



FACOLTÀ DI AGRARIA

D.A.F.

**DIPARTIMENTO DI TECNOLOGIE, INGEGNERIA E SCIENZE
DELL'AMBIENTE E DELLE FORESTE**

**CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA:
SCIENZE E TECNOLOGIE PER LA GESTIONE
AMBIENTALE E FORESTALE**

XXIII CICLO

**Titolo” Impatto, con i mezzi meccanici, provocato sul
suolo in differenti sistemi di utilizzazione”**

settore scientifico-disciplinare: **AGR06 “Tecnologia del legno ed
utilizzazioni forestali”**

Coordinatore: Prof. Gianluca Piovesan

Tutor: Prof. Sanzio Baldini

Cotutore: Prof. Francesco A. Biondi

Dottorando: Dott. Enrico Petrini

INDICE

Premessa	1
LEGISLAZIONE RIGUARDANTE LA COMPATTAZIONE MECCANICA PROVOCATA NEI TERRENI BOSCHIVI DA MEZZI DA ESBOSCO	3
La protezione del suolo	7
La politica europea e locale	7
FORMAZIONE DEL SUOLO	12
Fattore roccia	12
Fattore clima	14
Fattore rilievo	14
Fattore biotico	14
Fattore tempo	15
Orizzonti del suolo	16
MATERIALI E METODI	18
Rilevamento in campagna	18
Analisi in laboratorio	26
DANNI DA COMPATTAMENTO SUI SUOLI FORESTALI CAUSATI DALLA MECCANIZZAZIONE FORESTALE	31
Gli effetti apparenti dei pneumatici	33
Angolo di penetrazione del pneumatico nel suolo	35
I pneumatici delle macchine forestali	42
Applicazione della ruota su supporto mobile e rigido	49
Effetto di pneumatico tradizionale e radiale	52
DESCRIZIONE DEI SITI DI STUDIO	55
Azienda "IMPROSTA BATTIPAGLIA (SA)" taglio e raccolta di specie coltivate a S.F.R (Short Forestry Rotation)	55
Geologia	55
Morfologia	56
Pedologia	57
Operazioni di rilievo del cantiere forestale	57
Stato Vegetazionale	59

Azienda "OVILE" Località CASALOTTI" (ROMA) diradamento di pineta e taglio di Eucalipto in gestione di S.F.R. (Short Forestry Rotation)	60
Geologia	61
Morfologia	62
Pedologia	63
Operazioni di rilievo del cantiere forestale	63
Stato Vegetazionale	65
 "MONTE PEGLIA" Località "AIUOLA" (TR) cantiere forestale (diradamento di pineta)	 67
Geologia	67
Morfologia	68
Pedologia	69
Operazioni di rilievo del cantiere forestale	69
Stato Vegetazionale	71
 "STRADA CIMINA 8° KM" (VT) cantiere forestale (diradamento di pineta)	 73
Geologia	73
Morfologia	75
Pedologia	75
Operazioni di rilievo del cantiere forestale	76
Stato Vegetazionale	77
 "SAN MARTINO NEL CIMINO" Località "LA MADONNINA" cantiere forestale taglio bosco ceduo di Castagno	 79
Geologia	79
Morfologia	81
Pedologia	81
Operazioni di rilievo del cantiere forestale	81
Stato Vegetazionale	83
 ELABORAZIONE DEI DATI	 89
"Battipaglia	89
"Casalotti"	94
"Monte Peglia"	99
"Cimino 8° Km"	104
"San Martino"	109

INTERPRETAZIONE DEI DATI	116
CONCLUSIONI	117
BIBLIOGRAFIA	118

PREMESSA

La superficie boschiva italiana si trova principalmente nelle zone montuose e collinari della nostra penisola; solo una piccola parte è presente nelle zone di pianura e sulle fasce costiere. La maggior parte della gestione dei boschi appartiene alla naturale evoluzione del continuum culturale dove l'uomo è intervenuto mediante sistemi di gestione che si perpetuano da secoli, e rientrano nel governo ad alto fusto e nelle zone più povere a ceduo. Solo una minima parte del territorio è interessata con trattamenti di taglio raso, pioppeti, con il totale asporto del materiale e relativo reimpianto. Questa ultima tecnica in tempi recenti è stata attuata anche su terreni che da molto tempo erano oramai vocati ad attività prettamente agricole, utilizzando principalmente specie a rapido accrescimento e trattate a ciclo breve (S.R.F.), come: pioppo, robinia pseudoacacia, eucalipto, canna (*Arundo donax*). La persistente crisi delle materie energetiche ed i continui aumenti dei loro costi, hanno rivalutato l'idea di produrre legno a scopo energetico, sia per il riscaldamento che per la produzione di energia elettrica. Questa tecnica produttiva è denominata come produzione di biomassa. Attualmente stanno sorgendo in tutta la penisola imprese che sia su terreni agrari, che su terreni a produzione marginale impiantano colture per la produzione di biomasse forestali a rapido accrescimento (S.R.F. Short Rotation Forest), a turno definito breve, solitamente di 2, 3 anni. Tale materiale viene poi, una volta tagliato, utilizzato principalmente come scaglie o dopo particolari trattamenti come pellets. Questo materiale viene commercializzato come prodotto da riscaldamento di abitazioni oppure bruciato direttamente in centrali per ottenere energia elettrica od acqua calda per teleriscaldamento di interi paesi, come da molti anni si fa in quelli dell'arco alpino con i residui delle

utilizzazioni boschive, quali cortecce, ramaglie, cimali e i residui dell'industria del legname da opera.

Se andiamo ad analizzare i terreni su cui crescono i boschi, sia "naturali" che artificiali della nostra penisola ci rendiamo facilmente conto dell'immensa variabilità con cui ci dobbiamo confrontare. Nel nostro paese troviamo boschi su tutte le fasce altitudinali ed in tutte le latitudini geografiche, nonché su tutti i versanti. A complicare il compito c'è la natura geolitologica stessa, infatti il territorio italiano, non è ascrivibile in alcun sistema di classificazione di tipo zonale e presenta una grandissima variabilità che di volta in volta ci pone problemi per l'attuazione di quelle opere necessarie alla gestione boschiva, in special modo sull'inevitabile danno che si arreca al suolo durante la raccolta del legno. Le indagini intraprese in questo studio e le analisi dei dati ci permettono di comprendere come i suoli si comportano, in termini fisico-chimici, alle azioni impattanti, al fine di applicare le tecniche di lavoro, i mezzi meccanici da impiegare e tutte quelle accortezze che permettano l'ottimizzazione delle produzioni future nel rispetto dell'ecosistema.

LEGISLAZIONE RIGUARDANTE LA COMPATTAZIONE MECCANICA PROVOCATA NEI TERRENI BOSCHIVI DA MEZZI DA ESBOSCO

Tutti gli addetti che operano nel settore forestale hanno presente cosa significa l'attività dinamica umana all'interno del bosco e più specificatamente sul suolo. E' il suolo infatti l'elemento che sostiene e fornisce una parte consistente del nutrimento a tutto il sistema produttivo definito foresta-legno. La frase così espressa è certamente riduttiva del vero valore di questo complesso ecosistema. Senza soffermarsi sui particolari di una sconfinata letteratura sulla struttura della foresta, è bene ricordare il valore sociale conferito dall'umanità verso di essa e pertanto quando ci si viene a trovare di fronte ad una risorsa che fornisce beni capaci di assicurare sia redditi diretti che benefici allo status salutare di tutta la collettività planetaria, tutti gli Stati organizzati nel diritto fin anche le più piccole società tribali si sono sempre regolate, a dire il vero, chi più e chi meno, correttamente verso tale risorsa. Si illustra dunque, nei limiti della brevità, questo argomento all'interno di questo studio che è basato per lo più sull'indagine tecnica.

Sia la legislazione Italiana che quella della "Unione Europea" e "Mondiale" dettano regolamenti molto precisi e specifici per ogni singolo aspetto delle componenti forestali. Si da per esempio regolamentazione agli aspetti produttivi e conservativi delle specie arboree, ma anche della fauna, vivente in bosco, della viabilità all'interno di esso, della capacità di assorbire CO₂ fino alla valenza del settore idrogeologico.

Per la legislazione forestale Italiana il problema della compattazione meccanica dei suoli forestali rientra esclusivamente solo in maniera indiretta nel capitolo dei "Vincoli

Idrogeologici”. Se andiamo a visionare tutti i regolamenti forestali d’Italia, ad ogni livello: nazionale, regionale, comunale, dei parchi e delle comunità montane, troveremo sempre una parte specifica dedicata alle “normative” composte anche di molti articoli riguardanti il “Vincolo Idrogeologico”, ma per quel che riguarda il settore Pedologico siamo di fronte a uno scarsissimo interesse che sfocia nella drammatica realtà di non avere ancora una completa e dettagliata carta pedologica nazionale.

Se analizziamo la quasi totalità dei regolamenti citati, sentiamo parlare spesso di mobilità e di viabilità all’interno del bosco, di autorizzazioni di chi e di come ci si deve spostare per operare nelle attività selvicolturali, ma nella realtà non esiste una legge per il rispetto in campo pedologico, del terreno per la salvaguardia contro il danno da compattazione meccanica. Rimanendo sempre in ambito nazionale si nota che qualche accenno al problema pedologico è accennato nelle P.M.P.F. (Prescrizioni di Massima di Polizia Forestale), è possibile leggere in questi postulati qualche flebile richiamo in tal senso, ad esempio: nel P.M.P.F. della Regione Calabria – Dipartimento Agricoltura Foreste e Forestazione – Giunta Regionale del 27/06/2009 è riportato nell’ART. 24 Sub 6 e Sub 7, “è fatto divieto ad operare con i trattori nei terreni fortemente bagnati”.

Queste semplici indicazioni sono del tutto aleatorie, vedremo da questo studio che molte sono le variabili che ci permettono di capire come un terreno in base alla sua natura geologica, alla sua tessitura, ai suoi componenti, reagisce più o meno differentemente alle sollecitazioni dei mezzi meccanici, dei loro pneumatici, dei carichi, dei sistemi di trazione, delle potenze impiegate e via dicendo.

A livello Europeo ritroviamo il problema della compattazione meccanica dei suoli inserito nel binomio agrario-forestale con una

argomentazione praticamente unica, sebbene all'interno dei regolamenti vengono riconosciuti al solo ambito forestale: Il danno da compattazione del suolo (codice 570) ed il danno meccanico da veicoli (codice 550) "Regolamento (CE) n° 1737/2006 della COMMISSIONE CEE del 7 nov. 2006.

A parte queste eccezioni riguardanti il nostro studio specifico, c'è da dire che nella legislazione comunitaria il suolo è abbastanza tutelato da una grande quantità di norme che sul piano nazionale sono state recepite nel "Vincolo Idrogeologico" .

Di seguito vengono riportate alcune tra le più significative:

- EEA – UNEP "Down to earth: soil degradation and sustainable development in Europe" – 2000
- EEA "European soil monitoring and assessment framework" – 2001
- COMMISSIONE CE "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta – 6° programma d'azione per l'ambiente" – 2001
- COMMISSIONE CE "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" – 2002 COM (2002) 179
- COMMISSIONE CE "Strategia tematica per la protezione del suolo" – 2006 COM (2006) 231
- COMMISSIONE CE "Proposta di direttiva per la protezione del suolo" – 2006 COM (2006) 232
- Risoluzione del Parlamento europeo sulla comunicazione della Commissione "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" COM (2002) 179 (definitivo) - C5-0328/2002 – 2002/2172 (COS)

Di questa vengono riportati i due punti più significativi:

..... omissis

3.5. Compattazione del suolo

La compattazione si verifica quando il suolo è soggetto a pressioni meccaniche in seguito all'uso di macchinari pesanti o al pascolamento eccessivo, soprattutto se umido. Nelle zone sensibili, anche il turismo pedestre e lo sci contribuiscono a questo problema. La compattazione riduce lo spazio poroso tra le particelle del suolo, con conseguente perdita parziale o integrale della sua capacità di assorbimento.

Quando il fenomeno raggiunge gli strati profondi del suolo è pressoché irreversibile.

Il deterioramento complessivo della struttura del suolo provocato dalla compattazione limita la crescita delle radici, la capacità di stoccaggio dell'acqua e dell'aria, la fertilità, l'attività biologica e la stabilità. Inoltre, in caso di precipitazioni intense, l'acqua non riesce più a penetrare facilmente nel suolo. I volumi consistenti di acqua di deflusso che ne derivano aumentano il rischio di erosione e, secondo alcuni esperti, sono in parte responsabili delle alluvioni recentemente avvenute in Europa.

È stato calcolato che quasi il 4% del suolo europeo è soggetto a compattazione, anche se non sono disponibili dati precisi.

..... omissis

7.4. Comparabilità dei dati pedologici

Per raggiungere una comprensione comune, in Europa, dei processi di degrado del suolo, è importante assicurare la comparabilità dei dati e quindi armonizzare le procedure di campionamento e i metodi di analisi pedologica.

L'esperienza insegna che in Europa il principale ostacolo nella valutazione della condizione del suolo sulla base di dati esistenti è rappresentato dalla mancanza di metodologie armonizzate per

il monitoraggio e il trasferimento di dati e la conseguente impossibilità di comparazione.

L'elaborazione di norme accettate a livello internazionale è a cura di enti internazionali di normalizzazione quali il CEN (Comitato europeo di normalizzazione) e l'ISO (*International Organisation for Standardisation*).

..... omissis

LA PROTEZIONE DEL SUOLO

La politica europea e locale

I processi di erosione e compattazione del suolo sono due delle “otto minacce” relative al degrado del suolo individuate dalla Commissione delle Comunità Europee nella “Strategia tematica per la protezione del suolo” (COM (2006) 231). La conoscenza di tali problematiche e la definizione di un programma di misure per la lotta contro di esse, sono alla base della successiva proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio per l'istituzione di un quadro per la protezione del suolo a livello europeo (COM (2006) 232).

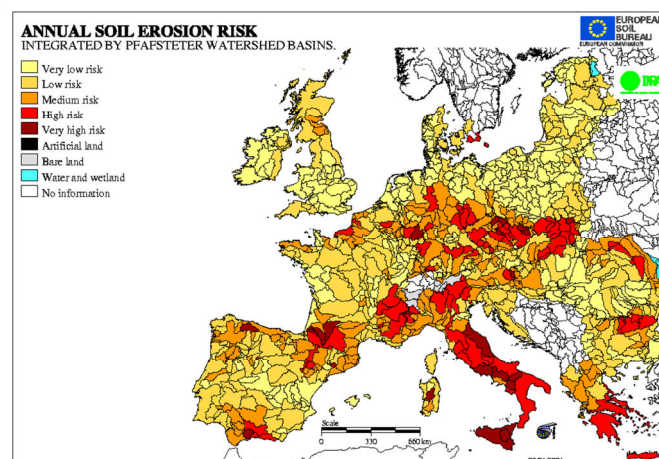


Fig. n°1 - Carta dell'Europa del rischio di “Erosione”

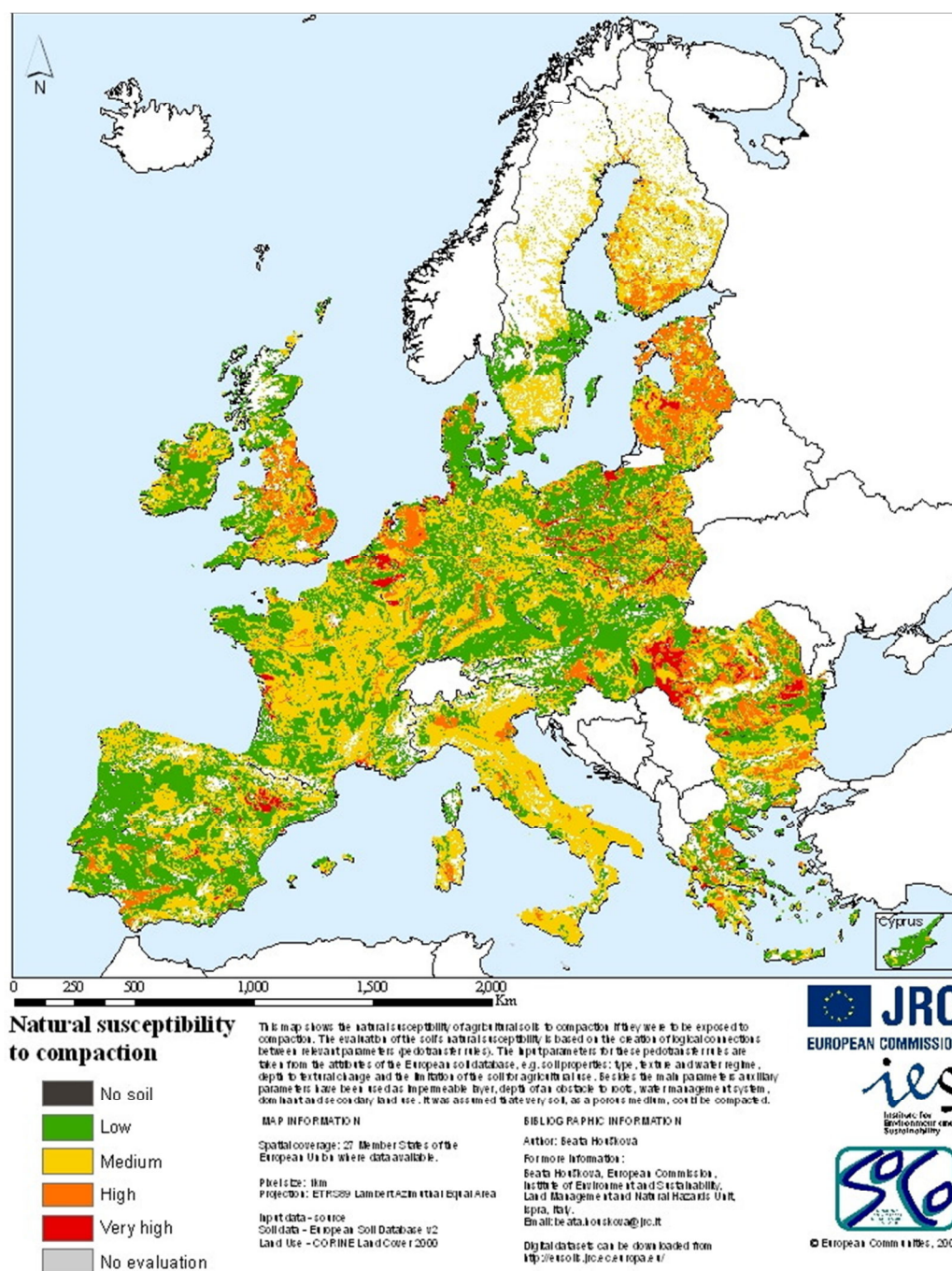


Fig. n°2 - Carta dell'Europa del rischio di "Compattazione"

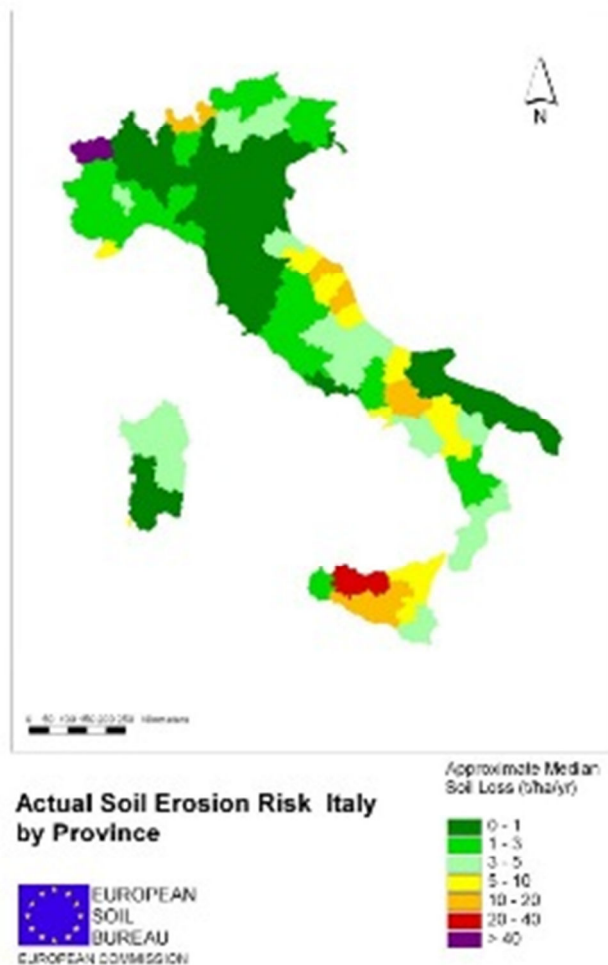


Fig. n°3

Mappa del rischio di erosione per provincia in Italia (Fonte: Van der Knijff et al, 2000) (Fonte:European Soil Portal, <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/>).

Sempre in ambito europeo, ma al di fuori del contesto legislativo della CEE è bene citare ad esempio il concetto di “Suolo” espresso nella “normativa Elvetica”, nella quale è evidente la problematica della compattazione dei suoli.

Il suolo nella normativa elvetica

“La protezione del suolo è normata dalla “Legge sulla Protezione dell'Ambiente naturale” (LPA) attraverso la conservazione duratura della fertilità (art. 1 LPA). Allo stesso modo, la capacità

di conservazione di una foresta, in quanto biocenosi tipica per una determinata stazione, deve essere garantita in modo continuo nel tempo attraverso la rinnovazione naturale. Sulla base dell'“Ordinanza sui Danni al Suolo” (ODS - art. 2), ciò significa che la crescita delle radici di specie forestali, adatte ad una determinata stazione, non può essere condizionata se non da limiti naturali. Nel suolo deve essere anche presente un'attività biologica che possa operare, senza intralci, la decomposizione dei residui vegetali in funzione delle condizioni di una data stazione. Quando un soprassuolo viene utilizzato, i veicoli, le macchine e le attrezzature devono essere scelti ed usati tenendo in considerazione lo stato di umidità del suolo, per prevenirne la compattazione che costituisce una seria minaccia al mantenimento della fertilità (art. 6 ODS). La legislazione forestale svizzera prevede anch'essa che i Cantoni prendano misure necessarie per prevenire danni alle foreste riducendo i carichi fisici sul suolo. Secondo l'“Ordinanza sulle Foreste” (OF), si definiscono “danni alle foreste” tutto ciò che mette in pericolo la conservazione della foresta tra cui (art. 28 OF) i carichi fisici sul suolo.

Inoltre, secondo la “Legge Forestale” federale (LF), i Cantoni devono emanare le prescrizioni in materia forestale tenendo conto delle esigenze di una selvicoltura prossima alla natura (art. 20 LF). Quindi, chiunque, in occasione dell'utilizzazione di un bosco, mancherà alla sua responsabilità, anche per negligenza, intervenendo in modo da provocare una forte compattazione del suolo, agirà contro la Legge. Questa infrazione penale è sanzionata ai sensi dell'articolo 61 della LPA”.

Quanto sopra è tratto da: *Articolo originalmente presente nella serie "Merkblatt fuer die Praxis" n°45, Giugno 2009. WSL Istituto*

federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, Birmensdorf (Svizzera). E-mail: peter.luescher@wsl.ch

La ricerca della legislazione sull'impatto meccanico dei suoli a livello mondiale, risulta essere per questo lavoro un capitolo che meriterebbe uno studio separato vista la immensa bibliografia esistente. In special modo nel continente Nord-Americano, dove praticamente ogni stato ha regolamenti in materia molto precisi, che ricordano molto da vicino il caso svizzero. La maggior parte di questi regolamenti sono emanati sotto il controllo della sezione "Forest" del USDA (United States Department of Agriculture) della quale in merito ricordiamo la specifica classificazione dei suoli tutt'ora usata in molti paesi (USDA Soil Taxonomy).

Sempre in argomento di suoli c'è da ricordare che la F.A.O. (Food and Agriculture Organization) è probabilmente l'organismo che a livello planetario si è occupato maggiormente sull'"uso dei suoli".

E' bene notare inoltre che l'argomento "Suolo" è oggi sempre più attuale, poiché in molti luoghi della Terra è percepito come una risorsa limitata o peggio in via di esaurimento (desertificazione, innalzamento del livello marino, cementificazione ed uso antropico improprio), è sempre più spesso oggetto di dibattito nei congressi mondiali sull'ambiente nelle conferenze Internazionali:

es: Conferenza di Rio De Janeiro (3-14 gennaio 1992)

United Nations Conference on Environment and Development;

Protocollo di Kyoto (11 dicembre 1997)

U.N.F.C.C.C. (Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici);

Nelle riunioni periodici dei "G" dei Paesi più industrializzati.

FORMAZIONE DEL SUOLO

Al fine di poter correttamente interpretare la formazione del suolo, è necessario conoscere i complessi processi ed i fattori che li regolano, che portano alla decomposizione o degradazione della roccia madre (orizzonte R) fino alla creazione di uno strato detritico di copertura, definito substrato pedogenetico (orizzonte C), su cui potranno agire i processi evolutivi con conseguente formazione di un profilo in "climax".

Durante la fase di formazione del suolo, possono verificarsi contemporaneamente i seguenti processi:

i frammenti più resistenti della roccia madre, che si sono conservati negli orizzonti superficiali, continuano ad alterarsi lentamente;

formazione di prodotti di neosintesi derivati dalla decomposizione della roccia madre (argille, zeoliti, carbonati, ossidi e idrossidi).

i processi di decomposizione continuano ad agire sulla roccia madre (al contatto roccia madre-substrato pedogenetico) contribuendo ad aumentare progressivamente lo spessore del profilo del suolo;

lisciviazione più o meno spinte, a seconda dell'ecosistema, di elementi derivanti dall'idrolisi di minerali e rocce.

I fattori della pedogenesi "creano" l'ambiente in cui i processi elementari di formazione e di evoluzione (decomposizione, migrazione, accumulo) operano regolandone l'intensità relativa, le varie combinazioni e le interazioni. I principali fattori della pedogenesi sono: la roccia madre, il clima, gli elementi biotici, il rilievo e il tempo.

Fattore roccia Le rocce sono le grandi unità costitutive della litosfera ed a seconda della loro origine si distinguono in tre

grandi gruppi: eruttive, sedimentarie, metamorfiche. Sono costituite da uno o più minerali che possono essere "primari" nel caso trattasi di rocce eruttive o "residuali" e "autigeni" nel caso di rocce sedimentarie e metamorfiche.

Dal punto di vista pedologico, appare ovvio come un particolare interesse debba essere attribuito alla parte più superficiale della litosfera, dove si vengono ad instaurare tutti quei processi che portano alla formazione ed alla evoluzione del suolo. Questi processi sono, ovviamente, fortemente condizionati dai tipi di roccia presenti nella litosfera e dalle rispettive composizioni mineralogiche.

Quindi è importante sapere quali siano le caratteristiche generali della litosfera: petrografiche (dal punto di vista costitutivo), mineralogiche (dei minerali che la costituiscono) e geochimiche (della loro composizione chimica).

Una roccia in affioramento, a contatto con l'atmosfera, si viene a trovare in condizioni fisico-chimiche differenti da quelle in cui si era formata e quindi gli agenti esterni agiscono sullo strato superficiale operando delle modificazioni delle caratteristiche fisiche e chimiche della roccia stessa. I processi che inducono tali fenomeni prendono nel loro insieme il nome di degradazione. In ambienti dove le condizioni tendono ad essere estreme prevalgono alterazioni fisiche, mentre in ambienti più temperati i processi sono quelli chimici e biotici.

Inoltre è da rilevare che detti processi agiscono in modo differente, mentre quello fisico agisce sulla roccia sgretolandola formando così lo strato di "regolite", ma lasciandone inalterata la composizione chimica. Quello chimico agisce sulla roccia trasformandone parzialmente o totalmente la composizione. Quello biotico agisce sia per via fisica, sia per via chimica (apparati radicali, azione degli acidi organici).

Fattore clima Fra i fattori della pedogenesi questo è forse il più attivo. Gli elementi climatici che interessano l'evoluzione dei suoli sono essenzialmente quattro: le precipitazioni, la temperatura, l'evapotraspirazione e il vento. Questi elementi determinano le caratteristiche climatiche a livello regionale, cioè di vasti territori. In particolare l'acqua promuove l'alterazione dei minerali, mediante diverse reazioni chimiche, inoltre prende in carico i colloidi e gli ioni e li veicola verso gli strati sottostanti del suolo. In questo movimento di ioni e di particelle si vanno a formare delle differenziazioni all'interno del suolo che caratterizzeranno lo stato di evoluzione e di maturità.

Fattore rilievo Questo fattore controlla, a livello locale, la disponibilità dell'acqua, l'insolazione, la temperatura, l'esposizione ai venti; quindi determina il microclima di una zona specifica del territorio. Il fattore rilievo è suddiviso in due sub-fattori: quello morfologico (versante, valle, cresta, ecc.) e quello topografico (quota, esposizione, pendenza).

Fattore biotico Sia le piante che gli animali influenzano profondamente la formazione e lo sviluppo dei suoli sia direttamente che indirettamente. In particolare il regno vegetale è sicuramente quello più attivo ed è costituito dalla macroflora (erbe, arbusti ed alberi) e microflora (batteri e funghi). Sia la flora che la fauna, compiuto il loro ciclo biologico, tornano come resti organici al suolo. Questi vengono alterati e trasformati, in particolare dalla microflora, in humus. Le particelle di humus maturo hanno le dimensioni dei colloidi ed agiscono come tali, in particolare negli scambi degli "ioni" nel suolo. Il processo di umificazione comporta la formazione di acidi organici, i quali

svolgono un ruolo molto importante nella alterazione dei minerali della matrice del suolo, rendendo disponibili ed in parte immagazzinando con i loro “gruppi funzionali” molecole e ioni derivanti dai minerali stessi.

Fattore tempo La durata dei processi che portano alla formazione dei suoli sconfinano come tempi in quelli geologici, sono molto lenti e comunque fortemente condizionati dalla intensità dei processi pedogenetici e dalla loro interazione. In climi caldi e umidi tutti i processi sono accelerati ed i suoli si possono formare nell'ordine di qualche secolo, mentre in climi freddi e secchi i suoli hanno tempi di formazione delle migliaia di anni. Questo indica che comunque i tempi di formazione vanno oltre la normale concezione dell'uomo, un degrado operato al suolo potrebbe richiedere decine di anni prima che si ripari naturalmente.

In linea generale durante la genesi naturale di un suolo sono dominanti due processi, i quali si sovrappongono tanto da risultare spesso difficile la separazione delle loro sfere d'azione; essi sono:

- l'alterazione geologica della roccia madre con formazione della regolite o del substrato pedogenetico, caratterizzata da processi essenzialmente di natura fisico-chimica;
- l'alterazione pedologica, che fa evolvere il substrato pedogenetico in un "suolo", in questa fase prevalgono i processi pedologici: biochimici, chimici e fisici.

Al fine di poter correttamente interpretare la formazione del suolo, è necessario conoscere i complessi processi ed i fattori che li regolano, che portano alla decomposizione o degradazione della roccia madre fino alla creazione di uno strato detritico di copertura, definito substrato pedogenetico su cui potranno agire i

processi evolutivi con conseguente formazione di un profilo che nel tempo tenderà a raggiungere un equilibrio con l'ambiente "climax".

Durante la fase di formazione del suolo, possono verificarsi contemporaneamente i seguenti processi:

- i frammenti più resistenti della roccia madre, che si sono conservati negli orizzonti superficiali (scheletro), continuano ad alterarsi lentamente;
- formazione di prodotti di neosintesi derivati dalla decomposizione della roccia madre (argille, zeoliti, carbonati, ossidi e idrossidi).
- i processi di decomposizione, resi più attivi dalla azione degli acidi organici, continuano ad agire sulla roccia madre contribuendo all'approfondimento del suolo verso il basso e quindi ad aumentare progressivamente lo spessore del suolo stesso;
- lisciviazione più o meno spinte, a seconda delle condizioni climatico-ambientali, di elementi derivanti dall'alterazione chimica idrolisi di minerali e rocce.

Gli orizzonti del suolo

La pedogenesi inizia dallo strato superficiale (interfaccia terreno aria) costituito inizialmente da regolite o dallo strato pedogenetico e procede verso il basso, dove l'insieme dei fattori pedogenetici promuovono una serie di "processi" che nel tempo determinano il suolo, nel suo processo evolutivo, si differenzieranno degli strati chiamati orizzonti, ciascuno con caratteristiche specifiche.

Il primo strato che si trova normalmente nei suoli forestali è quello organico, il quale si divide in due sub-orizzonti:

- la lettiera (L) composta da foglie dell'anno (a seconda delle condizioni climatiche si trovano anche foglie degli anni

precedenti)

- l'orizzonte organico (O) composto da materiale organico talmente alterato che non è più riconoscibile la provenienza.

Il primo strato minerale viene chiamato orizzonte "A" dove i processi alterativi sono molto attivi, sia per la presenza della sostanza organica, sia per l'attività biologica e chimica. I colloidi che si formano e gli ioni che si liberano vengono trasportati negli strati sottostanti; infatti questo orizzonte viene chiamato anche "eluviale".

Segue, verso il basso, l'orizzonte "B", in questo orizzonte i processi alterativi sono meno marcati, invece sono più frequenti quelli di accumulo dei prodotti provenienti dal sovrastante orizzonte A. L'orizzonte B viene detto anche "illuviale".

Segue verso il basso l'orizzonte "C", dove si osservano prevalentemente processi alterativi della roccia madre (alterazioni fisiche e chimiche, con minore intensità quelle bio-chimiche) e molto marginalmente quelli di accumulo.

In fine troviamo la roccia madre parzialmente alterata o inalterata, definita con la lettera "R". L'insieme degli orizzonti forma il "profilo del suolo", che è peculiare di ciascun suolo e permette la sua classificazione.

Per la classificazione dei suoli delle stazioni è stato usato il sistema della Soil Taxonomy dell'U.S.D.A., limitandosi al livello di "grande gruppo".

MATERIALI E METODI

Rilevamento in campagna

La ricerca intrapresa riguarda, la determinazione dei danni al suolo provocati da impatto meccanico di mezzi circolanti tranne un caso (Monte Peglia) dovuto allo strascico del materiale sboscato. Lo studio è stato svolto prima in campo e successivamente in laboratorio, dove sono stati analizzati i campioni di terreno raccolti per i differenti sistemi di utilizzazione forestale. Nei rilievi in campo si sono prelevati campioni di terreno sia nei punti dove è avvenuto il compattamento dei mezzi meccanici durante l'esbosco sia nelle zone adiacenti dove non è stato recato nessun disturbo. Per il campionamento si è avuta l'accortezza di rispettare il più possibile la minima distanza (2 metri) onde avere una significatività della natura del suolo in ciascuno dei 5 siti di rilevamento. Sono stati praticati 10 prelievi sul terreno disturbato e 10 sul terreno indisturbato. Solo nel cantiere forestale di "Improsta" (SA) ne sono stati effettuati 19 sul terreno disturbato e 19 su quello indisturbato perché qui la superficie occupata dalle differenti specie forestali coinvolte (pioppeto tagliato, pioppeto in piedi ed eucalipto in piedi) era maggiore rispetto agli altri 4 cantieri testati, dove la superficie coinvolta è stata di circa 2 ettari. I punti di campionamento sono stati registrati sia sul taccuino di campagna nel quale vengono normalmente annotati tutti i dati inerenti i rilevamenti, come la descrizione generica del sito, la morfologia del terreno, la presenza delle specie vegetali ecc... e contemporaneamente segnate su altre carte es: catastali, topografiche, CTR ecc... . Per l'esecuzione dei prelievi di terreno si è ricorso all'uso di un carotatore a battuta con cilindro di captazione a volume fisso (100 ml) (foto n°3), mediante il quale si rileva la densità apparente del

suolo (DA) analisi descritta nelle modalità di laboratorio. Altra operazione di prelievo è l'estrazione di una zolla di terreno appartenente agli orizzonti (A) mediante i normali strumenti di scavo (vanga e zappa). Anche per questo in corrispondenza dei punti disturbati ed indisturbati per la determinazione dell' "Indice di stabilità degli aggregati", e delle granulometrie, anche queste descritte nelle modalità di analisi di laboratorio. Sempre in campo sono state rilevate direttamente due fondamentali prove, la "Penetrometria" e la "Scissometria" per la definizione della meccanica del terreno, dette prove sono state eseguite nello strato compreso tra 0 e -10 cm, togliendo lo strato organico, quindi lo strato interessato è quello più superficiale dell'orizzonte "A". La prima è stata eseguita mediante il penetrometro PEN-P100 (foto n°5) (resistenza alla compressione semplice). Per ogni punto sono state effettuate tre prove di rilievo ai vertici di un triangolo con lati di 15 cm. Anche questa indagine è stata effettuata sia sui punti disturbati che sugli indisturbati. La seconda è stata fatta con lo "Scissometro SCISS-S100" (foto n°4) (resistenza al taglio). Per l'interpretazione delle prove Penetrometriche e Scissometriche, che sono state effettuate in condizioni di umidità naturale al momento del rilievo, è stato necessario rendere confrontabili i dati, pertanto sono stati calcolati, mediante le rette di tendenza, i valori penetrometrici-scissometrici in base al contenuto di acqua pari alla capacità di campo specifica per ogni sito.

La capacità di campo è stata determinata utilizzando il metodo di SAXTON in base al rapporto delle frazioni esclusivamente granulometriche.

Anche per questa valgono i doppi criteri delle altre descritte. Come si può notare dalle foto 4 e 5 sia lo scissometro che il penetrometro sono corredati di tre differenti punte per eseguire le

misurazioni, le differenze di esse sono relative alla estensione della superficie di contatto con il terreno, ciò permette di rilevare i dati con maggiore precisione e di volta in volta la scelta è eseguita in funzione alla tenacia del terreno per permettere allo strumento una più agevole misurazione. Tutti i dati presi con le differenti punte vengono poi uniformati in fase di elaborazione con i coefficienti di conversione presenti nel manuale d'uso a corredo dello strumento. Per questo studio detti valori sono stati espressi come Kg/cm^2 per la (Rp) "Resistenza alla penetrazione" mentre per la (Cu) "Resistenza al taglio" in t/m^2 .

Un'altra particolare indagine eseguita in due cantieri è stata l'apertura di due trincee diagnostiche eseguite con mezzi di scavo tradizionale dei suoli (piccone, zappa, vanga e pala), che hanno permesso di comprendere l'effetto del passaggio di ruote gommate sul suolo forestale. Tutto ciò oltre ad essere misurato è stato documentato da immagini fotografiche.

Sempre con immagini fotografiche sono state documentate alcune pratiche forestali durante la fase dell'esbosco e quindi le più significative modificazioni apportate sulla superficie delle aree interessate.



Foto n°1 - STRUMENTI PER IL RILIEVO: Carotatore a battuta per densità apparente, Penetrometro e Scissometro



Foto n°2 - Penetrometro, Scissometro e Taccuino di campagna accanto al foro fatto dal Carotatore sull'impronta del pneumatico



Foto n°3 - Carotatore per prelievo di campioni di suolo indisturbati



Foto n°4 - Scissometro con le 3 aste di campionamento



Foto n°5 - Penetrometro con le 3 aste di campionamento e prolunga per indagine profonda

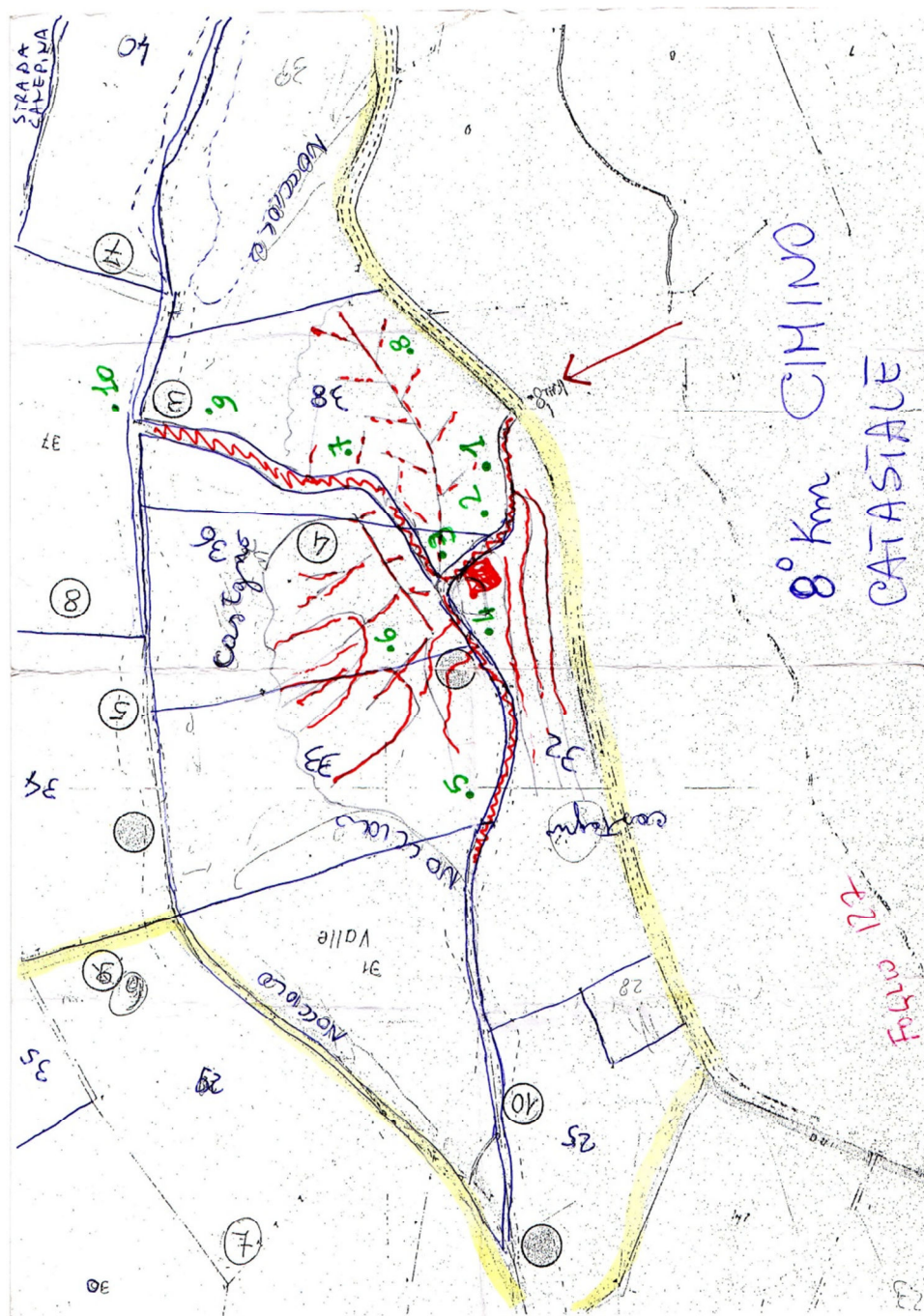


Fig. n°4 - Punti di rilievo e tracciati delle piste di esbosco segnati sul taccuino di campagna

	SCISSOMETRO				PELLOMETRO			
	①	②	③		①	②	③	
1 D	4	5	4,8	5,2	2,5	2,5	2	4
1 i	4	2,8	2,2	2	0,5	0,5	0,5	4
2 D	4	4,8	5	5	2,5	4,5	2	4
2 i	4	2,8	3,4	2,8	0,5	1	0,5	4
3 D	4	4,6	5,8	6,2	2,5	2,5	2,5	4
3 i	4	2,2	2	2,8	1	1	1	4
4 D	4	3,8	4,8	5,8	2	2,5	2,5	4
4 i	4	2	3,2	3,8	2	1	1,5	4
5 D	4	5	5,8	6,8	4	3,5	4,2	4
5 i	4	3,8	3,8	3	1,5	2,5	2	4
6 D	4	6,2	4,8	5,4	3	2,5	3	4
6 i	4	2,6	2,2	2,4	1	1,5	1	4
7 D	4	5	5	4,6	3	3,5	2,5	4
7 i	4	3,2	3	3,4	1,5	1,5	1	4
8 D	4	4	6	5	3	3	3,5	4
8 i	4	2,6	3,2	3,6	1,5	1	1	4
9 D	4	4,2	5,2	5,2	2,5	3,5	3	4
9 i	4	2,8	2,2	3	0,5	0,5	0,5	4
10 D	4	6	5,8	6	4	3,5	5,2	4
10 i	4	4,2	3	2,4	1,5	1,5	1	4

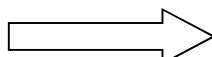
Fig. n°5 - Appunti segnati sul taccuino di Campagna

Analisi in laboratorio

Le operazioni svolte in laboratorio hanno riguardato la fase di analisi dei campioni raccolti in bosco, che sono state le seguenti:

- Determinazione della Densità Apparente (DA): questa è stata eseguita sul campione di suolo estratto con il carotatore e conservato in busta sigillata, mediante la determinazione del peso naturale del terreno essiccato in stufa per 105° per 24 ore e quindi rapportato al volume noto del carotatore.

- Determinazione della Densità Reale (DR) o “Massa volumica” del materiale litoide, eseguita mediante il picnometro per terreni. Il picnometro per terreni è costituito da una beuta e di un tappo in vetro smerigliato in cui è inserita una asta con cavità capillare. La procedura per il calcolo della DR (Densità Reale) coincidente al peso specifico dei vecchi manuali di fisica, consiste nella differenza tra la pesata del picnometro a cui è stata aggiunta una quantità nota di terreno secco (circa 25 grammi) precedentemente depurato dalla sostanza organica mediante digestione in H_2O_2 quindi ricolmo di H_2O distillata, e quella dello stesso picnometro riempito di sola H_2O distillata (prova in bianco). Per questa procedura è necessario tenere conto della temperatura dell'acqua, poiché essa incide sulle variazioni volumetriche e quindi bisogna apportare delle correzioni in base al diagramma V/t “Volume temperatura” per l'acqua distillata, riportato nei manuali tecnici. Per tutti questi procedimenti è stata utilizzata una bilancia di precisione indicante i millesimi di grammo.



n° prova		1	2
peso secco netto P_{sn} (g)		35,794	24,534
peso picnometro - acqua - provino P_{pat} (g)		164,958	157,777
temperatura acqua T (°C)		17	17
peso picnometro - acqua ($T = 17$) P_{pa} (g)		142,137	142,137
peso specifico $G = \frac{P_{sn}}{P_{sn} + P_{pa} - P_{pat}}$		2,76	2,76

$G = 2,76$

Tab. 1 - Esempio di Calcolo del Peso Specifico con PICNOMETRO
Da: CNR B.U. anno XII n° 64, 1968 – ASTM D 854-83

Il calcolo della Porosità (n) è stato determinato in maniera indiretta utilizzando la Densità apparente (DA) e la Densità Reale (o Peso specifico) (DR) con la seguente formula:

$$\text{Porosità } (n) = (DR - DA) / DR \times 100$$

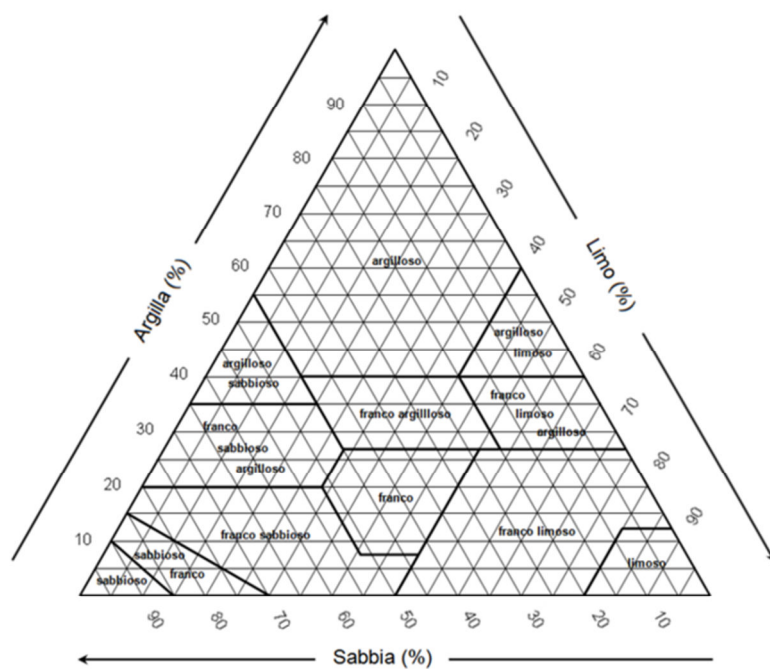
Più precisamente la differenza tra la DR e la DA è stata rapportata percentualmente alla densità reale e quindi si è ottenuta la porosità dei terreni analizzati, che indica la percentuale degli spazi vuoti nel suolo.

- Calcolo dell'”Indice di stabilità degli aggregati” dei terreni. Il terreno è composto da particelle minerali che sono tenute insieme da due colloidali presenti nel terreno stesso, uno minerale (argille) e l'altro organico (humus). Entrambi hanno proprietà chimico-fisiche capaci di creare aggregazione delle particelle di tutte le classi diametriche presenti, dallo scheletro fino, alla sabbia, al limo. Solitamente questa aggregazione delle particelle è favorita dalla compattazione provocata dai carichi accidentali

sul terreno dovuti essenzialmente al passaggio e stazionamento dei mezzi meccanici. Per l'analisi di questo indice si è utilizzata una zolla di circa 50 grammi di terreno allo stato naturale (come prelevato in bosco) al netto del peso della percentuale di acqua presente (calcolato su analogo materiale dello stesso campione). Questo materiale è stato posto su di un setaccio a maglie di 1 mm di diametro, quindi immerso in una vasca piena di acqua sottoposta a oscillazioni di 40 battute al minuto per 20 minuti. Questo procedimento allenta i legami di aggregazione di parte del terreno e alla fine solo una parte rimane aggregata sopra il setaccio. Il peso di quest'ultima frazione di terreno essiccato in stufa a 105° C per 24 ore, opportunamente depurata del peso delle particelle minerali > 1 mm (sabbia grossa e scheletro), indica quale sia la frazione aggregata che, rapportata al peso del campione di partenza, esprime un valore compreso tra zero e uno (0 = massima disaggregazione ed 1 = massima aggregazione).

- Determinazione della Granulometria dei terreni: questa è stata ottenuta mediante il sistema densimetrico con la sospensione in cilindri da 1000 ml dei campioni di 100 grammi in peso di terreno seccato all'aria, in cui è stata opportunamente eliminata la S.O. con acqua ossigenata e quindi dispersi in H₂O distillata e metafosfato di sodio. Successivamente viene misurata la densità con l'aerometro (STM 142) in tempi standard per la determinazione delle frazioni previe correzioni basate sulla temperatura. Precisamente, la prima misurazione dopo 5 minuti per la determinazione dell'argilla + limo, la seconda dopo 20 ore per la sola argilla, quindi per sottrazione del peso iniziale del campione delle due frazioni granulometriche limo e argilla si è ottenuta quella della sabbia. Per la classificazione delle tessiture dei terreni è stato adottato, per tutti i campioni di questo studio, il

sistema U.S.D.A., l'immagine seguente mostra il relativo triangolo tessiturale:



Tab. n°2 – Triangolo tessiturale

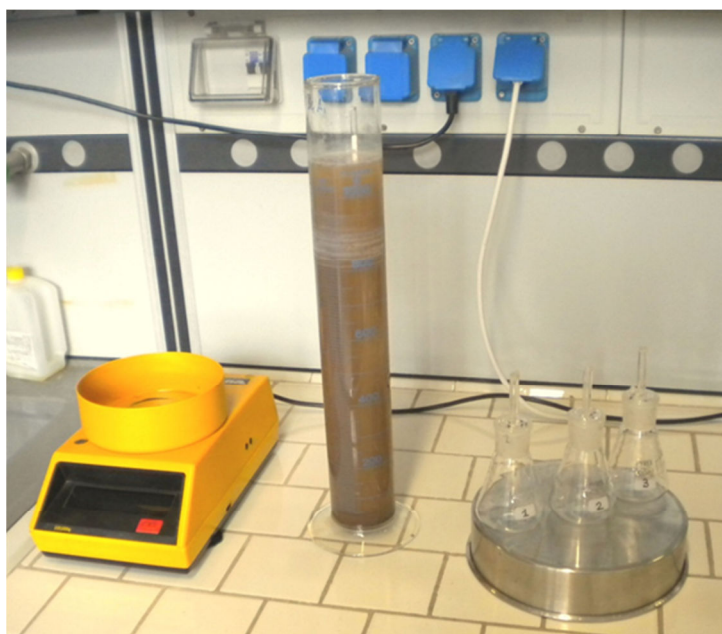


Foto n°6 - Cilindro con aerometro e "Picnometri per terreni"

Per la fase di elaborazione statistica dei dati è stato utilizzato sul computer il programma “Excel” per l’esecuzione di tabelle e grafici ed il “Word” per la compilazione del testo.

DANNI DA IMPATTO SUI SUOLI FORESTALI CAUSATI DALLA MECCANIZZAZIONE FORESTALE

Da sempre l'uomo è stato presente nelle foreste del pianeta, esse sono state luogo di protezione e dispensatrici di risorse che hanno permesso la sua evoluzione ed il suo sviluppo fino alla attuale era moderna. Solo in tempi recenti con l'avvento della pastorizia, dell'agricoltura e successivamente dell'industria, l'umanità si è concentrata nelle pianure ed infine si è aggregata nelle città. Ovviamente tutte queste trasformazioni sono potute avvenire con l'ausilio dei prodotti forestali; essenzialmente con il legname da opera e con quella più scadente per la fornitura energetica (calore e cottura dei cibi), pertanto i boschi considerati luoghi di approvvigionamento sono stati percorsi con tutti i sistemi possibili: a piedi, con animali, carri ed infine in tempi moderni con mezzi meccanici a motore forniti di ruote o cingoli. Da quando l'uomo ha creato la strada, non ha mai smesso di perfezionarla in parallelo con l'evoluzione dei materiali e delle tecnologie, in particolare l'invenzione del pneumatico ha permesso, in campo agricolo e forestale, l'utilizzazione di motori sempre più potenti e di conseguenza il loro calibro è divenuto sempre più ingombrante. Inevitabilmente tutto ciò ha creato problemi notevoli al delicato sistema del suolo forestale.

Tutti gli operatori forestali si devono ora confrontare con tutti i sistemi di accesso verso questa risorsa, affinché gli eccessi non compromettano il popolamento, il suo sviluppo e la sua normale crescita. Oggi nessuno metterebbe in discussione l'uso della meccanizzazione, la quale è la sola che permette in termini economici il compimento di una qualsiasi attività forestale e solo in casi particolari può essere prevista la sua esclusione, la dove si possono innescare pericolosi effetti di degradamento (erosione,

accelerata, eccessivo compattamento, ecc.) o dove l'eccessivo scorrimento delle acque superficiali effettuano una forte asportazione di particelle piccole che solitamente sono quelle che contengono più macronutrienti, quindi nel tempo si può verificare un depauperamento della fertilità del suolo forestale. A volte, non tanto per la meccanizzazione, ma dalla sua non corretta applicazione che potrebbe innescare forti cambiamenti con effetti degenerativi in special maniera in quei paesaggi collinari e montani con topografia più o meno accidentata.

L'approccio verso i problemi dei danni da impatto, è preso in considerazione da tre discipline separate. La prima si appoggia sulla pedologia, scienza del suolo in relazione con la geologia, la cui conoscenza ha permesso lo sviluppo delle capacità umane produttive nel settore vegetale e zootecnico.

La seconda è l'utilizzo della "chimica agraria" che studia la fertilità dei suoli sotto il profilo chimico-biologico per controllare gli interventi umani e le variazioni grazie a delle tecniche appropriate di miglioramento di alcune caratteristiche.

Infine il terzo approccio si fonda sulla meccanica dei terreni. Questa disciplina studia il comportamento meccanico di un terreno quando è soggetto ad una sollecitazione.

I soli elementi che questi approcci hanno in comune sembrano limitati al riconoscimento (constatazione) che l'elemento suolo è costituito da tre fasi fondamentali, di queste bisogna inoltre conoscere le implicazioni concomitanti.

La prima fase è solida, è formata da particelle sia di origine minerale che di origine organica, ambedue parzialmente comprimibili; la seconda è gassosa e comprende l'aria distribuita negli spazi tra le particelle "pori", fase fortemente comprimibile; la terza è liquida ed implica l'acqua o meglio, la "soluzione circolante" presente nel terreno non comprimibile. Il campo

bibliografico relativo alle modificazioni e alle alterazioni del suolo è molto ricco essenzialmente nelle descrizioni di casi specificatamente forestali, tuttavia le comparazioni e le deduzioni sono assai complicate poiché i dati non sempre sono sufficientemente chiari riguardo gli ambienti, alle circostanze ed alle attrezzature relative utilizzate. Le analisi proposte da questa ricerca esaminano più specificatamente ciò che implica la circolazione dei mezzi a motore sui suoli e le ripercussioni dei loro effetti in un ambiente di suolo forestale che definiamo fortemente variabile, che ci permettono di riflettere e dedurre il comportamento migliore in materia di conservazione e di concezione di equipaggiamenti appropriati.

Gli effetti apparenti dei pneumatici

La traccia lasciata dal passaggio dei pneumatici sul suolo permette di riconoscere degli effetti superficiali o più profondi; la semplice traccia lascia apparire una impronta corrispondente agli elementi salienti del disegno del pneumatico.

Si tratta dell'impronta dovuta al carico sul suolo che lascia apparire una certa area di impatto. In particolare per le ruote motrici è bene ricordare il concetto della Aderenza (A), questa è una grandezza utile di attrito che si sviluppa tra gli organi di propulsione e il terreno. E' dipendente dal Peso aderente (Qa) ovvero il peso che grava sugli organi di propulsione del trattore (100% nel caso di 4 ruote motrici e cingolati e del 60% del peso nel caso di 2 ruote motrici) e dal Coefficiente di aderenza (Ca) che è in funzione del tipo di organi di propulsione e della superficie su cui si opera.

Valori di (Ca) su terra battuta: ruote con pneumatici 0,6 – 0,65

“ “ “ “ smossa: “ “ “ 0,25 – 0,30

$$A = Q_a \times C_a$$

(Formula dell'Aderenza)

Una comparazione tra le superfici di contatto definite dalle diverse dimensioni dei pneumatici agricoli permette una diversificazione delle specifiche tecniche di diversi disegni che compongono la superficie impattante dei pneumatici stessi.

L'osservazione lascia distinguere tre superfici:

la teorica, l'effettiva e la reale verificabili mediante l'analisi dello stampo di penetrazione più o meno localizzato sull'area d'impatto.

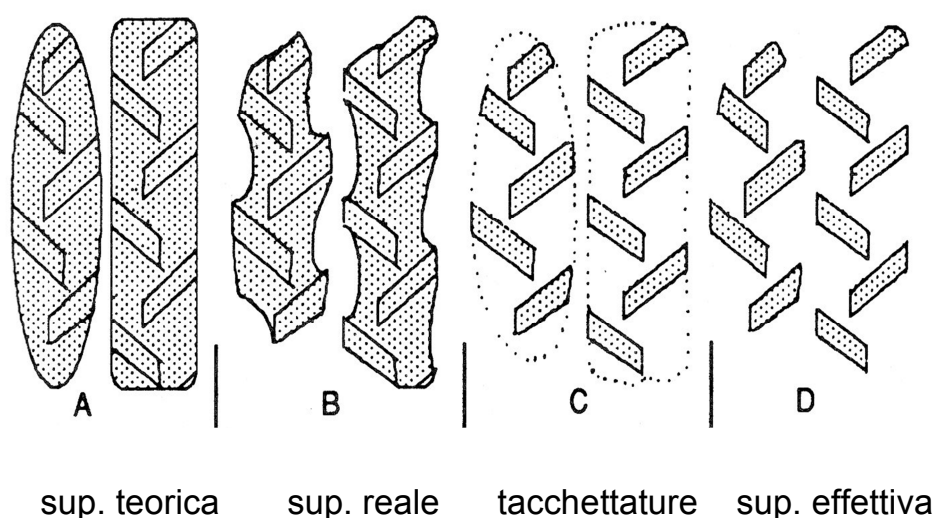


Fig. n°6 - Immagini delle superfici di contatto

La superficie teorica (A) (Fig. n°6) risulta dall'iscrizione di un contorno corrispondente ai limiti esterni dell'impronta. Un tale contorno si può ottenere attraverso un calco dopo aver proceduto ad un affondamento su un materiale di riferimento.

La superficie reale di contatto (B) riproduce esattamente i punti toccati dalla parte rotolante variabile in base alla velocità (tempo).

La superficie effettiva (D) registra solamente le impronte delle sporgenze del battistrada.

La variabilità di queste tre superfici è la risultante del gonfiaggio del pneumatico, del carico e delle superfici più predisposte alla penetrazione, sempre più variabile a seconda delle case produttrici, inoltre è anche funzione delle caratteristiche del terreno.

Diametro pneumatico	Larghezza del pneumatico in pollici					
	11,2	12,4	13,6	14,9	16,9	18,4
	superficie di contatto in cm ²					
24	895	1014	-	1274	1494	-
26	916	1037	-	1301	1523	1696
28	938	1060	1186	1327	1552	1727
30	-	-	-	1353	1581	1763
34	-	-	-	1404	1636	1817
36	-	-	-	1428	1664	1846
38	-	-	1303	1452	1690	1875

Tab. n°3 – Superfici di contatto dei pneumatici in base alle dimensioni

Un elemento da prendere in considerazione, dal punto di vista dell'alterazione riconoscibile, può derivare dalla esistenza di uno spostamento del terreno dal punto di impatto verso l'esterno che segue le dinamiche fisiche risultanti dalla ripartizione del reticolo delle forze in azione.

Angolo di penetrazione del pneumatico nel suolo

Come si è visto nel capitolo dei danni da impatto sui suoli causati dalla meccanizzazione forestale, il pneumatico penetra nel terreno sollecitato dal carico più o meno profondamente a seconda delle variabili precedentemente analizzate, ad esempio: la forma del pneumatico, il gonfiaggio, l'umidità del terreno ecc.

Indipendentemente dalla profondità che sarà raggiunta dal pneumatico nel formare il solco, l'angolo di penetrazione e la relativa terra che per rotazione viene spostata ai lati del solco, sono regolati dalla dinamica delle forze che vengono applicate al suolo.

Prima di entrare in un bosco sarebbe importante sapere il valore di questo angolo per capire quanto peso un suolo può sopportare. La determinazione di questo angolo normalmente è ottenuta mediante prelievo di campioni su cui vengono eseguite prove specifiche in laboratorio.

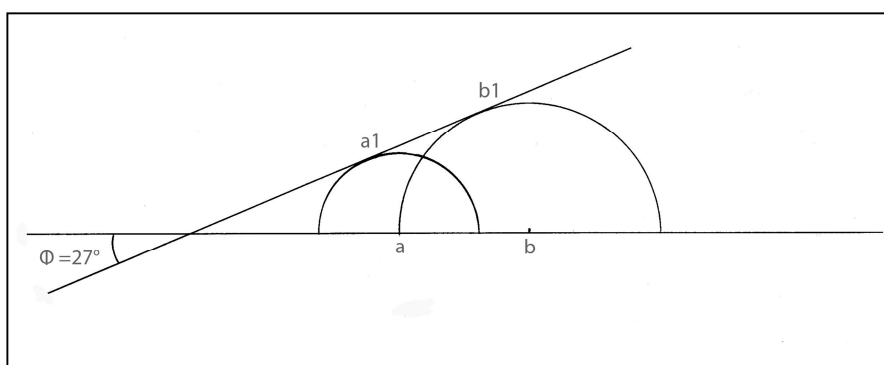


Fig. n°6 – Schema dell'angolo di penetrazione (Φ) ottenuto tra il piano di riferimento e la tangente sulle circonferenze, i raggi (a-a1) e (b-b1) sono pari ai valori medi scissometrici e penetrometrici.

Con l'avanzare del pneumatico, su terreni con un basso contenuto di umidità, il meccanismo di rottura del terreno stesso è quello definito da PRANDTL (1921) in cui si evidenzia un cuneo di penetrazione e due zone di rottura laterale che spostano il terreno verso l'alto. Al passaggio del pneumatico il terreno coinvolto presenta una sezione a triangolo isoscele in cui il lato superiore è formato dal battistrada e i due lati sono formati dall'angolo con l'orizzontale di $(\Phi/2 + 45^\circ)$, vedi figura seguente.

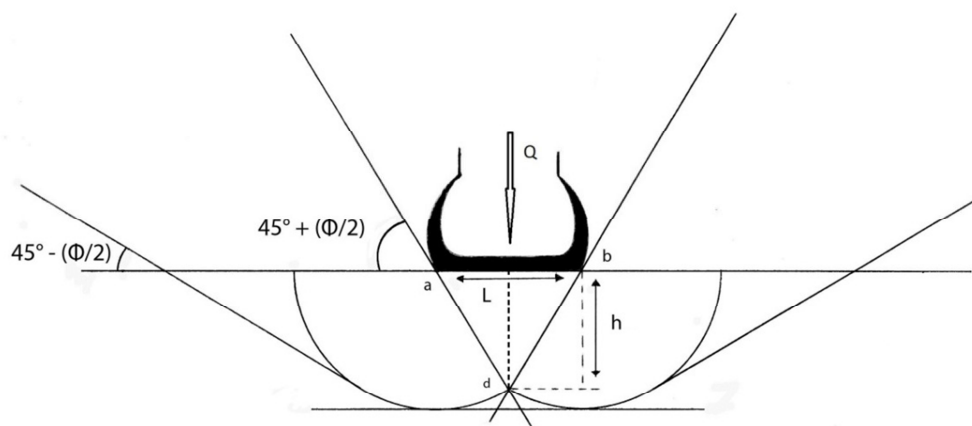


Fig. n°7 – Schema della spinta attiva e passiva di Rankine del suolo

Detto triangolo agisce come un cuneo provocando una spinta attiva del terreno (spinta attiva di Rankine). Lo spostamento del triangolo verso il basso comporta una spinta passiva sull'adiacente terreno con un taglio secondo un angolo con l'orizzontale di $(45^\circ - \Phi/2)$.



Foto n°7 - Effetto del compattamento riscontrato dallo scavo della trincea nei siti del Cimino. Sono evidenziati il triangolo di penetrazione e la curva di sollevamento.

La traccia visibile dopo il passaggio di un mezzo a motore sui terreni, con la dinamica illustrata nella figura precedente (Fig. n°7), può presentare tre modelli fondamentali che danno anche un chiarimento sulle relazioni con il substrato sottostante, lasciando apparire gli affondamenti che hanno determinato la compattazione ed i conseguenti assestamenti più o meno palesi (Fig. n°8).

La difficoltà di calcolare l'angolo di attrito interno del terreno fa sì che questo parametro non viene mai sfruttato.

Dal punto di vista pratico però non interessa tanto sapere l'angolo di attrito interno del suolo, ma piuttosto la capacità portante del suolo stesso. Dal punto di vista della meccanica dei terreni, considerando che l'azione di carico effettuata dal pneumatico si esplica in qualche secondo o frazione di esso e che il terreno forestale normalmente presenta un buon contenuto di acqua, si può considerare che si sta esplicando una azione "*non consolidata e non drenata*". Ciò dovuto al carico repentino e alla impossibilità dell'acqua a spostarsi, con la conseguenza che la pressione dell'acqua agisce in modo negativo, in queste condizioni si ha che l'angolo " φ " = 0. Per cui la resistenza al taglio è data dalla "coesione apparente" (C_u) del terreno, deducibile da prove di laboratorio di taglio "non drenato - non consolidato" (prova con scatola di Casagrande, o con l'apparecchio Triassiale) o da prove in campo effettuate con il "vane test" (scissometro).

Per il calcolo della capacità portante del terreno, considerando il tipo di traccia "*istantanea*" che lascia il pneumatico del trattore, la quale può essere assimilata ad un pseudo-rettangolo, potrebbe essere valido il metodo di Terzaghi per il calcolo di superfici rettangolari, il quale pone tre coefficienti: coefficiente coesivo (N_c), coefficiente di forma (N_q) e coefficiente di peso del terreno

(N_y); tutti questi coefficienti sono dipendenti dall'angolo di attrito ϕ . Terzaghi propone la seguente equazione:

$$q = \left(1 + 0,2 \frac{B}{L}\right) c N_c + \gamma D N_q + \left(1 - 0,2 \frac{B}{L}\right) \gamma \frac{B}{2} N_y$$

Dove con "B" è indicata la larghezza e con "L" la lunghezza della traccia, "c" coesione, "y" peso del terreno.

Ponendo l'angolo di attrito $\phi=0$ e la profondità $D=0$, i coefficienti diventeranno: $N_q = 1$, $N_c = 5,7$ e $N_y = 0$ e c (coesione drenata) diventa C_u (coesione non drenata), pertanto si ottiene:

$$q = 7,4 C_u$$

Se pure in brevissimo tempo la deformazione del terreno avviene in due tempi, prima si ha una compressione delle particelle, in cui viene assorbito parte del carico, poi se la pressione che viene esercitata è maggiore si ha una rottura (taglio), in cui l'energia viene assorbita dalla traslazione delle particelle.

Deformazione relativa:
$$d = \frac{\sum S^+ + S^-}{L}$$

Affondamento relativo:
$$T = \frac{S^- - \sum S^+}{L}$$

Dove: L - lunghezza in cm
 Σ - sommatoria
 S - superficie della sezione affondata (-) o sollevata (+)
 in cm²

L'applicazione di un pneumatico su un suolo deformabile implica un certo affondamento caratteristico più o meno importante, poiché è funzione di un certo equilibrio che si installa tra il carico applicato e le forze di reazione del suolo.

Qualunque siano i tipi e le caratteristiche di un suolo il suo volume è costituito da fasi solide, liquide e gassose.

Il volume che contiene il suolo viene analizzato nella nostra materia di studio con i seguenti parametri: "DA", "DR" e "n". Nell'ordine esse sono la Densità Apparente che indica il volume del terreno compresi gli spazi vuoti, la Densità Reale che indica il volume totale del terreno senza spazi vuoti e la Porosità che esprime la percentuale del volume degli spazi vuoti nel volume totale.

Le differenti fasi presenti nel suolo si comportano in maniera assai diversa sotto l'effetto dei carichi applicati poiché se l'aria è comprimibile le particelle e l'acqua praticamente non lo sono, ciò giustifica il fatto che le ripercussioni o le reazioni dei carichi sul terreno siano eterogenee e che variano in funzione delle

caratteristiche del suolo. Bisogna notare che sulla base di tale ragionamento gli aspetti dinamici originati da un martellamento, ovvero dall'applicazione irregolare di carichi non costanti (variabili nel tempo) non è da considerarsi quando ciò modifichi notevolmente gli effetti in ragione della ripetizione degli sforzi di compressione. Questo effetto non è preso in considerazione poiché esso è riferibile solo a macchine con fortissime vibrazioni capaci di scaricare tali sollecitazioni con organi metallici (cingoli o ruote metalliche a gabbia), che generalmente vengono evitati nel settore forestale.

I pneumatici delle macchine forestali

I pneumatici che equipaggiano queste macchine sono il risultato di una manifattura specifica che procede più generalmente attraverso la fusione in stampi per ottenere i diversi tipi che si trovano in commercio. Si tratta di copertoni deformabili che delimitano, con il cerchione rigido, sul quale sono montati, un certo volume teorico contenente aria e che forma così una sorta di cuscino d'aria, generato dal connubio pneumatico camera d'aria. Oltre alle denominazioni abituali date dai produttori, un pneumatico deve possedere delle informazioni complementari che permettono di delineare meglio le relazioni con i suoli.



Pneumatico per ruota
direttrice non trazionata

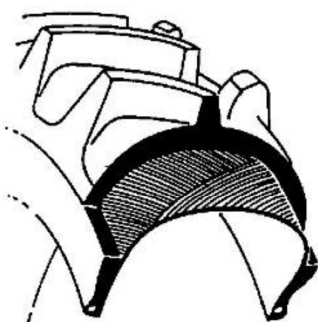
Pneumatico per ruote
motrici

Pneumatico
per ruote portanti

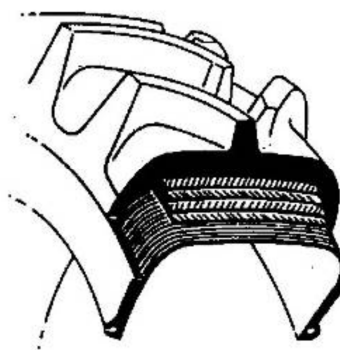
Fig. n°8 – Tipi differenti di pneumatici

Dimensioni caratteristiche dei pneumatici:

- Diametro esterno massimo;
- Relazione tra la larghezza teorica in relazione alla pressione e al carico.
- Tecnologia di fabbricazione della carcassa:
radiale, diagonale ecc.



Carcassa Tradizionale



Carcassa Radiale

Fig. n° 9 – Spaccati di pneumatici tradizionale e radiale mostrandoti la disposizione delle tele

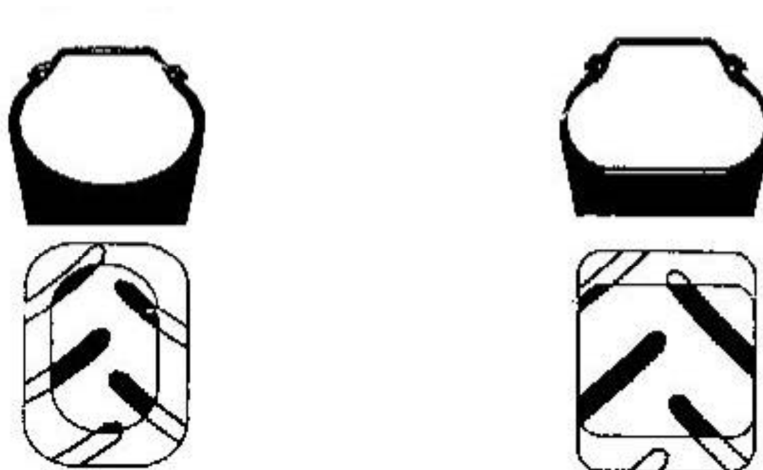


Fig. n° 10 -Sezioni e impronte di pneumatico tradizionale e radiale

Modello di resistenza:

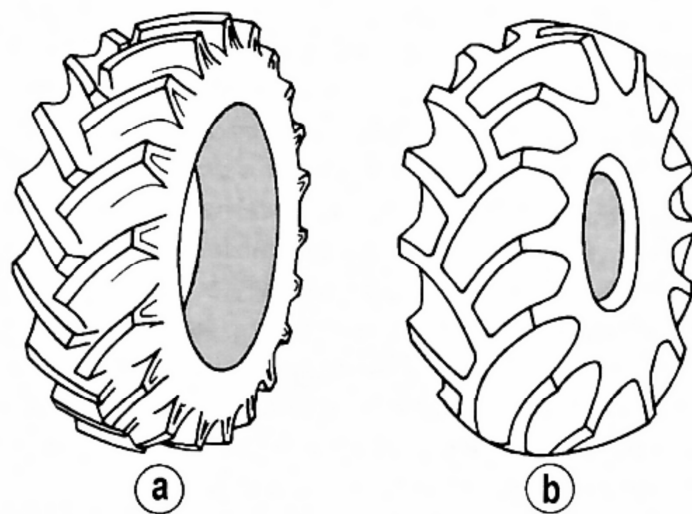
generalmente asserito al **PLY RATING**, consistente nell'attribuire la capacità di carico in base agli strati di tele presenti, che hanno una determinata resistenza definita da parametri standard internazionali.



Fig. n° 11 - Pneumatici forestali composti da 12 tele

Le relazioni di ogni pneumatico con il suo supporto si definiscono a partire da altre variabili come: il diametro esterno del pneumatico (spesso citato come diametro sotto carico), altezza della zona gonfia; larghezza della superficie di rotolamento;

fattore di convessità della superficie di rotolamento, il numero delle tacche (artigli) sulla circonferenza del pneumatico e la lunghezza media di esse; così pure, altezza, larghezza media e superficie di contatto, direzione e inclinazione.



(a) Costolature a centro aperto
(Buona flessibilità sul terreno)
(Buona facilità di autopulitura dalla terra)

(b) Costolature a centro chiuso

Fig. n°12 – Pneumatici per ruote mortici - Costolature a spina di pesce (50-55 mm) Inclinazione di 45° rispetto all'asse della ruota

Poiché la ruote sono composte dal pneumatico e del cerchio, debbono essere fatti alcuni dettagli di quest'ultimo. Non sono da trascurare la natura, la forma, l'aggancio sul mozzo ed il suo posizionamento in relazione al telaio della macchina.

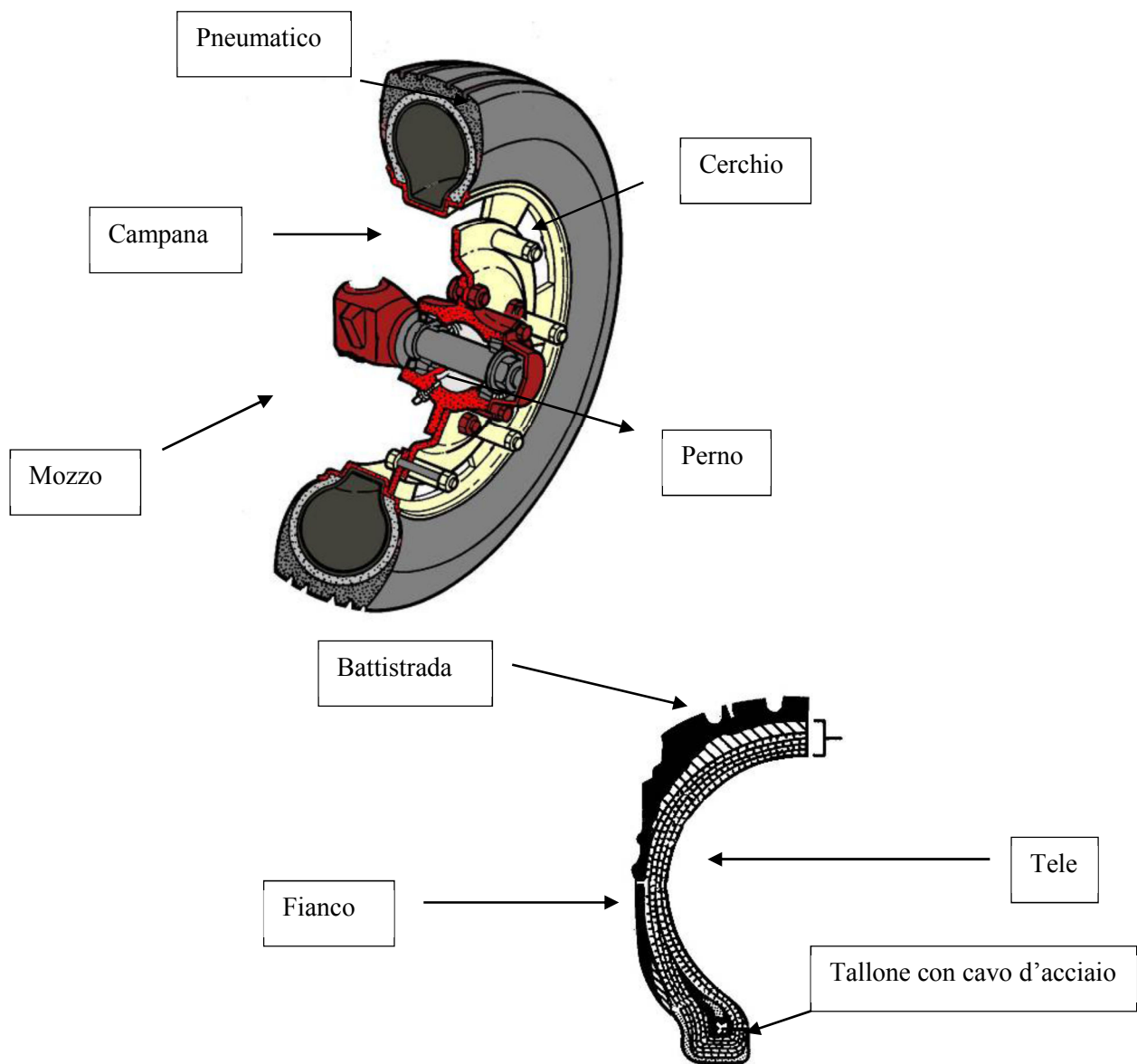


Fig. n°13 – Descrizione dei componenti della ruota

E' interessante analizzare come reagisce il pneumatico sotto le deformazioni tipiche della carcassa, come la curvatura dei fianchi, la massima flessione rispetto alla rigidità del battistrada al suo angolo e dalla rigidità dei fianchi (Fig. n°14). A questo scopo è interessante osservare le formule relative al calcolo del Tasso di Compressione (t_h) e del Tasso di Appiattimento (t_b):

$$t_h = \frac{H_0 - H_w}{H_0} \%$$

t_h = Tasso di Compressione
 H_0 = Altezza senza carico
 H_w = Altezza sotto carico

$$t_b = \frac{B_w - B_0}{B_0} \%$$

t_b = Tasso di Appiattimento
 B_0 = Larghezza senza carico
 B_w = Larghezza con il carico

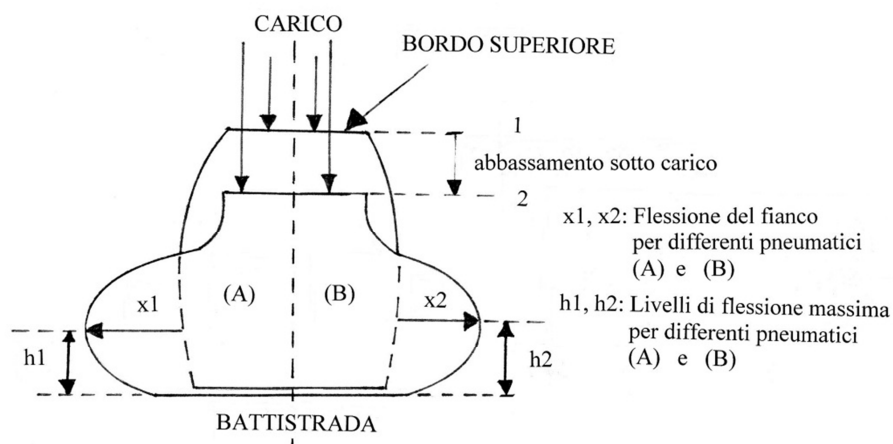
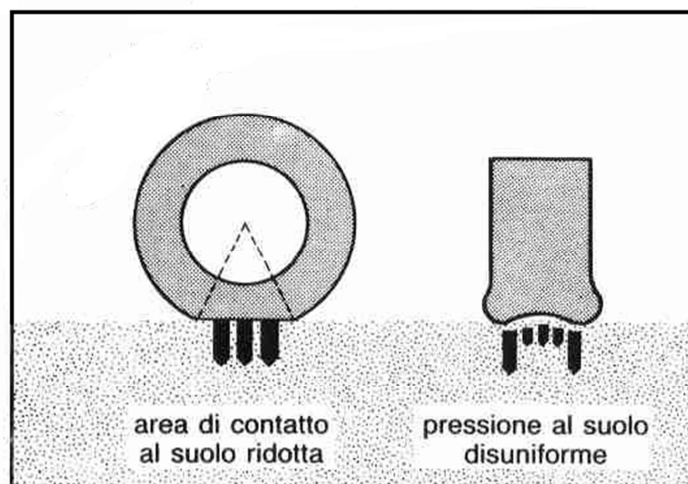
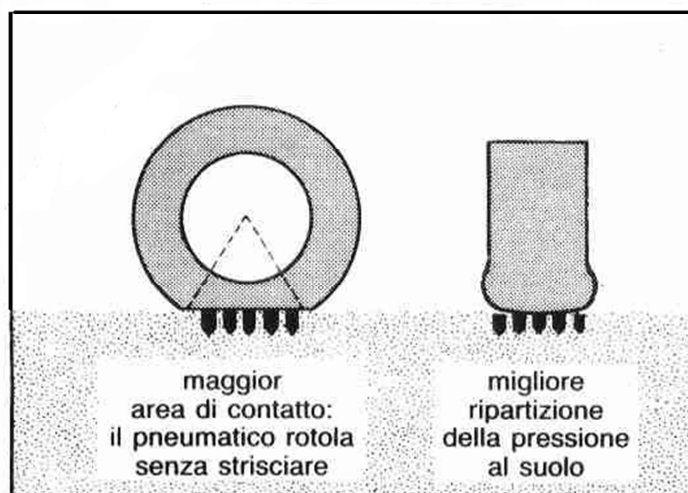


Fig. n°14 - Deformazione, appiattimento e variazione di volume interno di due pneumatici diversi – influenza della pressione e della natura del sostegno

I pneumatici manifestano comportamenti nettamente differenti, a bassa pressione di gonfiaggio e carico leggero, il pneumatico radiale non subisce molte variazioni. Tutte le variazioni su supporti mobili sono minime rispetto a quelli duri o rigidi. L'aumentare della pressione di gonfiaggio riduce significativamente la superficie di contatto. E' possibile comprendere ciò osservando le figure seguenti:



Pneumatico Tradizionale



Pneumatico Radiale

Fig. n°15 Variazioni dell'area di contatto in pneumatici tradizionali e radiali. *Da: dispense di Agraria della Università di Torino (trattore prima parte)*

Le manifestazioni constatate comportano dunque delle variazioni di volume che si traducono in modificazioni della pressione interna, che si ripercuote anche sul comportamento. Questo ultimo aspetto si evidenzia quando la posizione dei carichi della ruota interagisce su un supporto rigido e deformabile, L'applicazione dei carichi sul pneumatico causa dunque allo

stesso tempo una variazione di altezza e fa comparire le flessioni dei fianchi.

$$\Delta_V = -V \times \frac{\Delta_p}{(p + \Delta_p)}$$

Δ_V = Variazione del Volume

V = Volume

p = Pressione

Applicazione della ruota su supporto mobile e rigido

Una analisi più dettagliata degli effetti prodotti sul suolo, per esempio con l'aiuto di misurazioni prese con il penetrometro, permette di registrare distribuzioni variabili nel suolo.

Il pneumatico tende a modificare la forma della sua sezione in base al carico o alla pressione a cui è sottoposto. Le due curve di compattazione risultanti da queste variazioni dello stesso pneumatico sono riportate nella figura n°16 e le loro dinamiche statiche nella precedente figura n°14.

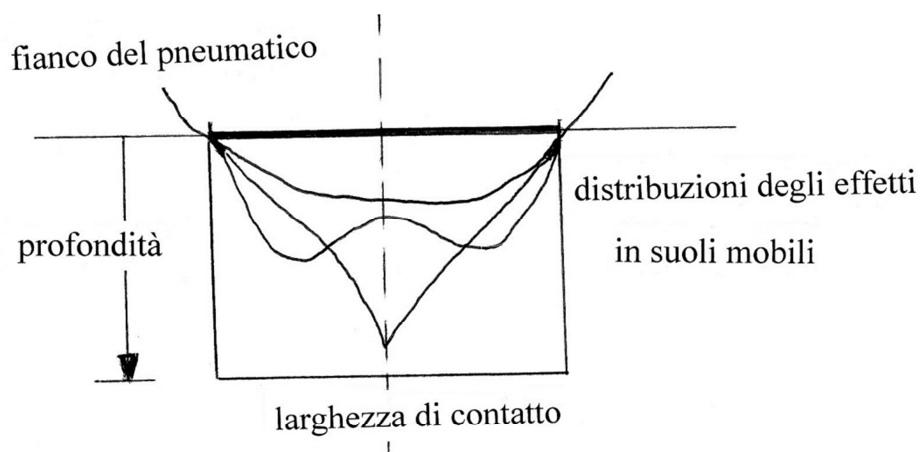


Fig. n°16 - Distribuzione degli effetti dei carichi su terreno in fase di compattazione

Tale complesso esprime la sua manifestazione sul suolo deformabile nei “Momenti di Flessione” della sua struttura, questo tanto in larghezza che in lunghezza. La distribuzione degli effetti secondo l’asse trasversale è rappresentato alla figura precedente n°14 e lo schema che segue (Fig. n°17) descrive questa distribuzione in lunghezza lungo l’asse del piano mediano di rotolamento. La distribuzione degli effetti nella zona instabile sotto il battistrada può essere del tutto paragonato ai “Modelli statici” delle travi poggiate su appoggi laterali e ne risulta che ciò che è prodotto dai pneumatici sui suoli deformabili, corrisponde alla reazione dei “Momenti flettenti” delle travi con appoggio alle estremità e con appoggi intermedi. E’ questo il caso della maggior parte dei pneumatici forestali ed agricoli presenti in commercio. Fra i modelli di flessione delle travi è possibile vedere che una trave posata a sbalzo su appoggi, con carico uniformemente ripartito, definisce una migliore distribuzione dei momenti flettenti. Questi sono meno accentuati e più regolari lungo tutta la lunghezza della trave come testimoniano i modelli di riferimento seguenti:

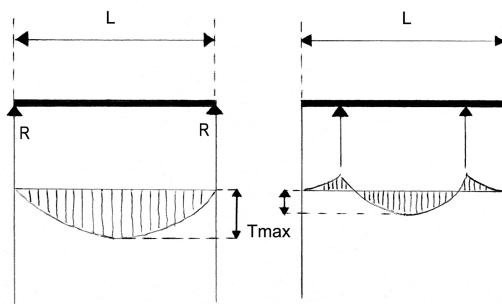


Figura n°17 – Momenti flettenti di trave appoggiata agli estremi e di trave con due sbalzi con comportamenti analoghi ai pneumatici

La comparazione tra le incidenze sul suolo di due pneumatici simili esteriormente, ma di concezione diversa che rispondono ai principi sopra definiti risultano dalla figura n°18 seguente.

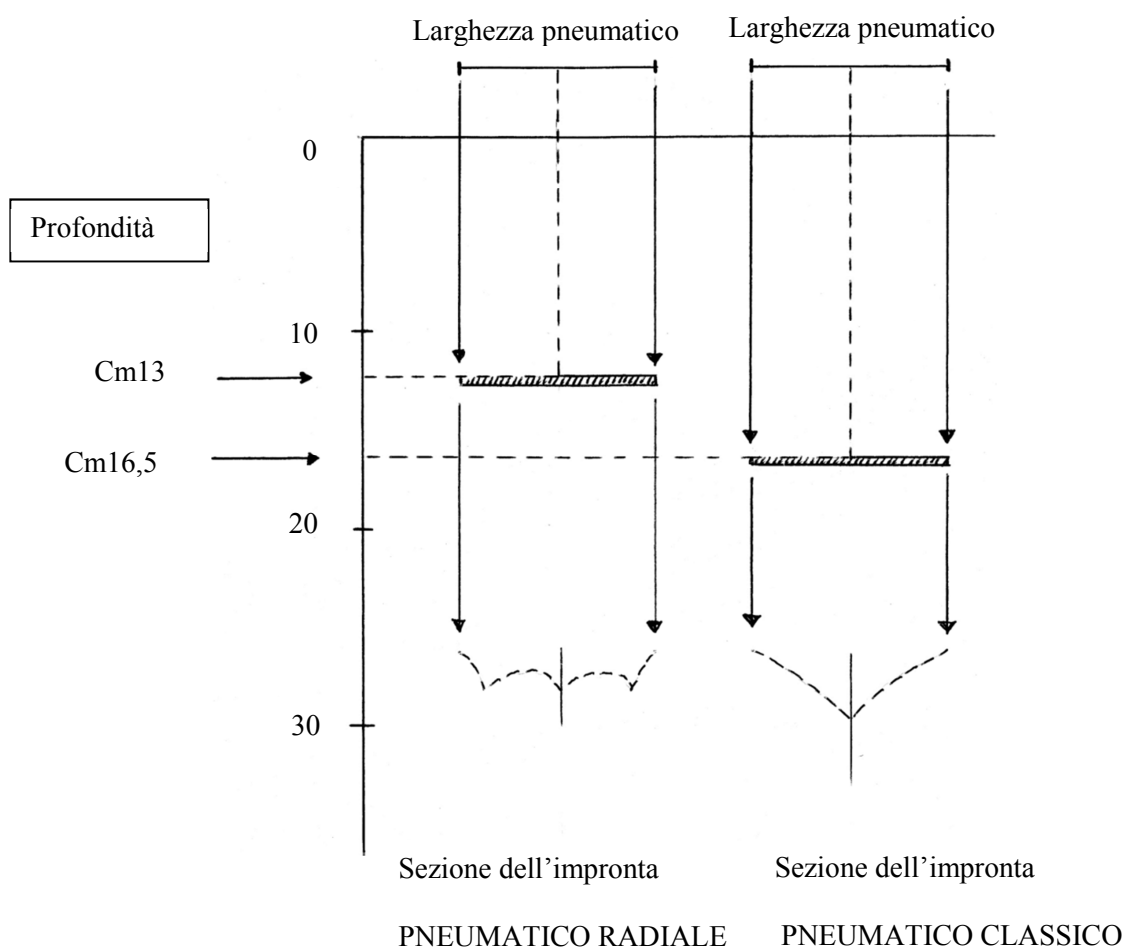
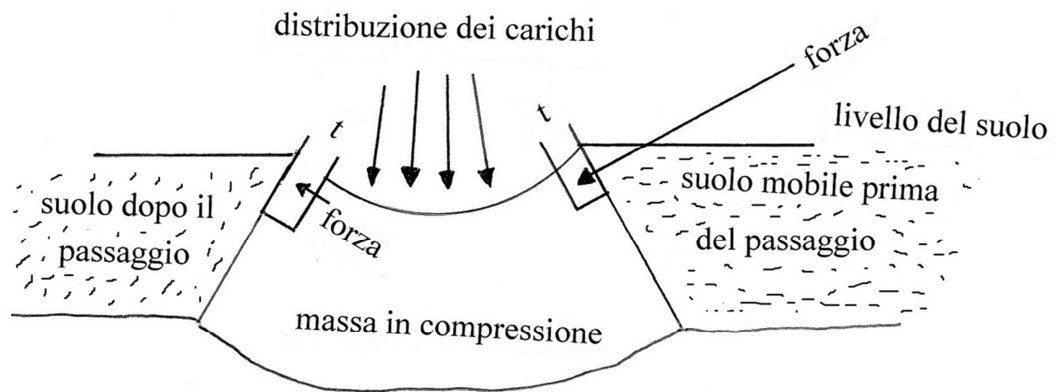


Fig. n°18 – Comportamento di pneumatico radiale e classico in fase di affondamento

Effetto di pneumatico tradizionale e radiale

La realizzazione appropriata di una sezione trasversale per l'impronta, migliora la distribuzione dei carichi sul suolo, da un lato regolarizzandolo e dall'altro diminuendo gli impatti in profondità. In condizioni simili la costruzione dei pneumatici in conformità con i dati ottenuti dai risultati delle ricerche, dimostra e conferma i miglioramenti attesi, in particolare per una riduzione degli effetti nel profilo verticale ed un aumento della capacità di trazione. Sarà pertanto auspicabile che questi principi vengano tenuti in considerazione dalle aziende che operano in campo forestale per favorire la conservazione degli ambienti naturali.

L'osservazione degli effetti dei pneumatici nell'ambiente sensibile e della loro ripartizione, relativamente alla larghezza dell'impronta, conduce alla constatazione che solamente una parte di questa distanza è realmente influenzata dal carico effettuato da parte della ruota, fino a formare un diagramma dove i picchi corrispondono alla maggiore compattazione delle tacche. Il volume instabile del suolo si vede così compresso e mantenuto in determinate condizioni di consolidamento, dallo sforzo risultante dall'applicazione della coppia motore che agisce tangenzialmente alla superficie del suolo ed in profondità del profilo. L'insieme resiste alla pressione esercitata da queste forze tangenziali proporzionalmente alla resistenza al taglio. Bisogna ricordarsi che le battute degli artigli (tacche) modificano l'insieme in certi luoghi in maniera diversa. Non solo gli orizzonti superficiali sono modellati per assicurare l'ancoraggio della presa delle tacche, ma ad essi si aggiunge un nuovo strato (sovrapposto) (Fig. n°19). Questa alterazione può creare un orizzonte compatto, il cui limite superiore offre un piano di taglio privilegiato rendendo possibile un appiattimento superficiale e lo spostamento delle particelle.



t = tacca del pneumatico

Fig. n°19 – Dinamica di rotolamento del pneumatico

Una comparazione tra gli effetti registrati su ruote con diametri differenti deve guidare le scelte degli operatori forestali. Deriva da questa comparazione che la porzione più marcata dall'azione dei carichi distribuiti dal battistrada sul suolo è più lunga per una ruota di piccolo raggio. Di queste considerazioni bisogna tenere conto sia per la distribuzione dei carichi che per l'affondamento nella sede della strada.

Un confronto appare nella seguente figura n°20

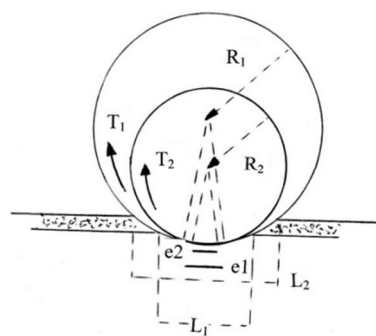


Fig. n°20 – Dinamica di comportamento di ruote con differente raggio

Il valore della relazione e_2/L_2 è superiore a quello di e_1/L_1 e porta alla conclusione che la ruota di piccole dimensioni ha un minore coinvolgimento di superficie, ma con una maggiore incidenza dell'effetto sulla profondità e pertanto a parità di altre condizioni comprime maggiormente.

DESCRIZIONE DEI SITI

AZIENDA “IMPROSTA” BATTIPAGLIA (SA)

Cantiere forestale (S.F.R. Short Forestry Rotation)

Il cantiere forestale in esame è situato nell'azienda regionale campana collocata nella piana del Sele al Km 79,900 della S.S. Tirrena Inferiore, nel comune di Battipaglia. L'area in esame campionata si presenta come un terreno perfettamente pianeggiante all'interno dell'azienda sperimentale “Improsta” a circa 500 m dalla strada statale, il terreno è un ex appezzamento agricolo dove fino all'anno 2006 si sono avvicendate colture agrarie di cereali e di leguminose da foraggio.

Geologia

L'area in esame, (Fig. n°21 - Foto n°8) ricade nel foglio 186 EBOLI-BATTIPAGLIA della Carta Geologica d'Italia ed è descritta come una formazione fluvio-lacustre, talvolta marina, costituita da alternanze lenticolari di ghiaia, sabbie (spesso con materiale vulcanico) ed argille terrose e torbose.

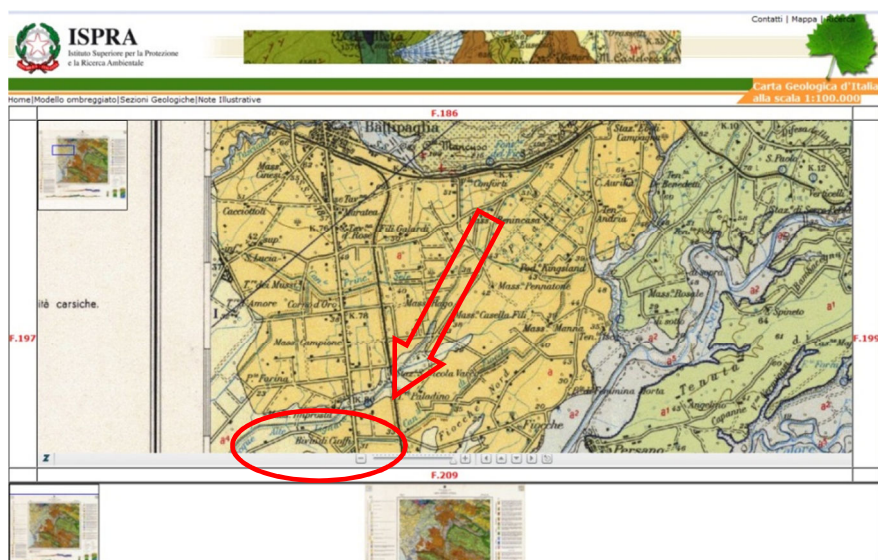


Fig. n° 21 - Dettaglio località “Improsta” da Carta Geologica d'Italia Foglio 186 (EBOLI-BATTIPAGLIA)

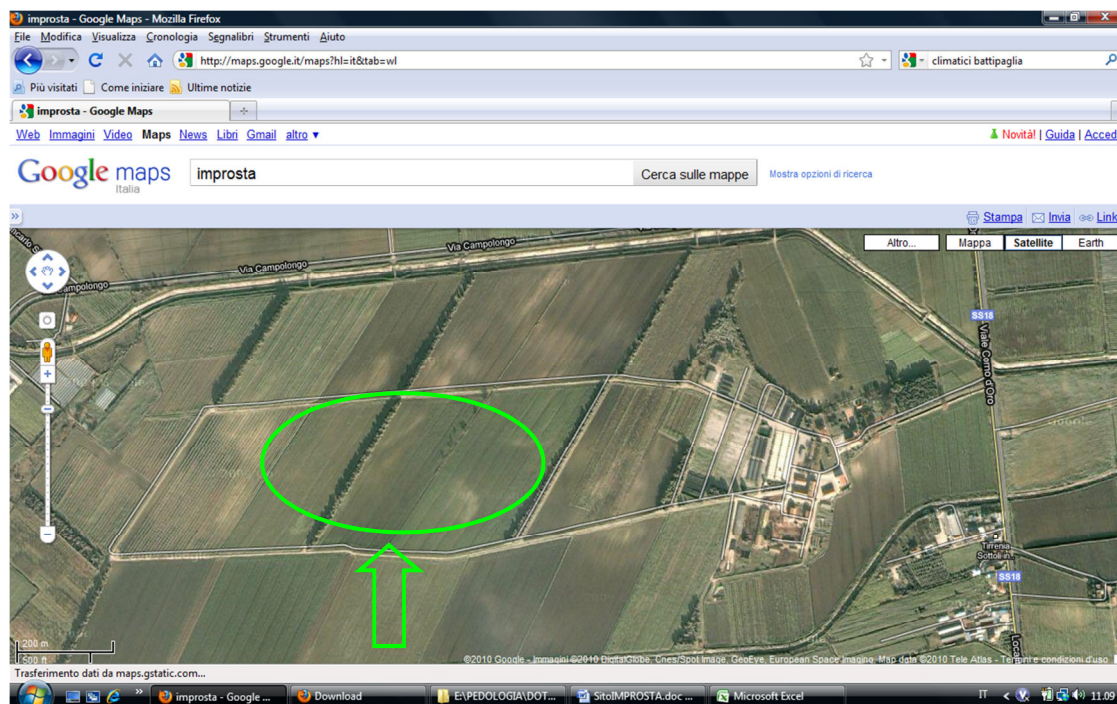


Foto n° 8 – Foto aerea dell'azienda "Improsta" da Google maps
Coordinate geografiche (40° 33' 22,28" N – 14° 58' 27,43"E)

Morfologia

L'azienda è situata in una pianura ad una quota di 19 m s.l.m. con pendenze di circa 1%, l'origine alluvionale associata alla morfologia pianeggiante lascia comprendere il persistere negli orizzonti del suolo di falde idriche superficiali con andamento che vanno dalle aree interne verso il mare, anche molto superficiali, in qualche modo in contatto con i corsi d'acqua che possiamo considerare, per evidenze esistenti, relitti di una idrografia anticamente molto più ricca.

l'area di Battipaglia rientra nella zona climatica del "Lauretum".

I rilievi sono stati fatti nell'ultima decade di gennaio 2010, poco più dei due terzi del periodo piovoso, il quale è compreso tra il mese di Ottobre e quello di Febbraio.

	Clima Battipaglia - Medie climatiche				
Mese	T min °C	T max °C	Precip. mm		
Gennaio	6	13	152		
Febbraio	6	14	112		
Marzo	7	16	91		
Aprile	10	19	81		
Maggio	13	24	52		
Giugno	17	28	38		
Luglio	19	30	29		
Agosto	19	30	35		
Settembre	17	27	84		
Ottobre	13	23	127		
Novembre	10	18	152		
Dicembre	7	15	155		
	Medie dei mesi su dati degli ultimi 30 anni				

Tab. n°4 – Dati climatici del sito “Battipaglia”

Pedologia

Suolo profondo di origine fluvio-lacustre con tessitura dell'orizzonte “A”: franco-argillosa (31% di argilla, 47% di limo e 22% di sabbia): Classificazione secondo la Soil Taxonomy (USDA): **FLUVENTS**

Operazioni di rilievo del cantiere forestale

Il giorno 19 gennaio 2010, in questo sito sono stati effettuati i rilievi di campionamento del terreno. Il terreno si presenta al tatto di natura assai plastica dalla alta presenza di acqua piovuta abbondantemente nelle settimane precedenti, ciò fa presumere un valore di argilla superiore al 30%. E' stata suddivisa l'area di campionamento in tre parti. La prima è un rettangolo di 150 x 80 m con un impianto di pioppo disposto su file distanti 2,5 m e molto fitto sulle file pari a 50 cm. Tra le file sono evidenti ad una analisi visiva i segni del compattamento dei mezzi meccanici che hanno operato in campo nei mesi precedenti, sono presenti

anche se in forma labile vecchie tacchettature dei pneumatici ed i segni di una leggera affossatura lungo le linee di percorrenza. Su questa prima area sono state eseguite lungo una diagonale in direzione S/N 10 campionamenti a distanza di circa 15 metri, sia su terreno impattato che su indisturbato. Per ogni singolo punto si sono estratte due carote per la determinazione della densità apparente e due campioni di terreno di circa 500 gr. dall'orizzonte "A", il più possibile compatto che servirà per l'analisi della granulometria e dell'Indice di stabilità degli aggregati. Depositati questi campioni in buste e scatole sigillate, si sono eseguite le prove meccaniche con lo scissometro ed il penetrometro. Queste prove sono state ripetute per ogni punto tre volte ai vertici di un triangolo con i lati di 15 cm, nelle adiacenze del foro della carota già estratta.

Al termine di questa fase, si è proceduto nell'adiacente appezzamento dove è presente il pioppo ancora in piedi e dove le operazioni dei mezzi meccanici sono molto meno marcate del primo appezzamento già tagliato. Qui tra le piante sulla fila si è notata la presenza di infestanti ed il terreno al tatto rileva oltre alla plasticità anche una certa saponosità tipica della componente limosa. In questo appezzamento di circa 50 x 100 m sono stati eseguiti sei campioni su tre file con le modalità già descritte.

Infine gli ultimi tre campionamenti sempre con le medesime modalità, sono state eseguite nell'ultimo appezzamento di eucalipto ancora in piedi, costituito da quattro file parallele lungo una capezzagna adiacente ai campi testati. Anche qui c'è stato un minore transito di mezzi meccanici, una certa presenza di infestanti tra le file e si è presunta una natura argillo-limosa da analisi tattile.

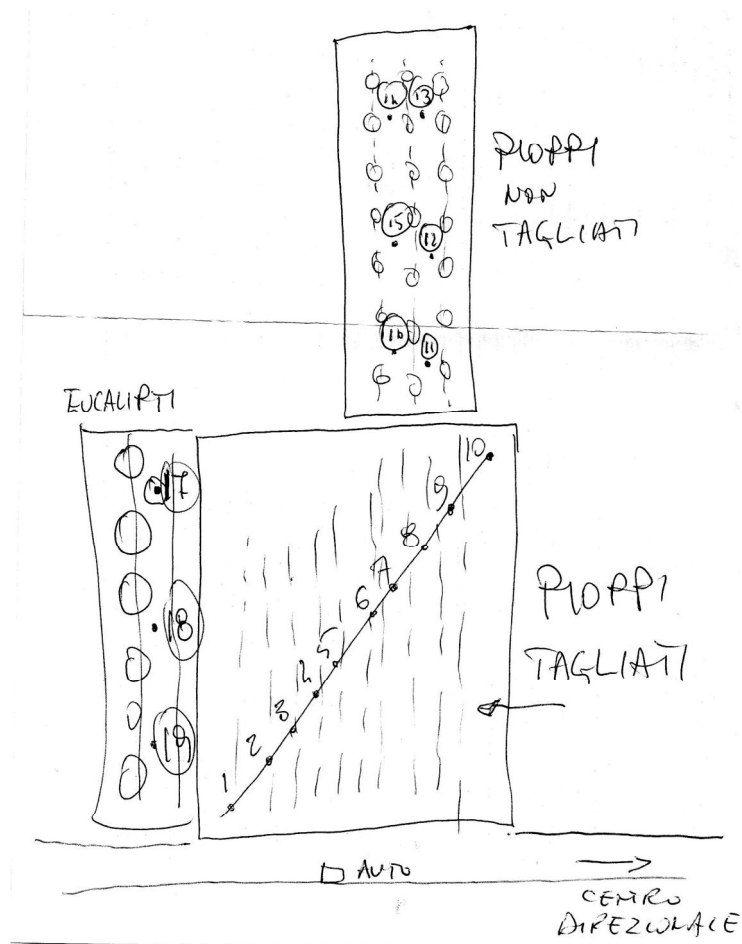


Fig. n°22 - Appunti dal taccuino di campagna

Stato Vegetazionale

Nell'area di studio erano in atto attività forestali per la produzione di energia da S.F.R., consistenti in un pioppeto di tre anni già reciso e di due appezzamenti a pioppo ed eucalipto ancora in piedi. Il cantiere forestale si sviluppava su Ha 5.

AZIENDA “OVILE” LOCALITA’ CASALOTTI (ROMA)

Il sito è situato nel comune di Roma (Fig. n°23 - Foto n°9) ed è facilmente raggiungibile dalla rete viaria della città in Località Casalotti all'interno dell'Azienda sperimentale “Ovile” del C.R.A. Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, Sezione Operativa Periferica di Roma: Unità di Ricerca Forestale. L'area oggetto di studio si trova all'interno della sede distaccata dell'Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta, ex Unità di Ricerca Forestale (URF) derivata dal Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale (CSAF) di Roma, dismesso nel 1995 a seguito della messa in liquidazione dell'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta e delle Società controllate.

Nel 2001 l'URF fu devoluta al Ministero per le Politiche Agricole e Forestali in quanto struttura connessa all'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, unitamente alle Aziende sperimentali Ovile e Cesurni ed alla Biblioteca ex CSAF.

Dal 3 novembre 2004 l'URF fu costituita ufficialmente come Sezione Operativa Periferica dell'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, ora Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta (CRA-PLF) (www.cra-plf.it).

L'Unità di Ricerca per le produzioni legnose fuori foresta (CRA-PLF) svolge ricerche nel campo della pioppicoltura, e più in generale delle produzioni legnose fuori foresta per le utilizzazioni industriali (legno, carta, energia).

I rimboschimenti nel suo interno sono serviti da una viabilità principale a monte e una a valle, ma al suo interno non ci sono piste. I campionamenti sono stati eseguiti in tre appezzamenti adiacenti sia su diradamento di pineta che su eucalipto già tagliato

Geologia

L'area in esame ricade nel foglio 149 CERVETERI della Carta Geologica d'Italia descritta come sabbie gialle argillose con lenti di ghiaia del Pleistocene inferiore.



Fig. n°23 - Sito AZIENDA "OVILE" LOCALITA' CASALOTTI (ROMA) da Carta Geologica d'Italia - Foglio 149 CERVETERI

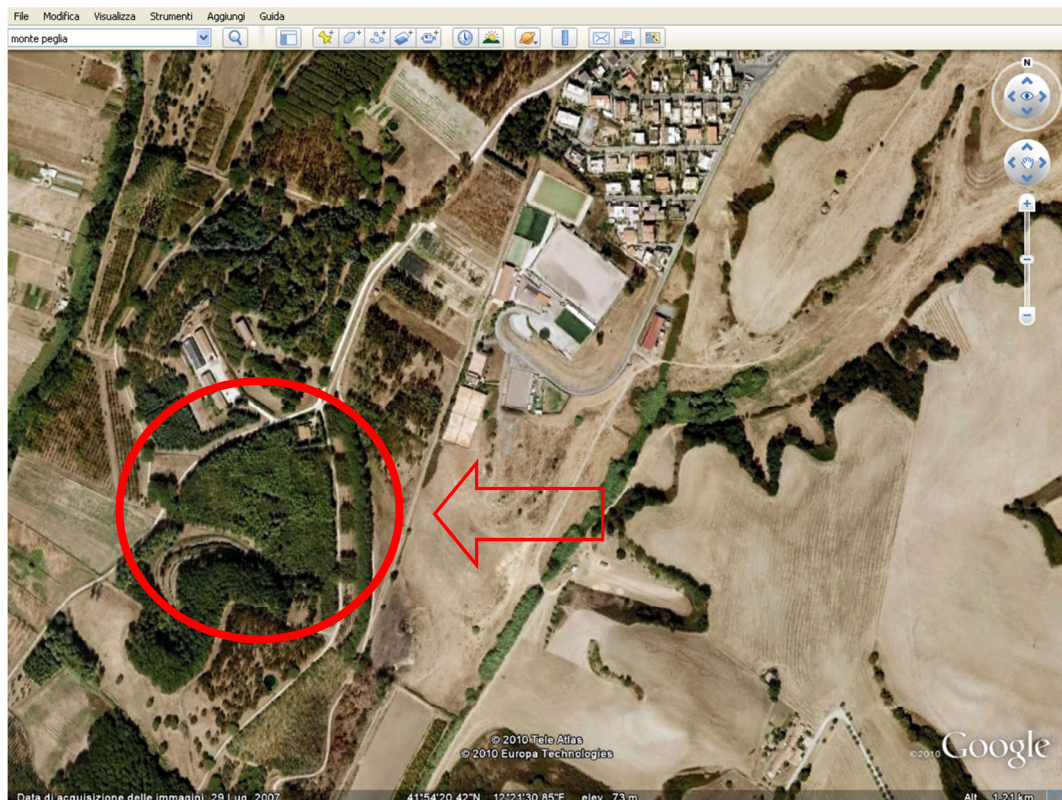


Foto n°9 – Foto aerea AZIENDA “OVILE” LOCALITA’
CASALOTTI (ROMA) da Google maps
Coordinate geografiche (41° 54’ 30,62” N – 12° 21’ 30,62” E)

Morfologia

La stazione si trova a 40 m s.l.m. con un clima sub-umido e precipitazioni che raggiungono gli 850 mm anno⁻¹. L’impianto di *Pinus halepensis* Miller e *Pinus pinaster* Miller vegeta su un terreno a roccia madre di sabbie argillose (sabbie 52,4%; limo 24,8%; argilla 23%). Dal punto di vista fitoclimatico ci troviamo nella fascia mediterranea secondo la classificazione del Pavari, o termo mediterranea (Quezel, 1985). Il ha una pendenza con una inclinazione media del 15% (con picchi di pendenza massima del 35% e minima del 8%).

L’area di Casalotti rientra nella zona climatica del “Lauretum”.

Il rilievo in campo è stato eseguito alla fine del periodo piovoso invernale.

	Clima Casalotti - Medie climatiche				
Mese	T min °C	T max °C	Precip. mm		
Gennaio	3	12	103		
Febbraio	4	13	99		
Marzo	5	15	68		
Aprile	8	18	66		
Maggio	11	23	48		
Giugno	15	27	34		
Luglio	17	30	23		
Agosto	18	30	33		
Settembre	15	27	68		
Ottobre	11	22	93		
Novembre	7	16	130		
Dicembre	4	13	111		
Medie dei mesi su dati degli ultimi 30 anni (stazione meteo Casal Palocco)					

Tab. n°5 – Dati climatici del sito “Casalotti”

Pedologia

Terreno formatosi su terrazze fluviali stabilizzate, con tessitura che cambia in profondità, l'epipedon ha caratteristiche franco-sabbiosa-argillosa con presenza di orizzonte B di tipo cambico.

Classificazione secondo la Soil Taxonomy (USDA):

Fluventic EUTROCHREPTS

Operazione di rilievo nel cantiere forestale (diradamento della pineta)

Il giorno 30 marzo 2010 è stato campionato il cantiere forestale. Il sito si è raggiunto molto agevolmente, la pineta all'interno dell'azienda regionale è costeggiata da una strada sterrata ben mantenuta, dove è stato eseguito il diradamento due mesi prima. Dalla strada l'appezzamento declina verso ovest in una leggera conca con dislivello di 8-9 metri ed una pendenza del 10% fino al piano ex-fluviale dove sono ancora evidenti sul terreno i segni dell'attività di raccolta dei materiali nei punti 4 e 5 (fig. 24). Spostandoci dal bordo alto della strada per campionare i punti 1,

2 e 3 si è notato che qui non sono più evidenti le tracce dei pneumatici ed ora il terreno si presenta compatto moderatamente umido, è di natura franco-sabbiosa con scheletro moderato. Sebbene la copertura delle chiome non sia molto fitta, nel sottobosco c'è una scarsa presenza di infestanti di mono e dicotiledoni e di rovi, frenata dalla presenza di una copiosa lettiera di aghi. Su questo appezzamento di circa 2 Ha sono stati eseguiti 6 rilievi con l'estrattore per la densità apparente e i relativi prelievi per la granulometria e l'indice di stabilità degli aggregati e le prove fisiche dirette per di scissometria e penetrometria, ripetuti sia per le parti disturbate ed indisturbate. Terminato il campionamento nella pineta, nelle due aree adiacenti che presentano la stessa natura di terreno già descritta, sono stati eseguiti due campionamenti ciascuno. In queste due aree, ci sono solo i ricacci di eucalipto reciso da oltre un anno. Non sono più presenti segni di compattazione da mezzi meccanici e la moderata presenza di infestanti tra le ceppaie è probabilmente dovuta ad un diserbo superficiale di tipo meccanico eseguito nei mesi precedenti ed operato con mezzi leggeri nei due appezzamenti.

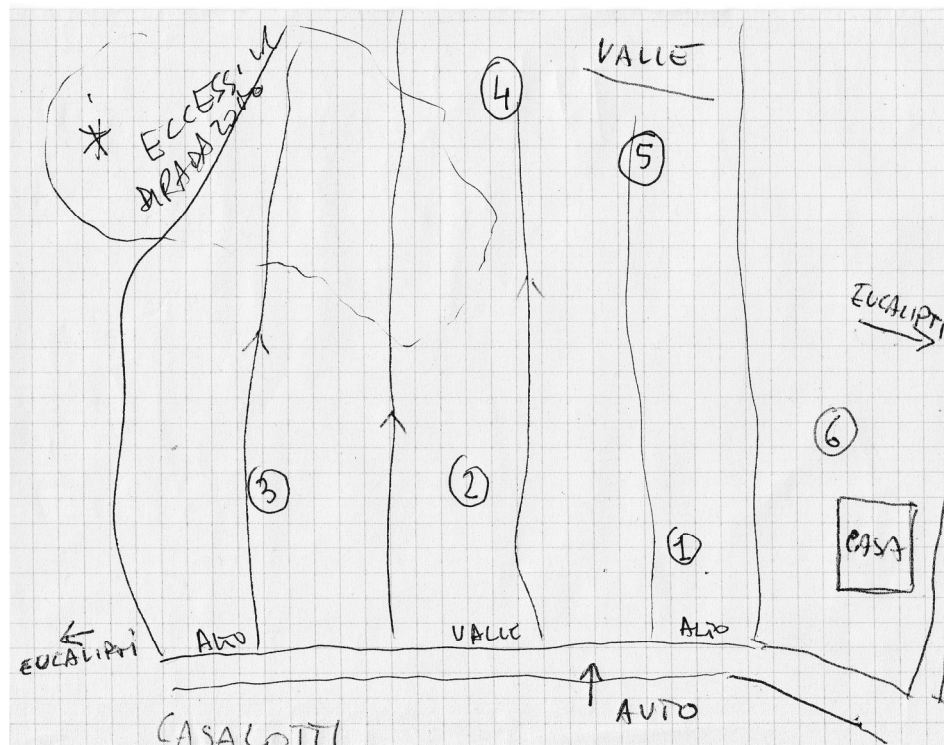


Fig. 24 - Appunti dal taccuino di campagna

Stato Vegetazionale

Nelle aree di saggio dove si è operato sono presenti le seguenti specie: *Pinus halepensis* Miller e *Pinus pinaster* Miller in fase di diradamento ed Eucalipto già reciso.



Foto n°10 - Cantiere forestale: in evidenza il compattamento della pista di esbosco.

Cantiere Forestale **MONTE PEGLIA**

L'area di studio si trova nel territorio del Comune di Orvieto, località "L'Aiuola" (Fig. n°25 - Foto n°11), si estende su una superficie di 13,91 ha. Il sito è raggiungibile tramite l'utilizzo della viabilità forestale preesistente e creata appositamente durante il periodo dell'impianto. I rilievi effettuati hanno fornito i seguenti risultati: 30,2 m/ha di piste forestali e 37,4 m/ha di strade forestali. Nel complesso il bosco risulta ben servito e con un adeguato livello di accessibilità.

Geologia

L'area in esame ricade nel foglio 122 ORVIETO della Carta Geologica d'Italia descritta come una formazione del Cretacico Paleocene Eocene di Calcari, Calcari marnosi rosati e rossi con arnioni e noduli di selce bruna e rossastra.

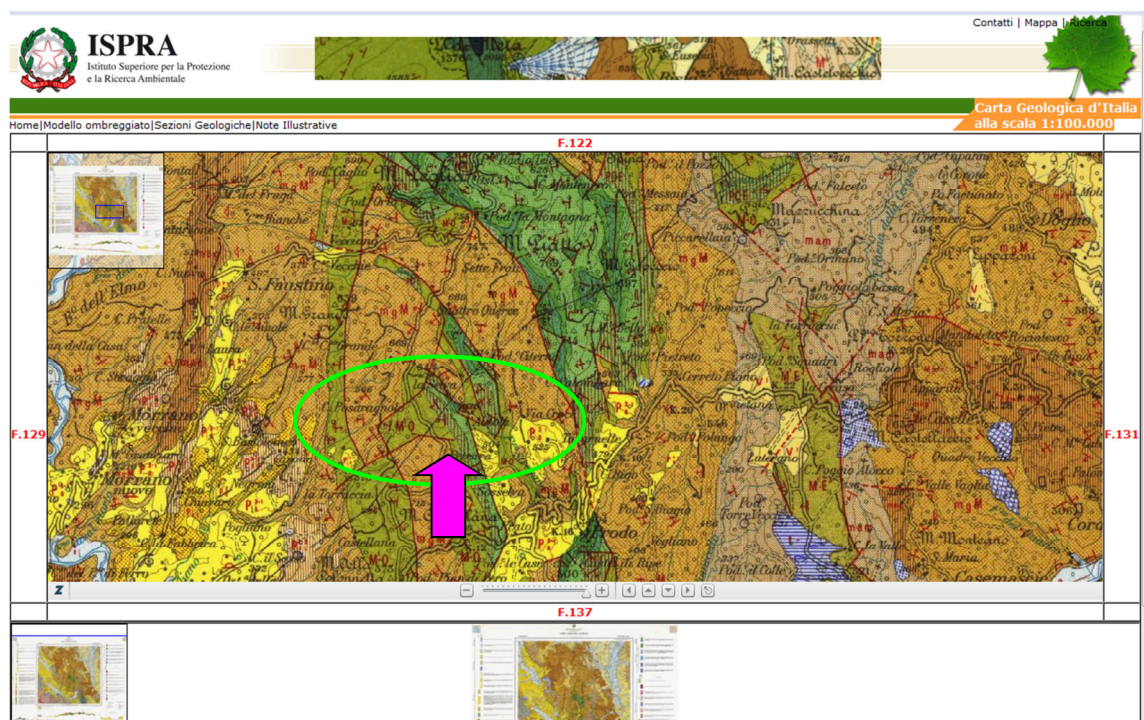


Fig. n° 25 - Dettaglio località "Aiuola Monte Peglia" (TR) da Carta Geologica d'Italia - Foglio 122

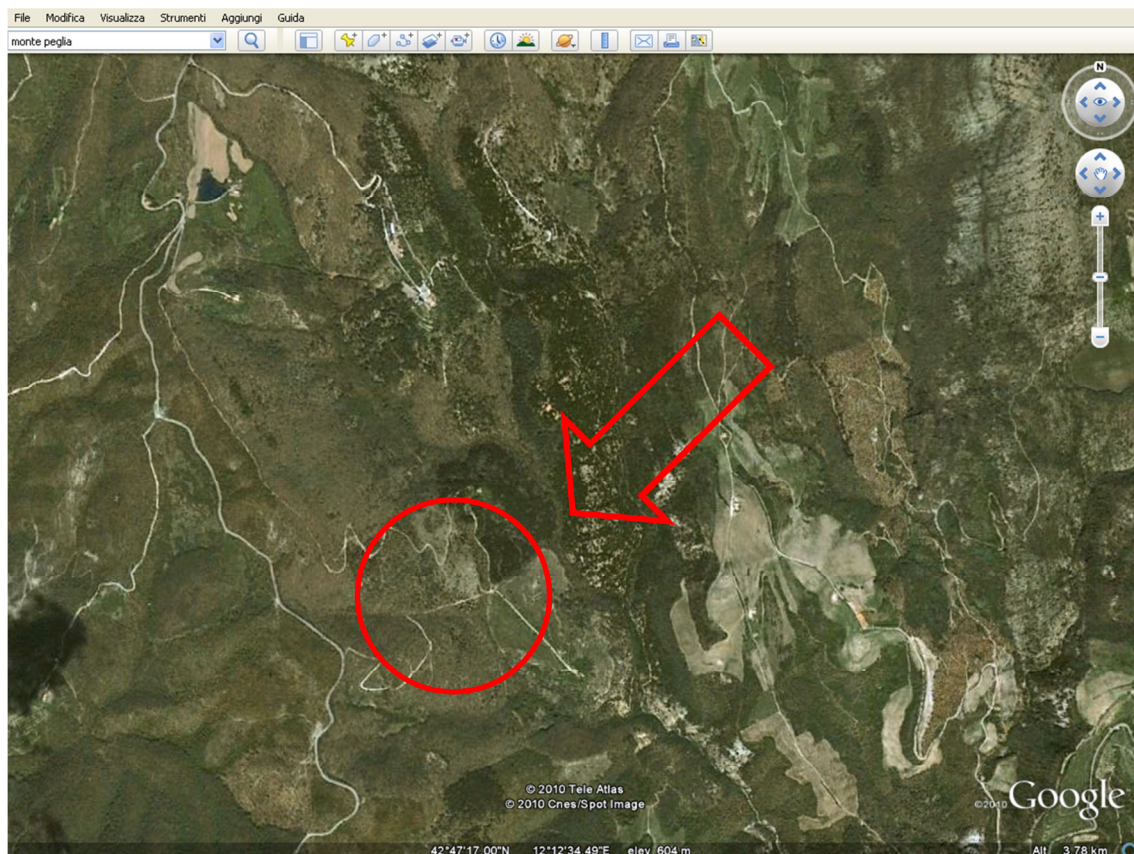


Foto n°11 – Foto aerea del sito “Aiuola Monte Peglia” da Google maps
Coordinate geografiche (42° 46’ 51,81” N – 12° 12’ 41,32” E)

Morfologia

Il bosco (Pineta di *pinus nigra*) si sviluppa lungo un versante con esposizione Est-SudEst con pendenze comprese tra il 21% ed il 45%. La percentuale della superficie coperta da ostacoli varia dal 21% al 40%. La pineta situata a circa 450m s.l.m. ha una esposizione Est Sud-Est.

l'area di Monte Peglia rientra nella zona climatica del castanetum. I rilievi sono stati eseguiti alla fine del periodo di piovosità invernale.

		Clima Orvieto - Medie climatiche			
Mese		T min °C	T max °C	Precip. mm	
Gennaio		1	5	45	
Febbraio		1	6	51	
Marzo		2	8	48	
Aprile		5	12	53	
Maggio		9	17	53	
Giugno		13	21	35	
Luglio		16	25	34	
Agosto		16	24	47	
Settembre		13	20	59	
Ottobre		10	15	69	
Novembre		5	10	77	
Dicembre		2	7	56	
	Medie dei mesi su dati degli ultimi 30 anni				

Tab. n°5 – Dati climatici del sito “Aiuola Monte Peglia”

Pedologia

Suolo mediamente profondo caratterizzato da una granulometria franco limosa (FL) (51% limo) e dalla presenza di un orizzonte cambico ricco di scheletro fino.

Classificazione secondo la Soil Taxonomy (USDA):

EUTROCHREPTS

Operazioni di rilievo del cantiere forestale

Il giorno 30 aprile 2010 è stata campionata la località dove è stato eseguito il diradamento della pineta, da una derivazione della strada SS317 che collega la località di Colonnelle di Prodo ed il valico del Monte Peglia. La strada di servizio è di terra battuta ed è interdetta alla circolazione ordinaria. Attualmente è gestita dalla Comunità Montana “Orvietano Narnese Amerino Tuderte”. In questo cantiere i diradamenti effettuati sono stati eseguiti da operatori forestali in maniera manuale con le motoseghe, il

materiale è stato esboscato a strascico diretto con trattori e verricelli forestali che si sono spostati esclusivamente sulla viabilità che attraversa l'impianto. Pertanto il campionamento dei punti di rilievo è stato effettuato nelle zone dove sono ancora presenti gli strascichi dei tronchi. La pineta che si estende a monte e a valle delle strade di servizio presenta notevoli pendenze anche oltre il 30% ed è questa la ragione per cui i veicoli su ruote non sono stati utilizzati direttamente sul letto di caduta. Il terreno si presenta ricco di scheletro, composto da molto materiale calcareo frammisto di sabbia ed argille ricche di ossidi ferrosi che conferiscono la tipica colorazione giallo-rossiccia. Al momento il terreno si presenta asciutto, la lettiera di aghi non risulta eccessiva, l'orizzonte organico è assai moderato, sono presenti infestanti di graminacee ed altre specie. Si sono effettuati 10 campionamenti per la densità apparente, granulometria e per l'indice di stabilità degli aggregati, oltre ovviamente le analisi fisiche dirette col penetrometro e lo scissometro. L'abbondanza dello scheletro ha creato notevoli problemi di prelievo del campione per la DA, operazione che in alcuni punti sia su terreno disturbato che indisturbato ha richiesto la ripetizione per più di tre tentativi.

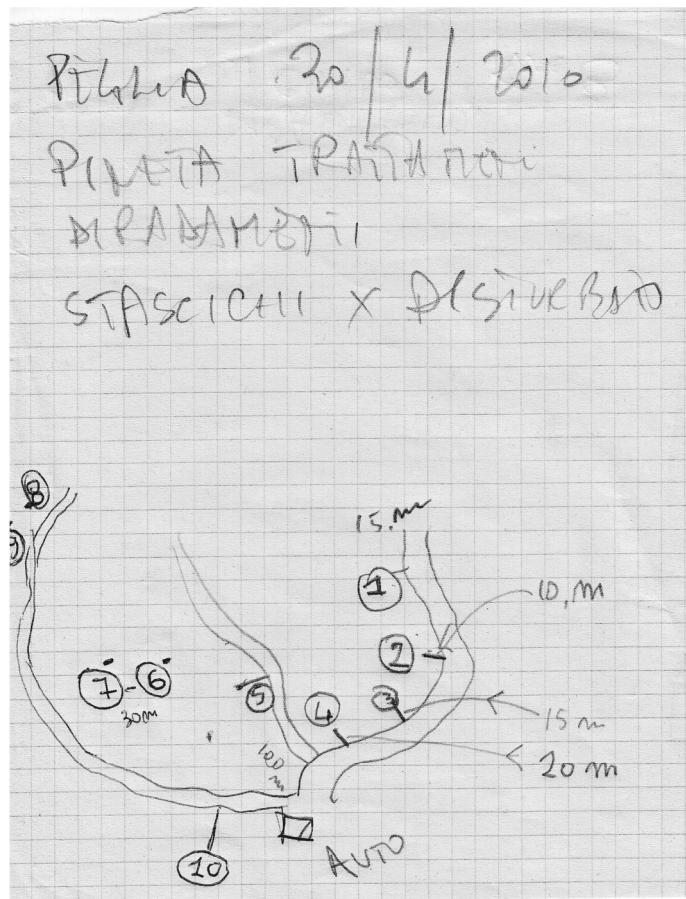


Fig. n°26 - Appunti dal taccuino di campagna

Stato Vegetazionale

Il popolamento presente nell'area di studio Monte Peglia è un imboschimento a prevalenza di pino nero (*Pinus nigra* A.) sottoposto a diradamento dalla Comunità Montana "Orvietano Narnese Amerino Tuderte". Il bosco ha una densità normale, elevato grado di copertura, età approssimativa di 33 anni e, al suo interno, si sono insediate latifoglie di Acero campestre (*Acer campestre* L.), Orniello (*Fraxinus ornus* L.) e Cerro (*Quercus cerris* L.).



Foto n°12 - Cantiere forestale: in evidenza i tronchi trainati a strascico

LOCALITA' STRADA CIMINA 8° KM

Il sito è ubicato sul lato sinistro al Km 8 della strada Cassia Cimina in direzione Roma (Fig. n°27 - Foto n°13) ed è accessibile da una pista preesistente chiusa da una sbarra di servizio. La pineta in questione è un imboschimento produttivo di pino *Pinus Nigra* Sub sp. *Laricio* (Poir.) operato negli anni sessanta del secolo scorso dall'Ente "Cellulosa e Carta", progetto poi abbandonato che ha creato un bosco coetaneo e mai soggetto ad interventi selvicolturali. Solo recentemente si è deciso di intervenire con il diradamento, in modo da permettere con futuri tagli, la rinaturalizzazione mediante la ricrescita delle specie autoctone tipiche della zona. Il taglio delle piante è avvenuto con motoseghe. L'esbosco delle piante intere con trattore agricolo versione forestale munito di pinza sul sollevatore idraulico. L'allestimento avveniva successivamente all'imposta, la ramaglia ed i cimali erano accatastati per essere sminuzzati ed i tronchi portati in segherie.

Geologia

L'area in esame ricade nel foglio 137 VITERBO della Carta Geologica d'Italia descritta come tufi finali, prevalentemente trachitici, bruni o biancastri, per lo più cineritici, con strati a lapilli ed a blocchi soprattutto sulle pendici esterne dell'apparato centrale: stratificazione fatta con ondulazioni frequenti e piuttosto ampie.

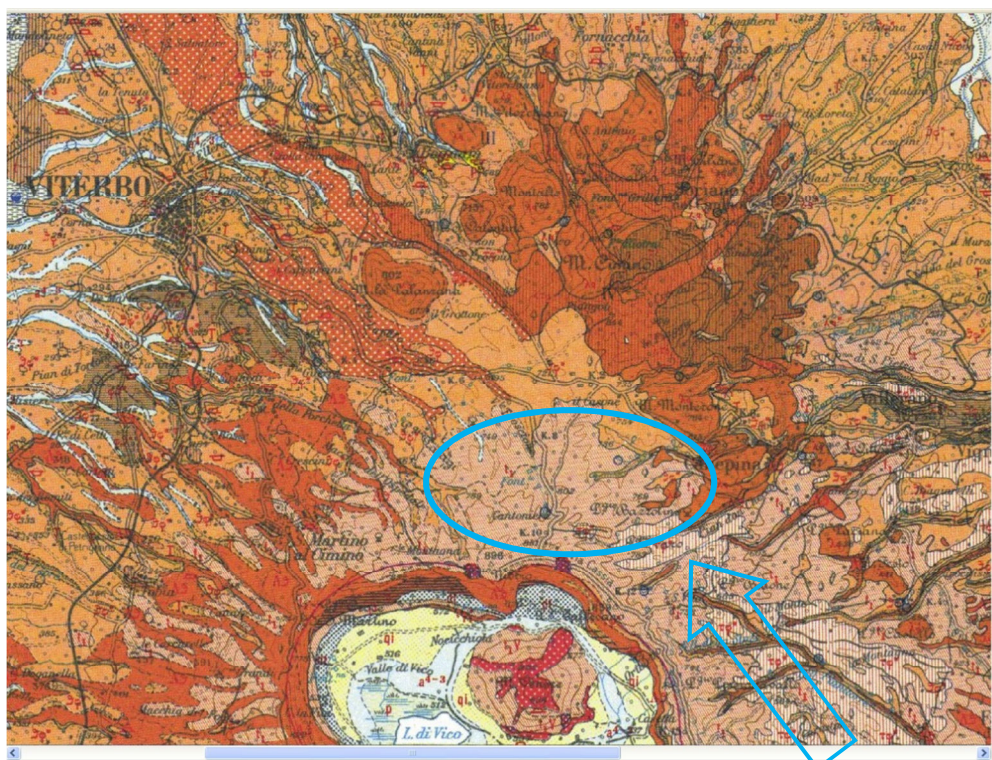


Fig. n°27 - Dettaglio (STRADA CIMINA 8° KM) da Carta Geologica d'Italia Foglio 137 (VITERBO)

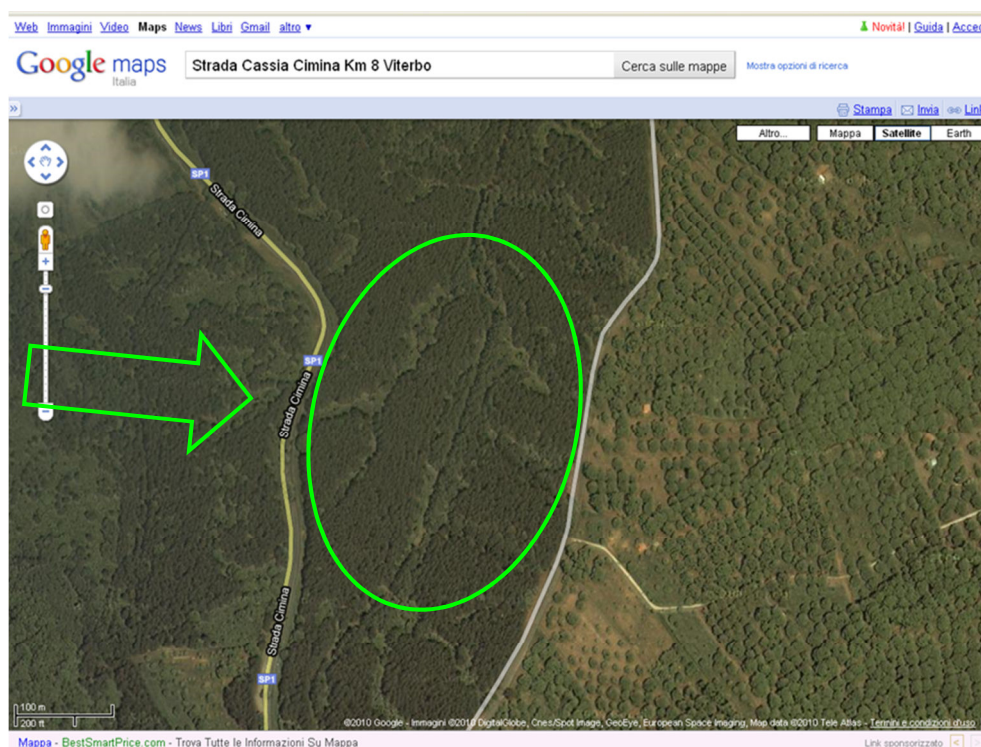


Foto n°13 – Foto aerea del sito (STRADA CIMINA 8° KM)
da Google Maps
Coordinate geografiche (42° 21' 11,44" N – 12° 07' 51,19" E)

Morfologia

Il bosco (Pineta di *pinus nigra sub.sp. laricio*) si sviluppa lungo un versante con esposizione Ovest Nord-Ovest che decresce in una vallecola per 6 metri di dislivello e risale per 8 metri sul versante opposto in direzione Est Sud-Est le pendenze variano tra il 10-15%. La pineta è situata a circa 790m s.l.m..

L'area Cimina rientra nella zona climatica del castanetum.

I rilievi sono stati eseguiti a circa metà del periodo primaverile con precipitazioni moderate e comunque ben distribuite sull'arco dell'anno salvo il mese di luglio.

		Clima Cimino - Medie climatiche		
Mese		T min °C	T max °C	Precip. mm
Gennaio		1	10	57
Febbraio		2	11	60
Marzo		3	14	49
Aprile		5	17	61
Maggio		9	21	55
Giugno		12	25	57
Luglio		15	29	29
Agosto		15	29	54
Settembre		13	25	58
Ottobre		9	20	87
Novembre		5	14	93
Dicembre		2	10	69
		Medie dei mesi su dati degli ultimi 30 anni		

Tab. n°6 – Dati climatici del sito “Monti Cimini”

Pedologia

Suolo mediamente profondo caratterizzato dalla presenza di un epidepon di colore nero con abbondante sostanza organica e densità apparente bassa.

Classificazione secondo la Soil Taxonomy: **MELANUDANDS**

Operazioni di rilievo nel cantiere forestali

Il giorno 24 maggio 2010 è stato campionato il cantiere entrando dalla strada di servizio interna all'ingresso dell'appezzamento al Km 8° della strada Cimina. Il taglio di diradamento è iniziato circa da due settimane ed al momento è ancora in atto, più precisamente nei punti indicati sulla mappa (Fig. n°28) 9 e 10. La strada di accesso declina per 5 metri di quota fino al fondo dell'avvallamento coincidente ai punti 3, 4, e 5. Nelle adiacenze del punto 4 c'è una catasta di tronchi già sezionati. L'area che comprende i punti 3, 4, 5, 7 e 8 presenta un grande impatto dell'attività meccanica e lungo l'asse dei punti 3-8 sono evidenti piste ex-novo di esbosco. Nei punti 9 e 10 sono stati eseguiti prelievi praticamente accanto ai mezzi in fase d'opera. Anche qui, nel punto 10 è presente una zona di accumulo del materiale tagliato. In tutti i 10 punti di prelievo, impattati e non impattati, sono stati effettuati carotaggi per la densità apparente, l'indice di stabilità degli aggregati, la granulometria e i rilievi fisici diretti con i soliti strumenti (penetrometro e scissometro). Il terreno si presenta al tatto sciolto, leggermente umido, terreno tipicamente vulcanico frequente nella zona con caratteristiche tufacee, ricco in sostanza organica, molto scuro, ricchissimo in humus con abbondante lettiera nuova e vecchia odorosa di fungo (sapica) quasi certamente a reazione acida. La presenza di infestanti è caratterizzata da graminacee da rovi e una alta percentuale di felci.

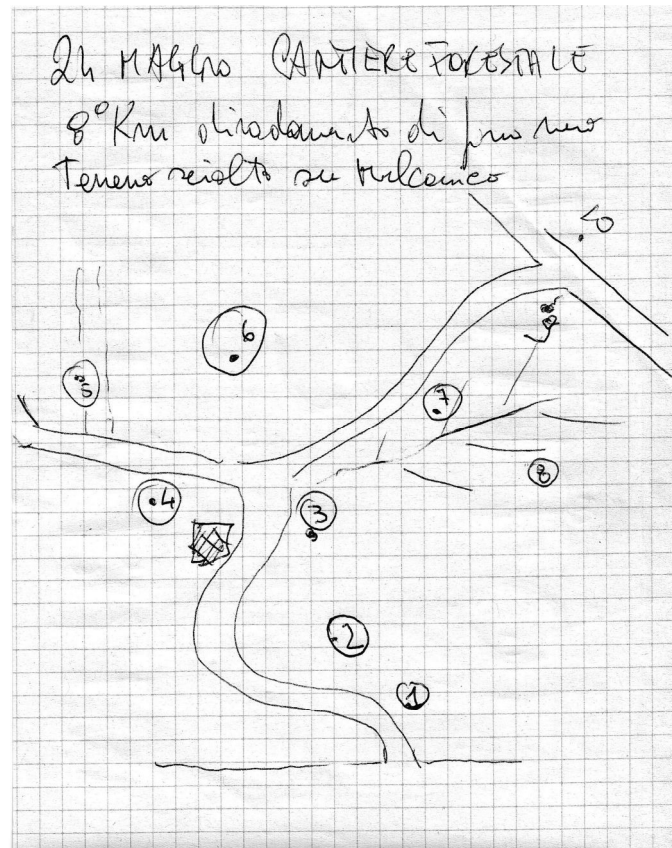


Fig. n°28 - Appunti dal taccuino di campagna

Stato Vegetazionale

Il popolamento presente nell'area di studio Cimino 8° Km è un imboschimento a prevalenza di pino nero laricio (*Pinus nigra* var. *laricio*) sottoposto a diradamento dalla Comunità Montana dei "Monti Cimini". Il bosco ha una elevata densità normale, eccessivo grado di copertura, con età di 45 anni e, al suo interno, si sono insediate latifoglie di Acero campestre (*Acer campestre* L.), Orniello (*Fraxinus ornus* L.), Cerro (*Quercus cerris* L.), Castagno (*Castaneum sativa*) e Nocciolo (*Corylus avellana*)



Foto n°13 - Particolare del campionamento del punto 8: in evidenza la compattazione dei pneumatici nei pressi dell'area di raccolta

LOCALITA' **SAN MARTINO** "MADONNINA"

L'area di studio si trova nel territorio del Comune di Viterbo frazione di San Martino al Cimino (Fig. n°29 - Foto n°14), si estende su una superficie di 8 ha. Il sito è raggiungibile agevolmente sia dalla strada Montefogliano dove si accede al cantiere dalla parte superiore del versante, sia dalla strada Erodiano che esce direttamente dall'abitato di San Martino, questa permette l'accesso della parte inferiore. Da questo punto sono entrate le macchine forestali e sempre qui, al limite inferiore del versante, è avvenuto l'accatastamento del legname tagliato. All'interno dell'area di taglio non esiste viabilità ordinaria. I polloni tagliati e lasciati interi sono stati esboscati con trattore agricolo munito di verricello, fino all'imposto dove avveniva l'assortimento ideale.

Geologia

L'area in esame ricade nel foglio 137 VITERBO della Carta Geologica d'Italia descritta come Nefriti con grosse ed abbondanti Leuciti, con o senza Sanidino (per i locali "occhio di pesce" o "occhiatina"), compatta ed ampiamente arenizzata, Serie di più colate di varia potenza, con intercalazioni di ceneri e lapilli in lenti di pochi metri. Costituiscono l'apparto centrale e piccoli apparati periferici; si estendono fino a 20 Km dalla fascia intercalderica.

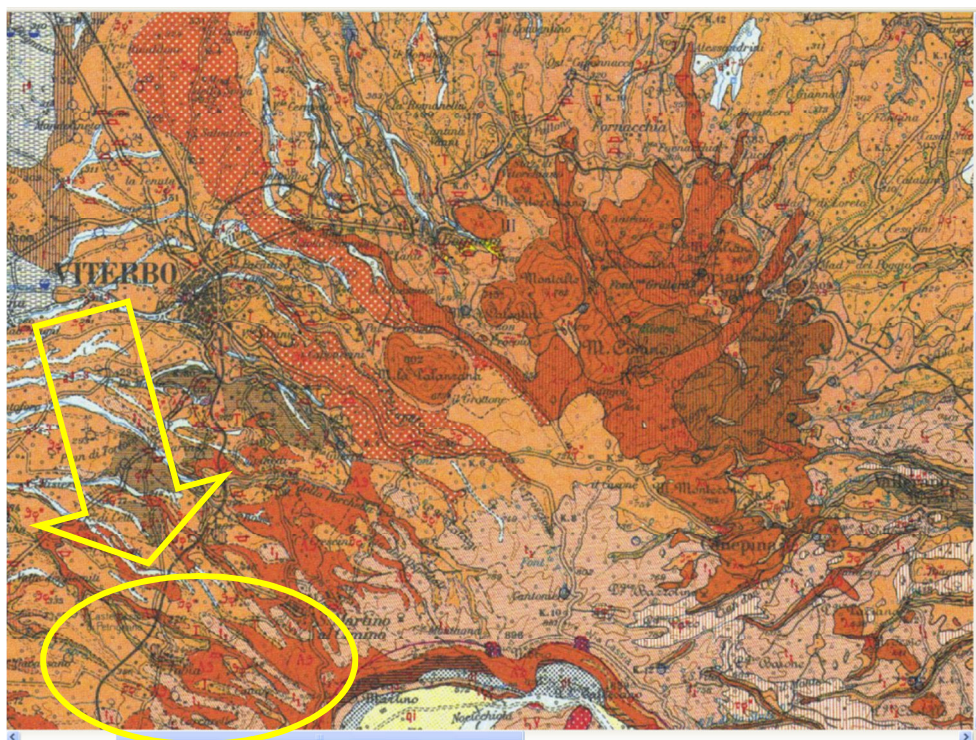


Fig. n°29 - Dettaglio (ceduo) Località **SAN MARTINO**
“LA MADONNINA”
 da Carta Geologica d'Italia Foglio 137 (VITERBO)

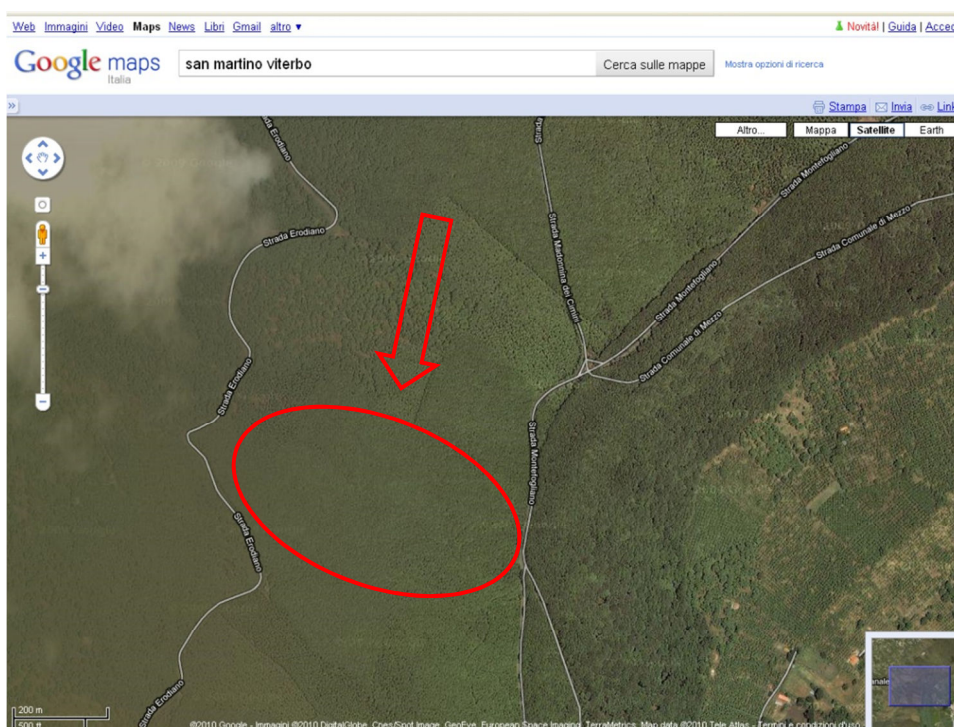


Foto n°14 - Mappa del sito (ceduo) Località **SAN MARTINO**
“LA MADONNINA” da Google Maps
 Coordinate geografiche (42° 21' 11,44" N – 12° 07' 51,19" E)

Morfologia

Il bosco ceduo di Castagno (*Castaneum Sativa*) si sviluppa dentro una valle con esposizione Nord-Ovest per una lunghezza di 450 metri con un dislivello di 90 metri, la pendenza risulta del 20% L'area Cimina rientra nella zona climatica del castanetum.

I rilievi sono stati fatti in un periodo di piovosità modesta, è da rilevare che comunque le precipitazioni sono ben distribuite durante l'anno con il minimo nel mese di luglio.

		Clima Cimino - Medie climatiche			
Mese		T min °C	T max °C	Precip. mm	
Gennaio		1	10	57	
Febbraio		2	11	60	
Marzo		3	14	49	
Aprile		5	17	61	
Maggio		9	21	55	
Giugno		12	25	57	
Luglio		15	29	29	
Agosto		15	29	54	
Settembre		13	25	58	
Ottobre		9	20	87	
Novembre		5	14	93	
Dicembre		2	10	69	
Medie dei mesi su dati degli ultimi 30 anni					

Tab. n°7 – Dati climatici del sito “Monti Cimini”

Pedologia

Suolo mediamente profondo caratterizzato dalla presenza di un epipedon di colore scuro con abbondante sostanza organica e densità apparente bassa.

Classificazione secondo la Soil Taxonomy: **HAPLUDANDS**

Operazioni di rilievo del cantiere forestale (taglio ceduo)

Il giorno 7 settembre 2010 è stata campionata l'area di studio con ingresso dalla strada Monte Fogliano, sul bordo superiore della caldera vulcanica di Vico nel punto di diramazione con la

deviazione della strada sterrata che porta alla sommità del Monte Fogliano. Da qui si sono eseguiti 10 campionamenti sia su suolo disturbato che indisturbato in direzione opposta al procedere dei mezzi di esbosco, che nel novembre 2009 erano avanzati dal basso verso l'alto. Attualmente il ceduo di castagno presenta una ricrescita vigorosa e nei primi cinque punti campionati non si notano più le impronte impattanti dei mezzi meccanici completamente occultate dall'abbondante sviluppo delle infestanti e dalla massa di rovi sovrastanti. Sebbene vi sia stata una notevole ricrescita della vegetazione, nei punti più in basso (Fig. n°30) 5,6,7,8,9 e 10 si notano i segni della compattazione data dal persistente andirivieni dei trattori che hanno ammassato ai bordi della strada Erodiano tutto il materiale ceduoato. Nei pressi del punto 8 dove i mezzi sono stati costretti da un rialzo di pendenza ad eseguire un passaggio ripetuto ed obbligato, si è venuta a formare una pista assai compatta che ha richiesto l'apertura di due trincee, una per il punto disturbato e l'altra per l'indisturbato, al fine di evidenziare sull'orizzonte "A" l'eccessivo stato di compattazione eseguito dai pneumatici.

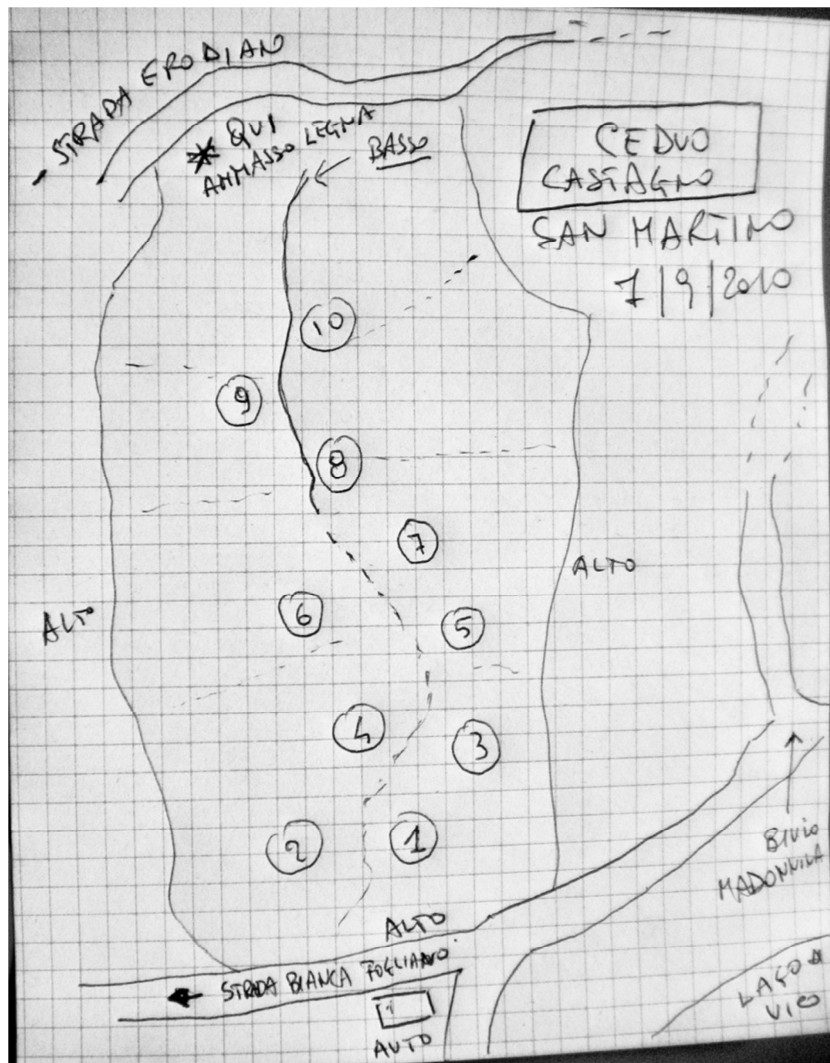


Fig. n°30 - Appunti dal taccuino di campagna

Stato Vegetazionale

Dopo il taglio ceduo effettuato nell'autunno del 2009 nell'area sono presenti matricine di Castagno di tipo 1T ed una fitta ricrescita di polloni dalle ceppaie.



Foto n°15 - Visione del bosco dopo il taglio (novembre 2009)



Foto n°16 - Visione del bosco dopo il taglio (novembre 2009), si possono vedere i polloni tagliati e direzionati verso la pista



Foto n°17 -Particolare di impatto del pneumatico



Foto n°18 - Ceduo alla ripresa vegetativa (settembre 2010) con evidenti segni di compattazione sulla pista di esbosco



Foto - a



Foto n°19a e 19b - Trincea diagnostica aperta nel punto 8 del taglio relativo al bosco ceduo di castagno

Per meglio valutare il comportamento del suolo al passaggio dei trattori sono state scavate due trincee diagnostiche distanti tra loro circa 1500 metri.



Foto n°20 - Trincea diagnostica “Cantiere strada Cimina”



Foto n°21 – Il martello indica la profondità di scavo



Foto n°22°



Foto n°22a e 22b – Particolare della trincea, come si può osservare la parte compattata presenta il terreno a grumi rispetto a quello non disturbato

ELABORAZIONE DEI DATI

Dalle osservazioni in campagna e dalle analisi in laboratorio sono stati ottenuti i seguenti parametri:

Umidità (W%) – Granulometria - Densità apparente ($DA \text{ t/m}^3$) - Densità reale o Peso specifico ($DR \text{ t/m}^3$) - Indice di stabilità degli aggregati (ISA) – Porosità (n %) – Resistenza alla penetrazione ($R_p \text{ Kg/cm}^2$) – Resistenza al taglio ($C_u \text{ t/m}^2$)

BATTIPAGLIA

Umidità – E' espressa in percentuale d'acqua sul peso secco totale. Si distingue una minima differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati, i valori oscillano per i terreni indisturbati da 30,22 a 46,05 con valore medio di 36,94% e per i disturbati da 28,59 a 41,40 con valore medio di 35,01%; dal punto di vista statistico questa differenza non è significativa poiché il valore che risulta $\alpha = 0,487$ di molto superiore al valore di riferimento $\alpha = 0,05$ (Tab. n°8).

Granulometria e Capacità di Campo – La granulometria è dominata da un alto contenuto di limo, circa il 47%, mentre il contenuto in argilla è del 30,7% e quello della sabbia è 22%, pertanto rientra nella classe tessiturale dei suoli FA (franco-argillosi). Con i valori granulometrici, mediante il metodo della Soil Water (K. Saxton), è stata calcolata la capacità di campo del suolo (CC) che risulta pari al 33%.

Densità Apparente - Si nota una netta differenza dei valori tra disturbato e indisturbato, per quest'ultimo si ha un valore di $1,23 \text{ g/cm}^3$ mentre sul disturbato $1,29 \text{ g/cm}^3$. Dal punto di vista statistico detta differenza risulta significativa essendo il valore $\alpha < 0,05$ (Tab. n°8).

Peso Specifico - Il suolo deriva da un deposito di tipo lacustre, si attesta su un valore medio di $2,45 \text{ g/cm}^3$.

Indice di Stabilità degli Aggregati – In questo parametro la differenza tra disturbato e l'indisturbato è minima e pertanto statisticamente non è significativa dal valore α di riferimento (Tab. n°8).

Porosità – Si registra una diminuzione del disturbato rispetto all'indisturbato per gli stessi motivi precedentemente elencati. Il terreno disturbato è abbastanza compatto quindi con scarsità di macro e mesopori. Dall'analisi statistica questa differenza risulta significativa essendo il valore α nettamente al di sotto della soglia dell' $\alpha = 0,05$ (Tab. n°8).

Resistenza alla Penetrazione – Si sono ottenuti valori come era attendibile più alti nel terreno disturbato, infatti il valore della resistenza alla penetrazione calcolato all'umidità della capacità di campo (33%) risulta per l'indisturbato $0,51 \text{ Kg/cm}^2$ contro $1,08 \text{ Kg/cm}^2$ del disturbato.

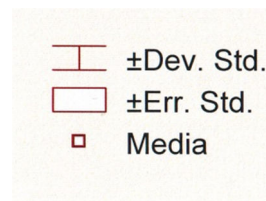
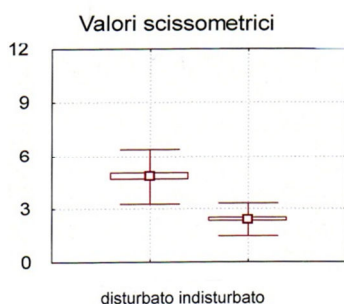
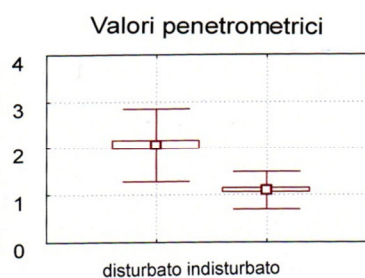
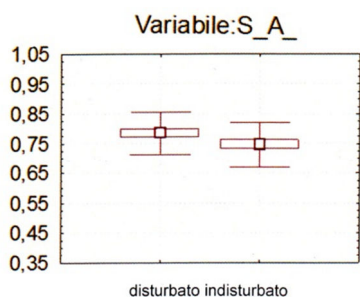
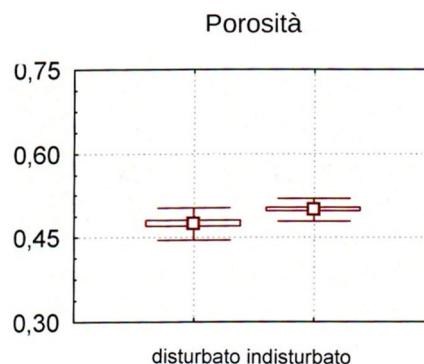
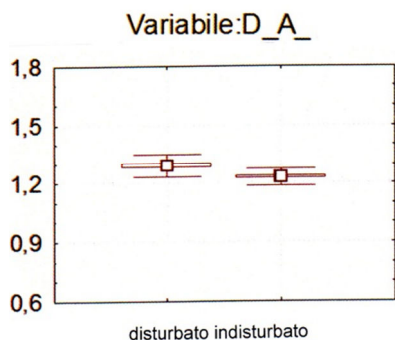
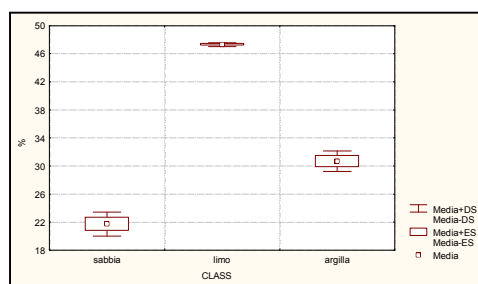
Resistenza al Taglio – Lo stesso andamento è stato registrato con le prove scissometriche in cui si è registrato un valore della resistenza al taglio, calcolata all'umidità della capacità di campo (33%), risulta di $2,33 \text{ T/m}^2$ per l'indisturbato contro $4,80 \text{ t/m}^2$ del disturbato.

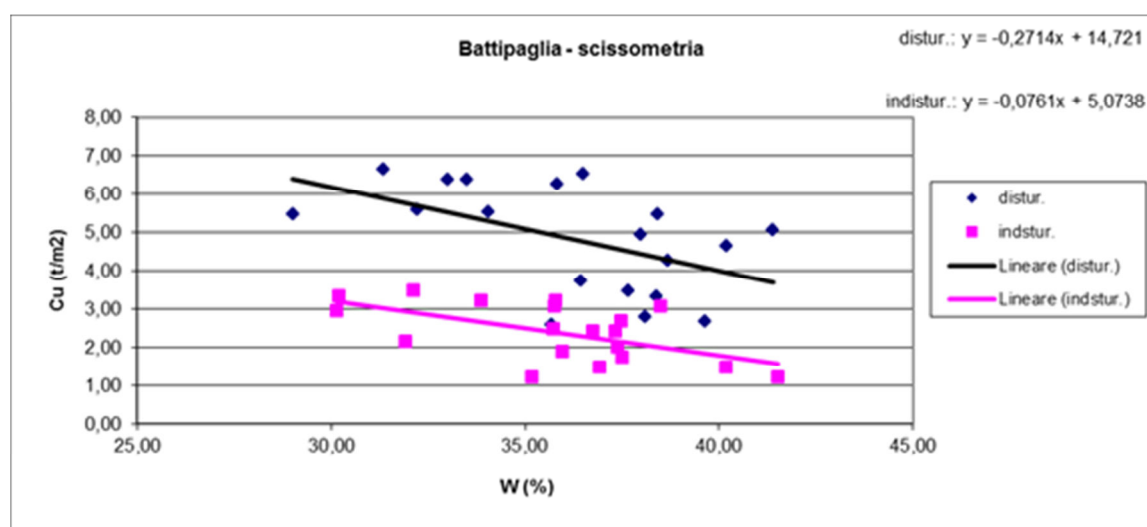
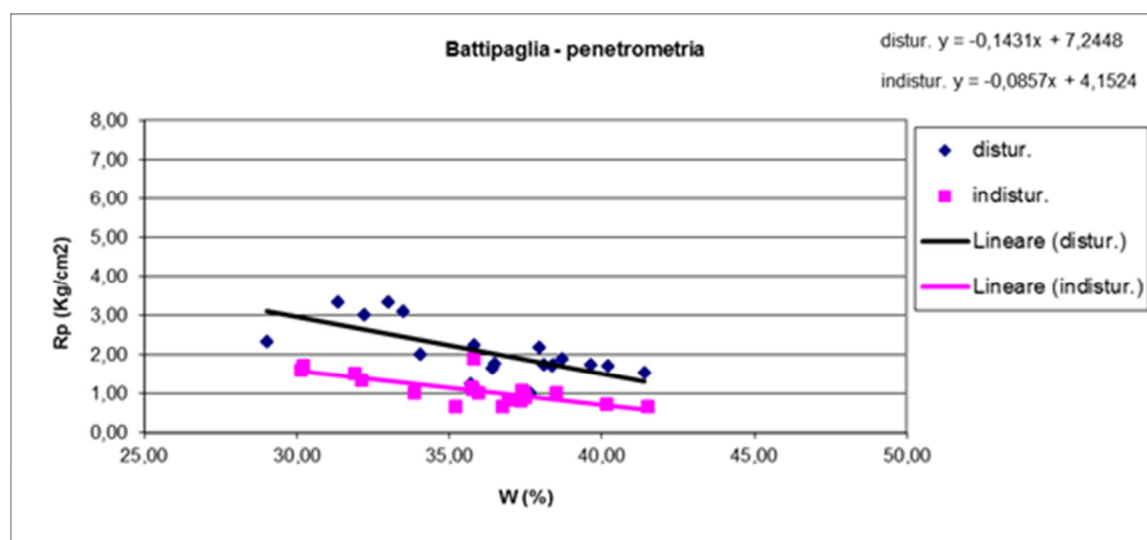
Test t per Campioni Dipendenti (ttest.sta)
Differ. marcate significative al liv. $p < ,05000$

	Media	Dv.Std.	N	Diff.	Dv.Std. Diff.	t	gdl	p
U% - Umidità Dis.	36,212105	3,2783983						
U% - Umidità Ind.	35,811053	3,0556758	19	0,40105	2,463	0,7098	18	0,487
D.A. Dist.	1,2891421	0,0581574						
D.A. Ind.	1,2282579	0,0431882	19	0,06088	0,046	5,8188	18	2E-05
Porosità Dist.	0,4735789	0,0287544						
Porosità Ind.	0,4985789	0,0202986	19	-0,025	0,019	-5,752	18	2E-05
Indice S.A. Dist	0,7842105	0,0712831						
Indice S.A. Ind.	0,7452632	0,0758924	19	0,03895	0,099	1,7092	18	0,105

Tab. n°8 – Dati Statistici riassuntivi “Battipaglia”

granulometria				
	S	L	A	tes
Battipaglia				
1	23,0	47,5	29,5	
2	22,4	47,4	30,2	
3	19,8	47,0	32,3	
media	21,7	47,3	30,7	FA





CASALOTTI

Umidità – E' espressa in percentuale d'acqua sul peso secco totale. Si distingue una minima differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati, i valori oscillano per i terreni disturbati da 9,54 a 28,71 con valore medio di 20,71%, mentre per gli indisturbati è stata rilevata una variabilità tra 12,05 e 30,50 con valore medio di 23,76%. Dal punto di vista statistico questa differenza è significativa poiché risulta $\alpha = 0,025$ rispetto al valore di riferimento $\alpha = 0,05$ (Tab. n°9).

Granulometria e Capacità di Campo – La granulometria è dominata da un alto contenuto di sabbia, circa il 52%, mentre il contenuto in argilla è del 23% simile al quello del limo 25%, pertanto rientra nella classe tessiturale dei suoli FSA (franco-sabbiosi-argillosi). Con i valori granulometrici e mediante il metodo della Soil Water (K. Saxton) è stata calcolata la capacità di campo del suolo (CC) che risulta pari al 25%.

Densità Apparente - Si nota una netta differenza dei valori di questo parametro tra il suolo disturbato e quello indisturbato. In specifico nell'indisturbato si ha un valore di $1,32 \text{ g/cm}^3$ mentre sul disturbato $1,42 \text{ g/cm}^3$. Dal punto di vista statistico questa differenza tra i disturbati e gli indisturbati risulta significativa essendo $\alpha < 0,05$ (Tab. n°9).

Peso Specifico - Il suolo deriva, da materiale alluvionale eterogeneo si attesta su un valore medio di $2,41 \text{ g/cm}^3$.

Indice di Stabilità degli Aggregati – Per questo parametro si nota una differenza tra l'indisturbato e il disturbato, per il primo un valore medio di 0,636 ed il secondo di 0,780, i suoli disturbati pertanto presentano un valore superiore del 22,64%. La differenza

è significativa infatti il valore $\alpha = 0,0084$ è nettamente inferiore all'indice di riferimento $\alpha = 0,05$ (Tab. n°9).

Porosità – Si registra una leggera diminuzione del disturbato rispetto all'indisturbato su questo suolo che è essenzialmente sabbioso ricco in macropori. Dall'analisi statistica questa differenza risulta significativa essendo il valore α nettamente al di sotto della soglia di 0,05 (Tab. n°9).

Resistenza alla Penetrazione – Si sono ottenuti valori come era attendibile più alti nel terreno disturbato, infatti il valore della resistenza alla penetrazione calcolato all'umidità della capacità di campo (25%) risulta per l'indisturbato $1,32 \text{ Kg/cm}^2$ contro il $1,88 \text{ Kg/cm}^2$ del disturbato.

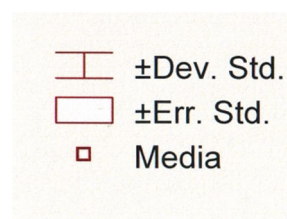
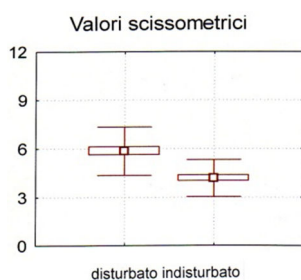
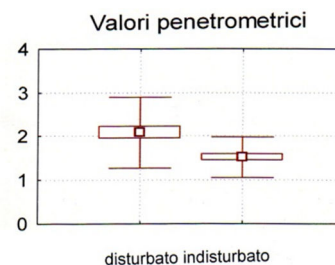
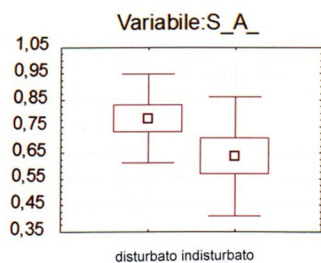
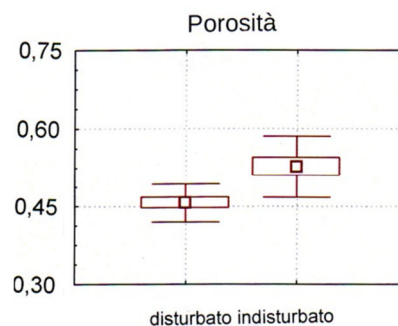
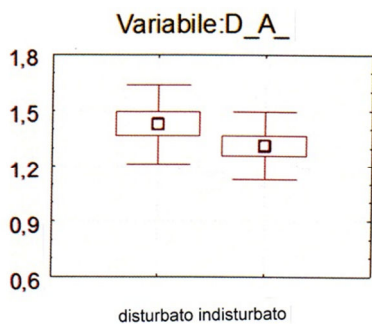
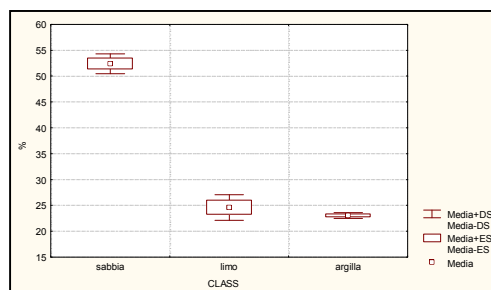
Resistenza al Taglio – Lo stesso andamento è stato registrato con le prove scissometriche in cui si è registrato un valore della resistenza al taglio, calcolata all'umidità della capacità di campo (25%), risulta di $3,06 \text{ t/m}^2$ per l'indisturbato contro $4,28 \text{ t/m}^2$ del disturbato.

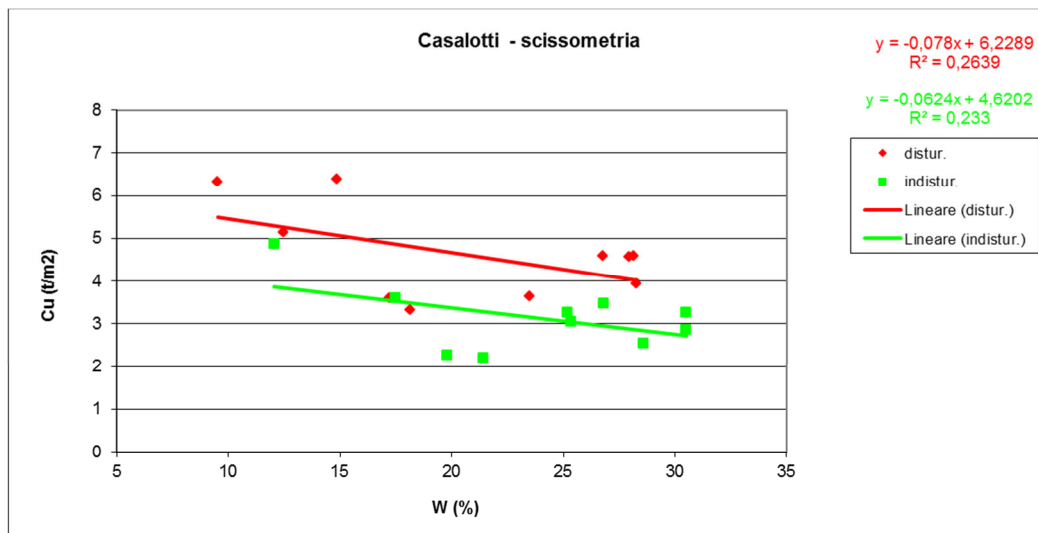
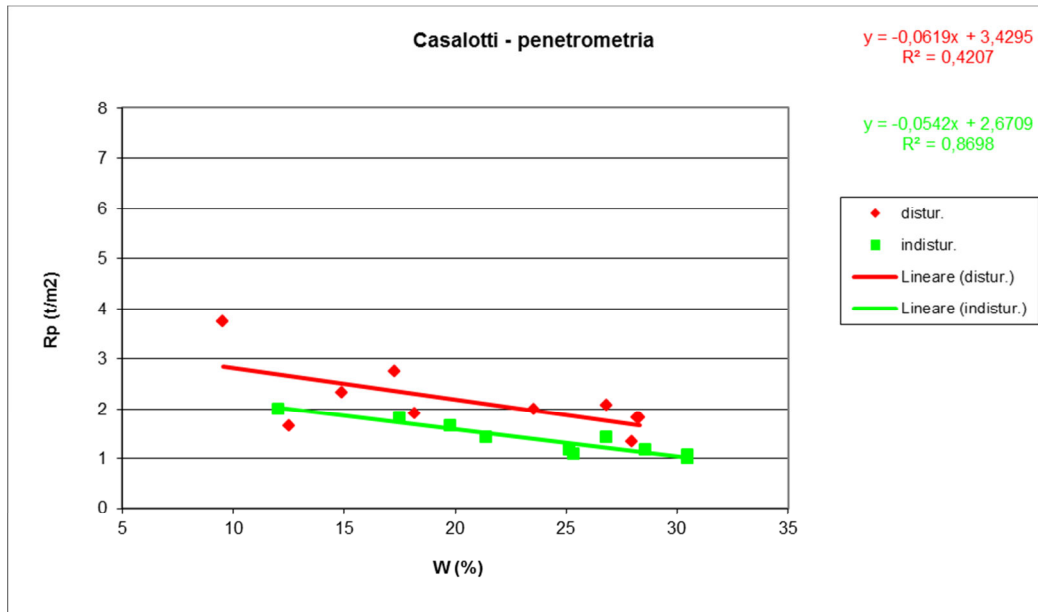
Test t per Campioni Dipendenti (ttest.sta)
Differ. marcate significative al liv. $p < ,05000$

	Media	Dv.Std.	N	Diff.	Dv.Std. Diff.	t	gdl	p
U% - Umidità Dis.	20,72	7,118						
U% - Umidità Ind.	23,76	6,01	10	-3,04	3,581	-2,688	9	0,0249
D.A. Dist.	1,424	0,21						
D.A. Ind.	1,308	0,182	10	0,117	0,065	5,632	9	0,0003
Porosità Dist.	0,412	0,069						
Porosità Ind.	0,46	0,059	10	-0,05	0,026	-5,785	9	0,0003
Indice S.A. Dist	0,78	0,167						
Indice S.A. Ind.	0,636	0,226	10	0,144	0,136	3,359	9	0,0084

Tab. n°9 – Dati Statistici riassuntivi “Casalotti”

granulometria				
	S	L	A	tes
Casalotti				
1	54,5	21,9	23,6	
2	50,8	26,7	22,5	
3	51,8	25,2	23,0	
media	52,4	24,6	23,0	FSA





MONTE PEGLIA

Umidità – E' espressa in percentuale d'acqua sul peso secco totale. Si distingue una minima differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati, i valori oscillano per i terreni indisturbati da 15,11 a 26,28 con valore medio di 20,74% e per i disturbati da 18,41 a 25,08 con valore medio di 19,62%, però dal punto di vista statistico questa differenza non è significativa poiché risulta $\alpha = 0,139$ di molto superiore al valore di riferimento $\alpha = 0,05$ (Tab. n°10).

Granulometria e Capacità di Campo – La granulometria è dominata da un alto contenuto di limo, circa il 37%, mentre il contenuto in sabbia è del 32,7% e quello dell'argilla 30,3%, pertanto rientra nella classe tessiturale dei suoli FA (franco-argillosi). Con i valori granulometrici e mediante il metodo della Soil Water (K. Saxton) è stata calcolata la capacità di campo del suolo (CC) che risulta pari al 29%.

Densità Apparente - Si nota una netta differenza dei valori in specifico nell'indisturbato si ha un valore di $1,17 \text{ g/cm}^3$ mentre sul disturbato $1,35 \text{ g/cm}^3$. Dal punto di vista statistico c'è una netta differenza tra i disturbati e gli indisturbati con valori di $\alpha < 0,05$ (Tab. n°10).

Peso Specifico - Il suolo ricco di calcari si attesta su un valore medio di $2,50 \text{ g/cm}^3$.

Indice di Stabilità degli Aggregati – Per questo parametro non si notano differenze significative, infatti il valore α è pari a 0,42, quindi nettamente superiore a 0,05 (Tab. n°10).

Porosità – Si registra una leggera diminuzione del disturbato rispetto all'indisturbato, su questo suolo che è essenzialmente sabbioso ricco in macropori. Dall'analisi statistica la differenza risulta significativa essendo α nettamente al di sotto della soglia di 0,05 (Tab. n°10).

Resistenza alla Penetrazione – Si sono ottenuti valori come era attendibile più alti nel terreno disturbato, infatti il valore della resistenza alla penetrazione calcolato all'umidità della capacità di campo (29%) risulta per l'indisturbato $1,71 \text{ Kg/cm}^2$ contro il $2,88 \text{ Kg/cm}^2$ del disturbato.

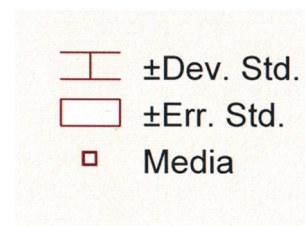
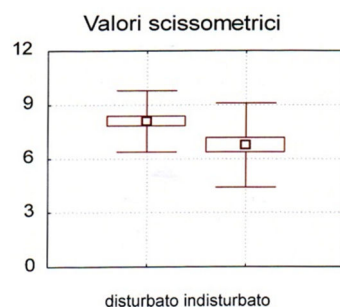
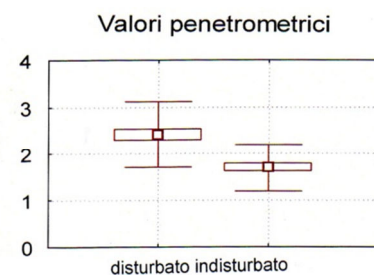
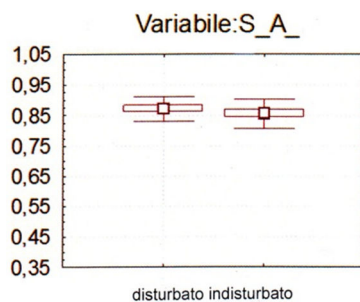
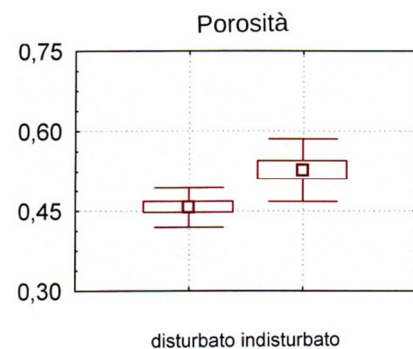
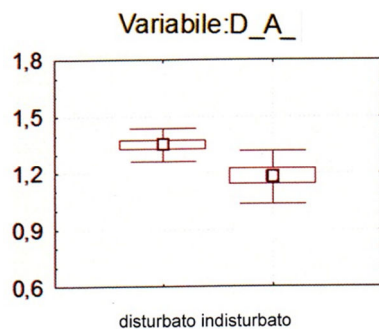
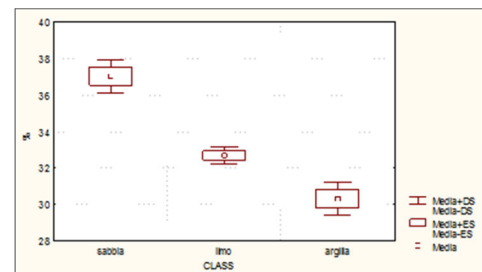
Resistenza al Taglio – Lo stesso andamento è stato registrato con le prove scissometriche in cui si è registrato un valore della resistenza al taglio, calcolata all'umidità della capacità di campo (29%), di $4,12 \text{ t/m}^2$ per l'indisturbato contro $5,21 \text{ t/m}^2$ del disturbato.

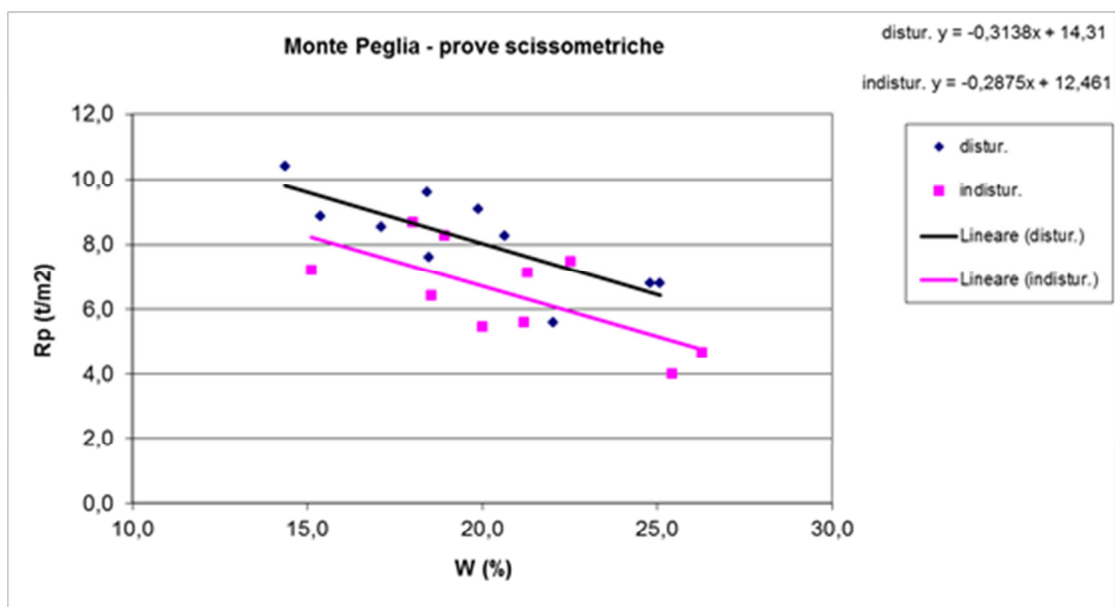
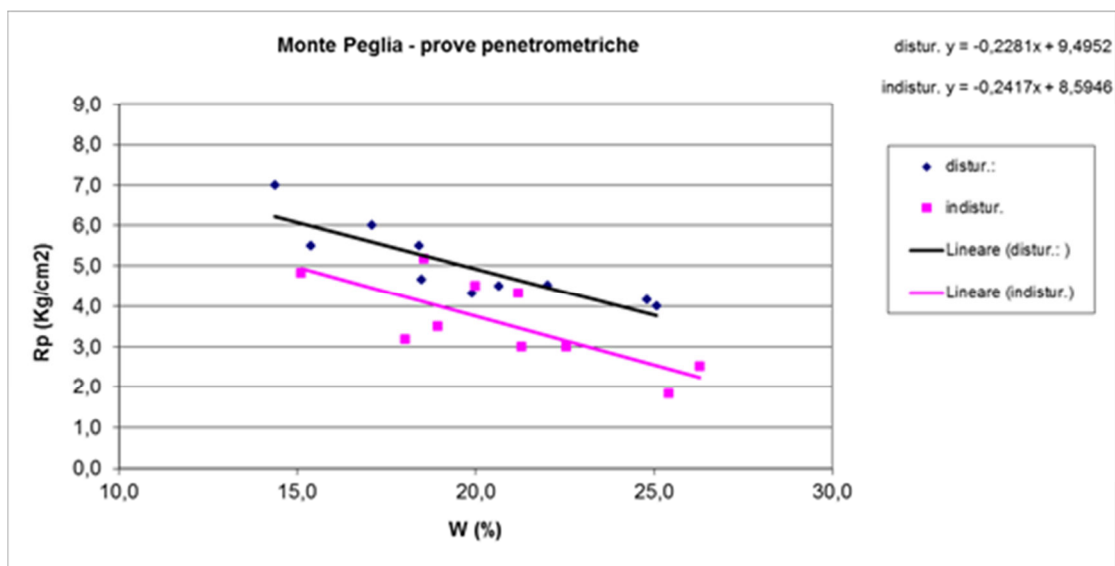
Test t per Campioni Dipendenti (ttest.sta)
Differ. marcate significative al liv. p < ,05000

	Media	Dv.Std.	N	Diff.	Diff.	t	gdl	p
D_U%	19,619	3,62300						
I_U%	20,738	3,39975	10	-1,12	2,17781	-1,625	9	0,1386
D_D_A_	1,353	0,08525						
I_D_A_	1,178	0,14297	10	0,175	0,08236	6,719	9	9E-05
D_P	0,4562	0,03686						
I_P	0,5267	0,05901	10	-0,07	0,03183	-7,005	9	6E-05
D_S_A_	0,8704	0,04047						
I_S_A_	0,8543	0,04657	10	0,016	0,05961	0,854	9	0,4152

Tab. n°10 – Dati Statistici riassuntivi “Monte Peglia”

granulometria				
	S	L	A	tes
M. Peglia				
1	38,0	32,7	29,3	
2	36,3	33,1	30,6	
3	36,8	32,2	31,0	
media	37,0	32,7	30,3	FA





CIMINO 8° Km

Umidità – E' espressa in percentuale d'acqua sul peso secco totale. Si osserva una differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati, i valori oscillano per i terreni indisturbati da 30,80 a 39,70 con valore medio di 37,26% e per i disturbati da 28,10 a 36,33 con valore medio di 33,72%. Dal punto di vista statistico questa differenza risulta nettamente significativa, poiché il valore di α è pari a 0,0019 inferiore al valore 0,05 (Tab. n°11).

Granulometria e Capacità di campo – La granulometria è dominata da un alto contenuto di sabbia 72,7%, il limo si attesta al 23% mentre il contenuto in argilla è decisamente basso: il 4,3%, pertanto rientra nella classe tessiturale dei suoli FS (franco-sabbiosi). Con i valori granulometrici e mediante il metodo della Soil Water (K. Saxton) è stata calcolata la capacità di campo del suolo (CC) che risulta pari al 17%.

Densità Apparente – Si nota una netta differenza di questo parametro tra disturbato e indisturbato in specifico nell'indisturbato si ha un valore di 0,76 g/cm³ mentre sul disturbato 0,91 g/cm³. Dal punto di vista statistico questa differenza risulta significativa essendo $\alpha < 0,05$ (Tab. n°11).

Peso Specifico - Il suolo derivante dai processi pedogenetici di tufi, prevalentemente trachitici, bruni o biancastri, per lo più cineritici, si attesta su un valore medio di 2,39 g/cm³.

Indice di Stabilità degli Aggregati – Per questo parametro si nota una lievissima differenza tra il disturbato e l'indisturbato. La differenza però non è significativa infatti il valore è pari a 0,91 ed è nettamente superiore a 0,05 (Tab. n°11).

Porosità – Si registra una diminuzione di porosità del disturbato rispetto all'indisturbato. Si precisa che questo suolo è essenzialmente sabbioso e quindi ricco in macropori. Dall'analisi statistica questa differenza risulta significativa essendo il valore α nettamente al di sotto della soglia dell' $\alpha = 0,05$ (Tab. n°11).

Resistenza alla Penetrazione – Si sono ottenuti valori come era attendibile più alti nel terreno disturbato, infatti il valore della resistenza alla penetrazione calcolato all'umidità della capacità di campo (17%) risulta per l'indisturbato $1,80 \text{ Kg/cm}^2$ contro il $2,60 \text{ Kg/cm}^2$ del disturbato.

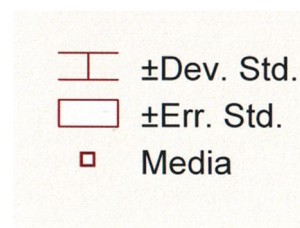
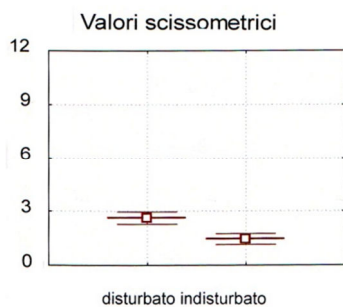
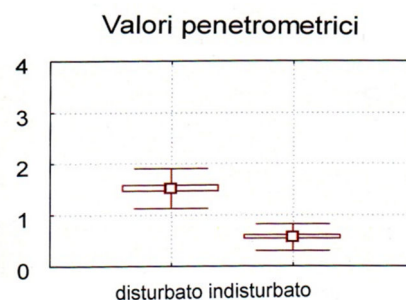
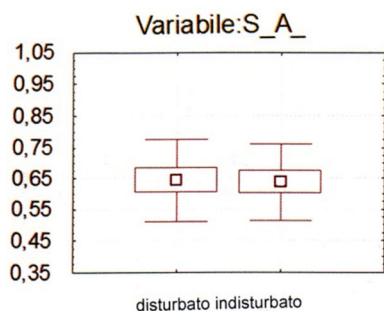
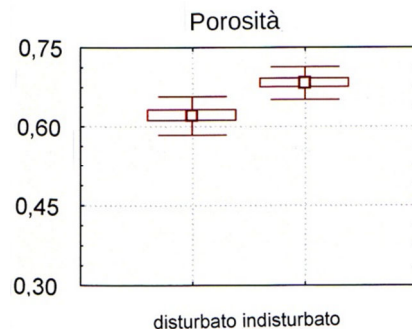
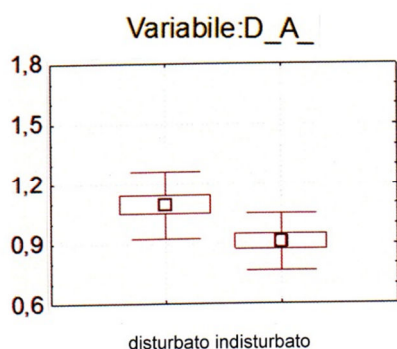
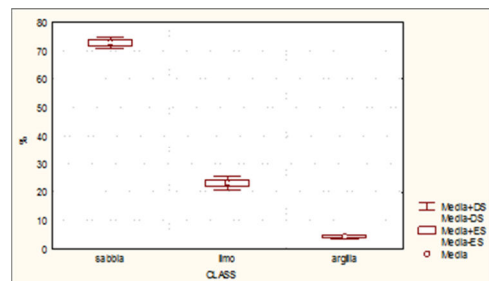
Resistenza al Taglio – Lo stesso andamento è stato registrato con le prove scissometriche in cui si è registrato un valore della resistenza al taglio, calcolata all'umidità della capacità di campo (17%), di $2,40 \text{ t/m}^2$ per l'indisturbato contro $3,8 \text{ t/m}^2$ del disturbato.

Test t per Campioni Dipendenti (ttest.sta)
Differ. marcate significative al liv. $p < ,05000$

	Media	Dv.Std.	N	Diff.	Dv.Std.	t	gdl	p
U% - Umidità Dis.	33,7	3,15311						
U% - Umidità Ind.	37,4	2,62728	10	-3,671	2,669	-4,350	9	0,0019
D.A. Dist.	0,9	0,08654						
D.A. Ind.	0,76	0,08216	10	0,147	0,066	7,000	9	6E-05
Porosità Dist.	0,62	0,03695						
Porosità Ind.	0,68	0,03093	10	-0,062	0,029	-6,798	9	8E-05
Indice S.A. Dist	0,64	0,13231						
Indice S.A. Ind.	0,64	0,12223	10	0,006	0,169	0,118	9	0,9088

Tab. n°11 – Dati Statistici riassuntivi “Cimino Km 8°”

granulometria				
	S	L	A	tes
Cimino				
1	74,8	20,6	4,6	
2	71,2	25,2	3,6	
3	72,0	23,3	4,7	
media	72,7	23,0	4,3	FS



Cantiere Forestale "Cimina Km 8"																											
capacità di campo c.c. = 17%																											
Valore della resistenza alla penetrazione (Rp) del terreno con il contenuto di acqua pari alla capacità di campo (c.c.: 17 %) =																											
Valore della resistenza al taglio (Cu) del terreno con il contenuto di acqua pari alla capacità di campo (c.c.: 17 %) =																											
peso (g.)				W		D.Ap		D.R.		indice		porosità		prove			penetrometria			Rp			scissometria			Cu	
unid	sec	%	%	t/m3	t/m3	t/m3	t/m3	SA	SA	n.	n	1	2	3	media	punta	Kg/cm2	Kg/cm2	1	2	3	media	paletta	t/m2	t/m2		
CAMPIONE																											
1 COMP.	104,41	77,59	34,57	0,776	0,651	2,359	2,359	0,616	0,661	0,671	0,724	2,5	2,5	2	2,33	G	1,17	0,25	5	4,8	5,2	5,00	G	2,50			
1 1 IND.	90,13	65,05	38,55									0,5	0,5	0,5	0,50	G			2,8	2,2	2	2,33	G		1,17		
2 2 COMP.	108,49	80,44	34,87	0,804	0,685	2,246	2,246	0,712	0,612	0,642	0,695	2,5	4,5	2	3,00	G	1,50	0,33	4,8	5	5	4,93	G	2,47			
2 2 IND.	94,8	68,47	38,45									0,5	1	0,5	0,67	G			2,8	3,4	2,8	3,00	G		1,50		
3 COMP.	118,93	88,89	33,79	0,889	0,685	2,402	2,402	0,710	0,659	0,630	0,735	2,5	2,5	2,5	2,50	G	1,25	0,50	4,6	5,8	6,2	5,53	G	2,77			
3 3 IND.	88,55	63,72	38,97									1	1	1	1,00	G			2,2	2	2,8	2,33	G		1,17		
4 COMP.	122,31	91,92	33,06	0,919	0,773	2,237	2,237	0,477		0,589		2	2,5	2,5	2,33	G	1,17	0,75	3,8	4,8	5,8	4,80	G	2,40			
4 4 IND.	104,79	77,29	35,58									2	1	1,5	1,50	G			2	3,2	3,8	3,00	G		1,50		
5 COMP.	110,58	86,32	28,10	0,863	0,779	2,472	2,472	0,422	0,371	0,651	0,685	4	3,5	4,2	3,90	G	1,95	1,00	5	5,8	6,8	5,87	G	2,93			
5 5 IND.	101,89	77,29	30,80									1,5	2,5	2	2,00	G			3,8	3,8	3	3,53	G		1,77		
6 COMP.	118,26	87,22	35,59	0,872	0,771	2,541	2,541	0,716	0,653	0,657	0,696	3	2,5	3	2,83	G	1,42	0,58	6,2	4,8	5,4	5,47	G	2,73			
6 6 IND.	106,75	77,14	38,38									1	1,5	1	1,17	G			2,6	2,2	2,4	2,40	G		1,20		
7 COMP.	141,43	103,41	36,77	1,034	0,841	2,489	2,489	0,700	0,585	0,585	0,662	3	3,5	2,5	3,00	G	1,50	0,67	5	5	4,6	4,87	G	2,43			
7 7 IND.	117,54	84,14	39,70									1,5	1,5	1	1,33	G			3,2	3	3,4	3,20	G		1,60		
8 COMP.	139,76	102,82	35,93	1,028	0,882	2,439	2,439	0,781	0,752	0,578	0,639	3	3	3,5	3,17	G	1,58	0,58	4	6	5	5,00	G	2,50			
8 8 IND.	120,12	88,15	36,27									1,5	1	1	1,17	G			2,6	3,2	3,6	3,13	G		1,57		
9 COMP.	133,04	97,59	36,33	0,976	0,728	2,264	2,264	0,795	0,536	0,569	0,679	2,5	3,5	3	3,00	G	1,50	0,25	4,2	5,2	5,2	4,87	G	2,43			
9 9 IND.	100,85	72,75	38,63									0,5	0,5	0,5	0,50	G			2,8	2,2	3	2,67	G		1,33		
10 COMP.	113,28	88,39	28,16	0,884																							

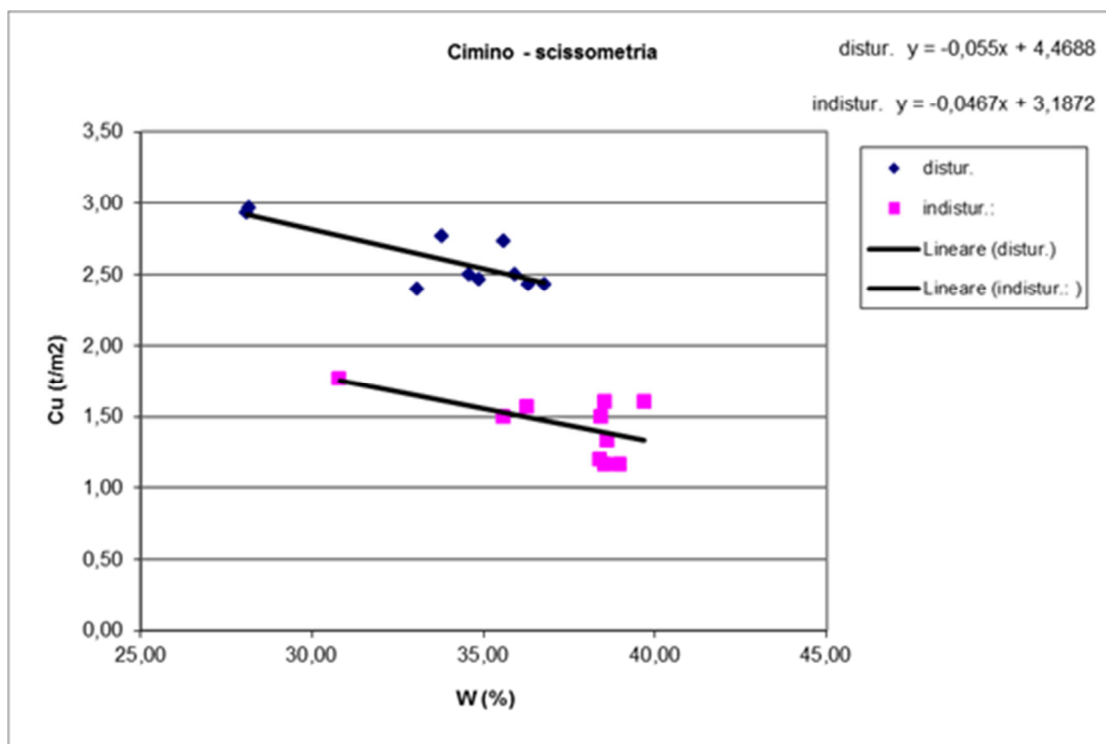
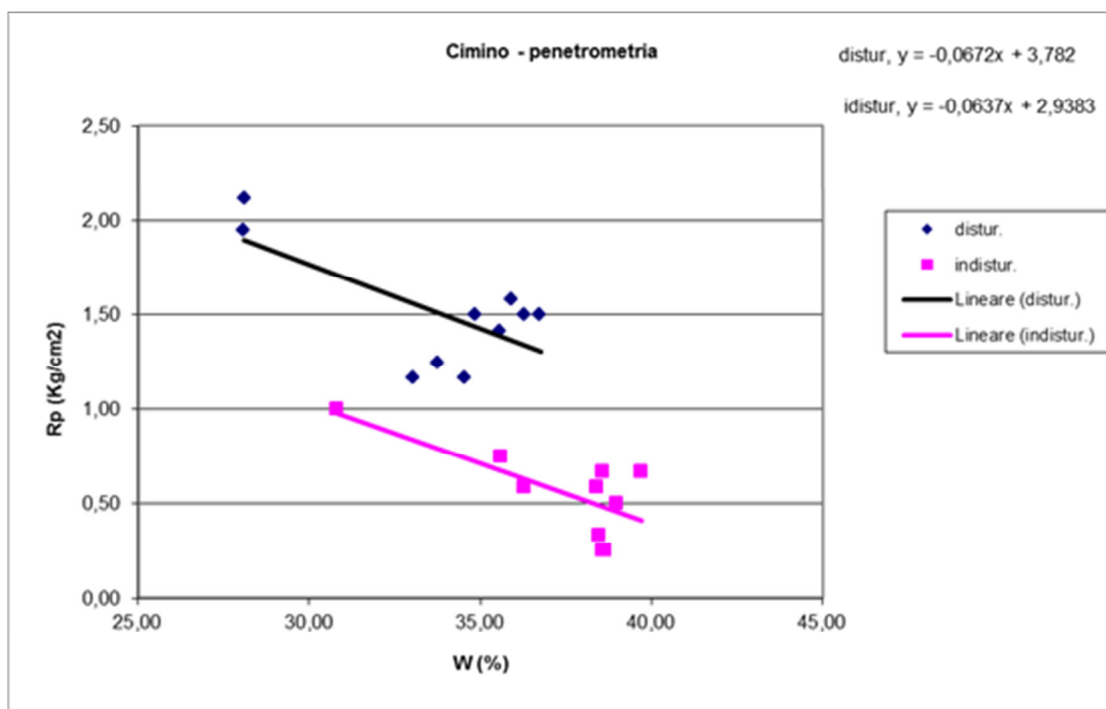
W= Umidità

DA = Densità Apparente

n = Porosità

Ro = Resistenza Penetrometria

Cu = Resistenza Taglio



SAN MARTINO

Umidità – E' espressa in percentuale d'acqua sul peso secco totale. Si distingue una notevole differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati, i valori oscillano per i terreni indisturbati tra 30,80 e 39,70, con un valore medio del 21,28% e per i disturbati tra 13,35 e 27,88 con un valore medio di 13,0%. Dal punto di vista statistico questa differenza è significativa, poiché il valore risultante di α è assai inferiore al valore di riferimento 0,05 (Tab. n°12).

Granulometria e Capacità di Campo – La granulometria è dominata da un alto contenuto di sabbia pari al 54%, mentre il contenuto in limo è il 42,6% e quello dell'argilla del 3,3%, pertanto rientra nella classe tessiturale dei suoli FS (franco-sabbiosi). Con i valori granulometrici e mediante il metodo della Soil Water (K. Saxton) è stata calcolata la capacità di campo del suolo (CC) che risulta pari al 21%.

Densità apparente - Si nota una netta differenza dei valori in specifico nell'indisturbato si ha un valore di $0,91 \text{ g/cm}^3$ mentre sul disturbato $1,10 \text{ g/cm}^3$. Dal punto di vista statistico questa differenza tra i disturbati e gli indisturbati risulta nettamente significativa risultando $\alpha < 0,05$ (Tab. n°12).

Peso Specifico - Il suolo derivante da colate laviche nefritiche-leucititiche si attesta su un valore medio di $2,54 \text{ g/cm}^3$.

Indice di Stabilità degli Aggregati – Per questo parametro si nota una enorme differenza tra il disturbato e l'indisturbato, per il primo il valore medio di 0,92 mentre per il secondo di 0,72. Questa differenza è molto significativa infatti il valore α è nettamente superiore all'indice di riferimento $\alpha = 0,05$ (Tab. n°12).

Porosità – Si registra una diminuzione della porosità del disturbato rispetto all'indisturbato; ciò è giustificato essendo questo suolo essenzialmente sabbioso e quindi ricco in macropori. Dall'analisi statistica questa differenza risulta significativa essendo il valore α nettamente al di sotto della soglia dello 0,05 (Tab. n°12).

Resistenza alla Penetrazione – Si sono ottenuti valori come era attendibile più alti nel terreno disturbato, infatti il valore della resistenza alla penetrazione calcolato all'umidità della capacità di campo risulta per l'indisturbato $1,58 \text{ Kg/cm}^2$ contro il $2,48 \text{ Kg/cm}^2$ del disturbato.

Resistenza al Taglio – Lo stesso andamento è stato registrato con le prove scissometriche in cui si è registrato un valore della resistenza al taglio, calcolata all'umidità della capacità di campo di 21%, di $3,79 \text{ t/m}^2$ per l'indisturbato contro $4,74 \text{ t/m}^2$ del disturbato.

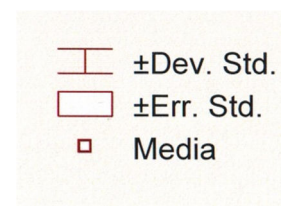
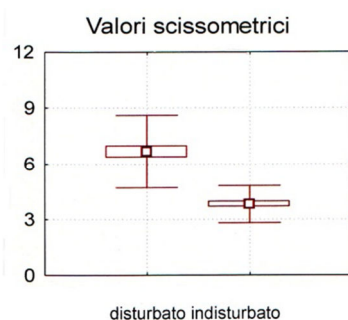
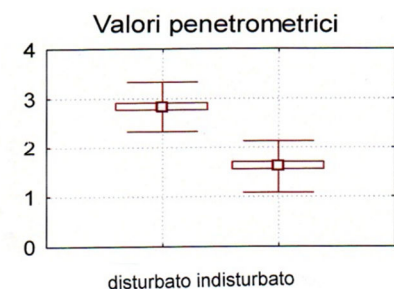
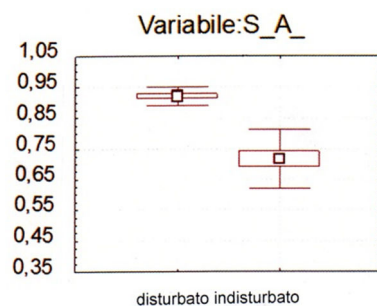
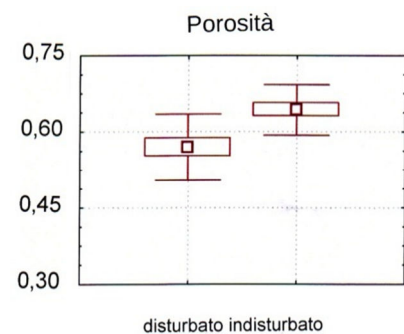
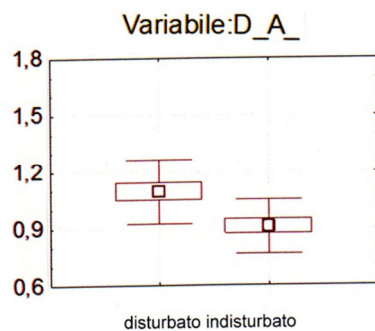
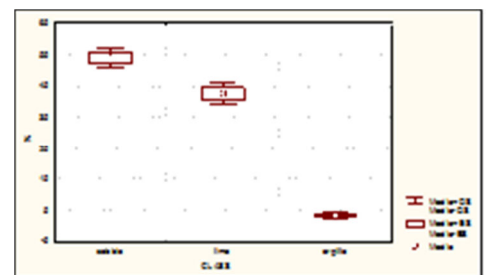
Test t per Campioni Dipendenti (ttest.sta)

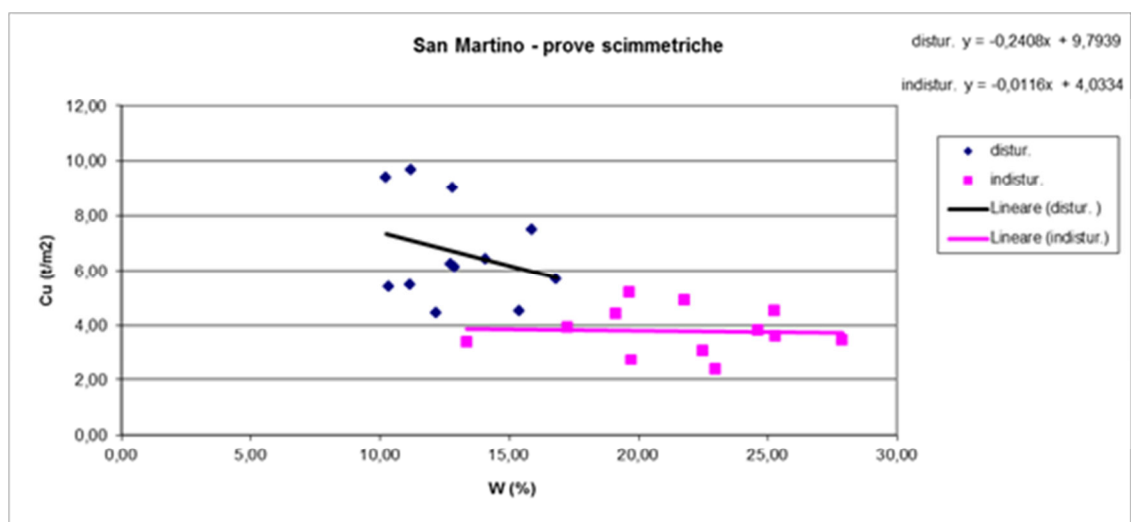
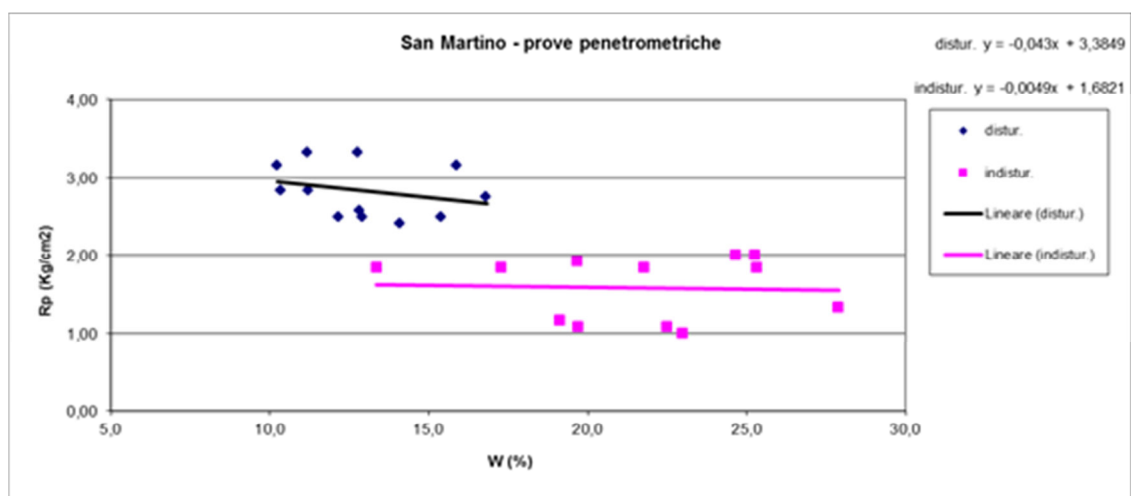
Differ. marcate significative al liv. $p < ,05000$

	Media	Dv.Std.	N	Diff.	Dv.Std.	t	gdl	p
D_U%	33,7	3,1531115						
I_U%	37,4	2,6272833	10	-3,671	2,6686	-4,35	9	0,0019
D_D_A_	0,9	0,0865361						
I_D_A_	0,76	0,0821568	10	0,147	0,0663	7,00	9	6E-05
D_P	0,62	0,0369476						
I_P	0,68	0,0309307	10	-0,062	0,0288	-6,798	9	8E-05
D_S_A_	0,64	0,1323089						
I_S_A_	0,64	0,1222295	10	0,006	0,169	0,118	9	0,9088

Tab. n°12 – Dati Statistici riassuntivi “San Martino”

granulometria				
	S	L	A	tes
San Martino				
1	54,8	41,0	4,2	
2	50,5	46,7	2,8	
3	56,8	40,2	3,0	
media	54,0	42,6	3,3	FS





INTERPRETAZIONE DEI DATI

Densità apparente

Dal confronto dei valori della DA delle 5 stazioni, i suoli campionati nei punti indisturbati, dal punto di vista statistico sono stati divisi in due gruppi, di cui nel primo presentano una affinità le stazioni Cimino e San Martino e nel secondo le stazioni Peglia, Battipaglia e Casalotti. Per i suoli campionati nei punti disturbati i gruppi sono 3: nel primo c'è solo il Cimino, nel secondo San Martino e nel terzo Battipaglia, Peglia e Casalotti.

Emerge che i suoli con contenuto di argilla superiore al 23% vengono raggruppati insieme, ciò indica che la presenza di argilla è una caratteristica accumulante. Invece i terreni sabbiosi, Cimino e San Martino, sono stati inseriti su classi differenti pur essendo tutti e due sabbiosi. Questo potrebbe essere imputabile alla differenza del quantitativo di sabbia, infatti i suoli del Cimino ne presentano il 73%, mentre quelli di San Martino il 54%.

Nei suoli indisturbati vediamo che il comportamento dei terreni con alto tenore di argilla risultano essere raggruppati nella stessa classe come sopra e sono Battipaglia, Peglia e Casalotti. Contrariamente a quanto avvenuto nei suoli disturbati del Cimino e di San Martino vengono riuniti nella stessa classe. Da questo si presume che i suoli allo stato indisturbato, per quanto riguarda i sabbiosi, fanno rilevare che la differenza della quantità percentuale della sabbia non è significativa. In generale questo comportamento potrebbe essere giustificato dalla disposizione delle particelle essendo presente un quantitativo di limo che riempie diversi spazi vuoti. Risulta che la DA è nettamente più alta nei terreni contenenti argilla, oscillando tra 1,3 e 1,4, mentre risulta nettamente inferiore nei terreni che hanno percentuale maggiore di sabbia, con densità apparente: 0,76 – 1,1.

Porosità

Per quanto riguarda la porosità l'analisi statistica ha suddiviso i suoli disturbati in 2 classi. Nella prima sono presenti Casalotti, Peglia e Battipaglia, nella seconda San Martino e Cimino. Anche qui viene fatta una netta distinzione con i terreni che hanno l'argilla compresa tra il 23% ed il 31% e quelli sabbiosi che hanno un contenuto di sabbia tra il 54% ed il 73%. Valori più bassi di porosità (0,41 – 0,47) risultano nei suoli contenenti più argilla dovuta ad una dominanza dei micropori, mentre nei suoli a maggiore quantitativo di sabbia, Cimino e San Martino, che presentano valori di porosità (0,57 – 0,62), la dominanza è data dai macropori e mesopori.

Stabilità degli aggregati

Dal punto di vista statistico risulta che non c'è significativa differenza tra i suoli delle singole stazioni in merito alla granulometria, così come tra i suoli disturbati ed indisturbati.

Penetrometria

Si riscontra un netto divario di valori tra l'indisturbato ed il disturbato, in tutte le stazioni con valori più elevati per il disturbato. Pur essendo classi granulometriche diverse le stazioni di Casalotti, Peglia, Cimino e San Martino presentano una percentuale di divario statisticamente non significativa, essendo stata riscontrata una percentuale tra il 42 ed il 56, mentre la stazione di Battipaglia presenta un divario nettamente maggiore alle altre stazioni con un valore percentuale del 91.

Questo comportamento tra il gruppo: "Casalotti, Peglia, Cimino, San Martino" e la stazione "Battipaglia" mette in evidenza una netta differenza tra i primi che sono suoli forestali ed il secondo che risulta essere un suolo agrario prestato all'attività forestale in forma occasionale.

Scissometria

Anche la scissometria mostra una marcata differenza tra i suoli disturbati e gli indisturbati per tutte le stazioni. In particolare questa differenza determina tre classi: nella prima classe caratterizzata dal 37% si inseriscono Casalotti e Peglia, nella seconda con un valore di differenza di circa il 18% si riscontrano Cimino e San Martino e nella terza con una differenza percentuale tra il valore scissometrico dell'indisturbato ed il disturbato del 99% è posta la sola stazione di Battipaglia. Nella prima classe ritroviamo le stazioni con tessitura franco-argillosa (Casalotti e Peglia), nella seconda classe si collocano le stazioni con tessitura franco-sabbiosa (Cimino e San Martino) e nella terza classe è stato collocato il suolo di Battipaglia pur avendo una tessitura franco-argillosa, che come precedentemente detto è un suolo ad uso agrario prestato alla forestazione.

CONCLUSIONI

Da questo studio pedologico riguardante l'impatto, con i mezzi meccanici, provocato sul suolo in differenti sistemi di utilizzazione, risulta evidente l'esistenza di un disturbo che subiscono i suoli forestali da tale pratica.

L'impatto dei suoli disturbati rispetto agli indisturbati si evidenzia in particolare nell'aumento della DA di circa il 13%, maggiormente marcato sui terreni franco-sabbiosi (fino al 20%) rispetto ai suoli più ricchi in argilla. I disturbati presentano una diminuzione della porosità del 11% con andamento percentuale pressoché uniforme, nonché un aumento medio della resistenza penetrometrica del 50%, pressoché uniforme su tutti i suoli delle stazioni forestali con esclusione del suolo agrario di Battipaglia (90%). Questo significa che nei suoli agrari il transito con mezzi pesanti è più penalizzante rispetto ai precedenti suoli. Nei suoli disturbati, per la resistenza scissometrica, si sono riscontrati aumenti che vanno dal 18% nei terreni franco-sabbiosi al 38% dei terreni franco-argillosi, quindi valori che nei suoli forestali dipendono dalla tessitura. Mentre nel suolo agrario di Battipaglia (franco-argillosi con elevata quantità di limo), l'aumento di resistenza al taglio è molto elevato (99%) e anche questo denota notevolmente il forte impatto che si esplica su questa tipologia di suoli. In questo caso la resistenza al taglio elevata oltre che dipendere dalla tessitura molto probabilmente dipende dalle lavorazioni che distruggono completamente la struttura del suolo che tende a compattarsi.

Alla fine risulta che il terreno agrario studiato è maggiormente esposto al disturbo col passaggio dei mezzi meccanici rispetto ai suoli forestali nelle operazioni di esbosco.

BIBLIOGRAFIA

Abeels P. F. J. 1981, Interaction between tyres and soils, relations for the design of flexible toric casing. Proceedings of the 7th conference of the ISTVS, Canada Alberta, vol 1 pp. 1-10

Abeels P. F. J. 1989, Mecanisation et conservation des sols. Publication Union Belge des Societes de Genie Rural, Bruxelles

Abeels P. F. J., 1990. Circulation des engins forestiers & conservation des sols. D.I.M.A.F. 1990 XXXVI – Contributi scientifico-pratici per una migliore conoscenza ed utilizzazione del legno. CNR Istituto per la Ricerca sul Legno Firenze

Baldini S. 1980. Nuove tecnologie nei diradamenti. Regione Lombardia

Baldini S. 1984. Metodologie attuali per le utilizzazioni forestali. Economia Montana 16 (1): 52-6

Baldini S. 1988. Viabilità forestale. Rivista di ingegneria agraria 2 (10): 542-547

Baldini S. 1980. Considerazioni su due trattori per concentrare materiale di piccole dimensioni. Mondo legno 6 p.

Baldini S., Spinelli R. 1987. Macchine e sistemi di lavoro tradizionali nel diradamento di una pineta di *Pinus pinea* L.

Biondi F. A., Petrini E. 2009, "Dispense di Pedologia", Facoltà di Agraria, Università degli Studi della Tuscia

Bortoli P. L. 2001. La viabilità per la valorizzazione delle aree protette e della selvicoltura naturalistica, Atti del convegno di Viabilità Forestale: Aspetti ambientali, legislativi e tecnico-economici. Lago Laceno (AV), 2-3 ottobre 1998

Cantiani P., Iorio G., Pelleri F. 2005. Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Pg) Forest@ 2; 207-216

Cappelli M. 1978. Selvicoltura generale. Bologna: Edagricole

Carta Geologica d'Italia 1:100.000, I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale)

Cavazza L. (1981), Fisica del terreno agrario, UTET, Torino, 1981

Cielo P. 2003. La viabilità agro-silvo pastorale. Elementi di pianificazione e progettazione Regione Piemonte: IPLA

Colombo P. 1980, "Elementi di Geotecnica" Zanichelli Bologna

Commissione delle Comunità Europee, 2002. Verso una strategia tematica per la protezione del suolo. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al parlamento europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle Regioni – Bruxelles 16.4.2002 COM (2002) 179 definitivo

Commissione delle Comunità Europee, Strategia tematica per la protezione del suolo, COM (2006) 231

Commissione delle Comunità Europee, Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE, COM (2006) 232

Commissione delle Comunità Europee. Risoluzione del Parlamento Europeo sulla comunicazione della Commissione "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" (COM (2002) 179 (definitivo) - C5-0328/2002 - 2002/2172 (COS))

Desio A. 1973, Geologia applicata all'ingegneria

EEA-UNEP, 2000. Down to earth: soil degradation and sustainable development in Europe – EEA – Environmental issue series N° 16

Froehlich H. A. 1989. Soil damage, tree growth and mechanization of forest operations, seminar FAO-ECE-ILO on the impact of mechanization of forest operations on the soil, Louvain la Neuve, Belgium 11-15 settembre

Froehlich H. A., 1978. Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Research Paper n. 36

Froehlich H. A. & McNabb D. H., 1984. Minimizing soil compaction in pacific northwest forests. Stone E. L. ed., Forest soils and treatment impacts. Proceeding of the 6th North American Forest Soils Conference, Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, The University of Tennessee, Knoxville

Google Earth Maps, Italia - <http://maps.google.it>

Govers G., 2003. Validation of Soil Erosion Risk Assessment in Italy – ESB – IES - JRC Ispra (VA) EUR 20nnn EN.

Grimm M., Jones R., Montanarella L., 2001. Soil Erosion Risk in Europe - ESB – IES - JRC Ispra (VA) EUR 19939EN

Hippoliti G. 1984, Appunti di meccanizzazione forestale

Hippoliti G. 2003. Note pratiche per la realizzazione della viabilità forestale. Compagnia delle foreste

King A. L. 1979, "Measuring soil compaction in mechanically thinned pine plantation (Misura della compattazione del suolo nelle piantagioni di pino diradate con sistemi meccanizzati) ASAE

paper- winter paper December 1979

Lucci S., 1983. Implicazioni della land evaluation negli interventi del settore forestale. In: Atti land evaluation, Strumenti e tecniche per la valutazione delle potenzialità del territorio ai fini della pianificazione agricola ed extragricola. Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le informazioni territoriali, Firenze

Lüscher P., Frutig F, Sciacca S., Spjevak S., Thees O. , "Il suolo nella normativa elvetica". WSL Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio. "Merkblatt fuer die Praxis" n°45, Giugno 2009 Birmensdorf (Svizzera)

Mann J. W. 1989. Transferring the technology of forest soil impact management to practicing foresters. Seminar FAO-ECE-ILO on the impact of mechanization of forest operation on the soil, Louvain la Nueve, Belgium 11-15 settembre

Murphy G., Robertson E., "The compactability of New Zealand forest soils" (La compattazione del suolo forestale e raccolta meccanizzata del legname) – LIRA technical release Vol. 6 N° 7.

Petrini E., "Studio geochimico delle sorgenti termali del Viterbese". Tesi di Laurea Anno Accademico 1981-82 Università di Perugia, Facoltà di Agraria, Istituto di Pedologia

Picchio R. 2005." L'impiego dei trattori nell'esbosco a strascico, forze di trazione e coefficienti di attrito". Dipartimento di geologia e ingegneria meccanica, idraulica e naturalistica per il territorio, Facoltà di Agraria Università degli studi della Tuscia, Viterbo

Rotaru C., 1983. Tassement du sol forestier et recolte mecanisee du bois (compattazione del suolo forestale e raccolta

meccanizzata del legname). Courrier de l'exploitant et de scier – Etude generale R 256 12 p.

Shakunas Z., Bistriskas V., 1985. Alterazioni delle proprietà fisiche e idrologiche del suolo su di una pista forestale in seguito all'utilizzazione con macchine combinate. Lesnoe Khozyastvo (1985) n. 2, 33-35

Saporito L. 2004, "Problematiche connesse alla utilizzazione forestale in Sicilia di eucalitteti a biomassa ad uso energetico" Regione Sicilia

Savelli S. 2006, Meccanizzazione sostenibile nei trattamenti selvicolturali di diradamento (tesi di dottorato Università degli Studi di Padova)

Saxton K. E. et altri 1986, Estimating generalized "soil water" characteristics from texture

Smith R. B., Krag R. K. & Senyk J. P. 1989. Soil disturbance and impacts on the tree growth resulting from forestry operations in mountainous terrain. Seminar FAO-ECE-ILO on the impact of mechanization of forest operation on the soil, Louvain la Nueve, Belgium 11-15 settembre

Terzaghi K. Peck R. B. 1967, "Geotecnica" ed. Utet

Università di Torino, Facoltà di Agraria, "Trattore - prima parte" dispense per le lezioni

Van Rompaey J.J., Bazzoffi P., Jones R.J.A., Montanarella L. e Van der Knijff J.M., Jones R.J.A, 2000 "Soil Erosion Risk Assessment in Italy", European Soil Bureau

Walczak R., Orlowski R., Pulos A. (1973), A manual spring-penetrometer of soil with a recorder, Polish Journal of Soil Science, Vol. VI, No.2, 1973

Wasterlund I. 1989. Are present forestry machines, smooth terrain-machines. SFM Meddelande n.38 21-34 pp.

Wiley John and Sons Inc. New York 1967, "Soil Mechanics in Engineering Practice"