

Ugelli e sistemi di irrorazione per vigneti montati su droni

UNA SINTESI DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE DI UGELLI IRRORATORI CONSIGLIATI PER LA DISTRIBUZIONE DI PRODOTTI FITOSANITARI IN VIGNETO E IL LORO USO NEI DRONI. PARTICOLARE ATTENZIONE È DEDICATA AL SISTEMA DI NEBULIZZAZIONE E ALLE MODALITÀ DI PROGETTAZIONE DELLO STESSO

T. Raparelli, G.Eula, A. Ivanov, G.Pepe
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale
Politecnico di Torino

Il processo di irrorazione in vigneto di prodotti fitosanitari con l'ausilio di droni dipende da molti fattori, quali, ad esempio, la tipologia della coltura da trattare, la sua struttura, l'altezza e la distribuzione sul campo della vite, la conformazione del terreno, pianeggiante o scosceso, su cui la vite è impiantata, il prodotto fitosanitario utilizzato e il grado di concentrazione dello stesso disciolto in acqua. Altri fattori da considerare sono quelli che dipendono dalle prestazioni del drone e dal sistema di nebulizzazione adottato. Per quanto riguarda il pri-

mo punto, fattori molto importanti sono la velocità del drone, la quota di volo, l'autonomia e il payload, ovvero la quantità massima di liquido che è possibile trasportare con il drone stesso. Per quanto riguarda invece il sistema di nebulizzazione, esso dipenderà sia dal circuito idraulico di alimentazione adottato (numero di ugelli utilizzati, loro tipologia, tubazioni di collegamento, pompa e serbatoio), sia dai parametri operativi dello stesso quali la pressione di esercizio e la portata di fluido da nebulizzare. In questo ambito non vanno trascurati anche gli

aspetti fluidodinamici per ottimizzare la distribuzione del nebulizzato sulla vite sfruttando il downwash dei rotori. Bisogna inoltre tenere presente che alcuni di questi fattori possono risultare in conflitto tra loro. Da quanto detto sopra risulta che la fase di progettazione di un sistema di irrorazione basato su drone risulta estremamente complessa. In questo articolo, per cercare di rendere più semplice l'approccio alla progettazione, si analizzano alcuni componenti del sistema e alcune sue modalità operative. Partendo dalla descrizione di prece-



Figura 1:
Le gocce
devono
essere molto
piccole, tali
da creare
una nebbia
molto fine
in grado di
depositarsi
sulla
coltura e di
penetrare
nella sua
chioma

denti studi condotti nel Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale (DIMEAS) del Politecnico di Torino, vengono pertanto successivamente illustrati alcuni esempi di ugelli irroratori usati in vigneto, le possibili modalità di irrorazione realizzabili mediante droni e una possibile soluzione per il circuito di alimentazione degli ugelli.

Precedenti studi al DIMEAS

Negli anni passati nel Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale (DIMEAS) del Politecnico di Torino sono stati effettuati molti

studi su tecniche di irrorazione di fitofarmaci nel settore florovivaistico [1-5]. Tali studi sono stati condotti sperimentando varie tecniche di irrorazione in ambiente confinato, in modo da evitare qualsiasi dispersione di prodotto. Sono stati costruiti anche diversi prototipi che hanno permesso di progettare sia la struttura dell'irroratore di fitofarmaci in ambiente confinato sia di condurre studi approfonditi sulla formazione di gocce molto piccole, tali da creare una nebbia molto fine in grado di depositarsi sulla coltura e di penetrare nella sua chioma. Le gocce

generate sono state spruzzate, oltre che su colture vere, anche su alberi metallici (Figura 2), opportunamente costruiti, sui quali sono state collocate le cartine idrosensibili. Le cartine idrosensibili, a seguito di un processo di irrorazione sperimentale, sono state poi analizzate al microscopio. La modalità di analisi adottata consente di valutare le dimensioni delle gocce generate durante il processo di irrorazione così come la loro densità di deposizione sulla superficie stessa. Si è così arrivati alla definizione di un prototipo finale, vedi Figura 3, che è stato presentato presso il Centro Regionale CeRSAA di Albenga (Savona – Italia). I risultati ottenuti dalla sperimentazione di questo prototipo sono stati buoni e ne hanno dimostrato l'efficacia e l'utilità nell'irrorazione di fitofarmaci in ambiente confinato nel settore florovivaistico.

Ugelli irroratori usati in vigneto

La distribuzione di prodotti fitosanitari per applicazioni in vigneto impiega un'ampia gamma di macchine irroratrici sviluppate nel corso degli anni. In relazione al principio di funzionamento utilizzato per la formazione del nebulizzato e al meccanismo di trasporto dello stesso verso la coltura, esse si dividono principalmente in macchine atomizzatrici e macchine irroratrici pneumatiche. In commercio le due tipologie sono disponibili con svariate soluzioni costruttive. Negli ultimi anni, soprattutto nel settore viticolo, sono state proposte diverse soluzioni innovative e la soluzione che attualmente sembra essere molto promettente è quella che prevede l'uso di droni [6]. La riuscita del trattamento e la possibilità di intervenire su di esso sono legate alle caratteristiche costruttive dell'intera macchina ed in particolare al sistema di nebulizzazione adottato. L'efficacia di un trattamento si valuta dalla capacità del-

Figura 2: Esempio di disposizione delle cartine idrosensibili sull'albero metallico

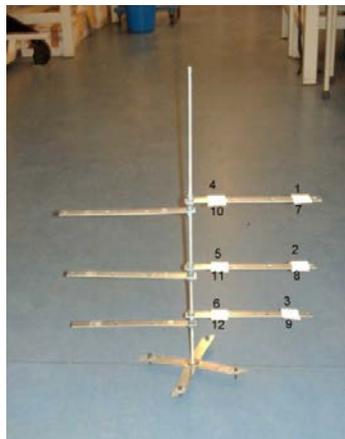


Figura 3: Prototipo DIMEAS di irroratori di fitofarmaci in ambiente confinato



Figura 4: Esempio di ugello ad induzione d'aria, è visibile la presenza del foro per l'aspirazione di aria [7-8]. Crediti fotografici: asj nozzle

le gocce di raggiungere l'intera coltura viticola massimizzando la copertura arborea e fogliare, evitando la sovrapposizione di prodotto e minimizzando gli sprechi, i rischi ambientali e quelli connessi agli operatori. Nell'applicazione viticola si predilige il trattamento per contatto quindi occorre una irrorazione che sia in grado di ricoprire tutta la superficie vegetativa della vite, compresa la superficie inferiore del fogliame. Questo aspetto è fortemente legato alle dimensioni delle gocce prodotte, alla velocità e all'angolo di impatto con il bersaglio, e alla tensione superficiale. Queste grandezze sono fortemente dipendenti dal sistema di nebulizzazione, dai parametri operativi e in particolar modo dagli ugelli, elementi terminali dell'intero sistema di nebulizzazione. Gli ugelli sono i principali responsabili della produzione del nebulizzato e delle sue caratteristiche. Quelli adottati per le applicazioni agricole non sono semplici orifizi calibrati, ma sono oggetti complessi la cui geometria è definita a valle di approfonditi studi relativi agli aspetti fluidodinamici del tipo di getto prodotto e alle

proprietà meccaniche di resistenza e usura. Gli ugelli attualmente disponibili in commercio prevedono o soluzioni che utilizzano esclusivamente un liquido, fitofarmaco in soluzione con acqua, in pressione per la formazione del nebulizzato o soluzioni che ricorrono a due fluidi distinti, la miscela di fitofarmaco e l'aria. In questa seconda tipologia, i cui ugelli sono anche detti ad induzione di aria, la miscelazione dei due fluidi avviene o all'interno dell'ugello o mediante aspirazione di aria dall'esterno prima della sezione di sbocco, un esempio di questa tipologia di ugelli è riportato in Figura 4.

Gli ugelli appartenenti alla stessa tipologia possono generare una forma del getto profondamente differente in funzione della forma geometrica della sezione dell'orifizio, solitamente abbiamo:

- Ugelli a cono o a turbolenza: formano un getto a cono pieno o vuoto con angolo di apertura tipicamente compreso tra 40° e 80°. Gli ugelli a cono vuoto si contraddistinguono per la presenza di un vorticolatore elicoidale al loro interno, posto prima dell'orifizio calibrato, con lo scopo di imprimere al liquido un moto rotatorio. Gli ugelli a cono rappresentano in assoluto la tipologia più utilizzata per col-

ture frutti-viticole. Una vista esplosa di ugelli a cono ad induzione di aria è riportata in Figura 5.

- Ugelli a getto piatto o a ventaglio: presentano un foro di effluo calibrato di forma ellittica, producono un getto con impronta rettangolare allungata, l'angolo di apertura del getto è compreso tra 80° e 120°. Tipicamente trovano impiego per il trattamento di colture erbacee. Un esempio di questa tipologia di ugelli è raffigurata in Figura 6.

Per la stessa tipologia di ugello sono disponibili diverse taglie di orifizi calibrati pertanto in grado di smaltire portate differenti a parità di pressione. La normativa ISO 10625 definisce un sistema di codificazione mediante colori per identificare immediatamente la portata smaltita in funzione della pressione di alimentazione. Sono presenti in commercio anche gli ugelli antideriva, sia per la tipologia a cono sia per la tipologia a ventaglio, al fine di ridurre la dispersione di prodotto e la contaminazione del suolo circostante. Nella tecnologia ad induzione di aria, consentono di arricchire le gocce con bolle di aria aumentando la massa e le dimensioni delle gocce rendendole meno soggette ai fenomeni di deriva. Altro aspetto molto importante da considerare per una scelta ottimale in termini di prestazioni e durata è il materiale con il quale sono costituiti. Tipicamente sono realizzati con materiali polimerici, ottone, acciaio e materiale ceramico. Gli ugelli realizzati in materiale polimerico sono economici ma soggetti a forti fenomeni di usura che ne alterano le caratteristiche del getto, l'uso dell'acciaio introduce buone prestazioni ma sono caratterizzati da un costo elevato. L'uso di materiali ceramici, anche solo per realizzare il foro calibrato da inserire in un involucro polimerico, è la migliore soluzione in termini di prestazioni e resistenza alla corrosione e all'usura.

Utilizzo di droni per irrorazione in vigneto

Il drone è un tipo di velivolo senza pilota appositamente progettato per scopi agricoli come l'irrorazione di prodotti fitosanitari, il monitoraggio della coltura e dello stato del raccolto in ottica dello sviluppo dell'agricoltura 4.0. La Figura 7 riporta un esempio di drone impiegato in applicazioni agricole. I droni trovano interesse per le applicazioni viticole in quanto spesso i vigneti sono collocati su terreni con forte pendenza pertanto difficili da percorrere con trattori o altre tipologie di attrezzature tradizionali. Oltre agli indubbi vantaggi che introducono, monitoraggio del raccolto e distribuzione di fitofarmaci in condizioni di sicurezza per gli operatori, presentano degli svantaggi. In particolare, non possono garantire un servizio esteso e continuativo a causa della limitata capacità di carico. Per fronteggiare questo limite è necessario una accurata analisi e progettazione del sistema di nebulizzazione con particolare attenzione al numero, alla tipologia e alla disposizione degli ugelli installati a bordo al fine di ottimizzare il fitofarmaco a disposizione. Nelle Figure 8a-b sono illustrate due modalità operative differenti per irrorare tramite drone un vigneto, sorvolando il vigneto lungo la sua estensione o percorrendo l'interfilare.

Nell'ambito del progetto PRIN 2017 "New technical and operative solutions for the use of drones in Agriculture 4.0" sono in studio vari aspetti di progetto e realizzazione di un sistema di irrorazione di fitofarmaci liquidi tramite drone. Nella Figura 9 è illustrato un esempio di tale studio, modello CAD in scala del drone e del cono prodotto dagli ugelli, al fine di ottimizzare la superficie irrorata del vigneto. La soluzione presentata, Figura 9, costituisce solo la parte preliminare dello studio, ma già fornisce indicazioni interessanti su come montare ed



orientare gli ugelli irroratori al fine di ottimizzare l'irrorazione della coltura a parità di ugelli adottati. È utile precisare che la soluzione definitiva necessita l'integrazione con lo studio CFD della scia del rotore presentato in [6].

Sistema di alimentazione degli ugelli

Uno degli aspetti trattati nello studio riguarda la progettazione dell'intero sistema di nebulizzazione installato a bordo del drone. Gli elementi essenziali, Figura 10, di cui si compone il sistema sono: serbatoio (1), pompa (2), valvole di controllo (3), tubazioni e raccordi (4) e infine gli ugelli (5) oltre agli elementi meccanici per il fissaggio al telaio. A questi elementi che costituiscono l'hardware del sistema è necessario progettare il software di controllo della pompa o delle valvole di controllo per gestire differenti modalità di irrorazione. In Figura 10 è riportato lo schema semplificato del sistema di irrorazione per droni. Una fase preliminare della progettazione ha riguardato l'analisi delle caratteristiche dei sistemi installati a bordo di droni presenti in commercio. Un esempio è il drone Agram MG-1 della DJI movimentato tramite otto rotori. Il sistema di nebuliz-

zazione è costituito da un serbatoio di 10 l, pompa a membrana e quattro ugelli a ventaglio Extended Range modello XR 11001 prodotti dalla TeeJet® Technologies [9]. Gli ugelli, secondo i dati riportati a catalogo, operano in un range di pressione di 1-4 bar e smaltiscono una portata di 0,23 - 0,45 l/min [10]. Il progetto del sistema di alimentazione degli ugelli, svolto in collaborazione con differenti gruppi di ricerca del DIMEAS, considera diverse dimensioni di drone per esplorare i benefici offerti da ciascuna soluzione. Una soluzione analizzata presenta un volume di liquido di 10 l e quattro ugelli del tipo a cono vuoto indicati per l'irrorazione in vigneto. La pressione di esercizio garantita a monte dei singoli ugelli e la portata totale erogata sono invece i parametri tenuti in considerazione per la scelta ottimale della pompa oltre al contenimento del peso dell'intero sistema. Inoltre, è previsto l'adozione di valvole per il controllo della portata e misuratori di flusso con l'obiettivo di regolare la portata ed ottimizzare così la distribuzione di prodotto in

(sopra) Figura 5: Vista esplosa di un ugello a cono vuoto ad induzione di aria [7-8]. Crediti fotografici: asj nozzle

(sotto) Figura 6: Esempio di ugello a ventaglio [7-8]. Crediti fotografici: asj nozzle





Figura 7:
Un esempio di
drone impiegato
in applicazioni
agricole.

funzione delle esigenze della coltura. Il sistema così ideato è stato successivamente simulato mediante il software Simcenter Amesim. Le simulazioni hanno permesso di ottimizzare le perdite di carico localizzate nei raccordi e quelle distribuite lungo le tubazioni oltre a verificare i livelli di pressione a monte degli ugelli e le portate smaltite dagli stessi. La messa a punto dell'intero sistema prevede una successiva fase di test sperimentale condotti sia in laboratori sia in vigneto. ■

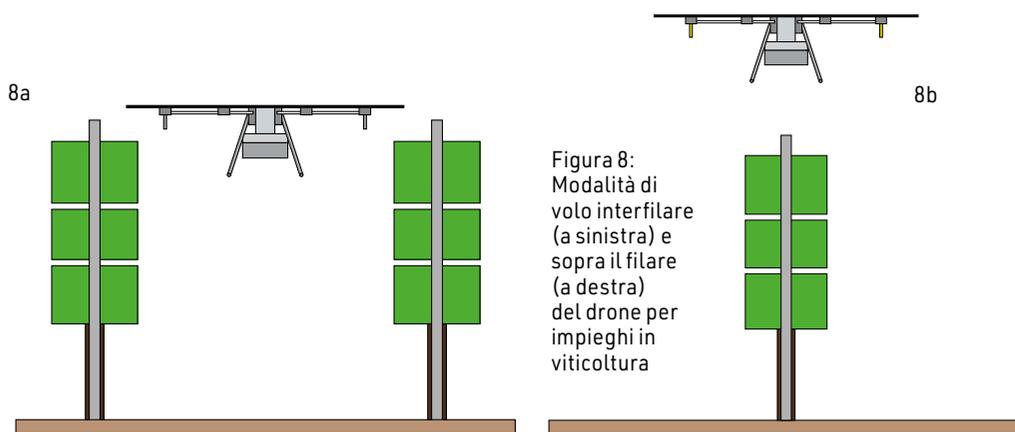
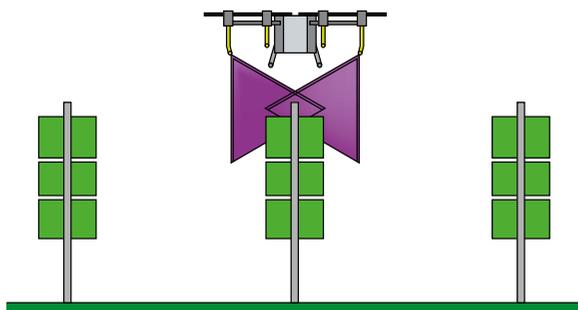


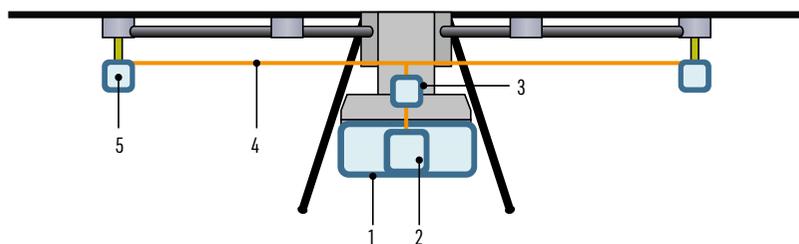
Figura 8:
Modalità di
volo interfilare
(a sinistra) e
sopra il filare
(a destra)
del drone per
impieghi in
viticoltura

La ricerca è stata finanziata con fondi MIUR sul progetto PRIN 2017 "New technical and operative solutions for the use of drones in Agriculture 4.0". Si ringraziano le aziende Abbà s.n.c. di Centallo (CN) e Corte Raffetta per il contributo fotografico prestato e gli Ing. F.G. Pietrafesa, M.Persico e E.D'Alò.

Figura 9: Studio
nella copertura di
irrorazione della
superficie del
vigneto, drone con 2
ugelli irroratori.



(sotto) Figura
10: Sistema di
nebulizzazione per
droni: principali
componenti cui è
costituito.



IN CONCLUSIONE

DOPO UNA DESCRIZIONE DI PRECEDENTI STUDI CONDOTTI AL DIMEAS (POLITECNICO DI TORINO) SONO STATI INTRODOTTI I PRINCIPALI ELEMENTI CHE COMPONGONO UN SISTEMA DI NEBULIZZAZIONE MONTATO SU DRONI CON PARTICOLARE ATTENZIONE AGLI UGELLI IRRORATORI. IN QUESTO ARTICOLO SI È VOLUTO ILLUSTRARE UN METODO DI PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI NEBULIZZAZIONE PER UNA SUA OTTIMALE RIUSCITA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Belforte G., Eula G., Raparelli T., Progetto e sperimentazione di un robot irroratore per fitofarmaci in ambiente confinato, Convegno L'Automazione nel Comparto Orto-floricolo, Accademia Dei Georgofili, Firenze 29 Aprile 2010.
- [2] Belforte G., Eula G., Raparelli T., Ecocompatibilità nel settore florovivaistico, Oleodinamica Pneumatica, ed. Tecniche Nuove, novembre 2010, pp.76-80.
- [3] Belforte G., Eula G., Raparelli T., A new technique for safe pesticide spraying in greenhouses, 8° Chapter Book Pesticides: formulations, effects, fate, Intechweb, ed. Margarita Stoytcheva, January 2011, pp.129-154.
- [4] Belforte G., Eula G., Raparelli T., DeVopeS: Defined Volume Pesticide Sprayer design and testing, Experimental Techniques, November/December 2011, issue of Experimental Techniques Vol. 35, No. 6, pp.14-26.
- [5] Belforte G., Eula G., Raparelli T., L'automazione pneumatica nelle serre, Oleodinamica-Pneumatica, ed. Tecniche Nuove, settembre 2013, pp.38-46.
- [6] T. Raparelli, G. Eula, A. Ivanov, G. Pepe, Esempi di macchinari agricoli per l'irrorazione di prodotti fitosanitari in vigneto e loro sviluppo, Oleodinamica-Pneumatica, ed. Tecniche Nuove, Aprile 2021.
- [7] <http://www.abbadiserbo.it/>, 26 gennaio 2021.
- [8] <https://asjnozzle.it/>, 26 gennaio 2021.
- [9] <https://www.dji.com/it/mg-1/info#specs>, 26 gennaio 2021.
- [10] https://www.teejet.com/CMSImages/TEEJET_IT/documents/catalogs/broadcast_nozzles-it.pdf#page=6, 26 gennaio 2021.