

Modulo A

CLASSIFICAZIONE DELLE SPECIE FORESTALI E DEL NOCE DELLA VAL LOMASONA UTILIZZANDO IMMAGINI IPERSPETTRALI DA AEREO

MATERIALI

Area di studio

L'area di studio individuata per testare l'uso di dati iperspettrali per la classificazione delle specie forestali all'interno dell'area MAB-UNESCO è la Val Lomasona, ed in particolare l'area analizzata è un'area di 637 ettari indicata in Figura A3.1.

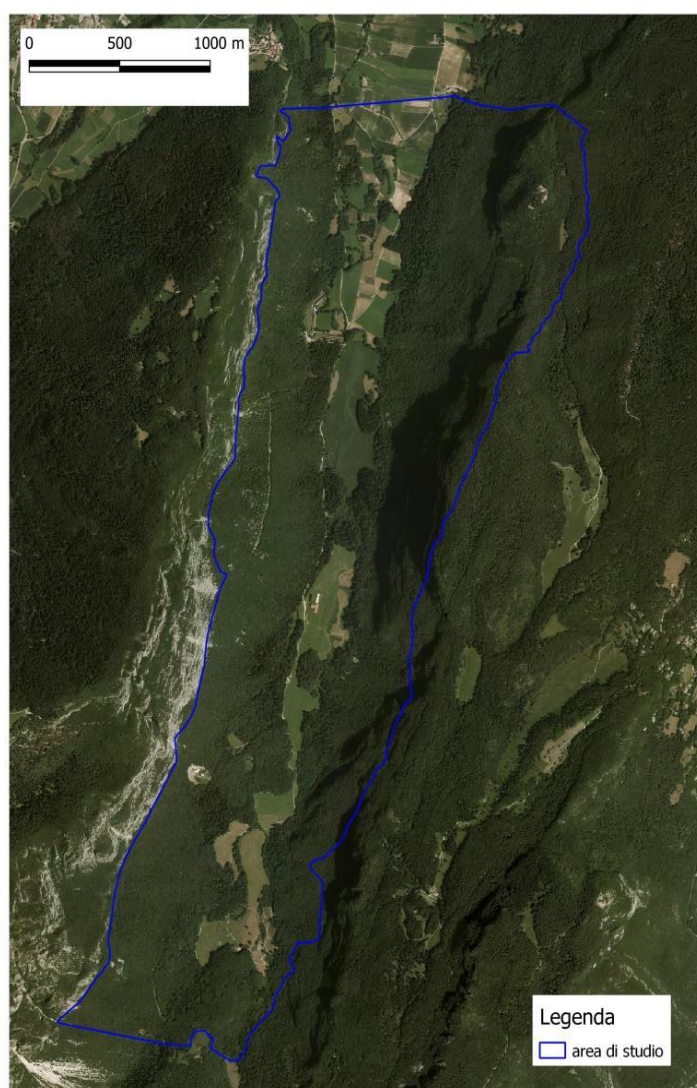


Figura A3.1. Perimetro (in blu) dell'area analizzata in questo studio.

Dati a terra

I dati a terra sono stati rilevati all'interno dell'area mostrata in Figura A3.1 e anche in parte nelle aree limitrofe dove il dato telerilevato era disponibile. In tabella A3.1 viene mostrato un elenco degli alberi geo localizzati a terra divisi per specie, mentre in Figura A3.2 è mostrata la loro posizione. Nel complesso sono state rilevate 449 piante rispetto alle 250 previste nel progetto, per ottimizzare la mappa. I rilievi sono stati fatti in due fasi, la prima per ottenere una prima mappa delle specie e attraverso l'analisi degli errori definire le aree in cui concentrare i rilievi della seconda fase. Ulteriori rilievi sono previsti nel corso del 2020 con l'obiettivo di ridurre gli errori per le specie la cui classificazione è ancora incerta (vedi tabella A3.3) per produrre la mappa definitiva delle specie forestali e del noce.

Specie	N. alberi	Specie	N. alberi
<i>Abies alba</i>	4	<i>Ostrya carpinifolia</i>	33
<i>Acer campestre</i>	15	<i>Picea abies</i>	127
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1	<i>Pinus nigra</i>	12
<i>Alnus glutinosa</i>	16	<i>Pinus sylvestris</i>	17
<i>Alnus incana</i>	6	<i>Populus nigra</i>	3
<i>Betula pendula</i>	1	<i>Populus tremula</i>	8
<i>Carpinus betulus</i>	5	<i>Prunus avium</i>	8
<i>Castanea sativa</i>	1	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5
<i>Corylus avellana</i>	24	<i>Salix alba</i>	7
<i>Fagus sylvatica</i>	92	<i>Salix babylonica</i>	1
<i>Fraxinus excelsior</i>	22	<i>Sambucus nigra</i>	1
<i>Fraxinus ornus</i>	4	<i>Tilia platyphyllos</i>	1
<i>Juglans regia</i>	20	<i>Ulmus minor</i>	6
<i>Larix decidua</i>	9		

Tabella A3.1. Elenco degli alberi divisi per specie per i quali è stata individuata la posizione in campo.

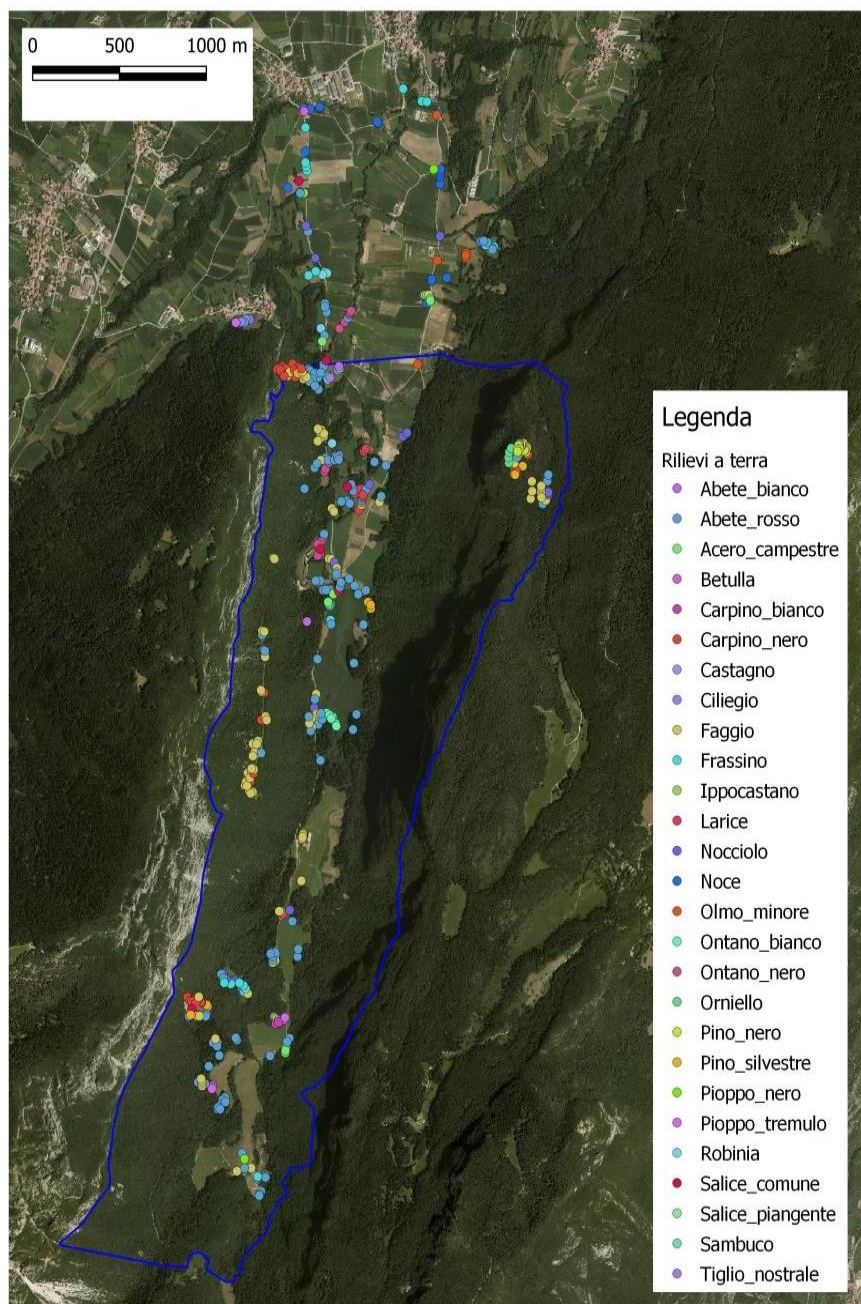


Figura A3.2 Posizione degli alberi misurati in campo.

Dati telerilevati

In questo studio sono stati utilizzati dati iperspettrali acquisiti da piattaforma aerea. In particolare i dati telerilevati usati sono parte dei dati iperspettrali acquisiti dalla Provincia Autonoma di Trento su tutto il territorio provinciale nell'anno 2015. L'immagine usata in questo studio è stata acquisita il 4 luglio 2015 alle ore 9:13 utilizzando il sensore CASI-1500¹. L'immagine è caratterizzata da una risoluzione spaziale di 1.5 m e da 112 bande spettrali nell'intervallo da 396 nm a 991 nm.

METODI

In Figura A3.3 è mostrato uno schema a blocchi delle elaborazioni effettuate.

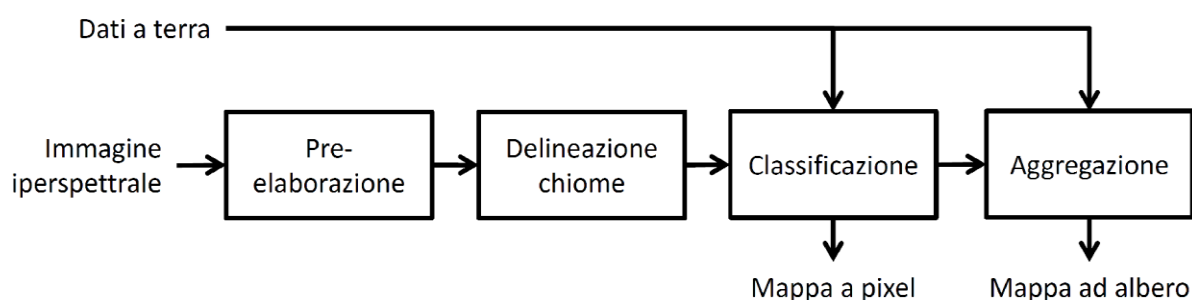


Figura A3.3. Schema delle elaborazioni fatte.

Pre-elaborazione dei dati

I dati iperspettrali sono stati ritagliati sull'area di interesse e sono stati ricampionati a 0.5 m. Il ricampionamento è stato effettuato per incrementare la risoluzione spaziale in modo da migliorare la delineazione delle chiome. A partire dall'immagine ricampionata a 0.5 m è stato calcolato il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Questo indice di vegetazione è stato utilizzato per eliminare i pixel di non vegetazione all'interno dell'immagine, ovvero i pixel aventi valore di NDVI minore di 0.5 sono stati mascherati nelle successive elaborazioni. Queste elaborazioni sono state effettuate utilizzando il software ENVI².

Delineazione delle chiome degli alberi

Normalmente la delineazione delle chiome degli alberi su dati telerilevati viene effettuata su dati lidar (*Light Detection and Ranging*). Purtroppo al momento non sono disponibili dati lidar ad alta densità di punti sull'area studiata e quindi la delineazione è stata effettuata sui dati iperspettrali. Per la delineazione delle chiome è stata utilizzata la banda dell'immagine iperspettrale corrispondente alla lunghezza d'onda 810 nm situata nel vicino infrarosso. L'algoritmo utilizzato si basa sulla tecnica del *region growing* ed è stato

¹ <https://www.itres.com/>

² <https://www.harrisgeospatial.com/Software-Technology/ENVI>

sviluppato presso la Fondazione Mach ed è disponibile nella libreria *itcSegment* del software R³. Maggiori dettagli sull'algoritmo possono essere trovati in [1][2].

Classificazione

La classificazione delle specie forestali è stata effettuata sia a livello di pixel dell'immagine iperspettrale ricampionata che a livello di chioma. La classificazione a livello di pixel è stata effettuata usando tutte le bande iperspettrali disponibili e un classificatore supervisionato di tipo *Support Vector Machine* (SVM). Il classificatore SVM è un metodo di *machine learning* ampiamente usato per la classificazione di specie forestali utilizzando dati iperspettrali (es. [3][4][2]). Per informazioni dettagliate sui classificatori SVM si rimanda a [5].

La mappa a pixel ottenuta dalla classificazione SVM è stata poi aggregata a livello di singoli alberi utilizzando le chiome delineate sull'immagine iperspettrale. In particolare se più del 70% dei *pixel* all'interno di una chioma sono stati classificati in una stessa specie, quella chioma è stata assegnata a quella specie. Per le chiome rimanenti, se più del 70% dei *pixel* si riferivano a conifere, la chioma è stata assegnata alla classe "Conifera", oppure se più del 70% dei *pixel* si riferivano a latifoglie la chioma è stata assegnata alla classe "Latifolia". Le rimanenti chiome sono state etichettate come "Non classificato".

RISULTATI

La classificazione a livello di chioma è stata effettuata validando l'accuratezza su 244 chiome che sono state abbinate a dei rilievi a terra e quindi per le quali era disponibile un'informazione sulla specie corretta. Di queste 244 chiome 33 sono state assegnate alla classe "Non classificato" e quindi sono state escluse dall'analisi. In Tabella A3.2 ci sono i risultati a livello di macro classi "Conifere/Latifoglie". Come si può vedere la classificazione è quasi perfetta, con un'accuratezza totale del 98.1%.

	Conifera	Latifolia
Conifera	65	0
Latifolia	4	142
Accuratezza (%)	94.2	100

Tabella A3.2. Matrice di confusione per le macro classi "Conifere/Latifoglie".

In Tabella A3.3 si trovano i risultati a livello di specie e macro classi nei casi dove la specie non poteva essere identificata con certezza. L'accuratezza totale in questo caso è del 72%. Come si può vedere le accuratezze delle varie classi variano molto. La cosa importante da notare comunque è che per le classi che hanno un'accuratezza bassissima, l'errore non è dovuto a confusione con altre specie ma con le macro classi e quindi in questi non si tratta di un errore ma solamente di una classificazione di più alto livello. Un esempio può essere il *Fraxinus excelsior*: tutti e 6 gli alberi misurati a terra vengono assegnati alla classe "Latifoglie" invece che alla classe "Fraxinus excelsior". In questo caso nel computo dell'accuratezza è

³ <https://www.r-project.org/>

considerato un errore, mentre nella realtà non si tratta di un errore ma solo di una classificazione ad un livello meno dettagliato.

	AC	AG	AI	CB	C	CA	FS	FE	LD	L	OC	PA	RP	UM
<i>Acer campestre</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alnus glutinosa</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alnus incana</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carpinus betulus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conifera	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	4	0	0
<i>Corylus avellana</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fagus sylvatica</i>	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	1	0	0	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Larix decidua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Latifolia	2	2	0	2	2	7	14	6	0	9	11	2	0	0
<i>Ostrya carpinifolia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	13	0	0	0
<i>Picea abies</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	53	0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ulmus minor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Accuratezza (%)	33.3	77.8	100	50.0	33.3	30.0	76.1	0.0	75.0	100	52.0	89.8	100	100

Tabella A3.3. Matrice di confusione per la classificazione a livello di specie.

Nelle figure successivi sono presentate le bozze delle mappe relative alla vegetazione. In particolare in Figura A3.4 è rappresentata la mappa forestale dell'area con le specie identificate, mentre nelle figure A4.1 e A4.2 vi è una rappresentazione di come la vegetazione potrebbe apparire in autunno e primavera.

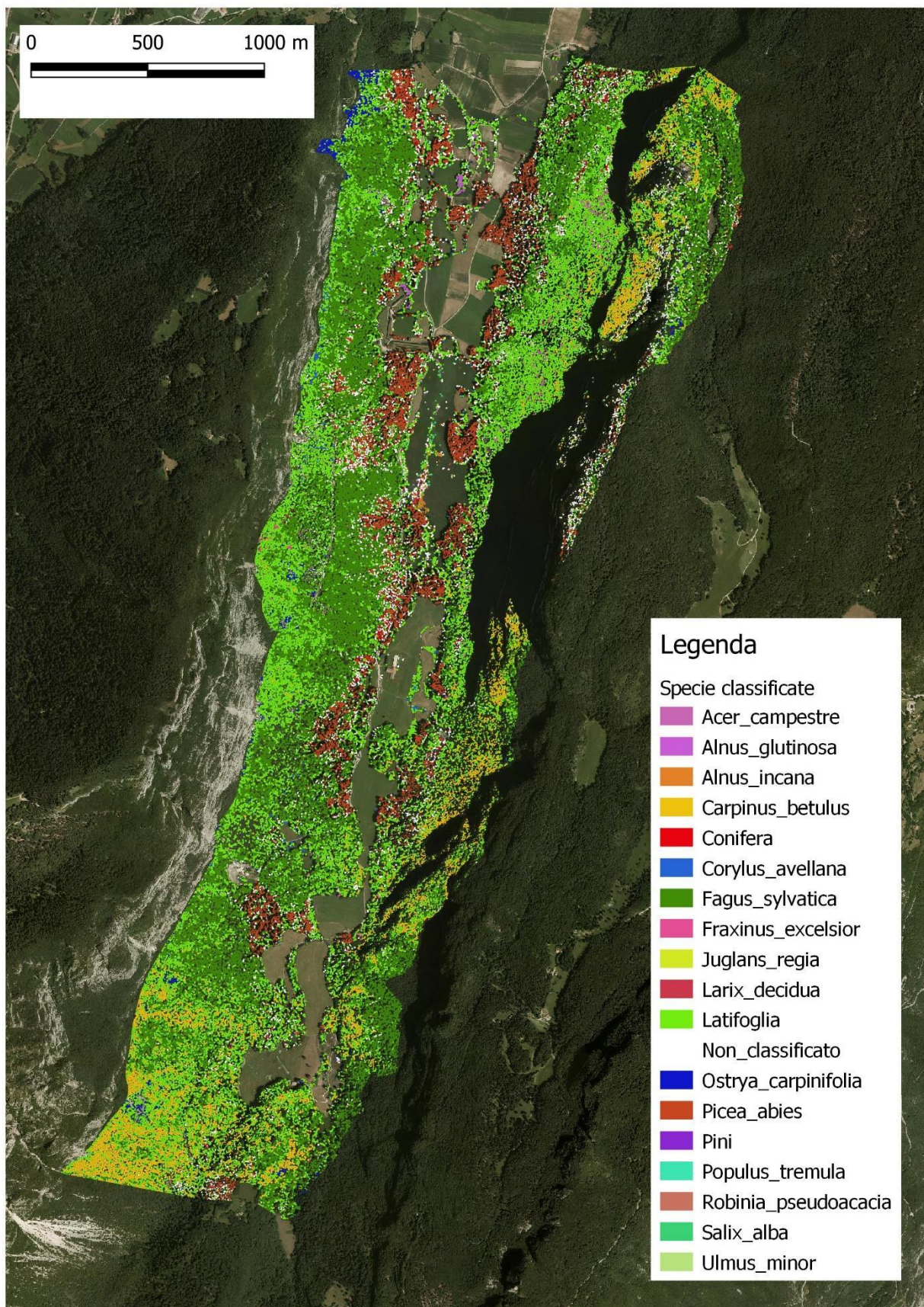


Figura A3.4. Mappa delle specie identificate in val Lomasona.

Le specie classificate secondo le metodologia illustrata nel paragrafo precedente (*Modulo A, Attività A3: Mappa della biodiversità forestale*) possono essere colorate a gruppi, in modo da simulare le condizioni stagionali del bosco. Le due figure seguenti sono una ideale rappresentazione di come può apparire la Val Lomasona in autunno e in primavera.

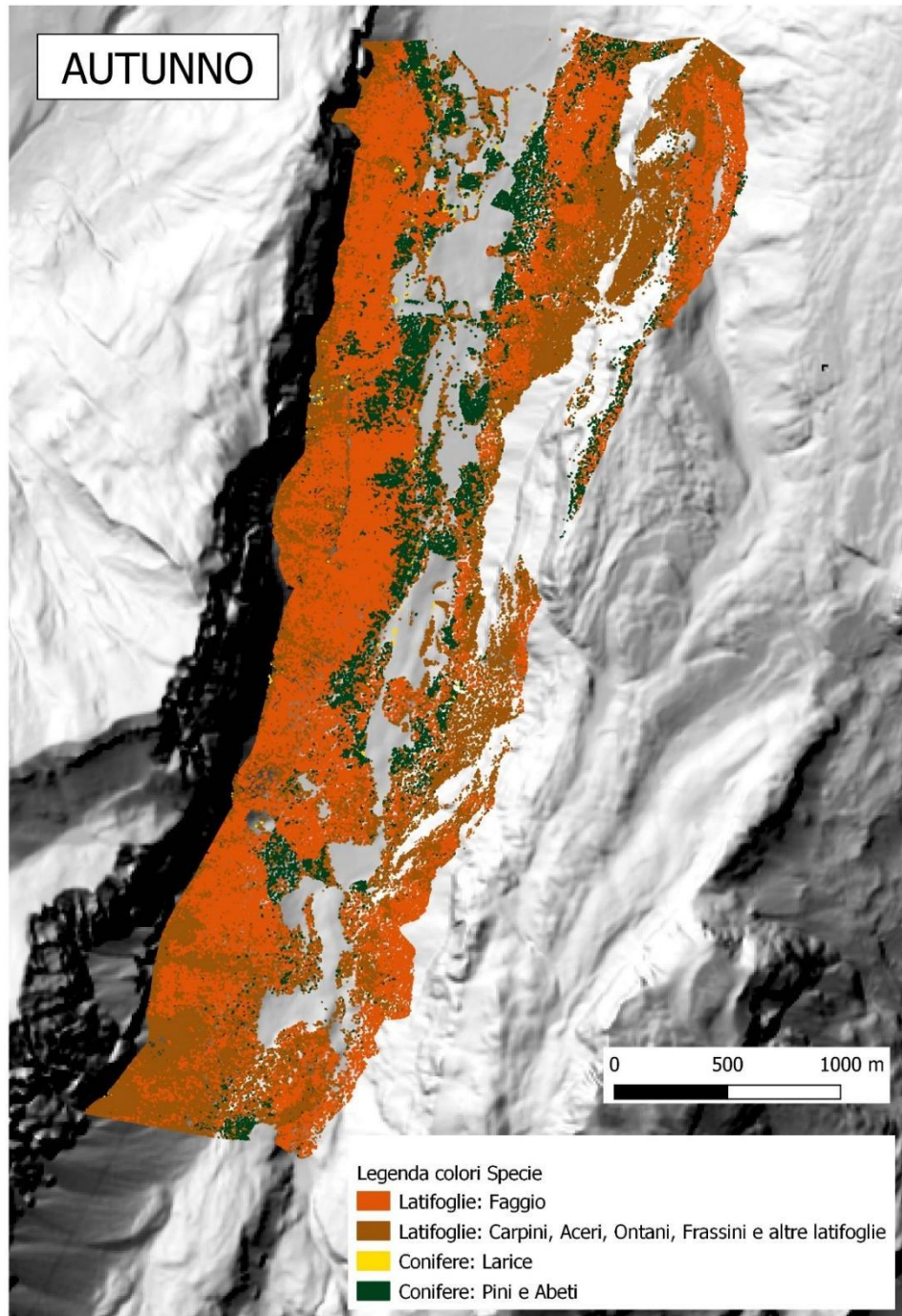


Figura A4.1. Mappa delle specie identificate in val Lomasona. Colori in versione autunnale.

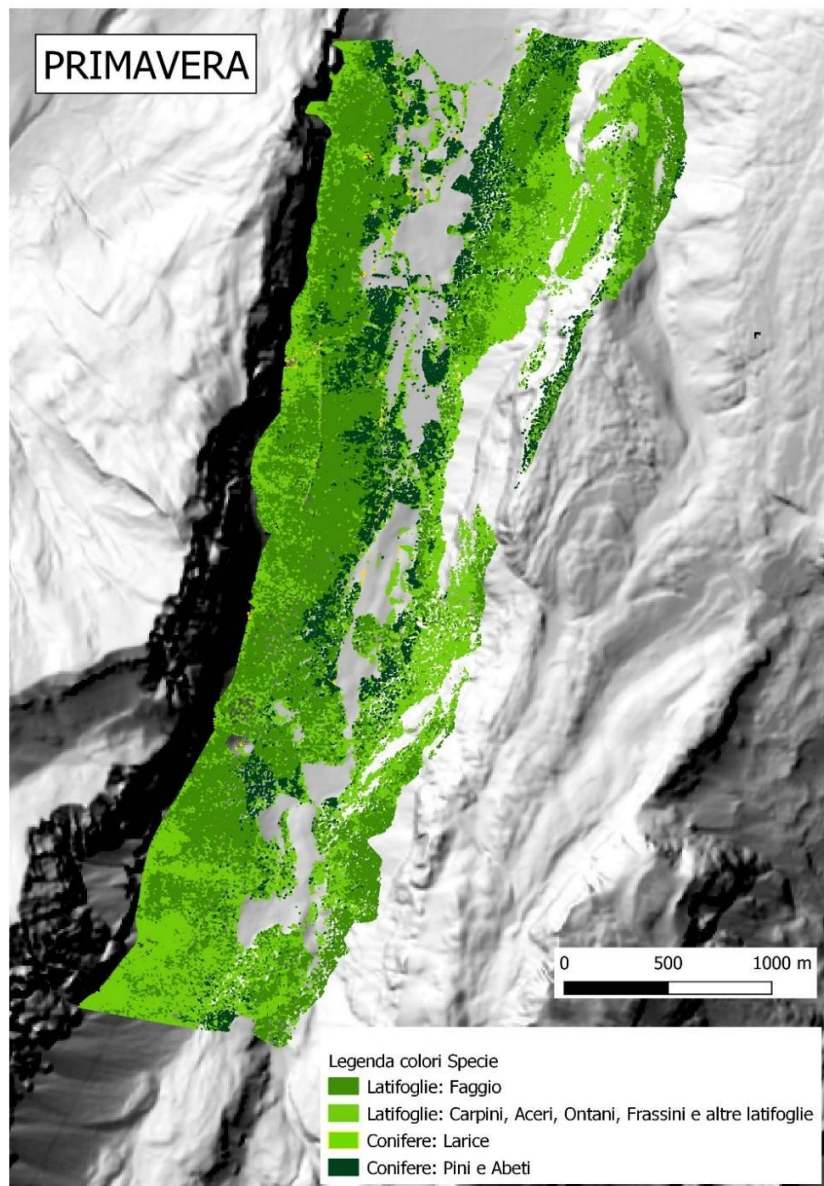


Figura A4.2. Mappa delle specie identificate in val Lomasona. Colori in versione primaverile.

Pe ottimizzare la classificazione delle piante di noci sono stati utilizzati anche i dati raccolti in un precedente lavoro (vedi tabella A3.4) “Ghianda di Giovo”: la coltivazione della noce del Bleggio tra coltura e cultura (2017) finanziato dalla Fondazione Caritro nell’ambito del bando 2016 Progetti di valorizzazione della memoria delle comunità, a cura di Baroldi Paolo, Festi Nicola e Litterini Samuel.

Questo ha permesso di analizzare, anche se non previsto ne progetto, la possibilità di distinguere con i dati spettrali le diverse varietà di noce presenti all’interno della riserva.

RISULTATI CENSIMENTO PATRIMONIO NOCICOLO DEL BLEGGIO ANNO 2016

CATASTO	TOTALE piante	Bleggiane	Franquette	Lara	Selvatiche	Dubbe*	Singole	Impianto/Filare	Adulte	Giovani
Cavradio	1448	170	116	60	720	382	381	1067	920	528
Rango	834	27	10	75	620	102	402	432	545	289
Balbido	1312	150	344	335	390	93	399	913	475	837
Larido	2378	252	80	32	1809	205	1255	1123	1833	545
Madice	1020	56	15	221	644	84	423	597	676	344
Tignerone	137						18	119	125	12
Comighello	186						54	132	183	3
Cares	186						66	120	152	34
Bono	126						36	90	117	9
Duvredo	911						199	712	813	98
		Bleggiane	Franquette	Lara	Selvatiche	Dubbe	Singole	Impianto/Filare	Adulte	Giovani
Bleggio sup	6992	655	565	723	4183	866	2878	4251	4449	2543
EX Bleggio inf	1546						373	1173	1390	156
TOTALE	8538	655	565	723	4183	866	3233	5305	5839	2699

In questa tabella sono riassunti tutti i dati raccolti durante il censimento. Come si può vedere, per quanto riguarda i comuni catastali del Bleggio Superiore, sono state stimate anche le varietà. Nei comuni catastali dell'Ex Bleggio Inferiore sono state censite le piante e indicate solo le tipologie di impianto (singola, filare o impianto) e le relative età.

*Il dato relativo alle piante dubbie sta ad indicare tutte quelle piante (generalmente o molto vecchie o appena messe a dimora) di cui è stato impossibile attribuire con certezza la varietà di appartenenza. Nelle piante molto vecchie il punto di innesto va scomparendo e i frutti o le foglie, per questioni relative a varie tipologie di stress, assomigliano spesso alle "migliori piante selvatiche". In quelle appena messe a dimora non ci sono elementi utili per poter riconoscere la varietà se non su indicazioni del proprietario.

Tabella A3.4 Piante rilevate all'interno del progetto "Ghianda di Giovo": la coltivazione della noce del Bleggio tra coltura e cultura.

Nella tabella A3.5 sono presentati i risultati, ancora parziali, di tale analisi. Come si evince dai dati, il sistema non è ancora in grado di distinguere in modo sufficientemente preciso le diverse varietà tra loro. Solo il 30 % delle piante selvatiche sono classificate correttamente, e le piante sono spesso confuse con tutte le altre varietà presenti. Chiaramente le differenze intra-specifiche sono molto minori rispetto a quelle inter-specifiche e questo rende la classificazione più complessa. Ulteriori analisi saranno fatte nei prossimi mesi nel tentativo di migliorare la capacità predittiva del sistema.

	Altro	Bleggiana	Franquette	Selvatiche
Altro	145	30	9	167
Bleggiana	53	74	15	194
Franquette	14	12	21	92
Selvatiche	64	56	24	430
Accuratezza (%)	43.7	52.5	43.0	30.4

Tabella A3.5. Matrice di confusione per la classificazione a livello di specie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Dalponte, F. Reyes, K. Kandare, and D. Gianelle, "Delineation of individual tree crowns from ALS and hyperspectral data: A comparison among four methods," *Eur. J. Remote Sens.*, vol. 48, 2015.
- [2] M. Dalponte, L. Frizzera, and D. Gianelle, "Individual tree crown delineation and tree species classification with hyperspectral and LiDAR data," *PeerJ*, vol. 2019, no. 1, 2019.

- [3] M. Dalponte, L. Bruzzone, and D. Gianelle, "Tree species classification in the Southern Alps with very high geometrical resolution multispectral and hyperspectral data," in *Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing, Evolution in Remote Sensing*, 2011.
- [4] M. Dalponte, H. O. Ørka, L. T. Ene, T. Gobakken, and E. Næsset, "Tree crown delineation and tree species classification in boreal forests using hyperspectral and ALS data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 140, 2014.
- [5] V. N. Vapnik, "An overview of statistical learning theory," *IEEE Transactions on Neural Networks*. 1999.

Modulo A

CLASSIFICAZIONE DEL CASTAGNO

A seguito di una verifica preliminare, basata sia sulle mappe forestali esistenti, che sulle conoscenze del personale coinvolto nei rilievi a terra sentito anche il personale forestale, si è evidenziato che il castagno, all'interno dell'area della Riserva, si trova quasi esclusivamente nell'area di Tenno.

Si è deciso quindi di concentrare i rilievi a terra relativi al castagno in tale zona.

MATERIALI

Area di studio

L'area di studio individuata per testare l'uso di dati iperspettrali per la mappatura del castagno all'interno dell'area MAB-UNESCO è la zona attorno all'abitato di Pranzo nel comune di Tenno, ed in particolare l'area analizzata è un'area di 175 ettari indicata in Figura A3.1b .



Figura A3.1b Perimetro (in rosso) dell'area analizzata in questo studio.

Dati a terra

I dati a terra utilizzati sono stati rilevati all'interno dell'area mostrata in Figura 1 e nell'area della Lomasona. Poiché il dato iperspettrale proviene dalla stessa strisciata si sono potuti utilizzare anche i rilievi fatti in Lomasona per definire con più precisione le classi "Conifere" e "Latifoglie".

Sono state rilevate nel complesso 237 piante, di cui 147 di castagno (vedi tabella A3.1b e Figura A3.2b). Per una corretta classificazione della specie è necessario infatti rilevare anche individui di altre specie forestali, in particolare quelle che possono presentare firme spettrali simili al castagno.

Specie	Numero alberi rilevati
Abete rosso	2
Acer campestre	1
Carpino nero	5
Castagno	147
Ciliegio	22
Nocciolo	1
Noce	35
Olivo	14
Robinia	10

Tabella A3.1b. Elenco degli alberi divisi per specie per i quali è stata individuata la posizione in campo.

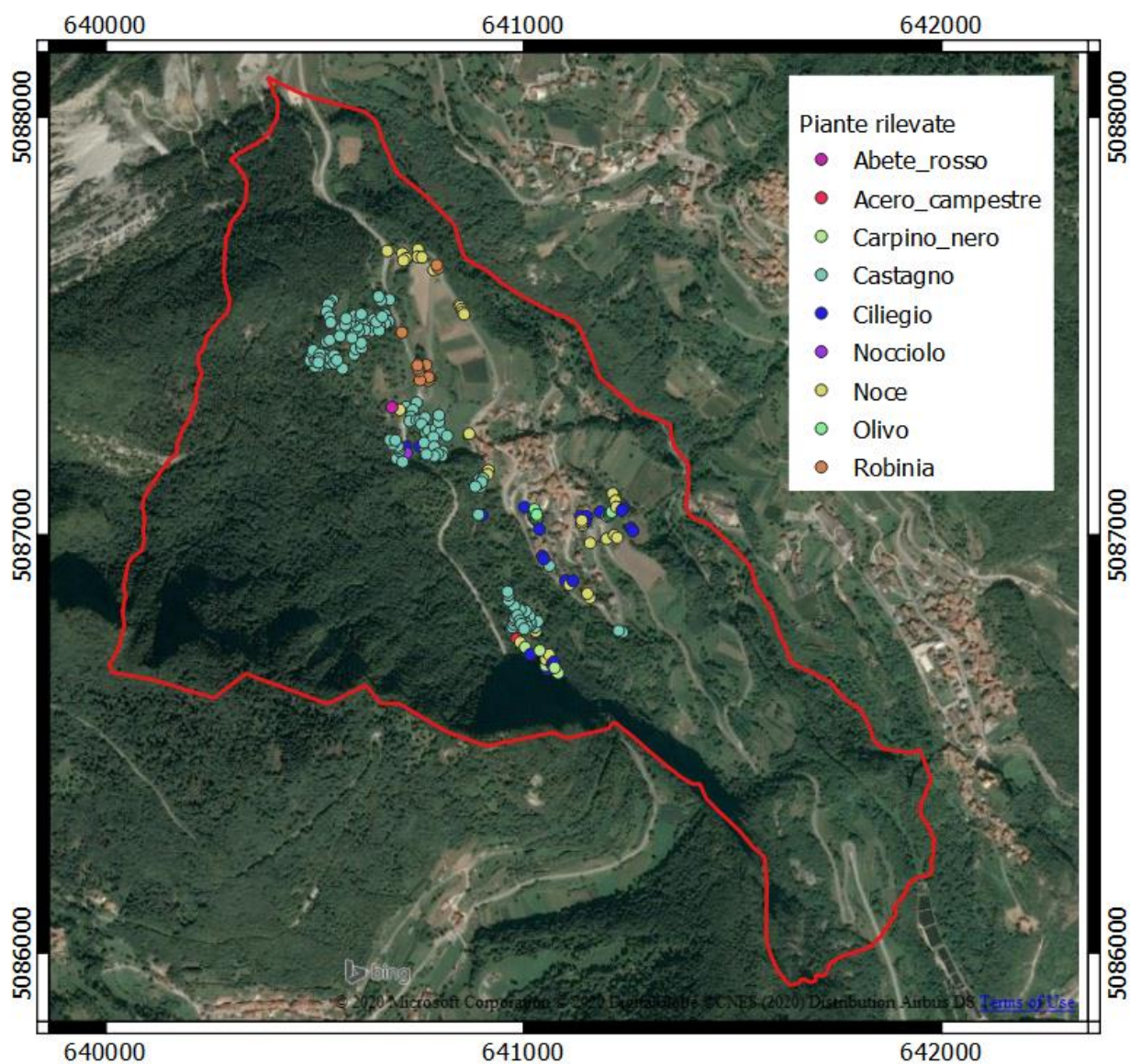


Figura A3.2b Posizione degli alberi misurati in campo.

Specie	Numero alberi rilevati
Abete rosso	2
Acero campestre	1
Carpino nero	5
Castagno	147
Ciliegio	22
Nocciolo	1
Noce	35
Olivo	14
Robinia	10

Tabella A3.1b. Elenco degli alberi divisi per specie per i quali è stata individuata la posizione in campo.

Dati telerilevati

I dati telerilevati usati in questo studio sono parte dei dati iperspettrali acquisiti dalla Provincia Autonoma di Trento su tutto il territorio provinciale nell'anno 2015. L'immagine usata in questo studio è stata acquisita il 4 luglio 2015 alle ore 9:13 utilizzando il sensore CASI-1500. L'immagine è caratterizzata da una risoluzione spaziale di 1.5 m e da 112 bande spettrali nell'intervallo da 396 nm a 991 nm.

METODI

In Figura A3.3b è mostrato uno schema a blocchi delle elaborazioni effettuate.

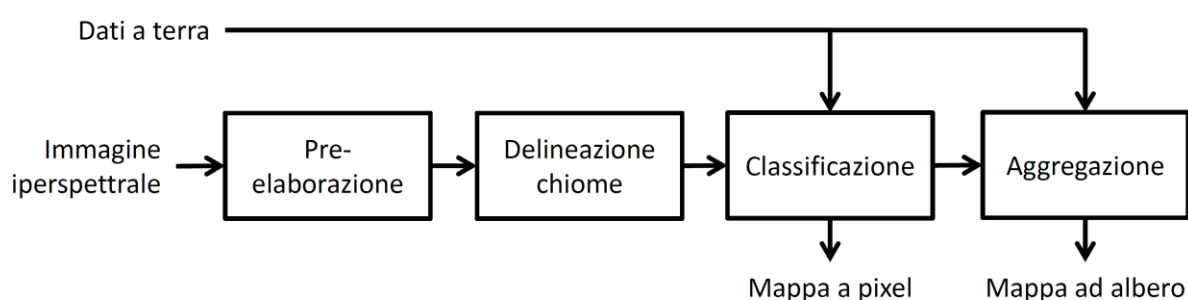


Figura A3.3b Schema delle elaborazioni fatte.

Pre-elaborazione dei dati

I dati iperspettrali sono stati ritagliati sull'area di interesse e sono stati ricampionati a 0.5 m. Il ricampionamento è stato effettuato per incrementare la risoluzione spaziale in modo da migliorare la delineazione delle chiome. A partire dall'immagine ricampionata a 0.5 m è stato calcolato il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Questo indice di vegetazione è stato utilizzato per eliminare i pixel di non vegetazione all'interno dell'immagine, ovvero i pixel aventi valore di NDVI minore di 0.5 sono stati mascherati nelle successive elaborazioni. Queste elaborazioni sono state effettuate utilizzando il software ENVI.

Delineazione delle chiome degli alberi

Normalmente la delineazione delle chiome degli alberi su dati telerilevati viene effettuata su dati lidar (Light Detection and Ranging). Purtroppo al momento non sono disponibili dati lidar ad alta densità di punti sull'area studiata e quindi la delineazione è stata effettuata sui dati iperspettrali. Per la delineazione delle chiome è stata utilizzata la banda dell'immagine iperspettrale corrispondente alla lunghezza d'onda 810 nm situata nel vicino infrarosso. L'algoritmo utilizzato si basa sulla tecnica del region growing ed è stato sviluppato presso la Fondazione Mach ed è disponibile nella libreria itcSegment del software R. Maggiori dettagli sull'algoritmo possono essere trovati in [1][2].

Classificazione

La classificazione delle specie forestali è stata effettuata sia a livello di pixel dell'immagine iperspettrale ricampionata che a livello di chioma. La classificazione a livello di pixel è stata effettuata usando tutte le bande iperspettrali disponibili e un classificatore supervisionato di tipo Support Vector Machine (SVM). Il classificatore SVM è un metodo di machine learning ampiamente usato per la classificazione di specie forestali utilizzando dati iperspettrali (es. [3][4][2]). Per informazioni dettagliate sui classificatori SVM si rimanda a [5].

La mappa a pixel ottenuta dalla classificazione SVM è stata poi aggregata a livello di singoli alberi utilizzando le chiome delineate sull'immagine iperspettrale. In particolare se più del 50% dei pixel all'interno di una chioma sono stati classificati come "Castagno", la chioma è stata assegnata alla specie. Per le chiome rimanenti, se più del 50% dei pixel si riferivano alle classi "Latifolia/conifera" la chioma è stata assegnata alla classe "Latifolia/conifera". Le rimanenti chiome sono state etichettate come "Non classificato".

RISULTATI

La validazione della classificazione è stata fatta utilizzando il 50% dei rilievi fatti a terra che sono stati abbinati ad una chioma rilevata sul dato iperspettrale. In Tabella A3.2b ci sono i risultati. Come si può vedere la classificazione è accurata, con un'accuratezza per il castagno del 84.6%. Solo in circa il 10 % dei casi il castagno è stato erroneamente classificato come altra latifolia.

Tabella A3.2b. Matrice di confusione.

	<i>Castanea sativa</i>	Conifera	Latifolia
<i>Castanea sativa</i>	55	2	8
Conifera	2	63	4
Latifolia	8	13	152
Accuratezza (%)	84.6	80.8	92.7

In Figure A3.4b viene presentata la mappa dell'area con evidenziata la distribuzione del castagno

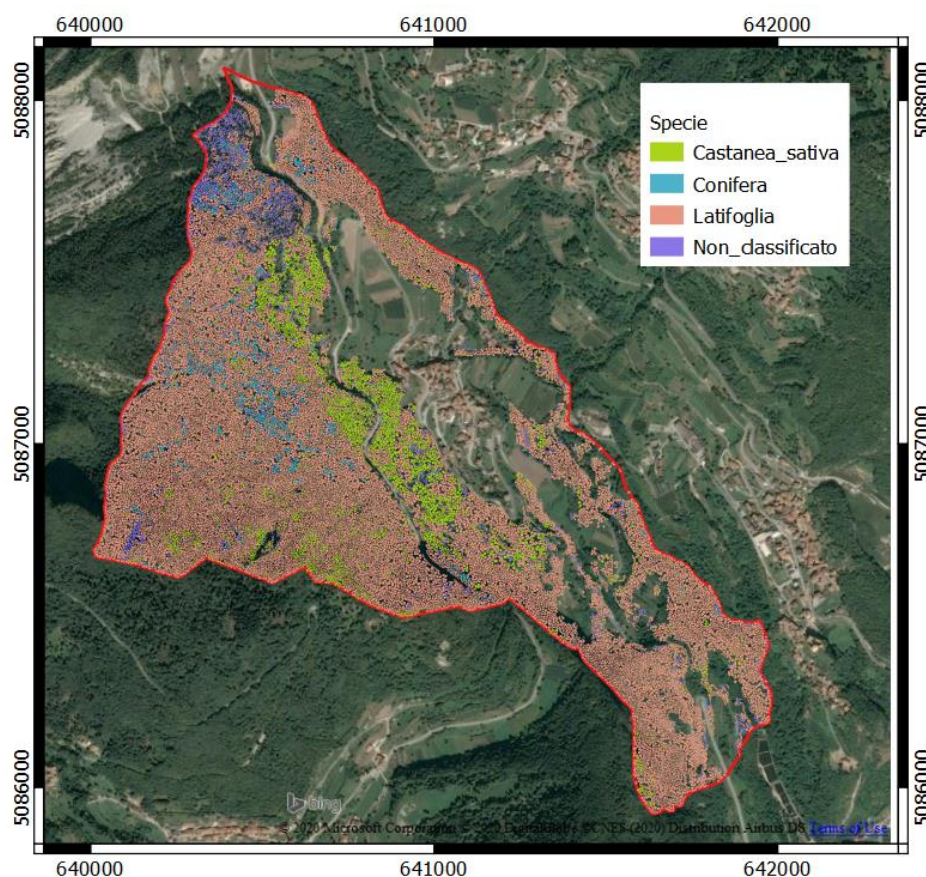


Figura A3.4b. Mappa del castagno attorno all'abitato di Pranzo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Dalponte, F. Reyes, K. Kandare, and D. Gianelle, "Delineation of individual tree crowns from ALS and hyperspectral data: A comparison among four methods," *Eur. J. Remote Sens.*, vol. 48, 2015.
- [2] M. Dalponte, L. Frizzera, and D. Gianelle, "Individual tree crown delineation and tree species classification with hyperspectral and LiDAR data," *PeerJ*, vol. 2019, no. 1, 2019.
- [3] M. Dalponte, L. Bruzzone, and D. Gianelle, "Tree species classification in the Southern Alps with very high geometrical resolution multispectral and hyperspectral data," in *Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing, Evolution in Remote Sensing*, 2011.
- [4] M. Dalponte, H. O. Ørka, L. T. Ene, T. Gobakken, and E. Næsset, "Tree crown delineation and tree species classification in boreal forests using hyperspectral and ALS data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 140, 2014.
- [5] V. N. Vapnik, "An overview of statistical learning theory," *IEEE Transactions on Neural Networks*. 1999.