Nuovi sistemi di telerilevamento aereo multispettrale ad alta risoluzione: esempi di applicazione nell'agricoltura di precisione

Dario Papale, C. Belli, B. Gioli, S. Noce, R. Valentini, A. Vannini

Ibimet
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA Tuscia
TERRASYSTEM s.r.l.

Perché un nuovo sensore...

- Sviluppare un nuovo sistema di telerilevamento aereo multispettrale flessibile ed economico
- Valutare, attraverso casi di studio, le possibili applicazioni di ricerca nell'ambito degli ecosistemi agrari e forestali, rispetto a quelle attuate con altri sistemi di telerilevamento
- Ampliare l'utilizzo del telerilevamento a settori dove finora è stato poco impiegato per limitazioni soprattutto economiche

... presupposti

- Importanza assunta dal telerilevamento negli ultimi anni
- Telerilevamento da satellite → caratteristiche rigide
- Telerilevamento da aereo → costi elevati e sottoutilizzo del dato
- Nuove possibilità date da un rapido sviluppo tecnologico

Requisiti base del nuovo sensore

- Semplicità di struttura e di funzionamento
- Robustezza e affidabilità del sistema di ripresa
- Economicità di realizzazione e di impiego
- Flessibilità nell'utilizzo e nella gestione

+

Specifiche tecniche

- Acquisizione contemporanea di 4 bande spettrali
- Risoluzione spaziale submetrica alle normali quote di volo
- Possibilità di variare le bande spettrali investigate anche in volo
- Modularità del sistema

Il primo sensore multispettrale del DISAFRI nel 1993…

1993: Sistema DARWIN (*Digital Aircraft Resources* and *Wildlife ImagiNg*)
- 3 camere a CCD 577x581 8bits + 1 tubovision (800-1200 nm)
- Registrazione analogica su nastro
- Piattaforma aerea: deltaplano a motore

1995: Sistema QSM-DARWIN, sviluppato in collaborazione con ENEA e RSDA
- 4 camere CCD 640x480 8bits
- Registrazione analogica su nastro
- Piattaforma aerea: deltaplano a motore e elicottero

2000: Sistema ASPIS (*Advanced SPectroscopic Imaging System*)….

2003: Integrazione nuovi sensori termico e laser altimetro

2006: Sistema ASPIS-II

Sistemi di acquisizione aerea

(certificati JAR/VAL)

Sistema ASPIS

Telerilevamento multispettrale

Sistema DFR

Telerilevamento, IR e laser altimetro

ERA *(Environmental Research Aircraft)*

Sistema MFP

Misura conc. gas inquinanti, vento e turbolenza

Sistema ASPIS-II

Telerilevamento multispettrale

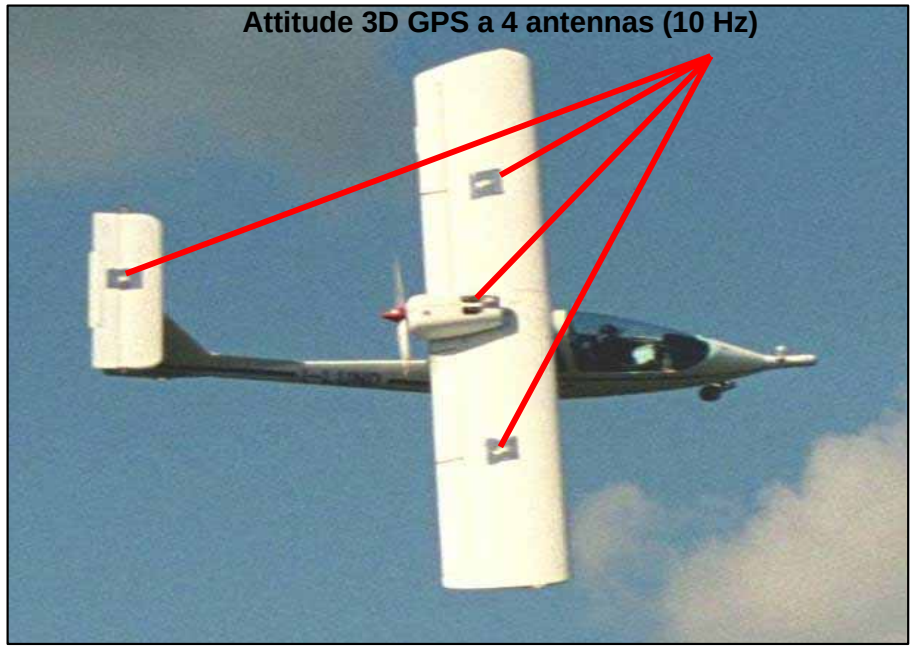
La piattaforma ERA: *SKY ARROW 650TC*

CHARACTERISTICS	ROTAX 912S 100Hp
Lenght	24.9 ft
Height	8.4 ft
Wing span	31.8 ft
Standard empty weight	880 lbs
Maximum gross weight	1,430 lbs
Useful load	550 lbs
Fuel capacity	18 gal
Fuel consumption	4.7 gal/hr
Composite structure ultimate load	+8 g/-4 g
Materials	Carbon/Kevlar/Epoxy

PERFORMANCE	
Speed not to be exceeded (Vne)	132 kts
Maximum speed, sea level	107 kts
Cruise speed at 75% power, 3000 ft	92 kts
Stalling speed (full flaps, power off)	40 kts
Take off run	623 ft
Landing run	443 ft
Rate of climb, sea level	905 fpm
Service ceiling	15.000 ft
Endurance (75% power)	3h 45'
Max range (75% power)	340 NM
Flight rules	IFR

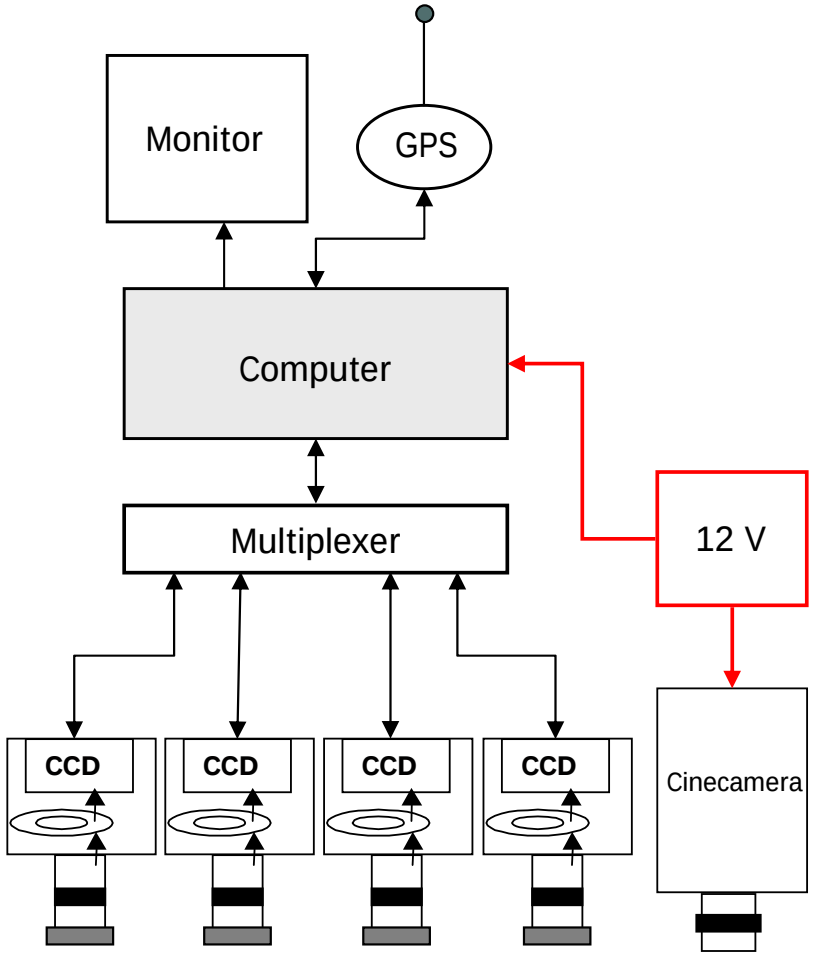
Aereo **SKY-ARROW 650TC**

- Certificato JAR
- Realizzato in carbonio e Kevlar
- Motore Rotax da 100 Kw
- Autonomia di volo 3,5 h
- Atterra e decolla da aviosuperfici



ASPIS

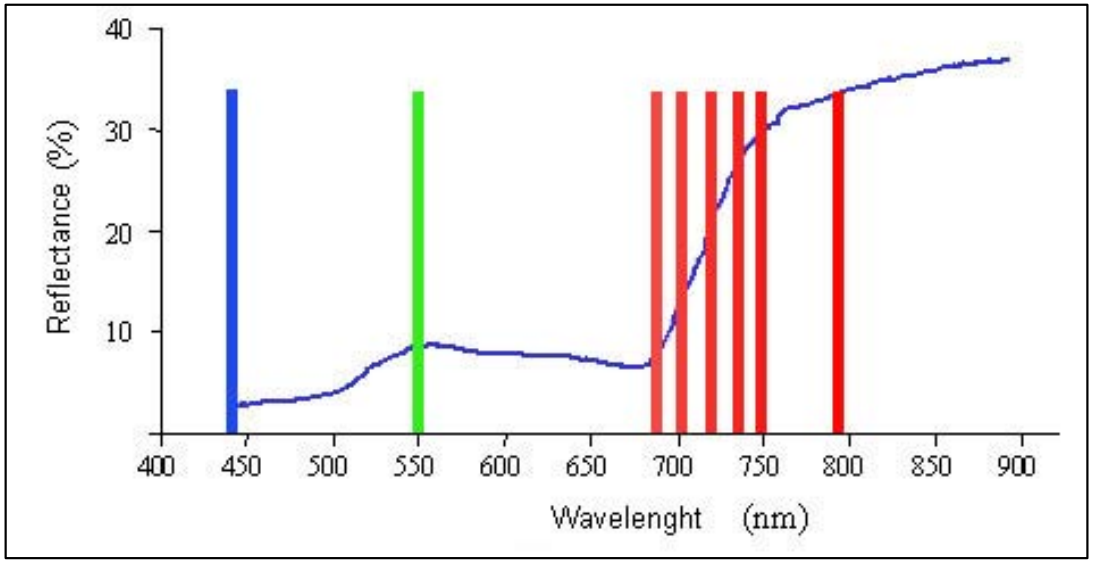
Advanced SPectroscopic Imaging System

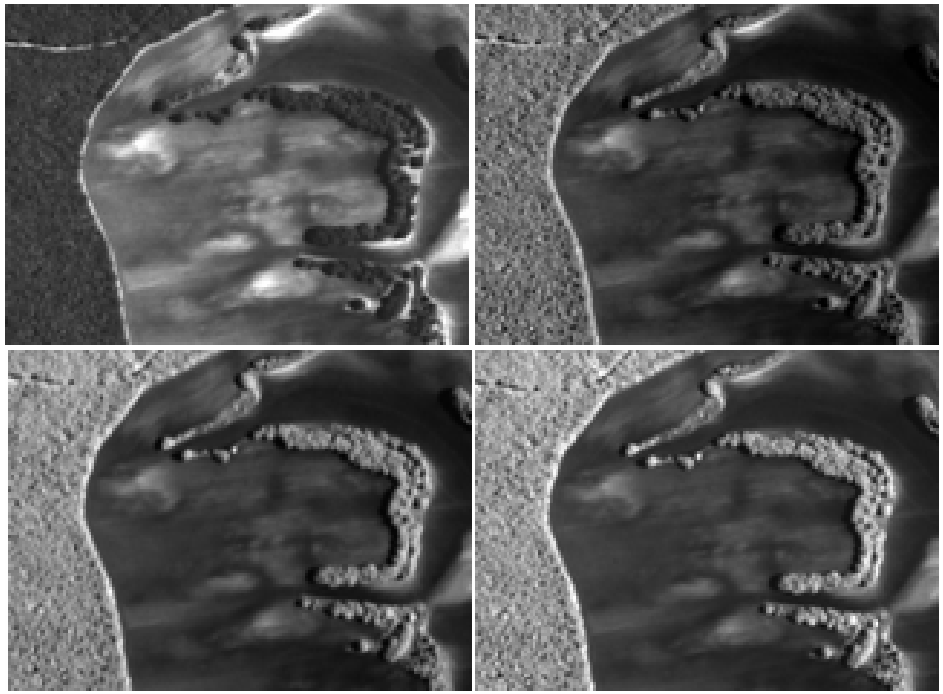


- 4 camere digitali a CCD
- 4 ottiche dedicate
- 4 ruote portafiltri interferenziali a 8 posizioni
- Scatola multiplexer
- Computer industriale con monitor LCD 10”
- Sensore GPS
- Telecamera digitale a colori Sony a 3 CCD
- Alimentazione esterna 12V + batteria tampone

Flessibilità nella scelta delle bande di acquisizione

Ad oggi vengono utilizzate 8 bande spettrali con 10 nm di risoluzione radiometrica:
429.8 – 550.8 – 681.8 – 701.0 – 719.3 – 733.5 – 748.5 – 780.9





Sistema DFR

Duncan-Flir-Riegl

ASPIS-II
- 4 bande spettrali con ottica unica
- CCD da 2000 x 2000
- 12 bit
- Calibrato radiometricamente e geometricamente

Camera IR termico Flir SC500

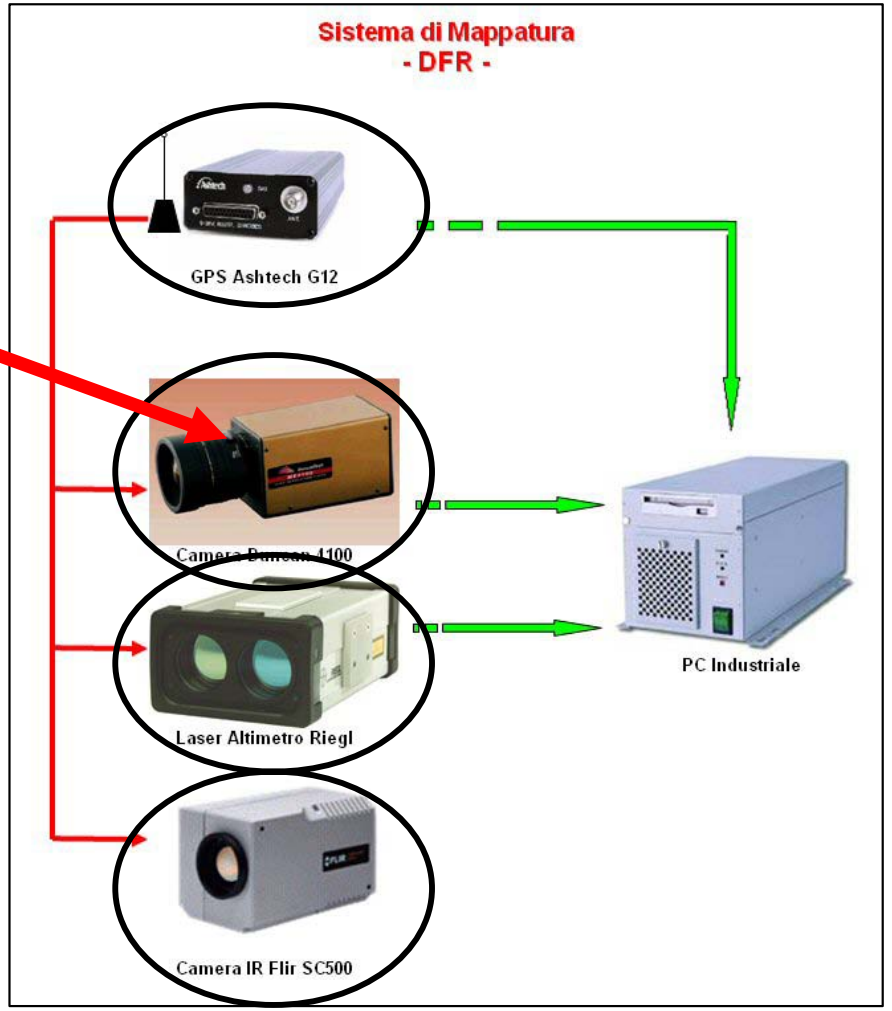
Range spettrale 7500 – 13000 nm
CCD 320 x 240 microbolometro

Altimetro laser Riegl LD90 e LD90-3300HR

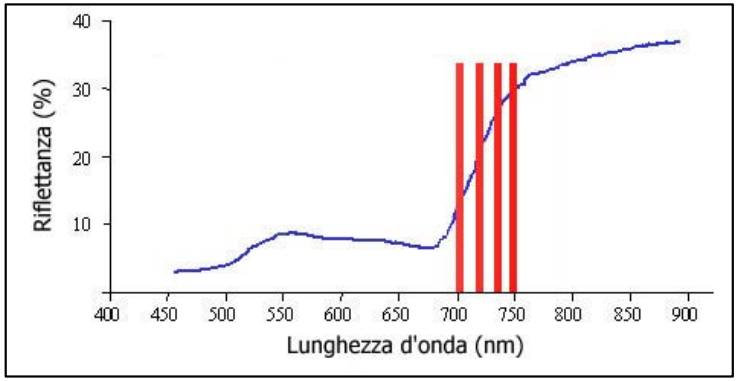
Intervallo di misura (senza retroriflettore) 100 Hz a 1000 m

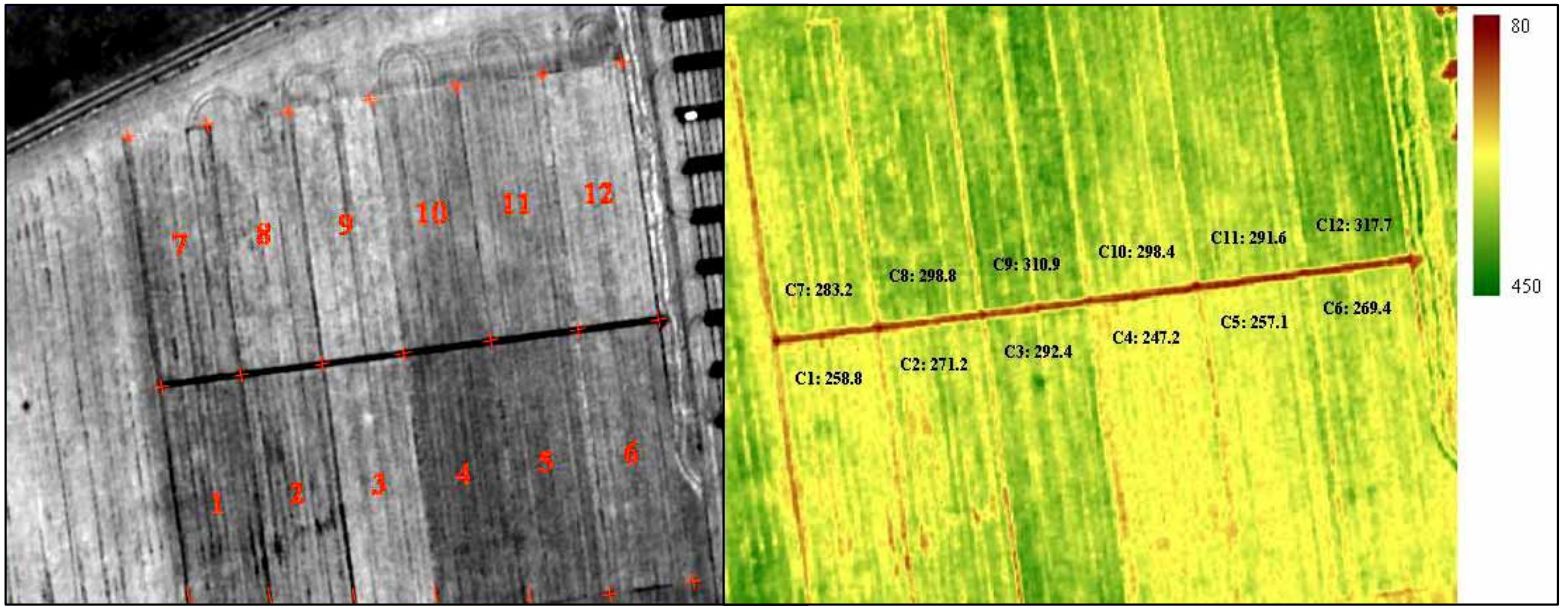
GPS attitude a 4 antenne

Misura di posizione e angoli di assetto del sistema+aereo
Sincronizzazione degli strumenti tramite un trigger



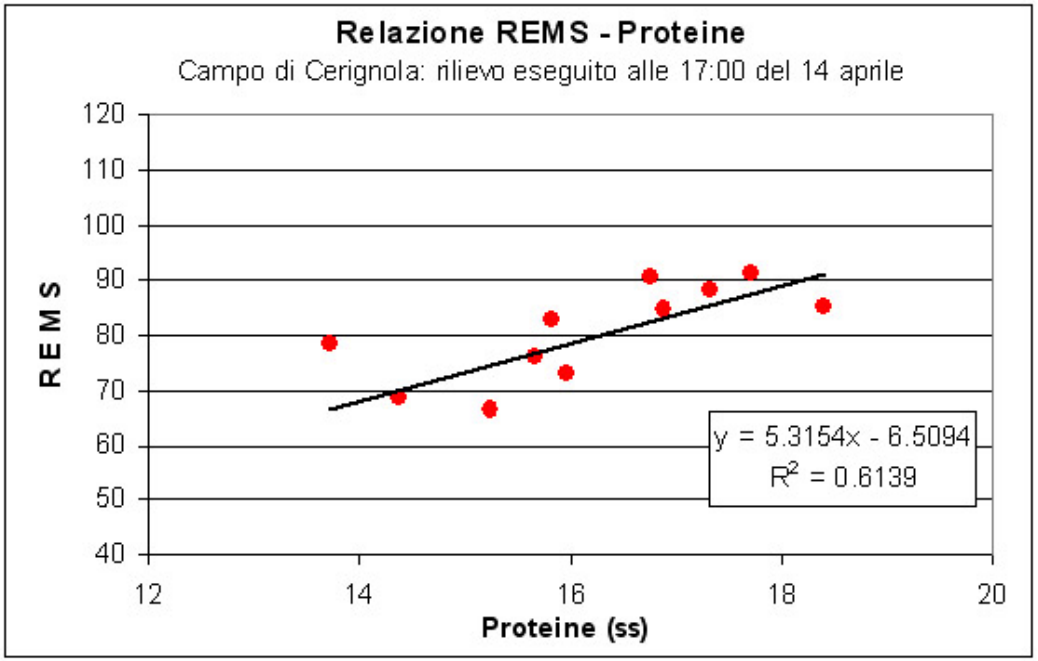
Monitoraggio della qualità del grano duro con ASPIS

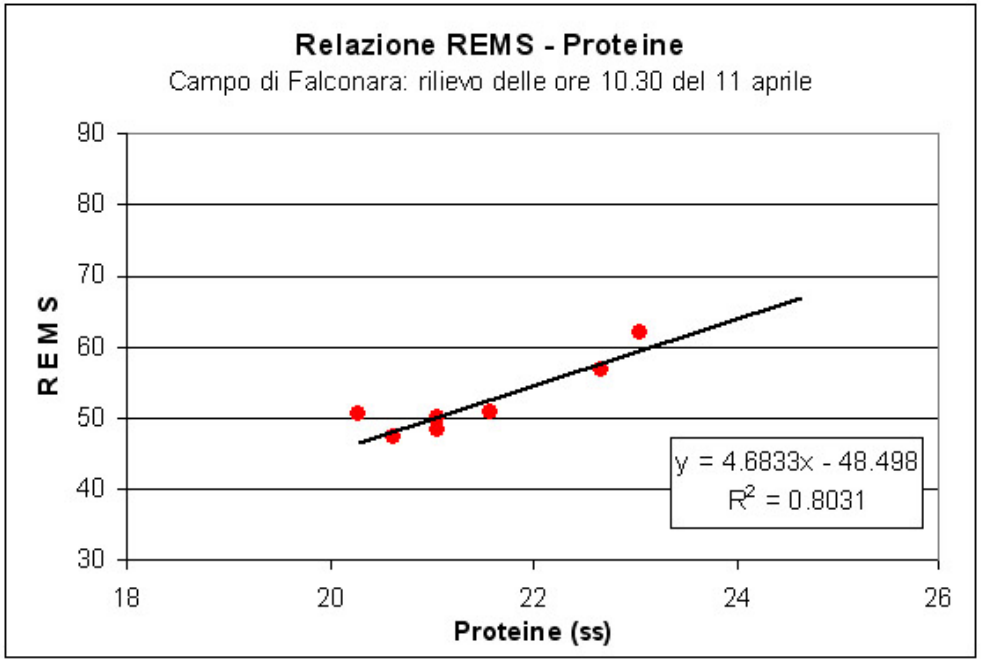


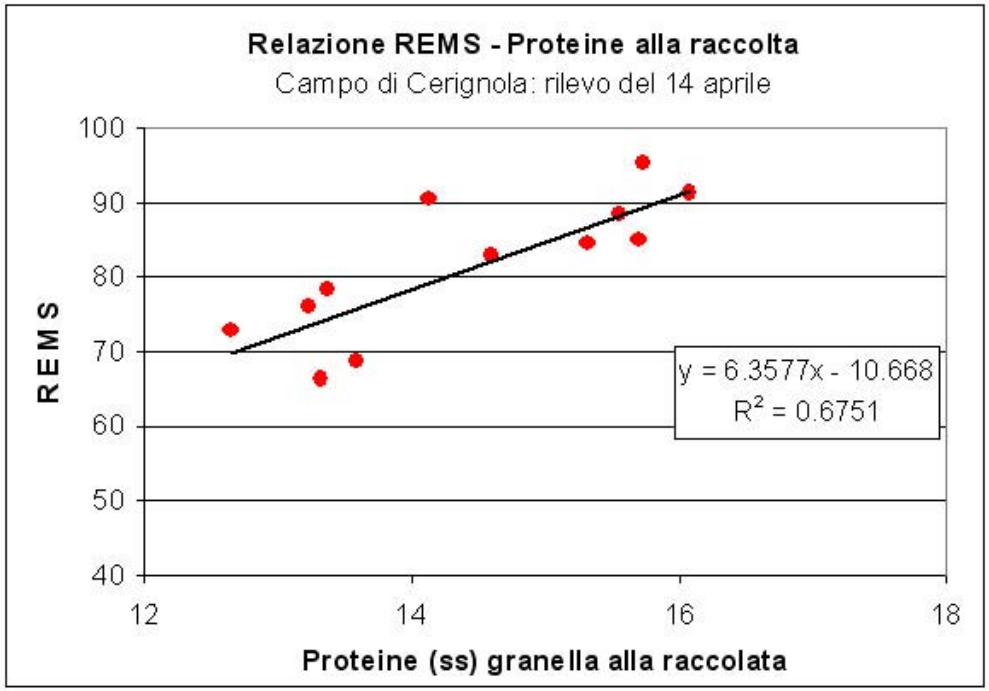


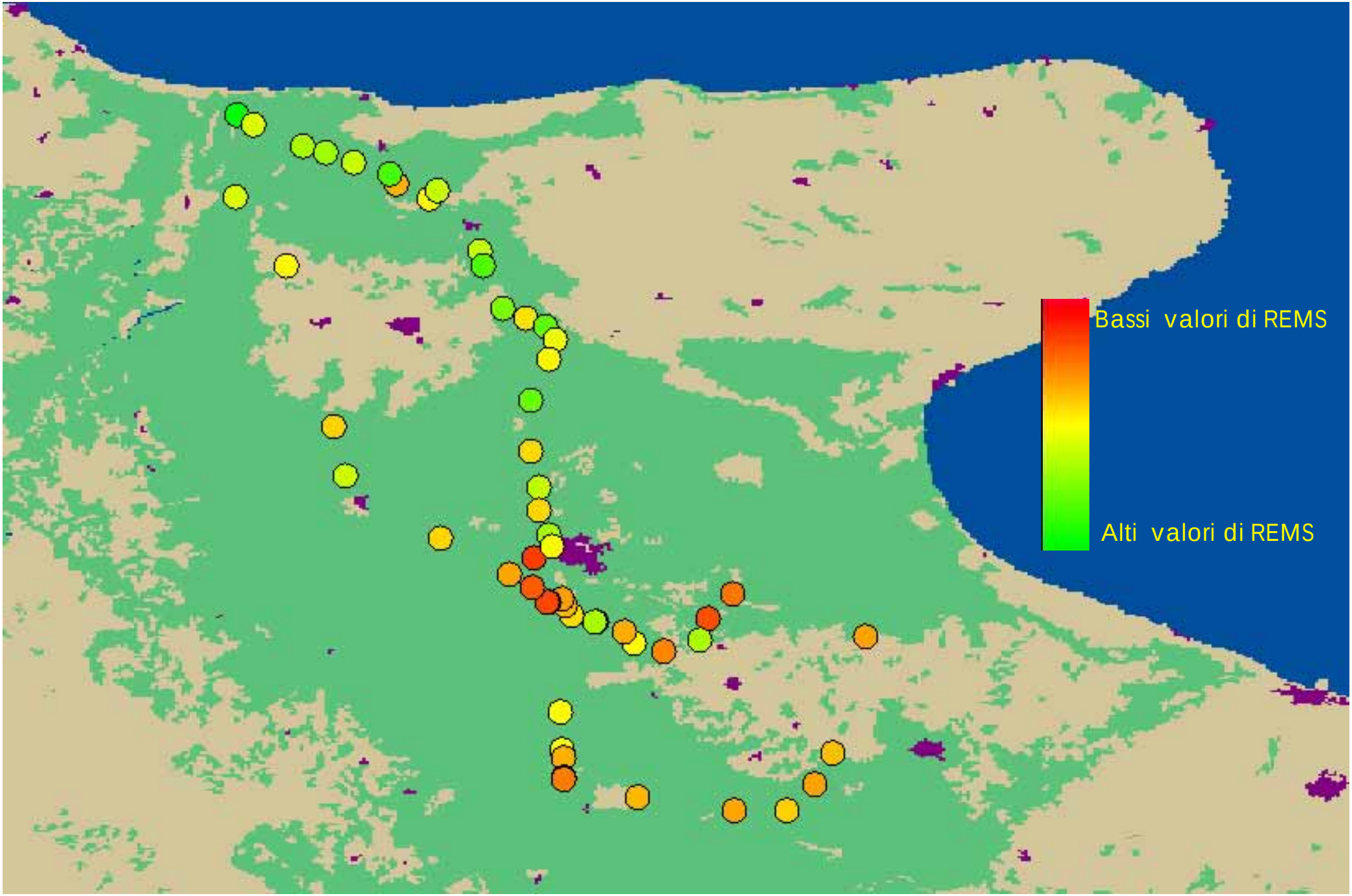
$$\mathrm{REMS} = \overline{\frac{\partial \rho}{\partial \lambda}} \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{\rho_{i+1} - \rho_i}{\lambda_{i+1} - \lambda_i}$$

n è il numero delle bande; λ_i la lunghezze d'onda e ρ_i la risposta spettrale della banda *iesima*.

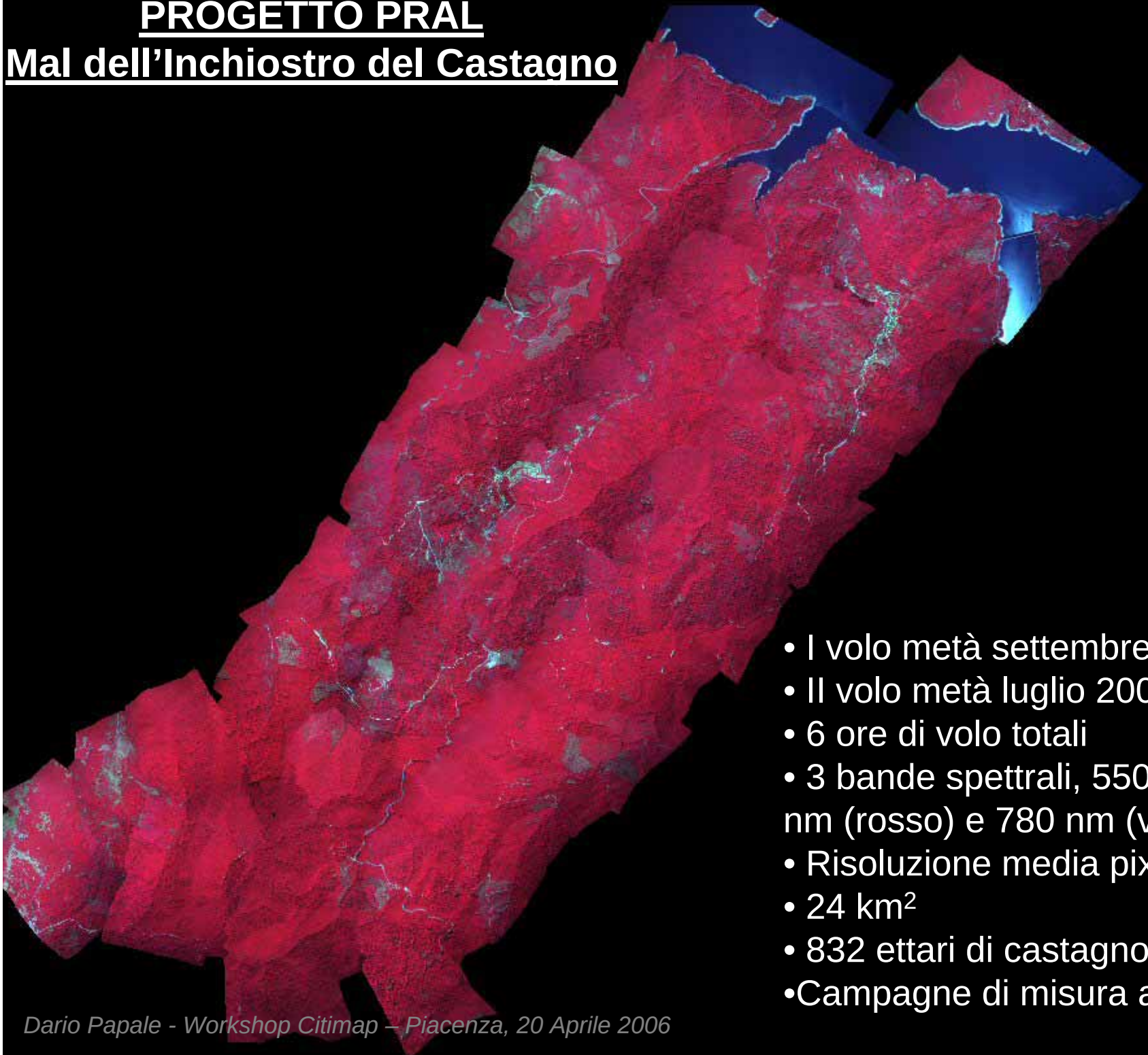

Relazione REMS - Proteine
Campo di Cerignola: rilievo eseguito alle 17:00 del 14 aprile
REMS
Proteine (ss)
y = 5.3154x - 6.5094
R2 = 0.6139


Relazione REMS - Proteine
Campo di Falconara: rilievo delle ore 10.30 del 11 aprile
REMS
Proteine (ss)
y = 4.6833x - 48.498
R2 = 0.8031

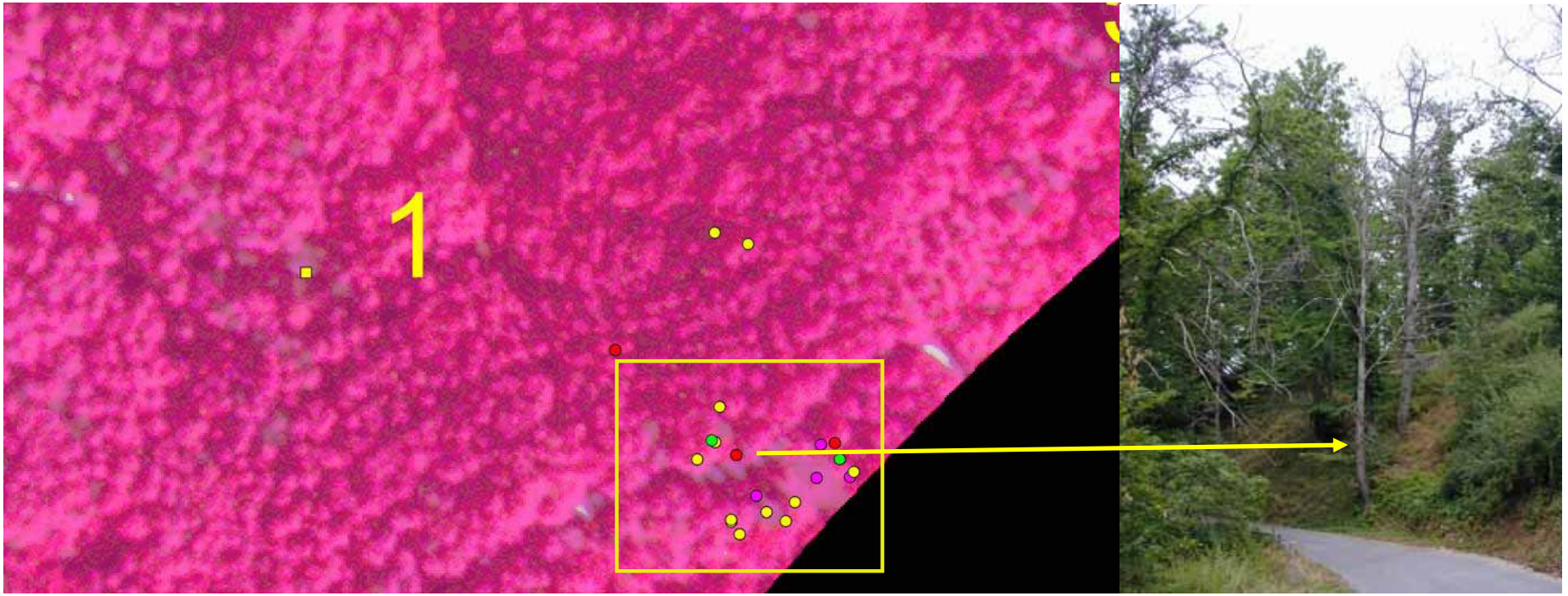

Relazione REMS - Proteine alla raccolta
Campo di Cerignola: rilevo del 14 aprile
REMS
Proteine (ss) granella alla raccolata
y = 6.3577x - 10.668
R2 = 0.6751

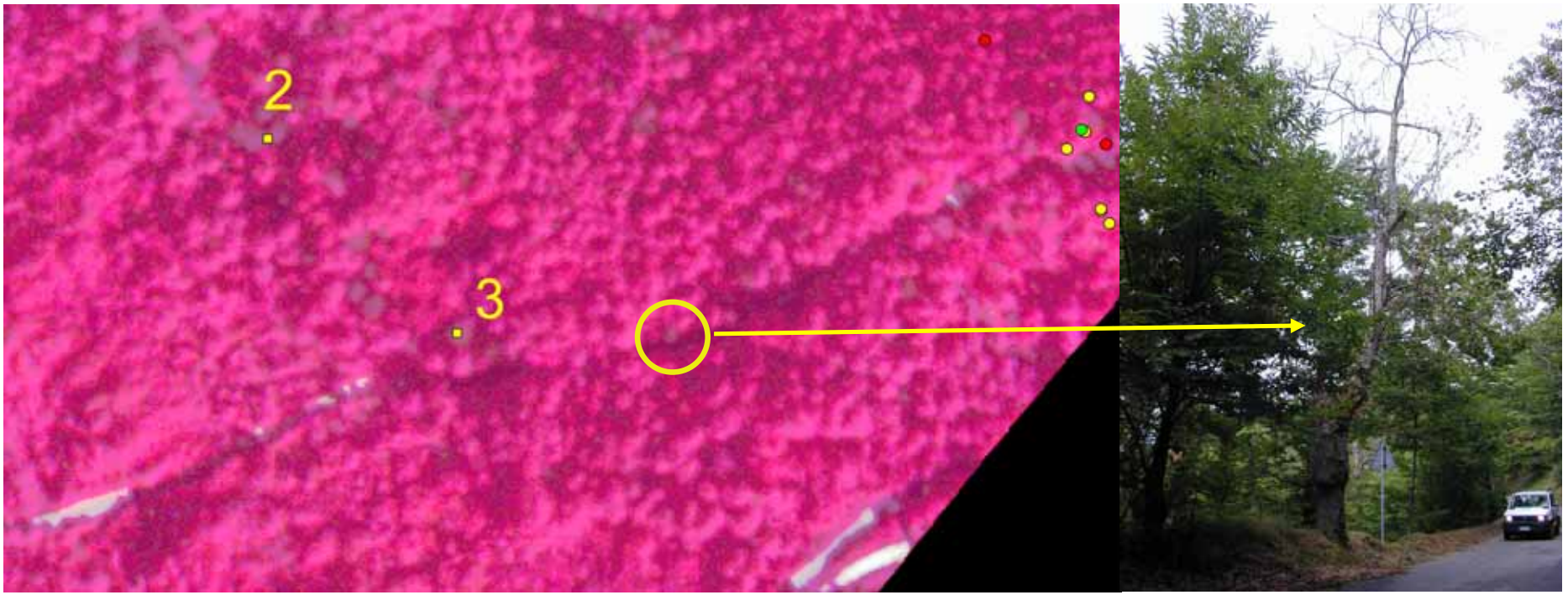

Bassi valori di REMS
Alti valori di REMS

PROGETTO PRAL
Mal dell'Inchiostro del Castagno



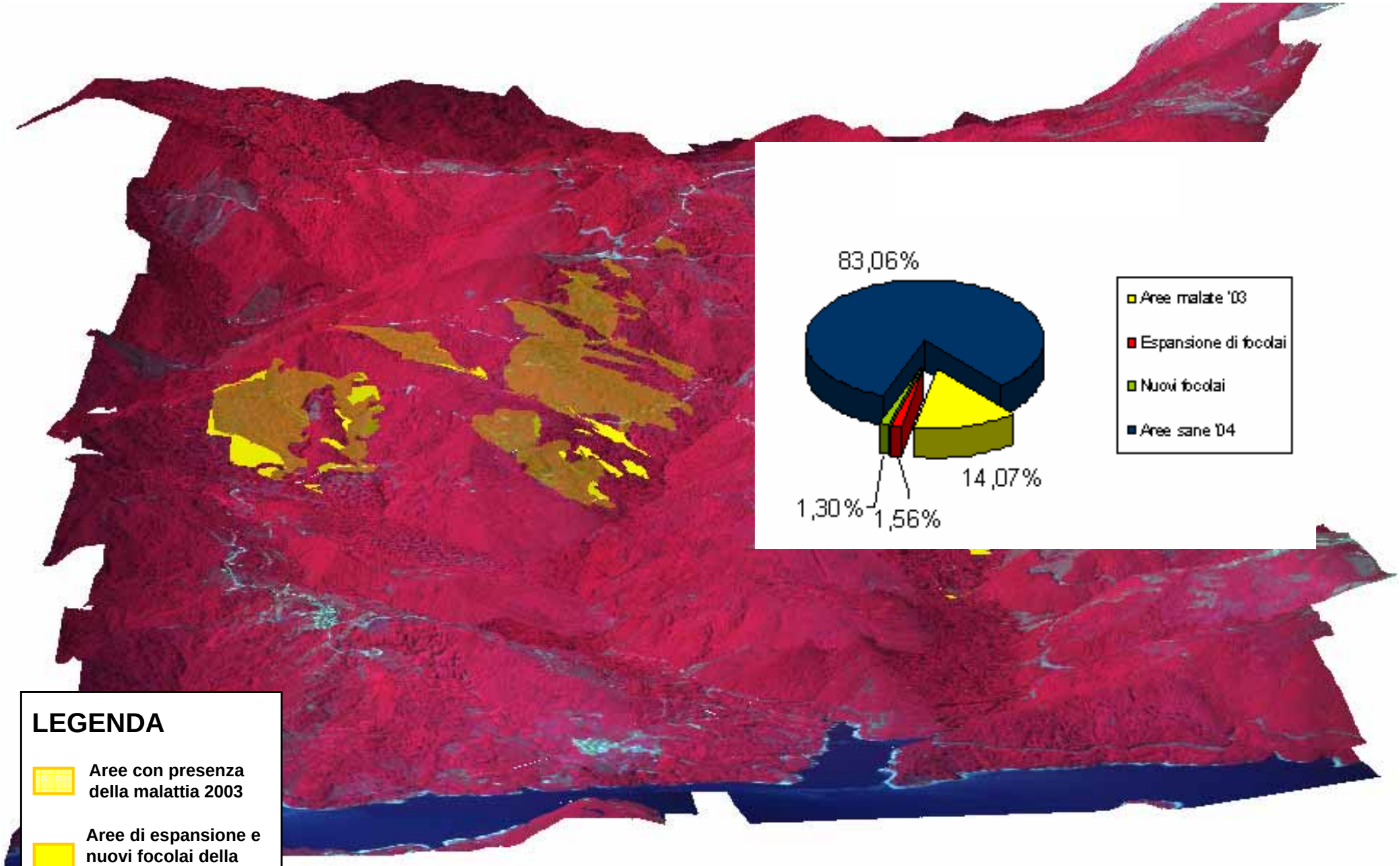
- I volo metà settembre 2003 (ASPIS)
- II volo metà luglio 2004 (DFR)
- 6 ore di volo totali
- 3 bande spettrali, 550 nm (verde), 680 nm (rosso) e 780 nm (vicino infrarosso)
- Risoluzione media pixel pari a 80 cm
- 24 km^2
- 832 ettari di castagno
- Campagne di misura a terra con GPS


1


2
3

Elaborazione 3D

Mappa dell’estensione dei focalai 2004



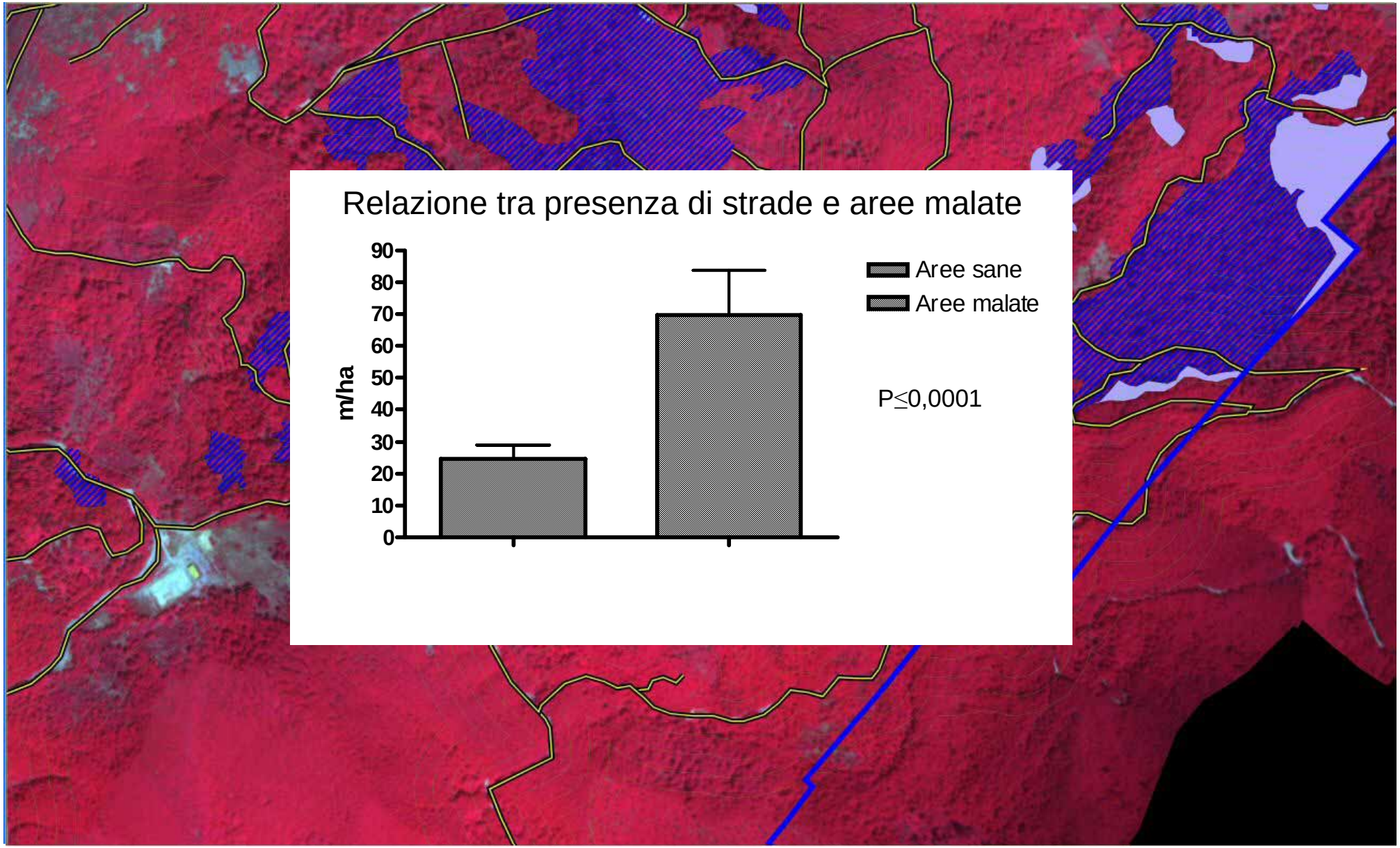
LEGENDA

Aree con presenza della malattia 2003

Aree di espansione e nuovi focolai della malattia 2004

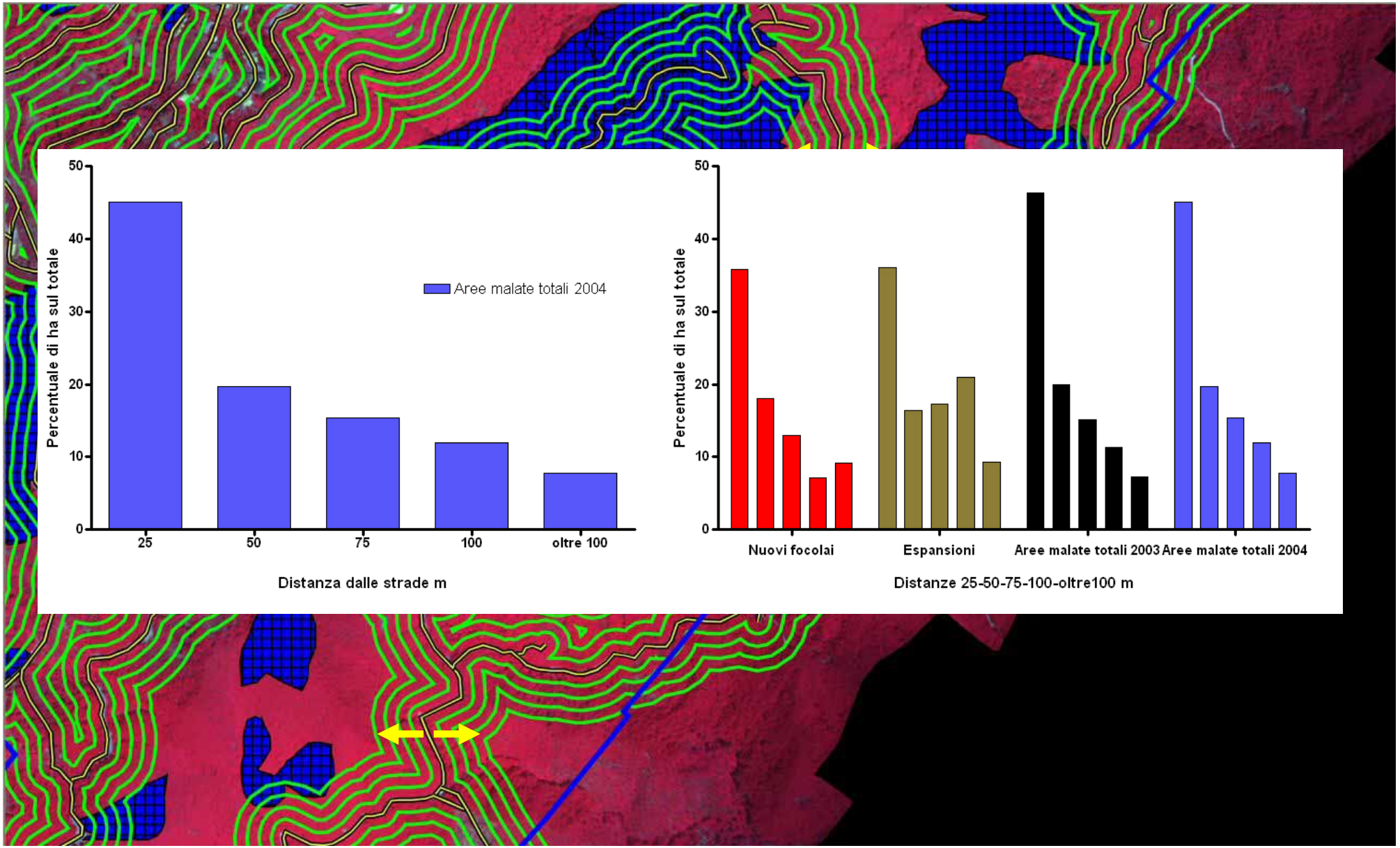
Diffusione della malattia: **presenza di strade**

La presenza di strade di viabilità ordinaria e forestale all'interno delle aree castanicole ed espressa come lunghezza lineare è risultata positivamente correlata alla superficie delle aree malate.

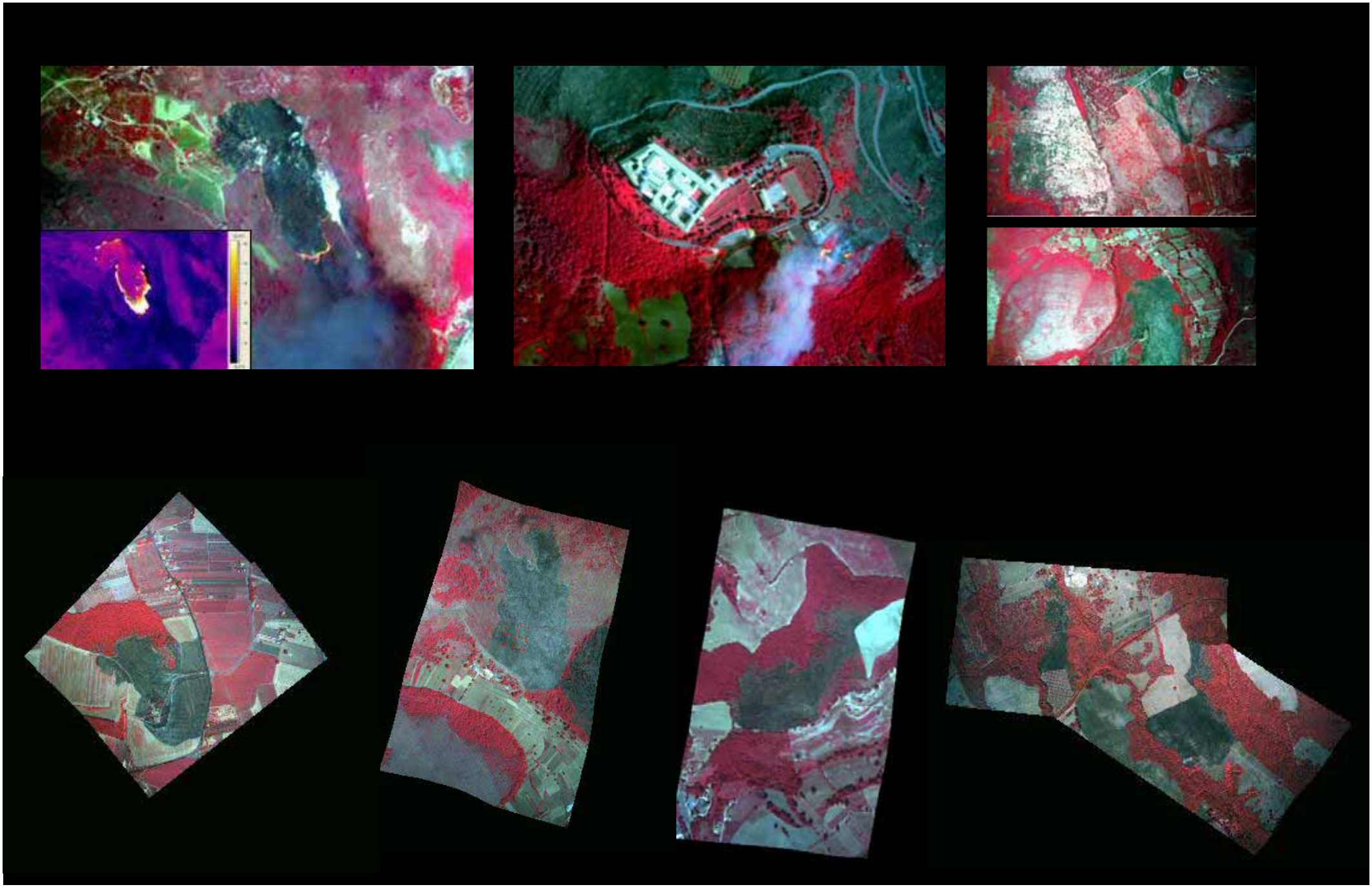


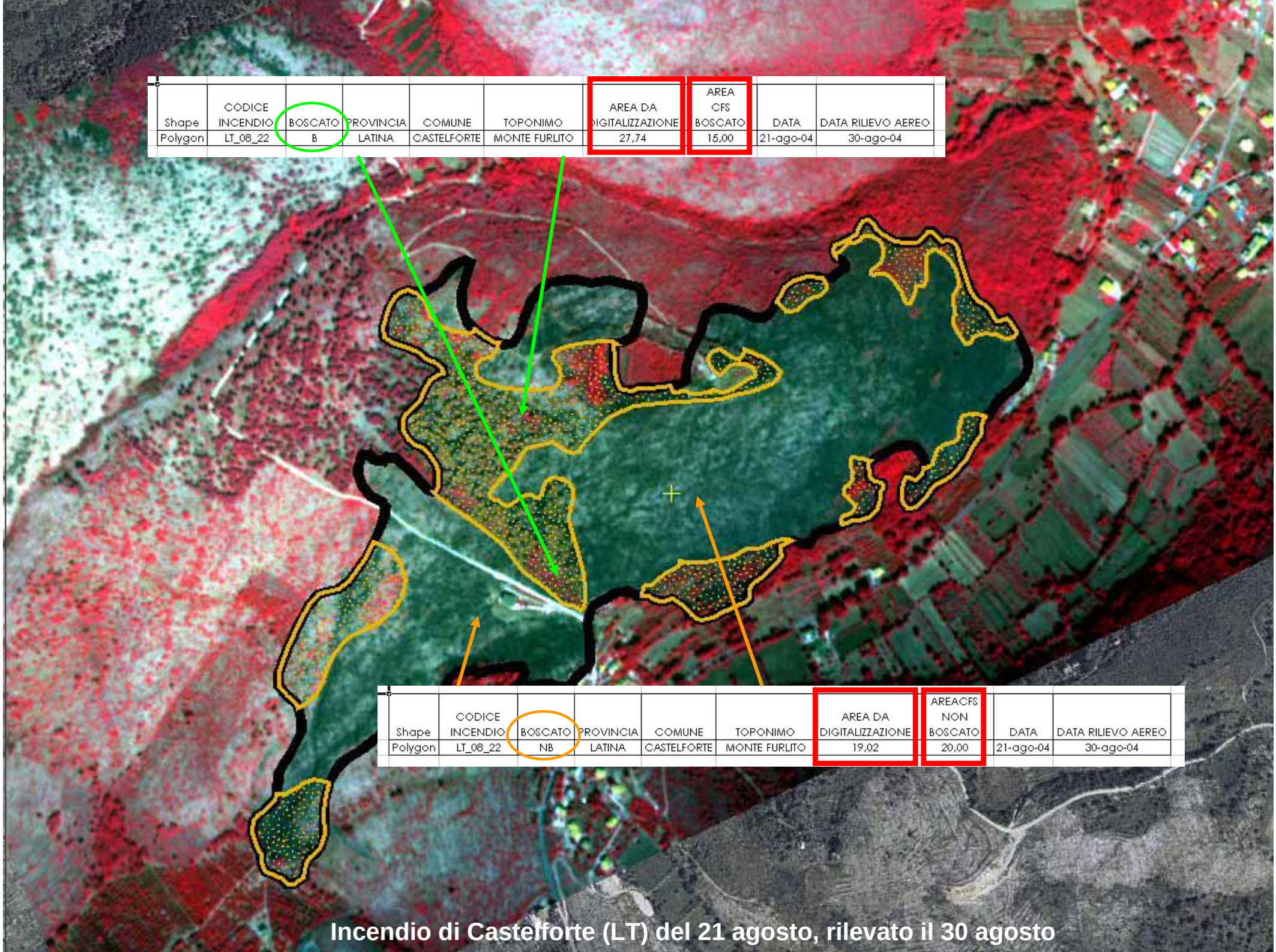
Diffusione della malattia: **distanza da strade**

La maggior parte delle aree malate è localizzata all'interno di una fascia di 25 m al lato delle strade

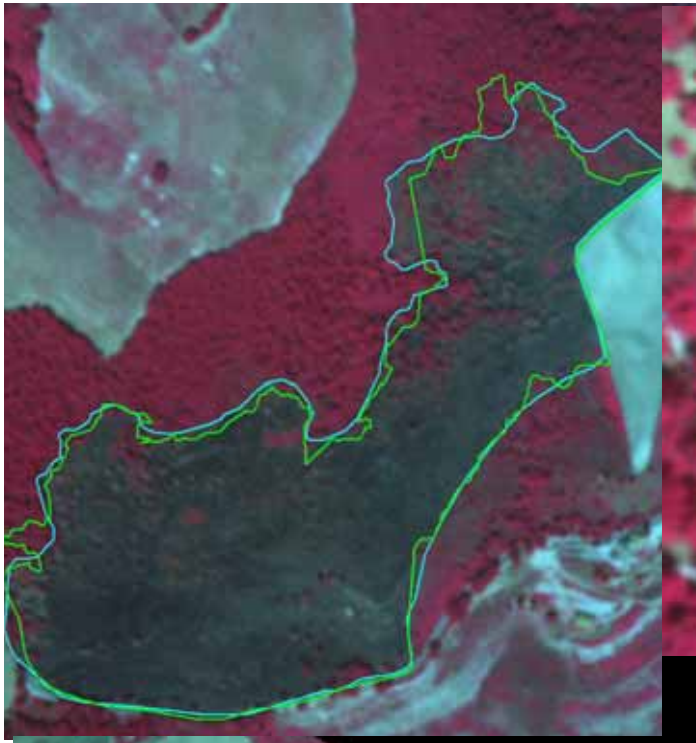


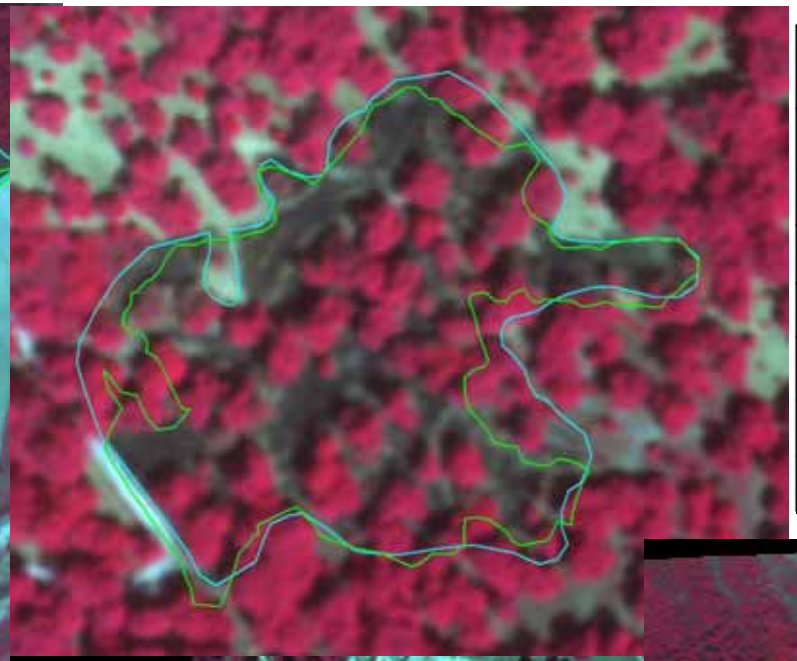
Catasto Incendi Boschivi 2004 della Regione Lazio

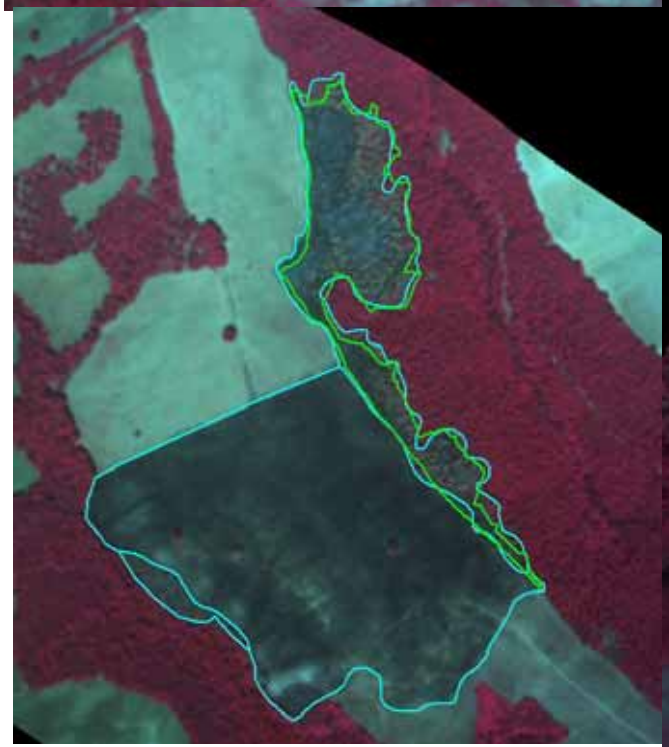


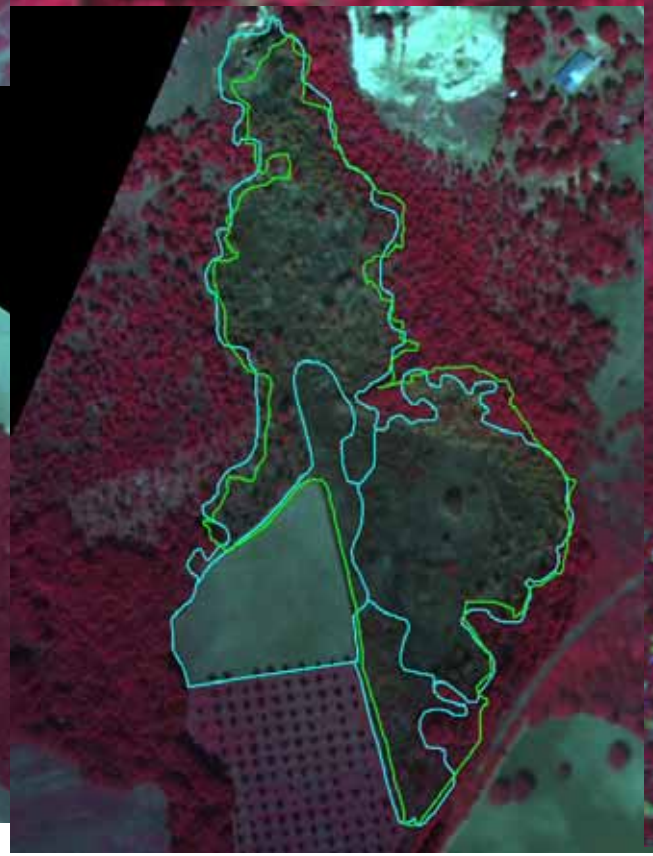


Incendio di Castelforte (LT) del 21 agosto, rilevato il 30 agosto









	Superficie in Ha		
AREA	AIBFN	GPS	Fotoint.
VT_08_02	6.00	7.661	7.66
VT_07_02	2.00	0.905	1.05
RM_07_14	23.00	17.361	18.20
VT_07_13	2.60	2.364	2.19
VT_08_09	12.00	11.785	12.37
VT_08_08	3.00	3.68	4.027

Confronto tra DGPS, Fotointerpretazione e AIBFN

Esempi costi di acquisizione
dato multispettrale + termico + laser altimetro

CASO 1

Superficie: **20** aree da **50**ha distanti mediamente **10** km

Risoluzione: **30** cm

Overlap tra strisciate : **25**%

Overlap lungo la strisciata : **80**%

Costo approssimativo: *1700* euro

CASO 2

Superficie: **60** km^2

Risoluzione: **70** cm

Overlap tra strisciate : **25**%

Overlap lungo la strisciata : **80**%

Costo approssimativo: *1100* euro

CASO 3

Superficie: Fiume Po da Piacenza al mare (**320** km)

Risoluzione: **50** cm

Overlap lungo la strisciata : **80**%

Costo approssimativo: *3300* euro

Conclusioni

• Il sistema sensori-piattaforma attualmente utilizzato sembra rispondere ai requisiti di economicità e flessibilità ricercati anche se permangono dei problemi di natura tecnica legati alla geometria di ripresa

• Il nuovo sensore ASPIS-II è stato progettato per minimizzare parte di queste problematiche soprattutto grazie all'ottica unica avanzata e alla piattaforma inerziale

• Il sistema ASPIS nasce per estendere l'utilizzo del telerilevamento in ambiti dove ad oggi è sotto utilizzato e quindi come strumento complementare ai dati satellitari e iperspettrali aerei attualmente disponibili

• Il nuovo sistema sarà operativo (speriamo…) entro l'estate e siamo aperti a forme di collaborazione sia in campi applicativi che di ricerca

• Da gennaio è operativo un progetto DOCUP Lazio con l'obiettivo di creare un centro di monitoraggio ambientale tramite vettori aerei a Viterbo nell'ambito del quale verranno esplorate anche applicazioni di ricerca quali ad esempio lo sfruttamento del sensore fotografico CCD per l'analisi della BRDF

darpap@unitus.it