



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**STUDIO PER IL MIGLIORAMENTO DI
LETTURA DELLA COPERTURA DI
CARTINE IDROSENSIBILI**

**STUDY FOR THE IMPROVEMENT OF READING OF
THE COVER OF HYDROSENSITIVE MAPS**

TIPO TESI: (sperimentale)

Studente:

MARIO MIANO

Relatore:

PROF.SSA ESTER FOPPA PEDRETTI

Correlatore:

PROF. ALESSIO ILARI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE	4
ELENCO DELLE FIGURE	5
Premessa.....	6
1.1 EXCEL.....	10
1.2 FIGMA.....	11
1.3 DOMINANT COLOR FINDER.....	12
Capitolo 3.....	13
Risultati e Discussioni.....	13
3.1 Prove di lettura con Dominant Color Finder di cartine standard create con FIGMA ..	13
3.2 Confronto tra le letture di un set di cartine utilizzando Dominant Color Finder e Drop detector.....	14
3.3 Confronto tra le letture di un set di cartine utilizzando Dominant Color Finder e QGis	14
3.4 Risultati delle letture ottenute con i software Dominant Color Finder, Drop detector e QGis a confronto.....	15
3.5 Confronto visivo delle immagini	16
Capitolo 4.....	21
Conclusioni	21
Allegato 1	22
Sequenza di cartine standard generate con il software Figma.....	22
Allegato 2.....	26
Sequenza delle cartine idrosensibili esaminate e percentuali di copertura stimate con i 3 software testati	26
Bibliografia	29
Ringraziamenti	30

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 – Numero di gocce del diametro standard di 0,500 mm in funzione della percentuale di copertura della superficie della cartina avente dimensioni di 76x26 mm..... 11

Grafico 1 - Confronto tra le percentuali di copertura del set test e la stima delle percentuali di copertura ottenute applicando il software Dominant Color Finder..... 13

Grafico 2 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando il software Dominant Color Finder e il software Drop detector 14

Grafico 3 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando il software Dominant Color Finder e il software QGis..... 15

Grafico 4 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando i software Dominant Color Finder, Drop detector e QGis..... 16

Grafico 5 – Errore medio e variabilità tra le letture effettuate dai tre software 16

ELENCO DELLE FIGURE

Figura1 - Descrizione obiettivi della Politica Agricola Comunitaria 2023-2027	6
Figura2 - Andamento dei consumi di fitofarmaci negli ultimi decenni in Italia	8
Figura 3 - Cartina 1322 e confronto delle tre letture.....	17
Figura 4 - Cartina 1425 e confronto delle tre letture.....	18
Figura 5 - Cartina 1552 e confronto delle tre letture.....	18
Figura 6 - Cartina 1682 e confronto delle tre letture.....	19
Figura 7 - Cartina 1730 e confronto delle tre letture.....	19
Figura 8 - Cartina 1852 e confronto delle tre letture.....	20
Figura 9 - Cartina 1915 e confronto delle tre letture)	20
Figura A1.1 - Cartina standard con copertura al 5%.....	22
Figura A1.3 - Cartina standard con copertura al 15%.....	22
Figura A1.4 - Cartina standard con copertura al 20%.....	22
Figura A1.5 - Cartina standard con copertura al 25%.....	23
Figura A1.6 - Cartina standard con copertura al 30%.....	23
Figura A1.7 - Cartina standard con copertura al 35%.....	23
Figura A1.8 - Cartina standard con copertura al 40%.....	23
Figura A1.9 - Cartina standard con copertura al 45%.....	24
Figura A1.10 - Cartina standard con copertura al 50%.....	24
Figura A1.11 - Cartina standard con copertura al 55%.....	24
FiguraA1.12 - Cartina standard con copertura al 60%.....	24
Figura A1.13 - Cartina standard con copertura al 65%.....	25
Figura A1.14 - Cartina standard con copertura al 69%.....	25

Premessa

La PAC 2023-2027 è una politica aggiornata che pone un forte accento sui risultati e sulle prestazioni. Il 2 dicembre 2021 è stato formalmente adottato l'accordo sulla riforma della politica agricola comune (PAC). La nuova legislazione, che è entrata in vigore il 1° gennaio 2023, apre la strada a una PAC più equa, più verde e maggiormente basata sui risultati. Cerca di garantire un futuro sostenibile per gli agricoltori europei, fornirà un sostegno più mirato alle aziende agricole più piccole e offrirà maggiore flessibilità ai paesi dell'UE per adattare le misure alle condizioni locali. L'agricoltura e le zone rurali sono al centro del Green Deal europeo e la PAC 2023-2027 (Figura 1) sarà uno strumento fondamentale per conseguire le ambizioni della strategia "Dal produttore al consumatore" e della strategia sulla biodiversità.

Figura1 - Descrizione obiettivi della Politica Agricola Comunitaria 2023-2027 (Fonte: European Comission, 2021)



Il GREEN DEAL è un vero e proprio patto verde, caratterizzato da una serie di azioni di varia natura necessarie per costruire una nuova economia sostenibile e competitiva. Il percorso è stato intrapreso a partire dal 2019, anno in cui il Consiglio Europeo ha approvato l'obiettivo cardine di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 attraverso la cosiddetta "transizione verde". In particolare, il settore dell'agricoltura dovrà garantire sicurezza alimentare ed essere resiliente nei confronti dei cambiamenti climatici; inoltre, si richiede agli agricoltori di adottare sistemi colturali con una impronta ambientale ridotta e assicurare una transizione verso la sostenibilità (European Comission, 2021).

Più in dettaglio, ai fini di preservare l'ambiente, l'Europa ha dedicato una parte della sostenibilità ambientale alla regolamentazione dell'uso dei prodotti fitosanitari (Pesticides and phytosanitary protection - PPP) in agricoltura, che, pur svolgendo un ruolo importante, poiché

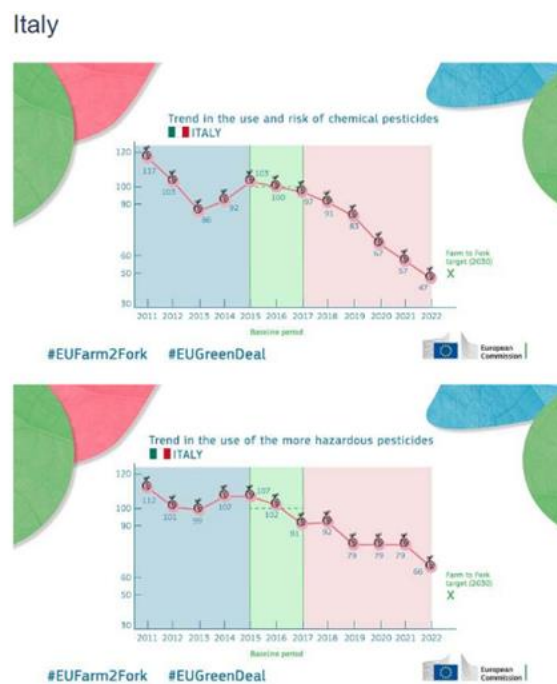
contribuiscono a raggiungere gli obiettivi in materia di salute delle piante e sicurezza alimentare, un loro uso eccessivo o improprio può avere un impatto negativo sul suolo, sulle risorse idriche e sulla biodiversità agricola. Ciò può comportare effetti negativi su piante, animali e persone. L'uso dei PPP è guidato affinché sia sostenibile e regolamentato dalla PAC in modo rigoroso da norme che, lungi dal vietarne l'uso, aiuta gli agricoltori a proteggere la salute delle loro colture e a mantenere le rese, tutelando al tempo stesso gli ecosistemi agricoli. (Ricciotti 2023).

La direttiva comunitaria fondamentale per i PPP è la 2009/128/CE (conosciuta anche come Sustainable Use of pesticides Directive -SUD), che mira a raggiungere un uso sostenibile dei fitofarmaci nell'UE riducendo i rischi e gli impatti dell'uso dei fitofarmaci sulla salute umana e sull'ambiente. Inoltre, la direttiva promuove l'uso della gestione integrata delle specie nocive (IPM) e di approcci o tecniche alternativi, come le alternative non chimiche ai fitofarmaci. A ricaduta, i paesi dell'UE hanno elaborato piani d'azione nazionali per attuare la gamma di azioni stabilite nella direttiva. Le azioni principali riguardano la formazione degli utilizzatori, dei consulenti e dei distributori di fitofarmaci, l'ispezione delle attrezzature per l'applicazione dei fitofarmaci, il divieto di irrorazione aerea, la limitazione dell'uso dei fitofarmaci nelle aree sensibili e l'informazione e la sensibilizzazione sui rischi dei fitofarmaci. I paesi dell'UE devono inoltre promuovere la difesa integrata contro le specie nocive, i cui principi generali sono stabiliti nell'allegato III della direttiva. Promuovendo l'uso della gestione integrata dei parassiti e di approcci e tecniche alternativi, come le alternative non chimiche ai fitofarmaci, la SUD supporta il raggiungimento degli obiettivi stabiliti nella strategia Farm to Fork per ridurre i rischi connessi all'utilizzo dei fitofarmaci, tra cui una forte riduzione del loro utilizzo al 2030 (Figura 2). Tale ultimo documento è una comunicazione della Commissione [COM. (2020) 381 final], a corredo della proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio ed istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'uso sostenibile dei fitofarmaci, promuovendo una loro riduzione e il rafforzamento della lotta integrata.

L'agricoltura di precisione (AP) è un concetto moderno di gestione agricola che utilizza tecniche digitali per monitorare e ottimizzare i processi di produzione agricola. Anziché applicare la stessa quantità di fertilizzanti su un intero terreno agricolo o alimentare un elevato numero di animali con quantità uguali di mangime, l'AP misura le variazioni delle condizioni all'interno di un terreno e adatta, di conseguenza, la strategia di fertilizzazione o di raccolta. Analogamente, essa valuta le esigenze e le condizioni dei singoli animali in allevamenti più ampi e ottimizza l'alimentazione su base individuale. I metodi di AP promettono un incremento

quantitativo e qualitativo della produzione agricola razionalizzando, nel contempo, le risorse (acqua, energia, fertilizzanti, fitofarmaci ecc.). L'obiettivo è il contenimento dei costi, la riduzione dell'impatto ambientale e la produzione di alimenti in quantità maggiore e di qualità più elevata. I metodi di AP si basano principalmente su un insieme di tecnologie che comprende le nuove tecnologie dei sensori, la navigazione satellitare, le tecnologie di localizzazione e l'Internet degli oggetti (IoT). L'AP si sta facendo strada nelle aziende agricole di tutta Europa, dove viene usata sempre più spesso dagli agricoltori a sostegno delle loro attività.

Figura2 - Andamento dei consumi di fitofarmaci negli ultimi decenni in Italia (Fonte: EUFarm2Fork)



Capitolo 1

Introduzione

Il presente lavoro si inserisce nel panorama descritto in premessa, relativo alle strategie inserite nel Green Deal e, in particolare, nel Farm to Fork finalizzate alla riduzione dell'utilizzo di prodotti di sintesi per la cura delle piante. L'ambizioso obiettivo stabilito dalla comunità europea di ridurre entro il 2030 del 50% il quantitativo di PPP distribuiti* è il driver principale che, a partire dal 2019, ha spinto un consorzio locale di aziende e enti pubblici a proporre un progetto che poi è stato finanziato all'interno della misura 16.1 (azione 2) dell'appena concluso Programma di Sviluppo Rurale (PSR). Il citato progetto era stato denominato SMARTSPRAYER e ha visto, tra le altre attività, lo sviluppo di un sistema innovativo per il controllo della distribuzione di agrofarmaci in vigneto e frutteto. Il sistema, che si presenta come un kit da installare su atomizzatori a polverizzazione meccanica e trasporto pneumatico, è costituito da un sensore LIDAR (Light Detection and Ranging), che rileva la parete fogliare, da una centralina elettronica, che invia un segnale in tempo reale al gruppo di elettrovalvole deputate ad aprire o chiudere i singoli ugelli. In sostanza, l'atteso nel funzionamento del kit è che si verifichi una riduzione della quantità di fitofarmaci distribuita garantendo l'efficienza di trattamento delle fitopatie. Per verificare l'efficienza di questi sistemi si è ricorsi alla disposizione di cartine idrosensibili in vigneto, valutando l'efficacia di distribuzione di tale sistema, ovviamente messo a confronto con la distribuzione di un atomizzatore convenzionale. Uno degli aspetti più delicati nella valutazione della distribuzione di miscele di agrofarmaci attraverso cartine idrosensibili è l'interpretazione delle impronte lasciate dalla nuvola di miscela, valutate mediante la lettura e la successiva stima.

In letteratura sono stati nel tempo descritti sistemi relativi alla lettura e interpretazione: piastre Petri con olio di silicone, DepositScan, Snap Card, Dropleaf, analisi con sistemi software vari (INKSCAPE e QGis).

Fattore comune tra quasi tutti questi sistemi riguarda la mancanza o l'impossibilità di utilizzare uno standard adeguatamente accurato. Per standard si intende una superficie a copertura nota che dovrebbe simulare la cartina idrosensibile e utilizzata per "educare" o testare la capacità dei vari sistemi di lettura di restituire valori razionali e accurati.

Capitolo 2

Materiali e metodi

Il presente lavoro di tesi ha un duplice scopo: il primo scopo è la creazione di cartine “standard” da utilizzare come riferimento per appurare la precisione di un software per la lettura della percentuale di bagnatura delle cartine idrosensibili; il secondo scopo è l’individuazione di un software valido per la lettura delle cartine idrosensibili, che effettui una lettura più aderente alle condizioni reali, di facile utilizzo e che non necessiti di ulteriori software per il completamento dell’analisi. A seguire la creazione degli standard e l’identificazione, si dovrà procedere alla loro applicazione, procedendo con l’analisi di un set di cartine già processate con altri metodi, al fine di effettuare una revisione critica dei risultati ottenuti precedentemente.

La precedente elaborazione delle cartine è stata effettuata nelle attività di tesi di Luana Centorame e di Nicolò Ricciotti con i quali lo scrivente ha attivamente collaborato per le fasi preliminari, cioè di messa in opera delle cartine in vigneto e la loro digitalizzazione.

1.1 EXCEL

Il software del pacchetto office è stato utilizzato in ogni fase della tesi. Inizialmente, sono state calcolate sia la superficie massima di riferimento, ovvero l’area della cartina idrosensibile (1976 mm²), sia l’area della singola goccia che colpisce la cartina (0.196 mm²). In questo ultimo caso si è preliminarmente deciso di considerare, nella generazione dello standard, delle gocce che ricadessero all’interno della misura di diametro medio di 500 micron. Tale valore potrebbe sembrare eccessivamente alto, considerando che il diametro medio volumetrico per trattamenti al vigneto è di circa 200 micrometri. Tuttavia, considerando i diversi meccanismi che intervengono nell’urto, come l’unione di più gocce, e l’alone generato dall’effetto bordo, si è ritenuto che la dimensione potesse essere indicata come media dell’impronta della singola goccia.

La considerazione relativa alla dimensione media dell’impronta delle gocce è stata necessaria per calcolarne il numero partendo dalla percentuale di bagnatura

Il confronto tra i due risultati è stato effettuato utilizzando il software di calcolo excel

1.2 FIGMA

Figma è un software grafico open source presente online, che permette di creare immagini vettoriali riconvertibili in vari formati, in particolare jpeg e jpg.

Il programma è stato utilizzato per generare le cartine standard, utilizzando i calcoli fatti in precedenza e riferendoli alla dimensione reale delle cartine (76x26mm) e al diametro delle gocce, pari a 0,500 mm.

Quindi, considerando coperture da 0 al 100% e intervalli del 5%, il numero di "gocce" da disegnare sulla cartina utilizzando il software Figma era compreso da 504 fino a oltre 10.000 elementi, come riportato in Tabella 1

Tabella 1 – Numero di gocce del diametro standard di 0,500 mm in funzione della percentuale di copertura della superficie della cartina avente dimensioni di 76x26 mm

Percentuale di copertura	Superficie assoluta interessata dalla distribuzione (mm ²)	Numero di gocce da 0,196 mm ²
0%	0	0
5%	98.8	504
10%	197.6	1008
15%	296.4	1512
20%	395.2	2016
25%	494	2520
30%	592.8	3024
35%	691.6	3529
40%	790.4	4033
45%	889.2	4537
50%	988	5041
55%	1086.8	5545
60%	1185.6	6049
65%	1284.4	6553
70%	1383.2	7057
75%	1482	7561
80%	1580.8	8065
85%	1679.6	8569
90%	1778.4	9073
95%	1877.2	9578
100%	1976	10082

Una volta generate le due immagini di partenza (copertura allo 0% e al 100%) è stato possibile generare le coperture intermedie, aventi differenze del 5%. A differenza di quanto ipotizzato

inizialmente, se si vogliono generare cartine standard con gocce separate, la copertura massima è del 69%, Tale percentuale è risultata essere la percentuale massima raggiungibile, il limite di copertura oltre il quale le gocce iniziavano a sovrapporsi l'una con l'altra. Infatti, la conversione da immagine vettoriale a file immagine avrebbe impedito di ottenere immagini chiare e quindi totalmente inutilizzabili per la formazione di uno standard. I 14 standard ottenuti (ALLEGATO 1) sono stati colorati utilizzando colori e tonalità quanto più simili a quelle della cartina intonsa (giallo RGB (240-232-23) Hex #F0E817) e a quelle della zona colpita dall'acqua (blu RGB (71-69-184) Hex #4745B8).

1.3 DOMINANT COLOR FINDER

Una volta creati i modelli di cartina con copertura nota si è proceduto a selezionare un sistema di lettura dell'immagine diverso da quelli precedentemente testati, cioè QGis e Drop detector. Considerando che i precedenti metodi, utilizzati per lo sviluppo delle già citate tesi, hanno analizzato immagini modificate in scala di grigio o colori a 8 bit, si è deciso di testare un sistema che avesse la possibilità di variare la quantità di colori riconosciuti. Ciò sia per rendere la lettura più accurata sia per verificare la variabilità di colori presenti nelle cartine autenticamente impressionate. Il software identificato, in grado di soddisfare i requisiti indicati, è il Dominant Color Finder, sviluppato dalla Browserling, una società della Silicon Valley, e open source. Questo software, unito ad altri, permette di processare le immagini direttamente in un sito web dedicato (<https://onlinejpgtools.com/>).

Il software permette di caricare le immagini, ne analizza tutti i pixel, identificandone i colori e raggruppandoli secondo un set di regole prestabilite. Risultato dell'analisi è l'identificazione dei colori più comuni all'interno dell'immagine. Per quanto riguarda l'analisi dell'immagine delle cartine il risultato consiste nell'identificare i pixel di colore blu (colore più comune) sull'intera superficie della cartina ottenendone così la percentuale di copertura.

Per testare l'affidabilità di lettura del software, Dominant Color Finder è stato applicato su due set di cartine, il test set e il set reale. Come prima cosa sono state caricate e analizzate le immagini "Standard" (test set) per verificare la capacità del software di quantificare l'effettiva copertura; successivamente, si sono processate le cartine reali (impressionate nelle campagne di raccolta dati, relative alla tesi di Ricciotti).

Capitolo 3

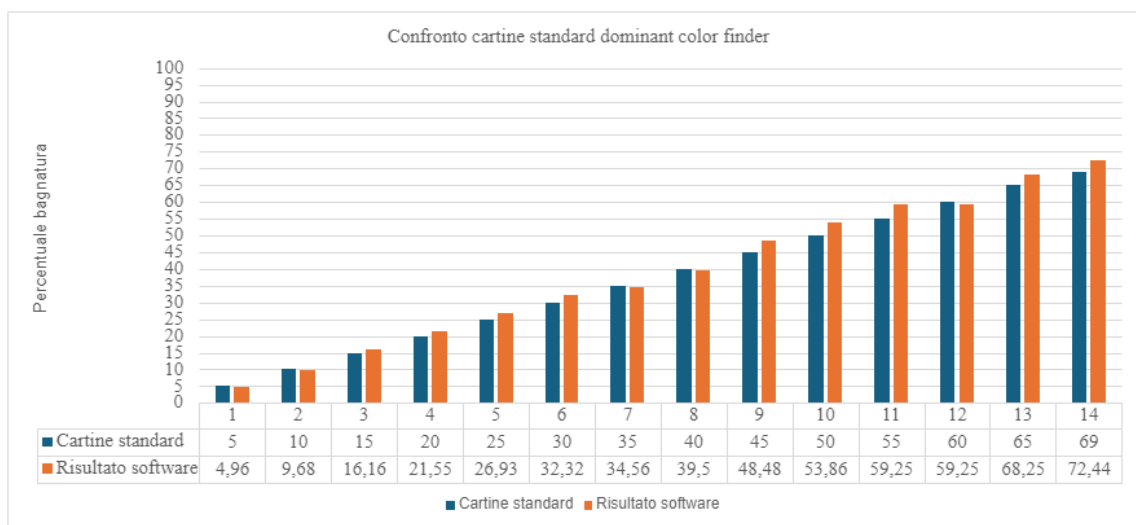
Risultati e Discussioni

Il primo risultato ottenuto dall'analisi consiste nello scarto percentuale tra il valore atteso di copertura delle cartine appartenenti al training set e il valore determinato dal Dominant Color Finder. Questa differenza definisce il potenziale errore minimo, massimo, medio e l'andamento dell'errore in relazione all'applicazione del software.

3.1 Prove di lettura con Dominant Color Finder di cartine standard create con FIGMA

Le cartine standard con percentuali di copertura nota originate con il software FIGMA sono state sottoposte alla lettura del software Dominant Color Finder. Ordinando in grafico i risultati ottenuti per un confronto (Grafico 1), è possibile apprezzare la differenza minima tra le superfici indicate nei set test e le superfici stimate dal software.

Grafico 1 - Confronto tra le percentuali di copertura del set test e la stima delle percentuali di copertura ottenute applicando il software Dominant Color Finder



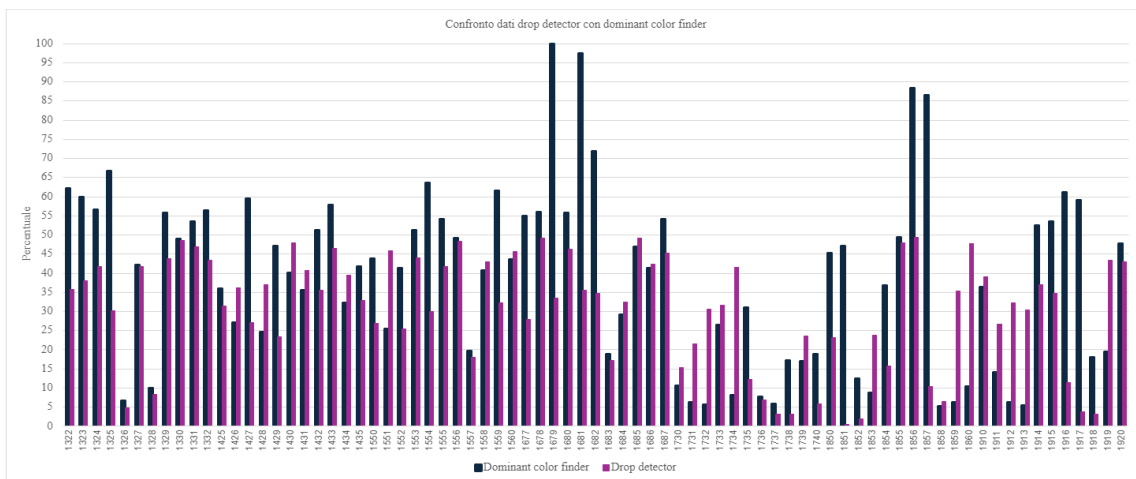
Stimando una media di errore, quindi, si è osservato che il programma fornisce un risultato con una percentuale di errore medio pari al 1,9% (Val. min. 0,04, Val. max. s,25%). Va precisato che il software restituisce sempre lo stesso valore anche reiterando l'analisi sulla stessa cartina (motivo per cui non esiste variabilità nel grafico) e che le immagini sono state processate in formato sia jpg sia jpeg. L'analisi delle percentuali di copertura delle immagini nei due differenti formati non ha evidenziato differenze, se non minime, nei risultati (Val. min. 0,02%, Val. Max. 0,20%).

Stabilita la bontà di stima del software Dominant Color Finder (DCF), si è proceduto a sottoporre un set di 568 cartine, impressionate durante una prova di irrorazione e precedentemente analizzate con i software Drop detector (Dd) e QGis (QG), al processamento con DCF.

3.2 Confronto tra le letture di un set di cartine utilizzando Dominant Color Finder e Drop detector

I valori di copertura stimati con DCF e con Dd sono stati riportati in grafico (Grafico 2) e confrontati

Grafico 2 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando il software Dominant Color Finder e il software Drop detector



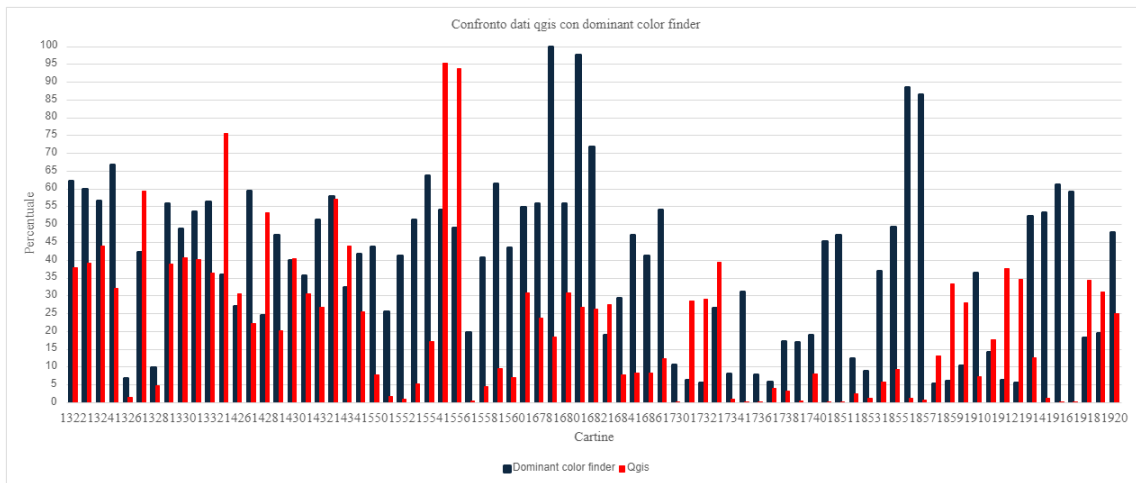
Una prima osservazione di larga massa permette di evidenziare che il software DCF è in grado di leggere coperture molto variabili, con percentuali sia prossime allo 0% sia al 100%. Questa informazione è rilevante, se si considera che Dd riesce ad effettuare lettura di copertura al massimo pari al 50%.

In media, la differenza di lettura tra i due software è pari al 17,5%, con valori minimi pari a 0.3% e valori massimi pari a 75,93%.

3.3 Confronto tra le letture di un set di cartine utilizzando Dominant Color Finder e QGis

I valori di copertura stimati con DCF e con QG sono stati riportati in grafico (Grafico 3) e confrontati

Grafico 3 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando il software Dominant Color Finder e il software QGis



Anche in questo caso la lettura dei due software risulta essere molto differente e la differenza media è del 28,1%%, con valori minimi pari a 0.35% e valori massimi pari a 87,18%.

Rispetto a Dd, QG riesce a stimare percentuali di copertura anche superiori al 50%. Tuttavia, si evidenziano altre problematicità: infatti, basandosi la lettura di QG su scale bicromatiche e non su un set ampio di colori, la stima può essere fatta anche “per differenza”, attribuendo il valore alla cromia errata. Inoltre, il software di lettura QG è solo l’ultimo dei software utilizzato: a monte, la lettura è preparata da una serie di trasformazioni che portano alla segmentazione e infine alla stima di copertura.

3.4 Risultati delle letture ottenute con i software Dominant Color Finder, Drop detector e QGis a confronto

Assommando in un unico grafico (Grafico 4) i valori delle percentuali di copertura ottenute con i tre software (ALLEGATO 2), risulta evidente la differenza esistente tra le letture.

Ritenendo DCF il software più affidabile in termini di precisione di lettura e ripetibilità, si può quindi procedere a confrontare le differenze di lettura assumendolo come parametro di confronto. Per questo nel Grafico 5 è possibile apprezzare sia la differenza media sia la variabilità delle letture effettuate con Dd e QG rispetto a quelle effettuate con DCF. L’errore medio e la variabilità di DCF sono relativi alle coperture standard originate con il software FIGMA

Grafico 4 - Confronto tra le percentuali di copertura del set di 568 cartine ottenute applicando i software Dominant Color Finder, Drop detector e QGis

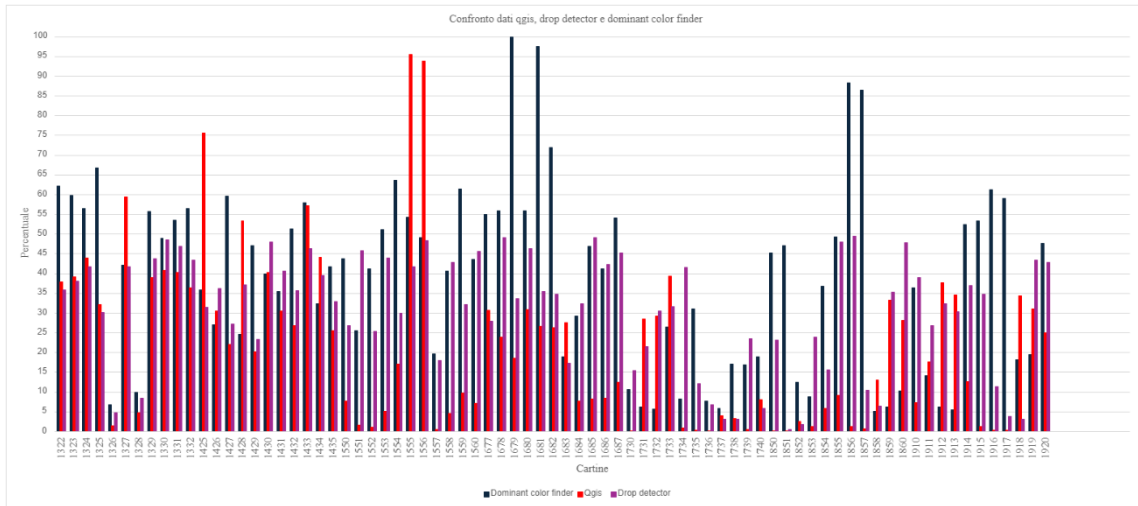
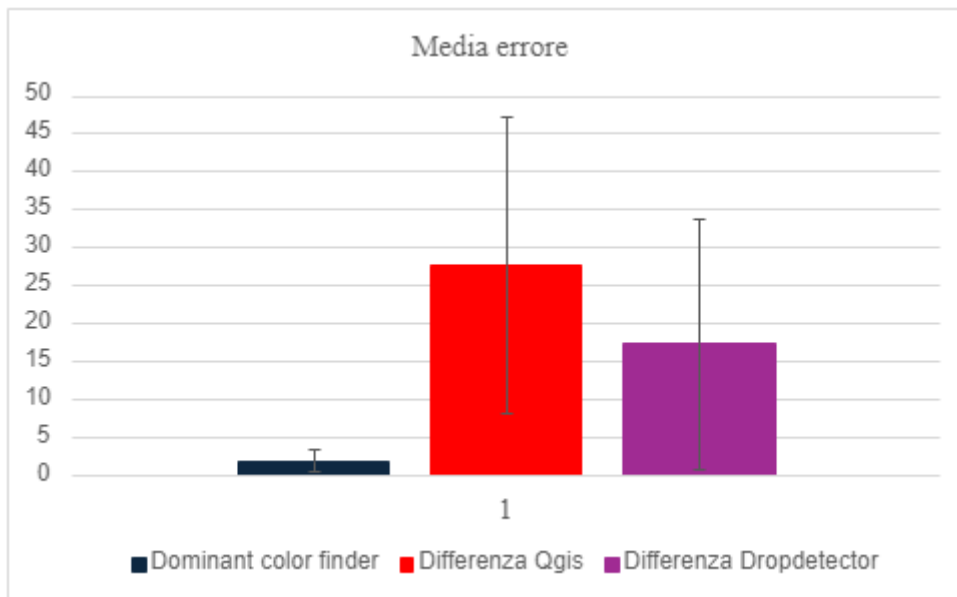


Grafico 5 – Errore medio e variabilità tra le letture effettuate dai tre software



3.5 Confronto visivo delle immagini

Nonostante per valutare la copertura delle cartine idrosensibili si sia cercato di seguire un criterio oggettivo, procedendo con la definizione di uno standard, allo scopo di avere un'ultima conferma della bontà di analisi del software DFC e dei risultati ottenuti con il confronto delle

letture degli altri due software considerati, si è voluto procedere con una valutazione visiva delle cartine tal quale. E questo anche con la consapevolezza che il confronto visivo possa essere potenzialmente affetto da numerosi bias e dalla sensibilità dell'osservatore.

A questo proposito, si propongono di seguito alcune cartine idrosensibili significative, per le quali DFC (con sistema di segmentazione basato su un numero elevato di colori), a parere di chi scrive, ha mostrato una migliore capacità di lettura rispetto a Dd (sistema di segmentazione delle immagini sulla base del colore dei pixel) e a QG (che utilizza fondamentalmente scale a due colori).

Si propone di osservare il confronto, dalla Figura 3 alla Figura 9.

Figura 3 - Cartina 1322 e confronto delle tre letture

DFC	QG	Dd
62.19%	35.8%	37.97%

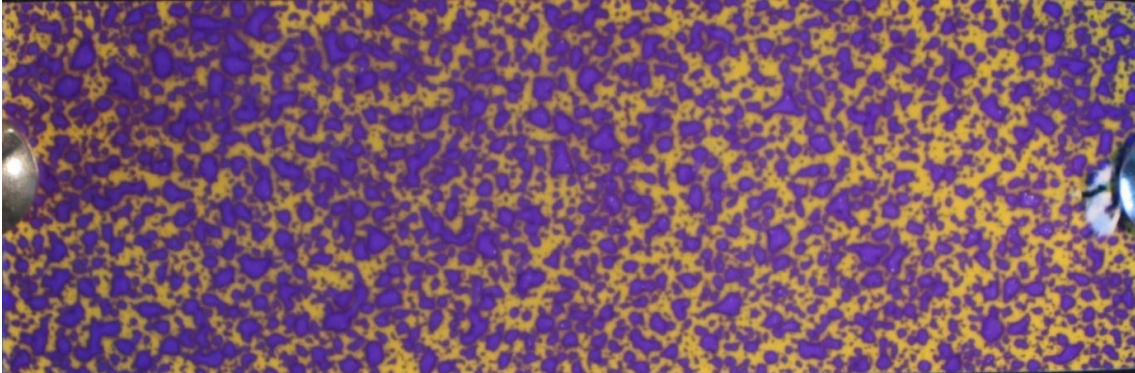


Figura 4 - Cartina 1425 e confronto delle tre letture

DFC	QG	Dd
35.93%	31.4%	75.6%

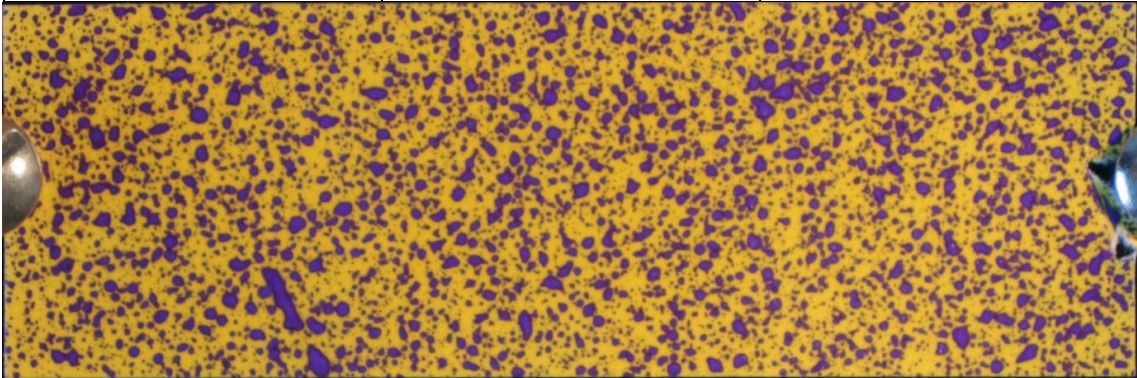


Figura 5 - Cartina 1552 e confronto delle tre letture

DCF	QG	Dd
41.29%	25.4%	1.05%

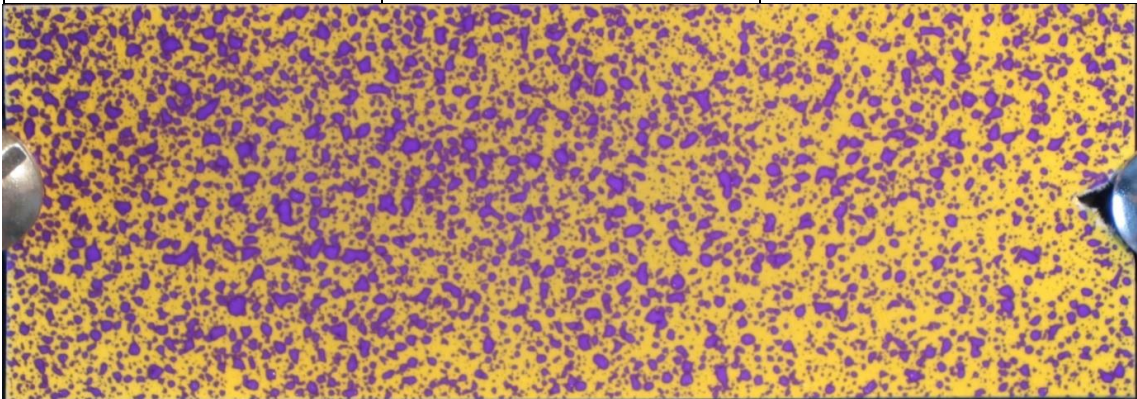


Figura 6 - Cartina 1682 e confronto delle tre letture

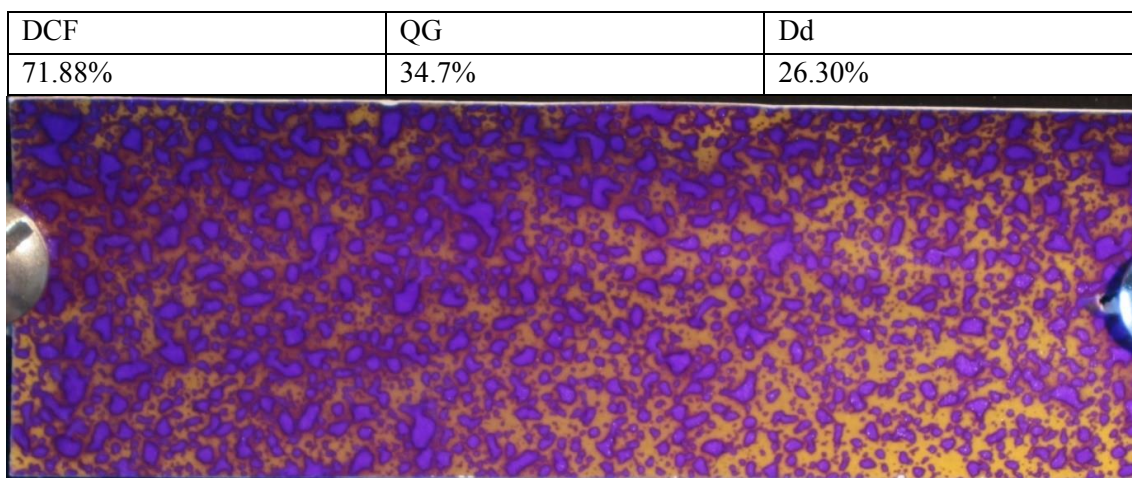


Figura 7 - Cartina 1730 e confronto delle tre letture

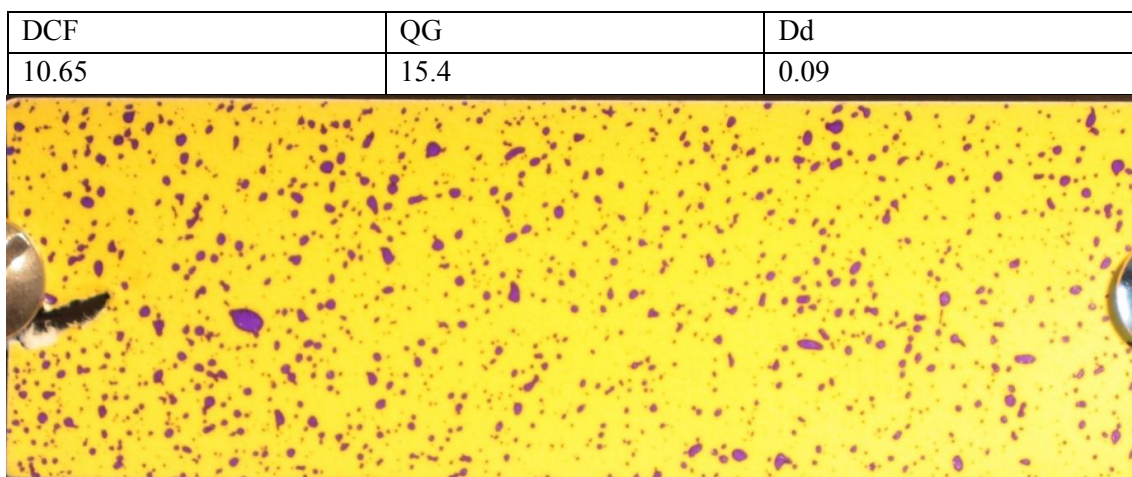


Figura 8 - Cartina 1852 e confronto delle tre letture

DCF	QG	Dd
12.44	1.9	2.48

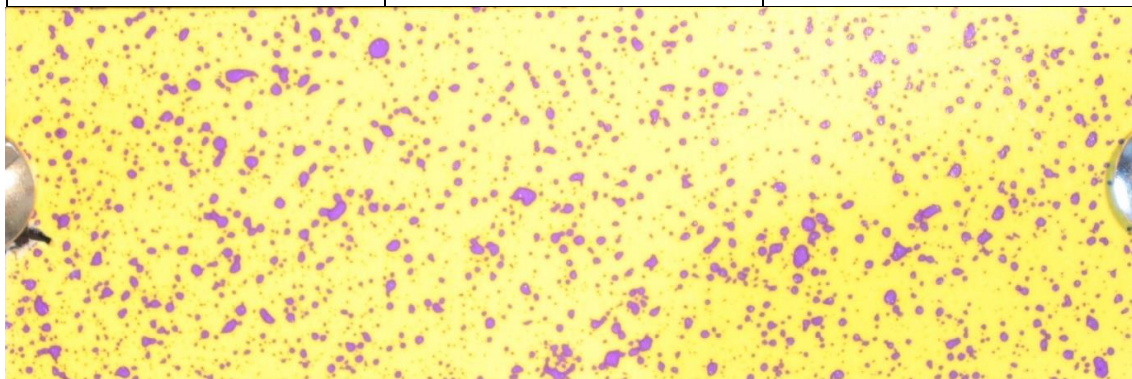
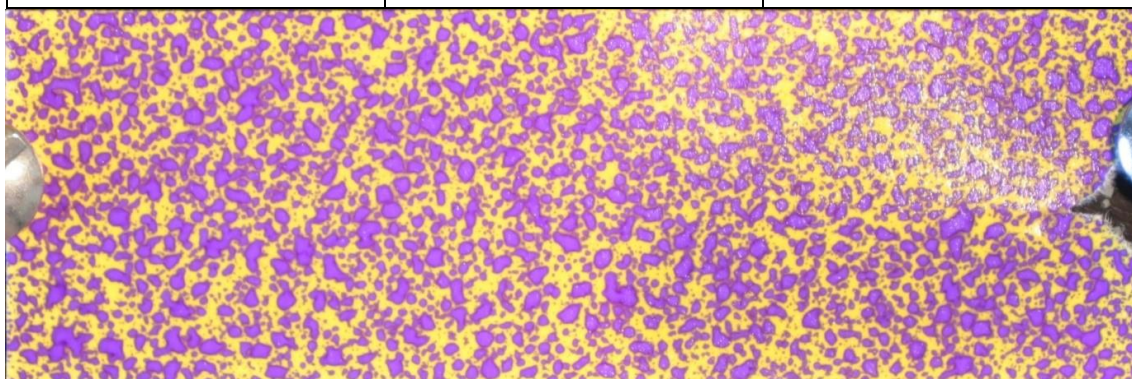


Figura 9 - Cartina 1915 e confronto delle tre letture)

DCF	QG	Dd
53.42	34.7	1.29



Capitolo 4

Conclusioni

Il duplice scopo dello studio di tesi, ovvero determinare uno standard per testare i sistemi di lettura delle cartine idrosensibili e ricercare un software adeguato alla stessa lettura, è stato raggiunto.

Per la creazione dello standard, tuttavia, non è stato possibile creare un set completo fino al 100% di copertura ma è stato necessario fermarsi al 69%. Questo non inficia l'analisi, che risulta molto accurata fino al 70% di copertura ma meno precisa per valori superiori. Digitalmente, superare questa problematica è tuttavia molto complesso poichè la sovrapposizione delle gocce dopo il 70% è inevitabile.

Dominant Color Finder si è dimostrato un ottimo software per lo scopo del lavoro. Ciò è stato provato dai risultati di lettura del set test rappresentato dalle cartine standard, dove DCF ha fatto registrare errori medi contenuti al di sotto del 2%, pienamente compatibili per una valutazione qualitativa della distribuzione e, con buona probabilità, anche per valutazioni quantitative.

Infine, volendo chiudere la trattazione con una critica costruttiva che vada oltre il presente lavoro di tesi, si rimarca il fatto che a livello europeo gli obiettivi di sostenibilità dei sistemi agricoli, attuati anche attraverso la riduzione degli agrofarmaci impiegati, dovrebbero essere preventivamente supportati e dimensionati utilizzando degli standard di riferimento e dei metodi riconosciuti validi. Nel caso specifico, gli standard relativi alla definizione dell'effetto di distribuzione meccanizzata degli agrofarmaci hanno più di 30 anni e non sono di fatto reperibile con qualità tale da poter definire dei sistemi validi di lettura. Appare quindi difficile comprendere il background normativo che supporta la riduzione di principi attivi del 50% entro il 2030 e di come tale valore possa essere misurato o valutato come efficace nel controllo di malattie e parassiti.

Una ulteriore critica costruttiva riguarda i produttori di macchinari per la distribuzione di fitofarmaci per i quali sarebbe auspicabile applicare alla validazione di funzionamento delle macchine dei protocolli che interessino la macchina stessa, le modalità e gli effetti della distribuzione dal punto di vista meccanico e l'effetto di controllo sulla cultura. Di fatto, un sistema di valutazione dettagliato della distribuzione si limita alla valutazione dei volumi applicati senza che sia evidente la presenza di una misura scientifica della effettiva bagnatura da cui poi dipende l'efficacia dei trattamenti. Tale discorso, inoltre, dovrebbe essere esteso anche alla calibratura delle macchine (non solo alla progettazione) in quanto da questa attività dipende il livello di bagnatura, la percentuale di deriva e l'efficacia generale della macchina nel tempo.

Allegato 1

Sequenza di cartine standard generate con il software Figma



Figura A1.1 - Cartina standard con copertura al 5%



Figura A1.2 - Cartina standard con copertura al 10%



Figura A1.3 - Cartina standard con copertura al 15%



Figura A1.4 - Cartina standard con copertura al 20%

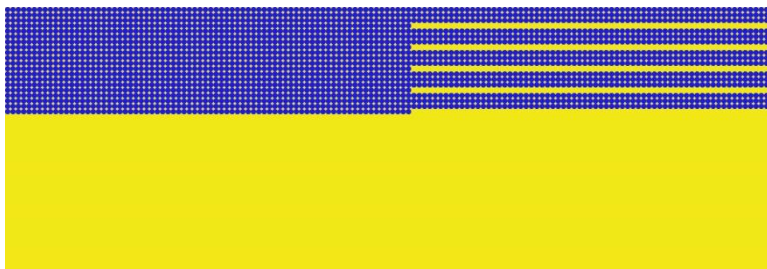


Figura A1.5 - Cartina standard con copertura al 25%

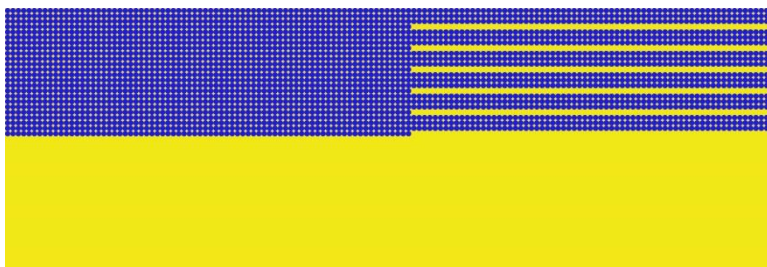


Figura A1.6 - Cartina standard con copertura al 30%

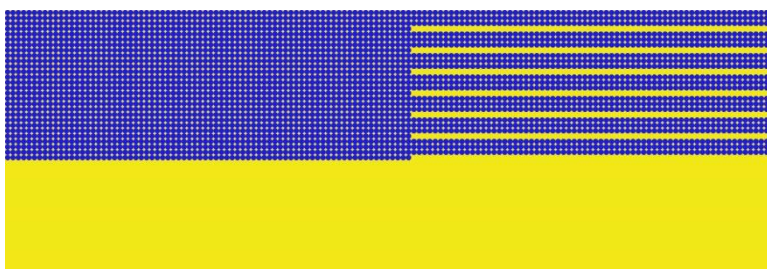


Figura A1.7 - Cartina standard con copertura al 35%

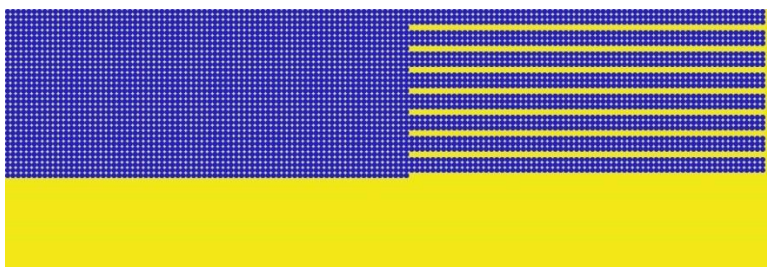


Figura A1.8 - Cartina standard con copertura al 40%

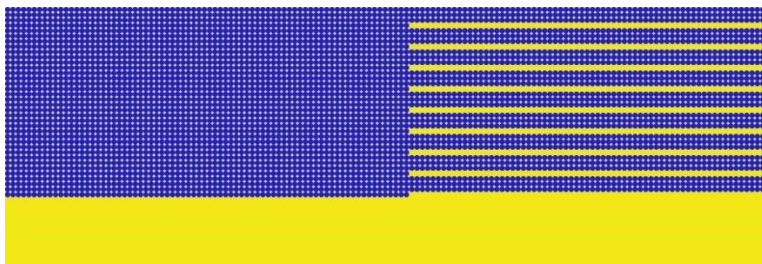


Figura A1.9 - Cartina standard con copertura al 45%

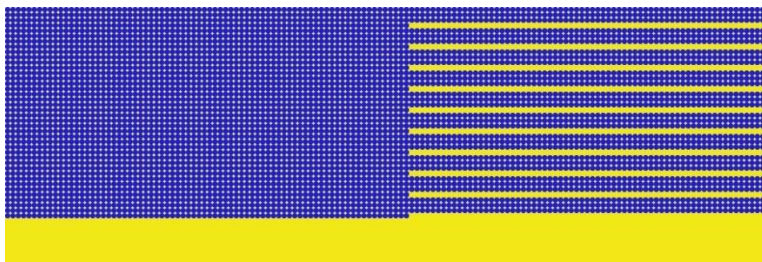


Figura A1.10 - Cartina standard con copertura al 50%

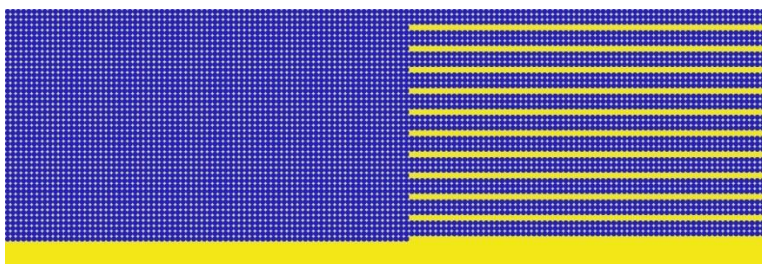


Figura A1.11 - Cartina standard con copertura al 55%

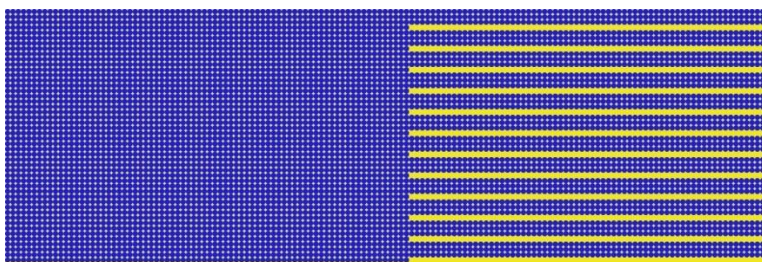


Figura A1.12 - Cartina standard con copertura al 60%

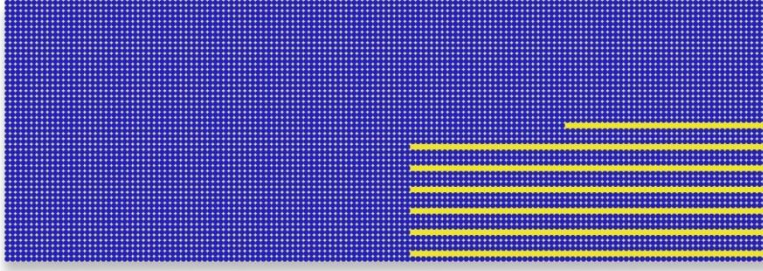


Figura A1.13 - Cartina standard con copertura al 65%

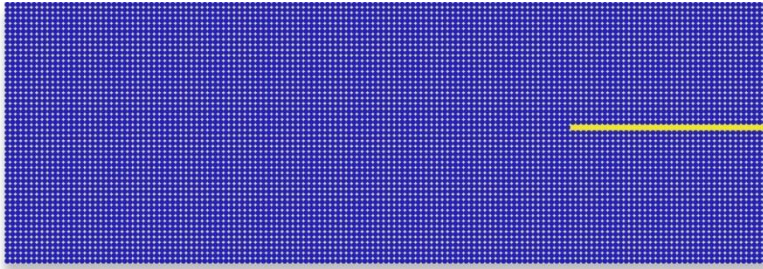


Figura A1.14 - Cartina standard con copertura al 69%

Allegato 2

Sequenza delle cartine idrosensibili esaminate e percentuali di copertura stimate con i 3 software testati

Identificativo cartina	Stima superficie coperta con software “Dominant Color Finder”	Stima superficie coperta con software “QGIS”	Stima superficie coperta con software “Drop detector”
	%	%	%
1322	62,19	37,97	35,8
1323	59,83	39,24	38,1
1324	56,52	44,01	41,7
1325	66,73	32,16	30,2
1326	6,74	1,45	4,8
1327	42,18	59,37	41,7
1328	9,99	4,71	8,4
1329	55,81	38,95	43,8
1330	48,9	40,84	48,6
1331	53,56	40,21	46,9
1332	56,44	36,36	43,4
1425	35,93	75,6	31,4
1426	27,1	30,61	36,2
1427	59,52	22,16	27,2
1428	24,58	53,27	37,1
1429	47,02	20,22	23,4
1430	40,01	40,36	48
1431	35,56	30,59	40,7
1432	51,33	26,78	35,6
1433	57,87	57,26	46,4
1434	32,37	44,07	39,5
1435	41,74	25,6	32,9
1550	43,81	7,74	26,9
1551	25,52	1,72	45,8
1552	41,29	1,05	25,4
1553	51,21	5,19	44
1554	63,69	17,18	30
1555	54,22	95,43	41,8
1556	49,12	93,75	48,3
1557	19,7	0,57	18,1
1558	40,73	4,59	42,9

1559	61,52	9,72	32,2
1560	43,56	7,12	45,6
1677	54,92	30,75	28
1678	55,9	23,88	49,1
1679	100	18,54	33,6
1680	55,85	30,83	46,3
1681	97,5	26,76	35,5
1682	71,88	26,3	34,7
1683	18,87	27,57	17,3
1684	29,22	7,72	32,4
1685	46,99	8,24	49,2
1686	41,25	8,46	42,3
1687	54,12	12,51	45,3
1730	10,65	0,09	15,4
1731	6,27	28,52	21,6
1732	5,65	29,18	30,6
1733	26,45	39,44	31,7
1734	8,22	0,95	41,5
1735	31,07	0,28	12,2
1736	7,77	0,22	6,8
1737	5,91	4,01	3,2
1738	17,18	3,37	3,2
1739	17	0,48	23,6
1740	18,87	8,03	5,8
1850	45,25	0,2	23,2
1851	47,04	0,1	0,6
1852	12,44	2,48	1,9
1853	8,77	1,23	23,9
1854	36,85	5,82	15,7
1855	49,32	9,24	48
1856	88,38	1,2	49,4
1857	86,43	0,81	10,5
1858	5,23	13,1	6,4
1859	6,19	33,27	35,4
1860	10,35	28,1	47,8
1910	36,43	7,35	39
1911	14,17	17,7	26,8
1912	6,3	37,74	32,3
1913	5,48	34,6	30,4
1914	52,43	12,69	37

1915	53,42	1,29	34,7
1916	61,21	0,3	11,4
1917	59,15	0,31	3,9
1918	18,13	34,43	3,2
1919	19,48	31,07	43,4
1920	47,71	24,95	42,9

Bibliografia

https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_it

https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides_en?prefLang=it

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU\(2016\)581892_IT.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_IT.pdf)

https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/farm-fork-targets-progress/member-states-trends_en#Italy

https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_it

Ricciotti R. (2023/2024): Confronto tra sistemi di lettura e processamento di cartine idrosensibili. Tesi di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie, Università Politecnica delle Marche.

Centorame L. (2021/2022): Valutazione dell'efficacia di un sistema laser scanner per il controllo della distribuzione di agrofarmaci in vigneto. Tesi di laurea magistrale in Scienze Agrarie e del Territorio, Università Politecnica delle Marche.

<HTTPS://WWW.FIGMA.COM>

<HTTPS://ONLINEJPGTOOLS.COM/FIND-DOMINANT-JPG-COLORS>

Ringraziamenti

Un primo ringraziamento va alla mia famiglia che mi ha dato la possibilità e continua a darmela di procedere con il percorso di studi.

Un grande ringraziamento va alla Professoressa Ester Foppa Pedretti relatrice e al Dott. Alessio Ilari correlatore, i quali mia hanno dato la possibilità di svolgere questo elaborato, fornendomi un enorme aiuto e molta disponibilità.

Infine, ringrazio tutti i miei amici e colleghi che mi hanno sempre supportato durante il percorso di studi.