

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

Corso di Laurea Magistrale in Progettazione e gestione degli ecosistemi agro-territoriali, forestali e del paesaggio

Sistemazione idraulico-forestale di un calanco in località Vimignano, nel Comune di CAMUGNANO (BO): analisi dell'efficacia delle opere di ingegneria naturalistica e delle dinamiche di rivegetazione spontanea ed evoluzione del dissesto

Tesi di laurea di:
Lorenzo Sulpizi

Relatore:
Prof. Donatella Pavanelli

Correlatore:
Dott. Claudio Cavazza

Anno Accademico 2016/2017

INDICE

CAPITOLO 1. INTRODUZIONE.....	2
CAPITOLO 2. GENERALITA' ED INQUADRAMENTO TEMATICO.....	3
2.1 Abbandono e dinamiche dell'uso del suolo nell'Appennino Bolognese.....	3
2.2 Calanchi e argille scagliose.....	6
2.3 Bonifica dei calanchi nel corso dell'ultimo secolo: tecniche e finalità.....	7
2.4 Rinaturalizzazione e ingegneria naturalistica.....	8
CAPITOLO 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	11
3.1 Ambiente e territorio agro-forestale del Comune di Camugnano: geografia, geologia, clima, assetto agro-forestale, zootecnia.....	11
3.1.1 Clima.....	12
3.1.2 Area di studio.....	14
3.1.3 Inquadramento geolitologico-pedologico.....	16
3.1.4 Flora e Fauna.....	18
CAPITOLO 4. MATERIALI E METODI.....	20
4.1 CASO 1: Studio dell'evoluzione dell'uso del suolo.....	20
4.2 CASO 2: Studio dell'evoluzione del calanco soggetto a frana: Dinamiche vegetazionali.....	21
4.3 CASO 3: Monitoraggio delle opere di ingegneria naturalistica e delle opere idrauliche.....	22
4.3.1 Schede di monitoraggio e Software.....	36
CAPITOLO 5. ANALISI E RISULTATI.....	41
5.1 CASO 1: Evoluzione dell'uso del suolo, della copertura vegetale e della geomorfologia dal dal 1954 al 2017.....	41
5.2 CASO 2: Dinamiche della copertura vegetale nell'area calanchiva.....	44
5.3 CASO 3: Analisi e monitoraggio delle opere di ingegneria naturalistica e idraulico forestale.....	51
5.3.1 Evoluzione canali di scolo realizzati all'interno della frana.....	57
CAPITOLO 6. PROPOSTA DI INTERVENTO: manutenzione e progettazione di opere idraulico forestali e di ingegneria naturalistica.....	60
CAPITOLO 7. CONCLUSIONE.....	68
Riferimenti bibliografici e sitografia.....	70

1. INTRODUZIONE:

Alla base di questo studio vi è l'analisi e il monitoraggio di opere di ingegneria naturalistica e idraulico forestali realizzate all'interno di un versante di origine calanchiva, sottoposto a fenomeni franosi. In particolare si pone l'attenzione sull'evoluzione dell'ambiente franoso in questione sotto vari punti di vista, come l'uso del suolo, il soprassuolo, le opere stabilizzanti presenti. Dopo aver studiato ed analizzato l'area per quanto riguarda l'ambiente, il clima, il suolo, il terreno e le parti biotiche come flora e fauna, è stato proposto un nuovo progetto di sistemazione, scaturito dai risultati ottenuti nelle fasi di studio. L'obiettivo della tesi è stato quello di monitorare una frana e notare come questa si è evoluta nel tempo e come sarà possibile in futuro renderla stabile sia da un punto di vista naturale che in termini di sicurezza. Sono state condotte indagini in campo, toccando con mano la situazione e utilizzando software capaci di farci ottenere risultati voluti in tempi brevi, aiutando i lavori di monitoraggio e progettazione.

Le motivazioni che mi hanno spinto ad approfondire tale tema hanno duplice natura. L'interesse personale per la materia che riguarda l'ingegneria naturalistica, quindi l'unione di più argomenti come il settore agrario e gli aspetti che riguardano l'ingegneria e il paesaggio, che quindi mi hanno permesso di entrare in contatto con argomentazioni diverse. La seconda motivazione è stata la sicurezza dell'uomo in rapporto al rispetto della natura e dell'ambiente che ci circonda.

Durante il periodo di preparazione tesi ho avuto l'opportunità di partecipare ad un convegno in data 5/10/17, riguardante l'applicazione dell'ingegneria naturalistica in ambito mediterraneo, tenutosi all'istituto tecnico industriale Galileo Galilei a Roma. Al relativo convegno organizzato dal Geom. Ettore Marrone in collaborazione con figure importanti nel settore ambientale e territoriale, hanno esposto argomenti di spessore all'interno di varie situazioni che possono crearsi nel contesto italiano. L'Italia infatti possiede molteplici paesaggi diversi dove possono venirsi a creare situazioni franose o imporsi fenomeni di erosione, con in allegato le diverse metodologie di lavorazione. Per quanto mi riguarda oltre l'interesse per la mia tesi, ho voluto partecipare al convegno per portare avanti le conoscenze riguardanti gli studi che ho effettuato sinora. All'interno dell'aula erano presenti agronomi, ingegneri, geologi, geometri e architetti e un aspetto che ho intuito è che tra loro, queste figure, per vari aspetti lavorativi, vanno spesso in contrasto, ma è incredibile come nella maggior parte dei casi trovano soluzioni intermedie tra le loro idee, seppur diverse e contrastanti, per il bene dell'ambiente e del territorio e quindi dell'uomo in generale. Questo per indicare e sottolineare che se dei professionisti, anche rispecchiando figure molto diverse tra loro, sanno collaborare e lavorare nel modo giusto, alla fine riescono a risolvere tranquillamente situazioni importanti riguardanti l'ambiente.

2 GENERALITA' ED INQUADRAMENTO TEMATICO

2.1 ABBANDONO E DINAMICHE DELL'USO DEL SUOLO NELL'APPENNINO BOLOGNESE

Le aree interne e montane del territorio si stanno pian piano spopolando. Nelle zone dell'Appennino il fenomeno è più vistoso ma, seppure in maniera più contenuta, è in atto anche in quelle alpine. Questa tendenza, che va avanti da oltre mezzo secolo, ha fatto sì che i territori montani, che costituiscono quasi i tre quinti della superficie nazionale, ospitino oggi soltanto un quinto della popolazione italiana.

Nell'immaginario collettivo il processo migratorio verso la zona urbana sembra del tutto normale, condizionando però così molti aspetti. Infatti il fenomeno porta con sé conseguenze economiche, ambientali e sociali importanti. L'abbandono di queste aree, infatti, significa indebolire le attività economiche – quali agricoltura, allevamento e turismo – che in questi contesti trovano la vocazione più naturale possibile. Al tempo stesso espone il territorio a rischi ambientali (incendi, dissesti idrogeologici, degrado del paesaggio) che si ripercuotono sull'intera collettività. Dal punto di vista sociale rende più gravose alcune semplici azioni della vita come la scuola e i trasporti. Inoltre assistiamo a una concentrazione sempre più spinta nelle grandi città, con tutto ciò che ne consegue in termini di qualità della vita e dell'ambiente. Purtroppo nelle aree montane abbandonate uno dei primi aspetti viene a mancare è la presenza di zone agricole con relativi problemi correlati, come la mancanza di materie prime alimentari e rischio idrogeologico.

Da questo punto di vista bisogna riconoscere che la Politica Agricola Comune (PAC) da diversi cicli di programmazione si fa carico del problema e prevede alcune misure volte a sostenere l'agricoltura di questi territori. I risultati ottenuti, tuttavia, non sono affatto soddisfacenti, dal momento che queste azioni fino a oggi non sono state in grado di rallentare l'esodo e di rilanciare l'agricoltura delle montagne in modo tale da favorire un incremento nel numero di addetti. Risulta evidente che non è (solo) con i sussidi che si può invertire la tendenza, ma è necessario recuperare prima di tutto la funzione produttiva dell'agricoltura di montagna anche attraverso un'adeguata valorizzazione dei prodotti e recuperare così la stabilità di alcuni territori, ora a grave rischio di degrado e crollo. Gli allevamenti bovini in montagna, per esempio, producono meno latte rispetto a quelli intensivi di pianura, ma di qualità indiscutibilmente migliore, grazie ai pascoli, all'alimentazione e alle condizioni ambientali generali. Eppure il prezzo del latte imposto dai grandi gruppi è pressappoco lo stesso, indipendentemente dalla qualità e dalla provenienza. Ecco perché quest'agricoltura ha bisogno, prima ancora dei sussidi e delle indennità, di strumenti in grado di rendere riconoscibili le produzioni agli

occhi di chi fa la spesa.

Di gran spessore è il discorso che riguarda l'ambiente e il clima, i cambiamenti climatici determinando, con eventi estremi e a frequenza ravvicinata, effetti fortemente impattanti per la tutela del suolo, delle risorse idriche e non ultima della biodiversità. Anche la produzione agricola è fortemente esposta a causa della sua dipendenza dalle condizioni climatiche. Per queste ragioni deve prendere ancora più importanza il ruolo di presidio territoriale che svolgono le imprese agricole e altri enti gestori di territorio, sotto il profilo della tutela ambientale. Tale ruolo risulta fondamentale in particolare per le aziende agricole e forestali dell'Emilia Romagna per la loro competitività nella produzione di materiale di qualità e per gli enti gestori del territorio per prevenire disastri naturali e mettere in sicurezza la popolazione collinare e montana. Non meno fondamentale è il rapporto tra agricoltura e produzione e tutela di beni pubblici come la biodiversità, i paesaggi agricoli, aria, suolo, acqua, nel contesto della PAC 2014-2020. Pertanto la strategia agro ambientale per il periodo 2014-2020 promuove la permanenza e l'ulteriore diffusione delle attività agricole sostenibili per il presidio territoriale e per conseguire una sostenibilità globale. Questa strategia dovrà essere duratura nel tempo, perseguendo la tutela delle risorse ambientali in ragione delle pressioni esercitate dal sistema produttivo e dai cambiamenti climatici, ma anche la produzione e la salvaguardia di beni pubblici.

Per ottenere questi obiettivi si dovrà intervenire in modo diffuso su tutto il territorio, con investimenti e azioni di gestione che consentano:

- Il contrasto ai fenomeni erosivi presenti nelle aree collinari e montane attuando migliorie sulla qualità fisica del suolo cercando di aumentare la sostanza organica presente in esso.
- Una razionalizzazione delle risorse idriche
- Un'efficace gestione dei suoli agricoli
- La mitigazione del cambiamento climatico, diminuendo le emissioni generate dalle attività agro-industriali e dai processi produttivi agro-zootecnici, attraverso buone pratiche di gestione.
- L'aumento del sequestro di carbonio attraverso la salvaguardia del patrimonio forestale.

L'aumento degli impegni a finalità agro-ambientali introdotti sotto varie forme dalla riforma della PCA, devono tradursi in dispositivi attuativi chiari, ben demarcati tra loro per evitare ricadute negative a carico delle aziende e del territorio. A tal fine sarà inoltre necessario far proseguire nella messa a punto di innovazioni sul tema della sostenibilità ambientale e potenziare gli interventi di informazione e formazione. Ovviamente serve intervenire anche sotto il profilo sociale, introducendo un approccio culturale in grado di restituire appetibilità alla montagna. Basti pensare che le stesse

norme che disciplinano gli aiuti, in riferimento a questi territori, utilizzano aggettivi come “marginali” o “svantaggiati”. Ora, mettendo da parte il fatto che in una cartina geografica dell’Italia le aree interne sono centrali, mentre ai margini ci sono le coste, si fa fatica a considerare svantaggiato un territorio in cui la qualità dell’aria, del cibo e delle risorse naturali garantisce un benessere potenzialmente più elevato che altrove. Gli svantaggi ci sono, ma sono infrastrutturali e non naturali, dovuti essenzialmente a mancati investimenti. Perché evidentemente, al di là dei proclami, l’atteggiamento delle istituzioni finisce quasi sempre per concentrare le attenzioni e gli interventi di cura del territorio prevalentemente nelle aree urbane e nelle grandi città, dove, non a caso, si concentra anche il maggior numero di persone (tratto e modificato dall’articolo di: Gaetano Pascale, 13/01/2016 ilfattoquotidiano.it).

Una politica lungimirante invece mirerebbe a creare le condizioni affinché le persone restino e tornino a vivere nelle aree montane, a cominciare dai giovani. Per esempio ha avuto sviluppo negli ultimi anni un progetto chiamato “PROGETTO BANCA DELLA TERRA”. La Banca Regionale Della Terra è un hub di scala regionale per raccogliere i terreni agricoli e agroforestali, le aziende agricole e i fabbricati rurali disponibili per affitto e concessione che i proprietari vogliono destinare a iniziative aziendali prioritariamente realizzate da giovani under 40, caratterizzate da attenzione all’innovazione, alla qualità, alla tutela del territorio e alla sua sostenibilità. Questo progetto servirà a riavvicinare la popolazione all’ambiente montano, soprattutto ai giovani, stimolando il loro interesse verso temi come la tutela della filiera agro-alimentare, il recupero di terreni abbandonati principalmente nelle aree rurali montane e collinari e infine la tutela di questi ultimi territori da problemi di dissesto idrogeologico e di tipo ambientale.

Il progetto di legge prevede la costituzione di una banca dati online, accessibile a tutti tramite internet, nella quale troveranno spazio terreni agricoli, agroforestali, fabbricati rurali e aziende agricole di proprietà pubblica e privata disponibili per affitto o concessione. Rientrano negli ambiti della Banca della Terra anche i terreni abbandonati e incolti, al fine di perseguire in modo efficace il recupero di suolo produttivo, di limitare gli incendi e gli squilibri idrogeologici legati all’incuria e all’abbandono. È previsto anche l’inserimento dei beni agricoli sequestrati e confiscati alla criminalità organizzata, per favorirne una rapida assegnazione che li riporti a veicolo di valore economico e sociale per la collettività, evitandone il deterioramento e promuovendo una gestione attiva. La dimensione regionale della banca dati consente di aumentare la visibilità dell’offerta di terreni, aziende e fabbricati, superando le limitazioni attuali, legate a barriere geografiche.

Questo progetto di legge ha come obiettivo di portare i giovani a contatto con il mondo del lavoro, da un punto di vista agricolo-forestale in ambito montano, recuperando terreni e immobili abbandonati o improduttivi per muovere l’economia e per stabilizzare al contempo l’ambiente

montano-collinare (tratto e modificato dall'articolo di: Mirko Bagnari, mirkobagnari.it).

Inoltre avere una distribuzione della popolazione più equilibrata porterebbe enormi benefici a tutti, non solo a chi è rimasto ad abitare, in luoghi più spopolati. Si potrebbero immaginare delle metropoli meno congestionate, una utilizzazione migliore delle risorse naturali, una drastica riduzione del consumo di suolo e, più in generale, effetti benefici sull'ambiente e sui cambiamenti climatici, diminuendo le isole di calore in città e popolando territori montani cercando di riattivare le attività e recuperare l'ambiente circostante.

2.2 CALANCHI E ARGILLE SCAGLIOSE

I calanchi (Figure 1a,1b) rappresentano l'elemento che più caratterizza il paesaggio collinare



Figura 1a. Oasi di Bienello (RE), (lipo.it, Foto: Luca Artoni).

dell'Appennino emiliano-romagnolo. Questi fenomeni, sono di grande interesse geologico, pedologico e paesaggistico, caratterizzano parecchi territori in tutta Italia. I calanchi sono un fenomeno geomorfologico di erosione che si forma a causa del dilavamento delle piogge meteoriche su terreni a matrice argillosa a forte pendenza e privi di

vegetazione, favorendo il fenomeno erosivo.

Nell'areale di nostro interesse che riguarda l'Appennino tosco-emiliano, ha larga diffusione la formazione delle Argille Scagliose (o caotiche, o varicolori). Questa tipologia di argille si è formata grazie ad antiche colossali frane sottomarine durante le quali la massa argillosa ha inglobato e trascinato lembi di litotipi diversi. Caratteristica peculiare di questa tipologia di argille è



Figura 1b. Calanchi dell'Abbadessa (BO), (parks.it).

appunto la sua variabilità litologica. Si tratta di un complesso, infatti sono caratterizzate dalla presenza al loro interno di frammenti di rocce diverse per età e litologia, tra cui spiccano blocchi bianchi e tenaci di calcari, lembi nastriformi di marne bianche, arenarie di colore bruno e talvolta anche frammenti delle scure e pesanti rocce magmatiche, le ofioliti. Possiamo poi trovare esotici di varie rocce sedimentarie (arenarie e calcari) e di rocce eruttive (rocce verdi, gabbro e serpentina). I terreni pertanto possono presentarsi sotto varie forme ed espletare varie tipologie di caratteristiche. La composizione delle Argille Scagliose risulta essere formata da molteplici varietà di minerale argilloso come le illiti, le vermiculiti e le montmorilloniti.

Questa tipologia di formazioni argillose presenta caratteri di accentuata instabilità, a causa della loro mineralogia, sono infatti fillosilicati, caratterizzati dalla capacità di assorbire l'acqua all'interno del reticolo. Questa caratteristica è causa della formazione di erosioni di grande estensione e frane per colata. Questi fenomeni sono causati da piani di slittamento, caratteristici di queste litologie, anche molto profondi. Nelle zone più inclinate l'erosione è intensa e predominano i suoli ai primi stadi evolutivi con frequenti affioramenti rocciosi.

Una delle caratteristiche peculiari delle argille scagliose e delle forme assimilabili è la caoticità, si mostrano cioè in modo variegato e in rare occasioni per lunghi tratti uniformi. Spesso il paesaggio è interessato da fenomeni erosivi intensi e da frane anche di grandissime dimensioni, solo piccole aree rimangono in equilibrio, dove l'acclività è minore. Questi fenomeni possono essere innescati soprattutto in annate con ricche e continue precipitazioni e in casi in cui l'uomo abbia effettuato interventi agricoli e/o edilizi non corretti.

Per quanto riguarda la potenzialità agricola di questi paesaggi è molto varia, si alternano zone con buon substrato e una buona produttività a zone poco fertili con substrato roccioso e inerte. Una grande parte di queste terre dovrà quindi essere destinata al pascolo e al bosco, altre addirittura alla sola sistemazione e gestione della stabilità tramite la realizzazione di opere adatte al controllo dell'erosione e del dissesto idrogeologico (tratto e modificato da: Stefano Segadelli; "L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino" F.Mancini et alii, 1979).

2.3 BONIFICA DEI CALANCHI NEL CORSO DELL'ULTIMO SECOLO: TECNICHE E FINALITÀ

L'esperienza degli ultimi decenni di bonificare versanti argillosi dissestati e calanchi ha confermato le difficoltà e onerosità, nella maggior parte dei casi, di ottenere una copertura vegetale e raggiungere una certa stabilità ambientale e strutturale. In passato nelle zone calanchive veniva utilizzato un metodo di risoluzione che si basava sulla costruzione di colmate a monte attraverso briglie in terra

battuta. All'epoca si pensava soprattutto all'aspetto produttivo ma nella maggior parte di questi casi non veniva raggiunto, inducendo a contenere la sistemazione alla sola opera di fondo lasciando sostanzialmente alla natura il compito di colonizzare, seppur lentamente, le pendici grazie alla vegetazione spontanea. Col passare degli anni l'interesse si è spostato verso elementi come il dissesto idrogeologico, l'aspetto naturale-ambientale e soprattutto paesaggistico del territorio, tenendo conto anche della sicurezza dell'uomo al fine di rendere sicure aree a rischio di frana come abitazioni e strade. Prendendo quindi in considerazione questi diversi interessi si è cercato di improntare, tramite l'utilizzo di tecniche opportune, la rinaturalizzazione delle zone dissestate, utilizzando piantagioni e semine di arbusti e colture erbacee locali in affiliazione a legname e pietrame. Per portare a buon fine questo obiettivo, vengono utilizzate sistemazioni idraulico forestali sulle pendici o alla base delle zone calanchive da rallentare il processo di erosione. Molto importante è il lavoro di canalizzazione delle acque meteoriche tramite la realizzazione di canali di scolo all'interno dei pendii che consentono di effettuare un ottimo lavoro di drenaggio, facilitando contemporaneamente la circolazione delle acque superficiali. Negli ultimi decenni si sono sviluppate tecniche a basso impatto ambientale tramite l'utilizzo di materiale vivo in associazione con l'utilizzo di materiale inerte. Questa tipologia di intervento viene tuttora chiamata ingegneria naturalistica (tratto e modificato da: "L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino" F.Mancini et alii, 1979).

2.4 RINATURALIZZAZIONE E INGEGNERIA NATURALISTICA

La rinaturalizzazione si basa su tecniche e metodi a basso impatto ambientale volti al recupero di



Figura 2a. Piccola palizzata, Regione Emilia-Romagna (Foto: Claudio Cavazza)

ambienti naturali degradati. Le finalità consentiranno nell'accelerare il recupero dei processi naturali delle aree sviluppando un equilibrio ambientale stabile. L'azione di rinaturalizzazione interessa il recupero di ex-cave, boschi, pendii soggetti a frane e alvei disturbati. Le tecniche di intervento possono essere molto

diverse fra loro ma spesso sono riconducibili a quelle dell'ingegneria naturalistica.

L'ingegneria naturalistica chiamata anche bioingegneria forestale è una disciplina che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, piante vive, parti di pianta o addirittura biocenosi intere, spesso in unione con materiali inerti come pietrame e legname. Molte specie vegetali oltre ad essere utilizzate per rinaturalizzare la zona e a ricostruire il paesaggio, sono fondamentali per consolidare efficacemente sponde, pendii e versanti ottenendo anche un effetto drenante grazie alla traspirazione delle piante. Di grande interesse è il lavoro delle radici delle specie vegetali che vengono selezionate, dopo un accurato studio sulle caratteristiche ambientali e fisionomiche di queste piante. Si tratta quindi di un inserimento nel paesaggio di alcune opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo compatibile, mitigando così l'impatto della costruzione sia da un punto di vista economico che ambientale-paesaggistico. Per quanto riguarda l'aspetto economico, si raggiungono gli obiettivi desiderati tramite costi sostenibili. Parlando invece della progettazione bisogna fare più attenzione alle caratteristiche ambientali, climatiche, fisionomiche, geografiche e pedologiche che caratterizzano la zona, per raggiungere un preciso equilibrio naturale.

Le finalità di intervento di questa disciplina sono molteplici e tutte di considerevole importanza come:

- Funzione idrogeologica: tramite il consolidamento del terreno, il drenaggio, la protezione dai vari tipi di erosione.
- Funzione naturalistica: creando micro e macro ambienti naturali e recuperando zone maggiormente degradate
- Funzione estetico paesaggistica: tramite il recupero dell'uniformità del paesaggio, realizzando opere a basso impatto ambientale
- Funzione economica: risparmiando su alcuni costi di costruzione e manutenzione

Le tecniche di ingegneria naturalistica possono poi essere applicate in vari ambienti quali:

- Corsi d'acqua: tramite il consolidamento delle sponde, costruzione di briglie e rampe di risalita
- Versanti: tramite la rinaturalizzazione dei paesaggi, il recupero della stabilità e la gestione dei fenomeni erosivi
- Zone umide
- Coste marine
- Cave



Figura 2b. Steconata su versante calanchivo, Regione Emilia-Romagna
(Foto: Claudio Cavazza)

Per quanto riguarda le tecniche di intervento, si prevede l'utilizzo di piante vive e/o loro parti (semi, radici, talee) per cui si possono avere diverse tipologie di intervento come la semina (a spaglio, idro-semina o con coltre protettiva), messa a dimora di talee (in viminate, fascinate, palizzate, palificate e

steconate (Figura 2a, 2b)) o direttamente la piantagione di piantine radicate.

Qualora l'impiego di sole piante non sia sufficiente a raggiungere gli obiettivi prefissati, si possono accomunare materiali di tipo inerte come legname e pietrame. A seconda delle situazioni si possono avere varie tipologie di costruzioni che più si prestano al caso (Manuale tecnico di ingegneria naturalistica, Regione Emilia-Romagna – Regione Veneto, 1993).

I capitoli seguenti sono stati dedicati ad un caso particolare di studio trattato di persona, che riguarderà la sistemazione di una zona calanchiva soggetta a fenomeni erosivi e franosi e il suo successivo monitoraggio confrontando le sue evoluzioni nel tempo.

Gli obiettivi sono stati suddivisi in tre tipologie di studio:

1. L'evoluzione dell'uso del suolo all'interno della zona di studio e di come questa evoluzione ha portato ad avere cambiamenti a livello di dissesto idrogeologico, evidenziando processi di cambiamento causati dalle lavorazioni messe in atto sulla frana.
2. Lo studio delle dinamiche vegetazionali all'interno del calanco soggetto a dissesto idrogeologico.
3. La terza finalità si basava sul controllo di opere di ingegneria naturalistica realizzate all'interno del corpo franoso e a livello di sponda del torrente Limentra, coinvolto dal fenomeno, controllando il loro sviluppo e specificando le varie trasformazioni dell'areale se positive o negative caratterizzando le nostre spiegazioni. La progettazione di opere idraulico forestali, migliorandone le caratteristiche progettuali, rispettando la natura e il paesaggio.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 AMBIENTE E TERRITORIO AGRO-FORESTALE DEL COMUNE DI CAMUGNANO: geografia, geologia, clima, assetto agro-forestale, zootecnia

L'ambiente che riguarda l'area di studio di nostro interesse si trova all'interno del Comune di Camugnano, comune che si trova nella provincia di Bologna, consta di 1840 abitanti circa. Suddetto comune si estende per 9661 ettari (96,6 chilometri quadrati) all'interno dell'Appennino bolognese, sviluppandosi ad un livello di altitudine di 692 m.s.l.m. La maggior parte del territorio si estende all'interno della valle del torrente Limentra (orientale o di Treppio), compresa nel bacino montano del fiume Reno.

Nell'ambito della tesi il torrente Limentra ne entra a far parte da protagonista, poiché la frana di cui stiamo studiando l'evoluzione interessava direttamente il corso del torrente stesso. Per questo motivo introdurrei le caratteristiche e la posizione geografica.

Limentra è il nome di due torrenti presenti nell'Appennino pistoiese e bolognese, entrambi affluenti di destra del fiume Reno che danno il nome alla valle del Limentra. Ambedue sono caratterizzate da notevoli portate d'acqua, proprio per questa loro peculiarità vengono impiegati per scopi idroelettrici, come capita spesso nell'alto bacino del fiume Reno.

Il Limentra inferiore o Limentra orientale o Limentra di Treppio, nasce dal Monte La Croce altitudine 1250m s.l.m.), presso Badia a Taona nel Pistoiese, non lontano dal Limentra superiore e dal Limentrella (chiamato anche Limentrino). Percorre nella sua totale lunghezza 31 km, ha una portata media di $7\text{m}^3/\text{s}$ e scorre all'interno di un bacino idrografico ampio 145 km^2 . Percorre una stretta e boscosissima valle, denominata la Foresta demaniale dell'Acquerino, dopo di che svolta quasi subito in direzione nord, in località Ponte a Rigoli dove riceve l'affluente di destra Limentrino. Presso la confluenza con la Limentrella (lunghezza 7,4 km, bacino di $24,8\text{ km}^2$), poco dopo aver attraversato la sorgente di acqua minerale Lentula, entra nella città metropolitana di Bologna. Il torrente, poco dopo essere entrato nella provincia di Bologna, scorre attraverso la località di Suviana di Castel di Casio, dove è presente dal 1933 una prestante diga in muratura che forma il bacino artificiale di Suviana. Il bacino ha una capienza totale di $43.850.000\text{ m}^3$ d'acqua ed è uno dei più ragguardevoli dell'appennino sia in termini di potenza idroelettrica che di capacità. Il Limentra orientale percorre poi una gola molto incamerata nel tratto subito a valle di Suviana chiamata Gola di Castrola che poi si allarga avvicinandosi alla confluenza col Reno, nel quale sfocia dopo 31 km di corso, di fronte a Riola di Vergato dopo aver lambito la celebre Rocchetta Mattei. Nella zona di Riola di Vergato è presente la frana di nostro interesse, soggetta ad analisi e monitoraggio e oggetto di tesi.

3.1.1 CLIMA

Il territorio della provincia di Bologna si trova all'interno della zona temperata settentrionale e ricade tra l'Appennino e il Mar Adriatico. Questo posizionamento lo espone ai venti che arrivano dalle Alpi caratterizzando il suo clima. Il Mar Adriatico pur distando una trentina di km dalla provincia posta più ad est di Bologna non sembra mitigare le condizioni climatiche della stessa. Il crinale appenninico, diretto da NO a SE e le varie successioni dei contrafforti e delle valli orientati da SO a NE, influenzano spesso l'arrivo dei venti provenienti dal Mar Adriatico fungendo da barriera. All'interno della Provincia di Bologna si possono distinguere tre fasce altimetriche e di conseguenza climatiche, che sono la fascia montana, collinare e di pianura. Il Comune di Camugnano appartiene alla Fascia Montana, più precisamente alla Fascia Medio Montana (Tabella N°1), poiché ricade all'interno delle caratteristiche altimetriche e metereologiche di questa classe. L'area montana è caratterizzata da un clima temperato fresco. All'aumentare della quota avviene una sensibile diminuzione della temperatura e dell'umidità, mentre si osserva invece un aumento della nuvolosità, delle precipitazioni piovose e nevose e delle gelate notturne. In estate le temperature aumentano raggiungendo il loro picco nel mese di Luglio, mentre in inverno le temperature più basse si raggiungono nel mese di Gennaio (tratto e modificato da: www.asoer.org/atlanti/atlante_bo/aspectti/clima.htm).

Tabella N°1. Fascia medio montana della Provincia di Bologna, (www.asoer.org/atlanti/atlante_bo/aspectti/clima.htm).

Fascia medio montana (600/900 m)	
Temperatura media annua (C°)	9°-12°
Pioggia (mm)	900-1300
Giorni piovosi	70-120
Neve (cm)	100-160
Giorni nevosi	10-20
Durante manto nevoso (gg)	30-60

Per quanto riguarda la media valle del Reno, oggetto della presente ricerca, l'analisi del clima fa riferimento ai dati termo-pluviometrici rilevati dal Servizio Idrografico nelle stazioni Monzuno, Monte Ombraro, Porretta Terme (Figura 3a), Bologna nel periodo 1921 - 1950. Inoltre sono stati presi in considerazione i dati pluviometrici della stazione di Sasso Marconi relativi al trentennio 1921-1950, i dati termo-pluviometrici della stazione di Vergato (Figura 3b) relativi al periodo 1951 - 1971.

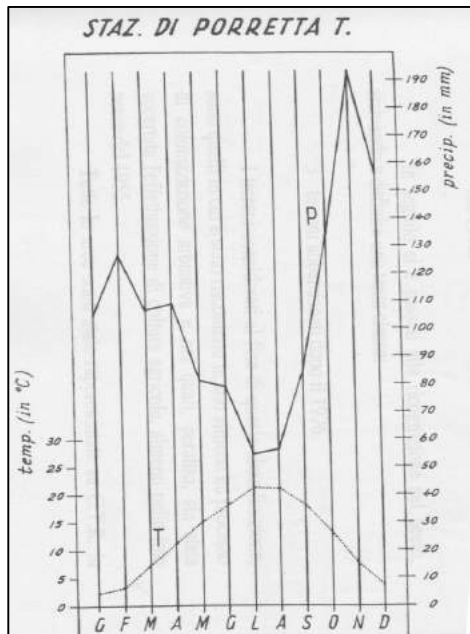


Figura 3a. Grafico termo-pluviometrico Porretta, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

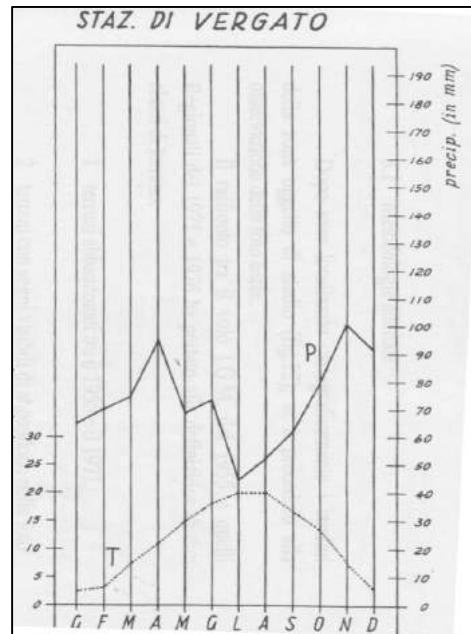


Figura 3b. Grafico termo-pluviometrico Vergato, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

Da tali risultati capiamo che il clima dell’area è caratterizzato da una temperatura di circa 12 C° e che le isoterme che definiscono la temperatura media annua si stabilizzano attorno ai 12 C°. Le isoiete relative alle precipitazioni medie annue attraversano due zone particolari definendo quella corrispondente a 1250 mm/anno che passa poco a nord di Porretta Terme; quella corrispondente a 1000 mm/anno che attraversa invece l’abitato di Riola (1012 mm/anno, media 1921-1970), molto vicino alla frana oggetto di studio (Figure 4a, 4b).

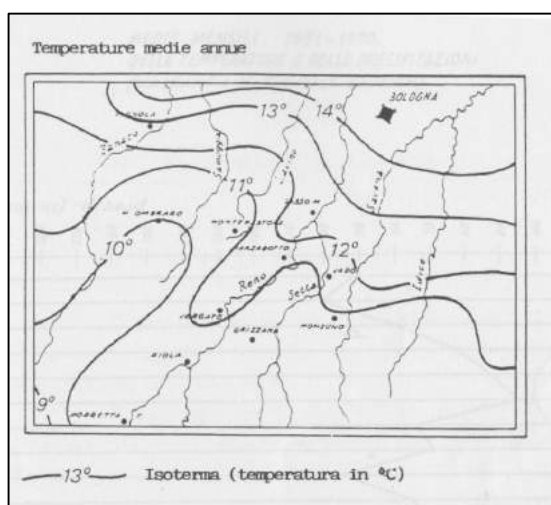


Figura 4a. Grafico Isotherme, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

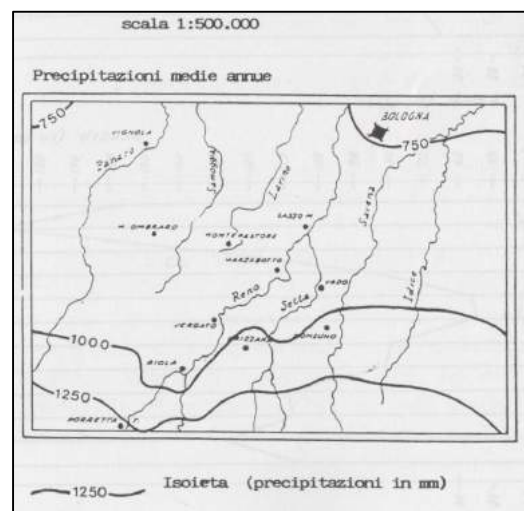


Figura 4b. Grafico Isoiete. “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

3.1.2 AREA DI STUDIO

L'area di analisi specifica riguarda una porzione di bacino del Torrente Limentra compresa tra le località di Grizzana Morandi e Camugnano (Figure 5a). Più precisamente il calanco studiato si trova in area Nord-Occidentale del complesso Monte Vigese – Montovolo, il calanco è stato soggetto a vari fenomeni franosi, da gli anni '40, circa, fino ad oggi. La morfologia dei versanti è in genere uniforme, con pendenze dolci a cui corrispondono campi in relazione alla matrice argillosa, mentre appare più

aspra ed incisa e boscata quando alle argille si sostituiscono

banchi marnoso arenacei.

Molteplici

torrenti e rii minori incidono i versanti, in genere secondo

direttrici

perpendicolari a quella del corso d'acqua

principale, con



Figura 5a. Screen Ortofoto, Anno 2017, confine dei Comuni di Grizzana Morandi e Camugnano, (geoportale.regione.emilia-romagna.it).

regimi idrici tipicamente torrentizi. Numerosi torrenti sono stati oggetto di storiche ed intense attività di sistemazione idraulico-forestale, nel corso della prima metà del '900, a testimonianza di un passato assai tormentato dal punto di vista idrogeologico, soprattutto a difesa di abitati storici come Grizzana Morandi, Campolo, Vimignano, Gaggio Montano, Castelnuovo, con ripercussioni su tutto il fondovalle. Inoltre sono state realizzate sistemazioni anche sui versanti, molto instabili e soggetti spesso a erosione. Tra gli usi agricoli i seminativi sono concentrati lungo il fondo valle, mentre nelle aree più alte prevalgono i prati permanenti destinati allo sfalcio per usi zootecnici. Numerosi i poderi in abbandono, particolarmente nella fascia intermedia e nell'ambito del Parco di Monte Sole, con graduale reinsediamento spontaneo, negli ex-coltivi, di vegetazione. L'economia rurale del territorio risulta relativamente marginale e interessa principalmente il settore zootecnico (produzione di parmigiano-reggiano); il contoterzismo appare diffuso ovunque. Molto improntato sulla frana oggetto

di tesi è il lavoro effettuato dalla Regione Emilia Romagna sui dissesti regionali, infatti la Carta tematica sulla “Cartografia dei Dissesti” è stata necessaria per capire e analizzare in profondità la tipologia di fenomeno in atto e le caratteristiche storiche dello stesso.



Figura 5b. Zoomata della Fig. 5a, area di studio, 2017.

La frana oggetto di studio (Figura 5b) viene chiamata, all'interno dell'inventario regionale, “Monte Vigese Poggio di Campolo Strada Riola-Vimignano-Vigo” è presente nella tavola numero 3 del Comune di Camugnano e presenta 4 attivazioni storiche di eventi di importanti dimensioni:

- 1° evento: tra Aprile e Maggio Del 1948, nel versante nord-ovest del Monte Vigese, settore del bacino del Rio Rebono vi fù un distacco e progressivo ampliamento della frana a quota circa 750m, a causa di violenti nubifragi nel periodo antecedente all'evento.
- 2° evento: Settembre 1949, continuo ampliarsi del corpo di frana verso valle.
- 3° evento: Gennaio 1950, versante nord-ovest del Monte Vigese. La zona di distacco, a quota 900 m circa, corrisponde all' ampliamento della frana del maggio 1948. Si individuano un settore superiore, esteso sino al Poggiolino (m 604), ed uno inferiore diviso in due rami.
- 4° evento: Aprile 1963, interruzione strada comunale e gravi danni all'opera di captazione dell'acquedotto di Vimignano.

Il dissesto in questione fa parte della categoria “a1b” e cioè deposito di frana attiva per scivolamento, preso come riferimento dallo schema della Regione Emilia Romagna sulla cartografia dei dissesti (Figura 6). Questa tipologia di deposito si è originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra e roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura ben definita chiamata nicchia di distacco. Lo stato di attività della frana ha evidenziato nell'ultimo anno continui piccoli

movimenti di terra, soprattutto nella parte alta del versante, denotando una mancanza di vegetazione e suolo rimescolato. Dal 1963 fino ad oggi il corpo di frana si espanso fino ad arrivare e quasi ad ostruire il Torrente Limentra (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, geo.regione.emilia-romagna.it).

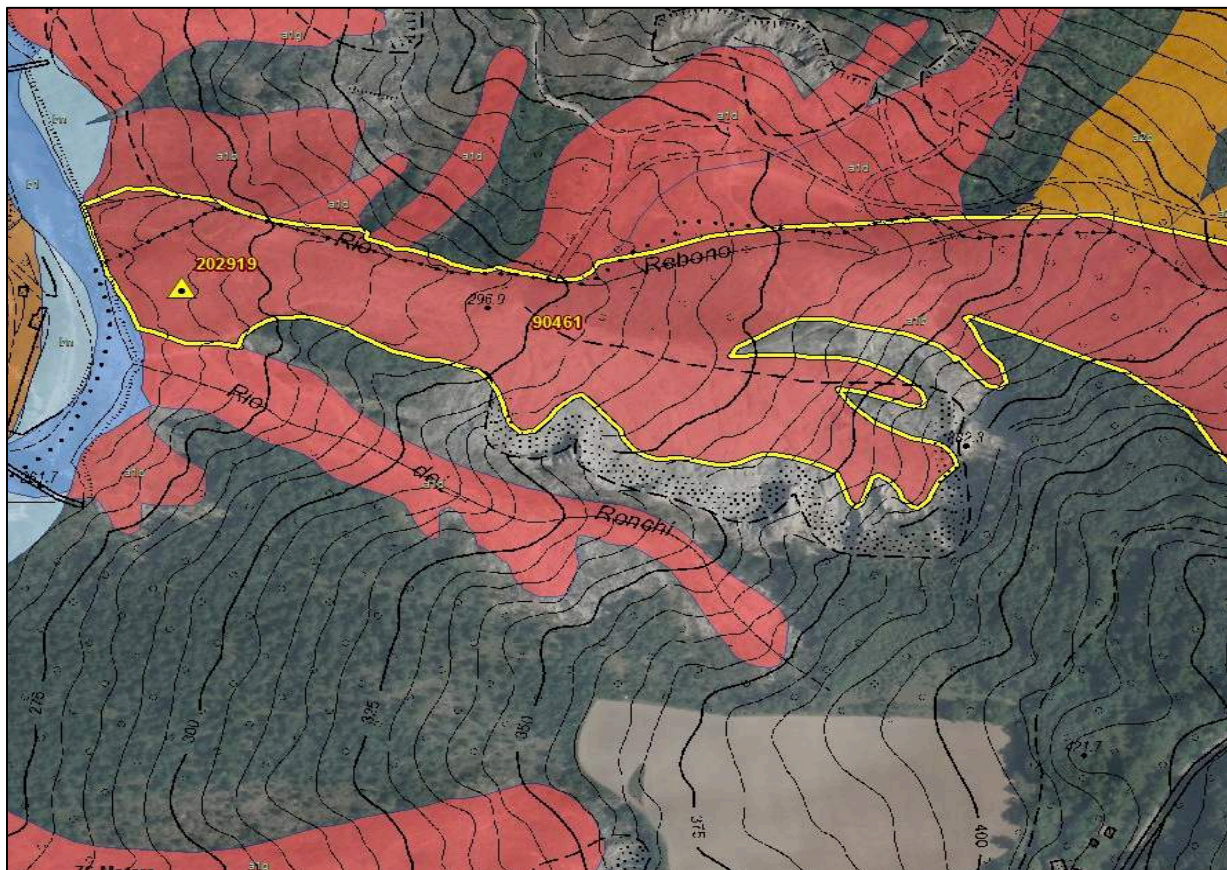


Figura 6. Area di studio individuata sulla Carta dei dissesti, (Servizio geologico sismico e dei suoli Regione Emilia Romagna, geo.regione.emilia-romagna.it).

3.1.3 INQUADRAMENTO GEO-LITOLOGICO E PEDOLOGICO

Dal punto di vista geolitologico, l'area in oggetto si estende lungo il versante nordoccidentale del complesso Monte Vigese – Montovolo. Il versante è coinvolto in continui movimenti di terra che causano fenomeni franosi, problemi di sicurezza e ambientali. Nell'area presa in esame si trovano affioranti Formazioni di Argille a Palombini, che sono in contatto con altre tipologie di argille come le Variegata e con la Formazione delle Marne di Monte Venere nella parte alta del bacino. Nell'area quindi, è presente un'alternanza di litotipi con caratteristiche geoidrologiche differenti: le unità arenacee, intensamente fratturate, a permeabilità elevata e le unità argillose praticamente impermeabili (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, geo.regione.emilia-romagna.it). In seguito alle caratteristiche litologiche, la zona oggetto di studio (Figura 7b) è caratterizzata da un'ampia varietà di suoli che caratterizzano in modo diverso i

versanti. Consultando la carta dei suoli della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250000 (Figura 7a) è stata constatata la presenza di tre precise tipologie di suoli.

La prima tipologia (Fig. 7b “color verde militare”), è caratterizzata da materiale di origine franosa o derivante da argilliti o peliti intercalate a rocce arenacee o calcaree, talora da ofioliti. I suoli hanno pendenza che varia tra l’8 e il

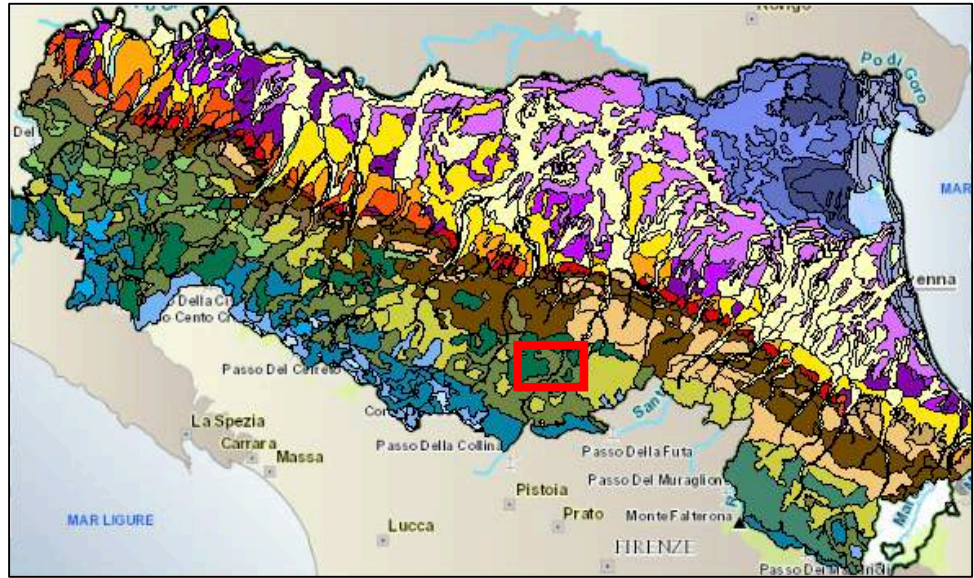


Figura 7a. Carta dei suoli Emilia Romagna, (geoportale.regione.emilia-romagna.it).

20%, molto profondi, calcarei e moderatamente alcalini, ripidi e con buona quantità di ossigeno.

La seconda tipologia di suolo, (Fig. 7b “color verde scuro”), è caratterizzata da materiali derivati da rocce stratificate, principalmente da formazioni arenaceo-pelitiche (Formazione di Bismantova). Sono suoli ripidi e molto profondi, a tessitura media, da moderatamente acidi a debolmente alcalini.

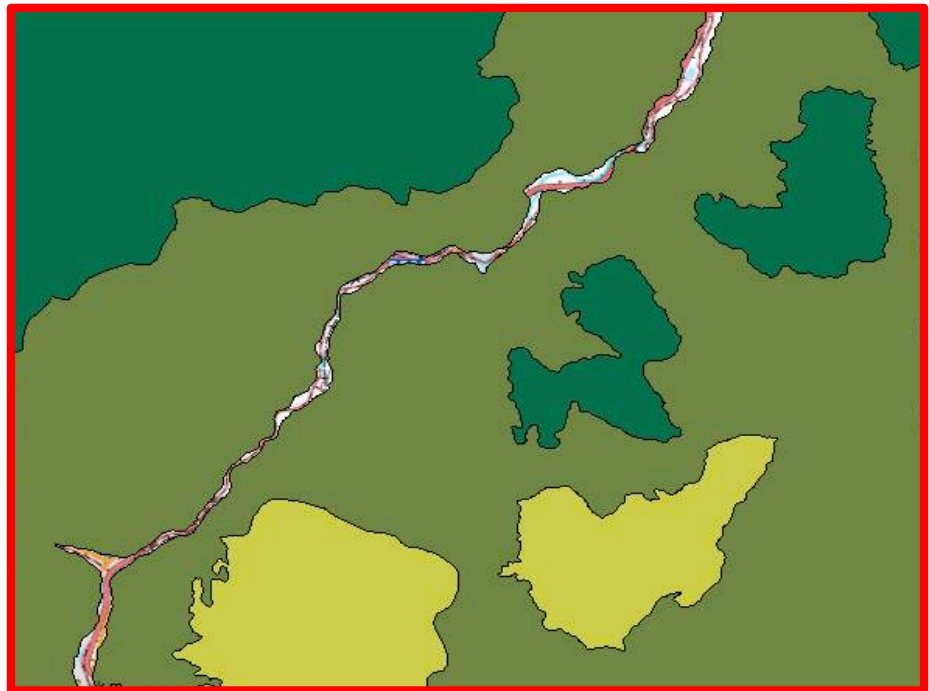


Figura 7b. Area di studio identificata sulla Carta dei suoli Emilia Romagna, (geoportale.regione.emilia-romagna.it).

La terza tipologia, (Fig. 7b “color verde chiaro”), di suolo è definita da depositi di versante o franosi ed in materiali derivati da rocce stratificate arenaceo-pelitiche e calcareo-marnose. Questi suoli sono molto ripidi e piuttosto profondi, a tessitura media ma ciottolosi in profondità, il loro range di pH oscilla tra livelli neutri e moderatamente alcalini. Localmente sono ripidi, pietrosi, rocciosi buona disponibilità di ossigeno (Geoportale, Regione Emilia Romagna, 31/10/10).

3.1.4 VEGETAZIONE E FAUNA

La tipologia di vegetazione presente all'interno dell'areale di Vergato e di Camugnano si presenta molto variegata. E si differenzia per la diversità dei suoli e dell'orografia. La flora più presente è la seguente:

- boschi a *Quercus pubescens*
- praterie a *Brachypodium pinnatum* più o meno arbustate
- boschi misti a *Ostrya carpinifolia*
- boschi a *Castanea sativa*
- cespuglieti a *Erica arborea* e praterie a *Holcus lanatus*
- praterie a *Dactylis glomerata* ed *Agropiron repens*
- aggruppamenti ad *Helichrysum italicum*
- aggruppamenti delle praterie calanchive
- aggruppamenti alveali e delle depressioni umide
- aggruppamenti erbacei igro-nitrofilo

La vegetazione si differenzia in formazioni ripariali dei terrazzi fluviali, con partecipazione nella maggioranza dei casi di specie igrofile, ottimali per questa tipologia di siti come pioppi, ontani, salici arborei ed arbustivi, salendo invece lungo i versanti si trovano boschi di querce e frassini nelle esposizioni calde, con presenza sporadica del leccio, dell'agrifoglio e dell'erica lungo le falesie soleggiate prossime ai banconi arenacei (Montovolo, Monte Pero, Rupe di Calvenzano). Nelle esposizioni più fresche e ombreggiate c'è la possibilità di osservare più frequentemente boschi di carpino, nocciolo con presenza di acero campestre, acero riccio, ciavardello. In alcuni casi si possono notare castagneti sulle formazioni arenaceo-sabbiosi. I castagneti soggetti ad abbandono stanno favorendo un graduale reinsediamento da parte di latifoglie autoctone di notevole pregio naturalistico e paesaggistico. Sporadici e limitati nuclei di rimboschimenti artificiali di conifere alloctone e talvolta esotiche (appartenenti ai generi *Cupressus*, *Pinus*, *Picea*, *Cedrus*, *Pseudotsuga*) sono presenti sia sui versanti argillosi che su quelli arenacei e spesso affiancano impianti più recenti di arboricoltura da legno (pioppo, noce, ciliegio, frassino) realizzati su ex-seminativi con contributi pubblici. Il bosco di latifoglie è quasi esclusivamente governato a ceduo matricinato o semplice, tranne in alcune casi dove si possono osservare avviamenti ad alto fusto di castagneti e querceti di buona fertilità, che sono stati realizzati nell'ultimo decennio, grazie a contributi pubblici (Regolamenti comunitari e finanziamenti regionali). In sintesi, i boschi della fascia collinare-submontana comprendono, relativamente al

territorio considerato, i boschi presenti dalle quote più basse fino a circa 800-900 m, e, a seconda dell'esposizione sui versanti, sono composti principalmente da querceto misto, cerreta, ostrieto e castagneto. Secondo la classificazione di Ubaldi (Ubaldi, op.cit.) queste cinque tipologie sono riconducibili ad un'unica associazione, ovvero quella dell'*Aceri-Quercetum* di cui rappresenterebbero delle semplici varianti.

La vegetazione riparia, essendo tipicamente azonale, è condizionata specialmente dal livello dell'acqua e dal livello della falda freatica, fattore che condiziona in piccola parte la flora è il clima. La presenza dell'acqua, unita ad una quasi costante ventilazione lungo la vallata, ha sicuramente un effetto mitigante degli estremi termici. Il corso del Fiume Reno e di alcuni dei suoi affluenti con direzione da Sud a Nord ed i rilievi più alti ad Est fanno sì che vi sia una lunga esposizione del fiume alla luce solare. L'insieme di questi elementi naturali accentuano le caratteristiche di mediterraneità della zona, riscontrabili nella presenza di specie termofile caratteristiche come agazzino, pungitopo, asparago, leccio diffusi a macchie nella prateria xerofila arborata.

La fauna, dopo un periodo temporaneo di scomparsa degli ungulati maggiormente presenti come capriolo, cervo e cinghiale, grazie al progressivo abbandono dei terreni montani sta ricominciando a ripopolare queste aree. Grazie al vario mosaico di habitat, si possono trovare numerose specie di avifauna, erpetofauna, e piccoli mammiferi. In questi ultimi anni gli ungulati, stanno dando problemi alle attività umane di recupero ambientale e territoriale. Lo stato di semi-abbandono di vasti versanti ha indubbiamente favorito un recupero spontaneo e graduale della naturalità, espresso anche da un arricchimento di presenze faunistiche estremamente significative.

Intorno agli anni '70 è iniziato un processo di reintroduzione naturale e artificiale all'interno di questi territori dei mammiferi ungulati come i suddetti capriolo, cervo e cinghiale, opera che ha avuto e sta avendo tuttora un ottimo successo grazie ai variegati microhabitat presenti. Si alternano infatti aree a buona copertura arborea, arbusteti e ampi pascoli insieme a boschi che producono ghiande e castagne. Un altro aspetto importante per il reinserimento di questi animali è la scarsità o assenza di grandi predatori come il lupo e l'aquila reale. Unici predatori presenti sono la volpe e il falco.

Il numero di specie di uccelli presenti è ampio anche se la ricchezza di specie sembra essere in relazione alla vastità del territorio e quindi dalla varietà degli ambienti presenti. Specie tipiche dei boschi maturi come il picchio verde, il picchio muratore e il rampichino sono poco frequenti e localizzati. Specie abbastanza rare sono la sterpazzolina, piccolo uccello insettivoro tipico della macchia mediterranea, o il lù bianco specie poco comune degli ambienti termofili della media ed alta montagna. I rapaci presenti all'interno di questo territorio sono la poiana, di gran rilievo la presenza del falco pecchiaiolo, del falco pellegrino.

Una così vasta e ampia varietà di specie faunistiche è data dall'altrettanto rilevante variabilità

biologica e ambientale. Il fattore fondamentale da considerare per la componente faunistica è la differenziazione ambientale, cioè l'elevata diversità biologica. Fattore molto importante da considerare è la problematica riguardante la mancanza di una catena alimentare adeguata a far sì che le specie restino in numero proporzionato. Questa complicazione sta nel fatto che avendo un sovrannumero di alcuni animali si hanno, in modo direttamente proporzionale, problemi a livello di rischi sugli assetti agro-zootecnici e di carattere selvicolturale.

4 MATERIALI E METODI

4.1 CASO 1: STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'USO DEL SUOLO

Lo scopo di tale studio è stato quello di esaminare l'uso del suolo dell'area in oggetto, partendo da analisi di foto aeree di anni diversi, nello specifico in riferimento agli anni 1954, 1996, 2011, 2014 e infine 2017, confrontando infine fra di loro l'evoluzione specificando gli effetti sul territorio stesso e di come queste trasformazioni abbiano portato ad un cambiamento dell'ambiente.

MATERIALI: Per questa tipologia di indagine è stato utilizzato materiale di diverso tipo. Molto importante, caratterizzante ed intuitivo è stato l'utilizzo di foto aeree degli anni specificati in precedenza, queste riprese sono chiamate in modo particolare ortofoto (tipologia di foto aerea modificata e georeferenziata). Le ortofoto riguardanti la regione Emilia Romagna sono state acquisite dal sito di riferimento della Regione all'interno del Geoportale. Uno studio accurato di queste immagini può aiutare a sviluppare su software dedicati un'ottima suddivisione delle varie utilizzazioni del suolo. Questa ripartizione è stata effettuata all'interno del software QGIS (Quantum Geographical Information System), software ampliato tramite estensioni che svolgono molteplici funzioni chiamate plugins, codeste amplificazioni permettono di svolgere notevoli operazioni e di gestire dati di vario tipo come raster, vettoriali e dati web. Questa tipologia di programma è stato fondamentale nel caricare immagini raster o vettoriali e di creare al di sopra di queste dei poligoni esplicativi che ci permettessero di individuare le varie classi di uso del suolo. Di grande interesse applicativo è stato l'utilizzo di carte tematiche in riferimento alle carte degli usi reali del suolo per avere dei confronti sul lavoro effettuato, soprattutto sull'utilizzo di riprese non recenti e sull'impiego di una nomenclatura adatta ai vari utilizzi del suolo. La suddivisione dei nomi si è basata sull'utilizzo di classi simili a quelle attribuite alle carte tematiche vere e proprie che facevano riferimento alla classificazione CORINE.

METODI: Per realizzare e ultimare questo primo obiettivo sono state utilizzate delle ortofoto presenti sul portale web della Regione Emilia-Romagna e tramite il sistema di ricerca è stata zoomata la zona di riferimento alla frana e cioè l'area riguardante la sponda destra del torrente Limentra

interessata dal fenomeno franoso in area nord occidentale del complesso Monte Vigese – Montovolo. Dopo aver stabilito un confine della zona soggetta a frana è stato realizzato uno screen della superficie di nostro interesse creando così delle immagini raster. Questa operazione è stata effettuata per le annate prese in considerazione. In seguito sono state caricate le immagini, precedentemente create, sul software QGIS iniziando così un processo di fotointerpretazione e cioè un'attività utile al rilevamento delle caratteristiche del terreno, in modo particolare al sistema di utilizzo del suolo. Per effettuare questa tipologia di analisi sono stati classificati i seguenti usi reali del suolo:

- Urbano: (comprende case, edifici e strade)
- Incolto (comprende campi abbandonati, calanchi e zone soggette a frana)
- Bosco
- Campi coltivati.

Contemporaneamente veniva iniziato il processo di delimitazione dell'area di studio, tramite la creazione di un confine, disegnato grazie ad un sistema di segmentazione, realizzando nel mentre poligoni da attribuire alle varie classi, tramite l'utilizzo di funzioni presenti su QGIS. Per mantenere lo stesso confine per tutte le immagini delle diverse annate sono stati assegnati dei punti comuni tra le foto aeree così da poterle sovrapporre all'interno del software e riuscendo così a mantenere un unico confine comune e uguale per tutte le operazioni. Essendo presenti immagini aeree fino all'anno 2014, è stata realizzata un'immagine raster dell'anno 2017, utilizzando le mappe sempre aggiornate disponibili dal servizio Google Maps, realizzando uno screen dell'area di studio. Infine sono state convertite le superfici calcolate dei poligoni in percentuali tramite una semplice equazione, poiché le immagini caricate non era stato possibile georeferenziarle. Dopo il calcolo delle varie percentuali sono state confrontate fra loro e successivamente determinata un'evoluzione ben precisa del territorio.

4.2 CASO 2: STUDIO DELL'EVOLUZIONE DEL CALANCO SOGGETTO A FRANA: DINAMICHE VEGETAZIONALI

Il calanco oggetto di studio, è stato soggetto a molteplici fenomeni franosi, che, hanno inevitabilmente cambiato l'aspetto del paesaggio e la sua sicurezza in riferimento alle infrastrutture presenti, come il torrente Limentra e la frazione de La Scola. L'obiettivo, in questo preciso caso, è stato quello di studiare l'evoluzione del calanco concentrando le attenzioni sulle dinamiche vegetazionali del versante, molto importanti sia dal punto di vista della stabilità naturale e strutturale del luogo che dal punto di vista paesaggistico.

MATERIALI: Per lo più sono stati utilizzati due tipologie di programmi. Il software CAD, che è l'acronimo di computer aided drafting e computer aided design, due termini diversi ma in questo caso correlati. Questo strumento informatico permette di realizzare disegni tecnici in 2D e 3D, viene spesso utilizzato in progettazioni di vario genere da architetti, geometri, agronomi e ingegneri.

Il software QGIS, come già introdotto nei materiali del capitolo 4.1.

METODI: La metodologia di analisi si è basata sulla fotointerpretazione di immagine aeree, riguardanti gli anni 2008, 2011, 2014, 2017. Le immagini aeree, disponibili sul sito della Regione Emilia Romagna, riguardavano solamente gli anni fino al 2014. Per ottenere l'immagine raster del 2017 sono state utilizzate le riprese satellitari di Google Maps, ritagliando successivamente l'area di nostro interesse. Dopo aver analizzato il calanco, è stata applicata, sul software QGIS, la poligonazione del versante, suddividendolo in aree. I poligoni sono stati suddivisi in categorie vegetazionali diverse: Erba, Bosco, Terra. Tramite la tabella riguardante le aree delle categorie sono state calcolate, utilizzando delle proporzioni matematiche, le percentuali di riferimento per ogni categoria e per ogni anno, così da poterle confrontare.

Gli anni selezionati riguardano il periodo post-intervento, effettuato dalla Regione Emilia Romagna negli anni 2002 e 2006 (Cap 4.3). Interventi atti a stabilizzare il pendio e a rinaturalizzarlo, per rendere le infrastrutture più sicure e recuperare il paesaggio.

Molto funzionale è stato visitare il corpo calanchivo ed eseguire un transetto al suo interno. Il transetto è stato utile per individuare le piante che si sono potute sviluppare. Questo intervento è stato effettuato a circa 30 metri dalla base del versante, quindi nella parte più a valle del pendio, dove la ripresa vegetativa ha mostrato i segni più ampi.

4.3 CASO 3: MONITORAGGIO DELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA E DELLE OPERE IDRAULICHE

Nel caso specifico l'obiettivo è stato quello di monitorare l'evoluzione della frana in risposta agli interventi effettuati nel 2002 e nel 2006 (opere idraulico forestali, palificate, briglie). Infine proporre delle tecniche di regimazione e di stabilizzazione del versante atte ad aiutare la sistemazione del calanco soggetto a fenomeni di erosione e dissesto idrogeologico.

MATERIALE: Sono state prese in considerazione le seguenti carte tematiche: carta dei suoli, carta forestale, carta della vegetazione e le foto aeree, in particolare sono state osservate foto realizzate nel periodo pre-interventi e post-interventi per poter caratterizzare al meglio le operazioni e la loro evoluzione nel tempo. Fondamentale è stato l'utilizzo della relazione tecnica nella quale sono descritti

gli interventi effettuati nel 2006 e i riferimenti tecnico economici del progetto, analizzando inoltre gli interventi realizzati nel 2002, entrambi progetti realizzati dall’Autorità di Bacino del fiume Reno. Determinante è stato l’utilizzo di una scheda di monitoraggio delle opere effettuate sul posto, da compilare per diagnosticare così il loro stato ed effettuare successive analisi e possibili interventi futuri. Necessario è stato l’utilizzo di software specifici come Service Moka, QGIS e CAD.

Le carte tematiche a cui è stato fatto riferimento sono le seguenti:

- La prima carta a cui è stato fatto riferimento è stata la Carta dei Suoli della regione Emilia Romagna osservata sul sito della regione stessa in collegamento con il Geoportale, amplificazione che regola e gestisce i dati espressi sulle ortofoto regionali. Il progetto regionale di cartografia dei suoli è finalizzato alla realizzazione di un inventario della “risorsa suolo”. E’ di tipo innanzitutto descrittivo esplicitando le diverse caratteristiche che hanno i suoli, la loro struttura e tessitura, la loro origine e come interagiscono con le altre componenti ambientali e naturali (il clima, la vegetazione, il substrato roccioso, la dinamica geomorfologica, gli interventi umani). Questo programma è stato avviato intorno agli 1975-1980 per supportare le attività di pianificazione territoriale. Il sistema di informazione, dettagliato su tutto il territorio, è disponibile in scala 1:50000 e 1:250000. Nel corso degli anni sono state definite le modalità di acquisizione dei dati e la loro interpretazione e archiviazione così da poter rendere il più possibile comprensibili le analisi.

Attraverso il sito della Regione Emilia Romagna è possibile consultare e interrogare la carta dei suoli e le varie tipologie di tematismi ad essa collegati. Inoltre è possibile interrogare, contemporaneamente alla carta dei suoli, altre carte come quella in riferimento alla geologia o quella in attinenza all’uso dei suoli. La carta dei suoli è suddivisa in poligoni, ognuno di essi è descritto in base alle varie caratteristiche del suolo. L’insieme dei poligoni con simili caratteri vanno a formare una sezione chiamata unità cartografica. Tramite appositi strumenti posti all’interno del sito web si possono interrogare le varie delineazioni di interesse, visualizzando le proprietà di ogni suolo. La carta dei suoli è frutto di rilevamenti eseguiti dal 1980 al 2015 e delle successive correlazioni, di cui l’ultima si è conclusa nel 2015 (tratto da: geoportale.regione.emilia-romagna.it).

- Di grande interesse pratico e applicativo è stata la carta forestale regionale. La legge regionale 4 settembre 1981 n. 30 prevede l’elaborazione da parte della Regione della Carta Forestale regionale, di validità decennale, dei terreni nudi e suscettibili di rimboschimento e dei boschi da migliorare, quale fondamentale strumento di conoscenza necessario per meglio calibrare la politica e la programmazione regionali di settore.

Poiché uno strumento cartografico di dettaglio (scala 1:10.000) deve contenere tutte le

informazioni necessarie a rendere il lavoro di gestione forestale più agile possibile. I requisiti minimi che deve possedere la Carta Forestale della Regione Emilia-Romagna a questa scala sono:

- essere compatibile con le norme di esecuzione e collaudo della Carta forestale d'Italia redatte dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali (1983) e, più in generale, con gli altri strumenti di conoscenza sul tema specifico in uso a livello europeo, nazionale e regionale;
- essere uno strumento operativo per la gestione dei boschi anche in vista della redazione, aggiornamento e attivazione degli strumenti di pianificazione territoriale nelle zone montane e collinari (Piano Regionale di Sviluppo Rurale - Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale - Piani Territoriali dei Parchi, Pianificazioni urbanistiche comunali);
- essere agevolmente trattabile per via informatica (digitalizzazione) ed essere facilmente revisionabile in relazione all'aggiornamento normativo di settore (p.es: D. lgs 227/01 , D.lgs 42/2004), alla modificazione dei limiti cartografici e all'evoluzione del sistema forestale in continuo divenire;
- costituire un punto di partenza per la ridefinizione e il miglioramento dei dati Istat di settore (superfici e tipi di bosco), per l'aggiornamento di banche dati correlate (incendi boschivi) per l'aggiornamento delle qualità di coltura catastali ai sensi delle vigenti disposizioni legislative in materia.

La "Carta forestale" a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna è una carta tematica che rappresenta e descrive in modo più che dettagliato le caratteristiche fisionomiche e colturali basandosi in buona parte sulla classificazione del progetto CORINE Land cover. La carta è suddivisa in poligoni appartenenti alla classe "aree forestali" e, alcune aree esterne ma affini al campo forestale come castagneti da frutto, pioppeti e impianti da arboricoltura da legno. I poligoni sono definiti molto in dettaglio sia per quanto riguarda la loro estensione, che la loro delimitazione in termini di confini. Inoltre sono caratterizzati in modo specifico sull'aspetto qualitativo del soprassuolo forestale per quanto riguarda quindi la composizione specifica, tipo di governo, altezza media e densità media.

L'aggiornamento del documento avviene in continuo mediante ripermetrazione dei poligoni in aumento o in diminuzione e per quanto riguarda la tipologia di trattamento e governo del bosco (tratto e modificato da: "www.unionappennino.bo.it", Eros Leoni, 18/07/2014).

- Una terza tipologia di carta tematica utilizzata è stata la carta della vegetazione del Parco dei Laghi di Suviana e Brasimone. All'interno di questa Carta possiamo trovare varie tipologie di piante di specie diverse poste all'interno di poligoni e georeferenziate all'interno della mappa catastale. Partendo dalle quote più basse del parco fino a 800-900 m di altitudine si incontrano

boschi misti di latifoglie, in prevalenza querce, che danno vita a estese formazioni, soprattutto sui versanti settentrionali, dove le pendenze e il clima umido e fresco hanno fatto sì che nel passato queste zone fossero dedicate allo sviluppo di foreste visto che pascoli e prati non potevano essere attuati. Questi boschi sono stati sfruttati da sempre dall'uomo, trattati la maggior parte a ceduo, con solo pochi alberi, di buone dimensioni, ad alto fusto; i tagli periodici dei polloni cresciuti dalle ceppaie consentivano in passato di ricavare in poco tempo il legname necessario al riscaldamento e alle altre attività quotidiane. Gli alberi di maggior prevalenza sono la roverella, l'orniello e il carpino nero, quest'ultimo dominante sui suoli poveri e nei boschi molto sfruttati; al di sopra di suoli molto argillosi la specie presente è invece il cerro. All'interno di boschi molto variegati sono presenti anche varie specie di acero come quello campestre, il ciliegio selvatico, il sorbo domestico e il ciavardello. Per quanto riguarda invece il sottobosco crescono varie tipologie di arbusti quali il biancospino, corniolo, nocciolo, madreselva pelosa, edera e caprifoglio. Ad inizio primavera spuntano poi, con colori variegati e intensi, molte varietà di fiori come viole, primule, erba trinità e polmonaria, mentre in estate possono essere osservate alcune specie di orchidee. In passato venivano adibite alcune zone del parco ad impianti di castagneto da frutto, ora abbandonati o di scarsa vocazione produttiva. Gran parte dei versanti montani sono invece rivestiti da boschi di faggio che risalgono fino alle cime più elevate. Nelle faggete delle quote più basse questa latifolia si mescola ad alberi e arbusti tipici dei querceti sottostanti; sui substrati arenacei è facile incontrare boschi misti di faggio e castagno, derivati da vecchi castagneti da frutto abbandonati, nei quali si stanno gradualmente ripristinando condizioni più naturali. Alle quote più alte ora è possibile trovare, alternato a faggio, anche acero di monte e sorbo montano. Fra gli arbusti compaiono il maggiociondolo alpino e il nocciolo, che lungo le sponde dei rii vegeta a fianco di salice rosso e salice ripaiolo.

I boschi del parco si alternano spesso a radure, in parte arbustate e in parte occupate da rimboschimenti, derivate nella maggior parte dei casi da disboscamenti per ricavare terreni, quelli presenti in migliori condizioni, per prati o pascoli e nei casi più rari seminativi. Ora in piccola parte si possono notare queste radure solo vicino ai piccoli centri abitati in zone recintate. Gran parte dei prati sono stati negli ultimi decenni abbandonati e gradualmente ricolonizzati da specie arbustive pioniere che hanno dato così origine ad arbusteti più o meno fitti in evoluzione verso formazioni più ricche e complesse. In queste aree il suolo è argilloso e prevalgono le seguenti specie, rose selvatiche, prugnolo, ginepro, biancospino, citiso e rovo. In zone con substrati di formazione arenacea, dove il suolo è tendente all'acidità si sviluppano meglio piante come la felce aquilina, il brugo e la ginestra dei carbonai.

Inoltre nel territorio del parco si incontrano estesi rimboschimenti di conifere, generalmente monospecifici e coetanei, realizzati tramite l'utilizzo di specie pioniere come pino nero e pino silvestre, sia per produrre legname da resinose pregiate come abete bianco, abete rosso e abete di Douglas e sia per consolidare pendici e scarpate (tratto da geoportale.regione.emilia-romagna.it; www.enteparchi.bo.it/area-protetta-laghi/, Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità Emilia Orientale).

- Ultima ma non per importanza è la Carta geologica della Regione Emilia Romagna, tratto dal sito di quest'ultima (geo.regione.emilia-romagna.it). Questa tipologia di carta tematica può dare diverse informazioni riguardanti la geologia del suolo, tutte raggruppate all'interno di una Banca Dati, possiamo trovare:
 - punti di osservazioni geologiche
 - risorse e prospezioni elementi geomorfologici e antropici
 - affioramenti puntuali di particolare interesse
 - elementi strutturali
 - limiti di unità cartografabili geologiche
 - processi geologici particolari
 - affioramenti geologici
 - ambienti deposizionali e litologie

Grazie all'aiuto delle carte tematiche sopra citate è stato possibile utilizzare il software, disponibile sul sito della Regione Emilia-Romagna di nome "Servizio Moka", per osservare l'evoluzione dei canali di scolo artificiali presenti.

METODI: Oltre all'applicazione delle carte tematiche da un punto di vista soprattutto conoscitivo e progettuale, dopo aver osservato le foto aeree, il passo indispensabile e fondamentale è stato il sopralluogo all'interno del corpo franoso. Successivamente ad una attenta analisi delle relazioni tecniche e delle numerose osservazioni sul posto delle opere e dell'ambiente, è stata compilata una scheda di monitoraggio (cap. 4.3.1), commentando ogni caratteristica della zona e grazie all'utilizzo di software specifici effettuare analisi approfondite su vari temi, potendo così infine definire delle linee di intervento in un futuro prossimo, tramite la progettazione di nuove opere o la sistemazione delle stesse per ottenere così l'obiettivo principale di ristabilire la zona sia dal punto di vista della sicurezza che dal punto di vista paesaggistico ambientale.

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE REALIZZATE NEL 2006 E OPERE - 2002

- OPERE REALIZZATE NEL 2002

In seguito a problemi causati da ingenti movimenti gravitativi che avevano ostruito il sottostante Torrente Limentra, sono stati effettuati, nel 2002, interventi di consolidamento al piede della frana: una scogliera in massi ciclopici a difesa della scarpata in destra idraulica del corso d'acqua (Figura 8a, 8b, 8c), posa di astoni di *Salix purpurea* appena sopra la sponda in massi ciclopici, ingenti opere di rimodellamento superficiale del versante, sistemazioni idrauliche superficiali (fossi a diverse sezioni e dotati di presidi idraulici come briglie in legname e pietrame) e palizzate in legname nell'area di nicchia in corrispondenza dei tratti più pendenti. Tra i precedenti interventi, i risultati più soddisfacenti sono stati quelli riguardanti la difesa spondale tramite costruzione in massi ciclopici come conferma l'immagine numero 8c (Foto Lorenzo Sulpizi).

Gli interventi, anche se collassati e distrutti dai movimenti franosi, hanno sicuramente limitato e rallentato i processi di erosione e movimentazione, soprattutto nella parte a monte vicino al nucleo La Scola.



Figura 8a. Foto delle lavorazioni sulla sponda del Torrente Limetra con posa di massi ciclopici, "archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna", Località: Vimignano.



Figura 8b. Foto delle lavorazioni di modellamento della sponda del Torrente Limentra, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”, Località: Vimignano.



Figura 8c. Foto del risultato finale della scogliera in massi ciclopici, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”, Località: Vimignano.

- RELAZIONE TECNICA OPERE – 2006

La relazione si basa sui fenomeni franosi che hanno riguardato il versante nord-occidentale (Figura 9) del complesso Monte Vigese - Montevolo e i relativi interventi di stabilizzazione e rinaturalizzazione del pendio, con messa in sicurezza del sottostante

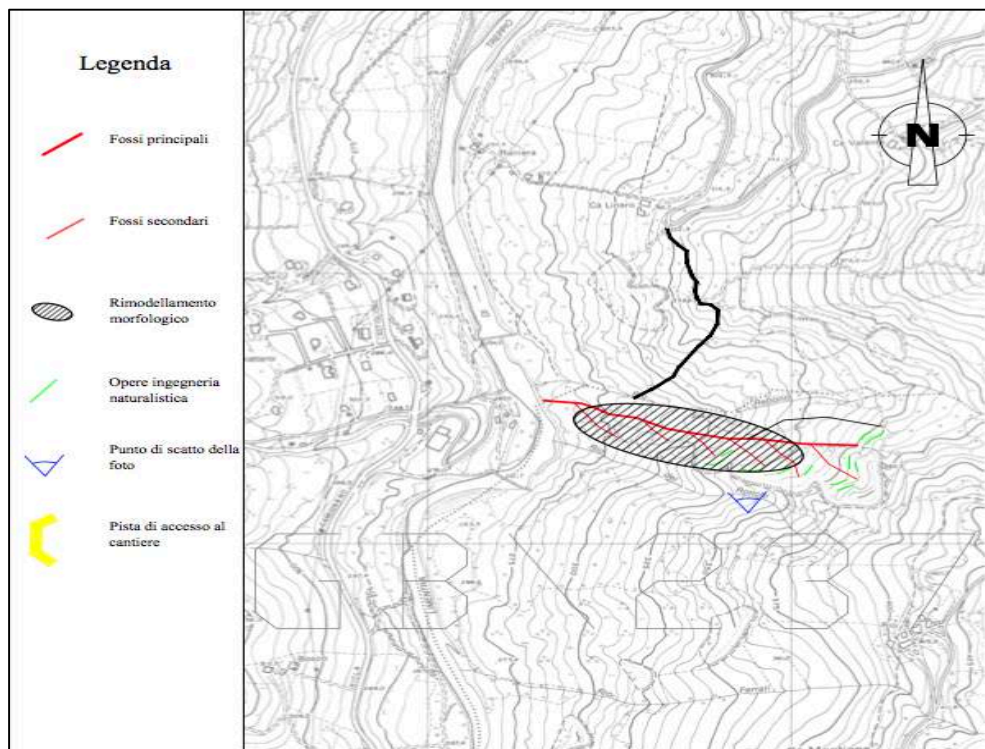


Figura 9. Scheda tecnica, inquadramento geografico, le opere realizzate riassunte in Legenda, "archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna.

Torrente Limentra soggetto a erosione spondale e continui movimenti di terra che provenivano dall'alto con suo conseguente continuo disturbo. Oltre a coinvolgere il torrente, tali movimenti hanno recato danni alle strutture viarie dei comuni di La Scola – Ponte di Verzuno e tra i nuclei di Cà Dorè e Cà Brunetti; questi nuclei sono in continuo rischio di dissesto strutturale e a rischio di movimenti franosi. In seguito sono stati finanziati diversi interventi urgenti, oltre a quelli in riferimento al 2002, che sono serviti a consolidare il pendio ed evitare ulteriori problemi a livello infrastrutturale. L'area oggetto del presente intervento di sistemazione è ubicata più a valle. Nell'area in esame si trovano, come specificato nel capitolo dell'inquadramento territoriale, affioranti la Formazione di Argille a Palombini e la Formazione delle Marne di Monte Vigese; tali affioramenti formano un paesaggio calanchivo, con pendii molto ripidi costituiti da argille ricche di inclusi arenacei e marnosi. Parte degli interventi realizzati grazie a finanziamenti precedenti sono stati realizzati in direzione destra idraulica del Rio Rebono, infatti fu deviato il corso e stabilizzato il nuovo alveo con briglie e traversette, mentre nel seguente progetto si è intervenuti sulla sinistra idraulica del Rebono per tentare di fermare i movimenti franosi e i processi di arretramento della nicchia di distacco, questi ultimi stanno minacciando ancora oggi il nucleo storico de La Scola posto proprio pochi chilometri alle spalle della frana (tratto e modificato da: "Relazione tecnica generale", Marzo 2006, Dott. Claudio Cavazza et Geom. Gianfranco Rodolfi).

- LAVORI

Nell'ambito di tale progetto han dovuto tener conto di molteplici fattori e di varie tipologie di analisi prima di intervenire sul posto. I progettisti hanno preso in considerazione la consistenza dei beni coinvolti e i diversi processi che avvenivano al suo interno tramite indagini specifiche, inoltre, molto importante è stato valutare la zona dal punto di vista storico che paesaggistico, quindi valutazioni estetiche e sostenibili oltre che puramente tecniche. Indagini precedenti al 2006 hanno dimostrato la necessità di migliorare l'idrografia superficiale per ottimizzare lo scolo delle acque meteoriche ed evitare processi di erosione, per riuscire a stabilizzare il versante nonostante le scarse qualità geomeccaniche del luogo.

Alla luce di tali indagini e dei relativi risultati e in base alle caratteristiche identificate del clima e della tipologia di suolo hanno ritenuto opportuno intervenire tramite le seguenti lavorazioni:

1. formazione di piste di accesso, piazzole di sosta depositi e/o attraversamenti di fossi nonché



Figura 10b. Fosso realizzato nel 2006, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno”.

loro mantenimento per tutta la durata dei lavori

2. rimodellamento morfologico per l'eliminazione delle contropendenze causa di ristagno idrico superficiale

3. creazione di reticolo idrografico superficiale mediante rifacimento dei fossi danneggiati, la realizzazione di un

fosso principale a fianco del corso dell'alveo abbandonato del Rebono dotato di soglie in materiale lapideo e materiale vegetale vivo per la stabilizzazione della quota ed il rallentamento dell'erosione di fondo (Figure 10a, 10b).

4. Infittimento della rete scolante mediante la realizzazione di fossi secondari confluenti a sezione trapezoidale lungo i versanti, di cui due di essi saranno canali filtranti o canali secondari. Questi ultimi corrispondono ad un canale in terra in cui il fondo è completamente

riempito con materiale lapideo drenante grossolano, (Figura 11), dotati di soglie con talee di salice arbustivo. Si tratta di canali di nuova generazione adatti al contesto in oggetto, hanno molteplici vantaggi di applicazione rispetto ai canali in terra e a quelli rivestiti:



Figura 11. Materiale lapideo sul fondo del canale di scolo, ““archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”, Località: Vimignano

- sono di facile e rapida esecuzione, non hanno problemi di dispersione laterale delle acque,
 - consentono la diminuzione del flusso di acqua incanalato, evitando problemi di erosione
 - possono sopportare cedimenti senza perdere la loro funzionalità
5. realizzazione di palizzate, steconate e fascinate drenanti, da posizionarsi a ridosso della nicchia di distacco
 6. messa a dimora di talee e piantine a radice nuda di specie idonee al clima e al terreno della zona (Figure 12a, 12b).



Figura 12a. Talee di Salix alba, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.



Figura 12b. Talee di Salix alba, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

7. semina a spaglio per favorire il rinverdimento e la creazione di un cotico erboso in grado di diminuire l'erosione superficiale e aumentare l'assorbimento di acqua assorbendola e traspirandola (Figura 13).



Figura 13. Operazione di idro-semina, 2006, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”, Località: Vimignano.

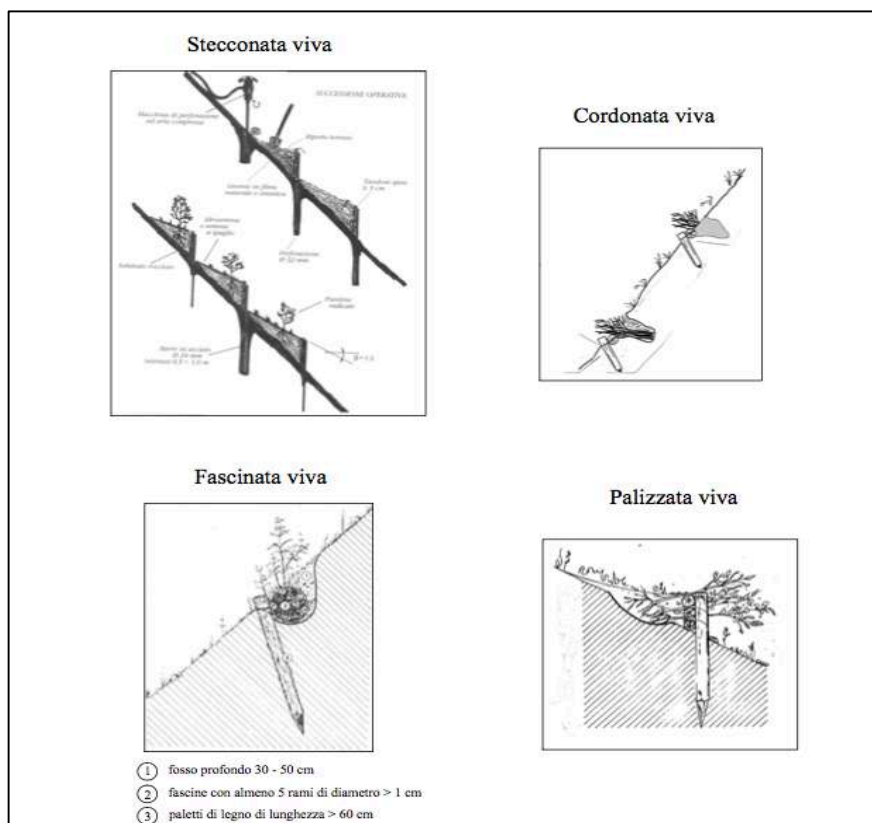


Figura 14. Schemi di opere di Ing. Naturalistica, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

All'interno dell'elenco degli interventi suddetti sono presenti sia opere idraulico-forestali che opere di ingegneria naturalistica (Figura 14). Molto funzionale è stato l'approccio tra vegetazione e lavorazioni idraulico-ingegneristiche nel velocizzare le operazioni di inerbimento e di consolidamento del versante. In questo progetto sono state realizzate molteplici operazioni di ingegneria naturalistica

creando piccoli terrazzamenti tramite la realizzazione manuale e meccanica di palizzate, graticciate, cordonate vive che oltre a consolidare il terreno attraverso le radici e l'assorbimento di acqua, fanno

si che si riescano ad insediare specie pioniere autoctone. Nella maggior parte dei casi è stato necessario utilizzare la semina di specie autoctone così da non lasciare spazi vuoti causati dal passaggio di mezzi e per aiutare anche il processo di rinaturalizzazione. Oltre alle lavorazioni suddette

sono state realizzate brigliette in legname (Figura 15) e pietrame all'interno dei fossi collettori principali, soprattutto nei casi di maggior pendenza (>20%) per diminuire i fenomeni erosivi e i costi di manutenzione dei fossi. Un collettore sistemato con



Figura 15. Briglie in legname realizzate all'interno dei fossi collettori, 2006, "archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna", Località: Vimignano.

soglie in massi in sequenza, ponendo gli stessi in modo tale da evitare aggiramento e scalzamento della struttura, avrà un costo maggiore iniziale ma darà poi benefici futuri evitando costi di manutenzione ravvicinati. L'utilizzo di tecniche basate sull'impiego di materiale vivo accompagnato da materiale inerte come legname e pietrame provoca un maggior assorbimento di acqua con aumento della funzionalità della struttura.

L'aggiunta di semina favorisce l'insediamento anche temporaneo del cotico erboso sulle zone più ripide delle scarpate e nelle porzioni di terreno nudo come detto in precedenza. Semina che darà una protezione dall'erosione fino a che non si insedieranno le specie pioniere del luogo. Visto che le tecniche di ingegneria naturalistica utilizzate hanno previsto l'utilizzo di materiale vivo, hanno analizzato dapprima le specie autoctone del luogo in cui sono intervenuti. Dopo di che si sono riforniti delle specie più adatte al clima e al terreno presente in situ. Relativamente alle caratteristiche ambientali e alle caratteristiche dei terreni, acclività e argillosità, hanno ritenuto ottimale un miscuglio delle seguenti specie, graminacee e leguminose:

- | | |
|-----------------|-----|
| - Festuca rubra | 30% |
| - Festuca ovina | 10% |

- Festuca duriuscula	10%
- Inula viscosa	10%
- Trifolium repens	7%
- Lotus corniculatus	6%
- Poa pratensis	5%
- Lolium perenne	4%
- Dactylis glomerata	3%
- Achillea millefolium	2%
- Medicago lupulina	2%
- Onobrychis viciifolia	2%
- Phleum pratense	2%
- Sanguisorba minor	2%
- Trifolium pratense	2%
- Anthyllis vulneraria	1%
- Lathyrus pratensis	1%
- Lupinus polyphyllus	1%

I fossi realizzati per la regimazione delle acque superficiali sono presidiati da piante messi in posa sugli arginelli con l'obiettivo di favorire il consolidamento della sezione mediante l'apparato radicale delle piante e di migliorare l'assorbimento idrico e il drenaggio dell'acqua presente negli strati interni del terreno dopo la caduta di acque meteoriche. A questo scopo sono state utilizzati astoni di salici idonei alle caratteristiche del luogo come *Salix purpurea* e *Salix alba* e arbusti a radice nuda di almeno due anni di semenziaio delle seguenti specie:

- *Fraxinus ornus*
- *Spartium junceum*
- *Rosa canina*
- *Prunus spinosa*
- *Pyrus piraster*
- *Cornus sanguinea*

Le palizzate, le fascinate e le steccionate costruite hanno assicurato un buon sostegno meccanico, avendole realizzate alla base delle scarpate sulla porzione apicale del corpo di frana e in prossimità di dossi e aree acclive. I terrazzamenti comunque rinverditi anche artificialmente, favoriscono il reinsediamento della vegetazione spontanea. Sono stati realizzati con la posa longitudinale e

trasversale di pali di castagno che ne costituiscono la struttura portante e la messa a dimora di talee e arbusti autoctoni, che svolgeranno col tempo la fondamentale funzione di consolidare il pendio.

Tra le specie previste sono state anche in questo caso impiegate talee e piantine in pane di terra di ridotte dimensioni (2 anni di semenzaio):

- talee di *Salix purpurea*
- talee di *Salix alba*
- *Spartium junceum*
- *Rosa canina*
- *Prunus spinosa*
- *Ligustrum vulgare*
- *Pyrus piraster*
- *Cornus sanguinea*
- *Fraxinus ornus*
- *Acer campestre*
- *Tamarix spp.*
- *Myricaria germanica*

- FINANZIAMENTO E PIANO DI SICUREZZA

Gli interventi descritti sono stati finanziati nell'ambito della quarta fase del Piano degli interventi straordinari e di messa in sicurezza (ex. O.P.C.M. n. 3258/2002 e seguenti). Per la totalità del progetto è stato previsto un finanziamento dell'importo di 80.000,00 €.

Visto la tipologia di lavorazioni è stato adottato il Piano Sostitutivo di Sicurezza (PSS) redatto dall'impresa. I prezzi utilizzati in perizia sono basati su quelli del Prezziario ufficiale della Regione Emilia Romagna 2005, tengono conto delle particolari caratteristiche dei lavori, della loro entità ed ubicazione e pertanto si ritengono congrui (il materiale del capitolo 4.2.1 sono stati tratti da: "Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna, Relazione tecnica generale, Sistemazione dissesti nel basso bacino del Rio Rebono in loc. Vimignano – Mulino Rizzone (comune di Camugnano) Visto la tipologia di lavorazioni è stato adottato il Piano Sostitutivo di Sicurezza (PSS) redatto dall'impresa. Importante è stato indicare gli oneri per la sicurezza da riconoscere all'impresa, pari a 3.010,00 € appartenenti a spese per la formazione di piste di accesso al cantiere e piazzole di sosta ed attraversamento fossi all'interno del cantiere.

Ecco una tabella riepilogativa dei prezzi (Tabella 2).

Tabella 2.

Lavorazioni	Importo €
Fossi e rimodellamento	€ 33.222,00
Ingegneria naturalistica	€ 29.341,77
Sommano per lavori	€ 62.563,77
Oneri per la sicurezza	€ 3.010,00
<u>Importo lavori a base d'asta</u>	€ 65.573,77
Incentivo Merloni (2%)	€ 1.311,48
I.V.A. 20%	€ 13.114,75
TOTALE	€ 80.000,00

4.3.1 SCHEDA DI MONITORAGGIO E SOFTWARE

La scheda di monitoraggio delle opere e dell'ambiente presa in considerazione è la seguente:

MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

N° Scheda:	Data:	Rilevatore:
-------------------	--------------	--------------------

1. DATI DEL PROGETTO

Regione:	Provincia:
Comune:	Ente Committente:
Data di progettazione:	Data di realizzazione:

2. DATI DI STAZIONE

Riferimento cartografico:(CTR 1:10.000)	
Altitudine: slm.	Pedologia*:
Bacino idrografico:	Pendenza dell'alveo:
0-5 m 5-10 m +10m	
Distanza dal corso d'acqua più vicino:	
Esposizione:	Pendenza:
	0-15% 15-25% 25-35% 35-50% 50-75% 75-100%

Nord Sud Ovest Est							
Piovosità:	Media:mm/A	Minima:mm/M	Massima: mm/M	Temperatura :	Minima:	Massima:	
	Codice area forestale **: 				copertura	Arborea	Arbustiva
Distanza dal bosco:				%
Specie Erbacee (bosco):			Specie Arbustive (bosco):		Specie arboree (bosco):		
Ambito di intervento: Versante Lago o corso d'acqua Infrastrutture o ferrovie							
Ex-cave Discariche Zone con condotte interrato							
Altro..... Piste da sci Zone umide Boschi							

*Si richiede il codice di classificazione della carta dei suoli

** Si richiede il codice di classificazione della carta del bosco

3. DATI DI INTERVENTO

Finalità: Consolidamento del versante/Ricostruzione della copertura vegetale Regimazione idrica			
Tipologia di opera:			
Inerbimento		Canaletta di legname e pietrame	
Arbusti e Alberi		Grata in legname con talee	
Talee arbustive per difese spondali		Palizzata in legname viva	
Gradonata con talee		Palificata in legname viva	
Gradonata con piantine		Muro di sostegno in pietrame	
Cordonata viva		Sistemazioni con reti di juta	
Viminata viva		Sistemazioni con stuoie in fibra di legno	
Fascinata viva		Copertura diffusa con astoni	
Drenaggio con fascinate		Gabbionata con talee	
Briglia in legname e pietrame		Soglia di pietrame	
MATERIALI UTILIZZATI			

Pietrame: ghiaia e sabbia Massi naturali, pietrame di riempimento		Materiale biodegradabile: Biofeltro o Biostuoia prese minata, Biotessili	
Legname: Pertiche in legname Picchetti/pioli di legno Specie: Sciaveri/Tondame Tronchi reperiti in loco Con corteccia/ Senza corteccia		Ferro: Chiodi, Graffe, tasselli e barre di ancoraggio, barre di acciaio Filo di ferro Funi di acciaio Pannello di funi Pannello di rete elettrosaldata Reti metalliche Tondini di ferro Chiodature speciali per roccia Tiranti	
Calcestruzzo			
Altro:			
Materiale vivo Piantine a radice nuda Piantine con pane di terra Miscugli di semente Talee, ramaglia, verghe Zolle erbose, tappeto erboso Culmi di canna Assente	Specie:		Densità:

4. STATO D'OPERA

STRUTTURE IN LEGNO								
Tipologia	Aspetti biotici		Aspetti meccanici			Valutazione condizioni		
	Funghi	Fauna	Crepe d'attrito	Crepe da giuntura	Fessurazioni	Buone	Discrete	Scadenti
Tronchi								
Sciaveri								

Assi								
Picchetti								
Astoni	Spezzati	Piegati	Marcescenti	Valutazione Buone Discrete Scadenti				
condizioni generali:								

Strutture in pietra			
Rimozione dei sassi dall'opera%		Modifiche nella distribuzione dei sassi%	
Eventuali cause:			
	Buone	Mediocri	Scadenti
Condizioni di stabilità			

Riempimento in terra di strutture complesse			
	Agenti meccanici	Corrente	Altro
Cause di dilavamento			

Chiodatura	
	<i>Assenza di danni</i> <i>Presenza di chiodi non più funzionali</i>

Talee (specie)	Attecchimento %	Stato vegetativo			Danni da selvaggina				
		Buono	Discreto	Scadente	morsi	scalzamenti	piegamenti	scortecciamenti	rottore
1									
2									
Talee (Specie)	Sviluppo				Stato fitosanitario				
	Lunghezza accrescimento		Lunghezza ricacci talee		clorosi		funghi		insetti
1									

2					
---	--	--	--	--	--

Alberi e arbusti (specie)	Attecchimento %	Stato vegetativo			Danni da selvaggina				
		Buono	Discreto	Scadente	morsi	scalzamenti	piegamenti	scortecciamenti	rotture
Alberi e arbusti (Specie)	Sviluppo			Stato fitosanitario					
	Lunghezza accrescimento	Lunghezza ricacci		clorosi	funghi	insetti			
1									
2									

Presenza di vegetazione spontanea all'interno dell'opera				
Specie	copertura	Influenza sull'opera		
		Positiva	Ininfluyente	negativa

5. STATO DELL'OPERA

Giudizio sintetico sulla funzionalità dell'opera	Buona
	Discreta
	Mediocre

Necessità di manutenzione	No
	Entro 1 anno
	Entro 2-4 anni

- SOFTWARE

Il Servizio Moka è stato fondamentale nell'effettuare controlli sull'evoluzione dei canali di scolo. Tramite il servizio regionale Moka presente sul sito web della Regione, successivamente ad aver effettuato un inquadramento territoriale, è stato possibile delimitare l'area e il perimetro del calanco, misurando inoltre la lunghezza totale dei canali di scolo all'interno del corpo di frana tramite sistemi di misura presenti all'interno del programma Moka. Analizzando così l'evoluzione delle opere di sistemazione idraulico forestale effettuate all'interno del calanco.

5 ANALISI E RISULTATI

5.1 CASO 1: EVOLUZIONE DELL'USO REALE DEL SUOLO DAL 1954 AL 2017

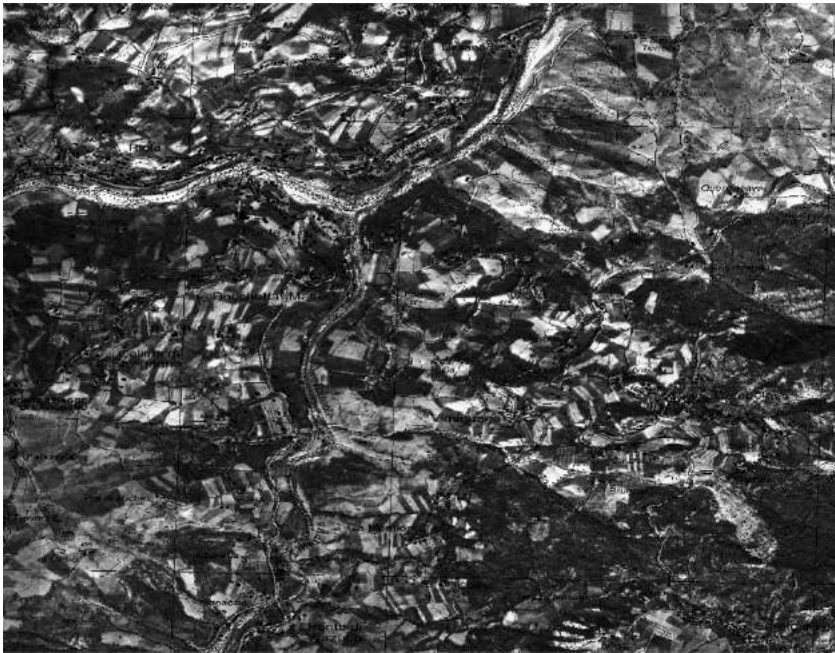


Figura 16. Ortofoto, Anno 1954, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).





Di seguito presento il lavoro di poligonazione tramite software QGIS con la legenda delle classi utilizzate:

- ANNO 1954:

La figura mostra il ritaglio dell'ortofoto del 1954 (Figura 16), l'immagine risulta essere in bianco e nero e molto poco dettagliata. Successivamente le immagini aumenteranno di qualità a pari passo con l'aumentare degli anni. Per

effettuare la classificazione è stato fondamentale cercare riferimenti sui tipi d'uso del suolo poiché la risoluzione in alcuni casi non permetteva di valutare tutte le caratteristiche del territorio. Dopo l'attività di aerofotointerpretazione (intendendo le misure sulle immagini aeree, di altezze, aree e lunghezze) sono stati realizzati dei poligoni con quattro diversi colori. Ognuno dei quali rappresenta una specifica classe di uso reale del suolo (Figura 17).

La legenda è la seguente:

-  Urbano
-  Campi coltivati
-  Incolto
-  Bosco

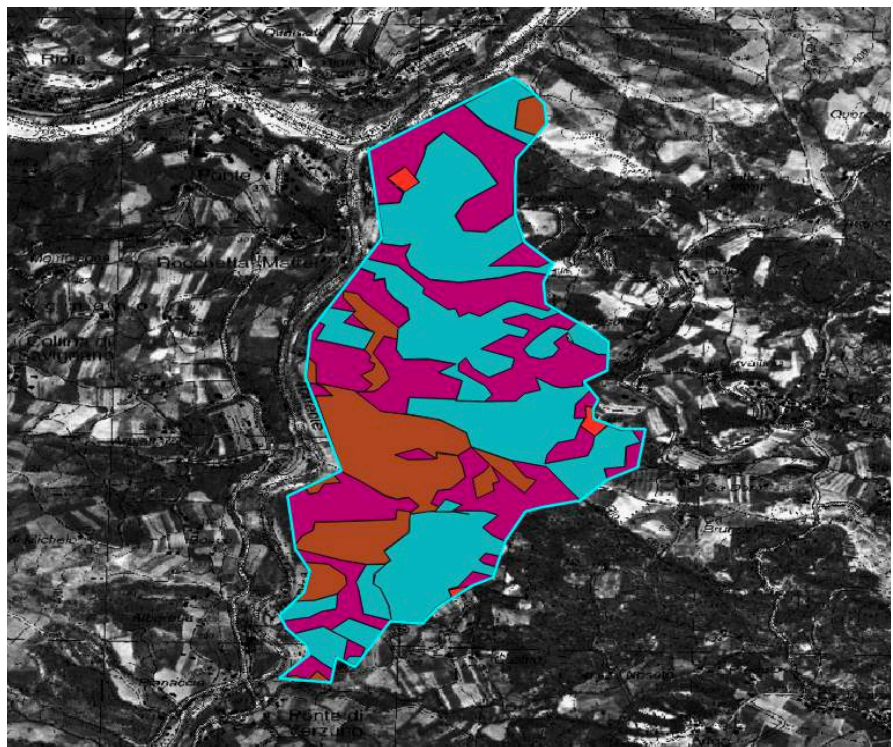


Figura 17. Poligonazione ritaglio Ortofoto, Anno 1954, (servizimoka.regione.milia-romagna.it).

Stessa tipologia di lavoro è stata effettuata per gli anni successivi.

-ANNO 1996:

Si nota già una qualità maggiore del ritaglio dell'ortofoto (Figura 18), questo grazie alle nuove tecniche di ripresa aerea. Riuscendo così ad avere risultati più precisi e performanti.

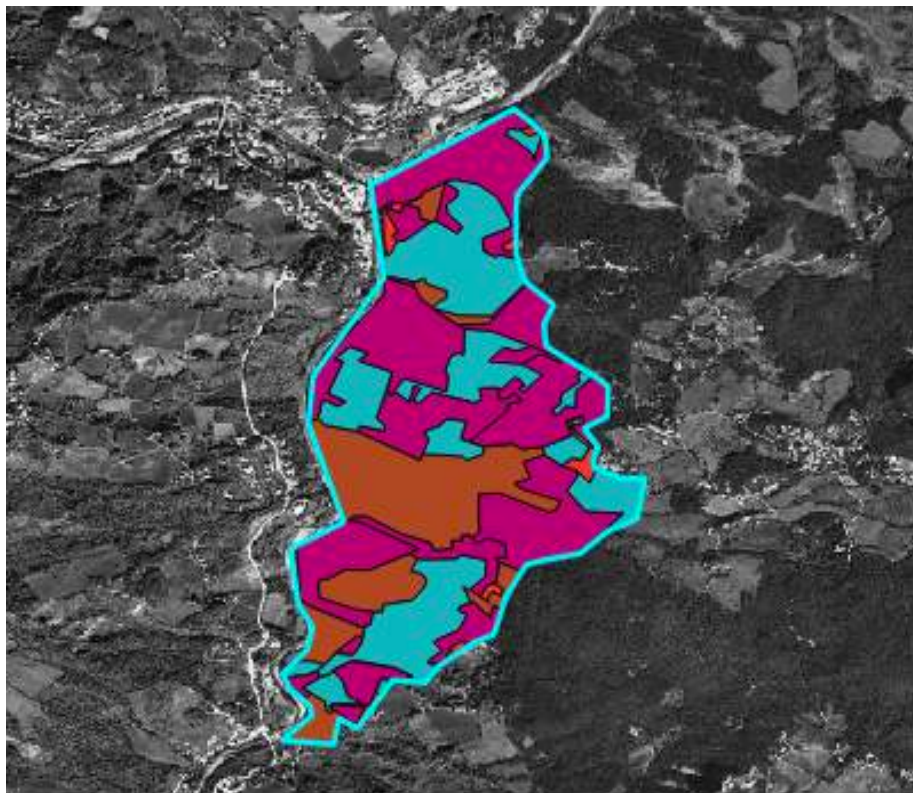


Figura 18. Poligonazione su ritaglio Ortofoto, Anno 1996, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

-ANNO 2011

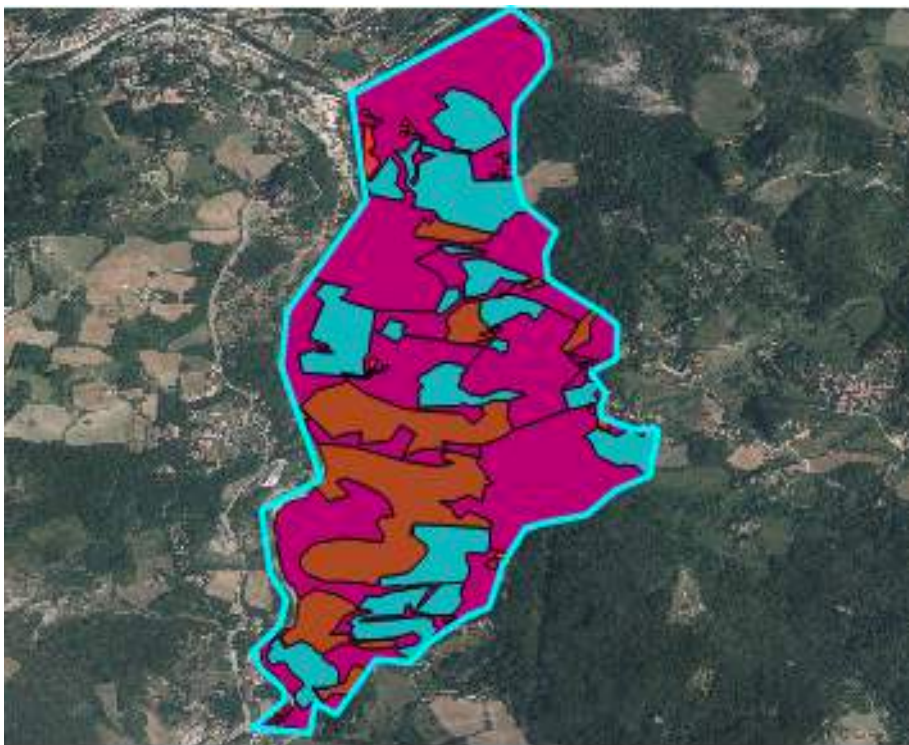
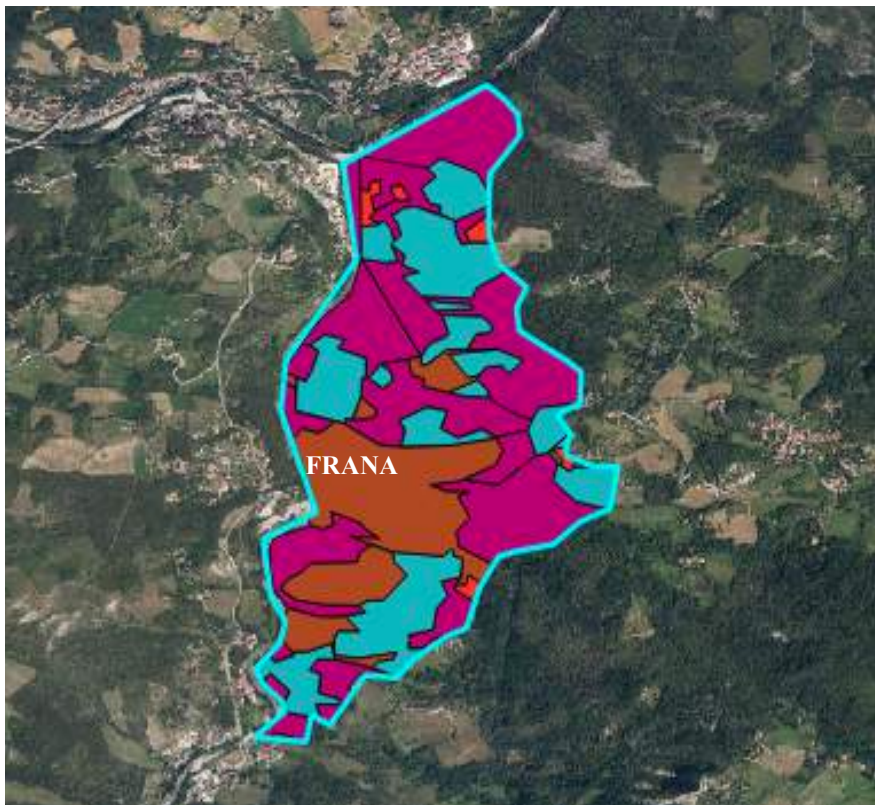


Figura 19. Poligonazione su ritaglio Ortofoto a colori, Anno 2011, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

In Figura 19 si possono notare notevoli cambiamenti per quanto riguarda la definizione e la qualità delle immagini. Infatti le ortofoto sono state realizzate a colori. Sono ben definiti i confini fra i vari usi del suolo. Per quanto poi riguarda lo zoomare in fase di interpretazione, risulta più efficace rispetto agli anni precedenti.

-ANNO 2014



Dalle foto aeree del 2011 non cambia molto il panorama degli usi reali del suolo, si osserva però che il suolo incolto nell'area della frana, oggetto di studio, è aumentato di superficie, specificando che questo risultato non appartiene alla sola frana ma anche ai campi di terreno nudo vicini (Figura 20).

Figura 20. Poligonazione ritaglio Ortofoto a colori, Anno 2014, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

- ANNO 2017

Per il 2017, è stato possibile realizzare un'immagine raster, utilizzando le riprese disponibili sul servizio Google Maps, realizzando uno screen dell'area soggetta a studio. In questo caso il lavoro di fotointerpretazione è stato facilitato grazie alla possibilità di effettuare uno zoom sull'immagine satellitare di Google, mantenendo una qualità eccellente (Figura 21). E' stato infatti possibile lasciare scoperte le strade e delimitare al meglio le varie zone ponendole all'interno dei poligoni in modo

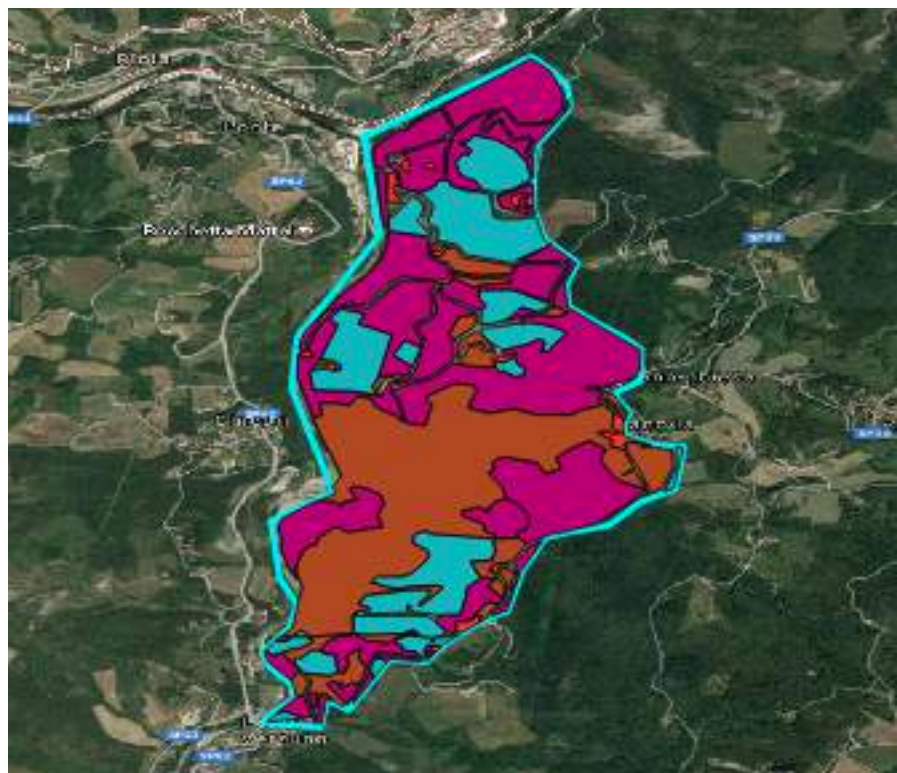


Figura 21. Poligonazione ritaglio Ortofoto a colori, Anno 2017, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it)

molto più preciso rispetto ai precedenti fotogrammi. Sono state, successivamente, calcolate le percentuali delle quattro classi di uso del suolo per ogni anno confrontandole fra di loro. L'obiettivo è stato quello di confrontare il cambiamento delle tipologie d'utilizzo del suolo nell'area di studio. Le percentuali sono state determinate rispetto all'area del bacino preso in considerazione.

Nella tabella seguente sono esplicitate le percentuali delle quattro classi per ogni anno (Tabella 3):

Tabella 3.

U.R.S.	BOSCO	URBANO	C. COLTIVATI	INCOLTO
ANNO				
1954	44%	0,8%	37,3%	17,9%
1996	46,73%	1,23%	29,59%	22,45%
2011	56,13%	1,18%	23,62%	19,07%
2014	45,67%	1,60%	29,42%	23,31%
2017	35,39%	1,04%	16,74%	46,83%

Si osserva come le classi Urbano e Incolto siano aumentate dal 1954 al 2017 e di come invece gli usi a Bosco e Campi coltivati abbiano effettuato il processo inverso. Le percentuali dell'anno 2011 sembrano molto diverse, per quanto riguarda soprattutto l'uso a Bosco. Questo particolare si può giustificare, poiché si passava da ortofoto in bianco e nero a immagini a colori e quindi più dettagliate (dal 1996 al 2011). Una successiva ampia diminuzione del Bosco si nota nelle ortofoto analizzate dell'anno 2014 e 2017, causata da un'erosione maggiore e da un continuo movimento di terreno, ottenendo così un aumento evidente delle percentuali dell'uso Incolto.

5.2 CASO 3: DINAMICA DELLA COPERTURA VEGETALE NELL'AREA CALANCHIVA

Si è effettuato lo studio di dettaglio dell'evoluzione del soprassuolo per quanto riguarda il solo corpo di frana. Le ortofoto utilizzate sono quelle in riferimento ad anni successivi al 2006 e quindi post intervento, da parte della Regione Emilia Romagna, per studiare se ci sono stati cambiamenti dall'anno degli interventi sino ad oggi. Analisi che ci permetterà di capire la dinamica vegetazionale

del calanco in relazione agli interventi precedentemente realizzati, potendo effettuare valutazioni future concrete per quanto riguarda la costruzione di nuove opere.

La poligonazione è stata effettuata sui seguenti anni:

- 2008,
- 2011,
- 2014,
- 2017.

Considerando le seguenti classi di copertura vegetale:

- Arbusti/Bosco ■
- Terra ■
- Erba. ■

Infine sono state calcolate le percentuali delle classi, prendendo come riferimento l'area della frana.

Nel 2008 (Figura 22) la situazione presentava il 14,6% dell'area formato da arbusti e bosco, 80,6% di terra/incolto e 4,8% di erba ed essenze erbacee.

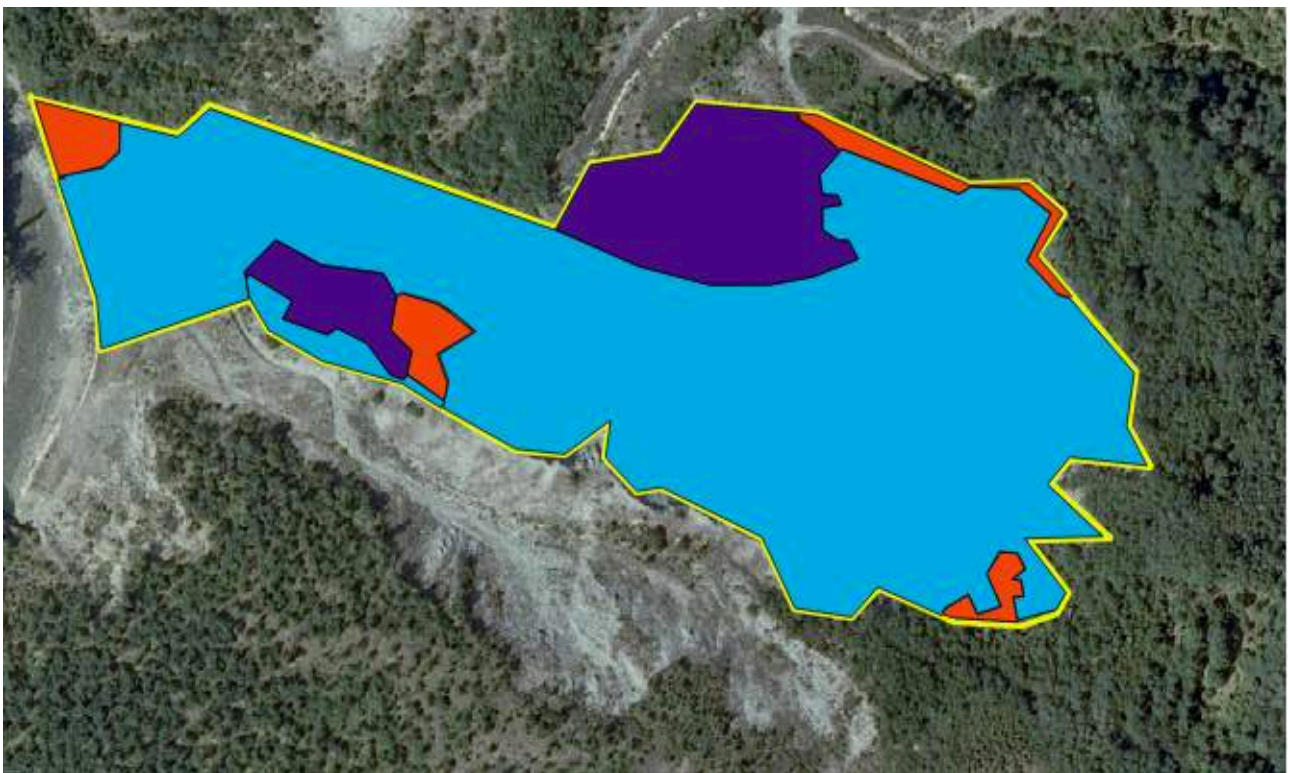


Figura 22. Poligonazione soprassuoli effettuata su ortofoto 2008, (serviziomoka.regione.emilia-romagna.it).

Situazione molto simile all'anno dei lavori effettuati nel 2006, è stata presa come riferimento, visto la mancanza di ortofoto nell'anno di progettazione delle opere.

Nel 2011 (Figura 23) sono presenti arbusti e bosco per il 15,8%, terra e incolto 79,9% e erba 4,3%.

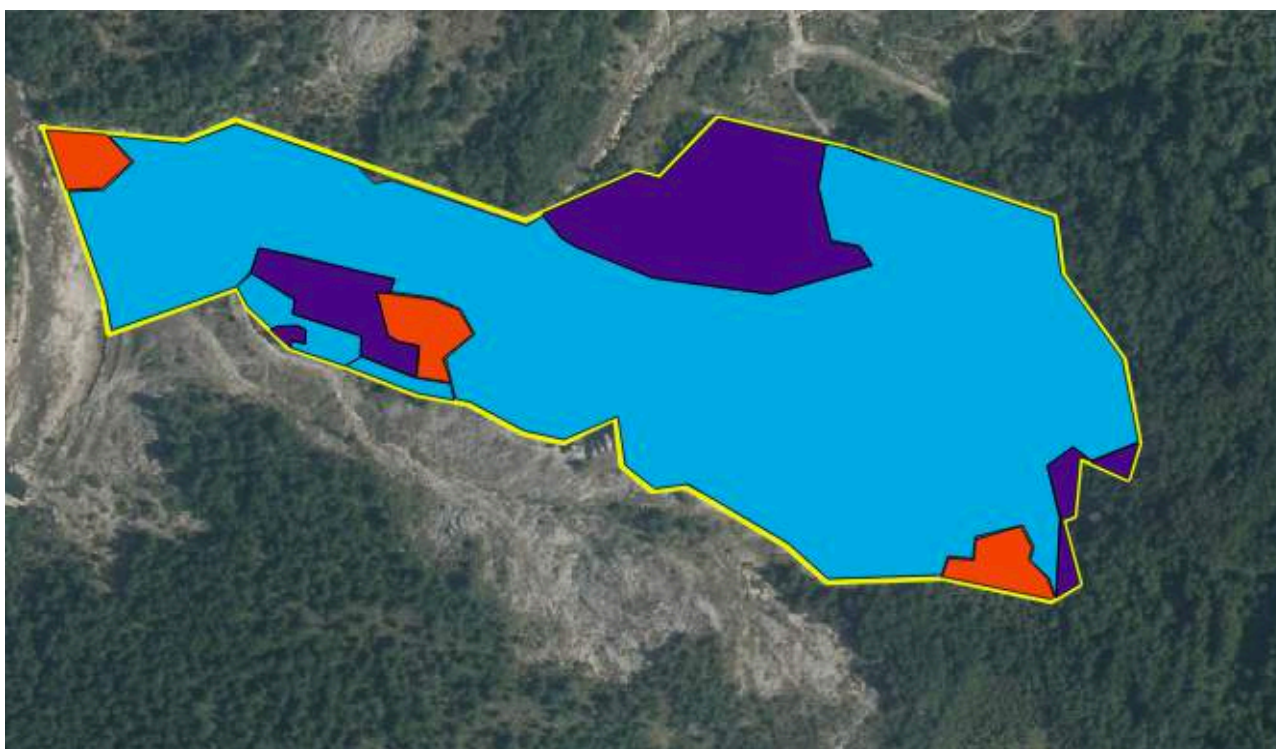


Figura 23. Poligonazione soprassuoli effettuata su ortofoto 2011, (serviziomoka.regione.emilia-romagna.it).

Nell'anno 2014 (Figura 24) c'è stato un aumento del 3% delle piante arboree che sale al 17,1%, la terra e le aree incolte diminuiscono di molto passando al 63,8% e infine le essenze erbacee aumentano in modo spropositato dal 4,3% del 2014 al 19,1%.

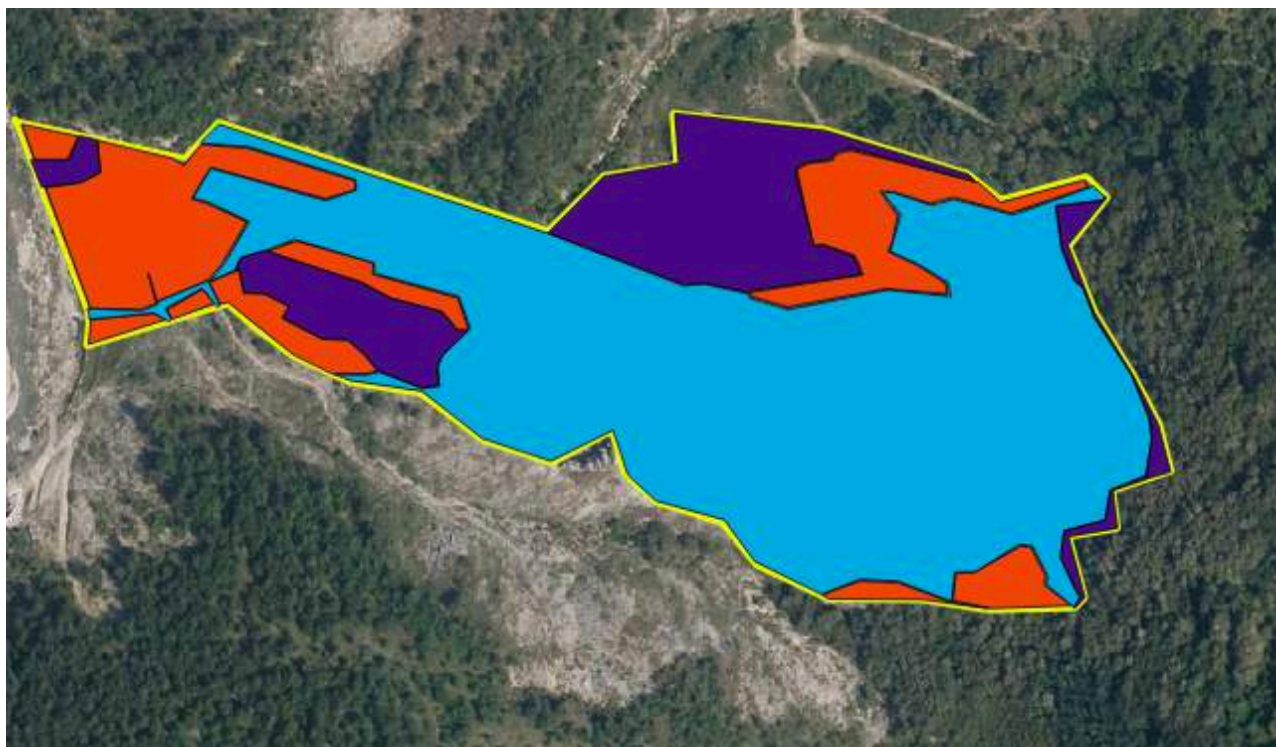


Figura 24. Poligonazione soprassuoli effettuata su ortofoto 2014, (serviziomoka.regione.emilia-romagna.it).

Nel 2017 (Figura 25) la situazione tutto sommato rimane invariata e stabile sui valori del 2014, tranne che per alcuni piccoli tratti dove è presente più vegetazione erbacea.

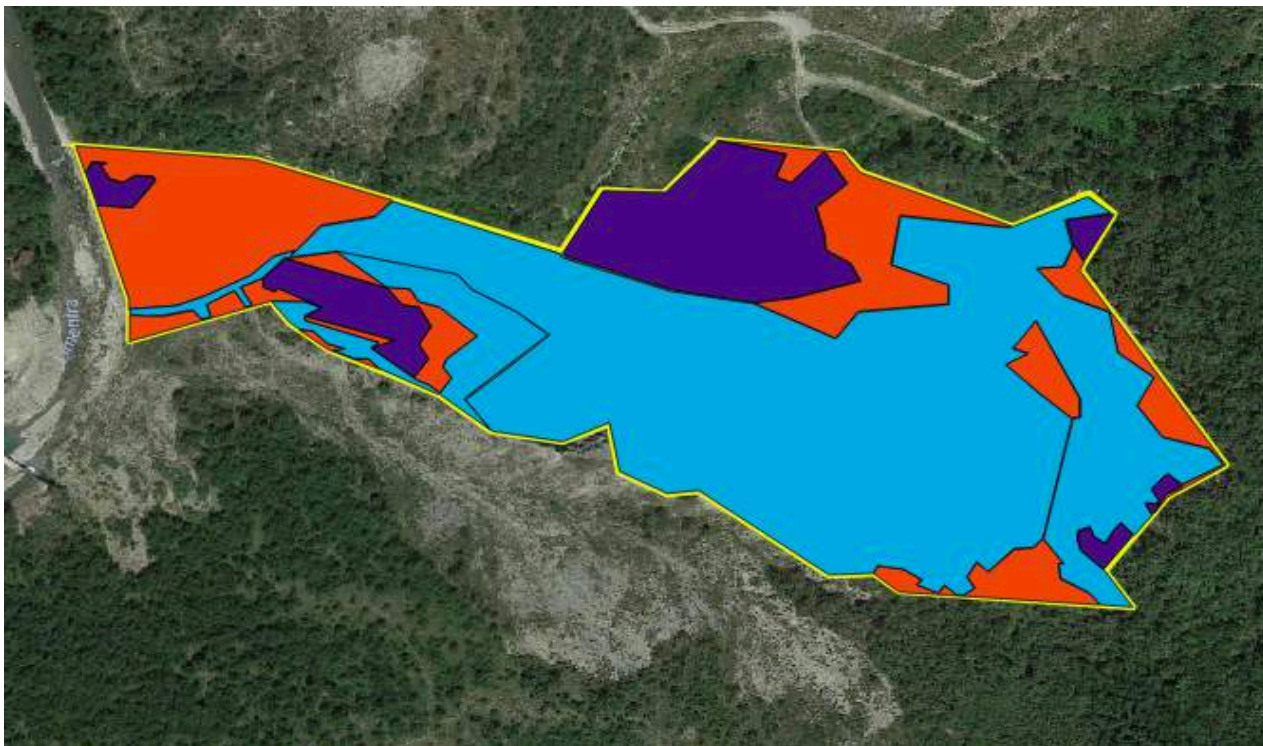


Figura 25. Poligonazione soprassuoli effettuata su ortofoto 2017, (serviziomoka.regione.emilia-romagna.it).

Ecco i dati riassunti all'interno della tabella per fare più chiarezza sull'evoluzione del soprassuolo all'interno del calanco (Tabella 4):

Tabella 4.

ANNO \ CLASSE	ARBUSTI	TERRA	ERBA
	BOSCO	INCOLTO	PIANTE ERBACEE
2008	14,6%	80,6%	4,8%
2011	15,8%	79,9%	4,3%
2014	17,1%	63,8%	19,1%
2017	14,6%	63,2%	22,2%

Dai risultati si osserva che le percentuali di terra e incolto si sono di molto abbassate dal 80,6% del 2008 al 63,2% del 2017 e le percentuali in riferimento alle piante erbacee sono invece aumentate dal 4,8% del 2008 al 22,2% del 2017. Dalle immagini elaborate e suddivise, sopra riportate, è stato possibile osservare nella zona più a valle una diminuzione dell'area di incolto e un aumento invece della presenza di piante, soprattutto nel periodo 2011-2017. Tutto questo è accaduto grazie alle operazioni di stabilizzazione dl versante e grazie anche alle caratteristiche meno impervie, situazione opposta invece nel tratto a monte, come una minor pendenza, minor movimento di terreno e quindi instabilità più affrontabile. I dati dell'anno 2017 sono leggermente diversi dal trend degli anni precedenti poiché sono stati analizzati, non sulla base di una ortofoto ma, su riprese satelitari estratte da Google Maps. Ottenendo un risultato finale più preciso ma leggermente alterato rispetto all'orientamento dei dati precedenti. Questa leggera differenza non ha cambiato il risultato finale raggiungendo l'obbiettivo ugualmente.

Come si è potuto notare dalle realizzazioni, la zona più a valle del corpo di frana ha avuto un aumento in percentuale sia delle specie erbacee che dell'arbustivo-boschivo. Per esaminare nel dettaglio le specie cresciute è stato realizzato un transetto di circa 50 metri di larghezza all'interno del calanco. La posizione della rilevazione delle piante è stata effettuata a circa 30 metri dalla base del versante, trovandoci così all'interno della zona medio bassa, la più stabile (Figura 26).



Figura 26. Visuale da valle, del versante, con riportato il transetto in rosso, 2017, Località: Vimignano, (Foto: Lorenzo Sulpizi).

Questo esame visivo ci ha permesso di riconoscere le varietà di piante che si sono sviluppate, avendo in futuro più scelte sulle essenze erbacee/arboree da poter piantare ed utilizzare in casi simili. Tramite questa analisi è stato possibile capire anche quali specie sono cresciute grazie all'operazione di idrosemina e quali invece si sono sviluppate spontaneamente.

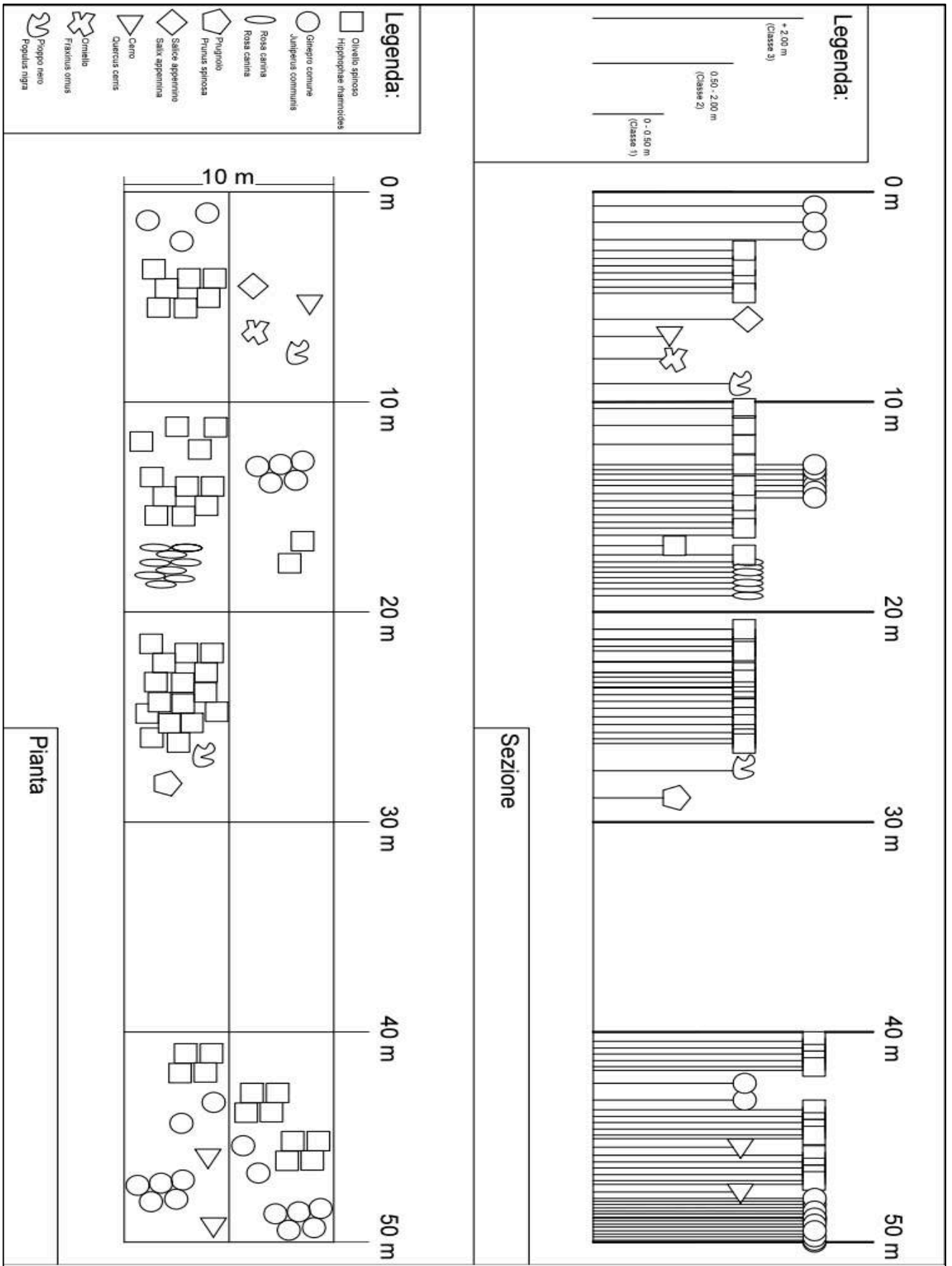
La linea rossa, in Figura 26, indica la zona dove è stata effettuata la rilevazione delle specie sviluppatesi sul versante. La loro espansione e il loro sviluppo ha confermato la stabilità del pendio più ci si avvicina al Torrente. Questo grazie alle caratteristiche morfologiche del suolo migliori rispetto alla zona a monte del versante.

Le specie, riportate nel disegno sono le seguenti:

- *Hippophae rhamnoides* (Olivello spinoso)
- *Juniperus communis* (Ginepro comune)
- *Fraxinus ornus* (Orniello)
- *Populus nigra* (Pioppo nero)
- *Rosa canina* (Rosa canina)
- *Prunus spinosa* (Prugnolo)
- *Quercus cerris* (Cerro)
- *Salix appennina* (Salice dell'appennino)

La rilevazione è stata opportunatamente riportata, tramite la realizzazione della pianta e della sezione del transetto su CAD, disegnando le piante e riportando due legende, una per distinguere le varie tipologie di specie e una per suddividerle all'interno della loro classe di appartenenza riferendoci all'età delle piante. (Disegno 1).

Disegno 1.



5.3 CASO 3: MONITORAGGIO DELLE OPERE ED EVOLUZIONE DELLA FRANA

In primo luogo si è analizzata la relazione tecnica riguardante le caratteristiche delle opere e le varie fasi di progettazione della quarta fase del piano degli interventi straordinari e di messa in sicurezza sulla sistemazione di dissesti nel basso bacino del Rio Rebono (sotto bacino tributario del Torrente Limentra) nel Comune di Camugnano realizzata dall’Autorità di bacino del fiume Reno e analizzando le opere effettuate nel 2002. La scheda tecnica, riguardante il monitoraggio delle opere di ingegneria naturalistica e idraulico forestali è servita per valutare l’evoluzione delle realizzazioni effettuate e, sulla base dello stato attuale, proporre nuove opere o interventi di manutenzione per migliorare la situazione che si è venuta a sviluppare.



Figura 27. Fosso collettore principale rimasto fino ad oggi, 2017, (Foto: Lorenzo Sulpizi).



Figura 28. Parte a monte del versante dove i fossi sono stati sotterrati, 2017, (Foto: Lorenzo Sulpizi).

La scheda completata è stata utile a valutare le opere realizzate e l'evoluzione dell'ambiente franoso, i risultati riportati in scheda sono stati poi determinanti nella realizzazione di nuove opere. Purtroppo per quanto riguarda gli interventi di ingegneria naturalistica realizzati nel 2006, non è stato possibile compilare la scheda poiché le opere sono tutte collassate a causa della spinta del terreno, in continuo movimento.

Possiamo dire che, anche se le realizzazioni sono scomparse, sono state efficaci nel rallentare la corsa della frana e nel diminuire i fenomeni erosivi. Le opere idraulico forestali come i fossi (principali e secondari) sono stati sotterrati (Figura 28) nella parte medio alta del calanco, mentre nella zona a valle è rimasto il solco principale di scolo



Figura 29. Briglia collassata, 2017, (Foto: Claudio Cavazza).

(Figura 27). Le briglie in legname e pietrame (Figura 29) costruite, sono state distrutte dalla forza dei movimenti del terreno e dal materiale che lentamente crollava verso valle.



Figura 30. Opera di difesa spondale in massi ciclopici, 2017, (Foto: Lorenzo Sulpizi).

Il completamento delle schede di monitoraggio è stato effettuato quindi su opere ancora presenti, come la copertura diffusa con astoni di Salix purpurea realizzata nell'area più a valle della frana, per stabilizzare e rinaturalizzare il versante e il muro di sostegno con massi ciclopici costruito per la difesa spondale (Figura 30), evitando fenomeni di erosione da parte anche del torrente Limentra e necessari a rendere stabile il piede del versante evitando movimenti di terra pericolosi, realizzati entrambi nel 2002. Ecco di seguito parte delle schede completate. per comodità e per semplificare la visualizzazione delle schede sono state eliminate le sezioni superflue.

La prima scheda si riferisce all'opera basata su astoni di Salix purpurea inseriti sotto il terreno, alla base del versante, molto vicino alla sponda dx idraulica del Torrente Limentra, con l'aggiunta di un mix di semi tramite intervento di idrosemina:

N° Scheda: 1	Data: 13/10/2017	Rilevatori: Lorenzo Sulpizi, Claudio Cavazza
---------------------	-------------------------	---

2. DATI DEL PROGETTO

Regione: Emilia Romagna	Provincia: Bologna
Comune: Camugnano	Ente Committente:
Data di progettazione:	Data di realizzazione:

3. DATI DI STAZIONE

Riferimento cartografico:(CTR 1:10.000)						
Altitudine: slm. Circa 220			Pedologia*:			
Bacino idrografico: Fium Reno			Pendenza dell'alveo:			
Distanza dal corso d'acqua più vicino: 10 metri						
Esposizione:			Pendenza:			
SUD			25-35%			
Piuvosità:	Media:	Minima:	Massima:	Temperatura :	Minima:	Massima:
mm/Amm/M mm/M			
Codice area forestale **:			copertura	Arborea	Arbustiva	Erbacea
Distanza dal bosco: >50 metri						
Specie Erbacee (bosco):			Specie Arbustive (bosco):		Specie arboree (bosco):	

Ambito di intervento: Versante

*Si richiede il codice di classificazione della carta dei suoli

** Si richiede il codice di classificazione della carta del bosco

4. DATI DI INTERVENTO

Finalità: Consolidamento del versante		
Tipologia di opera:		
Copertura diffusa con astoni	X	
MATERIALI UTILIZZATI:		
<u>Legname:</u>		
Picchetti/pioli di legno		
Specie: Castagno		
<u>Materiale vivo:</u>	Specie:	Densità:
	Salix purpurea	10 astoni/m ²
ASTONI		

5. STATO D'OPERA

STRUTTURE IN LEGNO								
Tipologia	Aspetti biotici		Aspetti meccanici			Valutazione condizioni		
	Funghi	Fauna	Crepe d'attrito	Crepe da giuntura	Fessurazioni	Buone	Discrete	Scadenti
Picchetti	X	X	X				X	

Astoni	Spezzati	Piegati	Marcescenti	Valutazione molto scadente, visto la mancata sopravvivenza degli astoni.
0%				

Presenza di vegetazione spontanea all'interno dell'opera				
Specie	copertura	Influenza sull'opera		
		Positiva	Ininfluyente	negativa
Inula, Sulla	80%	X		
Varie		X		

NOTE: era stata effettuata anche un intervento di idrosemina

6. STATO DELL'OPERA

Giudizio sintetico sulla funzionalità dell'opera	Buona
Tutto sommato l'opera ha avuto gli effetti sperati anche se gli astoni non sono sopravvissuti come avremmo voluto.	Discreta
	Mediocre X

Necessità di manutenzione
Entro 1 anno

La seconda scheda di monitoraggio è riferita allo stato dell'opera di difesa spondale basata sulla realizzazione e la posa di massi ciclopici in pietra:

N° Scheda: 2	Data: 13/10/2017	Rilevatore: Lorenzo Sulpizi, Claudio Cavazza
---------------------	-------------------------	---

1. DATI DEL PROGETTO

Regione: Emilia Romagna	Provincia: Bologna
Comune: Camugnano	Ente Committente:
Data di progettazione:	Data di realizzazione:

2. DATI DI STAZIONE

Riferimento cartografico:(CTR 1:10.000)							
Altitudine: slm. Circa 220				Pedologia*:			
Bacino idrografico: Fiume Reno				Pendenza dell'alveo:			
Distanza dal corso d'acqua più vicino: 5-10m							
Esposizione: SUD				Pendenza: 15-25%			
Piovosità:	Media:mm/A	Minima:mm/M	Massima: mm/M	Temperatura :		Minima:	Massima:
						copertura	Arborea
Codice area forestale **: 				%
Distanza dal bosco: 60m							
Specie Erbacee (bosco):			Specie Arbustive (bosco):			Specie arboree (bosco):	
Ambito di intervento: Corso d'acqua							

*Si richiede il codice di classificazione della carta dei suoli

** Si richiede il codice di classificazione della carta del bosco

3. DATI DI INTERVENTO

Finalità: Consolidamento del versante/Ricostruzione della copertura vegetale Regimazione idrica
Tipologia di opera: Muro di sostegno in pietrame
MATERIALI UTILIZZATI
Pietrame: Massi ciclopici naturali

4. STATO D'OPERA

Strutture in pietra	
Rimozione dei sassi dall'opera 0%	Modifiche nella distribuzione dei sassi 0%
Condizioni di stabilità	Buone

Presenza di vegetazione spontanea all'interno dell'opera				
Specie	copertura	Influenza sull'opera		
		Positiva	Ininfluente	negativa
Ontano, Pioppo	5%		X	
Salice	5%		X	

5. STATO DELL'OPERA

Giudizio sintetico sulla funzionalità dell'opera	Buona
Necessità di manutenzione	No

NOTE: la vegetazione spontanea è presente non all'interno dell'opera, più che altro sul contorno della struttura

5.3.1 EVOLUZIONE CANALI DI SCOLO REALIZZATI ALL'INTERNO DELLA FRANA

Determinante è stato calcolare le differenze fra le ortofoto degli anni 2008, 2011, 2014 e 2017 per quanto riguarda la resistenza e la resilienza nel tempo delle strutture di scolo realizzate nel 2006. La superficie che ci riguarda si aggira all'incirca sui tra i 65000 e i 67000 m², la misurazione è abbastanza approssimativa, per questo motivo non sempre precisa ed uguale tra i vari anni analizzati. Il perimetro si aggira intorno a 1,4 km.

Sull'ortofoto del 2008 (Figura 31), anno più vicino al progetto del 2006, si possono osservare ancora i canali di scolo ben marcati nel suolo. La lunghezza totale dei fossi realizzati e rimasti integri dopo due anni circa dalla loro applicazione è di 828,60 metri.



Figura 31. Ortofoto anno 2008, rappresentazione dell'area e lunghezza dei fossi di scolo, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

Nell'analisi effettuata sulla foto aerea del 2011 (Figura 32) invece si nota un accorciamento dei fossi e dei canali, soprattutto per quanto riguarda quelli secondari. La lunghezza totale dei fossi di scolo è pari a 602,01 metri. Ben più di 200 m in meno rispetto all'anno 2008.

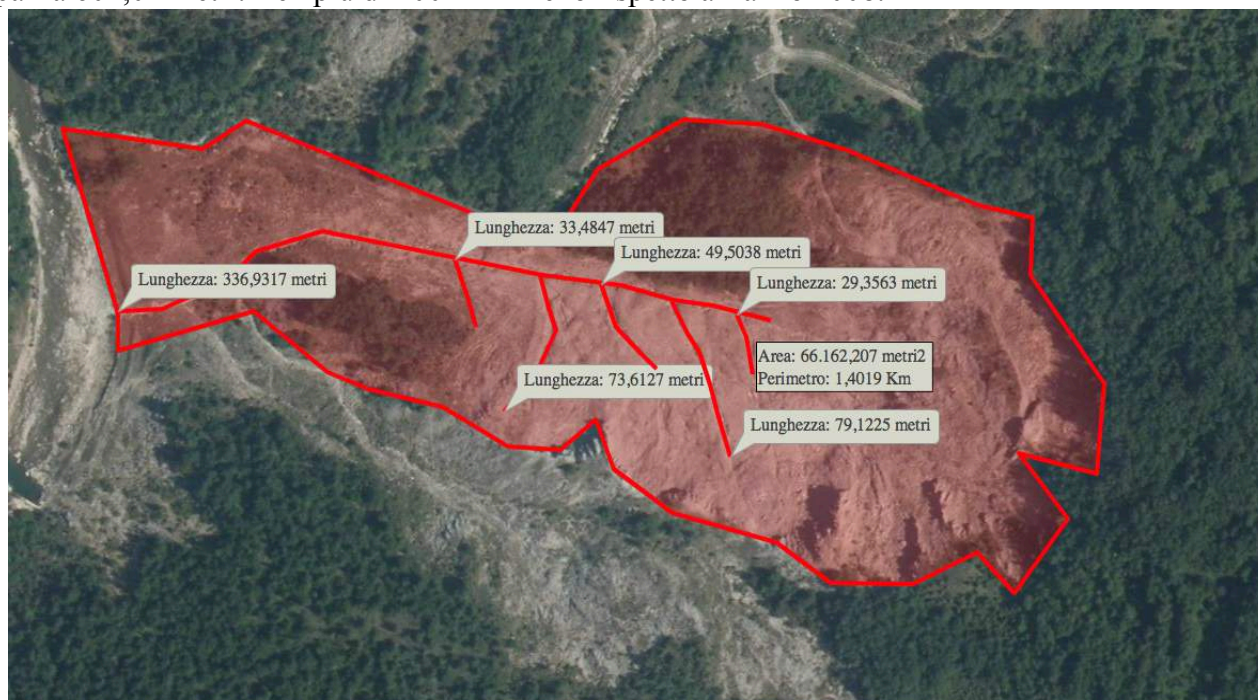


Figura 32. Ortofoto anno 2011, rappresentazione dell'area e lunghezza dei fossi di scolo, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

Nell'ortofoto del 2014 (Figura 33) si nota ancor di più la mancanza di alcuni fossi a causa del continuo movimento, anche se lento, della frana. Il fosso principale si interseca fino a circa metà del corpo calanchivo, con alcune diramazioni segmentate che raggiungono un totale di 402,58 metri.

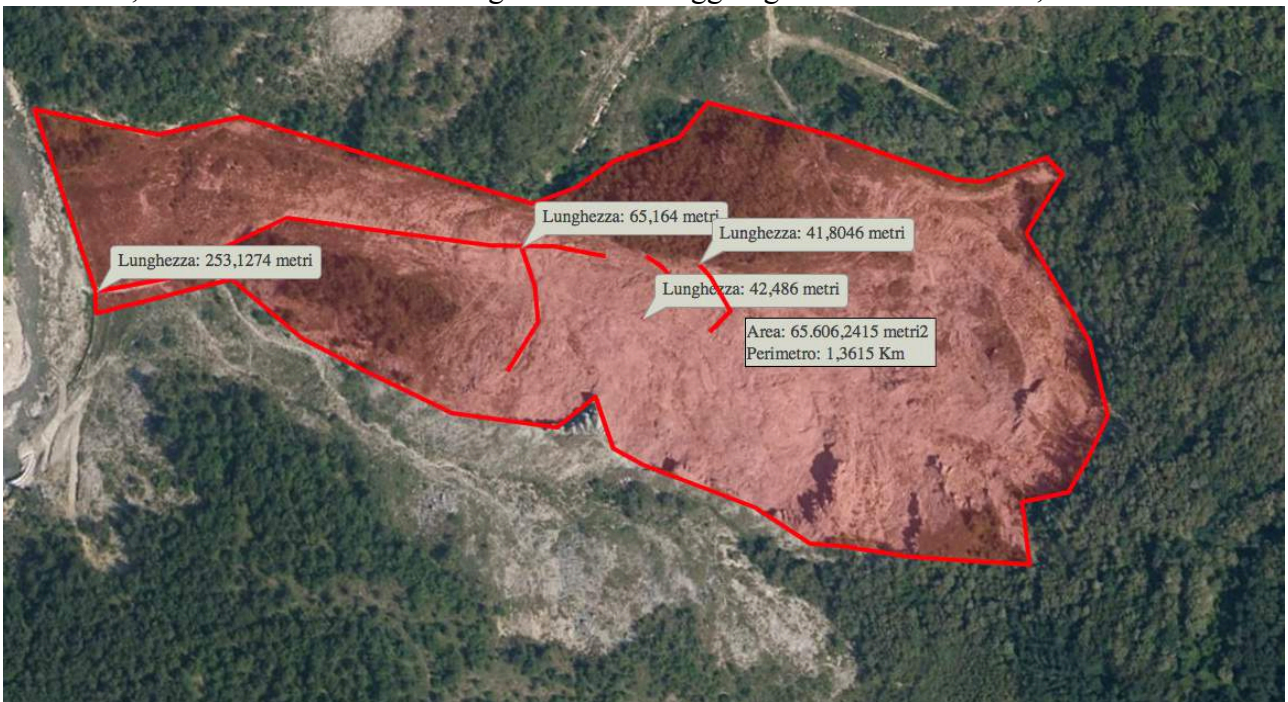


Figura 33. Ortofoto anno 2014, rappresentazione dell'area e lunghezza dei fossi di scolo, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

La situazione si è continuata ad aggravare nel tempo fino ad arrivare ad oggi. Nel 2017 (Figura 34) la parte del canale di scolo principale ha resistito al movimento del terreno, facendo sì che la parte medio bassa del corpo franoso sia rimasta più stabile, grazie anche alla sua minor pendenza e quindi instabilità.



Figura 34. Ortofoto anno 2017, rappresentazione dell'area e lunghezza dei fossi di scolo, (servizimoka.regione.emilia-romagna.it).

Si è potuto osservare come i canali della rete di scolo secondaria, che si diramavano dal canale centrale, siano completamente scomparsi. Queste analisi dimostrano come la pendenza nel tratto di distacco della frana e cioè la parte più a monte sia molto ripida e quindi instabile per la nostra tipologia di terreno. Il solo canale di scolo rimasto misura in totale soli 218,45 metri, quasi un quarto della metratura dei dati delle analisi sulle ortofoto del 2008.

Nella tabella sono riportate le differenze fra i vari anni dal 2008 al 2017 (Tabella 5):

Tabella 5.

ANNO	METRI DI CANALI DI SCOLO
2008	828,60 m
2011	602,01 m
2014	402,58 m
2017	218,45 m

6. PROPOSTA DI INTERVENTO: PROGETTAZIONE DI OPERE IDRAULICO FORESTALI E DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Visto che la maggior parte delle opere realizzate nel 2002 e nel 2006 all'interno del corpo di frana, non hanno dato i risultati sperati, ma solo rallentato il processo di erosione, vorremmo proporre degli interventi di sistemazione per proseguire l'obiettivo di stabilizzazione del versante, attraverso la limitazione dell'erosione. Questo obiettivo potrà essere perseguito tramite la regimazione delle acque superficiali e l'utilizzo di interventi per il contenimento del suolo, nella zona più alta del versante, partendo dalla nicchia fino ad arrivare a circa metà del corpo di frana. A causa dell'elevata pendenza e della litologia dell'area, gli interventi di ingegneria naturalistica non hanno avuto gli effetti sperati, venendo per tutta la loro totalità distrutti dai movimenti della frana. La rete di scolo, fossi principali e canali secondari ha mantenuto intatto esclusivamente il canale principale, dallo sbocco sul Torrente Limentra, alla base del versante, fino ad arrivare a metà del corpo di frana. Considerando questi risultati ho pensato, con l'aiuto del Dottor Claudio Cavazza, ad un ripristino del sistema di canali di scolo, pre-esistenti, per la regimazione delle acque superficiali, molto più fitto rispetto a quello già realizzato, con la costruzione di briglie in pietrame e legname soprattutto nei canali principali, al fine di rallentare portate maggiori. La progettazione si baserà sull'inquadramento del reticolo di drenaggio all'interno della frana, primo passo fondamentale da effettuare prima della messa in opera delle

costruzioni. Tramite l'utilizzo di riprese aeree tratte da Google Maps, andremo a realizzare una mappa dove verranno disegnati e posizionati i nuovi canali e le briglie, da realizzare all'interno del corpo del calanco (Figura 35).

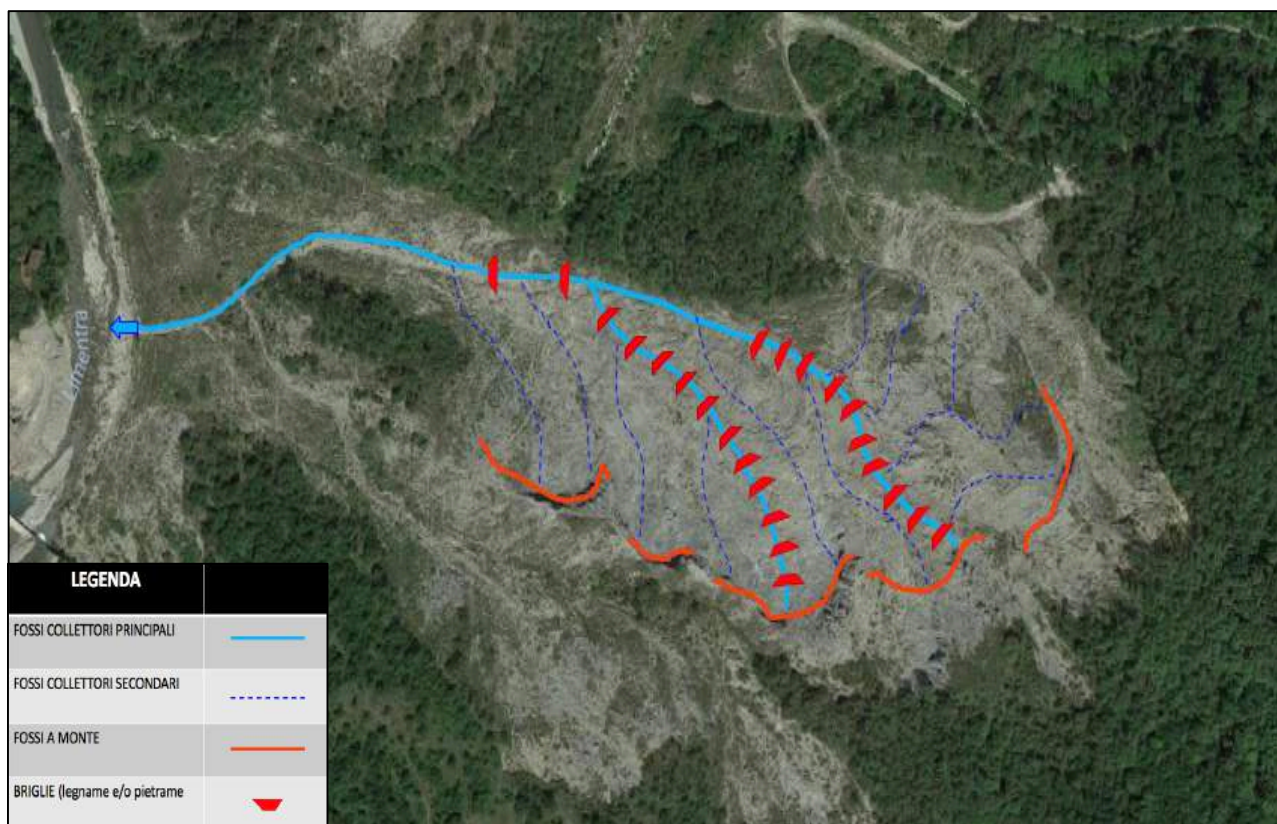


Figura 35. Progetto disegnato su Ortofoto Anno 2017. (Proposta progetto: Lorenzo Sulpizi, Claudio Cavazza).

Il secondo passo da effettuare sarà la progettazione e costruzione dei canali di scolo. Dopo aver individuato, tramite disegni effettuati su riprese aeree, il reticolo di fossi all'interno della frana, si dovrà intervenire tramite un macchinario apposito allo scavo. In situazioni dove la pendenza del versante supera il 30% e dove il suolo si trova dissestato e sconnesso, vengono spesso utilizzati i seguenti macchinari:

- Escavatore idraulico cingolato: in ambito collinare montano vengono maggiormente utilizzati, sono dotati di cingoli che li aiutano a lavorare su pendenze elevate, aventi l'organo di escavazione collegato al macchinario tramite un braccio meccanico, una benna (Figure 36a, 36b).

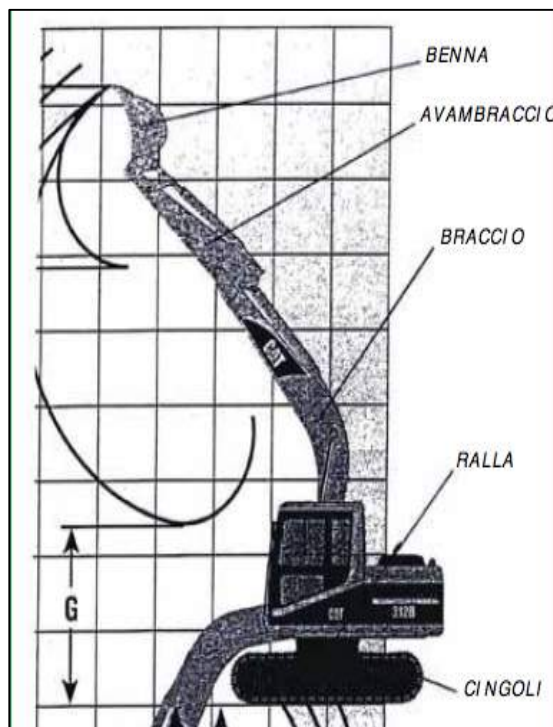


Figura 36a. Escavatore idraulico cingolato, "Ingegneria naturalistica: nozioni e tecniche di base", 2007, Luca De Antonis et Vincenzo Maria Molinari.



Figura 36b.
Escavatore idraulico cingolato,
“Ingegneria naturalistica: nozioni
e tecniche di base”,
2007,
Luca De Antonis et Vinvenzo
Maria Molinari.

- Ragni meccanici: vengono utilizzati in luoghi dissestati e molto pendenti, senza vie d'accesso all'area di lavoro, tale macchinario è un mezzo di scavo che al posto dei cingoli ha come organi di movimento una coppia di ruote e una coppia di bracci meccanici, che consentono al mezzo di mantenere un assetto di lavoro ottimale e funzionale, come organo escavatore ha una sorta di benna (Figure 37a, 37b).



Figura 37a. Ragno meccanico in azione. “Ingegneria naturalistica: nozioni e tecniche di base”, Maggio 2007, Luca De Antonis et Vincenzo Maria Molinari.



Figura 37b. Ragno meccanico in azione. “Ingegneria naturalistica: nozioni e tecniche di base”, Maggio 2007, Luca De Antonis et Vincenzo Maria Molinari.

Informazioni e immagini del precedente capitolo sono tratti da (Luca De Antonis e Vincenzo Maria Molinari, “Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base”).

Gli scavi (Figura 38) dei fossi di drenaggio superficiale inizieranno dalla parte alta del versante, vicino alla nicchia di distacco, così da avere a disposizione terreno di recupero se dovesse servire, per poi arrivare fino a congiungersi con il vecchio canale, più o meno a metà del pendio. I fossi saranno

di due tipologie: vi saranno due fossi principali, con sezione più grande, dotati al loro interno di briglie. Mentre i fossi secondari, con sezione più piccola rispetto ai precedenti, saranno più numerosi. A differenza dei lavori realizzati nel 2006, per ottimizzare



Figura 38. Esecuzione scavi per fossi collettori, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”, Località: Vimignano.

ancor di più il lavoro di regimazione delle acque meteoriche, verranno realizzati dei fossi a monte, paralleli alle curve di livello. I fossi raccoglitori verranno costruiti appena al di sotto della pendice calanchiva, trovandosi quindi nella parte più a monte del pendio. I canali suddetti avranno l’obbiettivo di incanalare le acque meteoriche superficiali provenienti da monte, raccogliendole e facendole confluire verso la rete di scolo principale, evitando così fenomeni erosivi e movimenti di terreno. In molti casi per migliorare le operazioni di drenaggio, il fondo dei fossi viene rivestito con pietrame o legname.

I canali di nuova realizzazione saranno progettati in maniera simile al progetto tenuto dal Servizio tecnico bacino Reno nel 2006, attenendosi cioè alle sezioni riportate nella Figura 39 dove sono indicate le varie misurazioni e le pendenze da rispettare per ogni tipologia di fosso.

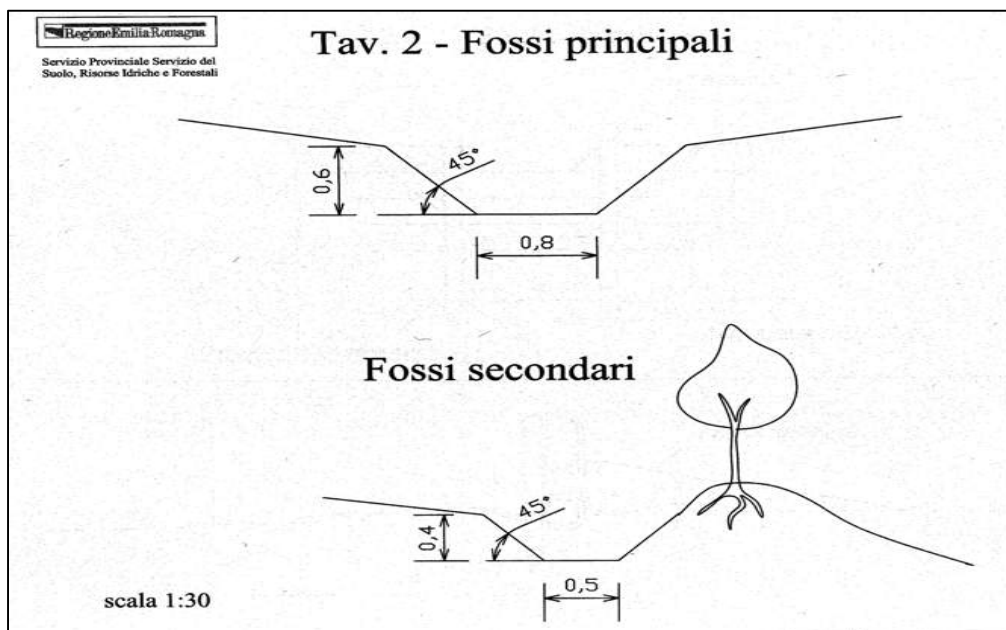


Figura 39. Sezioni fossi (principali e secondari), progetto, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna.

Il terzo passo da effettuare sarà la realizzazione delle briglie (Figura 40), in legname e/o in pietrame, da costruire all’interno dei due fossi principali. Le briglie sono opere che vengono realizzate all’interno di versanti per la regimazione e il rallentamento delle acque meteoriche e di conseguenza per combattere il fenomeno dell’erosione. Molto spesso vengono costruite in



Figura 40. Costruzione/posa materiale legnoso costituente la briglia, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

collaborazione con piante per consolidare il terreno ed effettuare così un lavoro più efficace, tuttavia nel nostro caso, in seguito alle osservazioni fatte, non verranno immesse nessun genere di plantule o talee, poiché il suolo non consentirebbe la crescita o l’attecchimento delle stesse essendo suolo nudo dissestato e quindi non fertile. Le briglie che verranno costruite saranno di piccole dimensioni, quindi il materiale legnoso e il pietrame saranno trasportati tramite macchinario all’interno della frana e posizionati poi a mano nella sezione dei canali precedentemente realizzati. Verranno eseguite due

tipologie di briglie: una in solo legname e la seconda in solo pietrame. La prima tipologia si baserà sulla posa (Figura 43) di tronchi scortecciati di piante arboree locali come castagno, pino o pioppo.



Figura 42,43. Brigliette in pietrame e legname, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

La posa e le misurazioni di lavoro dovranno essere eseguiti come riportato nella Tavola di lavoro (Figura 41).

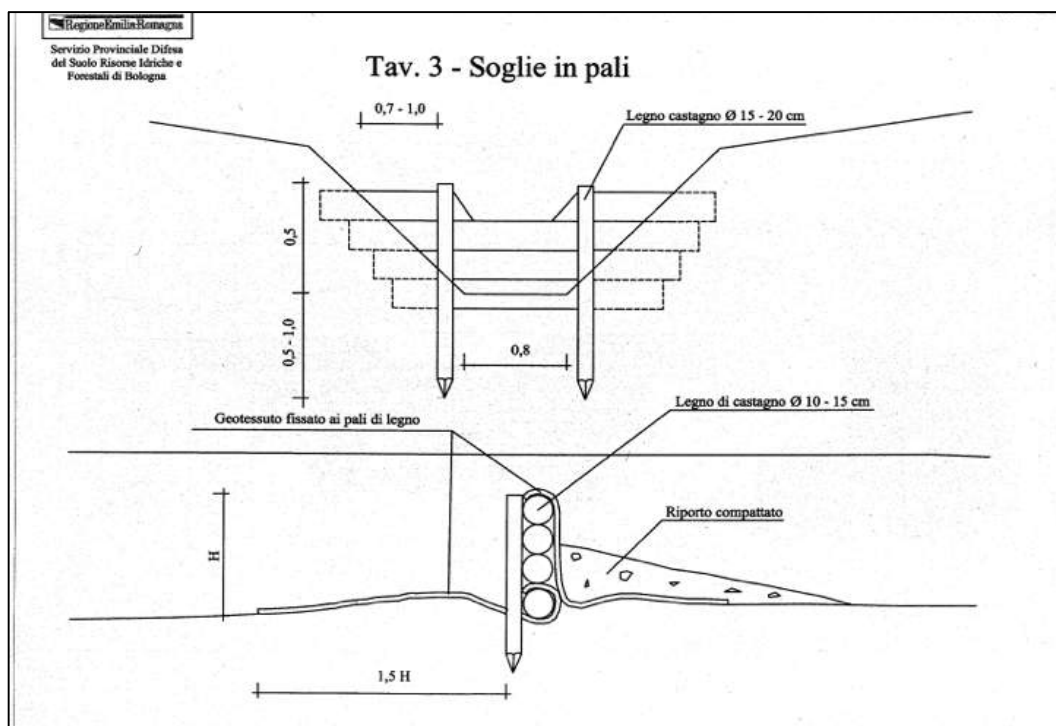


Figura 41. Sezione delle briglie per la costruzione, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

Più semplice da realizzare è la seconda tipologia, che, invece si baserà sulla posa di massi in pietra da appoggiar sull'alveo del canale di scolo, così da permettere il salto alle acque superficiali e di rallentarne il percorso (Figura 42).

Il nostro obiettivo è stato quello di progettare strutture che evitino movimenti di terra e diminuiscano i fenomeni di erosione. In diverse situazioni, più stabili del nostro versante, sarebbe stato più idoneo intervenire in modo differente, puntando su realizzazioni più costose e funzionali (Figura 44). Considerando però l'elevata pendenza e le condizioni inagibili del suolo, sia da un punto di vista biotico che geo-meccanico, è stato più conveniente optare per la realizzazione di canali di scolo e briglie di semplice fattura, opere meno onerose, così da poterle mantenere e/o sostituire agilmente, senza incorrere in spese eccessive.

Nei casi in cui la situazione di stabilità abbia raggiunto condizioni ottimali e che quindi non risultino più movimenti di terreno evidenti, si può intervenire tramite soluzioni più funzionali.



Figura 44. Canale collettore rivestito, con aggiunta di materiale lapideo al suo interno, “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.



Figura 45. Versante ricoperto da materiale di rivestimento (georete), “archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna”.

Per esempio all'interno dei canali di scolo possono essere inseriti dei materiali di rivestimento basati su prodotti biodegradabili come juta, paglia o fibra di cocco o in materiale non degradabile come per esempio le geostuoie, geogriglie e georeti costituiti da fibre di vari polimeri come poliammide (Figura 45), polietilene, polipropilene

e poliestere, per aumentare il drenaggio delle acque superficiali e rendere il terreno più poroso, condizioni ottimali per la ricrescita delle piante. Inoltre all'interno dell'alveo dei canali è possibile porre del pietrisco per rallentare in modo ancor più efficace la corsa dell'acqua (Figura 46). I materiali di rivestimento possono essere anche posati



Figura 46. Evidente posa di pietrisco all'interno del fosso rivestito, "archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna".

direttamente sul versante e fissati con picchetti in legno, andando ad effettuare un lavoro di consolidamento e prevenzione all'erosione. In condizioni ottimali di fertilità e quindi in presenza di terreno ben strutturato, è



Figura 47. Piantine poste sugli argini del fosso collettore, per aumentare la stabilità e diminuire l'erosione, "archivio Servizio Tecnico Area Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna", Località: Vimignano.

possibile mettere a dimora piantine (Figura 47) e talee o addirittura seminare tramite operazioni di idro-semina. Le piante attecchendo al terreno tramite l'apparato radicale, lo consolidano, evitando principalmente erosione eolica e idrica. Per effettuare un lavoro preciso e funzionale è necessario uno studio approfondito delle

caratteristiche ambientali, climatiche e pedologiche del luogo per effettuare una scelta accurata delle specie disponibili.

7. CONCLUSIONE

L'obiettivo della tesi è stato quello di verificare le potenzialità e allo stesso tempo i limiti dell'ingegneria naturalistica in ambienti difficili, come il calanco oggetto di studio, attraverso l'analisi e il monitoraggio degli interventi effettuati e l'evoluzione del suolo e del soprassuolo in relazione alle dinamiche di uso del suolo.

ANALISI DINAMICHE GENERALI

Il metodo di studio utilizzato, tramite il software QGIS si è confermato attendibile, veloce e preciso per la tipologia di analisi effettuata. Le dinamiche sul versante confermano il notevole abbandono dei coltivi, in generale, in evoluzione verso i boschi con conseguente aumento delle zone incolte; in alcuni casi però l'abbandono può innescare anche dissesto idrogeologico, come nel caso in esame. Le superfici di bosco adulto risultano tuttora in leggera flessione a causa della franosità elevata. I coltivi sono notevolmente calati a causa dell'abbandono della zona montana. Queste caratteristiche hanno permesso l'aumento delle zone di incolto e i processi di erosione e dissesto. Nel complesso le dinamiche dell'area di studio confermano le dinamiche generali dell'Appennino tosco emiliano. In riferimento al versante calanchivo oggetto di analisi, ci siamo trovati davanti ad una situazione molto propensa al dissesto, sia per motivi geo-litologici che climatici. In questo preciso caso l'abbandono ha innescato nel tempo fenomeni preoccupanti dal punto di vista della sicurezza territoriale causando notevoli modifiche sotto l'aspetto naturale e paesaggistico. Questi processi sono stati gestiti fino ad oggi tramite l'attuazione di interventi atti a rallentare i processi di erosione e necessari ad evitare l'arretramento della nicchia di distacco della frana (regimazione superficiale, opere di ingegneria naturalistica, opere di difesa spondale), soprattutto in casi in cui siano presenti infrastrutture come nel caso della frana di Vimignano, con la presenza del Torrente Limentra a valle del versante e la frazione abitata del La Scola, a pochi km di distanza dalla nicchia di distacco. È stato effettuato uno studio sulle dinamiche vegetazionali che dipendono dalla stabilità, dalla pendenza e dell'erosione superficiale. La regimazione idraulica efficiente favorisce la copertura spontanea della vegetazione erbacea diminuendo fenomeni di erosione e infiltrazione di acque nel terreno. Per confermare l'evoluzione del versante in termini di vegetazione, è stato realizzato un transetto per evidenziare le colture sviluppatesi nel tempo. Il transetto è stato utile per avere un'indicazione sugli arbusti pionieri della zona, potendo ampliare le informazioni e i database per la realizzazione di opere in futuro, velocizzando i tempi di analisi di piante idonee.

Per quanto riguarda il monitoraggio effettuato nel periodo post-intervento è stata verificata, nella zona più a valle del versante, una buona risposta da parte delle opere di difesa spondale (posa di massi

ciclopici), struttura molto stabile e duratura, mentre per quanto riguarda la copertura diffusa con talee di *Salix purpurea* non abbiamo rilevato risultati soddisfacenti nel lungo periodo, d'altro canto considerando l'ambiente molto avverso per quanto riguarda la crescita delle piante, evidenziando la presenza di terreno argilloso e il caldo siccitoso estivo, sarebbe stato opportuno utilizzare specie tolleranti a questa tipologia di terreno e termofile come ad esempio la Ginestra comune o l'Olivello spinoso.

Nella parte centrale e superiore del versante, dove sono ancora evidenti movimenti superficiali a causa della maggior pendenza e della presenza affiorante delle argille scagliose, gli interventi realizzati sul governo delle acque (fossi collettori primari e secondari) e sul tentativo di realizzare terrazzi grazie ad opere di ingegneria naturalistica si sono rivelati nel tempo efficaci solo in parte, poiché la metratura di fossi è diminuita di un quarto della lunghezza iniziale (da circa 800 metri a circa 200 metri) e le opere effettuate sul corpo di frana sono state completamente distrutte e in parte addirittura sotterrate a causa dei movimenti dovuti principalmente all'erosione superficiale. L'obiettivo sarà quello di gestire gli investimenti, focalizzandosi soprattutto sulla manutenzione e la gestione delle opere, così da ottenere una maggior resistenza e resilienza degli interventi, prolungando contemporaneamente i benefici ambientali e paesaggistici. In ambienti estremi quindi, è stato confermato che l'ingegneria naturalistica ha dei limiti, dati soprattutto dalle caratteristiche geotecniche del substrato e climatiche della zona. Per queste tipologie di opere è necessario uno studio più approfondito anche per quanto riguarda il microclima e il terreno più adatto alle piante, analizzando e selezionando le specie più idonee alle caratteristiche ambientali di riferimento.

La proposta progettuale realizzata, tiene conto di tutte le considerazioni suddette, importante sarà quindi monitorare l'area d'intervento ogni anno e mantenere le opere, per prolungare il beneficio delle opere stesse evitando fenomeni preoccupanti di dissesto.

L'obiettivo in un prossimo futuro sarà quello di cercare di recuperare nel miglior modo possibile le zone di incolto soggette ad erosione e dissesto tramite interventi di ingegneria naturalistica e nei casi in cui sia possibile, anche con finanziamenti adeguati, recuperare i campi abbandonati e riportarli in attività o perlomeno mantenere un minimo di regimazione idraulico-agraria. Queste lavorazioni serviranno a stabilizzare il suolo e a rendere la zona più idonea anche sotto il punto di vista paesaggistico e naturalistico, permettendo un'evoluzione spontanea verso aree forestali maggiormente stabili ed ecologicamente più evolute.

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFIA

- Bagnaresi U., Bonciarelli F., Landi R., Mancini F., Manfredi E., Medici G., *L'utilizzazione dei terreni argillosi dell'Appennino. Particolare riguardo alle Argille Plioceniche.*, Bologna, EDAGRICOLE, 1979.
- AA.VV. (1993). *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica.*, Assessorato all'ambiente – Regione Emilia Romagna, Assessorato Agricoltura e Foreste – Regione Veneto.
- Fanfani R., Pieri R., *Il sistema agro-alimentare dell'Emilia Romagna.*, 2013.
- <http://www.ilfattoquotidiano.it/2016/01/13/spopolamento-aree-montane-ma-sono-davvero-cosi-marginali/2369386/>, Gaetano P., *“Spopolamento aree montane: ma sono davvero così marginali?”*, 2016.
- <http://www.mircobagnari.it/notizia-45-la-banca-regionale-della-terra-uno-strumento-innovativo-per-i-giovani-loccupazione-e-la-salvaguardia-territoriale.html>, Bagnari M., *“La Banca Regionale della terra: uno strumento innovativo per i giovani, l'occupazione e la salvaguardia territoriale*, 2016.
- <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis-suoli>, Regione Emilia-Romagna, 2015, (Ultima modifica: 19/09/2016).
- <http://www.stefanosegadelli.it/cat.html?cat=260>, Segadelli S., *“Il Paesaggio dei Calanchi”*.
- <http://www.tuttitalia.it/emilia-romagna/89-camugnano/>, Gwind srl, 2017.
- <http://enteparchi.bo.it/area-protetta-laghi/>, Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità, *“Parco dei Laghi di Suviana e Brasimone. L'area protetta.”*.
- http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/mappe/geo-viewer?layer_id=carta-dei-suoli-1-250.000-della-regione-emilia-romagna-edizione-1994, Regione Emilia-Romagna.
- http://www.asoer.org/atlanti/atlante_bo/aspetti/clima.htm, Asoer, *“Clima”*, 2014, (Ultima modifica: 27/09/2017).
- https://applicazioni.regione.emiliaromagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna.
- <http://www.unioneappennino.bo.it/servizi/Menu/dinamica.aspx?idSezione=17227&idArea=17232&idCat=18254&ID=18254&TipoElemento=categoria>, Leoni E., *“Carta forestale della Regione Emilia-Romagna”*, 2014.
- <http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/catalogo/dati-cartografici/biologia/vegetazione/carta-della-vegetazione-parco-regionale-dei-laghi-di-suviana-e-brasimone-edizione-2014>, Corticelli S., Masi S., Regione Emilia-Romagna, 2014.
- <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/appFlex/ortofoto.html>, Regione Emilia-Romagna.

- http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90461, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, *“Archivio Storico delle frane”*.
- https://applicazioni.regione.emiliaromagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=dissesto, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna.
- AA.VV., Sistemazione e manutenzione dei versanti. Articoli n.18 e n.19 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (P.A.I.) della regione autonoma della Sardegna., (reperibile anche sul sito: <http://www.regione.sardegna.it/autoritadibacino/atti/studiericerche/>), Autorità di Bacino della regione Sardegna, Regione autonoma della Sardegna.
- De Antonis L., Molinari M.V., *“Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base”*, 2007, Regione Piemonte. (reperibile anche sul sito: www.regione.piemonte/foreste/cms/formazione.html)
- Dott. Ing. Proni G., Dott. For. Cavazza C., Geom. Rodolfi G., *“Relazione tecnica generale. Quarta Fase del piano degli interventi straordinari e di messa in sicurezza (ex O.P.C.M. n. 3258/2002).”*, Marzo 2006, Regione Emilia-Romagna, Servizio Tecnico Bacino Reno.