावाले पानीको बाफ धान्न सक्ने क्षमता पनि बढ्दै जाने भएकोले सापेक्षिक आर्द्रता १००% पुग्न ढिलो हुन्छ र जब शितबिन्दु (१००% आर्द्रता) मा पुगी वर्षा हुन थाल्छ तब हावामा पानीको मात्रा धेरै भएकोले मुसलधारे वर्षा हुन थाल्छ । वर्तमान जलवायु परिवर्तनको अवस्था पनि वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि हुदै गएकोले सुख्खाको अवधि लम्बिने र वर्षा हुदा मुसल्धारे वर्षा हुने प्रवृत्तिमा वृद्धि हुनु स्वभाबिक हो र वायुमण्डलको तापक्रमको वृद्धिसँगै यस्तो घटनाक्रम वृद्धि हुदै जाने पनि निश्चित छ। त्यस्तो गहन वर्षाले बाढी

र पहिरोको घटनामा वृद्धि गराउँदछ । सुख्खा समयको अन्तरालको अवधि पनि बढ्दै जान्छ र कहिलेकाहीँ महिनौं दिन पनि सुख्खा वा खडेरी हुन सक्छ ।

८.४.४ कुहिरो तथा बादल लाग्ने घटनामा परिवर्तन

हावामा तैरिरहेको पानी वा बरफको राश वा थुप्रो वा झुण्ड नै बादल हो । हावाको सापेक्षिक आद्रता १००% पुगेपछि हावामा भएको पानीको बाफ स–साना पानीको कण वा बरफमा परिणत हुन्छ जसले गर्दा हावाको पारदर्शिता वा दृश्यता (visibility) कम हुन्छ । यस्तो अवस्था जमिनको सतहमा भयो भने कुहिरो भनिन्छ र माथि आकाशमा भयो भने बादल भनिन्छ । अलि न्यानो हावामा पानीको बाफ थपिदै गएमा वा हावा चिसिदै गएमा हावाको सापेक्षिक आद्रता १००% पुग्छ र हावामा भएको पानीको बाफ साना साना पानीको कण वा बरफमा परिणत हुन्छ जसले हावाको पारदर्शिता वा दृश्यता (visibility) कम गराउछ ।

वर्तमान जलवायु परिवर्तनको कारण वायुमण्डलको तापक्रम बढ्दै गएको अवस्थामा स्थान विषेश र समय विषेशमा देख्दै गरेको कुहिरो तथा बादल अब सोहि स्थानमा, सोहि समयमा नदेखिन सक्छ र पहिला नदेखिने स्थान र समयमा अब कुहिरो वा बादल देखिन सक्छ । यस्तो परिवर्तनको बहुआयमिक असरहरू पर्न सक्छन् जस्तै हावाईजहाज उडानमा, सतहमा गुड्ने रेल गाडीमा, बाली बिरुवा वा पशुपंक्षीमा लाग्ने रोग वा किरा वा शीत तथा वर्षा हुने प्रकृया, आदिमा असरहरू पर्न सक्छन् जसको अन्य बृहत प्रभावहरू हुन्छन् ।

८.५ जलवायु परिवर्तनको प्राकृतिक प्रणालीमा असर

जलवायु परिवर्तनको असर प्राकृतिक श्रोतहरू जस्तै पानी, बोटबिरुवा, जीवजन्तु तथा विभिन्न प्राकृतिक प्रणालीहरूमा पर्दछ । यी प्राकृतिक प्रणालीमा पर्ने असरलाई यहाँ संक्षिप्त जानकारी गराउने प्रयास गरिएको छ ।

८.५.१ जलभण्डार तथा जलश्रोतमा असर

जलभण्डार वा जलश्रोत भन्नाले हिउ, हिमनदि, खोला, ताल, पोखरी, सिमसार, समुन्द्र, भुमिगत पानी, आदिलाई जनाउदछ । जलवायु परिवर्तनले यी जलभण्डार वा जलश्रोतमा प्रत्यक्ष असर पुऱ्याउँदछ । तापक्रम वृद्धिले गर्दा ध्रुवीय तथा उच्च पहाडी भूभागहरू जस्तै एशियाको हिमाल, दक्षिण अमेरिकाको एन्डीज, यूरोपको आल्प्स, आदिमा अवस्थित हिउँ तथा हिमनदी पग्लिएको छ । त्यसको दोश्रो चरणको

असर चाहि ती हिउँ तथा हिमनदीबाट बग्ने पानीको मात्रा, गुण र समयमा फरक आएको छ । तापक्रम वृद्धि भएपछि हिउँ थपिने भन्दा पग्लिएर जाने दर बढी हुनाले सुरुका वर्षहरूमा खोलामा पानीको मात्रा बढ्ने वैज्ञानिकहरूको भनाई छ। गर्मी ऋतु छिटो सुरु हुने भएकोले हिउँ तथा हिमनदीबाट बग्ने खोलाहरू पनि छिटो बढ्ने र ढिलोसम्म रहने गर्छ । तर जब हिउँ र हिमनदीको मात्रा कमी हुदै जान्छ, त्यसपछि खोलामा पानीको मात्रा पनि कम हुदै जान्छ । साथै हिउँ भएका पहाडको फेदीमा निस्कने पानीको मूलहरू पनि सुक्छन् जसले गर्दा त्यस्ता पानीको श्रोतमा आश्रृत गाउँ, बस्ती तथा समूदायलाई खाने पानी तथा सिंचाई पानीको अभाव हुन्छ। यसले त्यस क्षेत्रको बोटबिरुवा र त्यसमा आश्रृत जीवजन्तुलाई पनि नकरात्मक असर पार्दछ । एक अध्ययनले गंगा नदीको शिरानमा हिउँ पग्लेर आउने पानीको मात्रा एकाईसौं शताब्दीको पहिलो दशकहरूमा बढ्ने र दोश्रो खण्डको दशकहरूमा घट्दै जाने देखाइएको थियो (Rees et.al, 2004) । यो हिउँ पग्लिने, पानीको बाहव बढ्ने र घट्ने प्रकृया खोला वा स्थान विषेश र समय (वर्ष) मा पनि भर पर्छ। कुनै खोलामा हिउँ पग्लेर पानी बढ्दै गएको हुन सक्छ भने सोहि समयमा कुनैमा सुक्दै गएको अवस्थामा पुग्न पनि सक्छ र कुनैमा पग्लिने प्रकृया सुरु नभएको पनि हुन सक्दछ। त्यस्तै एउटै खोलामा पनि ऋतु अनुसार फरक हुन सक्छ । त्यही खोलामा हिउँद ऋतुमा पानी बढ्ने र वर्षा ऋतुमा पानी घट्ने अथवा बिपरीत हुन सक्छ। जुन नदिको पानी अधिक मात्रामा हिउँ तथा हिमनदीको गलनबाट प्राप्त हुन्छ, ती नदीहरूलाई जलवायु परिवर्तनले अधिक असर पार्न सक्ने अवस्था रहन्छ ।

पानीको श्रोतमा परिमणात्मक मात्र नभई गुणात्मक असर पनि पुग्दछ । हिमालका फेदीमा हिउँ तथा हिमनदी पग्लिदै गएपछि जमिन वा माटो बाहिर खुला निस्कन्छ, साथै जमिन भित्रको हिउँ (permafrost) पग्लेपछि हिमाली भेगमा हिउँ भएको ठाउँमा जमिन भासिने र पहिरो जाने प्रकृयामा वृद्धि हुन्छ। यसले गर्दा पानीमा माटो, बालुवा, गिट्टी, आदिको मात्रा बढ्न गई पानीको धमिलोपनमा वृद्धि हुन्छ र त्यस्ता खोलाहरूमा बालुवा, गेगर आदि जम्न गई खोला किनारको बस्ती तथा कृषिभूमीलाई नोक्सान हुने गरी बाढीहरू आइरहन सक्छ (IPCC, 2014d) । गर्मीको अवधि बढेसँगै यो धमिलोपनको समय पनि छिटो सुरु हुने र ढिलोसम्म रहन गई धमिलो पानीको अवधि पनि लम्बिन्छ ।

वायुमण्डलको तापक्रम बढ्दै गएपछि समतापक्रम रेखाको (isothermal line) उचाई तथा अक्षांश पनि सर्छ । उदाहरणकोलागि नेपालको सन्दर्भमा तराईको ६० देखि २०० मिटरको उचाईमा हुने तापक्रम औसतमा एक डिग्री तापक्रम बढेमा २००

मिटरभन्दा माथि सर्छ अर्थात् तराईमा (६० देखि २०० मिटरको उचाई) हुने औसत तापक्रम २६० देखि ४०० मि को उचाईमा चढ्दछ । त्यस्तै नेपालको स्थायी हिम रेखा ५,००० मि. मा हुने तापक्रम पनि माथि सर्छ जसको कारण त्यस उचाईमा हुने हिउँ तथा हिमतालहरू पग्लिन्छन् र हिमरेखा पनि सो भन्दा माथिल्लो उचाईमा सर्छ, उचाईमा भएको हिउ पनि पग्लिन्छ र हिमालमा भएको हिउँको मात्रा घट्ने र हिउँ पग्लेर बग्ने नदीको बहावमा परिवर्तन र बिचलन आउँछ । हिमरेखा माथिल्लो उचाईमा सर्दै गएपछि हिउँको गहिराई पनि पातलिदै गई सञ्चित हिम भण्डारणमा कमी भएर जाने वैज्ञानिकहरूले प्रतिवेदन गर्दै आएका छन् ।

त्यस्तै अक्षांशको हिसाबले पनि ध्रुवीय क्षेत्रमा तापक्रम बढ्दै जान्छ जसको कारण त्यस क्षेत्रमा रहेको बाह्रमासे हिउँ पनि पग्लिन्छ र सो स्थानको हिउँको राश (mass) र त्यसले ओगट्ने क्षेत्रफल घट्दै जान्छ ।

वर्षाको प्रवृत्तिमा परिवर्तन आएपछि जमिनबाट निस्कने पानीको मूलमा पनि असर पर्छ । जलवायु परिवर्तनको कारण भारी वर्षाको घटनामा वृद्धि हुँदा सोहि दरमा आकाशको पानी जमिनले सोस्न सक्दैन र धेरैजसो पानी भल र बाढी भएर सतहबाटै बगेर जान्छ । अर्कोतिर सुख्खा अथवा पानी नपर्ने अवधि लामो भएपछि जमिन लामो समयकोलागि सुख्खा रहन्छ । यी दुबैको कारण भूमिगत पानीको सञ्चितिमा कमी आउँछ जुन बर्षैभरि मूलको रूपमा निस्किन्छ । फलस्वरुप पानीको मूलहरू सुकेर जाने सम्भवना रहन्छ र यस्ता घटनाहरू भइरहेका पनि छन् ।

भूमिगत जलश्रोतको तह पनि गहिरिदै जान सक्ने सम्भावना रहन्छ र सो पानी प्राप्त गर्न ईनार वा पम्पका पाईपहरू अझ गहिरो खन्न वा गाड्नु पर्ने अवस्था हुन्छ र पानी निकाल्न थप मिहेनत वा पम्प चलाउन थप विद्युत खर्च गर्नु पर्दछ । विषम अवस्थामा भूमिगत पानी नै सुकेर जान पनि सक्छ । यो अधिक प्रयोगले पनि हुन सक्दछ । तर अधिक प्रयोग हुने र जमिनमा थोरै पानी सोसिने अवस्था भएपछि भूमिगत पानीको श्रोत द्रुतगतिमा ह्रास हुँदै अथवा घट्दै जान्छ ।

जल श्रोत तथा जलभण्डारमा जलवायु परिवर्तनको असरको अर्को महत्वपूर्ण क्षेत्र चाहीँ सिमसार क्षेत्र हो । वायुको तापक्रम वृद्धिले गर्दा तालतलैया तथा पोखरीहरूमा जमेर रहेको पानीबाट बढि वाष्पिकरण हुन्छ भने अर्कोतिर यी पानीका भण्डारहरूमा थपिने श्रोतहरू सुक्दै जाँदा एकातिर तिनमा भएको पानीको मात्रा घट्छ भने अर्कोतिर त्यस्ता श्रोतहरूको सङ्ख्या नै घट्छ अर्थात् भएको तालहरू सुक्दै जाँदा तालहरूको सङ्ख्या नै घट्छ । असरको अर्को पक्ष भनेको ती सिमसार क्षेत्रमा जाने पानीमा बालुवा, माटो, गिट्टी आदिको मिश्रण पनि बढ्ने भएकोले त्यस्ता ताल

तलैयाहरू चाँडै नै पुरिएर लोप हुन्छन भने पानीको तापक्रम बढ्ने र त्यसमा भएको लवण वा घुलिएर रहने तत्वहरूको अनुपातमा पनि परिवर्तन आई त्यस्ता सिमसार क्षेत्रमा रहने जीव तथा वनस्पति (जैविक विविधता) मा पनि नकरात्मक असर पर्न गई लोप तथा विस्थापित हुन्छन् ।

यसरी जलवायु परिवर्तनको असरले गर्दा खानेपानी, जलविद्युत, सिँचाई तथा मानिस, पशुपंक्षी र वनस्पतिलाई दैनिक आवश्यक पानीको श्रोत कम हुने र पानीको गुणमा ह्रास आउने अवस्था हुन्छ । नेपालको सन्दर्भमा जलवायु परिवर्तनले जलविद्युतमा पर्ने असरलाई आंकलन गर्दा हलको अवस्थामा गाह्रस्त उत्पादनको वार्षिक करीब ०.१% ले असर हुने र अति विषम परिस्थितिमा यो असर ०.८% सम्म पुग्ने एक अध्ययनले देखाएको छ (IDS-Nepal, PAC and G-CAP. 2014) ।

८.५.२ समुद्री पारिस्थितिय प्रणालीमा असर र समुद्री सतह बढ्ने वा उकासिने

जलवायु परिवर्तनको कारण समुद्री पानीको परिमाणमा दुई कोणबाट असर पर्छ। पहिलो विश्व तापमान वृद्धिले गर्दा समुद्रको तापक्रम पनि बढ्छ। वायुमण्डलमा भएको ताप, पृथ्वीको सतहमा भएको पानी तथा जमिनसँग साटासाट हुन्छ। समुद्री पानीले सिधा सौर्य विकिरणबाट पनि ताप प्राप्त गर्दछ। यसले गर्दा समुद्री पानीको तापक्रममा वृद्धि हुन्छ । पानीको तापक्रम बढेपछि यसको आयतन बढ्छ । दोश्रो हिमाली तथा ध्रुवीय क्षेत्रमा रहेको हिउँ पग्लेर समुद्रमा थपिएपछि समुद्री पानीको मात्रा वा आयातनमा वृद्धि हुन्छ। यी दुबैको कारण समुद्री सतहको उचाई उठ्छ। समुद्री सतहको उचाईको वृद्धिले गर्दा समुद्री तट डुबानमा पर्छ, समुद्री छालहरूले तटिय क्षेत्रको धेरै क्षेत्रफलमा असर गर्छ र त्यस क्षेत्रको आर्थिक तथा जनजीवनमा नकरात्मक असर पार्दछ। प्रतिवेदन अनुसार सन् १९०१ – २०१० सम्म समुद्री सतह को औसत उचाई २०१.९ मिमि वृद्धि भएको छ। यो भनेको औसत १.७३ मिमि प्रति वर्षको वृद्धि हो (Fox-Kemper et. al. 2021) ।

आईपिसिसि को २०२१ को प्रतिवेदनमा निम्न समयमा निम्न गतिमा समुद्रको सतह बढेको प्रस्तुत गरिएको छ ।

तालिका २२: सन १९०१ देखि समुद्री सतहको उचाईमा भएको वृद्धि

समयावधि (सन मा)	यस अवधिमा कूल समुद्री सतहको उचाई बढेको (मिमि)	यस अवधिको प्रति वर्ष वृद्धि दर (मिमि)
१९०१ देखि १९९० सम्म	१२०.१	१.३५
१९७१ देखि २०१८ सम्म	१०९.६	२.३३
१९९३ देखि २०१८ सम्म	८१.२	३.२५
२००६ दृखि २०१८ सम्म	४३.३	३.६९
१९०१ देखि २०१८ सम्म	२०१.९	१.७३

श्रोत: Fox-Kemper et. al. 2021

तालिका २२ बाट के देखिन्छ भने सन १९०१ को सुरुको दशकहरूमा समुद्री सतह बढ्ने गति वा क्रम कम थियो, तर पछिल्ला दशकहरूमा सो गतिमा वृद्धि हुदै गएको छ । त्यस्तै सन २००० को पहिलो दशकमै यो गति अझ बढेको देखिएको छ ।

विभिन्न मोडेलहरू (अध्ययन नमूनाहरू) प्रयोग गरेर आईपिसिसिले भविष्यमा वृद्धि हुने समुद्री सतहको सम्भावित परिदृश्यहरूको प्रक्षेपण गरेको छ । एक प्रक्षेपण विधिअनुसार आउँदो सन २०३० सम्म ०.०९ देखि ०.१ मि, २०५० सम्म ०.१८ देखि ०.२३ मि, २०९० सम्म ०.३५ देखि ०.६३ र २१०० सम्म ०.३८ देखि ०.७७ मि समुद्री सतह वृद्धि हुने परिदृश्य देखिएको छ (Fox-Kemper et.al. 2021) । यसबाट समुद्री तटका शहर बस्तीहरूमा डुबान हुने र समुद्री छालको समस्या र यसको आवृत्ति पनि बढ्दै जाने अनुमान गरिएको छ ।

समुद्री पानीको तापक्रममा वृद्धि भएपछि पानीको लवण घुलन क्षमतामा पनि वृद्धि हुन्छ । पानीमा घुलेर रहेका ग्याँस तथा लवणको अनुपातमा पविर्तन आउछ । त्यसको फलस्वरुप समुद्री पानीको गुणस्तरमा परिवर्तन आउछ र समुद्रमा उपस्थित जीवजन्तु तथा वनस्पतिलाई असर पर्छ । तिनीहरूको प्रजनन्, उत्पादन तथा उत्पादकत्वमा असर पर्न जान्छ । समुद्री वातावरणमा परिवर्तन आएपछि त्यहाँको पारिस्थितिय प्रणालीमा पनि परिवर्तन आउने भएकोले कतिपय समुद्री जीव तथा वनस्पतीहरू अस्तित्वको संकटमा पुग्छन् ।

८.५.३ वनस्पतिको पालुवा पलाउने, फुल्ने तथा फल्ने समयमा असर

वनस्पतिको पालुवा पलाउने, फुल्ने तथा फल्ने प्रकृयमा वातावरणको तापक्रम तथा सौर्य प्रकाशको अवधिले भूमिका खेल्दछ । यी प्रकृया सञ्चालन हुन कुनै वनस्पतिलाई न्यानो चाहिन्छ भने कुनैलाई चिसो चाहिन्छ, त्यस्तै कुनैलाई छोटो प्रकाश दिन त कुनैलाई लामो प्रकाश दिनको आवश्यकता पर्दछ । हालको जलवायु परिवर्तन अर्थात् विश्वब्यापी उष्णिकरणले खास गरी तापक्रमप्रति सम्वेदनशील वनस्पतिलाई असर गर्दछ । वायुमण्डलको तापक्रम वृद्धि भएपछि चिसो तापक्रमको आवश्यकता पर्ने वनस्पतिलाई चिसो तापक्रम पुग्दैन । फलतः तिनमा फूल फुल्ने र फल लाग्ने प्रकृया हुन पाउदैन वा तिनको फूल फुल्ने र फल लाग्ने प्रकृयामा बिचलन आउछ । स्याउ, नास्पती, आरु, आरुबखडा, आदि शितोष्ण फलफुललाई फूल फक्रन केहि निश्चित समय वा घण्टा चिसो (१०° से भन्दा तल) तापक्रमको आवश्यकता पर्दछ । वायुमण्डलको तापक्रम बढेपछि त्यस्ता वनस्पतिले सो न्युनतम तापक्रम पाउन सक्दैनन्, फलतः फूल फुल्दैन र फल उत्पादन गर्न सक्दैनन् । यदि यस्तो फलफूलको बगैचा ठूलो क्षेत्रमा भएको अवस्था छ र फल नलाग्ने समस्या भयो भने ठूलो नोक्सान पर्न सक्ने सम्भावना रहन्छ । उष्णिकरण (तापक्रम वृद्धि) को कारण साबिकको समयभन्दा अगाडि नै हावाको तापक्रम बढिसकेको हुदा न्यानो तापक्रम चाहिने वनस्पतिमा साबिकको समयभन्दा अगावै फूलफुल्ने र फल लाग्ने प्रकृया हुन सक्छ वा त्यस्ता समयमा बिचलन आउन सक्छ ।

साबिकको स्थानमा हावापानी परिवर्तन भई उपयुक्त वातावरण नभएपछि वनस्पतिका प्रजातीहरू सो स्थानबाट लोप भएर जाने र सो स्थानमा अन्य प्रजातीकोलागि उपयुक्त हावापानी श्रृजना भएपछि नयाँ प्रजातीका बोटबिरुवा देखा पर्न सक्दछ । खासगरी चिसो हावापानी भएको स्थानमा न्यानो भएपछि न्यानो ठाउको वनस्पति त्यस स्थानतिर सर्दछ । नेपालमा पनि तराईमा पाईने वनस्पति पहाडतिर र पहाडमा पाईने वनस्पति हिमालतिर सर्नसक्छ । हिमाली भेगमा हिउँ पग्लेर जमिन निस्केपछि त्यस स्थानमा बिरुवा उम्रने र बनको क्षेत्र माथिमाथि सरेको पाइएको छ । यसबाट तल्लो भेगको वनस्पति माथि सर्दै जाने र सबैभन्दा माथि उचाईमा पाइने वनस्पतिको लागि त्यस स्थानभन्दा अझमाथि जाने ठाउ नहुँदा बिस्तारै लोप भएर जान सक्ने सम्भावना रहन्छ ।

बिरुवा र जीवहरूमा तापक्रम वृद्धिको कारण उचाईतिर सर्दै गएपनि, सो नयाँ स्थानमा अन्य उपयुक्त वातावरणीय परिस्थिति विद्यमान छैन भने तिनीहरू त्यस्ता नयाँ स्थानमा प्रतिस्थापन अथवा बाँच्न सक्दैनन् । तापक्रम उपयुक्त भए

पनि आवश्यक माटोको चिस्यान, वा माटोमा हुनु पर्ने तत्वहरू भएन भने बिरुवा र जीवहरू बाँच्न सक्दैनन् र लोप भएर जान सक्छन् ।

८.५.४ जीवहरूको बसाइँ सराइ तथा प्रजननमा असर

वनस्पतिको पालुवा लाग्ने, फूल फुल्ने तथा फल लाग्ने समयमा परिवर्तन आएपछि त्यसमा निर्भर हुने चराचुरुङ्गी तथा जीवजन्तुको कृयाकलापमा पनि परिवर्तन आउन सक्छ । तिनको बसाइँ सराइ र प्रजननको समयमा परिवर्तन आउन सक्छ । कुनै ठाउँमा, कुनै खास समयमा देखिने खास जीव सोहि स्थानमा सोहि मितिमा नदेखी फरक मितिमा देखिन सक्छ, अथवा देखिरहेको र पाइरहेको चराचुरुङ्गी तथा जीव जन्तु सो स्थानबाट हराएर जाने र नयाँ चराचुरुङ्गी तथा जीवजन्तु सो स्थानमा आउन सक्ने सम्भावना रहन्छ । कुनै खास स्थानमा आइराख्ने वा गइराख्ने चरा वा जीवजन्तु सो स्थानको जलवायु परिवर्तन भएपछि उसकोलागि प्रतिकूल हुन्छ र जान वा आउन बन्द हुन्छ । उसले स्थान परिवर्तन गर्छ र नयाँ स्थानमा जहाँ जलवायु अनुकूल हुन्छ सो स्थानमा ती चरा वा जन्तु सो स्थानकोलागि नयाँ चरा वा जन्तुको रुपमा देखिन थाल्छन् ।

चिसो स्थानमा न्यानो हुदै गएपछि वनस्पति जस्तै चराचुरुङ्गी तथा जीव पनि न्यानो स्थानबाट त्यस तर्फ सर्दै जान्छन् । नेपालको सन्दर्भमा तल्लो भेगमा पाइने जीवजन्तु माथि पहाडतिर र पहाडको जीवजन्तु हिमालतिर सर्दै जान सक्छ । सबैभन्दा माथि हिमाली भेगमा अवस्थित जीवजन्तु सो स्थानभन्दा अझ माथि सर्ने ठाउ नहुने र बसिरहेको स्थानमा तापक्रमको वृद्धिका कारण बस्न नसक्ने अवस्थाले गर्दा लोप भएर जाने सम्भावना रहन्छ ।

सुक्ष्म जीवहरू जस्तै जीवाणु (bacteria) र बिषाणु (virus) र साना वनस्पति तथा जीवहरू जलवायु परिवर्तनप्रति अति सम्वेदनशील हुन्छन् र तिनीहरूलाई बढि र छिटो असर र प्रभाव पार्न सक्छन् ।

८.६ जलवायु परिवर्तनको मानवीय प्रणालीमा असर

प्राकृतिक प्रणालीमा जलवायु परिवर्तनको असर परेपछि त्यसले अन्ततोगत्व मानवीय प्रणालीमा असर पार्दछ । मानवीय प्रणालीमा विशेष गरी बिकास निर्माणको गतिविधि तथा प्रत्यक्ष मानव शरीरमा देखिने असरलाई यहाँ संक्षिप्त प्रस्तुत गर्न कोशिस गरिएको छ ।

८.६.१ भौतिक संरचनामा असर

भौतिक संरचना भन्नाले बाटो, पूल, ढल, कूलो, नहर, घर, मन्दिर, गुम्बा, खानेपानी, विद्यालय, आदि मानव निर्मित संरचनालाई जनाउदछ। खास गरी बाढी र पहिरोको घटनामा वृद्धि भएपछि यी संरचनाहरूको क्षति तथा नोक्सानीमा वृद्धि हुन्छ। भौतिक रुपमा क्षति पुऱ्याउनुको साथै यिनीहरूको गुणात्मक क्षमतामा प्रतिकूल असर पर्दछ । जस्तै यस्ता संरचनाहरू कमजोर भई तिनको आयु कम हुने, ढल, कूलो, नहर तथा खानेपानी जस्ता संरचनामा बालुवा, माटो जस्ता पदार्थहरू थुप्री तिनको क्षमतामा ह्रास आउने र तिनबाट पाउने सेवाको गुणमा ह्रास आउने, आदि नकरात्मक असरहरू पर्दछ। तापक्रम वृद्धिले गर्दा यस्ता संरचनाहरूको आयतनमा बिस्तार हुने र खुम्चिने (expansion and contraction) प्रकृयाले गर्दा तिनको आयु छोटिने, जस्ता नकरात्मक असरहरू पर्दछ।

कमजोर घरहरूलाई हावाहुरीले क्षति गर्ने र हिमाली भेगमा हिउँको सट्टा पानी पर्ने घटना बढ्दै गएपछि त्यस क्षेत्रको माटोले बनेका घर तथा गुम्बाहरूमा बढि क्षति हुने गर्दछ ।

जलवायुजन्य प्रकोपबाट हुने बिपदको घटनाहरू पनि बढ्दै गएको अवस्था छ। एक अध्ययन अनुसार पानीजन्य बिपदबाट मात्र नेपालको वार्षिक कूल ग्राह्यस्त उत्पादनको १.५% नोक्सान हुने गर्छ र अति विषम बाढी आएको स्थितिमा यस्तो नोक्सानी कूल ग्राह्यस्त उत्पादनको ५% सम्म पुग्दछ (IDS-Nepal, PAC and G-CAP. 2014) ।

८.६.२ कृषि तथा पशु पालनमा असर

जलवायु परिवर्तनले वनस्पति तथा जीवजन्तुमा असर पर्ने विषयमा यसभन्दा अगाडिको खण्डमा छलफल गरिसकिएको छ। कृषि र पशुपंक्षी पनि यिनै वनस्पति तथा जीवजन्तुको अंग भएकोले तिनमा पनि प्रत्यक्ष तथा परोक्ष असर पर्दछ । अन्नबाली, तरकारी तथा फलफूललाई वर्षात तथा तापक्रममा आउने परिवर्तनबाट तिनको शारीरिक गतिविधिमा असर पार्दछ। अघिल्लो परिच्छेदमा भनिसकिएको छ कि तापक्रमप्रति सम्वेदनशील बिरुवा तथा पशुपंक्षीको फूलफुल्ने, फल लाग्ने तथा बसाई सर्ने जस्ता कृयाकलापमा असर पर्दछ। त्यस्तै जलवायुमा परिवर्तन भएपछि रोगकिराको घटनाहरूमा वृद्धि भई बालीनालीको उत्पादन तथा उत्पादकत्वमा नकरात्मक असर पर्दै गएको छ । केहि वर्ष यता नेपालमा असिना, हावाहुरी तथा हिमपातको घटनामा पनि परिवर्तन आएकोले त्यसले कृषि उत्पादन तथा उत्पादकत्वमा

असर पारिरहेको छ। खडेरीको घटनाहरू पुनरावृत्ति हुँदा कृषि उत्पादनमा नकरात्मक असरहरू परिरहेको छ। विषम जलवायुको अवस्था श्रृजना भएको अवस्थामा कृषिमा प्रत्यक्ष प्रभाव पर्दा राट्रिय ग्राह्यस्त उत्पादनको झण्डै १.९% सम्म नोक्सान परेको देखिएकोछ। भविष्यमा यो प्रभाव वार्षिक राट्रिय ग्राह्यस्त उत्पादनको झण्डै ०.८% हुन सक्ने अध्ययनले देखाएको छ (IDS-Nepal, PAC and G-CAP. 2014)।

जलवायु परिवर्तनबाट घाँस उत्पादनमा असर पर्ने र रोग तथा परजीवीको प्रकोपमा वृद्धि भएपछि पशुपालनमा पनि नकरात्मक असर पर्न जान्छ। तापक्रम वृद्धि भएपछि सुक्ष्म जीव तथा किरा फट्याङ्ग्राहरू बढि सकृय हुन्छन् र तिनीहरूको गतिविधिमा वृद्धि हुन्छ। न्यानो मौसमको अवधि लामो हुने भएकोले सुक्ष्म जीव तथा किरा फट्याङ्ग्राहरूको सकृयता पनि लामो समयसम्म भइरहन्छ। यसबाट बाली, घाँस तथा पशुपंक्षीमा रोग तथा परजीवीहरूको प्रकोप बढ्छन् जसले उत्पादनमा नकारात्मक असर पार्दछ। चिसो स्थानमा न्यानो भएपछि न्यानो स्थानमा पाइने नाम्ले तथा विभिन्न परजीवीहरू पनि त्यस स्थानतिर सर्दै गई पशुहरूमा रोग तथा परजीवीको प्रकोपहरूमा वृद्धि हुने अवस्था आउछ। वार्षिक गर्मी दिन तथा गर्मी रातको सङ्ख्यामा वृद्धि भएपछि रोगजन्य किटाणुहरूको गतिविधि पनि वृद्धि हुन्छ जसको कारण पशुपंक्षीमा रोगको प्रकोपमा वृद्धि हुन्छ। तापक्रम वृद्धिले पशुपंक्षीको शारीरिक गतिविधि (physiology) मा असर पार्छ जसले गर्दा तिनको उत्पादन तथा उत्पादकत्वमा नकरात्मक प्रभाव पर्न जान्छ। पशुहरूको शारीरिक गतिविधिमा असर परेसँगै तिनलाई पानी तथा पोषणतत्वको अधिक आवश्यक पर्न सक्छ र सो को अभावमा शारीरिक गतिविधिमा तनाव वृद्धि भई उत्पादनमा ह्रास आउन सक्छ। वातावरणलाई सहज बनाउन किसान तथा व्यवसायीलाई थप मिहिनत तथा खर्चको भार पर्दछ।

हालैका वर्षहरूमा अधिक हिमपात तथा हिउँ पहिरोले गर्दा नेपालको हिमाली क्षेत्रमा पशुहरू मरेको घटनाहरू पनि बेहोरिदै आएको छ।

जलवायु परिवर्तनको कृषिमा केहि सकरात्मक असरहरूको सम्भावना पनि छन्। चिसो क्षेत्रमा न्यानो बढेपछि खेतीपाती गर्नसक्ने सम्भावना रहन्छ, यसले गर्दा कृषि क्षेत्र तथा कृषि उत्पादन बढाउन सकिने सम्भावना रहन्छ। तापक्रम वृद्धिले गर्दा बोटबिरुवाको वृद्धि पनि छिटोछिटो हुने भएकोले र न्यानो वा गर्मी अवधि पनि बढ्ने भएकोले वर्षमा एउटा बालीको उत्पादन लिइरहेको क्षेत्रमा एकभन्दा बढि बालीको उत्पादन लिनसकिने सम्भावना हुन्छ जसले गर्दा कृषि उत्पादनमा वृद्धि ल्याउँदछ।

८.६.३ पर्यटनमा असर

नेपालको पर्यटन प्रकृति, संस्कृति र ऋतुमा आधारित पर्यटन हो । यस्तो पर्यटनलाई जलवायुमा आउने परिवर्तनले उल्लेख्य असर पार्दछ । हावाहुरी चल्ने, बादल तथा कुहिरो बन्ने प्रकृयामा परिवर्तन आएपछि त्यसले हावाई यातायातमा असर गर्छ र दुर्घटनाहरू बढ्न सक्ने सम्भावना हुन्छ अथवा यातायात तथा उडानहरू रद्द हुने सङ्ख्यामा वृद्धि हुन्छ, जसले पर्यटकको भ्रमण र अपेक्षामा असर पार्दछ, पर्यटकको सङ्ख्यामा ह्रास ल्याउँछ र व्यवसायमा लाग्नेहरूको नोक्सानी बढाउँदछ। त्यस्तै सतह यातायातको संरचनाहरूमा बाढीपहिरोले बिगार गर्ने र भत्काउने, बेमौसमी हावाहुरी, वर्षा, हिमपात, आदिको वृद्धिले गर्दा पर्यटकको हिँडडुल तथा दृष्यावलोकनमा अवरोध ल्याउने काम गर्दछ ।

वायुमण्डलको तापक्रम बढ्दै गएपछि हिमालको हिउँ पग्लिने, हिमालमा हिउँभन्दा कालो ढुङ्गा अधिक देखिने र हिमालको सौन्दर्य र आकर्षणमा ह्रास आउने प्रकृयाले गर्दा पर्यटकले पूर्ण सन्तुष्टि लिन सक्ने अवस्था रहदैन । पर्यटकलाई लोभ्याउने अन्य प्राकृतिक आकर्षण जस्तै बोटबिरुवाको फूल फुल्ने वा बन्यजन्तुको व्यवहारमा परिवर्तन आई पर्यटकको अपेक्षा अनुसार नहुन सक्छ । पर्यटककोलागि बढ्दो आकर्षणमा रहेको साहसिक जल यात्रा मानव गतिविधि तथा जलवायुको परिवर्तनको असरले गर्दा नदीहरू धमिलिने, दुषित तथा प्रदुषित भई यस क्षेत्रको पर्यटनमा नकरात्मक असर पनि परिरहेकाछन् ।

पर्यटकको अर्को आकर्षण भनेको सांस्कृतिक तथा धार्मिक स्थलहरू हुन् । हिउँको साटो पानी पर्न थालेपछि हिमाली भेगका माटोले बनेका गुम्बा तथा घरहरू भत्किने जोखिममा छन्, जुन त्यस क्षेत्रको आपर्षण हुन् । अन्य धार्मिक तथा सांस्कृतिक संरचना तथा गतिविधिहरूमा पनि जलवायु परिवर्तनको उति नै नकरात्मक असरको सम्भावना छ जसको कारण पर्यटकीय गतिविधिमा नकरात्मक असर पर्न सक्छ ।

नेपालमा मुख्य दुईवटा पर्यटन ऋतु छन्, बसन्त ऋतु र शरद ऋतु । त्यसमा पनि शरद ऋतुमा अलि बढि बिदेशी पर्यटक आउँछन् । तर बिगत केहि वर्षयता मन्सूनी वर्षा लम्बिएर पर्यटनको समय सुरु भईसक्दा पनि वर्षा भइरहने प्रकृति देखिएको छ । यसले गर्दा पर्यटनमा केहि असर परेको देखिएको छ । तर यो प्रवृत्ति अस्थायी हो या स्थायी सो बुझ्नलाई अझ केहि समय हेर्न आवश्यक छ ।

जलवायु परिवर्तनको केहि सकरात्मक असर वा प्रभाव पर्यटन क्षेत्रमा अपेक्षा गर्न सकिन्छ । जस्तै हिउँदको बेला चिसोले गर्दा पर्यटक सङ्ख्यामा केहि कमी आउछ । तर वायुमण्डलीय तापक्रम बढेर हिउँदे ऋतु केहि न्यानो भयो भने हिउँदमा

पनि साबिकको भन्दा केहि बढि पर्यटक आउन सक्ने सम्भावना रहन्छ । तर हाल यस्ता प्रकारको असरहरू वा सम्भावनाहरूको बारेमा त्यति अध्ययनहरू भएको देखिदैन ।

८.६.४ जिविकोपार्जनमा असर

कृषि तथा गैरकृषिमा आधारित जीविकोपार्जनमा जलवायु परिवर्तनको असर पर्दछ । यसले खास गरी प्राकृतिक वातावरणमा आधारित जीविकोपार्जन, जस्तै कृषिलाई अधिक असर पार्छ । दोश्रो तहमा जैविक कच्चा पदार्थमा आधारित उद्योग तथा व्यवसायलाई असर पार्छ । उदाहरणकोलागि उखुमा अधारित चिनी कारखाना, जुटमा आधारित धागो कारखाना, सुर्तीमा आधारित चुरोट कारखाना, ऊनमा आधारित गलैचा कारखाना, आदि र ती कारखानाहरूमा आश्रित मज्दुरहरूको जीविकोपार्जनमा असर पार्छ । त्यस्तै दुधमा आधारित दहि, चीज, आदिको व्यवसायलाई नकरात्मक असर पर्दछ । र यस्तो कच्चा पदार्थबाट उत्पादित सामाग्रीको व्यापार तथा सेवा ब्यबसयमा त्यसको असर पुग्न जान्छ । जलवायु परिवर्तनबाट प्रत्यक्ष असर नहुने जस्तै खनिज पदार्थ ढुंगा, गिटी, बालुवा, आदिमा आधारित व्यवसायहरू तत्काल उल्लेख्य असर नदेख्न सक्छ, यद्यापि दीर्घकालमा सबै प्रकारको जीविकोपार्जनको उपायहरू कुनै न कुनै कोणबाट धेरै वा थोरै, अलि छिटो वा अलि ढिलो असर पुग्दछ ।

बाढी पहिरोका कारण खोला वा खोलाको किनार वा सतहमा गिट्टी बालुवाको मात्रामा वृद्धि भएको छ । यसले एकातिर नकरात्मक असर पारेको छ भने अर्कोतिर सो संकलन गरी जीविकोपार्जन गर्ने व्यक्ति, समूह वा उद्योगलाई केहि फाइदा पुऱ्याएको छ ।

नेपालको परिप्रेक्ष्यमा दुईतिहाई जनसङ्ख्याको जिविकोपार्जनको माध्यम भनेको कृषि नै हो । कृषि जलवायु परिवर्तनप्रति अति सम्वेदनशील भएकोले यसले अधिकांश नेपालीको जीविकोपार्जनमा प्रत्यक्ष असर पार्दछ । यस्तो असरले समग्रमा उत्पादनमा ह्रास ल्याई जीवन धान्न गाह्रो बनाउछ । खाना तथा बेचबिखन गर्न उत्पादन गर्न नसकेपछि बैकल्पिक जीविकोपार्जनको उपायहरूको खोजी गर्नु पर्ने बाध्यता हुन्छ जुन प्रायः गैरकृषि जस्तै सेवा, व्यवसाय, व्यापार, वा बैदेशिक रोजगारीमा जानु पर्ने बाध्यता श्रृजना हुन्छ । कतिपय अवस्थामा जलवायु परिवर्तनको कारण तत्स्थानमा जीविकोपार्जन कठिन भएपछि सो स्थानमा बस्न कठीन हुन्छ र स्थायी रुपमा बसाई सर्नु पर्ने बाध्यता आउछ ।

समुद्री तटमा बसोबास गर्ने समूदायकोलागि समुद्रको सतह बढेसँगै खासगरी

तटीय क्षेत्रमा पाइने माछा र समुद्री श्रोतमा आधारित व्यवसायमा असर पर्छ। समुद्री पानीको तापक्रम र सो पानीको कार्बनडाईअक्साईडको घनत्व बढेपछि र अन्य लवणहरूको मात्रामा परिवर्तन आएपछि, समुद्री किनारको माछा लगायत त्यहाँ पाइने जैविक विविधतामा असर पर्छ जसको कारण सोमा आधारित जीविकोपार्जनमा असर पुग्न जान्छ। तापक्रम वृद्धिले गर्दा जीविकोपार्जनको आधारका रुपमा रहेको कतिपय जैविकविविधताहरू लोप भएर जाने र अनावश्यक जैविकविविधताको मात्रामा वृद्धि हुने गर्दछ। यसको सबभन्दा अधिक असर अति सम्वेदनशील श्रोतहरूमाथि निर्भर जीवन यापन गरीरहेका समूदायमाथि पर्दछ (Heron et al. 2017)।

ध्रुवीय क्षेत्रमा रुखको क्षेत्र अझ ध्रुवतिर सरेको र अधिकांश स्थानमा हिउँले ढाकेको जमिन बाहिर निस्केको छ। यो क्रम जारी रहने र जंगल तथा जमिनको क्षेत्रफल बढ्दै जाने अनुमान गरिएको छ। ध्रुवीय क्षेत्रमा परेको असरले गर्दा अमेरिकाको आलस्का राज्यका केहि आदिवासीहरूलाई पुनर्बास गर्न बाध्य भएकाछन्। समुद्री हिउँ पग्लेको कारण जल यातायात सहज हुने र जमिन बाहिर निस्कने हुदा स्थल यातायात पनि सहज भई केहि आर्थिक गतिविधि बढ्न सक्ने प्रक्षेपण पनि गरिएको छ। तर यसले गर्दा त्यस क्षेत्रमा विद्यमान अनौपचारिक आर्थिक क्षेत्र र परम्परागत संस्कृतिलाई नकरात्मक असर पर्ने देखिन्छ (Larsen et. al, 2014)।

८.६.५ उद्योग व्यापारमा असर

प्राथमिक उत्पादन तथा संरचनाहरूमा जलवायु परिवर्तनले नकरात्मक असर पारेपछि औद्योगिक उत्पादन तथा त्यसको व्यापार व्यवसायमा पनि असर पर्छ। यसले ढुवानीमा पनि नकरात्मक असर पार्छ। वातावरणको तापक्रम वृद्धि भएपछि भण्डारण तथा शीत भण्डारणमा पनि नकरात्मक असर परी भण्डारणको खर्चमा अनावश्यक वृद्धि हुने सम्भावना रहन्छ। तापक्रम वृद्धिले गर्दा उद्योग तथा कलकारखानामा काम गर्ने कामदारहरूको कार्यक्षमतामा नकरात्मक असर पर्ने सम्भावना रहन्छ। यसको अलावा उद्योग तथा कलकारखानाको वातावरणलाई सहज राख्न साधारण खर्चमा वृद्धि हुन सक्छ।

कृषि, बन, पशुपंक्षी तथा अन्य प्राकृतिक श्रोतहरूमा जलवायु परिवर्तनको नकरात्मक असरले गर्दा तिनमा निर्भर उद्योग तथा व्यापारमा गुणात्मक तथा परिमाणत्मक नकरात्मक असर पर्न सक्ने सम्भावना रहन्छ।

८.६.६ मानव स्वास्थ्यमा असर

जलवायु परिवर्तनले स्वास्थ्यका आधारभूत तत्वहरू जस्तै स्वच्छ हावा, सुरक्षित खानेपानी, पर्याप्त खाना तथा सुरक्षित बासस्थान आदिमा असर पार्दछ । जलवायु परिवर्तनबाट प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्ष रुपमा मानव स्वास्थ्यमा नकरात्मक असर पर्ने देखिन्छ । प्रत्यक्ष रुपमा अधिक गर्मीका कारण प्राण पनि जान सक्छ भने खाद्य उत्पादनमा पर्ने असर, तापको कारण शारीरिक काम गर्ने क्षमतामा ह्रास आउने वा अप्रवासनको कारण नयाँ जलवायुमा अनुकूलन हुन नसक्दा स्वास्थ्यमा अप्रत्यक्ष असर पर्न सक्छ। जलवायुजन्य घटनाहरूले गर्दा मानव शरीरमा अंगभंग वा चोटपटकका घटनाहरू बढ्न गई स्वास्थ्यमा प्रतिकूल असर पर्न सक्छ । बासस्थान अथवा घरबस्तीहरू परिवर्तित जलवायुको असर (बाढी, पहिरो, आगलागी, आदि) का कारण नष्ट भएपछि त्यसले मान्छेको स्वास्थ्यमा प्रतिकूल असर पार्दछ । मानव स्वस्थ्यलाई विभिन्न कोणबाट जोखिम पुग्ने देखिन्छ। यस्तो असरहरू देखी सकेकाछन् र यस्ता असरहरू वृद्धि हुदैजाने आंकलन पनि गरिएको छ ।

तापक्रम वृद्धिले रोगका जीवाणुहरूको गतिविधिमा पनि वृद्धि ल्याउँछ जसले मानव स्वस्थ्यमा नकरात्मक असर ल्याउँदछ र जसको कारण शारीरिक तथा भौतिक काम गर्ने क्षमतामा ह्रास आउँदछ। जलवायु परिवर्तनका कारण सरुवा रोगहरू जस्तै औलो, डेङ्गी, हैजा, आदिको भौगोलिक तथा मौसमी बितरणमा परिवर्तन आउने र स्थान विशेष नयाँ स्वास्थ्य समस्याहरू जस्तै तातोहावाको प्रकोप आदि बढ्न सक्छ जुन स्थानमा पहिला थिएन । खानेपानीको गुणस्तरमा पर्ने नकरात्मक असरले गर्दा सरुवारोगको प्रकोपमा वृद्धि हुने, खाद्य पदार्थको अभावले गर्दा कुपोषण हुने, आदि हावापानी परिवर्तनले स्वास्थ्यमा ल्याउन सक्ने केहि उदाहरणहरू हुन् जुन थप जानकारीकालागि अध्ययन तथा अनुसन्धानको आवश्यक छ (FCC/SBSTA/2017/2)।

८.६.७ सामाजिक तथा सांस्कृतिक क्षेत्रमा असर

जलवायु परिवर्तनले सामाजिक तथा सांस्कृतिक क्षेत्रमा अन्ततोगत्व प्रभाव पार्दछ । सामाजिक तथा सांस्कृतिक गतिविधिहरू ठाउँ विशेष र त्यस ठाउँमा पाइने जलवायु, श्रोत र साधनसँग गाँसिएको हुन्छ। कुनै स्थान र त्यहाँ पाइने श्रोत साधानमा जलवायु परिवर्तनको असर परेपछि त्यसले त्यहाँका बासिन्दाको सामाजिक तथा सांस्कृतिक गतिविधिमा असर पार्दछ । कतिपय परम्परागत गतिविधिलाई निरन्तरता दिन गाह्रो हुन्छ, त कतिपय गतिविधि अनावश्यक वा निश्प्रभावी बन्नपुग्छ, जसले गर्दा व्यक्ति वा समूदायले यस्ता गतिविधिहरूलाई छाड्दै जान्छन् र नयाँ परिस्थितीमा नयाँ

गतिविधिहरू अवलम्बन गर्नु पर्ने बाध्यता श्रृजना हुन्छ जसको कारण सामाजिक तथा सांस्कृतिक गतिविधिमा परिवर्तन आउदछ । उदाहरणकोलागि जलवायु परिवर्तनले पानीको श्रोत सुकेर समूदायले बसाई सर्नु पऱ्यो भने उनीहरूको पुरानो स्थानको रितिथिति वा चालचलन लोप भएर जान्छ, कारण नयाँ स्थानमा पुरानो स्थानमा गर्दै आएको गतिविधि गर्नकोलागि आवश्यक स्थलहरू, प्रकृतिक श्रोतहरू उपलब्ध हुदैन । उनीहरूको जीवनयापनका गतिविधिहरू फरक हुने भएकोले अघिल्लो स्थानमा अंगाल्दै आएको सामाजिक तथा सांस्कृतिक गतिविधिहरू पनि लोप भएर जान्छन् र नयाँ सामाजिक गतिविधि ब्यवहारमा ल्याउँदछ । जीविकोपार्जन, जस्तै खेतीपाती, पशुपालन आदिमा असर पुगेपछि परम्परागत गतिविधि र रहनसहनमा असर पर्दछ ।

कुनै स्थानमा पाइने बोटबिरुवा, फलफूल, वनजंगल, खोलानाला, जीवजन्तु, चराचुरुङ्गी, जलवायु, आदिसँग त्यस स्थानमा बस्ने समूदायको रितिथिति तथा संस्कृति गाँसिएको हुन्छ । तर जब जलवायु परिवर्तनका कारण यी प्राकृतिक श्रोतहरूमा पनि परिवर्तन आउछ, त्यसले ती समूदायको रितिथिति तथा संस्कृतिमा पनि असर पार्छ र परिवर्तन ल्याउछ ।

जलवायु परिवर्तनको असर विभिन्न समूदाय र वर्गमा विभिन्न किसिमको र विभिन्न तहमा हुन्छ । खासगरी समाजको कमजोर वर्गलाई यसले अधिक असर पार्दछ । बालबच्चा, शारीरिक अशक्तता, गर्भवती महिला, जेष्ठ नागरिकलाई बढि असर पार्दछ । त्यस्तै आर्थिक कमजोर, श्रोतसाधनको कमि, जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि ज्ञानको कमि, आदि भएको समूदाय वा व्यक्तिलाई पनि जलवायु परिवर्तनको बढि असर पर्दछ ।

जलवायु परिवर्तनको असरले गरिबसँग भएको सीमित सम्पत्तिलाई असर गरी झन् गरीब बनाउन सक्छ । जोखिम रहेको समूदायलाई अझ जोखिमयुक्त बनाउदछ ।

खण्ड ९. जलवायु परिवर्तनजन्य जोखिम न्यूनिकरण

समग्रमा जलवायु परिवर्तन एउटा प्रकोप हो । यसबाट केहि सीमित सकरात्मक असरहरू भएपनि समग्रमा नकरात्मक असर अधिक हुने देखिन्छ । जलवायु परिवर्तनको जोखिम र असर खास गरी तीन कारकहरूमा भर पर्दछ । ती हुन १) प्रकोपः यस अन्तरगत जलवायु परिवर्तन र त्यससँग सम्बन्धित प्रकोपहरू पर्दछ । प्रकोपको तिव्रता, आवृत्ति तथा समयान्तर महत्वपूर्ण रहन्छन् । २) सम्मुखताः प्रकोपको सम्पर्कमा आउने तत्व तथा गतिविधिहरू र तिनका सङ्ख्यात्मक पक्ष र ३) सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुखः यस अन्तरगत प्रकोपको सम्पर्कमा अएका तत्व तथा गतिविधिहरू ती प्रकोप प्रति कतिको सम्वेदनशील छन् भनी गुणात्मक पक्ष पर्दछ । जलवायु सम्बन्धि अन्तरसरकारी कार्यदलले जलवायु परिवर्तनजन्य जोखिमलाई निम्न तरीकाले प्रस्तुत गरेको छ ।

समीकरण -५	जलवायु परिवर्तनको जोखिम	=	जलवायु परिवर्तन र सोबाट श्रृजित प्रकोपहरू	×	जलवायु परिवर्तन र सोबाट श्रृजित प्रकोप प्रति सम्मुख मानव, मानव श्रृजित तथा प्राकृतिक श्रोत तथा गतिविधिहरू	×	सम्मुख भएका श्रोतहरूको सम्वेदनशीलतावा संकटाभिमुखता
	R	=	H	×	E	×	V

यहाँ

R भनेको जोखिम वा सम्भावित असर हो

H भनेको प्रकोप हो । यस अन्तरगत प्रकोपको प्रकार, प्रकोपको आवृत्ति, प्रकोपको सघनता (शक्ति, फैलावट, आदि), आदि विश्लेषण गरिन्छ ।

E भनेको सम्मुखता हो । यसमा प्रकोपको सम्मुखमा परेका वस्तु (जस्तै मान्छे, भौतिक संरचना, पानी, जंगल, खेतबारी जस्ता प्राकृतीक सम्पदा, आदि), प्राकृतिक प्रकृया तथा मान्छेको गतिविधि (जस्तै हावा चल्ने, समुद्री धार, मान्छेको आवत–जावत, आदि)

V भनेको सम्वेदनशिलता वा संकटाभिमुख हो । यसमा प्रकोपको सम्मुखमा परेका वस्तु वा प्रकृयाको प्रकोपप्रतिको सम्वेदनशीलता वा थेग्न सक्ने क्षमता पर्दछ ।

यो प्रस्तुति अनुसार जलवायु परिवर्तन र सोबाट श्रृजित प्रकोपहरू बढी भएको अवस्थामा, मानिस र मानिसबाट श्रृजित तथा प्राकृतिक श्रोत तथा गतिविधिहरूको सम्मुखता बढी भएको अवस्थामा र ती सम्मुखता भएको श्रोत तथा गतिविधिहरूको सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुखता बढी भएको अवस्थामा जलवायु परिवर्तनको जोखिम वा सम्भाव्य असर पनि बढी हुन्छ ।

जलवायु परिवर्तनबाट हुने नकरात्मक असर वा जोखिमबाट जोगिन र यस्ता असर वा जोखिमलाई न्यूनिकरण गर्न अब अगाडि दुई वटा बाटाहरू छन्, एउटा हो जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण वा अल्पिकरण गर्ने अथवा थप जलवायु परिवर्तन हुन नदिने र परिवर्तित जलवायुलाई बिस्तारै साबिकमा ल्याउने र दोश्रो हो परिवर्तित जलवायुमा अनुकूलन हुने र लचकता क्षमता (resilience) बढाउने । यी दुईवटा बाटाहरू जोखिमका उपर्युक्त तीन कारकहरूको व्यवस्थापनमा केन्द्रित हुन्छन् । पहिलो बाटोले प्रकोपलाई घटाउने, खासगरी जलवायु परिवर्तनलाई पुर्ववत अवस्थामा ल्याउने कार्यमा जोड दिन्छन भने दोश्रो बाटोले सम्मुखता र सम्वेदनाशीलतालाई घटाउने काममा केन्द्रित गर्दछ । यसो गर्नले जलवायु परिवर्तनबाट हुने जोखिम वा सम्भाब्य असर न्यूनिकरण हुन्छन् वा गराउन सक्दछ ।

९.१ जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण वा अल्पिकण गर्ने र वायुमण्डल र जलवायुलाई साबिकको अवस्थामा ल्याउने

हाल विद्यमान जलवायु परिवर्तनको मूल कारण मानवीय गतिविधि जस्तै जीवाष्म ईन्धनको अधिक प्रयोग, वनजंगल फडानी र प्रकृती विरुद्धको खेती प्रणालीको कारण अधिक हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन नै भएकोले जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण गर्ने मुख्य उपाय भनेको यी गतिविधिहरूलाई व्यवस्थापन गरी हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन घटाउनु हो । यसो गर्नकोलागि निम्न उपायहरू उपयुक्त हुन सक्छन् ।

१. बिकासको डिकार्बनाईजेशन (decarbanization)
२. जीवाष्म ईन्धनको साटो नविकरणयि उर्जाको प्रयोग,
३. उर्जा किफायती कृयाकलाप तथा उपकरणहरूको प्रयोग,
४. वनजंगल जोगाउने र सो को क्षेत्रफल बढाउने,
५. कृषिमा रासयनिक मलको साटो प्राङ्गारिक मलको प्रयोग गरी पारिस्थितीकीय वा प्राकृतिक प्रणालीमा आधारित खेती प्रणाली अवलंवन गर्ने,
६. वायुमण्डलमा भएको कार्बनडाईअक्साईड्लाई संकलन र भण्डारण गर्ने ।

९.१.१ **विकासको डि–कार्वनिङ्ग**

हाल विश्वब्यापी रूपमा भइरहेको बिकास र हरितगृह ग्याँसको बीच कसिलो धनात्मक सहसम्बन्ध (positive correlation) छ । जुन देशले द्रुत गतिमा विकास गरेको छ वा विकसित छ, ती देशहरूको हरितगृह ग्याँस वा चलनचल्तीको भाषामा कार्वन उत्सर्जन धेरै रहेको छ । यो परिदृश्य हेर्दा कम विकसित देशहरूले विकास गर्नको लागि कार्वन उत्सर्जन बढाउनु पर्ने हुन्छ । तर त्यसले जलवायु परिवर्तनमा थप बल पुग्न गई विश्व जलवायु झन् भयावह हुने देखिन्छ । एकातिर बिकास गर्नु अपरिहार्य छ भने अर्कोतिर जलवायु परिवर्तनलाई रोक्न र पुर्ववत अवस्थामा ल्याउन कार्बन उत्सर्जन घटाउनु पर्ने अवस्था छ। यो परिदृश्यमा बिकास र हरितगृह ग्याँसको बीचको धनात्मक सहसम्बन्घलाई विच्छेद गर्नु पर्ने आवश्यक रहेको अहिले विश्व समूदायको भनाई रहदै आएको छ । यहि सह–सम्बन्धको विच्छेदलाई नै बिकासको डि–कार्बनिङ्ग भनिन्छ । यसको अर्थ बिकासको साथ साथ कार्बन उत्सर्जन पनि बढाउने हालको अवस्थाबाट मोडिएर बिकासको साथसाथ कार्बन उत्सर्जन घढाउने ढाँचामा अबको बिकासको पाइला अगाडि बढाउनु पर्दछ ।

यसकोलागि अबको बिकासको उर्जाको श्रोत कार्बन उत्सर्जन गर्ने जिवाष्म ईन्धन नभई, स्वच्छ उर्जा जस्तै जलविद्युत, सौर्य शक्ति, वायु शक्ति, आदि हुनु पर्दछ। उत्सर्जन शुन्य पार्न नसक्ने अवस्था रहेको खण्डमा प्रविधिको बिकास र सदुपयोग गरी सकेसम्म थोरै उत्सर्जनबाट अधिक बिकासको उपलब्धि हुने बाटाहरू अपनाउनु पर्दछ । त्यस्तै गरी अर्को कार्बन अथवा हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनको श्रोत भनेको बिकासकोलागि वनजंगल मास्ने र कृषिमा अधिक रासायनिक पदार्थ प्रयोग गर्नु हो । बिकासको गति र वनजंगलको क्षेत्रफलको बीचमा देखिएको ऋणात्मक सम्बन्धलाई धनात्मक सम्बन्ध बनाउनु आवश्यक छ । अवको बिकासको बाटोले जति बिकास गर्छ त्यति नै वनजंगलको क्षेत्रफल बढ्ने बाटो समात्नु पर्छ। त्यस्तै गरि कृषि बिकास र रासायनिक पदार्थको बीचमा एक प्रकारको धनात्मक सम्बन्ध भएको अवस्थाबाट अबको बिकासको बाटोले जति कृषि बिकास हुन्छ त्यति नै कम रासायनिक पदार्थ प्रयोग हुने बाटो समात्नु पर्दछ ।

९.१.२ **जीवाष्म ईन्धनको साटो नविकरणीय उर्जाको प्रयोग**

हरितगृह ग्याँसको मुख्य श्रोत बिकासको दौरानमा अधिक जीवाष्म ईन्धन (कोईला, डिजल, पेट्रोल, ग्याँस, आदि) को प्रयोगबाट भएकोले जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण गरी साबिकको अवस्थामा ल्याउन यी ईन्धनको प्रयोगमा उल्लेख्य कटौती गर्ने वा सकेसम्म प्रयोग नै नगर्ने बिकासको बाटो अपनाउनु पर्ने आवश्यक

छ । यी इन्धनहरूको साटोमा जलविद्युत, सौंर्य उर्जा, वायु उर्जा, समुद्री छाल, भूगर्भबाट स्वत निस्कने प्राकृतिक ताप, आदि उर्जाको प्रयोगमा भारी प्रबर्धन र उपयोग गर्नु पर्दछ ।

नेपालको परिप्रेक्षमा हाल सबैभन्दा बढी झण्डै ८०% ईन्धनको हिस्सा दाउरा, गुईठा वा जैविक मास बालेर आपुर्ति भइरहेको छ । यस्तो ईन्धनको श्रोतहरूबाट हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन बढाउनेमा टेवा दिने काम भएकोले अन्य नविकरणीय उर्जा जस्तै गोबर ग्याँस (कम उत्सर्जन गर्ने), जलविद्युत, सौंर्य उर्जा, आदिको प्रयोगमा बढावा दिनुपर्ने आवश्यकता छ । बिकासको हरेक पाटो जस्तै यातायात, उद्योग कलकारखाना, तताउने, चिस्याउने, सम्पूर्ण घरायसी उपयोग, आदिमा स्वच्छ तथा नविकरणीय उर्जाको प्रवर्द्धन र उपयोग गर्नु पर्ने आवश्यक छ । भविष्यमा गरिने उर्जा बिकासको कार्यमा यस्ता स्वच्छ उर्जाहरूको मात्र बिकास गर्ने र जुन उर्जाको श्रोतले कार्बन वा हरितगृह ग्याँस उत्सर्जन गर्नमा बढावा दिन्छ त्यस्ता उर्जा बिकासलाई निरुत्साहित गर्नु पर्ने आवश्यक छ ।

नेपालमा जलविद्युतको अपार सम्भावना भएकोले नेपाललाई आवश्यक पर्ने सबै उर्जा जलविद्युत बाट आपूर्ति गर्न अति आवश्यक छ । यातायातकोलागि निजी तथा सार्बजनिक रेलगाडी चलाउन, उद्योग कलकारखाना सञ्चालन गर्न, घरायसी ईन्धनको आवश्यकता पूर्ति गर्न लगायतका सबै उर्जा तथा ईन्धन जलविद्युतबाट आपूर्ति गर्नु पर्दछ । त्यसको अलवा स्वच्छ उर्जाकोलागि ईन्धनको नयाँ श्रोतहरू, जस्तै हाईड्रोजन, पहिल्याई त्यसलाई बिकास र प्रबर्धन गर्न आवश्यक छ । यसबाट हरितगृह ग्याँस उत्सर्जनमा नेपालको खुद शुन्य योगदान बनाउन सकिन्छ र जीवाष्म ईन्धनकोलागि बिदेशिने खर्बौको बिदेशी मुद्राको बचत हुन्छ । वातावरण स्वच्छ हुने, खास गरि घरभित्रको हावा स्वच्छ भएपछि घरभित्रको धुँवाबाट हुने स्वाशप्रस्वासको रोगबाट जोगिने र सो रोगको उपचारमा लाग्ने खर्च पनि बचत हुन्छ । यसबाट महिला तथा बालबच्चाको स्वास्थ्यमा उल्लेख्य सुधार आउने र ती वर्गलाई अकालको मृत्युबाट जोगाउनमा ठूलो सहयोग हुने पनि देखिन्छ ।

नेपालले हाल गरीरहेको पेट्रोलियम पदार्थको अन्वेशन, पेट्रोलियम पदार्थको बिकास, प्रबर्धन र प्रयोग गर्ने कार्यहरु बिकासको डिकार्बनिङ्गको (decarboning of development) सिद्धान्तसँग मेल खाँदैन । यद्यापि बिकासको यो बाटो हाम्रोलागि छिटो र सस्तो हुन्छ भने गरीब देशको नाताले र हाम्रो नगन्य कार्बन उत्सर्जन रहेको दृष्टिकोणले हामीले बिकासलाई धरापमा राखेर डिकार्बनिङ्गलाई प्राथमिकता दिन नसक्ने भनेर विश्व समुदायसँग सौदाको भाषा बोल्न सकौला । तथापी छिटो र सस्तोको साथसाथ न्यून कार्बन उत्सर्जन गर्ने अन्य बिकासका उपायहरु हुदासम्म

यस्ता उच्चा कार्बन उत्सर्जन गर्ने बिकासका बाटाहरु प्राथमिकतामा पर्नु हुदैन । पृथ्वीको वातावरण र भावी बिकासको लागि प्रत्येक राष्ट्रले उत्तिकै चिन्ता र ब्यबहारमा कार्य गर्न आवश्यक छ ।

९.१.३ वनजंगल जोगाउने र सो को क्षेत्रफल बढाउने

वनजंगल अथवा कुनैपनि बिरुवा कार्बनको भण्डार हो । बिरुवाले हावाबाट कार्बनडाईअक्साईड लिई यसलाई स्थिरकरण गरेर राख्छ । त्यसैले जति धेरै वनजंगल वा हरित क्षेत्र कायम राख्न सकियो त्यति नै धेरै कार्बन स्थिर भएर बस्छ, हावामा बस्दैन । यसकोलागि वनजंगल जन्य उत्पादनको खपत कम हुने कार्यहरू अपनाउनु आवश्यक छ । जस्तै दउरा नबाल्ने वा बाल्नै पर्‍यो भने अति कम बाल्ने प्रविधि अपनाउने, आदि ।

हावामा कार्बडाईअक्साईड् (CO_2) कम गर्न खाली क्षेत्रमा वृक्षरोपण गरी वनजंगलको क्षेत्रफल बढाउन र संरक्षण गर्न अति आवश्यक छ । बिकास निर्माणका कार्यहरू जस्तै बाटो बनाउदा, हावाई मैदानहरू तथा खेल मैदानहरू बनाउदा, शहरी बिकासकालागि नयाँ बस्तीहरू बसाउँदा, तथा अन्य ठूला ठूला संरचनाहरू बनाउदा, सकेसम्म वनजंगललाई जोगाएर बनाउन आवश्यक छ । केहि बन क्षेत्र मास्न अपरिहार्य भएको अवस्थामा सट्टाभर्न गरी त्यसले खेलेको पर्यावरणीय, आर्थिक, सामाजिक, धार्मिक, आदि भूकिालाई परिपूर्ति गर्ने व्यवस्था अनिबार्य हुनु आवश्यक छ ।

दोश्रो ध्यानदिनु पर्ने क्षेत्र भनेको वनजंगलको डढेलो हो । डढेलोले वनजंगलमा भएको कार्बन लाई धुँवाको रुपमा हावामा ल्याइदिन्छ । त्यसैले आवश्यक श्रोत साधन र व्यवस्थापनको क्षमता अभिवृद्धि गरी डढेलोको न्यूनिकरण र नियण्त्रण गर्नु आवश्यक छ ।

९.१.४ प्राकृतिक पारिस्थितीय प्रणालीमा आधरीत प्रांगरीक खेती प्रणाली अपनाउने

कार्बनडाईअक्साईड पछि नाईट्रसअक्साईड (N_2O) र मिथेन (CH_4) महत्वपूर्ण हरितगृह ग्याँसहरू हुन । कृषि कृयाकलाप यी ग्याँसको एउटा मुख्य श्रोत हो । खासगरी कृषि प्रणालीमा नाईट्रोजनयुक्त रासायनिक मलको बढि प्रयोग भयो भने नाईट्रसअक्साईड ग्याँस अधिक निस्कन्छ । त्यस्तै माटोलाई गहिराईसम्म खनजोत गर्दा माटोमा स्थिर भएर रहेको हरितगृह ग्याँसहरू वायुमण्डलमा निस्कन्छन् । त्यसैले जलवायु परिवर्तनलाई निर्मुलीकरण गर्ने दृष्टिकोणले रासायनिक कृषिको साटो प्राङ्गारिक तथा प्राकृतिक कृषि उपयुक्त हुन्छ ।

कृषिमा पनि धानखेतबाट मिथेन ग्याँसको उत्सर्जन हुन्छ। खासगरी धानखेतमा लगातर पानी जमाउनाले मिथेनको उत्सर्जन बढ्न जान्छ । त्यसैले धानखेतलाई बीचबीचमा पानी सुकाई माटोमा हावा (अक्सीजन O_2) पस्ने वा खेल्ने वातावरण बनाउनु पर्दछ। यस्तो प्रकृयाले मिथेन ग्याँस उत्सर्जन कम हुन्छ।

कृषि कर्ममा प्राय कृषकले झारपात जलाउने गर्दछ जसले गर्दा त्यसमा भएको कार्बन हावामा निस्कन्छ। जलवायु परिवर्तनको दृष्टिकोणले त्यसरी जलाउने कामलाई निरुत्साहीत गर्न आवश्यक छ । झारपातलाई कुहाएर प्राङ्गारिक मल बनाउन सकिन्छ, यसबाट कार्बन उत्सर्जन घटाउने र माटो मलिलो बनाउने दोहोरो फाईदा लिन सकिन्छ।

पशुपालन, खासगरी घाँस खाने र उग्रने पशुहरूको पाचनप्रणालीबाट मिथेन ग्याँस उत्सर्जन हुन्छ । यो प्राकृतिक प्रणाली हो । तर पनि पशुलाई दिने अहारामा राम्ररी ध्यान दिइयो भने त्यसले केहि हदसम्म मिथेनको मात्रालाई न्यूनिकरण गर्दछ। पशुबाट निस्कने मिथेन न्यूनिकरणकोलागि वैज्ञानिकहरूले तीनवटा उपायहरू सुझाएकाछन् । पहिलो हो पशुको अणुवंशिक गुण । कुनै पशुको स्वभावैले कम मिथेन उत्सर्जन गर्ने अणुवंशीय गुण हुन्छ। यस्ता गुण भएको पशुलाई बढावा दिएमा स्वभावैले कम मिथेन उत्सर्जन हुन्छ। दोश्रो हो पशु अहारामा ध्यान दिने । मिथेन उत्सर्जन पशुले खाने अहारामा पनि भर पर्छ । बढी रेशादार घाँस खानाले मिथेन उत्सर्जन बढी हुन्छ। त्यसैले पशु अहारामा कम रेशादार सजिलै घुलन हुने अथवा पचाउने कार्बोहाईड्रेट अथवा ग्लुकोजको मात्रा बढी भयो भने कम मिथेन उत्सर्जन हुनेमा वैज्ञानिकहरूले सल्लाह दिएका छन् । तेश्रो हो एन्टिबायोटिक औषधि पशु आहारामा मिसाउने। मिथेन उत्सर्जन हुनुमा पशुको पेटमा भएको ब्याक्टेरिया र अरु जीवाणुहरूको गतिविधिले गर्दा हो। यिनीहरूको गतिविधिले गर्दा पशुले घाँस पचाउने काम गर्छ र त्यसको साथै मिथेन पनि उत्सर्जन हुन्छ। यो प्राकृतिक प्रकृया नै हो। एन्टिबायोटिकले जीवाणु मार्दछ वा निष्कृय गर्दछ फलत तिनको गतिविधि कम हुन्छ र मिथेन उत्सर्जन कम हुन्छ। तर एन्टिबायोटिक दिने भन्ने कार्य अलि जटिल काम हो। सहि एन्टिबायोटिक सहि मात्रामा र सहि तरीकाले दिन सकेन भने यसले पशुको स्वास्थ्य र उत्पादन तथा उत्पादकत्वमा उल्टो नकरात्मक असर पार्दछ।

यिनीहरू सम्भावित उपायहरू हुन । पशु बिषेश र स्थान बिषेश ब्यबहारमा लागू गर्न अध्ययन, अनुसन्धान र परिक्षण गर्न आवश्यक छ। यसकोलागि बिशिष्ट प्राबिधिकको सहयोग लिनु पर्दछ अन्यथा यसले नोक्सान पुऱ्याउद छ।

पशुको गोबर पनि मिथेनको श्रोत हो । त्यसलाई त्यतिकै थुपारी राख्नाले त्यसमा भएको मिथेन र त्यसमा थप मिथेन बनेर हावामा निस्कन्छ । मिथेनको

उष्णीकरण क्षमता अथवा वायुमण्डललाई तताउने क्षमता कार्बनडाईअक्साांईडको भन्दा धेरै भएको तालिका १६ मा देखाइएको छ। त्यसैले गोबरको उचित व्यवस्थापन गर्नु अति आवश्यक छ । खासगरी गोबरबाट निस्कने मिथेनलाई उर्जाको श्रोतको रुपमा सदुपयोग गर्नु पर्दछ । पशुको गोबरमा भएको मिथेनलाई गोबर ग्याँसमा परिणत गरी पकाउने, तताउने तथा बाल्ने प्रयोजनकोलागि प्रयोग गऱ्यो भने हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनमा न्यूनिकरण हुने, दाउराको खपतमा कमी आई त्यसबाट हुने कार्बनडाईअक्साईडको उत्सर्जनमा कमी आउने, घरभित्रको धुँवामा पनि कमी भई स्वास्थ्यमा पर्ने नकरात्मक असर कम हुने र प्राकृतीक रुपमा निस्किरहेको मिथेनलाई उर्जाको रुपमा प्रयोग गर्दा उर्जामा हुने खर्च पनि कम हुने, आदि फाइदा लिन सकिन्छ ।

पशुपालनबाट हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन घटाउने अर्को उपाय हो पशुपालन नै घटाउने । यसकोलागि मानिसको खाने व्यवहारमा परिवर्तन ल्याउनु पर्दछ । पशुजन्य उत्पादनहरू, खासगरी मासु, जति कम खायो त्यति त्यसको माग घट्छ जसले गर्दा पशुपालनमा कमी आउछ। त्यस्तै प्रति पशुको उत्पादन क्षमता बढी भयो भने थोरै पशु सङ्ख्याले मानिसको आवश्यकतालाई परिपुर्ति गर्ने भएकोले पशुको नश्ला सुधार गर्न पनि उत्तिकै आवश्यक छ। अर्को उपाय भनेको जलवायु परिवर्तन न्यूनिकरणकोलागि शाकाहारी भोजन उपयुक्त हुनेमा जलवायु क्षेत्रमा कार्यरत समूदायको भनाई रहदै आएको छ, किनकी शाकाहारी खानाको लागि पशुपालन गरीरहनु परेन ।

अहिले आएर मान्छेको खानाको व्यवहारले पनि जलवायु परिवर्तनमा ठूलो भूमिका खेल्ने जस्ता विषयहरूमा बहस बढ्दै गएको छ । पशुजन्य उत्पादन जस्तै मासु खानाले हरितगृह ग्याँस उत्सर्जनमा बढावा दिने बहस चलिरहेकोछ । विश्व खाद्य सँगठनको सन् २०१३ को एउटा प्रतिवेदनमा मानवजन्य हरितगृह ग्याँस उत्सर्जनमा झण्डै १४.५% उत्सर्जन पशुपालनबाट हुने देखिएको छ (Gerber *et.al.*, 2013) । त्यस मध्येको अधिकांश उत्सर्जन मासुकोलागि पालिने पशुबाट हुने पनि जनाएको छ। त्यसैले साकाहारी खानाको बढावा दिनु पर्नेमा अहिले बहसहरू चल्दै आएको छ ।

९.१.५ उर्जा किफायती कृयाकलाप

उर्जा कम खपत गर्नाले हरितगृह ग्याँस कम उत्सर्जन हुन्छ। त्यसैले हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन हुने व्यक्तिगत, पारिवारिक, समाजिक, कार्यालय तथा विभिन्न स्तरमा खपत गरिने उर्जामा सकेसम्म कम गर्न सकेको खण्डमा जलवायु परिवर्तन

न्यूनिकरण गर्नमा बल पुग्दछ। यसकालागि तलका केहि उपायहरू उदाहरणको रुपमा छलफल गरिएकोछ।

उर्जा किफायती घर
उर्जा किफायती बत्ती वा चीम
उर्जा किफायती चुलो
उर्जा किफायती खाना
उर्जा किफायती यातायात
उर्जा किफायती कलकारखाना तथा यातायात

ताप तीन प्रकृयद्वारा संचार हुन्छ। ती हुन (१) विकिरण (radiation), (२) चालन (conduction) र (३) संवहन (convection)। यी तीन प्रकृयलाई ब्यबस्थापन गऱ्यो भने उपलब्ध ताप अनावश्यक खेर जादैन र आवश्यक थप तापकोलागि अनावश्यक ईन्धन जलाई रहनु पर्दैन। यो सिद्धन्त मुलत आवसघर र मानिसको कार्यक्षेत्र तथा अन्य गतिबिधि हुने क्षेत्रहरूमा लागू हुन्छ। तर नेपालको आवशिय घरहरू र कार्यक्षेत्रहरू खसै उर्जा किफायती खालका छैनन्। यस्ता घर तथा स्थानहरूमा जाडोमा अति जाडो हुने र गर्मीमा अति गर्मी हुने हुन्छ जसको कारण जाडोमा न्यानो बनाउन र गर्मीमा शितल बनाउन ईन्धन वा उर्जाको अधिक उपयोग गर्नु पर्छ। यदि ती ईन्धन वा उर्जाको श्रोत जीवाष्म ईन्धन हो भने त्यसले हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनमा बढावा दिन्छ। त्यसैले घर तथा कार्य स्थलहरूमा तापको संचार प्रकृयालाई व्यवस्थापन र नियन्त्रण गरी बाहिरी वातावरणबाट कम प्रभाव हुने बनाउनु पर्छ।

उर्जा किफायती बत्तीको सन्दर्भमा कम उर्जा खपत गर्ने जस्तै एलईडी बल्ब र चुलोको सन्दर्भमा ईन्डक्सन चुलो, जस्ता साधनहरू प्रयोग गर्नाले बिजुली खपत कम हुन्छ। किफायती चुलोको सन्दर्भमा दउरा कम गर्ने, दाउरालाई विस्थापित गर्ने, वा एल पि ग्याँसलाई विस्थापन गर्ने र जलविद्युत, सौर्य उर्जा, वायु उर्जा, आदि जस्ता स्वच्छ उर्जाको प्रयोगलाई बढावा दिंदै लैजानु हो।

उर्जा किफायती यातायातको सन्दर्भमा हाल अधिक मात्रामा प्रयोग भइरहेको जीवाष्म ईन्धन (डिजल, पेट्रोल, आदि) लाई विस्थापित गरी नविकरणीय उर्जा, जस्तै जलविद्युत, शौर्य उर्जा, वायु उर्जा, आदिको बढावा दिनु अति आवश्यक छ। यस बारे अघिल्ला परिच्छेदहरूमा पनि छलफल गरीसकेको छ।

उत्पादन वा कलकारखाना र यातायात क्षेत्रले हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनको ठूलो हिस्सा ओगटेको तथ्य माथि चित्र ११ मा प्रस्तुत गरिएको छ। यी क्षेत्रले ठूलो मात्रामा जीवाष्म ईन्धन (कोईला, डिजल, पेट्रोल, आदि) प्रयोग गर्दछ। त्यसैले यी

क्षेत्रहरूको उर्जालाई नविकरणीय उर्जाले विस्थापित गर्नु अति आवश्यक छ ।

९.१.६ वायुमण्डलमा भएको कार्बनडाईअक्साईड्को संकलन र भण्डारण

बिकासको साथै नयाँ नयाँ प्रविधिहरूको पनि बिकास भइरहेको छ । अहिले वायुमण्डलमा भएको कार्बनडाईअक्साईड्लाई संकलन गरेर ठोस पदार्थमा परिणत गरी भण्डारण गर्ने प्रविधि पनि आएको छ । यो प्रविधि बिकसित देशहरूले प्रयोगमा ल्याइसकेका छन् । तर यो कृत्रिम प्रकृया भएकोले यसरी भण्डारण गरिएको कार्बनडाईअक्साईड् प्राकृतिक प्रकृयाबाट पुनः वायुपण्डलमा आउन सक्दैनन् । त्यसैले यो तरीकालाई क्षणिक वा आपत्कालीन वा अस्थायी रुपमा वायुमण्डलको कार्बनडाईअक्साईड् घटाउने उपायको रुपमा लिन सकिन्छ ।

९.२ जलवायु परिवर्तन अनुकूलन

विश्व जलवायु परिवर्तन भइसकेको छ । हालसम्म उत्सर्जन भएको हरितगृह ग्याँसका कारण यो शताब्दीको अन्तसम्म (२१००) अथवा सोभन्दा पछाडि पनि जलवायु परिवर्तन भइरहने वैज्ञानिकहरूको ठम्याई छ । त्यसमाथि पनि आउँदा वर्षहरूमा कार्बन उत्सर्जन न्यूनिकरण गर्न नसकी थप हरितगृह ग्याँस वायमण्डलमा बढेमा त्यसले अझ आउदा वर्षहरूमा जलवायु परिवर्तनलाई थप बढावा दिनेमा निश्चित छ र सो परिवर्तन अझ धेरै पछाडिसम्म भइरहनेमा विश्व समूदाय विश्वस्त छ । त्यसैले परिवर्तित जलवायुबाट मानव सभ्यता उम्केर जान सक्ने अवस्था छैन । त्यसकोलागि अनुकूलन गर्नु एक मात्र विकल्प रहेकोछ । त्यसैले जलवायु परिवर्तन र त्यसले ल्याउन सक्ने जोखिम र असरलाई ध्यानमा राखी त्यस्ता जोखिम र असरलाई न्यूनिकरण गर्न र भविष्यमा आउन नदिन मानव समूदायले निर्विकल्प अनुकूलन गर्नु आवश्यक छ ।

जलवायु परिवर्तन अनुकूलन स्वायत्त वा स्वतस्फुर्त र नियोजित वा योजनाबद्ध दुई तवरले हुन्छन् । वास्तविक परिवर्तित जलवायुको असरलाई सम्बोधन गर्ने गरी गरिएको समायोजन प्रकृया चाहिँ स्वायत्त वा स्वतस्फुर्त अनुकूलन हो । यो जलवायु परिवर्तन भइसकेपछि, त्यसको असरको महशुस र अनुभव भएपछि त्यसलाई सम्बोधन गर्नकालागि गरिने प्रतिकृयात्मक समायोजन प्रकृया हो जसले गर्दा भविष्यमा त्यस्तै खाले जलवायुबाट हुने असरहरूबाट जोगाउने काम गर्दछ । अर्कोतिर भविष्यमा हुन सक्ने आपेक्षित जलवायु वा परिदृष्यमा आधारित जलवायु र तिनको असरको निमित्त गरिने समायोजन प्रकृया चाहिँ नियोजित वा योजनाबद्ध अनुकूलन हो । नियोजित वा योजनाबद्ध अनुकूलन चाहिँ बिगतदेखि हालसम्मको तथा भविष्यमा हुने जलवायु परिवर्तन तथा त्यसको असरको परिदृष्य बनाई त्यसलाई सम्बोधन गर्न अहिलेदखि नै

गरिने अनुकूलन प्रकृया हो । प्राकृतिक प्रणालीको अनुकूलन स्वायत्त वा प्रतिकृयात्मक हुन्छ, किनकि प्रकृतिले भविष्यको जलवायु र तिनको असरकोलागि अग्रिम योजना बनाएर अनुकूलन गरिदैन, तर मानिस एउटा सम्वेदनशील प्राणी भएकोले उसले जलवायु परिवर्तन तथा त्यसको असरलाई अध्ययन गरी भविष्यको जलवायु र तिनको सम्भाव्य असरको पनि आंकलन वा परिदृष्य गर्छ र सोकोलागि योजनाबद्ध अनुकूलन कार्यक्रम बनाई अहिलेदेखि नै लागू गर्ने क्षमता राख्दछ । यसो गर्दा समस्या आउनुभन्दा अगावै, सो समस्याले असर पार्न नसकिने गरी सबल वा पूर्व तयार भएर बस्छ वा समस्यालाई अर्कै दिशातिर मोडिदिन्छ वा समस्याले असर गरेपनि तुरन्त पुनर्उत्थान गर्न सकिने अवस्थामा तयार रहन्छ ।

मानव प्रणाली तथा प्राकृतिक प्रणालीले जलवायु परिवर्तन अनुकूलन स्वतः गरिरहेको हुन्छ । यी प्रणालीहरूले जलवायु परिवर्तनको वास्तविक असरहरूबाट सिक्छन् र पछि आउन सकिने त्यस्तै खाले असरलाई कम गर्न स्वअनुकूलनले काम गरिहेको हुन्छ जुन प्राकृतिक प्रकृया हो । तर यी प्राकृतिक प्रणाली वा स्वअनुकूलनले मात्र अनुकूलन पूर्ण प्रभावकारी नहुनेमा यस क्षेत्रमा काम गर्ने समूदायको विश्वास छ । पूर्ण प्रभावकारी अनुकूलनकोलागि भविष्यको जोखिम वा सम्भाब्य असर वा प्रभावलाई पनि ध्यान दिन अति आवश्यक छ । प्राकृतिक प्रणालीमा भविष्यको जोखिम वा सम्भाब्य असर वा प्रभावलाई ध्यान दिएर अहिले अनुकूलन गर्न सम्भव छैन, किनकि प्राकृतिक श्रोत जस्तै बोटबिरुवा तथा जीवजन्तुले भविष्यको जोखिम आंकलन गर्न सक्दैनन् । तर मानव समूदायसित बिगत र हालको गतिविधिलाई अध्ययन गरेर केहि भविष्यवाणी गर्न सक्ने क्षमता हुने भएकोले जलवायु परिवर्तनको असरका कारण भविष्यमा आउन सक्ने असर वा जोखिमलाई घटाउन वर्तमानमा के गर्न सकिन्छ भनी योजना बनाई लागू वा अवलम्बन गर्न सकिन्छ । त्यसैले मानवीय प्रणालीमा अनुकूलन भनेको वास्तविक तथा अपेक्षित जलवायु परिवर्तनबाट भएको तथा हुनसक्ने हानी नोकसानीलाई व्यवस्थापन गर्न र सम्भावित लाभदायिक अवसरहरूबाट फाइदा उठाउनकालागि मानव प्रणालीलाई समायोजन गर्ने प्रकृया हो । मानिसको मध्यस्थताले वास्तविक तथा अपेक्षित जलवायु परिवर्तन तथा तिनको असरसँगको समायोजन प्रकृया अथवा अनुकूलनलाई अझ सहज बनाउन सकिन्छ ।

अनुकूलन कार्य कुअनुकूलन (Maladaptation) पनि हुन सक्छ । अनुकूलनले समस्या सुल्झाउनु पर्दछ । तर कुनै कुनै अनुकूलन गतिविधि भनेर अवलम्बन गरिएको गतिविधिले भएको समस्यालाई झन् बल्झाउँछ, हुदै नभएको समस्याको श्रृजना गर्दछ र तत्कालको समस्या टरेपनि दिर्घकालमा त्यो उपाय घातक हुन्छ । त्यस्तो अनुकूलनलाई कुअनुकूलन भनिन्छ । अनुकूलन कार्ययोजना बनाउँदा कुअनुकूलन हुन

नदिन सतर्क हुनु पर्दछ । वास्तवमा कुअनुकूलन जानी जानी गरिएको नहुन सक्छ । त्यसैले उपलब्ध जानकारी र सूचनाहरू राम्ररी विश्लेषण गरी अनुकूलन कार्ययोजना तर्जुमा गर्नु अति आवश्यक छ ।

अनुकूलनकोलागि माथि समिकरण–५ मा दिइएका जोखिमका कारकहरूलाई राम्ररी विश्लेषण गर्नु पर्दछ । त्यसकोलागि निम्न प्रकृया अपनाउन सकिन्छ ।

१. स्थान वा क्षेत्र विशेषको जलवायु तथा सोसँग गाँसिएका प्रकोप जस्ता गतिविधिहरू (H) को विश्लेषण गर्ने
२. परिवर्तित जलवायु या भविष्यमा हुने जलवायु परिवर्तनले त्यस क्षेत्रमा पर्न सक्ने जोखिम (R) को लेखाजोखा तथा विश्लेषण गर्ने
३. उक्त जोखिमलाई कम गर्न वा निर्मुल गर्न आवश्यक श्रोत, साधान, क्षमता तथा नीतिनियमहरू (Capacity) को विश्लेषण र बिकास गर्ने
४. विद्यमान श्रोत, साधान, क्षमता तथा नीतिनियम अपूर्ण भए सोलाई पूर्ण बनाउदै तत्काल, मध्यकाल तथा दीर्घकालकालगि अनुकूलन योजना (Adaptation plan) बनाउने
५. अनुकूलन योजनालाई बिकासको अभिन्न अंगको रुपमा सबै बिकासका कार्यक्रमको मूलधारमा ल्याउने, अनुगमन गर्ने, मूल्याङ्कन गर्ने र पाठ सिक्दै (Mainstreaming, monitoring, evaluation and learning) अगाडि बढ्ने ।

९.२.१ स्थान वा क्षेत्र विशेषको जलवायु तथा सम्बन्धित प्रकोपको विश्लेषण

जलवायु परिवर्तन स्थान विशेषको हुन्छ । यसको विश्लेषण जति स्थानीय स्तरमा गर्न सकियो, त्यति नै प्रभावकारी र उपयोगी हुन्छ । तर जलवायु परिवर्तन एउटा जटिल प्रणाली भएकोले यसको विश्लेषण स्थानीय स्तरमा गर्न उति नै जटिल पनि छ । तथापि जति सकिन्छ त्यति, जहाँ सकिन्छ त्यहाँ, तल्लो स्तरसम्म विश्लेषण गर्दा राम्रो हुन्छ । यस्तो विश्लेषणमा त्यस क्षेत्रको तापक्रम, वर्षा, हावाहुरी, आदि जलवायुको विभिन्न अंगमा के कस्तो परिवर्तन आएको छ र भविष्यमा आउन सक्ने सम्भावनाहरू के छन्, सो को विश्लेषण गरिन्छ । जलवायुका यी अवयवहरूको अवस्था बढ्दो, घट्दो वा यथावत रहे नरहेको, त्यसमा समय परिवर्तन भए नभएको र तिनीहरूको सङ्ख्यात्मक वा गुणात्मक पक्षहरूको विश्लेषण गरिन्छ । बिगतको जलवायु कस्तो थियो, सोको आधारमा अहिले कस्तो भइरहेको छ र अब भविष्यको जलवायु कस्तो हुन्छ भनेर अध्ययन गरिन्छ । यस्तो अध्ययन तथ्यमा आधारित वैज्ञानिक र स्थानीय समूदायको अनुभवबाट प्राप्त ज्ञानहरूमा आधारित अध्ययन भएको हुनु पर्दछ ।

जलवायुको विश्लेषण गर्दा त्यस सम्बन्धी सूचना विभिन्न श्रोतबाट जुटाउनु पर्ने हुन्छ। नेपालको सन्दर्भमा अन्य श्रोतहरूको साथै मुख्य ३ वटा श्रोतहरू महत्वपूर्ण रहन्छन् । पहिलो हो त्यस क्षेत्रको वरपर स्थापना गरिएको मौसम केन्द्रबाट उपलब्ध तथ्याङ्क, दोश्रो हो स्थानीय समूदायसँग अन्तरकृया गरी प्राप्त सूचना र तेश्रो हो भूउपग्रहबाट प्राप्त तथ्याङ्कहरू ।

जुन ठाउँमा मौसम केन्द्र स्थापना गरिएको छ त्यस ठाउँको लागि सो केन्द्रबाट प्राप्त तापक्रम, वर्षा तथा अन्य मौसमका अवयवहरूको तथ्याङ्कको विश्लेषण गरी त्यस क्षेत्रको बिगतको जलवायुको सूचना लिन सकिन्छ । त्यस्ता तथ्याङ्कहरू सकेसम्म कम्तिमा ३० (तीस) वर्ष अवधिको हुनु पर्दछ । यस प्रकारको तथ्याङ्क परिमाणात्मक हुने भएकोले त्यस स्थानको बिगतको तापक्रम, वर्षा र मौसमका अन्य पाटाहरूको आधारमा भविष्यको जलवायुको प्रक्षेपण वा परिदृष्य गर्न पनि सकिन्छ। जस्तै तापक्रम वा वर्षा बढ्दो वा घट्दो वा यथावत छ भने कतिका दरले बढ्दै वा घट्दै छ, त्यो गति वा दर अवको २५ वर्ष, ५० वर्ष वा १०० वर्षमा कतिले बढ्छ वा घट्छ, आदिको विश्लेषण गरिन्छ । भविष्यको प्रक्षेपण गर्दा अन्य विभिन्न कारक तत्वहरू खासगरी हरितगृह ग्याँसको प्रक्षेपण सहित गरिन्छ, किनकि हरितगृह ग्याँस जलवायुलाई प्रभाव गर्ने मुख्य कारक हो । कतिपय स्थानमा मौसम मापन केन्द्रहरू छैनन् । त्यस्तो स्थानकोलगि वरिपरि वा नजिकैको मौसम केन्द्रको आधारमा अलि ठूलो क्षेत्रफललाई समेटेर विश्लेषण गर्न पनि सकिन्छ ।

विभिन्न संस्थाहरूले भूउपग्रहको माध्यमबाट पृथ्वीको मौसम अनुगमन गरिरहेका हुन्छन् र त्यसको तस्वीरहरू र त्यससम्बन्धि तथ्याङ्कहरू सञ्चित गरेर राखेका हुन्छन् । ती तस्वीर तथा तथ्याङ्कहरू एकदमै स्थानीय स्तरको नहुन र नपाउन सक्छ । तर ठुलै क्षेत्रफल समेटेर बनाएको भएतापनि हामीले अध्ययन गर्न लागेको क्षेत्रलाई समेटेको नक्शा वा तथ्याङ्कलाई पनि उपयोग गर्न सकिन्छ जसबाट त्यस क्षेत्रको बितेका वर्षहरूको हावापानीको बारेमा ज्ञान लिन र भविष्यकोलागि अनुमान गर्नमा टेवा पुग्दछ ।

अर्को महत्वपूर्ण सूचनाको श्रोत भनेको स्थानीयवासी हो । कतिपय स्थानको लागि माथि उल्लेखित सूचनाको श्रोतहरू उपलब्ध हुदैनन् जसकोलगि स्थानीयवासी नै एक मात्र सूचनाको श्रोत हुक्छन्। स्थानीयवासी सो क्षेत्रमा धेरै समय अगाडिबाट बस्दै आएकोले, त्यस क्षेत्रको जलवायुको बारेमा उनीहरूको लामो राम्रो र गहिरो अनुभव र बुझाई रहेको हुन्छ । यस्ता सूचनाहरू मात्रात्मक नहुन सक्छन्, तर पनि यी गुणात्मक जानकारीबाट धेरै हदसम्म त्यस क्षेत्रको बिगतका जलवायुको बारेमा जान्न, बुझ्न र ज्ञान लिन सकिन्छ र यसले भविष्यको जलवायु अनुमान गर्नमा टेवा

पुऱ्याउदछ ।

जलवायु परिवर्तनको साथसाथै सोसँग सम्बन्धित प्रकोपहरू जस्तै बाढी, पहिरो, सुख्खा, तातो हावा, अतिवृष्टि, अनावृष्टि, आदिको विश्लेषण गर्नु अवश्यक छ । यिनीहरूको पनि बिगतको तथ्याङ्कलाई अध्ययन गरी, भविष्यको अनुमान गर्नु पर्दछ । यस्तो विश्लेषण गर्दा यी बिपदका घटनाहरू बढेको, घटेको, तिनको समयमा परिवर्तन आएको आदिको लेखाजोखा गर्नु पर्दछ र सोको आधारमा भविष्यमा हुने घटनाहरूको पनि प्रक्षेपण गर्नु पर्दछ ।

भविष्यकोलागि अनुमान गर्न विभिन्न वैज्ञानिक तरीकाहरू प्रयोग गरिन्छन् । त्यस्तो वैज्ञानिक पद्धती उपलब्ध नभएको अवस्थामा वा त्यस्तो पद्धती अवलम्बन गर्ने क्षमताको अभाव भएको अवस्थामा आफ्नो उत्तम ज्ञानको आधारमा भविष्यको जलवायुको आंकलन गर्नु पर्ने हुन्छ । भविष्यको जलवायुको अनुमान गर्दा जति लामो अनुमानको समय हुन्छ त्यति नै विश्वसनीयतामा कमी हुदै जान्छ । जस्तै अबको १० वर्षमा कस्तो होला भन्ने अनुमान र अबको ३० वर्षमा कस्तो होला भन्नेमा अनुमानमा, १० वर्षको अनुमान अलि बढि विश्वसनीय हुन्छ, किनकि ३० वर्ष सम्ममा जलवायुलाई असर पार्ने धेरै अवस्थाहरू अहिलेकोभन्दा धेरै परिवर्तन हुन सक्छ जुन अबको १० मा नहुन सक्छ । त्यसै ३० वर्षको अनुमानमा विश्वसनीयता घट्दै जान्छ तर पनि त्यो गर्नु पर्दछ ।

९.२.२ परिवर्तित जलवायुले ल्याउन सक्ने असर वा प्रभाव वा जोखिमको विश्लेषण

जलवायु परिवर्तन र सोसँग सम्बन्धित प्रकोपहरूको लेखाजोखा गरेपछि अब अर्को चरण भनेको त्यसको सम्भावित असर वा प्रभाव वा जोखिमको लेखाजोखा र विश्लेषण गर्नु हो । तापक्रम वा वर्षाको मात्रा बढ्यो भने वा वर्षाको समयमा परिवर्तन भयो भने त्यसले विभिन्न आयमहरूमा के कस्तो र कति ठूलो असर पार्छ, त्यसको जोखिम कस्तो रहन्छ, आदि बारे विश्लेषण गर्नु पर्दछ । जोखिम वा असर वा प्रभावको विश्लेषण गर्न निम्न पक्षहरूमा ध्यान दिनु पर्दछ ।

क) जलवायु परिवर्तन र सोबाट सिर्जित प्रकोपहरूबाट असर पर्न सक्ने तत्वहरू वा वस्तु वा विषयहरूको पहिचान गर्ने – के के वस्तुहरू जलवायु परिवर्तनबाट असर परेकाछन् र पर्न सक्छन्

ख) यसरी पहिचान भएका तत्व वा वस्तु वा विषयहरूको परिमाणको लेखाजोखा गर्ने – असर पर्न सक्ने तत्व वा वस्तु वा विषयहरूको सङ्ख्या कति छ

ग) ती वस्तु वा विषयहरू को गुणात्मक पक्षको विश्लेषण, तिनीहरूको सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुखता (S) कस्तो छ

घ) उपर्युक्त 'क', 'ख' र 'ग'को जानकारीको आधारमा ती वस्तु वा विषयहरूलाई कहिले, कहाँ र कति मात्रामा वा हदसम्म असर पर्न सक्ने सम्भावना छ सो

जेखिमको लेखाजोखा र विश्लेषण गर्ने ।

(क) जलवायु परिवर्तन र सोबाट सिर्जित प्रकोपहरूबाट असर पर्न सक्ने तत्वहरू वा वस्तु वा विषयहरू

जलवायु परिवर्तन तथा सोसँग सम्बन्धित प्रकोपहरू (बाढी, पहिरो, सुख्ख, खडेरी, अति बर्षा, बेमौषमको बर्षा, अति गर्मी, अति जाडो, हुरी, बतास, आदि) बाट असर पर्न सक्ने वस्तुहरूलाई ५ (पाँच) समूहमा राखेर हेर्न सकिन्छ । यिनीहरूलाई जीविकोपार्जनका साधान वा सम्पदा वा श्रोत वा पूँजी पनि भन्छन् । तिनीहरू हुन

अ) मानवीय श्रोत वा सम्पदा

आ) प्राकृतिक श्रोत वा सम्पदा

इ) भौतिक श्रोत वा सम्पदा

ई) आर्थिक श्रोत वा सम्पदा र

उ) सामाजिक तथा सांस्कृतिक श्रोत वा सम्पदा

यो वर्गीकरणले जलवायु परिवर्तनले असर पार्न सक्ने वस्तुहरूलाई पहिचान गर्नमा सजिलो बनाउछ वा मार्ग दर्शन गर्दछ ।

(ख) पहिचान भएको तत्व वा वस्तु वा विषयहरूको परिमाण

दोश्रो चरणमा यी श्रोतहरूको सङ्ख्यात्मक विवरणको विश्लेषण गर्नु हो । सम्भाव्य असर पर्न सक्ने श्रोतको सङ्ख्यालाई 'सम्मुखता' वा "Exposure - E" भनिन्छ । सङ्ख्यात्मक विवरणकोलागि तल केहि उदाहरणहरू दिइएको छ ।

अ) मानवीय श्रोत – जलवायु परिवर्तन र त्यसबाट श्रृजित प्रकोपप्रति सम्मुख भएको जनसङ्ख्या, त्यसमा पनि बालबालिका, गर्भवती महिला, शारीरिक तथा मानसिक रूपले अशक्त वा कमजोर भएको र वृद्धवृद्धाको सङ्ख्या खुलाएर हेर्नु पर्दछ ।

आ) प्राकृतीक श्रोत – वनजंगल, चरण, जडिबुटी तथा अन्य वनपैदावरको क्षेत्रफल, पानीको मुहान वा खोलाको सङ्ख्या, खानीहरू छन् भने तिनको सङ्ख्या, क्षेत्रफल, अन्य प्राकृतिक श्रोत जस्तै भीर मौरी बस्ने भीरको सङ्ख्या, आदि प्राकृतिक श्रोतहरूको सङ्ख्यात्मक विवरण पर्दछ ।

इ) भौतिक श्रोत – भौतिक श्रोत भन्नाले प्रायः मानव निर्मित संरचनाहरू पर्दछ । आवश घर, बाटो, पुल, खानेपानी, सामुदायिक भवन, विद्यालय भवन, नहर, ढल, विद्युत, टेलेफोन तथा टिभीको तार, गुम्बा, मन्दिर, आदि मानव निर्मित भौतिक श्रोतहरू र तिनीहरूको सङ्ख्या वा लम्बाई वा अन्य सङ्ख्या देखाउने विवरणहरू पर्दछ ।

ई) आर्थिक श्रोत – आर्थिक श्रोतमा खास गरी बचत, आम्दानी, खर्च, जीविकोपार्जनका श्रोत, आदिको सङ्ख्या झल्काउने विवरणहरू पहिचान गर्नु पर्दछ ।

उ) सामाजिक तथा संस्कृतिक श्रोत – समूदयमा विद्यमान औपचारिक तथा अनौपचारिक सँगठनहरू जस्तै बन उपभोक्ता समूह, सहकारी, गुठी, युवक समूह, महिला समूह, कुनै वर्ग वा परिवार विशेषको समूह, वा अन्य उपभोक्त समूह, आदि र तिनको सङ्ख्या ।

साधारणतय सङ्ख्या धेरै भयो भने धेरैलाई नै जलवायु परिवर्तनले असर पार्न सकिने भएकोले सम्मुखता (exposure) उच्च भएको मानिन्छ । जस्तै बाढी आउने क्षेत्रमा जति धेरै मान्छेको संख्या भयो, पानीको श्रोत भयो, घर भयो, आर्थिक गतिबिधि भयो, सामाजिक गतिविधि भयो श्रोत वा सम्पदा बढि भयो त्यति नै बढिबाढीले असर पार्न सक्छ, त्यसैले जोखिम बढि हुन्छ । यो विश्लेषणलाई स्थान र समय विषेश कसरी हेर्ने र ग्रहण गर्ने भन्नेमा पनि भर पर्दछ । किनकि धेरै श्रोत र सम्पदा भयो भने क्षमता धेरै हुन्छ भन्ने अर्थ पनि लगाउन सकिन्छ । तर यहाँ विश्लेषण गर्न खोजिएको सम्पदा चाहि प्रकोपप्रति सम्मुख भएको सम्पदा हो । प्रकोपले असर पार्न नसक्ने स्थानमा सम्पदा छ भने त्यसलाई क्षमताको रुपमा गणना गर्न सकिन्छ । यसलाई अनुपातिक ढंगले प्रस्तुत गर्न पनि सकिन्छ । उदाहरणकोलागि अति धेरै सम्मुखता (९०% भन्दामाथि असर पर्न सकिने), अति थोरै सम्मुखता (१०% भन्दा थोरै असर पर्न सक्ने), आदि ।

(ग) श्रोतहरूको गुणात्मक पक्ष अथवा तिनको सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुख (Susceptibility or Vulnerability=V) को विश्लेषण

तेश्रो चरणमा यी श्रोतहरूको गुणात्मक पक्ष अथवा जलवायु परिवर्तनजन्य प्रकोपहरूप्रति तिनको सम्वेदनशीलता वा संकटासन्नताको विश्लेषण गर्नु हो । यी गुणात्मक पक्षको विश्लेषणले यी श्रोतहरू जलवायु परिवर्तनको असर प्रति कतिको सम्वेदनशील अथवा त्यसको असरप्रति कतिको दरो वा कमजोर छन् भनेर हेर्दछ । उदाहरणकोलागि अघिल्लो विश्लेषणमा सङ्ख्यात्मक विवरणहरू हेरौं, जस्तै घरको सङ्ख्या, मानी लिउँ १०० वटा घर भन्ने विवरण आयो र जति धेरै भयो उति नै धेरै असर पर्न सक्ने वा नोक्सान धेरै हुने वा जोखिम धेरै हुने भन्ने बुझाउँछ । तर कति धेरैलाई असर पर्छ भन्ने कुरा तिनीहरूको सम्वेदनशिलतामा भर पर्छ । उदाहरणकोलागि एउटा बाढी क्षेत्रमा रहेको १०० घरमा सबै घर आरसिसि पिलर भएको र भुई तला खुला राखी बाढीको पानी सहजै जानसक्ने अवस्था छ भने ती घरहरू बाढीले नोक्सान

नपुऱ्याउन वा कम नोक्सान पुऱ्याउन सक्छ । तर त्यस्तो नभई त्यही १०० वटा घर झिंगटाले बारेको र माटोले लिपेको छ भने उति नै मात्राको वा शक्ति भएको बाढीले धेरै घर नष्ट गर्न सक्दछ । त्यसैले सम्वेदनशिलता बढी भयो भने जोखिम पनि बढी हुन्छ । तल उपरोक्त ५ श्रोत वा पूंजीको सम्वेदनशिलतालाई कसरी हेर्न सकिन्छ, उदाहरण सहित प्रस्तुत गर्ने प्रयाश गरिएको छ । कतिपय सङ्ख्यात्मक जानकारीलाई गुणात्मक वा सम्वेदनशील सूचनाको रुपमा पनि प्रस्तुत गर्न सकिन्छ ।

अ) **मानवीय श्रोत –** उपस्थित जनसङ्ख्याको शिक्षा, ज्ञान, अनुभव, तिनको शारीरिक बलवान, आदि । यी गुणहरूमा कमी भयो भने सम्वेदनशिलता बढि हुन्छ । जति शिक्षा, ज्ञान, अनुभव, भयो त्यति नै धेरै सम्वेदनशिलता कम हुन्छ । सङ्ख्यात्मक जानकारीलाई पनि गुणात्मक जानकारीको रुपमा लिन सकिन्छ, जस्तै बालबच्चा, जेष्ठ नागरिक वा गर्भवती महिलाको सङ्ख्या प्रतिशतमा वा अनुपातलाई पनि संबेदनशीलताको दृष्टिकोणबाट हेर्न सकिन्छ । समूदायमा जति धेरै बालबच्चा, जेष्ठ नागरिक वा गर्भवती महिलाको सङ्ख्या वा अनुपात भयो त्यति नै सो समूदाय सम्वेदनशील हुन्छन् अर्थात् प्रकोपले धेरै असर पार्न सकिन्छ ।

आ) **प्राकृतिक श्रोत –** वनजंगल, चरण तथा जडिबुटीको अवस्थाको हकमा भूक्षय भएको, अति चरिचरन भएको, आदि । पानीको मुहान वा खोलाको हकमा सुक्दै गएको वा प्रदुषित भएको अवस्था, खानी तथा उत्खनन्को हकमा व्यवस्थित नभएको, अत्यधिक प्रयोग, उत्खनन् वा दोहन भएको, आदि जस्ता गुणात्मक पक्षहरू हेरिनु पर्दछ ।

इ) **भौतिक श्रोत –** भौतिक श्रोतको सम्बन्धमा घरको उदाहरण माथि नै भनिसकिएको छ । सामुदायिक भवन, विद्यालय भवन, गुम्बा, मन्दिरको हकमा पनि घरकै जस्तो अवस्था हो । बाटो, पुल, खानेपानी, कूलो, आदिको हकमा भने तिनीहरूका निर्माण सामाग्रीको गुणस्तर र जोडा, तिनीहरूको भार बाहन क्षमता, तिनीहरूको ईन्जिनियरीङ्ग डिजाईनमा तथा निर्माणको बेला बाढी, पहिरो जस्ता मौसमजन्य प्रकोपहरूबाट जोगाउने प्रबिधिप्रति ध्यान दिएको छ वा छैन, आदि गुणात्मक पक्षहरू हेर्नु पर्दछ ।

ई) **आर्थिक श्रोत –** आर्थिक श्रोतमा खास गरी बचत, समाजमा आम्दानीको समुचित बितरण छ वा छैन, आम्दानीको श्रोतको विविधता छ वा छैन, श्रोतहरूको दिगोपना वा निरन्तरता छ वा छैन, आवश्यक परेको खण्डमा ऋण वा सापटी पाउन सकिन्छ कि सकिदैन, गाउमा वित्तिया संस्थाहरू छन् वा छैनन्, आदि वित्तियासँग सम्बन्धित गुणात्मक पक्षहरूको विश्लेषण गर्नु

पर्दछ । ब्यक्ती वा समाजको आर्थिक श्रोत र बचत जति कम भयो त्यति नै बढि प्रकोपप्रति सम्वेदनशील हुन्छन् र असर पर्न सक्ने सम्भावना धेरै हुन्छ ।

उ) **सामाजिक तथा सांस्कृतिक श्रोत –** समूहमा विद्यमान औपचारिक तथा अनौपचारिक सँगठनहरूमा सबै वर्गको प्रतिनिधित्व छ वा छैन, निर्णायक भूमिकामा जस्तै अध्यक्ष, उपाध्यक्ष, कोषाध्यक्ष, सचिव, आदिमा बिपन्न वर्ग वा संवेदनशील वर्गको प्रतिनिधित्व छ वा छैन, यी संस्थाहरूको कार्यक्षमता र दक्षता कस्तो छ, कुनै क्षमता अभिवृद्धिको तालीमहरू लिएको छ वा छैन, यिनीहरूले ब्यास्थापन तथा सञ्चालन गरेको संस्थाको कार्यक्रम तथा आर्थिक श्रोतको आयतन कतिको ठूलो छ, आवश्यक पर्ने सबै प्रकारका संस्थाहरू समूदायमा छन् वा छैनन्, संस्थाहरूको व्यवस्थापन राम्रो वा नराम्रो आदि कस्तो छ, आदि पक्षहरूको लेखाजोखा गर्नु पर्दछ ।

यसरी गुणात्मक लेखाजोखा गर्दा सबल र दुर्बल विशेषताहरू पनि छुट्याउनु पर्छ । किनकि जति दुर्बल पक्षहरू यी श्रोतहरूमा भयो त्यति नै ती श्रोतहरू प्रकोपप्रति सम्वेदनशील हुन्छन । सबल तथा दुर्बल पक्षलाई खासै सङ्ख्यामा प्रस्तुत गर्न सकिदैन, त्यसैले यसलाई स्तरीकरण गरी अति कमजोर वा अति दुर्बल, कम्जोर, मध्यम, सबल (कम दुर्बल) र अति सबल (अति कम दुर्बल) गरी साधारणतय ५ (पाँच) तहमा वर्गीकरण गरी प्रस्तुत गर्न सकिन्छ । यस्तो सबल वा दुर्बलको स्तरीकरण गर्दा जहिलेपनि सम्बन्धित प्रकोपलाई ध्यानमा राखी गर्नु पर्दछ । यहाँ फेरी घरकै उदाहरण लिउँ । बाढीग्रस्त क्षेत्रमा घरको बनावट बाढीको दृष्टिकोणले अति दुर्बलदेखि अति सबलसम्म हुन सक्छ । झिंगटाले बारेको, त्यसमाथि माटोले लिपेर पर्खाल बनाएको घर छ भने त्यस्तो घर बाढीले सजिलै नष्ट गर्न सक्छ त्यसको अर्थ त्यस्तो घर बाढीको दृष्टिकोणले अति दुर्बल वा सम्वेदनशीन मान्न सकिन्छ । आरसिसि खम्बा लगाएर भुई तलामा पानीको राम्ररी निकास हुन सक्ने व्यवस्था गरिएको छ भने त्यस्तो घरले बाढीको क्षतिलाई धेरै हदसम्म थेग्न सक्छ र त्यस्तो घरलाई सबल वा अति सबलको स्तरमा राख्न सकिन्छ अर्थात् अति कम वा कम सम्वेदनशीलताको स्तरमा राख्न सकिन्छ । त्यसरी नै पहिरो ग्रसित क्षेत्रमा यस्तो खालको लेखाजोखा पहिरोको दृष्टिकोणले गर्नु पर्दछ, बाढीको दृष्टिकोणले गरेको स्तरीकरण पहिरोकोलागि शतप्रतिसत नमिल्न सक्छ । कुनै समूदायमा घरहरू जति धेरै दुर्बल बनौटका छन्, त्यति नै त्यो समूदाय प्रकोपप्रति सम्वेदनशील छ भन्ने बुझाउँछ भने जति धेरै सबल घरहरू छन्, त्यति नै त्यो समूदाय प्रकोपप्रति प्रति कम सम्वदेनशील वा संकटाभिमुख छ भन्ने बुझाउँछ । साधारणतय ५ (पाँच) तहको स्तरीकरणलाई यसरी हेर्न सकिन्छ

(१) अति नकरात्मक, (२) नकरात्मक (३) तटस्थ, (४) सकरात्मक र (५) अति सकरात्मक । यस्तो विश्लेषण कुनै समूदाय वा स्थानमा विद्यमान समूदायकोलागि महत्वपूर्ण सबै सम्मुख्त भएका श्रोतहरू (मानव, भौतिक, आर्थिक, समाजिक तथा प्राकृतिक) को लागि गर्नु पर्दछ । यस्तो विश्लेषण बिगतदेखि लिएर भविष्यसम्मको गतिविधिलाई मध्यनजर गरेर गर्नु पर्दछ । बिगतका घटनाहरूबाट पाठ सिक्ने र मुख्य गरी अव भविष्यमा कस्तो जोखिम हुन्छ र त्यसलाई कसरी सामना गर्ने भन्ने चाहिँ महत्वपूर्ण रहन्छ ।

जलवायु परिवर्तन जोखिम विश्लेषण

यसरी जलवायु परिवर्तन र तिनसँग सम्बन्धित प्रकोप, जलवायु परिवर्तन प्रति सम्मुख श्रोत र तिनको सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुखताको जानकारी प्राप्त भएपछि जोखिम वा सम्भाव्य क्षतिको विश्लेषण गरिन्छ । जति धेरै जलवायु परिवर्तन भएको छ र त्यसले जति धेरै प्रकोपहरू निम्त्याएको छ, ती जलवायु परिवर्तन र तिनले निम्त्याएको प्रकोप प्रति जति धेरै श्रोतहरू सम्मुख भएकाछन् र ती सम्मुख भएको श्रोतहरू जति धेरै सम्वेदनशील वा संकटाभिमुख छन्, त्यति नै धेरै जोखिम हुन्छ, अथवा नकरात्मक असर वा प्रभावको सम्भावना बढी हुन्छ जुन अगाडि समिकरण ५ मार्फत प्रस्तुत गरिएको छ ।

९.२.३ जोखिम न्यूनिकरणका लागि आवश्यक कृयाकलाप, श्रोत, साधान, क्षमता तथा नीति को विश्लेषण

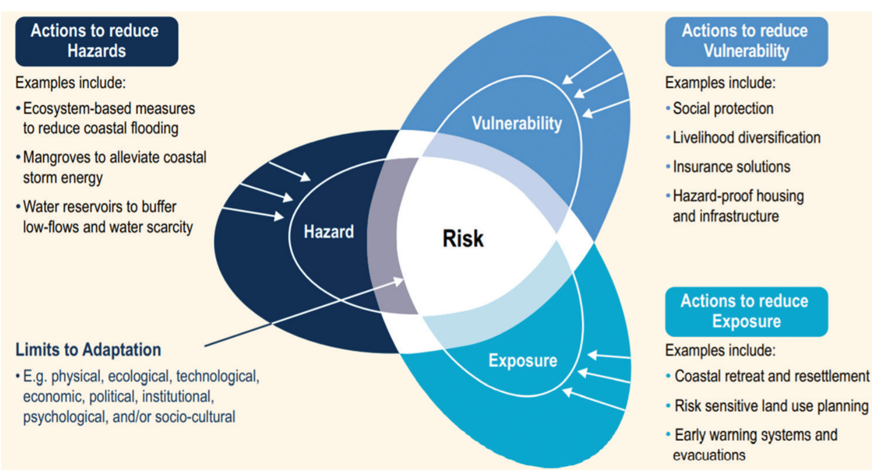
अघिल्लो चरणसम्म विश्लेषण गर्दा कुनै एउटा समूदाय जलवायु परिवर्तनबाट कति जोखिममा छन् भन्ने जानकारी हुन्छ र ती जोखिमका कारणहरू पनि के के हुन् भन्ने मोटामोटी जानकारी हुन्छ जसले गर्दा जोखिम न्यूनिकरण गर्न के कस्ता कृयाकलापहरू प्रस्ताव वा अवलम्बन वा लागू गर्नु पर्छ भन्ने आंकलन गर्न सकिन्छ । त्यसैले यो चरणमा ती जोखिमलाई न्यूनिकरण गर्न कृयाकलाप पहिचान गर्ने र तिनलाई कार्यन्वयन गर्न आवश्यक श्रोत साधानको बारेमा छलफल गरिने छ । जलवायु परिवर्तनको जोखिमलाई कम गर्न अन्तर्राष्ट्रिय जलवायु परिवर्तन कार्यदलले (IPCC) एउटा अवधारणालाई अगाडि सारेको छ । यो अवधारणा अनुसार जोखिमलाई कहिले पनि शुन्य वा निर्मुल गर्न सकिँदैन । सबै उपायहरू अवलम्बन गर्दा पनि अन्तिममा केहि न केहि जोखिम रहिरहन्छ जसलाई स्वीकार गर्नु पर्दछ र यसलाई स्वीकार्य जोखिम पनि भनिन्छ ।

जोखिम न्यूनिकरणकालागि जोखिमका तीनै वटा कारकहरू (१. जलवायु

परिवर्तन र त्यसले ल्याएको वा ल्याउने प्रकोप, २. सम्मुखता र ३. सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुखता) लाई सम्बोधन गर्नु पर्दछ । यी तीनै कारक तत्वहरूलाई सकेसम्म कम वा घटाउने काम गर्नु पर्दछ (चित्र १७) । त्यसैले अनुकूलनलाई जोखिम न्यूनिकरण गर्ने दृष्टिकोणबाट हेर्दा, यसले जलवायु परिवर्तन तथा त्यसबाट श्रृजित प्रकोपहरूको न्यूनिकरण तथा व्यवस्थापन गर्ने, जलवायु परिवर्तन तथा त्यसबाट श्रृजित प्रकोपहरूप्रति समूदाय र श्रोतहरूको सम्मुखता घटाउने, श्रोतहरूको सम्वेदनशीलता घटाउने, तिनको प्रतिरोधात्मक तथा उत्थानशीलताको क्षमता वृद्धि गर्ने जस्ता कृयाकलापहरू अनुकूलनले समेट्दछ । अनुकूलनका लागि आवश्यक कृयाकलाप तथा श्रोतसाधनहरूको पहिचान गर्दा पनि माथि छलफल गरिएको ५ वटा श्रोतको भित्रैबाट खोजिने र गरिने कार्य नै हो ।

अब आउने दिनहरूमा जलवायु परिवर्तन न्यूनिकरणकोलगि स्वच्छ उर्जाको मात्रै प्रबर्द्धन र प्रयोग गर्नु पर्छ भनेर अघिल्लो परिच्छेदहरूमा लेखिसकेकोले यहाँ फेरि ती कुराहरूलाई दोहोऱ्याइरहनु परेन । त्यसैले निम्न हरफहरूमा सम्मुखता र सम्वेदनशीलता घटाउने उपायहरू बारे चर्चा गरिने छ ।

चित्र १७: जोखिम न्यूनिकरणकालागि अनुकूलन



श्रोत: IPCC, 2019a

९.२.४ सम्मुखता तथा सम्वेदनशीलता वा संकटाभिमुख न्यूनिकरण र क्षमता अभिवृद्धि

जीविकोपार्जनकोलागि आवश्यक पाँच सम्पत्ती अर्थात (१) मानवीय श्रोत, (२)

प्राकृतिक श्रोत, (३) भौतिक श्रोत, (४) आर्थिक श्रोत र (५) सामाजिक तथा सांस्कृतिक श्रोतभित्र रहेको सम्मुखता, सम्वेदनशीलता र क्षमताको सहि ब्यबस्थापनबाट प्रभावकारी अनुकूलन हुन्छ । यस्तो ब्यबस्थापन वा अनुकूलन कार्यले वर्तमानमा भईरहेको जलवायु परिवर्तन जन्य प्रकोपलाई मात्र सम्बोधन नगरी भविष्यमा आउन सक्ने सम्भाव्य प्रकोपलाई पनि सम्बोधन गर्नु पर्दछ । निम्न पच्छिेदहरूमा अनुकूलनकोलागि यी श्रोतहरूको ब्यबस्थापन बारे संक्षिप्त जानकारी गराउने प्रयास गरिएको छ ।

अ) **मानवीय श्रोत** – जलवायु परिवर्तन र त्यसबाट श्रृजित प्रकोपप्रति सम्मुख भएको जनसङ्ख्या, त्यसमा पनि बालबालिका, गर्भवती महिला, शारीरिक तथा मानसिक रुपले भिन्न क्षमता भएका र वृद्धवृद्धाको सङ्ख्या सम्भावित प्रभाव क्षेत्रबाट अन्य क्षेत्रमा स्थान्तरण गर्नु हो । संभावित प्रभावित क्षेत्र र समयमा सो स्थलमा जति धेरै जनसङ्ख्या भयो त्यति नै धेरै जोखिम हुन्छ । सधै अधिक बाढी आइरहने, पहिरो गईरहने, खडेरी भइरहने, हावाहुरी, असिना आइरहने, पानी सुक्दै जाने वा अर्को अर्थमा जलवायुजन्य प्रकोपहरू र तिनका प्रभावहरू बढ्दै गइरहेको र भविष्यको परिदृष्यले पनि त्यस्तो प्रकोपहरूको वृद्धि हुदै जाने स्थान र समयबाट अति सम्वेदनशील वर्गको सङ्ख्या कम गर्नु पर्दछ । उनीहरूलाई त्यो ठाउबाट अन्य सुरक्षित ठाउतिर सार्नु पर्दछ ।

मानवीय श्रोतको क्षमता अभिवृद्धिको हकमा जलवायु परिवर्तन, तिनको कारण, त्यसबाट हुने विविध असर तथा प्रभाव र तिनबाट सुरक्षित तथा अनुकूलनकालागि आवश्यक ज्ञान, सीप तथा प्रविधिसम्बन्धि शिक्षा तथा तालीम आदि दिने कृयाकलापहरू पर्दछ ।

आ) **प्राकृतिक श्रोत** – प्राकृतिक श्रोतलाई मानवीय श्रोतलाई झै स्थानान्तर गर्न सकिदैन । त्यसैले अनुकूलनको सन्दर्भमा प्राकृतिक श्रोत जस्तै वनजंगल, चरण तथा जडिबुटीको क्षेत्रफल, पानीको मुहान वा खोलाको सङ्ख्या, खानीहरू, आदिलाई हटाउन सम्भव हुदैन । तर तिनकालागि जलवायु परिवर्तन र सो बाट श्रृजित प्रकोपबाट जोगाउने जस्ता कृयाकलापहरूको लेखाजोखा गर्नु पर्दछ । जस्तै बाढी, पहिरो, सुख्खा, आदिबाट जोगाउन बाढी तथा पहिरो नियन्त्रण तथा व्यवस्थापन, बोटबिरुवालाई सिंचाईका कार्यक्रमहरू लागू गर्नु आदि जस्ता कामहरू गर्नु अनुकूलनको काम गर्नु हो । तिनीहरूलाई यथास्थानमा जलवायु परिवर्तनका प्रकोपबाट अधिक जोगाउने कार्य नै अनुकूलन कार्य हो । वास्तवमा प्राकृतिक श्रोत बढी हुनु भनेको क्षमता बढि हुनु पनि हो । त्यसैले मानव निर्मित संरचनाको साथसाथ प्रकृतिक श्रोतको क्षेत्रफल, घनत्व

र गुणात्मक पक्ष सुधार्ने र बढाउने, जलवायु परिवर्तनजन्य प्रकोपबाट तिनलाई जोगाउने र संरक्षण गर्ने कार्य भनेको अनुकूलन गर्नु हो ।

इ) **भौतिक श्रोत –** भौतिक श्रोतको सम्मुखता घटाउने भनेको जलवायु परिवर्तन जन्य प्रकोपबाट बढि प्रभावित क्षेत्र वा भविष्यमा त्यस्तो हुने र बढ्दै जाने स्थान र समयमा भौतिक संरचनाहरू नबनाउने, हाल विद्यमान संरचनाहरू भइरहेको र प्रभावित पर्नसक्ने अवस्थामा भएमा सो स्थानबाट त्यस्ता संरचनाहरू हटाउने र त्यस्तो स्थानमा पुन निर्माण नगर्ने जस्ता कृयाकलाप वा कार्यक्रमहरू अनुकूलन वा जोखिम न्यूनिकरणका कार्यहरू हुन् ।

भौतिक संरचनाको सम्वेदना वा संकटाभिमुखलाई न्यूनिकरण गर्न खासगरी तिनको ईन्जीनियरीङ्ग डिजाईनमा ध्यान पुऱ्याउन आवश्यक छ । बढ्दै गएको वायुमण्डलको तापक्रम, विषम वर्षा, हावाहुरी, हिमपात, सुख्खा, बाढी, पहिरो, आदिको असर र प्रभावको विश्लेषण गरी सोबाट जोगिने गरी वा त्यस्ता प्रकोपहरूबाट कमभन्दा कम असर वा असरै नपर्ने गरी ंरचनाहरूको निर्माण गर्नु पर्दछ । यस्तो विश्लेषण बिगतको साथसाथै भविष्यको पनि गर्नु आवश्यक छ, किनकि जतिपनि संरचना अहिले बनाउने हो तिनले भविष्यको जलवायु र तिनबाट पर्ने असरको सामना गर्नु पर्दछ । जलवायु परिवर्तनको कारण भविष्यको जलवायु बिगतको जस्तो नहुने भएकोले बिगतको हावापानी, बाढी, पहिरो, हावाहुरी, हिमपात, आदिको विश्लेषणले भविष्यको यथार्थ चित्रण भएको हुदैन । त्यसैले भविष्यको विश्लेषण गरेर त्यसको सम्भावित असरबाट जोगिने डिजाईन बनाई निर्माण गर्नु पर्ने आवश्यक हुन्छ ।

भौतिक संरचनाको हकमा यदि यस्ता संचनाहरू सहि तरीकाले निर्माण नगरे उल्टो त्यस्ता संरचनाकै कारण बिपद आउँदछ । उदाहरणकोलागि सडक बनाउदा त्यस स्थानमा भविश्यमा आउने भल पानीको सहि विश्लेषण नगरी बनायो भने त्यस्ता संरचनाले भलपानी बग्नमा अवरोध ल्याई झन् पहिरो, भूक्षय अथवा बाढीको प्रकोप बढाउन सक्छ । त्यस्तै नहर वा सिंचाई बनाउदाखेरि खोलामा भविश्यमा आउने बाढीको राम्ररी विश्लेषण नगरी नहरको डिजाईन भएमा नहरमा बाढीको पानी पसी खेतलाई नोक्सान पुऱ्याउन सक्छ । त्यसैले अनुकूलनको दौरानमा बिकास निर्माणलाई एकातिर जलवायुजन्य प्रकोपबाट सुरक्षित गर्नु आवश्यक छ भने अर्कोतिर तिनीहरूको कारण बिपद नहुने गरि निर्माण गर्नु अति आवश्यक छ ।

ई) **आर्थिक श्रोत –** वर्तमान तथा भविष्यको जलवायुको प्रतिकूलताबाट आर्थिक गतिविधिमा असर पर्ने भएकोले त्यस्तो असर पर्ने स्थानहरूमा आर्थिक गतिविधि

नगर्ने वा हटाउन नसक्ने अवस्था भएमा सकेसम्म कम गर्ने, हाल सञ्चालनमा रहेको आर्थिक गतिविधिहरू जलवायु परिवर्तनसँगै कठीन हुने वा लोप भएर जान सक्ने अवस्थामा छ भने बिस्तारै वैकल्पिक आर्थिक कृयाकलापको बिकास र अलम्वन गर्ने जस्ता कार्यक्रमहरू जलवायु परिवर्तन अनुकूलन अन्तरगत गर्न सकिन्छ । एउटै मात्र आर्थिक श्रोत हुदा अधिक जोखिम पर्ने भएकोले आर्थिक गतिविधि पनि विविधिकरण गर्नु आवश्यक छ ।

आपतपछिको आर्थिक समस्या टार्ने अर्को एउटा उपाय हो बिमा । त्यसैले मानवीय श्रोतको साथै सबै श्रोत साधानको बिमा गर्नु पनि जरुरी छ। जलवायु जन्य घटनाले जिबिकोपार्जनका साधानहरूमा क्षति पुऱ्याएमा बिमाबाट सो क्षतिपूर्ति प्राप्त गरी जीवनशैलीलाई साबिक स्तरमा निरन्तरता दिन टेवा पुऱ्याउँदछ ।

प्राकृतिक जलवायुमा आधारित आर्थिक गतिविधि जस्तै कृषि, पशुपालन, आदि जलवायु परिवर्तनप्रति अति सम्वेदनशील हुन्छन् र जलवायुमा अलिकति परिवर्तन आउनासाथ यस्ता खालको आर्थिक गतिविधिमा प्रत्यक्ष असर परिहाल्छ । त्यसैले यस्ता खालको आर्थिक पेशामा लागेका व्यक्ति वा समूदायहरूले अनुकूलनमा विशेष ध्यान दिनु पर्ने आवश्यक छ ।

कृषिको सम्बन्धमा खास गरी भविष्यमा कस्तो खालको जलवायु अस्तित्वमा आउछ सोको वैज्ञानिक तवरले परिदृष्य बनाई त्यस्तो खालको जलवायुलाई सुहाउदो कृषि तथा पशुपालनका गतिविधिहरू अहिले नै अनुसन्धान गर्ने, बिकास गर्ने र अवलम्बन गर्ने जस्ता कामहरू गर्नु आवश्यक छ ।

उ) **सामाजिक तथा सांस्कृतिक श्रोत –** जलवायु परिवर्तनको सामना व्यक्तिगत तहबाट मात्रै गर्न सकिदैन । यसकोलागि समूहगत रुपमा सामना गर्नु अति आवश्यक छ । यस्ता खालको सामूहिक वा सामुदायिक काम गर्ने तरीका समूदायमा परापूर्वकालदेखि बिकास तथा परिमार्जन गरी ब्यबहारमा लागू भईरहेको हुन्छ। स्थानीय जलवायुको गतिबिधि बुझ्ने, जलवायु जन्य प्रकोपबाट सुरक्षित रहने र असर परेमा त्यसको ब्यबस्थान गर्ने, पूर्वतयारी रहने आदि जस्ता स्थानीय ज्ञान, शीप, गतिबिधि र त्यसलाई परिचालन गर्ने परम्परागत सामाजिक तथा धार्मिक समूह, समिति तथा संस्थाहरू यस प्रकारको श्रोत अन्तरगत पर्दछ । स्थानीय स्तरमा रहेका त्यस्ता परम्परागत प्रयासहरूले त्यस क्षेत्रमा विद्यमान वा यथास्थितीमा भईरहेको जलवायुलाई राम्ररी सम्बोधन गरेको हुन्छ । तर पछिल्ला वर्षहरूमा जलवायु परिवर्तन एउटा नयाँ घटना भएकोले त्यससँग जुध्ने उपायहरू परम्परागत ज्ञान तथा शीप, बिद्यमान समूह

वा संस्थामा कम हुन सक्छन् । त्यसैले यस्तो अवस्थामा समूदायलाई ज्ञान दिनु पर्ने र परम्परागत सामाजिक तथा संस्कृतिक गतिविधिहरूमा परिमार्जन गर्नु पर्ने आवश्यक हुन्छ । साथै परम्परागत रितिथिति तथा चालचलनमा पनि जलवायु परिवर्तनको असर तथा प्रभाव बमोजिम परिमार्जन गर्नु पर्ने आवश्यक रहन्छ । जस्तै खेती लगाउने वा गोठ सार्ने परम्परागत मितिहरू नयाँ परिवर्तित जलवायु अनुसार मेल नखान सक्छ जसलाई केहि परिमार्जित गरी फरक मितिमा गर्नु पर्ने आवश्यक हुन सक्दछ ।

त्यसैले विश्लेषणबाट प्राप्त जानकारीलाई आधार बनाएर कुन र कस्ता खालका परम्परागत समूह वा संस्था वा गतिविधि प्रभावकारी छन्, कस्ता खालका औपचारिक समूह वा समितिहरू हाल त्यस समूदायमा विद्यमान छन्, जलवायु परिवर्तन अनुकूलन सम्बन्धि दुबै खाले औपचारिक तथा अनौपचारिक समितिहरू र तिनले गर्दै आएका कृयाकलाप तथा गतिबिधिमा के कस्ता सबल तथा दुर्बल पक्षहरू छन्, ज्ञान र सीप छन्, आदिको विश्लेषण गरी यस्ता सामुदायिक तथा सांस्कृतिक श्रोतहरूलाई सबल बनाउने र प्रवर्द्धन गर्ने कार्यक्रम र गतिविधिहरू जलवायु परिवर्तन अनुकूलनका कार्यक्रमहरूले समेट्नु पर्दछ ।

९.२.५ विद्यमान श्रोत, साधान, क्षमता तथा नीतिनियमको विश्लेषण र तत्कालिन, मध्यकालिन तथा दीर्घकालीन अनुकूलन योजना

विभिन्न पक्षबाट जलवायु परिवर्तनबाट श्रोत साधनमा पर्न सक्ने सम्भाव्य जोखिम, असर तथा प्रभावहरू विश्लेषण गरी प्राविधिक दृष्टिकोणले आवश्यक गतिविधि तथा कृयाकलापहरू पनि पहिचान गरी तिनीहरूको कार्यन्वयनका लागि आवश्यक श्रोत साधनको लेखाजोखा र पहिचान गर्नु पर्दछ । कुनै असर सकरात्मक भए वा हुने सम्भावना भएमा सोलाई अझ प्रवर्द्धन गर्ने र नकरात्मक भए सोलाई न्यूनिकरण र निरुत्साही गर्न अनुकूलन कार्य योजनाले दिशानिर्देश गर्नु पर्दछ । अनुकूलन कार्य योजना कार्यन्वयन गर्न क) प्रविधि, ख) मानवीय क्षमता, ग) वित्तीय श्रोत र घ) नीति नियमको आवश्यक पर्दछ । त्यसैले समस्यालाई निर्मूल वा न्यून गर्न सकिने प्रविधि छ वा छैन, त्यसलाई आवश्यक पर्ने दक्ष मानवीय श्रोत छ वा छैन, प्रविधि तथा दक्ष जनशक्तिलाई परिचालन गर्नकालागि आर्थिक वित्तिय श्रोत वा व्यवस्था छ वा छैन र यी सबैलाई परिचालन गर्न नीति, नियम तथा कानुनी आधारहरू छ वा छैन, विश्लेषण गर्ने, पहिचान गर्ने, विद्यमान प्रावधनहरूलाई परिचालन र सदुपयोग गर्ने र नभएको खण्डमा आवश्यक व्यवस्था गरी अनुकूलन कार्ययोजना तयार बनाउनु

पर्दछ ।

यस्तो बिस्तृत अनुकूलन कार्ययोजनाले के काम गर्ने, कहाँ गर्ने, कहिले गर्ने, कसले गर्ने, कसरी गर्ने, किन गर्ने, आदि विविध प्रश्नहरूको विश्लेषणात्मक उत्तरहरू समेट्नु आवश्यक छ ।

अनुकूलन कार्यक्रमलाई तत्कालीन, मध्यकालीन तथा दीर्घकालीन गरी बनाउनु पर्दछ । तत्काल गर्नु पर्ने र गर्न सकिने कार्यहरूमा हाल जलवायु परिवर्तनले असर पारिसकेका समस्याहरूको लागि विद्यमान श्रोत, साधान तथा क्षमताले भ्याउने अति प्राथमिक प्राप्त कार्यहरू पर्दछ । त्यस्तै मध्यकालीन कार्यमा हालको श्रोतसाधान वा ज्ञान शीपले ले भ्याउन नसक्ने, त्यसकोलागि श्रोतसाधन जुराउनु पर्ने र अल्पकालिन अनुसन्धान गर्नु पर्ने जुन हालको समस्याको गम्भिर्यतामा तत्काल प्राथमिकतामा नपर्ने कार्यहरू पर्दछ । दीर्घकालिन कार्यक्रमको हकमा भने परिदृष्यले देखाएको भविष्यको जोखिमलाई सम्बोधन गर्ने खालको कार्यक्रमहरू पर्दछ । दीर्घकालिन कार्यक्रमकोलागि थप अध्ययन तथा अनुसन्धानहरू गर्नु पर्ने कार्यक्रमहरू पर्दछ जसको नतीजाले भविष्यमा आउन सक्ने जोखिम वा असरलाई न्यूनिकरण गर्ने काम गर्दछ । साथै भविष्यको जलवायुको सकेसम्म यथार्थपरक परिदृष्य बनाउने, भविष्यमा हुने सम्मुखता र संबेनदशीलताको अनुमान गर्ने र त्यसबाट श्रृजित सम्भाबित जोखिमको बिश्लेषण गरी अहिलेदेखि नै लागू गर्ने अनुकूलनका कार्यक्रम, योजना तथा कृयाकलापहरू पनि पर्दछ ।

९.२.६ अनुकूलन तथा बिकास योजनाको लागू, अनुगमन र पाठ सिकाई

अनुकूलन कार्यक्रमलाई व्यवस्थित तथा दीगो तवरले लागू गर्नु पर्दछ। अनुकूलन भनेको एक पटक गरेर सकिने काम वा प्रकृया होइन, यो निरन्तर गरिरहने, चलिरहने र भइरहने कार्य हो । त्यसकोलागि सरकारको वार्षिक तथा आवधिक बिकासका कार्यक्रमहरूमा अनुकूलन कार्यक्रमलाई समावेश, समायोजन वा एकिकृत गर्नु पर्दछ जुन निरन्तर चलिरहने प्रकृया हो । जलवायु परिवर्तन अनुकूलन कार्यक्रमलाई पनि त्यसरी नै एउटा निरन्तर चलिरहने कार्यक्रमको रुपमा अगाडि लैजानु पर्दछ । यसकोलागि विश्लेषण गरेर बनाईएका अनुकूलन योजनालाई स्थानीय वा प्रदेश वा संघीय स्तरको आवधिक तथा वार्षिक कार्यक्रममा जहाँ उपयुक्त हुन्छ त्यहाँ एकिकृत वा समायोजन गरी कार्यन्वयन गर्नु पर्दछ । यसो गर्दा अनुकूलन कार्यक्रम दिगो रहन्छ । यसो गर्नाले अनुकूलनको लागि आवश्यक प्रविधि, दक्ष जनशक्ति, आर्थिक श्रोत, संरचना तथा आवश्यक नीति, नियम तथा कानुनको पनि व्यवस्था गर्दा छुट्टै नभई बिकासको अभिन्न अंगको रुपमा गइरहेको हुन्छ । वास्तवमा अवको सबै

बिकासका कार्यक्रमलाई जलवायु परिवर्तन मैत्री वा अनुकूलन कार्यक्रमको रुपमा बिकास गरी लागू गर्नु पर्ने अपरिहर्यता छ ।

प्रत्येक बिकास कार्यक्रमले जलवायु परिवर्तनले आफ्नो क्षेत्रमा के कस्तो असर परिरहेको छ र भविष्यको परिदृष्यले के कस्तो असर पर्ने देखाउछ सोको अध्ययन, अनुसन्धान तथा लेखाजोखा गर्नु पर्दछ । स्थानीय तहमा अनुकूलन योजनालाई बिकास योजना वा अयोजनामा समायोजन गर्दा समूदाय वा वडा तहमा जलवायु परिवर्तन जन्य समस्याको विश्लेषण र आवश्यकताको पहिचान गर्ने बेलैमा जलवायु परिवर्तनको विश्लेषण गर्ने, त्यसको असरको विश्लेषण गर्ने र त्यसलाई समाधान गर्न आवश्यक कृयाकलाप तथा कार्यक्रमहरूको पहिचान गरी सुरुको अवस्थाबाटै आद्यावधिक बिकासको कार्यमा एकिकृत गरेर लैजानु पर्दछ ।

सम्भव भएसम्म विद्यमान संस्थागत संरचना तथा वित्तिय व्यवस्थापनले नै अनुकूलन कार्यक्रम निर्माण गर्ने, लागू गर्ने, अनुगमन गर्ने तथा सिकाईका कार्यहरू गर्ने व्यवस्था गरिनु पर्दछ। तर विद्यमान संस्थागत संरचना तथा वित्तिय व्यवस्थापनले अनुकूलन कार्यक्रमलाई सम्बोधन गर्न सक्ने अवस्था नभएमा दोहोरोपन नहुने गरि त्यस्ता संरचना तथा व्यवस्थाहरू निर्माण गरी अनुकूलन कार्यक्रमका गतिविधिहरू गर्नु पर्दछ ।

अनुकूलन निरन्तर चलीरहने कार्य भएकोले गरीसकेको कामहरूबाट पाठ सिक्ने र सोलाई अब गरिने काममा उपयोग गर्ने कार्य पनि एउटा अभिन्न कार्यको रूपमा अंगाल्दै लैजानु पर्दछ ।

खण्ड १०. जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि विश्व संवाद

दिगो बिकासकोलागि वातावरण संरक्षण अति आवश्यक छ । विश्व वातावरण, खासगरी विश्व जलवायुमा गम्भीर समस्या आएको र यसलाई सम्बोधन गर्नु पर्ने अति आवश्यक भइसकेकोले विश्व समूदायले सन् १९९२ को ब्राजिलको पृथ्वी सम्मेलनमा एउटा ठोस निर्णय गऱ्यो । त्यसै बेला जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि संयुक्त राष्ट्र संघीय खाका महासन्धि (United Nation's Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) तयार भयो । यो महासन्धिले जलवायु परिवर्तनबाट उत्सर्जित समस्यालाई सम्बोधन गर्न जलवायु परिवर्तनका दुईवटा पाटा, निर्मुलीकरण र अनुकूलन (mitigation and adaptation) लाई साथसाथै लैजानु पर्ने आवश्यकता औंल्यायो । यसै आवश्यकतालाई ध्यानमा राखी विश्व समूदायले सन १९९७ मा जापानको क्योटो सहरमा बसेको सम्मेलनले (COP3) क्योटो सन्धिपत्र प्रतिपादन गऱ्यो । क्योटो सन्धिपत्रको मूल उद्देश्य भनेको विश्व समूदाय, खासगरी बिकसित मूलुकहरूले गरेको द्रुत बिकासको कारण उत्सर्जित हरितगृह ग्याँसलाई घटाउनु रहेको थियो । सन्धिपत्रानुसार बिकसित देशहरूले सन् २००८–२०१२ सम्म १९९० को तुलनामा मानवीय कारण हुने हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन ५% ले घटाउनु थियो । यो सन्धिपत्रलाई सन् १९९८ मार्च १६ देखि १९९९ मार्च १५ सम्म खाका महासन्धिका सबै पक्ष राष्ट्र तथा सदस्यहरूले अनुमोदन गर्न आह्वान गरिएको थियो (UN, 1998) ।

क्योटो सन्धिपत्र सन २०१५ सम्म प्रभावकारी रह्यो । सन् २०१५ मा पेरिस सम्झौता आएपछि जलवायु परिवर्तन निर्मूलीकरण (अल्पिकरण) लाई पनि सोही सम्झौता अन्तरगत सम्बोधन गर्ने व्यवस्था गरियो र क्योटो सन्धिपत्रलाई अगाडि बढाइएन । पेरिस सम्झौताले दुबै निर्मूलीकरण (अल्पिकरण) र अनुकूलनलाई सम्बोधन गर्दछ । साथै यसले दुबै निर्मूलीकरण (अल्पिकरण) र अनुकूलनलाई आवश्यक ज्ञान, शीप, प्रबिधि, वित्त, संस्था आदि क्षमताको सम्बोधन पनि गर्दछ ।

यता अनुकूलनको सम्बन्धमा सन् २००१ मा मोरोक्कोको माराकेश शहरमा भएको सम्मेलनले (COP7) अति कम बिकसित राष्ट्रहरूकोलागि कार्यक्रम स्थापना गरी सो कार्यक्रमकोलागि अति कम बिकसित राष्ट्रहरूकोलागि कोष (Least Developed Country Fund - LDCF) स्थापना गऱ्यो जसले अति कम बिकसित राष्ट्रहरूलाई तत्काल अति जरुरी अनुकूलनका कार्यक्रमलाई आर्थिक सहयोग दिने लक्ष्य राखियो । नेपाल पनि एक अति कम बिकसित राष्ट्र भएकोले यो कोषको

लाभग्राही देश हो । जलवायु परिवर्तनले विशेष गरी गरीब र कम क्षमता भएका राष्ट्रहरूलाई सापेक्षित रुपमा बढि असर पार्ने भएकोले माराकेश शहरमा भएको सम्मेलनले अति कम बिकसित राष्ट्रहरूलाई सहयोग गर्ने कार्यक्रम बनायो । तर अनुकूलन कार्य तत्कालकोलागि मात्र नभई जबसम्म जलवायु परिवर्तन भइरहन्छ तबसम्म गर्नु पर्ने कार्य भएकोले २०१० मा मेक्सिकोको क्यानकुन शहरमा भएको सम्मेलनले (COP16) दीर्घकालीन अनुकूलनकोलागि सबै राष्ट्रहरूले राष्ट्रिय अनुकूलन योजना बनाई अगाडि बढ्ने निर्णय गऱ्यो । अनुकूलन कार्यक्रम अति कम बिकसित राष्ट्रहरूले मात्र नभई सबै राष्ट्रहरूले लागू गर्नु पर्ने आवश्यक रहेको पनि सो सम्मेलनले औंल्यायो । सन २०१५ मा पेरिसमा भएको सम्मेलनले (COP21) जलवायु परिवर्तन निर्मुलीकरण र अनुकूलनलाई साथसाथ लैजाने र त्यस्ता कार्यहरूलाई सघाउ पुऱ्याउन बिकसित राष्ट्रहरूले बिकासोन्मुख राष्ट्रहरूलाई आर्थिक, प्राबिधिक तथा क्षमता अभिवृत्तिका कार्यक्रममा सहयोग गर्ने सहमति भयो ।

जलवायु परिवर्तन निर्मुलीकरण र अनुकूलनकालागि विभिन्न कार्यक्रमहरू सञ्चालनमा छन् । त्यसलाई वित्तिय सहयोगकालागि UNFCCC को संयन्त्र अन्तरगत विभिन्न कोषहरू स्थापना गरिएकाछन् । ती मध्ये अति कम बिकसित राष्ट्रहरूको लागि स्थापना गरिएको अति कम बिकसित राष्ट्र कोष (LDCF), त्यससँगै गाँसिएको स्वच्छ बिकास संयन्त्र (Clean Development Mechanism - CDM), अनुकूलन कोष (Adaptation Fund) र पछिल्लो महत्वपूर्ण वित्तिय कोष भनेको हरित जलवायु कोष (Green Climate Fund - GCF) हो । जलवायु परिवर्तन निर्मुलीकरण र अनुकूलन कार्यक्रमहरूका नतीजा आउन केहि समय लाग्ने वा तत्काल नआउने र यता असर भने परिरहने भएकोले, बिकासोन्मुख राष्ट्रहरू, खास गरी अति कम बिकसित राष्ट्रहरूले उनीहरूको कम क्षमताको कारण मानवीय तथा सम्पत्तिको हानी र नोक्सानी (Loss and Damage) चाँहि ब्यहोरी रहेका छन् । यसरी हानी र नोक्सानी (Loss and Damage) ब्यहोरिरहेका सदस्य राष्ट्रहरूले बिकसित राष्ट्रहरूबाट क्षतिपूर्तिको माग राख्दै आएकोमा सन २०२२ मा ईजिप्टको साम–एल–शेख (Sharm El-Sheikh) शहरमा भएको शिखर सम्मेलनले (COP27) एउटा हानी र नोक्सानी कोष (Loss and Damage Fund) पनि स्थापना गर्ने निर्णय गऱ्यो ।

जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि यी बिभिन्न कोषहरूमा मुलत बिकसित राष्ट्रहरूले रकम भर्दछ । सन २००९ मा डेनमार्कको कोपनहेगन शहरमा भएको सम्मेलन (COP15) मा बिकासोनमुख राष्ट्रहरूले सामना गरीरहेको जलवायु परिवर्तन जन्य समस्या र आवश्यकतालाई सघाउन बिकसित देशहरूले सन २०२० बाट बार्षिक

अमेरीकी डलर १०० बिलियन (एक अरब अमेरीकी डलर) सहयोग गर्ने सहमति भएको थियो । तर बिकसित देशहरूले सो सहमति अहिलेसम्म पनि पूरा नगरेको बिकासोन्मुख राष्ट्रहरूको गुनासो रहदै आएको छ ।

यी सबै कोषहरू संयुक्त राष्ट्र संघको जलवायु परिवर्तन महासन्धि (UNFCCC) अन्तरगत व्यवस्थापन गरिएका छन् । अति कम बिकसित राष्ट्र कोष (LDCF) र स्वच्छ बिकास संयन्त्र (CDM) अन्तरगतका रकमहरू अति कम बिकसित राष्ट्रहरूको अनुकूलनकोलागि मात्र परिचालन गर्न पाउँछन् । अनुकूलन कोष (adaptation fund) को रकम भने अति कम बिकसित राष्ट्रहरू तथा बिकासोन्मुख राष्ट्रहरूको अनुकूलनकोलागि मात्र परिचालन गर्न पाउछन् । पछिल्ला वर्षमा स्थापित भएको हरित जलवायु कोष (GCF) चाहिँ अति कम बिकसित राष्ट्रहरू तथा बिकासोन्मुख राष्ट्रहरूमा अनुकूलनको साथै निर्मुलीकरणको लागि पनि परिचालन गर्न पाउछन् । विश्व जलवायु परिवर्तन खास गरी द्रुत गतिमा भएको बिकासको दौरानमा बिकसित राष्ट्रहरूबाट भएको अधिक हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जनको कारण भएकोले जलवायु बित्तमा बिकसित राष्ट्रहरूले बिकासोन्मुख राष्ट्रहरूलाई आर्थिक सहयता दिनु पर्ने व्यवस्था रहेको छ ।

महासन्धिकालागि काम गर्ने मुख्य दुईवटा सहायक संस्थाहरू छन्, यिनीहरू हुन् १) वैज्ञानिक तथा प्राविधिक सल्लाहका लागि सहयोग संस्था (subsidiary body for scientific and technical advice – SBSTA) र २) कार्यन्वयनका लागि सहायक संस्था (subsidiary body for implementation - SBI) । महासन्धिले वैज्ञानिक अध्ययन तथा अनुसन्धानका सहायता आईपिसिसि (IPCC) अर्थात् जलवायु परिवर्तनका लागि अन्तरसरकारी कार्यदल बाट लिन्छन् ।

महासन्धिका पक्ष राष्ट्रहरू प्रत्येक वर्ष प्रायः डिसेम्बर महिनामा सम्मेलन गर्छन् र महासन्धिको विभिन्न पक्षमा छलफल गर्छन् र निर्णयहरू गर्छन् । यो महासन्धि प्रतिपादन भएपछि सन् २०२२ सम्म २७ वटा वार्षिक सम्मेलनहरू भइसकेका छन् । त्यसको अलावा हरेक वर्ष जुन महिनामा अर्धवार्षिक बैठक पनि बस्छन् जहाँ प्रगति समिक्षा गर्छन् र आउने महिनाहरूका लागि कार्यक्रमहरूको बारेमा छलफल गर्छन् । महासन्धि कार्यन्वयनका लागि सचिवालयको कार्यालय जर्मनीको बोन शहरमा रहेको छ ।

खण्ड ११. जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि नेपालको पहल, सहकार्य तथा सहभागिता

नेपालले जलवायु पविर्तन सम्बन्धि खाका महासन्धिमा सन् १९९२ जुन १२ मा सहि गरेको थियो र सो सन्धिको अनुमोदन सन् १९९४ मे २ मा गऱ्यो । नेपालमा यो सन्धि सन् १९९४ जुन ३१ बाट लागू भयो ।

त्यस्तै नेपालले क्योटो सन्धिपत्रको अनुमोदन सन् २००५ सेप्टेम्बर १६ मा गऱ्यो र यसको लागू सोहि वर्षको डिसेम्बर १२ बाट भयो (UNFCCC website) ।

यी सन्धिहरूमा हस्ताक्षर र तिनीहरूलाई लागू गरेपछि तिनीहरूको प्रावधान अनुसार दायित्वहरू पूरा गर्ने, तिनीहरूबाट उपलब्ध गर्न सकिने लाभहरू पनि नेपालले लिदैं आएको छ ।

त्यस्तै सन् २०१५ मा पेरिस सम्झौता आएपछि नेपालले यो सम्झौताको अनुमोदन सन् २०१६ अक्टोबर ४ मा गऱ्यो जुन ३० दिन पछि सोहि वर्षको नोभेम्बर ४ बाट लागू भयो । पेरिस सम्झौतामा हस्ताक्षर गरेका सबै बिकसित र बिकासोन्मुख सदस्य राष्टहरूले जलवायु परिवर्तनको निर्मूलीकरण र अनुकूलनकालागि लिखित दृढता व्यक्त गर्नु पर्ने प्रावधान छ । त्यसै अनुरुप सन २०१६ अक्टोबर ५ मा नेपालले आफ्नो पहिलो र डिसेम्बर २०२० मा दोश्रो "राष्ट्रिय निर्धारित योगदानहरू" (Nationally Determined Contributions – NDC) पेश गऱ्यो (The permanent mission of Nepal to the UN) । तत्पश्चात नेपालले यस सम्झौता अनुसारको दायित्वहरू निर्वाह गर्दै आएको छ ।

नेपालले सन् २०१० मा राष्ट्रिय अनुकूलन कार्यक्रम (National Adaptation Programme of Action - NAPA) तयार गऱ्यो (MoE, 2010) । राष्ट्रिय अनुकूलन कार्यक्रम तत्काल अति आवश्यक अनुकूलनको कृयाकलापको लागि बनाइने कार्यक्रम हो जुन अति कम बिकसित राष्ट्रहरूले तयार गर्नुपर्दछ । नेपालले सन २०११ मा पहिलो जलवायु परिवर्तन नीति (climate change policy) agfof] (MoE, 2011) र २०७६ मा सो नीतिलाई परिवर्तित राजनीतिक संरचना र पछिल्ला सिकाईहरूलाई पनि समेटी परिमार्जन र संशोधन गरियो (MoFE 2019a) । जलवायु परिवर्तन एउटा बहुआयमिक विषय हो । त्यसैले यो सबै विषयमा समायोजन वा एकिकृत हुनु आवश्यक छ । यो यथार्थतालाई नेपाल जलवायु परिवर्तन नीतिले सम्बोधन गरेको छ । त्यस्तै नेपालले २०११ मा स्थानीय अनुकूलन खाका (Local adaptation plan of action framework) बनायो जुन २०२० मा संशोधन गरियो (GoN, 2020) । नेपालले सन २०२१ नोभेम्बर मा राष्ट्रिय अनुकूलन योजना पनि तयार गऱ्यो ।

राष्ट्रिय अनुकूलन योजना मध्यम तथा दीर्घकालिन अनुकूलनको लागि बनाइने योजना हो । जलवायु परिवर्तनमा मध्यम तथा दिर्घ काल भनेको साधारण बिकासको कालभन्दा लामो लिने गरेको छ। दिर्घकाल भन्नाले सन २०४०–२०५० वा सोभन्दा पछाडिको समयलाई ईंगित गरेको छ भने, त्यसभन्दा अगाडि सन २०३०–२०४० लाई मध्यकालको रुपमा ईंगित गरेको देखिन्छ ।

त्यस्तै नेपालले सन २०१२ मा जलवायु परिवर्तन बजेट कोड सम्बन्धि विधि तथा मापदण्ड बनाएको छ । हाल विभिन्न बिकासका कार्यत्रम्कहरूमा जलवायु परिवर्तनको पनि बजेट शीर्षक रहने व्यवस्था गरिएकोछ । यसले गर्दा जलवायु परिवर्तनको कार्यक्रममा नेपालले कति रकम खर्च वा लगानी गरीरहेको छ सो अनुगमन तथा मुल्यंकन गर्न सकिन्छ । त्यस्तै नेपालले सन् २०१८ मा रेड प्लस् (Reducing Emission from Deforestation and Degradation - REDD+) रणनीति बनाएको छ । यो रणनीतिले जलवायु परिवर्तनको परिप्रेक्षमा बनजंगल बढाउने, बृक्षरोपण गर्ने, संरक्षण गर्ने, ब्यबस्थापन गर्ने, आदि कार्यक्रम तथा कृयाकलापको बारेमा सरकारलाई निर्देशित गर्दछ ।

खाका महासन्धिको राष्ट्रिय अधिकारीक निकाय बन तथा वातावरण मन्त्रालय रहेको छ। हरित जलवायु कोष बाट आर्थिक सहयोग लिन नेपालले पूर्व तयारीहरू पनि गरीसकेको छ। हरित जलवायु कोषकोलागि आधिकारीक संस्था अर्थ मन्त्रालयलाई तोकेको छ भने सो आर्थिक सहायता लिन मान्यता प्राप्त संस्थाको रुपमा वैकल्पिक उर्जा प्रवर्द्धन केन्द्र रहेको छ । यस्तो मान्यता प्राप्त संस्था नेपाल सरकारको सिफारिसमा भविष्यमा अरु पनि थपिन सक्दछ ।

हालसम्म नेपालले विभिन्न संस्थाहरूबाट जलवायु परिवर्तनकोलागि आर्थिक तथा प्राविधिक सहयोगहरू पनि लिइसकेको छ। जलवायु परिवर्तन क्षेत्रमा नेपाललाई आर्थिक तथा प्राविधिक सहयोग दिने प्रमुख संस्थाहरूमा विश्व बैंक, एशियली बिकास बैंक, संयुक्त राष्ट्रसंघको बिकास कार्यक्रम, बेलायत, अमेरिका, आदि पर्दछ।

हाल प्रदेश र स्थानीय तहले जलवायु परिवर्तन र बिपद व्यवस्थापनलाई सँगसँगै लगिरहेको अवस्था छ । कतिले त नीति तथा कार्यक्रमहरू पनि बनाएको अवस्था छ। तर तिनै तहको सरकारको बीचमा जलवायु परिवर्तन कार्यक्रमकोलागि प्रभावकारी समन्वयको अति आवश्यक छ । साथै स्थानीय र प्रदेश स्तरमा यस विषयमा ज्ञान र सीप क्षेत्रमा क्षमताको अभिवृद्धि गर्न अति आवश्यक रहेको छ । जलवायु परिवर्तनको दुबै पाटो, निर्मुलीकरण र अनुकूलनका लागि हाल देशमा अध्ययन अनुसन्धानको कृयकलाप पनि अति न्यून छ जुन बढाउनु पर्ने अति आवश्यक छ। यी सबै कार्य गर्नको लागि आवश्यक आर्थिक श्रोतको पनि अत्यन्त कमी रहेको अवस्था जुन उल्लेख्य बढाउन आवश्यक छ ।

खण्ड १२. जलवायु परिवर्तनसम्बन्धि नेपालको अबको बाटो

जलवायु परिवर्तनलाई बिकासको मूलधारको रुपमा संघ, प्रदेश र स्थानीय सबै तहको आवधिक तथा वार्षिक कार्यक्रममा अनिवार्य समावेश गर्नु जरुरी छ ।

जलवायु परिवर्तनको समस्या तत्कालको लागि मात्र नभई आउदा दशकौं वर्षसम्म भइरहने भएकोले भावी परिदृष्यको आधारमा र यसबाट सम्भावित जोखिमलाई सही विश्लेषण गरी अनुकूलन तथा अल्पिकरण (निर्मुलीकरण) कार्यक्रम बनाई प्रभावकारी ढंगले कार्यन्वयन गर्नु आवश्यक छ । त्यसको लागि राज्यको सबै तहमा आवश्यक जनशक्ति र क्षमता, प्रविधिको बिकास र वैज्ञानिक अनुसन्धान, वित्तीय व्यवस्था र प्रावधान, आवश्यक संस्था, नीति, नियम तथा कानुन निर्माण गरी सशक्त तवरले जलवायु परिवर्तनको कार्यक्रमलाई लागू गर्नु पर्ने अति आवश्यक भएको छ ।

शैक्षिक प्रणालीमा विद्यालयको तल्लो स्तरदेखि उच्च शिक्षासम्म जलवायु परिवर्तनलाई अनिवार्य समावेश गर्नु आवश्यक छ । त्यस्तै औपचारिक तथा अनौपचारिक सीप बिकासका तालीमहरूमा जलवायु परिवर्तन र यसको सम्बन्धित विषयसँगको सम्बन्धको बारेमा जानकारी दिई ती विषयहरूमा जलवायु परिवर्तन अनुकूलन तथा निर्मुलीकरणका आवश्यकता, ढाँचा, प्रविधि र उपायहरूको बारेमा छलफल र विश्लेषण गरी त्यस सम्बन्धि जानकारी तथा सीप दिनु आवश्यक छ । साथै विविध विषयगत क्षेत्रबाट जलवायु परिवर्तन न्यूनिकरणकोलागि के कस्तो भूमिका र योगदान दिन सकिन्छ, बिकासलाई कसरी कार्बन तटस्थ बनाउन सकिन्छ त्यस बारे ज्ञान, सीप आदि दिन आवश्यक छ ।

विषयगत अनुसन्धान कार्यक्रमहरू जस्तै कृषि अनुसन्धान, वन अनुसन्धान, स्वास्थ्य अनुसन्धान, वातावरण अनुसन्धान, आदिमा जलवायु परिवर्तनलाई उल्लेख्य स्थान दिइनु पर्दछ । आउद बर्षहरूमा जलवायु परिवर्तनले यी बिषयहरूमा को कस्ता समस्या, चुनौती र अवसरहरू ल्याउन सक्ने सम्भावना छ, तिनलाई अहिल्यैदेखि कसरी सम्बोधन गर्ने, भन्ने जस्ता बिषयमा यी बिषयगत क्षेत्रले अहिल्येदेखि नै ध्यान दिन आवश्यक छ । विश्वविद्यालयहरू जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि अनुसन्धानको कार्यमा संलग्न हुनु आवश्यक छ ।

अबका दशकहरूमा जलवायु परिवर्तन निरन्तर हुने निश्चित छ । तर कहाँ, कहिल्ये, कति हदसम्म जलवायु परिवर्तन हुन्छ र यसको असर कति पर्न सक्छ भन्ने बारे अनिश्चित छ । त्यसैले जलवायु परिवर्तन सम्बन्धि अनुसन्धानलाई उच्च प्राथमिकताकासाथ अंगाल्नु पर्ने अवको खाँचोको बिषय हो । आउदा दिनहरू, महिना तथा बर्षहरूको जलवायुको भरपर्दो परिदृष्य वा प्रक्षेपणको बिकास गरी नीति तथा कार्यक्रम निर्माता र जनसमूदायलाई प्रभावकारी तरीकाले सो को सूचना दिने र सूचनाको उपयोगकोलागि आवश्यक क्षमता बभिबृद्दि गर्नु नितान्त आवश्यकताको बिषय भएको छ ।

आउँदा दिनहरूमा बिकासका सबै कार्यक्रमहरूलाई न्यून कार्बन वा स्वच्छ बिकास वा हरित बिकासको अवधारणा अंगाली शून्य वा न्यून हरितगृह ग्याँसको उत्सर्जन गर्ने प्रविधि, माध्यम आदि अवलम्बन गरी बिकास र हरितगृह ग्याँससँगको धनात्मक सहसम्बन्धलाई विच्छेद गर्दै लैजाने बाटो हाम्रा बिकासको कार्यक्रमले समात्नु पर्दछ ।

संक्षिप्त शब्दहरू

°से	:	डिग्री सेन्टीग्रेड
वि.सं.	:	विक्रम संबत्
मि	:	मिटर
मिमि	:	मिलिमिटर
हे.	:	हेक्टर
AFOLU	:	Agriculture, Forestry and other Land Uses
bcm	:	billion cubic metre
CFCs	:	Chlorofluorocarbons
CO_2e	:	Corbondioxide equivalent
COP	:	Conference of parties
CV	:	caloric value
DHM	:	Department of Hydrology and Meteorology
eq	:	equivalent
FAO	:	Food and Agriculture Organisation
FCC	:	Frameowrk Convention on Climate Change
GCAP	:	Global Climate Adaptation Partnership
Gt	:	Gigga tonne (१ अरब टन)
HFCs	:	Hydrofuorocarbons
IDS- Nepal	:	Integrated Development Society- Nepal
IPCC	:	Intergovernmental Panel for Climate Change
LRMP	:	Land Resource Mapping Project
MoFE	:	Ministry of Forest and Environment
Mt	:	Metric tonne
Mtoe	:	Metric tonne oil equivalent
NAPA	:	National Adaptation Programme of Action
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration
NCVST	:	Nepal Climate Vulnerability Study Team
NDC	:	Nationally Determined Contributions
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration
PAC	:	Practical Action Consulting
PFCs	:	Perfluorinated compounds
ppbv	:	parts per billion by volume
ppmv	:	parts per million by volume
pptv	:	parts per trillion by volume
RCP	:	Representative Concentration Pathways
SBSTA	:	Subsidiary Body for Scientific and Technical Advice
SF	:	Sulfur fluoride
UNEP	:	United Naitons Environment Program
UNFCCC	:	United Nations Framework Consvension on Climate Change
$W\ m^{-2}$	:	Watt per square metre
WECS	:	Water and Energy Commission Secretariat

सन्दर्भ ग्रन्थहरू

1. Abram, N., J.-P. Gattuso, A. Prakash, L. Cheng, M.P. Chidichimo, S. Crate, H. Enomoto, M. Garschagen, N. Gruber, S. Harper, E. Holland, R.M. Kudela, J. Rice, K. Steffen, and K. von Schuckmann, (2019): Framing and Context of the Report. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)
2. Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestvedt, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallee, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sorensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Treguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang, and K. Zickfeld, 2021: Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Pean, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 33–144. doi:10.1017/9781009157896.002.
3. DHM (2010). Preliminary Weather Report of Monsoon Season, 2010 across Nepal. Climate Section, Department of Hydrology and Meteorology, J. Hydrol. Meteorol., 2010; 7(1): 92-93.
4. DHM (2017). Observed Climate Trend Analysis in the Districts and Physiographic Regions of Nepal (1971-2014). Department of Hydrology and Meteorology, Kathmandu
5. DHM (2019). Monsoon Onset and Withdrawal date information. Department of Hydrology and Meteorology, Climate Division (Climate Analysis Section), Babarmahal, Kathmandu.
6. DHM (2022). Preliminary Precipitation Summary, Monsoon Season (June-September). Department of Hydrology and Meteorology, Climate Division (Climate Analysis Section), Babarmahal, Kathmandu, December 12, 2022. https://www.dhm.gov.np/climate-services/climate-reports (webiste accessed on 24Jan2023)
7. Diallo, M., Legra, B., Ray, E., Engel, A., and Añel, J. A. (2017) Global distribution of CO_2 in the upper troposphere and stratosphere. Atmos. Chem. Phys., 17, 3861–3878, 2017 (www.atmos-chem-phys.net/17/3861/2017/)

8. enerdata, (2022). World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. 5 July 2022. https://yearbook.enerdata.net/ accessed on 27.12.2022
9. FAO (2018). 1948-2018 Seventy Years of FAO Global Forest Resources Assessment. FAO, Rome
10. FAO (2020). Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome. https://doi.org/10.4060/ca9825en
11. FCCC/SBSTA/2017/2. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Forty-sixth session Bonn, 8–18 May 2017 Item 3 of the provisional agenda Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change. Human health and adaptation: understanding climate impacts on health and opportunities for action Synthesis paper by the secretariat.
12. Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland, (2007): Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
13. Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:10.1017/9781009157896.011.
14. Geiger, Rudolf (1954). "Klassifikation der Klimate nach W. Köppen" [Classification of climates after W. Köppen]. Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie. Berlin: Springer. Vol. 3. pp. 603–607. (Translated from Geiger, Rudolf (1954). "Klassifikation der Klimate nach W. Köppen" [Classification of climates after W. Köppen]. Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie. Berlin: Springer. Vol. 3. pp. 603–607).
15. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
16. GoN (2020). Framework for Local Adaptation Plan of Action (LAPA) 2020. Ministry of Forest and Environment, Singha Durbar, Kathmandu, Nepal
17. Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W.

Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, (2013): Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

18. Heron et al. (2017). Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment. Paris, UNESCO World Heritage Centre.
19. Houghton J.T., et. al. Eds (1995). Climate Change 1995- Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the IPCC.
20. http://www.fao.org/nr/gaez/en/ Global Agro-ecological Zones
21. https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020
22. Hylke E. Beck, Niklaus E. Zimmermann, Tim R. McVicar, Noemi Vergopolan, Alexis Berg & Eric F. Wood. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. SCIENTIFIC DATA | 5:180214 | DOI: 10.1038/sdata.2018.214
23. IDS-Nepal, PAC and G-CAP (2014). Economic Impact Assessment of Climate Change on Key Sectors in Nepal. IDS-Nepal, Kathmandu, Nepal
24. International Energy Agency (2017). Data and Statistics. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2017
25. IPCC (1990). CLIMATE CHANGE. The IPCC Scientific Assessment. Report Prepared for IPCC by Working Group 1. Edited by J.T.Houghton, G.J.Jenkins and J.J.Ephraums
26. IPCC (1990a). The IPCC scienctfic assessment. 1990. Edited by J.T. Houghton, G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums
27. IPCC, 1995: Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Edited by J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell. Production Editor: J.A. Lakeman. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 133-138pp
28. IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp
29. IPCC, 2001a: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
30. IPCC, 2007, Forth Assessment Report, Technical Summary Report
31. IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

32. IPCC, 2014a: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp
33. IPCC, 2014b: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
34. IPCC, 2014c. Climate Change 2014. Fifth Assessment Synthesis Report
35. IPCC, 2014d: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
36. IPCC, 2014e: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental
37. IPCC, 2018a: Global Warming of 1.5°C.An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
38. IPCC, 2018b: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
39. IPCC, 2019a: Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].
40. IPCC, 2019: Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-

Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)

41. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.
42. IPCC, 2022: Annex II: Glossary [Möller, V., R. van Diemen, J.B.R. Matthews, C. Méndez, S. Semenov, J.S. Fuglestvedt, A. Reisinger (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2897–2930, doi:10.1017/9781009325844.029
43. Jardine, C.N., Boardman, B, Vowles, A. O. J. and Palmer, J. (2002). Methane UK. Environmental Change Institute, University of Oxford 1a Mansfield Road, Oxford OX1 3SZ
44. Karki, R.C., Talchabhadel, R., Aalto, J and Baidya, S.K (2016). New climatic classification of Nepal in Theor Appl Climatol (2016) 125:799–808
45. Kiehl J. T. and Trenberth Kevin E. (1997). Earth’s Annual Global Mean Energy Budget. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado. Bulletin of the American Meteorological Society. Vol. 78, No. 2, February 1997
46. Koppen, W., 1884: Die W¨armezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gem¨assigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der W¨arme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world). – Meteorol. Z. 1, 215–226. (translated and edited by VOLKEN E. and S. BRONNIMANN ¨ . – Meteorol. Z. 20 (2011), 351–360). DOI: 10.1127/0941-2948/2011/105 (Access on Mar31, 2022).
47. Larsen, J.N., O.A. Anisimov, A. Constable, A.B. Hollowed, N. Maynard, P. Prestrud, T.D. Prowse, and J.M.R. Stone, (2014): Polar regions. In: Climate Change (2014): Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1567-1612.
48. LRMP – 1986. HMG of Nepal
49. Min of Environment (2010). National Adaptation Programme of Action to Climate Change, Singha Durbar, Kathmandu, Nepal
50. MoE (2011). Nepal climate change policy. Government of Nepal,Singha Durbar Kathmandu, Nepal
51. MoFE (2019a). Nepal climate change policy. GoN, Singha Durbar Kathmandu, Nepal

52. MoFE, (2019b). Climate change scenarios for Nepal for National Adaptation Plan (NAP). Ministry of Forests and Environment, Kathmandu
53. Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, (2013): Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
54. National weather service/ NOAA. How clouds form. https://www.weather.gov/jetstream/formation
55. NASA/Goddard (Aug 7, 2017). Eds: Holly Zell. Earth's atmospheric layers https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/atmosphere-layers2.html
56. NCVST (2009). Vulnerability Through the Eyes of Vulnerable: Climate Change Induced Uncertainties and Nepal's Development Predicaments, Institute for Social and Environmental Transition-Nepal (ISET-N), Nepal Climate Vulnerability Study Team (NCVST) Kathmandu
57. नेपाल प्रज्ञा–प्रतिष्ठान (२०७५), नेपाली बृहत् शब्दकोश, नेपाल प्रज्ञा–प्रतिष्ठान
58. NOAA/GML. Ed Dlugokencky. Earth System Research Laboratories/ Global Monitoring Laboratory (ESRL/GML). (https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)
59. Oppenheimer, M., B.C. Glavovic , J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, (2019): Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]
60. Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A. (2007) Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633–1644, 2007 www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/
61. Practical Action (2009). Temporal and Spatical Variability of Climate Change over Nepal. (1976 – 2005).
62. Rees H.G., Holmes M.G.R., Young A.R., Kansaker S.R. (2004). Recession-based hydrological models for estimating low flows in ungauged catchments in the Himalayas. Hydrology and Earth System Sciences 8(5):891–902.
63. Sheese, P. E., K. A. Walker, C. D. Boone, P. F. Bernath, and B. Funke (2016), Nitrous oxide in the atmosphere: First measurements of a lower thermospheric source, Geophys. Res. Lett., 43, 2866–2872, doi:10.1002/ 2015GL067353
64. Simon R. and Allen J. (May 2013). Global Patterns of Carbon Dioxide. Data courtesy the AIRS science team. Mauna Loa data courtesy NOAA Earth System Research Laboratory. Caption by Holli Riebeek. https://earthobservatory.nasa.gov/images/82142/global-patterns-of-carbon-dioxide
65. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A.

Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, (2007): Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

66. The permanent mission of Nepal to the UN. Press Release-Deposition of the Instrument of Ratification of the Paris Agreement to the United Nations. Wednesday, 05 October 2016. https://www.un.int/nepal/statements_speeches/press-release-deposition-instrument-ratification-paris-agreement-united-nations
67. Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai (2007). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
68. UNFCCC website. Ratification status. https://unfccc.int/tools_xml/country_NP.html
69. United Nations 1998, Kyto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change
70. United Nations Environment Programme (2020). Emissions Gap Report 2020. Nairobi, Kenya
71. University Corporation for Atmospheric Research (2015). Layers of Earth's Atmosphere https://scied.ucar.edu/atmosphere-layers
72. Watson H., Rodhe H., Oeschgher U., Siegenthaler R. T. GHG and Aerosols in *IPCC (1990). Climate Change – The IPCC Scientific Assessment*
73. WECS (2005). National Water Plan Nepal, 2002 – 2027. His Majesty's Government of Nepal, Singha Durbar, Kathmandu, Nepal deserted exhausted
74. World Bank, 2020a. https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS
75. World Bank 2020b. https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS