



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

# CONTROLLO DELL'AZOTO NITRICO NEL SUOLO DI VIGNETO

Uno strumento portatile e di facile utilizzo

## CHECK OF SOIL NITRATE CONCENTRATION

A portable and easy-to-use meter

TIPO TESI: sperimentale

Studente:  
ANTONIO MARROLLO

Relatore:  
PROF. COSTANTINO VISCHETTI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

# SOMMARIO

SOMMARIO .....	
ELENCO DELLE TABELLE .....	
ELENCO DELLE FIGURE.....	
Capitolo 1 INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	1
1.1 Inquadramento normativo Europeo .....	1
1.2 Inquadramento normativo italiano.....	4
1.3 Deroghe alla direttiva Nitrati.....	5
1.4 Inquadramento normativo regionale.....	6
Capitolo 2 CONOSCENZE DI BASE E SCOPO DELLA TESI.....	16
2.1 Ciclo dell'Azoto.....	16
2.1.1 <i>Ammonificazione</i> .....	17
2.1.2 <i>Nitrificazione</i> .....	17
2.1.3 <i>Azotofissazione</i> .....	18
2.2 L'Azoto nel terreno.....	19
2.3 Contaminazione delle acque da nitrati.....	20
2.4 Piano di Concimazione Azotata.....	22
2.5 Accordo Agroambientale Piceno .....	24
2.6 Il Progetto.....	26
2.7 Scopo della Tesi.....	28
Capitolo 3 MATERIALI E METODI .....	29
3.1 Premessa.....	29
3.2 Fasi del Progetto .....	30
3.2.1 <i>Campionamento in campo</i> .....	30
3.2.2 <i>Analisi del quantitativo di nitrato presente nel terreno campionato</i> .	32
Capitolo 4 RISULTATI E DISCUSSIONE .....	36
4.1 Risultati della Campagna di Misurazione .....	36
4.2 Interpretazione dei risultati.....	41
4.3 Test del Picciolo .....	42
4.4 Interpretazione dei dati del test del picciolo.....	43

Capitolo 5 ULTIMI AGGIORNAMENTI SULL'USO DEL SOIL TEST PER I NITRATI IN AGRICOLTURA.....	46
CONCLUSIONI.....	50
BIBLIOGRAFIA.....	52
RINGRAZIAMENTI.....	54

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1. Limiti massimi di fertilizzazione azotata in funzione del tipo di coltura (kg di N/ha/anno).....	9
Tabella 2. elenco indicativo di pratiche agronomiche razionali; Categoria: COLTURE ARBOREE .....	11
Tabella 3. Tecniche di buona pratica agricola e meccanismi di controllo per la Vite da Vino .....	14
Tabella 4. Calendario dei divieti di spandimento nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati .....	15
Tabella 5. Unità asportate o assorbite di elementi nutritivi espresse in Kg per quintale di prodotto .....	24
Tabella 6. Risultati della Campagna di Misurazione – ottobre/dicembre 2020 .....	36
Tabella 7. Risultati della Campagna di Misurazione - Gennaio/Marzo 2021 .....	38
Tabella 8. Interpretazione dei valori ottenuti dal Test del Picciolo .....	43
Tabella 9. Richiesta annuale in fertilizzante azotato di un vigneto giovane.....	44
Tabella 10. Richiesta annuale in fertilizzante azotato di un vigneto adulto .....	44

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Zone Vulnerabili ai Nitrati in Italia nel 2006.....	4
Figura 2: Zone Vulnerabili ai Nitrati nelle Marche nel 2003 .....	6
Figura 3: Suddivisione in zone della Regione Marche.....	14
Figura 4: rappresentazione illustrativa del Ciclo dell'Azoto.....	16
Figura 5: tipi di fertilizzanti azotati e processi a cui l'azoto va incontro nel suolo .....	21
Figura 6: fonti di inquinamento delle acque da nitrati (ISPRA) .....	22
Figura 7: versante collinare interamente allevato a vigneto .....	25
Figura 8: Superficie compresa nell'Accordo Agroambientale Piceno.....	26
Figura 9: Area dell'Accordo Agroambientale Piceno con evidenziazione delle ZVN .....	27
Figura 10: suddivisione in 33 zone dell'area del progetto .....	29
Figura 11: protocollo LUCAS - schema seguito per il campionamento .....	30
Figura 12: passaggi del campionamento del terreno.....	31
Figura 13: Scheda tecnica compilata contestualmente al campionamento.....	32
Figura 14: campioni di terreno messi a contatto con la soluzione reagente .....	33
Figura 15: Cardy Nitrate Meter .....	34
Figura 16: Risultati della Campagna di Misurazione – Ottobre/Dicembre 2020.....	40
Figura 17: Risultati della Campagna di Misurazione - Gennaio/Marzo 2021 .....	40
Figura 18: Scala dei valori di Azoto Nitrico riportata dal Cardy Nitrate Meter .....	41
Figura 19: Descrizione schematica del principio di funzionamento del rilevamento potenziometrico a circuito aperto consentito dalla membrana in PVDF.....	47

# Capitolo 1

## INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 1.1 Inquadramento normativo Europeo

Il problema dell'inquinamento delle acque da Nitrati è da anni al centro degli interessi dell'UE. A tal proposito l'Unione Europea ha redatto una Direttiva (*Direttiva 91/676/CEE, 12 dicembre 1991*) che ha come obiettivo la salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee dall'inquinamento da Nitrati provenienti da fonti agricole (prevalentemente fertilizzanti e reflui zootecnici). Nella direttiva sono definiti innanzitutto i termini tecnici. Tra questi si segnala il concetto di Eutrofizzazione. *“Per eutrofizzazione si intende l'arricchimento dell'acqua con composti azotati il quale causa una crescita rapida delle alghe e di forme di vita vegetale più elevate, con conseguente indesiderabile rottura dell'equilibrio degli organismi presenti in tali acque e deterioramento della qualità delle acque in questione” (direttiva 91/676 CEE, articolo 2, punto i).*

Le “Zone Vulnerabili da Nitrati” sono definite come territori in cui si ha lo scarico (diretto o indiretto) di composti azotati in acque già inquinate o che potrebbero diventarlo qualora questi scarichi si protraessero nel tempo. Queste acque (inquinate o inquinabili) vengono individuate in base ai seguenti criteri:

- le acque dolci superficiali, in particolare quelle destinate alla produzione di acqua potabile, sono definite inquinate se contengono una concentrazione di Nitrati superiore a 50 mg/L (espressi come  $\text{NO}_3^-$ );
- le acque dolci sotterranee si definiscono inquinate se contengono o potrebbero contenere (se non si interviene) oltre 50 mg/L di Nitrati (espressi come  $\text{NO}_3^-$ );
- i laghi naturali di acqua dolce o altre acque dolci si definiscono inquinate se risultano eutrofiche o potrebbero risultare eutrofiche qualora non si intervenisse.

Inoltre, la Direttiva indica che, per proteggere in maniera generale tutti i tipi di acque dall'inquinamento, gli Stati membri entro due anni dall'attivazione della stessa sono tenuti stabilire dei codici di buona pratica agricola applicabili dagli agricoltori. Questi codici riguardano le informazioni riportate nell'Allegato II. In questo Allegato si invitano gli Stati membri a dare informazioni agli agricoltori su:

- a) i periodi in cui l'apporto di fertilizzanti al terreno non è opportuno;
- b) le condizioni per l'apporto di fertilizzanti su terreni in pendenza;
- c) le condizioni per l'apporto di fertilizzanti in terreni vicini a corsi d'acqua;
- d) le disposizioni per la costruzione di depositi per i reflui zootecnici, comprese le misure per prevenire l'inquinamento idrico causato da liquidi contenenti effluenti provenienti dalla zootecnia o da materiale vegetale come i foraggi insilati;
- e) le procedure da seguire per l'apporto al terreno di concimi chimici ed effluenti di allevamento in maniera uniforme, così da permettere una buona dispersione dei nutrienti nell'acqua.

Con la direttiva poi si indica che gli Stati membri debbano fissare, entro due anni dal riconoscimento delle zone vulnerabili, dei programmi d'azione riguardanti le zone suddette. Questi programmi di azione possono riguardare tutte le zone vulnerabili all'interno di uno Stato membro oppure, a discrezione dello Stato stesso, si possono fissare programmi di azione diversi nelle diverse zone. I programmi di azione devono tenere conto:

- a) dei dati tecnico-scientifici disponibili in merito agli apporti azotati (di origine agricola e non);
- b) delle caratteristiche ambientali della suddetta zona.

Questi programmi di azione entrano in atto quattro anni dopo la loro fissazione e presentano dei vincoli riportati nell'Allegato III.

L'Allegato III indica alcuni aspetti molto importanti, come:

- 1) i periodi in cui è proibito l'apporto al terreno di determinati tipi di fertilizzanti;
- 2) la capacità dei depositi per gli effluenti di allevamento: essa deve essere maggiore rispetto a quella necessaria per immagazzinare gli effluenti nel periodo in cui essi non si possono applicare al terreno nella zona vulnerabile;
- 3) la limitazione dell'apporto al terreno di fertilizzanti secondo quanto riportato dai codici di buona pratica agricola (Allegato II) ed in base alle caratteristiche della zona vulnerabile.

Queste caratteristiche riguardano aspetti come:

- a) tessitura e pendenza del suolo;
- b) caratteristiche del clima;
- c) uso del suolo e pratiche agricole usuali.

L'obiettivo è avere un equilibrio tra il prevedibile fabbisogno azotato delle colture e l'apporto alle colture di azoto da parte del terreno e della fertilizzazione. Questo apporto corrisponde a:

- a) la quantità di azoto presente nel terreno a fine inverno, ovvero quando la coltura generalmente inizia ad assorbirlo;
- b) l'apporto derivante dalla mineralizzazione delle riserve di azoto organico presenti nel terreno;
- c) l'apporto derivante dall'aggiunta di effluenti di allevamento;
- d) l'apporto derivante dall'aggiunta di fertilizzanti di ogni tipo.

Le misure dell'Allegato III garantiscono che il quantitativo di effluente di allevamento zootecnico sparso sul terreno in un anno non superi un quantitativo pari alla quantità di effluente contenente 170 kg di azoto. Tuttavia, per i primi quattro anni del programma di azione gli Stati membri possono fissare una soglia pari ad un contenuto fino a 210 kg di azoto nell'effluente. Inoltre, gli Stati membri possono fissare autonomamente delle soglie diverse da quella della direttiva. Queste soglie devono comunque impedire l'inquinamento delle acque e devono essere giustificate da aspetti come:

- colture con elevata capacità di assorbimento di azoto;
- elevato grado di precipitazioni nella zona vulnerabile;
- terreni con altissima capacità di denitrificazione.

Qualora i programmi di azione non fossero sufficienti per contrastare il fenomeno di inquinamento delle acque da Nitrati, gli Stati membri sono autorizzati ad attuare misure aggiuntive e rafforzative. La revisione dei programmi di azione avviene a cadenza quadriennale.

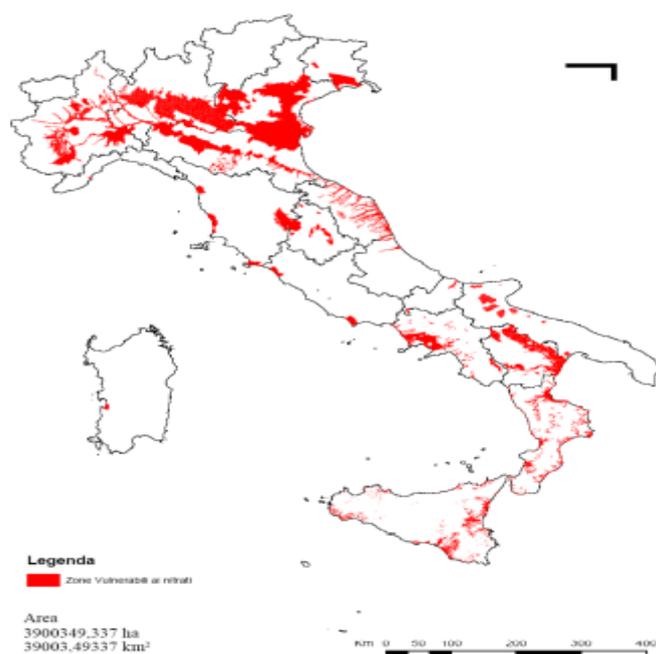
Per quanto riguarda la designazione delle Zone vulnerabili gli Stati membri devono controllare (entro due anni dall'applicazione della direttiva) la concentrazione di Nitrati nelle acque dolci per il periodo di un anno. Questo controllo deve essere eseguito:

- nelle stazioni di campionamento rappresentative delle acque superficiali (deve essere eseguito un campionamento a cadenza mensile e ancora più frequentemente nei periodi di piena);
- nelle stazioni di campionamento rappresentative delle acque sotterranee (il campionamento deve essere eseguito ad intervalli regolari).

Il controllo, dopo la prima volta, deve essere ripetuto ogni quattro anni, escludendo le stazioni in cui si è riscontrata nei campioni precedenti una concentrazione di nitrati < 25 gr/l.

## 1.2 Inquadramento normativo italiano

In Italia la Direttiva 91/676 CEE sull'inquinamento delle acque da nitrati è stata recepita attraverso un Decreto Legislativo (*Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 52, articolo 92*). Attraverso il Decreto lo Stato italiano indica che le zone vulnerabili vengono individuate tramite l'uso di criteri presenti nell'Allegato 7/A-I. Tali criteri si rifanno a quanto detto dalla normativa Europea. Il Decreto indica, secondo l'Allegato 7/A-III le Zone Vulnerabili designate al momento della sua entrata in vigore. La situazione è osservabile nella figura 1.



**Figura 1: Zone Vulnerabili ai Nitrati in Italia nel 2006**

Il Decreto prevede che entro 180 giorni dall'entrata in vigore le Regioni (sulla base dei dati disponibili) possano individuare altre Zone Vulnerabili ed eventualmente individuare, all'interno delle Zone Vulnerabili designate, territori che non lo sono e che quindi vengono gestiti diversamente. Inoltre, a cadenza quadriennale, le Regioni possono rivedere e completare le designazioni. Per fare ciò esse attuano un programma di controllo per verificare le concentrazioni dei nitrati nelle acque dolci (i controlli hanno durata di un anno). Quindi dal Decreto si evince che gli Enti preposti alla individuazione ed al controllo delle Zone Vulnerabili sono le Regioni, che in particolare hanno anche il compito di:

- a) Integrare con accorgimenti aggiuntivi il codice di buona pratica agricola e stabilirne le modalità di applicazione;

- b) Attuare interventi di formazione degli agricoltori sul programma di azione;
- c) Elaborare ed applicare, entro 4 anni dall'entrata in vigore del Decreto, degli strumenti di controllo e verifica dei programmi attuati sulla base dei risultati ottenuti, con eventuale revisione degli stessi dove necessario.

Con il Decreto, inoltre, si chiede che le misure di buona pratica agricola siano estese anche al di fuori delle Zone Vulnerabili, in modo tale da prevenire che queste possano un giorno diventarle.

### **1.3 Deroche alla direttiva Nitrati**

Il 4 ottobre 2011 l'Unione Europea si è espressa in modo favorevole nei confronti della deroga richiesta dall'Italia. Infatti essa, con la Decisione n. 2011/721/UE ha concesso il permesso di incrementare l'utilizzo di nitrati in quantità superiore a quanto inizialmente previsto dalla normativa comunitaria, fino ad una soglia massima di 250 kg/ha. Questa deroga permette alle aziende delle Zone Vulnerabili che abbiano fatto espressa richiesta, l'utilizzo esclusivo di liquami e letami prodotti da bovini o suini o di sostanze prodotte grazie al processo di digestione anaerobica di tali effluenti di allevamento. Per quanto riguarda i liquami suini la deroga prevede che solo la parte liquida di questi può essere utilizzata per gli apporti. Le produzioni per le quali è prevista la deroga riguardano:

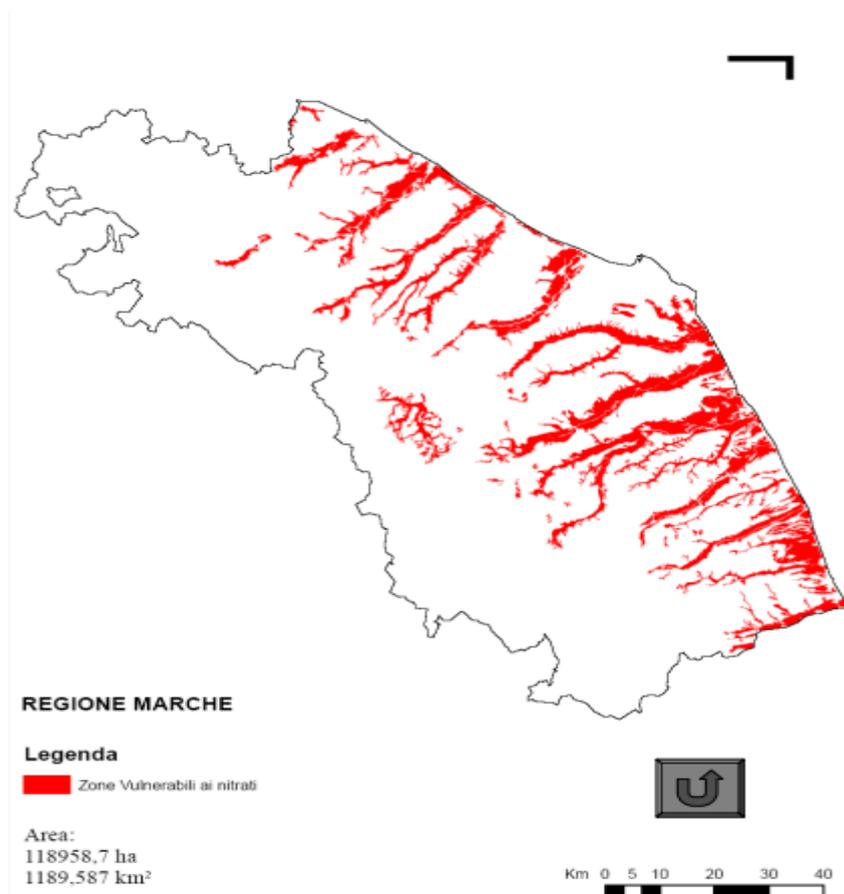
- mais da granella (classe FAO 600-700) o silo mais (classe FAO 600- 700) con la raccolta della pianta intera;
- mais e sorgo in successione con un erbario invernale;
- un cereale autunno-vernino in successione con un erbario invernale.

Quindi si evince che le aziende che decidono di aderire alla deroga debbano coltivare delle specie vegetali che abbiano una elevata capacità di assorbimento dell'Azoto o che garantiscono una copertura del suolo per un lungo periodo di tempo. Tale deroga è stata revocata dalla UE.

#### 1.4 Inquadramento normativo regionale

Con il Decreto del Dirigente del Servizio Tutela Ambientale del 10 settembre 2003, n. 10, la Regione Marche ha provveduto alla prima individuazione delle Zone Vulnerabili da Nitrati d'origine agricola. I criteri per l'individuazione delle zone vulnerabili sono quelli previsti dalla normativa Europea.

Il territorio regionale individuato come Zona Vulnerabile da Nitrati di Origine Agricola è pari al 12,27 %, cioè 1189,587 Km<sup>2</sup>.



*Figura 2: Zone Vulnerabili ai Nitrati nelle Marche nel 2003*

Al decreto di Prima individuazione è associato il Programma d'azione alle Zone Vulnerabili da nitrati di origine agricola disposto con Decreto del Dirigente del Servizio Agroalimentare del 24 settembre 2003, n. 121.

Nel suddetto programma di azione sono presenti dei Divieti (Divieti di utilizzazione dei letami e dei concimi azotati e ammendanti organici di cui al Decreto Legislativo n. 217 del

29 aprile). Tali divieti riguardano l'uso di letami, di concimi azotati e di ammendanti organici tale uso è vietato:

- nelle aree di cava, tranne nei casi in cui si vuole ottenere il ripristino della copertura vegetale e per il successivo mantenimento della stessa;
- sui terreni gelati, saturi d'acqua o con frane in atto;
- a distanza inferiore a 25 metri dalle acque di laghi e dalle spiagge;
- a distanza inferiore a 5 metri dalle sponde dei corsi d'acqua superficiali non significativi;
- a distanza inferiore a 10 metri dalle sponde dei corsi d'acqua superficiali significativi;
- sulle superfici non interessate dall'attività agricola;
- nei boschi, ad esclusione degli effluenti rilasciati dagli animali nell'allevamento brado;
- nel periodo temporale compreso tra il 15 novembre e il 15 febbraio in terreni con prati, cereali autunno-vernini, colture ortive, arboree con inerbimento permanente;
- nel periodo temporale compreso dal 1° novembre al 28 febbraio nei terreni destinati ad altre colture.

Per quanto riguarda invece l'uso di Liquami, il divieto è valido per i seguenti casi:

- sulle superfici non interessate dall'attività agricola;
- nei boschi, ad esclusione degli effluenti rilasciati dagli animali nell'allevamento brado;
- sui terreni gelati, saturi d'acqua o con frane in atto;
- in tutte le situazioni in cui l'autorità competente emette specifici divieti;
- su terreni con pendenza media superiore al 10 %, che può essere incrementata (non oltre il 20%) in presenza di sistemazioni idraulico-agrarie ai fini di evitare l'erosione;
- nel periodo temporale compreso tra il 15 novembre e il 15 febbraio di ogni anno nei terreni con prati, cereali autunno-vernini, colture ortive, arboree con inerbimento permanente;
- nel periodo temporale compreso dal 1° novembre al 28 febbraio nei terreni destinati ad altre colture;
- a distanza inferiore a 30 metri dalle acque di laghi e dalle spiagge;

- a distanza inferiore a 10 metri dalle sponde dei corsi d'acqua superficiali;
- sui campi di orticole i cui prodotti siano destinati al consumo a crudo da parte dell'uomo;
- sulle colture foraggere nelle tre settimane precedenti lo sfalcio del foraggio o il pascolamento;
- in prossimità di strade e di centri abitati a meno che i liquami siano distribuiti con tecniche atte a limitare l'emissione di odori sgradevoli o vengano interrati.

Successivamente si parla dei Criteri generali di utilizzazione degli effluenti di allevamento. Per quanto riguarda le Tecniche di distribuzione il piano di azione dice che la distribuzione degli effluenti deve considerare:

- un'elevata utilizzazione degli elementi nutritivi: ciò è ottenibile con un insieme di buone pratiche, come la somministrazione dei fertilizzanti azotati il più vicino possibile al momento della loro utilizzazione, il frazionamento della dose con il ricorso a più applicazioni nell'anno ed il ricorso a mezzi di spandimento che riducano gli spandimenti dell'azoto nell'atmosfera;
- l'uniformità di applicazione dell'effluente;
- il contenimento della diffusione e del trasporto dell'effluente o delle relative acque di percolazione verso aree non interessate da attività agricola;
- il contenimento delle perdite per lisciviazione, ruscellamento e volatilizzazione.

Per quanto riguarda invece le dosi di applicazione il piano d'azione dice che l'applicazione al terreno deve essere effettuata con quantità di azoto sufficiente a soddisfare i fabbisogni delle colture e nei periodi compatibili con le esigenze delle colture stesse. La quantità massima di effluenti di allevamento applicabile alle aree agricole, non deve superare i 170 Kg/ha/anno, inteso come quantitativo medio aziendale. La quantità di azoto disponibile non deve superare il fabbisogno delle colture, i cui limiti massimi di fertilizzazione azotata sono riportati alla tabella 1.

COLTURE	Dosi di azoto Kg/Ha	Resa ipotizzata T/Ha
Frumento tenero	180	6
Frumento duro	140	4
Orzo	120	5
Avena	100	4.5
Segale	80	4
Riso	160	7

Mais ibrido irrigato	280	10
Fava	20	3
Fagiolo	20	3
Pisello	20	3.5
Patata	150	30
Barbabietola da zucchero	150	45
Colza	180	3.5
Girasole	100	3
Soia	20	3
Aglio	120	12
Carota	150	40
Cipolla	120	30
Rapa	120	25
Asparago	180	5
Bietola da coste	130	50
Carciofo	200	15
Cavolo verza e cappuccio	200	30
Cavolo broccolo	150	15
Cavolfiore	200	30
Finocchio	180	30
Lattuga	120	25
Cicoria	180	35
Sedano	200	60
Spinacio	120	15
Cetriolo	150	60
Cocomero	100	50
Fragola	150	20
Melanzana	200	40
Melone	120	35
Peperone	180	40
Pomodoro	160	60
Zucchina	200	30
Melo	120	20
Pero	130	13
Pesco	140	15
Albicocco	140	14
Susino	150	12
Vite da Vino	130	13
Olivo	130	3

**Tabella 1. Limiti massimi di fertilizzazione azotata in funzione del tipo di coltura (kg di N/ha/anno)**

Nella parte II del piano d'azione ci si riferisce in maniera specifica alle aziende non zootecniche. Per quest'ultime ovviamente sono valide le informazioni fornite precedentemente. Inoltre, sono fornite ulteriori informazioni, che permettono lo svolgimento di buone pratiche agricole. Per esempio, si leggono le seguenti informazioni:

- E' obbligatorio l'uso di sistemazioni idraulico-agrarie che permettano di prevenire il ruscellamento superficiale ed i fenomeni erosivi nei terreni declivi e di assicurare lo sgrondo delle acque in eccesso nei terreni pianeggianti
- Sono raccomandate le tecniche agronomiche impiegate per l'agricoltura biologica e conservativa;

Nei terreni con pendenza > 15% si consiglia di:

- inerbire l'interfila (per gli arboreti) ed evitare lavorazioni a profondità maggiore di 25 cm;
- Favorire le tecniche di non lavorazione (con intervento erbicida in pre-semina a base di prodotti sistemici non residuali e successiva semina su sodo) o minima lavorazione del terreno;
- Mantenere inerbiti questi terreni in tutto il periodo autunnale (quando sono massime le piogge dilavanti), non effettuando lavorazioni nel periodo compreso tra 15 settembre e 30 gennaio;
- Seminare i cereali entro la prima decade di novembre per ottenere subito una copertura dei terreni;
- Irrigare stando molto attenti alla scelta del volume di adacquamento, tenendo conto delle esigenze della coltura, al fine di evitare sprechi e rischi di lisciviazione;
- Considerare nel piano di fertilizzazione anche l'apporto di azoto prontamente e totalmente assimilabile contenuto nelle acque irrigue. Per quantificare questa forma "occulta" di concimazione si deve conoscere il contenuto di nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dell'acqua utilizzata per l'irrigazione.

Successivamente il piano d'azione fa riferimento alle cosiddette “buone pratiche agricole”, ovvero pratiche agronomiche razionali da eseguire per riuscire ad ottenere contestualmente le buone produzioni e la salvaguardia dell'ambiente dagli inquinamenti (tra cui quelli derivanti da nitrati di origine agricola). Queste Buone Pratiche Agricole vengono riportate in specifiche tabelle. Ad esempio, la tabella relativa alle coltivazioni arboree è la seguente:

Gestione del suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestione degli interfilari secondo le pratiche normalmente in uso a seconda delle colture e delle aree considerate con preferenza all'inerbimento</li> <li>- Manutenzione delle scoline e dei canali collettori permanenti</li> </ul>
Fertilizzazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impostare la pratica della fertilizzazione sulla base delle reali esigenze nutritive della coltura, tenendo anche conto della dotazione naturale dei terreni, delle perdite e delle immobilizzazioni dei macroelementi da distribuire</li> <li>- Massimizzare l'efficienza dei concimi attraverso opportune epoche e modalità di distribuzione a seconda delle esigenze della coltura</li> </ul>
Difesa fitosanitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificazione del fitofago, del patogeno e dell'infestante e conseguente selezione qualitativa dei mezzi di difesa dal punto di vista fitoiatrico (efficacia, selettività nei confronti della coltura e degli organismi utili, a basso rischio tossicologico, ecc.)</li> <li>- Ottimizzare l'efficacia dei trattamenti attraverso un'adeguata manutenzione e gestione delle attrezzature di distribuzione</li> <li>- Impiego di fitofarmaci solo alle condizioni riportate in etichetta</li> </ul>
Irrigazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume stagionale di irrigazione che tenda al conseguimento della “massima efficienza” in funzione delle caratteristiche idrico-pedologiche del terreno (capacità di campo e punto di appassimento), della disponibilità idrica, del clima e delle colture</li> </ul>
Interventi di potatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interventi cesori effettuati secondo un giusto equilibrio tra entità della vegetazione e della produzione</li> <li>- Eliminazione delle parti secche e ove necessario per evitare ulteriori focolai d'infezione o altri danni, delle parti parassitarie malate</li> </ul>

**Tabella 2. elenco indicativo di pratiche agronomiche razionali; Categoria: COLTURE ARBOREE**

A questa tabella generale fanno seguito delle tabelle in cui vengono riportati tutti gli specifici interventi da eseguire secondo le Norme di Buona Pratica Agricola per ogni specifica coltura. Ad esempio, per la Vite da Vino la tabella è la seguente:

Principali pratiche agronomiche	Descrizione della <i>Buona Pratica Agricola Normale</i> e modalità di controllo della sua attuazione
➤ GESTIONE DEL SUOLO: lavorazioni	<p><i>La vite da vino è una coltura che nelle Marche ha raggiunto un'alta specializzazione e che permette di ottenere vini di alto pregio.</i></p> <p><i>In caso di nuovi impianti, nell'ambito della piattaforma varietale viene data priorità ai vitigni autoctoni ed in caso di nuove introduzioni la scelta viene limitata alle varietà sottoposte a verifiche sperimentali, agronomiche ed enologiche.</i></p>

	<p><i>Il portainnesto viene scelto anche per prevenire i maggiori problemi della viticoltura marchigiana che sono il calcare e la siccità. Salvo casi di forza maggiore si sceglie materiale di moltiplicazione certificato ed esente da virus. All'impianto si esegue uno scasso profondo eseguito con aratura ed uso di altri attrezzi discissori a taglio verticale (ripper) per garantire una buona profondità di lavorazione.</i></p> <p><i>Si cerca di evitare un eccessivo rivoltamento degli strati di terreno per evitare di riportare in superficie strati poco fertili.</i></p> <p><i>Durante l'allevamento in molti casi si eseguono lavorazioni superficiali di rinettamento.</i></p> <p><i>In rari casi viene effettuato un inerbimento permanente controllato con periodici sfalci per ridurre la competizione idrica; nella maggior parte dei casi, durante la stagione primaverile – estiva si effettuano operazioni meccaniche o interventi chimici con dissecanti, volti alla eliminazione delle erbe infestanti che competono con la vite per l'acqua ed i nutrienti.</i></p> <p><i>Nella stagione autunnale – invernale, si lasciano accrescere liberamente le erbe spontanee.</i></p> <p><b>Controlli:</b> <i>Ai fini della normale buona pratica agricola, si verificherà il mantenimento di una copertura vegetale nel periodo autunno-invernale. Tale controllo può essere facilmente effettuato verificando attraverso visite in campo l'assenza di lavorazioni in tale periodo dell'anno.</i></p>
<p>➤ <b>GESTIONE DEL SUOLO:</b> regimazione acque superficiali</p>	<p><i>Le sistemazioni idraulico agrarie e la regimazione delle acque superficiali vengono regolarmente fatte per evitare ristagni idrici, per favorire l'accumulo di acqua nel terreno, per evitare erosioni, ecc.</i></p> <p><i>La quantificazione di un'adeguata rete scolante dipende essenzialmente da tre fattori:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. la pendenza media dell'appezzamento coltivato,</i></li> <li><i>2. dalla coltura praticata,</i></li> <li><i>3. dalla tessitura del terreno.</i></li> </ol> <p><i>I solchi e le scoline vengono normalmente effettuati valutando più o meno empiricamente, ma con elevata attendibilità, i suddetti parametri.</i></p> <p><b>Controlli:</b> <i>Verifica in campo delle dimensioni della rete idrica superficiale di scolo.</i></p>
<p>➤ <b>FERTILIZZAZIONE</b></p>	<p><i>La quantità di macro elementi da distribuire dipende dagli asporti della coltura, dalle perdite ed immobilizzazioni.</i></p> <p><i>L'agricoltore si avvale normalmente dei consigli dei rivenditori di mezzi tecnici, dei tecnici delle associazioni produttori, dei bollettini agronomici settimanali diffusi capillarmente dai Centri Agrometeo Locali.</i></p> <p><i>Talvolta ci si avvale delle analisi del terreno per valutare meglio le condizioni di fertilità.</i></p> <p><i>Non è frequente, ma è auspicabile che rientri nella prassi comune, l'ausilio al piano di concimazione poliennale.</i></p> <p><i>Nella prassi comune, in ogni ettaro di superficie in coltura specializzata, vengono distribuiti annualmente in media: 70 - 100 unità di azoto, 50 - 80 unità di anidride fosforica e 80 - 100 unità di ossido di potassio a seconda delle caratteristiche del terreno e dell'età dell'impianto.</i></p> <p><i>Fosforo e Potassio vengono distribuiti durante le lavorazioni, mentre l'azoto viene distribuito in primavera.</i></p> <p><i>I concimi utilizzati sono principalmente minerali ed in parte organo minerali. Ammendanti quale il letame, quando disponibile viene distribuito nel periodo invernale e comunque all'impianto. Alle carenze di microelementi si sopperisce normalmente con concimazioni fogliari.</i></p>

	<p><b>Controlli:</b> Verifica del rispetto dei massimali di azoto riportati nella tabella 10 tramite la verifica del “quaderno di campagna” e i documenti fiscali d’acquisto dei prodotti fertilizzanti.</p>
<p>➤ DIFESA FITOSANITARIA E DISERBO</p>	<p>La coltura è soggetta a molteplici problemi fitosanitari causati da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Fitofagi:</b> i maggiori problemi possono essere dati dalla Tignoletta (<i>Lobesia Botrana</i>), Ragnetto Rosso (<i>Panonychus Ulmi</i>), Ragnetto Giallo (<i>Eotetranychus Carpini</i>), Acariosi (<i>Calepitrimerus Vitis</i>), combattuti chimicamente anche con esteri fosforici nocivi, talvolta con l’ausilio di trappole per determinare la soglia d’intervento;</li> <li>➤ <b>Crittogame:</b> i problemi sono dati dalla <i>Peronospora</i> (<i>Plasmopara Viticola</i>), <i>Oidio</i> (<i>Uncinola Necator</i>) e <i>Muffa grigia</i> (<i>Botrytis Cinerea</i>). Per la difesa anticrittogamica si utilizzano prodotti rameici, ditiocarbammati, IBE, anilino pirimidine, fenilammidi, dicarbossidi, zolfo, ecc.</li> </ul> <p>Di norma la difesa anticrittogamica è impostata su interventi preventivi a calendario, prevedendo una intensificazione degli interventi in caso di condizioni climatiche avverse.</p> <p>Il supporto per la sua gestione può essere dato dai tecnici delle cantine che ritirano l’uva, dalle associazioni viti vinicole, dai tecnici dei Consorzi Fitosanitari, dai consigli di difesa emanati con i bollettini agronomici settimanali diffusi capillarmente dai Centri Agrometeo Locali, ecc.</p> <p>In generale l’attuale pratica agricola prevede l’uso di un maggior quantitativo di principi attivi, anche di una certa tossicità, rispetto a quanto si potrebbe fare con un corretto programma di difesa guidata ed integrata.</p> <p><b>Controlli:</b> Essendo la prassi di buona pratica agricola estremamente variabile in tema di prodotti impiegati non si prevedono verifiche sugli stessi, se non ai fini di monitoraggio tramite la verifica del “quaderno di campagna” e i documenti fiscali d’acquisto dei prodotti impiegati. L’esecuzione di periodica revisione e taratura delle macchine irroratrici potrà essere verificata a mezzo certificato di revisione a partire dall’avvio e dalla diffusione del servizio di taratura sopra menzionato.</p>
<p>➤ IRRIGAZIONE</p>	<p>Non viene mai fatta, salvo casi eccezionali di siccità estiva.</p>
<p>➤ RACCOLTA</p>	<p>È in forte crescita la cultura di produrre vino di qualità. Con il supporto dei tecnici delle strutture di conferimento dell’uva, la raccolta la si effettua sempre di più attraverso l’impiego di indici di maturazione, valutando l’acidità ed il grado zuccherino.</p> <p>Viene posta attenzione ai tempi di carenza, ovvero al controllo dell’entità dei residui che possono provocare disturbi alle fasi di vinificazione.</p> <p><b>Controlli:</b> Verifica del rispetto del tempo di carenza dei fitofarmaci utilizzati attraverso il controllo del “quaderno di campagna”.</p>
<p>➤ INTERVENTI DI POTATURA</p>	<p>Vengono effettuati per dare una forma di allevamento, per regolare la produzione specie in presenza di disciplinari D.O.C. o per riconvertire il sistema di allevamento.</p> <p>Quelli finalizzati alla produzione, vengono effettuati in fine inverno, prima della ripresa vegetativa.</p> <p>Molta importanza viene data alla potatura verde che si esegue in estate al fine di regolare la quantità di produzione e soprattutto di migliorare la qualità del prodotto finale.</p> <p>Durante l’esecuzione della potatura vengono prese tutte le precauzioni per scongiurare infezioni quali ad esempio il mal dell’esca, ecc. con la disinfezione a base di composti del rame, di strumenti e ferite.</p> <p>I residui della potatura invernale vengono in genere allontanati e bruciati per evitare gravi problemi di diffusione di patologie nell’anno successivo.</p>

	<p><i>Sarebbe auspicabile che tali residui subissero un processo di compostaggio in grado di abbattere il loro rischio di infezioni alle colture.</i></p> <p><b>Controlli:</b> <i>Non sono previsti controlli.</i></p>
--	--

**Tabella 3. Tecniche di buona pratica agricola e meccanismi di controllo per la Vite da Vino**

Nel 2019, con l’approvazione della DGR Marche 1282 “Programma di azione per le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola” si è avuta una integrazione alla normativa descritta. Da questo momento si è introdotta la pubblicazione di un bollettino, il Bollettino Nitrati. Il Bollettino Nitrati viene redatto al fine di definire i giorni nei mesi di novembre e febbraio nei quali è possibile o è vietata la distribuzione dei fertilizzanti azotati. Queste indicazioni ovviamente riguardano solo le aziende che ricadono in Zone Vulnerabili da Nitrati (ZVN) e sono valide solo per i seguenti materiali:

- Concimi azotati ed ammendanti organici;
- Letami, quando utilizzati su pascoli e prati permanenti o avvicendati ed in pre-impianto di colture orticole;
- Liquami, materiali ad essi assimilati ed acque reflue nei terreni con prati (compresi i medicaï, i cereali autunno-vernini, le colture ortive, le colture arboree con inerbimento permanente o con residui colturali).

Per la compilazione del bollettino il territorio regionale è stato suddiviso in 8 zone omogenee per caratteristiche meteo-climatiche, identificate con la numerazione progressiva da "1" a "8". Per ciascuna delle 8 zone viene indicata la possibilità o il divieto di distribuzione.



**Figura 3: Suddivisione in zone della Regione Marche**

Grazie a questa suddivisione in zone si riescono a gestire meglio i divieti per le aziende rientranti nelle ZVN. Tali divieti vengono riportati nella sottostante tabella:

Riga	Materiale	giorni	periodo	Colture
1	letame bovino, ovi caprino ed equino	31	15 dic - 15 gen	pascoli e prati permanenti o avvicendati ed in presemina di colture orticole
2	letame bovino, ovi caprino ed equino	90	1 nov - 28 feb (1)	colture diverse rispetto alla riga 1
3	letami e dei concimi azotati e ammendanti organici di cui al decreto legislativo 29 aprile 2010, n. 75	45	1 dic - 15 gen	colture ortofloricole e vivaistiche (protette o in pieno campo) in aree di pianura
4	letami e dei concimi azotati e ammendanti organici di cui al decreto legislativo 29 aprile 2010, n. 75 ad eccezione del letame bovino, ovi caprino ed equino	90	1 nov - 28 feb (1)	tutte
5	Deiezioni degli avicunicoli essiccate con processo rapido a tenori di sostanza secca superiore al 65%	120	1 nov - 28 feb	tutte
6	Liquami e materiali assimilati	90	1 nov - 28 feb (1)	prati, ivi compresi i medicali, cereali autunno-vernini, colture ortive, arboree con inerbimento permanente o con residui colturali ed in preparazione dei terreni per la semina primaverile anticipata
7	Liquami e materiali assimilati	120	1 nov - 28 feb	colture diverse rispetto alla riga 6

(1) 90 giorni di cui 62 fissi a partire dal 1 dicembre al 31 gennaio ed i 28 rimanenti nei mesi di novembre e febbraio, determinati in funzione delle condizioni pedoclimatiche sulla base delle indicazioni riportate nel Notizario Agrometeorologico – Bollettino Nitrati

**Tabella 4. Calendario dei divieti di spandimento nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati**

## Capitolo 2 CONOSCENZE DI BASE E SCOPO DELLA TESI

### 2.1 Ciclo dell'Azoto

Il ciclo dell'Azoto è un "ciclo biogeochimico", ovvero un ciclo fondamentale sia per gli esseri viventi presenti sulla superficie terrestre che per lo strato superficiale di suolo. Per gli esseri viventi questo ciclo è importantissimo in quanto essi hanno la necessità di assimilare l'azoto per formare dei composti organici vitali, come acidi nucleici e proteine. Il problema è che l'azoto atmosferico non può essere assorbito tal quale da questi organismi (ad eccezione dei batteri azotofissatori).

Le piante sono infatti in grado di assimilare l'azoto se esso si trova in forma ammoniacale (ione ammonio  $\text{NH}_4^+$ ) o in forma nitrica (nitrato  $\text{NO}_3^-$ ). La forma nitrica è quella preferita per l'assimilazione. Tuttavia, bisogna dire che per poter formare proteine e amminoacidi le piante assimilano azoto in forma nitrica e poi lo trasformano in forma ammoniacale. Una rappresentazione semplificata del Ciclo dell'Azoto la possiamo vedere nella figura 4.

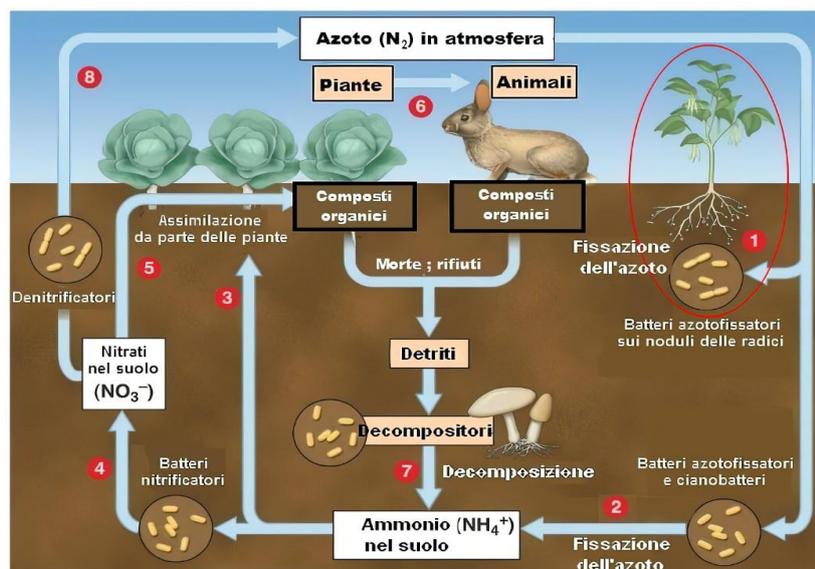


Figura 4: rappresentazione illustrativa del Ciclo dell'Azoto

Questa rappresentazione schematica ci permette di capire che il suolo è in grado di recepire l'azoto atmosferico e di trasformarlo in diverse forme chimiche. Queste forme chimiche sono strettamente collegate tra loro in quanto nel suolo sono presenti diversi tipi di batteri che, a partire dalla sostanza organica inglobata nei residui vegetali, ne determinano la degradazione con conseguente liberazione di azoto ammoniacale. L'azoto ammoniacale poi può essere trasformato da altri batteri in azoto nitrico. Esso a sua volta può essere ulteriormente trasformato in azoto elementare e tornare nell'atmosfera.

A questo punto si può passare alla descrizione dei principali processi di trasformazione che l'azoto subisce nel suolo, soffermandoci anche sui batteri e sugli enzimi che intervengono.

### 2.1.1 *Ammonificazione*

L'Azoto organico per poter essere assimilato dalle piante deve trasformarsi nelle sue forme inorganiche (nitrato, nitrito ed ammonio). Queste trasformazioni sono rese possibili grazie al processo di mineralizzazione della Sostanza Organica presente nel suolo. Questa mineralizzazione è in pratica la trasformazione della sostanza organica in molecole elementari, ovvero acqua, ammoniaca ed anidride carbonica. Il rilascio di azoto ammoniacale dalla sostanza organica avviene in maniera più o meno rapida in funzione della capacità che questi batteri hanno di svolgere la propria funzione. Il processo dell'ammonificazione si svolge grazie all'attività di varie specie microbiche. Esse attaccano i residui di sostanza organica grazie all'attività di diversi enzimi, che permettono lo svolgimento di processi di proteolisi (rottura delle proteine con conseguente formazione di amminoacidi); transaminazione (trasferimento di azoto amminico  $\text{NH}_2$  da un composto ad un altro) e deaminazione (liberazione dell'ammoniaca nel suolo). L'ammoniaca che viene liberata nel suolo si troverà nella soluzione circolante, dove verrà trasformata in ione ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Sottoforma di ione ammonio l'azoto può essere assorbito dalle piante. L'accumulo di azoto in forma ammoniacale risulta però tossico se la concentrazione è elevata, pertanto le piante tendono spesso a preferire l'assimilazione in forma nitrica.

### 2.1.2 *Nitrificazione*

L'azoto ammoniacale è la parte prevalentemente presente nel suolo, sottoforma di ammoniaca e ione ammonio. Esso viene trasformato in azoto nitrico attraverso il processo della nitrificazione. Sotto forma nitrica l'azoto si trova nel suolo come ione nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e

come ione nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Pertanto, si evince facilmente che la nitrificazione è un processo diviso in due fasi:

- 1) La prima fase è denominata nitrosazione e consiste nella trasformazione di ammonio in nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Questa fase viene svolta da vari tipi di batteri nitrosanti. Il genere più comune è denominato *Nitrosomonas*, ma abbiamo anche i generi *Nitrocystis* o *Nitrospira*. Questi organismi generalmente lavorano bene a pH neutro o lievemente alcalino e necessitano della presenza di carbonati di calcio e potassio. In alcuni suoli, ovvero in quelli a pH acido, i batteri non riescono ad agire e pertanto il loro posto viene preso dai funghi (anche se il processo finale avrà una qualità inferiore);
- 2) La seconda fase è denominata nitratazione e consiste nella trasformazione dello ione nitrito in ione nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Questa fase è operata da diversi generi di batteri, il più attivo è chiamato *Nitrobacter*. Anch'essi necessitano di un pH neutro o lievemente alcalino per agire. Pertanto, in terreni acidi essi vengono sostituiti dai funghi.

In suoli caratterizzati dalla carenza di ossigeno si può verificare frequentemente il processo della Denitrificazione, che comporta la riduzione dell'azoto nitrico e la conseguente formazione di gas che si liberano nell'atmosfera ( $\text{N}_2$ ). Questo processo è attuato da batteri anaerobi che appartengono prevalentemente al genere *Micrococcus*, *Pseudomonas* ecc.

Questi batteri sono aerobi obbligati e quindi in condizioni di anaerobiosi sfruttano la respirazione anaerobica ed utilizzano lo ione nitrato come accettore finale di elettroni (in pratica lo ione nitrato prende il posto dell'ossigeno nella catena respiratoria). Questo processo è notevolmente dannoso in quanto porta ad un impoverimento di azoto nei suoli interessati.

### 2.1.3 Azotofissazione

La fissazione dell'azoto atmosferico, o azotofissazione, consiste nella riduzione dell'azoto molecolare ( $\text{N}_2$ ) in ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ). I microrganismi azotofissatori possono essere:

- 1) Azotofissatori non simbiotici: sono soprattutto batteri appartenenti ai generi *Clostridium* ed *Azotobacter*. I batteri del genere *Clostridium* si trovano nei suoli e nelle acque (sia dolci che salate). Essi sono quindi molto diffusi, ma sono limitati dalla presenza di ossigeno, in quanto sono anaerobi. In condizioni di aerobiosi essi però sono in grado di sopravvivere in simbiosi con altri microrganismi aerobi presenti sulla superficie del suolo. L'efficienza di fissazione dell'azoto da parte di questi è

pari a circa 3-7 mg di azoto fissato per 1 gr di carboidrati. I batteri del genere *Azotobacter* sono diffusi in tutti i suoli e in tutte le acque. Essi pertanto si trovano a coesistere con i *Clostridium*, anche se in termini di pH le esigenze sono leggermente diverse. Essi inoltre sono aerobi e pertanto richiedono una buona ossigenazione. La loro efficienza di fissazione dell'azoto è superiore a quella dei *Clostridium* e si assesta intorno a 10-12 mg di azoto per 1 gr di carboidrati. In generale però bisogna dire che la loro capacità di fissare l'azoto atmosferico è valida solo quando questo elemento è carente nei terreni in cui essi operano. Infatti, se essi si trovassero in terreni ricchi di azoto, la loro attività di azotofissazione cesserebbe in quanto troppo dispendiosa dal punto di vista energetico;

- 2) Azotofissatori simbiotici: la simbiosi con lo scopo di eseguire l'azotofissazione è una pratica tipica di piante adatte a vivere in terreni poveri. L'esempio più eclatante di simbiosi azotofissatrice è quella tra le leguminose e il *Rhizobium leguminosarum*. I batteri del genere *Rhizobium* sono infatti in grado di insediarsi nelle radici delle Leguminose e di formare tipici noduli radicali. Operando in questo modo essi sottraggono diversi composti organici e Sali minerali all'ospite e gli cedono in cambio i composti azotati (per i quali questi batteri sono autotrofi e quindi in grado di trasformare l'azoto elementare in azoto ammoniacale grazie all'attività dell'enzima nitrogenasi). Questi scambi sono favoriti da tessuti vascolari che si formano entro i noduli radicali. Quando la pianta muore (e quindi anche i batteri azotofissatori con essa) i composti azotati che si sono accumulati in questi microrganismi vengono rilasciati nel terreno. Esso quindi riceve un importante apporto azotato (di gran lunga maggiore a quello che riceverebbe in caso di semplice degradazione dei tessuti morti). La resa in azoto fissato è di 100 mg di questo elemento per gr secco di nodulo radicale (circa 100 kg/ha/anno).

## 2.2 L'Azoto nel terreno

Visto e considerato tutto quanto detto in precedenza sul ciclo dell'Azoto si può facilmente affermare che le forme di Azoto che si possono trovare nel terreno sono molte e possono continuamente trasformarsi.

Da una stima si evince che la sostanza organica contenga mediamente il 5% di azoto. Se arrotondiamo il quantitativo di Sostanza Organica presente nei primi 20 cm di suolo al 2% possiamo quindi dire che i primi 20 cm di suolo conterranno circa lo 0,1% di Azoto, e cioè circa 3000 Kg/ha nei suoli con una densità di 1,5 gr/cm<sup>3</sup>. Questa quantità di azoto verrà

messa a disposizione delle piante esclusivamente in seguito alla completa mineralizzazione della sostanza organica in cui esso è contenuto.

Considerando il suolo si può stipulare un bilancio riassuntivo dell'azoto, che prevede gli apporti, le asportazioni e le trasformazioni delle varie forme nelle altre. Questo bilancio può essere così riassunto:

- a) Asportazioni: avvengono per denitrificazione, erosione, assorbimento da parte delle piante e lisciviazione negli strati profondi;
- b) Apporti: avvengono per azotofissazione e decomposizione dei residui vegetali;
- c) Trasformazione: mineralizzazione, immobilizzazione nei microrganismi e nitrificazione.

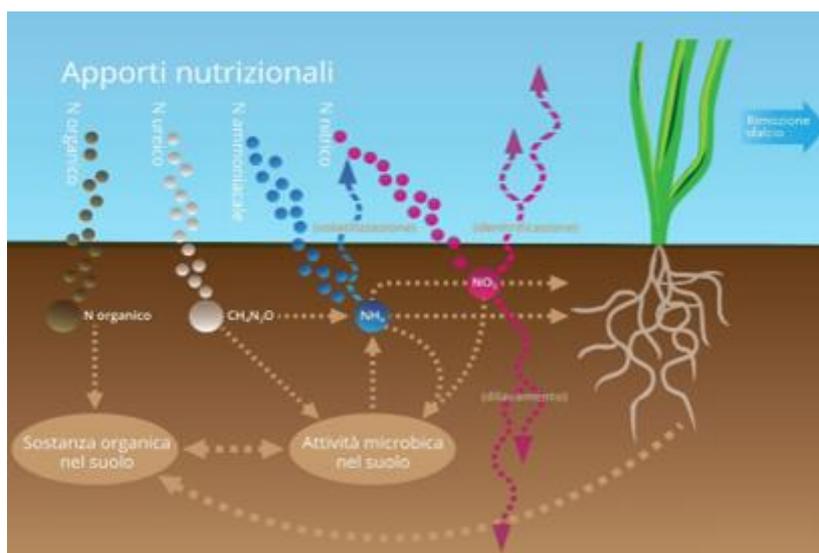
### **2.3 Contaminazione delle acque da nitrati**

Per conoscere bene quali possono essere le conseguenze di una contaminazione ambientale a causa di una eccessiva presenza dei Nitrati nei terreni bisogna studiare la forma Nitrica dell'azoto. Gli studi evidenziano il fatto che le piante preferiscono assorbire l'Azoto Nitrico in quanto la forma Ammoniacale è tossica se presente in concentrazioni elevate nelle cellule.

Nella soluzione circolante si possono trovare entrambe le forme azotate assimilabili dalle piante. Tuttavia, la forma Ammoniacale (ione ammonio  $\text{NH}_4^+$ ) è un catione e la sua carica positiva lo rende attraente per i colloidali del suolo. Questo perché i colloidali prevalentemente presenti nel suolo (argille ed humus) sono dotati di cariche negative e quindi sono in grado di legarsi ai cationi presenti nella soluzione. Quindi si può dire che lo ione ammonio verrà trattenuto dai colloidali della soluzione circolante e non verrà perso per lisciviazione.

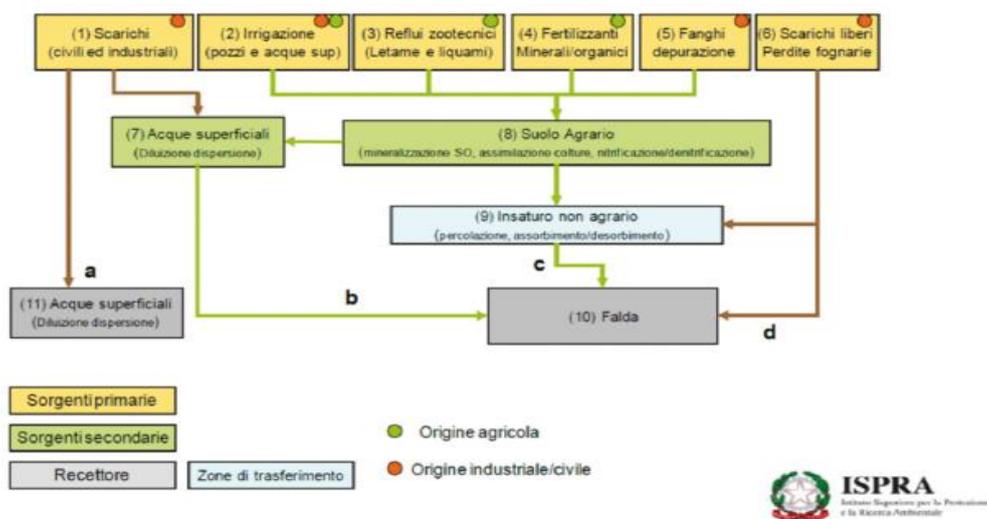
Per descrivere il processo integralmente si può dire che man mano che le radici delle piante assorbono ioni ammonio dalla soluzione circolante questi verranno sostituiti da quelli trattenuti dalla frazione colloidale e non ci saranno in alcun caso perdite per lisciviazione. Lo ione nitrato invece ( $\text{NO}_3^-$ ) ha una carica negativa e per questo viene respinto in prevalenza dai colloidali del suolo restando sempre in soluzione. Questo vuol dire che se è presente in alte concentrazioni in un momento in cui la pianta non ha effettivamente bisogno di assorbirlo esso può essere dilavato e perso per lisciviazione, andando conseguentemente ad inquinare le falde. Quindi si può capire che apporti di azoto nitrico devono avvenire solo in momenti di reale necessità per le piante e in assoluta assenza di piogge (per evitare il dilavamento).

Una volta evidenziati questi aspetti si può affermare che la forma azotata pericolosa per l'ambiente è quella nitrica e pertanto il monitoraggio deve essere fatto considerando solo ed esclusivamente i Nitrati e non l'azoto totale presente nel suolo. Nell'immagine sottostante vediamo alcuni dei fertilizzanti minerali che si possono apportare alle colture ed i processi a cui l'azoto va incontro nel terreno. Uno dei percorsi dell'azoto nitrico è proprio il dilavamento.



**Figura 5: tipi di fertilizzanti azotati e processi a cui l'azoto va incontro nel suolo**

Tuttavia, bisogna dire che l'inquinamento delle acque da nitrati non è solo un processo causato dalle pratiche agricole, ci sono infatti molte attività industriali che lo causano in forma maggiore di quelle legate all'agricoltura. Ad esempio, tra le attività che causano inquinamento da nitrati delle acque abbiamo gli scarichi civili ed industriali, i Fanghi di depurazione, gli scarichi liberi e le perdite fognarie. La diapositiva seguente, redatta dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), riporta schematicamente tutte le attività responsabili dell'inquinamento da nitrati delle acque superficiali e delle falde.



**Figura 6: fonti di inquinamento delle acque da nitrati (ISPRA)**

#### 2.4 Piano di Concimazione Azotata

Normalmente, per capire quanto azoto somministrare con la concimazione si esegue un bilancio dell'Azoto nel terreno e si redige un piano di concimazione in base al fabbisogno colturale (che è un valore rintracciabile da manuali tecnici).

Secondo quanto riportato nell'Allegato A alla DGR 2021-787 della Regione Marche (disciplinare di produzione Integrata) il Bilancio dell'Azoto si calcola attraverso un algoritmo costituito dalla seguente formula:

$$N_c + N_f + A_n + (K_c \times F_c) + (K_o \times F_o) = (Y \times B) + C + D$$

Dove:

- $N_c$  = disponibilità di N derivante dai residui colturali (precessioni colturali);
- $N_f$  = disponibilità di N derivante dalle fertilizzazioni organiche effettuate nell'anno precedente;
- $A_n = (A_{n1} + A_{n2}) = N$  da apporti naturali così determinati:
  - $A_{n1}$  = deposizioni secche e umide dall'atmosfera. Il valore è quello della disponibilità di azoto derivante dalla mineralizzazione della Sostanza Organica nel corso dell'anno e, nel caso di colture leguminose, quello catturato dai batteri simbiotici azoto fissatori. Qualora la coltura viva per un

periodo di tempo inferiore all'anno  $An_1$  deve essere moltiplicato per il periodo di coltivazione e poi diviso per i 12 mesi complessivi;

➤  $An_2 = b_1 + b_2 =$  apporti di azoto derivanti dalla fertilità del suolo costituiti dall'azoto immediatamente disponibile per la coltura e definito come azoto pronto ( $b_1$ ) e azoto che deriva dalla mineralizzazione della sostanza organica ( $b_2$ );

- **Kc** = coefficiente di efficienza relativo agli apporti di fertilizzante minerale ( $F_c$ ). In genere si considera pari al titolo commerciale del concime azotato;
- **Fc** = quantità di azoto apportata con i concimi;
- **Ko** = coefficiente di efficienza relativo agli apporti di fertilizzante organico ( $F_o$ ). Esso stima la quota di azoto effettivamente disponibile per la coltura in funzione dell'epoca e della modalità di distribuzione e del fertilizzante utilizzato;
- **Fo** = quantità di azoto apportata col concime organico;
- **Y** = produzione attesa dalla coltura;
- **B** = coefficienti unitari di asportazione ovvero contenuto in azoto dei prodotti colturali
- **C** = perdite per lisciviazione. Devono essere stimate prendendo in considerazione l'entità delle precipitazioni, oppure le caratteristiche del terreno ed in particolare la facilità di drenaggio e la tessitura;
- **D** = Perdite per immobilizzazione e dispersione. Le quantità di azoto che vengono immobilizzate per processi di adsorbimento chimico-fisico, per processi di volatilizzazione e denitrificazione sono calcolate come % degli apporti di azoto provenienti dalla fertilità del suolo.

Sempre secondo quanto riportato in questo allegato vediamo che il piano di concimazione si redige anche in base a quelle che si presume possano essere le esigenze colturali della coltura. Nel caso della vite queste esigenze secondo la regione Marche vengono riportate nella tabella 5.

Coltura	Unità asportate o assorbite (kg per quintale di prodotto)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Vite per uva da vino (collina e montagna) solo grappoli	0,27	0,07	0,30	asp.
Vite per uva da vino (collina e montagna) grappoli, tralci e foglie	0,57	0,28	0,67	ass.
Vite per uva da vino (pianura) solo grappoli	0,20	0,07	0,30	asp.
Vite per uva da vino (pianura) grappoli, legno e foglie	0,62	0,28	0,74	ass.

**Tabella 5. Unità asportate o assorbite di elementi nutritivi espresse in Kg per quintale di prodotto**

## 2.5 Accordo Agroambientale Piceno

Gli Accordi Agroambientali d'Area (AAA) si stipulano con lo scopo di coinvolgere e unire attorno ad una specifica problematica ambientale un insieme di soggetti pubblici e privati all'interno di un progetto territoriale condiviso, in grado di permettere l'attivazione di una serie di interventi mirati ad affrontare in maniera ponderata le criticità. In particolare, l'Accordo Agroambientale d'Area Piceno ha l'obiettivo di mantenere le superfici biologiche già esistenti e di convertire all'agricoltura biologica o alla produzione integrata parte delle superfici coltivate con metodo convenzionale. Questo perché i disciplinari di produzione biologica ed integrata prevedono interventi che hanno l'obiettivo di ridurre l'uso dei fertilizzanti di sintesi, con effetti notevolmente positivi sulla qualità delle acque e dei suoli. Il soggetto promotore di tale accordo è Vinea Società cooperativa agricola. L'area interessata dall'AAA Piceno è caratterizzata da uno sviluppo intensivo dell'agricoltura e quindi l'impatto di un passaggio al biologico o alla produzione integrata si prevede maggiore di quello che si avrebbe in aree marginali (dove le produzioni vengono sostenute da un moderato apporto di prodotti sintetici).

La figura 7 mostra un versante collinare integralmente allevato a vigneto o quasi, a testimonianza del fatto che l'area sia caratterizzata da un sistema agricolo intensivo.



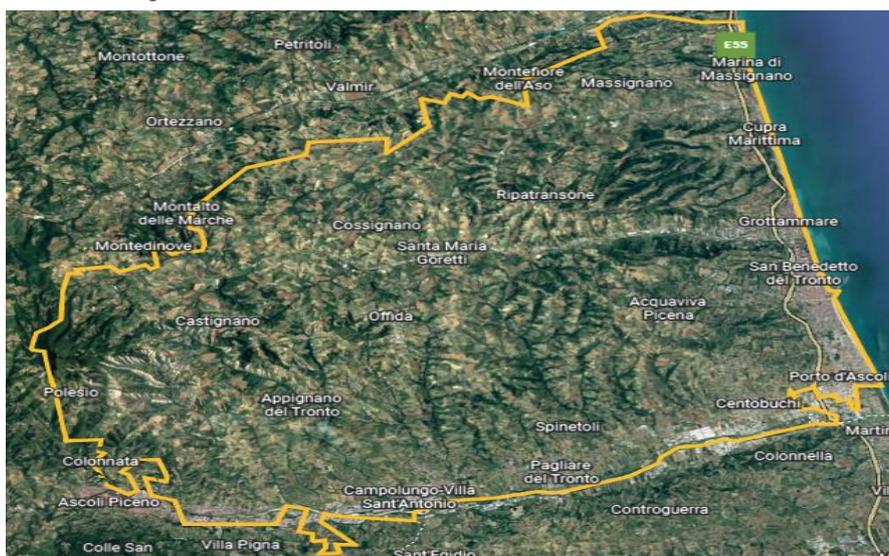
*Figura 7: versante collinare interamente allevato a vigneto*

L'attuazione di pratiche colturali ed agronomiche sostenibili e di azioni coerenti con quanto indicato nella direttiva quadro sulle acque e nel PDA per l'uso sostenibile dei fitofarmaci assicura una maggiore tutela delle acque e una riduzione dell'impatto ambientale dell'agricoltura. Attraverso l'analisi di contesto svolta dal PSR della Regione Marche si è riusciti ad evidenziare diverse criticità ambientali. Queste criticità, che riguardano principalmente la qualità delle acque, possono essere attenuate tramite una diffusione delle pratiche agricole a basso impatto. Quindi è di primaria necessità favorire metodi gestionali che facciano ricorso in minore misura a fertilizzanti ed agrofarmaci di sintesi e che permettano di salvaguardare lo stato chimico ed ecologico delle acque. Pertanto l'obiettivo primario dell'AAA è stato quello di coinvolgere un numero importante di aziende agricole che si sono impegnate sia nel passato che nel presente ad adottare appunto le tecniche a basso impatto o biologiche previste nell'Accordo stesso.

## 2.6 Il Progetto

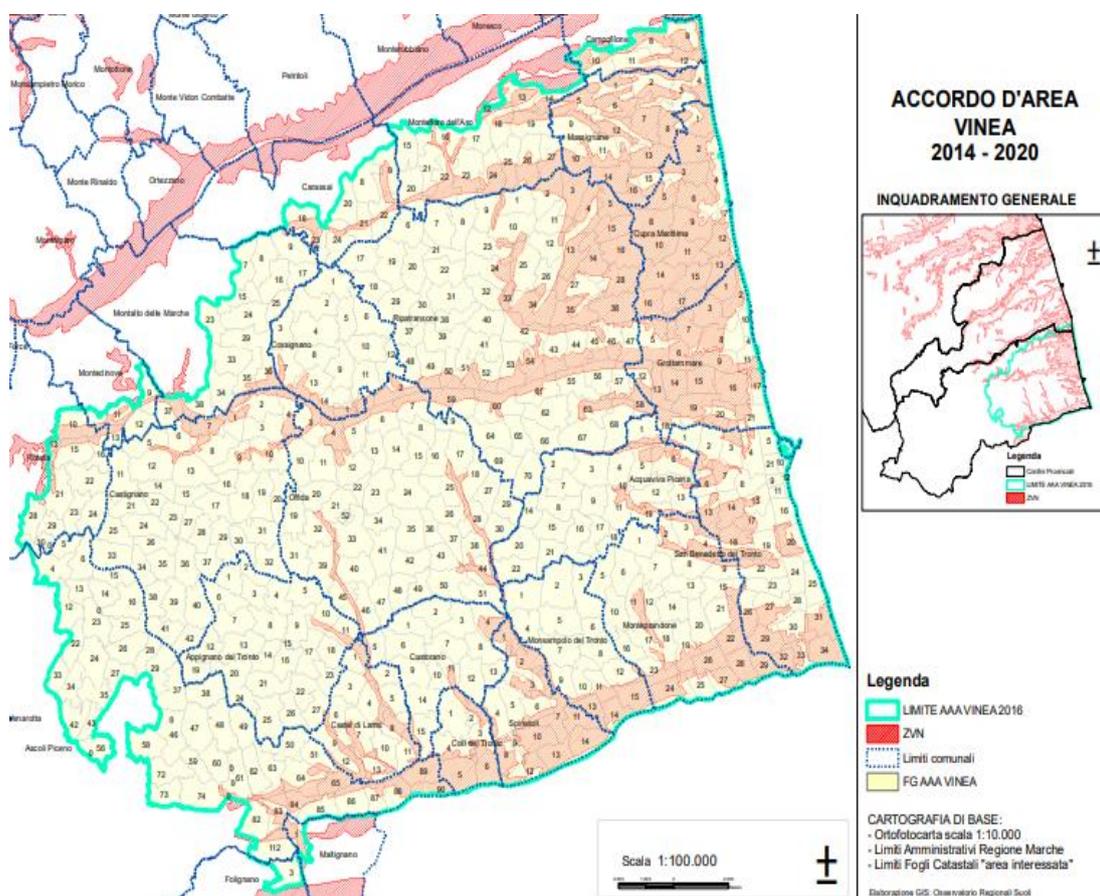
Il progetto al quale si è collegato il lavoro di tesi ha come titolo “APPLICAZIONE DELLA FERTILIZZAZIONE AZOTATA DI PRECISIONE NELLE AREE AGRICOLE DEL PICENO” ed è stato realizzato nell’ambito del PSR MARCHE 2014/2022 – Accordo Agroambientale d’Area Piceno – Misura 16.2 – FA 2A – Sostegno a progetti pilota ed allo sviluppo di nuovi prodotti. I soggetti coinvolti sono la VINEA SOCIETA’ COOPERATIVA AGRICOLA di Offida (AP) con le sue aziende collegate, il Servizio Suoli dell’ASSAM Regione Marche ed il Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali dell’Università Politecnica delle Marche con il gruppo di Ricerca di Chimica Agraria (che ha fornito una supervisione scientifica). Tra i compiti del Gruppo di Ricerca c’era quello di elaborare e validare i risultati del progetto per poi redigere un protocollo che ne permetta l’attuazione.

Il progetto è stato realizzato nei comuni compresi nell’AAA Piceno, ovvero Acquaviva Picena, Ascoli Piceno, Appignano del Tronto, Campofilone, Carassai, Castel di Lama, Castignano, Castorano, Colli del Tronto, Cossignano, Cupra Marittima, Folignano, Grottammare, Maltignano, Massignano, Monsampolo del Tronto, Montalto delle Marche, Montedinove, Montefiore dell’Aso, Monteprandone, Offida, Ripatransone, Rotella, San Benedetto del Tronto e Spinetoli. Questa area geografica si posiziona all’interno della Carta tecnica Regionale a scala 1:10000 nei quadranti 314, 315, 326 e 327. L’area di intervento intercetta prevalentemente il bacino del fiume Tronto, del fiume Tesino e del torrente Menocchia, torrente Sant’Egidio, torrente Albula e Torrente Ragnola. La figura 8 indica meglio l’Area compresa nell’Accordo.



*Figura 8: Superficie compresa nell'Accordo Agroambientale Piceno*

L'area compresa nell'accordo è stata definita come un'unica porzione di territorio di una superficie totale geografica pari a 49078.35 ha. Questa porzione di territorio al suo interno contiene una superficie di 12350,35 ha di territorio ZVN (Zona vulnerabile ai Nitrati). Queste ZVN sono state individuate dal Decreto DS n.10/TAM del 10 settembre 2003. Tale area ZVN rappresenta il 25,16 % dell'area compresa nell'AAA. Le superfici annesse in zone ZVN interessano le aree pianeggianti delle aste fluviali e parte della fascia costiera. Per questo motivo è fondamentale gestire bene i fertilizzanti ed i fitofarmaci in modo da tutelare le acque. La figura 9, presa dal sito internet della Regione Marche, ci indica bene qual è l'area interessata dall'accordo e quali sono le ZVN annesse (le zone ZVN sono quelle rosa intenso).



**Figura 9: Area dell'Accordo Agroambientale Piceno con evidenziazione delle ZVN**

Quindi si può dire che uno dei motivi che ha portato VINEA a proporre l'AAA Piceno è il fatto che l'azoto, oltre a favorire un rapido sviluppo delle colture, costituisce (nella sua forma nitrica) un pericolo per le acque per i motivi elencati prima.

All'interno dell'AAA Piceno Vinea ha deciso di promuovere un progetto, quello a cui fa riferimento la tesi, che permette di gestire in maniera innovativa la fertilizzazione azotata dei vigneti. In questo modo si riescono a scegliere le dosi in modo molto più preciso e quindi di conseguenza si spende meno (perché spesso le concimazioni che si fanno sono molto abbondanti) e si riduce l'inquinamento idrico. L'obiettivo principale di questo progetto è quindi quello di fornire un sostegno tecnico e scientifico alle Aziende rientranti nell'AAA per permettere loro di adottare buone pratiche agricole per la concimazione azotata. Gli obiettivi correlati sono inoltre:

- a) Rendere massima l'efficienza dell'azoto che si apporta cercando di valorizzare le dotazioni azotate proprie del suolo e le condizioni di assorbimento della pianta tramite le concimazioni, con una conseguente riduzione della lisciviazione e un aumento della tutela delle acque;
- b) Fornire all'agricoltore maggiori informazioni e strumenti per fare scelte giuste;
- c) Ridurre i costi della fertilizzazione azotata grazie al fatto che gli apporti saranno mirati e quindi molto efficaci;
- d) Migliorare la funzionalità del ciclo del carbonio nel suolo, in quanto esso è strettamente legato al ciclo dell'Azoto;
- e) Coinvolgere le aziende agricole e gli enti pubblici per far crescere la cultura generale sul tema delle buone pratiche di concimazioni e sulle ricadute ambientali che le pratiche errate comportano.

## **2.7 Scopo della Tesi**

Lo scopo della presente tesi è stato quello di coadiuvare i tecnici VINEA nelle operazioni di monitoraggio dei nitrati in una parte delle aziende viticole del comprensorio del Piceno al fine di ridurre l'apporto di azoto nitrico alla vite, limitandolo allo stretto necessario per nutrire le piante e per evitare fenomeni di lisciviazione delle acque superficiali e profonde. Si sono svolte due campagne di monitoraggio in 72 aziende, la prima nel periodo ottobre-dicembre 2020 e la seconda nel periodo gennaio-marzo 2021 e la misurazione del nitrato è avvenuta servendosi di uno strumento portatile e di facile utilizzazione che potrà essere reso disponibile in futuro per tutte le aziende del comprensorio. Dalle misurazioni effettuate è stato possibile stabilire le dosi di nitrato da apportare ai vigneti nei due periodi considerati, evitando di fornire quantità superiori al necessario e quindi riducendo o annullando il rischio di contaminazione delle acque superficiali e profonde.

## Capitolo 3 MATERIALI E METODI

### 3.1 Premessa

Una volta descritto l'Accordo Agroambientale d'Area Piceno, promosso dalla società Vinea, bisogna dire che nell'ambito del progetto "APPLICAZIONE DELLA FERTILIZZAZIONE AZOTATA DI PRECISIONE NELLE AREE AGRICOLE DEL PICENO" si è cercato di suddividere l'area rientrante nell'AAA in zone con caratteristiche pedologiche ed ambientali diverse. Questa suddivisione è stata possibile sulla base di conoscenze pregresse ed in questo è stata molto importante la partecipazione di Pedologi specializzati. In pratica la suddivisione è stata fatta partendo dal contesto pedologico e ambientale descritto nella Carta di Suoli e Paesaggi delle Marche in scala 1:250.000 e dalla Zonazione della DOC Offida (Manuale d'uso del territorio – 2007). Sulla base di queste pubblicazioni si sono quindi individuate 33 zone con caratteristiche diverse tra loro ed all'interno di esse sono state scelte 72 aziende aventi diversi orientamenti colturali. La diapositiva mostra la suddivisione in 33 zone dell'area interessata.



*Figura 10: suddivisione in 33 zone dell'area del progetto*



Dal primo punto (quello centrale) ci si sposta di 2 m a Nord, si preleva nuovamente il terreno con le stesse modalità e lo si pone nuovamente nel secchio. Poi si torna verso il punto centrale e da questo ci si sposta ad Est di 2 m e si fa un nuovo campione. Successivamente si torna al punto centrale e ci si sposta di 2 m ad Ovest e si fa lo stesso. Infine, si torna al centro e ci si sposta di 2 m a Sud ripetendo la stessa operazione. I cinque sub-campioni, stoccati nel secchio, vengono accuratamente mischiati e dal secchio si ricava un sacchetto di plastica. Questo sacchetto viene identificato con un codice e poi successivamente portato in laboratorio dove verrà essiccato ed analizzato.

Per ogni prelievo nei punti cardinali viene scattata una foto che serve a documentare l'ambiente in cui lo stesso è stato effettuato. Le immagini sottostanti sono un esempio di campionamento e vengono dall'Incontro Tecnico in campo di mercoledì 20 ottobre 2021, organizzato da Vinea.



***Figura 12: passaggi del campionamento del terreno***

Ogni volta che si esegue un campionamento in una determinata azienda si deve compilare contemporaneamente una scheda su cui si annotano le informazioni relative alla tecnica colturale del terreno (cioè se esso viene tenuto inerbito, lavorato ecc.), e alle concimazioni eventualmente effettuate dall'azienda. Questa operazione si ritiene necessaria per avere tutte

le informazioni necessarie a contestualizzare il dato sulla quantità di azoto nitrico che si riscontra nella soluzione circolante del terreno analizzato.

Nella figura 13 vediamo l'esempio di una scheda compilata durante il campionamento eseguito nel corso dell'Incontro Tecnico in campo del 20 ottobre 2021.

PARAMETRO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO
COORD. GE-EST X (m)	61° 55' 24"				
COORD. GE-EST Y (m)	13° 45' 58"				
QUOTA (m s.l.m.)	200 m.l.n.				
PENDENZA (% - cod.)	10%				
ESPOSIZIONE (°N)	>10				
CURVATURA					
ELEMENTO MORFOLOG.					
POSIZIONE					
DEPOSIZIONE					
PIETROSITA'					
SUPERFICIALE					
ASPETTI SUPERFICIALI					
COLORE					
STRUTTURA					
TESSITURA	FRANCO ARGILLO				
UMIDITA'					
EFFERVESCENZA					
FESSURE					
ATTIVITA' BIOLOGICA					

**Figura 13: Scheda tecnica compilata contestualmente al campionamento**

### 3.2.2 Analisi del quantitativo di nitrato presente nel terreno campionato

La principale innovazione proposta da questo progetto è il fatto che si vada a rilevare esclusivamente la quota di Nitrato presente nel terreno. Troppo spesso, infatti, quando si parla di azoto nel terreno ci si riferisce alla quota di azoto totale. Possiamo quindi classificare i terreni in funzione della loro dotazione in Azoto Totale (espressa in grammi di Azoto su Kg di terreno). La classificazione sarà la seguente:

- 1) Terreni molto poveri, se la dotazione in azoto totale è  $< 0,5$  gr/Kg;
- 2) Terreni poveri, se la dotazione in azoto totale è compresa tra  $0,5$  e  $1$  gr/Kg;
- 3) Terreni mediamente forniti, se la dotazione in azoto totale è compresa tra  $1$  e  $1,5$  gr/Kg;
- 4) Terreni ben forniti, se la dotazione in azoto totale è  $> 1,5$  gr/Kg.

In base ad una stima teorica si può considerare che l'azoto Nitrico nel terreno costituisca circa l'1-2% della quota totale.

Il motivo principale per cui spesso i dati sull'azoto nitrico sono carenti è il fatto che i nitrati hanno una elevata mobilità e quindi la loro concentrazione varia continuamente nello strato superficiale. La conoscenza di questi dati però è di fondamentale importanza prima di concimare per i motivi precedentemente descritti. Pertanto, il progetto ha suggerito l'introduzione di uno specifico strumento di misurazione in modo da colmare queste falle.

La misura dell'azoto nitrico presente nel terreno campionato viene fatta attraverso uno strumento a scambio ionico denominato Cardy Nitrate Meter. In pratica si esegue la calibrazione dello strumento con l'ausilio di soluzioni a concentrazione nota e poi con esso si effettuano le misure sulla soluzione circolante del terreno. La soluzione circolante viene estratta attraverso una procedura ben precisa. Tale procedura prevede le seguenti fasi:

- a) Si prendono 30 gr del terreno proveniente dal campionamento e si esegue una attenta macinatura e setacciatura;
- b) Al terreno finemente triturato viene aggiunta soluzione reagente;
- c) Questo reagente riesce ad estrarre la soluzione circolante e quindi all'estrazione si avrà una soluzione costituita da soluzione circolante e soluzione reagente;
- d) Questa soluzione viene filtrata in modo da ottenere la separazione tra soluzione circolante e reagente.

La soluzione circolante estratta viene utilizzata per la misurazione della concentrazione di  $\text{NO}_3$ , espressa in ppm. Le immagini sottostanti mostrano come si presentano i campioni di terreno dopo averli messi a contatto con la soluzione reagente (figura 14):



**Figura 14: campioni di terreno messi a contatto con la soluzione reagente**

Nella figura 15 invece possiamo vedere un esempio di Cardy Nitrate Meter, uno strumento portatile e molto pratico da usare.



**Figura 15: Cardy Nitrate Meter**

Una volta terminata la misurazione diventa fondamentale interpretare i risultati ottenuti. Bisogna cioè capire, in funzione del dato che si è ottenuto, se concimare ed eventualmente in che modo farlo. Questa interpretazione può essere fatta riferendosi a contesti nei quali il Test del Suolo è ampiamente diffuso in modo da prendere spunto da essi.

Bisogna anche dire inoltre che questo test presenta delle limitazioni e richiede alcuni requisiti di base, ovvero:

- a) I campioni di suolo devono essere prelevati fino alla profondità di 60 cm;
- b) I campioni devono essere velocemente essiccati all'aria;
- c) I campionamenti vanno fatti in tardo autunno o ad inizio primavera per ottenere risultati validi;
- d) Questo test è adatto principalmente per climi poco piovosi in cui non ci sono forti perdite di nitrato per lisciviazione. Questo perché in tal caso la determinazione del quantitativo di nitrato presente nel suolo può essere strettamente collegata al fabbisogno della coltura (in caso contrario avremmo una eccessiva imprevedibilità dovuta all'intensità degli eventi piovosi e della conseguente lisciviazione);
- e) I risultati del test vanno interpretati in modo diverso in funzione delle colture interessate e del clima a cui si sta facendo riferimento.

Il test è stato ripetuto su 72 appezzamenti di vigneto situati nella zona compresa dal progetto. La scelta dei vigneti da analizzare è stata fatta secondo la tecnica delle

combinazioni uniche. Ciò vuol dire che i risultati ottenuti per ognuno dei 72 suoli test potranno essere estesi a tutti i suoli non testati ma con stesse caratteristiche.

## Capitolo 4 RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1 Risultati della Campagna di Misurazione

Il Test del Suolo per i Vigneti è un processo innovativo che permette di avere un quadro molto più chiaro in merito alle concimazioni nitriche da eseguire. Nella Tabelle sottostanti sono elencate le misurazioni eseguite nell’Autunno 2020 e nella Primavera 2021 per le 72 aziende facenti parte del progetto. In entrambe le tabelle vediamo in verde il valore più basso riscontrato ed in rosso il valore più alto.

*Tabella 6. Risultati della Campagna di Misurazione – ottobre/dicembre 2020*

#### **Ottobre-Dicembre 2020**

<b>Codice</b>	<b>Data di analisi</b>	<b>ppm di NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>
L0001	14/10/2020	30
L0002	14/10/2020	24
L0003	14/10/2020	36
L0004	14/10/2020	27
L0005	15/10/2020	19
L0006	15/10/2020	26
L0007	15/10/2020	24
L0008	15/10/2020	31
L0009	21/10/2020	33
<b>L0010</b>	<b>21/10/2020</b>	<b>14</b>
L0011	21/10/2020	22
L0012	21/10/2020	29
L0013	22/10/2020	34
L0014	22/10/2020	34
L0015	22/10/2020	29
L0016	22/10/2020	26
L0017	04/11/2020	29
L0018	04/11/2020	24
L0019	04/11/2020	25
L0020	04/11/2020	33

L0021	05/11/2020	24
L0022	05/11/2020	18
L0023	05/11/2020	26
L0024	05/11/2020	35
L0025	06/11/2020	29
L0026	06/11/2020	27
L0027	06/11/2020	27
L0028	06/11/2020	31
L0029	11/11/2020	30
L0030	11/11/2020	19
L0031	11/11/2020	25
L0032	11/11/2020	29
L0033	12/11/2020	34
L0034	12/11/2020	17
L0035	12/11/2020	26
L0036	12/11/2020	32
L0037	18/11/2020	28
L0038	18/11/2020	24
L0039	18/11/2020	21
L0040	18/11/2020	20
L0041	19/11/2020	26
L0042	19/11/2020	27
L0043	19/11/2020	33
L0044	19/11/2020	26
L0045	25/11/2020	19
<b>L0046</b>	<b>25/11/2020</b>	<b>37</b>
L0047	25/11/2020	24
L0048	25/11/2020	23
L0049	26/11/2020	24
L0050	26/11/2020	29
L0051	26/11/2020	31
L0052	26/11/2020	35
L0053	02/12/2020	20
L0054	02/12/2020	28
L0055	02/12/2020	23
L0056	02/12/2020	28
L0057	02/12/2020	35
L0058	03/12/2020	28
L0059	03/12/2020	28
L0060	03/12/2020	17
L0061	03/12/2020	26
L0062	04/12/2020	22
L0063	04/12/2020	28
L0064	04/12/2020	33
L0065	04/12/2020	36
L0066	04/12/2020	28
L0067	14/12/2020	21
L0068	14/12/2020	20

L0069	14/12/2020	24
L0070	14/12/2020	31
L0071	15/12/2020	29
L0072	15/12/2020	29

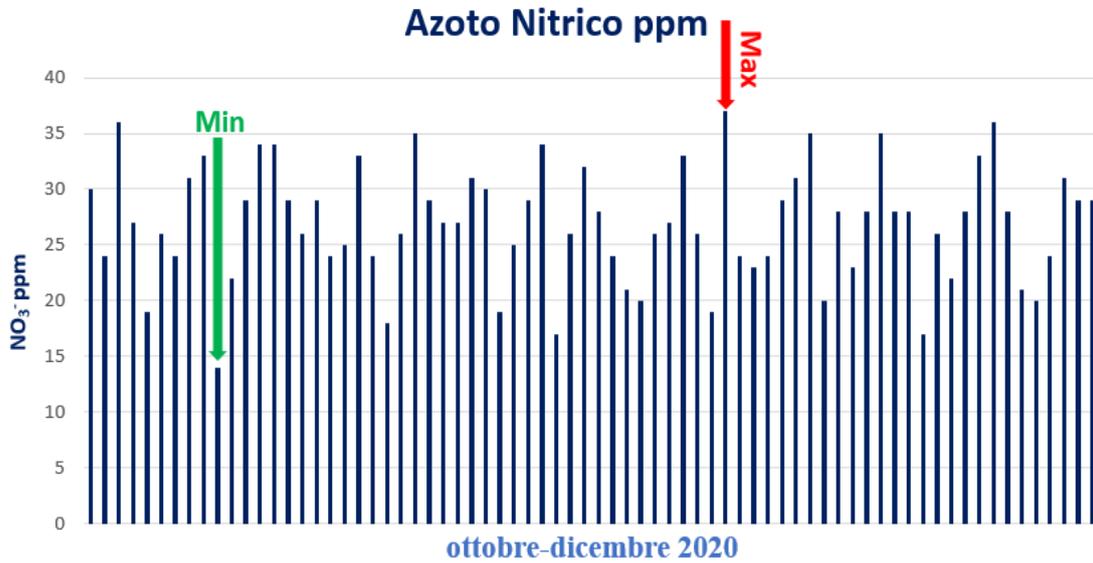
**Tabella 7. Risultati della Campagna di Misurazione - Gennaio/Marzo 2021**

### Gennaio-Marzo 2021

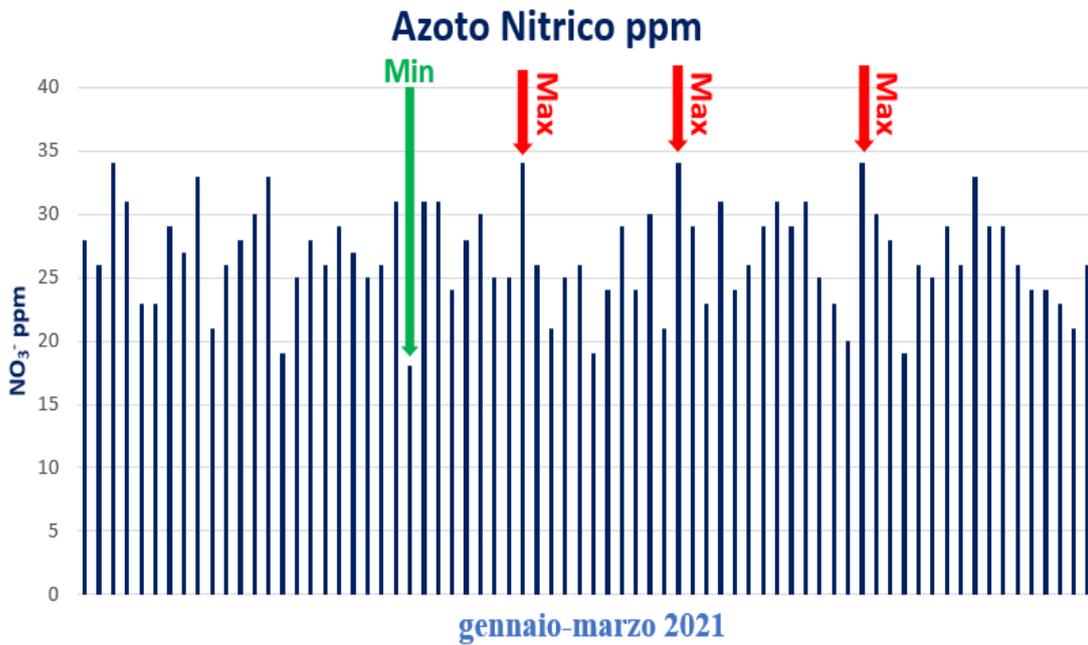
Codice	Data di analisi	ppm di NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
L0001	07/01/2021	28
L0002	07/01/2021	26
<b>L0003</b>	<b>07/01/2021</b>	<b>34</b>
L0004	07/01/2021	31
L0005	08/01/2021	23
L0006	08/01/2021	23
L0007	08/01/2021	29
L0008	08/01/2021	27
L0009	11/01/2021	33
L0010	11/01/2021	21
L0011	11/01/2021	26
L0012	11/01/2021	28
L0013	12/01/2021	30
L0014	12/01/2021	33
L0015	12/01/2021	19
L0016	12/01/2021	25
L0017	13/01/2021	28
L0018	13/01/2021	26
L0019	13/01/2021	29
L0020	18/01/2021	27
L0021	18/01/2021	25
L0022	18/01/2021	26
L0023	18/01/2021	31
<b>L0024</b>	<b>20/01/2021</b>	<b>18</b>
L0025	20/01/2021	31
L0026	20/01/2021	31
L0027	20/01/2021	24
L0028	22/01/2021	28
L0029	22/01/2021	30
L0030	22/01/2021	25
L0031	22/01/2021	25
<b>L0032</b>	<b>02/02/2021</b>	<b>34</b>
L0033	02/02/2021	26
L0034	02/02/2021	21

L0035	02/02/2021	25
L0036	04/02/2021	26
L0037	04/02/2021	19
L0038	04/02/2021	24
L0039	04/02/2021	29
L0040	09/02/2021	24
L0041	09/02/2021	30
L0042	09/02/2021	21
L0043	09/02/2021	34
L0044	09/02/2021	29
L0045	12/02/2021	23
L0046	12/02/2021	31
L0047	12/02/2021	24
L0048	12/02/2021	26
L0049	22/02/2021	29
L0050	22/02/2021	31
L0051	22/02/2021	29
L0052	22/02/2021	31
L0053	03/03/2021	25
L0054	03/03/2021	23
L0055	03/03/2021	20
<b>L0056</b>	<b>03/03/2021</b>	<b>34</b>
L0057	04/03/2021	30
L0058	04/03/2021	28
L0059	04/03/2021	19
L0060	04/03/2021	26
L0061	09/03/2021	25
L0062	09/03/2021	29
L0063	09/03/2021	26
L0064	09/03/2021	33
L0065	17/03/2021	29
L0066	17/03/2021	29
L0067	17/03/2021	26
L0068	17/03/2021	24
L0069	22/03/2021	24
L0070	22/03/2021	23
L0071	22/03/2021	21
L0072	22/03/2021	26

Per contestualizzare meglio i dati riportati nelle 2 tabelle sovrastanti osserviamo due grafici (figura 16 e figura 17) che mettono maggiormente in risalto i valori riscontrati nella campagna di misurazione.



*Figura 16: Risultati della Campagna di Misurazione – Ottobre/Dicembre 2020*



*Figura 17: Risultati della Campagna di Misurazione - Gennaio/Marzo 2021*

Nelle due campagne di misurazione i dati oscillano tra un minimo di 14 ppm e un massimo di 37 ppm, con valori che quindi non raggiungono mai i 40 ppm.

## 4.2 Interpretazione dei risultati

I risultati ottenuti devono ovviamente essere interpretati nella maniera giusta per poi utilizzarli in modo corretto nella realizzazione dei piani di concimazione. Il Cardy Nitrate Meter presenta un indicatore dei valori che permette di contestualizzare i risultati. In particolare, si ha una scala di valori divisi in più zone. Queste zone sono contraddistinte dai colori del semaforo, quindi abbiamo Rosso (Negativo), Giallo (Attenzione) e Verde (Positivo).

Nell'area rossa si hanno:

- Valori troppo alti → da 50 a 60 ppm (o mg/kg);
- Valori troppo bassi → da 0 a 10 mg/kg.

Nell'area gialla si hanno:

- Valori medio-alti → da 40 a 50 mg/kg;
- Valori medio-bassi → da 10 a 20 mg/kg.

Nell'area verde si hanno:

- Valori ottimali → da 20 a 40 mg/kg.

Nella figura 18 vediamo nel dettaglio la scala di valori fornita dal Cardy Nitrate Meter



**Figura 18: Scala dei valori di Azoto Nitrico riportata dal Cardy Nitrate Meter**

Dalle misurazioni fatte nelle 72 aziende aderenti al progetto si evince che la dotazione di Azoto Nitrico dei terreni della zona è buona, in quanto i valori ricadono tutti o quasi nell'area verde della tabella, con sporadici casi che si trovano nell'area gialla. Da quanto rilevato si può quindi sostenere che nella zona di interesse la concimazione Nitrica viene fatta in maniera oculata e rispettando le norme agronomiche ed ambientali vigenti in materia.

Detto ciò, occorre capire come muoversi per l'esecuzione delle concimazioni una volta ottenuti i risultati sopra riportati. Dai risultati si può dire che la dotazione del suolo in Nitrati ricade in un'area in cui non si ha rischio di inquinamento e tantomeno rischio di carenza per le piante.

Per capire quale piano di concimazione nitrica adottare occorre paragonare il dato sulla dotazione in Nitrati del terreno ricavato con il Test del Suolo con quello della dotazione in Nitrati delle piante.

### **4.3 Test del Picciolo**

Per il progetto in questione non è stata prevista una analisi del picciolo. Questa analisi è una delle tecniche di monitoraggio dello stato nutrizionale della pianta, che permette di fornire al viticoltore informazioni sulla corretta o errata impostazione del piano di concimazione realizzato. Questo metodo analitico è stato inteso come il perfezionamento di un altro metodo, che consiste nel campionamento delle foglie. Esso ha però diversi vantaggi sull'analisi fogliare, in quanto i campioni sono più facili da trattare (essendo meno ingombranti e più facilmente conservabili) e inoltre si evince che si ha una migliore correlazione tra la composizione minerale del picciolo e lo stato minerale della pianta. Poi bisogna dire che in caso del test fogliare sono richiesti più campionamenti, mentre per l'Analisi del Picciolo ne basta uno, eseguito all'invasatura. Infine, si può anche dire che eventuali carenze o eccessi di Azoto sono molto più evidenziate da questa analisi che dall'analisi del lembo fogliare.

L'analisi del picciolo viene fatta con lo stesso strumento utilizzato per l'analisi del suolo, ovvero il Cardy Nitrate Meter. In questa operazione l'errore più frequentemente commesso è relativo al campionamento. È importante infatti che non si eseguano campionamenti sulle piante che presentano sintomi di carenza di nutrienti o di patologie, a meno che tutto il vigneto presenti questi sintomi. Questo perché se si campionano le foglie di tali piante non si potrà avere un risultato attendibile sullo stato nutritivo del campo. Come detto, basta un solo campionamento, da fare all'Invasatura, per valutare lo stato nutrizionale del vigneto. Il numero di campioni da fare per un vigneto di medie dimensioni (1-5 ha) è di 75-100. I piccioli da campionare sono quelli inseriti in posizione opposta ai due grappoli basali di ogni tralcio produttivo. Questo perché si ritiene necessario campionare foglie mature, che già hanno finito di espandersi.

Una volta eseguito il campionamento i piccioli vengono tritati e mescolati tra loro. I pezzi dei vari piccioli mescolati verranno poi sottoposti all'analisi. Eventualmente, se il test non può essere eseguito nell'immediato, i piccioli interi possono essere conservati a temperatura ambiente per massimo 90 minuti, o in ghiaccio per massimo otto ore. Se si attua la conservazione in ghiaccio i piccioli dovranno essere riscaldati e portati alla temperatura

ambiente prima di procedere con l'analisi. I piccioli fatti a pezzetti si spremono per ottenere le gocce di linfa che verranno utilizzate per la misurazione.

Dalla misurazione si ottiene la concentrazione dell'Azoto Nitrico (NO<sub>3</sub>-N) presente nei piccioli analizzati. I risultati vengono riportati in ppm e sono da interpretare seguendo le linee guida della tabella 8:

Ppm di NO <sub>3</sub> -N nel picciolo	Dotazione in Azoto
< 350	Scarsa
600-1200	Adeguate
>2000	Eccessiva

**Tabella 8. Interpretazione dei valori ottenuti dal Test del Picciolo**

Questa analisi permette quindi di valutare velocemente lo stato nutrizionale della pianta e, se eseguita ed integrata al Test del Suolo, permette di avere un quadro molto più completo sulle eventuali concimazioni da eseguire.

#### **4.4 Interpretazione dei dati del test del picciolo**

Nel Progetto non era previsto il Test del Picciolo, che permetterebbe di quantificare il contenuto in Nitrati presente nei piccioli fogliari, quindi i dati sulla dotazione in Nitrati del terreno non possono essere messi in relazione con la effettiva dotazione in Nitrati della pianta.

Questa limitazione può essere comunque superata con dati provenienti da esperienze effettuate su terreni con simili caratteristiche e in ambienti con medio-bassa piovosità, quali quelli riportati su alcune pubblicazioni internazionali riguardanti aree site negli Stati Uniti (Arizona) ed in Australia (Cals.Arizona, 2024; CDFR, 2024).

I dati riportati nelle tabelle sottostanti si riferiscono a calcoli effettuati dal Dipartimento di Agricoltura dell'Arizona per particolari vigneti coltivati in clima poco piovoso e in terreni a differente tessitura. In particolare, è prevista una distinzione tra i Vigneti giovani (primi due anni di sviluppo) ed i Vigneti maturi. Le dosi sono riportate in lbs/acre, per ottenere il dato in Kg/ha occorre moltiplicare il valore tabellare \* 1,12.

#### VIGNETO GIOVANE

Caratteristiche del suolo e tipo di Vigneto	Dose annuale di Azoto (lbs/acre)*
Da sabbioso-franco a franco o dopo colture ben fertilizzate	0-20
Franco-Sabbioso	25-30
Sabbioso	40-50

*Tabella 9. Richiesta annuale in fertilizzante azotato di un vigneto giovane*

#### VIGNETO ADULTO

Caratteristiche del suolo e tipo di Vigneto	Dose annuale di Azoto (lbs/acre)*
Da sabbioso-franco a franco o varietà molto vigorose	0-40
Sabbioso-franco o varietà mediamente vigorose	50-60
Sabbioso e franco-sabbioso o vigneti marginali	60-100

*Tabella 10. Richiesta annuale in fertilizzante azotato di un vigneto adulto*

In entrambe le tabelle si consiglia di prendere in considerazione la dose più bassa se il Test del Suolo rileva una concentrazione di Nitrato > 20 ppm e la dose più alta se il Test del Suolo rileva una concentrazione di Nitrato < 4 ppm.

Dai dati riportati in queste tabelle si evince quindi che in base alla tessitura dei suoli è possibile calcolare la dose di azoto nitrico da fornire alla coltura. Nelle misurazioni del progetto non si sono mai evidenziati casi in cui si aveva una concentrazione in azoto nitrico < 4 ppm. Per questo si consiglia di concimare prendendo come punto di riferimento le dosi prossime o uguali ai margini inferiori dei dati riportati in tabella. Per individuare a quali dati riferirsi occorre conoscere la tessitura del suolo e scegliere la categoria tabellare che più si avvicina ad essa.

Se si analizzano i casi in cui abbiamo avuto le misurazioni massime e minime nel Progetto si può dire che:

- La concentrazione minore di Nitrato nel Suolo è stata rilevata nell'Ottobre 2020 ed è pari a 14 ppm (quindi in ogni caso molto superiore a 4 ppm). In questo specifico caso il terreno ha una tessitura franco-argillosa. Quindi, se la cultivar ha una elevata

vigoria, si possono somministrare dosi annue di 10-15 kg/ha, mentre se è a medio vigore si devono somministrare dosi annue di circa 50 kg/ha;

- b) La concentrazione maggiore di Nitrato nel Suolo è stata rilevata nel Novembre 2020 ed è pari a 37 ppm e quindi prossima al limite di 40 ppm, al di sopra del quale si entra nella “zona gialla” secondo lo strumento di misurazione. In questo caso specifico il terreno ha tessitura Franco-Argillosa e quindi si potrebbe anche evitare di concimare (se si hanno varietà molto vigorose) o eventualmente fornire dosi annue pari al massimo a 40 kg/ha.

## Capitolo 5

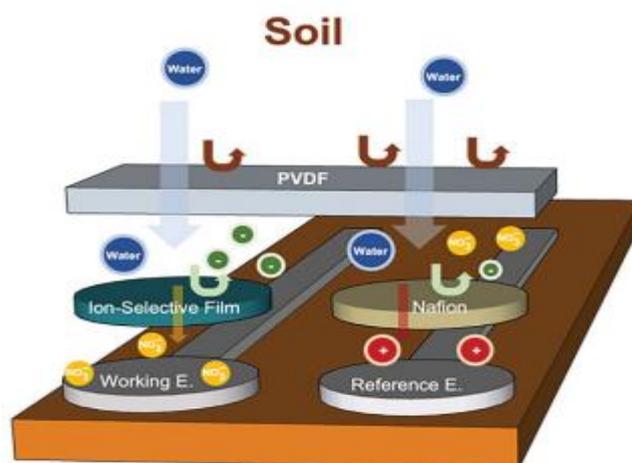
### ULTIMI AGGIORNAMENTI SULL'USO DEL SOIL TEST PER I NITRATI IN AGRICOLTURA

Negli ultimi anni, oltre al progetto preso in esempio nella presente Tesi, sono stati realizzati diversi lavori che hanno avuto come obiettivo la quantificazione della concentrazione di Nitrati nel suolo.

Uno di questi elaborati è stato realizzato presso il Dipartimento di Agronomia dell'Università di Almeria (M. Teresa Peña, Marisa Gallardo et al. Use of a Portable Rapid Analysis System to Measure Nitrate Concentration of Nutrient and Soil Solution, and Plant Sap in Greenhouse Vegetable Production; 2021). In questo caso il test è stato eseguito attraverso un sistema di analisi rapida per misurare la concentrazione di  $\text{NO}_3^-$  nella soluzione nutritiva, nella soluzione del suolo e nella linfa delle piante. Nello studio sono state utilizzate delle colture orticole da Serra, come Peperone, Cetriolo, Melone e Pomodoro. Lo strumento utilizzato per la misurazione è un elettrodo ionoselettivo LAQUAtwin (Horiba, Kyoto, Giappone). Questo strumento pertanto è molto simile funzionalmente a quello utilizzato per il progetto descritto nella Tesi. L'accuratezza della stima è stata valutata mediante la regressione lineare tra la misurazione rapida fatta in campo e quella ottenuta dalle analisi di laboratorio e mediante l'errore relativo (ovvero la deviazione percentuale media dell'analisi di laboratorio). In pratica tutti i campioni di soluzione nutritiva e di suolo sono stati analizzati sia rapidamente in campo tramite l'elettrodo ionoselettivo LAQUAtwin e sia in laboratorio (tramite un analizzatore automatico a flusso continuo segmentato). Successivamente l'accuratezza delle misurazioni fatte con il sistema di analisi rapida è stata valutata mediante regressione lineare rispetto alle analisi di laboratorio. Si è visto che nella linfa del picciolo, in caso di concentrazione di  $\text{NO}_3^- > 1500 \text{ mg/l}$ , c'era una sottostima molto pronunciata. Pertanto, è stata necessaria una diluizione della linfa del picciolo (10 volte per Peperone e Melone, 5 volte per le altre specie). Il sistema di misurazione rapida ha rilevato nella soluzione nutritiva, nella soluzione del suolo e nella linfa del picciolo diluito la concentrazione di nitrati con una accuratezza sufficiente da poter guidare le scelte di gestione

Aziendale. Infatti, i valori complessivi dell'errore relativo misurato sono stati del 14% (per la soluzione nutritiva) e del 22% (per la soluzione del suolo).

Un altro lavoro che ha fornito una soluzione per la misurazione della concentrazione del Nitrato direttamente sul Suolo è stato sviluppato nel Dipartimento di Ingegneria Elettrica e Informatica dell'Università del Wisconsin (K.Y. Chen; A. Biswas et al. Inkjet Printed Potentiometric Sensors for Nitrate Detention in Soil enabled by Hydrophilic Passivation Layer; 2024). In questo caso la misura della concentrazione dei nitrati nel Suolo è stata possibile mediante l'uso di sensori potenziometrici stampati a getto di inchiostro, contenenti due elettrodi, ovvero l'elettrodo di riferimento e l'elettrodo Nitrato-selettivo. In pratica si ha una membrana sensibile ai nitrati e la sua interazione con gli ioni Nitrato presenti nel Suolo genera una variazione di Potenziale tra l'elettrodo di riferimento e l'elettrodo Nitrato-selettivo. La funzionalità a lungo termine dei sensori in ambiente umido è garantita da uno strato idrofilo di Fluoruro di Polivinile (PVDF). Questo strato idrofilo protegge le particelle cariche presenti nel terreno e consente all'acqua di passare dal terreno agli elettrodi del sensore. Si è riscontrato quindi che è fondamentale l'utilizzo della Membrana in PVDF. Infatti, si pensa che nel tempo, in sensori non dotati di questa membrana, si abbia un adsorbimento di particelle cariche e ciò determina una progressiva schermatura, con gli ioni nitrato che non riescono a diffondere liberamente verso la membrana iono-selettiva. Nella figura 19 vediamo una rappresentazione schematica di questo fenomeno. La natura porosa della Membrana di PVDF (pori di 0,45 micron) impedisce l'assorbimento di particelle di terreno e facilita la diffusione della soluzione di Nitrato verso il Sensore. La figura 19 schematizza il principio di funzionamento.



**Figura 19: Descrizione schematica del principio di funzionamento del rilevamento potenziometrico a circuito aperto consentito dalla membrana in PVDF.**

I sensori sono stati testati su terreni sabbiosi e limosi, e i risultati ottenuti dimostrano la loro adattabilità ai vari tipi di terreno.

Un altro lavoro (V. Lavanya, A. Nayak et al. A Smartphone-Enabled Imaging Device for Chromotropic Acid-Based Measurement of Nitrate in Soil Samples; 2023), è stato eseguito dal Dipartimento di Ingegneria Agraria e Alimentare (Indian Institute of Technology, Kharagpur, India), in collaborazione con l'Istituto Indiano di Gestione delle Acque, il Dipartimento di Chimica Agraria e Scienze del Suolo di Mohanpur (India), il Dipartimento di Statistica Sperimentale (Louisiana State University) e il Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Atmosfera (Central Michigan University). In questo studio è stato elaborato un nuovo metodo di sviluppo del colore basato sull'uso dell'acido cromotropico per stimare rapidamente il Nitrato presente nel suolo. Il metodo utilizza un dispositivo stampato in 3D integrato con la fotocamera posteriore di uno Smartphone e una applicazione autonoma chiamata SMART NP. Questo dispositivo stampato in 3D è una scatola nera che si collega facilmente allo smartphone tramite un cavo USB. Per misurare la concentrazione di Nitrato presente nel suolo è stata prima preparata una soluzione madre con 50 mg/l di  $\text{NO}_3^-$ . In seguito è stata preparata una soluzione di lavoro diluendo 100 ml della soluzione madre allo 0,1% e 10 ml di HCl. Successivamente sono stati preparati i campioni di Suolo. 5 gr di suolo sono stati combinati con un reagente ( $\text{CuSO}_4$  miscelato con  $\text{AgSO}_4$ ). Poi si sono mescolati 3 ml dell'estratto del suolo e 7 ml di soluzione di lavoro. Le soluzioni ottenute sono state sottoposte ad analisi spettrofotometrica. In questo modo si sono ottenute 12 soluzioni standard (con differenti concentrazioni di nitrato) su cui sono state scattate fotografie con il dispositivo integrato nello smartphone (in condizioni di illuminazione uniforme e controllata). Il Valore medio ottenuto dalle immagini elaborate è stato utilizzato per calibrare l' $\text{NO}_3^-$  presente nel suolo. Sulla base di questo Valore medio, infatti, SMART NP fornisce previsioni immediate dei livelli di Nitrato presenti nel suolo. Il limite di rilevamento di questo metodo è 0,1 Mg/l. Questa tecnologia permette rapidamente di stimare in maniera accurata il livello di Nitrato nel suolo. Grazie alla sua praticità ed economicità questa tecnica può quindi diventare un prezioso strumento per gli agricoltori, sebbene si debba semplificare anche la fase di raccolta e manipolazione dei campioni, che tuttora risulta abbastanza elaborata.

In letteratura, inoltre, sono presenti due lavori che permettono di rilevare la concentrazione dell'Azoto Nitrico nel suolo e nelle acque. Il primo elaborato è stato redatto dall'Università di Scienza e Tecnologia di Anhui (Y. Hong, Z. Xia et al. Multi-Sample Detection of Soil Nitrate Nitrogen Using a Digital Microfluidic Platform; 2023). Esso è

intitolato “Rilevazione Multi-campione dell’Azoto Nitrico del Suolo mediante una piattaforma microfluidica digitale”. Questo sistema di rilevazione è comunque molto complesso e per questo si rende di difficile utilizzo nelle comuni pratiche agricole. Esso si basa sull’uso di una piattaforma microfluidica digitale e una microfluidica stampata in 3D, per rilevare automaticamente l’azoto nitrico presente nel suolo con un’alta sensibilità.

L’altro elaborato invece è stato realizzato dalla Facoltà di Ingegneria e Scienze fisiche dell’Università di Southampton (A. Nightingale, S. Hassan et al. Droplet Microfluidic-Based Sensor for Simultaneous in Situ Monitoring of Nitrate and Nitrite in Natural Waters). Esso è denominato “Un sensore a gocce basato su microfluidi per il monitoraggio simultaneo in situ di nitrati e nitriti in acque naturali”. In questo caso si utilizzano quindi dei sensori microfluidici per nitriti e nitrati, che a differenza dei sensori microfluidici standard, trattano i campioni di acqua come gocce discrete contenute in un flusso di olio. Questo permette di quantificare le concentrazioni di nitriti e nitrati all’interno di ciascuna gocciolina. Ciò permette di effettuare misurazioni ogni 10 secondi. Anche questo sistema, nonostante il suo altissimo livello di accuratezza, non può essere utilizzato in Agricoltura, a causa della sua elevata complessità di utilizzo.

In sintesi, possiamo dire che tutti questi elaborati elencati nel presente capitolo condividono pregi e difetti del Sistema illustrato nella Tesi. I vantaggi di questi metodi sono legati al fatto che le misurazioni possono essere eseguite rapidamente, economicamente e con elevata accuratezza. Il problema è legato al tipo di clima. Tutti questi metodi sono infatti applicabili in climi poco piovosi. Questo perché la lisciviabilità del Nitrato rende la sua concentrazione nel terreno molto variabile. In climi piovosi potremmo quindi avere misurazioni che attestano una bassa concentrazione del Nitrato, questo perché esso è stato dilavato da una pioggia pregressa. In questo modo si induce l’agricoltore a concimare con Nitrato, e non si riesce ad annullare l’annoso problema della contaminazione delle acque sotterranee.

## CONCLUSIONI

Il Progetto “APPLICAZIONE DELLA FERTILIZZAZIONE AZOTATA DI PRECISIONE NELLE AREE AGRICOLE DEL PICENO” è stato portato avanti da Vinea e dagli altri soggetti interessati scegliendo in maniera attenta le aziende Test, avvalendosi anche di studi pregressi sui suoli dell’area interessata. In questo modo, nella Campagna di Misurazione, si sono ottenuti risultati ben precisi che testimoniano il fatto che nella Zona la concimazione Azotata dei vigneti viene fatta in maniera oculata senza grossi rischi per l’inquinamento delle acque.

Questi risultati sono stati ottenibili grazie all’ausilio del Test del Suolo e dello strumento Cardy Nitrate Meter. Questo strumento portatile è molto facile da utilizzare ed è anche poco ingombrante, permettendo eventualmente di fare le misure direttamente in campo. Uno dei primari obiettivi del progetto è infatti rappresentato dal fatto che lo strumento entri a far parte delle attrezzature comunemente in dotazione delle aziende rientranti nell’Area osservata.

I risultati raccolti sono delle basi teoriche sulle quali impostare il piano di concimazione. Se si riesce ad eseguire una Analisi del Picciolo le dosi vanno aggiustate ulteriormente in funzione del suo risultato.

Inoltre, bisogna dire che gli apporti di azoto nitrico possono avvenire con un unico intervento o con interventi multipli. In base alle conoscenze sulle caratteristiche dei terreni in funzione della tessitura si consiglia di intervenire con Concimazioni multiple e frazionate per i terreni prevalentemente sabbiosi, dove la lisciviazione dei nitrati è accentuata e può eventualmente costituire un problema.

Il calcolo della dose di azoto nitrico da apportare deve in ogni caso essere integrato a tutte le altre operazioni necessarie per concimare in maniera equilibrata il vigneto. Le informazioni su come concimare in modo ragionevole possono essere acquisite attraverso l’analisi chimica del terreno, da fare almeno ogni cinque anni. In aggiunta, se necessario, si può fare una analisi chimica delle foglie. Inoltre, per effettuare una concimazione equilibrata, occorre avvalersi della collaborazione di tecnici che valutino lo stato di salute ed il vigore

delle piante e di conseguenza consiglino le dosi da apportare, anche in funzione dei risultati qualitativi e quantitativi che si vogliono ottenere e dei costi da sostenere per ottenerli.

Tra gli obiettivi che vorrebbero essere conseguiti nel prossimo futuro sottolineiamo la volontà di integrare i dati sull'azoto Nitrico nel Suolo e sui fabbisogni dei vigneti con la reale dotazione in Nitrati della pianta, quantificabile con il Test del Picciolo.

Inoltre, si manifesta la volontà di mettere a punto un manuale per l'uso del Cardy Nitrate Meter, in modo tale da renderlo utilizzabile e comprensibile per quanti siano interessati. Infine non può mancare come obiettivo per il futuro la realizzazione di un vero e proprio Vademecum con le linee guida per la concimazione nitrica della Vite, tenendo conto dei risultati dei Test del Suolo e del Picciolo e del fatto che le epoche di concimazione debbano essere scelte anche in funzione della tessitura dei terreni.

Per concludere, si può dire che con questo progetto si è potuto dimostrare che una buona gestione della fertilizzazione azotata è assolutamente possibile con l'auspicio che l'uso dei metodi descritti diventi comune in tutte le aree agricole presenti in Italia, in modo tale da far coesistere la necessità di ottenere produzioni remunerative dal punto di vista economico con la salvaguardia dell'ambiente, evitando quindi sprechi di Azoto nitrico che determinano sia l'inquinamento ambientale che uno spreco di denaro per gli agricoltori.

## BIBLIOGRAFIA

Direttiva 91/676/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 52, norme in materia ambientale.

Decisione n. 2011/721/UE, deroga alla Direttiva Nitrati.

Decreto regionale 10 settembre 2003 n. 10, prima individuazione delle ZVN di origine agricola nella Regione Marche.

Decreto del Dirigente del Servizio Agroalimentare del 24 settembre 2003 n. 121, Programad'azione nelle ZVN di origine agricola della Regione Marche.

Decreto Legislativo 29 aprile 2006 n. 217, revisione della disciplina in materia di fertilizzanti.

Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Marche 1282, 2 ottobre 2019, Programma di azione per le ZVN di origine agricola.

PSR Regione Marche 2014/2022, Misura 16.2 - FA 2A - Sostegno a progetti pilota ed allo sviluppo di nuovi prodotti.

Goldberg L., Nannipieri P., Il ciclo dell'Azoto, Chimica del Suolo p. 296-313, Patron Editore.

D. Brown. 2013. Soil sampling vineyards and guidelines for interpreting the Soil test results. Michigan State University Extension. [www.canr.msu.edu](http://www.canr.msu.edu).

A. Scienza; L. Brancadoro; L. Mariani; L. Toninato; J. Cricco; D. Bacchiega; A. Zappata; M. Tiberi; C. Bernacconi; A. Budini; E. Spurio; G. Ciabocco; P. Ricci; F. Cassi; P. Zeppilli; P. D'Angelo; L. Matricardi. 2007. La Zonazione della DOC Offida, Manuale d'uso del Territorio. VINEA Soc. Coop. Agr. La Nuova Stampa; Offida (AP).

Nitrogen Management Guide for Grapes, from Nitrogen Fertilizer Management in Arizona ([cals.Arizona.edu](http://cals.Arizona.edu)). Consultato il 15/06/2024

California department of Food and Agriculture. Soil Sampling and Nitrate Quick Test (2015); [cdfa.ca.gov/is/ffldrs/NitrateQuickTestWeb.pdf](http://cdfa.ca.gov/is/ffldrs/NitrateQuickTestWeb.pdf). Consultato il 16/06/2024.

Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Marche 787, 28 giugno 2021, Disciplinare di produzione Integrata, Allegato A (Bilancio dell'Azoto).

Accordo Agroambientale d'Area Piceno per la tutela delle acque, Filiere e Accordi ([regione.marche.it](http://regione.marche.it)).

M. R. Nardinocchi; P. D'Angelo; M. Sergiacomi; A. Schettino; P. Zeppilli; C. Vischetti. 2021. Nuovi metodi di gestione agronomica della fertilizzazione azotata, Vinea Società Cooperativa Agricola. Pixel srls, Offida (AP).

M. Piras, F. Piras, O. Graviano, La Nutrizione Minerale, importanza degli elementi minerali, effetti delle carenze e degli eccessi di disponibilità.

LUCAS; Land use and land cover survey: Statistics Explained ([europa.eu](http://europa.eu)).

M. Teresa Peña-Fleitas, M. Gallardo, Francisco M. Padilla, A. Rodríguez, Rodney B. Thompson. Use of a Portable Rapid Analysis System to Measure Nitrate Concentration of Nutrient and Soil Solution, and Plant Sap in Greenhouse Vegetable Production (2021).

K.-Yu Chen, A. Biswas, S. Cai, J. Huang, J. Andrews. Inkjet Printed Potentiometric Sensors for Nitrate Detection Directly in Soil enabled by a Hydrophilic Passivation Layer (2024).

V. Lavanya, A. Nayak, P. Deb Roy, S. Dasgupta, S. Dey, B. Li, D. C. Weindorf, S. Chakraborty. A Smartphone-Enabled Imaging Device for Chromotropic Acid-Based Measurement of Nitrate in Soil Samples (2023).

Y. Hong, Z. Xia, J. Su, R. Wang, Y. Chang, Q. Huang, L. Wei, X. Chen. Multi-Sample Detection of Soil Nitrate Nitrogen Using a Digital Microfluidic Platform (2023).

A. Nightingale, S. Hassan, B. M. Warren, K. Makris, G.W.H. Evans, E. Papadopoulou, S. Coleman, X. Niu. A Droplet Microfluidic-Based Sensor for Simultaneous in Situ Monitoring of Nitrate and Nitrite in Natural Waters.

## RINGRAZIAMENTI

Giunto al termine di questo percorso è doveroso da parte mia ringraziare le persone che in vario modo sono state importanti per me lungo il cammino.

Per prima cosa, ringrazio il Professor Costantino Vischetti, che mi ha guidato con estrema pazienza, cordialità e disponibilità nella stesura di questo elaborato. Grazie a Lui ho accresciuto le mie conoscenze e le mie competenze.

A questo punto, è doveroso passare ai ringraziamenti per la mia famiglia. Prima di tutto, come dimenticare coloro che purtroppo non possono essere qui oggi a festeggiare con me; cari Nonni, vi sarò eternamente riconoscente per i consigli che mi avete dato durante la mia adolescenza. Sono sicuro che, ovunque voi siate, oggi state festeggiando questo mio traguardo. Poi ringrazio i miei genitori, che ci sono sempre stati, anche nei momenti difficili, e che mi hanno permesso di svolgere questo percorso non facendomi mai mancare nulla. Senza di voi di certo non ce l'avrei fatta. Ringrazio mio fratello, che non mi ha mai fatto mancare il supporto e la complicità. Il nostro affiatamento è stato fondamentale in ogni momento e sono sicuro che lo sarà anche in futuro.

Ringrazio infine i miei amici, che mi hanno regalato dei fondamentali momenti di spensieratezza. Grazie a voi sono riuscito ad affrontare ogni giorno con il sorriso.

