

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra biotechnických úprav krajiny



Eroze a protierozní ochrana v Itálii

Bakalářská práce

Autor práce: Simona Navrátilová

Vedoucí práce: prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

PRAHA 2009

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu prof. Ing. Miloslavu Janečkovi, DrSc. za konzultace a cenné rady a panu Lorenzu Marchi z italské Národní rady pro výzkum (CRN) za informace a podklady pro vypracování této bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma: „Eroze a protierozní ochrana v Itálii“ vypracovala samostatně s použitím níže uvedené literatury.

V Praze dne

Simona Navrátilová

Anotace

Bakalářská práce se zabývá erozí a protierozní ochranou se zaměřením na výskyt tohoto jevu v Itálii. První část je věnována všeobecnějšímu pohledu na erozi. Rozebírá příčiny, následky, druhy eroze, obranné prvky a jejich možné využití. V další části je pak pojednáno o výskytu těchto procesů v Itálii. Zachycen je rozsah eroze, faktory, které ji ovlivňují, metody a projekty hodnotící její rizika, mapující ohrožená místa a používaná protierozní opatření. Zvlášť jsou zde zmíněny erozní procesy, které probíhají v horách, na zemědělských pozemcích a na pobřeží.

Cílem práce je shrnout údaje o vývoji a současném stavu eroze a protierozních opatřeních v Itálii s přihlédnutím na faktory, kterými jsou tyto jevy ovlivňovány a na způsoby hodnocení a mapování eroze v rizikových oblastech.

Klíčová slova: eroze, protierozní opatření

Anotation

The bachelor thesis deals with the erosion and soil conservation protection focusing on occurrence this phenomenon in Italy. First part is devoted to general view of the erosion. It examines the causes, consequences, types of erosion, defense elements and their possible use. In the other part is dealt with the occurrence of these processes in Italy. The part deals with the extent of erosion, methods and projects assess the risks, mapping endangered places and used soil conservation measures. The erosion processes occurring in the mountains, on agricultural land and on the coast there are specifically mentioned.

The aim of the thesis is summarized the evolution and current state of erosion and soil conservation measures in Italy taking into account the factors that are influenced these phenomena and the methods of evaluation and mapping of erosion risk areas.

Keywords: erosion, soil conservation protection

OBSAH:

1.	Půdní eroze	2
1.1.	Příčiny eroze.....	2
1.2.	Druhy eroze a protierozní opatření.....	3
1.2.1.	Vodní eroze.....	3
1.2.2.	Větrná eroze.....	9
1.2.3.	Zemní eroze.....	11
1.2.4.	Ledovcová eroze.....	12
1.2.5.	Sněhová eroze.....	12
1.2.6.	Antropogenní eroze	13
2.	Eroze v Itálii.....	14
2.1.	Eroze v horách.....	15
2.1.1.	Protierozní opatření.....	18
2.1.2.	Teorie budoucího vývoje eroze v Alpách.....	20
2.2.	Eroze na zemědělských pozemcích.....	22
2.2.1.	Protierozní opatření.....	24
2.3.	Abraze mořského pobřeží.....	25
2.3.1.	Protierozní opatření.....	27
2.4.	Závěr.....	31
2.5.	Seznam zdrojů a literatury.....	32
2.6.	Seznam obrázků a grafů.....	36

1. Půdní eroze

Proces půdní eroze je přirozeným jevem rozrušování zemského povrchu. Dochází při něm k transportu hmoty a k jejímu ukládání v místech, kde není dostatečná energie, jež by částice dále odnášela. V přirozených podmínkách probíhá eroze pozvolna a může být prospěšná řadě ekosystémům. Na mnoha místech světa se díky činnosti člověka její intenzita značně zvýšila a způsobuje nemalé škody.

Důsledkem eroze je zejména trvalá ztráta půdy, která nejvíce postihuje zemědělské plochy. Při transportu zeminy dochází ke ztrátě živin a následnému snížení úrodnosti. Nižší stupeň eroze způsobuje transport jemných půdních částic, čímž se mění textura i struktura půdy a snižuje se vodní kapacita. Intenzivnější eroze může odnést značnou část vrchní půdy, což vede ke snížení propustnosti vody a následný špatný růst vegetace. Větrná eroze odnáší půdní částice, a tak zapříčiňuje obnažení kořenů rostlin a jejich následné usychání.

Eroze mimo jiné vyvolává zakalení vody, poškozují prostředí pro vodní organismy a sedimentací splavenin způsobuje zanášení vodních toků, nádrží, staveb na tocích a zvyšuje niveletu dna. Následkem jsou zvýšené náklady na úpravu vody a těžbu nánosů.

[1;3]

1.1. Příčiny eroze

Eroze je způsobena gravitací. Existuje však mnoho faktorů, které její intenzitu ovlivňují. Negativní dopady na degradaci půdy mají přívalové deště, nedostatečná ochrana půdy vegetací, vytváření příliš velkých oraných půdních celků, snížení vsaku vody do půdy, rušení hydrografických prvků či nezpevněná koryta a břehy toků.

Činitelé, kteří mají značný vliv na erozi dělíme na klimatické a hydrologické. Jedná se o zeměpisnou polohu území, nadmořskou výšku, množství rozdělení a intenzita srážek, teplota, oslunění, výpar, odtok, výskyt, směr a síla větru. K morfologickým poměrům patří sklon, délka a tvar svahu, expozice a nevětrnost. Na erozi značně působí geologické a půdní poměry (povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu). Důležitý je dostatečný vegetační kryt. Odlesněné svahy nebo spásané pozemky rychleji podléhají erozi. Významným činitelem současnosti je činnost člověka. Lidé zodpovídají za způsob využívání a obhospodařování půdy, rozhodují o umístění a tvaru pozemku či směru obdělávání. Značným zásahem do krajiny je stavba komunikací a obydlí, jimiž dochází k narušování přirozených říčních sítí. Výsledkem je stékání povrchového odtoku do míst, kam by voda normálně neproudila.

[1;3]

1.2. Druhy eroze a protierozní opatření

1.2.1. Vodní eroze

Dešťové kapky svou kinetickou energií rozrušují půdní povrch. V případě, že je úhrn srážek větší než vsakovací schopnost půdy, dochází k povrchovému odtoku a transportu uvolněných částic. Během tohoto procesu vznikají odtokové dráhy, které mohou v extrémních podmínkách vytvářet až několik metrů hluboké strže. Odnášený půdní materiál se ukládá v níže ležících polohách nebo se dostává do hydrografické sítě, kde tvoří splaveniny.

Nejvýznamnějšími činiteli těchto procesů jsou srážky a povrchový odtok, morfologie území, geologické a půdní poměry, vegetační kryt a způsob využívání půdy. Značný vliv na vodní erozi mají přívalové srážky. Zvlášť nebezpečné bývají deště s úhrnem srážek nad 20 mm. Působí na malé ploše, s vysokou intenzitou a krátkou dobou trvání. Z těchto srážek rychle vzniká povrchový odtok, který má výrazné erozní dopady na půdní povrch. Kinetická energie srážek udává jejich erozní účinek, který je někdy označován jako index erozivity. Zkoumá vztah mezi intenzitou deště, jeho trváním a hmotností, průměru a rychlosti dopadu vodních kapek. Index nemůže být použit pro velmi prudké tropické deště.

[1;3]

Rozeznáváme tři formy povrchové vodní eroze:

Plošná vodní eroze: Při selektivní erozi dochází ke smyvu půdní hmoty na celé ploše území. Odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky do dolních částí svahů. Postižená místa mění svou texturu a jsou chudá na živiny. Tento proces je dosti nebezpečný, protože probíhá zvolna a často nepozorovaně. Způsobuje rozdílný růst, kvalitu i barvu rostlin a vybělování svahů. Při vyšší intenzitě deště vzniká eroze vrstevná. Projevuje se na kompletní ploše území nebo probíhá v širokých pruzích a obvykle odnáší celé orniční vrstvy.

Výmolová vodní eroze: Vzniká soustředěným povrchovým odtokem. Stékající voda vytváří na povrchu půdy mělké rýžky, které se postupně prohlubují. Podle hloubky rýh známe erozi rýžkovou, brázdovou, rýhovou (velmi často se vyskytuje na kukuřičných polích s malým vegetativním krytem), výmolovou a velmi nebezpečnou erozi stržovou, u které rýhy mohou dosahat až do několika metrů.

Proudová vodní eroze: Jedná se o erozi ve vodních tocích, při které dochází k rozrušování dna (eroze dnová) nebo břehů (eroze břehová) působením vodního proudu. [1;3;6]

Na vodní erozi působí řada faktorů. Jejich kvantitativní účinek lze vyjádřit tzv. univerzální rovnicí pro výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy (**USLE**) dle Smitha Wischmeiera z roku 1978, která je používána v mnoha zemích včetně Itálie (viz Obr.1.1.).

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy

R – faktor erozní účinnosti deště - závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu.

K - faktor erodovatelnosti půdy – vyjadřuje náchylnost půdy k erozi, závisí na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti

L - faktor délky svahu - vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S - faktor sklonu svahu – s vyšším sklonem svahu se zvyšuje ztráta půdy erozí

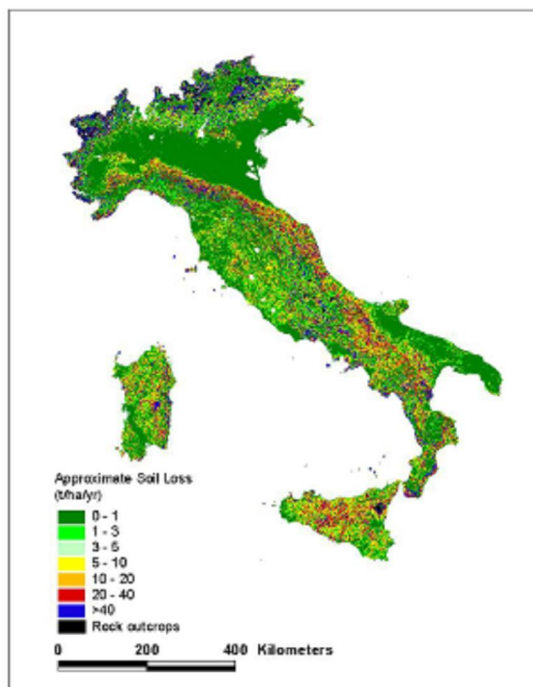
C- faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu -
závisí na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P- faktor účinnosti protierozních opatření

Pozemek je dostatečně zabezpečen proti vodní erozi, jestliže výsledná hodnota G nepřekračuje přípustnou ztrátu půdy. Ta je stanovena v závislosti na zastoupení orné půdy v povodí v % nebo podle hloubky orných půd. [4]

V 90. letech došlo na základě získaných zkušeností k prověření, aktualizaci a úpravě tzv. univerzální rovnice. Jejím výstupem se stala nová Revidovaná univerzální rovnice

ztráty půdy (**RUSLE**). Při výpočtu je oproti původní rovnici změněn algoritmus výpočtu jednotlivých faktorů. Jeho výhodou je možnost předpovědět průměrnou ztrátu půdy pro každou z kombinací systému obdělávání, osevního postupu a ochranných opatření na konkrétním místě. Přestože dochází k problémům při získání většího množství potřebných



Obr. 1.1. Aktuální riziko eroze v Itálii [2]

dat, konečná zjištění jsou přesnější a zejména možnost výpočtu pomocí počítačových programů zajišťuje jednoduchost a rychlost dosažení výsledků.

Pro stanovení možnosti vzniku eroze je nutné znát charakteristiky a hodnoty povrchových a podpovrchových odtoků daného území. Povrchový odtok je ovlivňován řadou faktorů. Závisí na rozdělení srážek v prostoru a čase, akumulaci v povodí a korytech či hydraulice vodního toku. Pro výpočet hodnot povrchového odtoku byla v USA vyvinuta metoda CN křivek. Metoda předpokládá, že výška odtoku dělena úhrnem srážek se rovná podílu objemu vody zadržené při odtoku a retenci potenciální. Z výsledků zjistíme charakteristiky přímého odtoku, který vzniká během přívalových dešťů z povodí o ploše od 5 do 10 km². Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický (voda do půdy stéká po mělce uložené a málo propustné vrstvě, vyvěrá opět na povrch).

Metoda CN křivek se využívá zejména při navrhování a posuzování technických protierozních opatření. Nelze ji však použít pro výpočet odtoku z tání sněhu. Moderní technologie umožňuje generovat výsledné hydrografy pomocí modelu HydroCAD. [1;4]

Ochrana proti vodní erozi:

Organizační protierozní ochrana

Návrh a realizaci protierozních opatření je nutno uskutečňovat jako komplexní systém, jež musí splňovat základní principy ochrany půdy před erozí. Tím je zajištěno včasné zachycení a snížení rychlosti povrchově odtékající vody a její vsak do půdního profilu. Z ohledem na finanční i realizační náročnost postupujeme při návrhu opatření od nejjednodušších organizačních a agrotechnických opatření k opatřením technického charakteru.

Organizační opatření zajišťuje vhodné umístění pěstovaných plodin. Na rovnějších pozemcích se doporučuje pěstovat kultury náchylné na erozi (kukuřice, brambory). Oproti tomu na svazích se sklonem nad 50 % by měly být zachovány lesní porosty. Velikost a tvar pozemku značně ovlivňují místní geografické poměry a požadavky na přístupnost pozemků a způsob obhospodařování. Z hlediska ochrany by rozměr pozemků orné půdy neměl převyšovat přípustnou délku ve směru sklonu, která je stanovena na základě vypočtené přípustné ztráty půdy erozí. Účinným organizačním opatřením je pásové střídání plodin. Tímto postupem vznikají pásy plodin chránících půdu (jedná se o travní porosty, jeteloviny, vojtěšku či ozimé obilniny), jež sázíme ob jeden pás s rostlinami méně odolnými erozi (může to být kukuřice, různé okopaniny). Podle sklonu pozemku mohou být široké od 20 do 40 m. Delimitací druhu pozemku se plocha rozčlení na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. Tam, kde z hlediska ztrát půdy erozí

není možno plochu využít pro pěstování zemědělských plodin, se vytváří ochranné zatravnění. Po obvodu nádrží nebo vodotečí se mohou budovat zatravněné či zalesněné protierozní pásy. [1;5]

Agrotechnická a vegetační ochrana

Ochrana půdy vegetačním pokryvem je nejdůležitější v období od května do srpna, kdy je povrch ohrožen nejvíce a to tajícím sněhem a přívalovými srážkami. Rostliny mají různou míru schopnosti chránit půdu před vodní erozí. Travní porosty, jetelotrávy a jeteloviny mají vysoký protierozní účinek po celé vegetační období. Nižší potenciál ochrany mají obiloviny, meziploidy a luskoviny, jež předcházejí erozi jen po větší část vegetačního období. Nejnižší protierozní účinek byl zaznamenán u tzv. širokořádkových plodin jako je kukuřice, brambory či cukrová řepa.

Použití agrotechnických protierozních opatření je vhodné zejména tam, kde už nepostačuje nejjednodušší organizační ochrana. Její podstatou je zabezpečení pokryvu půdy na erozně ohrožených pozemcích po celý rok. Při ochranném obdělávání je na povrchu země ponecháno nejméně 30% rostlinných zbytků. Mezi účinná agrotechnická opatření patří přímý výsev do ochranné plodiny, strniště, mulčování, využívání meziploidy a snížení pracovních postupů. Využívá se zde radličkových kypřičů (viz Obr. 1.2.), jež dokáží mělce nakypřit půdu a částečně do ní zapracovat zbytky rostlin. Na povrchu se vytvoří nastýlka. Vrstva kypřené hmoty jako je rašelina, kompost či zbytky vegetace, představují opatření proti erozi a zejména proti vysychání. Dalším



Obr. 1.2. Čelní radličkový kypřič [5]

využívaným opatřením je úprava struktury půdy, která udržuje příznivé vlastnosti půdy. Dochází zde k přísunu organické hmoty do půdy pěstováním jetelovin a trav, ponecháním posklizňových zbytků, zeleným hnojením či pravidelným hnojením.

Orba by měla být prováděna ve směru vrstevnic, popřípadě s mírným odklonem za pomoci otočných pluhů. Překlápění půdy proti svahu značně přispívá k ochraně půdy před erozí. Jednou orbou se zadrží až 10 tun ornice na každém ha. [1;4;5]

Širokořádkovým plodinám, které mají nejmenší protierozní potenciál, je při návrhu opatření věnována značná pozornost. Ochranu *kukuřice* může zajistit vrstevnicové obdělávání či výsev do půdy tradičně zpracované s ochrannou podplodinou např. ozimým žitem v meziřadí. Značně používaným protierozním opatřením je setí kukuřice do mulče. Převážnou část roku kukuřici ochrání setí do celoplošně zkypřeného strniště po přemrznuté meziplošině (nejvhodnější se osvědčila být hořčice bílá nebo svazenka vratičolistá). Kypření je prováděno radličkovým nebo rotačním kypřičem, který dokáže mechanicky odstranit plevel. Výhodou je, že metodu lze realizovat i na půdách s horší strukturou. Dalším způsobem použití mulče je zasetí kukuřice do slámy obilní předplodiny ponechané na povrchu půdy nebo mělce zapravené kypřením. Tato varianta je snáze prováděna rotačním přesným secím strojem. Při opatření se k likvidaci vzešlého plevele používají herbicidy. Třetí z možných variant poskytující největší protierozní ochranu je přímé setí kukuřice strojem s kotoučovými secími botkami do přemrznuté meziplošiny a ponechaných rostlinných zbytků. Nevýhodou je menší prokypření výsevné rýhy, což na půdách s horší strukturou vede ke snížení teploty půdy a pozdějšímu vzcházení.

Další ohroženou tzv. širokořádkovou plodinou je *brambor*. Nebezpečí může snížit předplodina v podobě jetele nebo jetelotrávy. Přes zimní období a v době tání sněhu půdu spolu se strništěm ochrání mulč ze slámy. Než dojde k výsadbě, půda je zpracována kypřením za pomoci diskového nářadí. Účinným opatřením proti erozi je hrázkování. Provádí se hrázkovačem bezprostředně po výsadbě a po kultivačních zásazích do doby plného zapojení porostu. Vytvořený akumulací prostor, který zadrží srážky přímo na zemědělské ploše, zabrání vzniku povrchovému odtoku. Toto opatření se nejvíce osvědčilo na svazích do sklonu 7% při maximální délce pozemku 300m. [1;3;4;5]

Technická protierozní opatření

Trvale účinná mohou být při správném návrhu a vybudování technická opatření. Odstranění vertikálních nerovností a příčných sklonů *terénními urovnávkami* se zamezuje soustředěvanému povrchovému odtoku. Avšak možnost vzniku nerovnoměrné mocnosti půdního profilu omezuje realizaci tohoto opatření jen na hluboké sprašové půdy.

Využít velmi svažité pozemky (o sklonu > 20%) lze pomocí *terasování*. Zatímco se ve středověku budovali terasy úzké, v šedesátých až osmdesátých letech vzhled čtných kopců změnily terasy velkoplošné (široké). Tvar terasových stupňů a jejich výška závisí na sklonu území, hloubce půdního profilu a způsobu obhospodařování. Jejich součástí bývají i

protierozní hydrotechnické objekty, odvodňovací příkopy, průlehy a kanály. Terasy nacházejí uplatnění v sadech nebo vinicích (viz Obr. 1.4.).



Obr. 1.4. Typický pohled na Italské vinice chráněné terasami [21]

Pro odvod vod z přívalových dešťů se používají hydrografické prvky. Za tímto účelem se budují protierozní *příkopy*. Tyto prvky se navrhují jako otevřené, zpevněné nebo nezpevněné, lichoběžníkového tvaru. Příkopy záchytné (odvodové) slouží k ochraně před přítokem vnějších vod, zejména z lesních porostů. Své uplatnění našly na svazích se sklonem do 20%. K zamezení příliš velké nepřerušené délky povrchového odtoku se budují příkopy sběrné, jejichž úkolem je zachycení vnitřních vod. Neškodný odvod vod do recipientu zajišťují příkopy svodné. Při navrhování příčného profilu a sklonu příkopů je nutno dbát ohled na schopnost zařízení odvést vypočítaný kulminační průtok a na možnost jeho zanesení.

Nejúčinnějšími hydrografickými opatřeními jsou přejezdné *průlehy*. Jedná se o mělké, pouze vegetací zpevněné široké příkopy s mírným sklonem svahů (1:5 až 1:10). Existují průlehy záchytné, které chrání pozemek před cizí vodou. Průlehy sběrné vsakovací s nulovým nebo malým podélným sklonem, které slouží k zasakování veškeré přitékající vody. Tato opatření jsou navrhována v místech, kde překračuje délka pozemku přípustnou délku a u propustných půd. Do svodných průlehů, které tvoří zatravněné dráhy soustředěného povrchového odtoku, vodu transportují průlehy sběrné odváděcí.

K ochraně obcí a komunikací před zatopením vodou z přívalových srážek se budují *protierozní hrázky*. Umisťují se na pozemcích nebo na úpatí svahů zemědělských ploch. Hrázky bývají vysoké 1 až 1,5 metru a opevněné zatravněním.

Protierozní nádrže se navrhují tam, kde přes provedená opatření povodí dochází k ohrožení intravilánu obcí a ke zvýšenému transportu látek, převážně do povrchových

zdrojů pitné vody. Výrazně dokáží regulovat odtok vody a zachycovat transportované splaveniny. Tzv. suché nádrže se plní jen v průběhu zvýšeného průtoku. Kvalita z těchto nádrží je vyšší, ačkoliv jejich dno je obhospodařováno a při vysoušení sedimentu dochází k prorůstání trvalými travními porosty. Výstavba nádrží je dosti finančně náročná, proto se doporučuje jejich protierozní funkci spojit s jiným účelovým využitím. [1;3;6]

1.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je proces, při kterém dochází k rozrušování povrchu mechanickou silou větru (obraze), odnášení rozrušovaných půdních částic (deflace) a k jejich ukládání na jiném místě sedimentace (akumulace).

Erozní činnost větru se může projevovat dvěma způsoby. První z nich je zmiňovaná deflace. Při deflaci jsou odnášeny nejjemnější částičky a na ploše zůstávají jen hrubé materiály. Proces je ovlivňován rychlostí, směrem, dynamickým tlakem, dobou trvání a četností výskytu větru. Při deflaci často vznikají vzdušné víry, jež vytvářejí prachové či písečné bouře a dokáží transportovat materiál na velké vzdálenosti. Tato eroze se vyskytuje v aridních a mírných klimatech. Koraze, druhý způsob projevu větrné eroze, se projevuje obrušováním povrchu skal. Závisí na množství unášeného materiálu, na úhlu dopadajícího větru a jeho síle. Výsledkem koraze jsou fasetované klasty (hrance), které vznikají po dlouhodobém obrušování vyčnívajících kamenů z povrchu pouště. V důsledku selektivního působení (rozdílné schopnosti obrusu v různých výškách) se dále vytvářejí žlábkované kameny, viklany, voštiny, skalní hříby, pokličky, okna či brány.

Pohyb půdních částic je vyvolán vlivem působení kinetické energie. Rychlost větru, potřebná k uvedení částic do pohybu je menší než rychlost větru, která je nutná k udržení částic v pohybu. Zároveň se pak rychlost větru exponenciálně zvyšuje směrem od půdního povrchu do výšky.

Podle velikosti půdních částic je rozlišován způsob transportační činnosti větru. Drobnější zrna jsou transportována ve vznosu. Jedná se o jemné prachové částice (o průměru $< 0,1$ mm) pohybující se ve formě vzdušné suspenze. Do výše jsou odrazeny vlivem působení saltujících částic nebo přímým zvednutím (pokud zasahují do oblasti turbulentního proudění větru). Vzhledem k tomu, že tyto jemné částice zůstávají dlouhou dobu ve vzduchu, je možný jejich transport na velké vzdálenosti. Sedimentují při značném poklesu větru nebo vlivem srážek. Nejvýznamnějším způsobem je pohyb půdních částic skokem (saltací). Středně velká zrna (0,05 – 0,5 mm) se touto cestou přemísťují sérií malých odrazů od půdy. Jsou uloženy až v místech s vyšší drsností povrchu nebo narazí-li

se na terénní či vegetační překážky. Zrna (0,5-2 mm), která jsou příliš těžká a nemohou být zdvižena silou větru, jsou po povrchu sunuta.

Půdní povrch je neustále přetvářen. Přenosem částic mohou vznikat písečné přesypy, různé čeřiny (menší útvary, jejich maximální výše je 10 cm) a duny rozmanitých tvarů (podkovité -barchan, duna typu U).

Vznik a průběh větrné eroze ovlivňují klimatičtí činitele. Mezi ně patří vítr, srážky, teplota a výpar. Jedním ze základních faktorů působících na intenzitu deflace je vlhkost půdy. Vlhká půda je stálejší a méně ohrožená erozí. Na odnos půdních částic má značný vliv fyzikální, chemický a biologický stav půdy, drsnost půdního povrchu, vegetační kryt a délka území ve směru působení větru.

Větrná eroze je v přírodě vyvolána zvětráváním hornin a ve velké míře lidskou činností. Dochází k nekontrolovanému odlesňování, nevhodnému využívání daného prostoru, neuváženému spásání půdy nebo k pěstování plodin, které málo vzdorují erozi.

[1;3;8]

Ochrana proti větrné erozi:

Protierozní opatření zde opět můžeme rozdělit do tří skupin. Jedná se opět o opatření organizační, agrotechnická a technická. Základem organizačního opatření je uspořádání pozemků. Nejvhodnější je obdélníkový tvar s delší stranou kolmou na směr převládajícího větru. Ke snížení rychlosti větru při povrchu půdy se využívá pásové střídání rostlin. Pozemek je rozčleněn do pruhů s vysokými plodinami (kukuřice, slunečnice, čirok aj.) a kulturami s malým protierozním účinkem (okopaniny). Tyto pásy se tvoří kolmo na směr převládajících větrů. Další možnost ochrany představuje zatravňování a zalesňování.

K agrotechnickým protierozním opatřením patří ochranné obdělávání a bezorebné setí obilovin a kukuřice do strniště. Důležité je též udržovat soudržnost půdy, kterou lze zajistit zásobováním vláhou. Zvýšení vlhkosti povrchu půdy se dosahuje vyloučením plošného kypření, mulčováním, zadržením sněhu za pomoci zásněžků, vybudováním regulačních drenáží nebo závlahou. Při kultivaci půd se používají stroje, které vytvářejí hroudy a půdu nerozprašují.

K technickým opatřením patří umělé zábrany. Umisťují se v místech, kde je dočasně nutné chránit plodiny před účinky větru. Jedná se o přenosné ploty, které jsou vyrobené z různých materiálů (prkna, hliníkové fólie, rákos atd.). Na rychlost větru nejvíce působí jejich síťové uspořádání.

Větrolamy patří k nejúčinnějším biotechnickým opatřením. Tvoří je úzké pásy lesa,

kteře snižují rychlost větru v určité vzdálenosti před a za větrolamem. Také představují překážku vzdušným proudům a vyvolávají nucený výstup vzduchu. Napomáhají k ochraně území před deflací ornice, ke snížení výparu vody z půdy a zabezpečují rovnoměrné rozložení sněhové pokrývky, což ochraňuje ozimy před vymrzáním.

Efektivita opatření závisí na směrové orientaci, výšce dřevin, hustotě porostu a vzájemné vzdálenosti. Jejich odstupová vzdálenost by měla být 350-600 m v závislosti na druhu půdy a výška stromů zhruba 25 m. Podle hustoty rozdělujeme větrolamy na nepropustné, polopropustné a propustné. Nepropustné větrolamy tvoří více řad stromů. Horní patro mají stromové, spodní keřové. V bezprostřední blízkosti obrany dochází ke značnému snížení rychlosti větru, a však jejich účinnost nesahá příliš daleko. Mimo této funkce tlumí hluk, zadržují sníh podél komunikací a zachycují tuhé příměsi z ovzduší. U propustných větrolamů, jež představují jednu či dvě řady stromů s absencí křovin v dolní části, může docházet k tzv. tryskovému efektu, který zvyšuje rychlost proudění větru při zemi, proto se od tohoto opatření odstupuje. Jako protierozní ochrana se nejvíce osvědčili polopropustné větrolamy. Jedná se o jednu až dvě řady stromů a dvouřadé keřové patro, které je vyvinuto v menší míře. Toto složení umožňuje obtékání vzdušných mas přes větrolam a tak i jejich propustnost porostem. Na návětrné straně větrolam působí do vzdálenosti zhruba deseti a na závětrné straně dvaceti násobku své výšky. Nejúčinnější jsou proti erozi větrolamy s propustností 40-50%. Z dřevin se pro realizaci těchto zábran používají bujně rostoucí dřeviny s rychlým zápojem větví, velkou přizpůsobivostí a odolávající škůdcům i chorobám. Doporučuje se dub, habr, lípa, javor, jilm, bříza, jasan, topol či modřín, tis a osika ve vlhčích polohách. Vliv větrolamů se zvyšuje v klimaticky suchých oblastech. Příznivě působí na teplotu, vlhkost půdy, snížení výparu z půdy a vegetace, zachycují sníh, tvoří rosu a zvyšují zemědělské výnosy. Negativní dopady mají na blízké okolí pásu. Stromy a keře stíní, odčerpávají živiny, vláhu pěstovaným rostlinám.

[1;3;7]

1.2.3. Zemní eroze

Zemní erozi též nazývanou erozní činnost suťových proudů, způsobuje suťový materiál, jež je prosycen vodou. Nebezpečné je uvolnění materiálu. Mohou to být kameny různé velikosti, bahno, voda a případně i led. Svým pádem rozruší půdu i její podklad a vytvoří hluboké rýhy. Ohrožena tak jsou údolí, osady, cesty či technické stavby. Příčinou zemní eroze jsou výkyvy počasí, při nichž dochází k silným deštům a střídavým mrazům.

Suťové proudy se vyskytují zejména v horách, kde se vytváří po celý rok. U nás se s nimi můžeme setkat v Krkonoších. Časté jsou ve velehorách Asie a známé jsou případy i z Alp, zde jsou označovány jako mury. Nejvyšší nebezpečí je v centrálních Alpách v pokročilém létě, ve vápencových Alpách naopak v pozdním jaru a na počátku léta. [3]

1.2.4. Ledovcová eroze

Ledovec, který se svou tíhou pohybuje níže do údolí přetváří své okolí. Velká tíha a tlak, kterou působí na skalní podloží, vytváří typické ledovcové údolí tvaru U. Jsou známy tři druhy ledovcové eroze. Během brázdění (exarace) před sebou ledovec sune úlomky, které ryjí podložní horninu a tím zahlubují údolí hlouběji do reliéfu. Při tomto procesu se mohou vytvořit i tzv. visutá údolí. Rozdílná tvrdost hornin a bočních ledovců vytvaruje menší a méně zahlobena údolí, která ústí do hlavního údolí vysoko nad jeho dnem.

Jiné druhy eroze způsobují změny teplot, jimiž dochází k roztání a následnému zamrzání vody pod ledovcem. Voda se též částečně vsákne do horniny, kde při zmrznutí zvětší svůj objem a zapříčiní roztrhávání horniny a odlamování (detrakce) částí skal. Velké množství horninových zvětralin ledovec unáší do nižších poloh, kde se po jejich uložení vytvářejí morény, kamenné valy. Materiál morén se s tající vodou z ledovců dostává do vodních toků, v nichž tvoří významný podíl splavenin.

Ledovcová eroze se také může projevovat ohlazováním (abraze) a obrušováním (deterze) unášených částic. Dochází ke vzájemnému tření, kterým se utváří rýhování a zahlazování těles. Značný vliv na stupeň zahlazení má tvrdost obou hornin.

Na ledovcovou erozi působí řada faktorů. Ovlivňuje ji množství úlomků, které se vyskytují na bázi a okrajích ledovce, síla geologické vrstvy ledovce, rychlost pohybu, přítomnost vody na bázi a odolnost hornin v podloží. [3;9]

1.2.5. Sněhová eroze

Sněhová eroze vzniká pohybem sněhu ve formě lavin. Náhlý sesun sněhové pokrývky ze svahu je způsobený narušením rovnovážných sil v jednotlivých vrstvách nebo mezi sněhem a podložím. V mírném terénu chybí dostatečná gravitační síla, která by uvedla sníh do pohybu, proto laviny nejčastěji vznikají na svazích se sklonem od 15 do 50 stupňů. Na prudším svahu nejsou vhodné podmínky k akumulaci sněhu. Důvodem narušení stability sněhové pokrývky bývají velké příděly nového sněhu, déšť, tání, umělé zatížení sněhu či oťřesy povrchu. Na jižních svazích může slunce snadno narušit vazby ve

sněhu, proto zde je nejvyšší riziko lavin v poledních hodinách. Nebezpečí je naopak snižené na svazích s nerovnostmi a s přítomností vegetace.

Laviny mohou být malé a neškodné. Střední laviny představují riziko pro lidi a velké dokáží ničit porosty, ale v mnohých případech i budovy. Existují různé druhy lavin, každá může být nebezpečná něčím jiným. Laviny prachové, které jsou tvořeny volným, neuzpevněným sněhem vytvářející smíšením vzduchových částic aerosol, vyvolávají ve svém okolí tlakovou vlnu a sání. Dosahují obvykle rychlosti 20-70 m/s a v ojedinělých případech až 120 m/s. V případě zasypání může dojít k udušení, neboť jemný sníh vzniká do dýchacích cest. Druhý druh lavin se nazývá vrstevní. Tyto laviny způsobují trhliny ve sněhu v důsledku tání a opětovného mrznutí sněhové pokrývky. Často se jedná o laviny základové a do svého proudu strhávají i kameny z podloží. Jejich rychlost se pohybuje od 5- 30 m/s.

Prevencí a ochranou před lavinami bývá vytyčování a mapování svahů horskou službou, čímž se určí aktuální vlastnosti sněhové pokrývky. Pomocí meteorologické předpovědi vzniku lavin, která popisuje sílu a směr větru, množství sněhových srážek a teplotu, dochází k uzavírání nebezpečných oblastí a vydávání varovných oznámení.

Proti sněhové erozi se používají aktivní či pasivní opatření. Aktivní ochrana v praxi znamená řízený odstřel lavin. Tato metoda zabrání nadměrnému hromadění sněhu a umožňuje znát přesnou dobu pádu laviny. Při využívání pasivních opatření vznikají protilavinové zátarasy, sněhové ploty (viz Obr.1.5) nebo dochází k zalesňování. Ochranné prvky slouží k zabránění akumulace či k zachytávání sněhu. Nad ohroženými vesnicemi se budují rozsáhlé kamenné stěny a domy se zvláště silnými základy. [3;10;11]



Obr 1.3. Bariéry v italských Alpách, jako ochrana proti pádu lavin. [21]

1.2.6. Antropogenní eroze

Zásadní zlom v působení člověka na erozi nastal přechodem k zemědělství. V některých státech včetně Itálie došlo k nekontrolované přeměně krajiny, při níž na místech dřívějších lesů vznikaly velké obdělávané celky bez ohledu na konfiguraci terénu.

Výsledkem těchto změn byly intenzivní erozní procesy. Nejvíce byly zasaženy celky s kulturami špatně odolnými proti erozi.

Mezi nepříznivé účinky vyvolávající erozi na svažitých pozemcích patří špatně navržené odvodňovací sítě. Těžká technika rozrušuje a zhutňuje půdní povrch, který tak ztrácí infiltrační schopnost. Nebezpečné se stalo používání minerálních hnojiv, pesticidů, solí a dalších chemických látek. Eroze je zanáší do vodních zdrojů, kde vodu znečišťují a zasolují. Horské oblasti jsou ohroženy nadměrným spásáním travního porostu, což znamená obnažení svahů. Dobytek zde také vyšlapává chodníčky, které následně vytvářejí odtokové dráhy. Dalším nebezpečným faktorem je v těchto místech značná výstavba lanových drah a sjezdovek.

Lidská činnost na vznik eroze působí přímo výstavbou komunikací a urbanizací. Nezpevněné boční svahy silnic často degraduje stékající voda a odnesená hmota zanáší odvodňovací příkopy. Zejména ve velkých městech způsobují asphaltové komunikace a zástavba snížení infiltrační funkce půdy. Problémy nastávají i při výstavbě na rozsáhlých pozemcích. Dochází zde k obnažení půdního povrchu, který je těžkou technikou na staveništích zhutňován a ztrácí schopnost propustit srážky do hlubších vrstev. Na takových místech vznikají odtokové dráhy pro vodu a jejich výsledkem je intenzivní eroze.

[1;3;12]

2. Eroze v Itálii

V Itálii je značná část krajiny poznamenána a pozměněna lidskou činností. Už přes 300 let zde člověk využívá půdu. Půdní eroze v této oblasti kulminovala přibližně mezi lety 1930 až 1940, kdy značná část Itálie byla přeměněna na orné půdy. V šedesátých letech došlo k industrializaci, což mělo za následek intenzivní opouštění zemědělských půd. Zarůstající neobhospodařované plochy snižovaly riziko eroze a zanášení řek sedimenty. Počátek postupného navrácení zemědělství a obnovení eroze nastal roku 1970.

Eroze půdy hraje v Itálii v současné době značnou roli v znehodnocování půdy. Evropský úřad pro půdu odhaduje, že 70% území je v nebezpečí zrychlené eroze, která je definována odnosem zeminy větším než $5 \text{ t/ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (et Grimm, 2002). Toto riziko souvisí s rozšířenou přítomností strmých svahů v kombinaci s intenzivním pěstováním a nedostatkem ochranných opatření.

[2]

Vodní eroze představuje jednu z nejčastějších příčin degradace půdy v Itálii. Zásadní vliv na ní mají strmé svahy, intenzivní mechanická kultivace, velikost

obhospodařovaných pozemků, přítomnost více náchylných půd a odstranění ochranných opatření, jako jsou terasy a vodní příkopy.

Hrubé odhady potenciálního rizika vodní eroze v Itálii učiněné Van der Knijff et al. (2002) a Grimm et al. (2002) jsou založeny na použití univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) (Wischmeier a Smith, 1978). Jediný pokus integrovaného posuzování ztráty půdy byl zde prováděn v rámci 5-letého projektu realizovaném Národní radou pro výzkum (Consiglio Nazionale delle Ricerche -CRN), který skončil v roce 1982. Zmíněná veřejná organizace má za úkol rozšiřovat a provádět výzkum v klíčových oblastech Itálie, výsledky práce slouží pro vědecký, technický, ekonomický a sociální rozvoj země.

Evropská komise financovala projekty Corine (uskutečněn v roce 1992) a Pesera (2003), pomocí kterých se prostřednictvím analýz zaznamenaly rizikové oblasti do map. K zjišťování půdní eroze na vnitrostátní úrovni přesto existuje jen málo dostupných údajů v omezeném počtu lokalit. Značný vliv na zlepšení eroze v zemi má zákon na ochranu půd č.183/1989 Sb., který byl zřízen v důsledku činnosti úřadů starajících se o povodí. Tato nová pravidla pro organizaci a uspořádání chráněné půdy mají za cíl zajistit udržitelný rozvoj. [2]

Na erozi mají značný vliv klimatické podmínky. V Itálii převažuje podnebí středomořské subtropické (teplá a suchá léta, deštivé zimy), na severu mírné a v Alpách chladné. Povrch země je většinou drsný a hornatý, v některých lokalitách se nachází pláne a kolem málo členitého pobřeží nížiny. Vegetace zde je zejména středomořská. [24]

Oblasti postižené erozí se dají v Itálii rozčlenit na tři části. Různou intenzitou a vlivem odlišných faktorů erozní jevy působí v horách, na zemědělských pozemcích a u moře.

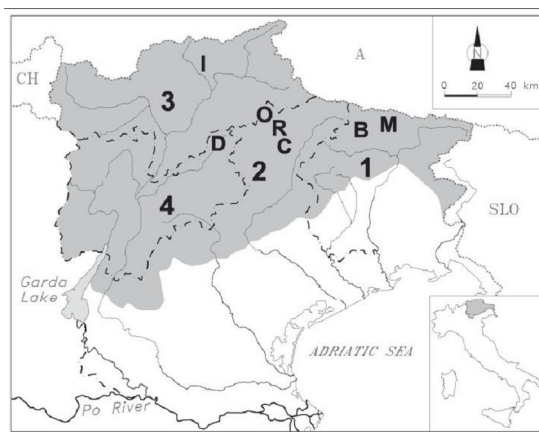
2.1. Eroze v horách

V průběhu posledních několika staletí se v geologicky nestabilních alpských oblastech formulují rozsáhlé zóny postižené erozí. Velký vliv na tyto procesy má lidská činnost. Eroze se zde zvyšuje kvůli odlesňování a následné pastvě. Výrazný podíl na degradaci půdy má také celoroční masová turistika. Tyto činnosti a přírodní eroze jsou odpovědné za tisíce čtverečních kilometrů poškozených oblastí. [14]

V určitých oblastech jsou horská povodí velmi silně ovlivněna erozí, jež způsobuje zanášení řek usazeninami. Tyto děje jsou společné pro Alpy a další horské oblasti vlhkého klimatu středních zeměpisných šířek. Postižená místa vyžadují pečlivou analýzu, která

posuzuje nebezpečí odnosu zemin. Během rozborů se bere v úvahu i propojení oblastí se sítí kanálů. Jiné metody hodnocení půdní eroze, jako je USLE nebo RUSLE, se využívají zejména na zemědělských plochách nebo v lyžařských střediscích na sjezdovkách. [13]

Sesuvy půdy, transport částic a zanášení povodí vytváří velké nebezpečí v obydlených údolích a v místech důležitých dopravních tras. Při posuzování nebezpečí transportu částic je důležitým krokem odhad velikosti odnosu. Pro zjištění těchto údajů byly vyvinuty různé metody, avšak zjišťování potřebných dat je dosti obtížné kvůli složitosti procesů a nedostatku údajů v mnoha oblastech. Ze 127 povodí ve východních italských Alpách byly shromážděny údaje z vědeckých a odborných časopisů, technických zpráv, historických dokumentů z místních archivů a přímo z terénu (v roce 2001). Tyto údaje byly použity na rozvoj a testování různých přístupů zahrnujících regresní rovnice, geomorfologické zjišťování a pravděpodobnostní analýzy časových řad (udávají vztah mezi velikostí a četností erozních jevů). Doposud každý z navrhovaných přístupů má své nevýhody. Například u empirických rovnic má často displej nízkou přesnost a jejich použití je omezeno na určité regiony, u oblastí geomorfologických odhadů mohou být výsledky ovlivněny subjektivitou a analýza vztahů mezi objemem a četností transportu částic vyžaduje časové řady, které jsou málokdy k dispozici v evropských horských povodích. [15;23]



Obr.2.1 Mapa sledované oblasti: 1, Friuli – Venezia Giulia Region; 2, Veneto Region; 3, Province of Bolzano; 4, Province of Trento. [15]

Předmětem studie je hornatá oblast ve východní části italských Alp, odpovídající provinciím: Trento, Bolzano, Veneto a regionům Friuli-Venezia Giulia (viz Obr. 2.1). Pro výpočty je důležité znát charakteristické geologické a hydrologické faktory v daném prostředí. Pro centrální a jižní části, které zahrnují Dolomity, jsou většinou přirozené sedimentární a vulkanické horniny. Ve vnitřním pásu Alp převládají horniny metamorfní a v západní části oblasti dominují horniny krystalické. Velmi rozšířené v celém údolí jsou

usazeniny z dob kvartéru. Klima ve východních italských Alpách ovlivňuje složitá orografie území a způsobuje vysoké rozdíly v prostorovém rozložení srážek a teplot. Ve vnitřních Alpách panují relativně suché podmínky s ročním srážkovým úhrnem cca 500 – 600 mm, zatímco v zóně před Alpy jsou roční úhrny až 1,500 - 3,000 mm. Sezónní rozložení srážek je kontinentální s letními maximy na vnitřní straně alpského pásma, na jaře a na podzim jsou vyšší úhrny sledovány v zóně před Alpy.

Obecně lze říci, že empirické a statistické rovnice poskytují jen přibližné hodnocení eroze a jejího rozsahu a při jejich určování by měl být pečlivě popsán fyzický kontext sledovaného prostředí (geologické, geomorfologické, klimatické podmínky). Geomorfologické metody mají širší uplatnění než pravděpodobnostní analýza historických dat. Nutně nevyžadují informace o předchozích dějích a jsou pružnější než empirické rovnice. Oproti tomu pravděpodobnostní analýza historických dat umožňuje optimální využití informací o chování jediného povodí. Poskytuje spolehlivý přístup k odhadu velikosti transportovaných částic a umožňuje odhadnout jejich přibližné objemy odpovídající různým časovým řadám.

[15;23]

Použití univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) je v horských oblastech obtížné kvůli dosti složitému získávání dat o úhrnu srážek a to s dostatečným časovým rozlišením. K dispozici jsou omezené aplikace algoritmů a neexistuje shoda pro nejvhodnější použití pro výpočet R-faktoru. Pro jeho výpočet se proto používají nejpříjemnější Lo et al. (1985) a Arnoldus (1980) rovnice. Kdy $R = [(4,17 * F) - 152]$ podle Arnoldus rovnice (F je Fournieremův index) a podle Lo et al. $R = [38,46 + (3,48 * P)]$, kde P je průměrný roční úhrn dešťových srážek. Tyto zjednodušené rovnice mají za následek nejistotu v odhadované míře eroze. I přes dané nedostatky výpočty přinášejí cenné informace o míře eroze v Alpách. Pro přesnější stanovení faktoru C - ochranného vlivu vegetačního pokryvu se využívá Corine projekt. Jedná se o evropský program zaměřený na reprodukci map zachycující využívání půdy, který analyzuje obraz celé Evropy prostřednictvím satelitu.

Pro lepší identifikaci eroze na místech o různých nadmořských výškách byl alpský prostor rozdělen do několika krajinných tříd. Ploché oblasti do 300 m. n. m. pokrývají ze značné části orné půdy, což je při výpočtu velmi patrné na faktoru C. 80% tohoto území vykazuje nízkou nebo střední erozi, na zbývajících 20 % půdy působí eroze vysokou nebo velmi vysokou měrou. V oblastech od 300 do 600 m. n. m. na nedostatečně krytých místech svahů se vykazuje velmi vysoká míra eroze na 20% povrchu. Přesto se tu zachovává mnoho území s nízkým rizikem degradace. K této skutečnosti zde přispívají zalesněné oblasti. V horském pásmu od 600 do 2000 m. n. m. se vyskytují lesy, které

z velké části snižují erozi. Vysokohorské oblasti se často vyznačují absencí rostlinného porostu a skalním povrchem, proto v těchto místech je více než 30 % území vysoce nebo velmi vysoce ohroženo erozí. [14]

2.1.1. Protierozní opatření

Rekultivace postižených míst erozí je velmi náročná. Pro dosažení podmínek stability potřebných pro vybudování a růst travních porostů, keřů a stromů vysázených na svazích a na svazích v terénu nebo v místech měkkého podloží se využívají různá opatření. Uplatňované techniky a materiály umožňují účinně kontrolovat a zmírňovat jevy plošné eroze, chrání půdu před agresivní vodou z dešťů, větrem a změnami teplot. Výběr vhodného opatření závisí na různých faktorech, například na postavení svahu, struktuře podloží a dostupném materiálu.

Mezi nejčastější způsob stabilizace svahů patří výsev trav a bylinkových směsí. Nejsnadnější je suché setí, při kterém se osivo a organické hnojivo rozptyluje ručně nebo strojově. Používá se na mírné svahy s drsným povrchem. Na svazích prudších, kde je nutné rychlé pokrytí vegetací, se využívá zvláštní druh žita a ječmene. Na obdobných místech s hladkým povrchem, mírným podnebím a zejména v lesích se zavádí hydro osev. Ve špatně přístupných místech se v některých případech využívá vrtulník a výsev se provádí speciálním rozstřikovačem (viz obr. 2.2).



Obr. 2.2. Výsev pomocí vrtulníku [16]

[16;20]

V Alpách proběhlo množství dlouhotrvajících zkoušek. Předmětem průzkumů byla snaha najít vysokohorské trávy, které nejlépe odolávají specifickým klimatickým podmínkám. Ve vysokých nadmořských výškách na půdu působí řada faktorů. Zkracuje se vegetativní doba, panují zde velké klimatické změny, vítr, sníh, kroupy, déšť, nedostatek tepla a snižuje se migrační schopnost přírodních druhů. Výstupem zkoušek jsou dobře přizpůsobivé směsi osiva pro téměř všechny lokality. Z jednotlivých druhů se nejvíce odolná ukázala být kostřava červená a lipnice luční. Z bylin přežil jen řebříček obecný.

Pro vytvoření stabilního porostu se směsi osiva vysazují v kombinaci s původním porostem a na místech jejich přirozené expanze. [17;20]

Opatření pro upevnění svahů lze rozdělit podle používaných materiálů. Jedná se o povlaky z biologicky rozložitelných materiálů, krytiny ze syntetických materiálů nebo zatravnování.

Povlaky z biologicky rozložitelných materiálů se téměř vždy kombinují s hydro výsevem nebo výsadbou řízků a sazenic. V současné době jsou široce uplatňovány například i při zpevňování břehů řek nebo obnově nevyužívaných ploch lomu a skládek. Biologicky rozložitelný a netoxický povlak má schopnost podporovat rychlé pokrytí terénu a zajišťuje své plné začlenění do krajiny. Získané výrobky jsou obvykle ze stonků často z vláken agave či kokosu, juty, slámy nebo z dřevěných třísek. Mohou to být biologické sítě, plsti (využívají se pro dočasnou ochranu svahů před erozí, na přírodní nebo umělé sjezdovky) a rohože. Nejlepší metodou pro zpevnění volných skalních svahů je vrstvení čerstvých zelených vrbových řízek a kořenů rostlin na 1-1,5 m široké etáži. Vrstvení do vykopaných etáží působí jako živý plot, který zachycuje pohybující se materiál na svahu. Na velmi strmých místech se pro upevnění terénu mezi vrstvami používají kokosové plsti.

Protierozní krytiny ze syntetických materiálů umožňují vytvořit stabilní rostlinný povrch. Pro zadržení částic zemin při ohumusování svahů, kořenů a malých rostlin se využívá třírozměrných propustných geomatrací. Za pomoci plisovací mechaniky se vytvářejí dvě vrstvy roštů, které zajišťují výslednou dobrou pevnost v tahu. Obdobnou funkci plní i geobuňky, jejichž struktura je často ve tvaru včelího plástu. Ochranný geokompozit se vyrábí kombinací netkané a tkané geotextilie, čímž se dosáhne při nižší plošné hmotnosti větší odolnosti proti protržení a zmenší se protažení.

Zatravnování svahů a náspů představuje jedno z nejlepších řešení v oblasti životního prostředí. Na svazích se sklonem okolo 20° lze pozemek přikrýt rašelinou nebo dřevinou. Na holé svahy ve vysokých výškách se mohou použít travní drny. Už výše zmiňovaný hydro osev se realizuje za pomoci stroje, který na postižené plochy nanáší suspenzi vody, semen, živin a spojovacího materiálu. K obnovení vegetace ve vysokých nadmořských výškách je vhodné použití slámy, kterou pokrývá živice. Na vrstvě slámy, semen a hnojiv (3 až 4 cm) je rozprostřena černá nestabilní emulze živice. Upravený povrch pak slouží jako skleník, chrání podkladové zeminy před deštěm a mrazem a podporuje klíčení rostlin zadrženým teplem a vlhkem. [19;20]

K omezení rizika spojeného s pádem kamenů ze skalnatých svahů se používají dva typy opatření. Aktivní ochrana se provádí z důvodu zmírnění pádu kamene ze svahů

(antierozní nátěry, kanalizace atd.) nebo ke zlepšení mechanických vlastností a pevnosti půdy (šrouby, hřebíky a drátěná pletiva). Pasivní zásahy mají přeměřovat nebo zastavit masy v pohybu. Tyto překážky se mohou dále dělit do dvou kategorií na základě jejich chování v průběhu dopadu kameniva. Existují překážky se sníženou schopností deformace, nazývané také "tvrdé", které jsou určené a konstruované tak, aby se po odstranění působící síly vrátily do původního tvaru. Velké překážky, obvykle označované jako deformovatelné, jsou navrženy k pohlcení kinetické energie mohutných padajících balvanů, v těchto případech dochází k jejich plastické deformaci. [16;18;21]

Často používaným pasivním opatřením v alpských oblastech jsou sítě z ocelových lan, které dokáží zachytit padající kamení až do síly 5 000 kJ. Lze je využít k budování ochranných plotů a bariér. Tyto sítě nejsou příliš viditelné a jsou šetrné k životnímu prostředí, také nevyžadují výraznou údržbu. Slouží jako protierozní opatření u silnic, železnic a nad obydlenými údolími. Napomáhají rovněž při uchycení vegetace. [16]

Navrhovány jsou také sněhové mosty jsou navrženy tak, aby blokovaly sněhovou pokrývku v oblasti separace a tím bránily tvorbě lavin. Jedná se o ukotvené kovové trojúhelníkové panely, které na svazích tvoří souvislé řady. [21]

Značné uplatnění v alpských oblastech v posledních letech našly i gabiony. Tyto prvky tvořené kamením svázaným pomocí pozinkovaného drátu do pravidelného tvaru slouží jako opěrné zdi. Využívají se především pro svou pružnost, odolnost a vysokou odvodňovací kapacitu. Díla z gabionů jsou považována za dokonalé řešení v náročných geotechnických podmínkách, díky tomu, že se dají jednoduše sestavit. [22]

2.1.2. Teorie budoucího vývoje eroze v Alpách

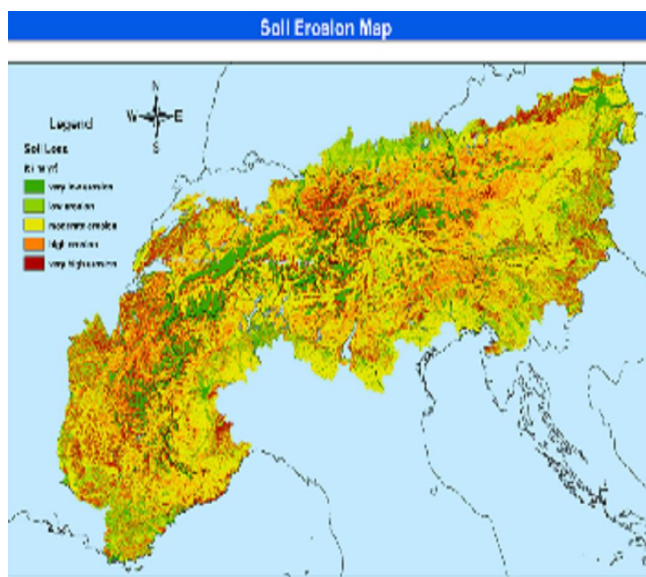
Boj proti erozi půdy v Alpách vyžaduje úzkou interakci mnoha aktérů a zainteresovaných stran na různých úrovních. Jasné pochopení významu a rozsahu problému musí respektovat jak místní obyvatelstvo venkova tak i zákonodárci a to na úrovni Úmluvy o ochraně Alp z roku 1996.

Italské ledovce pokrývají plochu 500 km². Od poloviny devatenáctého století se příčinou globálního oteplování ztratilo kolem 40% jejich povrchu a mez sněhu vzrostla asi o 100 m. Na základě sociálně-ekonomického hodnocení se očekává navýšení skleníkových plynů, což by mělo za následek zvyšování teplot o 1,4 až 5,8 ° C a změnu režimu srážek. Od roku 1895 v Itálii pracuje výbor Glaciologicko (CGI), který systematicky sleduje ledovce a zejména rozsah jejich změn. Další projekt ClimChAlp má za hlavní cíl vyvinout konkrétní nadnárodní strategii a opatření, které reaguje na dopady klimatických změn v

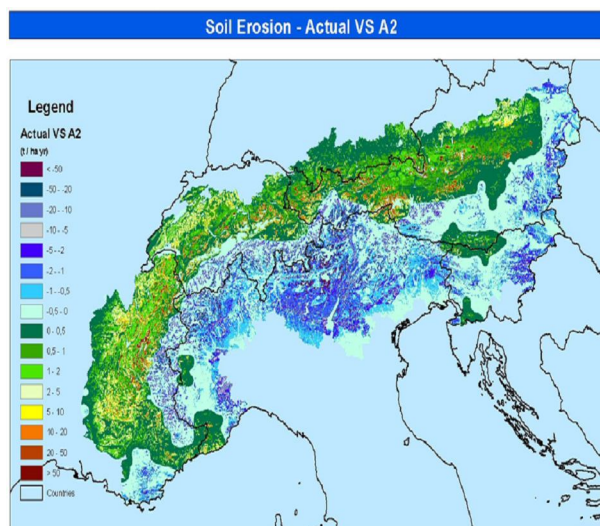
souvislosti s územním plánováním a prevencí rizik v alpském prostoru. Ze všech svých prací tvoří souhrnnou zprávu pro politická rozhodnutí a správu území.

Změny klimatu byly podmětem také pro vznik studie, která má za cíl odhadnout skutečný rozsah eroze po celém alpském prostoru a vytvořit analýzy pro různé trendy IPCC (Mezinárodní panel o změně klimatu) scénáře. Zkušenosti při uplatňování revidované univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) a její pružnější systém zpracování dat byl důvodem pro využití rovnice při realizaci i této studie. Integrace s různými faktory RUSLE umožnila sestavit dvě mapy A2 a B2 (od r. 2070 do r.2100) popisující předpokládanou budoucí ztrátu půdy v závislosti na klimatických změnách. Tyto výstupy byli porovnány s mapou skutečné eroze (viz Obr.2.3). Scénář A2 (viz Obr.2.4) předpokládá výraznější změnu klimatu a převládající jižní větry, jejichž následkem dojde k ostrému dělení severní a jižní části Alp a zvýšení dešťových srážek na jižní straně. Scénáře B2 (viz Obr.2.5) počítá s vyšším srážkovým úhrnem v celém prostoru, jehož výsledkem by měl být nízký přírůstek eroze půdy. Některé izolované oblasti však představují opačný trend, který je obtížné vysvětlit. Z obecného porovnání výsledků vyplívá, že míra eroze zůstala téměř konstantní. Asi 20% prostoru je postiženo poměrně vysokou erozí, téměř 30% ohrožuje střední riziko a zbývajících 50% má nižší míru eroze.

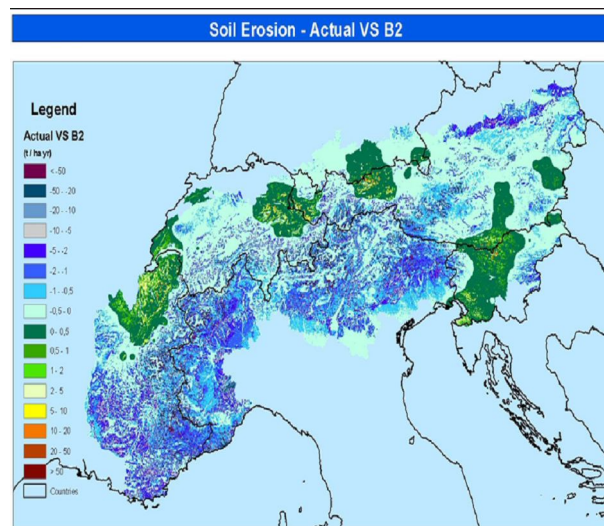
[14]



Obr. 2.3 Aktuální rozsah eroze v Alpách [2]



Obr.2.4 Eroze podle scénáře A2 [2]



Obr. 2.5 Eroze podle scénáře B2 [2]

V alpském prostoru je dosti komplikované zjistit průměrnou roční ztrátu půdy a to zejména nepřesným odhadem R faktoru - erozní účinnosti deště. V pozorované oblasti proto dochází k dalšímu zjišťování potřebných dat, analýzám a průzkumům.

2.2. Eroze na zemědělských pozemcích

Půdní eroze v zemědělství je v Itálii značně intenzivní. Hlavní příčinou je zdejší morfologie terénu a způsob orby, hloubka je často větší než 4 cm. Hodnoty z rozsáhlého průzkumu eroze půdy na zemědělských pozemcích v Toskánsku ukázaly, že ztráta půdy zde činí 2 cm za rok. Lepší situace je například v zóně před Alpami v blízkosti města Bologna, kde bylo zaznamenáno snížení půdního profilu o 1 cm za rok. [33]

Významného pokroku bylo dosaženo v ochraně půdy v roce 1999, kdy byl schválen ministerstvem zemědělství a lesnictví 'kodex správné zemědělské politiky'. Ten obsahuje národní normy a pokyny, které mohou být začleněny do regionů a provincií, aby vyhovovaly místním požadavkům. Toto nařízení vyzývá k agro-environmentálním opatření a k financování těchto činností mimo normální 'správné zemědělské praxe' (GAPn). Regiony jsou vymezeny GAPn, aby vyhovovaly různým místním požadavkům a vyvinuly podrobné plány na snížení rizika půdní eroze (především klesajícím obděláváním půdy a střídáním plodin, které zajistí půdní pokryv během deštivé sezóny). Výsledkem vydání kodexu je provádění agro-environmentálních opatření, která jsou podporována dotacemi.

[2]

V Itálii se nachází několik oblastí degradovaných půd, které se místními obyvateli označují jako calanchi nebo biancane, jedná se o tzv. **badlands** („špatné pozemky“). Strže calanchi nebo –li kalanky jsou tvořeny strmými svahy s ostrými hřebeny a hustou odvodňovací sítí. Biancane představují několik metrů vysoké kopule bez vegetace, které obsahují jílovité hmoty a mají typickou světlou barvu. Horniny v postižených oblastech obsahují břidlici, slínu, bahno, jíl nebo písek. Ke vzniku strží z počátku docházelo přirozeným vývojem, nyní se místa vytvářejí zejména s přispěním lidské činnosti a především zavedením zemědělství. Koncentrace odtoku v umělých příkopech, které jsou srovnatelné s vytvořením úžlabiny, rozřízne měkké skalní podloží a vyhloubí strž. [2;34]

Badlands se dokáží tvarovat v různých klimatických podmínkách. *V suchých oblastech* eroze probíhá jen v době intenzivních dešťů, které tu jsou jen vzácně. *V mírném pásmu* se množství srážek pohybuje mezi 200 – 700 mm za rok. Na severních svazích se zde při stálé dostupnosti vody tvoří vegetační kryt, naopak na jižní straně kvůli vyššímu oslunění téměř žádné rostliny nerostou. Tyto krajiny jsou obvykle velmi staré, v jihovýchodním Španělsku byl prokázán jejich výskyt už před 4 tisíci lety. V Itálii se rozsáhlé degradované lokality nacházejí ve střední části v Toskánsku a na jihu v oblasti Basilicata. Erozi znehodnocené půdy zde značně omezují zemědělskou produkci. Badlands, které se tvoří *ve vlhkém prostředí*, se v této zemi vyskytují během intenzivních dešťů v jižních Alpách. Obecně platí, že jsou mladší než ostatní útvary a růst vegetace tady není omezen dostupností vody. [2;32]

Příprava oblasti na novou výsadbu zemědělských plodin vyžaduje vždy změnu místní krajiny. Už před staletími se za tímto účelem potřebné plochy odlesňovaly, probíhalo terasování nebo zúrodnování rašelinišť a bažin. V současné době se ve značné míře pro rozsáhlé pozemkové úpravy používají buldozery. Za pomoci těžké mechaniky se odstraňuje přirozená vegetace, zbytky starých kultivarů nebo staré terasy. Upravený pozemek je v Itálii obvykle použit pro založení vinic, olivových hájů a ovocných sadů.

Od počátku roku 1950 v Itálii docházelo i k upravování okrajových zemin, jako jsou „badlands“. Zásahy byly velmi intenzivní ve střední a jižní části země. Cílem těchto velkých pohybů zemin bylo zvýšit plochu k dispozici pro produkci obilovin (hlavně pšenici tvrdou). V některých oblastech, jako je Toskánsko (viz Obr 2.6.) a ve většině regionu Basilicata byly tyto praktiky nakonec zakázány v devadesátých letech. Důvodem

jsou kulturní a ekologické hodnoty „badlands„. Nicméně, v některých případech, vzhledem k neúčinné kontrole, úpravy stále pokračují. [2]



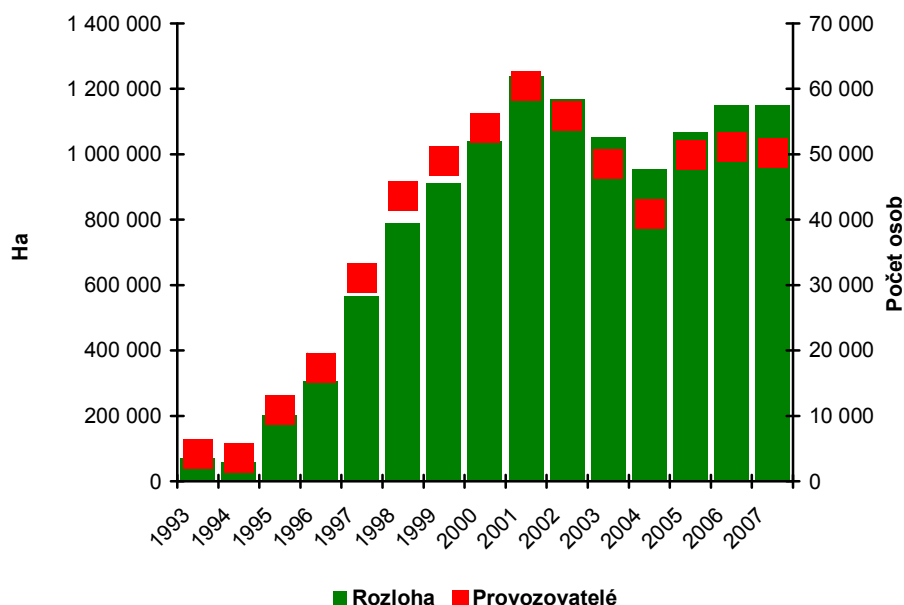
Obr. 2.6 Calanchi v Toskánsku [34]

2.2.1. Protierozní opatření

Během 19. století se po celém italském území budovala opatření proti erozi a povrchovému odtoku. Vznikaly příkopy, terasy, kamenné nebo zatravňované zdi. Příchodem industrializace zemědělství, nutnosti snižovat náklady a možnosti rozšiřovat pole pro mechanické kultivace došlo k rozsáhlému odstraňování těchto vystavěných struktur. Nové systémy preferují zaorávání do větších hloubek, které dokáží zadržovat vyšší objem vody v půdě a snižují povrchový odtok. Na mírných svazích se tak mohou budovat příkopy 60 až 100 m od sebe. Tento přístup také zajišťuje dostatečně velké plochy pro pohyb strojů. Na písčitých půdách v provincii Asti Piemont se používá systém terasování, který byl navržen pro cenné vinice na šikmých svazích. Na vinicích a v sadech se v posledních letech také přistoupilo k mulčování. Jeho přínosem je omezení ztrát půdní úrodnosti a ochrana, aniž by došlo ke snížení množství a kvality výrobků.

Stále větší uplatnění v Itálii nachází agro-environmentální zemědělství, které podněcuje k přeměně orné půdy na louky a pastviny. Jeho cílem je vytvořit ekologicky a ekonomicky udržitelné zemědělské systémy, které mají společné technologické postupy výroby a zajišťují větší přísun informací pro řízení a plánování, stanovení cílů a monitorování pokroku. Ekologické farmy mají nižší vstupy a koncentrace živin oproti konvenčnímu obdělávání, což vede ke snížení vyplavování chemikálií do vody, vypouštění emisí do ovzduší a zlepšení kvality půdy. Dominantními plodinami v těchto oblastech jsou pastviny, louky, píce, obiloviny a olivové háje. V celé jižní Evropě vzrostl podíl ekologického zemědělství v období 1998 – 2000 přibližně o 70%. V roce 2008 byly

zveřejněny nejnovější statistické údaje o vývoji rozlohy ekologického zemědělství v Itálii (viz Graf 2.1). Takto obhospodařovaných ploch má Itálie nejvíce v Evropě. [2;35]



Graf 2.1. Vývoj ekologického zemědělství v Itálii 1993 – 2007 [35]

2.3. Abraze mořského pobřeží

Pobřežní oblasti, kde se nacházejí vysoce biologicky rozmanité biotopy a ekosystémy, jsou velmi citlivé na změny. Přírozená rovnováha modelování terénu erozí v těchto oblastech je však silně ovlivněna lidskou činností. Na počátku minulého století docházelo k opouštění venkova a masovému přemísťování obyvatelstva blíže k pobřeží. Na dříve neosídlených místech se začalo rychle rozvíjet zemědělství, budovaly se silnice a železniční tratě, odlesňovalo se povodí, těžil se písek a štěrk z řečišť, stavěly se přehradby a značný vzestup zaznamenala i námořní doprava. Důsledkem těchto zásahů je výrazné snížení dodávek sedimentů do moře, které jsou důležité pro zachování rovnováhy v pobřežních oblastech a zejména na plážích. a následný dramatický rozvoj eroze. Obecně lze říci, že na pobřežní erozi působí čtyři hlavní faktory. Ovlivňuje ji kvantita vstupních říčních sedimentů, intenzita vln, množství půdy a změna hladiny moře. Během minulého století došlo k vzestupu hladiny o 15 cm a v důsledku globálního oteplování se očekává, že tento trend bude narůstat. [25;26;27;29]

Ohrožené duny jsou dynamické, avšak křehké písčné přesypy, které se vykytují v poušti nebo na písčitém pobřeží. Existují dva hlavní typy eroze dun. Může docházet

k povrchové erozi, která je způsobena větrem nebo k mořské erozi, jež se projevuje na patě a přímo v dunách. Přírozená eroze dun může nastat po onemocnění nebo poškození vegetace, například při nadměrném suchu, nedostatku živin nebo nadměrné pastvě. Typickou příčinou těchto jevů je v posledním desetiletí lidská činnost. Negativně na duny působí nadměrné pošlapání, řízení vozidel nad dunami, odstranění písku pro stavební materiály nebo pro zemědělské využití, zvýšená těžba podzemní vody a pastva hospodářských zvířat. Jediná přírodní obranyschopnost duny je její šířka, výška a dobře vyvinutá vegetace.

Hlavní obavy o duny obvykle vznikají, když je erozními procesy odstraněno více písku než akreční procesy mohou nahradit v horizontu několika měsíců či let. Tato eroze ohrožuje obydlené oblasti, infrastrukturu, obchodní zájmy nebo důležitá přírodní aktiva. V mnoha případech je snížený profil pláže krátkodobým problémem, který byl způsobený rychlou erozí duny a po několika letech by se postižená oblast měla začít přirozeně uzdravovat. [25;30]

V Itálii je přibližně 8 000 km pobřeží z nichž je nyní 40% ovlivněno erozí. Tato skutečnost v posledním desetiletí zvýšila mezinárodní povědomí o nutnosti zachránit ohrožená místa a to kvůli jejich přírodním a především sociálně-ekonomickým hodnotám.

Od roku 1930 byly prováděny první příležitostní průzkumy pobřeží. Několik učenců samostatně nebo společně s institutem Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) zveřejnili důležité podklady o monografii na italském pobřeží, které se staly teoretickým základem pro interdisciplinární studium v oblasti ochrany písčitých břehů. Nyní se stala nejvýznamnějším výstupem pětiletého vědeckého výzkumu kolekce 108 map nazvaná *Atlante delle spiagge italiane* (Atlas z italské pláže, 1999). Cílem atlasu je poskytování užitečných prvků pro vytvoření odpovídajících ochranných právních předpisů pro kontrolu životního prostředí a pro plánování dalších zásahů a to zejména v nejméně obydlených oblastech. Z pohledu antropogenní činnosti udává informace o úrovni osídlení pobřeží, o všech pracích, které mají určitý vztah k režimu, dynamice a vývoji pláží a to včetně přehrad a prací na vodních tocích. Další uvedené údaje zaznamenávají všechny geomorfologické rysy pláží nad i pod hladinou moře a detaily o vlastnostech a transportu sedimentů [24]. Nejnovější zpráva CNR o zdravotním stavu pobřeží z roku 2006 předkládá, že 40% italských břehů je ohroženo erozí (viz Obr 2.7). [27]

Oblast	Narušené pobřeží (v %)
Molise	91
Basilicata	78
Aquila	65
Abruzzo	61
Marche Lazio	54
Calabria	43
Liguria	33
Emilia Romagna	25
Veneto	18
Friuli Venezia	13

Obr.2.7 Schéma rozsahu eroze podle zprávy CRN. [27]

S ohledem na stoupající míru eroze zahájila Evropské komise v roce 2001 další projekt EUROSION, jehož cílem je zhodnotit sociální, ekonomické a ekologické dopady na pobřežní erozi v Evropě a provést potřebné kroky k usměrnění těchto jevů. [28]

2.3.1. Protierozní opatření

Integrované řízení pobřežní zóny nebo oblasti (ICZM) je proces pro správu pobřeží, které zaměstnává integrovaný přístup při zohlednění všech aspektů souvisejících s pobřežním pásmem včetně geografických, politických, ekologických, kulturních a historických hodnot a pomocí ekonomicky se snaží dosáhnout cílů udržitelného rozvoje pro plánování a urbanismus pobřeží.

Prvním krokem pro správu mořské eroze je shromáždění dostatečného množství údajů o postižené oblasti. Historické mapy, grafy, průzkumy a letecké snímky uvádějí dlouhodobé změny pobřeží, zatímco inženýrské záznamy mohou identifikovat, jestli jsou přeměny v oblasti způsobené lidskou činností nebo zda -li se jedná o přírodní trendy.

Stanovit konečné rozhodnutí a vyřešení problému je dosti obtížné, protože je často k dispozici nedostatek potřebných dat. V případě jasného ohrožení aktiv je prioritní zvážit jejich přesun nebo možnost se jich vzdát. Při jiných protierozních opatřeních se musí brát ohled na environmentální přijatelnost a na náklady efektivního používání. Po pochopení fyzikálních a biologických procesů, které mají vliv na pláž a předpovědi budoucího vývoje pobřeží, by měl být formulován plán pro krátkodobé i dlouhodobé řízení. V krátkodobém horizontu by bylo vhodné zahájit zdržovací taktiku, jako je přesazení vegetace, oplocení

nebo přesun písku na postižená místa. Je však zřejmé, že pro v dlouhodobější perspektivě by mohlo dojít k recesi a větší význam by v tomto případě měl přesun ohrožených aktiv.

[29]

Na italských pobřežích i po celé Evropě jsou aplikována různá protierozní opatření.

Výsadba rostlin je finančně nenáročná a však nevhodná v těžce postižených lokalitách. Zdokonaluje fyzické vlastnosti dun a působí na snížení rychlosti větru v celé ploše, čímž chrání písek před odnosem. Mezi pěstované rostliny zde patří kamýš písečný či ječmenice písečná, které vytvářením drnů stabilizují duny a umožňují tak zakořenit jiným kulturám. Často se před zatravňováním dotčená místa oplocují či jinak chrání z důvodu možného znehodnocení kultur například pošlapáním nebo spásáním. Počítat se také musí s pravidelnou údržbou a s tím, že bude trvat dva až tři roky, než se rostliny začnou rozšiřovat a prosperovat.

Další možnou metodou je **vytvoření krytiny** z přírodních, rozložitelných materiálů. Realizace se uskutečňuje nad normální hranicí vln a na svazích s maximálním sklonem 1:2. Používá se dřevo, chrastí či mulč ze slámy, mořských řas nebo rákosu. Mulčováním vzniká obava ze zavlečení cizích rostlinných semen na dunu, výhodou je však zvyšování obsahu organických látek a zadržování vody. Pro minimalizování negativní reakce veřejnosti na vizuální dopad v rekreačních oblastech se ponechávají přístupové cesty k plážím a chráněné svahy se oplocují. Realizace opatření je nenákladné, svahy však potřebují pravidelnou údržbu.

Oplocení se využívá pro kontrolu přístupu veřejnosti, snížení rychlost větru a podporu růstu rostlin. Často se kombinuje s ostatními metodami. Na plážích se staví oplocení ze dřevěných latí, syntetických tkanin a chrastí. Poškozené oplocení a nahromaděný písek působí nevzhledně a neplní dostatečně svou funkci, z tohoto důvodu se vykonává pravidelná údržba. Maximální životnost opatření je zhruba 5 let v závislosti na materiálu, frekvenci bouří a vandalismu.

Pro krátkodobou obranu proti erozi a pro posílení přirozené obnovy může být mechanicky **přesunut písek**, oblázky a dokonce i balvany z oblasti sedimentace do míst postižených erozí. Pro zvýšení účinnosti opatření se vytvořené útvary zatravňují nebo překrývají vhodnou krytinou a oplocují se. Tuto metodu lze využít jen v případě dobrých znalostí místních procesů, které mohou vyloučit vytvoření nové eroze nebo poškození stanoviště. Přesouvaný materiál musí být přijatelný z hlediska vlivu na životní prostředí, hydraulických vlastností a vzhledu.

Pytle s pískem o různých velikostech a délkách mohou být použity k vytvoření dočasných útesů, přehrad nebo k obložení písčných pláží. Maximální pětiletá životnost opatření se může prodloužit zakopáním pytlů. Naplnění speciálních pytlů z geotextilie místním materiálem výrazně snižuje náklady na realizaci opatření.

Pro krátkodobé až střednědobé omezení eroze v horizontu 1 až 10 let se v některých případech **přiváží písek a štěrk ze vzdálenějších lokalit** či je získáván ze dna moře (viz Obr 2.8). Výsledkem zásahu je zvýšení využitelného a rekreačního prostoru a zajištění ochrany majetku na pobřeží. Nevýhodou této metody je, že vhodné materiály mohou být nedostupné nebo drahé, nestejnorodý dovážенý může změnit geomorfologii nebo ekologii oblasti.



Obr 2.7 Revitalizace italské pláže [25]

Na písčitých plážích, které trpí pravidelnou mírnou až závažnou erozí a v případech, kdy jsou ohrožena aktiva na pobřeží, mohou přiměřeně pevnou ochranu poskytnout **gabiony**. Jejich použití je omezeno na horní části pláže, protože nedokáží odolat pravidelnému přímému působení vln. Pletivové koše se plní drcenými horninami, často s místně dostupných materiálů, proto jsou jejich pořizovací náklady relativně nízké. Životnost opatření je 5 až 10 let. Gabiony potřebují pravidelnou údržbu, protože poškozené koše představují nebezpečí a vypadají nevzhledně.

Umělý mys se buduje v lokalitách rychle klesajících dun, které ohrožují významné pobřežní hodnoty. Kamenné konstrukce zajišťují ochranu strategických bodů, podél zbývajících průčelí pokračují přirozené procesy. Dočasná opatření jsou tvořena z gabionů nebo pytlů s pískem.

Neomezenou životnost mají **umělé útesy**, které rozptylují část energie dopadajících vln a jen částečně narušují přírodní procesy, čímž umožňují značně stabilizovat duny. Svými vlastnostmi napodobují přírodní útesy a stávají se útočištěm mnohých organismů. Náklady na jejich vybudování jsou středně vysoké podle použitého materiálu a rozsahu zásahu. Jako všechny skalnaté útvary musí být navrženy se značnou opatrností a s odbornou pomocí.

V uzavřených zálivech zajišťují dobrou ochranu před erozí **pobřežní přehrad**y. Na rozdíl od umělých útesů jsou tyto nízké skalnaté či betonové útvary postaveny podél pobřeží a mohou být odděleny od moře. Působí jako bariéra pro přímé vlny, však mezery mezi nimi umožňují dosažení vln až k dunám, kde je jejich síla utlumena refrakcí a difrakcí.

Budovat **vlnolamy** je nejlepší na oblázkových plážích nebo v ústích řek. V místech rekultivovaných dovozem či přesunem písku tyto struktury tvaru „T“, zvyšují stabilitu dun a snižují potřebu údržby. Nevýhodou je, že vlnolamy narušují přírodní procesy a zneprůchodňují pohyb veřejnosti na plážích. Jako stavební materiál je zde upřednostňován kámen, ale pro dočasné konstrukce lze použít i dřevo nebo gabiony. K dosažení vysoké úrovně ochrany před erozí se často vlnolamy budují společně s kameninovým obložením.

Rovnoměrně s pobřežím jsou budovány odvodňovací **kanalizace**, které účinně napomáhají rozšiřovat prostor pláží. Opatření není schopné efektivně fungovat při velkých bouřkách, které mohou kanalizaci i poškodit. Výhodou potrubí je, že je z velké části zakopáno v zemi, a proto má minimální dopad na životní prostředí. Náklady na realizaci systému jsou nízké, avšak údržba a správa vyžadují značné finanční prostředky.

Obložení z kamenů se využívá v těžce postižených oblastech, kde je důležité chránit majetek na pobřeží. Přestože nabízí dlouhodobou bezpečnost, má nepříznivý vliv na krajinu a biotopy. Kromě kamenů lze při jeho výstavbě použít i gabiony, dřevo nebo beton. Pro zvyšování ochrany je potřebné toto opatření pravidelně opravovat a případně rozšiřovat.

Levnější, ale méně odolné opatření je **obložení ze dřeva**. Toto opatření se realizuje jen v lokalitách se slabou, avšak pravidelnou erozí. Jeho životnost se pohybuje od 5 do 30 let.

Nepropustná obložení představují kontinuálně se svažující struktury betonu nebo kamenných bloků, jejichž životnost je od 30 do 50 let a odolávají i při vysokých vlnách a bouřích. Všechna pevná opatření, jako je toto, narušují přirozenou výměnu písku mezi dunami a plážemi, což vede k erozi přilehlých průčelí a způsobuje oslabení obložení a

následnou potřebu oprav a rozšíření ochrany. Do struktury obložení by měli být začleněny přístupové cesty na veřejné pláže a chodníky podél hřebenů.

Existuje celá řada dalších metod ochrany pobřeží. Jsou však buď nevhodná nebo není dokázán jejich pozitivní účinek na erodované duny. Jedná se například o výsadbu umělých řas, umístění velkého plavidla paralelně s pobřežím nebo překážku v podobě opony bublin stoupajících ode dna moře. [25;29]

2.4. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo shrnout údaje o vývoji a současném stavu eroze a protierozních opatřeních v Itálii. Ze zjištěných informací je zřejmé, že tato oblast je značně ovlivněna lidskou činností. Díky realizovaným projektům zaměřujících se na tuto problematiku, se v postižených lokalitách stále více uplatňují protierozní opatření. Tyto kroky vedou k zachování a ochraně sociálních, ekonomických i přírodních bohatství.

2.5. Seznam zdrojů a literatury

- [1] **Janeček, M.**, *Základy erodologie*. Praha/ Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008
- [2] **Boardman, J., Poesen, J.**, *Soil Erosion in Europe* / England. John Wiley & Sons, Ltd., 2006
- [3] **Holý, M.**, *Eroze a životní prostředí*. Praha/ ČVUT, 1994
- [4] **Janeček, M.**, *Ochrana zemědělské půdy před erozí* /1. vyd. Praha: ISV naklad., 2002
- [5] **Hůla, J., Bohuslávek, J., Kovaříček, P., Janeček, M.**, *Agrotechnická protierozní opatření* /1.vyd. Praha: VÚMOP, 2003
- [6] **Dostál, T., Váška, J., Vrána, K., Klik, A.**, *Vodní eroze*/ Praha, Wien: ČVUT, BOKU WEIN, 1996
- [7] **Janeček, M.**, *Protierozní ochrana v zemědělství ve vztahu k životnímu prostředí* / Sborník referátů Praha: ČSVTS, 1990
- [8] **Bokr, P.**, *Geohazardy-katalog geologických rizik* [online]. Publikováno 2006 [cit. 2009-01-16]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/>
- [9] **Moravčík, L.**, *Rizika v horách vyplývající z počasí* [online]. Publikováno 14.5.2004 [cit. 2009-01-16]. Dostupné z: <http://www.laviny.cz/main/?loc=informace&clanek=74>
- [10] *Přírodní katastrofy a environmentální hazardy* [online]. Citováno: 2009-01-16. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~herber/avalanche.htm>
- [11] **Matuška, S.**, *Laviny - druhy lavin a jejich vznik* [online]. Publikováno 20.5.2006 [cit. 2009-01-16]. Dostupné z: <http://www.adrex.cz/metodika/druhy-lavin-jejich-vznik.html>
- [12] **Beran, J.**, *Člověk a jeho postavení v biosféře* [online]. Citováno: 2009-01-16 Dostupné z: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=64&idkapitola=141
- [13] **Marchi, L.**, Podklady a informace z institutu Consiglio Nazionale delle Ricerche

- [14] **Liedekerke, M., Panagos, P.**, *Europien soil portal* [online]. Publikováno: 20/10/2008 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/>
- [15] **Marchi, L.; D'Agostino, V.**, *Estimation of debris-flow magnitude in eastern italian Alps* / CNR IRPI Padova, 2004
- [16] **Telford, T.**, *Vegetation and Slopes*, článek: *Florineth, F., Erosion kontrol above the timberline in south Tyrol, Italy* / Institution of Civil Engineers, Institution of Civil Engineers (Great Britain), Oxford 1995
- [17] **Krautzer, B.**, *Recultivation of alpine areas with seed of alpine plants* / Federál research institute for agriculture in alpine plants Rakousko 1997
- [18] **Mauro, R., Sassudelli, F., Cristoforetti, S.**, *In tema di proporzionamento delle barriere paramassi a rete* [online]. Publikováno: 2005 [cit. 2009-02-10]. Dostupné z http://www.montagnaonline.com/pm/pm81_file/pm81_Ing.Nat.Rit.pdf
- [19] **Geosyntetika, s. r. o.** [online]. Dostupné z: www.geosyntetika.cz
- [20] **Florineth, F., Gerstgraser, Ch.**, *Soil bioengineering measures for hilland slope stabilitation works with plants* / Food and agriculture organization of the united nations, Rome 1998 [online]. Publikováno: 1998 [cit. 2009-02-12]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/x0622e/x0622e0s.htm>
- [21] **Metalsald.** [online]. Citováno: 2009-02-12. Dostupné z: <http://www.metalsald.com/FermaNeve2.html>
- [22] **Gabiony.cz, s. r. o.** [online]. Citováno: 2009-02-13 Dostupné z: www.gabiony.cz
- [23] **Marci, L., Tecca, P.R.**; *Hill-slope debris flows in the Dolomites: characteristics and associated risk. In Internationales Symposion Interpraevent 1996*, Internationale Forschungsgesellschaft, Interpraevent. Karnten, 1996, s. 83-92

- [24] **Fierro, G.**, *The erosion of coast and the Atlas of the italian beaches*. In Casale, R., Margottini, C., *Natural disasters and sustainable development*/ Springer 2004 [online]. Citováno: 2009-02-13. Dostupné z: http://books.google.com/books?id=ZNpihO_GAQ4C&pg=PA1&dq=beach+erosion+italy&lr=&hl=cs#PPA1,M1
- [25] **Bird, E.**, *Coastal geomorphology* / John Wiley and Sons, 2008 [online]. Citováno: 2009-02-13. Dostupné z: <http://books.google.com/books?id=YX0mWBpjGkC&pg=RA1PA203&dq=beach+erosion+italy&lr=&hl=cs#PRA1-PA215,M1>
- [26] **Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale**. [online]. Citováno: 2009-02-13. Dostupné z: <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/>
- [27] **Gallucci, C.**, *Si aggrava il problema dell'erosione* [online]. Publikováno: 23.6.2006 [cit. 2009-03-15] Dostupné z: http://www.stampa.cnr.it/documenti/cnrWeb/2006/Giu/23_giu_06_06.htm
- [28] **Gisat, s. r. o.** [online]. Citováno: 2009-04-06. Dostupné z: http://www.gisat.cz/content/cz/aplikace/zivotni-prostredi?project=25#project_detail
- [29] **Scottish natural heritage** [online]. Publikováno: 2000 [cit:2009-04-06]. Dostupné z: <http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/erosion/5.2.shtml#a1>
- [30] **Venneri, S.**, *Il problema dell'erosione delle coste dal punto di vista* / Ministero dello sviluppo economico, Italy [online]. Publikováno: 10.4.2004 [cit:2009-04-06]. Dostupné z: http://www.dps.mef.gov.it/documentazione/convegni/14_10_2004/VeneriLegambiente.pdf
- [31] **Celý svět. Cz, Itálie:: Podrobné informace o zemi** [online]. Publikováno: 5.3.2009 [cit:2009-04-15]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/italie-statistika-info-stat-zeme-zemepis-cestovani>

- [32] **Addison, K.**, *Fundamentals of the physical environment* /Routledge, str: 540-541[online].Publikováno: 2002 [cit:2009-04-20] Dostupné z: http://books.google.com/books?id=IJX9fdU4NvkC&pg=RA1PA540&dq=badlands+Italy&lr=&ei=9rTySdmNB4y0yQT0t_n2Cg
- [33] **Aigacos**, *Leaflets Agricoltura Conservativa* [online].Publikováno: 15.11.2007 [cit:2009-04-20] Dostupné z: <http://www.aigacos.it/sezione.asp?sez=8>
- [34] **Marker, M., Schroder, B., Capolongo D., Bentivenga M.**, *Geomorphological and pedological processes in badland area sof Southern Italy and thein interaction with Mediterranean vegetation* / Institute of Geoecology - University of Potsdam [online]. Publikováno: 2006 [cit:2009-04-20]. Dostupné z: http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2006/728/pdf/IMAF_060210_Maerker.pdf
- [35] **Organic-europe** [online]. Publikováno: 26.10.2008 [cit:2009-04-25] Dostupné z: www.organic-europe.net

2.6. Seznam obrázků a grafů

- 1.1. Aktuální riziko eroze v Itálii
- 1.2. Čelní radličkový kypřič
- 1.3. Typický pohled na Italské vinice chráněné terasami
- 1.4. Bariéry v italských Alpách, jako o proti pádu lavin
- 2.1. Mapa sledované oblasti
- 2.2. Výsev pomocí vrtulníku
- 2.3. Aktuální rozsah eroze v Alpách
- 2.4. Eroze podle scénáře A2
- 2.5. Eroze podle scénáře B2
- 2.6. Calanchi v Toskánsku
- 2.7. Schéma rozsahu eroze podle zprávy CRN
- 2.8. Revitalizace italské pláže

Graf 2.1. Vývoj ekologického zemědělství v Itálii 1993 – 2007