കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലും മണ്ണിടിച്ചിലും: ദുരന്തലഘൂകരണ നിർദ്ദേശങ്ങൾ

ഡോ. സാബു ജോസഫ്, ഡോ. എസ്. ശ്രീകുമാർ, ശ്രീ. ജി. ശങ്കർ, ശ്രീ. ജോൺ മത്തായി,
ഡോ. കെ. എസ്. ബീന, ഡോ. എസ്. സരുൺ

പരിസ്ഥിതി ശാസ്ത്ര വകുപ്പ്, കേരള സർവകലാശാല
തിരുവനന്തപുരം - 695581
മാർച്ച് , 2022

കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലും മണ്ണിടിച്ചിലും: ദുരന്തലഘൂകരണ നിർദ്ദേശങ്ങൾ

Prepared By

ഡോ. സാബു ജോസഫ്

Professor, Dept. of Env. Sciences and Director, School of Earth System Sciences, University of Kerala (jsabu@keralauniversity.ac.in; Mob. 9447453063)

ഡോ. എസ്. ശ്രീകുമാർ

Visiting Professor, Dept. of Env. Sciences & Former SEAC Member, Govt. of Kerala (sreeavani1961@gmail.com; Mob. 9447350669)

ശ്രീ. ജി. ശങ്കർ

Former Scientist-G, National Centre for Earth Science Studies (NCESS) & Former SEAC Member, Govt. of Kerala. (sankarazhakath@gmail.com; Mob. 9447008391)

ശ്രീ. ജോൺ മത്തായി

Former Scientist-G, National Centre for Earth Science Studies (NCESS) & Former SEAC Member, Govt. of Kerala. (mathaicess@gmail.com; 9447193554)

ഡോ. കെ. എസ്. ബീന

Professor & Dean, Faculty of Engineering & Professor in Civil Engineering, School Engineering, CUSAT. (beenavg@cusat.ac.in; 9447329888)

ഡോ. സരുൺ എസ്.

Post Doctoral Fellow, Dept. of Env. Sciences, Univ. of Kerala & Consultant (Landslides) NDMA (savithdse@gmail.com; 9746396112)

DEPT. OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, UNIVERSITY OF KERALA

THIRUVANANTHAPURAM 695581

MARCH, 2022

Prepared By

ഡോ. സാബു ജോസഫ്, ഡോ. എസ്. ശ്രീകുമാർ, ശ്രീ. ജി. ശങ്കർ, ശ്രീ. ജോൺ മത്തായി, ഡോ. കെ. എസ്. ബീന, ഡോ. സരുൺ എസ്.

Editorial Assistance

അരുൺകുമാർ പി. എസ്.
(Project Fellow, Dept. of Environmental Sciences, University of Kerala.)

കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലും മണ്ണിടിച്ചിലും: ദുരന്തലഘൂകരണ നിർദ്ദേശങ്ങൾ

March 2022

Published by,

Department of Environmental Sciences, University of Kerala, Thiruvananthapuram

ISBN 978-93-5620-552-9

*Printed and bound by **Lekshmi Printers**, Kazhakuttom, Kerala, India*

കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലും മണ്ണിടിച്ചിലും: ദുരന്തലഘൂകരണ നിർദ്ദേശങ്ങൾ

ഭാഗം - 1
ഉരുൾപൊട്ടൽ - അവലോകനം

1.0 ആമുഖം

ഇന്ത്യയുടെ തെക്കു പടിഞ്ഞാറ് ഭാഗത്ത് അറബിക്കടലിനും സഹ്യപർവ്വതത്തിനും ഇടയിൽ കിഴക്കു നിന്ന് പടിഞ്ഞാറ് ചരിഞ്ഞു കിടക്കുന്നതും, തെക്കു വടക്കു നീണ്ടു കിടക്കുന്നതുമായ പരിസ്ഥിതി ലോല പ്രദേശമാണ് കേരളം. ഉഷ്ണമേഖല പ്രദേശമായ (Tropical region) സംസ്ഥാനത്ത് മൺസൂൺ കാറ്റിന്റെ ആധിപത്യം ഉള്ളതിനാൽ സുലഭമായ മഴയും മിതമായ താപനിലയും കേരളത്തിലെ കാലാവസ്ഥയുടെ സവിശേഷതകളാണ്. കേരളത്തെ, അതിന്റെ ഭൂപ്രകൃതിയനുസരിച്ച് മലനാട് (Highland - 46%), ഇടനാട് (Midland - 44%), തീരപ്രദേശം (Lowland 10%) എന്നിങ്ങനെ മൂന്നായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. മലമുകളിൽ മഴ പെയ്തു കഴിഞ്ഞാൽ 24 മണിക്കൂറിനകം വെള്ളം അറബിക്കടലിൽ എത്തുന്ന തരത്തിലുള്ള ചരിവാണ് കേരളത്തിന്റെ ഭൂപ്രദേശത്ത് ഉള്ളത്.

ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ പ്രത്യേകതകൾ കൊണ്ട് ബഹുമുഖ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങൾ (Multi - hazard) ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശമാണ് കേരളം. സംസ്ഥാനത്തിന്റെ പടിഞ്ഞാറൻ തീര മേഖലകളിലെ കടലാക്രമണവും കിഴക്കു പശ്ചിമഘട്ട മേഖലകളിലെ ഉരുൾപൊട്ടലും സാധാരണ ഉണ്ടാകാറുള്ള പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങൾ ആണ്. ജനസാന്ദ്രത വർധനവും അശാസ്ത്രീയമായ നിർമ്മാണങ്ങളും പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ അമിത ചൂഷണവും പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങളെ വൻദുരന്തങ്ങളായി മാറ്റുന്നു. കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം മൂലം താളംതെറ്റി എത്തുന്ന അതിതീവ്രമഴയും ദുരന്തങ്ങൾക്ക് വ്യാപകമായ പ്രേരകഘടകമാകുന്നുണ്ട്. വെള്ളപ്പൊക്കം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, വരൾച്ച, ഇടിമിന്നൽ ആഘാതം, കടലാക്രമണം, ചുഴലിക്കാറ്റ് എന്നിവ സമീപകാലങ്ങളിൽ നമ്മുടെ സംസ്ഥാനത്ത് വർദ്ധിച്ചുവരുന്നു എന്നത് വസ്തുതയാണ്.

വെട്ടുകല്ല്പ്രദേശങ്ങളിൽ അടുത്തിടെ വ്യാപകമായിത്തീർന്ന ദുരന്തമാണ് കുഴലീകൃതമണ്ണൊലിപ്പ് (Soil Piping). ചെങ്കല്ല് നിറഞ്ഞ മലയോരജില്ലകളിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന ഈ പ്രതിഭാസത്തെ കണ്ടെത്തിയത് ഭൗമശാസ്ത്ര പഠനകേന്ദ്രമാണ്. കൃഷിക്കും ജനവാസകേന്ദ്രങ്ങൾക്കും കുഴലീകൃതമണ്ണൊലിപ്പ് വലിയ ഭീഷണി ഉയർത്തുന്നുണ്ട്.

ഇങ്ങനെ, പല വിധത്തിലുള്ള ദുരന്തസാധ്യതകൾ നിലനിൽക്കേ തന്നെ, ദുരന്തങ്ങൾ കേരളത്തിൽ അടുത്തകാലം വരെ തീരെ വിരളമായിരുന്നു. പക്ഷേ കഴിഞ്ഞ രണ്ട് ദശാബ്ദങ്ങളായി കാലാവസ്ഥ വ്യതിയാനം മൂലമുള്ള വെള്ളപ്പൊക്കവും ഉരുൾപൊട്ടലും കടൽക്ഷോഭവും വരൾച്ചയും കേരളത്തിൽ കൂടുതൽ തീവ്രമാകുകയും, ഇവിടെ സംഭവിക്കാൻ സാധ്യത കുറവ് എന്ന് പൊതുവെ കരുതിയിരുന്ന സുനാമി, ചുഴലിക്കാറ്റ് എന്നി പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങൾ വലിയ നാശനഷ്ടങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആവർത്തിക്കുന്ന പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളും കോവിഡ് മഹാമാരിയും 2018ലെ പ്രളയാനന്തര പുനർനിർമ്മാണ-പുനരധിവാസ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വേഗതയെ പിന്നോട്ടടിക്കുകയും ചെയ്തു.

2.0 മലഞ്ചെരുവുകളിലെ ഭൂദ്രവ്യശോഷണം (Mass Wasting)

ഗുരുത്വാകർഷണംമൂലം ശിലകളോ മേൽമണ്ണോ മുകളിൽനിന്നും താഴോട്ടുപതിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് ഭൂദ്രവ്യശോഷണം. മലയിടിച്ചിൽ (Land fall), ശിലാപതനം (Rock fall), മലകളുടെ നിരങ്ങിയിറങ്ങൽ (landslide), ഉരുൾപൊട്ടൽ (Debris flow), ഭൂമിയുടെ ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ (Land subsidence) തുടങ്ങി വിവിധ തരത്തിലുള്ള ഭൂദ്രവ്യശോഷണങ്ങൾ നമ്മുടെ മലയോരമേഖലയിൽ ഇന്നു കണ്ടുവരുന്നുണ്ട്. കേരളത്തിൽ കണ്ടുവരുന്ന ഏറ്റവും വിനാശകരമായ ഭൂദ്രവ്യശോഷണം ഉരുൾപൊട്ടലാണ്. അനേകം മനുഷ്യജീവനും അപഹരിക്കുകയും നാശനഷ്ടങ്ങൾക്കിടയാക്കുകയും ചെയ്ത ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ സംഭവിച്ചതിന്റെ സാമാന്യവിവരം -

2018-ൽ മൂന്നാർ (ഇടുക്കി ജില്ല), വൈത്തിരി (വയനാട്)

2019-ൽ പുത്തുമല (വയനാട്); കവളപ്പാറ (മലപ്പുറം)

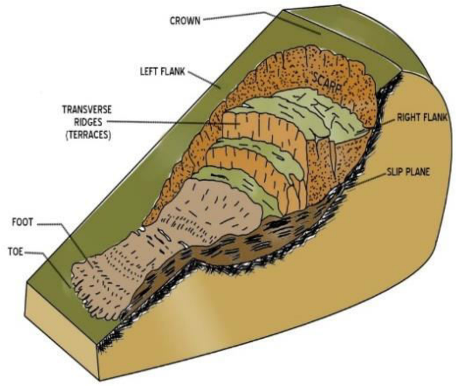
2020-ൽ പെട്ടിമുടി (ഇടുക്കി)

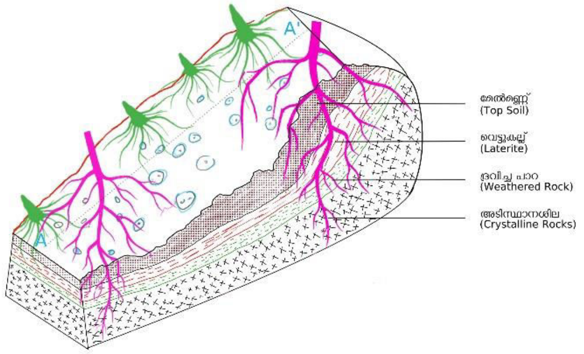
2021-ൽ കുട്ടിക്കൽ (കോട്ടയം), കൊക്കയാർ (ഇടുക്കി)

ഔദ്യോഗികരേഖകൾ പ്രകാരം 2018 മുതൽ 2021 വരെയുള്ള വർഷങ്ങളിൽ 170 ഓളം മനുഷ്യർ ഉരുൾപൊട്ടലിൽ മാത്രം മരിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ 1961 മുതൽ 2016 വരെയുള്ള കാലത്ത് ഉരുൾപ്പൊട്ടലിൽ മരിച്ചവരുടെ എണ്ണം 295 ആണ്.

2.1 ഉരുൾപൊട്ടൽ എന്ത്? എന്തുകൊണ്ട്?

ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലം ചെങ്കുത്തായ മലഞ്ചെരുവിൽ ഉള്ള പാറയും മണ്ണും ജലപ്രവാഹത്തോടൊപ്പം താഴേക്ക് പതിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് ഉരുൾപൊട്ടൽ (Debris flow). ഒരു പ്രദേശത്ത് ഉരുൾപൊട്ടൽ ഉണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യതാ ഘടകങ്ങൾ, ആ പ്രദേശത്തെ ഭൂമിയുടെ ചരിവ്, മണ്ണിന്റെ ആഴം, ഘടന, ഭൂവിനിയോഗം, നീർച്ചാലുകളുടെ വിന്യാസം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിതീവ്രമഴ, ലഘുമേഘ വിസ്ഫോടനം, ഭൂചലനം എന്നിവയാണ് ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ ചാലകശക്തികൾ. കൂടാതെ, മൺസൂൺ സീസണിൽ ഉൾപ്പെടെ നടക്കുന്ന അശാസ്ത്രീയമായ പാറപൊട്ടിക്കൽ, അശാസ്ത്രീയ നിർമ്മാണപ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയും പ്രേരകഘടകങ്ങളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. ഉരുൾപൊട്ടൽ സ്വാഭാവികമായ കാരണങ്ങൾ ഉണ്ടെങ്കിൽത്തന്നെയും, മനുഷ്യന്റെ കൈകടത്തലുകൾ അതിന്റെ ആക്കവും വ്യാപ്തിയും വർധിപ്പിക്കുന്നു എന്നു സാരം





2.2 ഉരുൾപൊട്ടലിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

ഉരുൾപൊട്ടലിന് കാരണമാകുന്ന ഘടകങ്ങളെ, സ്വാഭാവികം എന്നും മനുഷ്യനിർമ്മിതം എന്നും രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം. പ്രധാനപ്പെട്ട പ്രകൃതിഘടകങ്ങൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

അതിതീവ്രമഴ- ഒരു നിശ്ചിത പ്രദേശത്ത് ഒരു നിശ്ചിതകാലയളവിൽ സംഭവിക്കുന്ന അതിവൃഷ്ടി, ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ മറ്റൊരു കാരണമാണ്. ദുരന്തദിവസം പെയ്യുന്ന മഴയുടെ അളവ് മാത്രമല്ല, തുടർച്ചയായി രണ്ടു മൂന്ന് ദിവസങ്ങളിൽ പെയ്യുന്ന മഴയുടെ അളവും ഉരുൾപൊട്ടലിനു പ്രേരകമാകുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനത്തിന്റെ ഭാഗമായി സംഭവിക്കുന്ന അതിതീവ്രമഴയും (24 മണിക്കൂറിൽ 200mm ലോ അതിൽ കൂടുതലോയുള്ള മഴ), ലഘുമേഘവിസ്ഫോടനവും മറ്റൊരു പ്രധാന ചാലകശക്തിയാണ്.

ഭൂചലനം- ചെറുതും വലുതുമായ ഭൂചലനങ്ങൾ മണ്ണിടിച്ചിലിന് കാരണമാകുന്നുണ്ട്. എന്നിരുന്നാലും കേരളത്തിൽ ഭൂചലനം കൊണ്ട് മണ്ണിടിച്ചിലുണ്ടായിട്ടില്ല.

ചരിവ്- 20^0മുകളിൽ വരുന്ന ചരുവുകൾ ഉൾപ്പെട്ട ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിലാണ് മണ്ണിടിച്ചിൽ പൊതുവെ സംഭവിക്കുന്നതന്ന് പഠനങ്ങൾ ചൂണ്ടികാണിക്കുന്നു. 16^0താഴെ ചരിഞ്ഞ കുന്നിൻചെരിവുകളിൽ നിന്നു വളരെ കുറച്ചുമണ്ണിടിച്ചുകൾ മാത്രമേ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളൂ. ചരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിന്റെ നീളം മറ്റൊരു ഘടകമാണ്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ചരിവ് 20^0 യ്ക്ക് മുകളിലോ, ചരിവിന്റെ നീളം 100-150 m കൂടുതലോ, മേൽമണ്ണ് ഒരു മീറ്ററിലധികമോ ആണെങ്കിൽ ഉരുൾപൊട്ടലിനു ഉള്ള സാധ്യത വർധിപ്പിക്കുന്നു

ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ നിമ്നോന്നത (Relative Relief) - ഭൂപ്രദേശത്തിന്റെ നിമ്നോന്നത ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ ഉയർച്ചതാഴ്ചകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നു. ഒരു നിശ്ചിതഭൂപ്രതലത്തിലെ മണ്ണിന്റെ വികാസവും അതിലെ ജലത്തിന്റെ ചലനവും ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ഉയരവ്യത്യാസങ്ങളെ വ്യക്തമായി സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇതു ചരിവിന്റെ സ്ഥിരതയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു പ്രധാന ഘടകമാണ്. 300 മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ നിമ്നോന്നത ഉള്ള പ്രദേശങ്ങളെ പൊതുവെ അസ്ഥിരമായി കാണക്കാക്കാം. നിമ്നോന്നത 150 m കൂടുതൽ ആണെങ്കിൽ ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത വർധിക്കുന്നു.

ശിലാസ്വഭാവം (Geology)- ശിലകളുടെ സ്വഭാവം, ഘടന, വിള്ളലുകളുടെ കിടപ്പ്, ദ്രവിച്ച പാറയും മേൽമണ്ണും ചേർന്ന മേഖലയുടെ കനം എന്നിവ മണ്ണിടിച്ചിലിനു കാരണമാകുന്ന പ്രധാന ഭൗമശാസ്ത്രഘടകങ്ങളാണ്. മൃദുശിലകൾ കൂടുതലുള്ള ചരിവുകളിൽ മണ്ണിടിച്ചിലിനു സാധ്യത കൂടുതലാണ്. കൂടാതെ, കേരളം പോലെ ഉയർന്ന മഴയുള്ള പ്രദേശത്തെ ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളുടെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കിനെ നിയന്ത്രിക്കുകയും മണ്ണിടിച്ചിനു കാരണമാകുകയും ചെയ്തേക്കാം.

ജലപ്രവാഹം (Drainage)- ഉയർന്നമലഞ്ചരുവുകളിൽ നിന്നുള്ള ജലപ്രവാഹത്തിന്റെയും മണ്ണൊലിപ്പിന്റെയും സങ്കീർണ്ണമായ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് മനസിലാക്കാൻ, ഭൂപ്രദേശത്തിലെ ജലപ്രവാഹത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ അറിയേണ്ടതുണ്ട്.

ജലനിർഗ്ഗമനക്രമങ്ങളും പ്രവാഹത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും (drainage density) പ്രത്യേകം പരിശോധിക്കേണ്ടതുണ്ട്. സമാന്തര ജലപ്രവാഹ ക്രമങ്ങളുള്ള (drainage pattern) പ്രദേശങ്ങളിൽ ചരിവിന്റെ ദൃഢത കുറയാൻ സാധ്യതയുണ്ട്. അതുപോലെ കൂടുതൽ ജലപ്രവാഹസാന്ദ്രതയുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ, ഉയർന്ന ചരിവുള്ള ഭാഗങ്ങളുടെ അസ്ഥിരതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഉയർന്ന പ്രദേശത്തെ ജലപ്രവാഹചാലുകളെ സംരക്ഷിക്കേണ്ടതും, അതിലൂടെയുള്ള ജലനിർഗമനത്തെ ഒരു കാരണവശാലും തടസപ്പെടുത്താൻ പാടില്ലാത്തതുമാകുന്നു.

സസ്യാവരണം (Vegetation)- ആഴത്തിൽവേരോട്ടമുള്ള വൻവൃക്ഷങ്ങളുടെ വേരുകൾ ഉപരിതലത്തിലെ മണ്ണിനു താഴെയുള്ള ശിലകളുമായി പിണഞ്ഞു ചേരുന്നത് മലഞ്ചെരുവുകളുടെ സ്ഥിരത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. പുല്ലുകളും സസ്യങ്ങളും ഉപരിതലത്തോട് ചേർന്ന് വളരുന്നത് ഉപരിതലമണ്ണൊലിപ്പ് തടയുന്ന ഇറുകിയതും ഇടതൂർന്നതുമായ ആവരണമായി മാറുന്നു. ശക്തിയായി പതിക്കുന്ന മഴത്തുള്ളികളുടെ ആഘാതം കുറയ്ക്കുന്നതിനും ബാഷ്പീകരണത്തിലൂടെ മണ്ണിന്റെ ഈർപ്പം നിയന്ത്രികുന്നതിനും സസ്യജാലകകൾക്കു വലിയ പങ്കുണ്ട്. സസ്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നത് മണ്ണിനെ ദുർബലപ്പെടുത്തുകയും ചരിവുകളെ അസ്ഥിരമാക്കുകയും ചെയുന്നു. പരസ്പരബന്ധിതമായ വേരിന്റെ ഘടനനാശവും അവയുടെ ക്രമാനുഗതമായ ശോഷണവും ചരിവുകളെ അസ്ഥിരമാക്കുന്ന പ്രധാനകാരണങ്ങളിലൊന്നാണ്. സ്വാഭാവികവനവൃക്ഷങ്ങൾക്ക് പകരക്കാരനായി വളർന്നുവരുന്ന ആഴത്തിൽ വേരോട്ടമില്ലാത്ത മരങ്ങൾ ഉരുൾപൊട്ടലുകളെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നതിന് സഹായിച്ചിട്ടുണ്ട്. അതുപോലെ, വ്യാപകമായ വനനശീകരണം, കാട്ടുതീ എന്നിവയും ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ സാധ്യത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു.

മനുഷ്യനിർമ്മിതകാരണങ്ങൾ

ചെങ്കുത്തായ മലഞ്ചെരുവുകൾ അശാസ്ത്രീയമായി വെട്ടിനിരത്തി വീട് നിർമ്മിക്കൽ, ശരിയായ രീതിയിലുള്ള ജലനിഗമനമാർഗ്ഗങ്ങളോ, പാർശ്വഭിത്തിയോ ഒരുക്കാതെയുള്ള റോഡ് നിർമാണങ്ങൾ, അശാസ്ത്രീയമായ മറ്റു ഭൂവിനിയോഗരീതികൾ, ജലനിർഗ്ഗമനമാർഗ്ഗങ്ങൾ തടസ്സപ്പെടുത്തൽ, വൻസ്ഫോടനം നടത്തി കരിങ്കൽ ഖനനം മുതലായ മാനുഷിക ഇടപെടലുകളും

ഉരുൾപൊട്ടലിന് കാരണമാകുന്നു. കേരളത്തിൽ കഴിഞ്ഞ മൂന്നു പതിറ്റാണ്ടുകൾക്കിടയിൽ സ്വാഭാവികവനമേഖലയെ റബ്ബർ തോട്ടങ്ങളും കൃഷിയിടങ്ങളും കവർന്നെടുത്തിരിക്കുന്നു എന്നത് ഒരു യാഥാർത്ഥ്യമാണ്. നീർച്ചാലുകൾ മണ്ണിട്ടുനികത്തി റോഡുകളും കെട്ടിടങ്ങളും പണിയുന്നതും ചെങ്കുത്തായ പ്രദേശത്ത് സ്വാഭാവികനീർച്ചാലുകൾ തടസ്സപ്പെടുത്തി വെള്ളം സംഭരിക്കുന്നതും മലഞ്ചെരുവുകളുടെ അടിഭാഗം വെട്ടിമാറ്റി നിരപ്പായ സ്ഥലത്ത് നിർമ്മാണം നടത്തുന്നതും ഉരുൾപൊട്ടലിനെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്നു.

മലഞ്ചെരുവുകളിലെ പാതകൾ പലപ്പോഴും കോണ്ടൂറിനു (Contour) സമാന്തരമല്ലാതെ ഏതാണ്ട് കുറുകെ നിർമ്മിക്കുന്നതും ഉരുൾപൊട്ടൽസാദ്ധ്യത വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. അതുപോലെതന്നെ നീർച്ചാലുകളുടെ ഓരങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതും ദുരന്തത്തെ ക്ഷണിച്ചുവരുത്തുന്നു.

3.0 കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ: ഭൂശേഷി പരിമിതികളും ഭൂവിനിയോഗവും

2018-2021 കാലഘട്ടത്തിൽ സംസ്ഥാനത്തുണ്ടായ കനത്ത മഴ വളരെയധികം നാശനഷ്ടങ്ങൾക്ക് കാരണമായി. പശ്ചിമഘട്ടനിരകളിലാണ് കൂടുതൽ നാശനഷ്ടങ്ങൾ ഉണ്ടായത്. അതിതീവ്രമഴയാണ് എല്ലാ ഉരുൾപൊട്ടലുകളുടെയും പ്രേരകഘടകമെങ്കിലും മനുഷ്യന്റെ അശാസ്ത്രീയമായ ഭൂവിനിയോഗരീതികൾ പലപ്പോഴും മലഞ്ചെരുവുകളെ കൂടുതൽ അസ്ഥിരമാക്കുന്നു. നിക്ഷിപ്തവനം ഒഴികെയുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ ജനവാസത്തിനും കൃഷിക്കുമായി വിനിയോഗിക്കപ്പെട്ടു വരുന്നു.

2018 മുതൽ തുടർച്ചയായി ചെറുതും വലുതുമായ നൂറിൽപ്പരം മണ്ണിടിച്ചിലുകൾ ഇവിടെ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. കേരള ദുരന്തനിവാരണ അതോറിറ്റിയുടെ കണക്കുപ്രകാരം 331 വലിയ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ 2018ലും, 69 എണ്ണം 2019ലും ഉണ്ടായി. തുടർന്ന്, 2020, 2021 വർഷങ്ങളിലും വലുതും ചെറുതുമായ അനേകം ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ ഉണ്ടായി. സാധാരണജനങ്ങളുടെ ജീവനും സ്വത്തിനും സാരമായ ഭീഷണി ഉണ്ടാക്കുന്ന ഇത്തരം മണ്ണിടിച്ചിൽ മഴക്കാലത്ത് പല പ്രദേശങ്ങളെയും ഒറ്റപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. മഴക്കാലത്ത് മാത്രം സംഭവിക്കുന്ന ഇത്തരം പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങളുടെ എണ്ണവും പ്രഭാവവും ആണ്ടുതോറും വർദ്ധിച്ചുവരുന്നതായാണ് കണക്കുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

കേരളത്തിന്റെ പശ്ചിമഘട്ടങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന മണ്ണിടിച്ചിൽ/ ഉരുൾപൊട്ടൽ അടിസ്ഥാന ശിലകൾക്ക് മുകളിൽ രൂപംകൊണ്ട് ദ്രവീകരണം സംഭവിച്ച പാറയും മേൽമണ്ണും കനത്ത മഴയിൽ ജലപൂരിതമായി താഴേക്ക് പതിക്കും. കേരളത്തിലെ ഏറ്റവും പഴക്കം ചെന്ന (പ്രീകാംബ്രിയൻ കാലഘട്ടം) അടിസ്ഥാന ശിലകൾ (കരിങ്കല്ല്) വളരെ ദൃഢതയും, കാഠിന്യവും ഉള്ളത് കൊണ്ട്, അതിനു മുകളിലുള്ള ദ്രവിച്ച പാറയും, മേൽമണ്ണും മാത്രമേ ഉരുൾപൊട്ടലിൽ ഒലിച്ചു പോകുന്നുള്ളൂ. വിവിധ പാളികൾ ആയി പരിണമിച്ച മണ്ണിന് താരതമ്യേന ഉറപ്പ് കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ കൃഷി ആവശ്യത്തിന് പാകപ്പെടുത്തിയ ഇളക്കം സംഭവിച്ച മണ്ണിന് താരതമ്യേന ഉറപ്പ് കുറവാണ്. ഇത്തരം മണ്ണ് ജലപൂരിതം ആകുമ്പോൾ അതിന്റെ ഉറപ്പ് നന്നേ കുറയുകയും ഉരുൾപൊട്ടലിന് സാധ്യത ഒരുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു എന്ന് പഠനങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നു.

സംസ്ഥാനത്ത് ശരാശരി 300cm മഴ ലഭിക്കുമ്പോൾ, പശ്ചിമഘട്ട പ്രദേശങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന നമ്മുടെ മലനാടുകളിൽ ചിലയിടങ്ങളിൽ 500cm മുകളിൽ വരെ മഴ ലഭിക്കുന്നു. രണ്ടോ മൂന്നോ ദിവസം തുടർച്ചയായി 200 മുതല് 300 mm മഴ പെയ്താൽ കേരളത്തിലെ പശ്ചിമഘട്ട നിരകളിലെ മലഞ്ചെരുവുകൾ അസ്ഥിരമാകുന്നതായി കാണാം. ഈ പ്രദേശങ്ങളിൽ മഴവെള്ളം ചെറുതും വലുതുമായ ഒട്ടേറെ നീർച്ചാലുകളിലൂടെ വലിയ നദികളായി രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കുന്നു. ഇവ കൂടാതെ തന്നെ ഒട്ടേറെ ചെറിയ ചാലുകൾ നമ്മുടെ മലയോരപ്രദേശങ്ങളിൽ ഉണ്ട്.

മഴക്കാലത്ത് മാത്രം ജലവാഹികൾ ആകുന്ന ഇത്തരം ചാലുകൾ (Topographic hollow) പലപ്പോഴും മനുഷ്യന്റെ ഇടപെടലുകൾ മൂലം അടഞ്ഞു പോകാറുണ്ട്. ഇങ്ങനെ അടഞ്ഞുപോകുന്ന നീർച്ചാലുകൾ മഴസമയത്ത് ധാരാളം വെള്ളം സംഭരിക്കുകയും ആ പ്രദേശത്തെ ജലപൂരിതമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മഴ സമയത്ത് 20 ഡിഗ്രിയിൽ അധികം ചെരിവുള്ള ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളുടെ ഉറപ്പ് നഷ്ടപ്പെടുകയും അവ താഴേക്ക് ഒഴുകുകയോ പതിക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. കേരളത്തിൽ സംഭവിക്കുന്ന നല്ലൊരു ശതമാനം മണ്ണിടിച്ചിൽ അല്ലെങ്കിൽ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ ഇത്തരം നീർച്ചാൽ മേഖലകളിലാണ് എന്നത് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. Topographical hollows എന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന ഈ നീർച്ചാലുകളെ സംരക്ഷിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഉരുൾപൊട്ടലുകളെ ലഘൂകരിക്കാം.

2018 മുതൽ സംസ്ഥാനത്തു ശക്തമായ മഴ തുടർച്ചയായി പെയ്തുവരികയാണ്. പലപ്പോഴും, കൂമ്പാരമേഘങ്ങൾ (Cummulo nimbus clouds) ചില നീർത്തടങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ച് ഓഗസ്റ്റ് മാസത്തിൽ അതിതീവ്രമഴയായും, മേഘസ്ഫോടനത്തിനു സമാനമായ മഴയായും പെയ്തത് നൂറുകണക്കിന് ഉരുൾപൊട്ടലുകൾക്കു കാരണമായി. വടക്ക്പടിഞ്ഞാറൻ ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിൽ രൂപപ്പെട്ട അതിന്യൂനമർദ്ദങ്ങളാണ് ഇതിനു കാരണം. തുടർന്ന്, 2019 ലും, 2020 ലും സമാനരീതിയുള്ള മഴയും ദുരന്തങ്ങളും ആവർത്തിച്ചു. എന്നാൽ, 2021 ൽ വടക്കു കിഴക്കൻ മൺസൂൺ കാലത്തു ഒക്ടോബറിൽ ആണ് വീണ്ടും കനത്ത മഴയും ദുരന്തങ്ങളും സംഭവിച്ചത്. വരും വർഷങ്ങളിലും സംഭവിക്കാൻ സാധ്യതയുള്ള ഇത്തരം ദുരന്തങ്ങളെ നേരിടാൻ നാം കരുതലോടെ ഇരിക്കണം

കേരളത്തിൽ കഴിഞ്ഞ മൂന്നു നാലു പതിറ്റാണ്ടുകളായി നടന്ന ചില പ്രധാനപ്പെട്ട ഉരുൾപൊട്ടലുകളെപ്പറ്റി ഇവിടെ വിവരിക്കാം. 1984 ജൂലൈ ഒന്നിന് വയനാട്ടിലെ മുണ്ടക്കൈ പ്രദേശത്തുണ്ടായ ഉരുൾപൊട്ടൽ 14 പേരുടെ ജീവനാണ് അപഹരിച്ചത്. ഇതിന്റെ സ്വാധീനം ഒന്നര കിലോമീറ്റർ താഴേക്ക് വരെ ഉണ്ടായി. ഉരുൾപൊട്ടലുണ്ടായ ദിവസം 340mm മഴ ഉണ്ടായതായി കണക്കുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. മനുഷ്യന്റെ ഇടപെടലുകൾ കാര്യമായി ഇല്ലാതിരുന്നിട്ടും, ചരിവ് കൂടിയ, ആഴം കൂടിയ മേൽമണ്ണ് ഉള്ള കുന്നിൻപ്രദേശങ്ങളിൽ പെയ്ത അതിശക്തമായ മഴ മണ്ണിടിച്ചിലിന് കാരണമാകുന്നുവെന്ന് കണ്ടെത്തി. കോട്ടയം ജില്ലയിലെ അടിവാരത്ത് 1993 ഒക്ടോബർ മൂന്നാം തീയതി ഉണ്ടായ അതിശക്തമായ മഴയെത്തുടർന്ന് 187 ചെറുതും വലുതുമായ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ ആണ് ഉണ്ടായത്.

കേരളത്തെ ഒന്നടങ്കം നടുക്കിയ മറ്റൊരു ഉരുൾപൊട്ടലാണ് 2001 നവംബർ ഒമ്പതാം തീയതി തിരുവനന്തപുരം ജില്ലയിലെ അമ്പൂരിയിൽ ഉണ്ടായത്. 38 പേരുടെ ജീവനെടുത്ത ഉരുൾപൊട്ടലുണ്ടായത് അതിശക്തമായി പെയ്ത മഴയും, അശാസ്ത്രീയമായ ഭൂവിനിയോഗവും, കൃഷിരീതികളും ആണ്. പ്രകൃതിദത്തമായ നീർച്ചാലിനെ തടഞ്ഞു കൊണ്ടുള്ള റോഡ് നിർമ്മാണം ആണ് മറ്റൊരു കാരണമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്.

2009 ൽ തെക്ക് പടിഞ്ഞാറൻ മൺസൂൺ സമയത്ത് ഉണ്ടായ അതിശക്തമായ മഴയിൽ വയനാട്, മലപ്പുറം, കോഴിക്കോട് ജില്ലകളിൽ വ്യാപകമായ തോതിൽ മണ്ണിടിച്ചിലും മറ്റും ഉണ്ടായി. ഏറ്റവുമധികം ഉണ്ടായത് ജൂലൈ 20 മുതൽ

23 വരെ ഉണ്ടായ മഴ സമയത്താണ്. ഏകദേശം 33 ഓളം സ്ഥലങ്ങളിൽ പഠനം നടത്തിയപ്പോൾ അശാസ്ത്രീയമായ ഭൂവിനിയോഗവും വ്യാപകമായ മഴക്കുഴി നിർമ്മാണവും അശാസ്ത്രീയമായ പാറപൊട്ടിക്കലും ഇതിന് കാരണമാണെന്ന് കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. അതുപോലെ, 2018 മുതൽ 2021 വരെ ഉണ്ടായ വൻ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ 2018 ലെ പുത്തുമല (വയനാട്), 2019ലെ കവളപ്പാറ (മലപ്പുറം), 2020ലെ പെട്ടിമുടി (ഇടുക്കി), 2021ലെ കൂട്ടിക്കൽ (കോട്ടയം)- കൊക്കയാർ (ഇടുക്കി) എന്നിവിടങ്ങളിലാണ്.

Kavalappara landslide (2019),Malappuram

Puthumala landslide (2019),Wayanad

Pettimudi landslide (2020),Idukki

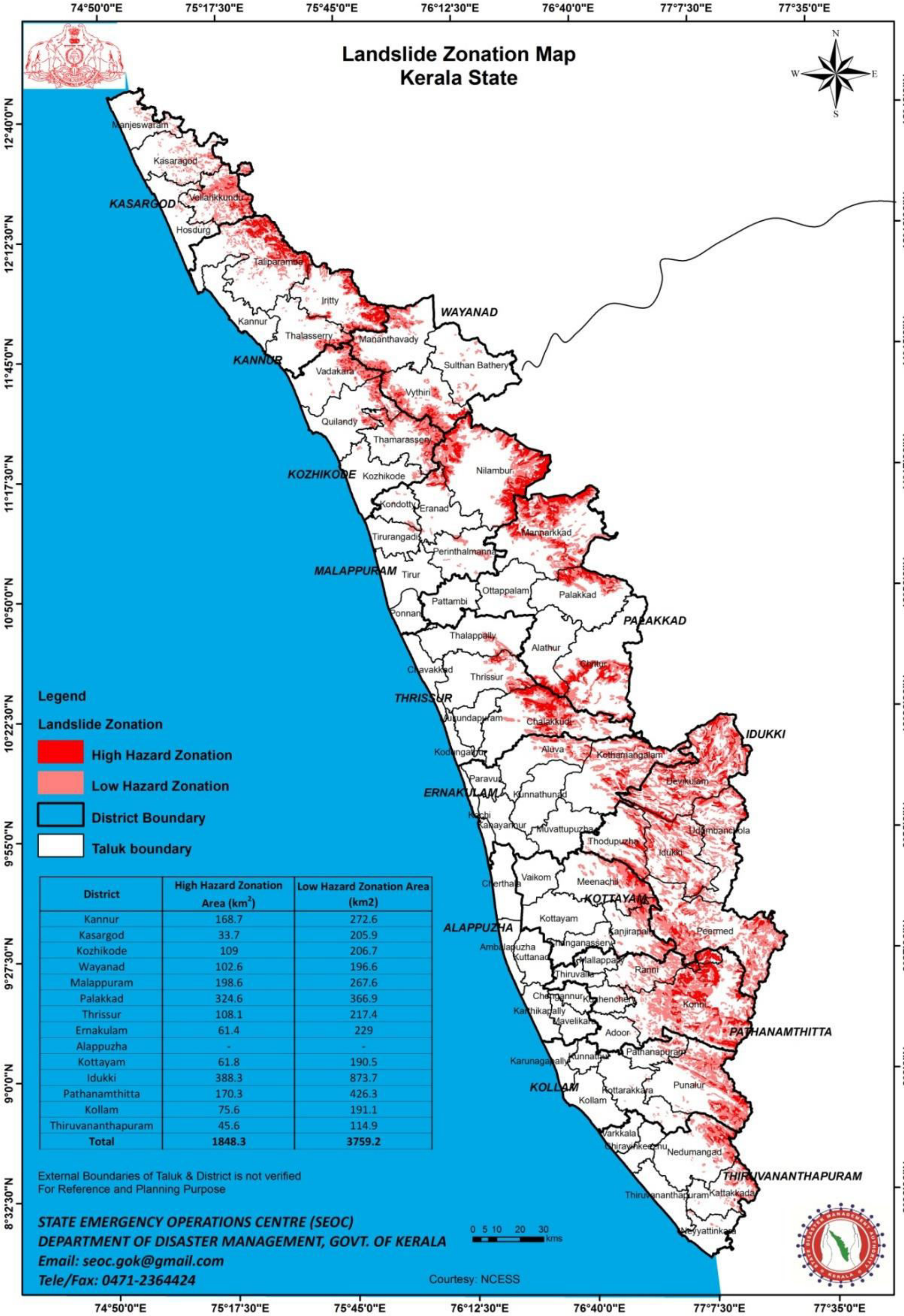
Kokkayar landslide - 2021

3.1 ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതാഭൂപടം- Landslide Hazard Zonation Map

ഉരുൾപൊട്ടൽ/മണ്ണിടിച്ചിൽ സാധ്യത കണക്കാക്കി മലഞ്ചരിവുകളെ വിവിധ മേഖലകളായി വിഭജിച്ചു, മണ്ണിടിച്ചിൽ അപകട സാധ്യത മേഖല (Landslide Hazard Zonation) ഭൂപടങ്ങൾ സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റി പ്രസിദ്ധീകരിച്ചുണ്ട്. ചരിവുകളുടെ അസ്ഥിരതയ്ക്ക് കാരണമായിട്ടുള്ള പ്രക്രിയകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി, പലതരത്തിലുള്ള ആപേക്ഷിക ഘടകങ്ങളെ കണക്കാക്കാനും ഗുണപരമായ നിർദ്ദേശങ്ങൾ നൽകാനും സാധിക്കും.

മണ്ണിടിച്ചിലിന് കാരണമാകുന്ന ഘടകങ്ങളെ വിലയിരുത്തിയാണ് മണ്ണിടിച്ചിൽ സോണേഷൻ ഭൂപടങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്.

കേരളത്തിൽ ഓരോ ജില്ലയിലും 1: 50,000 എന്ന തോതിൽ മണ്ണിടിച്ചിൽ അപകട മേഖല (മാക്രോ സോണേഷൻ) ഭൂപടങ്ങൾ തയ്യാറാക്കിയിട്ടുണ്ട്.



District	High Hazard Zonation Area (km^2)	Low Hazard Zonation Area (km2)
Kannur	168.7	272.6
Kasargod	33.7	205.9
Kozhikode	109	206.7
Wayanad	102.6	196.6
Malappuram	198.6	267.6
Palakkad	324.6	366.9
Thrissur	108.1	217.4
Ernakulam	61.4	229
Alappuzha	-	-
Kottayam	61.8	190.5
Idukki	388.3	873.7
Pathanamthitta	170.3	426.3
Kollam	75.6	191.1
Thiruvananthapuram	45.6	114.9
Total	**1848.3**	**3759.2**

.0

List of district-wise High Hazard Zone (HHZ), Kerala

Sl.No	*District*	*High Hazard ZoneVillages*	**High hazard zone district wise total area**
1	തിരുവനന്തപുരം	അമ്പൂരി, വാഴിച്ചാൽ, വെള്ളറട, കള്ളിക്കാട്, പെരുംകടവിള, മണ്ണൂർകര, വിതുര, തെന്നൂർ, പെരിങ്ങമല	45.6 Sq.km
2	കൊല്ലം	കുളത്തുപ്പുഴ, ആര്യങ്കാവ്, തെന്മല, ഇടമൺ, പിറവന്തൂർ, പുനലൂർ	76.65 Sq.km
3	പത്തനംതിട്ട	ചിറ്റാർ - സീതത്തോട്, പെരുനാട്, അരുവാപാലം, തണ്ണിത്തോട്	170.3 Sq.km
4	കോട്ടയം	കൊണ്ടൂർ, പൂഞ്ഞാർ - തെക്കേക്കര, പൂഞ്ഞാർ-വടക്കേക്കര, പൂഞ്ഞാർ- നടുംഭാഗം, തീക്കോയി, മൂന്നിലവ്, മേലുകാവ്, മുണ്ടക്കയം, കൂട്ടിക്കൽ, എരുമേലി നോർത്ത്, എരുമേലി സൗത്ത്	61.8 Sq.km
5	ഇടുക്കി	കണ്ണൻ ദേവൻ ഹിൽസ്, കീഴാന്തൂർ, കൊട്ടാക്കമ്പൂർ, കാന്തല്ലൂർ, മറയൂർ, കുഞ്ചിത്തണ്ണി, മാങ്കുളം, മന്നാംകണ്ടം, പള്ളിവാസൽ, വട്ടവട, വെള്ളത്തൂവൽ, പെരുവന്താനം, മഞ്ഞുമല, കൊക്കയാർ, ആനവിലാസം, അയ്യപ്പൻകോവിൽ, തങ്കമണി, ഉപ്പുതോട്, പാറത്തോട്, കൊന്നത്തടി, ബൈസൺവാലി, ചിന്നക്കനാൽ, പൂപ്പാറ, രാജകുമാരി, രാജാക്കാട്, കുടയത്തൂർ, ഇലപ്പള്ളി, അറക്കുളം, ഇടുക്കി, ഉടുമ്പന്നൂർ, കഞ്ഞിക്കുഴി, വണ്ണപ്പുറം	388.3 Sq.km
6	എറണാകുളം	നേര്യമംഗലം, കുട്ടമ്പുഴ, അയ്യമ്പുഴ, മലയാറ്റൂർ	61.4 Sq.km
7	തൃശൂർ	പരിയാരം, പീച്ചി, പാണഞ്ചേരി	108.1 Sq.km
8	പാലക്കാട്	അലനെല്ലൂർ - I , കോട്ടപ്പാടം - I, കോട്ടപ്പാടം - II, മണ്ണാർക്കാട് - I, പടവയൽ, പാലക്കയം, പയ്യനയം, പുദുർ, ഷോളയാർ, ഇളവഞ്ചേരി, കൊല്ലങ്കോട്- II, മുതലമട - I, മുതലമട - II, നെല്ലിയാമ്പതി, മംഗലം ഡാം, കിഴക്കഞ്ചേരി - II, കിഴക്കഞ്ചേരി - I, പുതുപരിയാരം- I, മലമ്പുഴ -I, പുതുശ്ശേരി ഈസ്റ്റ്	324.6 Sq.km
9	മലപ്പുറം	അമരമ്പലം, ചോക്കാട്, കാളികാവ്, കേരള എസ്റ്റേറ്റ്, കരുവാരകുണ്ട്, കരുളായി, വഴിക്കടവ്, ചുങ്കത്തറ, കുറുമ്പിലങ്ങോട്, അകമ്പാടം, പുള്ളിപ്പാടം, വെറ്റിലപ്പാറ, ഉറങ്ങാതിർ	198.6 Sq.km
10	കോഴിക്കോട്	കൂടരഞ്ഞി, തിരുവമ്പാടി, നെല്ലിപ്പൊയിൽ, കോടഞ്ചേരി, പുതുപ്പാടി, കേടവൂർ, കൂരാച്ചുണ്ട്, കാന്തലാഡ്, ചക്കിട്ടപാറ, ചെമ്പനോട്,ചെക്കിയാട്, കാവിലുംപാറ, കയക്കോടി, മരുതോങ്കര, നരിപ്പറ്റ, തിന്നൂർ, വളയം, വിലങ്ങാട്	109.0 Sq.km
11	വയനാട്	അച്ചൂരാനം, കോട്ടപ്പടി, കുന്നതിടവക, മൂപ്പൈനാട്, മുട്ടിൽ സൗത്ത്, പടിഞ്ഞാറത്തറ,	102.6 Sq.km

		പൊഴുതന, തരിയോട്, തൃക്കരിപ്പറ്റ, വെള്ളരിമല, കാഞ്ഞിരങ്ങാട്, മാനന്തവാടി, പെരിയ, തവിഞ്ഞാൽ, തിരുനെല്ലി, തൊണ്ടനാട്, തൃശ്ശിലേരി, വെള്ളമുണ്ട	
12	**കണ്ണൂർ**	അയ്യങ്കുന്ന്, ചേരുവഞ്ചേരി, കാണിച്ചാർ, കേളകം, കൊട്ടിയൂർ, മാനന്താന, തോലമ്പ്ര, വെക്കളം, ആലക്കോട്, എരുവശ്ശേരി, നടുവിൽ, നുച്ചിയാട്, പയ്യന്നൂർ, പുളിങ്ങോം, തിമിരി, തിരുമേനി, വയക്കര, വയത്തൂർ, വെള്ളാട്	168.0 Sq.km
13	**കാസർഗോഡ്**	ബളാൽ, കല്ലാർ, മാലോത്, പാണത്തടി, പനയാളം, തായന്നൂർ, വെസ്റ്റ് എളേരി	33.7 Sq.km

ഭാഗം - 2

ദുരന്ത ലഘൂകരണ പ്രവർത്തന പദ്ധതി

4.0 ആമുഖം

ഒരു സമൂഹത്തിന്റെ ജീവിതവും ഉപജീവനവും സംരക്ഷിക്കാൻ ഉദ്ദേശിച്ചുള്ള ചില ലക്ഷ്യങ്ങളും മാർഗങ്ങളും നിറവേറ്റുന്നതിനുള്ള ഒരു ചട്ടക്കൂടാണ് ദുരന്ത ലഘൂകരണ പ്രവർത്തന പദ്ധതി. ആക്ഷൻ പ്ലാനിലെ ഓരോ ലക്ഷ്യങ്ങളും ഫലപ്രദമായി കൈവരിക്കുന്നതിന് രൂപകൽപ്പന ചെയ്തിട്ടുള്ളതാണ് ഈ കർമ പദ്ധതി. ഒരു നീർത്തടത്തിനുള്ളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മണ്ണിടിച്ചിലുകൾ മൂലമുള്ള ദുരന്തങ്ങൾ ലഘൂകരിക്കുന്നതിനാണ് ഇത് ഊന്നൽ നല്കുന്നത്. മണ്ണിടിച്ചിലുകൾമൂലം ഉണ്ടാകാൻ സാധ്യതയുള്ള സാമൂഹികവും സാമ്പത്തികവുമായ പ്രത്യാഘാതങ്ങളും ഇതിൽ ഉൾപ്പെടും. അപകടസാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന റോഡുകൾ ഉൾപ്പെടെയുള്ള എല്ലാ അടിസ്ഥാന നിർമ്മിതികളും പഠന വിധേയമാക്കണം. സുരക്ഷിതമായിട്ടുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ നിർണയിക്കാൻ ജിയോടെക്നിക്കൽ എഞ്ചിനീർമാരും, ജിയോളജിസ്റ്റുകളും അടങ്ങിയ ഒരു വിദഗ്ധസംഘം ജില്ലാതലത്തിൽ ഉണ്ടാവേണ്ടതാണ്.

5.0 ഒരു മണ്ണിടിച്ചിൽ ദുരന്ത ലഘൂകരണ പ്രവർത്തന പദ്ധതിയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ട അനുയോജ്യമായ കാര്യങ്ങൾ:

- **മണ്ണിടിച്ചിലുകളുടെ വിശദാംശങ്ങൾ-** ചെറുതും വലുതുമായ മണ്ണിടിച്ചിലുകളുടെ വിശദാംശങ്ങൾ പ്രാദേശിക തലത്തിൽ ശേഖരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. നേതൃത്വത്തിൽ തയ്യാറാക്കിയ മാർഗരേഖ ഉണ്ടെങ്കിൽ ഉപയോഗിക്കാം. അടുത്ത കാലത്തുണ്ടായതും, ഭാവിയിൽ സംഭവിക്കാൻ സാദ്ധ്യതയുള്ള മണ്ണിടിച്ചിലുകൾ അതിൽ രേഖപ്പെടുത്തണം. മുൻകാല ഉരുൾപൊട്ടലുകളുടെ പൂർണവിവരം ശേഖരിക്കുന്നത് ആ പ്രക്രിയയുടെ കാരണങ്ങളെ ശാസ്ത്രിയമായി വിശകലനം ചെയ്യാൻ സാധിക്കും. മണ്ണിടിച്ചിലുകളുടെ മാപ്പിംഗ്, ഡാറ്റാബേസ് വികസനം എന്നിവക്കായി സന്നദ്ധ സംഘടനകൾ, കേന്ദ്രതല, സംസ്ഥാന തലത്തിലുള്ള ഭരണസംവിധാനങ്ങൾ, കോളേയ്ജ്, സർവകലാശാലകൾ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഉന്നതവിദ്യാഭ്യാസ സ്ഥാപനങ്ങളെ പങ്കാളികളാക്കണം.

- **റിസ്ക് ആൻഡ് ഹസാഡ് അസ്സെസ്സ്മെന്റ്**- റിമോട്ട് സെൻസിങ്ങും ജിഐഎസും ഉപയോഗിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾ ഉയർന്ന അപകടസാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കാൻ സഹായിക്കും. ഓരോ ജില്ലയിലും അപകടസാധ്യത പ്രദേശങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തിയ ദുരന്തസാധ്യതയുടെ തീവ്രതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജില്ലകളെ വിവിധ മേഖലകളായി തിരിച്ചു ഭൂപടങ്ങൾ ((1:50,000) NCESS / ജിയോളോജിക്കൽ സർവ്വേ ഓഫ് ഇന്ത്യ തയ്യാറാക്കിയിട്ടുണ്ട്. അത് സംസ്ഥാന ദുരന്ത നിവാരണ അതോറിറ്റിയുടെ വെബ്സൈറ്റിൽ ലഭ്യമാണ്.

- കൂടാതെ, ഓരോ പഞ്ചായത്തിലും അപകടസാധ്യത കൂടിയ പ്രദേശങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തിയ കഡസ്ട്രൽ സ്കെയിലിൽ (1:5000) ഭൂപടങ്ങൾ (മൈക്രോസോനേഷൻ മാപ്പ്) വിദഗ്ധരുടെയും പ്രാദേശിക സന്നദ്ധ സംഘടനകളുടെയും നേതൃത്വത്തിൽ തയ്യാറാക്കണം. ഈ ഭൂപടത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന സർവ്വേ നമ്പറുകൾ പരിശോധിക്കുന്നതിലൂടെ പൊതുജനങ്ങൾക്ക് അവർ താമസിക്കുന്ന ഇടം അപകടമേഖല ആണോ അല്ലയോ എന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കും. ഇത്തരം ഭൂപടങ്ങൾ വെച്ച് പ്രധാന വികസന പ്രവർത്തനങ്ങൾ അവിടെ നടത്താനുള്ള സാധ്യതയും വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ പരിശോധിക്കാവുന്നതാണ്.

- **ഉരുൾപൊട്ടൽ ദുരന്തത്തിനുള്ള തയ്യാറെടുപ്പ് പദ്ധതി** - ജീവഹാനി, പരിക്കുകൾ, വസ്തുവകകൾക്കും അടിസ്ഥാന സൗകര്യങ്ങൾക്കും സംഭവിക്കാവുന്ന ഗുരുതരമായ നഷ്ടം വിലയിരുത്തി അപകടസാധ്യതകൾ കുറയ്ക്കുന്നതിന് ലക്ഷ്യമിട്ടുള്ള ഒരു തയ്യാറെടുപ്പ് പദ്ധതിക്ക് രൂപം നല്ക്ണം. ഒരു ദുരന്തത്തിന്റെ ഭീഷണിയോട് എങ്ങനെ പ്രതികരിക്കണം എന്നതിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചു വേണം പദ്ധതികൾ തയ്യാറാക്കേണ്ടത്.

- **ബോധവൽകരണം** - ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലെ ഗ്രാമവാസികൾക്ക് ഉരുൾപൊട്ടലിനു മുമ്പും ശേഷവും എന്ത് ചെയ്യണം എന്നതിനെ പറ്റി കൃത്യമായ ധാരണ നല്കണം. ലഘൂകരണ ശ്രമങ്ങളിൽ പ്രാദേശിക തലത്തിലുള്ള ആളുകളുടെ പങ്കാളിത്തം മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനും പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുന്നതിനും ആധുനിക ശാസ്ത്ര സാങ്കേതിക വിദ്യകളായ വ്യത്യസ്ത

ആന്ഡ്രോയിഡ്/ക്ലൗഡ് അപ്പ്ലിക്കേഷനുകളെപ്പറ്റി ജനങ്ങളെ സാക്ഷരതരാകണം. രക്ഷാപ്രവർത്തനത്തിനു പ്രാഥമിക ശുശ്രുഷ നല്കുന്നതിനും തദ്ദേശ വാസികളെ പ്രാപ്തരാകണം.

6.0 പ്രത്യേക ലഘൂകരണ മാർഗങ്ങൾ

6.1 ജലശാസ്ത്രപരമായ മാർഗങ്ങൾ (Drainage Correction)

ഭൗമശാസ്ത്ര പഠന പ്രകാരം, മഴക്കാലത്തു ഭൗമോപരിതലത്തിലുള്ള മേൽമണ്ണും ശിലകളും മറ്റും അടങ്ങിയ വസ്തുക്കൾ ജലപൂരിതമാകുകയും ദുർബലമാകുകയും ചെയ്യും. മഴയുടെ അളവ് കൂടിയാൽ, അവയുടെ സ്ഥിരത കുറയുകയും ഉരുൾപൊട്ടലിനു കാരണമാകുകയും ചെയ്യും. ആയതിനാൽ, വിവിധ ജലനിർജ്ജലീകരണ (Dewatering) മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കേണ്ടതാണ്.

- മലമുകളിലെ ചരിവുകളിൽ പ്രത്യേകിച്ച് ചരിവുകളുടെ കുത്തനെയുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ അധിക മഴവെള്ളം കെട്ടിക്കിടക്കുന്നത് ഒഴിവാക്കി, മഴവെള്ളം സുഗമമായി ഒഴുകി പോകുവാൻ പ്രകൃതിയാലുള്ള നീർചാലുകളിലൂടെയോ, കൃത്രിമ നീർച്ചാലുകൾ നിർമിച്ചോ, ഓരോ പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതി അനുസരിച്ചു വിവിധ മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കുക.

- മലമുകളിലെ ചരിവുകളിൽ പ്രത്യേകിച്ച് ജനവാസമുള്ള പ്രദേശങ്ങളുടെ മുകളിലുള്ള നീർചാലുകളുടെ വഴി തിരിച്ചുവിടൽ, തടയൽ, നികത്തൽ എന്നിവ ഒഴിവാക്കണം.

- കൃഷിക്കും ജനവാസത്തിനും വേണ്ടി ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിലെ തോടുകളുടെ കൈയേറ്റം ഒഴിവാക്കണം.

6.2 ചരിവുകളുടെ സംരക്ഷണം

- 22^0മുകളിൽ ചെരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ വളരെ സൂക്ഷ്മതയോടെ കൈകാര്യം ചെയ്യണം. കോണ്ടൂർ ബണ്ടിഗ് ചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ അത് അവിടുത്തെ നീർച്ചാലുകളെ തടയാത്ത രീതിയിൽ, ചെരുവിനു അനുയോജ്യമായ ഡിസൈനിൽ വിദഗ്ദ്ധരുടെ

സഹായത്തോടെ പ്ലാൻ ചെയ്യണം. മഴവെള്ളം വളരെ പെട്ടെന്ന് ഒഴുകി ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള നീർച്ചാലിൽ എത്തുന്ന രീതിയിൽ ആസൂത്രണം ചെയ്യണം.

- ഇപ്പോൾ തട്ടുകളായുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ, തട്ടുകൾക്കു കുറുകെ ചാലു കീറി, അധിക മഴവെള്ളം കെട്ടിക്കിടക്കുന്നത് ഒഴിവാക്കി, പെട്ടെന്ന് ഒഴുകി ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള നീർച്ചാലിൽ എത്തണം.

- മലചരുവിന്റെ കിഴക്കാംതൂക്കായ ഭാഗം കൃത്യമായി അടയാളപെടുത്തുകയും, നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒഴിവാക്കുകയും ചെയ്യുക.ചരിവുകൾക്കു മുകളിൽ അമിത ഭാരം ഒഴിവാക്കുക.

- ചരിവിന്റെ മുകൾഭാഗത്തു ഭാരക്കൂടുതൽ ഉള്ള, അപക്ഷയം സംഭവിച്ച, അപകടകാരികളായ പാറക്കൂട്ടങ്ങൾ ബ്ലാസ്റ്റിങ്ങില്ലാതെ പൊട്ടിച്ചു മാറ്റണം.

- കുത്തനെയുള്ള ചെരുവുകളെ നൂതന എഞ്ചിനീയറിംഗ് സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് ചരിവിന്റെ അളവ് അപകടം ഇല്ലാത്ത രീതിയിൽ കുറക്കാവുന്നതാണ്.

- ചെരിവ് കൂടിയ ഭാഗങ്ങളിൽ അനുയോജ്യമായ ഭൂവിനിയോഗവും കൃഷിരീതികളും മാത്രം അവലംബിക്കുക. വെള്ളം കെട്ടി നിർത്തി ഉള്ള കൃഷിരീതികൾ ഒഴിവാക്കുക. ഉയർന്ന ചെരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ സീസണൽ കൃഷിക്കു വേണ്ടിയുള്ള നിലം ഇളക്കി മറിച്ചുള്ള കാർഷിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ അഭിലഷണീയമല്ല.

- ചെരിവ് പ്രദേശങ്ങളിൽ മേൽമണ്ണിന് കനം കുറവാണെങ്കിൽ, അതുപോലെ അടിപ്പാറ പലയിടത്തും പൊന്തി നിൽകുകയാണെങ്കിൽ, JCB പോലുള്ളയന്ത്രങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് മണ്ണ് ഇളക്കാൻ പാടില്ല. അത് മണ്ണൊലിപ്പ് / ഉരുൾപൊട്ടലിനെ സഹായിക്കും.

- ചെരിവിന്റെ അടിഭാഗം ബലപ്പെടുത്തുകയോ, സംരക്ഷിക്കുകയോ ചെയ്യുക.

- റോക്ക് ആങ്കറിംഗും, ബോള്ട്ടിംഗും ഒറ്റപ്പെട്ട പാറകല്ലുകളെ പ്രതലങ്ങളിൽ നിന്ന് തെന്നിമാറുന്നതിൽ നിന്ന് സംരക്ഷിക്കും പാറകളിലെ കുഴികളും വിള്ളലുകളും ഗ്രൗട്ടിംഗ് ഉപയോഗിച്ച് നികത്താം.

- സിമന്റ്, സിലിക്കേറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ അക്രിലമൈഡ് എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള സ്ലറികൾചരിവ് കൂടിയ പ്രതലത്തിലെ മണ്ണിൽ നിറക്കുകയോ/ കുത്തിവയ്ക്കുകയോ ചെയ്യുന്നത് മണ്ണിന് ശക്തി പകരുന്നു.

- ജിയോടെക്സ്റ്റൈല്സ്, ജിയോസിന്തറ്റിക്സ്, ജിയോഗ്രിഡുകൾ മുതലായവ ഉപയോഗിക്കുന്നത് ചരിവുള്ള മണ്ണിൻറെ ശക്തി, ഡ്രെയിനേജ് ശേഷി, ഈട് എന്നിവ മെച്ചപ്പെടുത്തും. മണ്ണൊലിപ്പിനെതിരെയുള്ള ചരിവിലേക്കുള്ള ഒരു ഫിൽട്ടറായും ഇത് പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

6.2.1. ചെരിവുകളും സസ്യാവരണങ്ങളും

- ഉറപ്പില്ലാത്ത ചരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ (>22^0) തദ്ദേശീയ ഇനങ്ങൾ (Native species) ആയ വൃക്ഷങ്ങളുടെ വേരുകളുടെ രൂപകല്പന (Root architecture), സാന്ദ്രത (Root density) മനസിലാക്കി, മഹാഗണിപോലുള്ള ആഴത്തിൽ വേരുള്ള മരങ്ങൾ കണ്ടെത്തി നട്ടു പിടിപ്പിക്കുക. ഈ വേരുകൾ ആഴത്തിൽ പോയി ഉറച്ച പാറയിൽ ബോൾട്ട് ചെയ്യുന്നതിനും, അതിലൂടെ ചരിവുകൾക്ക് ദൃഢത കൈവരിക്കുന്നതിനും സാധിക്കും.

- ഉപരിതല സസ്യങ്ങൾ കൊണ്ട് ചരിവ് ബലപ്പെടുത്തുക. ഇതിനെ പൊതുവായി 'ബിയോഫെൻസിങ്' എന്നു പറയും. ഉദാഹരണത്തിന്, മണ്ണൊലിപ്പിന്റെ പ്രതിരോധിക്കാൻ സാധിക്കുന്ന സ്വദേശി സസ്യങ്ങളായ മുള, ഈറ്റ, രാമച്ചം, ഇഞ്ചി, പുല്ല്, എന്നിവ നട്ടുപിടിപ്പിക്കുക. മുള നട്ടുപിടിപ്പിക്കുന്നത് ചരിവുകളെ ബലപ്പെടുത്തുകയും സ്ഥിരത മെച്ചപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഒഴുകിപ്പോകുന്ന വെള്ളത്തിന്റെ വേഗത കുറയ്ക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു.

- സീസണൽ കൃഷിക്ക് യോജിച്ച ചരിവുകളിൽ അനുയോജ്യമായ ഇടവേളകളിൽ ട്രീബെൽറ്റുകൾ വച്ചുപിടിപ്പിക്കുകയും, പരിപാലിക്കുകയും ചെയ്യുക.

- കാറ്റു കൂടുതലുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ പൊക്കം കൂടിയ വൻവൃക്ഷങ്ങൾ ഒഴിവാക്കുക.

- അപക്ഷയം സംഭവിച്ച വനമേഖല കണ്ടെത്തി വനവൽക്കരണം നടത്തുകയും, നിലവിലുള്ള പ്രകൃതിദത്ത വനമേഖല സംരക്ഷിക്കുകയും വേണം.

6.3. തോട്ടം മേഖലകളിൽ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ട കാര്യങ്ങൾ

- കേരളത്തിന്റെ മലയോരമേഖലകളിൽ പ്രധാന വരുമാനം ലഭിക്കുന്നത് തോട്ടവിളകളിൽ നിന്നാണ്. ഇത് ചരിവ് കൂടിയതും, കുറഞ്ഞതുമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ ഒരു നല്ല ശതമാനവും റബ്ബർ മേഖലകളിൽ ആണ് സംഭവിക്കുന്നത് എന്നാണ് പഠനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. റബ്ബർ, ഏലം എന്നീ മരങ്ങൾക്കു ആഴം കുറഞ്ഞ വേരുകൾ ആണ് ഉള്ളത്. ഈ വേരുകൾ ആഴത്തിൽ പോയി ഉറച്ച പാറയിൽ സാധാരണ ബോൾട്ട് ചെയ്യുന്നില്ല. ആയതിനാൽ, ചരിവുകൾക്ക് ദൃഢത കൈവരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നില്ല. ഈ മേഖലയിൽ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ കുറയ്ക്കാൻ പ്രത്യേക കരുതലുകൾ ആവശ്യമാണ്.

- റബ്ബർ കൃഷി പോലുള്ള തോട്ടവിള കൃഷിയിടങ്ങളിലെ മലമുകളിലും ചരിവുകളിലും അധിക മഴവെള്ളം കെട്ടിക്കിടക്കുന്നത് ഒഴിവാക്കി, സ്വാഭാവിക നീരൊഴുക്ക് തടസ്സമില്ലാതെ ഒഴുകുന്നു എന്ന് ഉറപ്പു വരുത്തുക. ഇതിനു പ്രകൃതിയാലുള്ള നീർചാലുകളിലൂടെയോ, കൃത്രിമ മാർഗ്ഗത്തിലൂടെയോ ഓരോ പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതി അനുസരിച്ചു വിവിധ മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കുക.

- റബ്ബർ തോട്ടങ്ങളിൽ റബ്ബർ നടുന്നത് കൊണ്ടൂർ രീതിയിലാണ്. ഈ കൊണ്ടൂർ (contour) പ്ലാറ്റഫോം സാധാരണ അകത്തോട്ടു ചരിച്ചാണ് നിർമ്മിക്കുന്നത്. ഇത് മഴക്കാലത്ത് ധാരാളം വെള്ളം കെട്ടിനില്ക്കാനും, തുടർന്ന് ഉരുൾപൊട്ടലിനു കാരണമാകുകയും ചെയ്യും. ആയതിനാൽ ഈ കൊണ്ടൂർകളുടെ ചരിവ് തൊട്ടടുത്ത നീർചാലുകളിലേക്കു കൊടുക്കുക. ഇത് അധിക മഴവെള്ളത്തെ പെട്ടെന്ന് ഒഴുക്കി വിടും.

- വേറൊന്ന്, ചരിവുകളിലെ റബ്ബർ തോട്ടങ്ങളിൽ ഒരു നിശ്ചിത അകലത്തിൽ (20-25 meter) കൃത്രിമ നീർച്ചാലുകൾ റബ്ബർ പ്ലാറ്റഫോംന് കുറുകെ നിര്മിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിതീവ്രമഴയിൽ ലഭിക്കുന്ന അധികജലത്തെ ഒരു പരിധി വരെ ഒഴുക്കിവിടാൻ സാധിക്കും.

- പുതിയ തോട്ടങ്ങൾക്കു മുറിഞ്ഞു മുറിഞ്ഞുള്ള പ്ലാറ്റഫോം (Strip platforms) പരീക്ഷിക്കാവുന്നതാണ്.

- തേയില തോട്ടങ്ങളിൽ ആഴത്തിൽ വേരോടുന്ന മരങ്ങൾ കൂടുതലായി വച്ച് പിടിപ്പിക്കുന്നത് അവിടുത്തെ ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ ദൃഢത കൂട്ടാൻ ഉത്തമമാണ്.

6.4. നിർമ്മാണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ - എൻജിനീയറിങ് മാർഗ നിർദ്ദേശങ്ങൾ

മണ്ണിടിച്ചിലിനും അനുബന്ധ അപകടങ്ങൾക്കും സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ കെട്ടിടങ്ങളോ അടിസ്ഥാന സൗകര്യങ്ങളോ നിര്മ്മീക്കുന്നതിന് മുമ്പ് നടത്തേണ്ട പൊതുവായ പരിശോധനകൾ ഇവയാണ്.

- ✓ ചരിവുകളിൽ മണ്ണൊലിപ്പ് പരിശോധിക്കുക.
- ✓ ചരിവ് ദൃഢത പരിശോധിക്കുക.
- ✓ നിര്മ്മാണ സ്ഥലം പരിശോധിക്കുക.
- ✓ നിര്മ്മാണ സാമഗ്രികൾ പരിശോധിക്കുക.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത പ്രദേശത്തെ കെട്ടിട നിർമാണത്തിനു പ്രത്യേക ശ്രദ്ധ പതിയണം. കെട്ടിട നിർമാണങ്ങൾ ആരഭിക്കുന്നതിനായി മേൽമണ്ണിന്റെ ഭാരം താങ്ങാനുള്ള ശേഷി, മണ്ണിന്റെ അമ്ലം എന്നിവ പരിശോധിക്കുന്നത് ഉചിതമാണ്.

- 22^0 യ്ക്ക് മുകളിൽ, 100-150 മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ നീളവുമുള്ള ചരിവുകളുടെ അടിത്തട്ടിൽ (Toe part) നിർമ്മിതികൾക്കായി മണ്ണിടിക്കുകയും നിരപ്പാക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾ പൊതുവെ ഒഴിവാക്കണം. ഇനി അങ്ങനെ ചെയ്യേണ്ടി വന്നാൽ, ആ ചരുവിന്റെ മേൽഭാഗം കൂടുതൽ ബലപ്പെടുത്തുന്ന നടപടികൾ വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ സ്വീകരിക്കണം.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ സ്പ്ലിറ്റ് ലെവലിൽ കെട്ടിടങ്ങളുടെ നിർമ്മാണം സുരക്ഷിതമാണ്, കാരണം സ്വാഭാവിക

ചരിവിന് അനുസൃതമായി ഓരോ ഫ്ളോറുകളും ക്രമീകരിക്കാവുന്നതാണ്.

- വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങൾക്കനുസരിച്ചു റാഫ്റ്റ് ഫൌണ്ടേഷനുകൾ, സ്ട്രിപ്പ് ഫൌണ്ടേഷനുകൾ, പൈൽ ഫൌണ്ടേഷനുകൾ മുതലായവ തിരഞ്ഞെടുക്കാവുന്നതാണ്. അടിത്തട്ടിൽ പാറയുടെ മുകളിൽ ഫൗണ്ടേഷനുകൾ നിർമ്മിക്കാം, അത് സാധ്യമല്ലെങ്കിൽ, പാറയുടെ മുകളിൽ ഒരു ഉറച്ച പ്രതലം കിട്ടുന്നതുവരെ കുഴിച്ച്, ആ കുഴിയിൽ കോൺക്രീറ്റ് നിറച്ചതിനുശേഷം കെട്ടിടം നിർമിക്കാം. അടിത്തട്ടിലെ പാറയിലേക്കു ആങ്കർ ചെയ്യുന്ന പില്ലർ (Pillar) ഉപയോഗിച്ചുള്ള വീടുകളാണ് കൂടുതൽ അഭികാമ്യം.

- കെട്ടിടങ്ങളുടെ അടിത്തറയുടെ നിർമ്മാണത്തെ മരങ്ങൾ തടസ്സപ്പെടുത്തുന്നില്ലെന്ന് ഉറപ്പാക്കുക. ഡ്രെയിനേജ് സംവിധാനങ്ങൾ മികവുറ്റതാക്കണം. കൂടാതെ സ്വാഭാവിക ജലനിരപ്പിനെയും ജലാശയങ്ങളെയും ബാധിക്കരുത്.

- അടിത്തറയുടെ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ആഴം സ്വാഭാവിക ഭൂനിരപ്പിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞത് 50cm താഴെയായിരിക്കണം. ഭൂമിയിലേക്ക് പ്രസരിക്കുന്ന ലോഡുകൾ ലഘൂകരിക്കണം.

- ഉയർന്ന മണ്ണിടിച്ചിൽ സാധ്യത പ്രദേശങ്ങളിലെ വിസ്തീര്ണം കൂടിയ കെട്ടിടനിര്മ്മാണ അനുമതിക്കു ജിയോളജി/ജിയോടെക്നിക്കൽ പഠന റിപ്പോര്ട്ട് കൂടി ഉള്പ്പെടുത്തുന്ന രീതിയിൽ കെട്ടിട നിര്മ്മാണ ചട്ടം ഭേദഗതി നടത്തുക.

- വഴുക്കലിന്റെ (sliding) പ്രധാന കാരണം ഭൂഗർഭ ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് ആയതിനാൽ, നീരുറവകളോ കനത്ത ഭൂഗർഭ ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കോ ഉള്ള കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളുടെ ചുവടു ഭാഗത്തെ സ്ഥലങ്ങൾ കെട്ടിട നിർമാണത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കണം.

- പൊതുവെ നീർച്ചാലിനു സമീപം കെട്ടിടങ്ങൾ ഒഴിവാക്കുക. കുറഞ്ഞത് 30 മീറ്റർ എങ്കിലും അകലം പാലിക്കുക. സാധാരണ ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഉരുൾ പൊട്ടുമ്പോൾ അത് നീർച്ചാലുകൾ വഴിയാണ് താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ എത്തുന്നത്.

- നിർണായകമായ മണ്ണൊലിപ്പ് നിരക്കുള്ള ചരിവുകളുടെ ചുവടു ഭാഗം, അതിന്റെ സമീപത്തുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ എന്നിവ കെട്ടിട നിർമാണത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കണം.

- അടിക്കടി മണ്ണൊലിപ്പിന് സാധ്യതയുള്ളതിനാൽ അയഞ്ഞ അവശിഷ്ടങ്ങളോ ഏകീകരിക്കപ്പെടാത്ത കളിമണ്ണോ ഉള്ള ചരിവുകളിലെ സ്ഥലങ്ങൾ കെട്ടിട നിർമാണത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കണം.

- അസ്ഥിരമായ ഭൂഗർഭ ഘടനകള്ക്ക് സമീപമുള്ള സ്ഥലങ്ങൾ കെട്ടിട നിർമാണത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കണം. ഉദാഹരണത്തിന്, ഷിയർ സോണുകളിൽ കണ്ടു വരുന്ന ബലഹീനതയുള്ള ചരിഞ്ഞ പ്രദേശങ്ങൾ ഒഴിവാക്കണം.

- മണ്ണിടിച്ചിലും അനുബന്ധ പരാജയ ചരിത്രവുമുള്ള ചരിവുകളും തൊട്ടടുത്തുള്ള സ്ഥലങ്ങളും മണ്ണിടിച്ചിലുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അപകടസാധ്യതകൾ ഉള്ളതിനാൽ അവ ഒഴിവാക്കേണ്ടതാണ്.

6.4.1 റോഡ് നിർമ്മാണം

- മലയോര മേഖലകളിൽ പിഡബ്ല്യുഡി / പഞ്ചായത്ത് പ്രധാന പാതകൾ നിർമ്മിക്കുമ്പോഴോ, ചെറിയ റോഡുകൾ വീതി കൂട്ടുമ്പോഴോ, ആ റോഡ് കട്ടിങ്ങിന്റെ മുകൾഭാഗത്തുള്ള ദൃഢത നിലനിർത്തുവാൻ വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ നടപടികൾ സ്വീകരിക്കണം. കട്ടിങ്ങിനു സംരക്ഷണ ഭിത്തികൾ കൊണ്ട് താങ്ങു കൊടുക്കണം. അതിൽ വെള്ളം ഒഴുകാൻ വേണ്ട ക്രമീകരണങ്ങൾ ഒരുക്കേണ്ടത് പ്രധാനമാണ്.

- പ്രകൃത്യാൽ ഉള്ള നീർച്ചാലുകൾ തടസ്സപെടുത്താതെ വേണം റോഡ് നിർമിക്കാൻ. റോഡുകളിലും ഓടകളിലും വെള്ളം കെട്ടികിടക്കാത്ത രീതിയിൽ റോഡ് ഡിസൈൻ ചെയ്യുക.

- അസ്ഥിരമായ ചരിവുകളിൽ പ്രത്യേകിച്ച് മണ്ണിന്റെ കനം കൂടുതലുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ മതിയായ എഞ്ചിനീയറിംഗ് ഡിസൈൻ ഇല്ലാത്ത റോഡുകളുടെ നിര്മ്മാണം ഒഴിവാക്കണം.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത പ്രദേശങ്ങളിലെ പൊതുമരാമത്തു വകുപ്പ് കീഴിലുള്ള എല്ലാ പാർശ്വഭിത്തികളും മണ്ണിടിച്ചിൽ പ്രതിരോധശേഷി ഉറപ്പു വരുത്തുന്ന എഞ്ചിനീയറിംഗ് സാങ്കേതിക വിദ്യ ഉപയോഗിക്കണം.

6.5. ശാസ്ത്രീയമായ ഖനനം: മാർഗനിർദ്ദേശങ്ങൾ

പാറകളും, മൂല്യാധിഷ്ഠിത വസ്തുക്കളും മാനവരാശിക്ക് കൂടിയേ തീരു. പാറമടകൾ എവിടെയാവാം എങ്ങനെ ശാസ്ത്രീയമായി പ്രവർത്തിക്കാം എന്നത് പരിശോധിക്കാം.

- NONEL ബ്ലാസ്റ്റിംഗ് (Non-Electrical Blasting) മാത്രമേ ഖനനത്തിന് ഉപയോഗിക്കാവൂ.

- മൺസൂൺ സമയത്തു ബ്ലാസ്റ്റിംഗ് നിർത്തിവയ്ക്കുക.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത കൂടിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ (High Hazard Zone-HHZ, Moderate Hazard Zone-MHZ) ക്വാറികള്ക്ക് പുതിയ പ്രവർത്തനാനുമതി നൽകാതിരിക്കുക.

- ക്വാറികളിൽ ഡ്രില്ലിംഗും ബ്ലാസ്റ്റിംഗും നടത്തുമ്പോൾ അനുവർത്തിക്കേണ്ട വ്യവസ്ഥകൾ, ബഞ്ചുകൾ സംബന്ധിച്ച നിർദ്ദേശങ്ങൾ പാലിക്കുന്നുണ്ടോ എന്നറിയാൻ ഒരു ലോക്കൽ എംപവേർഡ് കമ്മിറ്റി (Local Empowered Committee) പ്രാദേശിക തലത്തിൽ രൂപീകരിക്കണം. ഏതെങ്കിലും മാർഗനിർദേശങ്ങൾ പാലിക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ, ആ വിവരം ജില്ലാ കളക്ടറെയോ, SEIAA / DEIAA യൊ അടിയന്തിരമായി അറിയിക്കുക.

6.6. ചരിവുകളുടെ ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണം

- ലാൻസ്ലൈഡ് മോണിറ്ററിംഗ് - മഴമാപിനികളുടെ ശൃംഖല ദുരന്ത സാധ്യതയുള്ള ജനവാസ മേഖലകളിൽ കൂടുതൽ സ്ഥാപിക്കണം. മഴയുടെതോത് വർധിക്കുമ്പോൾ മുന്നറിയിപ്പ് നൽകുകയും ജനങ്ങളെ ദുരിതാശ്വാസ ക്യാമ്പുകളിലേക്ക് മാറ്റി പാർപ്പിക്കേണ്ടതുമാണ്. സാറ്റലൈറ്റ് ഇമേജിംഗ്, ലിഡാർ, ഇന്റെർനെറ്റ് ഓഫ് തിംഗ്സ് (IOT), ആൻഡ്രോയിഡ്, എഡ്ജ് നെറ്റ് വർക്കിങ് (Edge Networking) മുതലായവ കൃത്യമായ ലാൻസ്ലൈഡ് നിരീക്ഷണം മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിന് സഹായകമാകും.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ നിർണായകമായ ചരിവുകളുടെ നിരന്തര നിരീക്ഷണം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. നിർണായകമായ ചരിവിലെ മാറ്റങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കാൻ ഇന്ക്ലി നോമീറ്റർ (Inclinometer), ടില്റ്റ്മീറ്റർ (Tiltmeter) മുതലായ വിവിധ ചരിവ് അളക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കാം. ഭൂഗർഭജലത്തിലെ മാറ്റങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കാൻ പീസോമീറ്ററുകളും (Piezometer) പ്രഷർ ട്രാന്സ്ഡ്യൂസറുകളും (Pressure Transducer) ഉപയോഗിക്കാം.

- ഇത്തരം നിരീക്ഷണങ്ങൾ വിവിധ ഗവേഷണ-പഠന വകുപ്പുകൾ നടത്തേണ്ടതാണ്.

7.0 തദ്ദേശ സ്വയംഭരണ സ്ഥാപനങ്ങളുടെ നേതൃത്വത്തിൽ തയാറെടുപ്പുകൾ:

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത പ്രദേശങ്ങളിലെ തദ്ദേശ സ്വയംഭരണ സ്ഥാപനത്തിലെ ജനപ്രധിനിധികൾക്കും, മറ്റു ഉദ്യോഗസ്ഥർക്കും ഉരുൾപൊട്ടൽ/മണ്ണിടിച്ചിൽ എന്നിവയെപറ്റി ശാസ്ത്രീയ അവബോധം നൽകുന്ന അവബോധ പരിപാടികൾ ജിയോളജിസ്റ്റുകളും /ജിയോടെക്നിക്കൽ എഞ്ചിനീയർമാരും നേതൃത്വത്തിൽ സംഘടിപ്പിക്കുക.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് പ്രദേശവാസികൾക്കിടയിൽ അവബോധം സൃഷ്ടിക്കുക.

- സന്നദ്ധ സംഘടനകളുടെ (NGOs) പങ്കാളിത്തം ദുരന്ത ലഘൂകരണ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉറപ്പാക്കണം.

- ഓരോ പഞ്ചായത്തിലും ഉരുൾപൊട്ടൽ അപകടസാധ്യത കൂടിയ പ്രദേശങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തിയ കഡസ്ട്രൽ സ്കെയിൽ (1:5000) മാപ്പുകൾ (മൈക്രോസോനേഷൻമാപ്പ്) വിദഗ്ദ്ധരുടെയും പ്രാദേശിക സന്നദ്ധസംഘടനകളുടെയും നേതൃത്വത്തിൽ തയ്യാറാക്കണം.

- മേൽപ്പറഞ്ഞ ഭൂപടങ്ങൾ പരിശോധിച്ച് വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യതാ പ്രദേശങ്ങളിൽ എന്തൊക്കെ ചെയ്യാം, ചെയ്യാൻ പാടില്ല എന്ന് ജനങ്ങളെ ബോധവൽക്കരിക്കണം.

- ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത പ്രദേശങ്ങളിൽ മുന്നറിയിപ്പു നൽകുന്ന പരസ്യ ബോഡുകൾ സ്ഥാപിക്കുക

- മലയോര പഞ്ചായത്തുകളിലെ 22^{0} ക്ക് മുകളിലുള്ള ചരിഞ്ഞ പ്രദേശങ്ങളിൽ നടത്തുന്ന വിവിധ വികസന പ്രവർത്തനങ്ങൾ, റോഡ് നിർമാണം, കെട്ടിട നിർമാണം, ഖനനം എന്നിവയ്ക്ക് നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ച ദുരന്ത ലഘൂകരണ മാർഗനിർദേശങ്ങൾ കർശനമായി പാലിക്കണം.

- മലയോര പ്രദേശങ്ങളിലെ എല്ലാ പഞ്ചായത്തു ഓഫീസുകളിലും ജിയോളജി / ജിയോടെക്നിക്കൽ എഞ്ചിനീയർ സേവനം ഉറപ്പു വരുത്തുക.

- ഉരുൾപൊട്ടലിനെ ലഘൂകരിക്കാൻ വേണ്ടി പ്രാദേശികമായ പരമ്പരാഗത അറിവുകൾ (Indigenous Knowledge) ശേഖരിക്കുക.

- മലയോര പ്രദേശങ്ങളിൽ കാലവർഷത്തിനു മുൻപായി ഗ്രാമസഭകൾ കുടി പ്രാദേശികമായ ഉരുൾപൊട്ടൽ ലഘൂകരണ തയ്യാറെടുപ്പുകളും, ഇടപെടലുകളും നടത്തുക.

- അതിവർഷം ഉണ്ടാവുന്ന സമയങ്ങളിൽ പ്രാദേശികമായി മലമുകളിലും ചരുവകളിലും ഉരുള്പൊട്ടലിനു സാധ്യത ഉണ്ടോ എന്ന് നിരീക്ഷിക്കാൻ വേണ്ടി ഉരുൾപൊട്ടൽ ലഘൂകരണ നിയുക്ത സംഘങ്ങൾക്ക് (Task force) പ്രാദേശികമായി രൂപം നൽകുക.

- മേൽപ്പറഞ്ഞ നിയുക്ത സംഘങ്ങൾ പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന മുന്നറിയിപ്പുകൾ ശ്രദ്ധയോടെ വീക്ഷിക്കുക. പ്രേത്യകിച്ചു പാറയിൽ കാണുന്ന വിള്ളലുകൾ, വെള്ളം കെട്ടി നിൽക്കുന്ന അവസ്ഥ, അമിതമായി ചെളിവെള്ളം കലർന്ന തോട്, പുഴ എന്നിവ കണ്ടാൽ ഉടൻ അധികൃതർക്ക് റിപ്പോർട്ട് ചെയ്യുക.

7.1 പുനരധിവാസം

7.1.1 ഹ്രസ്വകാല പദ്ധതി

- കുടിയൊഴിപ്പിക്കപ്പെട്ടവർക്കും, ഉപജീവനമാർഗം നഷ്ടപ്പെട്ടവർക്കും വേണ്ടത് സുരക്ഷിതമായി താമസിക്കാൻ മാന്യമായ ഒരിടമാണ്. അതിനായി, വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ സുരക്ഷിത സ്ഥലങ്ങൾ പഞ്ചായത്ത് അധികൃതർ കണ്ടെത്തുക.

- കണ്ടെയ്നർ വീടുകളോ, പ്രീ ഫാബ്രിക്കേറ്റഡ് വീടുകളോ സുരക്ഷിതമായ ഇടങ്ങളിൽ ദുരിതത്തിലായവർക്ക് നൽകുക. ഒപ്പം കുടിവെള്ളവും, കുക്കിംഗ് ഗ്യാസും നൽകുക.

- പൊതുസമൂഹ കെട്ടിടങ്ങളായ സ്കൂളുകൾ, കോളേജുകൾ, മതപഠനശാലകൾ മുതലായവ സാധാരണയായി സുരക്ഷിതമായ ഇടക്കാല ഡിസാസ്റ്റർ റിലീഫ് ഷെൽട്ടറുകൾ ആണ്.

- അതുപോലെ, ദുരിതത്തിലായവരുടെ കന്നുകാലികളെ പാർപ്പിക്കാൻ ഒരു പൊതുയിടം കണ്ടെത്തുക.

7.1.2 ദീർഘകാല പദ്ധതി

- കുടിയൊഴിപ്പിക്കപ്പെട്ടവർക്കും, ഉപജീവനമാർഗം നഷ്ടപ്പെട്ടവർക്കും സ്ഥിരം താമസിക്കുവാൻ ബഹുനില ഫ്ലാറ്റ് സമുച്ചയങ്ങൾ പണിയുവാൻ സുരക്ഷിത സ്ഥലങ്ങൾ പഞ്ചായത്ത് അധികൃതർ കണ്ടെത്തുക. ഇത് കെട്ടിടനിർമാണ ചെലവുകൾ കുറക്കുകയും, ഒന്നിൽ കൂടുതൽ കുടുംബങ്ങളെ ഒന്നിച്ചു താമസിക്കാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്യും.

- അവരുടെ പ്രശ്നബാധിത ഭൂമി സാധാരണനിലയിൽ ആയിക്കഴിഞ്ഞാൽ, അവിടെ അനുയോജ്യമായ കൃഷി ചെയ്യുവാനും, കന്നുകാലികളെ വളർത്തുവാനും വിദഗ്ദ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ അനുവദിക്കുക.

8.0 വ്യക്തികൾ ചെയ്യേണ്ടത്

- ഒരു വ്യക്തി മലയോര മേഖലയിൽ കെട്ടിടം പണിയുന്നതിന് സ്ഥലം മേടിക്കാൻ ആഗ്രഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിനു മുൻപായി, ആ സ്ഥലം ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത മേഖലയാണോ എന്നും അവിടെ കെട്ടിടനിർമാണം സാധ്യമാണോ എന്നും അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. പ്രസ്തുത സ്ഥലത്തിന്റെ സർവ്വേ നമ്പർ ഉപയോഗിച്ച് ജില്ലാതലത്തിൽ / പഞ്ചായത്ത് തലത്തിൽ തയ്യാറാക്കിയിട്ടുള്ള ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത ഭൂപടത്തിൽ വസ്തുവിന്റെ സ്ഥാനം കണ്ടെത്തി വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ അത് സുരക്ഷിതമായ സ്ഥാനം ആണോ എന്ന് ഉറപ്പിക്കുക. സുരക്ഷിതം അല്ലെങ്കിൽ സുരക്ഷിതമായ മറ്റിടങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

- ഒരു വ്യക്തി അപകടസാധ്യത മേഖലയിൽ ചെരിവ് കട്ട് ചെയ്തു, ഭൂമി നികത്തി വീട് പണിതിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ ആ കട്ടിഗിന്റെ മേൽഭാഗത്ത് വരുന്ന ചരിവിനെ സ്ഥിരപ്പെടുത്താൻ വേണ്ട നടപടികൾ വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ സ്വീകരിക്കേണ്ടതാണ്. ഇതിനായി നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ച ജലനിർജലീകരണ മാർഗങ്ങൾ, ചരിവിനെ ദൃഢപ്പെടുത്തുന്ന മാർഗങ്ങൾ എന്നിവ അനുയോജ്യമായി സ്വീകരിക്കുക.

9.0 കൃഷിയിടങ്ങളിൽ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത്

- ഒരു വ്യക്തി മലയോര മേഖലയിൽ കൃഷി ആവശ്യത്തിന് സ്ഥലം മേടിക്കാൻ ആഗ്രഹിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അതിനു മുൻപായി, ആ സ്ഥലം ഉരുൾപൊട്ടൽ സാധ്യത മേഖലയാണോ എന്നും അവിടെ ഏതൊക്കെ കൃഷികൾ സാധ്യമാണ് എന്നും അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് അത്യാവശ്യമാണ്. അതിനായി നേരത്തെ പറഞ്ഞിട്ടുള്ളതുപോലെ ആ സ്ഥലം സുരക്ഷിതം ആണോ എന്ന് വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ പരിശോദിച്ചു ഉറപ്പു വരുത്തുക. സുരക്ഷിതമല്ലെങ്കിൽ അവിടെ നിന്ന് പിൻവാങ്ങി സുരക്ഷിതമായ മറ്റിടങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

- ഒരു വ്യക്തിക്ക് അപകടസാധ്യത മേഖലയിൽ കൃഷിചെയ്തു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഭൂമി ഉണ്ടെങ്കിൽ നേരത്തെ പറഞ്ഞതുപോലെ ആ ഭൂമിയുടെ സുരക്ഷിതത്വം പരിശോധിക്കുക. അത് അപകടമേഖലയിൽ ആണെങ്കിൽ വിദഗ്ധരുടെ സഹായത്തോടെ അനുയോജ്യമായ കൃഷിരീതി കണ്ടെത്തുക. അതുപോലെ നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ച ജലനിർജലീകരണം,

ചരിവ് സ്ഥിരപ്പെടുത്തുന്ന വിവിധ മാർഗങ്ങൾ എന്നിവ അനുയോജ്യമായി കണ്ടെത്തി നടപ്പിലാക്കുക.

REFERENCES

Achu, A.L, Sabu Joseph, C. D. Aju and John Mathai (2021). Preliminary analysis of a catastrophic landslide event on 6 August 2020 at Pettimudi, Kerala State, India. Landslides. Springer. https://doi.org/10.1007/s10346-020-01598-x (**IF= 4.25**).

Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient oscieties: conceptual frameworks and definitions. Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient oscieties. J. Birkmann. Tokyo, United Nations University Press: 9-54.

Choi K. Y., Raymond W.M. Cheung (2013), Landslide disaster prevention and mitigation through works in Hong Kong, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Volume 5, Issue 5, Pages 354-365, ISSN 1674-7755, https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2013.07.007.

Edris Alam, Nibedita S. Ray-Bennett (2021), Disaster risk governance for district-level landslide risk management in Bangladesh, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 59, 102220, ISSN 2212-4209, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102220.

KSDMA, 2016: Kerala State Disaster Management Plan.

Parkash Surya (2019): Landslide Preparedness Guidelines for Safety of Buildings on Slopes; published by National Institute of Disaster Management, Ministry of Home Affairs, Government of India, New Delhi-110001, India, page 80.

Patricia J. Owens; Anthony Forgione Jr.; Susan Briggs (2005). Challenges of international disaster relief: Use of a Deployable Rapid Assembly Shelter and Surgical Hospital, 3(1), 11-16. doi:10.1016/j.dmr.2004.10.004

Qulin Tan, Minzhou Bai, Pinggen Zhou, Jun Hu, Xiaochun Qin, (2021). Geological hazard risk assessment of line landslide based on remotely sensed data and GIS, Measurement, Volume 169, 108370, ISSN 0263-2241, https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108370.

Sreekumar S ,Deljo Davis, Arun Prabhakar, Aaron Wilson, Arish Aslam (2010). Hazard and risk evaluation of landslide prone areas in Kerala Western Ghats, KSCSTE, Thiruvanathapuram.

Sreeni K R (2020). An Underground water balancing system - an innovative and natural approach in hilly areas: a case study in Trissure district, Kerala, India. J. Indian Water Resource. Soc. V.40, No.3, pp.47-50.

Thampi P.K, Mathai .J, Sankar G, Sidharthan S (1998). Evaluation study in terms of landslide mitigation in parts of Western Ghats, Kerala. CESS, Thiruvanantapuram.

Tim Davies (2022), Chapter 16 - Reducing landslide disaster impacts, Editor(s): Tim Davies, Nick Rosser, J.F. Shroder, In Hazards and Disasters Series, Landslide Hazards, Risks, and Disasters (Second Edition), Elsevier, Pages 623-639, ISBN 9780128184646, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818464-6.00012-3.

Tim Davies, Nick Rosser (2022), Chapter 1 - Landslide hazards, risks, and disasters: introduction, Editor(s): Tim Davies, Nick Rosser, J.F. Shroder, In Hazards and Disasters Series, Landslide Hazards, Risks, and Disasters (Second Edition), Elsevier, Pages 1-12, ISBN 9780128184646, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818464-6.00017-2.

Published by

ISBN 978-93-5620-552-9

9 789356 205529

DEPT. OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, UNIVERSITY OF KERALA
THIRUVANANTHAPURAM 695581