IUCN

UNIL | Université de Lausanne

आर्थिक सहयोगः

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

नेपालका सडकहरूका लागि समुदायमा आधारित
वातावरणमैत्री भू-जैविक प्रविधि

आर्थिक सहयोग:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

नेपालका सडकहरूका लागि समुदायमा आधारित वातावरणमैत्री भू-जैविक प्रविधि

कास्की जिल्लामा रहेको फेवातालमा उच्चदरले ढुङ्गामाटो थेग्रिँदा तालको आकार साँघुरिँदै गएको छ । फोटो साभारः K. Sudmeier-Rieux, 2013.

उद्धरण : देवकोटा, सञ्जय; सुदमायर-रिउक्स, के.; पेना, आई.; इब्रेल, एस.; जवयोडफ; अधिकारी, अनु; खनाल, राजेन्द्र (२०१४) । नेपालका सडकहरूका लागि समुदायमा आधारित वातावरणमैत्री भू-जैविक प्रविधि । लुसान : लुसान विश्वविद्यालय, अन्तर्राष्ट्रिय प्रकृति संरक्षण संघ, भू तथा जलाधार संरक्षण विभाग, नेपाल ।

अनुवाद, सम्पादन तथा डिजाइनः दिलिप कुमार मुनंकर्मी र अमीत पौड्याल

चित्र : सान्ड्रिन इबेरल, लुसान विश्वविद्यालय, स्वीट्जरल्याण्ड ।

विषयसूची

प्राक्कथन ५

आभार ७

१. निर्देशिकाको बारेमा ९

२. परिचयः अस्थिर भू-बनौटमा सडक निर्माण र मानवीय क्रियाकलाप ११

२.१ परम्परागत रूपमा निमार्ण गरिने ग्रामीण सडकको तुलनामा वातावरणमैत्री सडकको लागत १२

३. प्राकृतिक प्रक्रियामा सडक निर्माणले गर्दा आउन सक्ने समस्या पहिल्याउने १४

३.१ भू-क्षय/पहिरो १५

३.२ सतही भू-क्षय १६

३.३ चट्टान/ढुङ्गा खस्ने १७

३.४ ढुङ्गामाटोको बहाव १८

३.५ पानीबाट सिर्जित भूस्खलन/गल्छि १९

३.६ पानीको बहावमा अन्य प्रभावहरू २०

४. भू-क्षयको समस्या समाधानका लागि उपयुक्त विकल्पको छनौट २१

५. समाधानका उपायहरूको पहिचानः समुदायमा आधारित न्यून लागतमा सडक किनार रोकथाम गर्ने उपायहरू २४

५.१ भिरालो जमीन र माटो संरक्षणका लागि भू-जैविक प्रविधि २४

५.२ पानीको बहाव नियन्त्रणको लागि भू-जैविक प्रविधि २६

समस्या १ सतही भूस्खलन - बहाव नियन्त्रण ३०

विधि १.१ चपरी विधि (Turf method) ३०

विधि १.२ जुटजाली विधि (Jute netting along with seedlings) ३२

विधि १.३ घाँसरोपण विधि (Grass plantations) ३४

विधि १.४ कुलेसो विधि (Facines) ३६

समस्या २ गल्छि ३८

विधि २.१ तेर्सो हाँगे छेकबार विधि (Life check dam) ३८

विधि २.२ वानस्पतिक ढुङ्गेनाला विधि (Vegetative stone pitching) ४०

समस्या ३ सतही भूस्खलन ४२

विधि ३.१ ठाडो हाँगे छेकबार विधि (Palisades) ४२

विधि ३.२ तहगत हाँगे छेकबार विधि (Brush layering) ४४

विधि ३.३ बोटविरूवा सहितको तारजाली (Gabion wall combine with vegetation) ४६

विधि ३.४ बोटविरूवा सहितको ढुङ्गे टेवा-पर्खाल (Dry stone wall combine with vegetation) ४८

समस्या ४ सडक निर्माणबाट पानीको निकासमा प्रभाव ५०

विधि ४.१ भाटा विधि (Live check dams combine with vegetation and boulders) ५०

समस्या ५ नदी किनार संरक्षण ५२

विधि ५.१ बाँस किला विधि (Sand bags, bamboo vans & vegetation) ५२

६ निष्कर्ष ५४

७ सन्दर्भ ग्रन्थसूची ५५

अनुसूचीहरू ५७

अनुसूची १ सडक किनार भूस्खलन तथ्य विश्लेषण विधि ५९

अनुसूची २ सिफारिस गरिएका भू-जैविक प्रविधि र अपनाउने समय ६१

अनुसूची ३ नेपालमा प्रचलित केही भू-जैविक प्रविधि र विभिन्न भौगोलिक अवस्थामा तिनको प्रभावकारीता ६३

अनुसूची ४ विभिन्न वनस्पति र इञ्जिनियरिङ्ग कार्यको तुलना ६४

अनुसूची ५ भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयोगी बोटविरूवा, उचाइ, विस्तार, र बीउ सङ्कलनको समय ६५

अनुसूची ६ स्थलगत प्रतिवेदन (भू-क्षय प्रतिवेदन) ६८

प्राक्कथन

सडक ग्रामीण जीवनको आधार हो, जसले ग्रामीण बासिन्दालाई अर्को गाउँ र शहर बजार, विद्यालय र स्वास्थ्य संस्थासम्म यातायातको पहुँच कायम गर्दछ । यिनै ग्रामीण सडकहरूले देश विकास र सामाजिक गतिशिलताको आधार तयार गर्दछन् । त्यसैले त, विगत दशकमा सडकको विकास निकै द्रुततर गतिमा भएको छ । सन् १९९० मा ७ हजार ३ सय ३० किलोमिटर रहेको सडक सन् २०१३ सम्म ५१ हजार किलोमिटर पुगेको छ (सडक विभाग, २०१३) । ग्रामीण जीवनमा सडक पूर्वाधारको उच्च महत्व र प्राथमिकताको कारण नै ग्रामीण सडकको वार्षिक बजेट ५ अरव ६० करोडको हाराहारी पुगेको छ, जसमा समुदायको करिव १२ प्रतिशत लगानी रहने अनुमान गरिएको छ (नेपाल सरकार, २०१२) ।

नेपाल सरकारले सडक पूर्वाधारलाई अझ विस्तार गर्दै प्रत्येक १० हजार जनसंख्याको लागि ९ किलोमिटर सडक रहेको वर्तमान अवस्थामा सुधार गर्दै १५ किलोमिटर पुऱ्याउने योजना बनाएको छ । प्रायःजसो ग्रामीण सडक इञ्जिनियरिङ्ग ज्ञान वा डिजाइन विना ठूला-ठूला यन्त्रहरूको प्रयोग गरी निर्माण गरिन्छन्, जसले गर्दा अधिकांश ग्रामीण सडक एकै पटकको वर्षायामले बिग्रन्छन् र ठूलो धनराशी खर्च गरेर मर्मतसम्भार गर्नुपर्ने हुन्छ । अझ परम्परागत रूपमा बनाईने यस्ता सडकहरू आर्थिक, सामाजिक र वातावरणीय लागतको पूर्णतयाः बेवास्ता गर्दै निकै कम वा संरक्षणको उपाय नै नअपनाई जथाभावी डोजर प्रयोग गरी निर्माण गरिन्छन् । यसरी बनाइएका ग्रामीण सडकबाट एकातिर नदी वा तालमा थेग्रान जम्मा हुने र पानीको गुणस्तरमा ह्रास आएर वातावरणीय लागत बढी सिर्जना भईरहेको छ भने अर्कोतिर आर्थिक लागतको रूपमा खेतियोग्य जमीनको नोक्सानी र अन्य पूर्वाधारमा क्षति पुगिरहेको छ । यसको साथै सडकका कारण खेतबारी गुमाएका परिवारलाई पुगेको क्षति ठूलो सामाजिक लागतका रूपमा देखिएको छ । सडक निर्माण गर्दा नै सामान्य भौतिक संरचना र तलसम्म जरा फैलने जातका रैथाने विरूवा वा बुट्यान प्रयोग गरिने न्यून लागतका जैविक प्रविधिहरू अपनाएर अप्रत्यक्ष लागतहरूलाई उल्लेख्य रूपमा कम गर्न सकिन्छ (Howell, 1999) । अझ सुधारिएको प्रविधिबाट सडक निर्माण गर्दा हुने वचत स्थानीय बासिन्दाको शिक्षा र जीवनयापन सुधारमा खर्च गर्न सकिन्छ । सत्य कुरा के पनि हो भने समुदायका व्यक्तिहरूको कम खर्चिलो व्यवहारिक भू-जैविक प्रविधि सम्बन्धी ज्ञानमा पहुँच नै हुँदैन् ।

भू तथा जलाधार संरक्षण विभागसँग भू-जैविक प्रविधिको व्यवहारिक प्रयोग सम्बन्धी तीन दशक लामो अनुभव र विज्ञता रहेको छ । जिल्लामा रहेका जिल्ला भू-संरक्षण कार्यालयहरूले ग्रामीण समुदायसम्म यस्ता प्रविधिहरू प्रसार गर्ने काम गरिरहेका छन् । ती कार्यालयहरूले बर्सेनि स्थानीयस्तरमा कार्यशाला एवं सडक निर्माणका नकारात्मक प्रभाव न्यूनीकरण र भू-संरक्षण का व्यवहारिक ज्ञान सम्बन्धि तालिमहरू आयोजना गर्दै आएका छन् । यसै सन्दर्भमा समुदाय, सडक सरोकारवाला समूह र नागरिक समाजलाई कम खर्चिला भू-जैविक प्रविधिहरू सम्बन्धी ज्ञान प्रदान गर्ने 'नेपालका सडकहरूका

लागि समुदायमा आधारित वातावरणमैत्री भू-जैविक प्रविधि’ नामक यो प्रकाशन महत्वपूर्ण सहयोग सामग्री हुनेछ । यो प्रकाशन जिल्ला भू-संरक्षण अधिकृतहरूका लागि सडकको सुरक्षा र गुणस्तर सुधार सम्बन्धी प्रसार कार्यमा सहयोग सामग्रीका रूपमा प्रयोग हुनेछ । हामीलाई विश्वास छ, यो प्रकाशन राम्रो प्रसार सामग्रीको रूपमा उपयोगी सावित हुनेछ ।

पेमनारायण कँडेल
महानिर्देशक, भू तथा जलाधार संरक्षण विभाग

आभार

यस प्रकाशनमा प्रयोग भएका उत्कृष्ट तालिकाहरूको पुनः उत्पादन गर्ने स्वीकृतिका साथै मस्यौदामा उत्साहजनक टिप्पणी गरिदिनु भएकोमा नेपालको भू-जैविक प्रविधि विज्ञ डा. जोन हवल (Dr. John Howell) तथा उल्लेख्य सहयोगका लागि फ्रान्सका पियरे रेमण्ड (Pierre Raymond), टेरा इरोजन (Terra Erosion), सिराडका डा. एलेक्सिया स्टोक्स (Dr. Alexia Stokes, CIRAD) प्रति हामी विशेष धन्यवाद ज्ञापन गर्दछौं ।

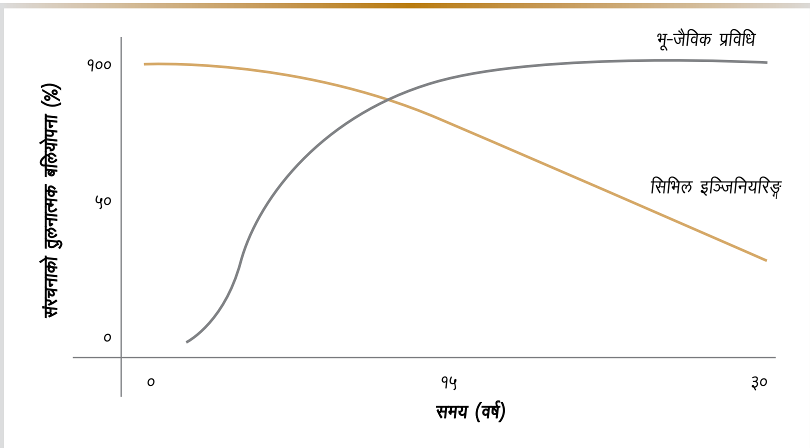
पूर्वाधार तथा समुदायको सुरक्षाका लागि पारिस्थितिकीय प्रणाली (इपिक) (Ecosystem Protecting Infrastructure and Communities - EPIC) परियोजना अन्तर्राष्ट्रिय जलवायु पहल (International Climate Initiative)को अंश हो, जसलाई जर्मन सरकारको वातावरण, प्रकृति संरक्षण, निर्माण र आणविक सुरक्षा मन्त्रालय (BMUB)ले आर्थिक सहयोग गरेको छ ।

१ निर्देशिकाको बारेमा

ग्रामीण समुदायको लागि स्वास्थ्य, शिक्षा र बजार आदि क्षेत्रमा सहज पहुँचलाई ध्यानमा राख्दै नेपाल सरकारले विगत दुई दशकदेखि ग्रामीण सडक निर्माणलाई प्राथमिकता दिँदै आएको छ। तर सडक निर्माण कार्य आवश्यक अध्ययन र प्राविधिक सहयोग विना हुन थालेपछि यसको नकारात्मक प्रभावहरू, जस्तै, भू-क्षय, पहिरो, खेतियोग्य जमीनको क्षति, वातावरणमा ह्रास, मानवीय र अन्य सम्पत्तिको नोक्सानीमा प्रत्यक्ष रूपमा देखिन थालेको छ। यसरी निर्माण गरिएका सडकहरू हेरक वर्षायाममा क्षतिग्रस्त हुने र हिउँदयाममा पुनः निर्माण गर्नुपर्दा खर्चिलो पनि हुन पुगेको छ। निर्माणका क्रममा कम लागत परेता पनि मर्मतसम्भारमा प्रशस्त लगानी गर्नुपर्ने र यसबाट सिर्जित समस्याहरूको समाधान अझ बढी महंगो देखिएको छ।

यस निर्देशिकामा स्थानीय स्तरमा सडक निर्माण गर्दा उत्पन्न हुन सक्ने भूस्खलन, भू-क्षय/पहिरो र वातावरणीय विनासबाट पर्ने नकारात्मक प्रभावलाई न्यूनीकरण गर्न वातावरणमैत्री प्रविधिका विषयमा मार्गनिर्देश गर्ने कोशिस गरिएको छ।

यस निर्देशिकामा प्रस्तुत वातावरणमैत्री भू-जैविक प्रविधिले मात्रै सबै प्रकारका भूस्खलन र पहिरो रोक्न सक्दैन्। कतिपय अवस्थामा भू-क्षय नियन्त्रण गर्न भू-जैविक प्रविधिको साथै तारजाली जस्ता उचित भौतिक संरचना आवश्यक पर्न सक्छ। यि दुवै प्रविधिलाई मिलाएर निर्माण गरिएका सडक क्षेत्र बढी प्रभावकारी, वातावरणमैत्री र टिकाउ हुने देखिएको छ। यसर्थ भू-जैविक तथा सिभिल इञ्जिनियरिङ् एकआपसमा प्रतिस्पर्धी



चित्र १ : *भिरालो रोकथामका लागि सिभिल इञ्जिनियरिङ् र भू-जैविक प्रविधिको तुलनात्मक बलियोपन, सेस्भी (Cesvi)को २०१३ को आधारमा परिमार्जित।*

नभएर परिपूरक प्रविधि हुन् । उदाहरणको लागि भौतिक संरचना १०-१५ वर्षमा परिवर्तन वा पुनःनिर्माण गर्नुपर्ने हुन्छ भने भू-जैविक प्रविधिमा समयसँगै मजबुति बढ्दै जान्छ । भौगर्भिक कारणले हुने ठूलो पहिरो नियन्त्रणका लागि धेरै आर्थिक स्रोत र उच्च प्रविधिको आवश्यकता पर्दछ, जुन समुदायको क्षमताभन्दा बाहिर रहने हुँदा यस निर्देशिकामा त्यस्ता पहिरोको नभई ग्रामीण सडक किनारका भिरालो जमीन र भूस्खलन रोकथामलाई मात्र समेटिएको छ ।

स्थानीय स्तरमा सडक निर्माण गर्दा संलग्न हुने जनसमुदाय र सरोकारवालालाई लक्षित गरी तयार गरिएको यस निर्देशिकामा ग्रामीण सडक निर्माणबाट उत्पन्न हुनसक्ने भूस्खलनका कारणहरू र कम लागतका उपयुक्त समाधानका उपायहरू प्रस्तुत गरिएका छन् । निर्देशिकाले विभिन्न बोटविरूवा र सामान्य भौतिक संरचना सहितको मिश्रित वा भू-जैविक प्रविधि मात्र प्रयोग गरी कसरी भूस्खलन र पहिरो रोक्न सकिन्छ भनेर जानकारी दिनेछ । त्यसैले, यस निर्देशिकामा सरल र बुझिने भाषामा चित्र सहित निम्न प्रश्नहरूको उत्तर दिने प्रयास गरेको छ ।

- सडक निर्माणसँग सम्बन्धित भूस्खलन रोकथामका समस्याहरू के-के हुन् ?
- ग्रामीण सडक निर्माणका नकारात्मक प्रभाव कम गर्न स्थानीय परिस्थिति अनुकुल भू-जैविक प्रविधिमा उपलब्ध समाधानहरू केके हुन सक्छन् ?

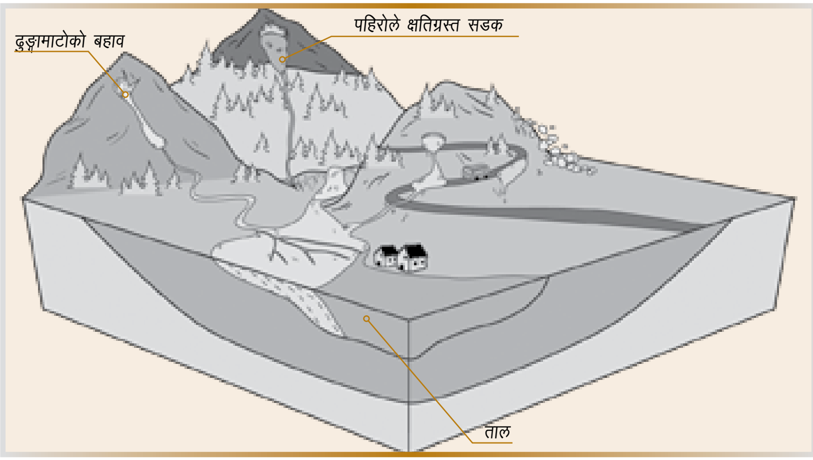
स्थानीय निकाय र समुदायले सडक किनारमा हुने भूस्खलनसँग सम्बन्धित विषयवस्तु र सो समस्या समाधान गर्ने उपयुक्त प्रविधि सम्बन्धमा बुझ्न *'सडक किनार भूस्खलन विश्लेषण विधि'* र अनुसूची १ मा प्रस्तुत *'भू-जैविक प्रविधि परिक्षण सूची'*को प्रयोग गर्न सकिन्छ ।

चित्र १ख : *दोलखा जिल्लामा निर्माण गरेको ६ महिनामा ढल्किएको तारजाली छेकबार, फोटो : K. sudmeier-Rieux, २०१०*

२ परिचयः अस्थिर भू-बनौटमा सडक निर्माण र मानवीय क्रियाकलाप

भिरालो जमीन र कमजोर भू-बनौट पहिरो र भू-क्षयका मुख्य कारणहरू हुन् भने मुसलधारे वर्षाका साथै अनुपयुक्त गह्रा र सडक निर्माण गर्ने मानवीय क्रियाकलापले जोखिमको मात्रा बढाएको छ । यसले एकातिर गल्छि र पहिरोको समस्या निम्त्याउन सक्छ भने अर्कोतिर तल्लो तटिय क्षेत्रमा ढुङ्गाबालुवा थुप्रिएर समस्या आउन सक्छ । यसको साथै पानीको मुहानमा पानीको गुणस्तर र जलविद्युतको प्रभावकारितामा पनि उल्लेखनीय असर पर्न सक्छ । त्यसकारण, यस्ता समस्याहरू समाधानका लागि छुट्टाछुट्टै रूपमा नहेरी एकीकृत रूपमा जलाधार व्यवस्थापन गरिनु उपयुक्त हुन्छ ।

चित्र २: स्याङ्जा जिल्लामा ग्रामीण सडकले बगाएर ल्याएको ढुङ्गामाटो र त्यसले खेतियोग्य जमीनमा पुऱ्याएको क्षति । फोटो : I. Penna, २०१३



चित्र ३: सडक निर्माण र प्राकृतिक कारणबाट भएको भू-क्षयले थुपारेको गिट्टीढुङ्गाले विस्तारै ताल पुरिरहेको छ । साभार : S. Eberle, २०१३को तेस्रो रिपोर्टका आधारमा परिमार्जित

यस पछिका पृष्ठहरूमा नेपालमा सडक निर्माणको सन्दर्भमा हुनसक्ने भूस्खलन साथै तिनको दीगो समाधानका उपायहरूका बारेमा जानकारी दिइएको छ । निर्देशिकाको अन्त्यमा विशेषज्ञका साथै समुदायका सदस्यहरूले सजिलै प्रयोग गर्न सक्ने भूस्खलनका शुरूवाति अवस्थाको परिक्षण गर्ने फारम दिइएको छ ।

२.१ परम्परागत रूपमा निर्माण गरीने ग्रामीण सडकको तुलनामा वातावरणमैत्री सडकको लागत

वर्तमान अवस्थामा ग्रामीण सडक निर्माणमा वार्षिक ५ अर्ब ६० करोडको हाराहारी बजेट खर्च भईरहेको छ, जसमध्ये करिव १२ प्रतिशत समुदायको लगानी रहेको देखिन्छ । यसको मुख्य कारण ग्रामीण जीवनमा सडकको महत्व र प्राथमिकता देखिएको छ । सडकले ग्रामीण जनताको शिक्षा, स्वास्थ्य र बजारसम्म सजिलो पहुँच उपलब्ध गराउँछ । यसरी ग्रामीण सडकहरू स्थानीय विकासको आधारशीला भएता पनि हाल अपनाइएको सडक निर्माण विधिले फाइदाभन्दा बढी नोक्सानी पुऱ्याइरहेको देखिन्छ । वातावारणीय, आर्थिक र सामाजिक लागतको विश्लेषण र जानकारी विना निर्माण गरिने परम्परागत ग्रामीण सडकहरूमा भू-जैविक प्रविधिको बारेमा ध्यानसम्म नदिई जहाँ जसरी पनि डोजर लगाएर बाटो खन्ने गरिएको छ । यस्ता सडक बनाउंदा खर्च कम देखिए पनि नियमित गर्नुपर्ने मर्मतसम्भार खर्च र यसबाट कृषि लगायत अन्य क्षेत्रमा पुगेको क्षति हिसाव गर्दा निकै महंगो सावित भएको छ । तालिका १ मा मध्य-पहाडी क्षेत्रमा परम्परागत र 'वातावरणमैत्री सडक' निर्माणको तुलनात्मक औसत लागत दिइएको छ (युएनडिपी, २०११) ।

तालिका १ विगत २० वर्षमा परम्परागत ग्रामीण सडकको तुलनामा 'वातावरणमैत्री सडक'का औसत लागत (यूएनडिपीको सन् २०११को लागत अनुमानमा आधारित)

औसत लागत (प्रति किमी)	परम्परागत ग्रामीण सडक (रूपैयाँ लाखमा)	वातावरणमैत्री सडक (रूपैयाँ लाखमा)
सडक निर्माण खर्च	८-१५	१५-२०
सामान्य वर्षातको अवस्थामा वार्षिक मर्मतसम्भार खर्च	१.७५-३	०.५०-०.७५
धेरै वर्षात् भएको अवस्थामा वार्षिक मर्मतसम्भार खर्च	३-५	१-२
२० वर्षको मर्मतसम्भार खर्च	४१.२५-७०	१२.५०-४०
कुल लागत (सडक निर्माण + २० वर्षको मर्मसम्भार खर्च)	४९.२५-८५	२७.५०-६०

नोट : नेपालका सबै क्षेत्रलाई ध्यान दिएर २० वर्षमध्ये ५ वर्ष धेरै वर्षात् हुने प्रक्षेपण गरी लागत अनुमान गरिएको ।

सडक किनारमा भूस्खलनका कारणहरूको विश्लेषण र समाधानका उपायहरूको बारेमा आगामी पृष्ठहरूमा विवेचना गरिएको छ । तलको बक्स १ मा सडक, सडक निर्माण तथा सडक क्षेत्र विश्लेषण विधि दिईएको छ ।

बक्स १ *सडक, सडक निर्माण तथा सडक क्षेत्र विश्लेषण विधि*

१. समस्याको विश्लेषण

क. ग्रामीण सडक वा शहरी सडक ?

प्रस्तावित वा निर्माणाधिन सडक ग्रामीण वा शहरी जुनसुकै भएपनि भूस्खलनको सम्भावना भएको अवस्थामा भू-जैविक प्रविधि अपनाउनु उपयुक्त हुन्छ ।

ख. सडक कसरी निर्माण गरिएको थियो ? सडक निर्माण गरिएको क्षेत्रको भिरालोपना कति छ ? कति ठाडो छ र दुरी कति छ ? भू-क्षयको सम्भावना कस्तो छ ?

यदि भू-क्षयको सम्भावना बढी भएमा जुनसुकै प्रकारको सडकमा भू-जैविक प्रविधि अपनाउनु अपनाउनु उपयुक्त हुन्छ ।

ग. सडक क्षेत्रको भू-उपयोग अवस्था कस्तो छ र सडक कस्तो क्षेत्र (जस्तैः खेतबारी, वन, आदि) हुँदै गएको छ ?

यदि सडक नजिकै घरहरू वा खेतबारी छन् र तिनलाई भू-क्षयले क्षति पुऱ्याउने सम्भावना छ भने भू-जैविक प्रविधि अपनाउनु उपयुक्त हुन्छ ।

२. स्थलगत मूल्याङ्कन

घ. माटोको गहिराई कतिको छ ? ओसिलोपना कस्तो छ ?

यदि माटोको गहिराई धेरै छ र नालाको उचित व्यवस्था छैन भने भूस्खलन वा ठूलो पहिरोको सम्भावना रहन्छ । माटोको गहिराई कम भएपनि साना भूस्खलनको सम्भावना उत्तिकै हुन्छ ।

ङ. सडक छेउछाउ खोला, पानीको मूल, भूमिगत रूपमा पानी रसाउने आदि कुनै पानीको स्रोत छ र त्यसबाट सडकमा पानी बगिरहन्छ ?

यदि छ भने, त्यसबाट भूस्खलन वा पहिरो वा गल्छिको सम्भावना हुने हुँदा थप अध्ययन गरिनु पर्दछ ।

च. सडक किनारमा नालाको व्यवस्था छ ? त्यसको निकास कहाँ जान्छ ?

यदि छैन भने, निकासको अभावमा विभिन्न समस्याहरू आउन सक्छन् ।

छ. सडक पुरानो पहिरो वा अस्थिर भौगोलिक क्षेत्र जस्तैः जमीन भासिएको क्षेत्र भएर जान्छ ?

यदि जान्छ भने, सडक भत्किने वा बग्ने सम्भावना रहन्छ ।

३. समाधानको उपाय पहिचान

ज. सडक किनार सुरक्षाका कुनै उपाय अपनाइएको छ ?

यदि कुनै पनि सुरक्षाका उपायहरू अपनाइएको छैन र तपाईंले माथि उल्लिखित मध्ये कुनै समस्या देख्नु भएमा तल दिईएका उपायहरू अपनाएर सडकलाई सुरक्षित बनाउन सकिन्छ ।

३ प्राकृतिक प्रक्रियामा सडक निर्माणले गर्दा आउन सक्ने समस्या पहिल्याउने

भिरालो जमीनको भौगर्भिक अस्थिरताका कारणहरू राम्ररी थाहापाउन सकिए समाधानका उपयुक्त उपायको छनौट गर्न पनि निकै सहज हुन्छ । तर स्थानीय स्तरमा काम गर्ने प्राविधिकहरूले आफ्नो ज्ञान र अनुभवको आधारमा भौगालिक अस्थितरता एवं तिनका कारणहरूको पूर्वानुमान गर्नु अत्यन्त कठिन कार्य हो । अझ निकै ठाडो र फराकिलो भिरालो क्षेत्र तथा परिवर्तनशिल मौसमी अवस्थाले नेपालको सन्दर्भमा सजिलै भौगोलिक अस्थिरताका कारणहरू थाहा पाउन अझ कठिन हुन्छ । हरेक भिरपहरामा फरक खालको र फरक तरिकाले भूस्खलन हुने र अझ एउटै भिरपहराको पनि विभिन्न भागमा विभिन्न तत्वहरूले प्रभावित गरिरहेको हुन्छ । त्यसैले कुनै पनि समस्या समाधानको उपाय अपनाउनु अघि पहिरो र भूस्खलनको प्रक्रिया बारेमा विस्तृत जानकारी हुनुपर्दछ (Howell et al, 1999) ।

सडक निर्माणका क्रममा आउन सक्ने अनकौं समस्याहरू मध्ये भूस्खलनसँग सम्बन्धित निम्न समस्या र असरहरू देखिन सक्छन् :

- **भिरालो जमीनको अस्थिरता :** सडक बनाउने क्रममा भिरालो जमीनको कटानले जमीनलाई कमजोर बनाउँछ । विगतमा पहिरोग्रस्त ठाउँ वा बग्न तयार भएको भिरालो जमीनको पिँधबाट ढुङ्गामाटो निकाल्दा उक्त क्षेत्रमा थप अस्थिरता आउँछ वा भूस्खलन पुन: सक्रिय हुनसक्छ ।

- **तल्लो तटिय क्षेत्रमा थेग्रानमा बृद्धि :** भू-क्षय वा भूस्खलनका कारण निस्केको ढुङ्गामाटोका अतिरिक्त भिरालो जमीन कटानबाट निस्केका, सडक किनारमा थुप्रिएका र सडक पुर्न प्रयोग भएका सामग्रीहरू पानीले बगाएर तल्लो तटीय क्षेत्रमा अनावश्यक रूपमा थेग्रिएर समस्या आउन सक्छ ।

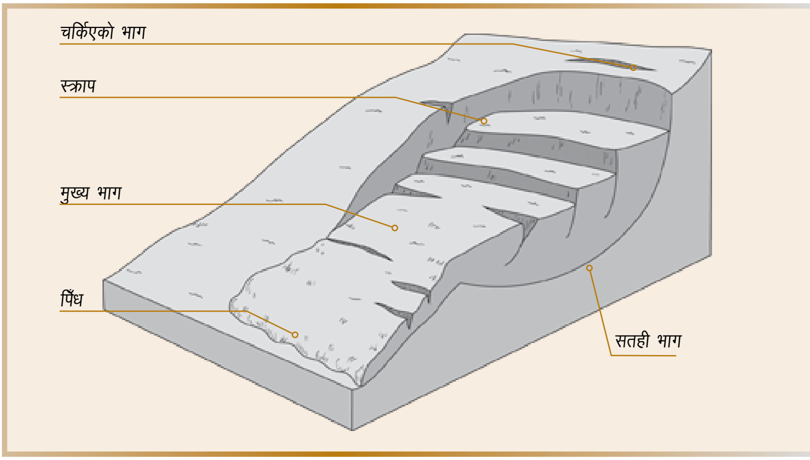
- **पानीको बहावमा बृद्धि :** सडक निर्माणका कारण हुने बोटविरूवाको कटानले खुल्ला जमीनको क्षेत्र बढ्न जान्छ, यसले सतहबाट बग्ने पानीको मात्रा बढ्न गई नदीको बहावमा वृद्धि हुन जान्छ ।

- **नयाँ निकास/गल्छिको सम्भावना :** नजिकै रहेका पानीका स्रोतहरू र सतहबाट बग्ने पानी सडक निर्माण गर्ने क्रममा प्राकृतिक बहावमा परिवर्तन हुनगई नयाँ गल्छि बन्ने वा भूस्खलन बढ्ने सम्भावना हुन्छ ।

३.१ भू-क्षय/पहिरो

भू-क्षय वा पहिरोमा ढुङ्गा, माटो, चट्टान, आदि उच्च गतिमा तलतिर बग्दछ । यस्तो बहावमा एउटा ढुङ्गादेखि हजारौं घनमिटर सामग्री हुनसक्छ । सामान्यतः लामो र मुसलधारे वर्षा, हिमपहिरो वा भूकम्प जस्ता प्राकृतिक कारणहरूका साथै सडक बनाउँदा जमीनको भिरोलोपनमा आउने परिवर्तन वा वनफडानी जस्ता मानवीय क्रियाकलापहरूले पनि पहिरोको जोखिम बढाउनमा भूमिका खेल्दछ । सामान्यतयाः पहिरो धस्सिएको वा सतही हुन्छ । धस्सिएको पहिरो नियन्त्रणका लागि ठूला भौतिक संरचना आवश्यक हुन्छ, जुन यो निर्देशिकामा समेटिएको छैन ।

चित्र ४कः दोलखाको खरिस्वारा पहिरो । फोटोः सञ्जय देवकोटा, २०११ ।

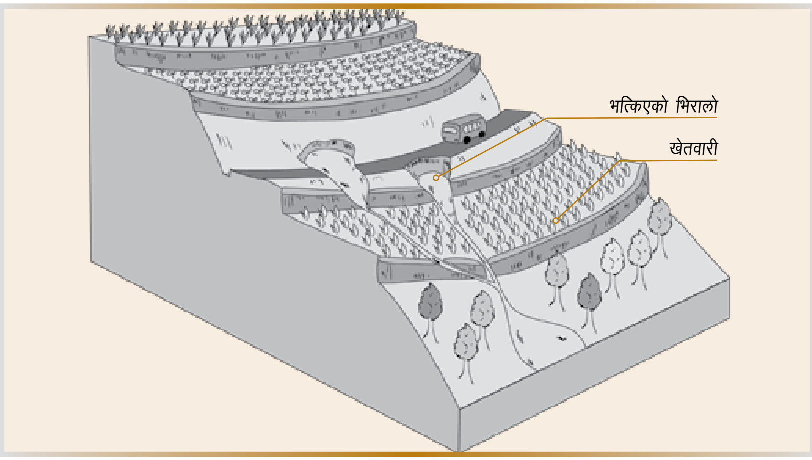


चित्र ४खः धस्सिएको पहिरोमा बहावको चित्रण । साभार : S. Eberle. Cruden and Varnes, 1996 बाट परिमार्जित

३.२ सतही भू-क्षय

जमीनको सतहभन्दा करिव २ मिटर भित्री भागसम्मका माटो वा अन्य सामग्री बग्ने सतही भू-क्षय नेपालका पहाडी भूभागको सामान्य प्रक्रिया नै हो । सामान्यतः लामो र मुसलधारे वर्षाका साथै मानवीय क्रियाकलापहरूले बढाएको भिरालोपनाले यस्तो पहिरोको जोखिम बढाउँछ । शुरूवाति अवस्थामा पहिरो सम्भावित क्षेत्रको सतहमा परिवर्तन र जमीन फाटेको हुनसक्छ । कुनै भिरालो क्षेत्रको माथिल्लो भागमा चट्टान फाटेको, पानी बगेको, सतहमा चिरा परेको र पहाडको/भिरालो जमीनको फेदीमा ढुङ्गामाटो थुप्रिएको अवस्था अवलोकन गरेर पहिरोको सम्भावित क्षेत्र पहिचान गर्न सकिन्छ ।

चित्र ५क : *तेह्रथुम जिल्लाको बसन्तपुर क्षेत्रको सडक किनारमा उत्पन्न अस्थिरता । फोटोः K. Sudmeier-Rieux, 2009 ।*

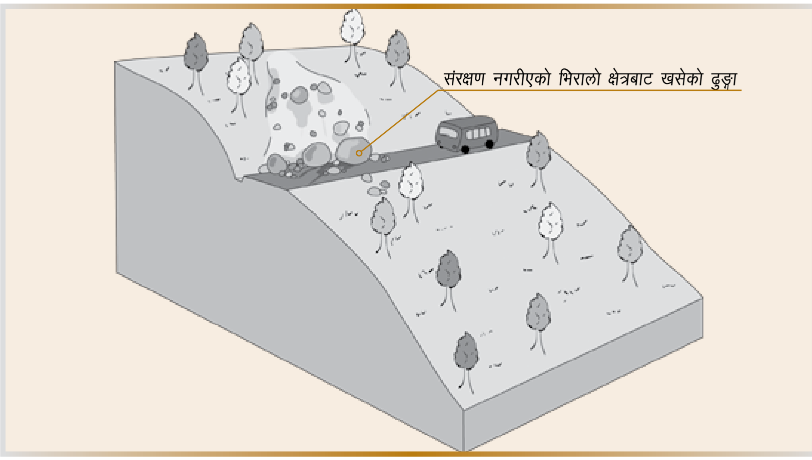


चित्र ५ख : *सडक निर्माणले भएको सतही पहिरो । साभार : S. Eberle.*

३.३ चट्टान/ढुङ्गा खस्ने

भिरालो जमीन वा भिर पहराका चट्टान वा ठूला ढुङ्गाले जमीन छोडेको अवस्थामा सजिलै खस्छन् । ढुङ्गाले विस्तारै माटोलाई छोड्दै जाँदा धाँजा फाटेर ढुङ्गा खस्न थाल्छ र कहिलेकाहीँ ठूल्ठूला पहिरो आउनु भन्दा पहिले सानातिना ढुङ्गा पनि खस्नसक्छन् । ढुङ्गाले माटो छोड्न थालेसँगै गुल्टिँदै वा सिधै तल खस्न थाल्छ । कुनै क्षेत्रमा ठूला चट्टान वा ढुङ्गा झोलिएको वा माटो छोड्न थालेको अवस्थामा चट्टानी पहिरोको सम्भावना रहन्छ ।

चित्र ६कः जिरी-नामाडी सडकको भिरालो क्षेत्रमा तल खसेको ढुङ्गा । फोटोः सञ्जय देवकोटा ।

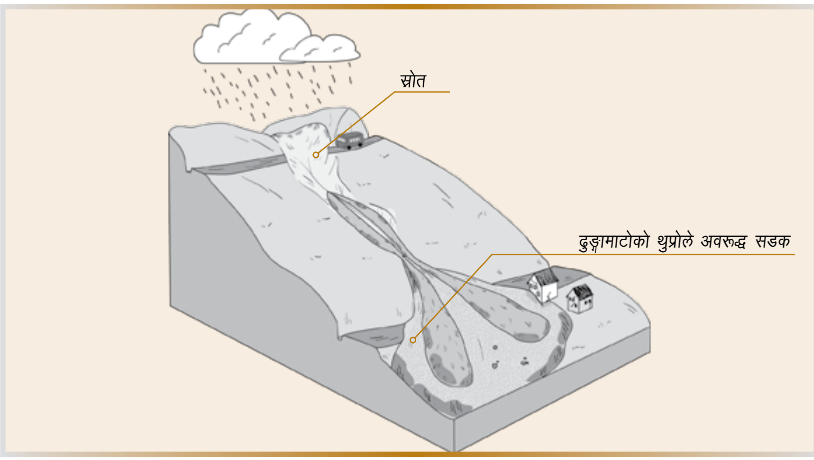


चित्र ६ख : ढुङ्गा खस्ने प्रक्रियाको चित्रण । साभार : S. Eberle.

३.४ ढुङ्गामाटोको बहाव

डेब्रिज (debris) अर्थात् गेग्रान वा ढुङ्गामाटो मिसिएको लेदोको बहाव (debris flow)मा उच्च गतिमा एकैधार वा छरिएर तलतिर बग्ने प्रक्रिया अत्यन्त जोखिमपूर्ण हुन्छ । माथिल्लो क्षेत्रमा ढुङ्गामाटो थुप्रिएको वा कमजोर प्रकृतिको खुल्ला जमीनलाई लामो वा मुसलधारे वर्षाले बगाएर एकैसाथ तल पुऱ्याउँछ । यसरी बगेर आएको ढुङ्गामाटो हानीकारक र क्षति पुऱ्याउने खालका हुन्छन् । माथिबाट बगेर आएको ढुङ्गामाटो कति र कहाँ थुप्रिएको छ हेरेर सम्भावित जोखिम अनुमान गर्न सकिन्छ ।

चित्र ७क : सिन्धुपाल्चोक जिल्लाको पहाडमा बगिरहेको ढुङ्गामाटो । फोटोः सञ्जय देवकोटा ।

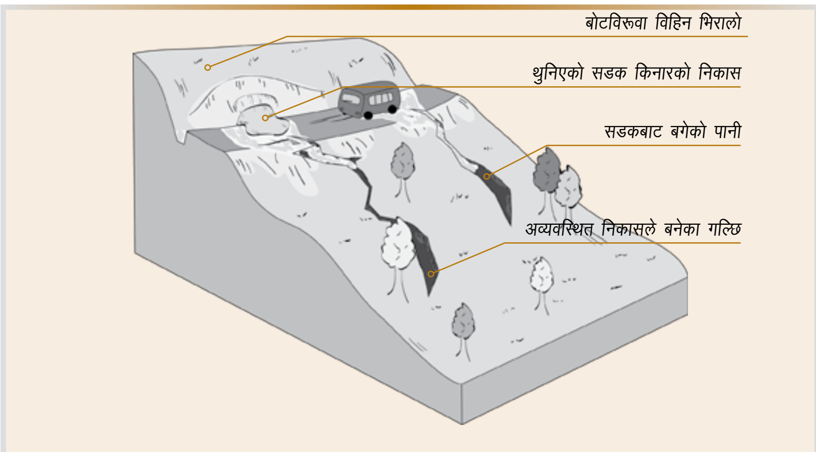


चित्र ७ख : ढुङ्गामाटो खस्ने प्रक्रियाको चित्रण । साभार : S. Eberle.

३.५ पानीबाट सिर्जित भूस्खलन/गल्छि

भू-सतहमा बग्ने पानीले बिस्तारै जमीनको माथिल्लो भागमा क्षति पुऱ्याउँछ । यस्तो अवस्थाको सही व्यवस्थापन नभएमा गल्छिमा परिणत भएर ठूलो क्षतिको कारण बन्न पुग्छ । सामान्यतयाः अव्यवस्थित निकासबाट सिर्जना हुने भूस्खलन 'भी-V' आकार हुँदै 'यू-U' आकारमा परिणत हुन्छ । सडक किनारको नाला वा कल्भर्टमा बग्ने ठूलो परिणामको पानीको सही तरिकाबाट व्यवस्थापन नभएमा गल्छिमा परिणत हुने सम्भावना अत्यधिक रहन्छ ।

चित्र ८कः स्याङ्जा जिल्लाको गल्छि पहिरो । फोटोः सञ्जय देवकोटा, २०१४ ।

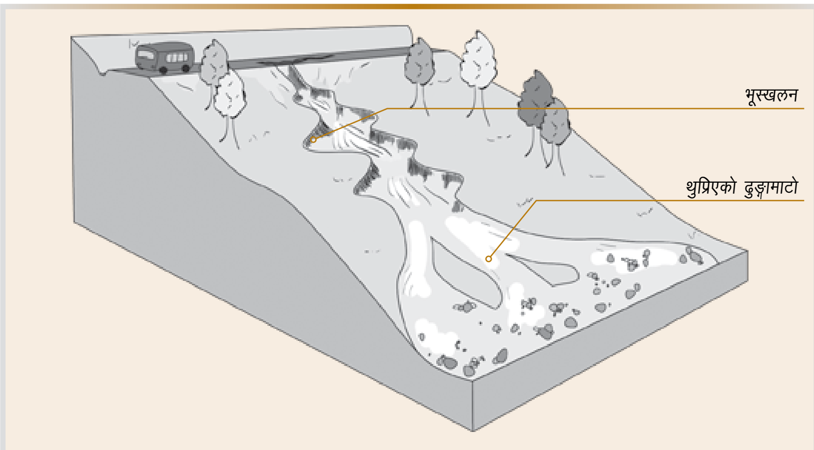


चित्र ८ख : सडक किनार गल्छि पहिरोको चित्रण । साभार : S. Eberle.

३.६ पानीको बहावमा अन्य प्रभावहरू

अतिवृष्टिका कारण ठूलो मात्रामा माथिल्लो क्षेत्रबाट बगाएर ल्याएको ढुङ्गामाटोका कारणले खोलाले आफ्नो स्वरूप र धार परिवर्तन गर्न सक्छ । यस्तो अवस्थामा खोला चौडा/फराकिलो भएर खेतियोग्य जमीनमा असर पुऱ्याउन सक्छ । त्यसैले समयमा नै माथिल्लो क्षेत्र तथा नदीकिनार संरक्षण र व्यवस्थित गर्नुपर्दछ (चित्र ९) ।

चित्र ९क : *स्याङ्जा जिल्लाको यो भूस्खलनको एक कारक तत्व पानीको अव्यवस्थित बहाव रहेको छ । फोटोः सञ्जय देवकोटा, २०१४ ।*



चित्र ९ख : *पानीका कारण भएको भूस्खलनको चित्रण । साभार : S. Eberle.*

४ भू-क्षयको समस्या समाधानका लागि उपयुक्त विकल्पको छनौट

सडक किनारमा सम्भावित समस्याहरूको पहिचान गर्न सम्बन्धित क्षेत्रको स्थलगत अध्ययन गर्नुपर्दछ । यस्तो अध्ययन गर्दा बक्स २ मा दिईए अनुसार भिरालोपना, भिरालो क्षेत्रको लम्वाई, निकास, ओसिलोपन र उचाइको जानकारी लिएर भू-क्षयको सम्भावना र सो समस्या समाधानको लागि उपयुक्त विकल्प छनौट गरिनु पर्दछ ।

बक्स २ *भू-क्षयको सम्भावना र सो समस्या समाधानको लागि उपयुक्त विकल्प छनौट*

क. **भिरालोपना**	तीन श्रेणी : ३० डिग्रीभन्दा कम, ३०-४५ डिग्री र ४५ डिग्रीभन्दा बढी
ख. **भिरालो क्षेत्रको लम्वाई**	दुई श्रेणी : १५ मिटर भन्दा बढी र १५ मिटरभन्दा कम
ग. **निकास**	दुई श्रेणी : राम्रो र नराम्रो/खराव
घ. **ओसिलोपना**	चार श्रेणी : चिसो, ओसिलो, सुख्खा र निकै सुख्खा
ङ. **उचाइ**	उचाइ मापक यन्त्र, नक्सा वा स्थलगत चित्र प्रयोग गरी उचाइ निर्धारण गर्ने

क. भिरालोपनालाई ३० डिग्रीभन्दा कम, ३०-४५ डिग्री र ४५ डिग्रीभन्दा बढी मध्ये कुनै एउटा श्रेणीमा विभाजन गर्नुपर्छ । यसमध्ये ३० डिग्रीभन्दा कम भिरालोपना भएको क्षेत्रमा सामान्य उपाय अपनाए पुग्छ । ३० डिग्रीभन्दा बढीको भिरालोमा भने संरक्षणका उपायहरू, जस्तैः घाँस लगाउने, जुटजालीले ढाकेर घाँस रोप्ने, हाँगाको छेकबार बनाउने, ढुङ्गाको टेवा पर्खाल आदि, आवश्यक पर्नसक्छ । यहाँ बुझ्नुपर्ने कुरा के छ भने भिरालोपना अनुसार जमीनको अस्थिरता पनि बढ्दै जान्छ । सामान्यतः ३५ डिग्रीसम्मको भिरालो क्षेत्रलाई नखोतल्दासम्म स्थिर रहन्छ । तर ३५ डिग्रीभन्दा बढीको भिरालो क्षेत्रमा सडक निर्माण गर्दा भिरालो जमीनको संरक्षण आवश्यक पर्नसक्छ । सामान्य जानकारीका लागि ३५ डिग्रीको भिरालो क्षेत्रमा मानिस र जनावर सहजै हिंडडुल गर्न सक्छन्, तर ५० डिग्री माथिको भिरालो क्षेत्र निकै ठाडो हुने हुँदा मानिस सहजै हिँड्डुल गर्न सक्दैनन् ।

ख. भिरालोको लम्वाई टेप वा अन्य विधि प्रयोग गरेर नाप्न सकिन्छ । १५ मिटरभन्दा लामो भिरालोले बढी जोखिमलाई इङ्गित गर्दछ ।

ग. खंदिलो माटो अफ रातोमाटोले पानीको सतही निकास बढाएर गल्छिको समस्या ल्याउने सम्भावना बढी रहन्छ ।

घ. स्थलगत रूपमा भिरालो क्षेत्रको ओसिलोपनाको अध्ययन गर्दा वरिपरिको सबै क्षेत्रलाई ध्यान दिनुपर्दछ । ओसिलोपनाको मूल्याङ्कन गरी निम्न चार मध्ये सम्बन्धित क्षेत्र कुन वर्गमा पर्दछ निर्क्यौल गर्नुपर्दछ ।
1. सँधै चिस्यान हुने क्षेत्र (उदाहरणको लागि उत्तर फर्केको गल्छिहरू)
2. घाम नलाग्ने वा अन्य कारणले पनि ओसिलो हुने क्षेत्र
3. सामान्यतया सुख्खा रहने क्षेत्र
4. निकै सुख्खा क्षेत्र, यस्तो क्षेत्रमा सामान्यतया गर्मी पनि हुन्छ (उदाहरणको लागि कम उचाइका दक्षिण फर्केको क्षेत्र)

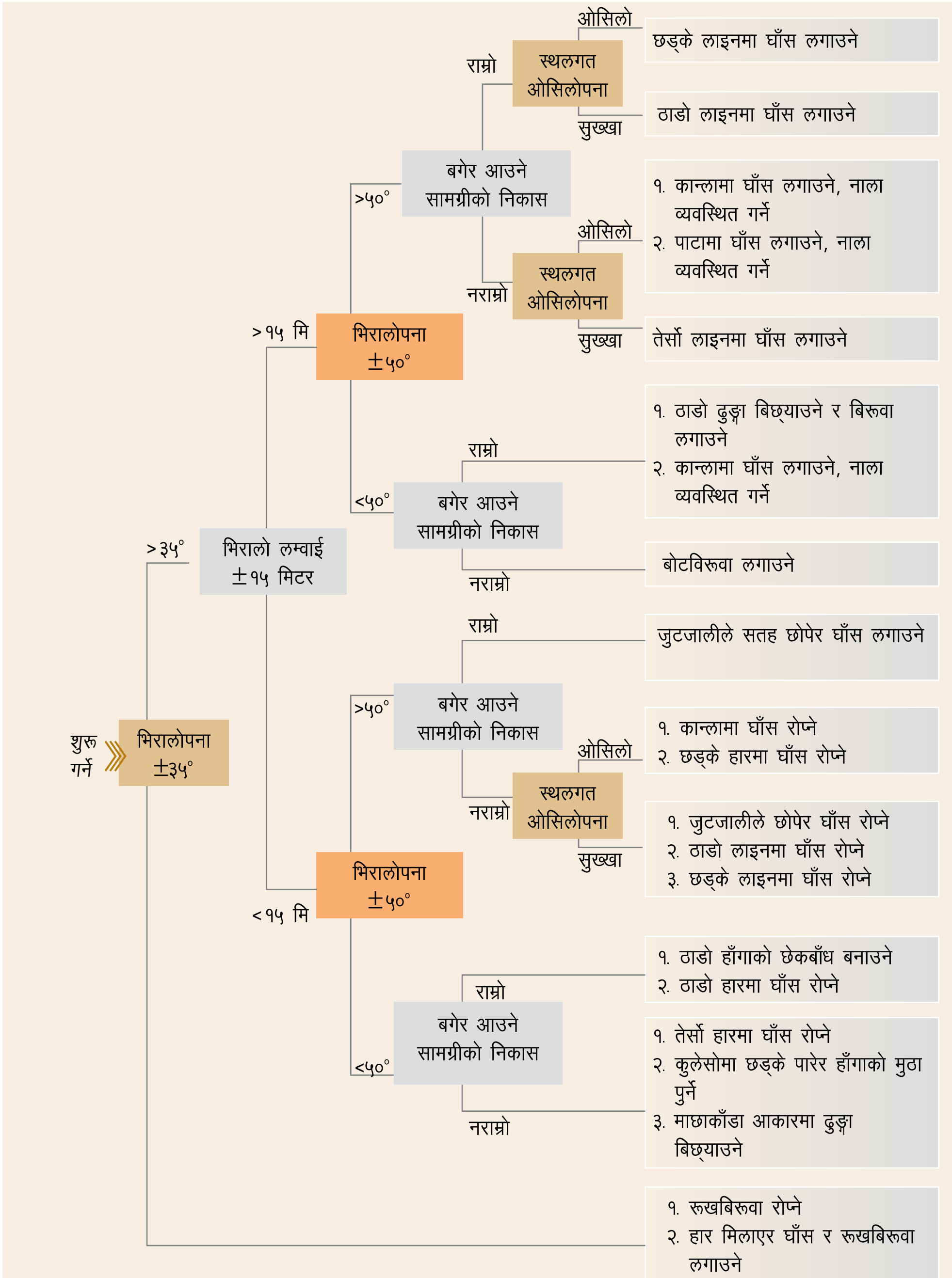
ङ. उचाइ बढ्दै जाँदा तापक्रममा हुने परिवर्तन र त्यसबाट वनस्पतिमा पर्ने प्रभावको विस्तृत अध्ययन हुन जरूरी छ । नेपालमा भू-बनौटको उचाइले सडक निर्माण र भिरालो जमीनको संरक्षणमा महत्वपूर्ण भूमिका राख्दछ ।

स्रोत : हावल (Howell), १९९९ बाट परिमार्जित

तलिका २ जमीनमा ओसिलोपना चित्रण गर्ने वातावरणीय कारक तत्वहरू

स्थलगत ओसिलोपनाका कारक तत्वहरू	चिस्यान क्षेत्रको विशेषता	सुख्खा क्षेत्रको विशेषता
आकृति/मोहडा	उत्तर, उत्तर-पश्चिम, उत्तर-पूर्व र पूर्व फर्केको	दक्षिण, दक्षिण-पश्चिम, दक्षिण-पूर्व र पश्चिम फर्केको
उचाइ	१५०० मिटरभन्दा माथि र विशेषगरी १८०० मिटरभन्दा माथिल्लो भूभाग	१५०० मिटरभन्दा कम उचाइका, पहाडले घेरिएको गहिरो नदी उपत्यका
भौगर्भिक अवस्थिति	गल्छि, तल्लो भिरालो, ओसिलो र पानी रसाउने क्षेत्र	माथिल्लो भिरालो, ठाडो चट्टानी भिरालो क्षेत्र
क्षेत्रिय वर्षाको प्रभाव	पूर्वी नेपालका सम्पूर्ण क्षेत्र, अन्नपूर्ण हिमाली क्षेत्रका दक्षिण तर्फका भूभागहरू	मध्य-पश्चिम र सुदुर-पश्चिमका प्रायः क्षेत्रहरू
वर्षाको छायाँ क्षेत्र	मनसुनी हावाको बढी प्रभाव रहने उच्चपहाडी क्षेत्र	खोंचका भित्री उपत्यका, पहाडले छेकिएर वर्षा नहुने क्षेत्र, दक्षिण तर्फका माथिल्लो लेक क्षेत्र
चट्टानीपना र माटोको ओसिलोपना वहन क्षमता	कम ढुंग्यान, दोमट र बलौटे पाँगो माटो	धेरै मात्रामा ढुङ्गा भएको, बलौटे माटो र ग्रावेल भएको क्षेत्र
हावा	धेरै हावा नलाग्ने क्षेत्र	ठूला नदी उपत्यका र तराई क्षेत्र
मुख्य बोटविरूवा	उदाहरणको लागि अम्रिसो, निगालो, बाँस, चिलाउने, कटुस, लालिगुराँस, उतिस पाइने क्षेत्र	उदाहरणको लागि बाबियो, खर, धंयरो, इम्ली, केटुके, खयर, सल्ला पाइने क्षेत्र

चित्र १० मा भू-बनौट र स्थानीय वातावरण अनुसार भिरालो जमीन वा सडक क्षेत्र संरक्षणका लागि उपयुक्त विधि र प्रक्रिया दिईएको छ । विस्तृत जानकारी समाधानका उपायहरूको पहिचान शिर्षकमा दिईएको छ ।



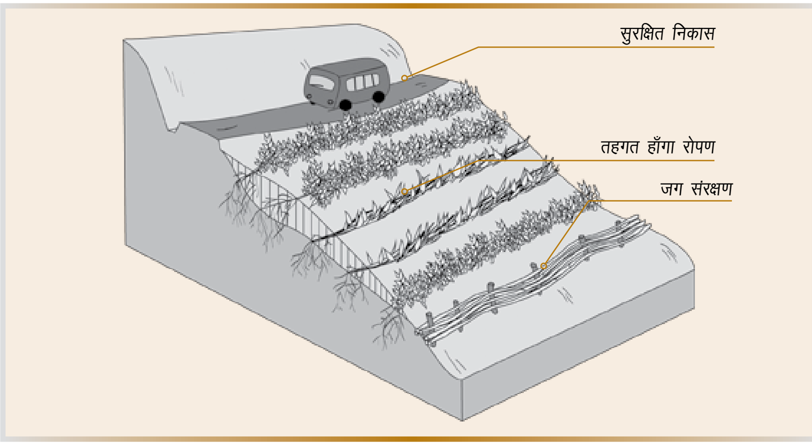
चित्र १० : *प्राय:जसो सडक किनारमा हुने भूस्खलन रोकथामका लागि उपयुक्त भू-जैविक प्रविधि छनौट विधि ।*
स्रोत : हावल (Howell), १९९९ ।

५ समाधानका उपायहरूको पहिचानः समुदायमा आधारित न्यून लागतमा सडक किनार रोकथाम गर्ने उपायहरू

५.१ भिरालो जमीन र माटो संरक्षणका लागि भू-जैविक प्रविधि

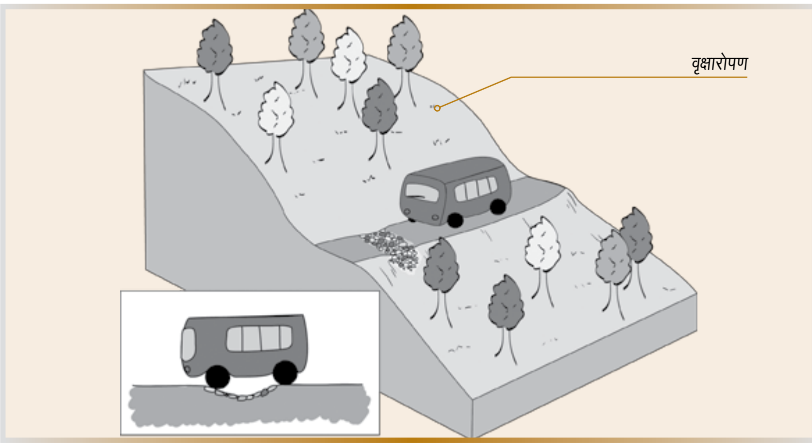
बोटविरूवाको प्रयोग गरी सडक तथा नदी किनार वा खेतको कान्लाको भिरालो रोकथामका साथै सतही बहाव र त्यसको प्रभाव न्यूनीकरण गर्न भू-जैविक प्रविधि आर्थिक रूपमा प्रभावकारी र स्थानीय रूपमा अपनाउन सकिने सजिलो विधि हो । यस प्रविधिमा सामान्य जरागाड्ने प्रजातिका विरूवा लगाउनेदेखि विस्तृत भौतिक संरचना सहितको बोटविरूवा रोप्ने काम पर्दछन् । उदाहरणको लागि सडक किनारमा घाँस लगाउन, चपरी बिछ्याउन, जुटको जालीले सतह ढाकेर बीउ छर्न, तह मिलाएर हाँगा लगाउन, कुलेसोमा हाँगाको मुठ्ठा पुर्न, हाँगाको छेकबार बनाउन, बाँस वा भाटाको छेकबार बनाउन र ढुङ्गाको कुलेसो बनाएर छेउछाउमा विरूवा रोप्न सकिन्छ । भू-जैविक प्रविधिबाट कम लागतमा नै भिरालो रोकथामबाट प्राप्त हुने फाइदाका अतिरिक्त जीवनयापनका लागि रूखविरूवा र अन्तरबालीका फाइदा पनि पाउन सकिन्छ । भू-जैविक प्रविधिको सफलताका लागि सडक किनारमा भिरालोबाट बगेको पानीको सुरक्षित निकास दिनु, समयमा नै बोटविरूवा रोप्नु, अनावश्यक भारपात व्यवस्थापन गर्नु र गाईवस्तुबाट घाँसविरूवा जोगाउनु पर्दछ (चित्र ३१)। सडक किनारको भिरालोपना र पानीको बहाव व्यवस्थापनका लागि विभिन्न विकल्पहरू छन्, त्यसमध्ये उपयुक्त विकल्प छनौट गर्ने विधिबाट शुरू गर्दै प्रत्येक विकल्पका बारेमा विस्तृत रूपमा चर्चा गर्दै जानेछौं । सम्भव भएसम्म सडकसँगै निकासका लागि पानी सङ्कलन गर्ने संरचना बनाएर जम्मा भएको पानीलाई सुरक्षित रूपमा प्राकृतिक बहावमा पठाउनु पर्दछ (चित्र ११ को दायाँ चित्र) ।

चित्र ११क : पर्वतको सडक किनारमा भू-जैविक प्रविधिबाट गरीएको भिरालो व्यवस्थापन ।
फोटोः सञ्जय देवकोटा, २०१४ ।

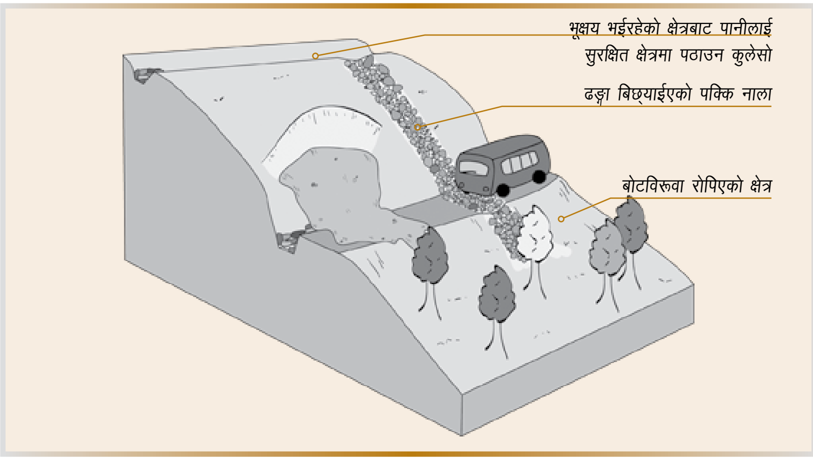


चित्र ११ख : *तहगत हाँगा रोप्ने विधि । साभार : S. Eberle.*

चित्र १२ मा सुरक्षित निकासको लागि प्राय:जसो अपनाइने कम लागतका दुई विधिहरू दिईएका छन् । चित्र १२क मा सडक किनारमा नाला निर्माण गर्न सम्भव नभएको अवस्थामा माथिबाट बगेर आउने पानीलाई कसरी सडक पार गराएर सुरक्षित निकास दिन सकिन्छ भन्ने विधि चित्रित गरिएको छ । चित्र १२ख मा भूस्खलन भईरहेको वा जमीन चर्किएको ठाउँलाई थप क्षति हुनबाट जोगाउन पानीको बहाव परिवर्तन गरी सुरक्षित निकास दिने विधि चित्रित गरिएको छ । यसलाई कजवे पनि भनिन्छ ।



चित्र १२क : *ढुङ्गा प्रयोग गरेर सामान्य रूपमा सुरक्षित निकासको व्यवस्था । साभार : S. Eberle.*

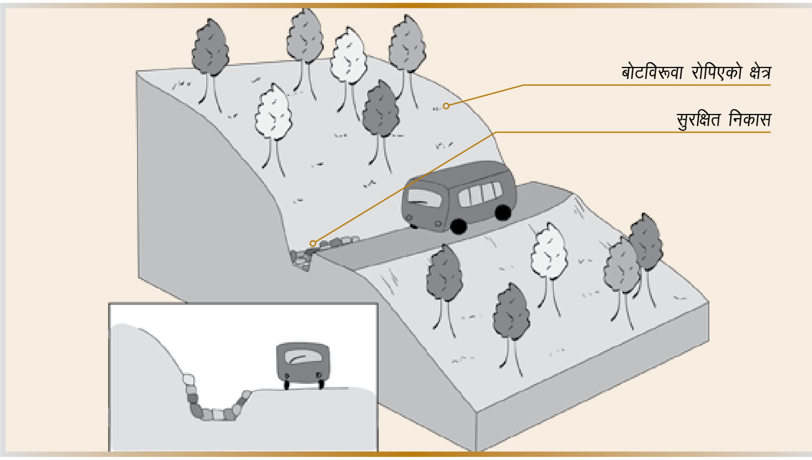


चित्र १२खः *सडक किनारको सक्रिय पहिरो वा भूक्षयको सम्भावित क्षेत्रबाट पानीको बहावलाई परीवर्तन गरी सुरक्षित निकास दिइएको । साभार : S. Eberle.*

५.२ पानीको बहाव नियन्त्रणको लागि भू-जैविक प्रविधि

सडकमा गुड्ने गाडिहरूका कारण सडकको सतह खँदिलो हुँदै जान्छ, जसले पानीको परिणाम र बहाव वृद्धि हुन्छ । यसरी बढ्दै गएको पानीको बहावले विस्तारै गल्छिको रूप लिन्छ । यसैले विशेषगरी भू-जैविक प्रविधिको प्रयोग गरी सडक किनारमा भू-क्षय नियन्त्रण गर्दा सबैभन्दा पहिले 'पानी कता बगिरहेको छ र सडकको तलमाथि थप क्षति नपुऱ्याई पानीलाई कसरी सडक पार गराएर सुरक्षित निकास दिन सकिन्छ' भन्ने विचार गर्नुपर्दछ । यसको लागि नाला बनाएर सडक मुनिबाट पानीलाई बाटो पार गराउन वा सडक किनारै किनार नाला बनाएर ओरालोतिर पुऱ्याएर सुरक्षित वा प्राकृतिक बहाव (नदी, खोला, कुलो)मा निकास दिन सकिन्छ । उपलब्ध बजेट अनुसार ढुङ्गा बिछ्याएर कम लागतमै नाला बनाउन सकिन्छ भने ढुङ्गा र सिमेन्ट प्रयोग गरेर वा भूमिगत पाइप मार्फत पानीलाई निकास दिन पनि सकिन्छ । निकासको व्यवस्था नगरी अन्य कुनै उपाय अपनाएर उपलब्धी हासिल गर्न सकिँदैन, त्यसैले भिरालो रोकथाम वा सडक किनार ससंरक्षणका लागि निकासको व्यवस्थापन नै पहिलो प्राथमिकता हुनुपर्दछ । नाला बनाएसँगै नियमित रूपमा ढुङ्गामाटोको थुप्रो वा थेग्रान हटाएर पानीको बहावलाई नियमित गर्दै आवश्यक मर्मतसम्भार पनि गर्नुपर्दछ । यस्तै पानी थुनिएर थप समस्या आउन नदिन बहाव र निकासको मुखतिर नियमित रेखदेख गर्नुपर्दछ (चित्र १३) (हावल (Howell), १९९९) ।

चित्र १३क: सडक किनारमा सिमेन्ट प्रयोग गरी निर्माणाधिन ढुङ्गाको पक्की नाला । फोटोः सञ्जय देवकोटा, २०१४ ।

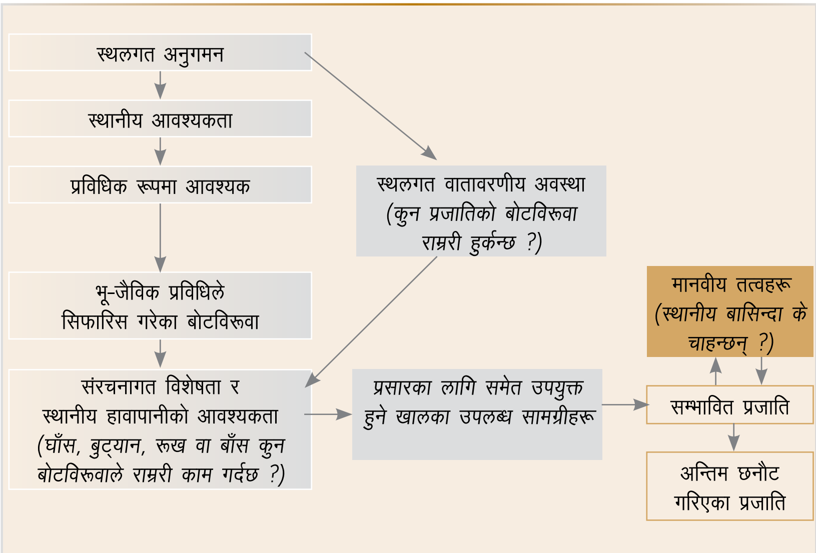


चित्र १३ख: सुरक्षित निकासको चित्रण । साभार : S. Eberle.

तालिका ३ ग्रामीण सडकका समस्याहरू र तिनको समाधानका लागि कम लागतका भू-जैविक प्रविधि

समस्याहरू	समाधानका उपायहरू	
१. सतही भूस्खलन र पानीको बहावले हुने क्षति	ढल-निकास विधि	विधि १.१ चपरी बिछ्याउने (चपरी विधि) ।
		विधि १.२ जुटको जालीले सतह छोपेर घाँसको बीउ रोप्ने (जुटजाली विधि) ।
		विधि १.३ घाँस लगाउने (घाँसरोपण विधि) ।
		विधि १.४ कुलेसोमा हाँगाको मुठ्ठा पुर्ने (कुलेसो विधि) ।
२. गल्छिबाट हुने क्षति		विधि २.१ तेर्सो हाँगाको छेकबार लगाउने (तेर्सो हाँगे छेकबार विधि) ।
		विधि २.२ ढुङ्गा बिछ्याएर बोटविरूवा लगाउने (ढुङ्गेनाली विधि) ।
३. सतही पहिराको समस्या		विधि ३.१ ठाडो हाँगाको छेकबार लगाउने (ठाडो हाँगे छेकबार विधि) ।
		विधि ३.२ तह मिलाएर हाँगा लगाउने (तहगत हाँगे छेकबार विधि)
		विधि ३.३ तारजाली लगाएर बोटविरूवा लगाउने (बोटविरूवा सहितको तारजाली विधि) ।
		विधि ३.४ ढुङ्गाको सुख्खा पर्खाल लगाएर बोटविरूवा रोप्ने (वानस्पतिक ढुङ्गे टेवापर्खाल विधि) ।
४. सडक निर्माणबाट पानीको निकासमा प्रभाव		विधि ४.१ बाँस र बाँसको भाटा प्रयोग गरी छेकबार बनाउने (भाटा विधि)
५. नदी किनारको समस्या		विधि ५.१ बालुवा-माटो भरेको बोरा, बाँस र तार प्रयोग गरी थुनछेक गर्ने (बाँसकिला विधि) र समस्या ठूलो भएमा तारजाली वा ढुङ्गाको टेवा पर्खाल लगाउने (वानस्पतिक ढुङ्गे टेवापर्खाल विधि) ।

भू-जैविक प्रविधिका विधिहरू, फाइदा र बेफाइदाहरू, लागत र सिफारिस गरिएका बोटविरूवाको प्रजाति सम्बन्धी जानकारी आगामी पृष्ठहरूमा दिईएको छ । यस्तै, चित्र १४ मा उपयुक्त प्रजातिको बोटविरूवा सम्बन्धी निर्णय प्रक्रिया दिईएको छ । मुख्यत: स्थानीय बासिन्दाले के चाहन्छन् भन्ने कुरालाई ध्यान दिएर डालेघाँस जस्ता उपयोगी केही प्रजाति र भू-जैविक प्रविधिका लागि अत्यावश्यक लामो र मजबुत जरा भएको घाँस प्रजातिका बोटविरूवाहरू मिलाएर छनौट गर्नु राम्रो हुन्छ । नेपालमा दुवै प्रयोजनका लागि उपयुक्त बोटविरूवा पाइने हुँदा छनौट गर्न सजिलो छ । उदाहरणको लागि अम्रिसो र बाँसलाई लिन सकिन्छ । थप जानकारीका लागि अनुसूची २ हेर्नुहोस् ।

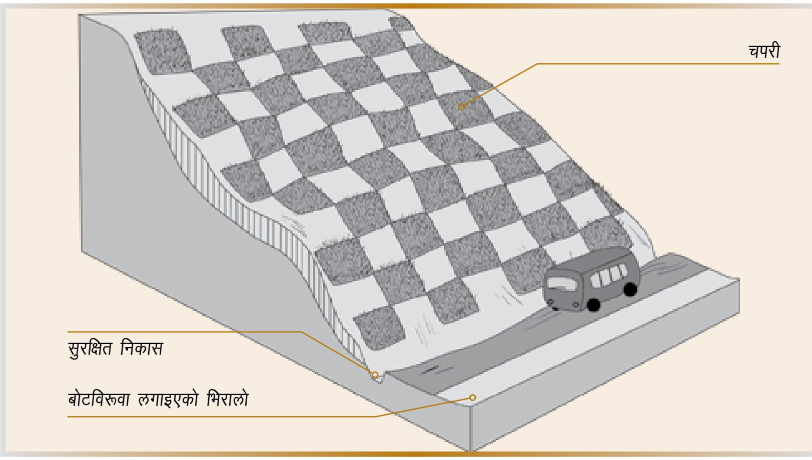


चित्र १४: *भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयुक्त प्रजातिको विरूवा छनौट प्रक्रिया । स्रोत : हवेल (Howell), १९९९ मा आधारित भएर परिमार्जित ।*

समस्या १ सतही भूस्खलन - बहाव नियन्त्रण

विधि १.१ चपरी विधि (Turf Method)

यस विधिमा भिरालो रोकथाम गर्न सामान्यत: दुवो जस्ता सतह ढाक्ने घाँस र माटो सहितको चौकुना मिलेको चपरी अर्थात् टर्फ प्रयोग गरिन्छ । माथिबाट ढुङ्गामाटो (गेग्रान) बगेर आउने सम्भावना कम भएको र उचित निकास भएको ठाउँमा यस्तो विधि अपनाउनु उपयुक्त हुन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र १५ : चपरीको प्रयोग गरेर भिरालो संरक्षण गर्ने विधि । साभार S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालोपना पत्ता लगाउने ।
३. माटोमा राम्ररी निकास भए-नभएको यकिन गर्ने ।
४. चपरी प्राप्त गर्ने ठाँउ र भण्डारणको लागि उपयुक्त ठाँउको व्यवस्था गर्ने ।
५. लागत अनुमान गर्ने ।
६. चपरी प्रयोग गर्नु भन्दा पहिले जमीनको सतह मिलाउने ।
७. यदि जमीनको भिरालोपना २५ डिग्रीभन्दा बढी भए चपरीको बीचमा ठोक्न किलाको व्यवस्था गर्ने ।

के फाइदा हुन्छ ?

- भर्खर खनिएको वा पुरिएको भिरालो जमीनको सतहबाट पानीका कारण सतही माटो बग्नबाट जोगाउँछ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- चपरीले सतही माटो बग्न रोकेर सुरक्षा कवचको काम गर्दछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- तुलनात्मक रूपमा महङ्गो पर्दछ ।
- जति संरक्षण गर्ने हो स्रोत क्षेत्रमा त्यति नै जग्गा खाली बनाउँछ ।
- चपरी र भित्री सामग्री बीच तालमेल नमिलेमा भित्रभित्रै जमीन चर्कने वा माटो बग्न सक्छ ।
- गाईवस्तुको चरन क्षेत्रमा परिणत हुने सम्भावना रहन्छ ।

के-कसरी गर्ने ?

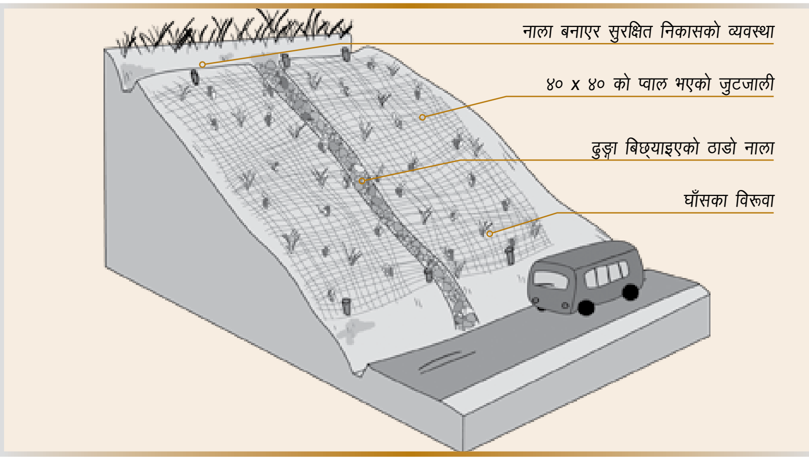
- चपरी विधि प्रयोग गर्ने ठाँउमा यदि गेग्रान (ग्राभेल) धेरै बढी छ भने ५० मि.मि. जति माटो थप्नु पर्दछ ।
- भिरालो ३० डिग्रीभन्दा कम हुनुपर्दछ र २५ डिग्रीभन्दा बढी भिरालो भएमा प्रत्येक चपरीको बीचमा ३०० मि.मि. लम्बाई र ३० मि.मि. चौडाईको काठ वा बाँसको किला ठोक्नु पर्दछ ।
- गाईवस्तु चर्न दिनु र घाँस काट्नु हुँदैन । समयसमयमा अन्य झारपात उखेल्नु पर्दछ ।
- प्रयोग गर्ने दिन नै चपरी तयार गर्नुपर्दछ र यस्तो सम्भव नभएमा तयार गरिएका चपरीलाई चिस्यान कायम हुनेगरी छायाँमा राख्नु पर्दछ ।
- चपरी सकभर ३०० मि.मि. वर्गाकारको हुनुपर्दछ ।
- चपरी बिछ्याई सकेपछि काठको मुङ्ग्रोले हलुका ढङ्गले थिच्ने र सबैतिर पर्ने गरी पानी दिनुपर्दछ ।
- ठूलो क्षेत्रफलमा चपरी बिछ्याएर भिरालो संरक्षण गर्नुपर्ने भएमा ठाडो र तेर्सो निकासको व्यवस्था गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरुवा रोप्ने ?

- दुबो सबैभन्दा उपयुक्त हुन्छ ।

विधि १.२ जुटजाली विधि (Jute netting along with seedlings)

यस विधिमा भिरालो जमीनमा जुटको जाली बिच्छ्याएर उपयुक्त बोटविरूवाको बीउ छर्नाले सतही माटो संरक्षण गर्दै बीउलाई बग्नबाट रोकेर राम्ररी उम्रन दिन्छ । स्थानीय स्तरमा उपलब्ध वा जुटको डोरीबाट निर्मित जालीको प्रयोग भरपर्दो र सस्तो पनि हुन्छ । अवस्था हेरेर जालीका प्वालहरू फरकफरक हुनसक्छन्, तर करिव ४० x ४० मि.मि.को वर्गाकार प्वाल भएको जाली उपयुक्त हुन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र १६ : जुटको जाली र घाँसको बीउ प्रयोग गरी भिरालो रोकथाम गर्ने विधि । साभार S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालोपना र लम्बाई पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
३. माटोमा राम्ररी निकास भए-नभएको यकिन गर्ने ।
४. सुरक्षित निकासको लागि उपयुक्त ठाउँ पहिचान गर्ने ।
५. लागत अनुमान गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने ।
७. बलियो काठको किलाको प्रयोग गरी जुटजालीलाई जमीनको सतहमा मिलाएर राख्ने ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- दक्षिण मोहडाको ४५ डिग्री भन्दा बढी भिरालोपना भएको कडा र निकासयुक्त जमीनमा यो विधि उपयुक्त हुन्छ ।
- ठाडो कटाई गर्नुपर्ने अवस्थामा जमीनलाई घाँसले ढाक्न प्रभावकारी हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- बीउलाई बग्न नदिई राम्ररी उम्रन मद्धत गर्दछ ।
- ढुङ्गामाटो बग्न रोकेर सतह संरक्षण गरी भूस्खलनविरूद्ध सुरक्षा कवचको काम गर्दछ ।
- सतही सूक्ष्मजलवायुको अवस्थामा सुधार ल्याउँछ ।
- ठाडो कटान भएको भिरालो जमीनमा स्थायी रूपमा घाँसले ढाक्न मद्धत गर्दछ ।
- जुट आफैंमा जैविक उत्पादन भएकोले माटोमा विलिन भएर मलको रूपमा काम गर्दछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- जुट जालीले सतहलाई १-२ वर्षभन्दा बढी संरक्षण नगर्ने हुँदा अन्य विधि पनि सँगसँगै अपनाउनु पर्दछ । उदाहरणको लागि घाँसको बेर्ना वा बीउ लगाउने ।
- निकासको राम्रो व्यवस्था हुन नसकेको अवस्थामा जुटले माटोमा चिस्यान बढाएर थप समस्या निम्त्याउन सक्छ ।

के-कसरी गर्ने ?

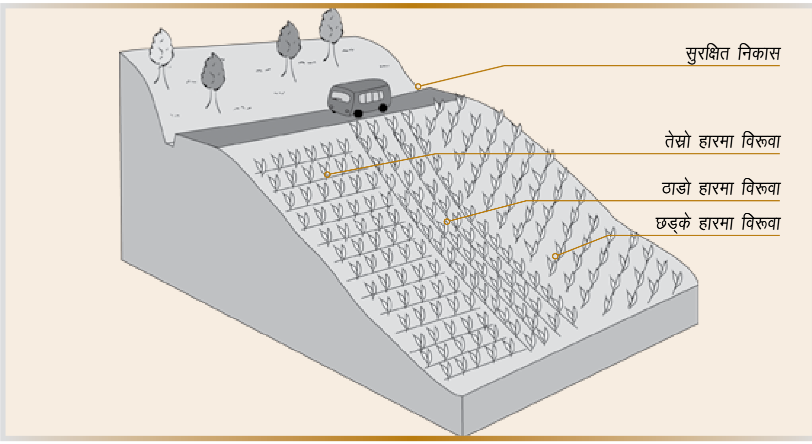
- भिरालो जमीनलाई मिलाएर विभिन्न चक्लामा विभाजन गर्नुपर्दछ ।
- जुट जालीले सबै सतह ढाक्न र खस्न नदिन आवश्यकता अनुसार काठको किला ठोक्नु पर्दछ ।
- मनसुन शुरू हुनुभन्दा केही पहिले घाँसको बीउ छर्नु पर्दछ ।
- जुट जालीलाई मर्मत वा रेखदेख गर्नुपर्दैन तर विरूवालाई बढ्न दिन शुरूमा झार उखेल्नु र पानी दिनुपर्दछ ।
- सतहको पानी व्यवस्थापन गर्न ठाडो र तेर्सो कुलेसो निर्माण गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, सिमली, भुजेत्रो प्रजाति उपयुक्त हुन्छन् ।

विधि १.३ घाँसरोपण विधि (Grass plantations)

यस विधिमा कलमी गरिएको डाँठ वा बेर्ना भिरालो जमीनमा ठाडो, तेर्सो वा छड्के हार मिलाएर रोपिन्छ । यसरी रोपिएका बेर्ना वा डाँठका जराले भूस्खलन रोकथाम गर्नुका साथै सतही माटो बग्नबाट रोक्छ र ढुङ्गामाटोलाई अड्याएर राख्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र १७ : भिरालो रोकथामका लागि घाँस रोप्ने तीन विधिहरू । साभार : S. Eberle.

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालोपना र लम्बाई पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
३. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
४. उपयुक्त विरूवा वा घाँसको प्रजाति र आवश्यक संख्या निर्क्यौल गर्ने ।
५. लागत अनुमान गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- ६५ डिग्रीसम्मको भिरालो जमीनका लागि उपयुक्त हुन्छ ।
- माटोको अवस्था अनुसार फरक विधिबाट विरूवा वा घाँस रोप्न सकिन्छ । उदाहरणको लागि सुख्खा माटोमा ठाडो, निकास राम्रो नभएको माटोमा तेर्सो र माटोको अवस्था थाहा हुन नसकेमा छड्के रोप्न सकिन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- जरा बढ्न थालेसँगै माटोलाई बग्नबाट रोक्दछ ।
- सतहलाई ढाक्छ र सानातिना ढुङ्गामाटोलाई अड्याउँछ ।
- ओसिलोपना कायम राख्दछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- ठाडो भिरमा यो विधि कार्यान्वयन गर्न गाह्रो हुन्छ ।
- निकास राम्रो नभएको माटोमा ठाडो हारमा विरूवा रोप्दा माटो धस्ने सम्भावना बढ्न सक्छ ।
- कमजोर माटोमा तेर्सो हारमा विरूवा वा घाँस रोप्दा बहाव बढेर डिल बन्न सक्छ ।
- निकै कमजोर माटोमा छड्के हारमा विरूवा वा घाँस रोप्दा स-साना डिल बन्न सक्छ ।

के-कसरी गर्ने ?

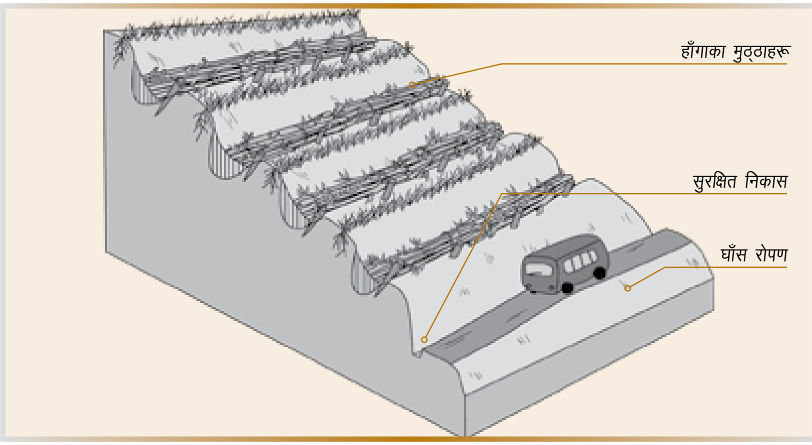
- गिट्टी-ढुङ्गा हटाएर भिरालो जमीन सम्याउनु पर्दछ ।
- पुरिएको भिरालो सतहलाई खँदिलो पार्न पर्दछ ।
- बढी भिरालो ठाउँमा हारदेखि हारको दुरी पनि फराकिलो पार्नु पर्दछ । उदाहरणको लागि हारको दुरी ३० डिग्रीभन्दा कम भिरालोमा १ मिटर, ३०-४५ डिग्रीमा १-१.५ मिटर र ४५ डिग्रीभन्दा बढी भिरालो अवस्थामा १.५-२ मिटर राख्दा राम्रो हुन्छ ।
- सामान्यतः घाँसे विरूवालाई १० सेमी (विरूवादेखि विरूवा)को दुरीमा र अम्रिसो जस्तो प्रजातिलाई २०-३० सेमीको दुरीमा लगाउनु पर्दछ ।
- विरूवा रोप्ने काम मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि गर्नुपर्दछ, जसले गर्दा मनसुनको समयमा विरूवाले जरा गाड्न र माटो अड्काउन सकोस् ।
- हरेक वर्षा पछि विरूवालाई सतहबाट १०-१५ सेमी राखेर छिमल्नु पर्दछ ।
- बलौटे माटोमा गाइवस्तुको मल हाल्नु पर्दछ ।
- शुरूवाति अवस्थामा पानी दिनुपर्दछ र गाईवस्तुबाट जोगाउनु पर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, सिमली, भुजेत्रो प्रजाति उपयुक्त हुन्छन् ।

विधि १.४ कुलेसो विधि (Facines)

यस विधिमा भिरालोमा तह मिलाएर कुलेसो खनेर त्यसमा हाँगाका मुठ्ठाहरू राखेर माटोले पुरिन्छ भने डिल र कान्लामा हार मिलाएर घाँस रोपिन्छ । यसरी पुरिएका मुठ्ठाहरूबाट विस्तारै मुनाहरू पलाएर बोटविरूवाको काम गर्दछ । यसलाई लाइभ वाटलिङ्ग (live wattling) पनि भनिन्छ । यसमा निकासको आवश्यकता र अवस्था हेरी हाँगाहरूलाई कुलेसोमा तेर्सो वा छड्के राख्न सकिन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र १८ : भिरालो रोकथामका लागि कुलेसो विधि । साभार : S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना र लम्बाई पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. उपयुक्त प्रजातिको विरूवा निर्क्यौल गर्ने ।
६. लागत अनुमान गर्ने ।
७. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, खुकुलो ढुङ्गामाटो हटाउने र कुलेसो खन्न चिनो लगाउने ।

के फाइदा हुन्छ ?

- यसले विभिन्न प्रकारका भिरालोमा कम लागतमा भू-क्षय जोगाउने छेकबारको काम गर्दछ ।
- धेरै रेखदेख गर्नु नपर्ने हुँदा कम लागतमा काम सम्पन्न हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- भिरालो जमीनको माटोलाई खँदिलो बनाएर अड्याएर राख्छ । यस्तै छड्के पारेर राखिएमा प्रभावकारी निकासको काम गर्दछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- छेकबारको रूपमा रोपिएका हाँगाहरू ढिलो सर्दछ ।
- कुलेसो खन्दा र जमीनको तयारी गर्दा थप क्षति पुग्न सक्छ ।
- ४५ डिग्री भन्दा बढी भिरालो जमीनका लागि उपयुक्त हुँदैन् ।
- भिरालो रोकथामका लागि समय लाग्ने हुँदा केही समय लगाएर संरक्षण गरे हुने अवस्थामा यो विधि उपयुक्त हुन्छ । अर्थात् तत्काल भूस्खलन नियन्त्रणका लागि यो विधि अपनाउन हुँदैन् ।

के-कसरी गर्ने ?

- भिरालोपनाको वृद्धिसँगै कुलेसोको दुरी पनि बढाउनु पर्दछ । सामान्यतः भिरालो ३० डिग्रीभन्दा कम भए बढीमा ४ मिटरको दुरीमा कुलेसो खन्नु पर्दछ ।
- हाँगा कम्तिमा १ मिटर लामो र २०-४० मिमि मोटो उपयुक्त प्रजातिको हुनुपर्दछ ।
- तयार हाँगालाई छाँयामा वा चिसो राख्नुपर्दछ ।
- १५ सेमी गहिरो र २० सेमी चौडा कुलेसो खन्ने र त्यसमा सकभर छिटो हाँगाहरू राखेर जमीनको सतहसम्म माटोले पुर्नुपर्दछ ।
- कुलेसोको हार मिलेको हुनुपर्दछ ।
- यदि भिरालो २५ डिग्रीभन्दा बढी भएमा किला ठोकेर बलियो बनाउनु पर्दछ ।
- मनसुन पछि झार उखेलेर सामान्य ममर्तसम्भार गर्नुपर्दछ ।

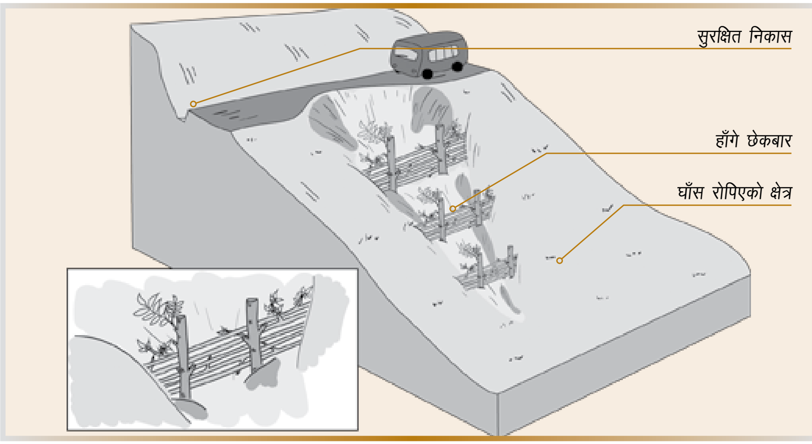
कुन प्रजातिको घाँसविरुवा रोप्ने ?

- असुरो, दबदबे, सिमलीका हाँगाहरू उपयुक्त हुन्छन् ।

समस्या २ गल्छि

विधि २.१ तेर्सो हाँगे छेकबार विधि (Life Check Dam)

यस विधिमा हाँगालाई तेर्सो हार मिलाएर छेकबार बाँधिन्छ । तेर्सा हाँगाहरूलाई अड्याउन एकदेखि डेढ मिटरको फरकमा मोटो हाँगाको किला गाडिन्छ । यसले बलियो छेकबारका साथै बगाएर ल्याउने ढुङ्गामाटोलाई अड्याउँछ । समयक्रममा यसले गह्राको रूप लिन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र १९ : भिरालो रोकथामका लागि तेर्सो हाँगे छेकबार विधि । चित्रमा देखाइएको क्षतिग्रस्त सडक किनारमा थप क्षति हुन नदिन तत्काल संरक्षण गरिनु पर्दछ । साभार : S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. उपयुक्त प्रजातिको विरूवा निर्क्योल गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, खुकुलो ढुङ्गामाटो हटाउने र छेकबारको लागि चिनो लगाउने ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- ४५ डिग्रीसम्मको भिरालो रोकथाम गर्न उपयुक्त हुन्छ ।
- कम लागतमा भिरालो र गल्छि नियन्त्रण गर्न प्रभावकारी हुन्छ ।
- ढुङ्गाको तटबन्धसँगै मिलाएर पनि बनाउन सकिन्छ ।
- यो प्रकृति मैत्री भएकोले सानोतिनो हलचलमा पनि प्रभावकारी रूपमा काम गर्दछ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- बलियो छेकबारको रूपमा काम गर्दछ र बगाएर ल्याएको सामग्रीलाई रोकेर राख्दछ ।
- सामग्री रोकेर गल्छिको जमीन मजबुत बनाउँदै भिरालोपना कम गर्दछ ।
- समयक्रममा स-साना गह्राहरू बन्दै जान्छ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- ठूला र निकै सक्रिय गल्छि पहिरोमा बोटविरूवाको छेकबारले मात्र काम गर्दैन । यस्तोमा बलियो भौतिक संरचना समेत आवश्यक पर्दछ ।

के-कसरी गर्ने ?

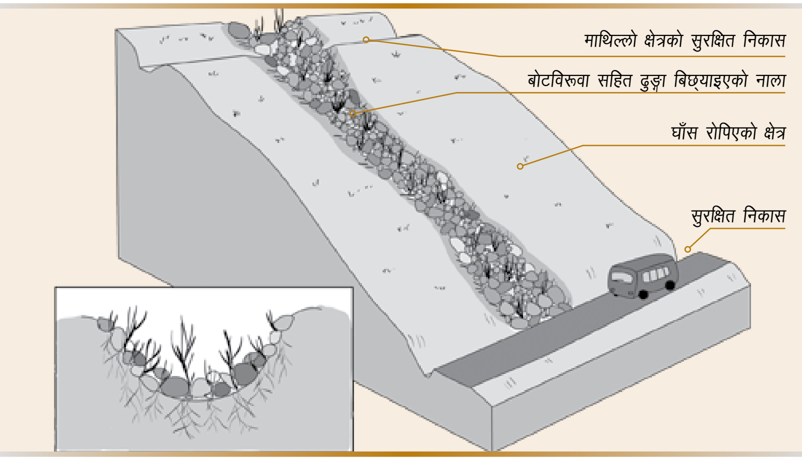
- सडक किनारै किनार नाला निर्माण गरी सुरक्षित निकासको व्यवस्था गर्नुपर्दछ ।
- हाँगाको बार बाँध्नु अघि गल्छिको दुवै तर्फको धार र गह्रा मिलाउनु पर्दछ ।
- भिरालोको अवस्था र भूस्खलनको सघनता अनुसार छेकबारको दुरी ३-५ मिटर राख्नुपर्दछ ।
- मोटो र करिव २ मिटर लामा हाँगाहरूलाई १-१.५ मिटरको फरकमा किलाको रूपमा गाड्नु पर्दछ ।
- छेकबार बनाईसकेपछि माथिबाट खुट्टाले थिचेर खँदिलो पार्नपर्दछ ।
- वर्षाको समयमा वा सोपछि केही क्षति पुगेको भए मर्मत गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- ठाडो गाड्न : दबदबे, फलेदो तथा तेर्सो राख्न : सिमली, असुरो, बैंस र निगालो उपयुक्त हुन्छ ।

विधि २.१ वानस्पतिक ढुङ्गेनाला विधि (Vegetative Stone Pitching)

यस विधिमा माथिबाट बगेर आउने सामग्रीलाई ढुङ्गा बिछ्याएको कुलेसो वा नाला मार्फत व्यवस्थित गर्दै सडक किनारको नालामा पुऱ्याएर निकास दिईन्छ । कुलेसोको ढुङ्गाहरूको बीचबीचमा विरुवा लगाइन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र २० : भिरालो रोकथामका लागि वानस्पतिक ढुङ्गेनाला विधि । साभार : S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. उपयुक्त विरुवाको प्रजाति निर्क्यौल गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, अनावश्यक ढुङ्गामाटो हटाउने र तोकिएको दुरीमा ढुङ्गालाई ठाडो पारेर बिछ्याउने । आवश्यक दुरीमा ध्यान दिनुस् ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- तत्काल संरक्षण गर्नुपर्ने ४५ डिग्रीसम्मको गहिरो गल्छिमा निकै उपयुक्त हुन्छ ।
- कम लागतमा प्रभावकारी ढङ्गले नाला बनाएर जमीनलाई थप क्षति हुनबाट जोगाउन सकिन्छ ।

- सतही वा लामो गल्छि, कटान गरिएको भिरालो संरक्षण वा तटवन्धमा उपयोगी हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- गल्छिको सतह तत्काल रोकथाम गर्दछ ।
- बोटविरूवाले समयक्रममा भिरालोलाई स्थिर बनाउँछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- स्थानीय रूपमा पर्याप्त ढुङ्गा उपलब्ध नभएको अवस्थामा यो विधि अपनाउन महङ्गो पर्न सक्छ ।
- सुख्खा पर्खाल २ मिटरसम्मको मात्र बनाउन सकिन्छ र सोभन्दा अग्लो बनाउनु पर्ने भएमा तारजाली वा सिमेन्टको गाह्रो लगाउनु पर्ने हुन्छ ।

के-कसरी गर्ने ?

- स्थिर सतह नभेटिएसम्म गल्छिको माथिल्लो भाग सफा गर्दै जानुपर्दछ ।
- समतल भागलाई बाहिर फर्काएर करिव ५ सेमीको समान दुरीमा ढुङ्गा बिछ्याएर खाली भागमा माटो हाल्नुपर्दछ ।
- कराही आकारमा ढुङ्गा बिछ्याउनु पर्दछ ।
- मुख्य नालामा घाँस र सहायक नाला/कुलेसोमा बुट्यान घाँस लगाउनु राम्रो हुन्छ । यसमा रूख प्रजातिको विरूवा लगाउनु हुँदैन् ।
- वर्षात्को समयमा ठूलो भेल आएर ढुङ्गामाटो बगाउन सक्छ, त्यसको समयमा नै मर्मत गर्नुपर्दछ ।
- सडक किनारको नालाको नियमित रेखदेख र मर्मत गर्नुपर्दछ ।

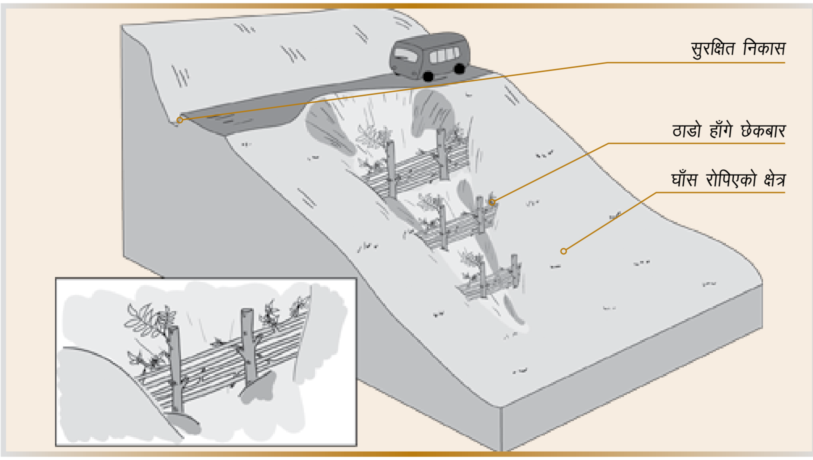
कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, भुजेत्रो, निगालो उपयुक्त हुन्छ ।

समस्या ३ सतही भूस्खलन

विधि ३.१ ठाडो हाँगे छेकबार विधि (Palisades)

यस विधिमा काटिएका हाँगालाई भूस्खलन भएको ठाउँमा बाक्लो गरी हार मिलाएर रोपिन्छ । यसले माथिबाट बगेर आउने ढुङ्गामाटोलाई तल बग्नबाट रोक्न बलियो छेकबारको काम गर्दछ । भविष्यमा सानो गह्रा बनाउँदै भिरालो जमीनलाई स्थिर बनाउँछ । यदि निकासको समस्या भएमा हाँगालाई अलि छड्के रोप्न सकिन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र २१ : भिरालो रोकथामका लागि ठाडो हाँगे छेकबार विधि । चित्रमा देखाइएको क्षतिग्रस्त सडक किनार थप क्षति हुन नदिन तत्काल संरक्षण गरिनु पर्दछ । साभार : S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. उपयुक्त विरूवाको प्रजाति निर्क्यौल गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, खुकुलो ढुङ्गामाटो हटाउने र छेकबारको लागि चिनो लगाउने ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- फराकिलो र ६० डिग्रीसम्मको भिरालोमा कम लागत र थोरै समयमा प्रभावकारी ढङ्गले काम गर्दछ ।
- कम खनिखोस्री गरे पुग्ने हुँदा विशेषगरी ठाडो पहिरो र भिरालो संरक्षणमा प्रभावकारी हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- छड्के पारी हाँगा रोपेर निकासको समेत व्यवस्थापन गर्न सकिन्छ ।
- मुख्यत: भिरालोलाई स्थिर बनाएर सतहको सुरक्षा गर्दछ ।
- हाँगाहरूले बलियो छेकबारको काम गर्दछ र दीर्घकालमा स-सानो गह्रा बन्छ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- दीर्घकालीन विकल्प भएता पनि तहगत हाँगे छेकबार जस्तो बलियो भने हुँदैन ।

के-कसरी गर्ने ?

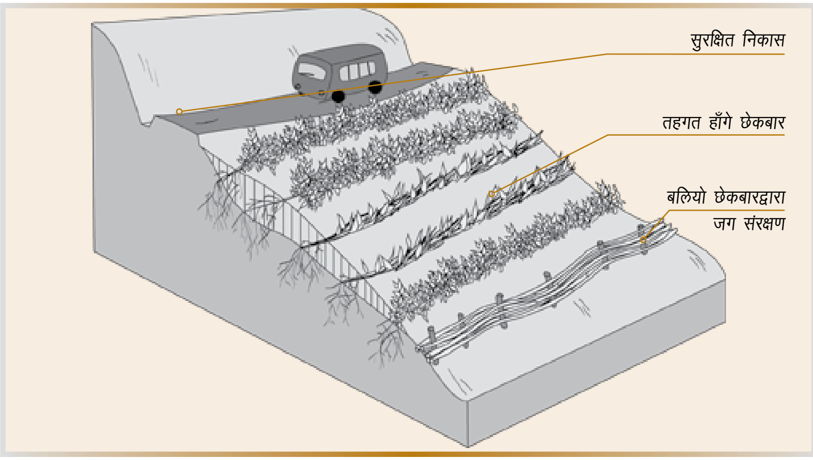
- उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउनु र अनावश्यक ढुङ्गामाटो हटाउनु पर्दछ ।
- उपयुक्त प्रजातिको ६-१८ महिनाको बिरूवाको हाँगा प्रयोग गर्नुपर्दछ ।
- २-४ सेमी मोटो र ३०-३५ सेमी लामो हाँगालाई बाक्लो गरी थुप्पोलाई माथि फर्काएर रोप्नु पर्दछ ।
- ३० डिग्रीभन्दा कम भिरालो भएको अवस्थामा १ मिटरको दुरीमा र ३० डिग्रीभन्दा बढी भएमा १.५-२ मिटरको फरकमा छेकबार बनाउनु पर्दछ ।
- रोप्ने हाँगा सोही दिन तयार गर्नुपर्दछ । यस्तो सम्भव नभएको अवस्थामा काटिएको हाँगा चिसो हुनेगरी राख्नुपर्दछ ।
- अलि ठूलो र गहिरो खाल्डोमा हाँगाको दुईतिहाई भाग गाडेर रोप्नु पर्दछ ।
- हाँगाको एउटा आँख्ला वा जमीनबाट १० सेमी मात्र माथि रहने गरी रोप्नु पर्दछ । तर भिरोलोपना हेरी कति अग्लो भाग जमीन बाहिर राख्ने भन्ने निर्धारण गर्नुपर्दछ । यस्तो जमीन बाहिर रहने भागले माटोलाई अड्याएर राख्नुका साथै नयाँ मुना पलाउन र ढुङ्गामाटो रोक्न मदत गर्दछ ।
- शुरूवाति अवस्थामा वर्षात्को समयमा र वर्षा सकिए पछि मर्मत गर्नुपर्ने हुन्छ ।
- सडक किनारको निकासलाई व्यवस्थित गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- असुरो, अम्रिसो, सिमली, भुजेत्रो, निगालो, बैंस, दबदबे, बाँस उपयुक्त हुन्छ ।

विधि ३.२ तहगत हाँगे छेकबार विधि (Brush Layering)

यस विधिमा भिरालो जमीनमा तेर्सो लाइनमा सानो गह्वा जस्तो खनेर त्यसमा काटिएका हाँगालाई हार मिलाएर रोपिन्छ । यो विधि ४५ डिग्रीभन्दा कम भिरालो र राम्रो निकास भएको ठाउँमा मात्र अपनाउन सकिन्छ । माथिबाट ढुङ्गामाटो खस्ने, भिरालो पुर्नुपर्ने तथा केही अग्लो र लामो भिरालो जमीनमा यो प्रविधि प्रभावकारी देखिएको छ । यसले ढुङ्गामाटोलाई तलतिर बग्न रोकेर भिरालो जमीनमा खोल्सा वा गल्छि बन्नबाट रोक्दै भू-क्षय रोकथाम गर्दछ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र २२ : भिरालो रोकथामका लागि तहगत हाँगे छेकबार विधि । साभार S. Eberle

के-कस्तो तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. उपयुक्त बिरूवाको प्रजाति निर्क्यौल गर्ने ।
६. उल्लिखित विधि अपनाउनु भन्दा पहिले भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, खुकुलो ढुङ्गामाटो हटाउने र तेर्सो खन्ने लाइनमा चिनो लगाउने ।

के फाइदा हुन्छ ?

- कम लागतमा ढुङ्गामाटो बगिरहने भिरालो जमीन रोकथामको दीगो आधार प्रदान गर्दछ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- माथिबाट बग्ने ढुङ्गामाटोलाई अड्याएर राख्दै कमजोर भिरालो जमीनलाई स्थिर बनाउँछ र सतहको सुरक्षा गर्दछ ।
- अलि छड्के पारेर हाँगा रोपिएको अवस्थामा निकास व्यवस्थापनमा समेत मद्धत गर्दछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- खनिखोस्री गर्दा भिरालो जमीनलाई झन् अस्थिर बनाउन सक्छ ।
- राम्रो निकास नभएको ठाउँमा त्यति प्रभावकारी हुँदैन् ।

के-कसरी गर्ने ?

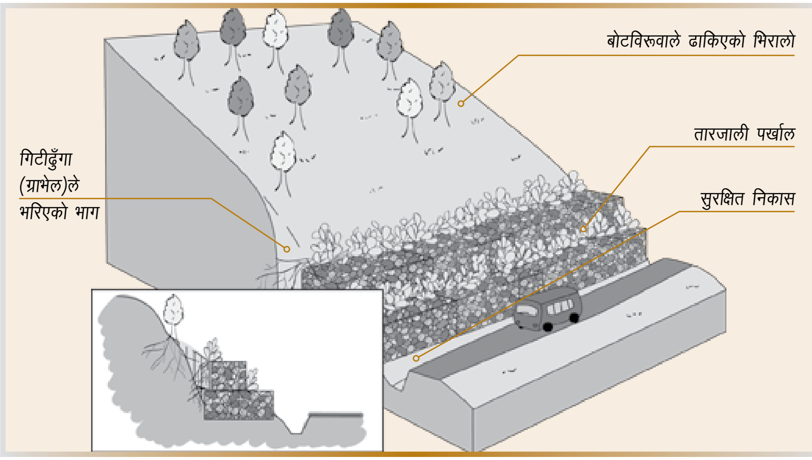
- उपयुक्त प्रजातिको ६-१८ महिनाको बोटबिरूवाको २-४ सेमी मोटो र ४०-६० सेमी लामो हाँगालाई कान्लामा हार मिलाएर (चित्रमा देखाए अनुसार) रोप्नु पर्दछ । निकासको व्यवस्था गर्नुपर्ने भए अलि छड्के पारेर रोप्नु पर्दछ ।
- रोप्ने हाँगा सोही दिन तयार गर्नुपर्दछ । यस्तो सम्भव नभएको अवस्थामा काटिएको हाँगा चिसोमा ओसिलो हुनेगरी राख्नुपर्दछ ।
- सामान्यतः एक लाइनबाट अर्को लाइनको दुरी १ मिटर र हाँगाको दुरी ५ सेमी राख्नुपर्दछ ।
- भिरालो जमीनलाई करिव ४०-५० सेमी चौडा २० डिग्री जति भित्र कोल्टे पारी सानो गह्रा जस्तो बनाउनु पर्दछ ।
- हाँगाहरू भिरालो जमीनको तल्लो भागबाट रोप्नु शुरू गर्नुपर्दछ । यसरी रोपेर तयार गरिएको स-साना गह्रामा ५ सेमी जति पहिले खनिएको माटोले पुर्नुपर्दछ ।
- तलतिर खोला भए अनिवार्य रूपमा छेकबार बनाएर संरक्षण गर्नुपर्दछ ।
- शुरूवाति अवस्थामा वर्षात्को समयमा सामान्य मर्मत गर्नुपर्ने हुनसक्छ ।
- गाईवस्तुबाट बचाउनु पर्दछ ।
- सडक किनारमा भए राम्रो निकासको व्यवस्था गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- असुरो, सिमली, भुजेत्रो, बैंस, फलेदो उपयुक्त हुन्छ ।

विधि ३.३ बोटविरूवा सहितको तारजाली (Gabion wall combine with vegetation)

यस विधिमा बनाइने ढुङ्गा भरिएको तारजालीको टेवा पर्खालमा बलियो, लचकदार र सहज निकासको विशेषता रहेको हुन्छ । आवश्यकता अनुसार बढीमा १० मिटरसम्म अग्लो तारजालीको टेवा पर्खाल लगाउन सकिन्छ । भिरालो जमीनमा बोटविरूवा र तल्लो भागमा तारजाली लगाएर संरक्षण गर्दा शुरूवाति अवस्थामा तारजालीले बोटविरूवालाई बग्न नदिएर संरक्षण दिन्छ । तारजाली बिग्रन थाल्ने समयमा विरूवा हुर्केसँगै जमीनलाई थप स्थिरता दिन्छ (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र २३ : भिरालो रोकथामका लागि बोटविरूवा सहितको तारजाली टेवा-पर्खाल (ग्याविन वाल) विधि । साभार : S. Eberle

के-के तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।
५. आवश्यक तारजालीको संख्या अनुमान गर्ने ।
६. भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, अनावश्यक ढुङ्गामाटो हटाउने र बलियो जग तयार गर्ने ।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- खोलानाला र पानीको प्रभाव भएको ठाउँमा ठूल्ठूला भू-क्षय रोक्न प्रभावकारी हुन्छ ।
- कंक्रिट पर्खाल भन्दा कम लागतमा निर्माण सम्पन्न हुन्छ ।
- अरू प्रविधिले रोक्न नसकेको भिरालो जमीनलाई पनि यसले रोक्न सक्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- ढुङ्गामाटोलाई रोकेर राख्दछ ।
- बोटविरूवा हुर्केसँगै भिरालो जमीनलाई थप स्थिर बनाउँछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- स्थानीय रूपमा पर्याप्त ढुङ्गा उपलब्ध नभएमा यो विधि अलि महङ्गो पर्न सक्छ ।
- दक्ष जनशक्तिको आवश्यकता पर्दछ ।

के-कसरी गर्ने ?

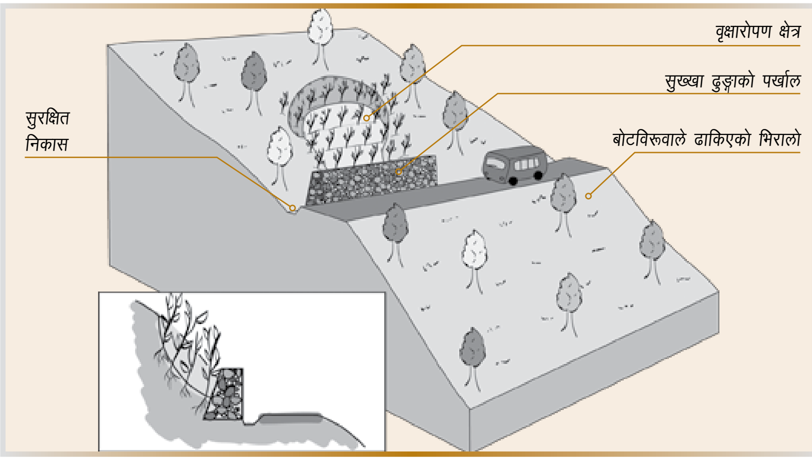
- भिरालोपना र जमीनको भित्री सतहको बारेमा पूर्ण जानकारी लिनुपर्दछ ।
- भू-क्षयको प्रकृति, लम्बाई, उचाइ, शुरू भएको मिति र कारण, मनसुन र निकासको व्यवस्थाको जानकारी लिनुपर्दछ ।
- सामान्यतः पहिरोको उचाइले तारजालीको चौडाइ निर्धारण गर्दछ । उदाहरणको लागि तारजालीको चौडाइ = ०.४ देखि ०.६ x पहिरोको उचाइ अर्थात् तारजालीको चौडाइ पहिरोको उचाइको ४० देखि ६० प्रतिशत हुनुपर्दछ ।
- भिरालोपनाको आधारमा सहयोगी संरचनाहरू पनि बनाउनु उपयुक्त हुन्छ । उदाहरणको लागि लामो पहिरोमा साँघुरो निकास हुँदै ढुङ्गामाटो बगेको अवस्थामा ग्याविन चेक ड्याम बनाउन सकिन्छ ।
- सबैभन्दा मुनिको जगको रूपमा तयार गरिने तारजाली करिव १० प्रतिशत भित्र ढल्केको हुनुपर्दछ, जसले गर्दा बाहिरी भाग भिरालो तर्फ १० प्रतिशत ढल्कियोस् ।
- तारजालीका बक्सहरू राम्रोसँग बाँध्नुपर्दछ ।
- तारजालीको भिरोलो तर्फको खाली भागमा सतहको पानी सहजै बग्न सक्ने गरी गिट्टी/बालुवाले भर्नुपर्दछ ।
- सहयोगी चेक ड्याम सहितको तारजाली लगाउँदा दुई चेक ड्यामको बीचमा ढुङ्गा बिछ्याएर त्यसमा बोटविरूवा लगाउन सकिन्छ ।
- भिरालो क्षेत्रलाई अझ स्थिर बनाउन हाँगा सर्ने प्रजातिका बोटविरूवा वा अग्ला घाँस लगाउनु राम्रो हुन्छ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, भुजेत्रो, बैंस, सिमली, निगालो, दबदबे, फलेदो उपयुक्त हुन्छ ।

विधि ३.४ बोटविरूवा सहितको ढुङ्गे टेवा-पर्खाल (Dry stone wall combine with vegetation)

ढुङ्गाको टेवा-पर्खालले कम लागतमा भिरालो जमीन र सडक किनार संरक्षण गर्दछ। आवश्यकता अनुसार २ मिटरसम्म अग्लो टेवा-पर्खाल (रिटेनिङ्ग वाल) निर्माण गरी अस्थिर वा कमजोर जमीन, पहिरो नियन्त्रण गर्न सकिन्छ। खोलानालामा छेकबाँधको रूपमा पनि ढुङ्गे टेवा-पर्खाल बनाउन सकिन्छ। टेवा-पर्खाल सँगै बोटविरूवा लगाउँदा दीर्घकालमा सतही माटो बग्न रोक्छ।



चित्र २४ : भिरालो रोकथामका लागि बोटविरूवा सहितको ढुङ्गे टेवा-पर्खाल (ग्याविन वाल) विधि। साभार : S. Eberle

के-के तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्)।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको)।
५. अनुमानित बोटविरूवा र ढुङ्गाको परिणाम निर्धारण गर्ने।
६. भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, अनावश्यक ढुङ्गामाटो हटाउने र बलियो जग तयार गर्ने।

कहाँ उपयुक्त हुन्छ र के फाइदा हुन्छ ?

- तारजालीको टेवा-पर्खाल भन्दा कम लागतमा सतही भूस्खलन रोकथाम गर्दछ ।
- गल्छि नियन्त्रण गर्न प्रभावकारी हुन्छ ।
- अरू प्रविधिले रोक्न नसकेको भिरालो जमीनलाई पनि यसले रोक्न सक्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- ढुङ्गामाटोलाई रोकेर राख्दछ र पानीबाट हुने क्षतिलाई कम गर्दछ ।
- बोटविरूवा हुर्केसँगै भिरालो जमीनलाई थप स्थिर बनाउँछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- स्थानीय रूपमा पर्याप्त ढुङ्गा उपलब्ध नभएको अवस्थामा यो विधि अलि महङ्गो पर्न सक्छ ।
- गहिरो र फराकिलो गल्छिका लागि उपयुक्त हुँदैन् ।

के-कसरी गर्ने ?

- भिरालोपना र जमीनको भित्री सतहको बारेमा पूर्ण जानकारी लिनुपर्दछ ।
- भू-क्षयको प्रकृति, लम्बाई, उचाइ, शुरू भएको मिति र कारण, मनसुनी वर्षा र निकासको व्यवस्थाको जानकारी लिनुपर्दछ ।
- सामान्यतः पहिरोको उचाइले पर्खालको चौडा निर्धारण गर्दछ । उदाहरणको लागि पर्खालको चौडाइ = ०.६ देखि ०.७५ x पहिरोको उचाइ अर्थात् पर्खालको चौडाइ पहिरोको उचाइको ६० देखि ७५ प्रतिशत हुनुपर्दछ ।
- भिरालोपनाको आधारमा सहयोगी संरचनाहरू (चेक ड्याम) पनि बनाउनु उपयुक्त हुन्छ । उदाहरणको लागि लामो पहिरोमा साँधुरो निकास हुँदै ढुङ्गामाटो बगेको अवस्थामा सुख्खा ढुङ्गाको छेकबाँध बनाउन सकिन्छ ।
- सबैभन्दा मुनिको जगको रूपमा तयार गरिने ढुङ्गाको पर्खाल करिव १० प्रतिशत भित्र ढल्केको हुनुपर्दछ, जसले गर्दा बाहिरी भाग भिरालो तर्फ १० प्रतिशत ढल्कियोस् ।
- भिरोलो तर्फको खाली भागमा सतहको पानी सहजै बग्न सक्ने गरी गिट्टी/बालुवाले भर्नुपर्दछ ।
- पर्खाल सँगसँगै चेक ड्याम पनि बनाउँदा दुई चेक ड्यामको बीचमा ढुङ्गा बिछ्याएर विरूवा लगाउनु पर्दछ ।
- थप मजबुत बनाउन हाँगा काटेर वा अग्ला घाँस लगाउनु राम्रो हुन्छ ।

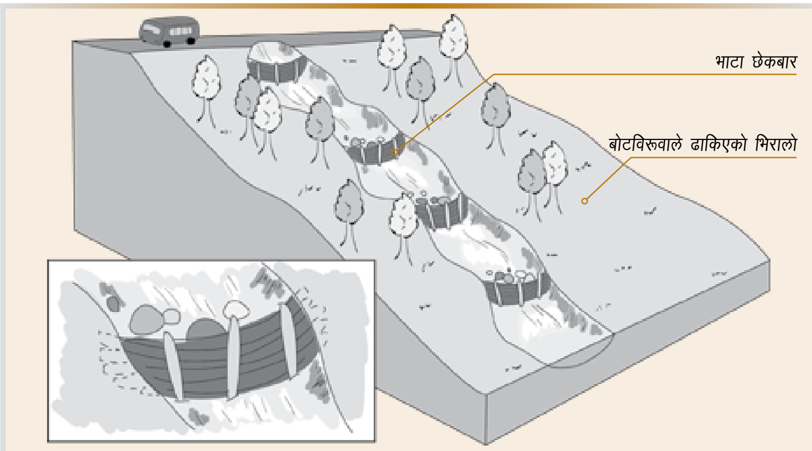
कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, भुजेत्रो, बैंस, फलेदो, सिमली उपयुक्त हुन्छ ।

समस्या ४ सडक निर्माणबाट पानीको निकासमा प्रभाव

विधि ४.१ झाटा विधि (Live check dams combine with vegetation and boulders)

भू-क्षयले गर्दा विनास भएको जलाधार, पहिरो, समस्याग्रस्त सडक र सडक किनारमा जम्मा भई बग्ने भलले ढुङ्गामाटो तलतिर बगाउँदा भिरालो पाखोमा गल्छि बन्दछ । यसरी बन्ने गल्छि बढ्दै जाँदा माथिबाट बगाएर ल्याएको गेग्रानले पानीको स्रोत र गुणस्तरलाई नकारात्मक प्रभाव पार्दछ । यस्तो स्थानहरूमा केही भौतिक पूर्वाधार सहितको सामान्य भू-जैविक प्रविधि अपनाएर उल्लिखित समस्याहरू समाधान गर्न सकिन्छ । गल्छि वा भूस्खलनलाई छेकबार बनाएर बोटविरूवा लगाउँदा जमीन मजबुत भई क्षति कम हुन्छ । गल्छि वा भूस्खलन सतही र कम भिरालो भएको अवस्थामा बोटविरूवा सहितको सुख्खा ढुङ्गाको पर्खाल पनि उतिकै प्रभावकारी हुनसक्छ (चित्र २५) (हावल (Howell), १९९९) ।



चित्र २५ : भिरालो रोकथामका लागि झाटा विधि । साभार : S. Eberle

के-के तयारी गर्ने ?

१. नालाको अवस्था र सुरक्षित निकास दिने ठाउँ पहिचान गर्ने ।
२. भिरालो क्षेत्रमा स्थायी प्रकृतिको मूल/मुहान वा वर्षायाममा मात्र निस्कने मूल छ वा छैन पत्ता लगाउने ।
३. भिरालोपना पत्ता लगाउने (आवश्यक कोण र लम्बाई हेर्नुस्) ।
४. माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (निकास भए/नभएको) ।

५. सुरक्षित निकासको व्यवस्था गर्ने ।
६. भिरालो जमीन सरसर्ति मिलाउने, अनावश्यक ढुङ्गामाटो हटाउने र चेक ड्यामको लागि चिनो लगाउने ।

के फाइदा हुन्छ ?

- कम लागत र थोरै समयमा तत्काल भूस्खलन रोकथाम गर्दछ ।
- दक्ष कामदारको आवश्यक पर्दैन र रैथाने बोटविरूवा लगाए हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- ढुङ्गामाटोलाई रोकेर राख्दछ, सतही बहावलाई आवश्यक निकास दिन्छ र भिरालो जमीनलाई स्थिर बनाउँछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- बोटविरूवाबाट बन्ने छेकबार आवश्यक भन्दा बढी लचकदार हुँदा गहिरो र फराकिलो गल्छिका लागि उपयुक्त हुँदैन् ।
- मूल वा सतही पानीको स्रोत भएको ठाउँमा प्रभावकारी हुँदैन् ।

के-कसरी गर्ने ?

- भिरालोपना ३० डिग्रीभन्दा कम र पहिरो/गल्छि २ मिटरभन्दा कम चौडा/गहिरो हुनुपर्दछ ।
- छेकबारको दुरी ३-४ मिटर कायम गर्नुपर्दछ ।
- ३-५ सेमी मोटा हाँगाहरूलाई आधा मिटरको फरकमा ठाडो पारेर गाड्नु पर्दछ ।
- किलाहरूको बीचमा पर्ने गरी १० सेमी गहिरो खाडल खनेर साना हाँगाहरूलाई टुप्पो माथि फर्काएर रोप्ने ।
- बारलाई बलियो बनाउन १.५-२ मिटर लामा हाँगाहरूलाई तेर्सो मिलाएर बाँध्ने ।
- ५० सेमी जति अग्लो छेकबार बनाउने र तेर्सो राखिएका हाँगाहरूलाई पहिरोको दुईतिरका भित्तामा बालियो गरी अड्काउने ।
- भिरालो क्षेत्रमा सहजै ढुङ्गा उपलब्ध भएमा हाँगाको सट्टा ढुङ्गाको टेवा पर्खाल लगाउन पनि सकिन्छ ।
- भिरालो वा गल्छिको किनारमा वृक्षारोपण गर्नुपर्दछ ।
- वर्षात् र त्यसपछिको समयमा नियमित रेखदेख गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसविरूवा रोप्ने ?

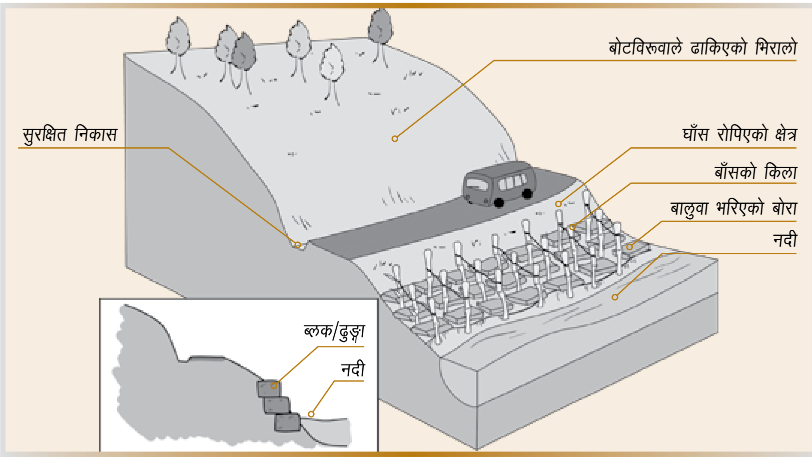
- खर, कुश, बाबियो, अम्रिसो, निगालो, बैंस, सिमली, दबदबे उपयुक्त हुन्छ ।

समस्या ५ नदी किनार संरक्षण

विधि ५.१ बाँस किला विधि (Sand bags, bamboo vans & vegetation)

यस विधिमा नदि किनारको तल्लो भागमा डेढदेखि दुई मिटर लामो बाँसका किलाहरूलाई एक मिटरको अन्तरमा एउटा किला भित्तामा अर्को नदिको किनारमा लहरै गाडेर तारले बलियो गरी बाँधेर छेकबार तयार गरिन्छ । खोलाको चौडाइको आधारमा बाँसको किलाको लाईन निर्धारण गरिन्छ । यसरी बाँसको बार तयार भएपछि बालुवा वा माटो भरिएको बोराहरू तह-तहमा तलदेखि माथिसम्म मिलाएर राखिन्छ र बोराहरूको बीचमा उपयुक्त प्रजातिका बिरूवा लगाइन्छ (चित्र २६) (हावल (Howell), १९९९) ।

तराई क्षेत्रका समथर नदी किनार संरक्षणको लागि यो प्रविधि सबैभन्दा सरल र कम खर्चिलो हुन्छ । यस्तै भित्री मधेसका उपत्यका जहाँ अचानक बाढी आउँछ तर बाढी नियन्त्रण गर्न तारजाली भर्न ढुङ्गा समेत पाईदैन, यस्तो क्षेत्रमा बालुवा भरिएको बोरा, बाँसका किला र तार प्रयोग गरी कटान रोकथाम गर्न सकिन्छ ।



चित्र २६ : बाँस र बालुवाको बोरा प्रयोग गरी नदी किनार संरक्षण विधि । साभार : S. Eberle

के-के तयारी गर्ने ?

१. नदीको बहावको प्रकृति पत्ता लगाउने ।
२. बाढीको उच्च विन्दु र पानीको मात्रा पत्ता लगाउने ।
३. नदी किनारको गहिराई र भिरालोपना पत्ता लगाउने ।
४. नदी किनारमा माटोको अवस्था पत्ता लगाउने (बलौटे, ढुँग्यान, आदि) ।

५. आवश्यक सामग्री विशेषगरी बाँस र तिनको उपलब्धता पत्ता लगाउने ।
६. यदि नदी किनार धेरै ठाडो भएमा भिरालोपना बढीमा ७५ डिग्री हुने गरी मिलाउने र बाँसको किला गाड्ने ।

के फाइदा हुन्छ ?

- कम लागत र थोरै समयमा तत्काल कटान रोकथाम गर्दछ ।
- स्थानीय सामग्री र सीप भए पुग्छ ।
- सामान्यतः नागबेली आकारमा बग्ने नदीमा उपयुक्त हुन्छ ।

कसरी काम गर्दछ ?

- नदी किनार कटान रोक्दै गिट्टीबालुवा थेग्राउँछ ।

के-कस्ता बाधा/अप्ठ्यारा आइपर्न सक्छ ?

- नदीको उत्पत्ति र बाढीको मात्रा सम्बन्धी विस्तृत जानकारी आवश्यक पर्दछ । जुन प्राप्त गर्न गाह्रो हुन्छ ।
- बढी ठाडो धार भएका नदीका लागि उपयुक्त हुँदैन् ।

के-कसरी गर्ने ?

- नदी किनारमा बढिमा ७५ डिग्रीको भिरालोपन कायम गर्न भित्तालाई ताछ्नु पर्दछ ।
- नदी किनारको १-२ मिटरमा कम्तिमा तीन तहमा बाँसको किल्ला गाड्नु पर्दछ । काठको मुङ्ग्रोले ठोक्दै एउटा किला पानीमा अरू किला भित्तामा गाडेर तारले कसिलो गरी बाँध्नु पर्दछ ।
- बाँसका किलाहरूको बीचमा चित्रमा देखाए जसरी बालुवाको बोरा राख्नु पर्दछ ।
- धेरै कटान भएको अवस्थामा नदीको पिँधदेखि जमीनको सामान्य अवस्थासम्म बालुवाको बोरालाई भित्र-बाहिर गरेर चाङ लगाउनु पर्दछ । ढुङ्गा उपलब्ध भएमा ढुङ्गाको पर्खाल बनाएर सुरक्षा दिन सकिन्छ ।
- कति दुरीमा बाँसको किला गाड्ने र बालुवा भरिएको बोरा कति राख्ने भन्ने नदीको बहाव र चौडाइमा निर्भर गर्दछ ।
- बालुवाको बोरा र किनारको माथिल्लो भागमा लामो जरा भएको छिटो उम्रने घाँस लगाउनु राम्रो हुन्छ ।
- घाँसलाई गाईवस्तुको चरनबाट जोगाउनु पर्दछ र नियमित रेखदेख गर्नुपर्दछ ।

कुन प्रजातिको घाँसबिरुवा रोप्ने ?

- खर, कुश, काँस, अम्रिसो, सिमली, भुजेत्रो, बैंस, भेटिभर उपयुक्त हुन्छ ।

६ निष्कर्ष

छोटा अवधिमा हुने मुसलधारे वर्षा र मानवीय क्रियाकलापले बाढी-पहिरोका घटनाहरू बढ्दै गएको पाइएको छ । यस प्रक्रियालाई जलवायु परिवर्तनले अझ बढी प्रभाव पारेको हुँदा यस्ता प्रभावहरूबाट बच्न स्थानीय स्तरमा क्षमताको विकास गरिनु पर्दछ । गृह मन्त्रालयका अनुसार नेपालका पहाडी क्षेत्रका बासिन्दाको लागि साना-ठूला बाढी-पहिरो अकाल मृत्युको मुख्य कारण रहिआएको छ भने ग्रामीण क्षेत्रको विकासमा यस्ता प्रकोपले अझ चुनौति थपेको छ । स्थानीय समुदाय र स्थानीय निकायहरूबाट निर्माण हुने ग्रामीण सडकहरू ग्रामीण बासिन्दाको जीवनस्तर सुधारका लागि अत्यावश्यक रणनीतिक कार्यका रूपमा अगाडि बढाइएका छन्, तर धेरैजसो सडकहरूले खेतबारी, पानीको निकास, पानीको गुणस्तर र जलविद्युतका बाँधहरूमा नकारात्मक असर पुऱ्याइरहेको अध्ययनहरूबाट देखिएको छ । आर्थिक रूपमा प्रभावकारी र स्थानीय हावापानी अनुकुलको भू-जैविक प्रविधि अपनाएर ती ग्रामीण सडकमा भईरहेका भूस्खलन र पहिरोलाई उल्लेख्य मात्रामा न्यूनीकरण गर्न सकिने भएतापनि सडक निर्माण कार्यको अभिन्न हिस्साको रूपमा भू-जैविक प्रविधिलाई समाहित भने गरिएको छैन् । अहिले बनाईएका ग्रामीण सडकहरू माटो काट्ने र पुर्ने अस्थायी विधिबाट बनाइएका छन्, जसले गर्दा बर्सेनी वर्षात् पछि ठूलो धनराशी खर्चेर मर्मतसम्भार गर्नु परिरहेको छ । त्यसैले सबैभन्दा पहिले सडकका सरोकारवालाहरूको सोच परिवर्तन भएर दीगो सडक निर्माणतर्फ उन्मुख हुनु आवश्यक छ, अर्थात् ग्रामीण सडक निर्माण गर्दा आवश्यकता अनुसार काट्नु र पुर्नुका साथै उपयुक्त निकासको व्यवस्था र उपयुक्त प्रजातिको बोटविरूवा रोप्नु पर्दछ । यस्तो प्रकृति मैत्री प्रविधिलाई नै 'वातावरणमैत्री सडक' वा 'जैविक सडक' भनिन्छ । 'वातावरणमैत्री सडक' निर्माण गर्दा केही लामो अवधि र शुरूवातमा लागत बढी देखिए पनि दीर्घकालमा सस्तो, प्रभावकारी र समुदायको लागि सुरक्षित रहन्छ । यस निर्देशिकाले ग्रामीण सडक निर्माण सम्बन्धी सोचमा परिवर्तन ल्याउन र व्यवहारिक ज्ञान हासिल गर्न मद्धत पुऱ्यायो होला भन्ने हामीले आशा गरेका छौं ।

सन्दर्भ ग्रन्थसूची

[1] Howell, J. (Ed) 1999. Roadside Bio-engineering, site handbook. Department of Roads Kathmandu, Nepal

[2] JICA. 2006. 'Technical guidance for landslide analysis and landslide mitigation measures in Nepal.' In Collection of guidelines regarding the project period of DPTC/DMSP. Kathmandu, Nepal: Department of Water Induced Disaster Prevention (DWIDP), Disaster Mitigation Support Programme Project (DMSP); JICA

[3] ICIMOD. 2007. Good practices in watershed management. Kathmandu, Nepal: ICIMOD

[4] Government of Nepal. 2012. Nepal Road Sector Assessment Report, Main report. 53 pp.http://www.rapnepal.com/sites/default/files/report-publication/Road%20Sector%20 Assessment%20Study%20-%20Main%20report%20(FINAL%2030MAY2013).pdf

[5] Cruden, D. M., and Varnes, D. J. 1996. Landslide Types and Process. Book Chapter 3 Investigation and Mitigation (36-75), Transport Research Board, Special Report.

[6] Dai, F. C., Lee, C. F., and Ngai, Y. Y., 2002. Landslide risk assessment and management; an overview.Engineering Geology 64: 65-87.

[7] USGS. 2008 The Landslide Handbook – A Guide to understanding Landslides, Circular 1325, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Virginia: 2008

[8] Rickli, C., and Graf, F. 2009. Effects of forests on shallow landslides – case studies in Switzerland, Snow Landsc. Res. 82, 1: 33 – 44.

[9] Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., and Reichenbach, P. 2008. Distribution of landslide in Upper iber River basin, Central Italy, Geomorphology, 96 105 - 122

[10] Barnard, P. L., Owen, L. A., Sharma, M. C., and Finkel, R. C. 2001. Natural and Human-induced landsliding in the Grawal Himalaya of nothern India. Geomorphology 40: 21 - 35

[11] Aleotti, P. 2004. A warning system for rainfall-induced shallow failures. Engineering Geology 73. 2004. 247 – 265

[12] Borga, M., Dalla, D. G., Fontana, Ros D. D., and Marchi, L. 1998. Shallow landslide hazard assessment using a physically based model and digital elevation data. Environmental Geology 35 (2 - 3), 81 - 88.

[13] Sidle, R. C., and Ochial, H. 2006. Landslides Processes, Prediction, and Land Use, American Geophysical Union

[14] Dorren, K. A. 2003. A review of rockfall mechanics and modelling approaches. Progress in Physical Geography 27, 1 69 - 87.

[15] Rotaru, A., Oajdea, D., and Raileanu, P. 2007. Analysis of the Landsldie Movement. International Journal of Geology, Issue 3, Volume 1, 2007.

[16] Casasnovas, M. J. A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. CATENA 50: 293 - 308

[17] Deoja, B. B., Dhital, M., Thapa, B., Wagner, A. 1991. Mountain risk engineering handbook. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Kathmandu, p 875

[18] DoR [Department of Roads] 2009. Road side Bioengineering, NaubiseMugling Road Project Report, Geo-environmental unit, Department of Roadd, Government of Nepal. 2009.

[19] MoH [Ministry of Home Affairs]. 2013. Nepal Disaster Report, 2013. Kathmandu: Government of Nepal, Ministry of Home Affairs and Disaster Preparedness Network, Nepal. 108pp.

अन्य सन्दर्भ सूची

CESVI. 2013. Soil Bio-engineering techniques for slope protection and stabilisation, Natural Resources management Hand Book, Kujand, Tajikistan

DSCWM [Department of Soil Conservation and Watershed Management]. 2013. Popular Bioengineering Methods in Nepal and Their Effectiveness in Different Environments. Brochure. Kathmandu : Government of Nepal

Howell, J., Clark, J., Lawrance, C. and I. Sunwar. 1991. Vegetation Structures for Stabilising Highway Slopes, A Manual for Nepal. UK/Nepal Eastern Region Interim Project of the Maintenance and Rehabilitation Co-ordinating Unit, Department of Roads, Kathmandu, In collaboration with the Government of Nepal, Overseas Development Administration (U.K), Transport and Road Research Laboratora, Roughton and Partners.

UNDP. 2011. Economic Analysis of Local Government Investment in Rural Roads in Nepal

थप सन्दर्भ ग्रन्थहरू

Agrawal, D.K., 1999. Hill Slope Instabilities and Role of Mountain Risk Engineering. Environmental Information System (ENVIS) Bulletin of G.B. Pant Institute of Himalayan Environment and Development, 7(1) : 1 - 6.

Brooks, K.N., P.F. Ffolliot, P.F., H.M. Gregerson, H.M., and J.L. Thames J.L. 1991.Hydrology and the Management of Watersheds.Iowa State University Press.

Cruden, D. M. 1991. A simple definition of a landslide.Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 43, PP.27 - 29.

Jomard, H. Lebourg, T. Binet, S., Tric, E., and Hermandez, M. 2007. Characterization of an internal slope movement structure by hydrogeophysical surveying. Terra Nova 19, 1 48 - 75.

Julien, Pierre Y. 2010. Sedimentation - Occational paper Cambridge University Press.p. 1.

Valentin, C., Poesen, J., and Li, Y. 2005. Gully erosion : Impacts factors and control. CATENA 63 : 132 - 153

अनुसूचीहरू

अनुसूची १ सडक किनार भूस्खलन तथ्य विश्लेषण विधि

स्थानीय भू-बनौटको आधारमा उपयुक्त भू-जैविक प्रविधिहरू : उल्लिखित प्रविधि अपनाउनु अगाडि पहिले स्थलगत अध्ययन गर्नुहोस् र माथि दिईएको समाधानका उपायहरूको पहिचानलाई ध्यान दिनुहोस् (हावल, १९९९) ।

भिरालोपना	भिरालो जमीनको लम्बाई	सामग्रीको निकास	ओसिलोपन	प्रविधिहरू
४५ डिग्री भन्दा कम	१५ मि. भन्दा कम	राम्रो	चिसो	छड्के हारमा घाँस रोप्ने
			सुख्खा	तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने
		नराम्रो	चिसो	१. कान्लामा घाँस लगाउने, ढुङ्गेनाला बनाएर विरूवा लगाउने, वा २. पाटामा घाँस लगाउने, ढुङ्गेनाला बनाएर विरूवा लगाउने
			सुख्खा	छड्के हारमा घाँस रोप्ने
	१५ मि. भन्दा बढी	राम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. छड्के हारमा घाँस रोप्ने, वा २. जुट जालीले सतह छोपेर सरसर्ति घाँस रोप्ने
		नराम्रो	चिसो	१. कान्लामा हार मिलाएर घाँस रोप्ने, वा २. छड्के हारमा घाँस रोप्ने
			सुख्खा	१. जुट जालीले सतह छोपेर सरसर्ति घाँस रोप्ने, वा २. तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने, वा ३. छड्के हारमा घाँस रोप्ने
३० देखि ४५ डिग्री	१५ मि. भन्दा कम	राम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. ठाडो ढुङ्गा बिछ्याएर घाँस वा विरूवा रोप्ने, वा २. कान्लामा घाँस लगाउने, ढुङ्गेनाला बनाएर विरूवा लगाउने, वा ३. भिरालो जमीनमा बीउ छर्ने र परालले छोपेर जुटजालीले ढाक्ने
		नराम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. माछाकाँडा आकारमा ढुङ्गा बिछ्याएर घाँस वा विरूवा रोप्ने, वा २. अर्को निकासको व्यवस्था गरी घाँस वा विरूवा रोप्ने
	१५ मि. भन्दा बढी	राम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. तहगत रूपमा हाँगा रोप्ने (ब्रस लेयरिङ्ग विधि), वा २. कान्लामा तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने, वा ३. कुलेसो खनेर हाँगाको मुठा राख्ने र कान्लामा घाँस रोप्ने (फेसिन वा कुलेसो विधि), वा ४. हाँगालाई ठाडो रोपेर छेकबार बनाउने (प्यालेसाइड विधि), वा ५. जुट जालीले सतह छोपेर बीउ छर्ने (जुटजाली विधि)
		नराम्रो	चिसो	१. छड्के हारमा घाँस रोप्ने, वा २. तहगत रूपमा हाँगा रोप्ने (ब्रस लेयरिङ्ग), वा ३. कुलेसो खनेर हाँगाको मुठा राख्ने र कान्लामा घाँस रोप्ने (फेसिन वा कुलेसो विधि), वा ४. माछाकाँडा आकारमा ढुङ्गा बिछ्याएर घाँस वा विरूवा रोप्ने, वा ५. अर्को निकासको व्यवस्था गरी घाँस वा विरूवा रोप्ने

भिरालोपना	भिरालो जमीनको लम्वाई	सामग्रीको निकास	ओसिलोपन	प्रविधिहरू
३० डिग्री भन्दा कम	सबै प्रकारको भिरालो	राम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. भिरालोमा घाँस/बुट्यानको बीउ छर्ने वा विरूवा रोप्ने, वा २. बुट्यान र विरूवा लगाउने
		नराम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. छड्के हारमा घाँस/विरूवा रोप्ने, वा २. बुट्यान र विरूवा लगाउने
	१५ मि. भन्दा बढी	कुनैपनि अवस्था		१. चपरी प्रयोग गरी सतह ढाक्ने (चपरी विधि)
	कुनैपनि भिरालोको तल्लो आधारमा			१. बाँस रोप्ने, वा २. जरा गाड्ने ठूला जातका रूखको विरूवा रोप्ने
विशेष सामग्री (माथिका विधिहरूमा उल्लेख गरिएको ठाउँमा)				
३० डिग्री भन्दा कम	सबै प्रकारको भिरालो	चट्यान क्षेत्र		१. भिरालोमा घाँस/बुट्यानको बीउ छर्ने वा विरूवा रोप्ने
खुकुलो बलौटे		राम्रो	कुनैपनि अवस्था	१. जुट जालीले सतह छोपेर सरसर्ति घाँस रोप्ने
सबै रातोमाटो		खराव	कुनैपनि अवस्था	१. छड्के हारमा घाँस र बुट्यान/विरूवा रोप्ने
करिव ४५ डिग्री भिरालो गल्छि	सबै प्रकारका गल्छि			१. बाँस रोप्ने, वा २. तेर्सो हाँगाको छेकबार बनाएर विरूवा रोप्ने, वा ३. ढुङ्गा बिछ्याएर विरूवा रोप्ने

नोट :

'चट्टयान क्षेत्र'ले जरा गाड्ने प्रकृतिका रूखविरूवा रोप्न नसकिने तर फलामे किलाले खोपेर बीउ रोप्न सकिने भिरालो क्षेत्रलाई परिभाषित गरिएको छ ।

'खुकुलो बलौट'ले कमजोर र खुकुलो बलौटे माटो भएको सबै प्रकारका भिरालो जमीनलाई परिभाषित गरिएको छ । भौगर्भिक हलचलका कारण नदीमा आउने उतारचढावले यस्तो सामग्री सङ्कलन गर्दछ ।

'रातोमाटो'ले खँदिलो रातो माटो भएको क्षेत्रलाई परिभाषित गरिएको छ ।

'तेर्सो-छड्के हार'ले <<<< चुच्चो परेको हारलाई परिभाषित गरिएको छ ।

'माछाकाँडा आकार'ले ←←← ढाँचाको माछाको काँडाजस्तै हारलाई परिभाषित गरिएको छ ।

अनुसूची २ सिफारिस गरिएका भू-जैविक प्रविधि र अपनाउने समय

<table>
<tr><th>स्थलगत भू-बनौट</th><th>सामग्री र निकास</th><th>ढल्काइ</th><th>सिफारिस प्रविधि</th><th>काम गर्ने समय</th></tr>
<tr><td rowspan="4">काटिएको तर स्थिर भिरालो (३५ डिग्रीभन्दा कम)</td><td rowspan="2">खराब निकास भएको</td><td>उत्तर र पूर्व</td><td>छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>दक्षिण र पश्चिम</td><td>छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="2">अन्य सामग्री</td><td>उत्तर र पूर्व</td><td>छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>दक्षिण र पश्चिम</td><td>छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="2">भर्खर काटिएको अस्थिर भिरालो</td><td rowspan="2">सबै प्रकारका</td><td>उत्तर र पूर्व</td><td>तहगत हाँगा रोप्ने (ब्रस लेयरिङ्ग)</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>दक्षिण र पश्चिम</td><td>तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="3">मिश्रित खालको पुरिएको माटो नजमेको पहिरोको ढुङ्गामाटो चुलिएको ढुङ्गामाटोको थुप्रो (सदैव ३५ डिग्रीभन्दा कम)</td><td>निकास नहुने खँदिलो माटो</td><td>सबै</td><td>सडकबाट ५ मिटर भित्र कुलेसो विधि अपनाउने वा ढुङ्गा बिछ्याइएको नाला सहित तहगत रूपमा छड्के हाँगा रोप्ने अनि छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>खस्रो ढुङ्गामाटो</td><td>सबै</td><td>सडकबाट ५ मिटर भित्र तहगत रूपमा हाँगा रोप्ने अनि छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td>माटो निकै कम र ढुँगैढुँगा भएको</td><td>सबै</td><td>ठाडो हाँगाको छेकबार बनाउने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="4">संरचनाको माथि र वरिपरि भरिएको ढुङ्गामाटो</td><td rowspan="2">निकास नहुने खँदिलो माटो</td><td>उत्तर र पूर्व</td><td>छड्के हारमा घाँस रोप्ने</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>दक्षिण र पश्चिम</td><td>तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="2">खस्रो ढुङ्गामाटो</td><td>उत्तर र पूर्व</td><td>तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने</td><td>१८०० मि. माथि हिउँदमा
१८०० मि. तल वर्षात्मा</td></tr>
<tr><td>दक्षिण र पश्चिम</td><td>तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने</td><td>मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ठाडो पहिरो (४५ डिग्री भन्दा बढी)</td><td>५० डिग्रीभन्दा कम भिरालोमा हातले खोस्रिन सकिने</td><td>सबै</td><td>तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने</td><td></td></tr>
<tr><td>अरू सबै भिरालो</td><td>सबै</td><td>बुट्यान घाँसको बीउ रोप्ने</td><td>सबै मौसम</td></tr>
</table>

स्थलगत भू-बनौट	सामग्री र निकास	ढल्काइ	सिफारिस प्रविधि	काम गर्ने समय
गल्छि (१५-३५ डिग्री)	चिसो, छायाँ पर्ने	सबै	तेर्सो हाँगाको छेकबार बनाएर विरूवा रोप्ने बाँस रोप्ने	१८०० मि. माथि हिउँदमा १८०० मि. तल वर्षात्मा
	अरू सबै भिरालो	सबै	तेर्सो हाँगाको छेकबार बनाएर विरूवा रोप्ने बाँस रोप्ने	मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि
सडकको तल्लो किनार	सबै प्रकारका	सबै	तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने	मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि
वनस्पति विहिन उजाड भिरालो (काटिएको भन्दा माथि र तल)	सबै प्रकारका	सबै	बुट्यान र रूखविरूवा रोप्ने	मनसुन शुरू हुनु केही अगाडि (उत्तर र पूर्व फर्केको भागमा हिउँदमा)

नोट : स्थलगत अध्ययन गरिनु पर्दछ ।

विशेष परिस्थिति	सहयोगी विधि
सोली आकारको राम्रो निकास भएको र ढुङ्गामाटो धेरै नथुप्रिएको ३५ डिग्रीभन्दा कम भिरालो लामो पहिरो जहाँ पानी रसाउँछ वा वर्षात्मा पानी बग्छ तर पानीको ठूलो भल आउँदैन । यस्तो ठाउँमा स्थानीय रूपमा उपलब्ध सामग्रीको आधारमा उपयुक्त प्रविधि छनौट गर्न सकिन्छ ।	१. बाँस र भाटाको छेकबार २. बोटविरूवा सहितको ढुङ्गाको पर्खाल
मौसमी रूपमा ठूलो भल आउने साँधुरो पहिरो र गल्छि	तेर्सो हाँगाको छेकबार बनाएर बोटविरूवा रोप्ने बाँस रोप्ने
नियमित रूपमा पानी बगिरहने मूल मुनिको गल्छि	ढुङ्गा बिछ्याएर विरूवा रोप्ने
उत्तर फर्केको बाहेक वा पानी नरसाउने राम्ररी बसेको ४५ डिग्रीभन्दा बढी ढल्केको काटिएको भिरालो	जुट जालीले सतह छोपेर सरसर्ति घाँस रोप्ने

अनुसूची ३ नेपालमा प्रचलित केही भू-जैविक प्रविधि र विभिन्न भौगोलिक अवस्थामा तिनको प्रभावकारिता

विधि	स्थान	प्रमुख कार्य	सहायक कार्य
तेर्सो हारमा घाँस रोप्ने	खुकुलो माटो, तटबन्ध, पुरिएको माटो	निकास व्यवस्थित गर्दै ढुङ्गामाटो अड्याउने	ढुङ्गामाटो अड्याउने
छड्के हारमा घाँस रोप्ने	खुकुलो माटो, तटबन्ध, पुरिएको माटो	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने	ढुङ्गामाटो अड्याउने
ठाडो हारमा घाँस रोप्ने	खुकुलो माटो, तटबन्ध, पुरिएको माटो	ढुङ्गामाटो अड्याउने	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, निकास व्यवस्थापन
सरसर्ति घाँस/विरूवा रोप्ने	निकै भिरालो (३०-४० डिग्री)	ढुङ्गामाटो अड्याउने, कसिलो पार्ने	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, निकास व्यवस्थापन
घाँसको बीउ छर्ने	नयाँ खुकुलो माटो, भिरालो र अलि सुख्खा	ढुङ्गामाटो अड्याउने, स्थिरता ल्याउने	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने
चपरी बिछ्याउने (टर्फ विधि)	नयाँ खुकुलो माटो, भिरालो र अलि सुख्खा	ढुङ्गामाटो अड्याउने	
तहगत हाँगे छेकबार बनाउने (ब्रस लेयरिङ् विधि)	खुकुलो माटो, सतही माटो संरक्षण	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, अड्याउने, स्थिरता ल्याउने	
ठाडो हाँगे छेकबार बनाउने (पेलिसेड विधि)	खुकुलो माटो, भिरालो संरक्षण, गल्छि नियन्त्रण	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, अड्याउने, स्थिरता ल्याउने	
कुलेसोमा हाँगाको मुठ्ठा पुर्ने (फेसिन विधि)	गल्छि नियन्त्रण र सतही माटो संरक्षण	रोकथाममा सहयोग	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, स्थिरता
रूखविरूवा, बुट्यान रोप्ने		स्थिरता ल्याउने	ढुङ्गामाटो अड्याउने, सहयोगी
रूखविरूवा र बुट्यानको बीउ लगाउने	निकै भिरालो, चट्यान, अस्थिर भिरालो	स्थिरता ल्याउने	ढुङ्गामाटो अड्याउने
बाँस रोप्ने	नदी किनार र भिरालो संरक्षण	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, स्थिरता ल्याउने	
तेर्सो हाँगाको छेकबार बनाएर विरूवा रोप्ने (लाइभ चेक ड्याम विधि)	गल्छि नियन्त्रण र सतही माटो संरक्षण	ढुङ्गामाटोको बहाव रोक्ने, अड्याउने, स्थिरता ल्याउने	

स्रोत : भू तथा जलाधार संरक्षण विभाग, २०१३

अनुसूची ४ विभिन्न वनस्पति र इञ्जिनियरिङ्ग कार्यको तुलना

	काठे वनस्पति			काठ बाहेकका वनस्पति		
इञ्जिनियरिङ्ग कार्य	रूखबिरूवा	बुट्यान	बाँस	होचो गुच्छादार घाँस	अग्लो घाँस	अन्य जडिबुटी
रोक्ने/समाउने	*	***	***	**	*	x
अड्याउने	*	*	*	***	***	*
स्थिरता ल्याउने	**	***	*	**	*	x
कसिलो बनाउने	***	**	x	x	x	x
अडिन सघाउने	***	**	***	x	x	x
निकास व्यवस्थापन गर्ने	x	x	x	***	*	x

*नोट : *** अति उत्तम । ** राम्रो । * ठिकै खालको । x अनुपयुक्त*

स्रोत : हावल (Howell), १९९९ बाट परिमार्जित

अनुसूची ५ भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयोगी बोटविरुवा, उचाइ, विस्तार, र बीउ सङ्कलनको समय

क) सडक क्षेत्रमा भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयोगी बाँसका प्रजातिहरू

स्थानीय नाम	बैज्ञानिक नाम	उचाइ (मि.)	उपयुक्त ठाउँ	बीउ संकलन
चोया र तामा बाँस	*Dendrocalamus hamitoni*	३००-२०००	ओसिलो	बाँसको दुई आँख्ला बीचमा काट्ने
धनु बास	*Bambusa balcooa*	१६०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	बाँसको दुई आँख्ला बीचमा काट्ने
कालो बाँस	*Dendrocamus hookeri*	१२००-२५००	विभिन्न अवस्था	बाँसको दुई आँख्ला बीचमा काट्ने
माल बाँस	*Bambusa nutans*	१५०० (तराई)	सुख्खा र अन्य अवस्था समेत	परम्परागत तरिका
निभा बास	*Ampelocamus patellaris*	१२००-२०००	विभिन्न अवस्था	परम्परागत तरिका
थारू बाँस	*Bambusa nutans*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	परम्परागत तरिका

ख) सडक क्षेत्रमा भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयोगी बिरुवाका प्रजातिहरू

स्थानीय नाम	बैज्ञानिक नाम	उचाइ (मि.)	उपयुक्त ठाउँ	उपयुक्त भाग	बीउ संकलन
आँक	*Calatropha giganteum*	१००० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, कडा	बीउ/विरूवा	माघ-फागुन
ऐंसेलु	*Rubus ellipticus*	१०००-२५००	विभिन्न अवस्था	बीउ/जरा	कातिक-मंसिर
अलैची	*Elettaria cordomomum*	१०००-२०००	ओसिलो	बीउ/विरूवा	
अमला	*Phyllanthus emblica*	१५०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, कडा	बीउ/विरूवा	असोज-पुस
अम्बा	*Psidium guajava*	२००० (तराई)	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	बीउ/विरूवा	साउन-असोज
अपराजिता	*Clitoria ternated*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	बीउ/विरूवा	
असुरो	*Adhatoda vasica*	१००० (तराई)	विभिन्न अवस्था	कडा हाँगा	फागुन-चैत
बैस	*Salix tetrasperma*	२७०० (तराई)	ओसिलो	कडा हाँगा	फागुन-चैत
बगानबेली	*Bougainvillea spectabilis*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	डाँठ	फागुन-चैत
बन चुत्रो	*Berberis aristata*	१५००-३०००	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	बीउ/विरूवा	
बन सिलाम	*Elsholtzia blanda*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था		
बयर	*Zizyphus mauritiana*	१२०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, कडा	बीउ/विरूवा	पुस-फागुन
भिमसेनपाती	*Buddleja asiatica*	६००-१८००	गर्मी र सुख्खा, कडा	बीउ/हाँगा	फागुन-चैत
भुई कटहर	*Ananas comosus*	१६०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, कडा	डाँठ	फागुन-चैत

स्थानीय नाम	बैज्ञानिक नाम	उचाइ (मि.)	उपयुक्त ठाउँ	उपयुक्त भाग	बीउ संकलन
भुजेत्रो	*butea minor*	५००-१५००	गर्मी र सुख्खा, कडा	सिधै बीउ छर्ने	
चिया	*camellia sinensis (and other species)*	२००० (तराई)	विभिन्न अवस्था र ओसिलो	कडा हाँगा	फागुन-चैत
चुत्रो	*Berberis asiatica*	१०००-२५००	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	बीउ/विरूवो	फागुन-बैसाख
कफि	*Coffea arabica*	२००० (तराई)	विभिन्न अवस्था	बीउ/विरूवा	साउन
धएरो	*Woodfordia fruticosa*	१५०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, कडा	बीउ/विरूवा	फागुन-बैसाख
घंगरू	*Pyacantha crenulata*	१५००-२५००	विभिन्न अवस्था	कडा हाँगा	फागुन-चैत
घुमिस्रे	*Leucosceptrum canun*	१०००-२५००	विभिन्न अवस्था	कडा हाँगा/बीउ	फागुन-चैत
काँडा फुल	*Lantana camara*	१७५० (तराई)	गर्मी र सुख्खा	कडा हाँगा	फागुन-चैत
केतुकी	*Agave americana*	२४०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा	गाडिने जरा	फागुन-चैत
किम्बु	*Morus alba*	२००० (तराई)	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	कडा हाँगा/बीउ	फागुन-चैत
लालुपाते	*Poinsettia pulcherrima*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	कडा हाँगा/बीउ	फागुन-चैत
निलकन्ठ	*Duranta repens*	१५०० (तराई)			
पाटे सिउली	*Opuntia ficus indica*	१८०० (तराई)			
रहर	*Cajanus cajan*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था र सुख्खा	बीउ	
सजिवन र कदम	*Jatropha curcas*	१००० (तराई)		प्रयोग भैसकेको हाँगा	
सिमली	*vitex negundo*	१७५० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, अन्य अवस्था	प्रयोग भैसकेको हाँगा	
सिउली र सिंउडी	*Euphorbia royleana*	९००-१८००	विभिन्न अवस्था		

ग) सडक क्षेत्रमा भू-जैविक प्रविधिका लागि उपयोगी घाँसका प्रजातिहरू

स्थानीय नाम	बैज्ञानिक नाम	उचाइ (मि.)	उपयुक्त ठाउँ	उपयुक्त भाग	बीउ संकलन
अम्रिसो	*Thysanolaena maxima*	१००० (तराई)	विभिन्न अवस्था	विरूवा	फागुन-बैसाख
बाबियो	*Eulaliopsis binata*	१५०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा	विरूवा/बीउ	पुस-माघ
डंग्री खर	*Cymbopogon pendulus*	१२०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	बीउ	मंसिर-पुस
दुबो	*Cynodon dactylon*	१८०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	डाँठ	फागुन-चैत
कागती घाँस	*Cymbopogon citrates*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	विरूवा/बीउ	कातिक-मंसिर

स्थानीय नाम	बैज्ञानिक नाम	उचाइ (मि.)	उपयुक्त ठाउँ	उपयुक्त भाग	बीउ संकलन
काँस	*Saccharum spontaneum*	२००० (तराई)	गर्मी र सुख्खा देखि ओसिलो	विरूवा	कातिक-मंसिर
कटरा खर	*Themeda species*	२००० (तराई)	विभिन्न अवस्था	विरूवा/बीउ	असोज-कातिक
खर	*Cymbopogon microtheca*	५००-२०००	गर्मी र सुख्खा, विभिन्न अवस्था	विरूवा/बीउ	मंसिर-पुस
खस	*Vetiveria lawsoni*	१५०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	विरूवा	असोज-मंसिर
किकियु ठुलो दुबो	*Pennisetum clandestinum*	१८०० (तराई)	विभिन्न अवस्था	डाँठ/विरूवा	फागुन-चैत
नेपियर	*Pennisetum purpureum*	१७५० (तराई)	विभिन्न अवस्था, उब्जाउ माटो	डाँठ	फागुन-चैत
नरकट	*Arundo clon*	१५०० (तराई)	गर्मी र सुख्खा, विभिन्न अवस्था	डाँठ/विरूवा	कातिक-मंसिर
फुर्के घाँस	*Arunduella nepalesis*	७००-२०००	विभिन्न अवस्था, ढुंग्यान	विरूवार बीउ	मंसिर-पुस
रातो काँस	*Frianthus rufipilus*	९००-२२००	विभिन्न अवस्था	विरूवार बीउ	मंसिर-पुस
सालिमो खर	*Chrysopogon gryllus*	८००-२०००	विभिन्न अवस्था	विरूवार बीउ	मंसिर-पुस
स्टायलो	*Stylosanthes guianensis*	५००-१५००	विभिन्न अवस्था	डाँठ/विरूवा	फागुन-चैत
ठुलो खरूकी	*Capipedium assimile*	६००-२०००	विभिन्न अवस्था	विरूवार बीउ	मंसिर-पुस

स्रोत : हावल (Howell), १९९९

अनुसूची ६ स्थलगत प्रतिवेदन (भू-क्षय प्रतिवेदन)

१. लगत नं.			२. फोटो नं.		
३. निरीक्षक			भ्रमण मिति		
४. भू-क्षय/पहिरो शुरू भएको मिति			मुख्य कारण		
५. सडकको नाम (कुन गाउँ पुगिन्छ)					
६. भू-क्षय/पहिरो गएको ठाउँ (गाविस, वडा नं., गाउँ/टोल)					
७. सडक निर्माण भएको मिति		शुरू मिति		समाप्त मिति	
८. भू-क्षय/पहिरो सूचनादाताको नाम र ठेगाना (यदि सूचना दिएको भए......)		नाम र ठेगाना		भू-क्षय/पहिरो गएको ठाउँ	
९. फोन नं. र सम्बन्धित संस्था (भएमा)				इमेल	
१० भौगोलिक अवस्थिति र भू-क्षय स्थलको विवरण					
११.भू-सूचना प्रणालीको विन्दु (GPS point)					
अक्षांस		देशान्तर		उचाइ	
भूस्खलनको प्रकृति	सतही	गेग्रान	धसिएको	अन्य	
लम्वाई (मि)		चौडाई (मि)		गहिराई (मि)	
१२. देखिएका घटनाहरू					
थुम्को छुटिन लागेको वा जमीनमा चिरा परेको थियो र आवश्यक संरक्षणको उपाय अपनाइएको थियो ?		हो	होइन		
भिरालो जमीन चर्किएको थियो ?		हो	होइन		
सडकको निकास थुनिएको थियो ?		हो	होइन		
१३.क्षतिको विवरण		धनसम्पत्ति		सडक	
		क. पूर्णरूपमा क्षतिग्रस्त घर (संख्या)		क. सडकको क्षति (लम्बाई)	
		ख. आंशिक क्षतिग्रस्त घर (संख्या)		ख. सडक अवरूद्ध	
		ग. बालीको क्षति (रोपनी)		ग. आंशिक क्षतिग्रस्त सडक	
		घ. वन (रोपनी)		घ. निकास अवरूद्ध	
		ङ. अन्य		ङ. अन्य	