

Carta delle formazioni naturali e seminaturali

mediante approfondimento al 4° e 5° livello Corine Land Cover della Carta dell'Uso del Suolo della Regione Lazio

Carta forestale su base tipologica

Report finale

 <p>e-geos AN ASI/TELESPAZIO COMPANY</p>	 <p>Forestlab Centre</p>
e-geos spa Una società ASI/TELESPAZIO	Forest Lab Centre srl Spin Off Accademico dell'Università degli Studi del Molise

Sommario

Introduzione	3
Fase sperimentale	6
Introduzione	6
Scelta dell'area oggetto della sperimentazione	7
Preparazione dei dati.....	9
Segmentazione	10
Classificazione.....	18
Valutazione accuratezza	28
Discussione dei Risultati sulla classificazione automatica.....	32
Conclusioni	37
Fase operativa	39
Strati informativi disponibili	39
Caratteristiche geometriche e tematiche della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio	45
Metodologia di realizzazione della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio.....	63
Caratteristiche del database geografico della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio	68
Derivazione della carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio	69
Caratteristiche del database geografico della carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio.....	81
Rilievi di campagna	82
Bibliografia.....	84
ALLEGATI.....	85

Introduzione

Al fine di comprendere alcune delle scelte tecniche operate per la realizzazione del progetto appare utile richiamare la lunga cronostoria che, dal bando di gara, ha portato all'effettiva implementazione del progetto.

Il progetto per la realizzazione della "Carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio" in scala 1:10.000 nasce da un bando di gara del 02/10/2006 dell'Agenzia Regionale dei Parchi del Lazio che nel capitolato d'appalto specificava le metodologie per la realizzazione del progetto. In grande sintesi se ne richiamano le specifiche salienti:

- 1) la carta si configura come un approfondimento di 4° e 5° livello tematico della Carta di Uso del Suolo della Regione Lazio (UDS) realizzata nel 2003 in scala 1:25.000. Il prodotto finale doveva essere geometricamente coerente con l'UDS;
- 2) la procedura di realizzazione doveva derivare dall'interpretazione di dati telerilevati multisorgente, assistita da un sistema esperto basato sull'elaborazione "object-oriented" di immagine e logica "fuzzy". Con il ricorso ad almeno tre riprese satellitari ad elevata risoluzione spettrale;
- 3) i dati da utilizzare dovevano essere immagini telerilevate multi temporali Landsat e revisione tramite ortofoto digitali IT2000 Terraitaly.

Tali specifiche tecniche derivavano in parte anche dai promettenti risultati ottenuti nel progetto pilota "Carta della copertura del suolo al IV livello (Sistema Europeo Corine Land Cover) in aree protette regionali e siti natura 2000 del Lazio, con approfondimento tematico al V livello nelle formazioni naturali e seminaturali" realizzata dalla società INFORM per ARP Lazio. In tale progetto in un'area di 116.625 ha veniva realizzato una cartografia basata su complessive 31 classi. La metodologia adottata fu basata su una classificazione automatica di immagini Landsat successivamente modificata tramite fotointerpretazione manuale a video basata su segmentazione multi-risoluzione di 109 fotogrammi aerei a colori.

L'area di studio fu divisa in quattro unità fitoclimatiche: litorale tirrenico; campagna romana; tuscia; appennino centrale. Il processo di valutazione dell'accuratezza di tale cartografia è stata realizzata internamente da INFORM "con un processo di revisione geometrico e tematico della banca dati basato su controllo visivo indipendente" ovvero apparentemente senza verifica a terra (INFORM, 2005).

Su tali basi l'accuratezza complessiva (overall accuracy) fu rispettivamente di: 78,56% (su quattro classi di vegetazione) nella "campagna romana", 71,97% (su 10 classi di vegetazione) nella "Tuscia" e di 82,32% (su 13 classi di vegetazione) nel "Appennino centrale" (INFORM, 2005).

La gara, veniva assegnata il 28/12/2006 alla Telespazio SPA, ramo Osservazione della Terra) (ora e-Geos SPA). La Telespazio si avvaleva, come supporto scientifico, della collaborazione dello spin off dell'Università degli Studi del Molise forestlab centre srl.e dei gruppi di ricerca del Laboratorio di Biologia Vegetale dell'Università La Sapienza di Roma coordinato dal Prof. Carlo Blasi e dal gruppo del Prof. Piermaria Corona dell'Università della Tuscia di Viterbo.

L'offerta prevedeva alcuni aspetti migliorativi rispetto al bando di gara e rispetto al progetto pilota di INFORM:

- la realizzazione della segmentazione multirisoluzione e classificazione *object oriented* sarebbe passata dal dato Landsat (30 m di risoluzione geometrica) a quello più avanzato SPOT5 (10 m di risoluzione geometrica);
- la successiva fase di classificazione e revisione manuale sarebbe stata basata su una nuova copertura di immagini multispettrali ad altissima risoluzione (50 cm) acquisita dal sensore aviotrasportato ADS40.

All'avvio operativo del progetto veniva definito il sistema di nomenclatura della cartografia che veniva condiviso dal gruppo di lavoro e da ARP. Tale legenda, modificata in corso d'opera, si struttura ad oggi ben oltre l'approfondimento originariamente previsto dal bando di gara arrivando a un dettaglio di un 6° livello Corine per alcune categorie di classe 3.

Veniva quindi realizzata la segmentazione della copertura SPOT5 sull'intero territorio della Regione Lazio e in un'area di studio nel comune di Antrodoto veniva avviata una fase sperimentale volta alla definizione dei dettagli operativi e degli algoritmi di processamento automatici da replicarsi successivamente su tutto il territorio.

I risultati ottenuti nell'area di studio non hanno permesso di sviluppare una procedura che permettesse di coniugare l'altissimo dettaglio del sistema di nomenclatura utilizzato con il livello di accuratezza geometrico e tematico richiesto dal bando di gara.

Per questi motivi l'implementazione operativa del progetto è stata basata sulla fotointerpretazione della copertura ADS40. Si noti che comunque anche la procedura proposta nel progetto originario comunque prevedeva una fase di revisione manuale, così come operativamente realizzato anche nel progetto pilota di INFORM. Tale scelta operativa è stata condivisa con ARP in occasione dei diversi stati di avanzamento, in particolare con la consegna del SAL relativo al 50% della fotointerpretazione avvenuto il 18/07/2008.

In corso d'opera il servizio foreste della Regione Lazio ha inoltre richiesto la derivazione di una carta forestale su basi tipologiche per la Regione Lazio. Tale richiesta, formalizzata con prot. ARP del 12/10/2007 veniva seguita da offerta Telespazio divenuta operativa con determina Dirigenziale 48/PP del 19/12/2007. Per questo motivo modificato il sistema di nomenclatura utilizzato dai fotointerpreti in modo da poter derivare automaticamente, alla fine del progetto, entrambe le cartografie (quella delle "Formazioni naturali e semi-naturali" e la "Carta forestale su basi tipologiche") in via automatica, mantenendo così una rigida coerenza geometrica e tematica tra le due cartografie.

Le attività oggetto del contratto, e del suo ampliamento, sono state realizzate sotto il coordinamento delle seguenti figure chiave:

Nominativo	Ruolo
Dott. Livio Rossi, poi sostituito dal Dott. Arnaldo Ribera	Responsabile di Progetto, e-geos
Prof. Carlo Blasi	Coordinamento Scientifico, Università degli Studi "La Sapienza"
Dott.ssa Sandra Paolini	Responsabile dell'elaborazione immagini telerilevate, e-geos

Prof. Marco Marchetti	Responsabile delle Rilevazioni, forestlabcentre
Dott. Michele Poggi	Responsabile della Qualità, e-geos
Dott. Gerardo D'Andreta	Responsabile della geocodifica e Trattamento immagini, e-geos
Prof. Gherardo Chirici	Responsabile interpretazione e classificazione, Università degli Studi del Molise
Dott. Riccardo Copiz	Supporto tecnico-scientifico per la tipificazione e l'interpretazione, Università degli Studi "La Sapienza"
Dott. Daniele Biscontini	Responsabile sperimentazione classificazione object oriented, e-geos
Prof. Piermaria Corona Dott.ssa Anna Barbati	Responsabili sistema di nomenclatura carta forestale su basi tipologiche, Università degli Studi della Tuscia
Dott. Marco Ottaviano Dott.ssa Daniela Tonti	Responsabili layout di stampa, forestlabcentre

Per quanto riguarda l'interpretazione tematica, il territorio regionale è stato suddiviso in cinque lotti provinciali sottoposti all'attività di foto interpretazione sotto il coordinamento operativo delle seguenti figure:

LOTTO	PROVINCIA	RESPONSABILE FOTOINTERPRETAZIONE
1	VITERBO	Dott. Mattia Martin Azzella
2	RIETI	Dott.ssa Teresa Stirpe
3	ROMA	Dott.ssa Laura Falcioni
4	FROSINONE	Dott. Ugo Chiavetta
5	LATINA	Dott.ssa Francesca Subera

Nel seguito vengono prima presentati i risultati della sperimentazione della classificazione object oriented realizzati nell'area test di Antrodoco e successivamente viene descritta la procedura operativa utilizzata nell'implementazione operativa del progetto.

Fase sperimentale

Introduzione

Vista la disponibilità di una copertura di aereofoto multi spettrali (ADS40), inizialmente non prevista dal progetto, la segmentazione multirisoluzione è stata realizzata in ambiente *Definiens Professional* sulla base della copertura SPOT5 al fine di supportare e oggettivizzare le consuetudinarie metodologie di fotointerpretazione.

La fotointerpretazione manuale è un processo soggettivo, lo stesso fotointerprete sulla base delle stesse immagini non può replicare esattamente il proprio lavoro, lo stesso valga per due fotointerpreti che debbano cartografare una stessa area (Chirici et al., 2002).

La segmentazione implementata nell'ambiente *Definiens* è di tipo *bottom-up*: i pixel dell'immagine originaria vengono aggregati in una serie di passaggi successivi fino a quando i poligoni creati non hanno caratteristiche corrispondenti a quelle volute dall'operatore. La procedura tende alla minimizzazione dell'*eterogeneità spettrale* di ciascun poligono, calcolata sulla base dei valori di DN dei pixel inclusi, e dell'*eterogeneità geometrica*, dipendente dalla forma dei poligoni creati (Baatz e Schäpe, 1999; Baatz et al., 2001; Chirici e Corona, 2006).

La realizzazione dei poligoni vettoriali ottenuta tramite segmentazione può sostituire in tutto o in parte la fotointerpretazione per digitalizzazione manuale. Il fotointerprete deve solo etichettare i poligoni associandoli a una delle classi del sistema di nomenclatura ed eventualmente correggere localmente la segmentazione con un'operazione manuale di *splitting* per suddividere eventuali poligoni ritenuti non omogenei afferenti a più classi, o di *merging* fondendo poligoni adiacenti con stesso uso/copertura del suolo artificialmente creati dalla segmentazione.

La segmentazione multirisoluzione permette di supportare la successiva fase di classificazione *object oriented* dei poligoni generati. Il sistema di nomenclatura adottato è troppo complesso affinché un seppur avanzato classificatore permetta la distinzione tra classi di uso/copertura del suolo così complesso. È però da definire in via sperimentale quale sia il maggior dettaglio nomenclaturale a cui un classificatore *object oriented* sia in grado di restituire cartografia tematica con accettabili margini di accuratezza tematica.

Per questo motivo la classificazione *object oriented* è stata realizzata in via sperimentale su un'area di studio appositamente scelta all'interno della Regione Lazio.

Scopo della sperimentazione era la verifica empirica del rapporto costi/benefici del processo di segmentazione e classificazione *object oriented*. Finalizzata a valutare se in ampi programmi di cartografia tematica come quelli oggetto del presente progetto tali tecniche siano efficienti oltre che tecnicamente efficaci. Con il fine, in altre parole, di valutare se la correzione manuale dei poligoni ottenuti per segmentazione automatica richieda più o meno tempo della tradizionale fase di editing per digitalizzazione manuale realizzata dal fotointerprete in ambiente GIS.

Attraverso il software *Definiens Professional* è stato creato un database geografico di poligoni vettoriali congruenti con la maschera CUS derivanti da un processo di segmentazione multilivello implementato sulla base della copertura SPOT5. La segmentazione, tramite un processo reiterato di prova e analisi dei risultati ottenuti, ha permesso di suddividere gli originari poligoni della maschera CUS in modo da ottenere il minor numero di poligoni comunque omogenei per il livello gerarchico prescelto.

La copertura vettoriale della maschera CUS suddivisa tramite segmentazione è stata quindi passata ai fotointerpreti che l'hanno modificata e integrata secondo le regole definite di seguito.

Completata una prima fase di interpretazione manuale dei poligoni questi sono stati utilizzati come *training site* per allenare una classificazione *object oriented* di tipo *supervised* in modo da valutare su un'area test l'utilità di queste procedure per la derivazione di cartografia tematica come quella oggetto del presente progetto. Tale fase di segmentazione e classificazione *object oriented* è di natura sperimentale ed è stata verrà quindi realizzata su una porzione di un lotto test, il numero 4 (Figura 13).

Scelta dell'area oggetto della sperimentazione

La classificazione *object oriented* è stata realizzata nel comune di Antrodoto, vista la sua alta eterogeneità in termini di copertura vegetazionale.

Il Comune di Antrodoto ha un'estensione di 6520 ha. Sulla base della carta dell'uso del suolo "Corine Land Cover 2000" risulta che i territori boscati e seminaturali ricoprono quasi il 90% del territorio e solo il 11 % risulta agricolo e l'1% urbanizzato, nell'area sono state rinvenuti ben 21 tipi forestali e particolarità geologiche, pedologiche e fisiografiche che denotano un'alta variabilità nei versanti e nelle esposizioni. La copertura forestale ha un'estensione di circa 4300 ha pari al 66% del territorio, tra le categorie forestali più abbondanti troviamo le faggete e i querceti (Tabella 1).

<i>Tipo</i>	<i>Superficie [ha]</i>	<i>Tipo</i>	<i>Superficie [ha]</i>
Lecceta rupicola	29,87	Faggeta altomontana	316,34
Querceto di roverella pioniero	486,63	Faggeta submontana	786,16
Querceto di roverella mesoxerofilo	264,04	Faggeta montana	402,51
Cerreta submontana	58,83	Pioppeto-saliceto	3,74
Cerreta mesofila	156,37	Robinetto-ailanteto	3,72
Ostrio-cerreta	194,44	Rimboschimento di pino nero	91,31
Orno-ostrieto pioniero	56,61	Rimboschimento di altre conifere	42,47
Ostrieto submontano	190,38	Arbusteto a ginestre	13,54
Ostrieto mesofilo	974,29	Arbusteto a ginepri	3,81
Castagneto da frutto	102,47		
Castagneto neutrofilo	92,13		
Castagneto acidofilo	39,66		

Tabella 1 – Tipi forestali del comune di Antrodoto

Da un'analisi della classificazione derivata da fotointerpretazione del progetto "Carta delle formazioni naturali e seminaturali del Lazio" sono risultate 27 classi in tutto il Lazio (Tabella 2).

N	III	IV	V
1	311	3111	31111
2		3112	31121
3			31122
4		3113	31131
5			31134
6		3114	31141
7			31142
8		3115	31151
9			31152
10		3116	31161
11			31162
12	312	3121	31211
13		3122	
14	313	3131	31312
15			31313
16		3132	31322
17	321	3211	32111
18			32112
19			32113
20			32115
21		3212	32121
22			32122
23	322	3222	
24		3223	
25		3224	
26	332	3322	
27	333	3331	

Tabella 2 – Classi nella Regione Lazio

Nel solo Comune di Antrodoco sono state rinvenute le classi di copertura del suolo così suddivise per percentuale di copertura (Tabella 3).

L’alta variabilità morfologica, pedologica e forestale e di conseguenza il numero di classi di copertura del suolo, ha candidato il Comune di Antrodoco come area test per la sperimentazione sulla classificazione automatica della “Carta delle formazioni naturali e seminaturali del Lazio”.

V	V	V	Total	
31111	Querceti sempreverdi a prevalenza di leccio	31111	2448358	4,4%
31121	Querceti a prevalenza di cerro	31121	3741507	6,7%
31122	Querceti a prevalenza di roverella	31122	3093785	5,6%
31131	Orno-strieti neutro-basifili con locali prevalenze di carpino orientale	31131	8242739	14,8%
31134	Cenosi legnose di neoformazione in ambito agricolo e artificiale	31134	496747	0,9%
31141	Castagneti puri e misti con altre latifoglie	31141	1855613	3,3%
31142	Castagneti da frutto	31142	135254	0,2%
31151	Faggete submontane o basso-montane (Anemone-Fagetum)	31151	8268336	14,8%
31152	Faggete alto-montane (Polystico-Fagetum, Solidagini-Fagetum)	31152	10798540	19,4%
31161	Boscaglie ripariali a salici arbustivi	31161	59583	0,1%
31162	Boschi igrofilii a pioppi e salice bianco e/o ad ontano nero e/o a frassino meridionale	31162	150719	0,3%
31211	Pinete di pino domestico	31211	102846	0,2%
31312	Boschi misti a prevalenza di querce caducifoglie	31312	35878	0,1%
31313	Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermo file	31313	47609	0,1%
31322	Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pino nero, abeti, larice, cembro, pino silvestre	31322	35481	0,1%
32111	Praterie montane e alto-montane (a Nardus stricta e/o a Festuca paniculata; a Festuca violacea subsp. italica; a Sesleria nitida)	32111	2468198	4,4%
32112	Prati da sfalcio e pascoli a Cynosurus cristatus e Lolium perenne o a Festuca arundinacea	32112	120689	0,2%
32113	Praterie a Dasyvirum villosum (campagna romana)	32113	187693	0,3%
32115	32114 Praterie pseudo-steppe ad Ampelodesmos mauritanicus e/o a Hyparrhenia hirta	32115	19983	0,0%
32121	Praterie d'altitudine o alto-montane (a Sesleria tenuifolia; a Festuca rubra) con locali comunità ad	32121	6441421	11,6%
32122	Praterie montane a Brachypodium genuense o a Bromus erectus	32122	1403747	2,5%
		999	211868	0,4%
		Grand Totà	55707851	90,0%
		IV	Total	
		999	211868	0,4%
3111	Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera	3111	2448358	4,4%
3112	Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	3112	6835292	12,3%
3113	Boschi a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofille (acero-frassino, carpino neroomielo)	3113	8739486	15,7%
3114	Boschi a prevalenza di castagno	3114	1990867	3,6%
3115	Boschi a prevalenza di faggio	3115	19066876	34,2%
3116	Boschi a prevalenza di specie igrofile (boschi a prevalenza di salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)	3116	210302	0,4%
3121	Boschi e rimboscimenti a prevalenza di pini mediterranei (pino d'Aleppo, pino domestico, pino	3121	102846	0,2%
3122	Rimboscimenti a prevalenza di pini montani e oromediterranei (pino nero), di abete bianco e/o abete rosso, di larice e/o pino cembro	3122	1194553	2,1%
3131	Boschi misti a prevalenza di latifoglie	3131	83487	0,1%
3132	Boschi misti a prevalenza di conifere	3132	35481	0,1%
3211	Praterie continue	3211	2796563	5,0%
3212	Praterie discontinue e pseudo-garighe	3212	7906578	14,2%
3222	Arbusteti altomontani a ginepro nano e uva orsina	3222	40864	0,1%
3223	Arbusteti montani e submontano-collinari (a Rhamnus alpina ssp. fallax, Genista radiata, Juniperus communis, Laburnum anagyroides, Buxus s	3223	1205378	2,2%
3224	Pruneti, roveti e spartieti termofili, cespuglieti a dominanza di Cytisus scoparius e pteridieti	3224	509181	0,9%
3322	Rupi e falesie con vegetazione casmofitica	3322	40567	0,1%
3331	Ghiaioni e falde di detrito alto-montani e subalpini	3331	2289304	4,1%
		Grand Totà	55707851	100,0%
		III	Total	
311	Boschi di latifoglie	311	39291181	70,5%
312	Boschi e rimboscimenti di conifere (esclusa arboricoltura)	312	1297399	2,3%
313	Boschi e rimboscimenti misti di conifere e latifoglie	313	118968	0,2%
321	Aree a pascolo naturale e praterie	321	10703141	19,2%
322	Brughiere e cespuglieti	322	1755423	3,2%
332	Aree a vegetazione sclerofilla	332	40567	0,1%
333	Aree con vegetazione rada	333	2289304	4,1%
		999	211868	0,4%
		Grand Totà	55707851	100,0%

Tabella 3 – Classi di uso del suolo ricadenti nel Comune

Preparazione dei dati

Nella fase iniziale del lavoro ci si è premurati di selezionare i dati di INPUT ritenuti idonei ed utili alle successive fasi del lavoro.

- Copertura di immagini telerilevate dal sensore aviotrasportato multispettrale ADS40. Sono state selezionate due immagini con taglio della Carta Tecnica Regionale centrate sul comune di Antrodoto. Si tratta delle sezioni 348140 e 358020. Le immagini hanno risoluzione geometrica di 50 cm e sono caratterizzate da tre bande spettrali che coprono le lunghezze d'onda dal vicino infrarosso al verde. Le immagini sono acquisite nella primavera estate 2005. Le immagini sono proiettate nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso EST.
- Immagine telerilevata dal sensore satellitare SPOT5 centrata sul Lazio nord-orientale con risoluzione geometrica di 10 m e quattro bande multispettrali che coprono le lunghezze d'onda dal vicino infrarosso al verde. L'immagini è stata acquisita nel settembre 2006. Il sistema di riferimento originario è UTM WGS84, fuso 33N.
- Modello digitale del terreno della Regione Lazio con passo di 20 m.

- Cartografia di uso del suolo della Regione Lazio (di seguito denominata CUS) basata su un sistema di nomenclatura a 76 classi.
- Strato vettoriale dei confini amministrativi del comune di Antrodoco.
- Maschera CUS. Selezione dallo strato informativo originario della CUS dei soli poligoni afferenti alle classi 3, 4 e 5 di primo livello.

Ove necessario, tutti i dati sono stati proiettati nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso EST.

L'immagine SPOT5 è stata ortorettificata in ambiente *Erdas 9.3* in maniera tale da coregistrarla con le immagini ADS40. Particolare cura è stata posta nell'ottenimento di una sufficiente congruenza geometrica tra le due fonti di dati nell'area di studio.

Alcune tecniche di *Spectral enhancement* sono state applicate sempre in ambiente *Erdas 9.3* sia sulle immagini ADS40 che SPOT5.

1. *Analisi delle componenti principali* – è stato ottenuto un nuovo *layer* relativo alla prima componente principale (PC1) di ciascuna immagine.
2. *RGB to HSI Transformation* – il dato spettrale visualizzato nello spazio dei colori RGB è stato trasformato e visualizzato nello spazio dei colori H – Hue, S – Saturation, I – Intensity
3. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* è stato calcolato per ciascuna immagine.

Altre tecniche sono state esplorate in maniera più o meno approfondita ma sono state reputate meno utili ai fini dell'estrazione del contenuto semantico delle immagini spettrali. Un esempio su tutti riguarda l'applicazione di alcune tecniche di *Spatial enhancement* disponibili in ambiente *Erdas 9.3* quali ad esempio alcuni algoritmi matematici per l'analisi delle Texture sensu Haralick (1979).

A partire dalle informazioni contenute nel Modello Digitale del Terreno sono state estrapolate una carta delle pendenze ed una delle esposizioni grazie all'estensione *Spatial Analyst* di *ArcGis 9.3*.

Segmentazione

In questa prima fase è stato creato un database geografico di poligoni vettoriali derivanti da un processo di segmentazione multilivello implementato tramite il software *Definiens Developer 7.0*. Una volta ricreata la struttura gerarchica del sistema di nomenclatura all'interno del software, è stato creato un primo livello di segmentazione sulla base delle immagini satellitari e aeree disponibili. La segmentazione, tramite un processo reiterato di prova e analisi dei risultati ottenuti ha permesso di ottenere il minor numero di poligoni comunque omogenei per il livello CLC prescelto.

Una seconda fase di segmentazione portata avanti in maniera aggregativa, ad un livello gerarchicamente superiore, è stata eseguita al fine di individuare dei domini omogenei ad un 1° livello CLC.

La procedura di segmentazione multilivello ha permesso la generazione di un database multi-scala in cui immagazzinare tutte le informazioni di relazione tra poligoni adiacenti dello stesso livello e tra i poligoni di diverso livello. Questa complessa banca dati, gestita in ambiente *eCognition*, ha permesso l'impostazione della seconda fase di classificazione dei poligoni.

Due filoni principali sono stati seguiti nella ricerca delle modalità di segmentazione più idonee.

APPROCCIO 1

In una prima fase la sperimentazione si è concentrata sulla ricerca dei parametri migliori basando la segmentazione esclusivamente sull'immagine ADS40, eventualmente coadiuvata dall'informazione contenuta nel DEM e nelle carte da questo derivate.

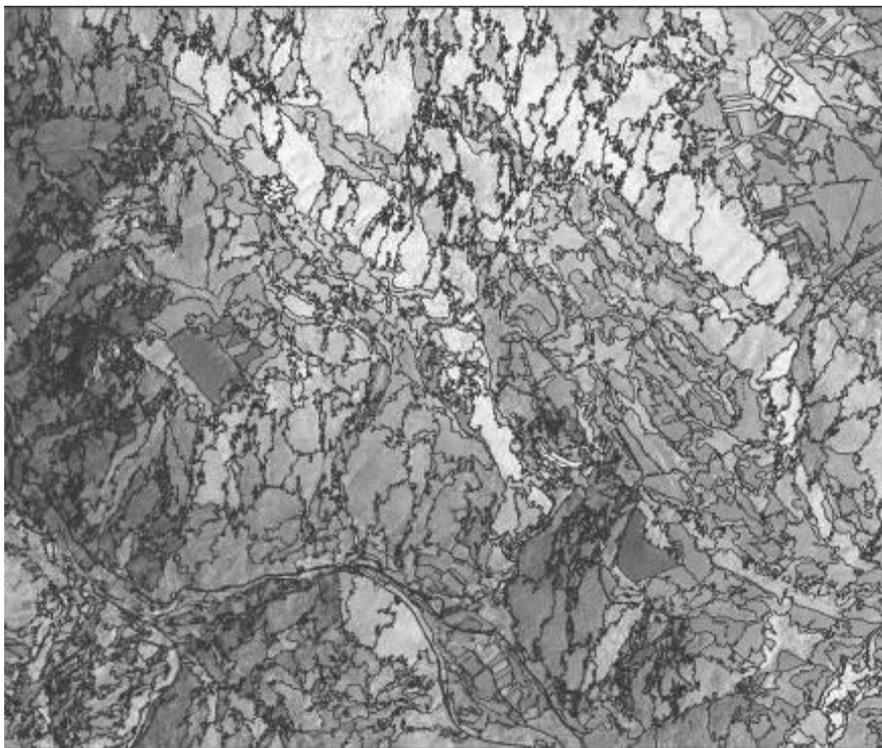


Figura 1 - Esempio di segmentazione basata su ADS40 e DEM e Aspect, tutti con pari peso. Scale parameter 2500; Shape 0,8; Compactness 0,3.

Le varie possibilità di parametrizzazione sono state indagate approfonditamente, per una carrellata dei risultati con relativi parametri si rimanda all'Allegato A.

Come si può osservare in Figura 1 questo tipo di approccio, basato quasi esclusivamente su immagini ADS40 tende a creare poligoni con un elevato grado di frattalità. La causa sembra da imputarsi all'elevatissima risoluzione geometrica di queste immagini (0,5 m) che tende a sovrastimare la differenza tra pixel afferenti allo stesso oggetto. In questa fase una risoluzione geometrica così elevata non è apparsa congrua con la scala d'interesse.

Alcune considerazioni sono state dunque portate avanti. Da un lato si è considerata la possibilità di applicazione di alcune tecniche di smoothing per superare questo elevato grado di frattalità, dall'altro si è pensato di cambiare leggermente l'approccio, integrando le tecniche di segmentazione e quelle di classificazione in un processo ciclico e iterativo.

Questo secondo approccio ha dato dei risultati più promettenti ma si è rivelato estremamente impegnativo e *time consuming*.

Vista la matrice boschiva dell'immagine ci si è concentrati nell'estrazione dei poligoni agricoli e artificiali, per poi concentrarsi nella discriminazione delle varie componenti della vegetazione naturale.

Ad una segmentazione iniziale a grana molto fine (*scale parameter 100*) è seguita una classificazione preliminare per individuare, sulla base dei valori di NDVI, le superfici artificiali, quelle ricoperte da suolo nudo, quelle in ombra e quelle interessate da qualche forma di vegetazione.

I poligoni agricoli sono stati poi individuati e delineati con un approccio *seed/expand* possibile grazie alla grana molto fine della segmentazione (Figura 2). Ad esempio per discriminare i seminativi (Classe 2.1) dopo aver individuato sulla base di attributi spettrali (nello specifico individuati nelle bande del Verde e relativa deviazione standard, e dell'IR e relativa Ratio) dei poligoni sicuramente riferibili a questa classe (*seeds*), con un processo ciclico questi poligoni sono stati fusi assieme a poligoni limitrofi con caratteristiche spettrali simili ma meno stringenti ed univoche. Lo stesso approccio è stato utilizzato per altre classi di legenda quali la 2.2 (colture arboree) e la 3.2 (vegetazione arbustiva ed erbacea).

La difficoltà di questo approccio è derivata dalla necessità di individuare un grande numero di soglie spettrali nelle diverse bande, in grado di discriminare oggetti afferenti a diverse classi di legenda. Un tale metodo appare difficilmente esportabile ad altre situazioni territoriali o ad immagini rilevate con condizioni di illuminazione differenti per le quali si renderebbero necessarie lunghe fasi di ricalibrazione dell'algoritmo, il che lo rende poco appetibile ai fini dello sviluppo di una metodologia applicabile su larga scala.

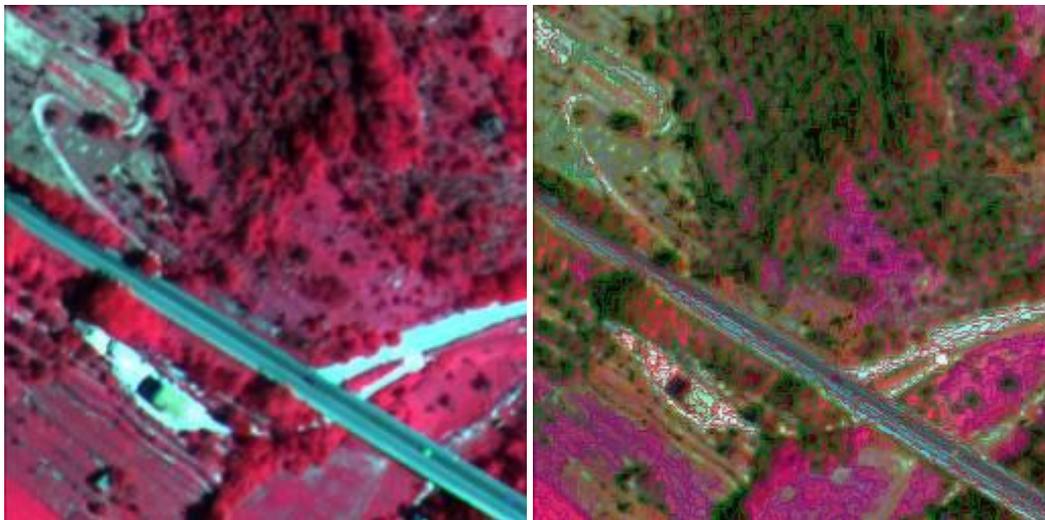


Figura 2 – Esempio di poligoni segmentati a grana molto fine (*scale parameter 100; shape 0,1; compactness 0,5*)

Di contro va notato che la grana di segmentazione molto fine e la stretta supervisione da parte dell'utente nell'applicazione di questo algoritmo, lo rendono estremamente accurato nella delimitazione degli oggetti (Figura 3).

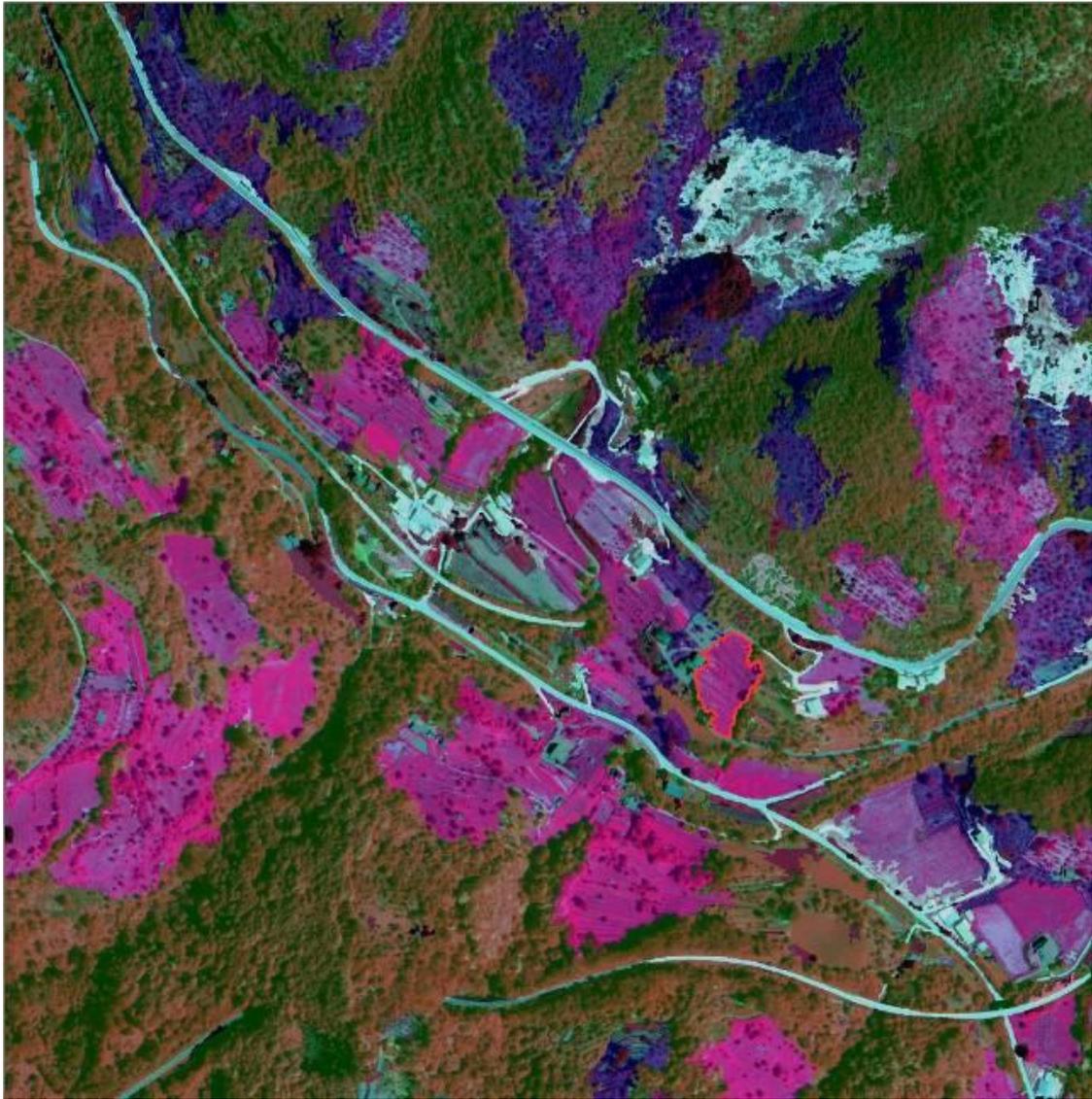


Figura 3 – Subset dell'immagine ADS40 348140 classificata secondo la legenda CLC al II livello.

Grigio: 1. superficie artificiali

Fucsia: 2.1 seminativi

Verde: 3.1 Zone boscate

Viola: 3.2 vegetazione arbustiva ed erbacea

APPROCCIO 2

Per ovviare ai problemi incontrati durante la prima fase è stato tentato un cambio di prospettiva.

Si è pensato di prendere spunto e modificare l'approccio di Chirici (2006) in cui viene descritta una tecnica di segmentazione multirisoluzione in cui tre livelli gerarchici e integrati sono stati desunti da tre diverse immagini a scala differente: la prima sulla base di un'immagine Quickbird, la seconda sulla base di un'immagine SPOT5 e la terza su dati Landsat 7 ETM+.

Grazie alla disponibilità di una scena SPOT5 per l'area di studio, si è pensato di lanciare l'algoritmo di segmentazione basato sia sul contenuto spettrale dell'ADS40 che della SPOT5 modificando opportunamente i pesi di ciascuna banda in maniera empirica fino ad ottenere una segmentazione accettabile. Il presupposto di questo metodo si basa sul fatto che pixel di dimensioni maggiori (10 m nel caso SPOT5) sono più idonei ad individuare oggetti significativi alla scala di riferimento del progetto (1:10.000). L'idea di fondo è quella di individuare poligoni significativi sulla base dell'informazione spettrale contenuta nell'immagine SPOT e di delinearli geometricamente sulla base dell'informazione contenuta nelle ADS40.

Sono state eseguite numerose prove con parametri differenti. Nella tabella sottostante si possono osservare i parametri di alcune delle prove eseguite su un subset della scena di dimensioni di 4x3 km (Tabella 4).

Un'ulteriore miglioramento geometrico della segmentazione è derivata dall'inclusione dello strato vettoriale della maschera CUS (insieme dei poligoni classificati nell'ambito della classe "3.Aree naturali e seminaturali" dalla CUS) nei dati di input della segmentazione.

Altri tentativi hanno inserito tra i dati di partenza anche alcune trasformazioni derivate dalle immagini fondamentali (HSI; PC1, NDVI).

Prov a	Tempo Macchin a	Scale Paramete r	Shap e	Compactnes s	Layer weights							
					SPOT				ADS40			DE M
					I R	NI R	Re d	Gree n	I R	Re d	Gree n	
1	8'48"	10	0,1	0,5	0	1	1	0	0	0	0	0
2	9'40"	100	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0
3	9'40"	250	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0
4	12'10"	250	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0,5	0	0
5	12'30"	250	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0	0
6	11'39"	250	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0,1	0
7	12'07"	250	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0	0,2
8	12'50"	250	0,2	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0	0,2
9	12'01"	250	0,8	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0	0,2
10	12'11"	250	0,7	0,5	1	1	1	0	0	0,1	0	0,2
11	12'30"	250	0,7	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	0,2

Tabella 4 – Prove di parametrizzazione della segmentazione su base ADS40 e SPOT, tempi di calcolo calcolati su un subset di 4x3 km.

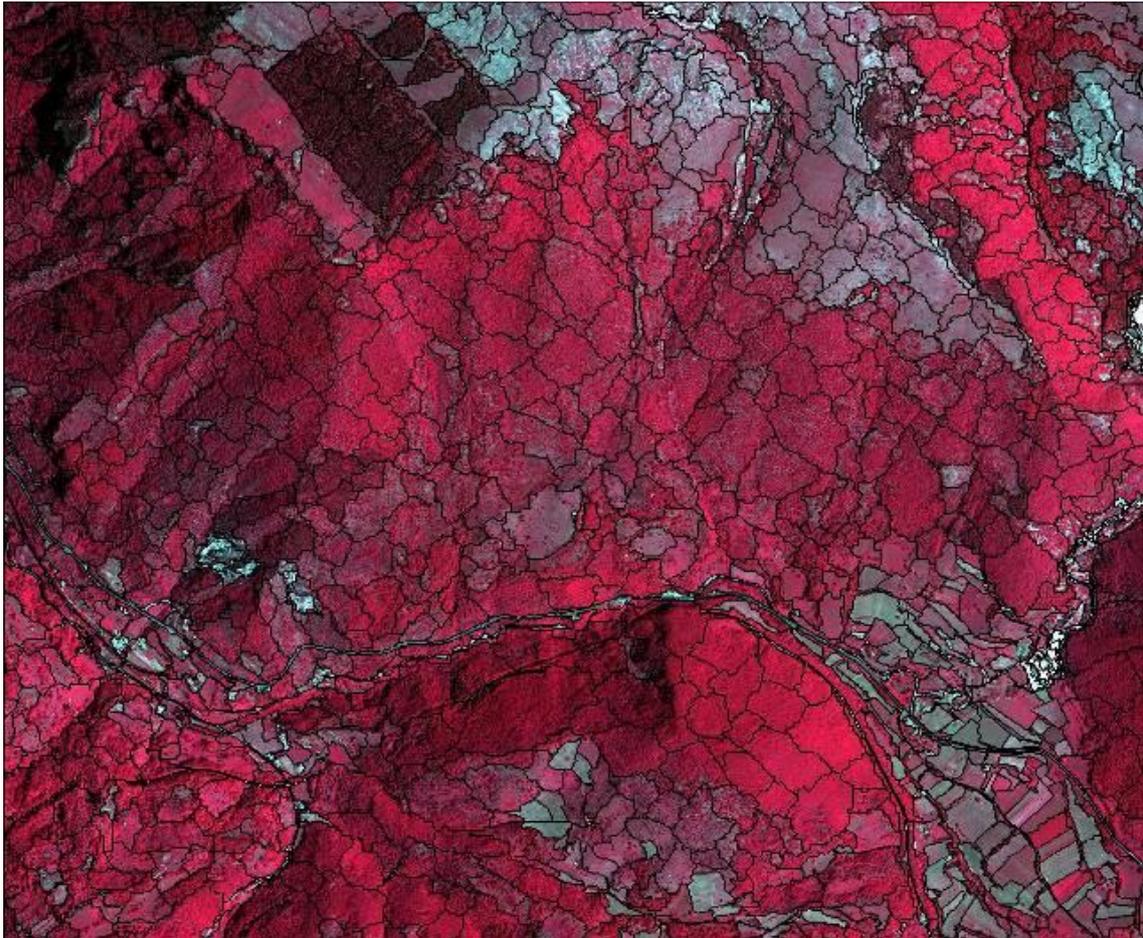


Figura 4 – Esempio di segmentazione di un subset dell'Ads40 tagliata sulla sezione CTR 348140 secondo i parametri riportati al punto 10 della tabella 5.

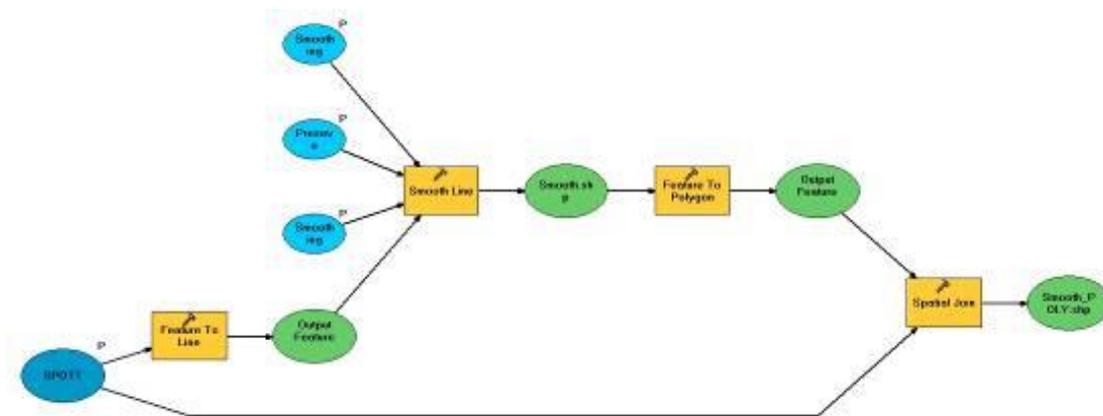
#	Report	progetto	Dato	Frame	Dimensioni subset	Tecnica	Tempo sviluppo	Livello CLC	num cl. Legenda	Classi di Legenda
1	14-apr		Ads40	348140	12kmq	Segmentazione\Classificazione	16	2	4	1; 21;22; 3
2	20-apr		Ads40	348140	12kmq	Segmentazione\Classificazione	6	2	4	1; 21; 22; 3; shadow
3	22-apr		Ads40	348140	12kmq	Segmentazione\Classificazione	5	2	5	1; 21; 22; 32; 321
4	27-apr		Ads40	348140	78 kmq	Segmentazione\classificazione	15	n.d.	n.d	n.d
5	29-apr	_1_7b	Ads40	348140	12kmq	Segmentazione\Classificazione	6	2	6	1;21;22;31;32;shadow
6	07-mag	_1_8b	Ads40	348140	12kmq	Error Matrix (Raster)	2	2	4	31;32;33;99
7	08-mag	spot_dem_1_1	Ads40;SPOT;dem	348140	12kmq	Segmentazione	6	n.a.	n.a.	n.a.
8	13-mag	smooth	Ads 40; SPOT; dem	348140	n.d.	smoothing	1	n.a	n.a	n.a
9	18-mag		SPOT	348140	12kmq	Error Matrix (Raster-Vector)	3	2	4	31;32;33;99
10	19-mag	spot_dem_1_3	Ads40;SPOT;dem	348140	12kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
11	20-mag	spot_dem_1_3	Ads40;SPOT;dem	348140	12kmq	Error Matrix (Area vs POINT)	3	3	7	311,312,313,321,322,333,999
12	25-mag	spot_dem_3_2c	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
13	28-mag	spot_dem_5_3	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	16	3	7	311,312,313,321,322,333,999
14	03-giu	spot_dem_3_2c	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Error Matrix (Point Based)	3	3	7	311,312,313,321,322,333,999
15	05-giu	spot_dem_5_3	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Error Matrix (Area) Antropico incluso	2	3	7	311,312,313,321,322,333,999
16	08-giu	spot_ad_class_311_save	Ads 40; SPOT	348140	44 kmq	segmentazione\classificazione k-nn	4	2	3	31,32,33
17	08-giu	spot_dem_5_4	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
18	10-giu	spot_dem_5_4	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Error Matrix (Point Based)	2	3	7	311,312,313,321,322,333,999
19	12-giu	spot_dem_6_2c	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
20	15-giu	spot_dem_6_3b	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Error matrix (area)	2	3	7	311,312,313,321,322,333,999
21	17-giu	spot_ad_pca_ihs	Ads 40; SPOT	348140	44 kmq	segmentazione\classificazione k-nn	5	3	3	311,312,313
22	17-giu	spot_dem_6_3b	n.a.	348140	n.a.	Andamento temporale matrici d'errore	4	3	7	311,312,313,321,322,333,999
23	18-giu	spot_ad_class_3123	Ads 40; SPOT	348140	44 kmq	segmentazione\classificazione k-nn	5	4	4	3112,3113,3114,3115
24	18-giu	spot_dem_6_4	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	4	11	3111,3112,3113,3114,3115,312,313,321,322,332+333
25	22-giu	spot_dem_6_4_10	Ads40;SPOT;dem	348140	16 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
26	23-giu	spot_dem_7_3_10	Ads40;SPOT;dem	348140	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	3	7	311,312,313,321,322,333,999
27	25-giu	spot_dem_7_3_10	Ads40;SPOT;dem	348140	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	8	4	13	322, 332+333
28	01-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	5	3	6	311,313,321,322,332+333,999
29	01-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	3	4	9	3112, 3113, 3114, 3115, 3131, 3211,3212,322,999
30	02-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	5	3	7	311,312,313,321,322,333,999
31	02-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	3	4	14	3211,3212,322,3331,999
32	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_80strat	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	3	5	311,313,321,322,99
33	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_80strat	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	4	8	3112,3113,3115,3131,3211,3212,322,999
34	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60strat	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	3	6	1,2,311,313,321,322
35	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_60strat	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	4	10	1,2,3112,3113,3114,3115,313,3211,3212,322
36	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_100chirici	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	3	7	311,312,313,321,322,332+333,999
37	03-lug	spot_dem_SUD_7_3d_100chirici	Ads40;SPOT;dem	358020	35 kmq	Segmentazione\Classificazione NN	2	4	15	3111,3112,3113,3114,3115,3116,312,313,3211,3212,3222,3223,3224,332+333,999

Smoothing

Vista l'eccessiva frattalità dei poligoni così come restituiti dal software di segmentazione e classificazione, si è cercato in maniera automatica di rendere gli *shapefile* più gradevoli e smussati nella forma. Per far ciò sono state sperimentate alcune tecniche di SMOOTHING.

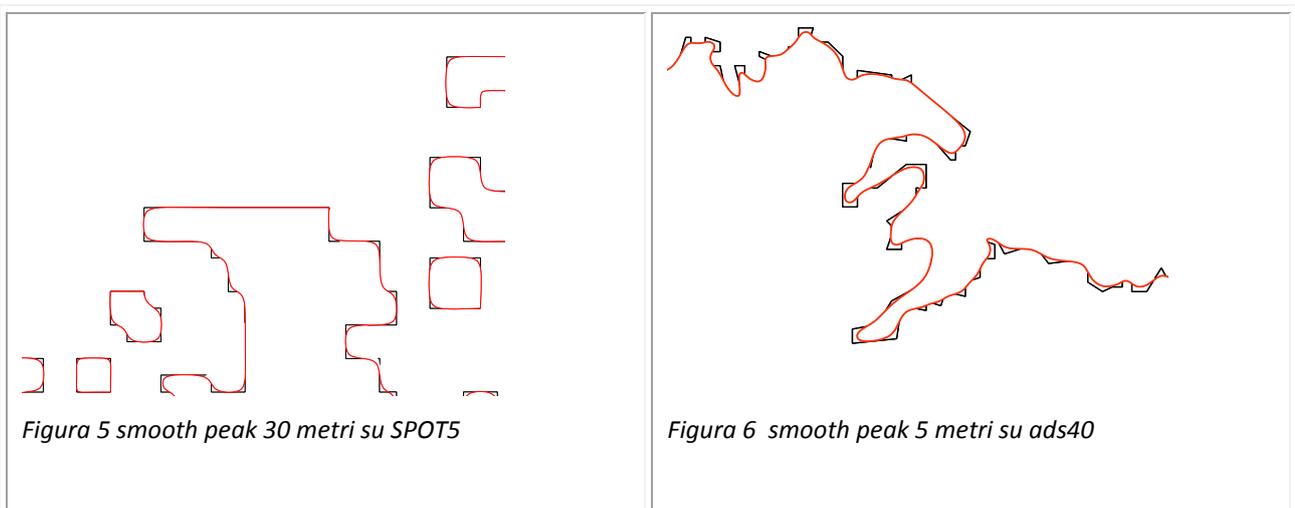
Esistono già vari *Tools* sulla rete atti ad assolvere tale scopo, ma spesso in essi si trovano restrizioni sull'uso e problemi di compatibilità con la suite *ArcGIS* sulla quale girano. Si è cercato quindi di creare tramite "*ModelBuilder*" un *tool* personalizzato atto ad assolvere le esigenze dello specifico caso in esame e creare un metodo automatico e ripetibile

Tramite il *Tool* creato è stato possibile inserire la feature o shape poligonale risultato dell'elaborazione, far settare all'utente il tipo di algoritmo di smoothing da adottare ed il grado di smooth desiderato.



Come si evince dallo schema riportato qui sopra il processo trasforma i poligoni in linee, applica lo smooth e riconverte le linee in poligoni. Successivamente viene eseguito un join spaziale il quale permette ai poligoni ricreati di non perdere l'attributo classe derivato dalla classificazione.

Questo primo tentativo ha dato dei risultati soddisfacenti nella smussatura dei poligoni derivati dalla segmentazione e classificazione di immagini SPOT 5 e ADS 40 (Figura 5 e Figura 6).



Classificazione

La classificazione è avvenuta con due metodi; uno che si spinge alla ricerca delle varie classi di uso del suolo fino al IV livello (Metodo 1) l'altro più speditivo tendente alla classificazione su classi meno spinte con maggiore velocità di esecuzione (Metodo 2).

Metodo 1

La classificazione dei poligoni ottenuti dalla segmentazione è stata portata avanti tramite due step fondamentali.

Il primo step ha riguardato l'individuazione di domini abbastanza omogenei da un punto di vista di uso del suolo ad una scala piuttosto grossolana. Così facendo l'immagine è stata classificata in 3 ambiti principali:

1. Aree Antropizzate
2. Aree Agricole
3. Aree Naturali e seminaturali

I tre domini sono andati incontro a procedure di classificazione differenziate.

Nel secondo step i poligoni base sono stati classificati tramite classificatore Nearest Neighbor con logica *fuzzy* incluso nelle funzionalità di *Definiens developer 7.0*. Il classificatore opera sulla base di valori spettrali calcolati su una serie di samples importati nel progetto .

Step 1.

Dopo la fase di segmentazione già descritta (Livello 1: scale parameter 250, shape 0,7; compactness 0,5), una seconda segmentazione di livello superiore è stata eseguita (Livello 2: scale parameter 600, shape 0,2, compactness 0,5) per individuare dei domini omogenei da classificare al primo livello Corine Land Cover.

La classificazione di questi domini è stata eseguita sulla base di criteri spettrali. I poligoni da riferirsi alla classe "1. Aree antropizzate" sono stati individuati essenzialmente sulla base dei valori dell'NDVI calcolato sull'immagine SPOT.

La classe "2. Aree agricole" è apparsa di più difficile definizione. Per l'individuazione di questa ci si è serviti della combinazione di differenti *feature*. Tra queste si citano il DEM, la pendenza e la sua deviazione standard, il Ratio calcolato sulla banda rossa dell'ADS40 e l'NDVI calcolato su SPOT. I valori di *membership* (compresi tra 0 ed 1) per ciascuna di queste bande sono stati quindi combinati in maniera moltiplicativa a definire il *membership value* totale del poligono alla classe di legenda.

La classe "3. Aree naturali e seminaturali" è stata individuata esclusivamente per esclusione.

L'ultimo passaggio ha riguardato l'assegnazione ai poligoni derivati dalla segmentazione di livello 1 della classificazione così ottenuta al livello 2.

Step 2

Nell'ambito del dominio classificato come "3. Aree naturali e seminaturali" la classificazione è stata eseguita tramite classificatore NN basato su una serie di samples precedentemente importati nel progetto (vedi paragrafo 2.4).

Il classificatore è stato lanciato in un *feature space* n-dimensionale, dove la combinazione di *features* utilizzate (bande spettrali, layer derivati e attributi geometrici) è stata scelta sulla base delle indicazioni della funzionalità *Feature Space Optimization*.

Si tratta di uno strumento in grado di confrontare i *samples* delle varie classi di legenda rispetto alle varie *features*. Come risultato *FSO* è in grado di indicare la combinazione di *features* in grado di massimizzare la distanza di separazione tra le diverse classi. Dato un massimo numero di *features* da utilizzare in combinazione, questa funzionalità analizza tutte le combinazioni possibili suggerendo quelle più idonee. Per compensare l'aumento della distanza Euclidea tra i *samples* al crescere del *feature space*, il valore di distanza viene normalizzato per \sqrt{d} , con d uguale al numero di *features* nella combinazione esaminata.

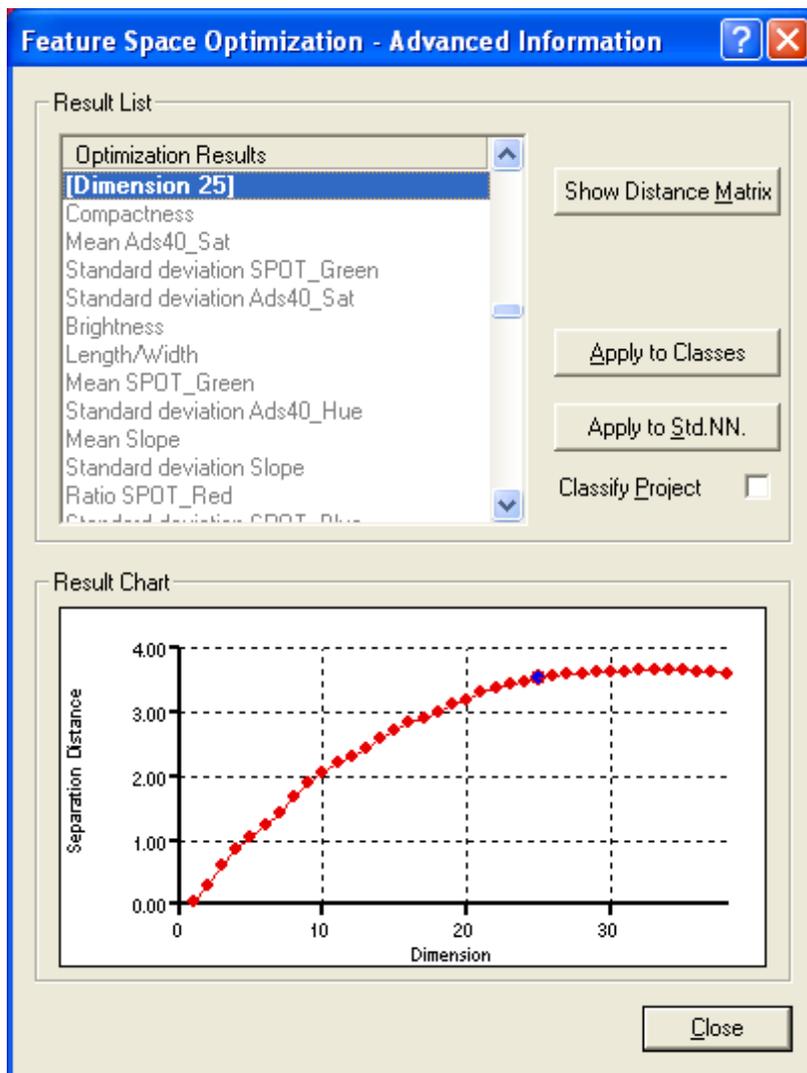


Figura 7 – Informazioni fornite dal *Feature Space Optimization*. Grafico che mostra il crescere della capacità di discriminazione tra classi (*Separation Distance*) al crescere delle dimensioni del *Feature Space*.

Class/Class	3.3.2 + 3.3.3 - Rupi + Ghiaioni	3.1.1 - Foreste di Latifoglie	3.1.2 - Foreste di conifere	3.2.1 - Pascoli naturali Praterie	3.2.2 - Brughiere Cespuglieti	999
3.3.2 + 3.3.3 - Rupi + Ghiaioni	0.000000	0.842020	5.083432	0.272029	0.253174	0.364897
3.1.1 - Foreste di Latifoglie	0.842020	0.000000	1.167279	0.235651	0.314063	0.130464
3.1.2 - Foreste di conifere	5.083432	1.167279	0.000000	1.983116	1.788624	4.064907
3.2.1 - Pascoli naturali Praterie	0.272029	0.235651	1.983116	0.000000	0.132801	0.399093
3.2.2 - Brughiere Cespuglieti	0.253174	0.314063	1.788624	0.132801	0.000000	0.536043
999	0.364897	0.130464	4.064907	0.399093	0.536043	0.000000

Figura 8 – Matrice delle distanze di Separazione tra classi di legenda al terzo livello CLC.

La combinazione di *features* idonee è stata dunque applicata al classificatore *standard-NN* con cui è stata poi eseguita la classificazione al terzo livello CLC.

Nell’ambito del dominio precedentemente classificato come “3. Aree naturali e seminaturali”, è stato lanciato il classificatore NN sulla base dei *samples* precedentemente definiti per approfondire il dettaglio dei poligoni di questa classe fino al terzo livello CLC. La classificazione degli altri domini (“1. Aree antropizzate” e “2. Aree agricole”) non è stata approfondita, avendo cura però di estrarre da questi tutti quei poligoni con *membership value* per le classi “311 Boschi di latifoglie”, “321 Aree a pascolo naturale” e “322 Brughiere e cespuglieti” maggiore di 0,8. Questa soglia è stata definita in maniera empirica ed è suscettibile di miglioramento.

Il risultato di questa prima classificazione NN è stato dunque esportato e valutato con la costruzione di una matrice d’errore.

Il passaggio seguente è del tutto analogo. Gli stessi poligoni già importati in qualità di *samples* per il terzo livello clc sono stati riassegnati a *samples* per il quarto livello. Non tutte le classi di legenda sono state approfondite al 4° livello. Ci si è limitati ad approfondire le classi “311 Boschi di latifoglie”, “321 aree a pascolo naturale” e “322 Brughiere e cespuglieti”. Le altre entità della classe “3. Aree naturali e seminaturali” sono state lasciate al terzo livello vista la scarsa differenziazione interna alle stesse. Si ricorda che le classi “1. Aree antropizzate” e “2. Aree agricole” non sono state approfondite oltre il primo livello.

La funzionalità *Feature Space Optimization* è stata lanciata tre volte, una per ciascuna classe da approfondire. Sono così state selezionate le combinazioni di *features* idonee a discriminare le sottoclassi d’interesse. Il classificatore NN è stato dunque lanciato per tre volte, una per ciascuna classe di legenda da approfondire, ogni volta con la combinazione di *features* selezionata e limitandone l’applicazione ai soli poligoni già classificati nella classe d’interesse.

Il risultato è stato poi esportato e valutato con la costruzione di una matrice d’errore.

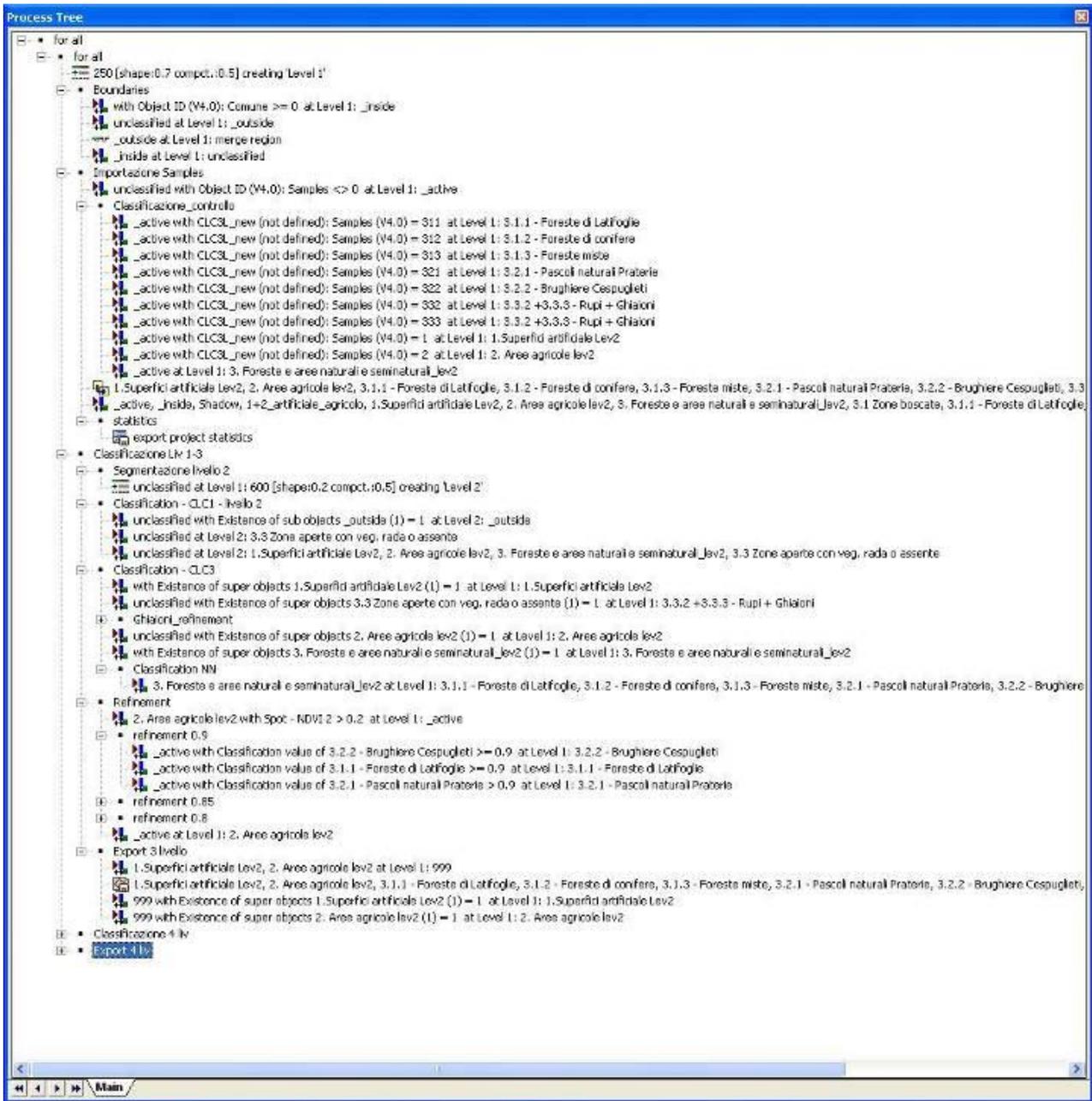
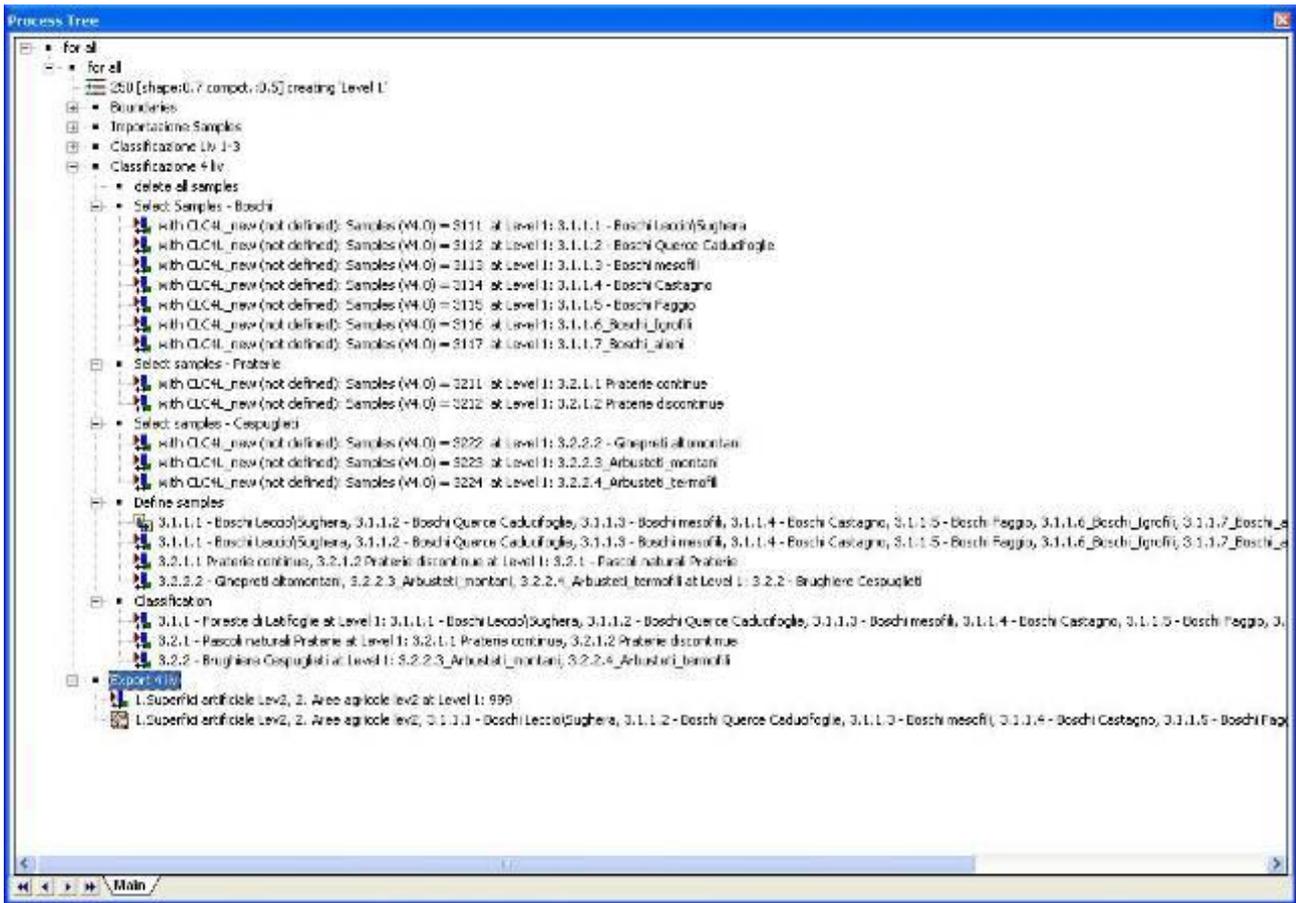


Figura 9 – Screenshot del process tree completo (segue alla pagina successiva). Le fasi principali sono: 1. segmentazione; 2. boundaries; 3. Importazione samples (clc 3liv); 4. classificazione liv 1-3; 5. Refinement; 6. Export (3liv); 7. Importazione samples (clc 4liv); 8. classificazione liv 4; 9. Export (4liv).



Selezione delle aree di samples

Il procedimento descritto è stato applicato diverse volte, lanciando il classificatore NN sulla base di diverse *samples area*..

Dopo l’iniziale segmentazione dell’immagine, la totalità dei poligoni è stata esportata in *shapefile* e visualizzata tramite *ArcGis 9.3*. Due procedimenti sono stati sperimentati.

1. Selezione di un subset casuale (circa 10%) dei poligoni e classificazione degli stessi da parte di fotointerprete ottimo conoscitore dell’area del comune di Antrodoco.
2. Selezione di vari subset di poligoni selezionati in maniera casuale e loro classificazione tramite intersezione con Carta di Uso del Suolo al 5 livello (ARP)

Per il caso 1, tre diversi tentativi sono stati eseguiti considerando diverse proporzioni tra *samples area* e *test area*. Sul totale dei poligoni fotointerpretati (10% della superficie del frame) questi sono le specifiche delle differenti prove.

1. samples = 10% test = 10%
2. samples = 8% test = 2%
3. samples = 6% test = 4%
4. samples = 6% test = 4% (selezione random semplice)

Per il caso due , differenti proporzioni di poligoni sono stati selezionati e classificati per essere utilizzati come *samples*. Non sono state definite aree di *test*, perché le matrici di errore sono sempre state calcolate sull’intero *frame*.

1. samples = 20% test = 100%
2. samples = 15% test = 100%
3. samples = 10% test = 100%

In entrambi i casi i samples sono stati selezionati in maniera random stratificata sulla base della loro classificazione clc al terzo livello. Unica eccezione è la prova 4 del caso 1, dove i poligoni sono stati selezionati in maniera random semplice.

Metodo 2

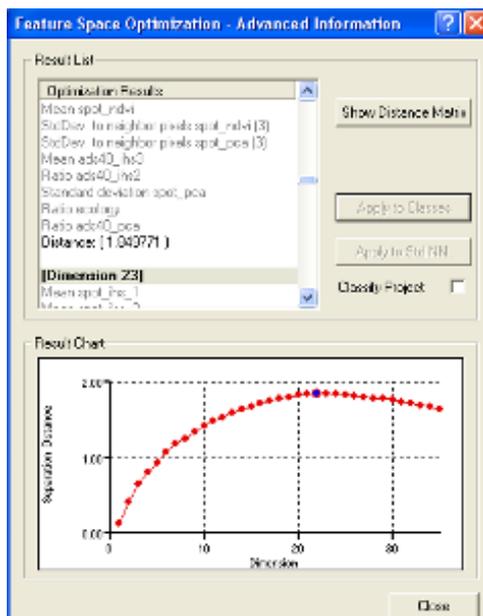
Classificazione speditiva con k-NN

Il metodo della classificazione speditiva è stato adottato al fine di poter utilizzare un metodo che potesse essere riutilizzato in varie “situazioni”. Per “situazioni” si intendono le molteplici caratteristiche di una sezione o varie sezioni anche di diversa origine (SPOT5, ADS40, DEM) e in zone diverse.

Tale metodo ha il vantaggio di essere “riutilizzabile” su varie realtà e territori, talvolta a discapito dell’accuratezza, che nel nostro caso comunque risulta superiore al 70% per il II e III livello ed al 60% per il IV. È possibile comunque aumentare i valori di accuratezza dopo un’analisi specifica degli oggetti da classificare, ad esempio attraverso l’analisi e lo studio delle proprietà radiometriche e geometriche dei target a terra, le regole sulle soglie e gli intervalli di un determinato valore.

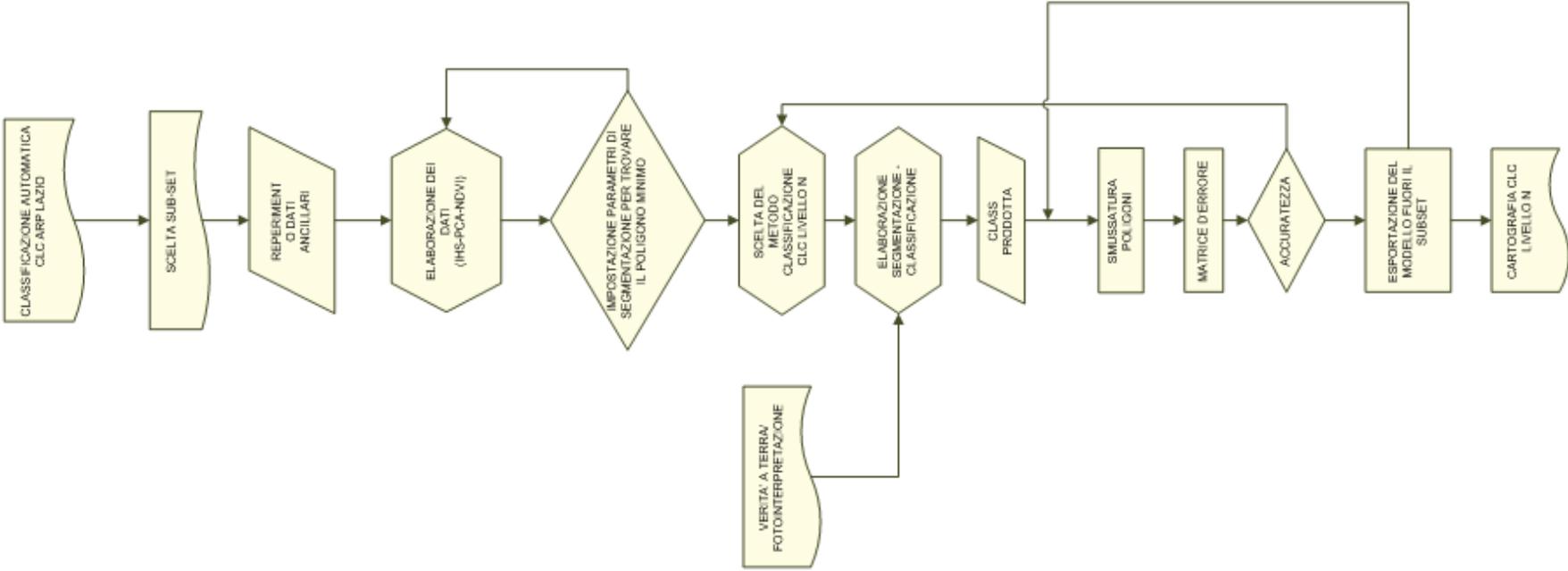
Presupposto essenziale per la migliore riuscita del metodo è l’immissione di dati con alto contenuto informativo quali ad esempi strati derivati dai dati ancillari quali IHS, PCA, ASPECT, SOLARIZZAZIONE e DEM.

Tramite la tecnica fuzzy k-NN è possibile far calcolare al software quali sono le features migliori da poter utilizzare al fine di attuare una classificazione con il minor tempo e il maggior contenuto informativo.



I migliori risultati sono stati ottenuti utilizzando una tecnica di classificazione da un minor livello, (classi 31 32 33 II livello CLC) a una classificazione di livello più spinto (classi 3112, 3113, 3114, 3115 IV livello CLC). Tutto ciò è possibile solo se si applica la funzione di classificazione “inheritance”, che consente ad una classe di un livello superiore di ereditare il dominio spaziale di un livello gerarchicamente più basso.

Figura 10 - Metodologia generale adottata per la classificazione speditiva



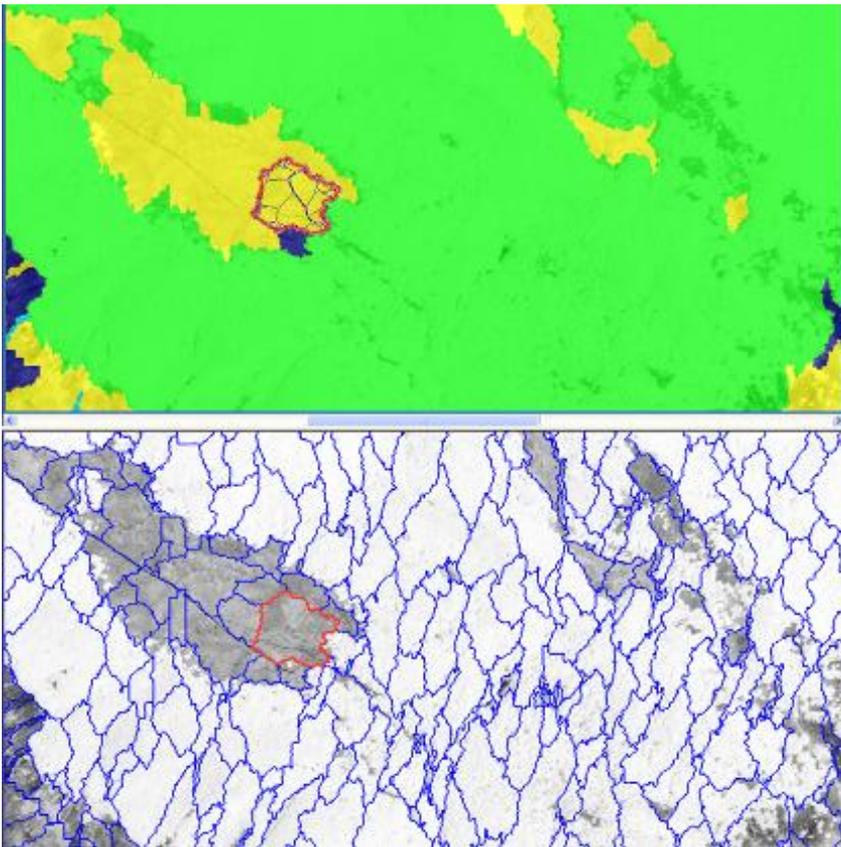


Figura 11 - Esempio di classificazione bosco non bosco e rispettiva segmentazione

Strategie per la fotointerpretazione speditiva

Una metodologia che ha una risposta migliore alla classificazione attesa è stata quella di inserire i sample nelle zone di maggiore e minore eterogeneità spettrale e geometrica.

Il fotointerprete può trovare questi “target” studiando dove è massima o minima la deviazione standard di alcuni layer, magari quelli più significativi quali ad esempio la banda IR di un’immagine spot o NDVI dello stesso.

Si è verificato che se inseriamo il 50 % dei samples con DS Max e il rimanente 50% con DS min il software discrimina in maniera più rigorosa le varie realtà a terra.

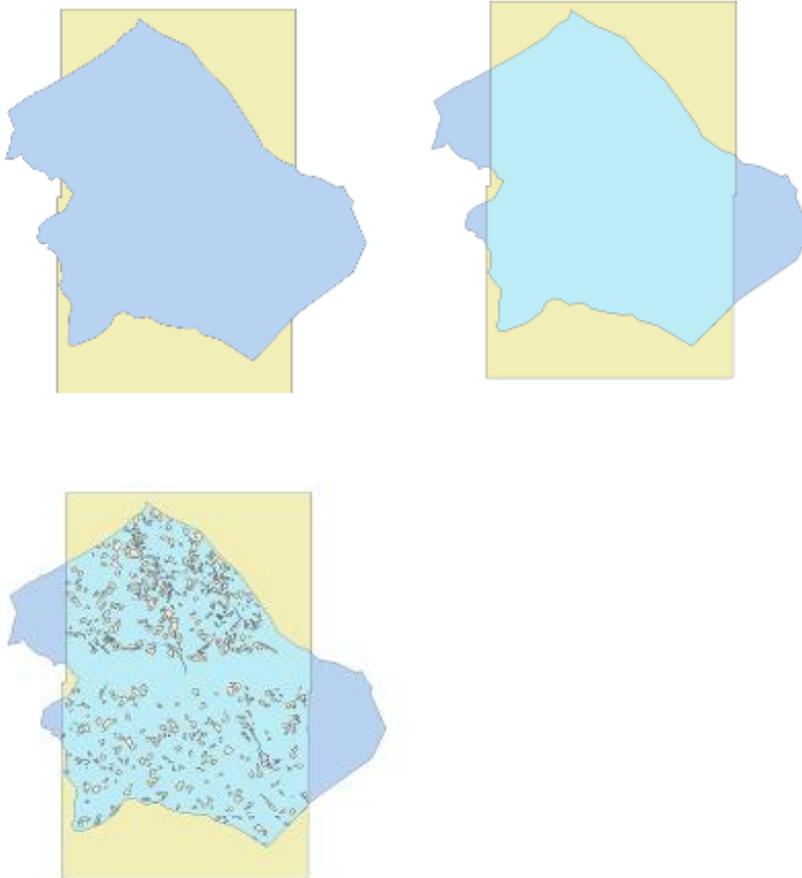
Possibili impieghi

Tale metodologia “on the fly” può essere di supporto per una prima e veloce classificazione (emergenza), dove non è richiesta una altissima accuratezza della classificazione. Tale metodo potrà poi essere implementato successivamente con le 160 regole topologiche e radiometriche del software Definiens.

Migliori risultati si ottengono avendo già a disposizioni delle maschere, ad esempio bosco non bosco, nelle quali si immettono dei "samples".

Scelta dei samples da fotointerpretare

Superfici delle ADS40 clippate sul comune e percentuale dei sample in base alla superficie interessata alla sperimentazione della classificazione automatica.



Superficie delle due sezioni ADS40 = 8085 ha

Superficie del confine amministrativo del Comune clippato sulle sezioni = 5340 ha

Superficie dei samples = 568 ha 10.64 % della superficie comunale

331 ha a nord su 2539 ha della sezione nord = 13 %

236 ha a sud su 2801 ha della sezione sud = 8.5 %

Valutazione accuratezza

L'efficacia di ciascun tentativo di segmentazione e classificazione è stata valutata mediante la costruzione di matrici di accuratezza (o d'errore) grazie alle quali è stato possibile valutare la *producer's accuracy* e la *user's accuracy* per ciascuna classe di legenda considerata. Come valutazione globale è stata calcolata la *Overall Accuracy* (OA) e il *Kappa Index of Agreement* (KIA).

Le matrici d'errore sono state calcolate in due modi differenti, ciascuno dei quali è in grado di evidenziare particolari aspetti del comportamento della classificazione:

Area-Based

Il risultato della classificazione (al terzo o al quarto livello clc) viene esportato in *shapefile* e visualizzato tramite *ArcGis 9.3*. Viene intersecato con i dati utilizzati come *test* in maniera tale da creare un nuovo *shapefile* riportante per ogni poligono sia la classificazione ottenuta in maniera semiautomatica tramite *Definiens*, sia la classificazione *test*. Per ciascun poligono viene calcolato il valore di superficie in mq. Il file *.dbf* annesso allo *shapefile* viene così esportato in *Microsoft Excel*. Sulla base di questi dati viene calcolata una tabella pivot scegliendo come intestazione delle righe la classificazione *test* e come intestazione delle colonne la classificazione *Definiens*. I valori delle celle rappresentano la sommatoria dei valori di superficie di tutti i poligoni per ciascun incrocio delle due classificazioni. Su questa base vengono calcolate tutte le statistiche

Point-Based

Un numero arbitrario di punti random (solitamente 100) viene creato avendo cura di stratificarli sulla base delle varie classi di legenda dei poligoni di *test*. A questo punto è possibile intersecare questi punti con la classificazione ottenuta in maniera semiautomatica in maniera tale da aver per ciascun punto i risultati di entrambe le classificazioni. Il meccanismo di costruzione della matrice d'errore è analogo a quanto descritto sopra, ponendo come valore delle celle il conteggio di punti per ciascun incrocio tra le classificazioni.

Questo metodo è particolarmente utile perché non risulta viziato dall'ineguale estensione superficiale delle varie classi di legenda, pesando ciascuna classe allo stesso modo, mentre il metodo precedente risulta molto influenzato dalle classi maggiormente rappresentate.

Esempio operativo

Metodo 1

Questo l'approccio concettuale del lavoro:

1. segmentazione a grana media fine (sp = 250)
2. esportazione dei poligoni in arcGis
3. selezione random stratificata della corretta percentuale dei poligoni

Due possibili alternative

- 4.a classificazione di questa selezione tramite fotointerpretazione, mediata dalla conoscenze del territorio di Carloni, limitatamente ai poligoni sufficientemente omogenei, per un totale nella sezione di Antrodoco Sud pari all'8,5% in superficie.
- 4.b selezione di un subset di poligoni dalla Carta di uso del suolo al 5° livello (ARP) riclassificata al 3 e 4 livello
5. Import dei poligoni di samples di cui al punto 4a o 4b in Definiens developer
6. Segmentazione a grana più grossolana (sp = 600) e individuazione dei domini (clc 1° liv)
7. Utilizzo dei poligoni di cui al punto 4a o 4b come aree di samples prima al 3° e poi al 4° livello CLC
8. classificazione prima al 3 e poi al 4° livello clc, progressiva e gerarchica (es. le aree classificate al liv 3 come bosco, vengono poi classificate nelle varie sottoclassi)
9. Export della classificazione così ottenuta
10. Costruzione matrici di errore, confrontando la classificazione con i poligoni fotointerpretati (4a) o con la carta Arp (4b)

Frame:	CTR 358020
Dimensione subset:	5 x 7 km, di cui 2800 ha inclusi nel comune di Antrodoco
Tempi segmentazione:	2h 30'
Superficie fotointerpretata:	10% circa (236ha in 248 poligoni)
Tempi di fotointerpretazione:	16 h
Tempi di Classificazione:	
Sviluppo Process Tree	3h
Esecuzione classificazione	15'
Tempi di valutazione accuratezza	1h

Prove eseguite:

1 Samples fotointerpretati

A: samples	8%	test	2%
B: samples	6%	test	4%
C: samples	6%	test	4%

2 Samples da Cus (ARP)

A: samples	20%	test	100%
B: samples	15%	test	100%
C: samples	10%	test	100%

La differenza tra il tentativo 1A e 1C consiste nel fatto che i poligoni selezionati come samples in 1C sono stati selezionati in maniera random semplice e non stratificata (le varie tabelle sui risultati ottenuti vengono riportate in allegato)

Metodo 2

SEGMENTAZIONE

Sono stati immessi nel software Definiens i dati di tutte le bande dell'immagine SPOT5 e ADS40 con le rispettive PCA e HIS. Si è eseguita una segmentazione con pesi uguali per tutte le bande. Sono state create in modo Custom le bande della "Ratio" di tutte le bande, con Scale Parameter (SC) pari a 250 shape 0.9 e compactnes 0.5.

Tempi Macchina 1 ora 20 min

CLASSIFICAZIONE

Si sono immessi dei "Sample" della verità a terra conosciuta, almeno il 30% del territorio del sub set come da letteratura.

Tempi operatore 10 min

Tramite la tecnica K-NN utilizzando la funzionalità FSO si è ottenuto che delle 11 bande "Ratio" iniziali, risultavano più rilevanti le prime 5.

ESPORTAZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SU GIS

Sono stati estratti dei punti dalla classificazione CLC ottenuta da fotointerpretazione e considerati come "Verità a Terra". È stato possibile tramite il software ArcGis 9.3 e il tool "Hawth's" (generate random point) che ha estratto i punti in maniera stratificata, cioè 100 punti per classe. Questo al fine di far pesare di meno l'estensione del Bosco. È stato eseguito un Join spaziale derivato dalla verità a terra sulla classificazione ottenuta dalla segmentazione. Abbiamo quindi ottenuto uno shape file puntuale che contiene entrambe le informazioni.

Tempo macchina 2 min

Tempo operatore 15 min

MATRICE DI ERRORE metodo speditivo

Successivamente si è calcolata una la matrice di errore per che ha dato i seguenti risultati:
 CONFRONTO CLC UNIMOL per una sup=4400 ha

CLC_SEG	0	31	32	33	
0	87	73	25	115	300
31	353	10600	2121	215	13320
32	111	1745	3847	671	6406
33	252	384	408	1300	2377
	803	12802	6401	2301	22307

71,0% OA

48,50% Kia

CLC_SEG	311	312	313		Commissione
311	87	73	25	185	47,03%
312	353	10600	2121	13074	81,08%
313	111	1745	3847	5703	67,46%
	551	12418	5993	18962	

Omissione 15,79% 85,36% 64,19%

76,6% OA

48,46% Kia

Discussione dei Risultati sulla classificazione automatica

Segmentazione

L'algoritmo di segmentazione implementato in ambiente *Definines developer 7.0* appare notevolmente versatile e applicabile alle più svariate situazioni. In particolare le sue molteplici possibilità di parametrizzazione consentono di utilizzarlo efficacemente in funzione della scala di interesse e dell'obiettivo del lavoro. A ciò si affianca la possibilità di lavorare contemporaneamente a diverse scale, con la creazione di una rete di poligoni collegati sia da rapporti topologici che gerarchici. Si ricorda che l'algoritmo di segmentazione è in grado di ripartire l'immagine in una serie di poligoni sulla base di una tecnica di aggregazione dei pixel di tipo *bottom-up* in cui grazie ad una serie di passaggi successivi piccoli oggetti vengono fusi assieme in poligoni di maggiori dimensioni avendo cura di mantenere l'eterogeneità spettrale dei poligoni risultanti al di sotto di una soglia prefissata dall'utente.

Da quanto detto risulta chiaro che sia l'informazione geometrica che quella spettrale resa disponibile dall'immagine sottoposta a segmentazione multirisoluzione risultano ugualmente importanti al fine della delimitazione dei poligoni.

Nell'ambito di questa sperimentazione, alla elevatissima risoluzione geometrica (0,5 m) garantita dalla copertura completa di ortofoto acquisite tramite sensore aviotrasportato ADS40 non è però corrisposta un'analoga risoluzione spettrale (3 sole le bande disponibili: IR, R,G).

Un secondo problema è derivato dal fatto che una così elevata risoluzione geometrica non è risultata idonea alla scala d'interesse del progetto. L'applicazione dell'algoritmo di segmentazione alle sole immagini ADS40 ha portato infatti alla creazione di una rete di poligoni molto omogenei da un punto di vista spettrale, ma dai margini di eccessiva dimensione frattale, tale da rendere poco significativi gli oggetti stessi da un punto di vista semantico.

Una risoluzione così spinta porta infatti l'algoritmo a rilevare la presenza di una certa eterogeneità spettrale nell'ambito degli oggetti d'interesse (ad es. campi coltivati, boschi, affioramenti rocciosi etc.) che non vengono così riconosciuti come oggetti semanticamente distinti. Il superamento a posteriori di questo problema, tramite un elaborato processo ciclico di classificazione-risegmentazione si è rivelato estremamente laborioso e scarsamente applicabile.

Una possibilità di superamento di tali limiti è stata individuata nella possibilità di ricampionare le immagini ad una risoluzione geometrica inferiore (es. 1-2 m), limitatamente alla fase di segmentazione. Questo approccio, per quanto promettente non è stato esplorato vista la disponibilità da parte dell'azienda di una scena SPOT5 multispettrale (4 bande, IR, NIR, R, G) con risoluzione geometrica a 10 metri centrata sull'area di interesse che ha permesso di superare entrambi i problemi fin qui esposti. Per di più la possibilità di avere due immagini multitemporali, riprese in stagioni diverse (primavera-estate per l'ADS40, settembre per la SPOT5) è risultato essere senza dubbio un valore aggiunto.

Un'accurata coregistrazione delle due immagini ci ha permesso di utilizzarle contemporaneamente per eseguire la segmentazione. Il risultato è stato notevole. L'algoritmo si è infatti dimostrato in grado di individuare degli oggetti semanticamente significativi sulla base del contenuto spettrale delle SPOT5 e poi

delimitarli accuratamente sulla base dell'informazione geometrica delle ADS40, senza i fastidiosi fenomeni di frattalità ed *oversplitting* riportati precedentemente.

Quasi tutti gli oggetti sono stati definiti in maniera soddisfacente, fanno eccezione alcuni lembi di formazioni forestali a conifere (classi 3.1.2-Boschi di Conifere e 3.1.3-Boschi misti) che non sono stati sufficientemente distinti dalle altre formazioni forestali, il che ha comportato delle difficoltà nelle successive fasi di classificazione di queste classi. Il problema potrebbe essere superato assegnando in fase di segmentazione un peso maggiore alla banda spettrale dell'infrarosso per le foto ADS40. Se ciò non dovesse bastare, si potrebbe procedere con la creazione della banda derivata NDVI sulla base dell'immagine ADS40.

Un problema notevole riguarda invece i tempi necessari all'algoritmo per operare la segmentazione. Su immagini di 7x6km (taglio CTR) sono state necessarie circa 2 ore e 30 di elaborazione (è stato utilizzato un Intel Xeon con CPU Dual Core a 3.06GHz; 3,25GB di RAM). Si stima che il tempo di calcolo potrebbe diminuire di circa il 25% utilizzando un PC di ultima generazione. Un ulteriore margine di diminuzione di questi tempi di calcolo si potrebbe ottenere ricampionando le immagine ADS40 fino ad ottenere la risoluzione geometrica di 1 metro, rinunciando dunque (limitatamente alla fase di segmentazione) ad una certa frazione di informazione.

Tenendo conto che il Lazio è suddiviso in più di 500 sezioni CTR e visto anche il costo notevole di ciascuna licenza di *Definiens developer 7.0*, il tempo di elaborazione costituisce tuttora uno dei limiti che hanno impedito l'operativa applicazione del metodo a tutta l'area della Regione Lazio.

Un'ultima osservazione degna di nota riguarda la rispondenza della maschera di poligoni ottenuta per segmentazione con le specifiche topologiche di progetto: unità minima cartografabile, larghezza minima degli elementi lineari, congruenza geometrica minima. In questa fase nessuna valutazione è stata eseguita per quanto riguarda questa tematica. Si tiene comunque presente che il *software* presenta notevoli capacità di analizzare e gestire i poligoni da un punto di vista geometrico. Per quanto riguarda i primi due requisiti topologici, non si suppongono difficoltà notevoli qualora si vogliano implementare algoritmi di correzione *a posteriori* per ottenerne il rispetto. Più difficoltosa appare la valutazione della congruenza geometrica minima (per questo progetto fissata a 5 metri) per la quale molto probabilmente sarebbe necessario l'intervento di un operatore.

Classificazione

La parte relativa alla classificazione merita alcune considerazioni. Una prima osservazione riguarda la scelta dei *samples* utilizzati sia come aree di *training* che come aree di *test*. Diverse strategie sono state sperimentate, ma tutte condividono lo stesso notevole limite: la mancanza di un set di punti di verità a terra rappresentativo di tutte le classi di legenda. Due diversi approcci sono stati tentati. Il primo ha utilizzato sia come *training* che come *test*, dei poligoni derivanti dall'intersezione tra i poligoni segmentati e la Carta di Uso del Suolo, approfondita al 5 livello CLC per le formazioni naturali e seminaturali (di qui denominata carta ARP), derivante da fotointerpretazione.

Il secondo approccio si è avvalso dell'esperienza di un fotointerprete residente nel comune di Antrodoco e grande conoscitore del territorio, vista anche la sua partecipazione alla costruzione della carta dei Tipi forestali.

Data questa premessa bisogna essere molto cauti nell'interpretazione dei risultati ottenuti dalla classificazione semiautomatica. Tenendo a mente il funzionamento del classificatore NN, è necessario notare che qualora alcuni dei poligoni inseriti come *training* siano di non corretta attribuzione, si corre il grosso rischio che le loro caratteristiche spettrali vadano a confondere il comportamento del classificatore, inducendolo all'errore. Un secondo *caveat* dipende dal fatto che costruire una matrice di errore sulla base di una cartografia derivata per fotointerpretazione e quindi, non verificata a terra, può indurre a valutare la qualità della classificazione in maniera fuorviante. Occorre quindi osservare che le accuratze ottenute nelle matrici di errore presentate si riferiscono a cartografie ottenute per fotointerpretazione, per le quali non sono ancora disponibili stime di accuratezza.

Molto probabilmente se fosse stato disponibile un numero sufficiente di rilevamenti a terra (in grado di fare sia da aree di *training* che di *test*) il comportamento della classificazione semiautomatica sarebbe potuto essere significativamente migliore.

Per massimizzare l'esportabilità del risultato ad altre situazioni, a patto però che siano disponibili gli stessi dati di input, si è tentato di limitare al minimo l'utilizzo di soglie spettrali definite quali parametri di classificazione. Come già descritto, queste soglie sono state utilizzate esclusivamente ad un livello di segmentazione a grana grossolana, per individuare i diversi domini (corrispondenti al livello 1 CLC) in cui suddividere la scena. Volendo esportare il *process tree* messo a punto a nuove situazioni, molto probabilmente sarà necessario ricalibrare il valore di queste soglie spettrali alla nuova situazione. Questa problematica porterebbe necessariamente all'allungamento dei tempi di produzione qualora si voglia eseguire questa tecnica su larga scala. Un metodo percorribile per migliorare la *performance* del metodo potrebbe consistere nell'individuazione dei domini sulla base di criteri spettrali individuati esclusivamente sulla base dell'informazione contenuta nelle SPOT5, la cui elevata estensione spaziale, consentirebbe di minimizzare le necessità di ricalibrazione.

Come descritto, il classificatore NN è stato lanciato sulla base del risultato della funzionalità *Feature Space Optimization*, insita nel *software*. Questa funzionalità è in grado di selezionare la combinazione di *features* più idonea a discriminare diverse classi di legenda sulla base dei *samples* definiti. Una delle grosse potenzialità di *Definiens Developer 7.0* risiede nella sua capacità di considerare gli oggetti anche sulla base dei loro attributi geometrici (es. Area, perimetro, Length/width, roundness etc) e gerarchici (num. di sottopoligoni, deviazione standard dei sottopoligoni etc). Purtroppo in questa fase queste potenzialità non sono state sfruttate. È stato osservato infatti che l'inserimento di questi attributi nel *feature space* sulla quale si basa il classificatore NN avrebbe portato ad un allungamento dei tempi macchina notevole (anche fino a 20 volte superiore). Il miglioramento in termini di discriminazione tra le classi (*Separation distance*) che queste *features* avrebbero potuto portare è stato valutato solo in maniera superficiale, ma non è sembrato tale da giustificare un tale peggioramento in termini di produttività.

Andando ad analizzare i risultati sulla base della tabella sintetica annessa si possono fare alcune osservazioni interessanti.

Le prove 1A e 1B danno dei risultati comparabili tra loro, riportando dei valori di OA e KIA, sia al 3 che al 4 livello molto simili. Alcune piccole discrepanze si rilevano nel numero di classi di legenda rilevate dal classificatore. Occorre infatti ricordare che per quanto riguarda la prova 1A, solo il 2% della scena è stata utilizzata come *test*, si tratta di una frazione assolutamente insufficiente per effettuare una corretta valutazione dell'accuratezza di tutte le classi di legenda.

Una significativa differenza si nota invece tra il tentativo 1B ed il tentativo 1C il quale, seppur utilizzando la stessa percentuale di superficie come *training* e come *test* è stato interessato da una selezione dei poligoni tramite random semplice che porta a dei valori di OA e KIA (specie per il 4 livello) assolutamente insufficienti.

		samples			samples		
		1A	1B	1C	2°	2B	2C
		8% (stratif)	6% (stratif)	6%	20%	15%	10%
3liv	OA	0,88	0,88	0,82	0,88	0,88	0,83
	KIA	0,67	0,76	0,59	0,73	0,73	0,65
	Classi Individuate	4	5	5	7	6	6
	Test	5	5	5	7	7	7
	tot matrice	5	5	6	7	7	7
	Missing	1	0	2	0	1	1
4liv	OA	0,72	0,71	0,53	0,71	0,71	0,6
	KIA	0,6	0,61	0,29	0,63	0,62	0,48
	Classi individuate	7	9	5	14	14	13
	test	8	7	9	15	15	15
	tot matrice	8	9	9	15	15	15
	missing	1	2	4	1	1	2

Tabella 5– Quadro riassuntivo dei tentativi di cui al punto 1 in cui sono riportati i valori di OA, KIA ed il numero di classi di legenda sulle quali è costruita la matrice d'errore (tot matrice), quelle individuate dal classificatore, quelle presenti tra i poligoni di test. Per "missing" si intende quelle classi di legenda che riportano campi vuoti nelle matrici d'errore. Viene calcolato come segue: missing = (tot matrice – individuate)+(tot matrice – test)

Per valutare i risultati della serie 2, basati sulla carta ARP, occorre tenere sempre a mente le problematiche metodologiche descritte precedentemente. Ciononostante i risultati sono molto promettenti. In particolare si nota come tra l'approccio 2A e 2B non esistono differenze apprezzabili, il che suggerisce che il 15% dei

poligoni possa già essere sufficiente, a patto di scegliere le aree di *training* e *test* in maniera random stratificata. Osservando i valori di OA e KIA per il 4 livello CLC si nota una certa somiglianza tra i tentativi 1A e 1B e quelli delle prove 2A e 2B ma questi ultimi considerano un numero di classi di legenda notevolmente maggiore, di conseguenza il risultato è da considerarsi migliore.

Andando ad osservare la matrice d'errore per la prova 2B si nota che alcune classi sono definite in maniera molto inefficiente.

Un primo problema riguarda la classe "313 – Foreste miste" che non viene riconosciuta nemmeno al 3 livello clc. La spiegazione deriva da due cause. La prima riguarda la scarsa rappresentatività di questa classe nell'area in esame (4 ettari su 2800), la seconda riguarda la scarsa individualità di tale classe di legenda, che da un punto di vista spettrale si trova in un punto mediano tra le foreste di latifoglie e quelle di conifere. Una seconda classe molto critica è invece la classe "322 – Brughiere e Cespuglietti" per la quale si raggiunge una PA pari al 23% e una UA del 31%. Si tratta di valori molto bassi, ma in qualche modo attesi vista la difficoltà di discriminazione di questa classe anche all'occhio di un fotointerprete. Si ricorda che da specifiche di progetto è definito bosco qualsiasi superficie alberata con copertura maggiore del 10%. Date queste premesse non stupisce il fatto che il classificatore NN abbia fatto confusione soprattutto con la classe "311 – Boschi di latifoglie" e "321 – Pascoli naturali e praterie". Per questi motivi si è deciso di limitare la classificazione per la classe "322 – Brughiere e cespuglietti" al 3° livello, senza arrivare al 4°.

Approfondendo l'osservazione al 4 livello si notano due ordini di problemi. Il primo è direttamente derivante dai problemi già osservati per il 3° livello CLC, che vengono ereditati al nuovo livello (classi 313, 322). Il secondo ordine di problemi riguarda altre classi di cattiva definizione.

Le classi peggio definite sono essenzialmente 3. La classe "3111 – boschi di leccio" con una PA di 58% ed una UA di 39%, la classe "312 – boschi di conifere" non approfondita al 4 livello per mancanza di una rappresentatività sufficiente, con PA di 24% e UA di 45% (ma si vedano le osservazioni riguardante la cattiva segmentazione di questa classe), e la classe aggregata "332+333 ghiaioni e rupi" che con un PA pari a 6% e UA pari a 53%, la cui scarsa performance deriva probabilmente dalla sua scarsa rappresentatività (36 ettari).

Le altre classi di legenda presentano tutte valori di accuracy superiori al 50% con valori massi per le classi "3115 – Faggete" e "999 – Superfici artificiali ed Agricole" che hanno rispettivamente una PA di 81 e 93% e una UA di 80 e 89%.

Osservando la matrice di accuratezza derivata dall'unione delle due sezioni (Antrodoco Nord 348140, Antrodoco Sud 358020) è possibile osservare somiglianze e differenze rispetto a quanto già notato.

Da un lato si nota come la classe "3.1.3 Bosco misto" è ancora una volta male individuata (PA 2%, UA 8%) per le stesse ragioni già spiegate. Anche per quanto riguarda la classe "3.2.2 – Brughiere e cespuglietti", pur essendo più rappresentata nella parte nord (53 ha su 2523), persistono i medesimi problemi di individuazione (PA 29%, UA 35%) seppure si osserva un lieve miglioramento.

Per quanto riguarda la classe "312 – Boschi di conifere", nettamente più rappresentata nella parte settentrionale del comune, il comportamento del classificatore è nettamente migliore (fermo restando i problemi di segmentazione) attestandosi su valori di PA pari a 46% e UA pari a 75%.

Le classi individuate in maniera più accurata si confermano la classe “311 – Boschi di latifoglie” con PA 95% e UA 93%, la classe aggregata “999 – superfici agricole e artificiali” con PA 87% e UA 86% e la classe “321 – Pascoli naturali e praterie” con PA pari a 84% e UA 79%.

Approfondendo l’osservazione al 4 livello CLC si nota che, accanto alla classi discriminate in maniera insoddisfacente già al 3° livello anche la classe “3114 – Castagneti” ottiene valori piuttosto bassi (PA 33%, UA 51%) ed è una sorpresa in quanto normalmente si tratta di una classe facilmente individuabile da parte di un fotointerprete esperto. Sotto la media anche i valori per la classe “3116 – Boschi igrofili” (PA 44%, PA 49%) che probabilmente potrebbero essere individuati meglio utilizzando dati ancillari relativi ai grafi fluviali e la classe aggregata “332+333 Ghiaioni e Rupi” (PA 34%, UA 57%) spesso confusa con la classe “3212 – Praterie discontinue” che invece risultano discriminate in maniera soddisfacente (PA 78%, UA 71%).

Più che sufficiente appare l’accuratezza misurata per la classe “3111 – Boschi di leccio” (PA 80%, UA 57%), anche se appare leggermente sovrastimata e per la classe “3115 – Boschi di faggio” (PA 83%, UA 81%).

I valori totali di OA e KIA sono notevoli ma probabilmente tendono a sovrastimare il reale comportamento del processo di classificazione a causa della sproporzionata distribuzione della superficie tra le varie classi di legenda. La sola classe “311 – Boschi di latifoglie” con i suoi 3451 ha rappresenta infatti circa il 65% dell’area esaminata. Il fatto che questa classe sia discriminata in maniera molto accurata porta di fatto a valori di OA molto elevati.

Ciononostante il risultato è al di sopra delle aspettative e non è escluso che prendendo in considerazione aree più vaste, e di conseguenza aumentando il numero dei samples (pur mantenendo fissa la proporzione del 15%) si possa migliorare ulteriormente il risultato, specie per quelle classi che si sono dimostrate di difficile individuazione.

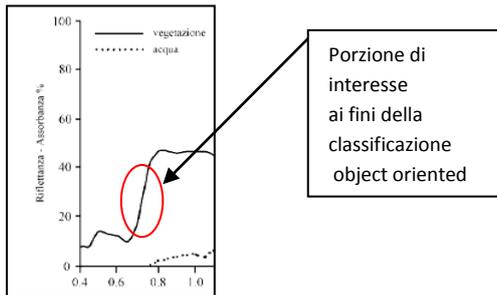
Un secondo approccio che si potrebbe sperimentare potrebbe prevedere una differente proporzione di samples per le varie classi di legenda, in maniera tale da sovrarappresentare le classi più difficili (anche fino al 20-25% della superficie totale) e limitare al 10% della superficie quelle classi più facilmente individuabili.

Conclusioni

Nonostante gli incoraggianti risultati ottenuti nella sperimentazione effettuata sull’area di studio non è stato possibile implementare operativamente la metodologia basata sulla segmentazione e classificazione automatica su tutta la Regione Lazio in grado di sostituirsi totalmente ai classici metodi di classificazione manuale. I principali fattori limitanti rilevati sono stati:

- 1 – accuratezza complessiva riscontrata inferiore allo standard di progetto e quindi necessità di revisione manuale per editing del prodotto vettoriale;
- 2 – tempi di elaborazione eccessivamente elevati (segmentazione + classificazione + correzione manuale + mosaicatura);
- 3 – necessità di una laboriosa fase di mosaicatura delle coperture vettoriali ottenute per segmentazione e classificazione *object oriented* di più sezioni per poter ottenere una copertura cartografica unica su ampie superfici.

L'elevato dettaglio tematico del sistema nomenclaturale implementato ha fortemente limitato l'accuratezza finale del prodotto generato in via semi-automatica. Il materiale a disposizione per una classificazione automatica, ad oggi non risulta completamente idoneo, in quanto deriva da una produzione che giustamente mira a sviluppare prodotti con informazioni spettrali consone al lavoro del fotointerprete. Nei prodotti commerciali viene spesso omessa (nei sensori ad altissima risoluzione) l'informazione contenuta all'interno dell'intervallo della banda a cavallo tra il rosso e infrarosso cioè tra 0,7 e 0,8 μm . Tale informazione potrebbe essere molto utile per la discriminazione della diversità floristica poiché contiene informazioni sulla diversa risposta spettrale della clorofilla e quindi delle varie specie vegetali e sul loro stato fenologico e di salute.



Per questi motivi la realizzazione operativa della cartografia è stata basata su una procedura per fotointerpretazione manuale.

Fase operativa

Strati informativi disponibili

La carta delle formazioni naturali della Regione Lazio (di seguito definita carta ARP Lazio) è un progetto basato sulla integrazione di diversi strati informativi:

- copertura di immagini telerilevate dal sensore aviotrasportato multispettrale ADS40. Le immagini messe a disposizione hanno il taglio della Carta Tecnica Regionale del Lazio, hanno risoluzione geometrica di 50 cm e sono caratterizzate da tre bande spettrali che coprono le lunghezze d'onda dal vicino infrarosso al verde fuse con tecnica *pansharpening* con il canale pancromatico. Le immagini sono acquisite nella primavera estate 2005, sono proiettate nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso EST.
- copertura di immagini telerilevate dal sensore satellitare SPOT5 hanno risoluzione geometrica di 10 m e quattro bande multispettrali che coprono le lunghezze d'onda dal vicino infrarosso al verde. Le immagini sono acquisite tra il 2004 e il 2005. Le immagini sono proiettate nel sistema di riferimento UTM WGS84, fuso 33N.
- cartografia di uso del suolo della Regione Lazio (di seguito denominata CUS) basata su un sistema di nomenclatura a 76 classi (Tabella 6).
- carta della copertura del suolo al IV livello (Sistema Europeo Corine Land Cover) in aree protette regionali e siti natura 2000 del Lazio, con approfondimento tematico al V livello nelle formazioni naturali e seminaturali realizzata sperimentalmente per 189.635,39 ha della Regione Lazio. Essa doveva originariamente costituire il prototipo della Carta ARP Lazio ed è stata realizzata dalla società Inform srl. Essa è costituita da un database vettoriale organizzato secondo il sistema di nomenclatura riportato in Tabella 7: dati di copertura e sistema di nomenclatura della carta Inform (2005)., ha unità minima cartografica pari a 1 ha. Di seguito nel testo si fa riferimento a questa cartografia come carta "Inform".

1111 Tessuto residenziale continuo e denso

1112 Tessuto residenziale continuo e mediamente denso

1121 Tessuto residenziale discontinuo

1122 Tessuto residenziale rado

1123 Tessuto residenziale sparso

1211 Insediamento industriale o artigianale

1212 Insediamento commerciale

1213 Insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati

1214 Insediamenti ospedalieri

1215 Insediamenti degli impianti tecnologici

1221 Reti stradali e territoriali con zone di pertinenza

- 1222 Reti ferroviarie comprese le superfici annesse
- 1223 Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci
- 1224 Aree per impianti delle telecomunicazioni
- 1225 Reti per la distribuzione, la produzione e il trasporto di energia
- 1226 Reti ed aree per la distribuzione idrica compresi gli impianti di captazione, serbatoi e stazioni di pompaggio
- 123 Aree portuali
- 124 Aeroporti
- 131 Aree estrattive
- 1321 Discariche e depositi
- 1322 Depositi di rottami a cielo aperto
- 1331 Cantieri e spazi in costruzione e scavi
- 1332 Suoli rimaneggiati ed artefatti
- 141 Aree urbane verdi
- 1421 Campeggi e Bungalows
- 1422 Strutture di sport e tempo libero
- 1423 Parchi di divertimento
- 1424 Aree archeologiche
- 143 Cimiteri
- 2111 Seminativi in aree non irrigue
- 2112 Vivai in aree non irrigue
- 2113 Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica in aree non irrigue
- 2121 Seminativi in aree irrigue
- 2122 Vivai in aree irrigue
- 2123 Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica in aree irrigue
- 221 Vigneti
- 222 Frutteti e frutti minori
- 223 Oliveti
- 22411 Pioppeti, saliceti e altre latifoglie
- 22412 Conifere a rapido accrescimento
- 2242 Castagneti da frutto
- 2243 Altre colture (eucalipti)
- 231 Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)
- 241 Colture temporanee associate a colture permanenti
- 242 Sistemi culturali e particellari complessi
- 243 Aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti
- 244 Aree agroforestali
- 311 Boschi di latifoglie
- 312 Boschi di conifere
- 313 Boschi misti di conifere e latifoglie

- 321 Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
- 322 Cespuglieti ed arbusteti
- 323 Aree a vegetazione sclerofilla
- 3241 Aree a ricolonizzazione naturale
- 3242 Aree a ricolonizzazione artificiale
- 331 Spiagge, dune e sabbie
- 332 Rocce nude, falesie, affioramenti
- 333 Aree con vegetazione rada
- 3341 Boschi percorsi da incendi
- 3342 Altre aree della classe 3 percorse da incendi
- 3343 Aree degradate per altri eventi
- 335 Ghiacciai e nevi perenni
- 411 Paludi interne
- 412 Torbiere
- 421 Paludi salmastre
- 422 Saline
- 423 Zone intertidali marine
- 5111 Fiumi, torrenti e fossi
- 5112 Canali e idrovie
- 5121 Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive
- 5122 Bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
- 5123 Bacini con prevalente altra destinazione produttiva
- 5124 Acquaculture
- 521 Lagune, laghi e stagni costieri
- 522 Estuari
- 523 Aree al di là del limite delle maree più basse

Tabella 6: sistema di nomenclatura della Carta CUS della Regione Lazio.

Codifica V livello	Descrizione	Area (ha)	Area (%)	Numero poligoni	Numero poligoni (%)	Area media (ha)
3.1.1.1.1	Leccete a viburno	270,37	0,23	11	0,22	24,58
3.1.1.1.2	Leccete a orniello	8321,31	7,14	191	3,81	43,57
3.1.1.1.3	Boschi di sughera: Sugherete mediterranee	23,23	0,02	2	0,04	11,61
3.1.1.2.2	Querceti di roverella	9424,01	8,08	398	7,93	23,68
3.1.1.2.4	Cerrete termoigrofile mediterranee	36411,30	31,22	703	14,01	51,79
3.1.1.3.1	Boschi a Cercis, Acer e localmente carpini	4,15	0,00	1	0,02	4,15
3.1.1.3.4	Boschi misti a dominanza di carpino nero	15652,08	13,42	256	5,10	61,14
3.1.1.3.6	Boschi di bagolaro	6,73	0,01	1	0,02	6,73
3.1.1.4.3	Castagneti dell'Italia meridionale	8012,16	6,87	168	3,35	47,69
3.1.1.4.4	Castagneti da frutto	2352,56	2,02	82	1,63	28,69
3.1.1.5.4	Faggete ad agrifoglio	6608,74	5,67	147	2,93	44,96
3.1.1.5.6	Altre faggete	4069,98	3,49	57	1,14	71,40
3.1.1.6	Boschi di specie igrofile	1199,24	1,03	260	5,18	4,61
3.1.1.7.1	Robinieti	124,69	0,11	17	0,34	7,33
3.1.2.1	Boschi di pini mediterranei e cipresso	24,89	0,02	1	0,02	24,89
3.1.2.1.3	Rimboschimenti di pino domestico	14,95	0,01	3	0,06	4,98
3.1.2.2.1	Rimboschimenti di pino nero	1128,64	0,97	103	2,05	10,38
3.1.2.5.3	Altri rimboschimenti di conifere	10,38	0,01	1	0,02	10,96
3.2.1.1	Praterie aride calcaree	12138,58	10,41	1605	31,98	7,56
3.2.2.1	Arbusteti montani	180,91	0,16	8	0,16	22,61
3.2.2.2	Arbusteti termofili	8,41	0,01	2	0,04	4,20
3.2.2.2.1	Gineprete di ginepro comune	1812,28	1,55	82	1,63	22,10
3.2.2.2.2	Pruneti	4641,03	3,98	475	9,47	9,77
3.2.2.3.1	Ginestreti	1234,10	1,06	267	5,32	4,62
3.2.3.1.1	Macchia a fillirea e lentisco	91,03	0,08	10	0,20	9,10
3.2.3.1.4	Macchia a leccio	2,94	0,00	1	0,02	2,94
3.2.3.2	Gariga	144,20	0,12	12	0,24	12,01
3.2.4	Aree a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione	1503,05	1,29	42	0,84	35,79
3.2.4.1	Aree a ricolonizzazione naturale	43,24	0,04	6	0,12	7,21
3.2.4.2	Aree a ricolonizzazione artificiale	25,74	0,02	1	0,02	25,74
3.3.3	Aree con vegetazione rada	1140,27	0,98	105	2,09	10,86
Totale		116625,16	100,00%	5.018	100,00%	21,21

Tabella 7: dati di copertura e sistema di nomenclatura della carta Inform (2005).

Sono state inoltre raccolte e uniformate una serie di cartografie tematiche che sono a supporto del progetto cartografico (Tabella 8 e Figura 12).

Strato informativo	Superficie (ha)	Scala	Sistema di riferimento	Datum
Carta della vegetazione del Comune di Roma	19888	1:10000	UTM33	ED 50
Carta degli habitat del SIC Mignone, IT6030001	400	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione della ZPS Selva del Lamone e Monti di Castro, IT6010056	5719	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del Parco Naturale Regionale dei Monti Lucretili	17952	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della della vegetazione del Parco suburbano Marturanum	3702	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC Travertini di Bassano in Teverina IT6010038	101	1:10000	ND	ND
Carta della vegetazione della Riserva Naturale Statale di Monte Rufeno	2911	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione Parco Naturale Regionale dei Monti Simbruini	29727	1:10000	UTM33	ED 50
Carta degli habitat della ZPS Monti Reatini, IT602005	18507	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC Monti della della Duchessa, IT6020020	1173	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC Vallone cieco e Bosco Cartone, IT6020021	521	1:10000	UTM33	ED 50
Carta Natura APAT Appennino centrale e Tevere	115803	1:25000	UTM33	WGS84
Carta Natura APAT Area 14: Zona Est della Provincia di Roma e Latina	387714	1:25000	UTM33	WGS84
Carta Natura APAT Foce del Tevere e dintorni	37178	1:25000	UTM33	WGS84
Carta della vegetazione del Laghetto di Monterosi, IT6010031	52	1:10000	UTM33	ED 50
Carta delle serie di vegetazione e CLC V livello del SIC Laghi Gricilli, IT6040003	631	1:10000	UTM33	ED 50
Carta degli habitat e CLC V livello dei SIC Necropoli di Tarquinia e Acropoli di Tarquinia, IT6010018 e IT6010019	225	1:10000	ND	ND
Carta della vegetazione del SIC Monte Leano, IT6040007	743	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC Monte Porciano e Castagneti di Fuggi, IT6050003 e IT6050004	504	1:10000	UTM33	ED 50
Carta di uso del Suolo dell'Oasi Giardino di Ninfa	1800	1:10000	ND	ND
Carta della vegetazione del SIC Piano dei Pantani, IT5210071	82	1:10000	UTM33	ED 50
Carta degli Habitat e dell'uso del suolo del SIC Versante Meridionale M. Scalambra, IT6050001	195	1:10000	UTM33	ED 50
Carta CLC V livello del SIC Calanchi di Civita Bagnoregio, IT6010009	1610	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC-ZPS Gole del Fiume Melfa, IT6050027	1181	1:10000	UTM33	ED 50
Carta del Paesaggio Vegetale del SIC-ZPS Lago di Posta Fibreno, IT6050015	139	1:10000	ND	ND
Carte CLC V livello del SIC-ZPS Lago di Fondi, IT6040010	3309	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della Vegetazione del SIC-ZPS Monte Fogliano, M. Venere e Lago di Vico, IT6010057, IT6010023, IT6010024	3081	1:10000	UTM33	ED 50
Carta di uso del suolo del SIC-ZPS Monti Vulsini, IT6010008	2435	1:10000	UTM33	ED 50
Carta della vegetazione del SIC Promontorio di Gianola e Monti Scauri, IT6040023	224	1:10000	UTM33	ED 50

Tabella 8: lista delle cartografie tematiche a disposizione dei fotointerpreti come strato informativo ancillare.

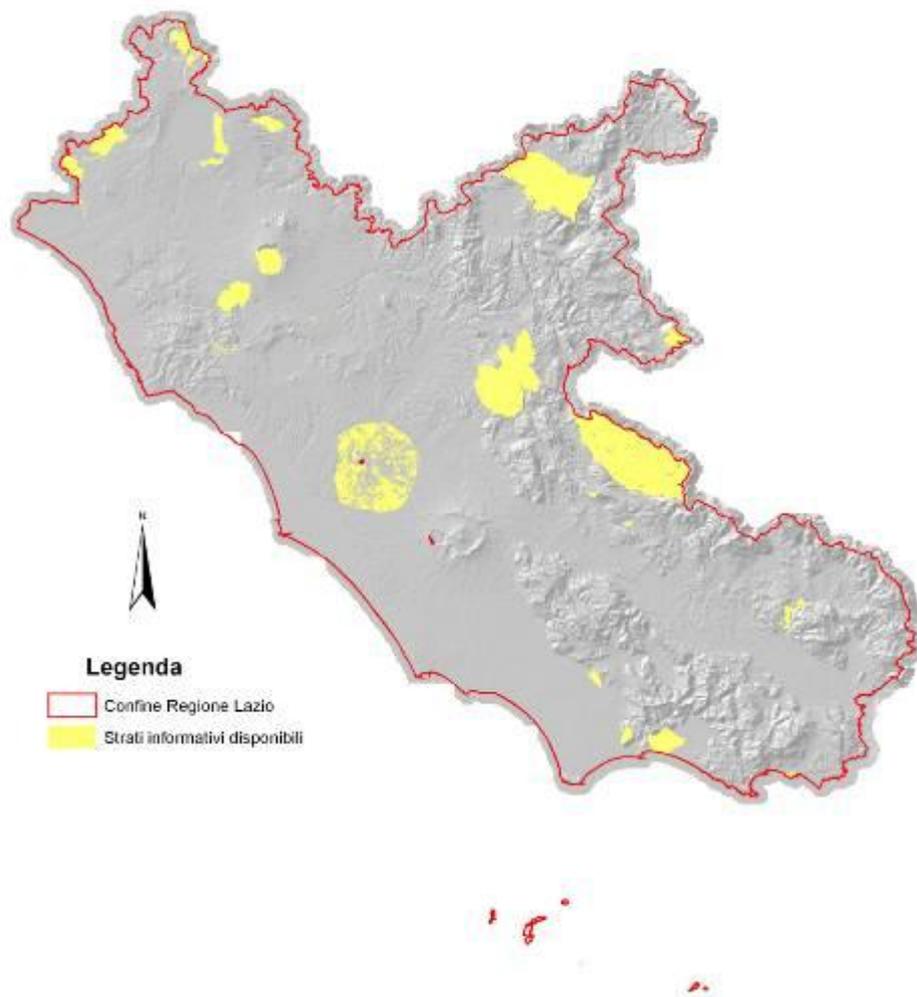


Figura 12: distribuzione geografica delle cartografie tematiche a disposizione dei fotointerpreti come strato informativo ancillare

Altri dati ancillari disponibili sono costituiti da:

- copertura ortofotografica IT2000 realizzata nella primavera-estate del 1999 con risoluzione geometrica nominale di 1 m,
- modello digitale del terreno della Regione Lazio con passo di 20 m.

Caratteristiche geometriche e tematiche della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio

La cartografia ha unità minima cartografabile pari a 0,5 ha, la larghezza minima degli elementi lineari è pari a 20 m.

La cartografia ha come geometria di riferimento quella della copertura delle immagini ADS40, l'accuratezza posizionale è quindi verificata secondo tale copertura. Per i nuovi poligoni è assicurata una congruenza geometrica media rispetto alla copertura ADS40 di 5 m. Per i restanti poligoni si è fatto riferimento all'originale geometria della carta CUS.

E' considerata una copertura minima della vegetazione pari al 10% della proiezione delle chiome(per le zone boscate), 50% nel caso delle formazioni arbustive. Per ogni poligono di zone boscate è stata definita la classe di copertura in due classi a seconda che sia inferiore o superiore al 50%.

La cartografia realizzata è consegnata in formato SHAPE FILE a seguito della verifica di collaudo sarà implementato il formato ARCINFO di esportazione E00. La cartografia è consegnata come un'unica copertura vettoriale (un unico file) per tutta la Regione Lazio.

La cartografia è organizzata secondo il seguente sistema di nomenclatura gerarchico.

3 TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI

31 ZONE BOSCAE

Aree con copertura arborea superiore al 10%.

311 BOSCHI DI LATIFOGIE

Formazioni forestali nelle quali la superficie a latifoglie deve costituire almeno il 75% della copertura arborea.

3111 BOSCHI A PREVALENZA DI LECCIO E/O SUGHERA

31111 Querceti sempreverdi a prevalenza di leccio

311111 Leccete termomediterranee costiere

Boschi di leccio generalmente privi di specie decidue. Lo strato arboreo è completamente dominato da *Quercus ilex*, al quale possono associarsi *Phillyrea latifolia* e *Arbutus unedo* nelle cenosi strutturalmente meno sviluppate. Lo strato alto-arbustivo è costituito da numerose specie della macchia mediterranea quali in particolare *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Phillyrea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Erica arborea*, *Rosa sempervirens*, *Smilax aspera*, *Clematis flammula* e abbondante *Viburnum tinus*. Lo strato basso-arbustivo è piuttosto impoverito e caratterizzato prevalentemente da *Asparagus acutifolius*. Anche lo strato erbaceo risulta estremamente paucispecifico a causa della scarsa disponibilità di luce. Le specie maggiormente presenti sono *Cyclamen repandum*, *Carex distachya*, *C. divulsa*, mentre nei boschi più aperti può divenire abbondante *Brachypodium retusum*.

Oltre agli ambiti di retroduna sabbiosa costiera, nel Lazio tali boschi si rinvergono solo laddove sia presente il piano termomediterraneo. L'ombrotipo è subumido, da inferiore a superiore. Il substrato litologico è variabile.

Sono rilevabili, non sempre con dimensioni cartografabili, nelle seguenti località: Arcipelago Ponziano, Colli Cecubi, settore inferiore del versante meridionale dei M. Aurunci, nonché una limitata parte del promontorio del Circeo.

311112 Leccete con caducifoglie

Leccete in cui alla quercia sempreverde si mescolano specie arboree decidue termofile, che possono divenire co-dominanti. Tali elementi decidui termofili sono tipicamente a baricentro SE-europeo, quali ad es. *Fraxinus ornus*, *Carpinus orientalis*, *Cercis siliquastrum*. Lo strato arbustivo è prevalentemente sempreverde sclerofillico (*Phillyrea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Viburnum tinus*). Strato erbaceo molto povero, limitato a geofite quali *Cyclamen repandum*, *Tamus communis*, *Ruscus aculeatus*. Caratteristica la presenza di specie lianose sempreverdi (*Smilax aspera*, *Hedera helix*, *Rosa sempervirens*). In contesti caratterizzati da substrato acido si rileva una massiccia presenza di *Erica arborea* e nello strato erbaceo si rinviene *Pulicaria odora*.

Generalmente sono presenti su substrati carbonatici, ad eccezione delle colline conglomeratiche a S di Rieti e dei M. Ceriti, costituiti da trachiti. Morfologicamente si tratta per lo più di ripidi versanti ad esposizioni meridionali.

La massima diffusione si osserva nel piano mesomediterraneo subumido-umido e nella variante "submediterranea" della regione temperata (piano mesotemperato); alcune stazioni più interne appartengono alla regione temperata, dove la lecceta è presente solo a seguito di particolari condizioni edafiche (leccete rupicole).

Formazioni a *Quercus ilex* possono talora rappresentare forme di degradazione dei boschi decidui termofili.

In tutti i sistemi montuosi carbonatici della regione, la lecceta mista compare come serie edafoxerofila in ambiti rupestri o molto acclivi, soprattutto se in esposizione meridionale, all'interno di superfici che competono al bosco misto a carpino nero o persino alla faggeta. Tuttavia, in tali contesti è spesso *Ostrya carpinifolia*, più che *Fraxinus ornus*, ad accompagnare il leccio nello strato dominante. La lecceta mista, sempre come serie edafoxerofila, interessa anche morfologie di scarpata e affioramenti litoidi nei sistemi di paesaggio a litologie piroclastiche ed effusive (ad es. nella Campagna Romana), di pertinenza prevalentemente delle serie dei boschi di cerro.

31112 Querceti sempreverdi a prevalenza di sughera

311121 Sugherete miste a sempreverdi su terre rosse o suoli decarbonati

Lo strato dominante è costituito prevalentemente da *Quercus suber* mentre sporadiche sono *Quercus ilex* e *Quercus pubescens*. Nello strato arbustivo si evidenzia la netta dominanza di *Erica arborea*, accompagnata da *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Smilax aspera*, *Rosa sempervirens*, *Phillyrea latifolia* e in minor misura da *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius* e *Ligustrum vulgare*. Nonostante l'ambito bioclimatico mediterraneo, lo strato erbaceo comprende, accanto a *Pulicaria odora* ed *Hedera helix*, anche specie più mesiche, quali *Brachypodium sylvaticum*, *B. rupestre*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Carex sylvatica*, *Danthonia decumbens*.

Interessano i suoli lisciviati derivanti dalla dissoluzione del calcare (terre rosse mediterranee) e le conoidi e gli accumuli di detrito alla base dei versanti dei rilievi carbonatici. Il bioclima è Mediterraneo con termotipo da termomediterraneo superiore a mesomediterraneo inferiore e ombrotipo subumido.

Si rinvencono alla base del versante sudoccidentale dei M. Lepini, al pedemonte del versante occidentale dei Monti Ausoni e sul promontorio di Scauri. E' ipotizzabile una limitata presenza anche su altre conoidi di detrito e depositi di terra rossa esposti a S.

311122 Sugherete dei substrati sabbiosi e arenacei con farnetto o altre caducifoglie

Lo strato arboreo dominante è costituito da *Quercus suber* e da *Quercus frainetto*. Sporadicamente si ritrovano anche *Quercus pubescens*, *Quercus crenata* e *Quercus ilex*. Lo strato arboreo dominato è costituito da *Carpinus orientalis* e da specie a carattere mesofilo (*Malus sylvestris*) o sub-acidofilo (*Mespilus germanica*, *Cytisus villosus*), insieme ad elementi mediterranei (*Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*). Abbondanti le specie lianose, come *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *Clematis flammula* ed *Hedera helix*. Nello strato erbaceo si ritrovano *Brachypodium sylvaticum*, *Melica arrecta*, *Luzula forsteri* e la rara *Carex grioletii*.

Il substrato è costituito da una duna antica pleistocenica caratterizzata da una tessitura franco-sabbiosa alla quale si associano regosuoli. Bioclina: Regione Mediterranea, piano mesomediterraneo inferiore subumido.

Si rilevano al Pedemonte N del promontorio del Circeo, sulla duna eolica di Fossanova e in alcune località della campagna romana. Probabili presenze anche nella Piana pontina in aree rilevate e su suoli francamente sabbiosi della duna antica e sui terrazzi della foce del Tevere, sui termini più sabbiosi.

3112 BOSCHI A PREVALENZA DI QUERCE CADUCIFOGIE (CERRO E/O ROVERELLA E/O FARNETTO E/O ROVERE E/O FARNIA)

31121 Querceti a prevalenza di cerro

311211 Cerrete collinari

Nel complesso territorio compreso nella regione Lazio ci sono vari aspetti di cerrete collinari, differenti per ragioni bioclimatiche, litologiche e floristiche.

A Monte Rufeno, su argilliti, marne ed arenarie dell'orizzonte mesotemperato umido-subumido, si hanno cerrete contenenti alcuni elementi mediterranei ma complessivamente aventi carattere mesofilo. La fisionomia è dominata da *Quercus cerris* accompagnato da *Quercus pubescens*, con *Acer monspessulanum* e *A. campestre*. Si tratta generalmente di cedui invecchiati, pluristratificati. Fra gli arbusti, insieme alle specie tipiche dei querceti decidui, quali ad es. *Sorbus domestica*, *Cornus mas*, *Pyrus pyraster*, ecc., sono tipicamente presenti *Malus florentina* e *Phillyrea latifolia*. Nel sottobosco sono molto frequenti *Ruscus aculeatus*, *Rosa sempervirens*, *Rubia peregrina*; fra le erbacee sono comuni *Festuca heterophylla*, *Lithospermum purpuocaeruleum*, *Luzula forsteri*, *Melica uniflora*, *Melittis melissophyllum*, *Stachys officinalis*, *Symphytum tuberosum*, cui si aggiungono *Tamus communis* e talora *Asparagus tenuifolius*.

Nel comprensorio tolfetano, su marne, calcari marnosi, argilliti ed arenarie in clima da mesomediterraneo umido-subumido a mesotemperato umido-subumido, i boschi di cerro presentano, in parte, una composizione floristica più mediterranea rispetto alle formazioni di M. Rufeno, visto il differente contesto non solo fitoclimatico ma anche litologico: il flysch della Tolfa presenta in prevalenza affioramenti marnosi o calcareo-marnosi, e solo subordinatamente argilliti ed arenarie. Lo strato arboreo è generalmente dominato da *Quercus cerris* con presenza di *Quercus pubescens*; tipicamente frequenti *Acer monspessulanum* e *Fraxinus ornus*; *Cornus mas* e *Phillyrea latifolia* caratterizzano spesso lo strato arbustivo, in cui possono essere presenti elementi mediterranei come *Quercus ilex*, *Rosa sempervirens*, *Rubia peregrina*, *Smilax aspera*.

Sui rilievi collinari metarmofici dei M.ti Romani e su alcuni domi trachitici dei M.ti Ceriti e dei M.ti della Tolfa, nel piano mesomediterraneo subumido, si rilevano boschi a dominanza di cerro con roverella; caratteristica la presenza e abbondanza, nello strato arbustivo, di numerose entità mediterranee, di cui alcune a carattere sub-acidofilo (*Erica arborea*, *Arbutus unedo*) ed altre più o meno indifferenti al tipo di substrato (*Viburnum tinus*, *Phillyrea latifolia*). Lembi di cerrete con *Carpinus betulus* (affini ai boschi di cerro e farnetto) si rilevano nelle aree subpianeggianti, con accumulo detritico o piroclastico, tra i domi trachitici.

Sui plateaux e versanti piroclastici a debole pendenza della Campagna Romana, Vulcano Laziale, Apparato Sabatino/Bacino del Treja, nei piani dal mesomediterraneo superiore al mesotemperato inferiore subumido-umido, è presente una tipologia di bosco a *Quercus cerris* (talvolta anche con *Q. frainetto*) caratterizzato dalla presenza di *Carpinus orientalis* nello strato arboreo dominato, accompagnato da *Acer campestre*, *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*. Lo strato arbustivo e lianoso mostra una copiosa presenza di specie termofile, quali *Ligustrum vulgare*, *Rubus ulmifolius*, *Hedera helix*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Rosa sempervirens*, *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius*, *Ruscus aculeatus* e *Smilax aspera*. Nello strato erbaceo, predominano specie nemorali ad attitudini mesofile quali *Melica uniflora*, *Primula vulgaris*, *Lychnis coronaria*, *Brachypodium sylvaticum*.

311212 Cerrete submontane

Come per le cerrete collinari anche per quelle submontane nel Lazio si ha una varietà di tipologie. In molti casi sono a contatto con castagneti cedui e da frutto, coltivati proprio negli ambiti di naturale pertinenza dei boschi mesofili di cerro.

In molte località del Lazio (Valle del F. Velino, Cicolano, M.ti Carseolani, sinclinale fra i M.ti Lucretili e Cornicolani, colline flyschoidi fra i M. Prenestini, Ruffi e Affilani e colline arenacee del frusinate), nel piano mesotemperato da subumido a umido, in corrispondenza di litotipi arenaceo-argillosi in facies torbidityca, si rilevano boschi a dominanza di *Quercus cerris* con *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia* e *Acer obtusatum*. Lo strato dominato è costituito da *Carpinus orientalis* e *Fraxinus ornus* e nello strato arbustivo dominano *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Juniperus communis*, *Rosa arvensis* e *Lonicera caprifolium*, mentre nello strato erbaceo sono frequenti *Brachypodium rupestre*, *Carex flacca*, *Lathyrus venetus*, *Primula vulgaris*, *Euphorbia amygdaloides*, *Anemone apennina*.

Sui Monti della Laga, alta Valle del Velino, Valle del Salto, Valle di Malito, Monti Carseolani, in corrispondenza di substrati torbidityci ad elevata componente pelitica, in ambiti caratterizzati da un termotipo da mesotemperato superiore a supratemperato e con ombrotipo umido-iperumido, il cerro è accompagnato spesso da *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus ornus* e *Ostrya carpinifolia*. Lo strato arboreo inferiore è molto ricco e costituito prevalentemente da *Prunus avium*, *Corylus avellana* ed *Acer campestre*. A livello arbustivo la specie dominante è *Lonicera xylosteum*, accompagnata da *Lonicera caprifolium*, *Crataegus laevigata*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Rosa arvensis* e *Rubus hirtus*. Lo strato erbaceo è tipicamente mesofilo e caratterizzato floristicamente dalla abbondante presenza di orchidee, in particolare *Listera ovata*, *Epipactis* gr. helleborine, *Cephalanthera rubra*, *Cephalanthera damasonium* e da altre entità nemorali tipiche dei querceti meso-eutrofici quali *Salvia glutinosa*, *Aegopodium podagaria*, *Geranium nodosum*.

Sulle arenarie micaceo-feldspatiche e arenarie di tipo "pietraforte", nell'orizzonte mesotemperato superiore umido-subumido, a Monte Rufeno si rilevano querceti a *Quercus cerris* caratterizzati dalla copiosa presenza di *Quercus petraea* e da specie legate a substrati arenacei acidi o subacidi, quali *Lathyrus linifolius*, *Hieracium sylvaticum*, *Holcus mollis*, *Hypericum montanum*. La componente più mediterranea è generalmente assente. Nei settori più freschi ed umidi si arricchiscono di elementi della faggeta, quali *Corydalis cava*, *Neottia nidus-avis*, *Scilla bifolia*, *Euphorbia amygdaloides*, *Mercurialis perennis*, *Cardamine kitaibelii*, *Cardamine impatiens*, *Polygonatum multiflorum*, *Adoxa moschatellina*. Sui substrati incoerenti ricchi in detrito si rinviene una variante xerofila ad *Ostrya carpinifolia*.

Nella parte sommitale degli apparati vulcanici laziali (Vulsino, Vicano, Sabatino, Albano) e sui versanti settentrionali dei rilievi trachitici di Tolfa e Allumiere, nel piano bioclimatico da mesotemperato superiore a supratemperato inferiore con ombrotipo umido, al cerro si affianca il carpino bianco (*Carpinus betulus*) ed è frequente anche *Corylus avellana*, sporadico invece è *Fagus sylvatica*. Lo strato arbustivo ospita frequentemente *Crataegus laevigata*, *Euonymus europaeus*, *Malus sylvestris*, *Prunus spinosa*, ecc.. Nello strato erbaceo compaiono molti elementi mesofili, quali *Euphorbia amygdaloides*, *Primula vulgaris*, *Melica uniflora*, ecc.

Sui plateaux e versanti a bassa pendenza degli apparati vulcanici Vulsino, Vicano, Sabatino e Albano, preferenzialmente nel piano bioclimatico mesotemperato umido si sviluppano cerrete con roverella e, talora, rovere. Nello strato arboreo si ritrovano specie quali *Sorbus domestica*, *Sorbus torminalis*, *Pyrus piraster*. Probabilmente le cenosi più rappresentative si trovano alla base dei M.ti Cimini, dove si ritrovano comunità in cui anche *Quercus petraea* è ben rappresentata..

Queste cerrete sono intermedie tra quelle più termofile caratterizzate da *Erica arborea* e quelle più elevate in quota caratterizzate da elementi tipici della faggeta.

311213 Cerrete con farnetto

Nella Valle del Sacco e nella Valle dell'Amaseno, su piccoli rilievi collinari coperti da depositi piroclastici o arenaceo-argillosi, in ambiti con termotipo compreso tra termotemperato e mesotemperato inferiore e ombrotipo umido, si hanno boschi in cui c'è una codominanza di *Quercus cerris* e *Quercus frainetto*. Frequenti, nello strato arboreo dominato, *Sorbus torminalis*, *Sorbus domestica* e *Fraxinus ornus*, mentre *Carpinus orientalis* rappresenta la specie più presente nello strato alto arbustivo. Nelle morfologie più depresse assumono importanza fisionomica anche *Carpinus betulus* e *Corylus avellana*. Abbastanza ricco è lo strato arbustivo, caratterizzato dalla costante presenza di *Malus florentina*, specie rara nel contesto floristico regionale; ad essa si accompagnano principalmente *Crataegus monogyna*, *Crataegus laevigata*, *Ligustrum vulgare*, *Hedera helix* e *Lonicera etrusca*. *Ruscus aculeatus* tende a divenire dominante nello strato basso-arbustivo. Il livello erbaceo è caratterizzato dalla presenza di numerose specie tipiche delle cerrete con farnetto quali *Festuca heterophylla*, *Teucrium siculum*, *Primula vulgaris*, *Serratula tinctoria*, *Silene nutans*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Fragaria vesca*, e da un contingente tipico dei boschi mesofili caducifogli (*Lathyrus venetus*, *Mycelis muralis*, *Potentilla micrantha*, *Brachypodium sylvaticum*, *Cruciata glabra* ecc.).

In diversi contesti litomorfologici (plateaux piroclastici, terrazzi argilloso-sabbioso-ghiaiosi, depositi sabbiosi della duna antica) presenti lungo la porzione costiera della regione, in ambiti bioclimatici caratterizzati da termotipo da termomediterraneo superiore a mesomediterraneo e ombrotipo da subumido a umido, si hanno formazioni di cerro e farnetto ricche in *Carpinus betulus* e *Mespilus germanica*. La dominanza del cerro o del farnetto è funzione della composizione granulometrica del substrato. Laddove prevalgono le sabbie *Quercus frainetto* tende a divenire dominante, mentre su substrati più argillosi prevale il cerro. Lo strato arboreo dominato è prevalentemente caratterizzato da *Fraxinus ornus*, *Malus sylvestris* e *Acer campestre*. Lo strato arbustivo superiore è caratterizzato da *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Euonymus europaeus*, *Rubus ulmifolius*, *Lonicera etrusca* e *Lonicera caprifolium*, mentre lo strato basso arbustivo è prevalentemente costituito da *Ruscus aculeatus* e *Pteridium aquilinum*. Nello strato erbaceo si ritrovano diversi elementi tipici delle cerrete dell'Italia peninsulare: *Teucrium siculum*, *Crepis leontodontoides*, *Oenanthe pimpinelloides*, *Lathyrus niger*, *Aristolochia rotunda* accompagnati da specie ad attitudini mesofile quali *Euphorbia amygdaloides*, *Viola reichembachiana*, *Daphne laureola*.

Boschi a dominanza di farnetto, ma con roverella, sono caratteristici delle morfotipie subpianeggianti e a debole inclinazione presenti sulle bancate arenaceo-torbiditiche della valle dell'Ausente. Termotipo mesomediterraneo sub-umido superiore, umido inferiore. Si tratta di comunità tipicamente caratterizzate dalla dominanza di *Quercus frainetto*, che in alcuni casi può dar luogo a comunità quasi monofitiche. Singolare è la mancanza di *Quercus cerris*, che anche in questo caso (così come nel caso dei boschi a sughera e farnetto) risente della limitatissima presenza della componente argillosa nel suolo. Costantemente presente è *Quercus pubescens* il cui ruolo costruttivo tende aumentare man mano che ci si allontana dai terrazzi fluviali subpianeggianti. Lo strato arbustivo è composto da un connubio di specie caducifoglie (*Ulmus minor*, *Rubus ulmifolius* ecc.) e sclerofilliche (*Smilax aspera*, *Myrtus communis*), mentre lo strato erbaceo, accanto ad alcune specie nemorali più tipiche (*Cyclamen repandum*, *Ruscus aculeatus*, *Brachypodium sylvaticum*), mostra (forse anche in funzione di un intenso grado di disturbo antropico) l'ingresso di *Ampelodesmos mauritanicus* e *Brachypodium ramosum*.

31122 Querceti a prevalenza di roverella

311221 Boschi mesomediterranei di roverella

Boschi di roverella con sottobosco di arbusti mediterranei sempreverdi. Si tratta spesso di boschi cedui a copertura discontinua. Nello strato arboreo possono essere presenti, accanto a *Quercus pubescens*, altre specie termofile (*Quercus ilex*, *Acer monspessulanum*, *Cercis siliquastrum* ecc.). Caratteristiche le specie lianose quali *Rosa sempervirens*, *Clematis flammula*, *Smilax aspera*. Nello strato arbustivo si rinvencono *Lonicera etrusca*, *Crataegus monogyna*, *Spartium junceum*, *Carpinus orientalis*, *Coronilla emerus*. Nello strato erbaceo frequenti *Brachypodium rupestre*, *Carex flacca*, *Viola alba*, *Buglossoides purpureo-coerulea*.

Nel gruppo dei Volsci, soprattutto nei settori più interni è presente un particolare aspetto che si contraddistingue per l'abbondante presenza, nello strato arboreo dominato, di alcune caducifoglie termofile a gravitazione sud-est-europea quali *Carpinus orientalis*, *Fraxinus ornus*, *Pistacia terebinthus* e *Cercis siliquastrum*.

Interessano i versanti a debole pendenza dei rilievi collinari carbonatici o calcareo-marnosi, i terrazzi e rilievi sabbioso-conglomeratici, i depositi collinari argillosi, i ripiani travertinosi con suoli poco profondi, i detriti di falda e le conoidi. Sono tipici del piano mesomediterraneo da secco superiore a subumido e del piano mesotemperato della variante submediterranea della Regione Temperata.

Geograficamente si rilevano sui ripiani travertinosi lungo la valle del Fiora, a M. Canino, sugli affioramenti travertinosi nel viterbese, sui terrazzi sabbioso-conglomeratici fra Montalto di Castro e Civitavecchia, sui versanti costieri dei Monti della Tolfa, sulle colline argillose alla base dei M.ti Ceriti, nella valle del Tevere, nella Sabina, nella Campagna Romana su depositi sabbioso-argillosi, sui terrazzi sabbioso-conglomeratici tra Roma e la foce del Tevere, sui travertini di Tivoli, sugli affioramenti travertinosi di Cisterna, sulle morfologie di pedemonte e di raccordo morfologico alla base della catena dei Lepini-Ausoni-Aurunci, nell'entroterra di Formia e Minturno e sulle colline del Frusinate. In molti casi si tratta di lembi di estensione ridotta per cui non sempre cartografabili.

311222 Boschi submontano-montani di roverella

Boschi di roverella piuttosto aperti caratterizzati da una notevole ingressione di specie arbustive (*Cytisus sessilifolius*, *Spartium junceum*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Chamaecytisus spinescens*) ed erbacee provenienti dagli xerobrometi (*Bromus erectus*, *Koeleria splendens*, *Phleum ambiguum*). Normalmente si tratta di boschi cedui a turni di ceduzione piuttosto ravvicinati.

Questa tipologia forestale non è molto comune nel territorio laziale in quanto caratteristica di bioclimi subcontinentali. È distribuita in un range altitudinale compreso tra i 400 ed i 1200 m e predilige le esposizioni meridionali dei versanti dei rilievi carbonatici, su suoli in genere sottili o erosi, le conoidi e i detriti di falda con abbondante percentuale di scheletro. In termini bioclimatici si posiziona negli ambiti da semicontinentale a subcontinentale della Regione temperata, nel piano mesotemperato/supratemperato subumido-umido.

Si rilevano nelle valli interne della catena appenninica: Valle del Velino, Valle del Turano, alta Valle del Salto (pedemonte M.ti della Duchessa), alta Valle dell'Aniene, Valle del Simbrivio e sui versanti e il pedemonte della Conca di Rieti. Esempi di ridotta estensione si ritrovano anche sui Monti Simbruini, sul gruppo del Velino, sul Terminillo, sui M. Ernici e sugli altri rilievi meridionali a confine con l'Abruzzo.

31123 Querceti a prevalenza di farnia

Formazioni forestali dominate dalla farnia (*Quercus robur*) eventualmente con *Fraxinus oxycarpa* nei siti più igrofilo. Formazioni di estensione generalmente limitata in quanto residuali nella matrice agricola o artificiale. Gli strati dominati sono spesso costituiti da olmo campestre (*Ulmus minor*), acero (*Acer campestre*), carpino bianco (*Carpinus betulus*), nocciolo (*Corylus avellana*), corniolo (*Cornus mas*), sanguinella (*Cornus sanguinea*) e ligustro (*Ligustrum vulgare*). Possono essere in genere caratterizzati da una mesofilia di impronta essenzialmente edafica (terrazzi alluvionali, superfici subpianeggianti collinari, ambiti planiziali interni). Lo strato arbustivo è scarso mentre quello erbaceo è rappresentato da specie igrofile quali *Veronica scutellata*, *Galium elongatum*, *Agrostis stolonifera* e *Mentha aquatica*. Potenzialmente questa tipologia interessa i depositi fluvio-lacustri e palustri delle piane costiere, rientranti nel piano da termomediterraneo superiore a mesomediterraneo inferiore, subumido. Nella maggior parte dei casi tali aree sono state profondamente alterate per cui le superfici forestali sono molto limitate e difficilmente cartografabili. La bonifica ha messo a repentaglio la sopravvivenza di queste comunità nelle depressioni della duna antica, dove tende ad essere progressivamente rimpiazzata dai boschi di cerro e farnetto.

3113 BOSCHI A PREVALENZA DI LATIFOGIE MESOFILIE E MESOTERMOFILE (ACERO-FRASSINO, CARPINO NERO-ORNIELLO, OLMO)

31131 Boschi a dominanza di carpino nero e/o carpinella

311311 Orno-ostrieti e boscaglie a carpinella

Sui versanti mediamente acclivi dei rilievi calcarei e calcareo-marnosi compresi nel piano mesotemperato da inferiore a superiore con ombrotipo umido-iperumido, sono presenti comunità a dominanza di *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* e *Carpinus orientalis*, in proporzioni variabili. Generalmente, il carpino nero domina nelle fasce submontane mentre la carpinella in quelle collinari. A volte partecipano agli strati dominanti anche *Quercus pubescens*, *Q. cerris*, *Acer obtusatum*, *Acer campestre*, *Pyrus piraster*, *Sorbus torminalis* aceri e sorbi.

Negli aspetti più mesofili, a carattere submontano, si rinvencono anche *Tilia platyphyllos*, *Laburnum anagyroides*, *Carpinus betulus*, *Sorbus aria*, mentre in quelli più termofili, dove tendono a dominare *Quercus pubescens* e *Carpinus orientalis*, si rilevano anche *Cercis siliquastrum* e *Acer monspessulanum*.

311312 Ostrieti mesofili

Su tutti i rilievi montuosi carbonatici sia dell'Appennino (dal Terminillo alle Mainarde) che del pre-Appennino (Sabini, Lucretili, Prenestini, Ruffi, Affilani, Simbruini-Ernici) e anti-Appennino (catena dei Volsci), su versanti acclivi, in prevalenza nelle esposizioni settentrionali, di ambiti interessati da un termotipo da mesotemperato a supratemperato inferiore e ombrotipo da umido a iperumido, si hanno comunità di impronta illirica caratterizzate dalla larga dominanza di *Ostrya carpinifolia* nello strato arboreo e di *Sesleria autumnalis* in quello erbaceo. Importante ruolo costruttivo possono inoltre avere diverse altre specie legnose quali *Fraxinus ornus*, *Acer obtusatum* e *Sorbus aria*, che condividono con il carpino nero una certa attitudine pioniera. Partecipano allo strato dominato *Laburnum anagyroides*, *Sorbus aria*, *Euonimus europaeus*, *Cornus mas*, *Acer campestre*, *Crataegus laevigata*, *Corylus avellana*. Gli strati basso-arbustivo ed erbaceo sono caratterizzati da *Ruscus aculeatus*, *Hedera helix*, *Tamus communis*, *Daphne laureola*, *Lathyrus venetus*, *Melittis melissophyllum*, *Campanula trachelium*, *Lilium bulbiferum*, *Melica uniflora*, *Cruciata glabra*, *Potentilla micrantha*, *Festuca heterophylla*, *Fragaria vesca*, *Anemone apennina*.

Molti rimboschimenti di conifere, prevalentemente a *Pinus nigra*, sono stati realizzati nell'ambito di pertinenza di questi boschi.

31132 Formazioni miste di valloni e forre (a taglio, orniello e aceri; a carpino bianco e nocciolo; ad alloro)

Boschi o boscaglie mesofile in cui la specie dominante varia a seconda della altitudine, del substrato, dell'esposizione e della profondità della forra o del vallone. In contesti carbonatici esposti a settentrione e a quote submontane dominano le formazioni a *Tilia platyphyllos*, *Acer obtusatum*, *Populus tremula* e *Fagus sylvatica*; nelle incisioni delle piroclastiti e delle arenarie a quote collinari si rinvencono invece formazioni a *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* e *Laurus nobilis*. In ambiti caratterizzati da un elevato grado di rocciosità affiorante, è frequente la presenza anche di *Quercus ilex*, *Ostrya carpinifolia* e *Carpinus orientalis*.

Sui Monti Ausoni è stato descritto un particolare aspetto tipico delle forre umide che vede la presenza di *Ilex aquifolium* accompagnato da *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo* e *Ruscus aculeatus*.

31133 Betuleti

Boschi a dominanza di betulla (*Betula pendula*). Unica stazione nota e cartografabile presso la Caldara di Manziana (Solfatara di Manziana).

31134 Nuclei forestali di neoformazione in ambito agricolo e artificiali

Formazioni dominate da olmo, acero campestre, carpinella, sambuco, corniolo, sanguinella, prugnolo, ecc. anche misti a robinia (*Robinia pseudoacacia*) o ailanto (*Ailanthus altissima*). Sono aree generalmente poco estese a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione. Tali formazioni possono derivare dal recupero spontaneo delle superfici agricole abbandonate o di quelle interessate da movimenti di terre e deposito di inerti in ambito periurbano o periferico. In alcuni casi si rilevano al loro interno esemplari arborei di notevole età e dimensione.

3114 BOSCHI A PREVALENZA DI CASTAGNO

31141 Castagneti puri e misti con altre latifoglie

Boschi cedui di castagno (*Castanea sativa*) in cui, in misura spesso marginale, possono essere rilevati esemplari di cerro (*Quercus cerris*), rovere (*Quercus petraea*), ciliegio (*Prunus avium*), pioppo tremulo (*Populus tremula*), nocciolo (*Corylus avellana*), ecc., o anche robinia (*Robinia pseudoacacia*). Tali specie possono a volte costituire piccoli lembi residui all'interno o al margine della superficie interessata dal castagneto, non cartografabili o difficilmente distinguibili da fotointerpretazione.

Interessano essenzialmente i versanti dei rilievi vulcanici, ma si rinvergono anche in contesti di rilievi carbonatici laddove i processi pedogenetici, favoriti da morfologie non troppo acclivi, hanno determinato un'acidificazione del suolo. Spesso si rinvergono a quote alto-collinari e submontane, in ambiti caratterizzati da un bioclimate temperato o submediterraneo, ma in alcuni casi scendono anche a quote inferiori laddove presente una discreta umidità edafica.

Le tipologie sottostanti di castagneto ceduo sono state distinte a livello di fotointerpretazione con il supporto della cartografia geologica.

311411 Castagneti (eutrofici) su depositi vulcanici e castagneti (oligotrofici) su lave acide

311412 Castagneti dei substrati arenacei e marnosi

31142 Castagneti da frutto

Boschi di castagno a densità variabile utilizzati per la raccolta dei frutti. In alcuni casi si tratta di piantagioni monumentali in quanto costituite da esemplari arborei di età considerevole.

Le tipologie sottostanti di castagneto da frutto sono state distinte a livello di fotointerpretazione con il supporto della cartografia geologica.

311421 Castagneti da frutto (eutrofici) su depositi vulcanici e castagneti (oligotrofici) su lave acide

311422 Castagneti da frutto dei substrati arenacei e marnosi

3115 BOSCHI A PREVALENZA DI FAGGIO

31151 Faggete termofile e basso-montane

Boschi di bassa quota, generalmente di media e alta collina (500-800 m, eccezionalmente piccoli lembi anche a 300 m), dove, oltre al faggio, possono partecipare alla costituzione della copertura arborea, con ruoli diversi, carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), cerro (*Quercus cerris*), castagno (*Castanea sativa*), carpino

bianco (*Carpinus betulus*) e acero d'Ungheria (*Acer obtusatum*). Nello strato arbustivo vi sono varie specie dei generi *Rosa*, *Rubus* e *Crataegus* e *Daphne laureola*. A livello erbaceo sono frequenti *Melica uniflora*, *Brachypodium sylvaticum*, *Euphorbia amygdaloides*, *Lathyrus venetus*, *Potentilla micrantha*, *Primula vulgaris*, *Viola reichenbachiana*, ecc.

La presenza del faggio è riconducibile a particolari condizioni stazionali che garantiscono una adeguata mesofilia (substrati piroclastici o flyschoidi a forte ritenzione idrica, esposizioni fresche e morfologie che concentrano l'umidità atmosferica). Il termotipo può essere di tipo mesotemperato o addirittura mesomediterraneo, ma è proprio la forte compensazione da parte del substrato e il ristagno di umidità atmosferica che consente la presenza di queste particolari comunità. Rarissime sono invece le stazioni basso-collinari e di pianura, che presentano al massimo esemplari singoli di faggio o in numero tale da non caratterizzarne la fisionomia.

31152 Faggete montane

Boschi a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica*) tipici della fascia altitudinale compresa tra 900 e 1800 m, in cui è possibile distinguere due tipologie cenologiche, una basso-montana e una alto-montana. La distinzione cartografica tra le due tipologie non è semplice, soprattutto a livello di fotointerpretazione, per questo si è ritenuto opportuno mantenerle in un'unica voce.

Le faggete basso-montane, dette anche "termofile", sono caratterizzate da uno strato arboreo dominante costituito da *Fagus sylvatica*, con sporadica presenza di *Acer obtusatum* e *Acer pseudoplatanus*. Un secondo strato arboreo può contenere *Taxus baccata* e *Sorbus aria*. Nello strato arbustivo, in alcuni casi, può raggiungere discrete coperture *Ilex aquifolium*; altrimenti questo strato risulta generalmente poco sviluppato e presenta *Rubus hitrtus*, *Rosa arvensis*, *Crataegus laevigata* e *Daphne laureola*. A livello erbaceo si rilevano *Anemone apennina*, *A. nemorosa*, *Lathyrus venetus*, *Fragaria vesca*, *Cardamine bulbifera*, *Viola reichenbachiana*, *Mycelis muralis*, *Polygonatum multiflorum*, *Scilla bifolia*, *Galanthus nivalis*, *Melica uniflora*, *Euphorbia amygdaloides*, ecc. Sono presenti con estensioni generalmente rilevanti nella maggior parte dei massicci montuosi della regione, soprattutto quelli carbonatici, tanto su versante quanto sulle piane carsiche, nel piano supratemperato inferiore, da umido a iperumido (generalmente tra 1000 e 1400 m).

Sui rilievi più elevati sono ovviamente presenti fasce di transizione verso le comunità di faggio alto-montane. In queste faggete delle quote maggiori, dette anche "microterme", lo strato arboreo è costituito quasi esclusivamente da *Fagus sylvatica*, al quale si accompagnano di rado *Acer pseudoplatanus* e *Sorbus aucuparia*. Pochissimo sviluppato è anche lo strato arbustivo, caratterizzato da specie provenienti dal mantello quali *Rubus idaeus*, *Lonicera alpigena*, *Rhamnus alpina*, *Juniperus communis* subsp. *alpina*. Nello strato erbaceo, generalmente a scarsissima copertura, sono presenti in particolare *Cardamine enneaphyllos*, *C. kitaibelii*, *Viola reichembachiana*, *Mycelis muralis*, *Daphne mezereum*, *Adenostyles australis* e *Prenanthes purpurea*. Sono tipiche dei rilievi montuosi carbonatici a quote comprese tra 1400 e 1800-1900 m, nel piano supratemperato superiore e orotemperato inferiore, da iperumido a ultra-iperumido.

Sui Monti della Laga, sui versanti arenaceo-pelitici del flysch della Laga, nel piano supratemperato da iperumido a ultra-iperumido, sono presenti delle particolari faggete caratterizzate da specie acidofile quali *Veronica urticifolia*, *Pyrola minor*, *Dactyloriza maculata* e, spesso, anche *Vaccinium myrtillus*. Il faggio rappresenta la specie assolutamente dominante; sporadica la presenza di altre entità forestali, tra le quali la più frequente è *Salix caprea*. Lo strato erbaceo risulta spesso ricco di pteridofite, in particolare *Polystichum aculeatum*, *Polystichum lonchitis* e *Dryopteris filix-mas*.

Anche negli ambiti di pertinenza della faggeta sono stati effettuati in passato rimboschimenti di conifere, prevalentemente a *Pinus nigra*, ma anche con specie di altri contesti biogeografici (abete rosso, larice, ecc.).

3116 BOSCHI E BOSCIAGLIE A PREVALENZA DI SPECIE IGROFILE (SALICI E/O PIOPI E/O ONTANI, ECC.)

31161 Boscaglie ripariali a salici arbustivi

Comunità arbustive e arborescenti lineari, spesso frammentate, che si insediano sulla porzione della riva più prossima al corso d'acqua o su porzioni libere del greto dei torrenti. Le specie più frequenti sono *Salix purpurea* e *S. elaeagnos*. Floristicamente sono piuttosto povere, con specie erbacee poco specializzate (*Ballota nigra*, *Pulicaria dysenterica*, *Convolvulus sepium*, *Calystegia sepium*, *Galium album*, *Glechoma hederacea*, *Urtica dioica*); talora però ospitano specie molto rare come ad esempio *Geum rivale*. Si rilevano ad altitudini differenti e lungo corsi d'acqua a regime costante o torrentizio.

31162 Boschi igrofilo a pioppi e salice bianco e/o ad ontano nero e/o a frassino meridionale

Formazioni forestali igrofile di salici (soprattutto *Salix alba*), pioppo bianco (*Populus alba*), pioppo nero (*Populus nigra*), ontano nero (*Alnus glutinosa*), frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*), olmo campestre (*Ulmus minor*) e nocciolo (*Corylus avellana*). Sono ormai sempre più limitate a fasce perifluviali di modesta ampiezza e ridotta continuità o sostituite da formazioni spontanee a dominanza di robinia (*Robinia pseudoacacia*).

Sebbene siano rarissimi i lembi di saliceto che abbiano mantenuto un buono stato di naturalità, i boschi a *Salix alba* rappresentano le formazioni ripariali maggiormente diffuse nel territorio. Queste comunità si sviluppano in ambienti periodicamente inondati, dove il salice è generalmente accompagnato da specie non strettamente igrofile quali *Cornus sanguinea*, *Salix caprea*, *Rubus caesius*, *Ulmus minor*, *Hedera helix*, *Apium nodiflorum*.

Le formazioni forestali dominate da *Alnus glutinosa* possono costituire lungo i corsi d'acqua minori la fascia direttamente a contatto con l'alveo. Le specie arboree che accompagnano *Alnus glutinosa* sono *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Ulmus minor*, *Populus nigra*. Tra le specie arbustive sono frequenti *Sambucus nigra*, *Rubus caesius* e *Rubus ulmifolius*; nello strato erbaceo si ritrovano specie igrofile quali *Carex remota*, *Carex pendula*, *Carex otrubae*, *Polygonum mite*, *Polygonum hydropiper*, spesso accompagnate da specie tipiche dei boschi caducifogli mesofili (*Viola reichenbachiana*, *Euphorbia amygdaloides*, *Circaea lutetiana*, *Mercurialis perennis*, *Ranunculus lanuginosus*, *Vinca minor*).

I boschi a *Fraxinus oxycarpa* sono aspetti forestali termo-igrofilo caratterizzati dalla presenza (e talora dominanza) di frassino meridionale. Queste comunità si trovano su terrazzi alluvionali con ristagno idrico, sulle rive dei laghi costieri o degli stagni e presso le foci.

I boschi a *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus canescens* sono comunità presenti principalmente lungo i corsi d'acqua minori, dove occupano i terrazzi più esterni, meno soggetti ad inondazioni. Lo strato arboreo è costituito, oltre che dai pioppi, anche da *Salix alba*, *Ulmus minor*, *Quercus robur* e *Quercus cerris*.

3117 BOSCHI E PIANTAGIONI A PREVALENZA DI LATIFOGIE NON NATIVE (ROBINIA, EUCALIPTI, AILANTO, ...)

31171 Formazioni spontanee a robinia e/o ailanto

Boschi naturali o favoriti dall'uomo, spesso di dimensioni non elevate, in cui domina la robinia (*Robinia pseudoacacia*) o l'ailanto (*Ailanthus altissima*), entrambe caducifoglie naturalizzate. Al margine o all'interno di queste formazioni sono frequenti l'olmo (*Ulmus minor*), il sambuco (*Sambucus nigra*), l'ebbio (*Sambucus ebulus*), la canna comune (*Arundo donax*) e il rovo (*Rubus ulmifolius*).

Frequentemente, colonizzano superfici agricole abbandonate e terre di riporto, scarpate stradali e ferroviarie, discariche di materiali inerti, denunciando chiaramente il grado di trasformazione antropica e degrado dei luoghi. In alcuni casi, robinieti estesi, con età media degli alberi piuttosto elevata e in contesti

apparentemente naturali, sono il risultato di precedenti impianti artificiali realizzati per rimboschire velocemente alcune superfici o per l'apicoltura.

31172 Rimboschimenti ad eucalipti

Formazioni di origine artificiale dominate dagli eucalipti (*Eucalyptus* sp.pl.), specie alloctone sempreverdi. Nel Lazio sono in gran parte ridotte a filari stradali e fasce frangivento interpoderali presenti nelle aree pianiziali costiere.

312 BOSCHI E RIMBOSCHIMENTI DI CONIFERE (ESCLUSA ARBORICOLTURA)

Formazioni forestali nelle quali la superficie a conifere deve costituire almeno il 75% della copertura arborea.

3121 BOSCHI E RIMBOSCHIMENTI A PREVALENZA DI PINI MEDITERRANEI (PINO D'ALEPPO, PINO DOMESTICO, PINO MARITTIMO) O CIPRESSI

31211 Pinete di pino domestico e/o pino marittimo

Pinete artificiali invecchiate a pino domestico (*Pinus pinea*), in alcuni casi miste a pino marittimo (*Pinus pinaster*), generalmente nell'ambito della duna consolidata e della duna antica.

In molti casi sono utilizzate per campeggi e altre attività ricreative legate al turismo balneare. Alcune pinete mature e lasciate alla dinamica vegetale naturale vedono una ricolonizzazione spontanea di specie tipiche della lecceta e della macchia mediterranea.

31212 Pinete naturali o artificiali di pino d'Aleppo

Pinete naturali o artificiali di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), pure o miste ad altre conifere. Interessano in particolare alcune coste rocciose calcaree e porzioni delle dune consolidate. Nelle aree interne sono progressivamente sempre più rare.

Le porzioni ritenute naturali presenti sulla costa rocciosa del Lazio meridionale (tra Sperlonga e Gaeta) vedono un corteggio floristico ricco di specie della macchia mediterranea.

3122 Rimboschimenti a prevalenza di pini montani e oromediterranei (pino nero), di abete bianco e/o abete rosso, di larice e/o pino cembro o di altre conifere esotiche

Questa tipologia racchiude le formazioni pure di pino nero (*Pinus nigra*), derivate da rimboschimenti su suoli degradati nella fascia dei boschi a latifoglie mesofile, i rimboschimenti di pino nero, puri o misti ad altre conifere, a diverso grado di densità e maturità e i rimboschimenti, generalmente misti, di conifere esotiche, in quanto la loro distinzione tramite fotointerpretazione è piuttosto difficile.

313 BOSCHI E RIMBOSCHIMENTI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE

Formazioni forestali in cui né le latifoglie, né le conifere, superano il 75% della copertura arborea.

3131 BOSCHI MISTI A PREVALENZA DI LATIFOGIE

In queste formazioni, escludendo le conifere, il corteggio floristico è simile a quello delle comunità dominate dalle latifoglie che ne caratterizzano la fisionomia. Anche l'ambito di distribuzione è il medesimo.

31311 Boschi misti a prevalenza di querce sempreverdi

31312 Boschi misti a prevalenza di querce caducifoglie

31313 Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile

31314 Boschi misti a prevalenza di castagno

31315 Boschi misti a prevalenza di faggio

3132 BOSCHI MISTI A PREVALENZA DI CONIFERE

Per queste formazioni valgono le indicazioni fornite per i boschi di conifere.

31321 Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pini mediterranei o cipressi

31322 Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pino nero, abeti, larice, cembro, pino silvestre

31323 Boschi e piantagioni misti a prevalenza di altre conifere

32 ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA E/O ERBACEA

321 AREE A PASCOLO NATURALE E PRATERIE

Aree foraggere a produttività variabile che raggiungono estensioni rilevanti nelle zone montane e subalpine.

3211 PRATERIE CONTINUE

32111 Praterie montane e alto-montane (a *Nardus stricta* e/o a *Festuca paniculata*; a *Festuca violacea* subsp. *italica*; a *Sesleria nitida*; locali prato-pascoli a *Cynosurus cristatus* e *Lolium perenne* o a *Festuca arundinacea*)

Formazioni erbacee continue dei piani supratemperato e orotemperato dei rilievi appenninici e pre-appenninici, su substrati sia arenacei che carbonatici. L'acclività è variabile, ma generalmente non elevata. Dominano le graminacee dei generi *Festuca* e *Sesleria*.

Soprattutto sui Monti della Laga, nelle zone a debole inclinazione con accumulo di suolo, è presente il nardeto, prateria continua dominata da *Nardus stricta* che si sviluppa preferibilmente su substrati silicei. Si tratta di comunità costituite principalmente da emicriptofite e nella maggior parte dei casi sono formazioni di origine secondaria sviluppate in aree precedentemente occupate dal bosco o dagli arbusteti d'altitudine. Solo alle quote più elevate possono derivare da praterie, dove però *Nardus stricta* era originariamente un elemento del corteggio floristico, divenuto poi predominante in quanto favorito dal pascolo. Escludendo i Monti della Laga, negli altri sistemi montuosi laziali i nardeti sono poco frequenti. Sui rilievi carbonatici possono svilupparsi, infatti, solo alle quote più elevate e su suoli acidificati, cioè solo dove vi siano condizioni pedo-litologiche e geomorfologiche favorevoli.

Festuca violacea subsp. *italica*, insieme ad altre graminacee cespitose quali *Festuca microphylla* e *Avenula praetutiana*, costituisce tappeti erbosi continui sui versanti mediamente acclivi di raccordo con le linee di impluvio dove si hanno suoli ricchi di sostanza organica.

Sono comprese in questa voce le formazioni erbacee continue falciate e/o pascolate presenti nelle depressioni carsiche o comunque su superfici subpianeggianti e substrati ricchi in umidità, presenti nelle fasce mesotemperata e supratemperata. Queste comunità sono generalmente dominate da *Cynosurus cristatus* e *Lolium perenne* o da *Festuca arundinacea*.

32112 Praterie a *Dasyrium villosum*, *Avena* sp.pl. e prato-pascoli collinari a dominanza di leguminose

In questa voce sono comprese sia le formazioni erbacee continue di pianura e collina, generalmente da fieno, ricche in specie annuali e dominate dal grano villosa (*Dasyrium villosum*) presenti su superfici e substrati variabili, che quelle collinari e submontane molto ricche in specie e dominate in particolare dalle leguminose (*Trifolium* sp.pl., *Medicago* sp.pl.), presenti su superfici subpianeggianti o scarsamente acclivi.

32113 Praterie pseudo-steppe ad *Ampelodesmos mauritanicus* e/o a *Hyparrhenia hirta*

Cenosi termofile dei piani basale e collinare e di versanti ad acclività molto variabile dominate da graminacee perenni, *Ampelodesmos mauritanicus* e *Hyparrhenia hirta*. Spesso si trovano in contatto con i pratelli terofitici formando un mosaico variabile determinato dalle condizioni edafiche. Incendi o altre forme di disturbo possono determinare una differente continuità del cotico erboso.

Nel Lazio gli ampelodesmeti occupano vaste aree, su versanti quasi sempre esposti a Sud, soprattutto sui rilievi antiappenninici meridionali, dove sono favoriti dal substrato calcareo. Nelle stesse condizioni ambientali, su suoli meno profondi e più disturbati, possono trovarsi le formazioni ad *Hyparrhenia hirta*, che però sono meno diffuse.

Ampelodesmos mauritanicus è una grande graminacea che forma cespi molto densi di un metro e più di diametro. Predilige suoli compatti, poco areati, ricchi in argilla e generalmente profondi, anche se contenuti nelle fessure delle rocce. Grazie alla sua capacità di ripresa dopo il fuoco, costituisce praterie secondarie tipiche della ricolonizzazione post-incendio.

3212 PRATERIE DISCONTINUE E PSEUDO-GARIGHE

32121 Praterie montane e d'altitudine (a *Brachypodium genuense*, *Sesleria tenuifolia*, *Nardus stricta*, *Festuca rubra*) con locali comunità ad elina e saliceti nani

Formazioni erbacee discontinue delle fasce altitudinali montane e subalpine dei rilievi appenninici e pre-appenninici. Tipicamente delle superfici lungamente innevate e dei crinali, su substrati sia carbonatici che arenacei. Sono generalmente dominate dalle graminacee e dove la morfologia è meno accidentata possono risultare a diverso grado di discontinuità.

Sui Monti della Laga, le quote relativamente elevate consentono una discreta presenza del piano bioclimatico criorotemperato (o alpino), il quale mostra un mosaico vegetazionale costituito da fitocenosi assenti, o non così ben strutturate, negli altri rilievi montuosi regionali. In questo contesto sono presenti, infatti, comunità primarie ad *Elyna myosuroides*, specie tipica delle creste ventose e delle sommità dei rilievi (tra i 2300 ed i 2455 m). In queste comunità sono presenti altri elementi artico-alpini o circumboreali quali *Silene acaulis*, *Persicaria vivipara*, *Aster alpinus*, *Alchemilla colorata*, *Poa alpina* ecc. Tipici delle vallette nivali sono i popolamenti a *Salix herbacea* dominante, a cui si alternano le formazioni a *Salix retusa*, le quali occupano le micro-convessità del profilo o gli ambiti ad elevata inclinazione derivanti da vecchie colate di detrito arenaceo-argilloso stabilizzate. Sulle colate di detrito umide, o lungo le linee di deflusso delle acque di fusione delle nevi, si insediano comunità a dominanza di *Saxifraga aizoides*, accompagnata da *Achillea oxyloba* subsp. *mucronulata*, *Acinos alpinus*, *Senecio scopolii*, *Festuca alfrediana* e *Saxifraga oppositifolia*.

Sui massicci carbonatici, alle quote più elevate o in ambiti particolari quali crinali e creste rocciose, sono presenti comunità erbacee discontinue a *Sesleria tenuifolia*; questa graminacea occupa le tasche di suolo presenti tra le rocce, insieme a molte altre specie montane quali *Edrajanthus graminifolius*, *Carex kitaibeliana*, *Androsace villosa*, *Poa alpina*, *Pedicularis elegans*, *Teucrium montanum*, *Saxifraga paniculata*, ecc.

Questa voce include anche le cenosi a *Brachypodium genuense* dei pendii calcarei montani e alto-montani presenti sui M.ti Simbruini-Ernici e il Terminillo.

32122 Praterie e pseudo-garighe collinari e submontane (a *Bromus erectus*, *Festuca circummediterranea*, *Brachypodium rupestre*, *Salvia officinalis*, *Helichrysum italicum*)

Praterie secondarie aride e semi-aride, anche con facies arbustive, ampiamente diffuse in tutto l'Appennino, sviluppatasi in conseguenza del disboscamento e del pascolo. Si rilevano in particolare nei piani mesotemperato e supratermperato, ma a volte anche mesomediterraneo, prevalentemente su substrati calcarei, calcareo-marnosi e raramente marnoso-arenacei, su versanti ad acclività variabile da modesta ad elevata. Danno luogo a diverse tipologie di praterie, frequentemente a dominanza di *Bromus*

erectus, costituite principalmente da emicriptofite, con un contingente di camefite e terofite variabile in funzione della quota e della rocciosità del substrato. Nel corteggio floristico sono molto frequenti *Koeleria lobata* (= *K. splendens*), *Phleum hirsutum* subsp. *ambiguum* (= *P. ambiguum*), *Asperula aristata*, *Avenula praetutiana*, *Crepis lacera*, *Dianthus sylvestris* subsp. *longicaulis*, *Eryngium amethystinum*, *Festuca circummediterranea*, *Globularia bisnagarica*, *Helianthemum apenninum*, *Seseli montanum*, *Teucrium montanum*, *Thymus longicaulis*, *Trinia dalechampii*.

Si includono le pseudo-garighe submontane a *Salvia officinalis* che si osservano in alcune località della dorsale calcarea dei Lepini-Ausoni-Aurunci, le praterie a *Brachypodium rupestre* che si sviluppano nella fascia collinare e submontana su substrati marnoso-arenacei in stazioni subpianeggianti o poco acclivi, le praterie discontinue submontano-montane, ricche in camefite, presenti sui versanti dei rilievi carbonatici e caratterizzate da *Satureja montanae* e le pseudo-garighe submontane caratterizzate dall'abbondanza di *Helichrysum italicum*.

322 BRUGHIERE E CESPUGLIETTI

Formazioni vegetali basse e chiuse, durevoli, composte principalmente da specie arbustive (ericacee, cupressacee, rosacee e leguminose).

3221 Cespuglietti d'altitudine e montani a mirtillo nero, ginepro nano, ramno alpino, rosacee e leguminose arbustive

Nel territorio laziale le brughiere d'altitudine a mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*) sono diffuse soprattutto sui Monti della Laga, sui substrati pelitico-arenacei (Flysch della Laga) del piano orotemperato iperumido/ultraiperumido. In questo contesto tale specie costruisce estesi popolamenti al di sopra del limite superiore del bosco. Si tratta di comunità camefitiche prostrate nelle quali le specie più frequenti sono *Hypericum richeri*, *Luzula italica*, *Carex ericetorum*, *Nardus strictus*, *Antennaria dioica*, *Bellardiochloa variegata*, *Trifolium thalii*.

Popolamenti di mirtillo nero sono presenti anche sul Terminillo, seppure meno caratteristici ed estesi di quelli sopradescritti.

Nei massicci montuosi del Lazio, in particolare quelli carbonatici appenninici e preappenninici, l'arbusteto orotemperato è piuttosto diffuso nella fascia compresa tra il limite superiore degli alberi e le vette, anche se risente ancora del degrado o della notevole frammentazione operata in passato per favorire il pascolo. In queste comunità la specie con il maggior ruolo costruttivo è però *Juniperus communis* subsp. *alpina*, la quale, sta velocemente ricolonizzando i pascoli abbandonati. All'interno dei cespugli prostrati di ginepro nano vegetano *Arctostaphylos uva-ursi*, *Cotoneaster integerrima*, *Cotoneaster nebrodensis*, *Daphne oleoides*, *Calamagrostis varia* e altre specie tipiche di questi ambienti e delle praterie circostanti.

In questa voce, per esigenze di semplificazione e non sempre chiara interpretazione, vengono raccolte anche le comunità dominate da una o più specie, generalmente decidue (ramno alpino, rosacee e leguminose arbustive), dinamicamente collegate ai boschi caducifogli mesofili montani (faggete, ostrieti, ecc.)

3222 Cespuglietti a dominanza di prugnolo, rovi, ginestre e/o felce aquilina

Arbusteti decidui termofili a dominanza di prugnolo (*Prunus spinosa*), biancospino (*Crataegus monogyna*), ginestra odorosa (*Spartium junceum*), ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*) o rovi (*Rubus* sp.pl.). In questa tipologia rientrano anche le formazioni a felce aquilina (*Pteridium aquilinum*), generalmente pure e molto dense, presenti in ambito sia collinare che montano.

3223 Boscaglia illirica a *Pistacia terebinthus* e *Paliurus spina-christi* o a *Cercis siliquastrum* e *Pistacia terebinthus*

Caspugeti e boscaglie xerofili dei substrati carbonatici a dominanza variabile e costituite principalmente da varie specie caducifoglie quali terebinto (*Pistacia terebinthus*), albero di Giuda (*Cercis siliquastrum*), spina di Cristo (*Paliurus spina-christi*), bagolaro (*Celtis australis*), acero trilobo (*Acer monspessulanum*) e carpinella (*Carpinus orientalis*). Sottobosco di ginestra odorosa (*Spartium junceum*), prugnolo (*Prunus spinosa*) e biancospino (*Crataegus monogyna*). In genere sono dinamicamente collegati ai boschi termofili di roverella.

323 AREE A VEGETAZIONE SCLEROFILLA

Ne fanno parte la macchia mediterranea e le garighe, rispettivamente formazioni dense composte da numerose specie arbustive, ma anche arboree, in prevalenza a foglia persistente (sclerofille) e comunità termofile cespugliose basse e discontinue su substrato calcareo o siliceo, dinamicamente collegate tra loro.

3231 MACCHIE ALTE

Macchia mediterranea di altezza compresa tra i 3 e i 5 m in genere derivata dalla degradazione della lecceta ma che in alcuni ambienti particolari può rappresentare la comunità finale della serie di vegetazione. Sono caratterizzate generalmente dal leccio (*Quercus ilex*) arborescente e/o da altre specie sclerofille (*Phillyrea latifolia*, *Ceratonia siliqua*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, ecc). Si distinguono in due sottotipologie sulla base dell'ambito ecologico in cui sono presenti (duna costiera o versante di rilievi costieri o subcostieri).

32311 Macchia alta retrodunale e interdunale

32312 Macchia alta interna e collinare

3232 MACCHIE BASSE E GARIGHE

La macchia bassa è una macchia mediterranea di altezza inferiore ai 3 m. Anch'essa può essere il risultato di processi degradativi o rappresentare la tappa finale della serie di vegetazione, in particolare sui versanti più ripidi delle coste alte o sull'apice della duna costiera stabilizzata. La gariga è una formazione ancora più bassa e rada e per questo più ricca in specie erbacee, tra cui molte terofite.

32321 Macchia a ginepro coccolone o a ginepro fenicio delle dune stabilizzate

Macchia costiera dunale dominata da *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* e/o da altre specie sclerofille tipiche della macchia mediterranea (lentisco, fillirea, alaterno, ginepro fenicio, ecc.).

In alcuni siti del settore meridionale del Lazio, sulle dune consolidate più conservate e protette, sono presenti dei lembi di macchia a *Phillyrea angustifolia*, *Erica multiflora* e *Juniperus phoenicea* del *Phillyrea angustifoliae-Ericetum multiflorae*.

32322 Macchia a ginepro fenicio delle coste alte, con euforbia arborescente e/o palma nana

Macchia mediterranea, presente sui pendii delle coste alte, dominata da ginepro fenicio (*Juniperus phoenicea* o *J. turbinata*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), rosmarino (*Rosmarinus officinale*), barba di Giove (*Anthyllis barba-jovis*) ed euforbia arborescente (*Euphorbia dendroides*), con locali presenze di palma nana (*Chamaerops humilis*).

32323 Macchia a mirto e lentisco o a olivastro e lentisco

Macchia mediterranea a prevalenza di lentisco (*Pistacia lentiscus*) a cui si associano spesso mirto (*Myrtus communis*), fillirea (*Phillyrea latifolia*), alaterno (*Rhamnus alaternus*), oleastro (*Olea europea* var. *oleaster*), *Calicotome villosa*, *Ampelodesma* (*Ampelodesmos mauritanicus*) e altre specie arbustive sclerofille.

32324 Garighe a cisti, erica e rosmarino o ad *Helichrysum litoreum*

Garighe costiere a prevalenza di *Erica multiflora*, cisti (*Cistus monspeliensis*, *C. salviifolius*, *C. creticus*), rosmarino (*Rosmarinus officinalis*), ecc., dinamicamente collegate alla macchia mediterranea.

Rientrano in questa voce anche le garighe a *Helichrysum litoreum*, *Senecio bicolor*, *Daucus gingidium*, ecc. colonizzano le porzioni di scogliera generalmente non raggiunte dagli spruzzi di acqua salata.

33 ZONE APERTE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE

331 SPIAGGE, DUNE E SABBIE

La scala cartografica adottata non consente di rappresentare nel dettaglio il complesso mosaico di comunità che caratterizza gli ambienti sabbiosi e dunali costieri, nei quali esistono fitocenosi con valore di vegetazione potenziale aventi estensione limitatissima. Pertanto come unità cartografica si è utilizzato il complesso delle comunità erbacee psammofile.

Tali comunità, con estensioni e stati di conservazione molto variabili, interessano tutti i tratti di costa bassa sabbiosa, esclusi quelli totalmente trasformati o degradati dagli usi antropici.

Procedendo dal mare verso l'interno, la vegetazione degli ambienti di spiaggia lungo il litorale laziale è costituita dalle seguenti comunità:

- cakileto, comunità paucispecifica di terofite nitrofile ed alotolleranti della fascia subpianeggiante prossima alla linea di riva caratterizzata da *Cakile maritima*;
- agropireto, comunità di erbacee perenni delle dune embrionali e delle sabbie mobili dominata da *Elytrigia juncea* (= *Agropyrum junceum* o *Elymus farctus*);
- ammoreto, comunità emicriptofitica delle dune mobili e semifisse fisionomicamente caratterizzata da *Ammophila arenaria*;
- crucianello, comunità camefitica del versante interno delle dune semifisse caratterizzata da *Crucianella maritima*,

A mosaico con le citate comunità psammofile si trovano aspetti di vegetazione terofitica notevolmente diversificati, spesso seminitrofili e legati ad alterazione e disturbo antropico

332 ROCCE NUDE, FALESIE, RUPI, AFFIORAMENTI

3321 Scogliere con vegetazione rada a *Limonium* sp. e *Crithmum maritimum*

Superfici rocciose costiere ad acclività generalmente elevata con vegetazione rada e paucispecifica caratterizzata dalle specie del genere *Limonium* e dal finocchio marino (*Crithmum maritimum*).

3322 Rupi e falesie con vegetazione casmofitica

Superfici rocciose interne, o comunque non influenzate dal mare, con acclività generalmente elevata e vegetazione rada caratterizzata da specie casmofite differenti a seconda della altitudine, del substrato e della esposizione: *Potentilla apennina*, *Saxifraga callosa* (= *Saxifraga australis*), *Trisetaria villosa* (= *Trisetum bertolonii*), *Campanula fragilis*, *Saxifraga paniculata* (= *S. stabiana*), *Silene acaulis*, *Edraianthus graminifolius*, *Primula auricula* subsp. *ciliata*, *Potentilla caulescens*, *Cystopteris fragilis*, *Asplenium trichomanes*, *Asplenium viride*, *Ceterach officinarum*, *Asplenium ruta-muraria*, *Kerneria saxatilis*, *Moehringia muscosa*.

333 AREE CON VEGETAZIONE RADA

3331 Ghiaioni e falde di detrito alto-montani e subalpini

Aree con vegetazione rada costituita dalle specie tipiche dei substrati detrici a mobilità variabile.

Rappresentano una situazione complessa in quanto è possibile riconoscere diverse comunità di tipo primario procedendo dal centro del ghiaione verso la periferia. Nella parte centrale, ovvero quella soggetta al frequente rotolamento gravitativo dei massi, troviamo una comunità paucispecifica caratterizzata da *Cymbalaria pallida*, *Crepis pygmaea*, *Ranunculus brevifolius* e *Rumex scutatus*. Nella zona adiacente, laddove le dimensioni dei clasti e la mobilità del substrato si fa più ridotta, prende il sopravvento *Festuca dimorpha*, endemica dell'Appennino centrale, insieme a diverse specie endemiche dell'Appennino quali *Galium magellense*, *Arenaria bertoloni*, *Thlaspi stylosum*, ecc. Le porzioni marginali del ghiaione, infine, vedono la dominanza di comunità dominate da ombrellifere di grossa taglia quale in particolare *Heracleum sphondylium* subsp. *orsinii*.

3332 Calanchi

I calanchi sono morfotipi caratteristici dei versanti dei rilievi collinari interessati da substrati argillosi. Sono aree con vegetazione assente o molto rada.

3333 Greti fluviali con vegetazione rada

Aree con vegetazione legata ai letti ghiaiosi e ciottolosi dei corsi d'acqua a regime stagionale (*Dittrichia viscosa*, *Xanthium italicum*, *Helichrysum italicum*, *Tamarix africana*, *Vitex agnus-castus*, *Arundo donax*, *Paspalum distichum*, ecc.).

4 ZONE UMIDE

41 ZONE UMIDE INTERNE

411 PALUDI INTERNE A VEGETAZIONE A RIZOFITE SOMMERSE O APPENA AFFIORANTI, AD ELOFITE, A GRANDI CARICI, A GIUNCHI; PRATI SU SUOLI IDROMORFI; VEGETAZIONE PIONIERA IGRO-NITROFILA E VEGETAZIONE PIONIERA EFFIMERA A PICCOLE CIPERACEE

Vegetazione palustre, prevalentemente caratterizzata da idrofite, elofite ed emicriptofite. Esse competono alle sponde di tutti i corpi idrici, con notevole variabilità in termini di composizione e struttura. Per la ridotta estensione non è facilmente cartografabile alla scala adottata.

Questa vegetazione si articola nelle seguenti comunità:

- lamineti caratterizzati da idrofite radicate quali *Potamogeton nodosus*, *Polygonum amphibium* e da rizofite affioranti quali *Myriophyllum verticillatum* e *M. spicatum*;
- vegetazione a rizofite sommerse o appena affioranti quali *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton perfoliatus* ecc;
- vegetazione dell'interfaccia terra/acqua caratterizzata da grandi elofite quali *Phragmites australis* e *Typha angustifolia*;
- vegetazione riparia a grandi carici della sponda emersa con *Carex riparia*, *Iris pseudacorus*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*;
- prati su suoli idromorfi a *Myosotis palustris*, *Equisetum palustre*, *Scirpus sylvaticus* e *Holoschoenus australis*;
- mosaico di vegetazione caratterizzato da giunchi quali *J. effusus*, *J. inflexus* ecc., e specie mesofile quali *Agrostis stolonifera*, *A. castellana*, *Ranunculus sardous*, *Carex hirta*, *Mentha suaveolens* e *Galega officinalis*;
- vegetazione pioniera tardo-estiva e nitrofila delle zone di accumulo di detriti su suolo idromorfo caratterizzata da *Bidens* sp.pl., *Ranunculus* sp.pl., *Polygonum hydropiper*, ecc.;

- fasce di vegetazione pioniera effimera a piccole ciperacee e juncacee, quali *Cyperus fuscus*, *C. flavescens*, *Juncus bufonius*, *Lythrum hyssopifolia*.

42 ZONE UMIDE MARITTIME

421 PALUDI SALMASTRE

4211 Vegetazione a salicornie annuali e/o altre specie alonitrofile annuali; garighe alofile a camefite e nanofanerofite succulente; praterie emicriptofitiche e giuncheti alofile

Gli ambienti salmastri delle lagune, dei laghi costieri, e delle depressioni alofile costiere presentano un complesso mosaico catenale di formazioni erbacee che si articola nelle seguenti tipologie:

- praterie pioniere a salicornie annuali: comunità dominate da *Salicornia emerici*, *S.patula* e *Suaeda maritima* caratteristiche dei fanghi e substrati limoso-sabbiosi dei bordi delle lagune e del fondo delle depressioni retrodunali soggette a periodi di sommersione e disseccamento variabili, a volte con crosta salina superficiale e con una discreta quantità di materia organica;
- praterie a specie alonitrofile annuali: comprende la vegetazione effimera, a sviluppo tardo invernale-primaverile, dominata da *Parapholis incurva*, *P. strigosa* e *Frankenia pulverulenta*, su suoli argilloso-sabbiosi, ricchi di sali, disseccantisi in estate, gli aspetti su suoli meno salini e più umidi, caratterizzati dalla presenza di *Juncus hybridus* e *Polypogon monspeliensis* e le comunità dominate da *Spergularia salina* (= *S. marina*) che crescono su fanghi salini e ricchi di nitrati, soggetti al calpestio del bestiame (le formazioni alofile annuali si avvantaggiano della rottura della cuticola erbosa derivante dal calpestio che espone il suolo nudo ad evaporazione e quindi a salificazione);
- garighe alofile a camefite e nanofanerofite succulente (*Sarcocornia perenne*, *Halimionie portulacoides* = *Atriplex portulacoides* e *Suaeda vera*): si stabiliscono ai bordi delle lagune, degli stagni e delle saline costiere, su fanghi salini stabilizzati e poco disturbati formando delle comunità paucispecifiche che si distinguono in base alla salinità e al periodo di inondamento e disseccamento cui sono sottoposte;
- praterie emicriptofitiche alofile dominate da giunchi di grande o piccola taglia. Le comunità a dominanza di *Juncus acutus* sono piuttosto diffuse nel Lazio, essendo questa una specie dall'elevata plasticità ecologica, soprattutto rispetto alla presenza di sali nel suolo; inoltre essendo una specie non appetibile risulta altamente competitiva anche negli ambiti utilizzati come pascolo. A queste comunità si affiancano cenosi meno estese e più frammentate a dominanza di *Juncus maritimus*, un'altra specie ecologicamente molto versatile ma che, rispetto alla prima, ha caratteristiche più spiccatamente igrofile ed alofile e si struttura quindi in comunità autonome su suoli perennemente inondati d'acqua salmastra. Altre comunità di alte erbe sono quelle dominate da *Spartina versicolor*, che si rinvencono nella zona di transizione tra la duna e la pianura alluvionale. In qualche località del Lazio sono state rinvenute anche cenosi a dominanza di giunchi di piccola taglia (*Juncus gerardi*) che si insediano su suoli debolmente umidi e molto ricchi in sali.

4212 Canneti oligoalini (fragmiteti e scirpeti)

Canneti dei terreni salini e delle depressioni dunali caratterizzati dalla dominanza della canna di palude (*Phragmites australis*) e da *Scirpus maritimus*. Sono formazioni paucispecifiche.

422 Saline

Saline attive o in disuso.

Metodologia di realizzazione della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio

La metodologia di realizzazione della cartografia ha integrato tecniche di analisi delle immagini telerilevate disponibili con una fase di fotointerpretazione manuale integrata da rilievi di campagna.

La parte di trattamento automatico delle immagini è di natura fortemente sperimentale. Essa viene realizzata concretamente da parte di Forestlab Centre presso il Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale dell'Università del Molise assieme ai laboratori di Telespazio e ha mirato a valutare l'effettiva efficacia delle tecniche di segmentazione multi risoluzione e classificazione *object oriented* delle immagini per l'implementazione di cartografia tematica quale quella oggetto del presente progetto.

Tutti gli strati informativi disponibili e il risultato della segmentazione sono stati quindi passati a cinque fotointerpreti che, sulla base di una suddivisione in lotti della Regione (Figura 2), hanno predisposto, con l'ausilio dei rilievi di campagna, la prima bozza della Cartografia. La Cartografia realizzata dai foto interpreti è costituita dall'intersezione logica dei due sistemi nomenclaturali sviluppati.

I file grezzi derivanti dalla fotointerpretazione sono stati quindi mosaicati, sottoposti a una verifica di qualità centralizzata presso Forestlab Centre e quindi validati e processati per verificarne ed eventualmente adeguarne geometria e topologia agli standard di progetto.

Qui di seguito una breve descrizione delle varie fasi.

Derivazione della maschera delle formazioni naturali e seminaturali

La maschera è derivata a partire dalle classi 3, 4 e 5 di primo livello del sistema di nomenclatura della CUS del Lazio (Tabella 6). Dello strato informativo originario della CUS sono stati quindi selezionati i soli poligoni afferenti alle tre classi, questo ha costituito la cosiddetta *maschera CUS*. Il lavoro di derivazione cartografica è stato quindi incentrato nella creazione di uno strato informativo di maggior dettaglio modificando la maschera CUS sulla base di quanto deducibile dalla interpretazione delle immagini ADS40 e degli altri strati informativi disponibili, ivi compresi i rilievi di campagna. In qualche caso dubbio, ai soli fini della definizione tipologica sono state consultate basi a colori quali ortofoto IT2000 o real Italy 2006 o Google Earth.

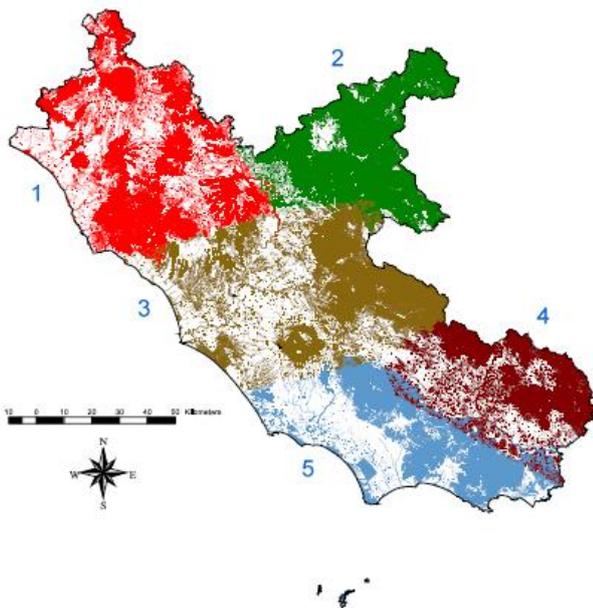


Figura 13: ripartizione della maschera CUS nei cinque lotti di fotointerpretazione.

Fotointerpretazione

La fotointerpretazione è realizzata sulla base delle immagini ADS40 (supportata dagli altri strati informativi ancillari disponibili) modificando la copertura della maschera CUS eventualmente a sua volta modificata nelle precedenti fasi di segmentazione multi risoluzione.

Le norme che seguono si riferiscono indifferentemente alla modifica della maschera CUS originaria o a quella dettagliata geometricamente per segmentazione. In tal senso è necessario ricordare che il processo di segmentazione ha mantenuto comunque integra la struttura geometrica e topologica della maschera CUS.

Nella maggior parte dei casi l'attività di foto interpretazione ha riguardato i seguenti casi:

- CASO 1: **classificare** i poligoni già delineati nella maschera CUS caratterizzandoli sulla base del sistema di nomenclatura prescelto qualora questi fossero già omogenei al massimo livello di dettaglio possibile del sistema di nomenclatura adottato (Figura 14);



Figura 14: maschera CUS sulla base della copertura ADS40. Esempio di poligono (contrassegnato con il codice CUS 322) che potrebbe richiedere una semplice codifica sulla base del nuovo sistema di nomenclatura adottato (CASO 1).

- CASO 2: **suddividere** i poligoni già delineati nella maschera CUS qualora questi non fossero già omogenei al massimo livello di dettaglio possibile del sistema di nomenclatura e quindi caratterizzando i nuovi poligoni creati sulla base del sistema di nomenclatura prescelto (Figura 15).



Figura 15: maschera CUS sulla base della copertura ADS40. Esempio di un vasto poligono (contrassegnato con il codice CUS 311) che richiede la suddivisione in più poligoni da classificare sulla base del nuovo sistema di nomenclatura (CASO 2).

In fase di foto interpretazione sono state rispettate le seguenti regole:

1. cercare di **ridurre al minimo i cambiamenti alla geometria della carta CUS Lazio** (Figura 5). La corrispondenza geometrica tra la CUS Lazio e la copertura ADS40 è già stata verificata e ritenuta in generale soddisfacente. Fanno eccezione le modifiche di cui alla Regola 3. Qualora si notino delle aree affette da una mancata coregistrazione tra i due strati informativi è necessaria correzione manuale della maschera CUS;
2. **non è necessario che venga mantenuta la coerenza tematica con la cartografia CUS Lazio**, non è cioè necessario che l'approfondimento tematico della nuova cartografia derivata sia consistente con il terzo o il quarto livello dell'CUS. Per esempio un poligono di classe 311 della CUS del Lazio non è detto che venga classificato (in parte o in toto) in una delle classi 311: potrebbe quindi essere un 311212 come un 3224;
3. **è possibile creare nuovi poligoni esternamente alla maschera CUS**. E' possibile che alcune porzioni di territorio da cartografare non siano incluse nella maschera CUS ma che debbano essere digitalizzate ex novo (Figura 16). In questo caso è necessario che i fotointerpreti creino dei nuovi poligoni che verranno quindi classificati con il sistema di nomenclatura della nuova cartografia. Tali aree sono presenti per inconsistenze della classificazione CUS o perché assegnate ad aree miste agricole e naturali (Figura 17). I nuovi poligoni creati esternamente alla maschera CUS possono essere modifiche di poligoni della maschera CUS (allargamento di un poligono della maschera CUS), poligoni comunque adiacenti a quelli della maschera CUS o poligoni completamente separati da questa. In ogni caso i poligoni creati debbono soddisfare i requisiti cartografici della nuova cartografia (unità minima cartografabile, larghezza minima, grado di copertura).



Figura 16: maschera CUS (in verde) sulla base della copertura ADS40. Esempio di elementi da includere nella nuova cartografia non inclusi nella maschera CUS. Il cerchietto giallo rappresenta la zona da includere ed è di grandezza pari alla dimensione dell'unità minima cartografica di 0,5 ha.



Figura 17: maschera CUS sulla base della copertura ADS40. Esempio di punti in cui la maschera CUS necessita di un editing al suo esterno. Alcuni poligoni (classe CUS 311) risultano separati artificialmente da una distanza che è inferiore all'unità minima cartografica e alla larghezza minima. Questi poligoni dovranno essere editati per correggerne la geometria. L'elemento lineare a sinistra dovrà essere unito ai poligoni in corrispondenza dei cerchi verdi. L'altro elemento lineare più piccolo in basso dovrà essere unito al poligono nei due punti segnati dai cerchi verdi, il triangolo formatosi (cerchio giallo) dovrà altresì essere incluso al poligono.

4. **è possibile che alcuni poligoni della maschera CUS non soddisfino i requisiti cartografici della nuova carta delle formazioni naturali e seminaturali.** Può infatti accadere che:
- 4.1 un poligono della maschera CUS sia di grandezza inferiore a 0,5 ha e/o di larghezza inferiore a 20 m: deve essere lasciato e riclassificato secondo i codici di Tabella 6 come gli altri poligoni;
 - 4.2 abbia un grado di copertura inferiore al 10%: deve essere lasciato e riclassificato secondo i codici di tabella 6 come gli altri poligoni;
 - 4.3 abbia un tipo di uso/copertura del suolo che non rientra in nessuna delle classi di Tabella 6: in questi casi è possibile che debba essere modificato il sistema di nomenclatura, se l'area afferisce ad altri ambienti (classi CORINE 1, 2 o 5) allora viene utilizzato il codice 999.
- In nessun caso i poligoni della maschera CUS possono essere cancellati.
5. **tutti i poligoni della nuova cartografia derivata dovranno avere indicazione anche del codice dell'uso del suolo della maschera CUS** (Tabella 1), nel caso in cui vengano creati nuovi poligoni originariamente non presenti nella maschera (vedi Regola 3) dovranno avere codice 999 (si veda il Capitolo successivo sulla strutturazione del data base geografico).

L'uso delle altre cartografie tematiche disponibili nella Regione è da considerarsi un utile supporto per la identificazione dei più idonei codici formazioni naturali e seminaturali di cui in Tabella 6. La loro integrazione avviene a cura del fotointerprete durante la fase di editing. In ogni caso rimangono vigenti le regole di cui sopra e la maschera CUS rimane lo strato informativo di riferimento per la geometria della nuova carta prodotta.

Per quanto riguarda la carta realizzata sperimentalmente da Inform questa è stata derivata dalla carta CUS e per questo viene integrata con il nuovo progetto cartografico.

Il risultato finale della cartografia viene prodotto in modo da mantenere anche la parte di cartografia CUS originaria. Il risultato finale cartografico è quindi organizzato secondo il sistema di nomenclatura riportato in Allegato, costituito da un totale di 115 categorie di cui 69 appartenenti alle sole classi 3,4 e 5. Di seguito è riportata la tabella di confronto tra la CUS 2003 e la Carta delle formazioni naturali e seminaturali

Classi	CUS 2003	Carta formazioni naturali e seminaturali integrata con CUS 2003
Classe 3, 4 e 5	26	69
Classi 1, 2, 3, 4 e 5	76	115

Caratteristiche del database geografico della carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio

Il database geografico vettoriale della Carta delle formazioni naturali e seminaturali della Regione Lazio ha estensione definita dalla maschera CUS ed è strutturato sulla base del seguente tracciato record:

VEGE:

CUS: numerico, intero; classe della vegetazione delle sole formazioni naturali e seminaturali in cui vengono mantenuti anche i codici originari della CUS2003 per gli usi del suolo non afferenti alle classi naturali e seminaturali. In Allegato il sistema complessivo.

PERIMETRO: numerico, reale; estensione del perimetro del poligono in metri.

AREA: numerico, reale; estensione dell'area del poligono in metri quadri.

HECTARES: numerico, reale; estensione dell'area del poligono in ettari.

Derivazione della carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio

Negli ultimi anni, con l'affermarsi di una nuova impostazione selvicolturale basata su una conoscenza approfondita della dinamica naturale dei boschi e parallelamente al consolidarsi di metodi di pianificazione forestale che tengono conto della polifunzionalità degli stessi, si è sentita la necessità di avere a disposizione nuovi metodi d'inquadramento della vegetazione forestale per fondare su presupposti ecologici la gestione del bosco.

Il criterio di classificazione su base tipologica proposto per la Regione Lazio segue, coerentemente con gli analoghi studi condotti sul territorio nazionale, un criterio gerarchico, in cui i tipi rappresentano le unità fondamentali. I tipi sono caratterizzati da una omogeneità dal punto di vista ecologico, floristico e colturale e, pertanto, si possono configurare quali unità elementari di gestione.

La derivazione della carta forestale su basi tipologiche avviene in una fase unica di foto interpretazione condivisa con quella di creazione della carta ARP Lazio. Il sistema di nomenclatura integrato tra i due (ARP e tipologico) è presentato in Tabella 6. Si noti che la definizione di bosco nei due progetti è identica.

Le principali differenze della carta su basi tipologiche rispetto alla carta ARP Lazio sono le seguenti:

- le tipologie sono relative alle sole classi bosco (311, 312 e 313);
- le tipologie non prevedono formazioni forestali miste che devono per questo essere sempre attribuite a una formazione forestale prevalente (311 o 312) sulla base della dominanza della copertura delle chiome;
- alcune tipologie sono più dettagliate rispetto alle relative formazioni ARP Lazio (leccete, alcune cerrete, orno-ostrieti, castagneti, faggete, pinete termofile);
- alcune tipologie sono meno dettagliate rispetto alle relative formazioni ARP Lazio (alcune cerrete, boschi igrofilo, quercu-carpineti).

Il sistema di nomenclatura su base tipologica è riportato nella seguente Tabella.

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
Leccete	Lecceta costiera termofila	Distanza dalla costa, lito-morfologia, composizione dello strato arboreo	Strato arboreo e arbustivo costituito da specie sempreverdi	Viburno-Quercetum ilicis	Zona costiera (dune e retrodune) e primi rilievi costieri a quote basse (es. Monti Ausoni e Aurunci, Monti

<u>Categoria</u>	<u>Tipo</u>	<i>Criteria di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
					della Tolfa, colli della Maremma laziale)
	Lecceta mesoxerofila	Altimetria, litologia, composizione dello strato arboreo	Strato arboreo dominato da leccio, con presenza subordinata di ornio, carpino nero, roverella	Fraxino ornio-Quercetum ilicis	Da 600-700 m fino a 1200 m s.l.m., in genere sui versanti esposti a ovest e a sud di quasi tutti i rilievi calcarei pre e propriamente appenninici laziali (extra-zonali)
	Lecceta con faggio	Altimetria, litologia, composizione dello strato arboreo	Strato arboreo codominato da leccio e faggio.	Cephalanthero-Quercetum ilicis	Rilievi calcarei tra i 700 e i 1000 m (es. M. Sabini, M. Simbruini, M. Cairo)
	Lecceta rupicola	Litomorfologia, fisionomia	Boscaglie e macchie edafoxerofile, con copertura arborea discontinua di solo leccio e altezze che non superano 4-5 m	Aspetti pionieri del Quercion ilicis	Quote variabili (fino ai 1400 m sui Monti della Duchessa), in situazioni di forte pendenza e su dirupi
Sugherete	Sughereta costiera tipica	Fisionomia, litologia	Fisionomia tendenzialmente aperta, soprattutto nel caso di colture specializzate; strato arboreo dominato da sughera, con frequente presenza di pini (soprattutto <i>P. pinea</i>) e leccio	Viburno-Quercetum ilicis suberetosum Fraxino ornio-Quercetum ilicis suberetosum	Fascia costiera su terreni pianeggianti su substrati vulcanici oppure in lieve pendio su terra rossa o altri substrati decarbonati
	Sughereta con caducifoglie	Fisionomia, litologia	Strato arboreo dominato da sughera con mescolanza di querce caducifoglie	Quercetum frainetto-suberis	Sabbia silicea di origine vulcanica (es. Insugherata, Tuscanica), Agro pontino (es. Fossanova) e

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
			(farnetto, cerro)		promontorio del Circeo (Quarto freddo)
Pinete termofile	Pineta di pino domestico	Distanza dalla costa e composizione dello strato arboreo	Rimboschimento a pino domestico, spesso con leccio e macchia mediterranea nel sottobosco	Viburno-Quercetum ilicis pinetosum	Litorale (es. Tarquinia, Fregene, Castel Fusano, Castelporziano, Circeo)
	Pineta di altre specie termofile	Composizione dello strato arboreo	Rimboschimenti e soprassuoli di origine naturale di pino d'aleppo e/o pino marittimo	Oleo-Ceratonion s.l. Pistacio-Pinetum halepensis	Litorale e rilievi immediatamente interni
Querceti a roverella	Querceto a roverella mesoxerofilo	Composizione dello strato arboreo, litologia	Strato arboreo dominato da roverella, con presenza subordinata di altre caducifoglie (orniello, acero opalo, carpino nero, carpinella; localmente anche acero minore, colutea, albero di giuda) e di ginestra a foglie sessili e spesso con elevata copertura erbacea	Cytiso-Quercetum pubescentis Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis carpinetosum orientalis	Falde dei rilievi calcarei interni, fino a 1000-1200 m (Reatino, Frusinate); più raramente su substrati pedogenetici marnoso-arenacei (es. Valle del Marangone)
	Querceto a roverella con cerro	Composizione dello strato arboreo, litologia	Strato arboreo dominato da roverella con cerro	Varianti del Rubio-Quercetum cerridis	Rilievi tirrenici collinari, su suoli a profondità variabile, spesso arenacei (flysh: es. Monti della Tolfa, Barbarano); in esposizioni sud, è riscontrabile anche a quote superiori e su suoli ricchi in argilla, su

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
					giaciture dolci (es. Cicolano)
Cerrete	Querceto a cerro e farnetto	Litomorfologia, composizione dello strato arboreo	Strato arboreo dominato da cerro e farnetto	Quercetum frainetto-suberis Mespilo germanicae-Quercetum frainetto s.l. Rubio-Quercetum cerridis (p. min. p.)	Pianure costiere e interne su suoli profondi e decalcificati (es. boschi di Palo Laziale, Foglino e del Padiglione, Macchia di Capocotta, Castel Porziano, Circeo, Valle del Sacco-Liri, M. Ausoni); localmente nella Tuscia su sedimenti vulcanici e flysh arenacei (es. cerreta di Manziana, Valle del Paglia)
	Cerreta neutro-basifila collinare	Composizione dello strato arboreo, litologia, quota	Cerro frequentemente consociato a roverella, con fillirea e frequenti rampicanti; localmente può essere presente carpinella; significativa partecipazione di arbusti del pruneto e di ginepri	Rubio-Quercetum cerridis	Stazioni con morfologia collinare su suoli poco profondi su substrati di origine sedimentaria
	Cerreta acidofila e subacidofila collinare	Composizione dello strato arboreo, litologia, quota	Strato arboreo dominato da cerro, talvolta anche presenti, ciavardello, e nespolo; sottobosco a significativa partecipazione di	Coronillo emeri-Quercetum cerridis Coronillo emeri-Quercetum cerridis	Substrati vulcanici acidi (lave trachitiche e riolitiche) in esposizioni varie e quote da 300-600 m (es. Monti della Tolfa, Monti Cimini, Vetralla)

<u>Categoria</u>	<u>Tipo</u>	<i>Criteria di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
			specie acidofile (erica arborea, erica scoparia, ginestra dei carbonai, coronilla)	ericetosum Melico-Quercetum cerridis	
	Cerreta neutro-basifila submontana	Composizione dello strato arboreo, litologia, quota	Strato arboreo dominato da cerro, con presenza di roverella, acero opalo e carpino nero e, in minor misura, faggio	Aceri obtusati-Quercetum cerridis	Rilievi calcarei tra 800 e 1000 m (es. M. Terminillo, Montagne della Duchessa)
	Cerreta acidofila e subacidofila submontana	Composizione dello strato arboreo, litologia, quota	Strato arboreo dominato da cerro; in alcune stazioni esso è consociato al castagno; diffusi anche carpino bianco e nocciolo, agrifoglio, acero opalo e ciliegio	Coronillo emeriquercetum cerridis carpinetosum Aquifolio-Fagetum	Rilievi vulcanici (es. Monti Cimini, Colli Albani); tra 800 e 1000 m su fondovalle su substrati arenacei o flyscioidi del reatino (es. Valli del Malito e Varri); suoli eutrofici
Querceti a farnia	Querceti a farnia	Litomorfologia, umidità del suolo, composizione dello strato arboreo	Strato arboreo dominato da farnia e frassino meridionale; nuclei localizzati di farnia, olmi e carpino bianco	Veronico scutellatae-Quercetum roboris Querco-Ulmetum minoris	Frammenti forestali relitti in depressioni (piscine) delle dune antiche; suoli idromorfi, con falda freatica superficiale soggetti a sommersione (farnia e olmo); distribuzione puntiforme
Boschi alveali e ripariali	Saliceto ripariale	Contiguità a corsi d'acqua, composizione	Formazioni lineari a salici	Salicetum albae Salicetum elaeagni Saponario-Salicetum purpureae	Boscaglie azonali ripariali

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
	Altri boschi igrofilii	Contiguità a corsi d'acqua, composizione	Pioppeti naturali e boschi di ontano nero, frassineti, betuleti	<p>Varie associazioni dei:</p> <p>Populetales albae</p> <p>Quercus cerridis-Betuletum albae</p> <p>Cladio marisci-Fraxinetum oxycarpae</p>	Boschi azonali, soprattutto alveali e ripariali. Caldara di Manziana
Boschi di forra	Bosco di forra	Litomorfologia, composizione dello strato arboreo	<p>Strato arboreo composto da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - carpino bianco, con un denso strato arbustivo di nocciolo (corilocarpineto dei fondovalle delle forre), raramente con alloro oppure - aceri (opalo e di monte) e, più raramente, frassino, olmo montano, tiglio (aceri-frassineto) 	<p>Corylo-Carpinetum betuli</p> <p>Formazioni del Tilio-Acerion (es. Aceri-Fraxinetum)</p> <p>Lauro-Carpinetum betuli</p>	Forre e incisioni vallive strette anche poco profonde (es. Alto Lazio)
Ostrieti	Orno-ostrieto e boscaglie a carpinella	Composizione dello strato arboreo, esposizione	Strato arboreo a prevalenza di carpino nero e/o orniello, generalmente in mescolanza con roverella; soprattutto in vallecole con clima umido può essere associata carpinella	<p>Asparago-Ostryetum carpinifoliae (bosco)</p> <p>Lonicero-Carpinetum orientalis (boscaglia)</p>	Tipicamente formazioni pioniere, su rilievi non elevati e versanti collinari caldi substrati marnosi e calcarei (es. Monti Reatini, Monti Sabini)
	Ostrieto mesofilo	Composizione	Strato arboreo a	Scutellario-	Suoli profondi,

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
		dello strato arboreo, quota, suolo	prevalenza di carpino nero, con presenza subordinata di specie mesofile (carpino bianco, faggio, cerro, aceri, ciliegio, maggiociondolo)	Ostryetum carpinifoliae Melittio-Ostryetum carpinifoliae	generalmente formazioni submontane
Castagneti	Castagneto (eutrofico) su depositi vulcanici	Composizione dello strato arboreo, litologia	Strato arboreo dominato da castagno, puro nei castagneti da frutto o associato a cerro, rovere, ornello, nocciolo, carpino bianco		Substrati vulcanici a vulcanismo potassico (es. Distretto Vulsino, Distretto Vicano, Monti Sabatini e Colli Albani)
	Castagneto (oligotrofico) su lave acide				Substrati vulcanici a vulcanismo acido (es. Monti Cimini, Tolfa, Allumiere)
	Castagneto dei substrati arenacei e marnosi				Rilievi arenaceo-conglomeratici e marnosi (es. M. Carseolani, Cicolano, Valle del Velino, M. Ruffi, M. Prenestini, M. Affilani, M. Cairo)
	Castagneto dei rilievi calcarei				Rilievi calcarei (es. Vicovaro, M. Lepini, Valle del Liri)
Faggete	Faggeta altomontana e rupestre	Fisionomia, composizione dello strato arboreo, quota	Strato arboreo dominato da faggio, in condizioni di pendio e suoli superficiali (rendzina); crescita stentata, copertura spesso lacunosa formanti talvolta il limite superiore del bosco	Polysticho-Fagetum	Rilievi montuosi, quote elevate (indicativamente 1500-1800) fino al limite della vegetazione arborea

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
	Faggeta montana eutrofica		Boschi montani di faggio puri o con partecipazione di specie mesofile; comprendono varianti su suoli eutrofici, oligotrofici o su flysch arenacei	Polysticho-Fagetum Corydalidi-Fagetum	Rilievi montuosi, quote medie (indicativamente 900-1400 m)
	Faggeta termofila e basso montana		Boschi di faggio con presenza di latifoglie querce e latifoglie a esse correlate; comprendono varianti su substrati calcarei o vulcanici a bassa quota in stazioni particolarmente umide (faggete depresse)	Aquifolio-Fagetum	Rilievi calcarei e vulcanici, anche a quote basse (discese fino a 500 m sui substrati vulcanici, es. Faggete di Oriolo e di Allumiere)
Robineti e ailanteti	Robinetto/ailanteto	Composizione dello strato arboreo	Popolamenti naturalizzati costituiti in prevalenza robinia e/o ailanto, spesso a sviluppo lineare lungo strade, ferrovie, scarpate, fossi e corsi d'acqua		Varia
Rimboschimenti di pini e/o altre conifere montane	Rimboschimento di pini e/o altre conifere montane	Composizione dello strato arboreo	Rimboschimenti costituiti in prevalenza da pino nero (pino nero d'Austria, pino di Villetta Barrea, pino laricio); localmente può essere stata impiegata la		Tipicamente nella fascia montana dei rilievi calcarei del Lazio (es. M. Simbruini, Serra Traversa, M. Cairo, Reatino) o substrati vulcanici (prevalentemente su M. Cimini)

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
			douglasia, pura o consociata con pino nero, o altre conifere (abeti, pino strobo, cipresso dell'Arizona)		
Piantagioni di arboricoltura da legno	Piantagione di arboricoltura da legno		Pioppeti artificiali, impianti di arboricoltura da legno (latifoglie a legname pregiato, eucalitti)		Tipicamente formazioni fuori foresta ubicate in contesti agricoli
Boschi di neoformazione	Boschi di neoformazione	Fisionomia, composizione dello strato arboreo	Formazioni dominate da olmo, acero campestre, carpinella, sambuco, corniolo, sanguinella, prugnolo, ecc. anche misti a robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>) o ailanto (<i>Ailanthus altissima</i>). Sono aree generalmente poco estese a vegetazione arborea e arbustiva in evoluzione. Tali formazioni possono derivare dal recupero spontaneo delle superfici agricole abbandonate o di quelle interessate da movimenti di terre e deposito di inerti in ambito periurbano o		

<i><u>Categoria</u></i>	<i><u>Tipo</u></i>	<i>Criteria di tipizzazione prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche di riferimento</i>	<i>Distribuzione</i>
			periferico. In alcuni casi si rilevano al loro interno esemplari arborei di notevole età e dimensione		

FORMAZIONI PREFORESTALI (boscaglie, macchie alte e mantello del bosco)

<i>Categoria</i>	<i>Tipo</i>	<i>Criteri prevalenti</i>	<i>Caratteri diagnostici</i>	<i>Associazioni fitosociologiche</i>	<i>Distribuzione</i>
Pseudo-macchia	Querceto a caducifoglie mediterranee xerofile	Fisionomia, litologia	Boscaglia di querce caducifoglie xerofile (<i>Q. virgiliana</i> , <i>Q. amplifolia</i> , <i>Q. dalechampii</i>) in ambienti rupestri e su suoli carbonatici, principalmente come formazioni aperte su terreni abbandonati dall'agricoltura e in genere dopo incendio	Formazioni dei Pistacio-Rhamnetalia con querce del Quercenion virgilianae	Es. Ausoni, Aurunci
	Boscaglie a paliuro e terebinto	Fisionomia	Boscaglia e arbusteto di impronta illirico-mediterranea di terebinto associato a paliuro spinacristi, all'albero di giuda o alla carpinella	Pistacio-Paliuretum spinae-christi	Lazio costiero e sub-costiero (es. M. Ausoni)
Arbusteti e macchie alte	Arbusteti a specie della macchia mediterranea	Fisionomia	Macchia alta dominata da arbusti sclerofilli quali leccio (arbustivo), lentisco, fillirea, corbezzolo, erica arborea e erica scoparia	Phillyrao-Ericetum scopariae Myrto-Lentiscetum e altre cenosi dei Pistacio-Rhamnetalia alaterni	Duna antica e primi rilievi costieri del Lazio meridionale

	Arbusteti temperati	Fisionomia	<p>Arbusteti di clima temperato localizzati ai margini dei boschi collinari e montani (mantello) o in aree abbandonate dall'agricoltura e dal pascolo (arbusteti di post-coltura); le fisionomie sono riferibili principalmente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - arbusteti a ginestre su substrati vari (ginestra odorosa, ginestra dei carbonai, ginestra a foglie sessili) - arbusteti a specie varie (ginepro comune, ramno alpino, ginestra radiata, maggiociondolo, agazzino) - pruneti (<i>Prunus spinosa</i>, <i>Rubus</i> spp.) e altri arbusteti a rosacee (<i>Rosa</i> spp., <i>Crataegus</i> spp.) generalmente costituenti il mantello di querceti caducifogli o arbusteti di post-coltura su suoli neutri 	<p>Ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"> Spartio-Cytisetum sessilifolii Adenocarpocytisetum scoparii Cytiso-Amelanchieretum ovalis Junipero-Pyracanthetum coccineae Roso-Genistetum radiatae Roso-Rubetum ulmifolii Lonicero-Rosetum sempervirentis 	<p>Su litotipi calcarei e marnoso arenacei: es.</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. Lucretili, M. Ernici, M. Simbruini, M. Reatini - M. Sabatini, M. Cimini - Laga, alta Tuscia - M. Prenestini, M. Aurunci, M. Ausoni <p>Su substrati calcarei e calcareo-marnosi del Lazio centro settentrionale (Tolfa, Campagna Romana, Tuscia, M. Lepini)</p>
--	----------------------------	------------	--	--	--

Caratteristiche del database geografico della carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio

Il database geografico vettoriale della Carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio ha estensione definita dalla maschera CUS ed è strutturato sulla base del seguente tracciato record:

CATEGORIA: testo, nome della categoria forestale.

TIPOLOGIA: testo, nome della tipologia forestale.

COP: numerico, intero; codice identificativo del grado di copertura delle chiome:

1 - non bosco (poligoni con copertura arborea <10%, arbusteti con copertura arborea < 50%)

2 - bosco tra 10 e 50%

3 - bosco > 50%

4 - arbusteti > 50% ed eventuali poligoni con compresenza di arbusteti < 50% e bosco < 10%

STRUT: numerico, intero, codice identificativo del tipo strutturale, 1 se ceduo, 2 se fustaia, 3 se altro, soprassuolo a struttura composita.

PERIMETER: numerico, reale; estensione del perimetro del poligono in metri.

AREA: numerico, reale; estensione dell'area del poligono in metri quadri.

HECTARES: numerico, reale; estensione dell'area del poligono in ettari.

Rilievi di campagna

I rilievi di campagna vengono realizzati in corso d'opera in modo da supportare la fase di classificazione dei poligoni foto interpretati.

In genere tale operazione viene realizzata dopo che il foto interprete ha già creato la struttura geometrica del proprio lavoro. L'elevata risoluzione geometrica delle immagini ADS40 accoppiata con la particolare colorimetria data dalla composizione all'infrarosso falso colore permettono infatti di realizzare la creazione dei poligoni. E' cioè in genere relativamente agevole distinguere formazioni diverse, anche se non è sempre chiaro distinguere effettivamente di quali formazioni si tratti.

Una volta realizzata una parte consistente della foto interpretazione risulta necessario sviluppare meglio delle chiavi di foto interpretazione attraverso il rilievo a terra.

I rilievi di campagna vengono georeferenziati con GPS, per ogni punto di verifica realizzato a terra viene registrata l'ora e la data del rilievo, la composizione della squadra e viene scattata almeno una fotografia in formato digitale. Questa banca dati geografica viene condivisa in tempo reale da tutti i foto interpreti in modo che le chiavi di fotointerpretazione siano uniche per tutto il progetto cartografico.

In totale sono stati effettuati 592 rilievi a terra. Nella tabella seguente è indicato il numero di punti afferenti alle diverse voci di legenda.

311111 5	31133 1	3223 12
311112 73	31134 8	3231 4
311121 3	31141 28	32311 3
311122 4	31142 3	32312 4
31121 56	31151 3	32321 3
311211 16	31152 31	32322 6
311212 12	31162 9	32323 3
311213 31	31171 3	32324 3
31122 39	31172 1	331 7
311221 12	31211 3	3331 1
311222 1	31212 1	411 5
311231 5	3122 9	4211 6
311232 2	31311 1	4212 2
31131 32	31322 2	32121 1
311311 27	32111 4	32122 34
311312 19	32112 11	3221 2
31132 5	32113 12	3222 21

Come si evince dalla tabella, per quasi tutte le tipologie codificate sono stati raccolti uno o più punti di controllo. Quelle mancanti sono state cartografate sulla base delle informazioni disponibili.

Per alcune tipologie (es. cerrete e castagneti) il codice tipologico indicato, rilevato a terra, non corrisponde al livello massimo riportato nella legenda in quanto tale dettaglio non era definibile nei casi in cui il

rilevatore non aveva in quel momento a disposizione il materiale cartografico di supporto necessario a tale scopo (cartografia litologica, cartografia fitoclimatica, ecc.). In fase di verifica, da parte dei fotointerpreti, della localizzazione dei punti raccolti le tipologie sono state comunque ricondotte a quelle di massimo dettaglio, così come presenti nella cartografia prodotta.

I punti di controllo sono distribuiti in larga parte della regione, soprattutto nelle province di Roma, Frosinone e Latina. E' stato privilegiato, ovviamente, il controllo nelle aree in cui non si avevano a disposizione dati ancillari o laddove si riteneva comunque necessario effettuare ulteriori controlli di verifica.

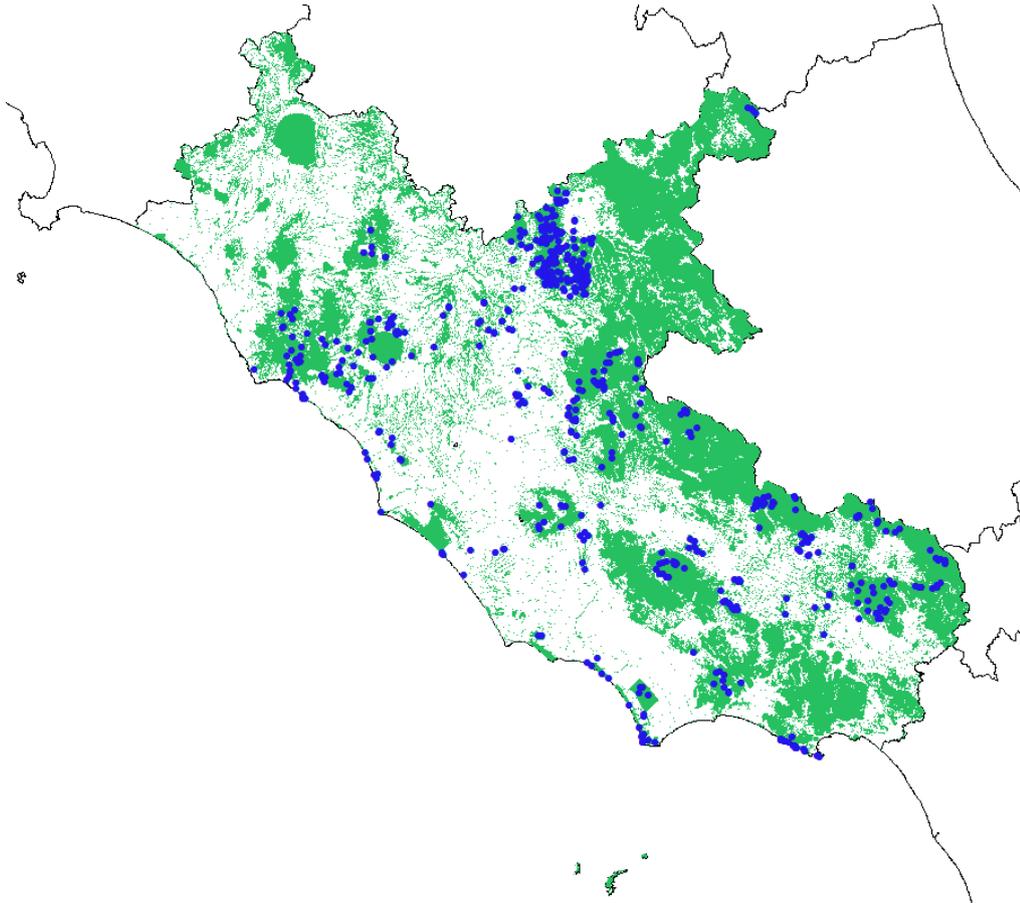


Figura 18: localizzazione geografica dei rilievi di campagna.

Bibliografia

- Baatz M., Schäpe A. (1999) Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks. Proceedings, 2nd International Symposium on operationalization of Remote Sensing. ITC, Enschede.
- Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2001) eCognition user guide. Definies Imaging GmbH, München.
- Benz U., 1999. Supervised fuzzy analysis of single and multichannel SAR data. Transactions on Geoscience and Remote Sensing 37 (2), 1023–1037.
- Chirici G., Schweizer S., Catalani T., Macelloni L., Rebellino S., Salvatori M., Tozzini S., 2002. Valutazione della soggettività della fotointerpretazione nell'analisi delle dinamiche di evoluzione del paesaggio. Atti della 6ª Conferenza Nazionale ASITA "Geomatica per l'ambiente, il territorio e il Patrimonio Culturale", 5 – 8 novembre 2002, Perugia, Vol 1: 793-798.
- Chirici G., Corona P., 2006. Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali. Aracne editrice, Roma.
- Civanlar R., Trussel H., 1986. Constructing membership functions using statistical data. IEEE Fuzzy Sets and Systems 18, 1 –14.
- Franklin S.E. 2001. remote sensing for sustainable forest management. CRC Press. Boca Raton. USA.
- INFORM, 2005. RELAZIONE ILLUSTRATIVA.
- Lamonaca A., 2005. Sperimentazione di tecniche per l'analisi multilivello della diversità strutturale di soprassuoli forestali. Ph.D. Thesis. Università degli Studi della Tuscia, Viterbo. 135 pp.
- Maselli F., Bottai L., Chirici G., Corona P., Marchetti M., Travaglini D. 2003. Stima di attributi forestali in ambiente mediterraneo tramite integrazione di misure a terra e dati telerilevati. L'Italia Forestale e Montana, 4: 251-263.

ALLEGATI

Sistema di nomenclatura della Carta delle formazioni naturali e semi-naturali integrato con la CUS2003

CODICE CUS	LEGENDA
1	AREE ARTIFICIALI
11	Aree urbane
111	Aree urbane continue
1111	Tessuto residenziale continuo e denso
1112	Tessuto residenziale continuo e mediamente denso
112	Aree urbane discontinue
1121	Tessuto residenziale discontinuo
1122	Tessuto residenziale rado
1123	Tessuto residenziale sparso
12	Unità industriali, commerciali e di trasporto
121	Unità industriali o commerciali
1211	Insedimento industriale o artigianale
1212	Insedimento commerciale
1213	Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
1214	Insedimenti ospedalieri
1215	Insedimenti degli impianti tecnologici
122	Reti di trasporto e aree pertinenti
1221	Reti stradali
1222	Reti ferroviarie
1223	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci
1224	Aree per impianti delle telecomunicazioni
1225	Reti per la distribuzione, la produzione e il trasporto di energia
1226	Reti ed aree per la distribuzione idrica compresi gli impianti di captazione, serbatoi e stazioni di pompaggio
123	Aree portuali
124	Aeroporti
13	Aree estrattive, discariche e cantieri
131	Aree estrattive
132	Discariche
1321	Discariche e depositi
1322	Depositi di rottami a cielo aperto
133	Cantieri
1331	Cantieri e spazi in costruzione e scavi
1332	Suoli rimaneggiati ed artefatti
14	Aree verdi artificiali non-agricole
141	Aree urbane verdi
142	Aree ricreative e sportive
1421	Campeggi e Bungalows
1422	Strutture di sport e tempo libero
1423	Parchi di divertimento
1424	Aree archeologiche
143	Cimiteri
2	AREE AGRICOLE
21	Seminativi
211	Seminativi in aree non irrigue
2111	Seminativi in aree non irrigue
2112	Vivai in aree non irrigue
2113	Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica in aree non irrigue
212	Seminativi in aree irrigue
2121	Seminativi in aree irrigue
2122	Vivai in aree irrigue

2123	Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica in aree irrigue
22	Colture permanenti
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
224	
2241	
22411	Pioppeti, saliceti e altre latifoglie
22412	Conifere a rapido accrescimento
2242	Castagneti da frutto
2243	Altre colture (eucalipti)
23	Prati
231	Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)
24	Aree agricole eterogenee
241	Colture temporanee associate a colture permanenti
242	Sistemi colturali e particellari complessi
243	Aree prevalentemente occupate da coltura agraria con presenza di spazi naturali importanti
244	Aree agroforestali
3	TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI
31	Zone boscate
311	Boschi di latifoglie
3111	Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera
31111	Querceti sempreverdi a prevalenza di leccio
311111	Leccete termomediterranee costiere
311112	Leccete con caducifoglie
31112	Querceti sempreverdi a prevalenza di sughera
311121	Sugherete miste a sempreverdi su terre rosse o suoli decarbonati
311122	Sugherete dei substrati sabbiosi e arenacei con farnetto o altre caducifoglie
3112	Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)
31121	Querceti a prevalenza di cerro
311211	Cerrete collinari
311212	Cerrete submontane
311213	Cerrete con farnetto
31122	Querceti a prevalenza di roverella
311221	Boschi mesomediterranei di roverella
311222	Boschi submontano-montani di roverella
31123	Querceti a prevalenza di farnia
3113	Boschi a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile (acero-frassino, carpino nero-orniello, olmo)
31131	Boschi a dominanza di carpino nero e/o carpinella
311311	Orno-ostrieti e boscaglie a carpinella
311312	Ostrieti mesofili
31132	Formazioni miste di valloni e forre (a tiglio, orniello e aceri; a carpino bianco e nocciolo; ad alloro)
31133	Nuclei a betulla
31134	Nuclei forestali di neoformazione in ambito agricolo e artificiale
3114	Boschi a prevalenza di castagno
31141	Castagneti cedui puri e misti con altre latifoglie
311411	Castagneti (eutrofici) su depositi vulcanici e castagneti (oligotrofici) su lave acide
311412	Castagneti dei substrati arenacei e marnosi

31142	Castagneti da frutto
311421	Castagneti (eutrofici) su depositi vulcanici e castagneti (oligotrofici) su lave acide
311422	Castagneti dei substrati arenacei e marnosi
3115	Boschi a prevalenza di faggio
31151	Faggete termofile dei piani collinare e submontano
31152	Faggete montane
3116	Boschi e boscaglie a prevalenza di specie igrofile (salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)
31161	Boscaglie ripariali a salici arbustivi
31162	Boschi igrofili a pioppi e salice bianco e/o ad ontano nero e/o a frassino meridionale
3117	Boschi e piantagioni a prevalenza di latifoglie non native (robinia, eucalipti, ailanto, ...)
31171	Formazioni spontanee a robinia e/o ailanto
31172	Rimboschimenti ad eucalipti
312	Boschi e rimboschimenti di conifere
3121	Boschi e rimboschimenti a prevalenza di pini mediterranei (pino d'Aleppo, pino domestico, pino marittimo) o cipressi
31211	Pinete artificiali a pino domestico e/o pino marittimo
31212	Pinete naturali o artificiali di pino d'Aleppo
3122	Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pino nero, abeti, larice, cembro, pino silvestre
313	Boschi e rimboschimenti misti di conifere e latifoglie
3131	Boschi misti a prevalenza di latifoglie
31311	Boschi misti a prevalenza di querce sempreverdi
31312	Boschi misti a prevalenza di querce caducifoglie
31313	Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermofile
31314	Boschi misti a prevalenza di castagno
31315	Boschi misti a prevalenza di faggio
3132	Boschi misti a prevalenza di conifere
31321	Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pini mediterranei o cipressi
31322	Boschi e piantagioni misti a prevalenza di pino nero, abeti, larice, cembro, pino silvestre
31323	Boschi e piantagioni misti a prevalenza di altre conifere
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea
321	Aree a pascolo naturale e praterie
3211	Praterie continue
32111	Praterie montane e alto-montane (a <i>Nardus stricta</i> e/o a <i>Festuca paniculata</i> ; a <i>Festuca violacea</i> subsp. <i>italica</i> ; a <i>Sesleria nitida</i> ; locali prati-pascoli a <i>Cynosurus cristatus</i> e <i>Lolium perenne</i> o a <i>Festuca arundinacea</i>)
32112	Praterie a <i>Dasypirum villosum</i> , <i>Avena</i> sp.pl. e prati-pascoli collinari a dominanza di leguminose
32113	Praterie pseudo-steppiche ad <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> e/o a <i>Hyparrhenia hirta</i>
3212	Praterie discontinue e pseudo-garighe
32121	Praterie montane e d'altitudine (a <i>Brachypodium genuense</i> , <i>Sesleria tenuifolia</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Festuca rubra</i>) con locali comunità ad elina e salici nani
32122	Praterie e pseudo-garighe collinari e submontane (a <i>Bromus erectus</i> , <i>Festuca circummediterranea</i> , <i>Brachypodium rupestre</i> , <i>Salvia officinalis</i> , <i>Helichrysum italicum</i>)
322	Brughiere e cespuglieti
3221	Cespuglieti d'altitudine e montani a mirtillo, ginepro nano, ramno alpino, rosacee e leguminose arbustive

3222	Cespuglieti a dominanza di prugnolo, rovi, ginestre e/o felce aquilina
3223	Boscaglia illirica a Pistacia terebinthus e Paliurus spina-christi o a Cercis siliquastrum e Pistacia terebinthus
323	Aree a vegetazione sclerofilla
3231	Macchie alte
32311	Macchia alta retrodunale e interdunale
32312	Macchia alta interna e collinare
3232	Macchie basse e garighe
32321	Macchia a ginepro coccolone o a ginepro fenicio delle dune stabilizzate
32322	Macchia a ginepro fenicio delle coste alte, con euforbia arborecente e/o palma nana
32323	Macchia a mirto e lentisco o a olivastro e lentisco
32324	Garighe a cisti, erica e rosmarino o ad Helichrysum litoreum
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente
331	Spiagge, sabbia nuda e dune con vegetazione erbacea psammofila
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
3321	Scogliere con vegetazione rada a Limonium sp. e Crithmum maritimum
3322	Rupi e pareti interne con vegetazione casmofitica
333	Aree con vegetazione rada
3331	Ghiaioni e falde di detrito
3332	Calanchi
3333	Greti fluviali con vegetazione rada (Dittrichia viscosa, Xanthium italicum, Helichrysum italicum, Tamarix africana, Vitex agnus-castus, Arundo donax, Paspalum distichum, ecc.)
4	ZONE UMIDE
41	Zone umide interne
411	Paludi interne a vegetazione a rizofite sommerse o appena affioranti, ad elofite, a grandi carici, a giunchi; prati su suoli idromorfi; vegetazione pioniera igro-nitrofila e vegetazione pioniera effimera a piccole ciperacee
42	Zone umide marittime
421	Paludi salmastre
4211	Vegetazione a salicornie annuali e/o altre specie alonitrofile annuali; garighe alofile a camefite e nanofanerofite succulente; praterie emicriptofitiche e giuncheti alofili
4212	Canneti oligoalini (fragmiteti e scirpeti)
422	Saline
5	ACQUE SUPERFICIALI
51	Acque interne
511	Idrografia
5111	Fiumi, torrenti e fossi
5112	Canali e idrovie
512	Bacini idrici
5121	Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive
5122	Bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
5123	Bacini con prevalente altra destinazione produttiva
5124	Acquaculture
52	Acque esterne
521	Lagune, laghi e stagni costieri
522	Estuari
523	Aree al di là del limite delle maree più basse

1A – 4livello samples 8% test 2%

SPOT DEM 7_3d_80strat_4liv										
VECTOR_Based		AREA BASED								
CLC4L_new	3.1.1.2 - Boschi Querce Caducifoglie	3.1.1.3 - Boschi mesofili	3.1.1.5 - Boschi Faggio	3.1.3.1	3.2.1.1 Praterie continue	3.2.1.2 Praterie discontinue	3.2.2 - Brughiere Cespuglieti	999	TOT	producer's ACC
3112	135415	25481							160896	84,16306
3113	4791	7363						878	13032	56,49939
3115	40410		123609						164019	75,36261
3131	24954			0					24954	0
3211	4026				4053	1849	7457		17385	23,3132
3212	1688							10603	12291	0
322							2275		2275	100
999	0	0	0		0	1825	0	46029	47854	96,18632
	211284	32844	123609	0	4053	3674	9732	57510	442706	
user's acc	64,09146	22,41809767	100	n.d.	100	0	23,37649	80,03652		0,71999
	A	B	k hat							
k_hat	318744	57586840422	0,603482							

OA = 72%

KIA = 60%

1B – 4livello

samples

6%

test 4%

SPOT DEM 7_3d_60strat_4liv							samples	60%				
VECTOR_Based		AREA BASED					Test	40%				
CLC4L_new	1. Aree artificiali	2. Aree agricole lev2	3.1.1.2 - Querce Caducifoglie	3.1.1.3 - Boschi mesofili	3.1.1.4 - Boschi Castagno	3.1.1.5 - Boschi Faggio	3.1.3 - Foreste miste	3.2.1.1 Praterie continue	3.2.1.2 Praterie discontinue	3.2.2 - Brughiere Cespuglieti	TOT	producer's ACC
1	0	10392	1075	1124				665	1484	1522	16262	0
2		98892									98892	100
3112			248597	17987		30042	25370			2493	324489	76,61184
3113			20888		3691		7363				31942	0
3114					0						0	n.d.
3115			91067			211622		1982			304671	69,45919
313			7345				23200				30545	75,95351
3211			26006					58210		18039	102255	56,92631
3212									0		0	n.d.
322			6417							30466	36883	82,60174
	0	109284	401395	19111	3691	241664	55933	60857	1484	52520	945939	
user's acc	n.d.	90,49083123	61,93326	0	0	87,56869	41,4782	95,65046	0	58,00838		0,709334
	A	B	k hat									
k_hat	670987	2,25163E+11	0,611599									

OA = 71%

KIA = 61%

1C – 4 livello samples 6% (non stratificato) test 4%

SPOT DEM 7_3d_4 liv_60_40												
VECTOR_Based		AREA BASED										
CLC4L_ne w	3.1.1.2	3.1.1.3	3.1.1.4	3.1.1.5	3.2.1.1	3.1.3.1	3.2.1.1	3.2.1. 2	3.2.2.3	999	TOT	producer's ACC
3112	166098			64326					2052		232476	71,44738
3113	4791	7363		12463							24617	29,91022
3114		6717	0								6717	0
3115	137391	14338		221369					7384		380482	58,1812
3211					0						0	n.d.
3131	69553					0					69553	0
3211	4026				26481		0		18967		49474	0
3212	673			1688	4706			0			7067	0
3223	9367			1372							10739	0
999	10040	0		3060	4706					0	17806	0
	401939	28418	0	304278	35893	0	0	0	28403	0	798931	
user's acc	41,32418	25,90963474	#DIV/0!	72,75222	0	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.		0,494198
	A	B	k hat									
k_hat	394830	2,10218E+1 1	0,24580 8									

OA = 49%

KIA = 24%

2A – 4 livello samples 20% test 100%

SPOT DEM 7_3d_200chirici_4liv																	
VECTOR_Based		AREA BASED															
CLC4L_new	3.1.1.1 Boschi Leccio	3.1.1.2 - Boschi Querce Caducifoglie	3.1.1.3 - Boschi mesofili	3.1.1.4 - Boschi Castagno	3.1.1.5 - Boschi Faggio	3.1.1.6 - Boschi Igrofili	3.1.2 - Foreste di conifere	3.1.3 - Foreste miste	3.2.1.1 - Praterie continue	3.2.1.2 - Praterie discontinue	3.2.2.2 - Ginepreti altomontani	3.2.2.3 - Arbusteti montani	3.2.2.4 - Arbusteti termofili	3.3.2 +3.3.3 - Rupi Ghiaioni	999	TOT	producer's ACC
3111	104049	5	203837	11842	184285				3382			36			13	507449	20,50433
3112	6540	1230819	302900	28512	342564	7051		4079	33196	35178		39235	558	298	29946	2060876	59,7231
3113	122721	188752	4363064	66087	1151974	11252	183655	8292	15403	20960		91871	3930	17	11625	6239603	69,92535
3114		14117	64616	169598	271	2651		16328	574	832		463	35		6871	276356	61,36939
3115	66318	190617	1347528	8	8766060	839	28430		113106	81722		195799	4052	188	167	10794834	81,20607
3116		17820	17948		4913	30035			1337	16955		13678			51693	154379	19,45537
312	3066	5594	129723	98	152963	4464	126735		20052	3288		8870	176		32	455061	27,85011
313	2739	20167	18925	0	0	0	0	5655	0	0		5	0	0	0	47491	11,90752
3211	729	38839	41980	12479	129351	1294	5538		742877	121260		104290	2542	119	12754	1214052	61,18988
3212	2152	16452	8854	246	196480	19			102391	826519		40238		10213	99555	1303119	63,42621
3222		161			22609				1256	8270	0	8569				40865	0
3223	6361	44864	124996	12650	185312	4899	5622	7248	110384	21836		322433	25143		101164	972912	33,14102
3224	1592	991	12223	19	281				1075	2431			33555		43862	96029	34,94257
333+332	342	12010	8231		13264				23792	181241		8907	4226	53970	0	305983	17,63823
999	172	33503	45176	18154	2722	10543	118	31	38312	13687		62873	31359		3273166	3529816	92,72908
	316781	1814711	6690001	319693	11153049	73047	350098	41633	1207137	1334179	0	897267	105576	64805	3630848	27998825	
user's acc	32,84572	67,82452	65,21769	53,05027	78,59788	41,11736	36,19986	13,58298	61,54041	61,94963	#DIV/0!	35,93501	31,78279	83,28061	90,1488		0,716049
	A	B	k hat														
k_hat	20048535	1,83E+14	0,629441														

OA = 72% KIA = 63%

2B – 4 livello samples 15% test 100%

SPOT DEM 7_3d_150chirici_4liv																	
VECTORBased			AREA BASED														
CLC4L_new	3.1.1.1 - Boschi Leccio	3.1.1.2 - Boschi Querce Caducifoglie	3.1.1.3 - Boschi mesofili	3.1.1.4 - Boschi Castagno	3.1.1.5 - Boschi Faggio	3.1.1.6 - Boschi Igrofili	3.1.2 - Foreste conifere	3.1.3 - For Miste	3.2.1.1 Praterie continue	3.2.1.2 Praterie discontinue	3.2.2.2 - Ginepreti altomontani	3.2.2.3_Arb usteti_mont ani	3.2.2.4 Arbusteti termofili	3.3.2 +3.3.3 - Rupi + Ghiaioni	999	TOT	producer's ACC
3111	296005	4636	108140		64758				3222	332	28664	1679			13	507449	58,33197
3112	6603	1348014	254845	38301	285094	498			7900	32033	19902	12427	3320	122	50932	2059991	65,43786
3113	175910	346295	4219107	32896	1218702	29540	54903		39116	8365	52456	48083	6689	2	7731	6239795	67,61612
3114	196	47571	33832	166528	13524	2090	476		1323	88	3540	3	54		869	270094	61,65557
3115	248045	453876	921202	23409	8724880	1954	47645		174156	93664	78514	24281	61	3280	170	10795137	80,82232
3116		1521	1808	7583	180	67232			9479	5805		458	132		60181	154379	43,54996
312	16854	9513	163811	5793	128620		107577		6352	59	6660	9387	383		52	455061	23,64013
313	5655	21158	20660	0	0	0	0	0	5	0	0	0	13	0	0	47491	0
3211	1002	18447	48395	20	116538		4086		661554	157316	91896	66455	24512	7514	16390	1214125	54,48813
3212	54	58797	14844	1731	118842	4			125245	816816	49897	4288		3591	114552	1308661	62,41616
3222					18530				12522	9813					0	40865	0
3223	8	79093	219585	72	137817	501	23708		124300	55230	138502	51048	20659	1297	121834	973654	5,24293
3224		5363	9202	30	3480				201	936	27641	0	20261	1117	27798	96029	21,09883
333+332		5650	176		13757				26243	228700	11878	1611		19802	0	307817	6,433043
999	869	14970	56820	14617	29663	7591			48864	43991	17126	2463	1330	19	3298392	3536715	93,26146
	751201	2414904	6072427	290980	10874385	109410	238395	0	1240482	1453148	526676	222183	77414	36744	3698914	28007263	
user's acc	39,4042	55,8206040	69,4797	57,2300	80,2333	61,4495	45,1255	0	53,3304	56,2101	0	22,97566	26,17227	53,8917	89,1719		0,70686
	A	B	k hat														
k_hat	19797216	1,77587E+14	0,62107														

OA = 71%

KIA = 62%

2C – 4 livello samples 10% test 100%

SPOT DEM 7_3d_100chirici_4liv																	
VECTOR_Based		AREA BASED															
CLC4L_new	3.1.1.1 Boschi Leccio	3.1.1.2 Boschi Querce Caducifoglie	3.1.1.3 Boschi mesofili	3.1.1.4 Boschi Castagno	3.1.1.5 Boschi Faggio	3.1.1.6 Boschi Igrofili	3.1.2 Foreste conifere	3.1.3 foreste miste	3.2.1.1 Praterie continue	3.2.1.2 Praterie discontinue	3.2.2.2 Arbusteti altomontani	3.2.2.3 Arbusteti montani	3.2.2.4 Arbusteti termofili	3.3.2 +3.3.3 Rupi Ghiaioni	999	TOT	producer's ACC
3111	4690		37643		2778				115							45226	10,370141
3112		79963	46313	377	82472				10197	7282		22171			8543	257318	31,075556
3113	12066	8186	270986	4907	108492		440		8300	2557		18090	513		3951	438488	61,800095
3114			22728	10955	2088							272				36043	30,394251
3115	8483	26901	202051		785584				27663	16343		27425				1094450	71,778884
3116			7556			1004						458			1744	10762	9,329121
312			10470		18444		0		2016			7203				38133	0
313			1500					0								1500	0
3211		18832			37770		750		96678	999		6138			3602	164769	58,674872
3212			4656		22544				42584	35556		1970			15609	122919	28,926366
3222										710	0			377		1087	0
3223	4189	7653			39031				9309	694		3027	1417		30438	95758	3,1610936
3224					1395								0		20379	21774	0
333					1181				3305	14536				287		19309	1,4863535
999		153	1317							5780		10162			355522	372934	95,331077
	29428	141688	605220	16239	1101779	1004	1190	0	200167	84457	0	96916	1930	664	439788	2720470	
user's acc	15,937203	56,43597199	44,774793	67,461051	71,301413	100	0	n.d.	48,298671	42,09953	n.d.	3,1233233	0	43,222892	80,839404		0,6044
	A	B	k hat														
k_hat	1644252	1,72636E+12	0,4840477														

OA= 60%
 KIA = 48%

SPOT DEM 7_3d_NORD_15chirici_4liv			Tot samples = 15% scena		samples	15%								
VECTOR_Based		AREA BASED	ANTROPICO INCLUSO			Test	100%							

NORD (348140) 4 livello samples 15% test 100%

Carta delle formazioni naturali e seminaturali e Carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio

CLC4L_new	3.1.1.1 - Boschi Leccio\Sughera	3.1.1.2 - Boschi Querce Caducifoglie	3.1.1.3 - Boschi mesofili	3.1.1.4 - Boschi Castagno	3.1.1.5 - Boschi Faggio	3.1.1.6 Boschi Igrofili	3.1.2 - Foreste di conifere	3.1.3 - Foreste miste	3.2.1.1 Praterie continue	3.2.1.2 Praterie discontinue	3.2.2 - Brughiere Cespuglieti	3.3.2 - +3.3.3 - Rupi + Ghiaioni	999	TOT	producer's ACC
3111	1582220	96808	15703		119922		3390	4054	1233	139	7167		11	1830651	86,43
3112	417520	2512897	288844	5123	542524	1	6408	11629	27988	23457	133788	14175	64482	4048841	62,06
3113	71653	145652	1440867	77179	120992	8417		2544	1586	5373	40439	504	251622	2166835	66,50
3114	2738	6904	325103	66978	5398					343			19592	427059	15,68
3115	206664	350045	90297		5120662		7947		101579	77741	6211	17183		5978332	85,65
3116			6609			18514				1223			13788	40135	46,13
312	112209	17658	0	0	74657	0	437254	1973	21955	50111	5894	4178	4	725899	60,24
313	25827	143	0	0	22767	0	0	3351	4143	28,94877	14094	1119	0	71477	4,69
3211	7160	585	1102	56	40481		5632		810597	372970	29824	3479	131592	1403483	57,76
3212	19923	23949	212		77331		18235		434388	3510097	3022	183997	4	4271163	82,18
322	36321	168417	49796	2463	19468	25	0	4283	296	6495	227953	1170	19940	536632	42,48
332+333	50	1401	0	0	32839	0	7597	252	31443	515147	4068	430475	0	1023278	42,07
999	76973	115146	86633	12657	13324	40225		13050	19445	42100	68015	90898	2134875	2713346	78,68
	2559263	3439611	2305169	164458	6190372	67183	486466	41141	1454658	4605231	540480	747183	2635915	25237133	
user's acc	61,82	73,06	62,51	40,73	82,72	27,56	89,88	8,15	55,72	76,22	42,18	57,61	80,99		0,724993
	A	B	k hat												
k_hat	18296744	9,1E+13	0,679174												

OA = 72%

KIA = 68%

Antrodoco NORD + SUD 4 livello samples 15% test 100%

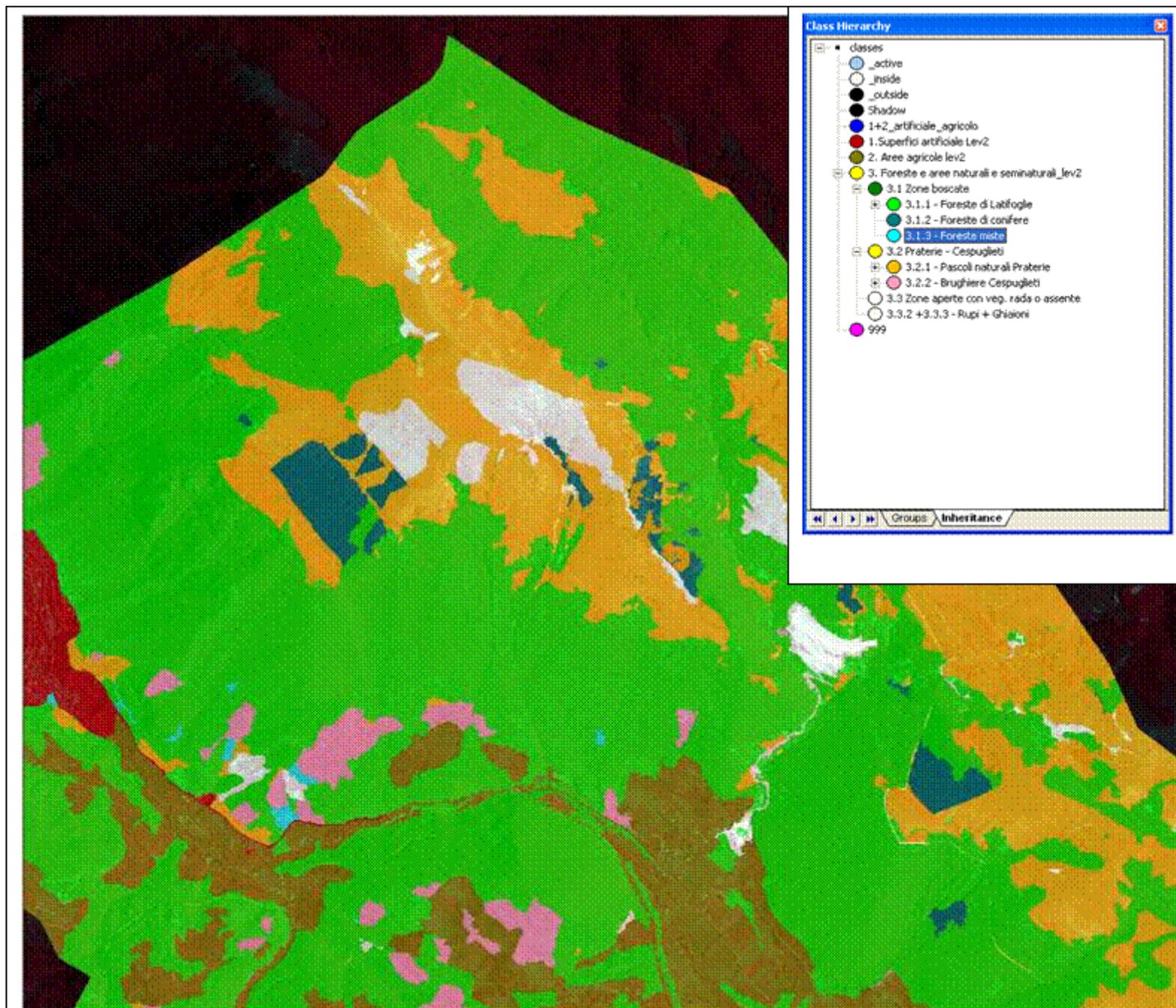
CLC4L_new	3.1.1.1 - Boschi	3.1.1.2 - Boschi	3.1.1.3 - Boschi	3.1.1.4 - Boschi	3.1.1.5 - Boschi	3.1.1.6 Boschi	3.1.2 - Foreste di	3.1.3 - Forest	3.2.1.1 Praterie	3.2.1.2 Praterie	322	3.3.2 +3.3.3 - Rupi +	999	TOT	producer's ACC
-----------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	-------------------	---------------------	---------------------	-----	--------------------------	-----	-----	-------------------

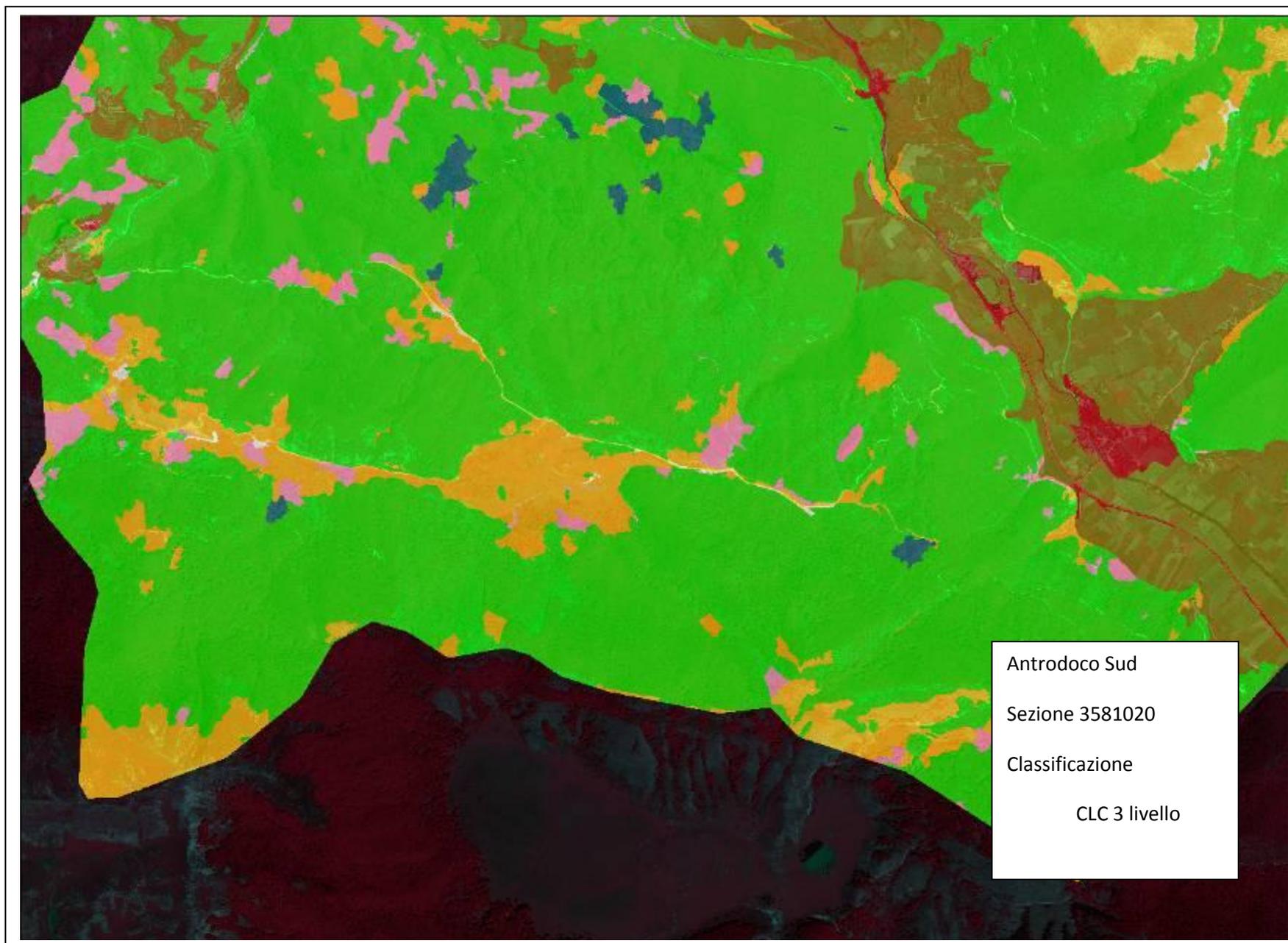
Carta delle formazioni naturali e seminaturali e Carta forestale su basi tipologiche della Regione Lazio

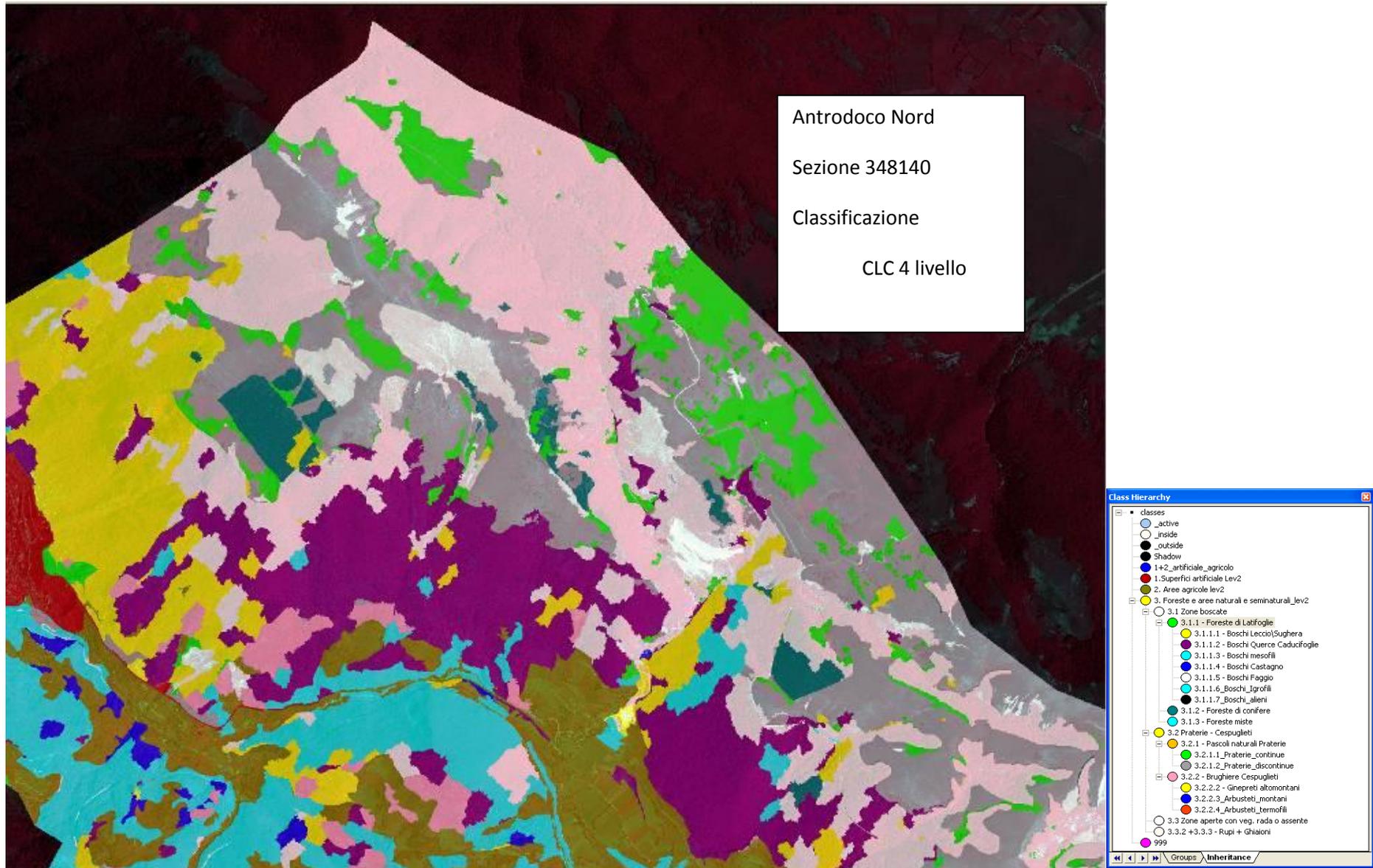
	Leccio\Sughera	Querce Caducifoglie	mesofili	Castagno	Faggio	Igrofili	conifere	e Miste	continue	discontinue		Ghiaioni			
3111	1878225	101445	123844	0	184680	0	3390	4055	4456	471	37511	0	24	2338100	80,33
3112	424124	3860911	543689	43425	827618	499	6409	11630	35888	55491	169437	14298	115415	6108832	63,20
3113	247563	491948	5659974	110075	1339695	37958	54903	2545	40702	13739	147668	507	259353	8406630	67,33
3114	2934	54475	358936	233506	18923	2090	476	0	1323	432	3597	0	20461	697153	33,49
3115	454709	803921	1011499	23409	13845542	1954	55592	0	275736	171406	109067	20463	170	16773469	82,54
3116	0	1521	8417	7583	180	85747	0	0	9479	7028	590	0	73969	194515	44,08
312	129063	27172	163811	5793	203277	0	544832	1974	28308	50171	22324	4179	57	1180961	46,13
313	31482	21301	20660	0	22768	0	0	3352	4149	29	14108	1120	0	118968	2,82
3211	8162	19032	49497	77	157020	0	9718	0	1472151	530286	212688	10993	147983	2617608	56,24
3212	19978	82746	15057	1731	196174	4	18236	0	559633	4326913	57207	187588	114556	5579824	77,55
322	36330	252874	278583	2565	179295	526	23708	4284	137319	72475	486064	3585	169573	1647181	29,51
333+332	51	7052	176	0	46597	0	7598	252	57686	743848	17558	450278	0	1331095	33,83
999	77842	130117	143453	27274	42988	47816	0	13051	68310	86091	88935	90917	5433267	6250061	86,93
	3310464	5854515	8377596	455438	17064757	176594	724862	41141	2695140	6058379	1366753	783928	6334829	53244396	
user's acc	56,74	65,95	67,56	51,27	81,14	48,56	75,16	8,15	54,62	71,42	35,56	57,44	85,77		0,7190
	A	B	k hat												
k_hat	38280762	4,851E+14	0,6609428												

OA = 72%

KIA = 66%







Antrodoco SUD

Sezione 3581020

Classificazione

CLC 4 livello

3.2.2 - Bruchiere Cesuglied 1.00; sample: none

