

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CAMPUS DI RAVENNA

SCUOLA DI SCIENZE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ANALISI E GESTIONE DELL'AMBIENTE

MAPPATURA E POTENZIALE VALORIZZAZIONE DI
BIOMASSE RESIDUALI AGRICOLE NEL NORD-ITALIA CON
APPROFONDIMENTO IN REGIONE EMILIA-ROMAGNA

TESI DI LAUREA IN PRINCIPI DI GESTIONE DEL TERRITORIO

Relatore:
Dott. Nicolas Greggio

Presentata da:
Dott. Tommaso Morsiani

Correlatore:
Dott. Diego Marazza

Sessione Unica
Anno Accademico 2019-2020

ABSTRACT

Il recupero e l'utilizzo delle biomasse residuali agricole rappresenta una valida alternativa all'impiego dei combustibili fossili. Questo elaborato stima, mappa ed analizza la disponibilità di potenziale biomassa residuale fresca derivante da questo settore nel Nord-Italia, in Emilia-Romagna ed in Provincia di Ravenna, nell'ottica di una possibile valorizzazione utilizzando tre banche dati esistenti: Land Use, IColt ed AGREA.

Il risultato è stato stimato utilizzando la superficie coltivata (ettari), le rese produttive (t/ha) e calcolando il quantitativo di residuo prodotto dalla coltura principale.

Le mappature sono state create ed elaborate in ambiente GIS mediante griglie 10*10km (Nord-Italia), 5*5km (Emilia-Romagna) e fogli catastali (Provincia di Ravenna).

L'elaborazione dei dati evidenzia che le quantità di potenziale biomassa residuale fresca ammontano a: i) 1700000 ± 850000 t/anno per tutto il Nord-Italia utilizzando la banca dati Land Use; ii) 500000 ± 230000 t/anno per l'Emilia-Romagna utilizzando la medesima banca dati; iii) 1300000 ± 340000 t/anno nella medesima Regione avvalendosi della banca dati Icolt; iv) 750000 ± 80000 t/anno nella Provincia di Ravenna calcolati dalla banca dati AGREA.

Nel complesso si evidenzia che l'intero territorio del Nord-Italia, comprensivo dei risultati ottenuti in Regione e Provincia, possiede un grande potenziale residuale derivante dall'agricoltura e che la valutazione di tale biomassa stabilisce le condizioni per l'avvio di possibili studi futuri, a macro o micro-scala territoriale, per una possibile valorizzazione energetica o per la produzione di biogas e/o biometano in funzione della biomassa residuale analizzata.

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 SCOPO.....	7
1.2 LE BIOMASSE.....	8
1.3 INQUADRAMENTO NORMATIVO DELLE BIOMASSE.....	10
1.3.1 LA BIOMASSA AGRICOLA – RIFIUTO E SOTTOPIRODOTTO.....	12
1.3.2 COMBUSTIONE IN CAMPO DI RESIDUI VEGETALI.....	15
1.3.4 EMILIA-ROMAGNA E PROVINCIA DI RAVENNA.....	16
1.4 CONTESTO DI STUDIO.....	17
1.4.1 ASSETTO GEOGRAFICO.....	17
1.4.2 ASSETTO COLTURALE.....	18
2. MATERIALI.....	21
2.1 SOFTWARE.....	21
2.2 BANCHE DATI.....	21
2.2.1 BANCHE DATI DI USO DEL SUOLO.....	22
2.2.2 BANCA DATI ICOLT-ARPAE.....	23
2.2.3 BANCA DATI AGREA.....	24
3. METODI.....	29
3.1 CALOLCO DEL RESIDUO AGRICOLO.....	29
3.2 NORD-ITALIA (BANCA DATI LANDE USE).....	30
3.3 EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE).....	32
3.4 EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE).....	34
3.5 PROVINCIA DI RAVENNA (BANCA DATI AGREA).....	36
4. RISULTATI.....	39
4.1 NORD-ITALIA (BANCA DATI LAND USE).....	39
4.2 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE).....	45
4.3 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE).....	47
4.4 PROVINCIA DI RAVENNA (BANCA DATI AGREA).....	52
5. DISCUSSIONE DEI RISULTATI.....	65
5.1 ASPETTI RELATIVI ALLE COLTURE.....	67
5.1.1 RESIDUI LIGNOCELLULOSICI DA POTATURE DI COLTURE ARBOREE.....	67
5.1.2 IL CASTAGNETO.....	68
5.1.3 COLTURE CHE PRODUCONO PAGLIE, STOCCHI, TUTOLI, FOLIE E STELI.....	69
5.2 VALORIZZAZIONE DIRETTA ED INDIRETTA.....	70
5.3 NORD-ITALIA.....	72
5.4 EMILIA-ROMAGNA.....	75
5.4.1 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE).....	75

5.3.2 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE).....	77
5.4 PROVINCIA DI RAVENNA	79
5.4.1 POSSIBILE VALORIZZAZIONE DEI RESIDUI UMIDI IN PROVINCIA.....	82
6. CONCLUSIONI.....	87
BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI.....	91
ALLEGATO I.....	1
ALLEGATO II.....	1
1. <i>Land Use</i> [Nord-Italia].....	1
2. <i>Icolt-ARPAE 2019</i> [Emilia-Romagna].....	1

INDICE DELLE ABBREVIAZIONI

LINGUISTICHE

AGREA	Agenzia Regionale per le Erogazioni in Agricoltura
ARPAE	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
BRA	Biomassa Residuale Agricola
CLC	Corine Land Cover
DS	Deviazione Standard
GIS	Geographic Information Systems
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica
MD	Media
PCI	Potere Calorifico Inferiore
PBRA	Potenziale Biomassa Residuale Agricola
PP	Prodotto Principale della coltura considerata
SP	Sottoprodotto Principale della coltura considerata
SP/PP	Rapporto tra Sottoprodotto e Prodotto Principale della coltura
UE	Unione Europea

UNITÀ DI MISURA

g	Grammo (SI)
ha	Ettari (SI)
Km	Chilometro (SI)
kg	10 ³ grammi (SI)
t (tonnellata)	10 ⁶ grammi (SI)
t/a	Tonnellata prodotta in un anno
GJ/t	Giga Joule / tonnellata (SI)
MWe	Energia elettrica prodotta
kcal/kg	Chilocaloria / chilogrammo
Sm³	Standard metro cubo

1. INTRODUZIONE

Il 28 novembre 2018 la Commissione Europea si è riunita per discutere una nuova visione strategica, a lungo termine, per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra. In tale occasione si ribadisce l'impegno dell'Europa a guidare l'azione internazionale per il clima tracciando una transizione verso l'azzeramento delle emissioni nette di gas a effetto serra entro il 2050. Non si evidenziano nuove strategie politiche, né vengono riveduti gli obiettivi fissati per il 2030, ma si sviluppano linee guida per indirizzare le politiche UE sul clima e l'energia. Si ricordi che l'Europa è responsabile del 10% delle emissioni mondiali di gas serra e già dal 2009 erano stati prefissati obiettivi per ridurre questa quota in un'ottica di un'economia a zero emissioni nette di gas serra [1]. Una delle principali strategie, nonché aspetto fondamentale, punta al raggiungimento di questa economia ideale a zero emissioni attraverso l'efficientamento energetico.

Il futuro energetico dell'Europa, in un mondo interdipendente, deve tenere però conto anche di altri punti fondamentali, quali: aumentare sostanzialmente la quantità di energia utilizzata da fonti rinnovabili, utilizzare sempre più idrocarburi "puliti" ed infine migliorare e rafforzare il mercato del carbonio dell'UE; In parallelo consolidare la ricerca, l'istruzione e l'innovazione. [2]

Per aumentare la sostenibilità dell'intero continente Europeo, molti studi evidenziano il ruolo della bioeconomia come strategia economica fondamentale da abbinare al modello di economia circolare [3]. Già nel corso del 2012, la Commissione Europea pubblicò la sua "strategia per la bioeconomia", che proponeva un approccio globale per affrontare le sfide ecologiche, ambientali, energetiche, alimentari e delle risorse naturali che l'Europa e il mondo dovevano affrontare. Lo stesso documento, inoltre, fornisce una definizione di tale teoria: *"la bioeconomia può essere definita come un'economia basata sull'utilizzazione sostenibile di risorse naturali rinnovabili e sulla loro trasformazione in beni e servizi finali o intermedi"*. Pertanto, possiamo dedurre che essa comprenda non solo settori tradizionali come l'agricoltura, la pesca, l'acquacoltura e la selvicoltura, ma anche settori economici più moderni come quelli delle biotecnologie e delle bioenergie [4].

John Bell, il direttore della Direzione Bioeconomia della Commissione europea, propose una definizione alternativa e più metaforica definendo la bioeconomia come *"il cuore biologico dell'economia circolare"*. Simbiosi messa in luce anche nel documento, pubblicato nel 2018, intitolato *The "Circular Bioeconomy" – Concepts, Opportunities and Limitations: "L'economia circolare non è completa senza la bioeconomia e viceversa"* Gli enormi volumi di sostanza organica e di flussi di scarti provenienti da agricoltura, selvicoltura, pesca, scarti organici di produzione di cibo e mangimi possono essere integrati solo nell'economia circolare attraverso processi di bioeconomia, mentre la bioeconomia trarrà enormi vantaggi da una maggiore circolarità [5].

Nell'economia circolare la durata di prodotti e risorse deve essere estesa al massimo attraverso processi come riuso e riciclo e, a fine vita, anche i residui devono essere recuperati con l'obiettivo di chiudere il ciclo delle risorse, portando un miglioramento dei prodotti fin dalla fase di progettazione. In questa teoria, i rifiuti che rappresentano una delle maggiori sfide per il pianeta, sono nuovamente considerati risorse anziché un problema. Secondo l'Ellen MacArthur Foundation guardando oltre l'attuale modello lineare "prendi, produci e dismetti", l'economia circolare è progettata per essere un modello ristorativo e rigenerativo. Risulta chiaro che il modello lineare di crescita economica su cui ci siamo basati in passato, non è più adatto ai bisogni delle società in un mondo globalizzato. Molte risorse naturali sono certamente limitate e dobbiamo innovarci per utilizzarle nel modo più sostenibile possibile, sia a livello ambientale, sia a livello economico.

Integrando il concetto di bioeconomia: possiamo immaginarci una bioeconomia circolare che, in breve, dovrebbe unire il modello circolare con l'utilizzo di prodotti biobased (bioplastiche e tutti gli altri polimeri parzialmente o interamente ricavati da materiali rinnovabili, derivanti dall'agricoltura o dalla gestione delle foreste, e delle biotecnologie), che già trovano concreti standard Europei. Una bioeconomia circolare può servirsi dei principi della circolarità e, allo stesso tempo, di tecniche e processi promossi dalla bioeconomia [4].

In questo contesto, si prevede che le biomasse residuali provenienti dal settore primario, svolgano un ruolo importante nel fornire le materie prime necessarie per percorsi sostenibili in bioeconomia. Il rapporto ISPRA (2010) [6] che tratta le biomasse residuali come combustibili, lo studio di Paiano et. Al (2016) [7] che mira ad individuare il potenziale energetico derivante dalla biomassa residua per raggiungere gli obiettivi dell'UE e lo studio Giuntoli et.al (2016) volto alla quantificazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione di energia da biomassa residua, evidenziano che l'utilizzo delle biomasse residuali a fini energetici, causa impatti globali inferiori rispetto all'uso dei combustibili fossili per la medesima produzione di energia. Sempre l'unione Europea mette in luce come queste biomasse residue siano un potenziale non sfruttato, nonché possono essere viste come materia prima che consente di ingrandire lo stock base delle biomasse [3]. Le nuove politiche ritengono che l'uso delle biomasse residue sia la soluzione, in parte, alla decarbonizzazione del sistema energetico come evidenziato anche nella strategia UE al 2050 [1].

L'approvvigionamento energetico dell'Italia è sempre stato pesantemente influenzato dalle importazioni di combustibili fossili da paesi esteri. Fortunatamente negli ultimi 20 anni le politiche, supportate dalle strategie Europee, hanno consentito di poter sfruttare meglio le nostre risorse energetiche rinnovabili. Da tempo l'Italia ricorre a strumenti volti a migliore sicurezza energetica, tutela dell'ambiente e accessibilità dei costi dell'energia, contribuendo agli obiettivi europei in materia di energia e ambiente. Questi strumenti sono stati ribaditi anche nell'ultima proposta del

Piano Energia e Clima 2030. Un esempio è la nuova direttiva sull'efficienza energetica oppure la nuova direttiva sulle fonti rinnovabili.

Per raggiungere gli obiettivi futuri diviene necessaria una decisa azione di coordinamento tra i vari soggetti (Amministrazioni, Regioni, istituti scientifici e gestori dell'energia) integrando le politiche energetiche con quelle di altri settori, in modo da assicurare coerenza d'approccio e cogliere le possibili sinergie, anche per offrire opportunità di sviluppare nuove filiere produttive [8].

Per promuovere l'utilizzo delle energie rinnovabili si è sviluppato un sistema di incentivi, in coerenza con gli obiettivi 2020 e 2030 e con la finalità di sostenere la produzione di energia elettrica dagli impianti alimentati a fonti rinnovabili, soprattutto quelli diversi da fotovoltaico [9].

Volendo attuare politiche sempre più sostenibili, in parallelo si aprono nuove opportunità anche nel settore dei trasporti, una via decisamente "green" grazie all'approvazione di nuovi decreti. Un esempio è la possibile immissione diretta, nella rete di distribuzione nazionale, di biometano proveniente da fonti rinnovabili ed utilizzabile direttamente nel settore trasporti [10].

La biomassa residua, in particolare quella generata dal settore agricolo, forestale e agroindustriale si evidenzia come materiale diffuso e abbondante non classificato come rifiuto e potenzialmente sfruttabile come materia prima per la produzione di bioenergia sia mediante processi termochimici che biochimici. Tuttavia, data l'elevata dispersione territoriale, la raccolta difficoltosa ed i trasporti necessari alla sua concentrazione, gli aspetti logistici svolgono un ruolo chiave ed incidono sui costi e sul reale sfruttamento della biomassa stessa [11]. La dispersione territoriale non deve essere considerata come un problema, anzi le biomasse sono largamente disponibili sul territorio italiano e possono essere considerate una risorsa locale, che potrebbe portare benefici non indifferenti all'economia italiana [12].

Nello specifico dell'ambito agricolo, biomasse residuali come paglia di cereali, stocchi di mais, scarti di potatura di vigneti, oliveti e frutteti, ecc. [13] e la messa in opera di filiere di recupero di queste biomasse appaiono di fondamentale importanza, per produrre bioenergie senza utilizzare terreno per culture energetiche [2][14]. Per favorire queste filiere di recupero e produrre scenari di utilizzo, occorre sempre avere un quadro della tipologia di residuo e dell'effettiva disponibilità di biomassa residua all'interno di un territorio omogeneo.

In funzione della tipologia di biomassa, le modalità di conversione ai fini energetici possono essere di tipo biochimico (degradazione della sostanza organica da parte di enzimi, funghi o microorganismi) o termochimico (reazioni chimiche di calore). Nell'ambito del biochimico troviamo la digestione anaerobica (secco o umida) ed aerobica, viceversa nel termochimico troviamo la combustione, la gasificazione e la pirolisi. [15] [16]. Alcuni lavori di letteratura riportano che, ad esempio, i residui vegetali quali pomodori, patate, barbabietole ecc., possono essere utilizzati, previa

autorizzazione, in digestori anaerobici allo scopo di produrre biogas ed energia; mentre residui come potature o sarmenti di vite generalmente sono destinati a processi termochimici. In altro tipo di contesto, i residui di potatura risultano valorizzati tramite processi termochimici o per combustione diretta; questo permette la riduzione delle spese dell'azienda e riduce i rifiuti da smaltire. La potatura è fase di fondamentale per regolare lo sviluppo vegeto-produttivo e controllare la produzione dal punto di vista qualitativo e quantitativo; ne consegue che i residui in questa filiera diventano un prodotto in costante produzione da gestire [17] [18] [19].

Prendono il nome di bioraffinerie gli impianti che convertono la biomassa in energia e altri prodotti ad alto valore aggiunto per l'industria cosmetica o farmaceutico, l'alimentazione umana e animale ed energia, mediante trasformazioni chimico-fisiche ed enzimatiche e/o successive sintesi organiche.

Le bioraffinerie si possono classificare in [20]:

1. bioraffinerie di prima generazione, caratterizzate da sistemi con capacità di processo fissa e privi di flessibilità con produzione di un prodotto principale ed un sottoprodotto;
2. bioraffinerie di seconda generazione, dotate di sistemi che possono produrre a partire da un prodotto base (ad esempio amido) diversi materiali per differenti utilizzazioni (come ad esempio nella produzione di bioplastiche);
3. bioraffinerie di terza generazione, con sistemi che potrebbero consentire la produzione di molecole base per successivi processi chimici di sintesi a partire da biomassa agricola o forestale.

Fra le bioraffinerie di seconda generazione troviamo anche quelle in grado di estrarre intermedi a valore aggiunto da biomassa lignocellulosica. Molte materie possono essere utilizzare a tale scopo e tra queste rientrano i residui agricoli e note sono le applicazioni potenziali delle biomasse residuali lignocellulosiche, come materiale da costruzione o per la produzione di carta da cellulosa sfruttano le strutture naturali lignocellulosici. Lo studio di Hassan et al. (2019) [21] evidenzia che oltre conversioni possono essere orientate verso l'estrazione di proteine, minerali o componenti minori come le resine.

Questo tipo di bioraffineria rappresenta una componente importante della futura bioeconomia europea, che però si scontra ancora con sfide significative come la logistica delle materie prime, i limiti delle tecnologie di lavorazione convenzionali e l'incerta economia di mercato. Per soddisfare la crescente domanda di tale materiale saranno necessari grandi sforzi per sfruttarne il grande potenziale e sarà necessario l'apporto di notevoli miglioramenti gestionali [22].

Per calcolare le potenziali quantità di residui agricoli presenti sul territorio Nazionale i primi studi nel settore proponevano diverse metodologie: ad esempio, l'utilizzo di coefficienti indicati dal CESTAAT (Centro Studi sull'Agricoltura, l'Ambiente ed il Territorio) e dal SESIRCA (Servizio e

Sperimentazione, Innovazione e Ricerca sull'Agricoltura) da moltiplicare per la superficie agricola utile [23] o mediante l'utilizzo di metodi ad hoc, per colture specifiche (esempio per frutteti, oliveti e vigneti) [24] [25] [26]. Con questi primi metodi di quantificazione si poteva stimare direttamente il potenziale residuo agricolo e indirettamente l'energia potenziale ricavabile da esso[27].

Occorre precisare che esistono diverse tipologie di potenziale quando parliamo di biomassa [28]:

1. Potenziale teorico: definito come la quantità massima di biomassa che può essere considerata teoricamente disponibile per la produzione di bioenergia entro limiti bio-fisici fondamentali, ad esempio considerando la biomassa residuale si devono tenere conto delle limitazioni derivanti dalla temperatura, dalle radiazioni solari e dalle precipitazioni;
2. Potenziale tecnico: definito come la frazione del potenziale teorico disponibile e recuperabile con le attuali possibilità tecnologiche e tenendo conto delle restrizioni spaziali dovute alla concorrenza con altre colture.;
3. Potenziale di mercato (o economico): si riferisce alla quota del potenziale tecnico che soddisfa i criteri economici in determinate condizioni . Dipende sia dal costo di produzione, sia dal prezzo della materia "biomassa".

Nel calcolare la differenza tra i primi due potenziali (tecnico e teorico) si deve tenere in considerazione che qualità e fertilità del suolo devono, sopra ogni cosa essere preservate. Viene facile comprendere che il reale sfruttamento dei residui agricoli deve, in ogni caso, garantire il livello di materia organica del suolo e la conservazione della qualità del suolo stesso [29]. A fronte di un prelievo elevato di biomassa residuale occorre garantire strategie agronomiche che prevedano il ritorno sul suolo di nuova sostanza organica (compost, digestato, biochar).

Una volta calcolato il potenziale tecnico di una biomassa occorre individuare sul territorio eventuali impianti che possano accogliere questo prodotto o identificare luoghi ottimali per lo sviluppo di nuovi impianti allo scopo di valorizzare questo prodotto. Facendo fede alle direttive comunitarie dal 2011 per le biomasse, le nuove regole puntano a promuovere l'adozione delle migliori tecnologie esistenti, a valorizzare la filiera corta entro i 70 km e a valutare l'effetto cumulo che può derivare dalla concentrazione di più impianti sul territorio. Occorre, inoltre, considerare le emissioni di PM10 e NO₂ che dovranno essere a saldo zero, e dunque senza impatti negativi [30]. Alcuni esempi di quantificazione di biomasse residuali e successiva analisi per una corretta gestione logistica si ritrovano nei seguenti studi: Colantoni et al. (2016) [31] mediante un'analisi, multi-criteriale ha svolto uno studio in un'area dell'Italia centrale (Tuscia Romana) allo scopo di identificare i luoghi ottimali per lo sviluppo di un impianto energetico nell'area di analisi Messineo et al. (2012) [32] nell'area territoriale del Sud-Italia, utilizzando GIS, ha valutato la fattibilità economica di una centrale elettrica

rispetto alla disponibilità e alla localizzazione della biomassa locale, concludendo che l'investimento è fattibile se l'impianto opera in co-generazione [33]. Delivand et al. (2015) [34] hanno sviluppato un approccio integrato che combina i sistemi informativi geografici con l'analisi multi-criteri (GIS-MCA) per affrontare la logistica della biomassa-elettricità nella zona di Puglia, Basilicata e Campania nel Sud-Italia calcolando disponibilità spaziale di biomassa, costi logistici ed emissioni di gas serra [34].

Prospettando una rapida valorizzazione di questi residui la conoscenza, a diverse scale, della loro localizzazione e della loro densità, fornisce ai potenziali utilizzatori un quadro completo di fondamentale importanza per pianificare ogni passo della loro gestione. Di fondamentale supporto l'utilizzo delle tecnologie GIS: esse ci aiutano nell'acquisizione, nella modellizzazione e nell'elaborazione dei dati, diventando uno strumento efficace e insostituibile.

Molti sono gli studi, svolti sia in Europa che in Italia, che integrano metodologie consolidate alle tecnologie GIS come ad esempio: lo studio di Voivontas et al. (2001) [35] ha proposto una mappatura spaziale della potenziale produzione di energia derivante da residui agricoli con un metodo specifico applicabile all'isola di Creta [35], fornendo un valido supporto al fine di garantire piani attuativi che garantiscano l'utilizzo della biomassa al sistema di produzione energetica. In Portogallo, lo studio di Fernandes et al. (2010) [36] ha permesso la valutazione dei potenziali residui di biomassa, sia forestali che agricoli, per la produzione e l'utilizzo di energia in una regione del Portogallo; i risultati rivelano un potenziale annuo totale di residui di biomassa (forestale agricolo residuale) stimato in circa 10600 t/a che possono essere utilizzati per la produzione di energia, costituendo un'importante risorsa energetica di circa 106000 GJ all'anno.

In Italia attraverso lo studio di Chinnici et al. (2015), si è stimata la disponibilità di biomassa in Sicilia, un'area caratterizzata da colture mediterranee, da sfruttare successivamente nei processi di fermentazione anaerobica al fine di produrre elettricità termica un potenziale totale di 2350 MW; studi simili sono stati svolti da Consonni et al. (2005)[37] e Fiorese et al. (2005) [38] nell'area del Nord-Italia, nelle province di Piacenza e Cremona.

Sempre nel Sud-Italia sono state fatte analisi GIS attraverso gli studi Valenti et al. (2016) e (2017) [39] [40] sulla stima della disponibilità di polpa di agrumi da utilizzare per la produzione di biogas. L'utilizzo della tecnologia GIS permette di ottenere mappature rappresentative e caratterizzanti del territorio analizzato e possono essere facilmente consultabili, rendendo più facile la risoluzione delle criticità o problemi di natura ambientale, sociale, economica od antropica che generalmente restano insoluti, ottimizzando le tempistiche e valutando molteplici dati eterogenei tra loro [41].

1.1 SCOPO

Il presente elaborato, attraverso tecniche GIS (QGIS), mira ad elaborare mappature di differenti tipologie di biomasse residuali agricole nell'area geografica del Nord-Italia (Regioni Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Liguria, Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta e Veneto), utilizzando differenti banche dati di partenza e valutando la potenziale biomassa residuale agricola (PBRA) partendo dal calcolo delle superfici di ciascuna coltura, dalle rispettive rese colturali e dei rapporti specifici tra prodotto principale e sottoprodotto estrapolati dalla letteratura.

Il lavoro è stato svolto a tre diverse scale spaziali utilizzando informazioni di partenza via via più dettagliate: prima l'intero Nord-Italia, poi la Regione Emilia-Romagna per concludere sul territorio della provincia di Ravenna (Figura 1), suddividendo concettualmente lo studio in differenti parti, approfondite nel cap. [2.3](#).

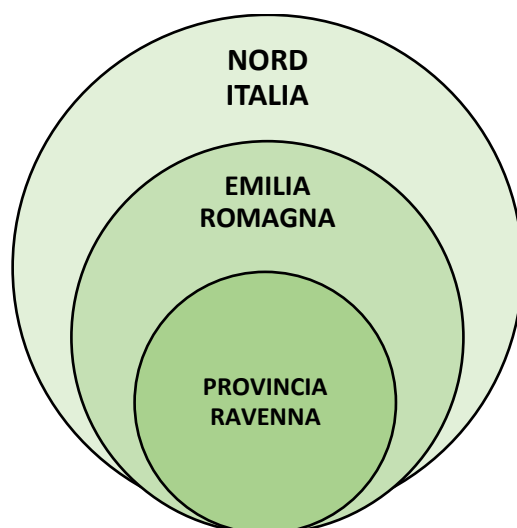


Figura 1 – Diagramma di Venn rappresentante l'area di studio.

Tali mappature, gestibili attraverso un sistema informativo, serviranno per l'identificazione, la quantificazione e l'ottimizzazione delle risorse, restituendo il dato di potenziale BRA (PBRA), a diverse scale spaziali (area territoriale). Le biomasse ed i limiti di studio risulteranno differenti a seconda del database utilizzato, non prendendo in considerazione le soglie di rimozione sostenibile per la PBRA calcolata.

La mappatura delle diverse aree di interesse, step fondamentale e primo risultato dell'elaborato, servirà come supporto per studi futuri e, nel caso specifico della Provincia di Ravenna, per valutare aspetti logistici e gestionali di dettaglio. I risultati ottenuti costituiranno informazioni rilevanti sfruttabili sia dai produttori delle colture e sia dai futuri enti di gestione e utilizzo delle biomasse.

1.2 LE BIOMASSE

Lo studio svolto da Saiudr et al. (2011) [42] definisce biomassa qualsiasi sostanza di matrice organica, vegetale o animale, destinata a fini energetici o alla produzione di ammendante agricolo, e che rappresenta una raffinata forma di accumulo dell'energia solare: tra gli esempi più importanti troviamo legno proveniente da foreste, raccolti, alghe, materiale lasciato dai processi agricoli e forestali e rifiuti organici industriali, umani e animali.

Le principali fonti di biomasse possono essere suddivise in macro-comparti: forestale ed agroforestale, agricolo, zootecnico, industriale ed infine quello che comprende i rifiuti urbani [44].

Con il termine biomassa sono raggruppati materiali che possono essere molto eterogenei fra loro per caratteristiche chimico fisiche; ne conseguirà che anche le loro utilizzazioni possano essere differenti: produzione di bioenergie, sottoprodotti quali ad esempio fibre o prodotti chimici.

Queste sostanze organiche possono essere considerate molto importanti, specialmente nell'ottica di politiche che puntano alla riduzione inquinamento globale; infatti, al contrario dei combustibili fossili la combustione di questi prodotti rilascia in ambiente la medesima quantità di anidride carbonica che le piante avevano assorbito durante il loro ciclo vitale. Si riducono anche le quantità di zolfo e azoto potenzialmente rilasciate in atmosfera e ne consegue che l'impiego di tali risorse porterà alla riduzione di sostanze fossili. La biomassa, se opportunamente valorizzata, può essere a tutti gli effetti definita una risorsa rinnovabile e inesauribile [6].

Il comparto agricolo, di particolare interesse in questo studio, svolge e svolgerà un ruolo fondamentale per la produzione di biomassa. In questo comparto possiamo trovare moltissimi prodotti che possono trovare impiego sia a fine energetico, sia ad altri scopi a maggior valore aggiunto come nutraceutica e produzione di alimentazione animale.

Nello specifico la BRA comprende l'insieme dei sottoprodotti derivanti dalla coltivazione di colture utilizzate solitamente a scopo alimentare: tali residui possono trovare origine o dopo le operazioni svolte al fine del ciclo naturale delle colture annuali (taglio, raccolta, ecc.) o dalle lavorazioni effettuate una tantum o con ciclicità programmata su colture poliennali come potatura ed espianto. Il materiale potenzialmente riutilizzabile trova quindi la sua origine o direttamente in campo, o in un luogo vicino ad esso ed è per definizione una biomassa distribuita che non si concentra in nessun punto specifico, ma presenta aree a maggior disponibilità sul territorio.

In Figura 2, proposta dalla Borsa Merci Telematica Italiana [45], sono indicati alcuni esempi di principali tipologie di residuo, per alcune colture; essi possono essere di un solo tipo (es. paglia per il frumento) o di diverso tipo (es. stocchi e tutoli per il mais), a seconda della morfologia della coltura.

TIPOLOGIA DI BIOMASSE			
Erbacee		Legnose	
Coltura	Residuo	Coltura	Residuo
Frumento (tenero e duro)	Paglia	Vite	Sarmenti
Segale	Paglia	Olivo	Legna / Rami
Orzo	Paglia	Melo	Legna / Rami
Avena	Paglia	Pero	Legna / Rami
Riso	Paglia	Pesco	Legna / Rami
Mais	Stocchi / Tutoli	Agrumi	Legna / Rami
Girasole	Stocchi	Mandorlo	Legna / Rami
		Nocciolo	Legna / Rami
		Albicocco	Legna / Rami
		Actinidia	Potature

Figura 2 - Principali tipologie di residui delle colture agricole, fonte BMTI.

Le BRA presentano al loro interno una percentuale di massa contenente acqua ed una massa anidra; tali possono essere rappresentate rispettivamente come umidità (U, %) e sostanza secca (s.s., %); le proprietà chimico – fisiche saranno differenti per tipologia di coltura ed , in particolare umidità e rapporto carbonio/azoto (C/N), possono condizionarne il loro utilizzo [19].

Non tutti i materiali residuali provenienti dal comparto agricolo sono utilizzabili e/o disponibili, sia a causa delle loro caratteristiche (troppo di umide, presenza di parassiti, presenza di funghi, ecc.) sia a causa di possibili blocchi economici quali costi elevati di raccolta o bassa densità per unità di superficie [45].

Ci possono essere anche implicazioni potenzialmente negative, come ad esempio l'enorme richiesta di spazio per lo stoccaggio per utilizzo, oppure la necessaria ottimizzazione del ciclo produttivo. Gli studi logistici (raccolta, trasporto, stoccaggio, ecc.) sono indispensabili se si vuole utilizzare la biomassa e non si deve trascurare una attenta valutazione ambientale e agronomica al fine di prevenire eventuali impatti[24]. Inoltre, la parziale sostituzione di colture energetiche con biomasse residuali permetterà di garantire maggiori terreni agricoli a scopo agroalimentare riducendo quelli lasciati per la produzione energetica.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) sottolinea questo aspetto e ribadisce quanto sia importante incrementare le colture perenni e le rotazioni triennali, in quanto permettono di rigenerare i terreni ed evitare che questi divengano del tutto improduttivi.

Grazie alle nuove politiche Europee dedicate a questo settore, si cerca di risolvere alcuni di questi aspetti andando a gerarchizzare l'utilizzo di biomasse residuali, favorendo filiere di riutilizzo e solo secondariamente metodi per la produzione di energia. Anche se la combustione non deve essere intesa come l'unica via per la produzione di energia da queste biomasse residuali, in particolare quelle

lignocellulosiche, può risultare interessante fare un confronto fra i poteri calorifici inferiori delle biomasse e quelli dei combustibili fossili: ad esempio paglia e patate hanno un PCI ~ 3000 kcal/kg [24], mentre carbone, petrolio e gas naturale vanno da 7000 a 10000 kcal/kg. [46]. Si deduce che il potere calorifico delle biomasse è pari a circa 1/3 di quello del petrolio, ed essendo disponibili, con distribuzione omogenea, sul territorio esse costituiscono un potenziale serbatoio di energia prodotta in continuità ed in tempi brevi attraverso i naturali cicli biologici.

1.3 INQUADRAMENTO NORMATIVO DELLE BIOMASSE

Parlando di biomassa e nello specifico di biomassa residuale si entra in un mondo complesso, spesso delimitato da confini non propriamente definiti, per la mancanza di riferimenti tecnici e legislativi precisi soprattutto per terminologia e classificazione. Essa è composta da una grande eterogeneità e moltitudine di materiali che provengono da diverse fonti e che sono utilizzate in modi differenti. Attualmente, in Italia, non esiste una definizione univoca di biomassa e questa assume un significato diverso a seconda dell'ambito di applicazione o della normativa di riferimento.

Nell'ordinamento italiano, ad esempio, la definizione di biomassa viene recepita con il D.Lgs. 28/2011 recante l'attuazione della dir. 2009/28/CE, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, secondo il quale per biomassa deve intendersi: *“la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui biologici provenienti dall'agricoltura, silvicoltura e industrie connesse, potature del verde pubblico, pesca e acquacoltura e la parte biodegradabile dei rifiuti solidi urbani”* [47].

Oltre alla definizione generale sono distinti i seguenti composti, che possono essere derivanti dalle biomasse (art. 2 - D.Lgs 28/2011):

- a. *bioliquidi* i *“combustibili liquidi per scopi energetici diversi dal trasporto, compresi l'elettricità, il riscaldamento ed il raffreddamento, prodotti dalla biomassa”*;
- b. *biocarburanti* i *“carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa”*;
- c. *biometano* il *“gas ottenuto a partire da fonti rinnovabili avente caratteristiche e condizioni di utilizzo corrispondenti a quelle del gas metano e idoneo alla immissione nella rete del gas naturale”*.

L'utilizzo delle biomasse, come fonte rinnovabile, è necessario al raggiungimento degli obiettivi 20/20/20 in materia di energia da fonti rinnovabili. Il piano 20/20/20 tratta dell'insieme delle misure pensate dalla UE per il periodo successivo al termine del Protocollo di Kyoto, terminato a fine 2012: L'obiettivo del piano è ovviamente quello di contrastare i cambiamenti climatici e promuovere l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili tramite obiettivi vincolanti per i Paesi membri. Nello

specifico per quanto concerne l'energia da fonti rinnovabili l'obiettivo è quello che si produca il 20 % di energia dei consumi finali (usi elettrici, termici e per il trasporto) e che per raggiungere questa quota, vengano definiti obiettivi nazionali vincolanti (17% per l'Italia). Particolare attenzione al settore trasporti dove almeno il 10% dell'energia utilizzata dovrà provenire da fonti rinnovabili [48]. La definizione riportata all' art 2 (lett. e) del D. Lgs 28/2011 contiene infatti una formulazione più ampia della definizione di biomassa grazie alla quale se ne possono distinguere due tipi a seconda della loro provenienza: quella di origine animale o vegetale e quella che proviene dalla raccolta di rifiuti industriali e urbani [49]. Inoltre, per le biomasse l'esclusione dal campo di applicazione dei rifiuti è condizionata dall'avvio di una filiera certa di utilizzo (agronomica o agri-energetica) secondo processi o metodi stabiliti dal D.Lgs. 152/2006 (art. 112) e dal D. Lgs. 75/2003 .

Le recenti disposizioni intervenute in materia di rifiuti, nonché l'evoluzione della giurisprudenza sia comunitaria che nazionale, portano ad affermare che la nozione giuridica di rifiuto si è evoluta al punto da richiedere un approccio dinamico alla stessa.

Difatti, la direttiva stabilisce misure volte alla protezione ambientale e alla salute umana prevedendo o riducendo gli impatti negativi della produzione e della gestione dei rifiuti, proponendo una gerarchia dei rifiuti basata su ordine di priorità:

- 1) Prevenzione;
- 2) Preparazione per il riutilizzo;
- 3) Riciclaggio;
- 4) Recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
- 5) Smaltimento.

Logicamente nell'applicare tale gerarchia ogni stato membro può adottare misure volte a incoraggiare un miglior risultato ambientale complessivo. Sempre la stessa direttiva, all'art.5, stabilisce anche le condizioni da soddisfare affinché sostanze o oggetti specifici siano considerati sottoprodotti e non rifiuti [50]:

- a) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà ulteriormente utilizzata/o;*
- b) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzata/o direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- c) la sostanza o l'oggetto è prodotta/o come parte integrante di un processo di produzione e*
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.*

1.3.1 LA BIOMASSA AGRICOLA – RIFIUTO E SOTTOPRODOTTO

Nell'ordinamento giuridico nazionale la disciplina relativa ai residui di produzione agricola è contenuta in quella relativa alla gestione dei rifiuti nel D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., il quale contiene anche i criteri per distinguere ciò che è rifiuto da ciò che non lo è:

- 1) Non è mai stato rifiuto, si veda in tal senso la disciplina delle esclusioni menzionate all' art. 185 e quella del sottoprodotto all' art. 184-bis;
- 2) Anche se considerato rifiuto, esso torna ad essere un prodotto in seguito ad attività di recupero ai sensi dell' art. 184-ter (Cessazione della Qualifica di Rifiuto).

Si prenda in considerazione la definizione di rifiuto estratta dall'art 183 del D. Lgs. 152/2006 [51]:

“Qualsiasi sostanza od oggetto che rientra nelle categorie riportate nell'Allegato A (alla Parte Quarta) e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi.”

Vi sono dei casi di esclusione, per le sostanze agricole, previsti dall'art 185 (c. 1, lett. f) del medesimo D. Lgs.: *“paglia e altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, gli sfalci e le potature effettuati nell'ambito delle buone pratiche colturali, nonché gli sfalci e le potature derivanti dalla manutenzione del verde pubblico dei comuni, utilizzati in agricoltura, nella silvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa, anche al di fuori del luogo di produzione ovvero con cessione a terzi, mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente ne' mettono in pericolo la salute umana.”*

Invece, all'art. 184-bis [52], relativo alla nozione di sottoprodotto, vengono elencati una serie di requisiti che devono essere tutti, contestualmente, soddisfatti ai fini della costituzione della nozione di sottoprodotto, sicché la mancanza di anche una sola di esse comporta inevitabilmente l'assoggettamento del materiale alla disciplina sui rifiuti.

Dopo un periodo di stallo normativo, proprio su questi requisiti costitutivi dell'attribuzione del sottoprodotto che va ad incidere il recente. Decreto del Ministero dell'Ambiente 13 ottobre 2016, n. 264 *“Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti”*.

Il provvedimento mira a favorire e agevolare l'utilizzo come sottoprodotti di sostanze ed oggetti che derivano da un processo di produzione e che rispettano specifici criteri, e ad assicurare maggiore uniformità nell'interpretazione e nell'applicazione della definizione di rifiuto.

Il decreto 13 ottobre 2016, n. 264 definisce nel proprio articolo 2 [53]:

- a) *prodotto: ogni materiale o sostanza che è ottenuto deliberatamente nell'ambito di un processo di produzione o risultato di una scelta tecnica. In molti casi e' possibile identificare uno o piu' prodotti primari;*

- b) residuo di produzione (di seguito «residuo»): ogni materiale o sostanza che non è deliberatamente prodotto in un processo di produzione e che può essere o non essere un rifiuto;*
- c) sottoprodotto: un residuo di produzione che non costituisce un rifiuto ai sensi dell'articolo 184-bis del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.*

Al primo punto troviamo la definizione di “prodotto”, che risulta interessante perché ricorda che da un processo possono scaturire, come scopo primario, volontariamente prodotti. Al secondo punto, invece, troviamo la definizione speculare: ovvero il “residuo di produzione”, ovvero tutto ciò che non è deliberatamente prodotto.

Al terzo punto, invece, viene citata la definizione di “sottoprodotto” che riporta alla consultazione della definizione presente nel testo unico ambientale, la quale che implica il dover soddisfare le condizioni generali presenti nell'articolo 184-bis.

I requisiti e le condizioni richiesti per escludere un residuo di produzione dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti sono valutati ed accertati alla luce del complesso delle circostanze e devono essere soddisfatti in tutte le fasi della gestione dei residui, dalla produzione all'impiego nello stesso processo o in uno successivo. [54]. In conclusione, il Ministero riconosce, che il sottoprodotto non è un escamotage per sottrarre un residuo al regime dei rifiuti (come spesso viene percepito), ma uno strumento, al quale la ricerca deve tendere, per raggiungere due obiettivi: prevenire la produzione di rifiuti e ridurre il consumo di risorse vergini [55]

Recependo la normativa comunitaria, l'art. 184-ter 152/2006, rappresenta un passo fondamentale verso l'economia circolare. In base a tale articolo, un rifiuto cessa di essere tale quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfa i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici;*
- b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;*
- c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;*
- d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.*

Nell'ottica del recupero il D.M. 23 giugno 2016 ha la finalità di sostenere la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili attraverso la definizione di incentivi e modalità di accesso semplici, che promuovano l'efficacia, l'efficienza e la sostenibilità degli oneri di incentivazione in misura adeguata al perseguimento degli obiettivi stabiliti nella Strategia energetica nazionale nonché' il graduale

adattamento alle Linee guida in materia di aiuti di Stato per l'energia e l'ambiente di cui alla comunicazione della Commissione europea (2014/C 200/01) [56].

I sottoprodotti possono essere utilizzati in impianti dedicati alla produzione di energia elettrica rinnovabile prodotta da fonti rinnovabili diversi dai fotovoltaici: al fine di chiarire tale aspetto il gestore servizi elettrici (GSE) fornisce chiarimenti in merito alla individuazione dei sottoprodotti utilizzabili negli impianti a biomasse e biogas ai fini dell'accesso ai meccanismi di incentivazione.

Sono identificabili quali biomasse di "Tipo b)", di cui all'articolo 8, comma 4, del Decreto, esclusivamente i sottoprodotti di origine biologica che soddisfino entrambi i seguenti requisiti:

- a) sono riportati nell'elenco sottoprodotti utilizzabili negli impianti a biomasse e biogas dell'allegato I [57];
- b) rispettano le disposizioni di cui al D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i, per i sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano, del Regolamento CE n. 1069/2009, del Regolamento CE n. 142/2011, del Regolamento CE n. 592/2014 e delle Linee Guida approvate in Conferenza Unificata Stato Regioni il 7 febbraio 2013.

Con la nota n. 10045 del 1° luglio 2016, il Ministero dell'Ambiente aveva riconosciuto il potere, in capo alle regioni e agli enti da esse delegati, di definire, in assenza di regolamenti comunitari o ministeriali, criteri per la cessazione della qualifica di rifiuto in sede di rilascio delle autorizzazioni, quindi "caso per caso". Nel caso specifico dell'Emilia-Romagna, grazie alla legge regionale n. 16/2015 (disposizioni a sostegno dell'economia circolare, della riduzione della produzione dei rifiuti urbani, del riuso dei beni a fine vita, della raccolta differenziata) ha previsto, tra gli strumenti di prevenzione, l'attivazione di un coordinamento permanente finalizzato alla individuazione, da parte delle imprese, dei sottoprodotti di cui all'articolo 184 bis del D.Lgs. 152/2006. Il coordinamento si propone di definire buone pratiche tecniche e gestionali che, nel rispetto delle normative vigenti, possano consentire di individuare, caso per caso da parte delle imprese, determinati sottoprodotti nell'ambito dei diversi cicli produttivi, quali ad esempio: noccioli albicocche, noccioli pesche, sale da salatura di carne, residui verdi di mais ecc. L'Emilia – Romagna in questo caso si poneva volenterosa di creare cicli produttivi dedicati per escludere dalla classificazione dei rifiuti più prodotti possibili.

Con la sentenza n. 1229/2018, il Consiglio di Stato ha però negato che enti ad eccezione dello Stato possano vedersi riconosciuto potere di «declassificazione» del rifiuto in sede di autorizzazione in ragione del fatto che la disciplina dei rifiuti ricade, per costante giurisprudenza costituzionale, nella materia della "tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali" di competenza esclusiva dello Stato. Con tale sentenza, le Regioni potranno solo rilasciare le autorizzazioni ordinarie solo

attenendosi alle norme nazionali e non potranno procedere ad autorizzazioni “caso per caso”, di fatto paralizzando le attività di numerosi operatori,

Fortunatamente dopo pochi mesi, grazie al D.L n° 101/2019 si è superato questo blocco modificando la normativa che consentirà nuovamente l’operatività delle autorizzazioni regionali "caso per caso" per la cessazione della qualifica di rifiuto, facendo così salve le autorizzazioni esistenti e permettendo alle Regioni di rilasciarne di nuove.

1.3.2 COMBUSTIONE IN CAMPO DI RESIDUI VEGETALI

In riferimento alle tematiche che riguardano più da vicino il settore agricolo nello specifico quello delle biomasse, dobbiamo prendere in considerazione l'antica pratica agricola dell'abbruciamento delle sterpaglie: ramaglie e potature, ovvero quegli scarti delle lavorazioni agricole e boschive. Tale attività risulta molto datata e consolidata nelle consuetudini del mondo contadino. Può però succedere che la ripulitura dei campi o del sottobosco sfugga al controllo e diventi inesorabilmente causa di incendi.

L’atto di bruciare ramaglie e potature può rivelarsi un modo per produrre energia alternativa da biomasse oppure un sistema per ricavare ceneri utili alla concimazione dei terreni agricoli. Nel corso degli anni, il crescente utilizzo di fertilizzanti e prodotti chimici in agricoltura e in selvicoltura, ha portato a considerare dannoso per la salute umana l'abbruciamento di sterpaglie trattate chimicamente. Fino a quando gli scarti agricoli e industriali sono stati considerati come "rifiuto", bruciare ramaglie e potature era considerata una pratica illecita, almeno a livello nazionale. Tuttavia, con la conversione in legge n.116/2014 del D.Lgs. n. 91/2014 entrata definitivamente in vigore la norma che disciplina la combustione in loco dei residui vegetali di natura agricola e forestale, stabilisce modifica all’art. 256-bis del D.Lgs. 152/2206 [58]. La modifica aggiunge dopo il comma 6, il comma 6-bis: *“le attività di abbruciamento in piccoli cumuli e in quantità giornaliere superiori a tre metri steri per ettaro dei materiali vegetali di cui all’art. 185 (c. 1, lett.f), effettuate nel luogo di produzione costituiscono normali pratiche agricole, consentite per il reimpiego dei materiali come sostanze concimanti o ammendanti, e non attività di gestione dei rifiuti”*. Inoltre, il legislatore ha vietato la combustione di residui vegetali agricoli nei periodi di massimo rischio per gli incendi boschivi, dichiarati da ogni Regione. Ai comuni e alle altre amministrazioni viene attribuita la facoltà di sospendere, differire o vietare la combustione del materiale in tutti i casi in cui sussistono condizioni meteorologiche, climatiche o ambientali sfavorevoli ed in tutti i casi in cui da tale attività possa essere rischiosa per la pubblica e privata incolumità e per la salute umana, con particolare riferimento al rispetto dei livelli annuali delle polveri sottili (PM10).

1.3.4 EMILIA-ROMAGNA E PROVINCIA DI RAVENNA

Nel caso specifico della regione Emilia-Romagna è stato approvato recentemente il regolamento forestale regionale 08/2018 n°3 in attuazione dell'art. 13 della L.R. n° 30/1981. Precisando, all'art. 58 le Cautele per l'accensione del fuoco e la prevenzione degli incendi, che l'abbruciamento dei residui delle lavorazioni agricole è [59]:

- a) ovunque vietato nei periodi dichiarati di grave pericolosità ai sensi dell'art. 182 del D.Lgs. 152/2006 (c. 6bis);
- b) Consentito nei periodi normali (art. 58 comma 5 e 6 regolamento forestale) nel rispetto delle seguenti modalità, sintetizzate nei seguenti punti:
 1. se avviene a distanza superiore a 100 metri dai margini esterni di boschi, nei castagneti da frutto, negli impianti di arboricoltura da legno, nei terreni saldi o nei terreni saldi arbusti o cespugliati, sul luogo di produzione senza darne comunicazione all'autorità competente;
 2. se avviene a distanza inferiore a 100metri, previa comunicazione al corpo dei Vigli del Fuoco, precisando Comune e località in cui si effettuerà l'abbruciamento e tale deve terminare entro le quarantotto ore successive al momento in cui viene dato l'avviso ; il terreno su cui si svolge l'operazione deve essere circoscritto, custodito ed isolato e si deve procedere all'abbruciamento in assenza di vento ed in giornate particolarmente umide.
 3. L'abbruciamento di materiale deve avvenire sul luogo di produzione, raggruppando il suddetto materiale in piccoli cumuli e nei limiti di quanto previsto per le normali pratiche agricole della normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti (3 mc. steri per ettaro al giorno)
 4. Sono fatte salve le prescrizioni connesse a emergenze di carattere fitosanitario stabilite con strumenti dell'autorità competente in materia di tutela fitosanitaria
 5. Sono sempre fatti alvi eventuali provvedimenti e ordinanze delle autorità di protezione civile che possono in ogni caso sospendere le deroghe ai divieti di accensione dei fuochi di cui sopra.

In merito alla provincia di Ravenna si fa sempre riferimento al seguente regolamento, ma ogni singolo Comune presente sul territorio può emanare ordinanze più restrittive in merito a tale argomento. Il comune di Ravenna ad esempio, tramite ordinanza n°1575 [60], vieta tutte le combustioni all'aperto (comprese operazioni di bruciatura di sterpaglie, residui di potatura, simili e scarti vegetali) in tutto il periodo che va da Ottobre a Marzo. Tale ordinanza è interessante perché tiene in considerazione i problemi legati alla combustione in campo di tale materiale, richiamando al suo interno le direttive

2008/50/CE (qualità dell'aria) ed il Piano Aria Integrato Regionale 2020 (che integra il PAIR 2020) e mettendo in luce la volontà di tutelare la qualità dell'aria in tutto il comune.

1.4 CONTESTO DI STUDIO

1.4.1 ASSETTO GEOGRAFICO

In Figura 3 è evidenziata l'area geografica considerata, comprensiva delle regioni (da sinistra a destra): Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli-Venezia Giulia.

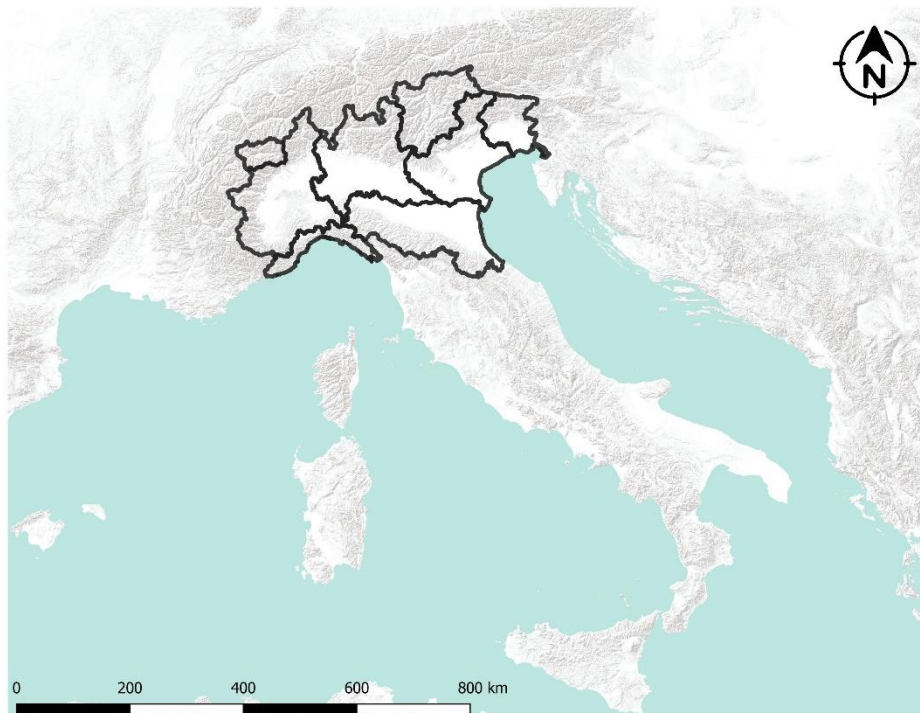


Figura 3 - Limiti area di studio (Nord-Italia) – elaborazione QGIS.

L'area è delimitata dalle Alpi a Nord e a Ovest e dall'Appennino settentrionale a Sud. Confina a ovest con la Francia tramite le Alpi occidentali, a Nord con Svizzera e Austria mediante le Alpi centrali, a est con la Slovenia e a Sud con la Toscana, le Marche e il piccolo Stato di San Marino. L'Italia settentrionale è bagnata dal mar Ligure e dal mare Adriatico, su di essa si estende la pianura padana ed è attraversata dal fiume Po. Essa ospita, secondo i dati Istat 2018, circa il 46% della popolazione italiana, e producono il 59,4% del prodotto interno lordo nazionale con una superficie territoriale pari a ~ 120260 km².

Come anticipato in introduzione, la mappatura delle biomasse residuali agricole scenderà al dettaglio di Regione Emilia – Romagna ed infine verrà fatto un focus maggiore sul territorio Ravennate (Figura 4). In questa regione il territorio (~22453 km²) è costituito da zone pianeggianti dominanti

completamente devote all'agricoltura, seguite poi da quelle collinari e montuose equidistribuite. Il tracciato dell'antica via Emilia separa in modo preciso gli ambiti pianeggianti da quelli collinari-montuosi.

La provincia di Ravenna possiede una superficie di ~1859 km² comprensiva di territori assai eterogenei tra loro che includono: zone costiere, pianeggianti e montuose (entroterra).

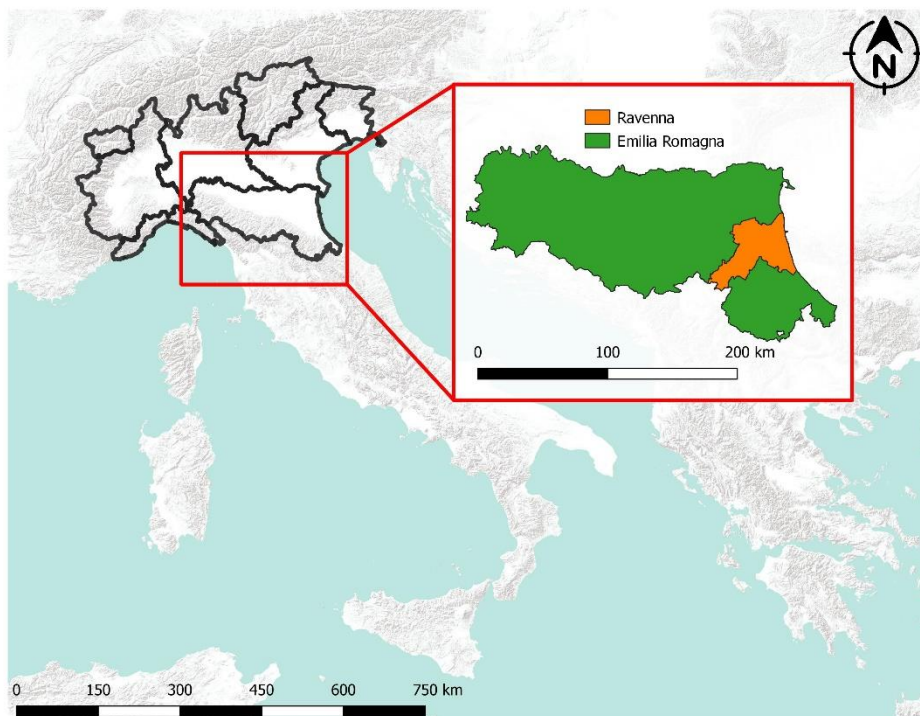


Figura 4 - Zoom sulla Regione Emilia-Romagna e provincia di Ravenna – elaborazione QGIS.

All'interno di questi limiti territoriali, lo studio permetterà di valutare le PBRA agricole ,per le colture in analisi, tramite griglie di densità generate da differenti database.

1.4.2 ASSETTO CULTURALE

Facendo riferimento al censimento Istat 2010 risulta che nel Nord-Italia, l'area dedicata ad attività agricole si estende per 4.5 milioni di ettari. Circa 400000 sono le aziende attive sul territorio ed emerge che del totale solo l'8% delle aziende si dedica all'allevamento di erbivori o granivori e il 9% per cento sono aziende miste con combinazione di policolture e poli allevamenti [61] Il restante si occupa esclusivamente di produzione agricole di cui il 55% in colture permanenti, il 23% in seminativi e il 2 % in ortofloricoltura.

Nel Nord-Italia, come in tutta la penisola, le principali colture coltivate sono quelle che rientrano nella categoria dei cereali, con il primato al mais sia per superficie coltivata, sia per entità di produzione; tra gli altri cereali troviamo frumento, orzo, riso. Le altre colture diffuse al Nord rientrano

nelle coltivazioni arboree da frutto, industriali, coltivazioni a leguminose ed orticole. Di seguito sono riassunte, in Figura 5, le stime delle coltivazioni per il Nord-Italia (Istat 2018 [62]).

COLTIVAZIONI	SUPERFICIE TOT. (HA)
Seminativi	1133211
Leguminose	411460
Bulbo - tuberose	57029
Ortive	70625
Industriali	360392
Foraggiere	1938834
Arboree da frutto	433432

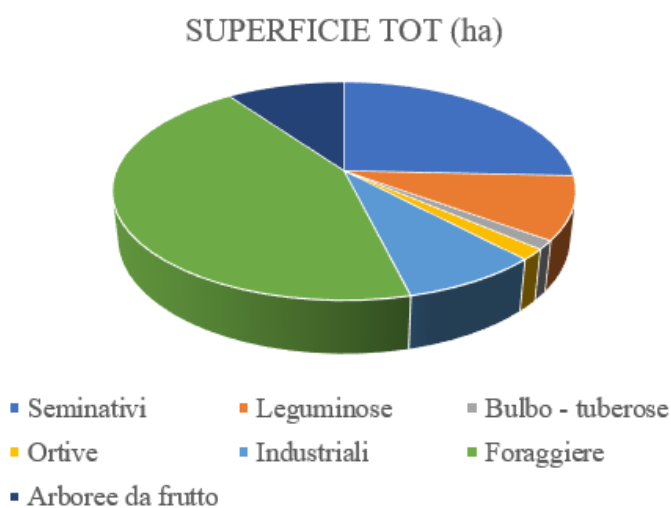


Figura 5 - Riepilogo superficie totale (2018) per le coltivazioni del Nord-Italia.

L'Emilia-Romagna è tra le prime regioni in Italia per quantità e valore economico ottenuto dalla produzione agricola, grazie alla posizione geografica e climatica favorevole, nonché alla notevole meccanizzazione e alla fertilità del suolo. Come per il Nord-Italia la produzione maggiore è dettata dai cereali (tra i maggiori mais, frumento, orzo e riso). Nel settore delle colture permanenti, primeggiano le pesche, le susine, le albicocche, le ciliegie, le pere ed i vigneti (arboree da frutto) [63]. In Figura 6 sono mostrate stime agrarie 2018 delle coltivazioni per l'Emilia Romagna [64].

COLTIVAZIONI	SUPERFICIE TOT. (ha)
Arboree da frutto	115923
Seminativi	319397
Industriali	67948
Leguminose	12029
Orticole in campo	54763
Orticole in serra	948
Foraggiere	427849

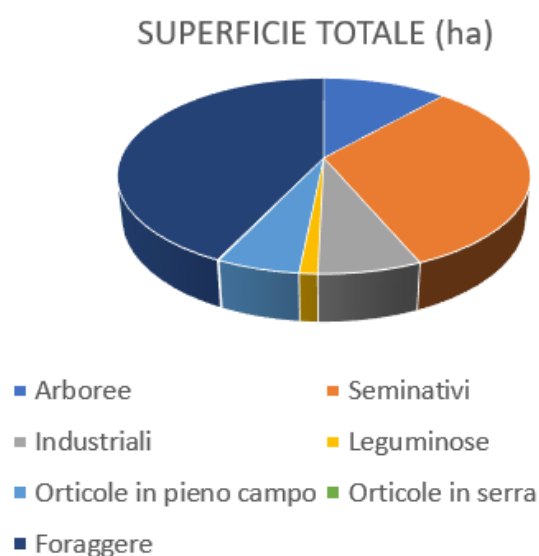


Figura 6 - Riepilogo superficie totale (2018) per le coltivazioni dell'Emilia-Romagna.

Anche per la provincia di Ravenna vengono mostrate (Figura 7) le stime agrarie 2018 delle coltivazioni per l'Emilia Romagna [64]

COLTIVAZIONI	SUPERFICIE TOTALE (ha)
Arboree da frutto	36569
Seminativi	3198
Industriali	5213
Leguminose	2285
Orticole in campo	7286
Orticole in serra	47
Foraggiere	24228

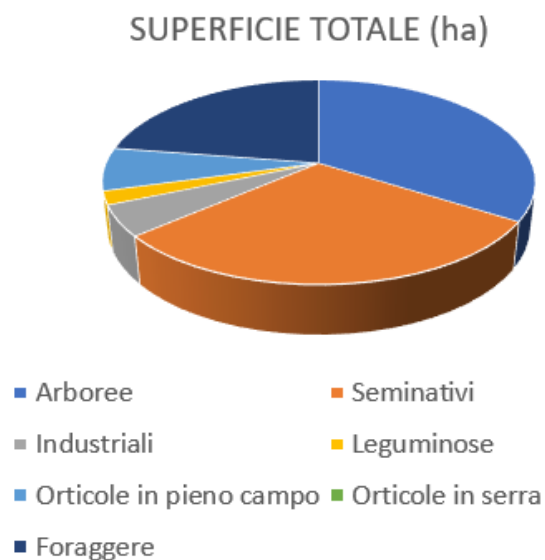


Figura 7 - Riepilogo superficie totale (2018) per le coltivazioni della provincia di Ravenna.

Sempre le stime Istat 2018 evidenziano che per colture permanenti le maggiormente coltivate sono vite, nettarine, pesco, pero, actinidia, susino, melo. Tra i cereali troviamo: frumento, seguito da mais, grano duro, orzo e sorgo. Seguono le colture industriali quali, barbabietola, soia e colza ed infine le orticole come il pisello fresco, il pomodoro e il fagiolino fresco.

2. MATERIALI

2.1 SOFTWARE

I dati ottenuti ed utilizzati nell'elaborato provengono da diversi enti Nazionali e Regionali; mentre le cartografie di base indispensabili per collocare e visualizzare i dati generalmente, risultano reperibili da aziende che operano nel campo dell'elaborazione di immagini satellitari, quali *ESRI, Google, ecc.* I dati utilizzati sono prettamente di tipo digitale, risultano eterogenei tra loro e possono essere elaborati e modellizzati da strumenti informatici in grado di fornire visioni d'insieme dell'intero database.

Gli strumenti GIS accolgono, memorizzano, trasformano, rappresentano ed elaborano dati georeferenziati, ottenendo una congiunzione, un' interpolazione ed un' implementazione dei diversi database di partenza. Logico pensare che una semplice coppia di coordinate geografiche non possa costituire informazione utile a qualsiasi tipo di studio, ma se a questa connettiamo valori numerici, alfanumerici, statistici possiamo procurarci un'informazione dal dato geografico; l'uso di tale metodologia porta alla generazione di nuovi dati connessi a database collegabili a vaste potenzialità. Per lo studio delle BRA, scopo dell'elaborato, viene utilizzato il software open source QGIS versione "3.4.10 Madeira". La maggiore capacità di questo strumento è quella di contenere molteplici informazioni e dati, anche molto diversi tra loro, carte d'uso del suolo, mappe catastali, ortofoto, carte topografiche, immagini satellitari ed anche attributi provenienti da software terzi come Excel, che una volta integrate ad hoc nel database esistente permettono l'agevolazione dell'analisi e la visualizzazione dei risultati voluti.

2.2 BANCHE DATI

In questo studio sono stati utilizzati tre database differenti tra loro, quali *Land Use, ICol-ARPAE2019 e AGREA 2018*. Nello specifico, i primi due, sono stati originati o aggiornati mediante l'utilizzo di immagini satellitari che possono produrre elaborazioni di tipo vettoriale (shape file).

AGREA 2018, all'opposto, nasce come database puro di informazioni eterogenee tra loro che grazie alle moderne tecniche è stato georeferenziato e trasformato in file vettoriale.

Nelle seguenti elaborazioni saranno utilizzati questi dati attraverso il software QGIS, permettendo una visualizzazione di tipo poligonale, suddividibile in classificazioni, facilmente elaborabili (cap. [3](#) e [4](#)).

Si precisa che: *IColt-ARPAE 2019 e AGREA 2018* sono elaborabili per scopi scientifici, grazie ad un accordo tra Alma Mater Studiorum - Università di Bologna (Ravenna Campus) – e i due enti regionali. Segue la descrizione dettagliata dei database utilizzati.

2.2.1 BANCHE DATI DI USO DEL SUOLO

I database di Uso del Suolo sono stati generati dalle singole regioni sulla base del progetto madre Corine Land Cover (CLC), nato a livello europeo in particolar modo per il rilevamento ed il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela ambientale [65]. Le coperture ed uso del suolo sono suddivise in categorie omogenee a cui è associato un codice alfa numerico consultabile sul sito dell’Agenzia per la protezione dell’ambiente e i servizi tecnici (Legenda [66])

Il CLC viene prodotto dalla maggior parte degli stati UE attraverso l'interpretazione visiva di immagini satellitari ad alta risoluzione. In alcuni paesi vengono applicate soluzioni semiautomatiche, utilizzando dati nazionali in situ, elaborazione di immagini satellitari ed integrazione GIS. Il CLC ha una vasta gamma di applicazioni, alla base di varie politiche comunitarie in materia di ambiente, ma anche agricoltura, trasporti, pianificazione del territorio ecc. [67] [68].

Per citare un esempio e riportando quanto scritto sul Geo portale della Regione Emilia-Romagna, i database inerenti alla suddetta area geografica (*Land Use ER*) sono ottenuti ed elaborati nel modo seguente: *“Base dati georeferenziata di tipo vettoriale contenente raggruppamenti omogenei di dati riferiti alle varie tipologie di uso del suolo di dettaglio 2014, scala di riferimento 1:10000. La necessità di provvedere all'aggiornamento delle informazioni per un termalismo soggetto a rapidi mutamenti nel corso del tempo ha portato alla predisposizione di questa edizione che è stata realizzata mediante l'utilizzo di ortofoto del consorzio TeA 2014 a colori (RGB). Questa edizione è stata prodotta attraverso l'aggiornamento della copertura poligonale del 2008 di dettaglio: si è mantenuto lo stesso sistema di classificazione (coi primi tre livelli derivati da Corine Land Cover) e le stesse caratteristiche dimensionali (area minima, dimensione minima, ecc.) di dettaglio”* [69].

Lasciando all’ente territoriale la competenza di gestire ed elaborare in maniera autonoma queste tipologie di dati, seguendo le linee guida Nazionali [70] [71], i database originati per ogni Regione risulteranno decisamente eterogenei per grado di dettaglio ed anno di aggiornamento. La suddivisione delle colture non permette un alto grado di classificazione, ad esempio troveremo macro-raggruppamenti quali seminativi in aree irrigue e non, frutteti e frutteti minori, ecc. Tuttavia, essi risultano gli unici database attualmente fruibili per il Nord-Italia, che permettono una possibile mappatura per le macro-classi residuali analizzate in questo studio.

2.2.2 BANCA DATI ICOLT-ARPAE

Questo database nasce dal lavoro che l'agenzia ARPAE Emilia-Romagna svolge sul territorio tramite il laboratorio di “telerilevamento dell'area agrometeorologia territorio e clima” praticando attività di monitoraggio ambientale mediante analisi d'immagini satellitari (*principalmente dal programma Copernicus*) e validazione dei dati in campo: prioritaria è la diffusione, a livello regionale, delle tecniche semiautomatiche e automatiche di analisi dei dati telerilevati per il monitoraggio del contesto agricolo. IColt nasce allo scopo di fornire ai diversi Consorzi di Bonifica regionali un quadro previsionale dei consumi di acqua irrigua per consentire un'adeguata gestione della risorsa.

Supportato da studi precedenti, svolti nello stesso ambito, di Gallo et al. (2012) [72], Jansen et al. (2006) [73] e Spisni et al. (2012) [74] oggi viene, tramite questo progetto, studiata annualmente una superficie totale di circa 1180000 ettari a cui vengono tolte le strade, le ferrovie la rete idrografica e tutto l'urbanizzato. Servendosi di immagini satellitari prese in 3 periodi precisi (fine di ottobre, gennaio e marzo), ARPAE è in grado di predisporre entro il mese di maggio di ciascun anno la disposizione spaziale delle principali colture erbacee indispensabili per la gestione dell'acqua irrigua. Dal risultato è possibile ottenere una suddivisione in macro-gruppi (colture erbacee ed arboree) nelle quali è possibile trovare 15 classificazioni, come ad esempio colture estive generiche, autunno vernine, prati e medica, ed infine tutte le tipologie di frutteto. In particolare frutteti e vigneti sono ottenuti dall'integrazione delle dichiarazioni catastali AGREA dell'anno precedente andando ad individuare, per ogni particella catastale, la coltura prevalente [75]

La campagna Icolt 2019, nello specifico, ha acquisito immagini da due satelliti (*Sentinel2 e Landsat8*) permettendo di stimare il fabbisogno irriguo estivo in base alla distribuzione spaziale delle colture in atto disponibile ed è consultabile ogni anno ad inizio giugno. La classificazione delle colture agricole in macro-gruppi avviene tramite l'analisi di serie multi-temporali: immagini ottiche da satellite pianificate ed acquisite ad-hoc durante il periodo tra novembre e giugno. Le finestre di acquisizione sono state definite in base alle fasi fenologiche individuate nel giardino fenologico gestito dal DISTA (Università di Bologna) [76]. **I dati utilizzati in questa tesi fanno riferimento all'annata agraria 2018.**

L'area di studio, come evidenziato nella relazione tecnica e nell'immagine sottostante (Figura 8), non prende in analisi tutto il territorio della Regione. Viene esclusa la parte collinare-montana (zona tratteggiata) concentrandosi solo sulle zone pianeggianti (colorazione verde), per un area totale investigata pari a ~ 780000 ha. I dati fanno riferimento prettamente alle aree agricole, le zone urbane sono eliminate tramite maschere basate su dati vettoriali ad alta risoluzione. [76]

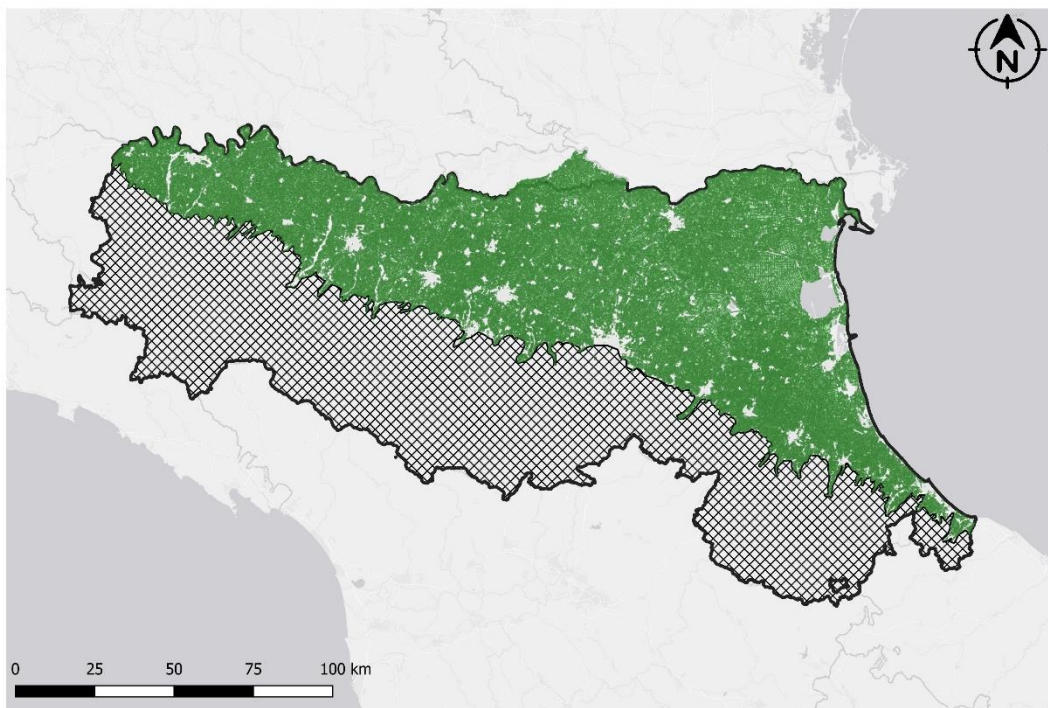


Figura 8 - Area di studio del database Icolt-ARPAE – elaborazione QGIS.

Dato il forte grado di dettaglio e le classificazioni colturali evidenziate nel database ed anche se l'area investigata non ricompre tutta la regione, si è scelto di utilizzare questo database per procedere con la mappatura dei potenziali residui agricoli. Esso, inoltre, potrà essere parzialmente confrontato con risultati ottenuti dall'ultimo database utilizzato, spiegato di seguito al punto tre.

2.2.3 BANCA DATI AGREA

Questo database viene gestito ed elaborato dall'agenzia da cui prende il nome: “AGREA è l'organismo pagatore regionale che eroga gli aiuti, i premi e i contributi all'insieme degli operatori del settore agricolo previsti dalle disposizioni comunitarie, nazionali e regionali. L'Agenzia è stata istituita dalla Regione Emilia-Romagna con la legge regionale n. 21 del 23 luglio 2001 ed è stata riconosciuta dal Ministero delle Politiche agricole, alimentari, forestali e del turismo a più riprese dal 2002 al 2008 per l'acquisizione graduale delle competenze sui settori di intervento, per operare con le funzioni di Organismo pagatore per gli aiuti finanziari a carico del Fondo europeo agricolo di garanzia e del Fondo europeo agricolo di sviluppo rurale” [77].

Dato il suo ruolo questo ente raccoglie tutti i dati provenienti dal comparto agricolo e generare un database con un grado di dettaglio catastale (sezione, foglio e particella), permettendo di ottenere una mappatura per la provincia di Ravenna molto precisa garantendo, inoltre, una maggiore classificazione colturale. Il limite giace, in primis, nelle tempistiche di aggiornamento della banca

dati poiché essa viene aggiornata al termine dell'annata agraria e secondariamente nella riservatezza che l'agenzia tende a mantenere per il dato.

La Tabella 1, riepiloga in maniera schematica, i database utilizzati, le regione e le fonti (l'edizione e l'anno di aggiornamento) utilizzati .

Tabella 1 – Distinzione dei database in funzione della Regione e citazione della fonte (edizione e aggiornamento).

DATABSE	REGIONE	FONTE	EDIZIONE	AGG.
Land Use	1. Piemonte	Geo portale Regione	2010	2018
	2. Valle d'Aosta	ISPRA	2012	2012
	3. Liguria	Geo portale Regione	2016	2018
	4. Lombardia	Geo portale Regione	2015	2017
	5. Emilia - Romagna	Geo portale Regione	2014	2018
	6. Trentino - Alto Adige	Geo catalogo Regione e ISPRA	2012	2012
	7. Veneto	Geo portale Regione	2009	2018
	8. Friuli Venezia Giulia	ISPRA	2012	2012
Icolt – ARPAE 2019	Emilia – Romagna	ARPAE	2018	2019
AGREA 2018	Provincia Ravenna	AGREA	2018	2018

I database *Land Use*, eterogeni tra loro, sono stati uniti prima di procedere con altre operazioni.

Tutte e tre le banche dati sono state gestite sia in ambiente Office, sia in GIS prima di poter procedere con le mappature dei potenziali residui.

In Tabella 2 si evidenzia, in funzione del database utilizzato, l' area di interesse, le culture analizzate ed i limiti di studio.

Nella successiva Tabella 3 si riportano, a seconda della tipologia di coltura studiata (superficie maggiore di 80 ettari), i residui agricoli ottenibili e studiati per la banca dati AGREA. La scelta della soglia minima di 80 ettari è stata fatta in funzione della metodologia applicata per questo database esposta nel cap. [3.4](#).

Tabella 2 - Database utilizzati, aree di interesse, culture analizzate e dei limiti di studio.

DATABASE	AREA STUDIO	COLTURE ANALIZZATE	LIMITI DI STUDIO
Land Use	Nord-Italia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frutteti 2. Oliveti 3. Vigneti (solo ettari) 4. Castagneti (solo ettari) 	Assenza di informazioni per le colture erbacee estive ed autunnali
Land Use	Emilia - Romagna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frutteti 2. Oliveti 3. Vigneti 4. Castagneti 	Assenza di informazioni per le colture erbacee estive ed autunnali
IColt – ARPAE 2019	Emilia - Romagna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Principali alberi da frutto (actinidia, albicocco, ciliegio, melo, pero, pesco, susino, olivo e vigneto) 2. Colture erbacee autunno-vernini (frumento ed orzo) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assenza di informazioni per le colture erbacee estive 2. Esclusa una porzione di territorio Emiliano Romagnolo
AGREA 2018	Provincia di Ravenna	Tutte le colture presenti in Tabella 3	<p>Dettaglio catastale</p> <p>Aggiornato a fine annata agraria ma non pubblicamente accessibile</p>

Tabella 3 - Tipologia di residuo ottenuto in funzione della coltura analizzata per la banca dati AGREA.

TIPOLOGIA DI COLTURA									
ARBOREE		ERBACEE		LEGUMINOSE		INDUSTRIALI		TUBERI E ORTICOLE	
Coltura	Residuo	Coltura	Residuo	Coltura	Residuo	Coltura	Residuo	Coltura	Residuo
Albicocco	Residui potatura	Farro	Paglia	Cece	Stelo e foglie	Barbabietola	Foglie e colletto	Bietola	Stelo e foglie
Ciliegio	Residui potatura	Frumento duro	Paglia	Fagiolino	Stelo e foglie	Colza	Stelo e foglie	Carota	Stelo e foglie
Susino	Residui potatura	Frumento tenero	Paglia	Fave	Stelo e foglie	Pomodoro	Frutto	Cavolo	Stelo e foglie
Castagno	Residui potatura	Girasole	Paglia	Pisello	Stelo e foglie	Soia	Stelo e foglie	Cipolla	Stelo e foglie
Pesco	Residui potatura	Mais	Stocchi e tutoli	-	-	Patata	Stelo e foglie	Ravanello	Stelo e foglie
Actinidia	Residui potatura	Orzo	Paglia	-	-	Patata	Tubero	Spinacio	Stelo e foglie
Vite	Residui potatura	Sorgo	Paglia	-	-	-	-	Zucca	Stelo e foglie
Olivo	Residui potatura	-	-	-	-	-	-	-	-
Melo	Residui potatura	-	-	-	-	-	-	-	-
Pero	Residui potatura	-	-	-	-	-	-	-	-

3. METODI

3.1 CALOLCO DEL RESIDUO AGRICOLO

Per omogeneizzare, elaborare e studiare i database a disposizione sono stati utilizzati strumenti di analisi quali Excel e QGIS, con procedimenti specifici per le tre banche dati.

Per ottenere la stima del residuo agricolo, sono stati analizzati studi analoghi, come ad Fiorese (2007) [78] che presenta metodi efficaci per la quantificazione dei residui. In questo studio, verrà utilizzata l'equazione sottostante (1) modificata rispetto a quanto utilizzato da Greggio et al. (2019) [79], che ne riporta un'applicazione per la Regione Emilia Romagna:

$$Residuo\ agricolo\ (t) = Resa\ prodotto\ principale\ \left(\frac{t}{ha}\right) * area\ (ha) * \frac{SP}{PP} \quad (1)$$

Le rese, per ogni tipologia di prodotto principale, sono state calcolate utilizzando la banca dati del Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN - rese benchmark 2018 [80]) - le rese di ogni coltura variano a seconda della regione e della provincia e verranno riportate in Tabella 4, Tabella 7, Tabella 9 e Tabella 16 - L'area è calcolata attraverso il software QGIS tramite funzione specifica, mentre i rapporti SP/PP, anch'essi per ogni tipologia di prodotto principale, provengono da articoli di letteratura come Greggio et al. (2019) [79] e Motola et al. (2009) [27].

L'equazione (1) riporta la quantità di residuo definita "fresca" cioè inclusiva dell'umidità della matrice. Per ottenere la Sostanza Secca (s.s.) o Solidi Totali (ST) occorre stimarla ed estrarla dal residuo fresco.

Ogni valore di residuo agricolo sarà affetto da variabilità, che viene calcolata attraverso il prodotto delle deviazioni standard (DS) delle rese con il rapporto SP/PP. Per calcolare la deviazione standard dei residui analizzati si utilizzerà l'equazione (2) riportata sotto:

$$DS\ residuo\ agricolo\ per\ 1\ ha = PP \left(\frac{SP}{PP}\right) * \sqrt{\left(\frac{DS_1}{media_1}\right)^2 + \left(\frac{DS_2}{media_2}\right)^2} \quad (2)$$

$\frac{DS_1}{MD_1}$ riferito a SP/PP; $\frac{DS_2}{MD_2}$ riferito a PP

Qualora si sommino differenti residui agricoli, come ad esempio tutti i prodotti che danno origine alla categoria frutteti, sarà sufficiente sommare i risultati e le relative DS.

Ottenuta la stima dell'abbondanza dei residui agricoli si è proceduto, nelle prime due macro-aree prese in esame (Nord-Italia ed Emilia-Romagna), alla mappatura mediante una griglia di abbondanza con dimensione di 10*10 km per Nord-Italia, mentre per Emilia-Romagna con dimensione a 5*5 km. La scelta della dimensione reticolare si basata su studi di letteratura che cercano di definire un raggio

ottimale entro il quale recuperare i potenziali residui di biomassa, allo scopo di inserirli in filiere di recupero energetico [81] [82] [82] [32]; tale raggio viene considerato di ~ 70km: entrambi i reticoli creati rientrano in questa dimensione e sono attendibili per l'area analizzata.

Nella Regione Emilia- Romagna è stata eseguita la stima sia utilizzando il database *Lande Use*, sia *IColt-ARPAE2019* permettendo un parziale confronto tra i due database utilizzati e/o la possibilità di mappare residui agricoli differenti. Per la provincia di Ravenna l'approccio utilizzato è stato differente privilegiando il maggior dettaglio fornito dal dato catastale e mettendo in luce oltre all'abbondanza, anche gli aspetti di stagionalità e qualitativi delle varie tipologie di residuo (secco, umido, ecc.).Il dettaglio catastale ha permesso di raggruppare i residui agricoli in funzione delle caratteristiche del residuo e non solo della cultura che lo ha generato, permettendo di valutare differenti scenari di valorizzazione.

Seguendo lo stesso ordine nel cap. [2.3](#) vengono illustrati i metodi adottati per ciascun database considerato.

3.2 NORD-ITALIA (BANCA DATI LANDE USE)

Come operazione preliminare sono stati raccolti tutti i file vettoriali necessari dalle varie banche dati (Tabella 1) di ogni regione importandoli in ambiente QGIS. Per ogni regione sono state selezionate le colture frutteti, oliveti e vigenti. I quattro file vettoriali, categorizzati nelle quattro macro-classi, sono stati uniti spazialmente attraverso il plug-in *MMQGIS* (funzione “*unisci margini*”) ottenendo quattro livelli univoci:

1. *Nord_IT_Frutteti.shp*;
2. *Nord_IT_Oliveti.shp*;
3. *Nord_IT_Castagneti.shp*;
4. *Nord_IT_Vigneti.shp*.

Si è poi proceduto al calcolo delle rese (con relative DS) per le quattro colture utilizzando i dati SIAN [80], producendo una media matematica dei dati di produttività per ogni provincia di ogni Regione. Per il calcolo, nella categoria frutteti sono state accorpate le colture: actinidia, albicocche, albicocche precoci, caco, ciliegie, mele, nettarine, nettarine precoci, susine, susine precoci, pesche, pesche precoci, pere e pere precoci.

Per il calcolo dei rapporti SP/PP (con relative DS) sono stati utilizzati, i dati dalla relazione ENEA [27], eseguendo una media matematica dei dati riportati per ogni provincia presente in ogni Regione.

Causa mancanza di dati e per garantire omogeneità nel database, per castagneti ed oliveti non si sono calcolati i rapporti SP/PP; si riportano solo gli ettari totali.

Per la creazione del reticolo 10*10 km, indispensabile per la mappatura finale sono stati estrapolati, in QGIS, dal Geo-portale Nazionale i limiti regionali ([link WFS](#)) ottenendo un livello univoco *LimitiRegionali.shp* (regioni selezionate: Piemonte, Valle d’Aosta, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli-Venezia Giulia). Attraverso la funzione nativa del software è stato creato un reticolo, sui limiti delle regioni precedentemente selezionati (settaggio: poligono, rettangolo, 10 km orizzontale, 10 km verticale, 0 km sovrapposizione o/v) e ritagiarlo (funzione “*ritaglia*”) sul livello *LimitiRegionali.shp*; in Figura 9, l’esempio del risultato.

Ogni cella 10*10 km appratente al reticolo possiede un ID specifico che ha consentito di effettuare l’operazione di “*join*” con i poligoni rappresentanti le superfici, di ogni singola coltura, appartenenti ad ogni specifica cella.

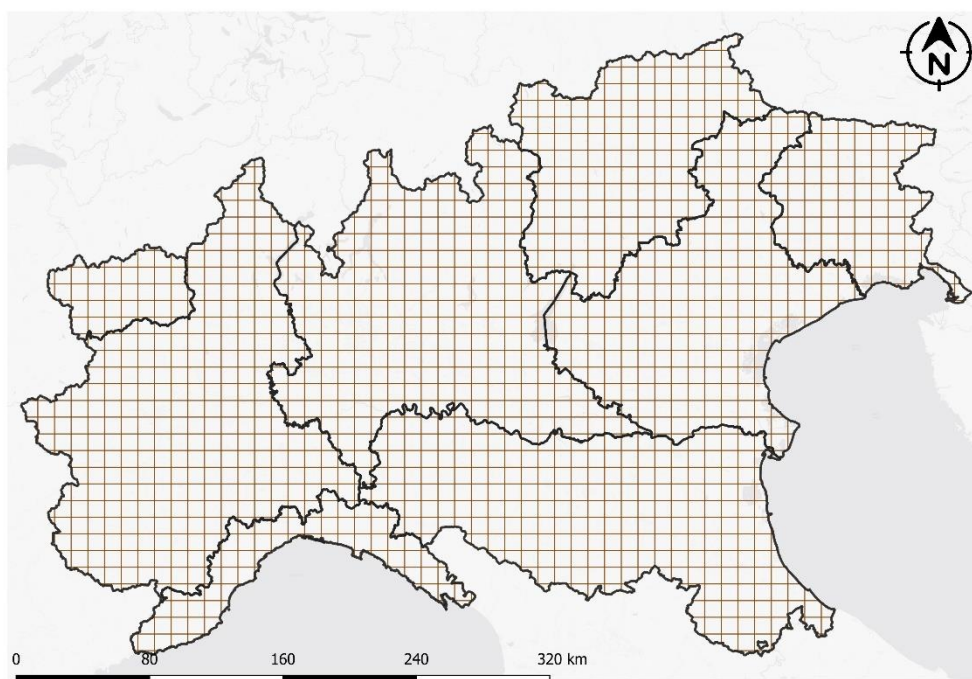


Figura 9 - Reticolo 10x10 km Nord – Italia – elaborazione QGIS.

Utilizzando la funzione nativa “*Intersezione*” è stato intersecato il reticolo creato, su ognuno dei file vettoriali generati nel primo passaggio ed aprendo la tabella attributi è stata calcolata l’area (ha) per ogni poligono presente nella tabella attributi. Per il risultato finale per *Nord_IT_Frutteti.shp* e *Nord_IT_Vigneti.shp* sono state esportate le tabelle attributi in formato “*xlsx*”.

Le tabelle attributi sono state aperte in ambiente Excel: sono state create due nuove colonne con lo scopo di contenere le rese (t/ha) ed i rapporti SP/PP specifici per ogni regione (Tabella 4 e Tabella 5). I potenziali residui sono stati calcolati utilizzando l’equazione (1): nello specifico la colonna delle superfici è stata moltiplicata per la resa e per i rapporti SP/PP.

Mediante la funzione “*crea tabella pivot*” (righe: ID reticolo, colonne: somma area (ha) e somma residui (t)) è stata creata una tabella pivot per ogni coltura. Questa tabella è stata collegata tramite la funzione “*join*” (QGIS) al reticolo 10*10 km precedentemente creato (campo unione ID cella). Il risultato di tale operazione ha permesso di ottenere le mappe tematizzate finali che per questo database sono riportate e descritte nel cap. [4.1](#).

3.3 EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE)

Partendo dai quattro file vettoriali generati in precedenza per le colture frutteti, castagneti, oliveti e vigneti sono stati creati quattro nuovi livelli univoci selezionando i dati appartenenti alla sola Regione Emilia-Romagna:

1. *ER_Frutteti.shp*;
2. *ER_Oliveti.shp*;
3. *ER_Castagneti.shp*;
4. *ER_Vigneti.shp*.

Si è poi proceduto al calcolo delle rese (con relative DS) per le quattro colture utilizzando i dati SIAN [80], eseguendo una media matematica dei dati per ogni provincia presente in ogni Regione.

Per il calcolo, delle rese nella categoria frutteti sono state accorpate le colture: actinidia, albicocche, albicocche precoci, caco, ciliegie, mele, nettarine, nettarine precoci, susine, susine precoci, pesche, pesche precoci, pere e pere precoci.

Per il calcolo dei rapporti SP/PP (con relative DS) sono stati utilizzati, i dati contenuti nello studio Greggio et al. (2019) [79], in sostituzione a quelli di ENEA [27], che sono già mediati per il territorio Regionale. Utilizzando questi rapporti SP/PP è stato possibile calcolare i potenziali residui anche per castagneti ed oliveti.

Per creare il reticolo 5*5 km, indispensabile per la mappatura finale è stato estrapolato, in QGIS, dal Geo-portale Nazionale il limite regionale per l’Emilia-Romagna ([link WFS](#)) creando un livello univoco *LimitiEmiliaRomagna.shp*. Attraverso la funzione nativa del software è stato creato un reticolo, sul limite regionale appena generato (settaggio: poligono, rettangolo, 5 km orizzontale, 5 km verticale, 0 km sovrapposizione o/v) e ritagiarlo (funzione “*ritaglia*”) sul livello *LimitiEmiliaRomagna.shp*; in Figura 10, l’esempio del risultato.

Ogni cella 5*5 km appartenente al reticolo possiede un ID specifico che ha consentito di effettuare l’operazione di “*join*” con i poligoni rappresentanti le superfici, di ogni singola coltura, appartenenti ad ogni specifica cella.

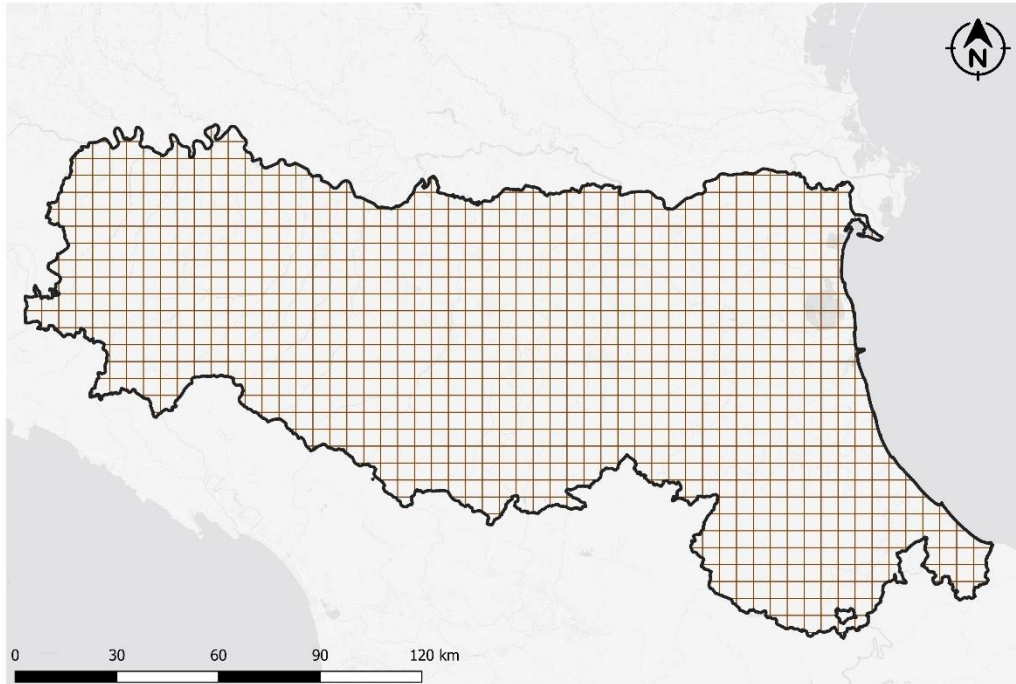


Figura 10 - Reticolo 5x5 km Emilia Romagna – elaborazione QGIS.

Utilizzando la funzione nativa “*Intersezione*” è stato intersecato il reticolo appena creato, su ognuno dei file vettoriali creati nel primo passaggio di questa sezione ed aprendo la tabella attributi si è poi calcolata l’area (ha) per ogni poligono presente. Per tutti e quattro i file vettoriali regionali è stata esportata la tabella attributi in formato “*xlsx*”.

Le tabelle attributi sono state aperte in ambiente Excel: sono state create due nuove colonne con lo scopo di contenere le rese (t/ha) e i rapporti SP/PP specifici per la regione (Tabella 7).

I potenziali residui sono stati calcolati utilizzando l’equazione (1): nello specifico la colonna delle superfici è stata moltiplicata per la resa e per i rapporti SP/PP.

Mediante la funzione “*crea tabella pivot*” (righe: ID reticolo, colonne: somma area (ha) e somma residui (t)), è stata creata una tabella pivot per ognuna delle quattro colture. Le tabelle sono state collegate tramite la funzione “*join*” (QGIS) al reticolo 10*10 km precedentemente creato (campo unione ID cella). Il risultato di tale operazione ha permesso di ottenere le mappe tematizzate finali illustrate e descritte nel cap. [4.2](#)

3.4 EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE)

Il database è stato fornito in formato vettoriale direttamente importabile in QGIS dal [link](#).

In ambiente QGIS sono state selezionate e categorizzate le colture fruttifere e gli autunno-vernini ottenendo:

1. *ER_IC_Albicocche.shp*;
2. *ER_IC_Actinidia.shp*;
3. *ER_IC_Autunnovernini.shp*;
4. *ER_IC_Ciliegie.shp*.
5. *ER_IC_Fruttetimisti.shp*
6. *ER_IC_Mele.shp*
7. *ER_IC_Olive.shp*
8. *ER_IC_Pere.shp*
9. *ER_IC_Pesche.shp*
10. *ER_IC_Susine.shp*
11. *ER_IC_Vigneto.shp*

Si è poi proceduto al calcolo delle rese (con relative DS) per le undici colture utilizzando i dati SIAN [80], eseguendo una media matematica dei dati per ogni provincia della Regione.

Inoltre, si sono tenuti in considerazione questi parametri:

Le rese per *ER_IC_Fruttetimisti.shp* sono state fatte accorpando le colture: actinidia, albicocche, albicocche precoci, caco, ciliegie, mele, nettarine, nettarine precoci, susine, susine precoci, pesche, pesche precoci, pere e pere precoci;

- i) non si prende in considerazione la coltura caco, perché non si hanno a disposizione i dati relativi a SP/PP;
- ii) nella categoria autunno-vernini sono stati raggruppati: frumento duro, tenero ed orzo.

Per il calcolo dei rapporti SP/PP e DS anche in questo caso vengono utilizzati, i dati di Greggio et al. (2019) [79], mediati per il territorio Regionale.

Per creare il reticolo 5*5 km, indispensabile per la mappatura finale è stato estrapolato, in QGIS, dal file vettoriale fornito da ARPAE un livello univoco denominato *LimitiEmiliaRomagna_Icolt.shp*. Attraverso la funzione nativa del software è stato creato un reticolo, sul limite regionale appena creato (settaggio: poligono, rettangolo, 5 km orizzontale, 5 km verticale, 0 km sovrapposizione o/v) e successivamente ritagliato (funzione “*ritaglia*”) sul livello appena creato; in Figura 11 l’esempio del risultato.

Ogni cella 5*5 km della griglia possiede un ID specifico che ha consentito di poter effettuare l’operazione di “*join*” con i poligoni rappresentanti le superfici, di ogni singola coltura, appartenenti ad ogni specifica cella.

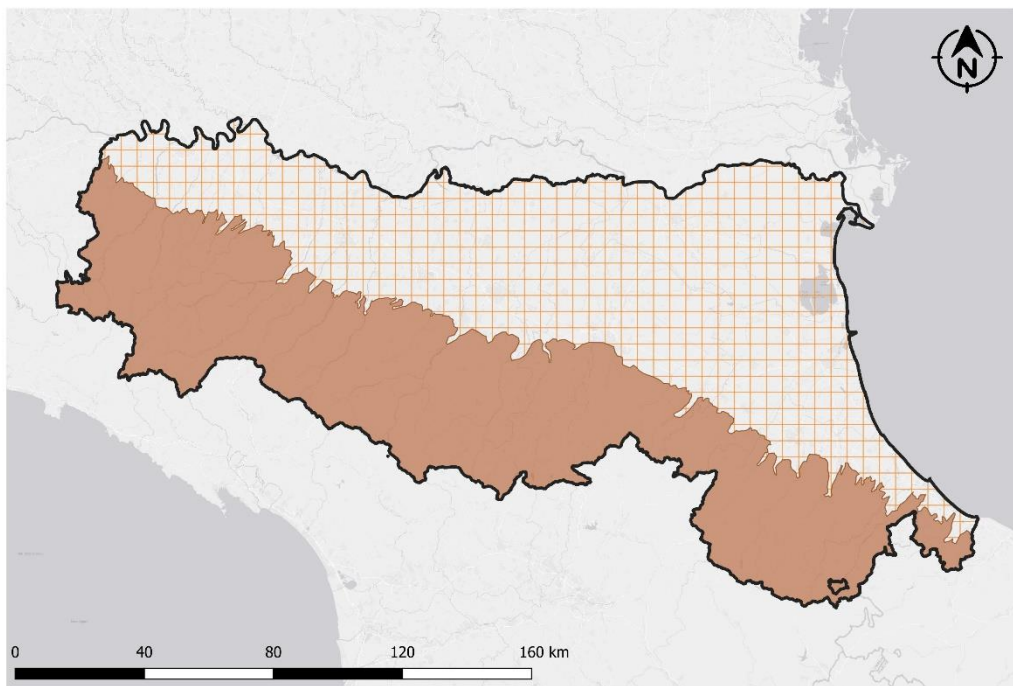


Figura 11 - Reticolo 5x5 km Emilia Romagna, area studio ICOLT – elaborazione QGIS.

Utilizzando la funzione nativa “*Intersezione*” è stato intersecato il reticolo appena creato, su ognuno dei file vettoriali creati nel primo passaggio di questa sezione ed aprendo la tabella attributi è stata calcolata l’area (ha) per ogni poligono presente nella tabella attributi.

Per tutti e undici i file vettoriali regionali è stata poi esportata la tabella attributi in formato “*xlsx*”.

Le tabelle attributi sono state aperte in ambiente Excel: sono state create due nuove colonne con lo scopo di contenere le rese (t/ha) e i rapporti SP/PP specifici per ogni regione (Tabella 9). I potenziali residui sono stati calcolati utilizzando l’equazione (1): nello specifico la colonna delle superfici è stata moltiplicata per la resa e per i rapporti SP/PP.

Mediante la funzione “*crea tabella pivot*” (righe: ID reticolo, colonne: somma area (ha) e somma residui (t)), è stata creata la tabella pivot per ogni coltura. Le tabelle sono state collegate poi tramite la funzione “*join*” (QGIS) al reticolo 10*10 km precedentemente creato (campo unione ID cella). Il risultato di tale operazione ha permesso di ottenere le mappe tematizzate finali e per questo database saranno spiegate nel [4.3](#)

3.5 PROVINCIA DI RAVENNA (BANCA DATI AGREA)

Il database è stato fornito dall'ente Regionale in formato di testo editabile con omessi i dati sensibili del proprietario della particella; Esso è stato sottoposto ad una prima conversione con lo scopo di esportarlo in ambiente Excel: eliminate le colonne di non interesse, sono rimaste solo quelle con i riferimenti al dato catastale (comune, sezione, foglio e particella), le superfici (ha) e le colture specifiche.

Per gli scopi della tesi, si decide di lavorare a livello di foglio e non di particella.

Per fare questo sono state create delle nuove colonne denominate: *COMUNE_SEZIONE_FOGLIO* e *COLTURA GENERICA*. La prima è stata utilizzata per collegare i dati del database al file vettoriale) nelle quali sono rappresentate le geometrie catastali della Provincia di Ravenna (fornite da ARPAE); la seconda è servita per raggruppare tutte quelle microcolture presenti nella colonna "coltura specifica".

Con la modifica del database, in Excel è stato possibile creare due tabelle pivot (funzione "crea tabella pivot") con lo scopo di svolgere due passaggi fondamentali prima dell'importazione di questi attributi in ambiente GIS:

1. La prima tabella pivot (riga: *COMUNE_SEZIONE_FOGLIO*, colonna: *COLTURA GENERICA (somma di superficie)*) ha permesso di capire quali colture sono presenti in un determinato foglio catastale, esaminabili per un futuro scenario di valorizzazione.
2. La seconda tabella pivot (riga: *COLTURA GENERICA*, colonna: *SUP (ha) (somma di superficie)*) ha permesso di valutare le colture per abbondanza (dalla maggiore alla minore superficie in ettari) sull'intera provincia di Ravenna; successivamente sono state scartate quelle con estensione areale inferiore a 80 ha (sull'intera provincia) ed altre colture poco significative per lo studio quali ad esempio bosco, prati, erba medica, ecc.

Per l'intera provincia si sono poi selezionate le colture da analizzare consultabili in Tabella 16 ([Allegato I](#)). Successivamente, i residui derivanti da queste colture sono stati suddivisi in funzione dell'umidità (espressa in %), della tipologia colturale di appartenenza (paglia, potatura, orticole, erbaceo fresco e leguminose) e della stagione in cui sono prodotte (inverno, primavera, estate ed autunno). Tale suddivisioni hanno restituito mappature specifiche per ogni categoria e permetteranno di poter valorizzare la potenziale BRA fresca in maniera differente, ad esempio destinandola ad un digestore al posto che a trattamento termico oppure capire quale tipologia di residui è presente in un determinato periodo dell'anno.

I dati e i parametri usati per questa classificazione sono stati presi dagli studi Greggio et al. (2019) [79] e Geletti et al. (2006) [83]:

- **residui secchi con contenuto idrico alla raccolta inferiore a 55%:** derivanti da actinidia, albicocco, castagno, cece, ciliegio, girasole, frumento, mais, melo, nettarina, orzo, pesco, soia, susino e vite;
- **residui umidi con contenuto idrico alla raccolta superiore a 55%:** derivanti da barbabietola, bietola, carota, cavolo, cipolla, fagiolino, farro, fave, patata, pisello, ravanella, sorgo, spinacio e zucca;
- **residui di paglia:** derivanti da cece, farro, girasole, frumento, mais e orzo;
- **residui leguminosi:** derivanti da fagiolino, fave, pisello e soia;
- **residui erbacei freschi:** derivati da barbabietola, carota, cavolo, cipolla, fagiolino, fave, patata, pisello, pomodoro, ravanella, sorgo, spinacio e zucca;
- **residui orticoli:** derivati da bietola, carota, cavolo, cipolla, fagiolino, fave, ravanella, spinacio e zucca;
- **residui prodotti in inverno:** derivati da actinidia, ciliegio, cavolo, melo, pero, pesco, susino e vigneto;
- **residui prodotti in primavera:** derivati da bietola, cipolla, farro, frumento, carota, fagiolino, fave, orzo, pisello e spinacio;
- **residui prodotti in estate:** derivati da barbabietola, bieta, carota, cece, cipolla, farro, fagiolino, fave, frumento, girasole, mais, orzo, soia, spinacio patata, pisello e zucca;
- **residui prodotti in autunno:** derivati da actinidia, ciliegio, , melo, pero, pesco, susino, vigneto e spinacio.

Si è poi proceduto al calcolo delle rese utilizzando i dati SIAN [80] per i prodotti analizzati.

Per il calcolo dei rapporti SP/PP e relative DS sono stati utilizzati i dati dello studio di Greggio et al. (2019) [28] ritenuti attendibili anche sul territorio della provincia di Ravenna. Si sottolinea, inoltre, che per la coltura patata sono stati calcolati i residui sia per la parte della pianta, sia per il tubero lasciato in campo utilizzando la medesima resa.

La potenziale BRA fresca è stata calcolata per tutte le colture selezionate utilizzando il criterio evidenziato al punto 2 e presenti in ogni foglio catastale (tabella pivot generata al punto 1). I residui espressi in tonnellate sono stati calcolati utilizzando l'equazione (1), moltiplicando le superfici (in ettari) per le rese e rapporti SP/PP. In ambiente Excel, tali residui sono stati poi categorizzati in funzione delle classificazioni sopra riportate in elenco.

Infine, tali categorizzazioni sono state importate in QGIS e tramite la funzione "join" (campo unione *COMUNE_SEZIONE_FOGLIO*) sono state legate al file vettoriale rappresentante le geometrie catastali. Il risultato di tale operazione ha permesso di ottenere le mappe tematizzate finali e per questo database saranno spiegate nel cap.4.4.

4. RISULTATI

4.1 NORD-ITALIA (BANCA DATI LAND USE)

Vengono illustrati i risultati ottenuti per l'area del Nord-Italia: nella Tabella 4, sottostante, si schematizzano i dati delle rese e dei rapporti SP/PP, con relative DS utilizzati per frutteti e vigneti che permetteranno di ottenere la mappatura finale.

Tabella 4 - Rese, rapporti SP/PP e DS frutteto e vigneto per ogni regione analizzata. Dati [80] [27]

REGIONE	COLTURA	TOT. AREA (ha)	RESA (t/ha)	DS RESA	SP/PP	DS SP/PP
Emilia-Romagna	Frutteto	84810	20,1	7,3	0,2	0,1
Friuli Venezia Giulia	Frutteto	177	17,2	7,89	0,1	0,0
Liguria	Frutteto	182	20,9	9,63	0,5	0,4
Lombardia	Frutteto	5861	18,1	6,35	0,1	0,1
Piemonte	Frutteto	9766	18,2	7,25	0,2	0,1
Trentino Alto Adige	Frutteto	32033	21,9	12,61	0,3	0,2
Valle d'Aosta	Frutteto	192	20,9	9,9	0,3	0,1
Veneto	Frutteto	23340	18,7	6,94	0,2	0,0
Emilia-Romagna	Vigneto	43836	16,4	6,46	0,3	0,1
Friuli Venezia Giulia	Vigneto	11380	12,8	1,98	0,5	0,0
Liguria	Vigneto	1383	9,2	0,84	0,4	0,1
Lombardia	Vigneto	26872	10,9	1,43	0,4	0,6
Piemonte	Vigneto	51475	7,6	2,88	0,4	0,1
Trentino Alto Adige	Vigneto	14383	12,2	0,30	0,3	0,1
Valle d'Aosta	Vigneto	321	14,2	0,00	0,4	0,0
Veneto	Vigneto	82859	15,12	1,28	0,42	0,2

Nella Tabella 5 si evidenziano i dati riguardanti le aree totali (ha) per le colture castagneto e oliveto permetteranno di ottenere la mappatura finale.

Tabella 5 - Totale (ha) per le colture castagneto e oliveto delle regioni appartenenti all'area geografica Nord-Italia.

REGIONE	COLTURA	TOT. AREA (ha)	COLTURA	TOT. AREA (ha)
Emilia-Romagna	Castagneto	1535	Oliveto	3980
Friuli Venezia Giulia	Castagneto	-	Oliveto	-
Liguria	Castagneto	382	Oliveto	30811
Lombardia	Castagneto	1929	Oliveto	30278
Piemonte	Castagneto	12555	Oliveto	156
Trentino Alto Adige	Castagneto	-	Oliveto	292
Valle d'Aosta	Castagneto	-	Oliveto	-
Veneto	Castagneto	20478	Oliveto	6141

Nelle immagini seguenti (Figura 12 e Figura 13) vengono visualizzate le mappe inerenti alla le BRA (t/a) derivante da frutteti e vigneti nell'intero Nord-Italia.

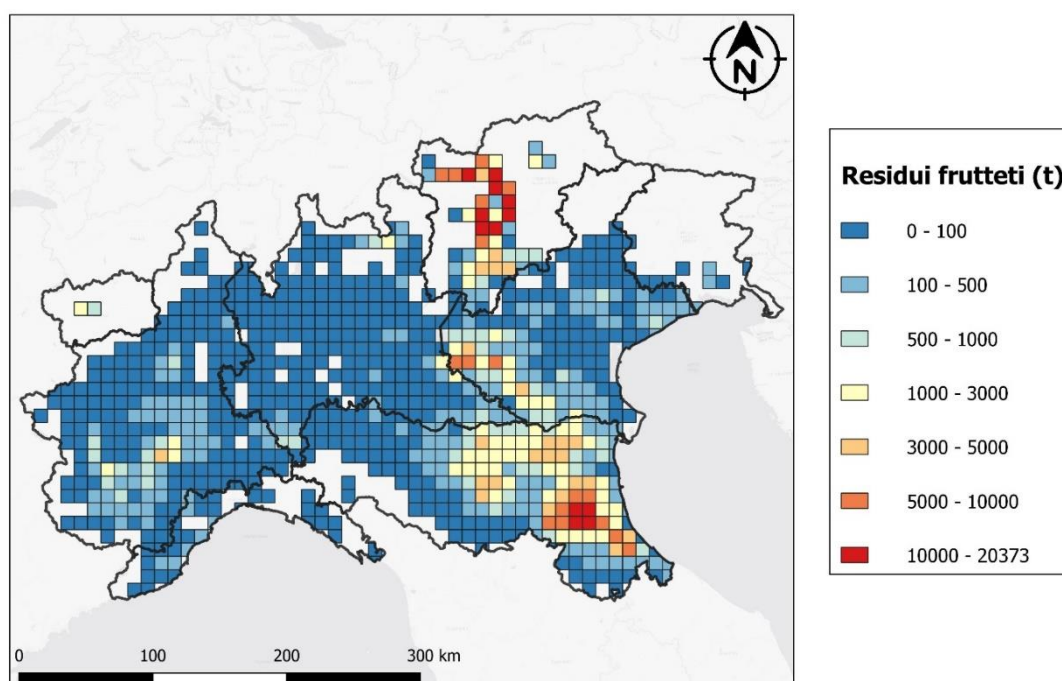


Figura 12 - Mappatura 10x10km di residui freschi agricoli derivante dalla potatura dei frutteti (t/a), area Nord-Italia; elaborazione QGIS.

La Figura 12 mostra la PBRA fresca derivate dai frutteti con esclusione di vigneti e oliveti, che vengono mappati a parte. Le maggiori densità, per cella 10*10 km, con valore oltre 10000 t/a si localizzano in maggiore abbondanza nelle province del Trentino Alto – Adige ed in Emilia – Romagna; modeste abbondanze anche in Piemonte e Veneto, ma con densità che raramente superano le 5000 t/a per cella 10*10 km.

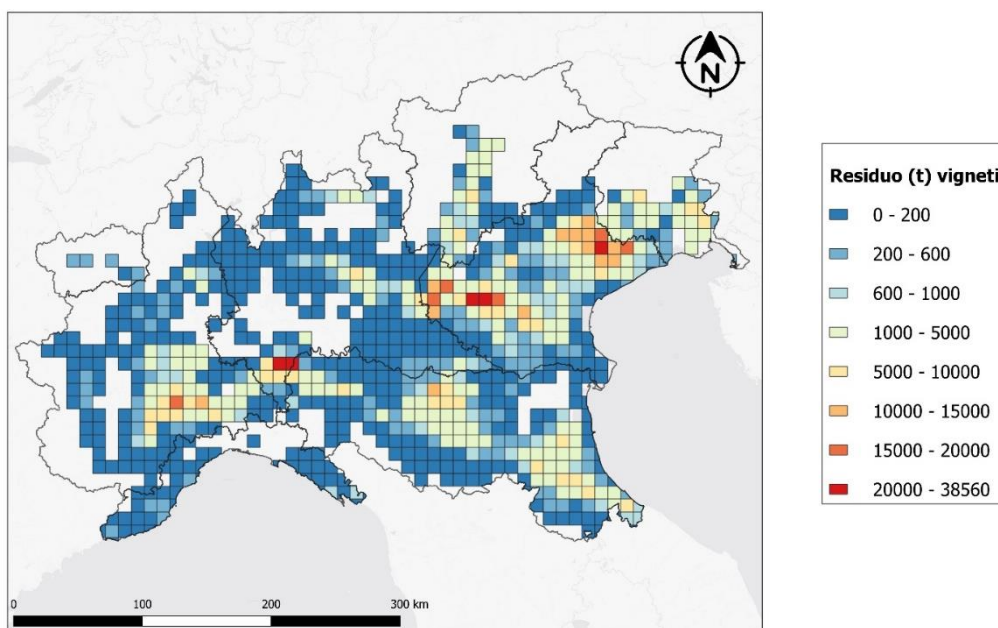


Figura 13 - Mappatura 10x10km della densità di residui freschi derivanti dalla potatura dei vigneti (t/a), area Nord-Italia; elaborazione QGIS.

La Figura 13, riporta la densità di BRA fresca derivante dalla potatura dei vigneti nel Nord-Italia. Risulta evidente come i residui dei vigneti siano visivamente diversi da quella dei residui derivanti dalla potatura dai frutteti: si può notare una distribuzione discretamente omogenea su tutto il Nord-Italia con la maggior parte delle celle che garantiscono sempre un quantitativo maggiore di 600 t/a per cella 10*10 km. Oltre a queste vi sono aree con densità elevatissime come l'oltre Po Pavese, il Veronese e il trevigiano ove le densità per cella 10*10 km superano le 20000 t/a e zone, come l'Emilia-Romagna, con abbondanze intermedie comprese tra 5 000 e 15000 t/a per cella 10*10 km.

Nella Tabella 6 sottostante, si evidenziano i risultati numerici ottenuti il Nord-Italia per i residui analizzati nel territorio, inclusi anche i valori per umidità alla raccolta, quantitativo di sostanza secca (s.s.) ed il potere calorifico inferiore (PCI) (fonte dati per il PCI [24] [83]).

Tabella 6 – Totale area (ha), residuo (t/a); valori di umidità, s.s. e PCI per le colture considerate nell'area geografica del Nord-Italia.

AREA STUDIO	COLTURA	TOT. AREA (ha)	TOT. RESIDUO (t/a)	UMIDITÀ (%)	TOT. s.s. RESIDUO (t/a)	PCI s.s. (GJ/t)
Nord - Italia	Castagneti	36881	-	-	-	-
	Frutteti	156365	558256 ± 403 209	~ 40	~ 330000 ± 240000	18 - 18,5
	Oliveti	44408	-	-	-	-
	Vigneti	232508	1170939 ± 488387	~ 35	~ 760000 ± 290000	16 - 19

I risultati mostrati in tabella 6 confermano la diversità evidenziata nelle mappature di Figura 12 e Figura 13. Per il Nord-Italia i residui maggiori, freschi, sono quelli derivanti dalle potature di vigneti. Anche sottraendo l'umidità alla raccolta, la potenziale sostanza secca di questi risulta maggiore dei residui derivanti dalle potature dei frutteti. Il PCI per i residui analizzati non presenta differenze significative. Inoltre, i risultati ottenuti dall'elaborazione di castagneto ed oliveto evidenziano solo il totale delle aree (ha); le relative mappature vengono riportate in [allegato II](#) (Figura 35) e le discussioni nel cap. [5.1](#).

In Figura 14 e Figura 15 vengono mostrati due grafici riassuntivi per la BRA (espressa in tonnellate/anno) fresca derivante dalle potature di frutteti e vigneti, mettendo in evidenza i risultati ottenuti per ogni regione appartenente all'area studio analizzata.

RISULTATI REGIONALI - POTATURE FRUTTETI

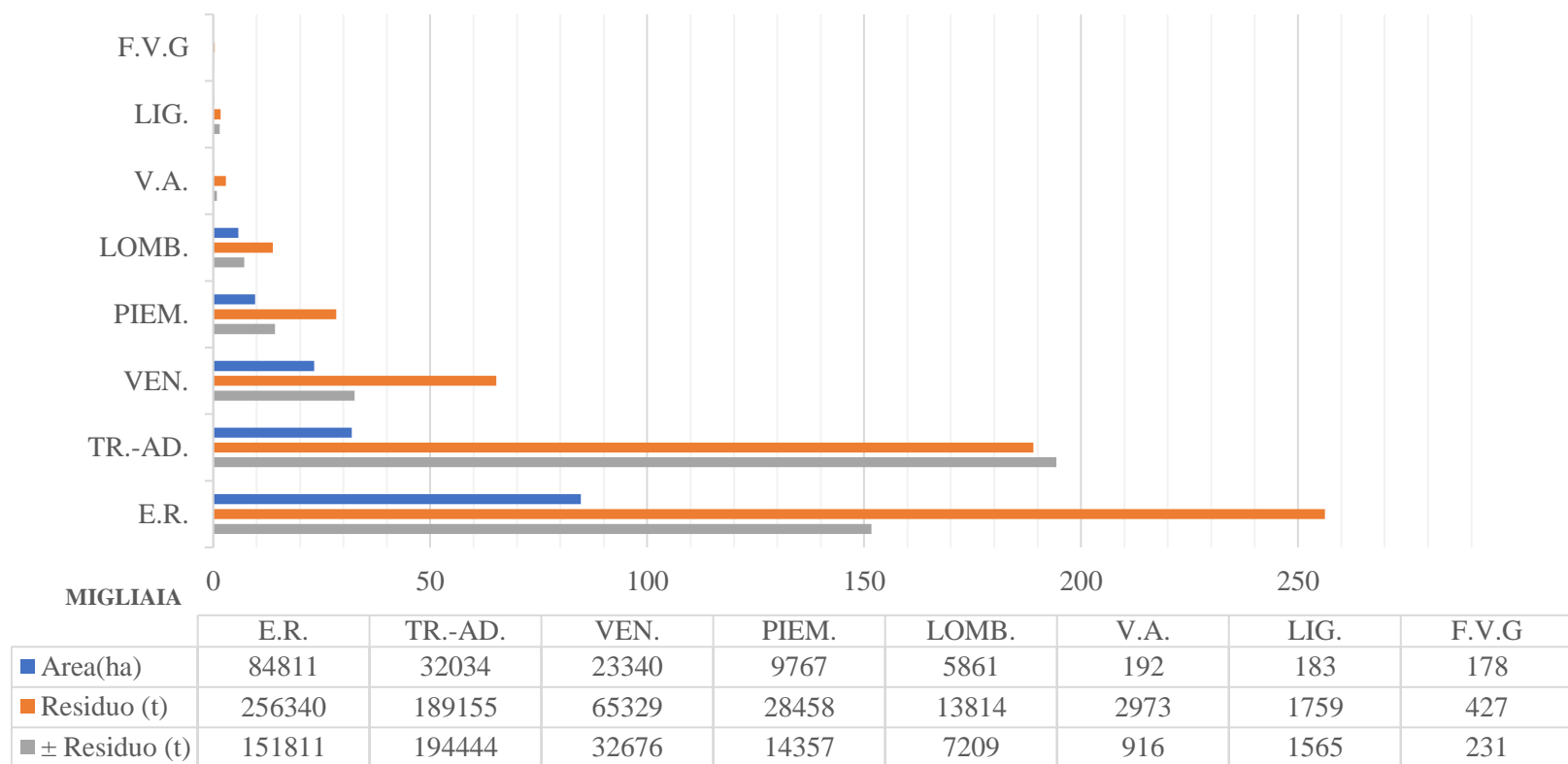


Figura 14 - Dettaglio regionale per area (ha), residuo (t/a) e relativa DS per le potature derivate da frutteti presenti nel Nord-Italia.

Dal grafico si evidenzia che le Regioni Emilia-Romagna, Trentino -Alto Adige e Veneto presentano maggiore superficie coltivata a frutteti e questo determina che la potenziale BRA fresca, in queste regioni, si trovi in maggiore abbondanza rispetto agli altri territori.

RISULTATI REGIONALI - POTATURE VIGNETI

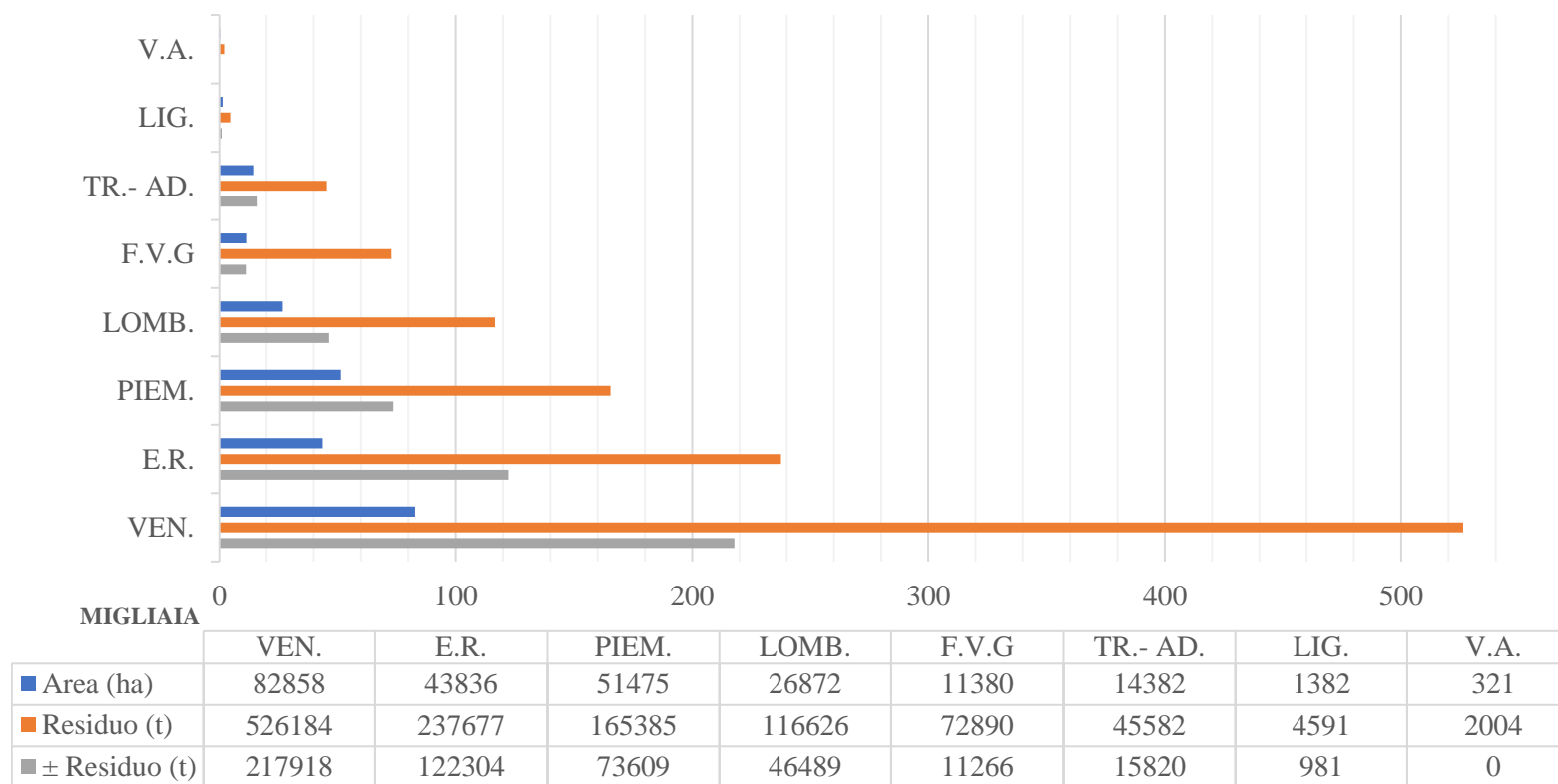


Figura 15 - Dettaglio regionale per area (ha), residuo (t/a) e relativa DS per i vigneti del Nord-Italia

Dal grafico si evidenzia che le Regioni Veneto, Emilia-Romagna e Piemonte presentano maggiore superficie coltivata a vigneto e questo determina una potenziale BRA fresca elevata, Tuttavia si osserva che in Lombardia ed Friuli Venezia Giulia, una superficie coltivata inferiore che però produce una moderata BRA fresca.). Le DS per i vigneti non evidenziano anomalie, non superando i valori totali dei residui e confrontandole con quelle dei frutteti si nota che esse sono inferiori, questo è dovuto al fatto che si sta analizzando una sola coltura e l'unico fattore che influenza la resa è la morfologia di ogni ragione.

4.2 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE)

Esposti i risultati per le quattro macro-categorie del Nord-Italia (come spiegato nel [cap.3](#)), si passa all'analisi dell'Emilia Romagna. Nella Tabella 7 vengono mostrati i dati delle rese e dei rapporti SP/PP (con relative DS) calcolati per castagneti, frutteti, oliveti e vigneti ed utilizzati per creare le mappature finali inerenti a questa area geografica.

Tabella 7 - Rese, rapporti SP/PP e DS per Emilia-Romagna per database Land Use; dati [79] [80]

REGIONE	COLTURA	TOTALE AREA (ha)	RESA (t/ha)	DS RESA	SP/PP	DS SP/PP
Emilia-Romagna	Castagneti	1536	1,2	0,0	2,5	0,5
	Frutteto	84810	20,2	7,3	0,2	0,0
	Oliveto	3980	3,1	0,0	1,2	0,1
	Vigneto	43836	16,4	6,1	0,3	0,1

Utilizzando il medesimo database ed applicando differenti indici SP/PP si è ottenuta PBRA per castagneti e per oliveti, oltre che per le altre colture già evidenziate in precedenza; nelle immagini seguenti (Figura 16 e Figura 17) vengono visualizzate le mappe tematizzate inerenti ai potenziali residui (t/a) per le colture in Tabella 7.

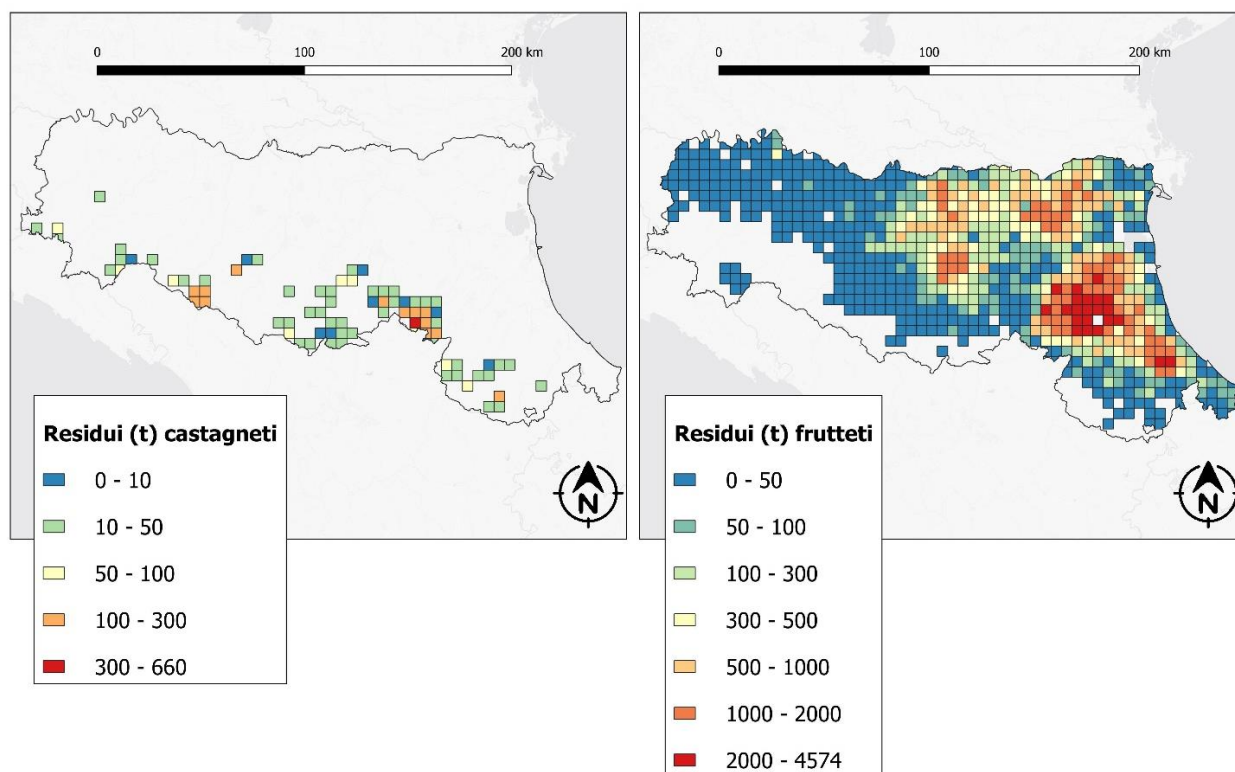


Figura 16 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura di castagneti e frutteti nella regione Emilia – Romagna; elaborazione QGIS.

La PBRA fresca derivante dalle potature di castagneti risulta davvero modesta, si colloca, nelle celle 5*5 km, con densità maggiore di 10 t nella zona appenninica della Regione ed interessano tutte le province presenti sul territorio: quelle con maggiore densità sono Parma, Bologna e Ravenna dove le abbondanze per cella 5*5 km superano le 100 t/a.

L'abbondanza delle potature derivante da frutteti, per la Regione, è stata evidenziata dal reticolo 10x10 km (area Nord-Italia) e nonostante l'utilizzo di differenti SP/PP tali residui vengono evidenziati utilizzando una dimensione di cella pari a 5x5 km. Le maggiori concentrazioni, comprese tra 1000 e 4574 t/a si evidenziano nelle province di Modena, Ferrara, Ravenna e Forlì – Cesena.

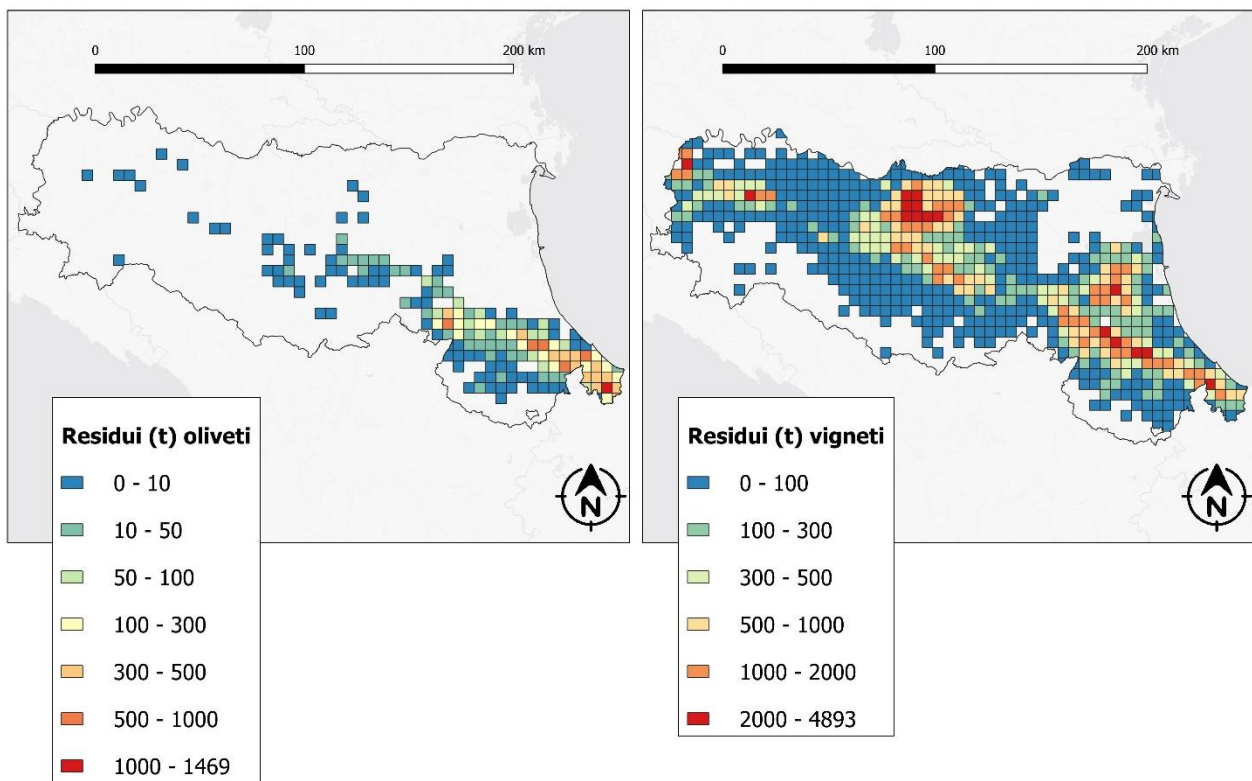


Figura 17 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti da oliveti e vigneti nella regione Emilia – Romagna; elaborazione QGIS.

In Figura 17, sono mostrate le potenziali BRA per le potature derivante da oliveti e vigneti. I residui di potatura fresca delle aree coltivate a vigneti, hanno maggiore concentrazione per cella 5*5 km (2 000 – 4893 t/a) nelle province di Piacenza, Reggio – Emilia, Modena, Ravenna, Forlì – Cesena e Rimini; nel resto della regione la situazione è omogena trovando celle 5*5 km con densità da valori minimi a 500 t/a.

Le potature residuali fresche derivate da oliveti sono scarse benché presenti in tutte le province e trovano maggiore collocazione nella porzione territoriale che divide l'appennino dalla pianura. Eccezione nelle province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini dove la densità per cella 5*5 km è tra 500 e 1469 t/a, evidenziando uno sviluppo sul versante collinare-montuoso.

Nella Tabella 8, si riassumono i quantitativi ottenuti in Emilia-Romagna per tutte e quattro le colture evidenziate con le mappature finali; inclusi anche i valori per umidità alla raccolta, quantitativo di sostanza secca (s.s.) ed il potere calorifico inferiore (PCI) (fonte dati per il PCI [24] [83]).

Tabella 8 - Totale area (ha), residuo (t/a) (DS); valori di umidità, s.s (t/a), p.c.i. per le colture analizzate in Emilia – Romagna.

AREA STUDIO	COLTURA	TOT. RESIDUO (t/a)	UMIDITÀ (%)	TOT. s.s. RESIDUO (t/a)	P.C.I s.s (GJ/t)
Emilia - Romagna	Castagneti	4675 ± 936	~ 50	~ 2300 ± 500	17,5 - 19,5
	Frutteti	276334 ± 136368 t	~ 40	~ 160000 ± 75000	18 - 18,5
	Oliveti	14575 ± 12 100	~ 50	~ 7200 ± 6000	17 - 19
	Vigneti	201639 ± 90303	~ 35	~ 130000 ± 60 000	16 - 19

Come si evince dai risultati la BRA fresca maggiormente prodotta è quella derivata da frutteti e vigneti; anche sottraendo l'umidità alla raccolta tali evidenziano ancora il maggior quantitativo. Grazie all'utilizzo di diversi SP/PP è stato possibile ottenere anche la potenziale BRA derivata dalle colture castagneti ed oliveti: come si evidenzia dai risultati i quantitativi per questi prodotti sono nettamente inferiori a quelli di frutteti e vigneti. IL PCI. non trova particolari differenze significative per tutte e quattro le colture.

4.3 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE)

Di seguito si riportano i risultati derivanti dall'elaborazione del database *Icolt-ARPE2019* per l'Emilia Romagna. Si ricordi, come evidenziato in Figura 8, che in questa elaborazione si considera solo la parte pianeggiante della Regione Emilia Romagna (Database IColt). Nonostante tale limitazione il database IColt ha il vantaggio dettagliare maggiormente le colture da frutto e di ottenere risultati per le colture erbacee appratenti al gruppo autunno-vernini.

Nella Tabella 9 si schematizzano i dati delle rese e dei rapporti SP/PP con relative DS, calcolati per i prodotti evidenziati, utilizzati poi per la mappatura finale.

Tabella 9 - Rese, rapporti SP/PP e DS per Emilia-Romagna - database Icolt-ARPAE2019; dati [79] [80].

REGIONE	CULTURA	TOT. AREA	RESA (t/ha)	DS	SP/PP	DS SP/PP
		(ha)		RESA		
Emilia - Romagna	Actinidia	3507	18,8	3,4	0,2	0,00
	Albicocco	2309	13,0	1,6	0,1	0,0
	Ciliegio	819	6,4	1,0	0,1	0,0
	Melo	3919	33,9	3,8	0,1	0,0
	Oliveto	139	3,1	0,0	1,2	0,1
	Pero	17581	23,6	2,1	0,1	0,0
	Pescheto	7667	20,2	3,4	0,2	0,0
	Susino	2567	21,8	6,3	0,1	0,0
	Vigneto	37991	16,4	6,1	0,3	0,1
	Frutteti misti	3761	20,1	7,3	0,1	0,0
	Autunno-vernini	202917	6,07	1,4	0,8	0,0

Nelle immagini seguenti (Figura 18, Figura 19 e Figura 20) vengono visualizzati alcuni esempi di mappe tematizzate rappresentanti: frutteti (melo, pero, pesco e vite) e colture erbacee autunno vernine. La scelta delle quattro colture fruttifere ricade sul fatto che queste sono tra le più abbondanti in Regione [84]. La mappatura delle rimanenti colture viene riportata nell'[allegato II](#).

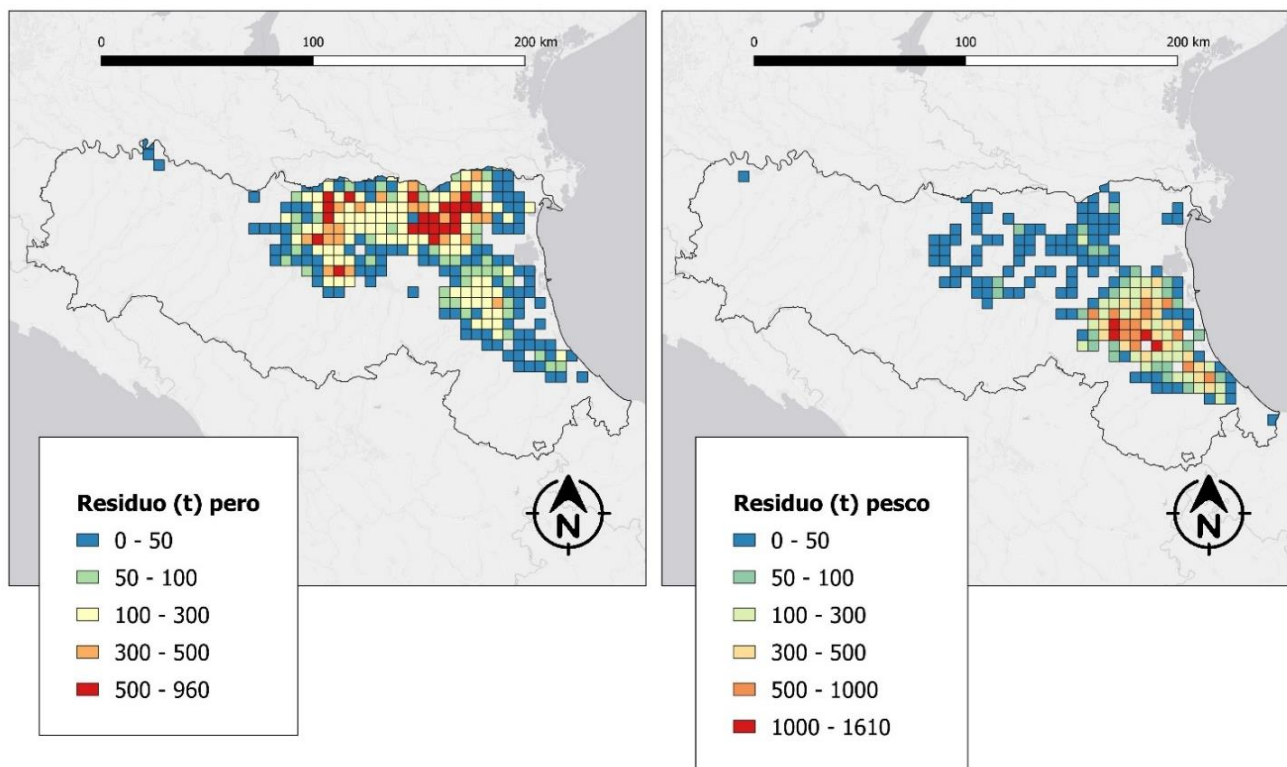


Figura 18 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura di pero e pesco in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

La PBRA fresca derivata dalle potature di pero sono maggiormente concentrati, nelle celle 5*5 km, con densità tra 500 – 1000 t/a nelle province di Modena (confine ovest), Bologna e Ferrara.

Nelle province di Piacenza e Parma non si evidenzia presenza di questo prodotto e nelle restanti aree le densità per cella 5*5 km sono comprese tra 0 e 500 t/a.

Per i residui freschi derivanti dalla coltivazione del pesco si evidenziano le maggiori abbondanze (1 000 – 1600 t/a) nelle province Ravenna e Forlì – Cesena. Nel resto delle province le abbondanze sono comprese tra 0 e 300 t/a, mentre nelle province di Piacenza e Parma non sono presenti questi residui.

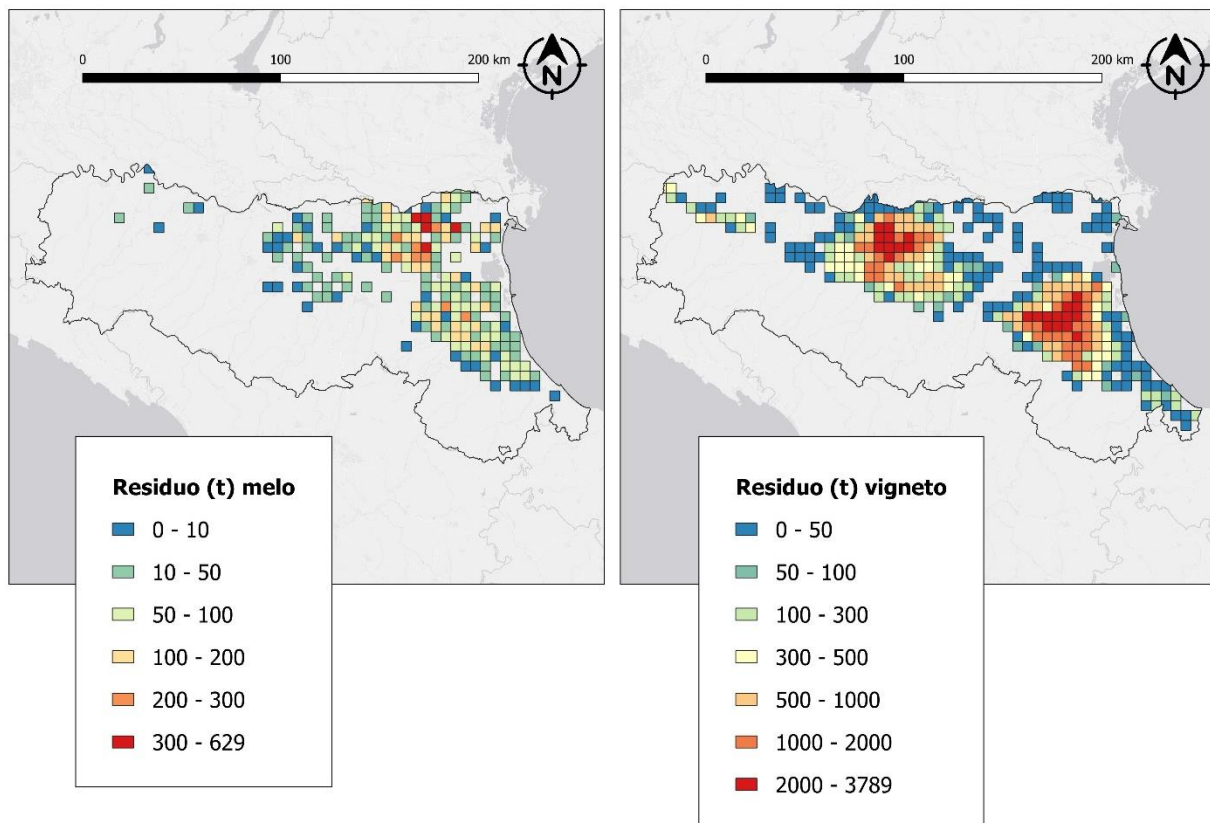


Figura 19 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura di melo e vite in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

Le PBRA fresche derivanti dalle potature di melo si localizzano con maggiore densità con valori maggiori di 300 t/a nella provincia di Ferrara. Nelle altre province la densità si attesta tra i 10 e le 200 t/a in maniera eterogenea. Sporadiche abbondanze nelle province occidentali della regione.

Anche in questa mappatura vengono visualizzate le potature derivate da vigneti ed in questo caso le maggiori concentrazioni (1000 – 3800 t/a) sono evidenziate nelle province di Reggio – Emilia, Modena, Ravenna e Forlì – Cesena. La provincia di Piacenza presenta alcune celle 5*5 km con densità compresa tra 300 e 1000 t/a; mentre nel Ferrarese e nel Bolognese non si evidenziano densità significative ed anche il numero di celle contenente un potenziale residuo è inferiore alle altre province.

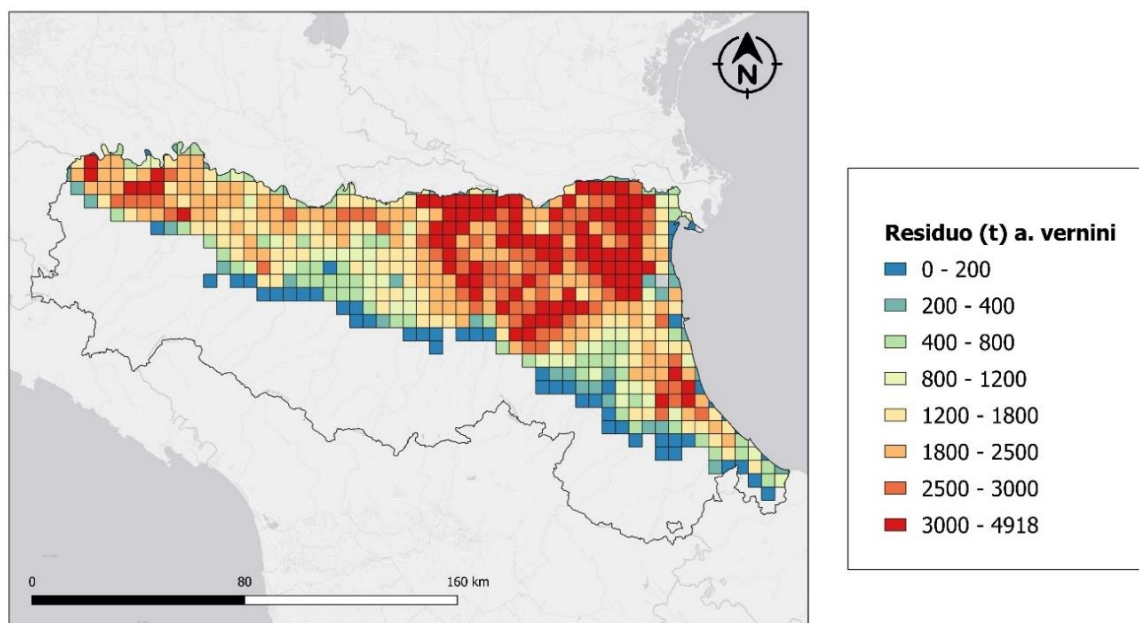


Figura 20 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalle colture autunno-vernini in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

Grazie a questo database è possibile evidenziare anche la potenziale BRA derivante dalle colture erbacee appartenenti al gruppo degli autunno-vernini (Figura 20). In rappresentazione si evidenzia subito come questo potenziale residuo sia presente su tutta l'area analizzata da questo database.

Le maggiori densità si evidenziano per le province di Ferrara, Bologna, Modena e Piacenza dove i valori, per ogni cella, si attestano tra 3000 e – 4918 t/a.

Nelle altre province la situazione è omogenea con densità comprese tra 800 e 2000 t/a; i risultati minori si evidenziano all'inizio del territorio collinare con densità di cella comprese tra 0 e 200 t/a.

Nella Tabella 10 sottostante, vengono mostrati i primi risultati ottenuti per l'area geografica in esame utilizzando il database IColt-Arpae2019 mettendo in evidenza il totale residuo (t/a) e la relativa DS per ognuna delle colture analizzate.

Tabella 10 - Totale area (ha), residuo (t/a) (e relativa DS per le colture analizzate in Emilia – Romagna utilizzando il database Icolt.

AREA SUTDIO	COLTURA	TOT. RESIDUO (t/a)	DS RESIDUO (t)
Emilia - Romagna	Actinidia	13207	2420
	Albicocco	5718	924
	Ciliegio	584	139
	Melo	14625	2116
	Oliveto	508	422
	Pero	41525	5626
	Pescheto	30975	5597
	Susino	6670	2567
	Vigneto	174777	78263
	Frutteti misti	11369	5604
	Autunno-vernini	973048	235384

La potenziale BRA fresca è maggiormente prodotta è per la categoria autunno-vernini (973048 ± 235384 t/a), la quale racchiude frumento ed orzo e generare residui classificabili come paglia. Seguono residui di potatura derivati da vigneti (174777 ± 78263 t/a) pescheti (30975 ± 5597 t/a) e pero (41525 ± 5626 t/a).

I rimanenti potenziali residui derivati dalle altre colture evidenziano risultati omogenei, tranne per le potature ottenute da oliveto e ciliegio dove i valori sono inferiori alle 1000 t/a.

Come approfondimento in Tabella 11, sono riportati i valori per umidità alla raccolta, quantitativo di sostanza secca (s.s.) potere calorifico inferiore (PCI) e produzione di Biogas (fonte dati per il PCI e Biogas [24] [83] [85]).

Tabella 11 - Umidità alla raccolta, totale s.s (t/a), p.c.i e potenziale biogas per i raggruppamenti delle colture.

AREA STUDIO	COLTURA	UMIDITA' (%)	TOT. s.s. RESIDUO (t/a)	P.C.I s.s (GJ/t)	BIOGAS (m ³ /t)
Emilia - Romagna	Frutteti totali (no vigneti)	~ 40	~ 75000 ± 20 000	18 -18,5	
	Vigneti	~ 35	~ 115000 ± 50000	16 - 19	
	Autunno-vernini	~ 20	~ 770000 ± 180000	17,5 – 19,5	~200 - 280

Dai risultati in tabella 11 si evidenzia come le paglie generate dagli autunno-vernini producano un potenziale residuo che si avvicina potenzialmente al milione di tonnellate per tutta la Regione. Osservando le potature secche derivate dai vigneti, esse superano abbondantemente le potature generate dagli altri frutteti. Il potere calorifico inferiore generato dalla sostanza secca non presenta grosse differenze, mentre risulta interessante visualizzare la possibile produzione di biogas per gli autunno-vernini, che potenzialmente possono generare tra i 200 e i 280 m³/t di biogas.

4.4 PROVINCIA DI RAVENNA (BANCA DATI AGREA)

Per la provincia di Ravenna si è scelto di utilizzare un database ad alto livello di dettaglio, che contiene tutte le colture presenti nell'area considerata. Le colture sono state mappate a scala di foglio catastale ed il file vettoriale che le evidenzia è mostrato in Figura 21.



Figura 21 - Fogli catastali (dettaglio di foglio) provincia di Ravenna; elaborazione QGIS.

Successivamente, come evidenziato nei metodi (cap. 3.5) sono stati fatti approfondimenti di dettaglio eseguiti per le principali colture in provincia:

1. **abbondanza** (evidenziando le singole colture);
2. **percentuale di contenuto idrico alla raccolta** (classificando i residui in secco, umido);
3. **tipologia** (classificando i residui in paglia, potatura, orticole, erbaceo fresco e leguminose);
4. **stagionalità** (classificando i residui in base alla stagione in cui sono prodotti).

Data la molteplicità delle colture analizzate la Tabella 16 contenete le rese e i rapporti SP/PP utilizzati per generare le mappature della BRA, è riportata in [Allegato I](#).

Per discriminare quali sono le colture arealmente (ettari) più abbondanti in provincia è stata utilizzata la tabella generata al punto due del cap. [3.4](#) (metodi): il grafico esposto in Figura 22, sottostante, mostra le prime dieci colture in provincia di Ravenna.

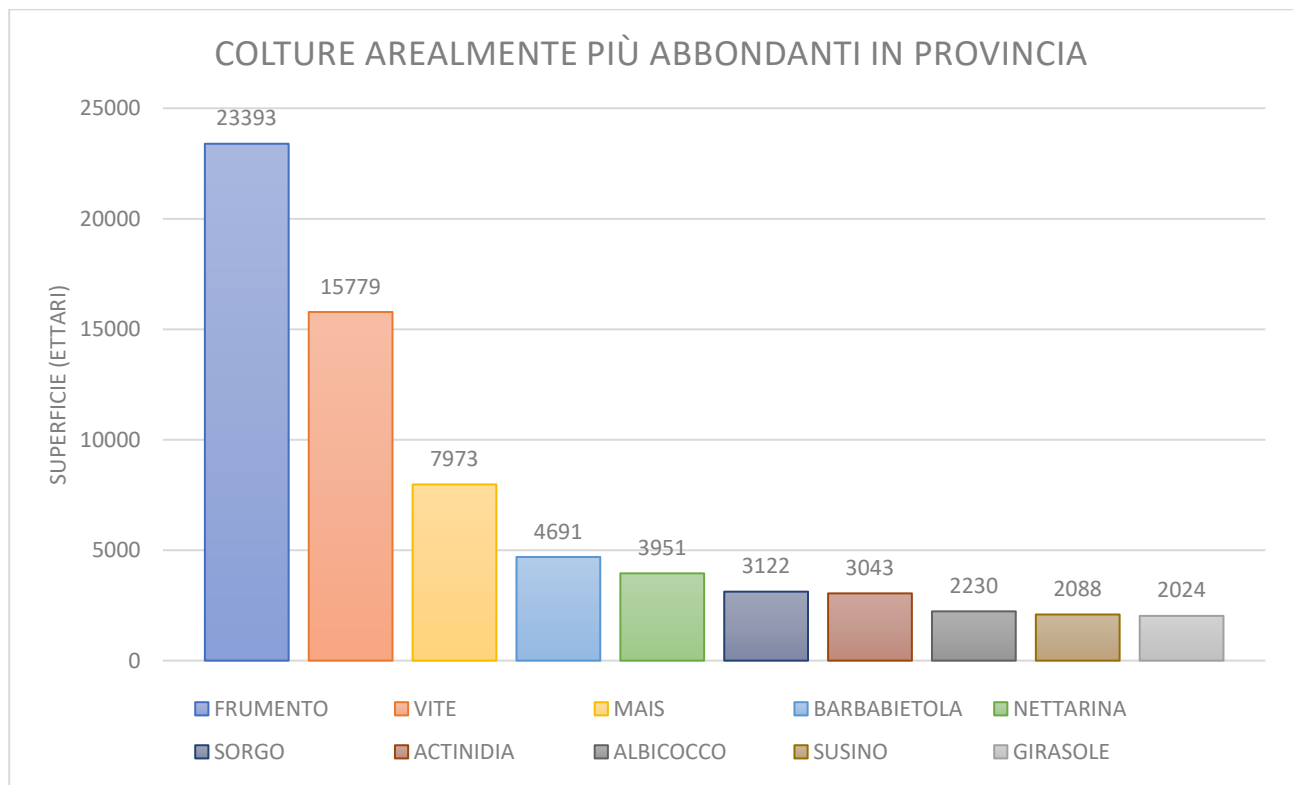


Figura 22 - Colture più abbondanti nella provincia di Ravenna

Il grafico evidenzia che per le prime dieci colture coltivate, in provincia di Ravenna, quella con superficie maggiore è il frumento (23 393 ha), seguito da vigneti (15 779 ha) e mais (7 973).

Come esemplificazione si riporta la PBRA fresca (t/a) per le prime quattro colture più abbondanti: **frumento, vigneto, mais e barbabietola**. In Figura 23 e Figura 24 vengono mostrate le PBRA.

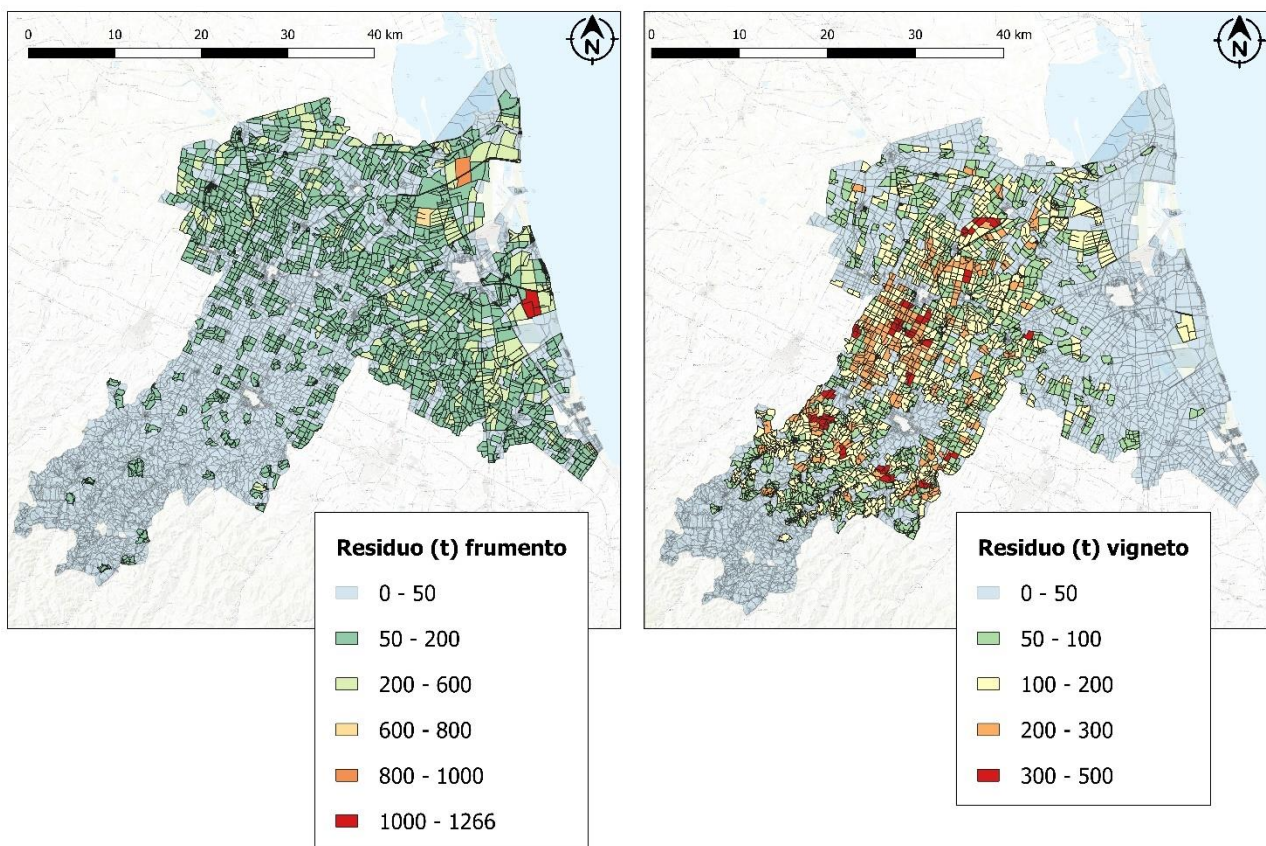


Figura 23 - Mappatura con dettaglio catastale per i residui (t/a) derivati da frumento e vigneto; elaborazione QGIS.

I potenziali residui freschi derivanti dal frumento sono classificati come paglia e presentano densità di distribuzione per foglio catastale omogenea, con abbondanze tra 0 e 200 t/a, nella parte meridionale della provincia. Maggiori concentrazioni (> 800 t/a) sono evidenziate nel comune di Ravenna, nello specifico, in alcuni fogli castali collocati rispettivamente a Nord e a Est verso il mare. La maggiore concentrazione con valori tra 1000 e 1266 t/a si localizza a Sud del comune di Ravenna in una località compresa tra Classe e Fosso Ghiaia.

Le potenziali potature fresche derivanti dalle coltivazioni dedicate a vigneto trovano densità di distribuzione nei fogli catastali, pressoché omogenea, su tutta l'estensione della provincia, con concentrazioni comprese fra 200 – 500 t/a, tranne zone di minore concentrazione collocate verso l'appennino, nel comune di Ravenna verso e in tutto il litorale da Nord a Sud. Sporadiche abbondanze (50 -200 t/a) vengono evidenziato nel comune di Ravenna, Cervia, Casola Valsenio e Brisighella.

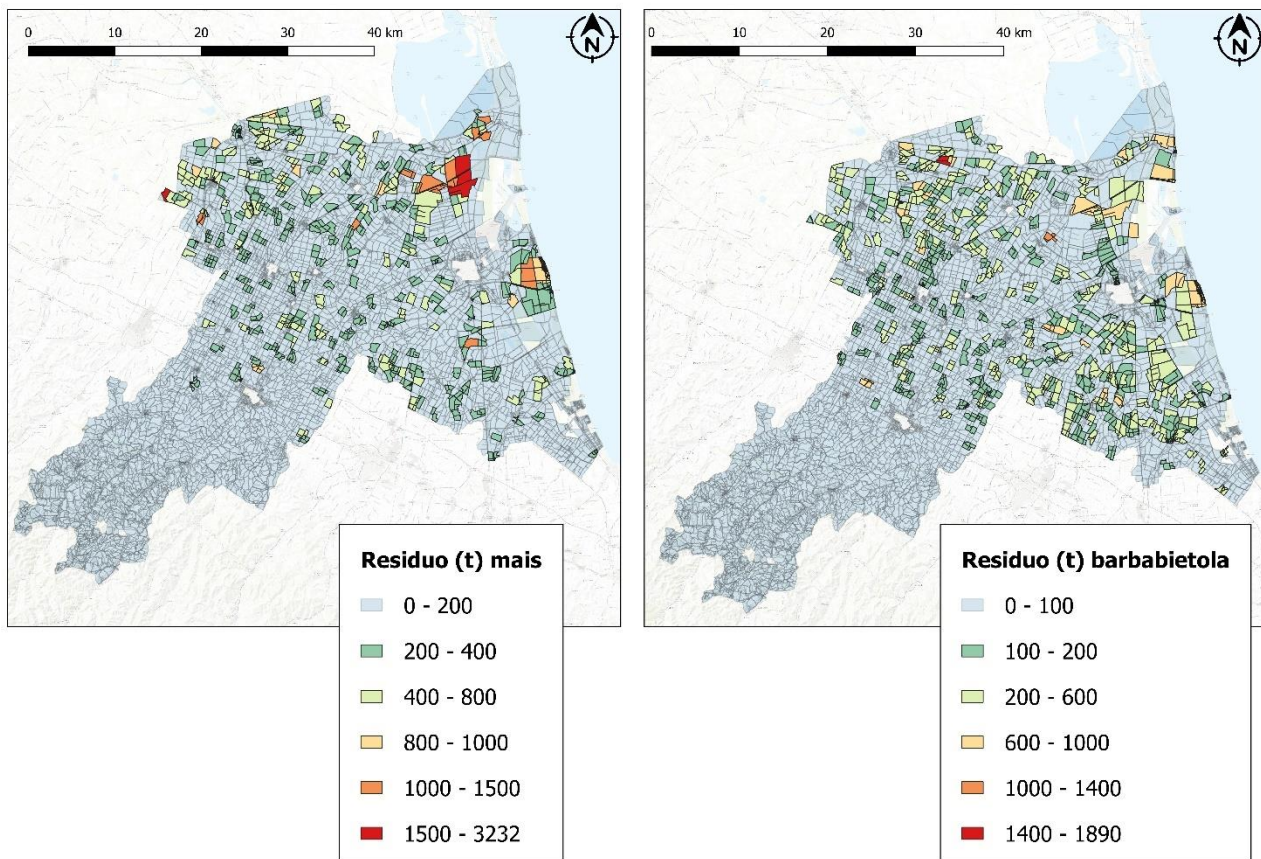


Figura 24 – Mappatura dettagliata a foglio catastale per i residui (t/a) derivati da mais e vigento, provincia di Ravenna; elaborazione QGIS.

Stocchi e tutoli, derivati dalla coltura del mais trovano abbondanze maggiori di 200 t/a nei fogli catastali nelle zone che si collocano al di sopra del reticolo autostradale che divide la provincia tra Nord e Sud. Il picco di maggiore abbondanza (> di 1500 t/a) si evidenzia nei fogli catastali appartenenti al comune di Ravenna, a Nord e a Est di questo.

I potenziali residui freschi derivanti dalla barbabietola si evidenziano in provincia in maniera simile a quella dei precedenti residui. Nei comuni di Faenza, Lugo e Ravenna le abbondanze per foglio catastale sono discretamente omogenee con valori compresi tra 100 e 1 000 t/a. La maggiore abbondanza la si riscontra in un foglio catastale nella provincia di Alfonsine con valori compresi tra 1 400 e 1890 t/a.

Successivamente, come evidenziato nel cap. 3.4, i residui sono stati suddivisi in funzione del loro potenziale contenuto idrico alla raccolta:

- **residui secchi con contenuto idrico alla raccolta inferiore a 55%**
- **residui umidi con contenuto idrico alla raccolta superiore a 55%**

Per facilità di lettura, in Figura 25, vengono riportate le colture che generano i relativi residui e non la tipologia di residuo stesso.



Figura 25 - residui derivanti dalle colture produttive in funzione del contenuto idrico (secchi o umidi).

Le relative mappature vengono riportare in Figura 26.

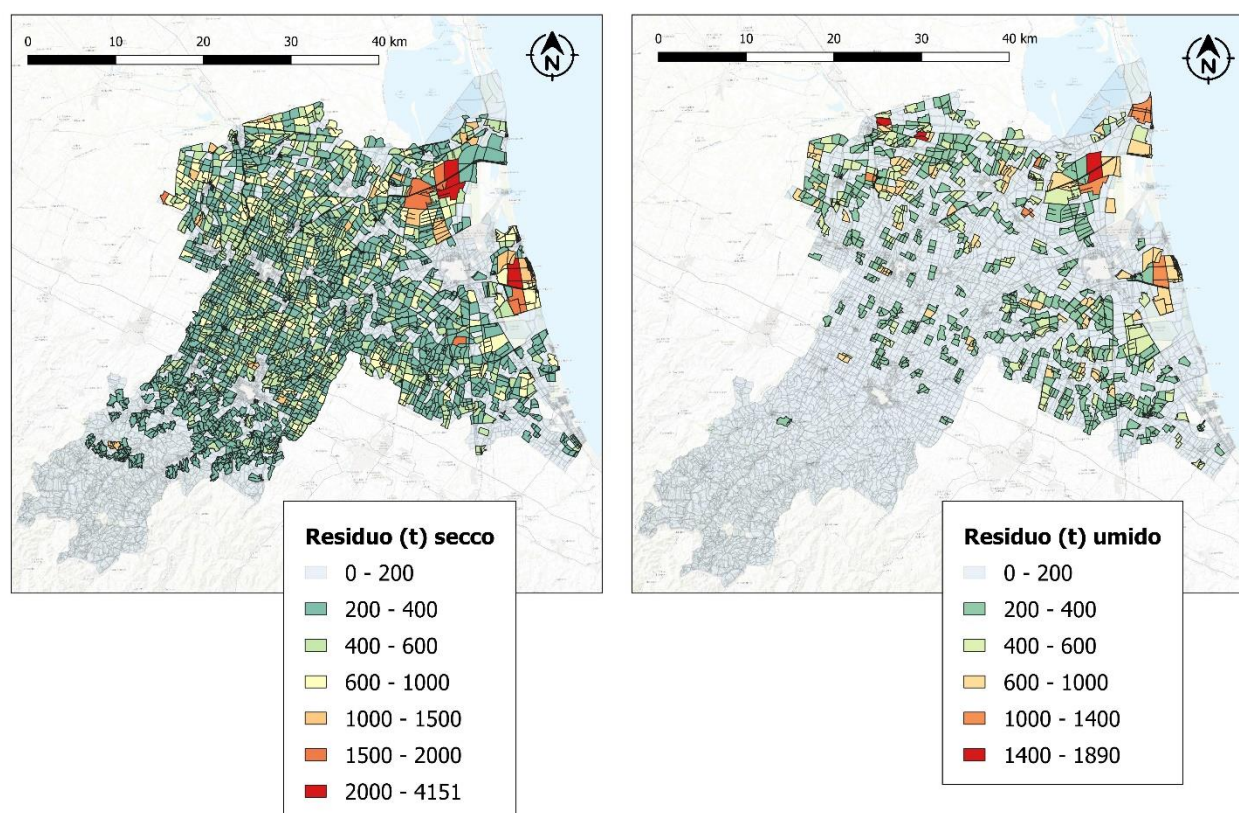


Figura 26 - Mappatura dettagliata a foglio catastale per i residui(t/a) prodotti da colture secche o umide, provincia di Ravenna; elaborazione QGIS

I potenziali residui classificabili come secchi hanno concentrazioni omogenee in quasi tutti i fogli presenti sulla provincia (400 – 1000t/a), tranne nelle zone che vanno da Mezzano al costa e a Sud del

comune di Ravenna, nelle zone antecedenti al mare da punta maina a Cervia, dove le i valori evidenziati dalle mappe si attestano da 2000 a 4200 t/a.

I residui classificati come umidi si collocano in fogli catastali aventi concentrazione omogena tra 0 e 200 t in tutta la provincia, valori che superano le 400 t sono raffigurati nella parte Nord e nei settori Est, Ovest della provincia, precisamente nei comuni di Faenza, Lugo, Alfonsine e Ravenna. I fogli catastali con maggiore concentrazione con valori 1000 -1900 t sono collocati nei comuni di Conselice, Lugo e Ravenna.

Per semplificarne la comprensione, e mostrare i residui appartenenti a ciascun gruppo le rimanenti classificazioni sono rappresentante in Figura 27.



Figura 27 - Classificazione delle colture in funzione della tipologia di residuo.

La PBRA relativa a queste classificazioni è rappresentata in Figura 28, Figura 29 e Figura 30.

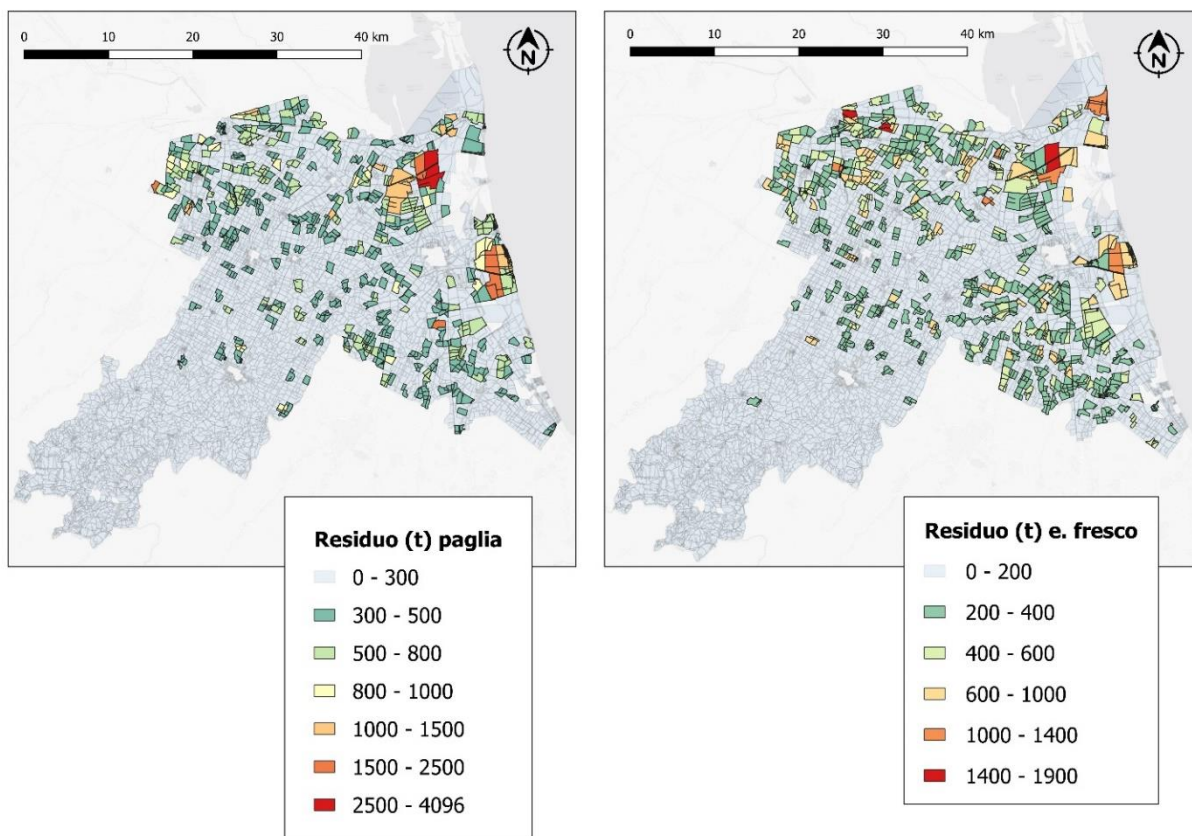


Figura 28 - Mappatura dettagliata a foglio catastale per i residui(t/a) classificati come paglia ed erbacei freschi; elaborazione QGIS.

I potenziali residui agricoli appartenenti alla tipologia delle paglie si localizzano, abbondanze maggiori di 400 t/a nei comuni di Faenza, Lugo, Ravenna ed Alfonsine. Anche da questa mappatura le maggiori abbondanze con valori compresi tra 2000 -4000 t/a vengono evidenziate nei fogli castali appartenenti al comune di Mezzano e nel settore marittimo delle zone di Lido di Savio e Lido di Dante. La PBRA, classificata come proveniente da erbacea fresca (Figura 28 a dx), viene evidenziata con una mappatura molto simile a quella mostrata in Figura 26. I fogli catastali che contengono residui superiori alle 400 t/a si collocano nei comuni di Lugo, Alfonsine e Ravenna. Le maggiori abbondanze sono evidenziate con valori compresi fra 1400 e 1900 t/a in fogli catastali ben evidenziabili appartenenti ai comuni di Alfonsine e Ravenna.

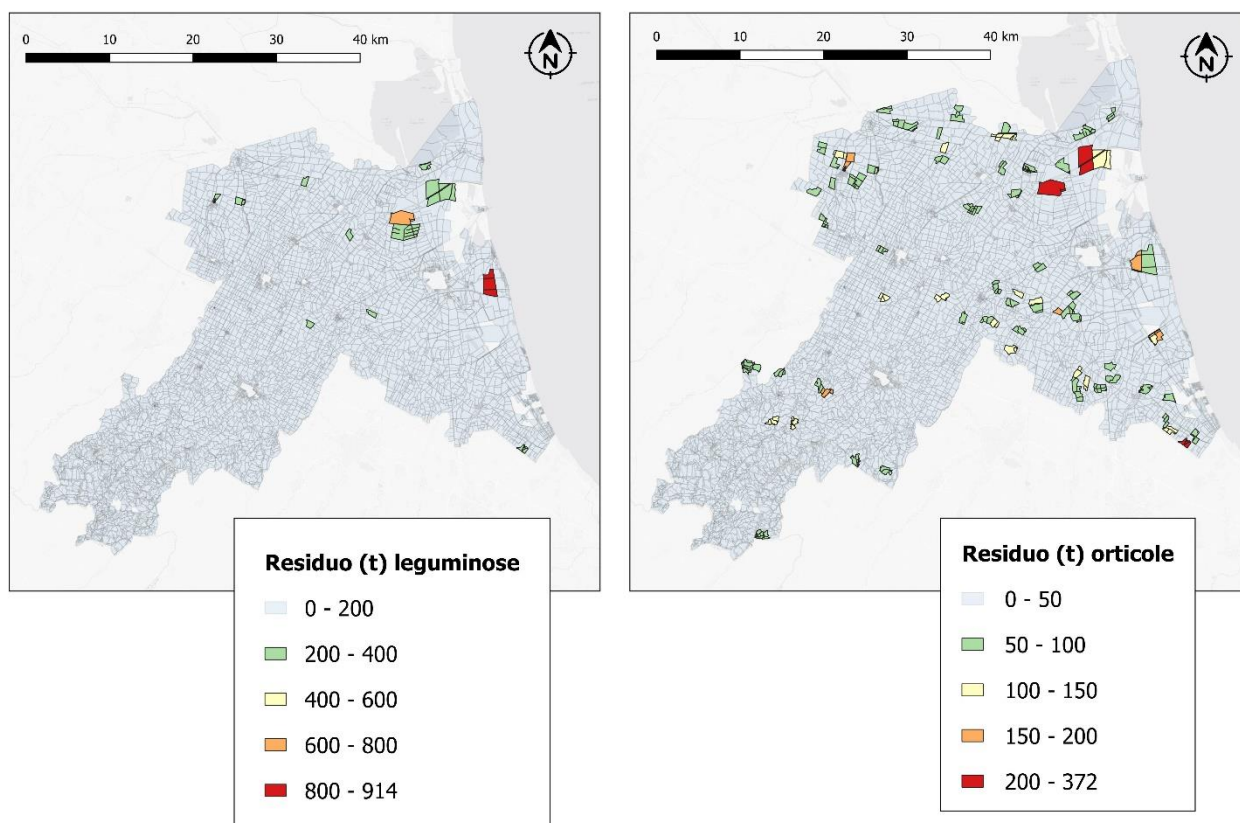


Figura 29 - Mappatura dettagliata a foglio catastale per i residui(t/a) classificati come leguminose ed orticole; elaborazione QGIS.

Invece, i potenziali residui classificati come leguminosi risultano avere collocazione spaziale ben definita quando si superano le 200 t/a per foglio catastale. Per questa categorizzazione sono facilmente individuabili i fogli catastali con maggiori concentrazioni comprese tra 400 a 900 t/a, localizzate a Nord del comune di Ravenna e nel territorio che collega Ravenna ai lidi Sud.

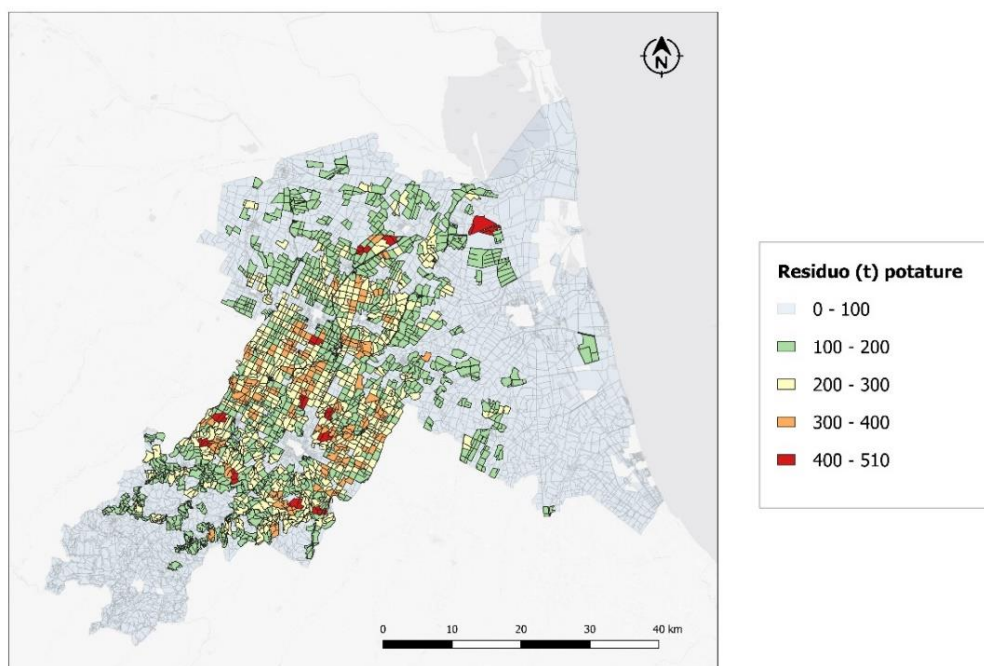


Figura 30 - Mappatura dettagliata a foglio catastale per i residui (t/a) classificabili come potatura; elaborazione QGIS.

L'ultima mappa rappresenta la potenziale BRA derivante dalle potature prodotte dalle colture pluriennali coltivate in Provincia. La mappatura è simile a quella evidenziata in Figura 23. I fogli catastali verso il settore appenninico e quelli appartenenti al comune di Ravenna presenti in tutto il litorale (da Nord a Sud) non evidenziano particolari densità per foglio catastale. Nei comuni di Faenza e Lugo si evidenziano le maggiori abbondanze con densità per foglio che si attestano tra le 200 e le 400 t/a. Picchi con valori superiori a 400 t/a sono visualizzabili nel comune di Faenza e in quello di Alfonsine.

Per riepilogare i dati numerici ottenuti per la provincia di Ravenna, nella Tabella 12, sono stati riportati i risultati ottenuti per le quattro colture più abbondanti e per le altre classificazioni evidenziate con le mappature finali.

Tabella 12 - Area (ha) totale, Residuo (t/a) totale e relativa DS, per colture e tipologia presenti nella Provincia di Ravenna.

AREA GEOGRAFICA	CATEGORIA & COLTURA	TOT.AREA (ha)	TOT. RESIDUO (t/a)	DS RESIDUO (t/a)	
Provincia di Ravenna	Abbondanza				
		Barbabietola	4691	114315	9382
		Frumento	23393	128075	23392
		Mais	7979	175998	13953
		Vigneto	15779	120082	29979
	Contenuto idrico alla raccolta				
		Secco	70010	532451	66228
		Umido	16360	221483	11380
	Tipologia				
		Paglia	36722	325662	25593
		Potatura	32121	183178	39208
		Orticole	3007	14190	716
		Erbacei freschi	16170	219617	20724
	Leguminose	4016	32394	1471	

Dai seguenti risultati si confermano i dati areali presenti nel grafico in Figura 22 per le quattro colture classificate come più abbondanti. Per questa categoria il mais è quello che produce più potenziale BRA fresca (oltre 175000 t/a), frumento e vigneto producono residui di paglia e potatura freschi circa in ugual quantità (oltre le 120000 t/a), mentre la barbabietola si attesta poco sopra le 110000 t/a. Le colture classificate come secche e contengono umidità alla raccolta (<55%) occupano arealmente la maggior parte della provincia con una generazione di potenziale residui pari a oltre 500000 t/a, contro

le oltre 220000 t/a prodotte da quelli classificati come umidi. Osservando, infine le classificazioni per tipologia si evidenzia che la paglia è quella che incide maggiormente, con una generazione di residui pari a oltre 300000 t/a seguita dai residui erbacei freschi (oltre 200000 t/a) e dalle potature (oltre 150000 t/a). I residui prodotti in minore quantità sono quelli classificati come orticole con un valore potenziale di sole 3000 t/a.

Successivamente le colture sono state analizzate stagionalmente. La classificazione è riportata in Figura 31. Nel periodo invernale sono compresi i mesi gennaio, febbraio e marzo mentre in quello primaverile aprile, maggio e giugno. Il periodo estivo è caratterizzato dai mesi luglio, agosto e settembre e quello autunnale da ottobre, novembre e dicembre.

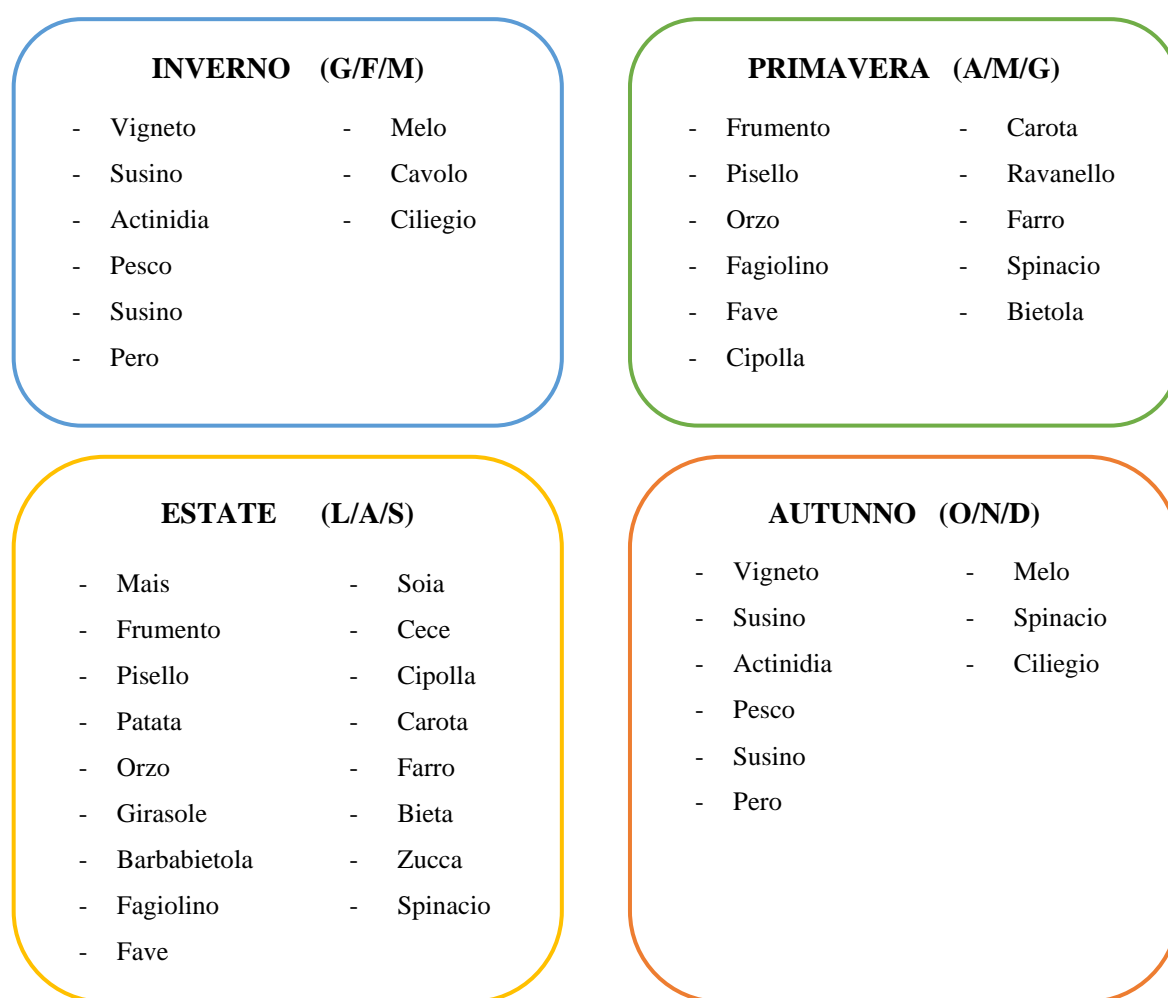


Figura 31 - Suddivisione delle colture in funzione di quando producono il residuo nell'arco dell'anno.

La Tabella 13 riporta i dati ottenuti con le precedenti classificazioni suddividendoli per stagionalità evidenziando, ogni mese, il relativo residuo potenziale espresso in tonnellate per anno. La suddivisione è stata fatta utilizzando le classificazione prese dallo studio Greggio et al. (2019) [79]:

non sapendo esattamente il periodo esatto in cui i residui freschi sono prodotti in ogni foglio appartenente alla provincia di Ravenna, è stato deciso di suddividere la potenziale BRA in egual modo su tutto l'arco temporale in cui i residui sono potenzialmente prodotti. Ad esempio, dalla letteratura sappiamo che il frumento viene raccolto nel periodo compreso tra giugno e luglio, ma risulta quasi impossibile sapere quando ogni agricoltore decide di raccogliere il proprio prodotto ed è per questo che risulta più funzionale fare questo tipo di classificazione stagionale.

Per semplificare la lettura della tabella non sono state evidenziate le DS, tali si possono consultare per ogni coltura analizzata nella Tabella 16 ([Allegato I](#)).

Tabella 13 – Classificazione dei residui freschi (t), Provincia di Ravenna, in funzione della stagionalità per l'annata agraria 2018/19.

(t) \ mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Frumento						64038	64038					
Vigneto	24016	24016	24016								24016	24016
Mais								87999	87999			
Barbabietola								57157	57157			
Secco	36635	36635	36635			68314	70113	100266	100266		36635	36635
Umido	36	36	36	234	234	8211	24291	95861	90637	156	192	36
Paglia						68485	70285	97287	97287			
Potatura	36635	36635	36635								36635	36635
Orticoli	36	36	36	234	234	2845	2845	3771	3771	156	192	36
E. Freschi	36	36	36	234	234	8039	24120	95861	90637	156	192	36
Leguminosi						7915	7915	10894	5670			
Tot. non raggruppato	36671	36671	36371	234	234	76554	94405	196156	190933	156	36827	36671

Dai risultati esposti in Tabella 13, tralasciando per un attimo le colture più abbondanti e la classificazione, è interessante analizzare il totale dei potenziali residui freschi per l'intero arco annuale: tramite questa classificazione si evidenzia che nel periodo invernale mensilmente sono prodotti ~ 36000 t di residui, nei primi due mesi primaverili solo 234 t mentre da giugno a settembre

si ha la massima potenziale produzione di residui che va da ~ 76000 t a 190000 t. Anche il periodo di ottobre presenta basse potenzialità di residuo, pari a 156 t. Si conclude con i rimanenti mesi autunnali che evidenziano valori uguali ai mesi invernali.

Per migliorare la visualizzazione dei risultati totali non raggruppati in categoria, si riporta il grafico evidenziato in Figura 32.

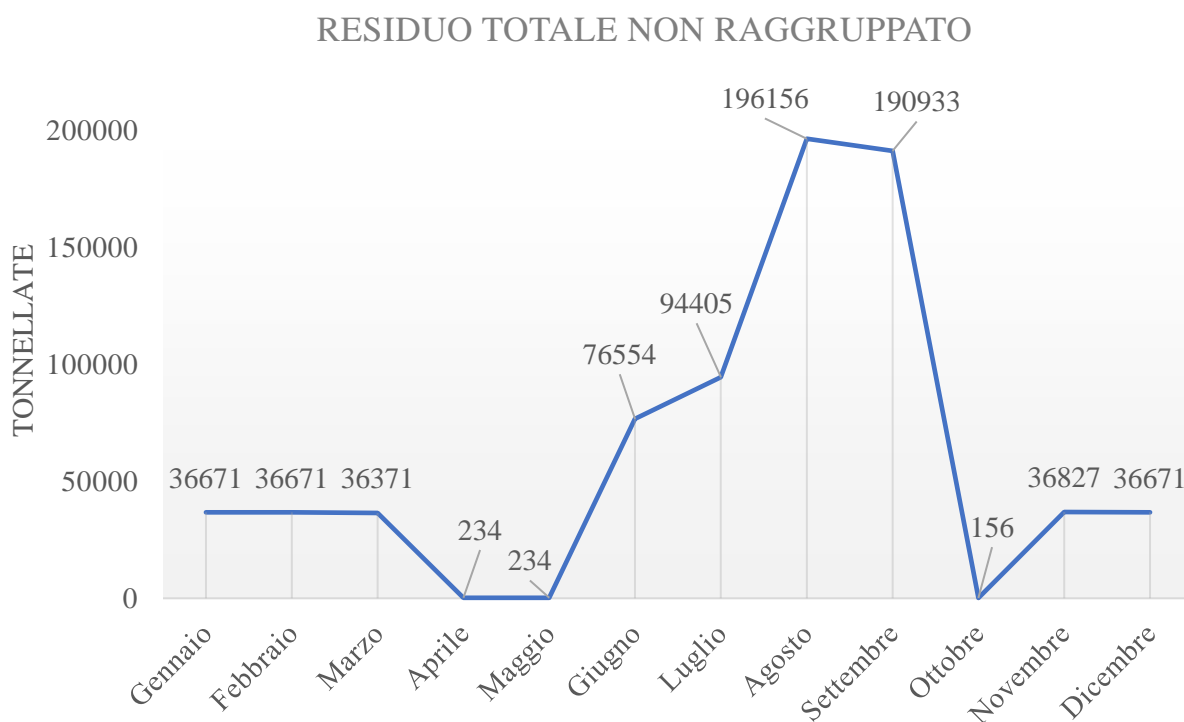


Figura 32 - totale residuo (t) non raggruppati in categoria.

Il grafico mostrato in Figura 32 conferma, quanto riportato in Tabella 13: il periodo dove si evidenzia maggiore PBRA fresca è quello che va da giugno a fine settembre, mentre nei mesi di aprile, maggio e ottobre si ha la minima disponibilità di residuo.

Come approfondimento, in Tabella 14 si riassumono in quantitativi ottenuti in provincia di Ravenna per alcuni prodotti e per alcune categorie evidenziati con le mappature finali; inclusi anche i valori di i valori per umidità alla raccolta, quantitativo di sostanza secca (s.s.), il potere calorifico inferiore (PCI) e potenziale Biogas (fonte dati per PCI e Biogas [24] [83] [85])

Tabella 14 - Umidità alla raccolta, totale s.s., PCI e potenziale biogas per alcune colture e categorie.

AREA STUDIO	PRODOTTO & TIPOLOGIA	UMIDITA' (%)	TOT. s.s. RESIDUO (t/a)	PCI s.s (GJ/t)	BIOGAS (m ³ /t)
Provincia di Ravenna	Frumento	~ 20	~ 96000 ± 18000	17,5 - 19,5	~200
	Vigneto	~ 35	~78000 ± 20000	18 -18,5	-
	Mais	~ 40	~ 100000 ± 8000	16,8 - 18	-
	Barbabietola	~ 70	~ 28500 ± 3000	-	~220
	Paglia	~ 20	~ 260000 ± 20000	17,5 – 19,5	~200
	Potature	~ 45	~ 100000 ± 21000	18 -18,5	-
	Leguminose	~ 55	~ 16000 ± 650	18 - 19	~250
	Erbacei freschi	~ 70	~ 60000 ± 6000	-	~200

La Tabella 14 si evidenzia le PBRA espresse in sostanza secca (privati di umidità): dai risultati si nota come il frumento e le paglia siano quelle con minore umidità alla raccolta (circa 20%), in contrapposizione a barbabietola ed in generale ai residui freschi con valori che si attestano sul 70%. Le potature, invece, presentano un'umidità alla raccolta che si attesta intorno al 45%, simile al mais con circa un 40%. Dai dati si evidenziano anche i relativi PCI per i prodotti che possono essere soggetti a combustione; per frumento, mais, barbabietola e paglie, leguminose ed erbacei freschi viene riportato il potenziale quantitativo di biogas ottenibile per tonnellata.

5. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Questo studio ha permesso di mappare la PBRA a livello di Nord-Italia, attraverso l'utilizzo di tre differenti banche dati. Come evidenziato dai risultati, una delle maggiori disponibilità è rappresentata dai residui derivati dalle colture agricole erbacee, arboree (frutteti e vigneti), orticole, industriali e leguminose. Ogni database utilizzato nella stima presenta dei limiti applicativi e per questo i residui stimati risultano differenti in funzione della banca dati utilizzata.

La PBRA fresca e teorica per le aree analizzate è originata, generalmente, da tutte quelle operazioni svolte a fine del ciclo colturale per le colture annuali (taglio, raccolta, ecc.) o dalle operazioni effettuate con varia periodicità sulle colture poliennali (potatura ed espanto). In questo studio non sono stati presi in considerazione i residui non utilizzabili, come ad esempio radici e altro materiale fine. Come si evince dai risultati finali ottenuti per ogni area geografica, i parametri che influenzano la quantità potenziale di BRA fresca dipendono sicuramente dalla superficie coltivata (derivata dal database di partenza), dalla produttività delle colture (determinata dalle rese), dalle modalità di raccolta e dalle condizioni di operatività svolte a fine ciclo produttivo, non calcolate direttamente in questo studio ma prese in considerazione utilizzando rapporti SP/PP. Dall'analisi del territorio Ravennate, inoltre, si evidenzia come non si debba trascurare la stagionalità della raccolta e la possibilità o meno di stoccare la potenziale BRA prodotta.

Gli studi di Andrew et al. (2006) [29] e di Scarlat et al. (2010) [86] evidenziano che le parti residuali delle colture utilizzabili per una possibile valorizzazione, ad esempio energetica, possono essere raccolte direttamente dal luogo di produzione; inoltre occorre tenere in considerazione le quantità di biomassa residuale potenziale utilizzabile (chiamata anche sostenibile). Infatti, asportare questi prodotti per una valorizzazione energetica o per altri scopi deve sempre essere confrontata con l'impoverimento di sostanza organica che i suoli possono subire. Dai medesimi studi è possibile individuare le indicazioni sulle soglie di rimozione sostenibile utili a prevenire problemi legati all'impoverimento di nutrienti, sostanza organica e a prevenire l'erosione. Tali soglie vanno da un 30% a un 50% per colza, frumento, girasole, orzo, sorgo e soia; mentre per barbabietola, patata, pomodoro ed altre orticole si può arrivare anche ad un 90%; tali dati possono anche differire a seconda della specie coltivata. In questa tesi è stata ottenuta la PBRA potenziale, ma non vengono calcolate le soglie di rimozione sostenibili che assieme agli aspetti di erosione, caratteristiche di ogni suolo, devono essere presi in considerazione in scenari di utilizzo reali. In un'ottica di restituzione di matrice organica ai suoli occorre prima di tutto conoscere i suoli e capire quali problematiche sono associate al quel contesto climatico. Oggigiorno, grazie allo sviluppo tecnologico industriale ed agricolo abbinato alle pratiche agronomiche (es. fertilizzazione) è possibile ri-apportare al suolo la sostanza organica o il nutrimento eventualmente rimosso in eccesso. Nell'elaborato proposto da Hossain

(2010) [87], ad esempio, si evidenzia che dalla biomassa utilizzata in impianti per la produzione di biogas, ne deriva un residuo di produzione chiamato “digestato”: un materiale inodore, liquido o solido, che una volta trattato può essere usato nelle coltivazioni come biofertilizzante di alta qualità, dati gli alti valori di nutrienti contenuti all’interno. Lo studio di Giacinto (2010), dimostra che anche dai processi di pirolizzazione, dove comunemente sono utilizzati residui agricoli, si possano produrre sottoprodotti da reintegrare nei suoli; in questo caso il prodotto derivante è chiamato biochar (90% di contenuto di carbonio) che, se applicato ai suoli, è un potente ammendante. La sua alta porosità aumenta la ritenzione idrica e quella degli elementi nutritivi che rimangono più a lungo disponibili per le piante; migliora inoltre la struttura del terreno e le sue proprietà meccaniche.

Ne consegue che la PBRA calcolata in questo studio, in linea teorica, potrebbe essere esportata anche totalmente e valorizzata in processi in grado di produrre bioenergie e intermedi a valore aggiunto, salvo che si restituisca al terreno la sostanza organica ed i nutrimenti sottratti in precedenza.

Analizzati questi aspetti si devono inoltre prendere in esame gli aspetti economici diretti della raccolta, carico, trasporto, scarico ed immagazzinamento. Tali non sono stati trattati in questo studio, ma sono parametri chiave da tenere in considerazione ad integrazione di studi futuri;

L’aspetto economico è sicuramente quello, attualmente, più rilevante non permettendo una potenziale valorizzazione dei residui agricoli; infatti se a questi materiali non viene attribuito un valore economico sufficiente nessuno viene incentivato a raccogliergli ed a utilizzarlo. Fortunatamente il nuovo piano energetico Nazionale, che tiene in forte considerazione le direttive Europee, cerca di risolvere questi aspetti puntando, soprattutto, sugli incentivi volti all’utilizzo di fonti rinnovabili.

I potenziali residui analizzati in questo studio, seguendo il ciclo stagionale delle colture da cui derivano ed essendo potenzialmente disponibili ogni anno, possono certamente essere una fonte rinnovabile da utilizzare, ad esempio a scopo energetico. Lo studio di Giacinto (2014) afferma che le composizioni intrinseche di ogni residuo colturale lo rendono diverso sia dal prodotto principale, sia dagli altri residui e le principali differenze riguardano: la composizione di sostanza secca, il contenuto di acqua al momento della raccolta (umidità espressa in %), il PCI e l’eventuale coefficiente per la produzione di Biogas. Anche il contenuto di macro-elementi, come l’azoto, rende univoco un residuo da un altro. Gli aspetti relativi ai macro elementi in questo studio non sono stati evidenziati, ma studi come Geletti (2006) [83] e Fiala (2012) [19] dimostrano che in linea generale, però, un alto contenuto di carbonio e idrogeno determina un alto potere calorifico, mentre elevate presenze di ossigeno ed azoto hanno un effetto opposto. I residui con rapporto carbonio/azoto (C/N) superiore a 30 sono generalmente adatti alla combustione mentre per valori minori sono sottoposti a trattamenti biologici. Ne consegue che la potenziale BRA presa in esame in questo studio, a seconda delle sue proprietà intrinseche, sia destinata a processi valorizzativi differenti.

Seguono discussioni generali sulle colture, metodi di conversione energetica e discussioni specifiche sulle aree analizzate.

5.1 ASPETTI RELATIVI ALLE COLTURE

5.1.1 RESIDUI LIGNOCELLULOSICI DA POTATURE DI COLTURE ARBOREE

Fanno parte di questa categoria la PBRA calcolata e derivata da vigneti, uliveto e altri fruttiferi.

Generalmente questi tipi di sottoprodotti derivano dalle operazioni di potatura annuali o di straordinari (esempio rimonda degli uliveti) effettuate negli appezzamenti durante il riposo vegetativo e tendenzialmente il materiale viene allontanato dall'appezzamento per evitare lo sviluppo di possibili fitopatologie. La potatura per questi prodotti avviene generalmente da novembre a fine febbraio ed è in questo periodo che si ha la maggiore potenziale biomassa.

Gli studi Geletti et al. (2006), Zezza et al.(2008) Giacinto (2014) affermano che i residui delle potature attualmente non rappresentano una possibile fonte di reddito, anzi tendono ad essere un costo diretto della produzione; alcuni agricoltori praticano lo smaltimento di tali sottoprodotti mediante lo smaltimento con due soluzioni principali:

- trinciatura in campo lungo gli interfilari e loro conseguente interrimento, generalmente un 50% del totale residuo;
- combustione dei residui in campo.

Il primo punto, salvo problemi sanitari, può rivelarsi una buona applicazione per apportare nutrienti e di sostanza organica al terreno, mentre il secondo oltre ad essere vietato nella maggior parte dei comuni del Nord-Italia favorisce l'aumento delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera: rimane però l'unica alternativa qualora ci siano problemi di tipo sanitario. La possibilità di recuperare questi residui di potatura, ad esempio per un'eventuale utilizzo a fine energetico è vincolata alla densità dell'impianto, alle modalità di potatura, alla resa, nonché dalla disposizione intesa come frammentazione e pendenza del terreno. In questo studio tali parametri sono intrinseci nei rapporti SP/PP, differenti per ogni coltura e per ogni area geografica e che tengono presente questi parametri. Con le moderne tecnologie, ad esempio utilizzando macchine "cippatrici", è possibile ottenere uno sminuzzamento o una riduzione della biomassa residuale di partenza ed in generale possiamo due diverse tecniche per la raccolta e il recupero di potature:

- imballatura in campo e successiva cippatura;
- raccolta e cippatura in campo.

Il prodotto derivante può così trovare valorizzazione nell'industria di produzione della carta, di pannello di legno truciolare, di compost oppure può essere sottoposto a produzione di energia

mediante apposite caldaie. Grazie a una combustione ottimizzata e controllata, le emissioni in atmosfera di inquinanti e polveri sottili sono soltanto una frazione minima di quelle che si possono generare con la combustione in campo dello stesso materiale. Rispetto al residuo lasciato integro, il prodotto cippato, presenta il vantaggio di avere una maggiore produttività per ettaro, potendo valorizzare anche le ramaglie più piccole. Le potature possono anche essere trasformate in pellet da appositi macchinari, ma il materiale di partenza deve avere un'umidità di partenza molto bassa.

Gli oliveti, invece, sono colture particolari e generano residui che consistono in legna o ramaglie che, come evidenziano i risultati sono poco diffusi al Nord, salvo regioni come la Liguria dove per tradizione si è sempre coltivato questo prodotto. L'olivo, infatti, in funzione della collocazione geografica assume dimensioni differenti, con conseguenti produzioni differenti di PBRA fresca. Tale differenza, a livello del Nord- Italia, sarebbe evidenziabile dal diverso utilizzo di SP/PP, ma che come evidenziato nei risultati non è stato possibile per mancanza di dati.

Lo studio specifico di Repullo et al. (2012) [88], riguardante le coltivazioni di oliveti, sostiene che la raccolta dei residui può avvenire durante e dopo la potatura che si focalizza tra gennaio e aprile, in funzione delle colture. Le frasche, residuo tipico dell'oliveto, possono essere lasciate in campo al fine di perdere l'umidità contenuta e poi raccolte successivamente, mentre le potature trovano generalmente una valorizzazione a livello energetico. Anche per questa coltura è buona pratica agricola l'interramento dei residui allo scopo di apportare sostanza organica e nutrimenti al terreno.

5.1.2 IL CASTAGNETO

Si è scelto di prendere in considerazione questa coltura perché ha caratterizzato la storia sociale della montagna italiana negli ultimi duecento anni. Per molti anni il patrimonio castanicolo è stato abbandonato ed ha lasciato spazio a nuovi spazi agricoli. Secondo lo studio Mariotti et al. (2009) [89] oggigiorno tale coltura è stata recuperata grazie ai frutti derivati da questo albero che generano buoni profitti permettendo una crescente ripresa.

La resa del castagneto è influenzata dal tipo di prodotto ottenuto (castagne o marroni) e dalla sua destinazione d'uso e questo può influenzare la PBRA derivante.

La relazione pubblicata da ENAMA (2012) [24] sostiene che il castagneto produce residui che sono più riconducibili a quelli ottenibili da un bosco. Generalmente i castagneti fanno parte o sono vicini a boschi e il recupero di questa potenziale biomassa è difficoltoso, fortunatamente con l'avvento dei nuovi macchinari e con l'aumento di richiesta dal settore energetico questa frazione legnosa inizia ad essere prelevata dai castagneti. Tali residui derivano, come per le colture arboree fruttifere, dalle operazioni meccaniche effettuate sulle piante quali taglio, potatura, sramatura, depezzatura o

allestimento di nuovi impianti. I principali prodotti ottenibili da questi residui possono essere pali di legno o travame di piccole dimensioni; nel caso non si possano utilizzare in questo modo generalmente si utilizzano come legna da ardere.

Si deve però tenere in considerazione che, come evidenziato nello studio di Mariotti et al. (2009) [89], i luoghi dove risiedono i castagneti sono però patrimonio di biodiversità animale, quindi bisogna valutare molto bene gli aspetti della raccolta dei residui; inoltre prelevare troppo residuo significherebbe perdere una parte dei prodotti secondari di questa coltura come ad esempio i funghi di sottobosco. Ne consegue, che questa PBRA può essere valorizzata, ma che per il luogo in cui è collocata e per la funzione di supporto che svolge nell'ecosistema in cui risiede essa svolge un ruolo chiave nel sistema naturale ed è per questo che si preferiscono utilizzare altri tipo di residui agricoli.

5.1.3 COLTURE CHE PRODUCONO PAGLIE, STOCCHI, TUTOLI, FOLIE E STELI.

Appartengono a questa categoria di sottoprodotti la PBRA derivata dalle colture erbacee, orticole, industriali e leguminose analizzate in questo studio.

Le paglie sono generalmente un tipo di residuo derivato dalle colture autunno-vernini. Come si evidenzia dai risultati Regionali questi prodotti sono disponibili per tutta l'Emilia-Romagna, ma in generale sono ottenibili in tutto il territorio italiano, con concentrazioni maggiori nelle zone pianeggianti. Tale dato non è ottenibile alla scala del Nord-Italia perché il database *Land-Use* non permette di classificare i seminativi e altre colture in varie sottoclassi più specifiche.

Anche in questo caso lo studio sulle biomasse promosso da ENAMA (2012) [24] sostiene che tali residui restino in campo dopo la trebbiatura, che avviene nel periodo estivo (giugno -luglio). Le paglie, generalmente, vengono in parte raccolte dopo la mietitrebbiatura tramite raccogli-imballatrici, in parte lasciate sul campo per essere interrare. Altre applicazioni possono essere: lettiera per ricovero di animali, alimentazione animali ed infine industria cartaria. Generalmente se impiegate a fini energetici tali residui devono essere collocati in impianti di grandi dimensioni, in quanto questa matrice energetica possiede caratteristiche chimiche/fisiche non adatte a piccoli impianti legate al contenuto in silice presente nel prodotto.

I residui derivanti dalla coltura del mais, stocchi e tutoli, sono molto differenti da quelli appena visti; tali sono disponibili da agosto a inizio ottobre a seconda delle zone di coltivazione. Per essere valorizzati energeticamente devono essere raccolti entro 60-90gg e l'umidità spesso condiziona questa destinazione, infatti generalmente questi residui non sono utilizzati per la combustione, ma vengono valorizzati come co-substrato tramite digestione anaerobica. Gli stocchi trovano il loro utilizzo come

lettiera per animali o alimentazione, mentre i tutoli se non preventivamente recuperati sono quasi sempre interrati in campo.

Questi residui utilizzando il database *Land Use* non sono calcolabili sia a livello globale del Nord-Italia sia a livello regionale; possono essere invece calcolati parzialmente con il sistema *IColt-ARPAE2019*, con la limitazione del territorio pianeggiante e solo per le colture frumento ed orzo. Sono totalmente analizzabili attraverso il database *AGREA2018*, ma in questo studio trovano la limitazione alla sola provincia di Ravenna.

Gli altri residui analizzati provenienti dalle colture quali: barbabietola, carota, cavolo, cipolla, fagiolino, fave, patata, pisello, pomodoro, patata, ravanella, sorgo, spinacio e zucca che sono costituiti essenzialmente da foglie stelo ed eventualmente frutto, attualmente non trovano una destinazione precisa per il loro utilizzo; dopo la raccolta, che avviene generalmente nei primaverili ed estivi (tranne qualche eccezione in autunno), è facile osservare questi residui nei campi prima del loro interrimento. Secondo l'elaborato di Fiala (2012) data la loro composizione e il contenuto idrico elevato questa potenziale biomassa generata da può essere valorizzata come co-substrato in digestori anaerobici.

Trovare nuove colture per aumentare la produzione di biogas negli impianti di biogas è vitale poiché alcuni prodotti utilizzati in essi, come il letame, da soli producono una bassa resa di metano.

Grazie ai risultati ottenuti, specialmente sulla Provincia di Ravenna, dove si è utilizzato il database *AGREA2018* è possibile quantificare la PBRA disponibile sul territorio e localizzandola facilmente su ogni foglio catastale della provincia. Inoltre, questi residui se opportunamente valorizzati ed utilizzati possono migliorare le rese e la produzione di biometano nei digestori anaerobici evitando lo sfruttamento di suolo per colture energetiche, lasciandolo a colture classiche per la produzione di cibo.

5.2 VALORIZZAZIONE DIRETTA ED INDIRETTA

La PBRA ottenuta dai risultati può essere valorizzata, a seconda della tipologia, in percorsi dedicati allo scopo di produrre energia e/o alla produzione di eventuale biogas o biometano o di altri prodotti a valore aggiunto quali bio-etanolo, cellulosa, fenoli e resine come evidenziato dagli studi, a scala di laboratorio, di Champagne (2008) [90] Zhang et al. (2013) [91] Cattelan (2018) [92]. Studi più recenti, come quello svolto da Dietrich et al. (2019) [93] e Requiso et al. (2018) [94], affermano che è possibile ottenere biopolimeri compostabili da alcuni tipi di biomassa residuale agricola lignocellulosica in sostituzione di materie plastiche a base di petrolio. Invece, grazie agli studi di Geletti et al. (2006) [83] e Fiala (2012) [19], sulla base delle proprietà intrinseche della biomassa residuale, a livello di microlenti, sottolineano che residui quali patate e paglie, con rapporto C/N

superiore a 30, una volta privati dell'umidità alla raccolta possono essere sottoposti a processi termochimici come ad esempio:

- combustione diretta tramite stufe o caldaie che possono essere di varia potenze da kW a MW, tramite pellet, cippato, bricchetti o ciocchi interi di legno. A seconda della dimensione del prodotto e dell'umidità in entrata avremo un letto fisso con griglia mobile ed un letto fluido. In questi impianti i rendimenti di energia combustibile pari a 20-30% con perdite di calore del 80%; gli aspetti negativi da tenere in considerazione sono gestione delle ceneri prodotte, l'approvvigionamento della biomassa a lungo termine e le emissioni di PM10, Nox e CO.
- co-combustione, combustione simultanea di combustibili differenti tra loro; principalmente biomassa assieme a carbone o gas ottenendo un rendimento energia combustibile pari 20 - 30%, con perdite di calore del 10%; l'utilizzo in questi impianti può risolvere il problema dell'approvvigionamento ed aiuta l'utilizzo di energie rinnovabili; inoltre riduce le emissioni globali, abbassando il debito di CO₂.
- conversione meccanica e/o chimica, nel nostro caso processi termochimici. Sono bastati sull'azione del calore che innesca le reazioni chimiche necessarie a trasformare la biomassa residuale in combustibile: si dividono in processi di gassificazione o pirolisi.
 - o la gassificazione prevede la conversione delle biomasse in composti gassosi (ossidi di carbonio, anidride carbonica, metano, idrogeno e miscele di esse come il syngas-gas di sintesi-); il processo è eseguito tramite parziale reazione di ossidazione con aria, ossigeno e vapore a temperature di circa 1000°C;
 - o la pirolisi consiste nella decomposizione termica di materiali organici ottenuta tramite applicazione di calore a temperature comprese fra 400° e 1000°C, in assenza o in presenza di pochissimo ossigeno;
 - o la piro-gassificazione, che combina le due tecniche viste in precedenza ottenendo come risultato finale syngas che consente sia l'utilizzo immediato, sia lo stoccaggio in apposite strutture ed il trasporto in un luogo diverso di utilizzo.

Fatte queste considerazioni, le potature studiate dal Nord-Italia, dall'Emilia-Romagna e dalla Provincia di Ravenna e le paglie generate analizzate in Regione ed in Provincia di Ravenna potrebbero trovare una possibile valorizzazione energetica tramite uno di questi processi; da considerare che la combustione diretta non è sostenibile, infatti tramite questo processo si perde tutto il calore derivato dal processo. Ideale è l'uso della co-combustione, dove il calore generato dal processo viene riutilizzato in altro scopo, ad esempio come riscaldamento.

Sempre gli stessi autori citano anche residui quali steli e foglie derivate da erbacee, leguminose, tuberi ed orticole o frutti come residui di pomodoro che possiedono un rapporto C/N inferiore a 30 ed una

umidità alla raccolta superiore a 30%. Questi date le loro composizione chimiche possono essere sottoposti a conversione biochimica ed essere utilizzati ad esempio come co-substrato:

- digestione anaerobica, processo biologico operato da batteri in assenza di ossigeno che prevede come risultato la produzione di biogas, ovvero una miscela di gas contenente circa il 55-60% di metano. La resa in biogas delle colture risulta direttamente proporzionale al suo contenuto di grassi, amidi/zuccheri, proteine ed emicellulosa. In tale processi i rendimenti sono differenti dai precedenti processi con una produzione di energia elettrica pari ad un 35-40% e perdite in calore pari al 10%. Interessanti sono i sottoprodotti ottenuti dal processo, quali residui solidi utilizzati come fertilizzanti (fosforo, potassio, azoto) e fanghi da digestato anch'essi utilizzati come ammendanti agricoli.
- La fermentazione alcolica è un altro processo che può interessare questi residui agricoli, nella fattispecie quelli derivanti dalla barbabietola, che opera la trasformazione di questi in bioetanolo (alcool etilico).

Con il nostro studio la PBRA utilizzabile in questi processi è quella proviene dalla provincia di Ravenna ottenuta grazie alla banca dati *AGREA2018*.

5.3 NORD-ITALIA

L'area geografica del Nord-Italia è stata studiata mediante l'utilizzo della banca dati *Land Use*. Utilizzando questo database si fa riferimento alla relativa legenda [66]; data questa classificazione le uniche colture che possono essere prese in considerazione per questo studio sono castagneti, oliveti, frutteti e vigneti. Il database *Land Use* è stato generando aggregando i vari database generati da ogni regione (eterogenei tra loro), aggiornati ed elaborati in maniera differente da ogni Regione. questo aspetto evidenzia il limite di questo approccio: i dati potrebbero non essere molto aggiornati alla scala del Nord Italia. Considerando che nell'equazione (1) uno dei parametri evidenziati per il calcolo dei residui è la superficie (ha) la qualità del dato presente in ogni database è determinante per il risultato ottenuto.

La PBRA rilevata è considerata fresca contenente una percentuale di umidità alla raccolta variabile a seconda della coltura. Ottenuto il risultato è possibile sottrarre questa quantità per ottenere il quantitativo di sostanza secca. Tale passaggio è fondamentale in quanto le potature per essere valorizzate, ad esempio a co-combustione, devono subire un processo di essiccamento che riduce l'umidità sotto al 15%.

Le mappature delle coltivazioni analizzate hanno consentito di determinare la potenziale BRA derivate da frutteti e vigneti, mentre per castagneti ed oliveti è stata calcolata solo l'area (ha).

I risultati numerici sono mostrati in Tabella 6: nello specifico, osservando le superfici esse sono coerenti con i dati ISTAT riportati nel cap. [1.4.2](#); l'area totale (ha), per le colture arboree studiate ottenuta utilizzando il database *Land Use* è pari a 470163 ha, contro il dato ISTAT risultante pari a 433432 ha. I risultati ottenuti in Figura 12 e Figura 13 evidenziano che: i potenziali residui freschi di potatura derivati dai frutteti sono maggiormente localizzati in Emilia – Romagna, Veneto, Piemonte e Trentino – Alto Adige. Tali risultati vengono evidenziati anche nel grafico riassuntivo in Figura 14: la superficie totale analizzata per i frutteti è di 156365 ettari con un potenziale residuo fresco di 558256 ± 403209 t/a.

La regione Emilia Romagna è quella con maggiore superficie dedicata ai frutteti, seguita da Trentino Alto-Adige e Veneto, rispettivamente anche il potenziale di residui risulta il più alto per queste tre regioni. Avendo maggiore superficie coltivata rispetto alle altre regioni queste evidenziano anche un alto quantitativo di potenziale BRA. Visualizzando le DS relative si nota un'anomalia per il Trentino Alto-Adige: il risultato della DS è maggiore del residuo totale calcolato. Questo risultato è riconducibile alle rese molto elevate per alcune tipologie di frutteto (esempio melo) contro rese inferiori su colture come ciliegio ed albicocco; in questi territori montani si deve anche tenere in considerazione l'aspetto morfologico, infatti, in questi territori si alternano zone con molta produzione a zone con poca produzione. Possiamo notare che il database originario è quello messo a disposizione dal Geo portale Nazionale e potrebbe non essere dettagliato a sufficienza per questa tipologia di coltura.

Anche per le altre regioni le DS sono elevate, ma restano inferiori al dato totale: è un risultato plausibile vista la grande eterogeneità di colture che vengono raggruppate nella categoria frutteti, nonché per i diversi assetti morfologici che differenziano i territori di ogni regione. I rapporti SP/PP sono estrapolati dalla letteratura e per i frutteti si evidenziano valori abbastanza eterogenei con valori che spaziano da 0,2 a 0,5; questi però osservando i risultati non sembrano influenzare particolarmente la stima totale, che invece risente molto della superficie effettivamente coltivata per quella coltura.

Le potenziali potature fresche generate da vigneti sono mostrate in Figura 13; la differenza dai residui derivanti dalla precedente categoria è evidenziabile già dalla mappatura stessa. Le province con maggiore abbondanza sono Asti, Pavia, Verona e Treviso, mentre moderate concentrazioni si localizzano nelle province di Cuneo, Modena, Udine, Trento, Bolzano, Faenza, Ravenna e Modena. Le province elencate sono note per la notevole produzione di vini ed il risultato ottenuto conferma un potenziale elevato di biomassa residuale riflette un'ampia superficie coltivata, un'alta resa e di conseguenza un alta produzione di potatura.

Il castagno continua ad essere una tra le specie più rilevanti nell'esteso panorama delle superfici forestali italiane. I castagneti presentano un'area totale, per il Nord-Italia, di 36881 ha evidenziabile

in Figura 35 ([allegato II](#)): la coltivazione del castagno risiede in gran parte dei territori collinari e montani di tutta la dorsale appenninica e dell'arco prealpino. Le regioni che evidenziano tale coltura, secondo i database Land Use, sono Emilia – Romagna, Liguria, Piemonte, Lombardia e Veneto e rispettivamente le provincie con maggiore superficie (>1000 ha) sono Cuneo, Vicenza e Belluno.

I risultati ottenuti, per i castagneti, dimostrano che utilizzando i rapporti SP/PP dello studio Motola et. al. (2009) [27] non è possibile calcolare la PBRA fresca a causa della mancanza di tali rapporti; assumendo, invece, che i castagneti siano paragonati a colture come boschi di latifoglie, ed utilizzando i dati dello studio Greggio (2019) [79] si ottiene una PBRA fresca di 112488 ± 22498 t/a, derivata principalmente dalle regioni Piemonte e Veneto.

Gli oliveti, nel Nord-Italia, ricoprono un'area complessiva di 44408 ha evidenziabile in Figura 35 ([allegato II](#)). Dai risultati emerge che la maggiore distribuzione di superficie è in Liguria (69%) e a seguire Veneto (14%) ed Emilia – Romagna (9%). L'olivicoltura in Liguria è diffusa e antica: i terreni locali di collina e montagna, tipicamente a terrazzamento, caratterizzano il paesaggio locale e sono ricchi di olivi che producono notevoli quantità di olio, mentre l'olivicoltura veneta, insieme a quella lombarda e trentina, si colloca all'estremo Nord dell'area geografica di coltivazione dell'olivo. Le altre zone coltivate ad oliveto sono su tutta la fascia collinare pedemontana che va dalla provincia di Verona a quelle di Vicenza, Padova e Treviso, comprendendo i Colli Euganei e Berici, in una fascia che attraversa da ovest ad est tutto il territorio regionale. In Emilia – Romagna tali coltivazioni trovano maggiore collocazione nel settore appenninico nelle provincie di Forlì – Cesena e Rimini.

Utilizzando i dati ottenuti in Puglia dalle prove sperimentali sulle biomasse residuali [95] che dimostrano una produzione di potatura pari a 6,6 t/ha, possiamo ipotizzare una stima di tale potenziale BRA utilizzando le superfici del database, ottenendo ~290000 t/a di residuo fresco per tutto il Nord-Italia. Anche i risultati ottenuti per gli oliveti, dimostrano che utilizzando i rapporti SP/PP dello studio Motola et. al. (2009) [27] non è possibile calcolare la PBRA fresca a causa della mancanza di tali rapporti: utilizzando, invece, i dati riportati dallo studio Geletti et al.(2006) [83], è possibile calcolare la PBRA fresca derivata dalle frasche dell'olivo (1 e 2,5 t/ha di frasche) ottenendo un residuo di ~80000 t/a per l'area analizzata. Mentre è possibile calcolare il quantitativo complessivo di potature utilizzando i dati dello studio Greggio et al. (2019) [79] ottenendo una PBRA pari a 162627 ± 135000 t/a. Utilizzando questo database e variando i rapporti SP/PP per ottenere la potenziale biomasse si ottengono stime relativamente differenti, che sicuramente ipotizzano che per la superficie investigata un buon potenziale residuale fresco, per gli oliveti è di circa ~100 000 t/a tra frasche e potature.

Quando si studiano le colture dedicate ad oliveto si devono tenere in considerazione gli aspetti della potatura di “rimonda” che rappresenta un intervento a largo raggio per una manutenzione complessiva e straordinaria della pianta (ogni 2-3 anni). Lo studi di Greggio et al. (2009) [79] tiene in

considerazione questi aspetti, quindi si può ritenere il più attendibile, anche se questa coltura presenta una DS molto vicina al risultato.

Il rapporto ENAMA [96] del 2012 dichiarava che il quantitativo di residuo per le colture arboree fosse di 640370 t/a s.s.; il nostro studio evidenzia per questa area geografica un totale di circa 1000000 \pm 500000 t/a s.s; tale discordanza nel risultato può essere dovuta alla diversa metodologia di analisi e/o alle rese che sono cambiate negli anni a livello di ogni regione, nonché alla superfici utilizzate come dato di partenza per il calcolo di questa PBRA.

5.4 EMILIA-ROMAGNA

5.4.1 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI LAND USE)

Decidendo di analizzare meglio il territorio riguardante l'Emilia-Romagna, in questa regione sono state utilizzate due differenti banche dati: *Land Use* e *IColt -ARPAE2019*.

La griglia viene ridotta da 10*10 km a 5*5 km, poiché riducendo la dimensione areale indagata si preferisce analizzare in maggior dettaglio il territorio. Anche in questo contesto la potenziale BRA ottenuta è considerata fresca ed il contenuto idrico può essere sottratto in una fase successiva.

La banca dati *Land Use*, viene generata dalla regione Emilia-Romagna ed è aggiornata annualmente: il file vettoriale regionale inerente agli usi del suolo risulta molto preciso e il dato areale per ogni poligono appartenente al database è molto vicino al dato reale, ricordato però che per questa tipologia di database si parla sempre di stime riguardanti la superficie.

Per questa area geografica sono a disposizione dati più precisi e più aggiornati in merito ai rapporti SP/PP e quindi si è deciso di utilizzare quelli dello studio Greggio et al. (2019) [79] anziché quelli estrapolati da Motola et al. (2009) [27]. Utilizzando differenti rapporti SP/PP ed il medesimo database si è potuta mappare la potenziale BRA derivata dalle colture di castagneti ed oliveti.

I risultati ottenuti calcolando le superfici totali per ogni coltura, mostrati in Tabella 7, sono concordi con i dati riportati delle stime agrarie riportate nel cap. [1.4.2](#); l'area totale, per le colture arboree ottenuta utilizzando dalla banca dati *Land Use* è pari a 134161 ha, contro il dato delle stime pari a 115923 ha. I dati finali totali, evidenziati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, mostrano un a potenziale BRA fresca derivate da frutteti e vigneti pari a 256334 \pm 126368 t/a e 201639 \pm 9030 t/a utilizzando il database Land Use e i dati dello studio [79]; tali risultati si possono confrontare direttamente con i risultati ottenuti dai grafici in Figura 14 e Figura 15 dove si erano utilizzati SP/PP differenti: tale confronto è riportato in Tabella 15.

Tabella 15 - Confronto risultati della banca dati Land Use e SP/PP derivati dagli studi [27] e [79]

	Land use Nord-Italia	SP/PP	Land Use Emilia-Romagna	SP/PP
Frutteti	256340 ± 151811 t	0,15	276334 ± 136368 t	0,20
Vigneti	237677 ± 122304 t	0,33	201639 ± 90303 t	0,28

Utilizzando le medesime rese e le medesime superfici, quello che può influenzare maggiormente il risultato sono i rapporti SP/PP: per i residui derivanti da frutteti non si evidenziano differenze molto significative, mentre per quelli derivanti dalle lavorazioni dei vigneti si evidenziano marginali differenze, soprattutto sulla DS. Le mappature, invece, essendo state generate da un reticolo differente, 5*5 km anziché 10*10 km, mostrano risultati visivamente differenti (cap. 4.2).

Data la struttura morfologica dell'Emilia - Romagna la potenziale BRA derivata da castagneti, evidenziata in Figura 16, si colloca nella zona appenninica della Regione ed interessa nella parte collinare tutte le province presenti sul territorio con concentrazioni variabili tra 0 e 660 t/a. I risultati dimostrano che il patrimonio castanicolo si dimostra ancora ricco in consistenza e potenzialità, nonostante gli aspetti finanziari che interessano queste coltivazioni e che in passato ne hanno ridotto il potenziale sfruttamento.

I risultati per la potenziale BRA, derivante da frutteti e vigneti erano già evidenziati, per l'Emilia-Romagna, dalle mappature rappresentanti i risultati del Nord-Italia mediante l'utilizzo del reticolo 10*10km per cella e vengono sicuramente confermati anche dalla mappatura reticolare a 5*5km. Utilizzando il secondo reticolo e focalizzandoci sul territorio della Regione è stato possibile capire nel dettaglio quali province sono interessate da questi potenziali residui. Logicamente riducendo la grandezza della cella cambiano anche i massimi risultati ottenibili: per il Nord -Italia il massimo valore raggiunto nelle celle è per frutteti circa 20000 t/a e per vigneti circa 38000 t/a, viceversa, utilizzando il reticolo 5*5 km, i valori massimi per cella riscontrati sono pari a circa 5000 t/a per entrambe le colture. Questa differenza risiede nel fatto che prendendo in esame un'area di cella più piccola le concentrazioni coltivate in quell'area saranno proporzionalmente inferiori. In dettaglio, analizzando i risultati per quantitativo massimo di cella possiamo dire che analizzando 100km² di superficie otteniamo potenzialmente, per questa tipologia di residui, è 20000 t/a di PBRA fresca, mentre analizzando una superficie di 25km² otteniamo circa 5000 t/a di PBRA fresca.

Gli oliveti non sono coltivati in abbondanza nel territorio ed oltre a ciò anche le rese per ettaro non sono elevate, circa due tonnellate in meno rispetto alle regioni di maggior produzione. Tale aspetto è sicuramente riconducibile alla posizione geografica. Anche le relative DS sono elevate rendendo il dato ottenuto poco preciso per questa coltura.

Il rapporto ENAMA [96] nel 2012 dichiarava che il quantitativo di residuo per le colture arboree fosse, per questa area geografica, fosse di 197385 t/a s.s.; il nostro studio evidenzia per questa area geografica un totale di circa 300000 ± 141000 t/a s.s; tale discordanza nel risultato può essere dovuta alla diversa metodologia di analisi e/o alle rese che sono cambiate negli anni a livello di ogni regione, nonché alla superfici utilizzate come dato di partenza per il calcolo di questa PBRA. Utilizzando, però, rapporti SP/PP più aggiornati e specifici per questa area di studio possiamo ipotizzare che il secondo dato sia più corretto, anche se la DS è molto elevata e fa ottenere un range di risultato che varia di un $\pm 50\%$.

5.3.2 REGIONE EMILIA-ROMAGNA (BANCA DATI ICOLT-ARPAE)

Grazie a questo database è stato possibile dettagliare le colture fruttifere e quindi calcolare i loro potenziali residui agricoli in maggior dettaglio; inoltre essendo questo database nato per scopi irrigui tiene in considerazione anche altre colture e classifica al suo interno ad esempio i cereali autunno-vernini: coltivati per gran parte nella pianura dell'Emilia Romagna

La totalità dell'area investigata per le colture selezionate nel database Icolt, presenta una superficie pari a 283177 ha, sull'area totale del database 786627ha.

Le statistiche agrarie della regione [64] (cap. [1.4.2](#)) per colture arboree e seminativi, evidenziano un'area coltivata pari a 435320 ha; il nostro risultato, 283177 ha, rappresenta una superficie minore dell'area citata e questo è dovuto alla non totalità dell'area investigata del database, come evidenziato dai risultati.

Osservando la Tabella 9 (cap. [4.3](#)): sul totale analizzato pari a 283177 ha, il 72% è dedicato alle colture autunno-vernini, un 13% ai vigneti, un 6% alla coltivazione del pero, 3% ai pescheti ed il resto è distribuito sulle rimanenti colture, arrivando a quella meno apprezzabile, 0,1%, relativo agli oliveti. Confrontando il risultato ottenuto sugli uliveti con il precedente database possiamo confermare che gli oliveti sono poco coltivati nella regione. Inoltre, dalla medesima tabella si possono apprezzare anche le differenti rese (t/ha): e relative DS molto differenti per tipologia di coltura. Questo dato conferma anche le DS visualizzate per il precedente database sulla medesima regione.

I rapporti SP/PP variano da 0,1 a 0,3 per i fruttiferi e questo è dovuto alle differenti tecniche di potatura, nonché al differente assetto morfologico della regione; gli oliveti, invece, presentano un SP/PP elevato pari a 1,2: tale dato evidenzia quantitativi enormemente differenti di potature prodotte nelle zone del territorio.

Nella categoria “frutteti misti”, come evidenziato nella relazione tecnica di Icolt [76], sono accorpate tutte quelle colture che al momento non sono caratterizzabili tramite l’uso di immagini satellitari; per queste viene utilizzata la stima della coltura prevalente ottenuta dal dato AGREA.

Utilizzando questa banca dati è possibile ottenere la PBRA derivata dalle colture arboree da frutto, con il dettaglio per ogni singola coltura. I maggiori residui sono prodotti dalle coltivazioni di pero, pesco, melo, actinidia. Il vigneto generalmente viene riportato come categoria a parte e le potature derivante da esso sono circa 174777 ± 78263 t/a. Anche se l’area investigata non è la totalità della regione possiamo confrontare questo dato con i risultati del database *Land Use*, sulla medesima regione, ottenendo: 201639 ± 90303 t/a contro 174777 ± 78263 t/a. Da questo confronto possiamo dire che il database Icolt, per questa coltura riesce a quantificare all’incirca la stessa potenziale biomassa residuale.

Come evidenziato nei risultati e sopra dalla distribuzione delle aree le colture quattro colture fruttifere più abbondanti in regione, utilizzando questo database risultano essere: vigneto, pero, pesco e actinidia. Ne consegue, come evidenziato in Tabella 10, che anche i relativi sottoprodotti residui agricoli siano i più abbondanti.

Avendo a disposizione i risultati ottenuti per la PBRA derivata dai cereali autunno-vernini (frumento ed orzo) i dati vengono confrontati con le statistiche ISTAT: il dato Istat per tutta la Regione è 1583398 t/a di paglie, mentre il risultato ottenuto dal nostro studio è di circa 973048 ± 235384 t/a [62]. Il dato è plausibile perché dai risultati possiamo osservare che tale residuo è ottenibile il tutto il territorio della regione e per sua natura viene generato da colture che vengono coltivate nel settore pianeggiante. Certamente tale dato per essere confermato dovrebbe comprendere la medesima area di analisi.

Inoltre, non è possibile eseguire un confronto diretto con il database *Land Use* per i residui analizzati in questo database e date le classificazioni eseguite. Il database *Land Use* non permette di distinguere le colture all’interno della macro-categorie frutteti e seminativi. Il medesimo discorso si può effettuare anche con le stime agrarie che riportano solo la macro-categorie colture arboree e seminativi.

5.4 PROVINCIA DI RAVENNA

Come spiegato nei metodi e nei risultati per questa area geografica è stata utilizzata una metodologia differente e maggiormente dettagliata e precisa per la quantificazione della PBRA fresca.

L'utilizzo dei dati catastali permette di mappare potenzialmente tutte le tipologie di colture coltivate per l'anno di interesse e ottenerne il relativo quantitativo di biomassa residuale; inoltre, per questo studio il dettaglio è stato posto al livello di foglio catastale (in media 80 ha cadauno su tutta la provincia) e non particellare (estensione media, nel territorio, pari a ~1,5 ha) sia per una migliore visualizzazione dei risultati, sia per valutare più facilmente futuri scenari di valorizzazione.

Secondo i dati Istat [97] l'estensione areale della provincia di Ravenna è pari a 1859 km² (185944 ettari), mentre il file vettoriale contenente le geometrie catastali, su cui sono stati elaborati i risultati, presenta una superficie totale di 179004 ha. Tale differenza si può ritenere non significativa sulla scala di lavoro da noi utilizzata. Tutte le colture analizzate per questa area vengono mostrate in Tabella 16 ([Allegato I](#)), dove è possibile vedere le aree totali (ettari), le rese e le relative le DS. In questa tabella vengono anche evidenziate le DS totali per i residui calcolati, utilizzati per ottenere i nostri risultati finali derivati dall'utilizzo dell'equazione (2).

Per il territorio ravennate la coltura più abbondante è il frumento (tenero e duro), seguito dalla vite, dal mais e dalle barbabietole. I potenziali residui di queste quattro colture sono stati mappati come esempio di mappatura a livello di abbondanza. Tale risultato è concorde a livello visivo con mappature residuali del database Icolt per vigneti e autunno-vernini; osservando le mappe in Figura 17 e Figura 18 si osservano elevate abbondanze sulla provincia di Ravenna.

Per verificare numericamente i dati si prende in esame, per esempio, la mappatura per la provincia riguardante i residui ottenuti dei cereali autunno-vernini e la si confronta con la mappatura della PBRA ottenuta con la banca dati AGREA2018 (Figura 33). Per entrambe le mappature i valori sono espressi in t/a e per semplificazione non sono riportate le relative DS.

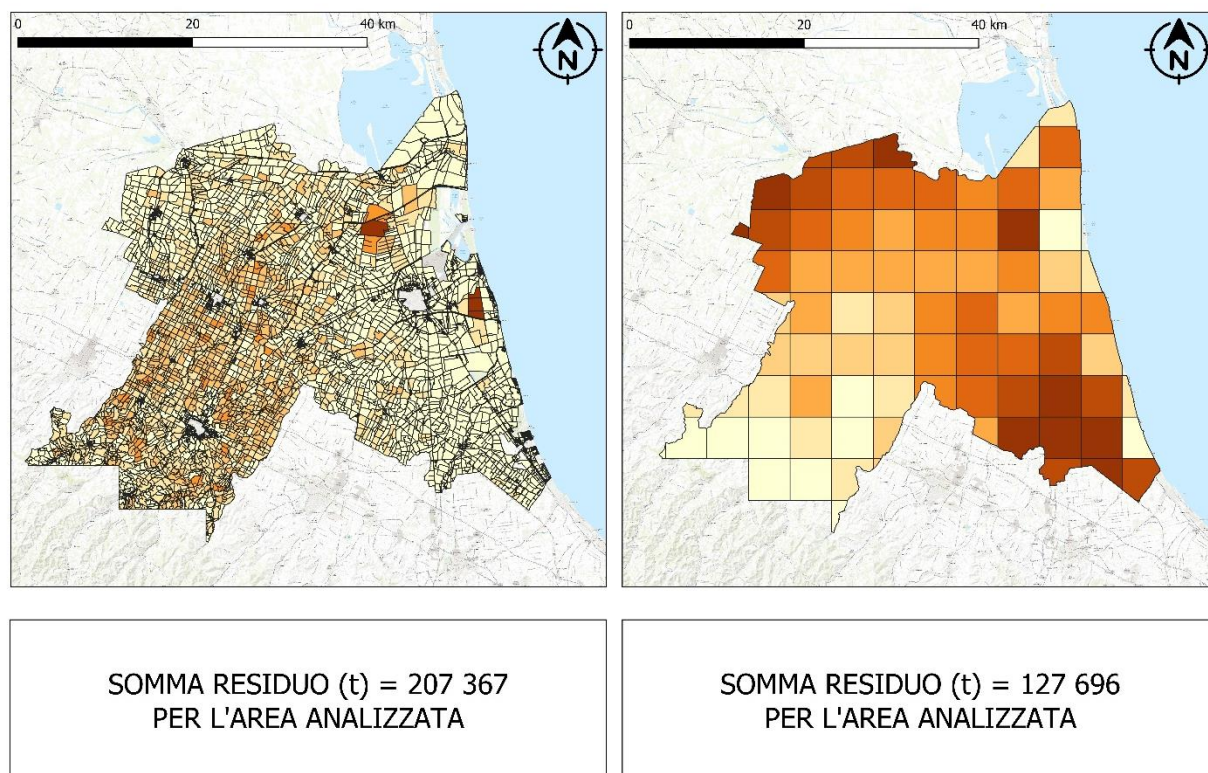


Figura 33 - Confronto risultati per i residui (t/a) derivati dalla coltura autunno-vernini tra database AGREA e IColt; elaborazione QGIS.

I risultati evidenziati dal confronto delle due banche dati, mostrano sia una differenza visiva tra i due database, dovuta alla diversa metodologia di raggruppamento dei dati, sia un risultato numerico differente della PBRA fresca derivata dai cereali autunno-vernini. La differenza è di ~90000 t/a di PBRA fresca. Sapendo che AGREA2018 è un dato molto preciso ottenuto dal dato catastale, sapendo che Icolt-ARPAE2019 deriva da una aggregazione di dati in reticoli 5*5km possiamo assumere che il dato più veritiero sarà quello ottenuto dal primo database. La differenza di risultato ottenuta non deve però essere una discriminata positiva o negativa sulle banche dati; queste infatti, potrebbero essere utilizzate in maniera differente a seconda dello scopo di analisi: ad esempio per eseguire un'analisi preliminare sulla quantità di frumento ed orzo sulla regione Emilia -Romagna è conveniente usare il database IColt, anche se non ricopre la totalità del territorio. In seconda analisi invece, è preferibile utilizzare il dato AGRA ritenuto più preciso, ma che comporta una metodologia più complessa che richiede più tempo di applicazione.

Le PBRA studiate in questo territorio si dividono circa in egual modo fra residui secchi ed umidi e come si evidenzia dai risultati i primi generano un maggior quantitativo di prodotto; tale risultato è dovuto sicuramente alla composizione elementare delle colture da cui derivano questi residui, nonché dal rapporto SP/PP e dalle rese per ettaro. Per la Provincia possiamo localizzare i residui secchi su quasi tutta la totalità del territorio con densità maggiori di 200 t/a, mentre quelli umidi sono

localizzati, con densità maggiori di 200 t/a principalmente nei comuni di Ravenna, Lugo e Alfonsine. Questa suddivisione permette anche di capire in che modo questi residui possono essere valorizzati: ad esempio, sottoprodotti classificati secchi sono potenzialmente più adatti, qualora si volesse produrre energia, ad essere sottoposti a processi di combustione, co-combustione, gassificazione o pirolisi; quelli umidi, invece, sono più adatti alla produzione di biogas e possono essere sottoposti a digestione anaerobica o in alternativa avvitati a processi di fermentazione alcolica.

Utilizzando questo database è stato possibile classificare le colture analizzate in funzione della tipologia di residuo che producono ottenendo cinque possibili classificazioni: paglia, leguminose, erbacei freschi, orticoli e patate. Queste classificazioni sono possibili a questo livello di dettaglio perché si è a conoscenza di tutte le colture che sono coltivate all'interno dei fogli catastali, per tutta la provincia. I risultati dimostrano, che per i residui da noi analizzati, quelli maggiormente prodotti nel territorio sono paglia ed erbacei freschi, seguiti dai residui di potatura; leguminose ed orticole in ultima posizione. Inoltre, paglie, patate e parte delle leguminose sono quelle che compongono la categoria residui secco; i restanti compongono la categoria umida.

La provincia di Ravenna per la sua morfologia, ha sia territori pianeggianti, sia collinari che permettono lo sviluppo di tutte le colture da cui si originano questi residui. Dei circa 180000 ha mostrati nel database *AGREA 2018* utilizzando le colture scelte vengono mappati circa 86 000 ha su cui studiare i potenziali residui. Su queste classificazioni i risultati esposti evidenziano per le colture più abbondanti, il 27% della superficie investigata è coltivato a frumento, il 18% a vigneto ed il 10% a mais; mentre i residui secchi rappresentano il 81% e della superficie investigata mentre il restante 19% produce residui umidi nell'annata agraria 2018-2019.

Confrontando le statistiche agrarie [64]: le colture arboree, da cui si originano i residui di potatura, dal dato statistico presentano un'area totale pari a 36569 ha contro quella evidenziata dallo studio pari a 32121 ha e questo è probabilmente dovuto alla diversa aggregazione delle colture per questa categoria; ad esempio in questo studio non è stata analizzata la coltura caco, che invece probabilmente rientra nelle statistiche.

Discorso analogo vale per i seminativi, che generano le paglie, con valore statistico di 31989 ha contro 36722 ha. L'area totale (ha) per le orticole in provincia di Ravenna pari a 7500 ha, mentre nel presente studio l'area investigata è pari a ~ 3000 ha: aspetto riconducibile all'omissione in tale categoria di quelle colture con area inferiore ai 80 ha. Nonostante queste leggere discordanze possiamo assumere che le superfici utilizzate in questo database siano coerenti con le statistiche della provincia.

Volendo valorizzare ulteriormente la PBRA fresca diviene interessante capire quando essa viene prodotta e, quindi, potenzialmente disponibile. I risultati evidenziano che i residui secchi sono disponibili potenzialmente in tutti i mesi dell'anno (con diverse quantità) salvo nei mesi di aprile,

maggio ed ottobre: questo risultato è dovuto alla presenza delle potature e delle paglie in questa categoria che vengono prodotti in due periodi differenti dell'anno. I residui umidi, invece, sono potenzialmente disponibili nell'intero arco di tempo annuale, anche se nei mesi al di fuori di giugno, luglio, agosto o settembre i quantitativi potenzialmente teorici sono al di sotto delle 250 t/a.

Le paglie sono disponibili a fine primavera e per tutto l'arco estivo ed è riconducibile alla raccolta del prodotto principale che avviene in questi mesi. Le potature generalmente sono effettuate nei mesi autunno-invernali dove le colture principali (da cui deriva il residuo) sono in riposo vegetativo ed infatti non troviamo questi residui nei mesi primaverili ed estivi.

Residui orticoli ed erbacei freschi, anche se con concentrazioni differenti, sono disponibili in tutto l'arco annuale a differenza dei residui leguminosi che, come le paglie, sono disponibili solo nei mesi primaverili-estivi.

Osservando il totale dei residui non raggruppandoli in una categoria specifica possiamo dire che la maggior parte è disponibile nei mesi di agosto e settembre con circa un 50% del totale residuo calcolato, il resto è distribuito in maniera eterogenea nei restanti mesi: confermando che nei mesi aprile, maggio e ottobre per le colture prese in analisi vi è una bassa concentrazione di potenziali residui.

Le classificazioni in base alla stagionalità sono molto interessanti e permettono di fare delle ipotesi interessanti, soprattutto sulla valorizzazione della BRA: avendo, però, una distribuzione disomogenea nell'arco dell'anno e pensando di utilizzare questi prodotti sia per scopi energetici, sia per la generazioni di eventuali sottoprodotti, bisogna prendere in considerazione lo stoccaggio e la corretta conservazioni di tali sostanze per poterle avere sempre a disposizione durante l'intero anno: tali aspetti non sono stati trattati in questo studio.

5.4.1 POSSIBILE VALORIZZAZIONE DEI RESIDUI UMIDI IN PROVINCIA

L'attuale piano energetico Regionale si pone come obiettivo lo sviluppo dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e l'utilizzo di queste anche per la produzione di biogas e biometano. Questo è supportato dalla normativa nazionale che tramite decreto ministeriale D.M. 23 giugno 2016 “incentiva l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico” [56].

Gli impianti che producono energie elettrica alimentati a biogas, che deriva da fonti rinnovabili, possono godere degli incentivi previsti dallo Stato, erogati dal gestore dei servizi elettrici (GSE). Inoltre, con il l'emanazione del D.M. 2 marzo 2018 è stato promosso l'uso del biometano e degli altri biocarburanti per i trasporti [10], incentivando maggiormente gli impianti che li producono.

L'aspetto interessante è che in questi impianti si possono utilizzare, oltre alle colture dedicate, anche i residui agricoli.

Il documento di Candolo (2008) [85] sostiene che il biogas prodotto dall'impianto, prodotto principale, può essere utilizzato in una centrale di cogenerazione, per la produzione contemporanea di energia elettrica e/o calore. Il gas che viene prodotto però, è grezzo, con un alto potere calorifico, composto da metano (55%-65%), CO₂ e tracce di altri gas. Per ottenere il biometano si deve passare tramite un processo di raffinazione chiamato *upgrading*; questo processo porta alla generazione di un gas (99%metano) completamente assimilabile al gas naturale di origine fossile. Da questa lavorazione ne deriva un altro quantitativo di CO₂ che può essere riutilizzata in tutte quelle filiere che utilizzano la fotosintesi delle piante come ad esempio impianti per crescita microalghe o serre.

La novità è, come espresso nel D.M. 02/2018, che tale biometano può essere immesso nella rete nazionale di distribuzione che arriva nelle nostre case oppure può essere utilizzato per l'autotrazione. Nella provincia di Ravenna, per il tipo di database utilizzato e per la PBRA fresca analizzata, è interessante valutare un possibile scenario di valorizzazione, specialmente per quei residui che rientrano nella categoria "residui umidi" e che per loro natura potrebbero essere valorizzati in impianti a biogas come co-substrato nel "digestore". L'utilizzo a fini termici che comporterebbe lavorazioni aggiuntive per estrarre la quasi totalità dell'umidità alla raccolta non appare conveniente. Gli altri database utilizzati, data la loro struttura e le loro possibili classificazioni, non hanno permesso questo tipo di classificazione colturale ed è per questo che l'approfondimento è stato fatto solo sulla provincia di Ravenna.

Per ottenere questo scenario si è ipotizzato che, i residui classificati in questo studio come umidi freschi, per la provincia di Ravenna, siano sottoposti a processo di digestione anaerobica in un digestore e che possano essere valorizzati a livello locale, abbassando ipoteticamente gli eventuali costi di trasporto.

Si consideri quindi una "buffer zone" (raggio di 15km) sul concetto di filiera corta proposto anche dallo studio ENAMA (2010) [98] che parte da ogni impianto che produce biogas: si è valutato se questo range è sufficiente a raggiungere ipoteticamente tutta la PBRA classifica come umida, nel raggio indicato, per ogni impianto disponibile sul territorio.

Per creare questo scenario si è ricorso a QGIS, recuperando prima il file Excel contenente l'elenco degli impianti regionali, con le relative coordinate geografiche, produttori di biogas (aggiornati al 2016), reso disponibile da ARPAE Emilia-Romagna al [link](#).

Dal file Excel sono stati selezionati gli impianti collocati nella provincia di Ravenna ed è stata creata una "buffer zone", utilizzando come livello base il reticolo delle strade, di 15 km di raggio.

In questo modo è stato possibile realizzare una mappatura, Figura 34, rappresentante la potenziale BRA fresca umida derivata dalle colture precedentemente categorizzate, gli impianti che producono biogas sulla provincia e la relativa buffer zone di 15km effettuata sul reticolo stradale.

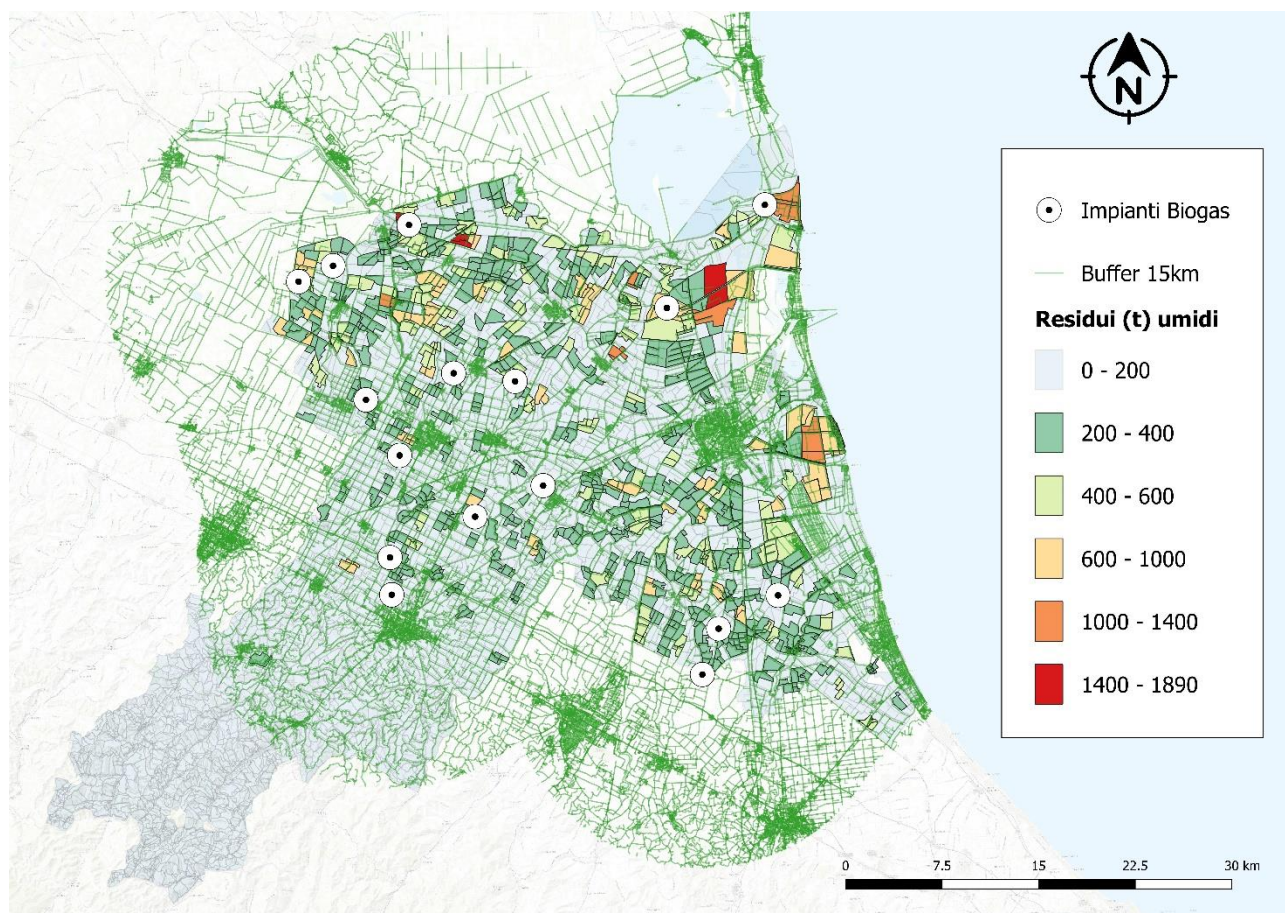


Figura 34 - Scenario di valorizzazione per la provincia di Ravenna, residui umidi e impianti a biogas

L'immagine evidenzia come gli impianti per la produzione di biogas non siano presenti in tutto il territorio della provincia e che quindi una parte di essa non riesce a intercettare tutta la potenziale BRA umida. Nonostante questo aspetto, con gli impianti presenti, è possibile servire quasi la totalità del territorio provinciale (80%) ed un 20% delle zone limitrofe. Si noti come gli impianti siano vicini a quelle aree dove la concentrazione di residuo è più elevata e le concentrazioni arrivano tra 1000 e 1890 t/a. Se adottassimo, invece, una buffer zone di 40km gli impianti potenzialmente potrebbero raccogliere tutta la PBRA umida presente nel territorio.

Riprendendo il dato finale da noi calcolato per la provincia con un valore pari a 221483 ± 11380 t/a di residui umidi ed assumendo di lasciarne in campo un 35% a tutela della sostanza organica e dell'erosione otteniamo si ottiene valore di 143983 ± 7380 t/a.

Se si assume che questi producano circa $200 \text{ m}^3/\text{t}$ di biogas si ottiene $28 \times 10^6 \text{ m}^3$ di biogas, dove solo il 40- 50% è potenzialmente metano .Da questo risultato, inoltre, possiamo stimare che la provincia di Ravenna, con questi residui, potrebbe produrre $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ di biometano direttamente

immettibile nella rete di distribuzione, preservando quello di origine naturale, ma gli aspetti stagionali che caratterizzano questa tipologia di residui fanno sì che non sia disponibile tutto l'anno nelle medesime quantità; risulta quindi necessario prendere in considerazione l'idea di stoccare questa potenziale biomassa.

Inoltre, prendendo i risultati dello studio Greggio et al. (2019) che citano una produzione di biometano derivante dalle colture orticole pari a $69 \times 10^6 \text{ Sm}^3$ sull'intera regione ed i dati provenienti da Unione-Camere Emilia-Romagna (2015) [99] che evidenziano il totale di metano distribuito sulla provincia di Ravenna (comprendente industria, termoelettrico ed abitativo) pari a $1581 \times 10^6 \text{ Sm}^3$ possiamo affermare che il potenziale quantitativo di biometano prodotto dalla provincia dalle sole orticole è pari ad un 1,5% del biometano prodotto regionalmente e potrebbe soddisfare l'1% del fabbisogno per la provincia di Ravenna, considerato i PBRA residui umidi calcolati.

6. CONCLUSIONI

Grazie a questo studio è possibile affermare che i residui freschi derivati dalle coltivazioni agricole costituiscono una notevole quantità di prodotto, che al momento viene valorizzato solo in parte o talvolta non correttamente utilizzato. La biomassa residuale stimata in questo studio per il nord Italia, la Regione Emilia Romagna e la Provincia di Ravenna, appare oggi di notevole interesse grazie anche alle recenti modifiche legislative Nazionali. La sua valorizzazione, anche solo in termini energetici, appare di notevole interesse, alla luce anche delle rinnovabilità annuale.

L'analisi dei dati ha evidenziato che è possibile calcolare e mappare la PBRA fresca disponibile nel territorio del Nord-Italia, nella regione Emilia-Romagna ed in provincia di Ravenna mediante l'utilizzo di banche dati esistenti: *Land Use*, *Icolt-ARPAE2019* e *AGREA2018* e mediante l'equazione

$$Rsiduo\ agricolo\ (t) = Resa\ prodotto\ principale\ \left(\frac{t}{ha}\right) * area\ (ha) * \frac{SP}{PP}$$

Tali mappature presentano un limite che è intrinseco ad ognuno dei tre database, infatti, a seconda di quello utilizzato siamo riusciti a mappare tipologie differenti di PBRA fresca.

A livello del Nord-Italia, mediante la banca dati *Land Use* e tramite una griglia 10*10 km si sono mappate le PBRA fresche (t/a) derivanti dalla potatura di frutteti (558256 ± 403209 t/a) e vigneti (170939 ± 488387 t/a), mentre per castagneti ed oliveti a causa della mancanza dei rapporti SP/PP si sono mappate solo le aree (ettari) totali da cui poter eventualmente ricavare biomassa residuale.

In Regione Emilia-Romagna si sono utilizzate due differenti banche dati, sia *Land Use*, sia *Icolt-ARPAE2019*. Per il primo sono state generate, grazie ad una griglia 5*5km, quattro mappe rappresentanti i residui di potatura fresca (t/a) per castagneti (4675 ± 936 t/a), frutteti (276334 ± 136368 t/a), oliveti (14575 ± 12100 t/a) e vigneti (201639 ± 90303 t/a). Per il secondo, invece, mappe rappresentanti potature fresca derivate da actinidia, albicocco, ciliegio, melo, oliveto, pescheto, susino e vigneto per un totale di $299\ 958 \pm 103\ 678$ t/a; inoltre mediante questa banca dati si sono rappresentati i residui quali paglie derivati dalle colture autunno-vernini per un totale di 973048 ± 235384 t/a.

Infine, la disponibilità a scala di Provincia di Ravenna utilizzando *AGREA2018* ha permesso di mappare, a livello di foglio catastale, i residui classificati come potatura fresca (183178 ± 39208 t/a) derivanti da actinidia, albicocco, ciliegio, melo, nettarine, pero, pesco e vigneto; le paglie (325662 ± 25593 t/a) derivate da cece, frumento, farro, girasole, mais ed orzo ed i residui freschi di leguminose, orticole ed industriali (totale 266201 ± 22911 t/a) derivati da bietola, carota, cavolo, cipolla, fagiolino, fave, ravanella, sorgo, spinacio, patata, pisello, pomodoro e zucca.

I risultati evidenziano che la PBRA disponibile è piuttosto eterogenea in quanto le variabili che influenzano la produzione sono molteplici. I parametri importanti per il quantitativo sono la superficie (ha) e resa (t/ha) della coltura principale da cui derivano, il rapporto SP/PP che determina quanto

sottoprodotto (che diventerà residuo) viene prodotto dalla coltura principale e dalla quantità di umidità presente al momento della raccolta. Quest'ultima permette di classificare i residui in "secchi" ed "umidi".

Dallo studio si evince che dalle colture agricole derivano PBRA di diversa tipologia utilizzabili per la produzione di energia e/o con lo scopo di entrare a far parte di filiere specializzate con lo scopo di recuperare quanto più prodotto possibile. La PBRA calcolata può essere utilizzata e convertita in forme quali energia termica, elettricità o combustibili, esempio biometano, per il settore dei trasporti. Per la trasformazione sono utilizzati due processi tecnologici principali e le PBRA a seconda del loro contenuto di C/N e di umidità possono subire processi di: conversione termochimica (combustione, gassificazione, pirolisi) quando tale rapporto è inferiore a 30 e conversione biochimica (fermentazione, digestione anaerobica) quando il rapporto è superiore.

Grazie a tali processi è stato possibile quantificare per la Provincia di Ravenna la possibile produzione di biogas e biometano ottenendo un dato pari a $28 \times 10^6 \text{ m}^3$ per il biogas ed un quantitativo di biometano di circa $14 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Si deve sempre tenere in considerazione che i residui agricoli svolgono un ruolo di protezione del suolo dall'erosione, sostengono il livello della sostanza organica nel suolo mantenendo un equilibrio naturale. La quantità di residui che si può rimuovere sostenibilmente varia con le caratteristiche del suolo, le condizioni climatiche, la topografia, le pratiche agricole e l'uso passato del suolo. In genere, gli studi mirati alla conservazione dei suoli indicano in 30-50% la quantità di residui che si possono rimuovere per colza, frumento, girasole, orzo, sorgo e soia; mentre per barbabietola, patata, pomodoro ed altre orticole si può arrivare anche ad un 90%. Generalmente le pratiche agricole prevedono l'interramento della maggior parte dei residui agricoli o la combustione in campo che però è quasi sempre vietata nella maggior parte del territorio. Ipotizzando di prelevare tutta la quantità di residuo calcolato per la produzione di energia o di intermedi ad alto valore aggiunto, risulta indispensabile apportare al suolo sostanza organica derivante dai processi di valorizzazione del residuo stesso, come ad esempio il digestato, il compost o il biochar.

Come ulteriore conclusione possiamo affermare che la banca dati *Land Use* associata a determinati SP/PP è delle tre l'unica utilizzabile sull'intero territorio del Nord-Italia che, però, permette di quantificare la PBRA fresca derivata solo da frutteti e vigneti. Cambiando gli SP/PP si può anche quantificare la PBRA fresca derivata da castagneti ed oliveti, sia nel Nord-Italia sia a livello Regionale.

La banca dati *Icolt-ARPAE2019* associata a SP/PP di ENEA [27] permette di calcolare più residui agricoli poliennali e gli autunno-vernini, ma solo a livello Regionale e solo sulla parte pianeggiante della regione Emilia-Romagna.

Il database *AGREA2018*, permette di quantificare le PBRA derivante da tutte le colture coltivate nel territorio, ma data la sua enorme mole di dati è difficilmente elaborabile a livello regionale.

Essendo *Land Use e Icolt-ARPAE2019* banche dati generate da dati di libero accesso, anche se con alcune limitazioni colturali o territoriali, possono essere un valido strumento per la pianificazione e gestione del territorio, utilizzabili ad esempio in studi preliminari sulla possibile quantificazione di PBRA. *AGREA2018* è una banca dati riservata, non di libero accesso, fornita a questo studio senza le informazioni sensibili e che necessita di una forte elaborazione. Risulta perciò sfruttabile a livello locale come approfondimento allo studio regionale. Possiede, però, il limite di essere disponibile solo alla fine dell'annata agraria, non consentendo la stima delle biomasse in tempo utile per una loro ragionata valorizzazione. Emerge la necessità di avere accesso a questi dati e di mantenere aggiornata questa banca dati in tempo reale. Si sottolinea, inoltre, che se questa banca dati fosse disponibile per l'intero Nord-Italia e se fossero disponibili più annate agrarie, tale banca dati avrebbe informazioni molto precise e consentirebbe di effettuare studi dettagliati su aree vaste.

In uno scenario di valorizzazione dell'interno territorio del Nord-Italia sarebbe auspicabile che il *Land Use* venisse aggiornato permettendo la classificazione di più colture, che la metodologia su cui si basa *Icolt-ARPAE2019* fosse estesa anche a tutto il Nord-Italia e che i dati catastali, privati di informazioni sensibili, possano essere di libero accesso per tutto il territorio Nazionale.

Nell'ottica di raggiungere gli obiettivi 2030 proposti dall'UE (per clima ed energia), l'individuazione e la valorizzazione della PBRA risulta fondamentale poiché questa è una fonte rinnovabile che segue i naturali cicli biologici delle colture. Il principale limite è riuscire a stimare la biomassa in anticipo rispetto alla sua reale produzione, al fine di studiarne al meglio la logistica e prevederne uno stoccaggio per ridurre l'effetto della stagionalità.

In parallelo, la complicata normativa di riferimento dovrà essere in grado di "tutelare" la PBRA che potrà essere valorizzata economicamente, implementando o migliorando le filiere esistenti. Per generare benefici al settore agricolo dovrà essere utilizzata sempre più a livello locale, a distanze di 15-20km, limitandone il trasporto sul territorio e valutando gli aspetti stagionali (stoccaggio e insilaggio). La valorizzazione della PBRA porterà, infine, ad un aumento della superficie agricola destinata alla coltivazione di cibo riducendo le colture energetiche.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

- [1] COMMISSIONE EUROPEA, «UN PIANETA PULITO PER TUTTI. VISIONE STRATEGICA EUROPEA A LUNGO TERMINE PER UN'ECONOMIA PROSPERA, MODERNA, COMPETITIVA E CLIMATICAMENTE NEUTRA». 28-NOV-2018.
- [2] M. DA GRAÇA CARVALHO, «EU ENERGY AND CLIMATE CHANGE STRATEGY», *ENERGY*, VOL. 40, N. 1, PAGG. 19–22, APR. 2012.
- [3] L. HAMELIN, M. BORZECKA, M. KOZAK, E R. PUDEŁKO, «A SPATIAL APPROACH TO BIOECONOMY: QUANTIFYING THE RESIDUAL BIOMASS POTENTIAL IN THE EU-27», *RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, VOL. 100, PAGG. 127–142, FEB. 2019.
- [4] EUROPEAN COMMISSION E DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION, *REVIEW OF THE 2012 EUROPEAN BIOECONOMY STRATEGY*. 2017.
- [5] M. CARUS E L. DAMMER, «THE CIRCULAR BIOECONOMY—CONCEPTS, OPPORTUNITIES, AND LIMITATIONS», *INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY*, VOL. 14, N. 2, PAG. 83–91, APR. 2018.
- [6] ISPRA E R. LARAIA, *STUDIO SULL'UTILIZZO DI BIOMASSE COMBUSTIBILI E BIOMASSE RIFIUTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA*. ROMA: ISPRA, 2010.
- [7] A. PAIANO E G. LAGIOIA, «ENERGY POTENTIAL FROM RESIDUAL BIOMASS TOWARDS MEETING THE EU RENEWABLE ENERGY AND CLIMATE TARGETS. THE ITALIAN CASE», *ENERGY POLICY*, VOL. 91, PAGG. 161–173, APR. 2016.
- [8] MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, E MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, «PROPOSTA DI PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER ENERGIA E IL CLIMA ITALIANO». 31-DIC-2018.
- [9] «INCENTIVI DM 04/07/2019». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.GSE.IT/SERVIZI-PER-TE/FONTI-RINNOVABILI/FER-ELETTICHE/INCENTIVI-DM-04-07-2019](https://www.gse.it/servizi-per-te/fonti-rinnovabili/fer-elettriche/incentivi-dm-04-07-2019). [CONSULTATO: 12-NOV-2019].
- [10] MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, «D.M. BIOMETANO 2 MARZO 2018 - PROMOZIONE DELL'USO DEL BIOMETANO NEL SETTORE DEI TRASPORTI». 2018.
- [11] N. SCARLAT, J.-F. DALLEMAND, F. MONFORTI-FERRARIO, E V. NITA, «THE ROLE OF BIOMASS AND BIOENERGY IN A FUTURE BIOECONOMY: POLICIES AND FACTS», *ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT*, VOL. 15, PAGG. 3–34, LUG. 2015.
- [12] PAOLA D'ANTONIO, CARMEN D'ANTONIO, E CARMELA EVANGELISTA, «MESSA A PUNTO DI SISTEMI DI RACCOLTA DEI RESIDUI VEGETALI (POTATURE)», PAGG. 853–868, SET-2011.
- [13] L. CORBELLA E M. COCCHI, «PRODUZIONE ED UTILIZZO DI BIOMASSE LIGNEO CELLULOSICHE DA COLTURE DEDICATE», PAG. 55.
- [14] GIOVANNI CARLO DI RENZO, PAOLA D'ANTONIO, CARMEN D'ANTONIO, E FRANCESCO GENOVESE, «BIOMASSE RESIDUALI», PAGG. 829–852, SET-2011.
- [15] G. BIAGI E M. CORVAGLIA, «IMPIANTI A BIOGAS ALIMENTATI A BIOMASSE : VALUTAZIONI AMBIENTALI», PRESENTATO AL CONSIGLIO COMUNALE STRAORDINARIO SULLE BIOMASSE, BOLOGNA, 2011.
- [16] ING. STELLIO VATTA, «BIOMASSE E LORO UTILIZZO ENERGETICO», PRESENTATO AL WORKSHOP ISPRA (GdL - ENERGIE RINNOVABILI SUL TERRITORIO, ROMA, 20-APR-2011.
- [17] C. CREO ET AL., «USO EFFICIENTE DELLE RISORSE NELLE IMPRESE VITIVINICOLE», PAG. 60, 2018.
- [18] A. LEHTOMÄKI, «BIOGAS PRODUCTION FROM ENERGY CROPS AND CROP RESIDUES», PAG. 94, 2006.

- [19] M. FIALA, *ENERGIA DA BIOMASSE AGRICOLE. PRODUZIONE E UTILIZZO. CON ESEMPI APPLICATIVI*. MAGGIOLI EDITORE, 2012.
- [20] S. S. HASSAN, G. A. WILLIAMS, E A. K. JAISWAL, «MOVING TOWARDS THE SECOND GENERATION OF LIGNOCELLULOSIC BIOREFINERIES IN THE EU: DRIVERS, CHALLENGES, AND OPPORTUNITIES», *RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, VOL. 101, PAGG. 590–599, MAR. 2019.
- [21] S. S. HASSAN, G. A. WILLIAMS, E A. K. JAISWAL, «LIGNOCELLULOSIC BIOREFINERIES IN EUROPE: CURRENT STATE AND PROSPECTS», *TRENDS IN BIOTECHNOLOGY*, VOL. 37, N. 3, PAGG. 231–234, MAR. 2019.
- [22] N. DAHMEN, I. LEWANDOWSKI, S. ZIBEK, E A. WEIDTMANN, «INTEGRATED LIGNOCELLULOSIC VALUE CHAINS IN A GROWING BIOECONOMY: STATUS QUO AND PERSPECTIVES», *GCB BIOENERGY*, VOL. 11, N. 1, PAGG. 107–117, 2019.
- [23] DR. VITTORIO VETRANO, «BIOMASSE E LA LORO QUANTIFICAZIONE ECONOMICA PER UN EFFICIENTE USO DELL'ENERGIA», DOTTORATO DI RICERCA IN ZOOECONOMIA, ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, BOLOGNA, 2009.
- [24] ENAMA, «BIOMASSE ED ENERGIA - CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BIOMASSE E DEI BIOCOMBUSTIBILI». 2012.
- [25] M. GRELLA, M. MANZONE, F. GIOELLI, E P. BALSARI, «HARVESTING ORCHARD PRUNING RESIDUES IN SOUTHERN PIEDMONT: A FIRST EVALUATION OF BIOMASS PRODUCTION AND HARVEST LOSS», *I*, VOL. 44, N. 3, PAGG. E14–E14, DIC. 2013.
- [26] DOTT.SSA CROCE SARA, «IMPIEGO DELLE BIOMASSE DI SCARTO, DAL COMPARTO AGROFORESTALE, PER PRODUZIONE DI BIOENERGIA DEL PARCO NATURALE REGIONALE DI BRACCIANO-MARTIGANO», TESI DI DOTTORATO DI RICERCA. 22. CICLO, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA, VITERBO, 2011.
- [27] V. MOTOLA *ET AL.*, «CENSIMENTO POTENZIALE ENERGETICO BIOMASSE, METODO INDAGINE, ATLANTE BIOMASSE SU WEB-GIS», PAG. 141, 2009.
- [28] B. BATIDZIRAI, E. M. W. SMEETS, E A. P. C. FAAIJ, «HARMONISING BIOENERGY RESOURCE POTENTIALS—METHODOLOGICAL LESSONS FROM REVIEW OF STATE OF THE ART BIOENERGY POTENTIAL ASSESSMENTS», *RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, VOL. 16, N. 9, PAGG. 6598–6630, DIC. 2012.
- [29] S. S. ANDREWS, «CROP RESIDUE REMOVAL FOR BIOMASS ENERGY PRODUCTION: EFFECTS ON SOILS AND RECOMMENDATIONS», PAG. 15, 2006.
- [30] «DELIBERA DELL'ASSEMBLEA REGIONALE DEL 26 LUGLIO 2011 N.51», *TERRITORIO*. CONSULTABILE AL SITO:
[HTTPS://TERRITORIO.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/CODICE-TERRITORIO/FONTI-RINNOVABILI/NORME-E-ATTI-REGIONALI-1/COPY2_OF_CRITERI-REGIONALI-PER-LA-LOCALIZZAZIONE-DEGLI-IMPIANTI-DI-PRODUZIONE-DI-ENERGIA-ALIMENTATI-DA-FONTI-RINNOVABILI/DELIBERA-DELLASSEMBLEA-REGIONALE-DEL-26-LUGLIO-2011-N.51](https://territorio.regione.emilia-romagna.it/codice-territorio/fonti-rinnovabili/norme-e-atti-regionali-1/copy2_of_criteri-regionali-per-la-localizzazione-degli-impianti-di-produzione-di-energia-alimentati-da-fonti-rinnovabili/delibera-dellassemblea-regionale-del-26-luglio-2011-n.51).
 [CONSULTATO: 12-NOV-2019].
- [31] A. COLANTONI, L. DELFANTI, F. RECANATESI, M. TOLLI, E R. LORD, «LAND USE PLANNING FOR UTILIZING BIOMASS RESIDUES IN TUSCIA ROMANA (CENTRAL ITALY): PRELIMINARY RESULTS OF A MULTI CRITERIA ANALYSIS TO CREATE AN AGRO-ENERGY DISTRICT», *LAND USE POLICY*, VOL. 50, PAGG. 125–133, GEN. 2016.

- [32] A. MESSINEO, D. BONASERA, R. VOLPE, S. MESSINEO, E A. MARVUGLIA, «TECHNICAL AND ECONOMICAL ASSESSMENT OF BIOMASS POTENTIAL FOR POWER PRODUCTION: A STUDY IN THE SOUTH OF ITALY», *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ACCOUNTING AND MANAGEMENT*, PAG. 14, 2016.
- [33] A. MESSINEO, R. VOLPE, E A. MARVUGLIA, «LIGNO-CELLULOSIC BIOMASS EXPLOITATION FOR POWER GENERATION: A CASE STUDY IN SICILY», *ENERGY*, VOL. 45, N. 1, PAGG. 613–625, SET. 2012.
- [34] M. K. DELIVAND, A. R. B. CAMMERINO, P. GAROFALO, E M. MONTELEONE, «OPTIMAL LOCATIONS OF BIOENERGY FACILITIES, BIOMASS SPATIAL AVAILABILITY, LOGISTICS COSTS AND GHG (GREENHOUSE GAS) EMISSIONS: A CASE STUDY ON ELECTRICITY PRODUCTIONS IN SOUTH ITALY», *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, VOL. 99, PAGG. 129–139, LUG. 2015.
- [35] D. VOIVONTAS, D. ASSIMACOPOULOS, E E. G. KOUKIOS, «ASSESSMENT OF BIOMASS POTENTIAL FOR POWER PRODUCTION: A GIS BASED METHOD», *BIOMASS AND BIOENERGY*, VOL. 20, N. 2, PAGG. 101–112, FEB. 2001.
- [36] U. FERNANDES E M. COSTA, «POTENTIAL OF BIOMASS RESIDUES FOR ENERGY PRODUCTION AND UTILIZATION IN A REGION OF PORTUGAL», *BIOMASS AND BIOENERGY*, VOL. 34, N. 5, PAGG. 661–666, MAG. 2010.
- [37] S. CONSONNI, G. FIORESE, M. GATTO, G. GUARISO, E L. ZULLO, «STIMA DELLA DISPONIBILITÀ DI BIOMASSA E ALTERNATIVE DI UTILIZZO ENERGETICO: UN'APPLICAZIONE ALLA PROVINCIA DI PIACENZA», PRESENTATO AL XV CONGRESSO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI ECOLOGIA, 2005, PAGG. 1–10.
- [38] G. FIORESE, M. GATTO, E G. GUARISO, «UTILIZZO DELLE BIOMASSE A SCOPO ENERGETICO: UN'APPLICAZIONE ALLA PROVINCIA DI CREMONA», VOL. 82, PAGG. 1–8, 2005.
- [39] F. VALENTI, S. M. C. PORTO, G. CHINNICI, G. CASCONI, E C. ARCIDIACONO, «A GIS-BASED MODEL TO ESTIMATE CITRUS PULP AVAILABILITY FOR BIOGAS PRODUCTION: AN APPLICATION TO A REGION OF THE MEDITERRANEAN BASIN», *BIOFUELS, BIOPRODUCTS AND BIOREFINING*, VOL. 10, N. 6, PAGG. 710–727, 2016.
- [40] F. VALENTI *ET AL.*, «USE OF CITRUS PULP FOR BIOGAS PRODUCTION: A GIS ANALYSIS OF CITRUS-GROWING AREAS AND PROCESSING INDUSTRIES IN SOUTH ITALY», *LAND USE POLICY*, VOL. 66, PAGG. 151–161, LUG. 2017.
- [41] E. CAIAFFA E ENEA, *SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI: UN PERCORSO ATTRAVERSO CONCETTI E NOZIONI FONDAMENTALI PER ADDENTRARI NEL VASTO MONDO DELLA SCIENZA DELLA INFORMAZIONE GEOGRAFICA*. ROMA: ENEA, 2006.
- [42] R. SAIDUR, E. A. ABDELAZIZ, A. DEMIRBAS, M. S. HOSSAIN, E S. MEKHILEF, «A REVIEW ON BIOMASS AS A FUEL FOR BOILERS», *RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, VOL. 15, N. 5, PAGG. 2262–2289, GIU. 2011.
- [43] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «D.LGS. 152/2006 (PARTE V, ALLEGATO X)». CONSULTABILE AL SITO:
[HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ATTO/SERIE_GENERALE/CARICAARTICOLO?ART.PROGRESSIVO=0&ART.IDARTICOLO=10&ART.VERSIONE=7&ART.CODICEREDAZIONALE=006G0171&ART.DATAPUBBLICAZIONEGAZZETTA=2006-04-14&ART.IDGRUPPO=54&ART.IDSOTTOARTICOLO1=10&ART.IDSOTTOARTICOLO=1&ART.FLAGTIPOARTICOLO=4](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaarticolo?art.progressivo=0&art.idarticolo=10&art.versione=7&art.codiceredazionale=006G0171&art.datapubblicazionegazzetta=2006-04-14&art.idgruppo=54&art.idsottoarticolo1=10&art.idsottoarticolo=1&art.flagtiposarticolo=4). [CONSULTATO: 02-OTT-2019].
- [44] JAYA SHANKAR TUMULURU, CHRISTOPHER T WRIGHT, RICHARD D BOARDMAN, NEAL A YANCEY, E SHAHAB SOKHANSANJ, «A REVIEW ON BIOMASS CLASSIFICATION AND COMPOSITION,

CO-FIRING ISSUES AND PRETREATMENT METHODS», IN *2011 LOUISVILLE, KENTUCKY, AUGUST 7 - AUGUST 10, 2011*, 2011.

- [45] CAMERA DI COMMERCIO DI FIRENZE, «LE BIOMASSE: UN'ANALISI SU CARATTERISTICHE E PROSPETTIVE DEL SETTORE RIVOLTA AGLI OPERATORI AGRICOLI DELLA TOSCANA», CAMERA DI COMMERCIO DI FIRENZE, FIRENZE, MAR. 2013.
- [46] «POTERE CALORIFICO». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://WWW.ENERGIA.IT/IT/SEGUICI/LE-PAROLE-DELLENERGIA/GLOSSARIO/PAROLE/POTERE-CALORIFICO](http://www.enea.it/it/seguici/le-parole-delle-energia/glossario/parole/potere-calorifico). [CONSULTATO: 02-OTT-2019].
- [47] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «DECRETO LEGISLATIVO 3 MARZO 2011, N. 28», *GAZZETTA UFFICIALE*. DISPONIBILE AL SITO : [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ELI/ID/2011/03/28/011G0067/SG](https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg). [CONSULTATO: 01-OTT-2019].
- [48] «“PIANO 20 20 20”: IL PACCHETTO CLIMA - ENERGIA 20 20 20 | RETE CLIMA». DISPONIBILE AL SITO [HTTPS://WWW.RETECLIMA.IT/PIANO-20-20-20-IL-PACCHETTO-CLIMA-ENERGIA-20-20-20/](https://www.reteclima.it/piano-20-20-20-il-pacchetto-clima-energia-20-20-20/). [CONSULTATO: 01-OTT-2019].
- [49] A. MARCHETTI, E. CRISTIANI, E G. STRAMBI, *L'IMPRESA AGROENERGETICA.: IL QUADRO ISTITUZIONALE, GLI STRUMENTI, GLI INCENTIVI*. TURIN, ITALY: G. GIAPPICHELLI EDITORE, 2013.
- [50] GAZZETTA UFFICIALE DELL'UNIONE EUROPEA, «DIRETTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO». 22-NOV-2008.
- [51] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «D.LGS. 152/2006». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ATTO/SERIE_GENERALE/CARICADETTAGLIOATTO/ORIGINARIO?ATTO.DATA PUBBLICAZIONEGAZZETTA=2006-04-14&ATTO.CODICEREDAZIONALE=006G0171](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04-14&atto.codiceRedazionale=006G0171). [CONSULTATO: 04-OTT-2019].
- [52] «ART. 184 BIS CODICE DELL'AMBIENTE - SOTTOPRODOTTO». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.BROCARDI.IT/CODICE-DELL-AMBIENTE/PARTE-QUARTA/TITOLO-I/CAOP-I/ART184BIS.HTML](https://www.brocardi.it/codice-dell-ambiente/parte-quarta/titolo-i/caop-i/art184bis.html). [CONSULTATO: 01-OTT-2019].
- [53] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «DECRETO MINISTERIALE AMBIENTE 13 OTTOBRE 2016, N. 264». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://WWW.RETEAMBIENTE.IT/NORMATIVA/28331/DM-AMBIENTE-13-OTTOBRE-2016-N-264/](http://www.reteambiente.it/normativa/28331/dm-ambiente-13-ottobre-2016-n-264/). [CONSULTATO: 12-AGO-2019].
- [54] «CIRCOLARE ESPLICATIVA PER L'APPLICAZIONE DEL DECRETO MINISTERIALE 13 OTTOBRE 2016, N. 264: LE PRINCIPALI EVIDENZE - CISAMBIENTE». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.CISAMBIENTE.IT/CIRCOLARE-ESPLICATIVA-LAPPLICAZIONE-DEL-DECRETO-MINISTERIALE-13-OTTOBRE-2016-N-264-LE-PRINCIPALI-EVIDENZE/#_FTN4](https://www.cisambiente.it/circolare-esPLICATIVA-LAPPLICAZIONE-DEL-DECRETO-MINISTERIALE-13-OTTOBRE-2016-N-264-LE-PRINCIPALI-EVIDENZE/#_FTN4). [CONSULTATO: 01-OTT-2019].
- [55] F. PERES, «SOTTOPRODOTTI E BIOMASSE ANALISI DEL NUOVO DECRETO», N. 4, PAG. 13, 2017.
- [56] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «DECRETO MINISTERIALE 23/06/2016». [CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ELI/ID/2016/06/29/16A04832/SG](https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/06/29/16A04832/sg)]. [CONSULTATO: 07-NOV-2019].
- [57] GESTIONE SERVIZI ENERGETICI, «INCENTIVAZIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA IMPIANTI A FONTI RINNOVABILI DIVERSI DAI FOTOVOLTAICI - ALLEGATO I». 15-GIU-2016.
- [58] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «LEGGE N.116/2014». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ELI/ID/2014/08/20/14G00128/SG](https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/08/20/14G00128/sg). [CONSULTATO: 02-NOV-2019].

- [59] REGIONE EMILIA-ROMAGNA, «REGOLAMENTO FORSETALE REGIONALE 08/2018 N°3». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://BUR.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/BUR/AREA-BOLLETTINI/BOLLETTINI-IN-LAVORAZIONE/N-244-DEL-01-08-2018-PARTE-PRIMA.2018-08-01.2796053869/201CAPPROVAZIONE-DEL-REGOLAMENTO-FORESTALE-REGIONALE-IN-ATTUAZIONE-DELLART-13-DELLA-L-R-N-30-1981/REGOLAMENTO-REGIONALE-1-AGOSTO.2018-08-01.1533110293](https://BUR.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/BUR/AREA-BOLLETTINI/BOLLETTINI-IN-LAVORAZIONE/N-244-DEL-01-08-2018-PARTE-PRIMA.2018-08-01.2796053869/201CAPPROVAZIONE-DEL-REGOLAMENTO-FORESTALE-REGIONALE-IN-ATTUAZIONE-DELLART-13-DELLA-L-R-N-30-1981/REGOLAMENTO-REGIONALE-1-AGOSTO.2018-08-01.1533110293). [CONSULTATO: 07-NOV-2019].
- [60] COMUNE DI RAVENNA, «ORDINANZA COMUNALE N°1575». 26-SET-2019.
- [61] ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA, «6° CENSIMENTO AGRICOLTURA 2010», 30-NOV-2010. [IN LINEA]. AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.ISTAT.IT](http://www.istat.it). [CONSULTATO: 28-AGO-2019].
- [62] ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA, «ISTAT - COLTIVAZIONI», *ISTAT*. CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://DATI.ISTAT.IT/INDEX.ASPX?DATASETCODE=DCSP_COLTIVAZIONI](http://dati.istat.it/index.aspx?DataSetCode=DCSP_COLTIVAZIONI).
- [63] ROBERTO FANFANI E STEFANO BOCCALETTI, *2018-RAPPORTO-OSSERVATORIO-AGROALIMENTARE-ER.PDF*. REGIONE EMILIA-ROMAGNA: UNIONCAMERE E REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2018.
- [64] REGIONE EMILIA-ROMAGNA, «STATISTICHE AGRARIE 2018». MAG-619.
- [65] ISPRAMBIENTE, «CORINE LAND COVER (CLC)». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://WWW.ISPRAMBIENTE.GOV.IT/IT/TEMI/BIODIVERSITA/DOCUMENTI/CORINE-LAND-COVER-CLC](http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/biodiversita/documenti/corine-land-cover-clc). [CONSULTATO: 28-AGO-2019].
- [66] ISPRAMBIENTE, «LEGENDA CORINE», 2006. CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://WWW.ISPRAMBIENTE.GOV.IT/FILES/LEGENDACORINE.PDF](http://www.isprambiente.gov.it/files/legendacorine.pdf). [CONSULTATO: 27-AGO-2019].
- [67] J. FERANEC, G. HAZEU, S. CHRISTENSEN, E G. JAFFRAIN, «CORINE LAND COVER CHANGE DETECTION IN EUROPE (CASE STUDIES OF THE NETHERLANDS AND SLOVAKIA)», *LAND USE POLICY*, VOL. 24, N. 1, PAGG. 234–247, GEN. 2007.
- [68] H. GULINCK, M. MÚGICA, J. V. DE LUCIO, E J. A. ATAURI, «A FRAMEWORK FOR COMPARATIVE LANDSCAPE ANALYSIS AND EVALUATION BASED ON LAND COVER DATA, WITH AN APPLICATION IN THE MADRID REGION (SPAIN)», *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, VOL. 55, N. 4, PAGG. 257–270, AGO. 2001.
- [69] «USO DEL SUOLO — GEOER». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://GEOPORTALE.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/IT/CATALOGO/DATI-CARTOGRAFICI/PIANIFICAZIONE-E-CATASTO/USO-DEL-SUOLO](http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/catalogo/dati-cartografici/planificazione-e-catasto/uso-del-suolo). [CONSULTATO: 03-NOV-2019].
- [70] GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA, «DECRETO 10 NOVEMBRE 2011», [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/](https://www.gazzettaufficiale.it/). CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.GAZZETTAUFFICIALE.IT/ELI/ID/2012/02/27/12A01800/SG](https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2012/02/27/12A01800/sg). [CONSULTATO: 29-AGO-2019].
- [71] APAT - AGENZIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI, *LA REALIZZAZIONE IN ITALIA DEL PROGETTO EUROPEO CORINE LAND COVER 2000*. ROMA: APAT - SETTORE EDITORIA, DIVULGAZIONE E GRAFICA, 2005.
- [72] A. GALLO, F. TOMEI, G. VILLANI, W. PRATIZZOLI, A. SPISNI, E V. MARLETTO, «PREVISIONI STAGIONALI E PROIEZIONI CLIMATICHE PER LA GESTIONE DELLA DOMANDA IRRIGUA TERRITORIALE IN EMILIA-ROMAGNA», PAG. 9, 2012.
- [73] L. J. M. JANSEN, G. CARRAI, L. MORANDINI, P. O. CERUTTI, E A. SPISNI, «ANALYSIS OF THE SPATIO-TEMPORAL AND SEMANTIC ASPECTS OF LAND-COVER/USE CHANGE DYNAMICS 1991–2001 IN ALBANIA AT NATIONAL AND DISTRICT LEVELS», *ENVIRON MONIT ASSESS*, VOL. 119, N. 1–3, PAGG. 107–136, LUG. 2006.

- [74] ANDREA SPISNI, VITTORIO MARLETTO, E LUCIO BOTARELLI, «INDICI VEGETAZIONALI DA SATELLITE PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO DEL TERRITORIO», VOL. RIVISTA ITALIANA DI AGROMETEOROLOGIA, PAGG. 49–55, MAR-2012.
- [75] ARPAE EMILIA-ROMAGNA, «ICOLT | IDRO-METEO-CLIMA | ARPAE». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.ARPAE.IT/DETTAGLIO_GENERALE.ASP?ID=2824&IDLIVELLO=1599](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=2824&idlivello=1599). [CONSULTATO: 11-NOV-2019].
- [76] DR. AGR. ANDREA SPISNI E ING. LUCA DOMENICO SAPIA, «ICOLT2019_RELAZIONE_TELERILEVAMENTO», ARPAE EMILIA-ROMAGNA, BOLOGNA, RELAZIONE TELERILEVAMENTO, LUG. 2019.
- [77] «AGREA - REGIONE EMILIA - ROMAGNA», *AGENZIA REGIONALE PER LE &Mdash; EROGAZIONI IN AGRICOLTURA*. CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://AGREA.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT](https://agrea.regione.emilia-romagna.it). [CONSULTATO: 02-SET-2019].
- [78] GIULIA FIORESE, «BIOMASSE PER L'ENERGIA: ASPETTI ECOLOGICI, ENERGETICI ED ECONOMICI», DOTTORATO IN ECOLOGIA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA, PARMA, 2007.
- [79] N. GREGGIO *ET AL.*, «THEORETICAL AND UNUSED POTENTIAL FOR RESIDUAL BIOMASSES IN THE EMILIA ROMAGNA REGION (ITALY) THROUGH A REVISED AND PORTABLE FRAMEWORK FOR THEIR CATEGORIZATION», *RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, VOL. 112, PAGG. 590–606, SET. 2019.
- [80] SIAN - SISTEMA INFORMATIVO AGRICOLO NAZIONALE, «CONSULTAZIONE PUBBLICA RESE BENCHMARK - VER. 01.00.02», *SISTEMA INFORMATIVO AGRICOLO NAZIONALE*. CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.SIAN.IT/CONSRSE/](https://www.sian.it/consrese/). [CONSULTATO: 03-SET-2019].
- [81] A. PALETTO *ET AL.*, «ANALISI DELLA FILIERA FORESTA-LEGNO IN UNA PROSPETTIVA DI (BIO)ECONOMIA CIRCOLARE: IL CASO STUDIO DELLA FORESTA DI MONTE MORELLO», *IFM*, VOL. 73, N. 3, PAGG. 107–128, 2018.
- [82] P. GAROFALO, L. D'ANDREA, A. V. VONELLA, A. V. VONELLA, E A. D. PALUMBO, «SWEET SORGHUM IN A BIOETHANOL SUPPLY CHAIN: EFFECTS OF DIFFERENT SOIL AND NITROGEN MANAGEMENT ON ENERGY PERFORMANCES AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS», *AGROMET-2016-2-2*, VOL. 1086, N. 2, PAGG. 15–24, 2016.
- [83] RAFFAELLA GELLETTI *ET AL.*, *ENERGIA DALLE BIOMASSE : LE TECNOLOGIE, I VANTAGGI PER I PROCESSI PRODUTTIVI, I VALORI ECONOMICI E AMBIENTALI*, AREA SCIENCE PARK, PROGETTO NOVIMPRESA. CONSORZIO PER L'AREA DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA DI TRIESTE, 2006.
- [84] FEDERAZIONE COLDIRETTI RAVENNA, «L'AGRICOLTURA A RAVENNA». [IN LINEA]. AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.RAVENNA.COLDIRETTI.IT](http://www.ravenna.coldiretti.it).
- [85] G. CANDOLO, «ENERGIA DALLE BIOMASSE VEGETALI: LE OPPORTUNITÀ PER LE AZIENDE AGRICOLE», PAG. 10, 2008.
- [86] N. SCARLAT, M. MARTINOV, E J.-F. DALLEMAND, «ASSESSMENT OF THE AVAILABILITY OF AGRICULTURAL CROP RESIDUES IN THE EUROPEAN UNION: POTENTIAL AND LIMITATIONS FOR BIOENERGY USE», *WASTE MANAGEMENT*, VOL. 30, N. 10, PAGG. 1889–1897, OTT. 2010.
- [87] C. T. LUKEHURST, P. FROST, E T. A. SEADI, «UTILISATION OF DIGESTATE FROM BIOGAS PLANTS AS BIOFERTILISER», PAG. 24, 2010.
- [88] M. A. REPULLO, R. CARBONELL, J. HIDALGO, A. RODRÍGUEZ-LIZANA, E R. ORDÓÑEZ, «USING OLIVE PRUNING RESIDUES TO COVER SOIL AND IMPROVE FERTILITY», *SOIL AND TILLAGE RESEARCH*, VOL. 124, PAGG. 36–46, AGO. 2012.

- [89] B. MARIOTTI, G. MARESI, E A. MALTONI, «TRADIZIONE, INNOVAZIONE E SOSTENIBILITÀ: UNA SELVICOLTURA PER IL CASTAGNO DA FRUTTO», IN *ATTI DEL TERZO CONGRESSO NAZIONALE DI SELVICOLTURA*, 2009, PAGG. 851–857.
- [90] PASCALE CHAMPAGNE, «BIOETHANOL FROM AGRICULTURAL WASTE RESIDUES», *ENVIRONMENTAL PROGRESS*, VOL. 27, N. 1, PAGG. 51–57, 2008.
- [91] W. ZHANG, Y. MA, C. WANG, S. LI, M. ZHANG, E F. CHU, «PREPARATION AND PROPERTIES OF LIGNIN–PHENOL–FORMALDEHYDE RESINS BASED ON DIFFERENT BIOREFINERY RESIDUES OF AGRICULTURAL BIOMASS», *INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS*, VOL. 43, PAGG. 326–333, MAG. 2013.
- [92] L. CATTELAN, «GREEN REACTIONS AND TECHNOLOGIES FOR BIOMASS VALORISATION», MAR. 2018.
- [93] K. DIETRICH, M.-J. DUMONT, L. F. DEL RIO, E V. ORSAT, «SUSTAINABLE PHA PRODUCTION IN INTEGRATED LIGNOCELLULOSE BIOREFINERIES», *NEW BIOTECHNOLOGY*, VOL. 49, PAGG. 161–168, MAR. 2019.
- [94] P. J. REQUISO, R. L. G. VENTURA, E. C. ESCOBAR, E J.-R. S. VENTURA, «AGRICULTURAL RESIDUE FEEDSTOCK SELECTION FOR POLYHYDROXYALKANOATES PRODUCTION USING AHP-GRA», VOL. 147, PAG. 18, 2018.
- [95] «BIOMASSE RESIDUALI». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://WWW.GRUPPO-PANACEA.IT/HOME/IT/BIOMASSE-RESIDUALI/104-RECUPERO-ENERGETICO-DAI-RESIDUI-DI-POTATURA-DI-OLIVO](http://www.gruppo-panacea.it/home/it/biomasse-residuali/104-recupero-energetico-dai-residui-di-potatura-di-olivo). [CONSULTATO: 24-OTT-2019].
- [96] ENAMA, «BIOMASSE ED ENERGIA - DISPONIBILITÀ DELLE BIOMASSE». 2012.
- [97] ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA, «SUPERFICI E PRODUZIONI DATI IN COMPLESSO». CONSULTABILE AL SITO: [HTTP://DATI.ISTAT.IT/INDEX.ASPX?DATASETCODE=DCSP_COLTIVAZIONI](http://dati.istat.it/index.aspx?DataSetCode=DCSP_COLTIVAZIONI). [CONSULTATO: 28-AGO-2019].
- [98] ENAMA, «VALORIZZAZIONE ENERGETICA DEL BIOGAS». 2010.
- [99] «UNIONCAMERE ER». CONSULTABILE AL SITO: [HTTPS://WWW.UCER.CAMCOM.IT/](https://www.ucer.camcom.it/). [CONSULTATO: 18-NOV-2019].

ALLEGATO I

Tabella riguardante i dati utilizzati per le elaborazioni sulla provincia di Ravenna.

Tabella 16 - Rese(t/ha), rapporti SP/PP e DS per la provincia di Ravenna, database AGREA 2018; dati [79] [80]

AREA GEOGRAFICA	COLTURA	TOTALE AREA(ha)	RESA (t/ha)	DS RESA	SP/PP	DS SP/PP	DS RESIDUI
Provincia di Ravenna	Actinidia	3 043	24,9	0,0	0,2	0,0	0,0
	Albicocche	2 230	10,6	0,4	0,2	0,0	0,2
	Barbabietola	4 691	60,9	2,0	0,4	0,0	0,0
	Bietola	88	30,0	7,1	0,1	0,0	0,5
	Carota	282	42,9	0,0	0,1	0,0	0,4
	Cavolo	103	34,6	8,3	0,1	0,0	0,5
	Cece	1 2856	2,8	0,0	1,5	0,0	0,0
	Ciliegie	1134	8,3	0,0	0,1	0,0	0,0
	Cipolle	793	43,2	0,0	0,1	0,0	0,4
	Fagiolino	584	8,0	0,0	1,5	0,0	0,0
	Farro	111	4,2	0,0	0,7	0,1	0,2
	Fave	411	6,1	0,0	1,5	0,0	0,0
	Fruento	23 393	7,1	0,2	0,7	0,1	0,4
	Girasole	2 024	3,7	0,4	2,0	0,0	0,9
	Mais	7 973	15,9	0,0	1,4	0,3	4,6
	Mele	1 086	31,9	0,0	0,1	0,0	0,0
	Nettarine	3 951	25,6	5,6	0,2	0,0	1,1
	Orzo	1 935	5,2	0,0	0,9	0,1	0,5
	Patata	930	42,0	0,0	0,4	0,0	0,0
	Patata	930	42,0	0,0	0,3	0,1	4,2
	Pere	1 955	25,0	1,2	0,1	0,0	0,3
	Pesche	1 580	22,4	5,4	0,2	0,0	1,1
	Pisello	1 741	6,0	0,0	1,5	0,0	0,0
	Pomodoro	1 827	57,2	0,0	0,2	0,1	2,9
	Ravanello	485	22,0	0,0	0,1	0,0	0,2
	Soia	1 279	4,0	0,0	1,2	0,3	1,2
	Sorgo	3 122	7,0	0,0	1,3	0,1	0,5
	Spinaci	162	16,6	0,0	0,1	0,0	0,2
	Susine	2 088	25,8	6,7	0,1	0,0	0,8
	Vite	15 779	27,2	0,0	0,3	0,1	1,9
Zucca	107	26,2	0,0	0,1	0,0	0,3	

ALLEGATO II

Mappe tematiche riguardanti area (ha) nel Nord-Italia e PBRA (t/a) nell'Emilia-Romagna.

1. Land Use [Nord-Italia]

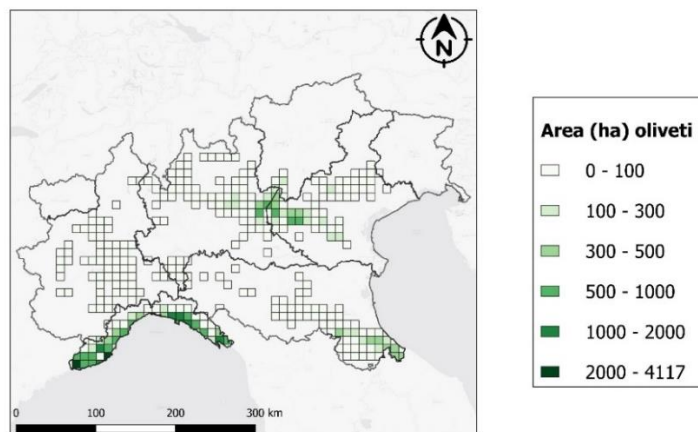
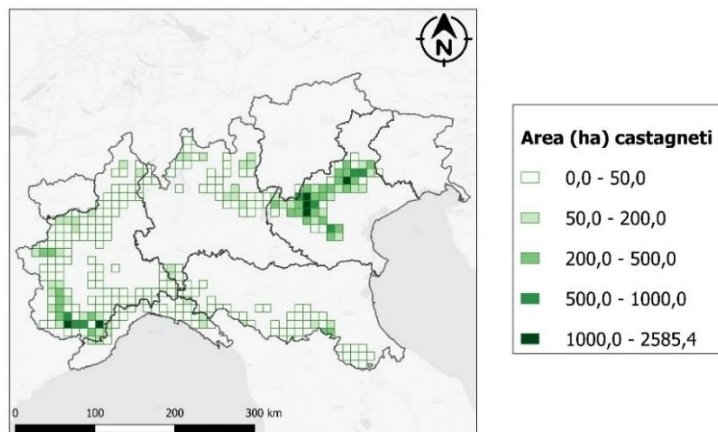


Figura 35 - Superficie in ettari per le colture castagneti e oliveti nell'area del Nord-Italia; elaborazione GIS.

2. Icolt-ARPAE 2019 [Emilia-Romagna]

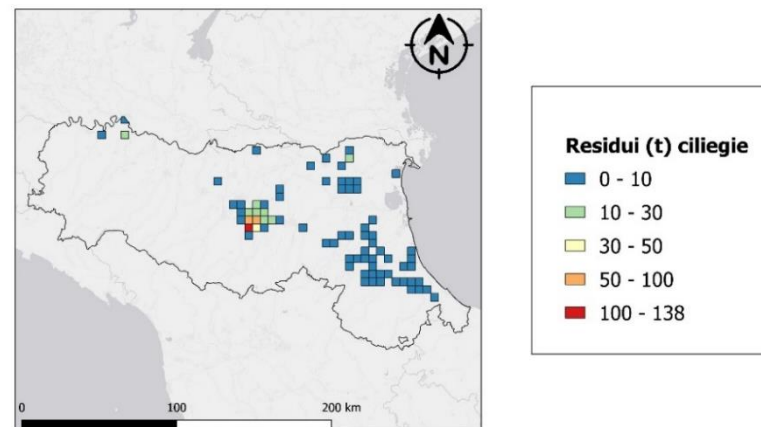
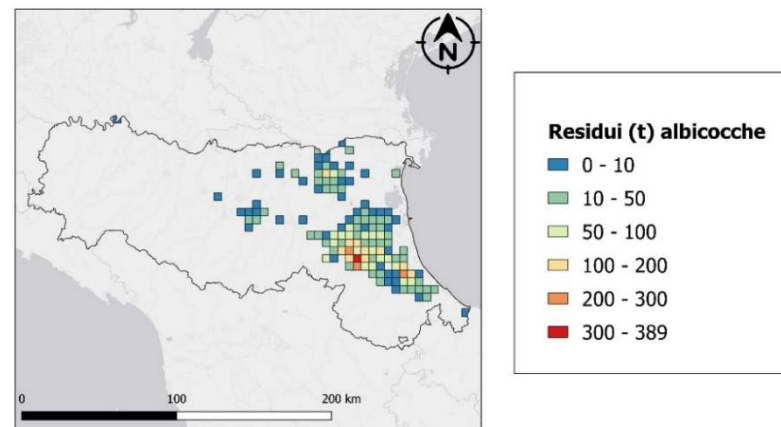


Figura 36 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura delle colture albicocco e ciliegio in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

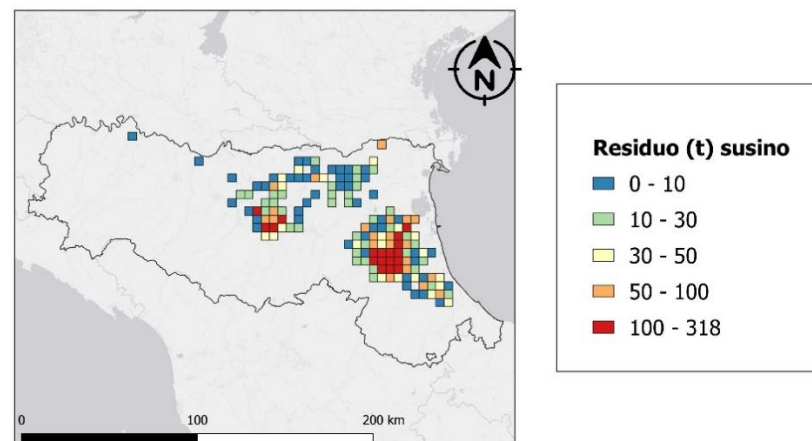
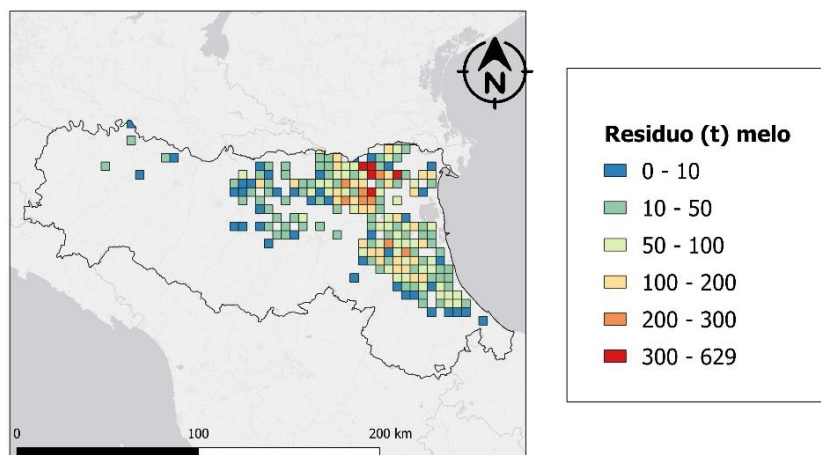
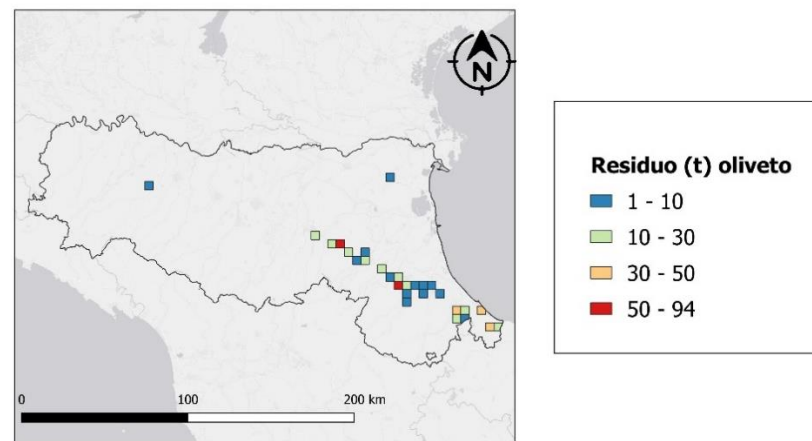
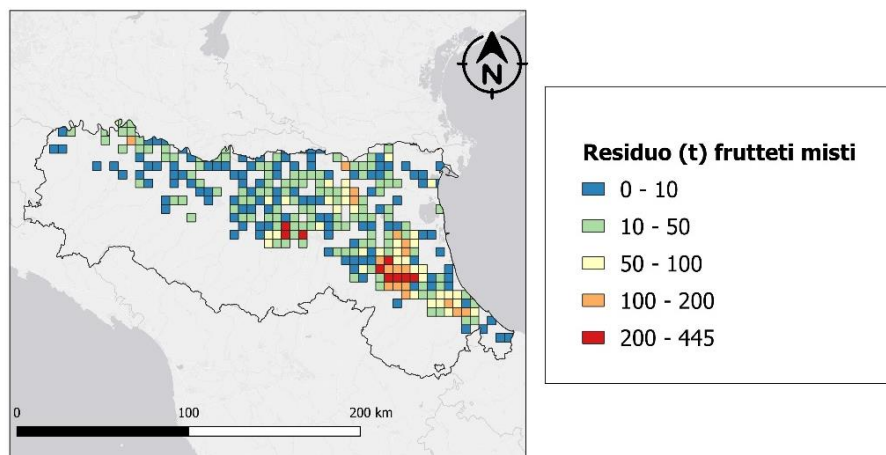


Figura 37 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura di frutteti e melo in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

Figura 38 - Mappatura 5x5km di residui (t/a) derivanti dalla potatura delle oliveto e susino in Emilia-Romagna; elaborazione QGIS.

RINGRAZIAMENTI

Caro lettore,

inizio ringraziando l'umida città di Ravenna, che mi ha accolto ed accompagnato in questo percorso universitario, riportando una citazione cara a Dante Alighieri:

“Nel mezzo del cammin di nostra vita, mi ritrovai per una selva oscura, ché la diritta via era smarrita”. Citazione non a caso, che mi ricorda quanto fosse difficile trovare il mio “io” prima di intraprendere gli studi Universitari.

Doveroso, caro e sentito un ringraziamento ai ricercatori Greggio, Marazza e Buscaroli rispettivamente relatore, correlatore e controrelatore di questa tesi di laurea.

Vi ringrazio per l'aiuto, per avermi trasmesso le vostre conoscenze e per l'enorme disponibilità.

Senza l'aiuto di due enti Regionali molto importanti, quali ARPAE ed AGREA questo elaborato non avrebbe preso forma; grazie di cuore per aver condiviso le vostre informazioni con l'Università di Bologna – Campus di Ravenna.

Ringrazio di Cuore Elena e Fabio che mi hanno accolto e seguito in biblioteca, con professionalità e passione in questi mesi di studio e ricerche bibliografiche. Vi ringrazio di cuore perché la biblioteca del polo Ambiente e Mare sempre e sarà un luogo magico, specialmente per la Vostra presenza.

A tutti quelli che mi conoscono dico grazie, grazie per avermi supportato e **sopportato** in questi 5 anni di follia, gioia, stress e amore. Sembrerà strano a molti, ma ho deciso di non dilungarmi in pagine di parole verso la mia compagna, parenti, amici e conoscenti perché ritengo che nella vita ci vogliano i fatti concreti ed è per questo che forse sono più bravo nei gesti che con le parole.

A Vittorio però, al momento mio unico nipote, voglio dedicare un'altra citazione a me cara; nella speranza che da grande possa scegliere una strada a lui amata: *“C'è una forza motrice più forte del vapore, dell'elettricità e dell'energia atomica: la volontà”* - Albert Einstein

Concludo scrivendo quello che rappresenta, per me, questo percorso Universitario:

ho imparato tanto, ho sostenuto innumerevoli esami, ho letto molteplici libri, ho scritto svariati quaderni, ho consumato una tastiera del computer ed ho perso circa un grado da entrambi gli occhi: ne è valsa la pensa, perché forse gli argomenti trattati di tanto in tanto andranno ripassati, ma la voglia di apprendere e di mettersi in gioco rimane ogni giorno.

Ho imparato a non sentirmi un numero di matricola, un numero nel mondo universitario e negli esami: di questo devo essere grato ad un uomo che è stato sempre al mio fianco in questi 5 anni, Grazie Sandro.

Rimarrà con me il metodo, l'organizzazione, il sapersi rapportare con le persone, il sapersi informare e il saper distinguere tra una fonte attendibile ed una no.

Ed è per questo che dico grazie a questa esperienza vissuta con la consapevolezza che non lavorerò mai un giorno nella vita, perché questo è quello che mi piace fare e lo farò nel migliore dei modi.

A presto. #18&Lode

