

Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati

**PIANO DI MONITORAGGIO ORDINARIO DEI SUOLI E INDAGINI IN
AMBITI FRAGILI DEL TERRITORIO (art. 42, comma 5, del DM 25.02.2016)**



Progetto e realizzazione

Unità operativa qualità del suolo (Dipartimento/Osservatorio)

Lorena Franz (Responsabile della struttura)

Francesca Ragazzi, Stefano Fogarin (Autori)

Monitoraggio

Leonardo Basso, Antea De Monte, Silvia Obber, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Andrea Reverberi, Paola Zamarchi

(U.O. Qualità del Suolo)

Analisi chimiche

Dipartimento Regionale Laboratori

U.O. Suolo e Rifiuti

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

settembre 2022

PIANO DI MONITORAGGIO ORDINARIO DEI SUOLI E INDAGINI IN AMBITI FRAGILI DEL TERRITORIO (art. 42, comma 5, del DM 25.02.2016)

1 Indice

1	Indice.....	1
2	Introduzione	2
3	Scelta dei punti di campionamento	2
4	Campionamento	3
5	Parametri analizzati.....	6
6	Risultati	7
6.1	Rappresentazione generale dei dati	7
6.1.1	Dati parametri secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e tipologia di concimazione	8
6.2	Carbonio Organico	12
6.2.1	Distribuzione del Carbonio organico in base alla tipologia di concimazione.....	14
6.2.2	Carbonio organico in base a tipologia di effluente	15
6.2.3	Carbonio organico in funzione dell'unità tipologica di suolo.....	17
6.3	Azoto totale	19
6.3.1	Distribuzione Ntot in base alla tipologia di concimazione	21
6.3.2	Azoto totale in base a tipologia di effluente	22
6.4	Rapporto C/N	22
6.5	Fosforo assimilabile e potassio scambiabile	24
6.6	Salinità.....	33
6.7	Metalli	35
6.8	Forme azotate	43
7	Dataset completo rete monitoraggio Nitrati.....	46
7.1	Carbonio organico	48
7.2	Azoto totale	50
7.3	Fosforo assimilabile e potassio scambiabile	51
7.4	Metalli	53
8	Conclusioni	56
9	Bibliografia	58

2 Introduzione

Nel corso del 2020 ARPAV ha intrapreso un'attività di monitoraggio dei suoli come previsto dall'allegato B della DGR 1729 del 29/11/2019 "Indagine valutativa sui suoli agricoli del Veneto per la Direttiva nitrati" per la parte 1 relativa al piano di monitoraggio ordinario.

Questi gli obiettivi prefissati:

- In attuazione di quanto previsto dalla normativa in materia di utilizzo agronomico degli effluenti di allevamento, creare una rete di monitoraggio per la verifica del contenuto di nutrienti, principalmente azoto, ma anche fosforo e potassio, in appezzamenti ad ordinamento agronomico ordinario, concimati con fertilizzanti organici (in particolare effluenti di allevamento o digestati tal quali o trattati),
- Verificare se i valori rilevati per alcuni parametri del terreno come il contenuto di sostanza organica (che condiziona anche la presenza di azoto organico e quindi anche delle altre forme dell'azoto), la salinità, il contenuto in metalli pesanti (rame e zinco in particolare) e in alcuni elementi nutritivi (in particolare fosforo e potassio) possono essere influenzati dall'apporto di effluenti.

3 Scelta dei punti di campionamento

In fase di predisposizione del progetto erano stati scelti 100 punti sulla base della carta dei suoli in scala 1:250.000. In ogni unità cartografica (L4) di pianura con estensione > 50 km² erano stati posizionati dei punti in numero proporzionale alla superficie, cercando di privilegiare le zone con i più alti carichi zootecnici all'interno di ciascuna unità. Al di fuori dell'area di pianura erano stati aggiunti 7 punti in provincia di Belluno, in corrispondenza di comuni con elevato carico zootecnico. 55 dei punti così selezionati ricadono in zona vulnerabile ai nitrati e 45 in zona ordinaria.

Il monitoraggio viene realizzato in un arco temporale di 5 anni attraverso il campionamento di 20 punti all'anno, allo scopo di poter ritornare a campionare lo stesso punto ogni 5 anni per poter valutare il trend dei diversi parametri.

Secondo quanto era previsto per il primo anno di monitoraggio (vedi Tabella 1), sono state individuate 10 aziende zootecniche in provincia di Padova e 10 in provincia di Vicenza, scelte in parte tra quelle già visitate in precedenza, nell'ambito dei controlli programmati negli allevamenti per la verifica del rispetto della normativa nazionale e regionale di applicazione della Direttiva Nitrati e del precedente monitoraggio 2014-2016, e in parte individuate ex-novo direttamente dai tecnici ARPAV, avvalendosi quando possibile dell'aiuto dei tecnici delle associazioni di produttori.

	Provincia 1	N aziende	Provincia 2	N aziende	Provincia 3	N aziende
Anno 1: 2020	Padova	10 + 10	Vicenza	10 + 10		
Anno 2: 2021	Padova	10+10	Rovigo	11 + 11		
Anno 3: 2022	Rovigo	3 + 3	Venezia	16+16		
Anno 4: 2023	Treviso	10 + 10	Verona	10 + 10		
Anno 5: 2024	Treviso	8 + 8	Verona	5 + 5	Belluno	7 + 7

Tabella 1: Schema di ripartizione dei campionamenti nei 5 anni di monitoraggio.

I punti fissati a tavolino sono stati riposizionati ma sempre all'interno della medesima unità cartografica di suolo.

Nelle vicinanze di ciascun appezzamento individuato, all'interno della stessa azienda o in altre aziende vicine, è stato identificato un secondo appezzamento concimato da più anni solo con concimi

chimici. In alcune zone, in cui l'allevamento zootecnico è molto diffuso, l'individuazione è stata molto difficile e pertanto si sono dovuti campionare appezzamenti marginali, come boschetti o arboreti, con un uso agricolo molto diverso da quello degli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici. Di questo si è tenuto conto in fase di elaborazione dei dati.

I terreni concimati con effluenti zootecnici organici sono spesso concimati anche con minerale (esclusi alcuni limitati casi come le aziende agricole biologiche); la tipologia di concimazione con la dicitura ORG e chiamata di seguito ORGANICA nella relazione, deriva nella maggior parte dei casi da concimazioni miste, sia organiche che minerali.

4 Campionamento

Tra maggio e novembre 2021 sono state contattate le aziende ed è stato eseguito il campionamento, posizionando i punti di prelievo in modo sistematico, secondo le modalità previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e successive modifiche, prelevando nell'orizzonte superficiale interessato dalle lavorazioni (0-40 cm) con una trivella manuale di tipo olandese. Ciascuna area di campionamento è stata suddivisa in almeno 16 subaree in ognuna delle quali è stato raccolto un campione elementare; i campioni elementari sono stati riposti in un secchio e successivamente rovesciati su un telo pulito e asciutto, omogeneizzati per costituire il campione globale dal quale viene ottenuto il campione finale per il laboratorio.

Nella scelta degli appezzamenti da campionare è stata data priorità a quelli più vicini al centro aziendale, che presentano una maggior probabilità ad essere oggetto di distribuzione di effluenti tutti gli anni.

In ciascun appezzamento omogeneo è stata eseguita una trivellata pedologica fino alla profondità di 120 cm e sono state descritte le caratteristiche di ciascun orizzonte individuato. La trivellata consente di poter ricollegare il suolo campionato ad una tipologia di suolo (UTS) presente nel catalogo regionale: la scelta della zona da campionare è realizzata in base alla scelta dell'unità cartografica di suolo ma nella stessa unità cartografica possono esserci più tipologie di suolo, per questo motivo è importante descrivere e ricollegare a posteriori il suolo effettivamente presente. E' stata inoltre compilata una scheda con i dati relativi all'ordinamento colturale e all'azienda.

Tutti i dati raccolti, relativi all'appezzamento campionato, all'azienda e alla trivellata, sono stati informatizzati e georeferenziati.

Dei 21 punti di campionamento 15 ricadono in zona vulnerabile ai nitrati e 6 in zona ordinaria (Tabella 2, Figura 1). Il rapporto varia a seconda dell'anno di campionamento (la provincia di Rovigo campionata nel 2022 è tutta in Zona vulnerabile) e viene bilanciato nei 5 anni. Per quanto riguarda il tipo di effluente distribuito, non è stato possibile rispettare una distribuzione omogenea tra le diverse tipologie ma si è scelto quanto era maggiormente diffuso nella zona. Pertanto vi sono più campioni trattati con pollina (7) che per gli altri effluenti (4 per pollina, 5 per letame e digestato 2 per liquame suino e altrettanti per liquame bovino).

PROVINCIA	Numero campionamenti								
	Totale	Zona ordinaria	Zona vulnerabile	letame bovino	liquame bovino	liquame suino	pollina	digestato	digestato solido
Padova	10	6	4	2	2	0	3	3	0
Rovigo	11	0	11	3	0	2	4	0	2
TOTALE	21	6	15	5	2	2	7	3	2

Tabella 2: Distribuzione degli appezzamenti campionati nel 2021 nelle province di Padova e Rovigo.

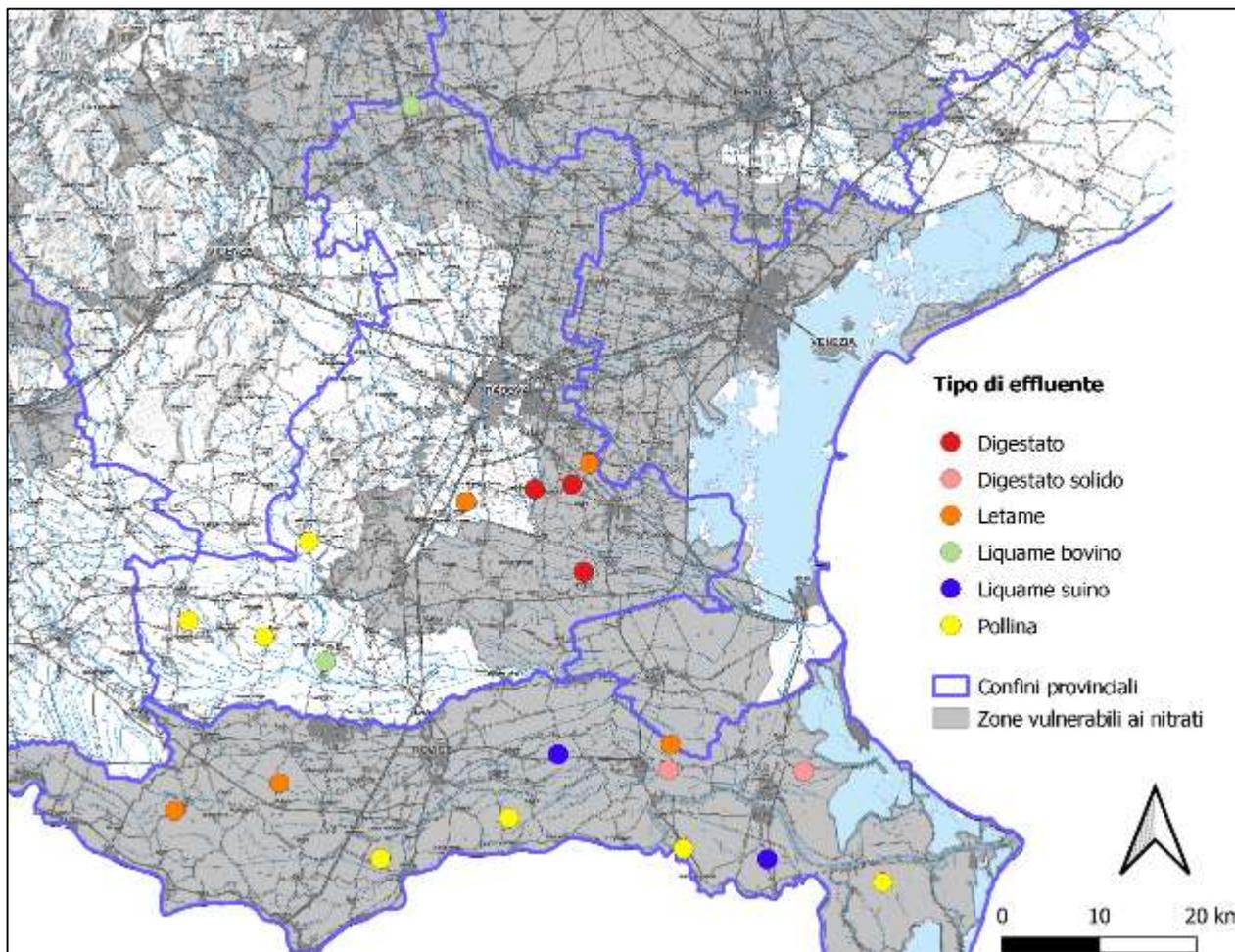


Figura 1: Localizzazione dei punti di campionamento del 2021 nelle province di Padova e Rovigo, suddivisi per tipo di effluente. Le aree in grigio rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

Nella Tabella 3 vengono riportate alcune informazioni relative agli appezzamenti campionati.

Identificativo osservazione	Comune	Data prelievo	Zona	Stazione di campionamento	Gruppo di concimazione	Tipo di concimazione	Coltura
MAZZA0241	Ariano nel Polesine	25/05/2021	ZV	N_33_ORG	Organica	Liquame suino	Frumento
MAZZA0242	Ariano nel Polesine	25/05/2021	ZV	N_33_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0243	Ariano nel Polesine	25/05/2021	ZV	N_34_ORG	Organica	Pollina	Mais
MAZZA0244	Ariano nel Polesine	25/05/2021	ZV	N_34_MIN	Minerale	Minerale	Frumento
MAZZA0245	Adria	25/05/2021	ZV	N_66_ORG	Organica	Letame bovino	Mais
MAZZA0246	Adria	25/05/2021	ZV	N_66_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0247	Crespino	04/06/2021	ZV	N_35_ORG	Organica	Pollina	Frumento
MAZZA0248	Crespino	04/06/2021	ZV	N_35_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0249	Porto Viro	04/06/2021	ZV	N_26_ORG	Organica	Digestato solido	Mais
MAZZA0250	Porto Viro	04/06/2021	ZV	N_26_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0251	Porto Tolle	04/06/2021	ZV	N_32_ORG	Organica	Pollina	Barbabietola da z.
MAZZA0252	Porto Tolle	04/06/2021	ZV	N_32_MIN	Minerale	Minerale	Risaia
MAZZA0253	Candiana	06/07/2021	ZV	N_27_ORG	Organica	Digestato solido	Soia
MAZZA0254	Adria	04/06/2021	ZV	N_27_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0255	Villadose	06/07/2021	ZV	N_30_ORG	Organica	Liquame suino	Colza
MAZZA0256	Villadose	06/07/2021	ZV	N_30_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0257	Sant'Angelo di Piove S.	21/10/2021	ZV	N_20_ORG	Organica	Letame bovino	Soia
MAZZA0258	Sant'Angelo di Piove S.	21/10/2021	ZV	N_20_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0259	Candiana	21/10/2021	ZV	N_17_ORG	Organica	Digestato	Mais
MAZZA0260	Candiana	21/10/2021	ZV	N_17_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0261	Brugine	21/10/2021	ZV	N_21_ORG	Organica	Digestato	Mais
MAZZA0262	Brugine	21/10/2021	ZV	N_21_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0263	Due Carrare	22/10/2021	ZO	N_09_ORG	Organica	Letame bovino	Erba medica
MAZZA0264	Due Carrare	22/10/2021	ZO	N_09_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0265	Borgo Veneto	29/10/2021	ZO	N_23_ORG	Organica	Pollina	Soia
MAZZA0266	Borgo Veneto	29/10/2021	ZO	N_23_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA0268	Casale di Scodosia	29/10/2021	ZO	N_24_ORG	Organica	Pollina	Frumento
MAZZA0269	Casale di Scodosia	29/10/2021	ZO	N_24_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0270	Frassinelle Polesine	04/11/2021	ZV	N_39_ORG	Organica	Pollina	Frumento
MAZZA0271	Frassinelle Polesine	04/11/2021	ZV	N_39_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0272	Lendinara	04/11/2021	ZV	N_37_ORG	Organica	Letame bovino	Mais
MAZZA0273	Canda	11/11/2021	ZV	N_37_MIN	Minerale	Minerale	Soia
MAZZA0274	Cittadella	18/11/2021	ZV	N_18_ORG	Organica	Liquame bovino	Mais
MAZZA0275	Cittadella	18/11/2021	ZV	N_18_MIN	Minerale	Minerale	Prato
MAZZA1009	Lozzo Atestino	03/02/2021	ZO	N_07_ORG	Organica	Pollina	Frumento
MAZZA1010	Lozzo Atestino	03/02/2021	ZO	N_07_MIN	Minerale	Minerale	Frumento
MAZZA1013	Casalserugo	05/02/2021	ZO	N_10_ORG	Organica	Digestato	Soia
MAZZA1014	Casalserugo	05/02/2021	ZO	N_10_MIN	Minerale	Minerale	Incolto improduttivo

MAZZA1018	Sant'Urbano	16/02/2021	ZO	N_08_ORG	Organica	Liquame bovino	Soia
MAZZA1019	Sant'Urbano	16/02/2021	ZO	N_08_MIN	Minerale	Minerale	Mais
MAZZA1071	Trecenta	10/05/2021	ZV	N_29_ORG	Organica	Letame bovino	Mais
MAZZA1072	Trecenta	10/05/2021	ZV	N_29_MIN	Minerale	Minerale	Mais

Tabella 3: Elenco dei campionamenti eseguiti nel 2021 in appezzamenti a concimazione organica e minerale.

Tutti i campioni sono stati consegnati al laboratorio ARPAV di Treviso per le determinazioni analitiche.

5 Parametri analizzati

I parametri determinati dal laboratorio ARPAV di Treviso sono i seguenti:

DETERMINAZIONE	METODO	RIFERIMENTO
pH in acqua	metodo potenziometrico con rapporto suolo-acqua 1:2,5	DM 13.9.99 Met. III.1
Carbonio organico	analizzatore elementare dopo combustione a 400 e 600°C	DIN 19539:2016-12
Azoto totale	analizzatore elementare dopo combustione a secco	ISO 13878: 1998
Azoto nitrico	estrazione con soluzione di potassio cloruro	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/ 1999 Met XIV.4 + UNI EN ISO 13395: 2000
Azoto nitroso	estrazione con soluzione di potassio cloruro	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/ 1999 Met XIV.4 + UNI EN ISO 13395:2000
Azoto ammoniacale	estrazione con soluzione di potassio cloruro	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n° 248 21/10/99 Met. XIV.4 + UNI EN ISO 11732:2005
Azoto totale estraibile	estrazione con soluzione di potassio cloruro	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/99 Met XIV.4 + APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed 23rd 2017 4500 N B
Fosforo assimilabile	estrazione con bicarbonato sodico e determinazione tramite spettrofotometro UV/VIS	ISO 11263
Basi scambiabili	estrazione con bario cloruro e determinazione mediante spettrofotometro ad assorbimento atomico	DM 13.9.99 Met. XIII.5
Conducibilità elettrica	determinazione in estratto acquoso con rapporto suolo-acqua 1:2,5 o 1:2.	DM 13.9.99 Met. IV.1
Rame, Zinco	mineralizzazione con aqua regia; lettura all'ICP con camera di Scott	DM 13.09.99 Met. XI.1 integrato dal DM 25.03.2002
Calcare totale	metodo gasvolumetrico	DM 13.9.99 Met. V.1
Granulometria	per sedimentazione previa dispersione in sodio esametafosfato; frazionamento in sabbia (da 2 a 0,05 mm), limo (da 0,05 a 0,002 mm) e argilla (<0,002 mm). Sui campioni con sabbia > 20% e < 50% è stato eseguito un ulteriore frazionamento delle sabbie (per setacciatura) per la determinazione della sabbia molto fine (0,05-0,1 mm).	DM 13.9.99 Met. II.5

Tabella 4: Parametri analitici determinati, metodo analitico e relativo riferimento.

6 Risultati

6.1 Rappresentazione generale dei dati

Le statistiche descrittive dell'intero dataset 2021 sono riportate nella Tabella 5.

Oltre a media, deviazione standard, minimo e massimo, vi sono anche mediana, quartili e percentili, parametri statistici più adeguati per l'analisi dei dati in casi di elevata disomogeneità della popolazione.

Per i valori inferiori al limite di misura (LOQ), per i quali non è possibile definire il valore vero, è stato usato il valore pari alla metà del LOQ.

	N dati	media	dev. standard	minimo	massimo	mediana	5° perc.le	25° perc.le	75° perc.le	95° perc.le
pH H2O	42	7.9	0.34	6.4	8.2	8	7.7	7.82	8.1	8.2
P ass [mg/kg]	42	39.41	45.85	1.25	188	21.65	1.25	6.22	62.55	112.7
K scamb. [mg/kg]	42	240.33	165.3	56	811	190.5	77.15	103.5	328.5	487.75
N tot [g/kg]	42	1.37	0.49	0.73	2.9	1.3	0.85	1	1.6	2.1
Corg [%]	42	1.25	0.53	0.68	3.34	1.11	0.74	0.91	1.29	2.37
C/N	42	9.04	0.91	7.29	11.52	8.99	7.7	8.55	9.48	10.37
Calcare tot [%]	42	12.27	7.53	0.5	26	14.48	1.2	5.32	18.7	23
Calcare attivo [%]	42	2.87	2.16	0.5	9	2.25	0.5	1.61	4.1	7.78
argilla [%]	42	23.23	11.55	6.5	56.4	19.8	10.76	15.5	26.62	47.22
sabbia tot [%]	42	28.47	18.14	0.5	82.5	26.15	4.86	13.65	40.88	55.47
EC 1:2 [ds/m]	42	0.3	0.12	0.14	0.76	0.27	0.19	0.22	0.35	0.54
Cu tot [mg/kg]	42	38.36	13.61	15	99	36	23.05	31.25	45	57.7
Zn tot [mg/kg]	42	95.86	18.13	63	150	95.5	74	79.75	110	120

Tabella 5: Indici statistici principali del set di dati, con media, deviazione standard, minimo, massimo, mediana e vari percentili.

6.1.1 Dati parametri secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e tipologia di concimazione

Gli appezzamenti campionati ricadono sia in zona ordinaria (ZO, 12 campioni) che in zona vulnerabile (ZVN, 30); una prima analisi statistica è stata fatta per verificare l'eventuale effetto dei maggiori carichi consentiti in zona ordinaria.

I dati dei parametri analizzati per tutti i suoli campionati nel 2021, divisi secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e per tipologia di concimazione (Organica vs Minerale) sono illustrati in Tabella 6.

In Tabella 7 sono invece riportati i valori in funzione della tipologia di effluente organico distribuito sul terreno.

Per verificare se vi fosse una differenza tra i vari sottogruppi dei campioni, è stato eseguito il test non parametrico di Kruskal-Wallis (KW); i risultati in termini di p-value del test KW sono indicati in Tabella 8. Per la significatività è stato considerato un valore di p-Value = 0.05 (questi casi sono evidenziati in grassetto in tabella).

I test KW mostrano differenze significative per alcuni parametri (K_sc, N_tot, Corg, EC1:2) negli appezzamenti delle zone ordinarie e quelli delle zone vulnerabili, ma queste differenze non sono più valide se si considerano separatamente i gruppi a concimazione organica e minerale; i gruppi ZO e ZVN sono infatti numericamente disomogenei per poter essere confrontati tra loro.

La concimazione organica si differenzia significativamente da quella minerale solo per i parametri fosforo assimilabile (P_ass) e potassio scambiabile (K_sc), in concentrazioni più elevate negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici; solo per questi parametri anche la tipologia di effluente ha un effetto significativo, ma solo in ZV perché numericamente più consistente.

Si fa presente che considerando il monitoraggio annuale, la numerosità del campione è limitata; risultati più chiari si potranno avere con l'analisi dei dati dell'intera rete.

Ulteriori considerazioni di dettaglio sono fatte di volta in volta nei capitoli dedicati ai singoli parametri.

Concimazione ORGANICA			N dati	media	st.dev.	minimo	massimo	mediana	5pc	25pc	75pc	95pc
	Zona ordinaria	P ass [mg/kg]	6	42.66	42.3	1.25	107	37.15	3.01	9.03	64.6	96.53
		K sc [mg/kg]	6	196.5	166.23	84	514	121.5	86.5	96.25	218	446.5
		N tot [g/kg]	6	1.14	0.34	0.88	1.8	1	0.9	0.98	1.15	1.65
		Corg [%]	6	1.03	0.34	0.77	1.7	0.9	0.79	0.85	1.03	1.54
		EC 1:2 [ds/m]	6	0.25	0.06	0.19	0.34	0.23	0.2	0.21	0.27	0.32
		Cu tot [mg/kg]	6	41.17	9.33	33	58	37	33.75	36.25	43.75	55
		Zn tot [mg/kg]	6	96.33	9.4	82	110	97.5	84.25	92.25	99.75	107.5
	Zona Vulnerabile	P ass [mg/kg]	15	68.62	57.87	2.7	188	60.9	3.33	28.05	84.1	188
		K sc [mg/kg]	15	350.73	190.51	80	811	368	112.9	202	474.5	584.9
		N tot [g/kg]	15	1.54	0.52	0.94	2.9	1.4	0.98	1.3	1.75	2.34
		Corg [%]	15	1.38	0.63	0.84	3.34	1.18	0.89	1.06	1.39	2.53
EC 1:2 [ds/m]		15	0.36	0.15	0.14	0.76	0.32	0.2	0.26	0.42	0.62	
Cu tot [mg/kg]		15	35	11.98	15	59	34	19.9	26.5	42.5	52.7	
Zn tot [mg/kg]		15	100.13	21.66	74	150	99	74	85	110	136	

Concimazione MINERALE			N dati	media	st.dev.	minimo	massimo	mediana	5pc	25pc	75pc	95pc
	Zona ordinaria	P ass [mg/kg]	6	18.2	26.61	4.4	72.3	7.9	4.68	6	10.47	57.02
		K sc [mg/kg]	6	142.17	115.54	77	377	102.5	80	92.25	104.5	309
		N tot [g/kg]	6	1.08	0.38	0.73	1.8	1.02	0.75	0.84	1.1	1.62
		Corg [%]	6	0.99	0.37	0.68	1.71	0.9	0.7	0.76	1.01	1.54
		EC 1:2 [ds/m]	6	0.21	0.03	0.19	0.27	0.2	0.19	0.19	0.23	0.26
		Cu tot [mg/kg]	6	37.67	6.25	31	49	36.5	31.75	34.25	38.75	46.5
		Zn tot [mg/kg]	6	82.83	15.61	63	110	81.5	66	76	85.5	104
	Zona Vulnerabile	P ass [mg/kg]	15	17.38	16.8	1.25	59.1	9.8	1.25	3.9	30.35	40.55
		K sc [mg/kg]	15	186.73	89.42	56	333	188	63	129	244.5	320.4
		N tot [g/kg]	15	1.4	0.48	0.85	2.5	1.3	0.86	1.05	1.65	2.22
		Corg [%]	15	1.3	0.53	0.73	2.5	1.17	0.74	1.02	1.38	2.42
EC 1:2 [ds/m]		15	0.3	0.09	0.16	0.54	0.3	0.18	0.24	0.35	0.41	
Cu tot [mg/kg]		15	40.87	18.2	23	99	36	25.1	32.5	45.5	66.1	
Zn tot [mg/kg]		15	96.6	16.77	73	120	95	73.7	82.5	110	120	

Tabella 6: Caratteristiche chimiche suoli concimati con effluenti zootecnici e non suddivisi in base ad appartenenza a zona ordinaria o vulnerabile e tipologia di concimazione (ORG vs MIN)

Parametro	tipologia effluente	n	media	sd	mediana	25pc	75pc	min	max
Carbonio Org	DLX	3	1.24	0.24	1.13	1.1	1.32	1.07	1.52
Carbonio Org	DSX	2	1.06	0.08	1.06	1.03	1.08	1	1.11
Carbonio Org	LEB	5	1.28	0.52	1.15	0.91	1.26	0.91	2.18
Carbonio Org	LIB	2	1.05	0.23	1.05	0.97	1.14	0.89	1.22
Carbonio Org	LIS	2	2.09	1.77	2.09	1.46	2.71	0.84	3.34
Carbonio Org	POL	7	1.18	0.35	1.18	0.92	1.4	0.77	1.7
Carbonio Org	MIN	21	1.21	0.5	1.07	0.89	1.3	0.68	2.5
Azoto Totale	DLX	3	1.47	0.38	1.3	1.25	1.6	1.2	1.9
Azoto Totale	DSX	2	1.2	0.28	1.2	1.1	1.3	1	1.4
Azoto Totale	LEB	5	1.34	0.45	1.3	1	1.3	1	2.1
Azoto Totale	LIB	2	1.19	0.3	1.19	1.08	1.29	0.97	1.4
Azoto Totale	LIS	2	1.92	1.39	1.92	1.43	2.41	0.94	2.9
Azoto Totale	POL	7	1.45	0.43	1.5	1.15	1.7	0.88	2.1
Azoto Totale	MIN	21	1.31	0.47	1.1	0.95	1.6	0.73	2.5
P_ass	DLX	3	129.07	102.08	188	99.6	188	11.2	188
P_ass	DSX	2	12.45	13.79	12.45	7.58	17.32	2.7	22.2
P_ass	LEB	5	42.53	46.36	33.9	3.6	60.9	1.25	113
P_ass	LIB	2	67.5	3.39	67.5	66.3	68.7	65.1	69.9
P_ass	LIS	2	29.15	16.9	29.15	23.17	35.12	17.2	41.1
P_ass	POL	7	66.74	31.99	65.9	60.05	82.95	8.3	107
P_ass	MIN	21	17.61	19.36	8.3	4.4	29.2	1.25	72.3
K_scamb	DLX	3	476.33	335.5	478	309	644.5	140	811
K_scamb	DSX	2	247.5	170.41	247.5	187.25	307.75	127	368
K_scamb	LEB	5	305.6	170.06	405	152	406	94	471
K_scamb	LIB	2	162	115.97	162	121	203	80	244
K_scamb	LIS	2	272	28.28	272	262	282	252	292
K_scamb	POL	7	302.86	194.24	310	120.5	485.5	84	514
K_scamb	MIN	21	174	96.75	149	102	215	56	377
EC1:2	DLX	3	0.5	0.29	0.56	0.38	0.66	0.19	0.76
EC1:2	DSX	2	0.32	0.08	0.32	0.29	0.34	0.26	0.37
EC1:2	LEB	5	0.26	0.05	0.27	0.22	0.3	0.21	0.32
EC1:2	LIB	2	0.17	0.05	0.17	0.16	0.19	0.14	0.21
EC1:2	LIS	2	0.33	0.11	0.33	0.29	0.37	0.25	0.41
EC1:2	POL	7	0.35	0.08	0.34	0.29	0.39	0.26	0.49
EC1:2	MIN	21	0.27	0.09	0.27	0.2	0.32	0.16	0.54
Cu_tot	DLX	3	41	15.62	33	32	46	31	59
Cu_tot	DSX	2	25	4.24	25	23.5	26.5	22	28
Cu_tot	LEB	5	36.6	5.64	36	34	36	31	46
Cu_tot	LIB	2	31	8.49	31	28	34	25	37
Cu_tot	LIS	2	32.5	24.75	32.5	23.75	41.25	15	50
Cu_tot	POL	7	41.29	10.89	39	36.5	47.5	24	58
Cu_tot	MIN	21	39.95	15.62	36	33	42	23	99
Zn_tot	DLX	3	114	31.43	100	96	125	92	150
Zn_tot	DSX	2	94	22.63	94	86	102	78	110
Zn_tot	LEB	5	92.4	13.94	96	82	99	75	110
Zn_tot	LIB	2	95.5	6.36	95.5	93.25	97.75	91	100
Zn_tot	LIS	2	97	32.53	97	85.5	108.5	74	120
Zn_tot	POL	7	100.43	16.92	99	95.5	104.5	74	130
Zn_tot	MIN	21	92.67	17.28	91	79	110	63	120

Tabella 7: Parametri analizzati in base a tipologia di effluente (DLX=digestato, DSX=digestato solido; LEB=letame, LIB=liquame bovino, LIS=liquame suino, POL=pollina, MIN= Concimazione solo Minerale, EC1:2 = conduttività elettrica 1:2)

Sottogruppo campioni	Tutti	Tutti	tutti
Variabile di test	ZV vs ZO	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	0.587	0.002	0.017
K sc [mg/kg]	0.033	0.023	0.251
N tot [g/kg]	0.012	0.377	0.941
Corg [%]	0.013	0.641	0.989
EC 1:2 [ds/m]	0.002	0.203	0.173
Cu tot [mg/kg]	0.322	0.623	0.458
Zn tot [mg/kg]	0.252	0.338	0.894

Sottogruppo campioni	Solo ZO	Solo ZO	Solo ZV	Solo ZV
Variabile di test	ORG vs MIN	Tipologia effluente	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	0.335	0.277	0.002	0.01
K sc [mg/kg]	0.47	0.7	0.014	0.047
N tot [g/kg]	0.573	0.854	0.453	0.897
Corg [%]	0.688	0.896	0.74	0.955
EC 1:2 [ds/m]	0.191	0.2	0.262	0.078
Cu tot [mg/kg]	0.63	0.415	0.361	0.521
Zn tot [mg/kg]	0.092	0.292	0.755	0.989

Sottogruppo campioni	Solo Org	Solo Org	Solo Min
Variabile di test	ZV vs ZO	Tipologia effluente	ZV vs ZO
P ass [mg/kg]	0.311	0.266	0.938
K sc [mg/kg]	0.102	0.638	0.213
N tot [g/kg]	0.041	0.969	0.101
Corg [%]	0.051	0.983	0.094
EC 1:2 [ds/m]	0.043	0.232	0.023
Cu tot [mg/kg]	0.198	0.44	0.969
Zn tot [mg/kg]	0.876	0.938	0.118

Tabella 8: p_Value del test di Kruskal Wallis (KW) applicato a diversi parametri, in funzione dell' appartenenza a zona ordinaria o vulnerabile, concimazione ORG o MIN e tipologia d'effluente.

6.2 Carbonio Organico

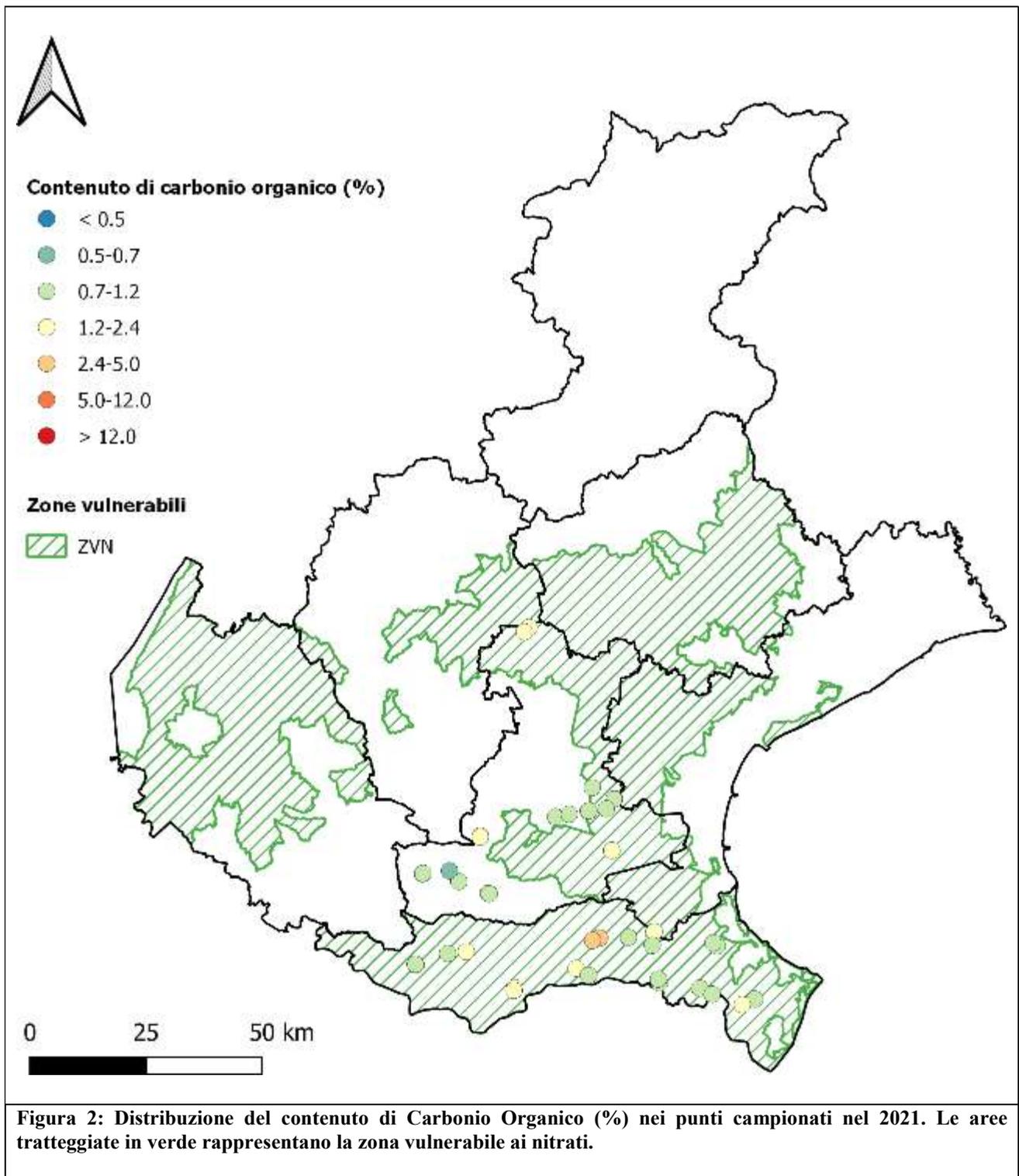
I suoli campionati nel 2021 sono stati classificati in base al contenuto di carbonio organico (Corg), espresso in percentuale. I valori e la distribuzione sono visibili in Tabella 9.

La maggior parte dei suoli hanno una dotazione di carbonio organico moderatamente bassa (62 %) o moderata (31%); rispetto alla media dei suoli della pianura veneta hanno valori leggermente inferiori. La ripartizione del carbonio organico tra suoli concimati con concime organico e minerale risulta omogenea tra le due categorie, senza differenze rilevanti.

Giudizio	Contenuto (%)	N dati	Percentuale sul totale	% suoli Veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Molto Basso	<0.5	0	0	2	0	0	0	0
Basso	0.5-0.7	1	2	3	0	0	1	5
Moderatamente Basso	0.7-1.2	26	62	29	13	62	13	62
Moderato	1.2-2.4	13	31	51	7	33	6	29
Moderatamente Alto	2.4-5	2	5	12	1	5	1	5
Alto	5-12	0	0	2	0	0	0	0
Molto Alto	>12	0	0	0.2	0	0	0	0

Tabella 9: Classificazione in base al contenuto percentuale di Carbonio organico.

La distribuzione delle diverse classi del carbonio organico sul territorio veneto campionato nel 2021 sono illustrate in Figura 2.



6.2.1 Distribuzione del Carbonio organico in base alla tipologia di concimazione

I valori statistici riassuntivi inerenti il carbonio organico in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale) sono indicati in

Tabella 6; i valori tabellati sono illustrati in modalità grafica anche tramite boxplot in Figura 3.

Come già evidenziato nel paragrafo 6.1.1, non sussistono differenze statisticamente significative tra i gruppi di appezzamenti concimati con fertilizzanti organici e quelli con solo concimi minerali.

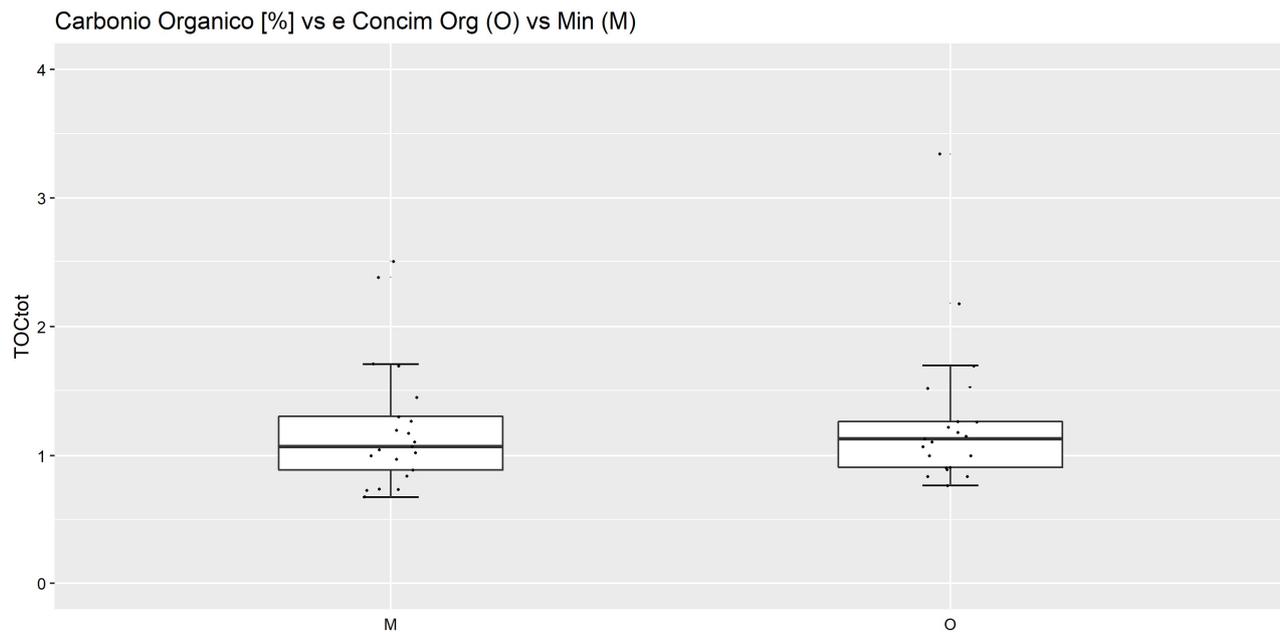


Figura 3: Boxplot per carbonio organico in funzione di tipologia di concimazione (organica vs minerale). I boxplot sono caratterizzati da mediana, 25° e 75° percentile, valori minimi e massimi all'interno dell'intervallo interquartile IQR.

6.2.2 Carbonio organico in base a tipologia di effluente

La suddivisione in base alla tipologia di effluente (Figura 4) non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i vari gruppi con il test di Tukey (Figura 5 e Tabella 10).

Il gruppo della concimazione con liquame suino che sembra avere contenuti maggiori di carbonio organico in realtà è costituito solo da due osservazioni di cui una ricade in una tipologia di suolo ricca intrinsecamente di sostanza organica.

Con l'avanzare del monitoraggio e l'acquisizione di un numero maggiore di dati sarà possibile verificare se esistono differenze effettive tra gruppi di concimazione.

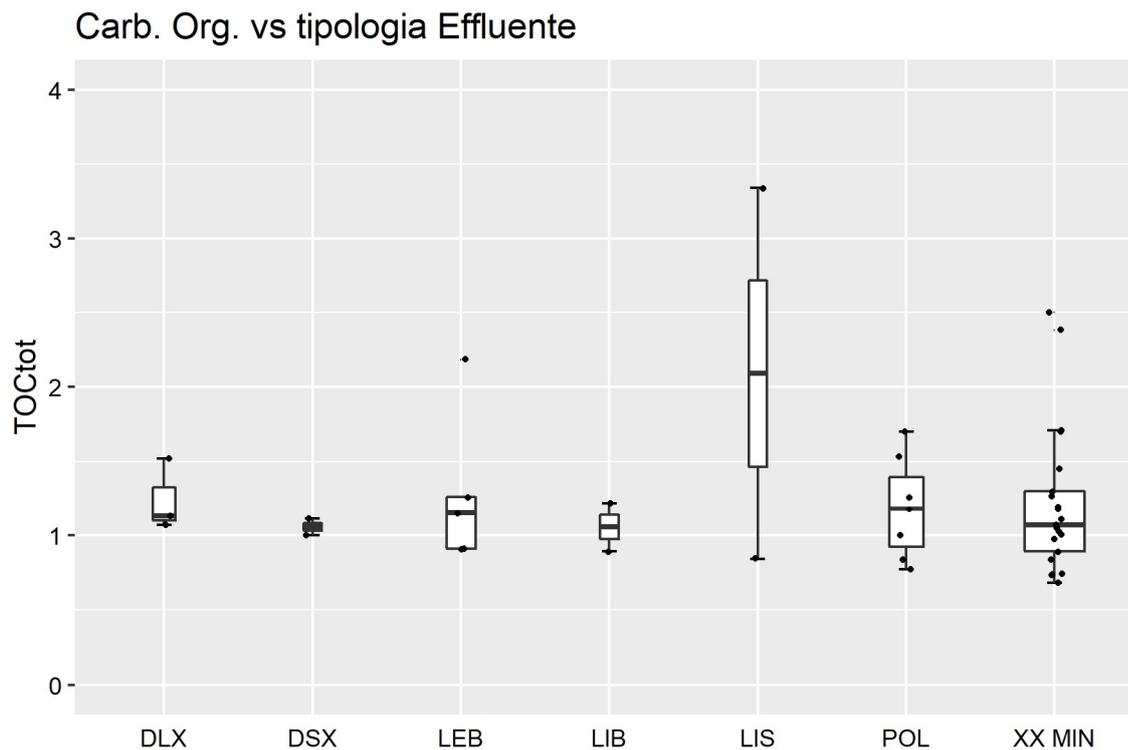


Figura 4: Boxplot valori di carbonio organico in funzione della tipologia di effluente.

Gruppi di confronto	p adj
DSX-DLX	1.348
LEB-DLX	1.268
LIB-DLX	1.348
LIS-DLX	2.383
POL-DLX	1.102
XX MIN-DLX	1.011
LEB-DSX	1.632
LIB-DSX	1.679
LIS-DSX	2.714
POL-DSX	1.474
XX MIN-DSX	1.402
LIB-LEB	1.178
LIS-LEB	2.213
POL-LEB	0.884
XX MIN-LEB	0.768
LIS-LIB	2.714
POL-LIB	1.474
XX MIN-LIB	1.402
POL-LIS	0.439
XX MIN-LIS	0.367
XX MIN-POL	0.764

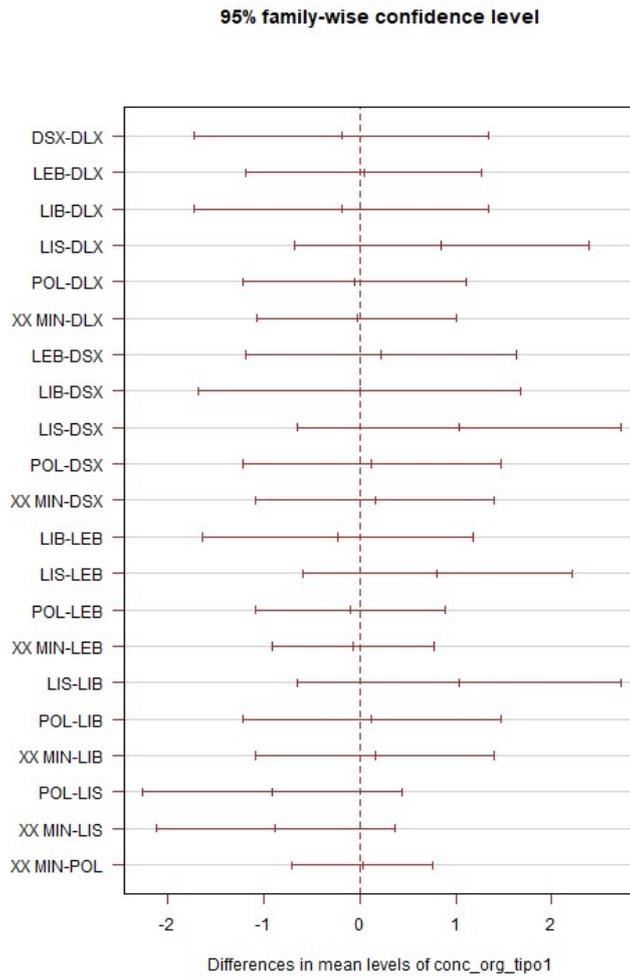


Tabella 10: p-Value test di Tukey applicati al carbonio organico, per gruppo di concimazione.

Figura 5: Diagramma di Tukey applicato al carbonio organico, per gruppo di concimazione.

6.2.3 Carbonio organico in funzione dell'unità tipologica di suolo

I contenuti di carbonio organico dipendono prima di tutto dalle caratteristiche intrinseche del suolo: ad esempio un suolo in aree morfologicamente depresse a tessitura argillosa, a causa dei lenti processi di accumulo e di trasformazione della sostanza organica, avrà un tenore di carbonio organico più alto rispetto ad un suolo sabbioso di dosso. Anche l'uso del suolo è determinante: un terreno coltivato a prato per molti anni avrà maggior sostanza organica rispetto ad un seminativo in cui le continue lavorazioni favoriscono i processi di ossidazione della sostanza organica.

Per poter valutare l'effetto delle concimazioni indipendentemente da questi fattori, i tenori di carbonio organico sono stati analizzati in funzione della tipologia di suolo, mettendoli a confronto con il contenuto di carbonio organico tipico di quella unità e nello stesso tempo tenendo in considerazione l'uso del suolo, la percentuale di argilla e il tipo di concimazione.

I risultati sono esposti in Figura 6 dove, per ogni unità tipologica di suolo (UTS, contraddistinta da 3 lettere e un numero, es. ALB1), si riporta il contenuto di carbonio organico (TOC_{tot}, %) in funzione della % di argilla; la linea blu rappresenta il valore modale del carbonio organico della UTS, quelle rosse i valori minimo e massimo. La tipologia di concimazione è stata indicata con un simbolo geometrico, il colore del simbolo si riferisce a delle categorie di uso del suolo (seminativo o incolto). E' evidente che in molti casi, anche se si sono campionati appezzamenti vicini e all'interno della stessa unità cartografica, i suoli con concimazione organica e minerale appartengono a unità tipologiche diverse.

In quasi tutti i casi la coppia di punti campionata ha anche lo stesso uso del suolo a seminativo, tranne in un caso (unità tipologica di suolo MND1) in cui per la concimazione minerale è stato campionato un terreno incolto da diversi anni, giustificando il contenuto di carbonio simile a quello concimato con effluenti.

In molti casi a parità di argilla si hanno contenuti molto simili di sostanza organica nelle 2 tipologie di concimazione: è il caso delle unità BEV1, CGN1, GNC1, MEL1, PAS1, RNN1, RSN1.

In altri casi il carbonio organico negli appezzamenti con effluenti è simile o inferiore a quello del corrispettivo minerale ma a fronte di un minor contenuto di argilla: EST1, MLL1, PAO1, SLR1, VAN1.

Infine in altre situazioni si verifica che l'appezzamento organico abbia più sostanza organica ma a fronte di una percentuale di argilla più alta: GHE1, MND1.

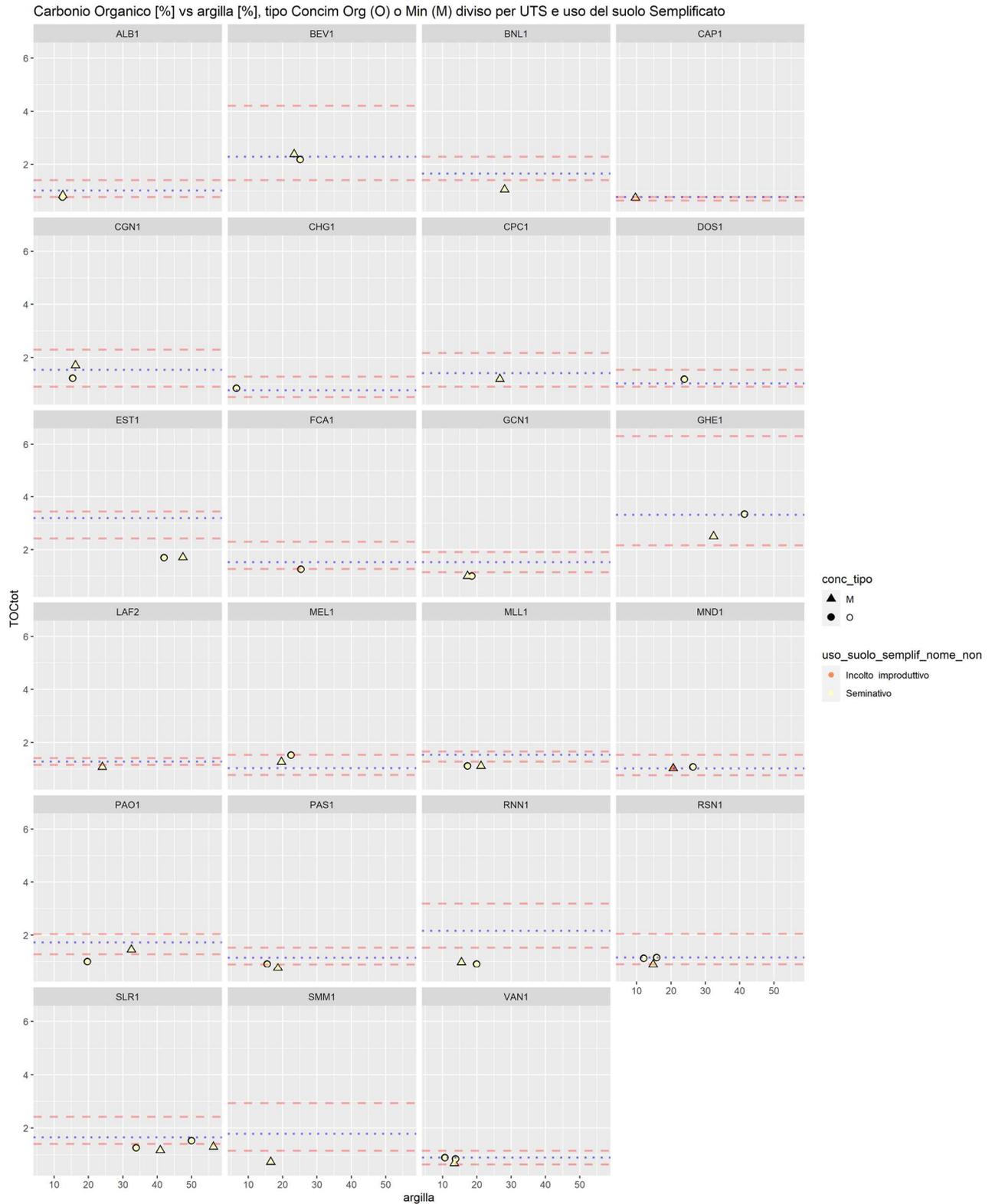


Figura 6: Carbonio organico (y) vs argilla (x) dei campioni suddivisi per uso del suolo e tipologia di concimazione ORG/MIN, raggruppati per Unità tipologica di suolo (UTS) di appartenenza; linea blu= valore modale del carbonio organico della UTS; linea rossa= valori minimo e massimo del carbonio organico della UTS.

6.3 Azoto totale

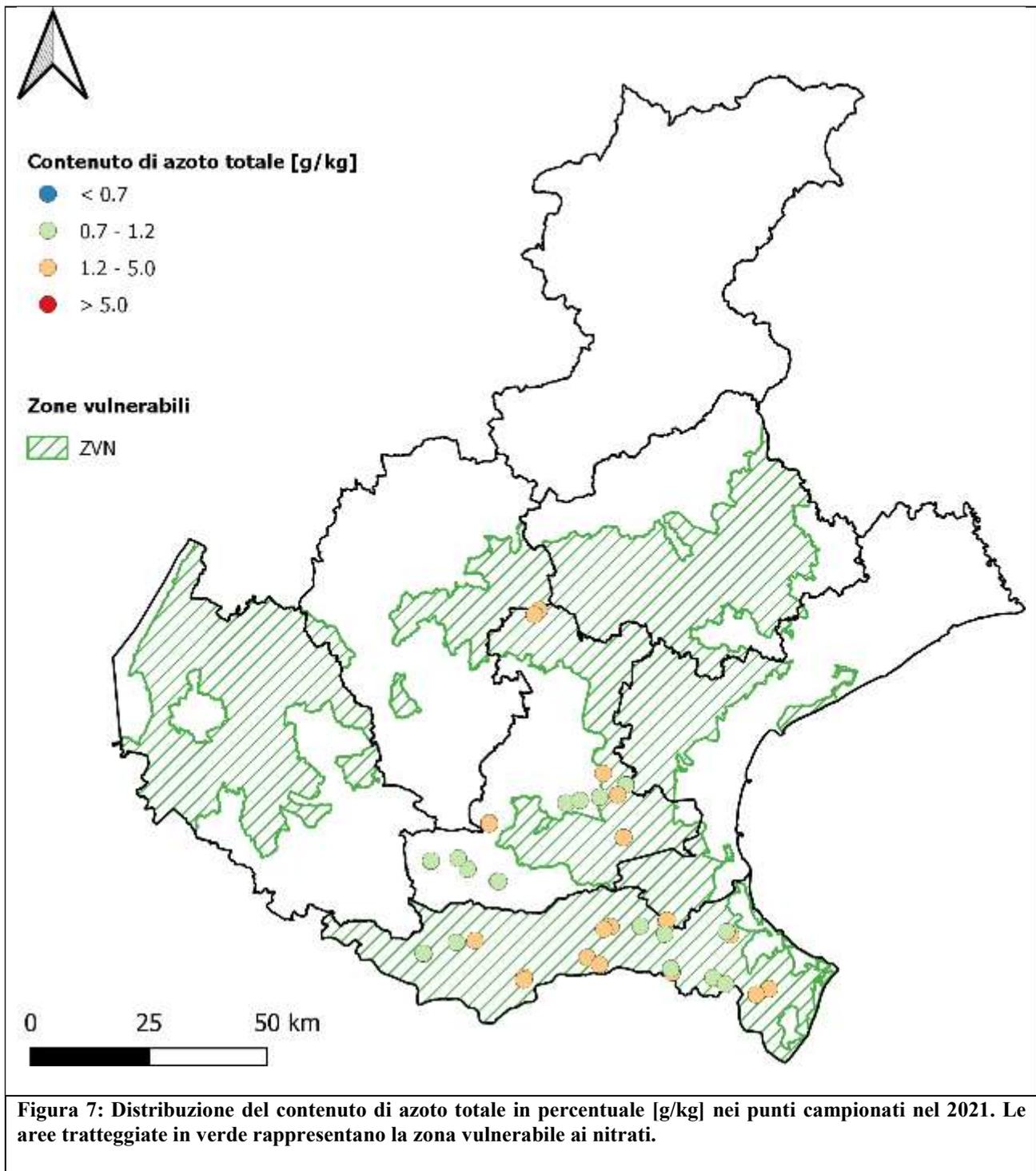
I suoli campionati nel 2021 sono stati classificati in base al contenuto di azoto totale, espresso in g/kg; i valori e la distribuzione sono visibili in Tabella 11.

La maggior parte dei suoli hanno una dotazione di azoto totale ricca (52% del totale dei campioni) o media (48%); confrontati alla media dei suoli della pianura veneta hanno valori nelle classi centrali. I terreni concimati con minerale hanno dei valori leggermente inferiori rispetto ai terreni concimati con organico.

Giudizio	Contenuto g/kg	N dati	Percentuale sul totale	% suoli veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Scarso	<0.7	0	0	4	0	0	0	0
Medio	0.7-1.2	20	48	31	8	38	12	57
Ricco	1.2-5	22	52	65	13	62	9	43
Molto Ricco	>5	0	0	1	0	0	0	0

Tabella 11: Distribuzione contenuto di azoto totale in classi e confrontati con la distribuzione media dei valori nella pianura veneta.

La distribuzione delle diverse classi dell'azoto totale sul territorio campionato sono illustrate in Figura 7.



6.3.1 Distribuzione Ntot in base alla tipologia di concimazione

I valori statistici riassuntivi inerenti l'azoto totale in funzione della zona e della tipologia di concimazione (organica vs minerale) sono riassunti in

Tabella 6; i valori tabellati sono illustrati in modalità grafica anche tramite boxplot in Figura 8.

I terreni concimati con organico presentano valori lievemente superiori di Ntot rispetto a quelli concimati con minerale, sebbene questa differenza non risulti significativa a livello di test statistico.

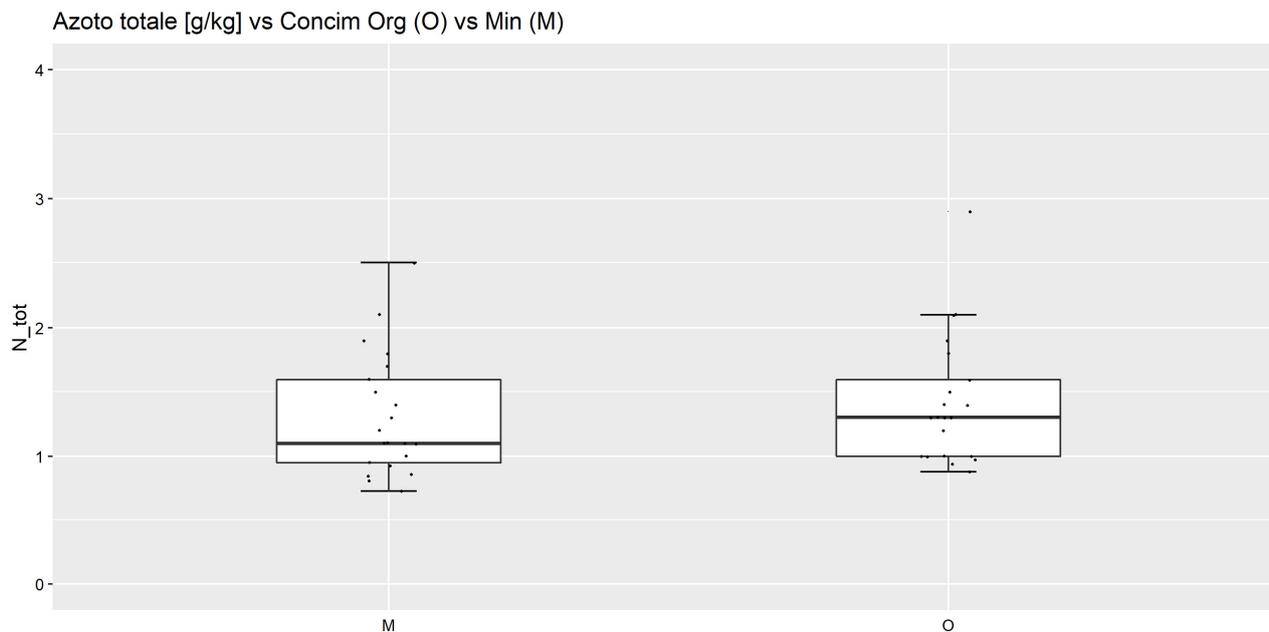


Figura 8: Boxplot per azoto totale in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).

6.3.2 Azoto totale in base a tipologia di effluente

La distribuzione dell'azoto totale nel terreno, diviso per tipologia di effluente (Figura 9), è analoga a quella del carbonio: i terreni concimati con pollina hanno valori mediani maggiori degli altri effluenti; i terreni concimati con minerale presentano valori in media più bassi.

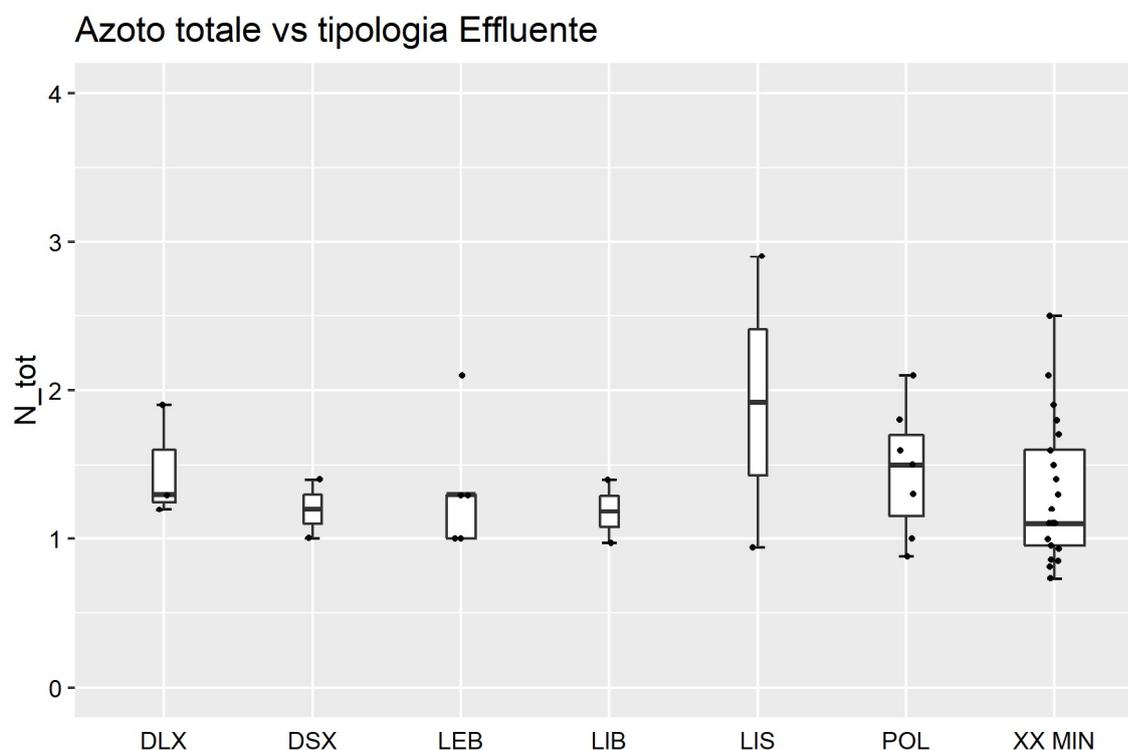


Figura 9: Boxplot valori di azoto totale in funzione della tipologia di effluente.

6.4 Rapporto C/N

Il parametro, ottenuto dividendo i contenuti percentuali di carbonio organico e azoto totale, è utilizzato come indice del ricambio della materia organica e del livello di umificazione del materiale organico [Ballabio et al. 2019, Giandon e Bortolami 2007].

Il rapporto è elevato nei residui vegetali e si abbassa al progredire del processo di stabilizzazione; è ritenuto equilibrato un rapporto C/N pari a circa 10. Nei terreni con C/N <9 prevalgono le reazioni di ossidazione che portano ad una diminuzione di sostanza organica e a un rilascio di azoto assimilabile. I campioni del 2021 presentano dei valori relativamente bassi, con il 50% dei casi con tenori <9, maggiormente diffusi nei suoli concimati con materiale organico (Tabella 12 e Figura 10), anche se non si riscontrano differenze significative tra i terreni concimati con organico e minerale (Tabella 13).

In merito alle diverse tipologie di effluente, i terreni concimati con minerale hanno un range di variabilità che copre l'intero intervallo; i terreni concimati con organico invece presentano valori diversi in funzione della specifica tipologia di effluente: i terreni concimati con pollina mostrano rapporti C/N tendenzialmente bassi (inferiori a 9) mentre quelli concimati con letame hanno valori mediani superiori a 9 (Figura 11).

I test KW applicati ai diversi determinanti risultano in tutti i casi non significativi (Tabella 13).

Range C/N	N dati C/N	% C/N Dati 2021	N dati C/N ORG 2021	% C/N ORG 2021	N dati C/N MIN 2021	% C/N MIN 2021
<6	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0
7-8	8	19	6	29	2	10
8-9	13	31	7	33	6	29
9-10	17	41	6	29	11	52
10-11	2	5	1	5	1	5
11-12	2	5	1	5	1	5
>12	0	0	0	0	0	0

Tabella 12: Distribuzione valori di rapporto C/N in classi.

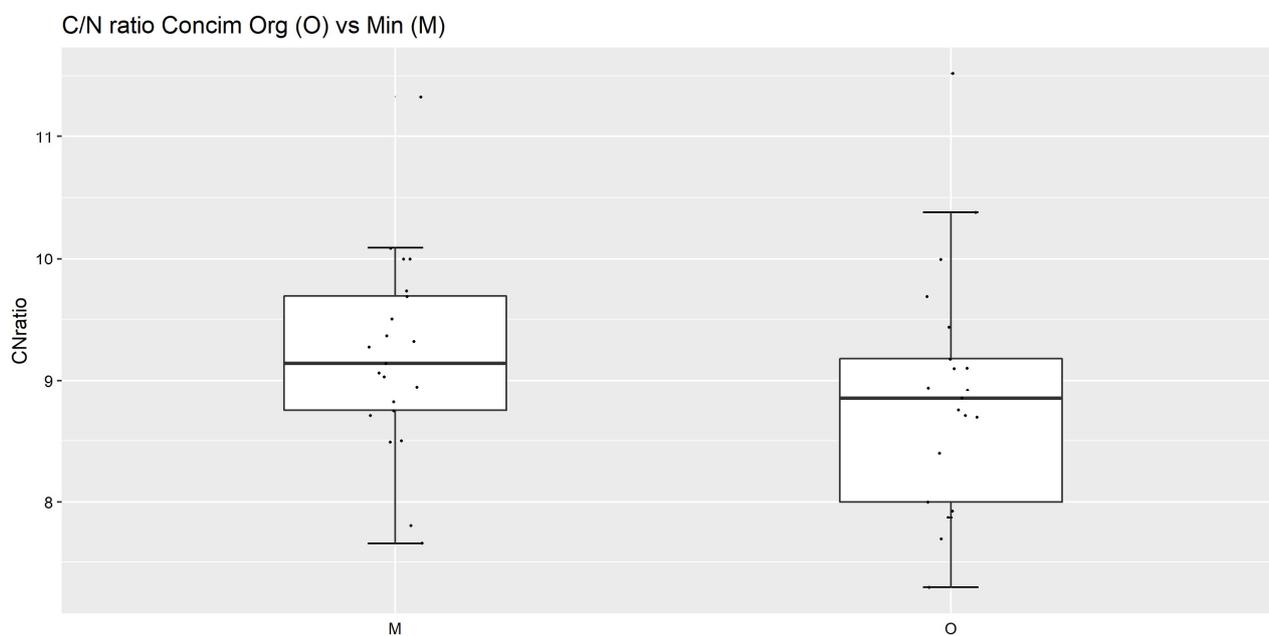


Figura 10: Boxplot per rapporto C/N in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).

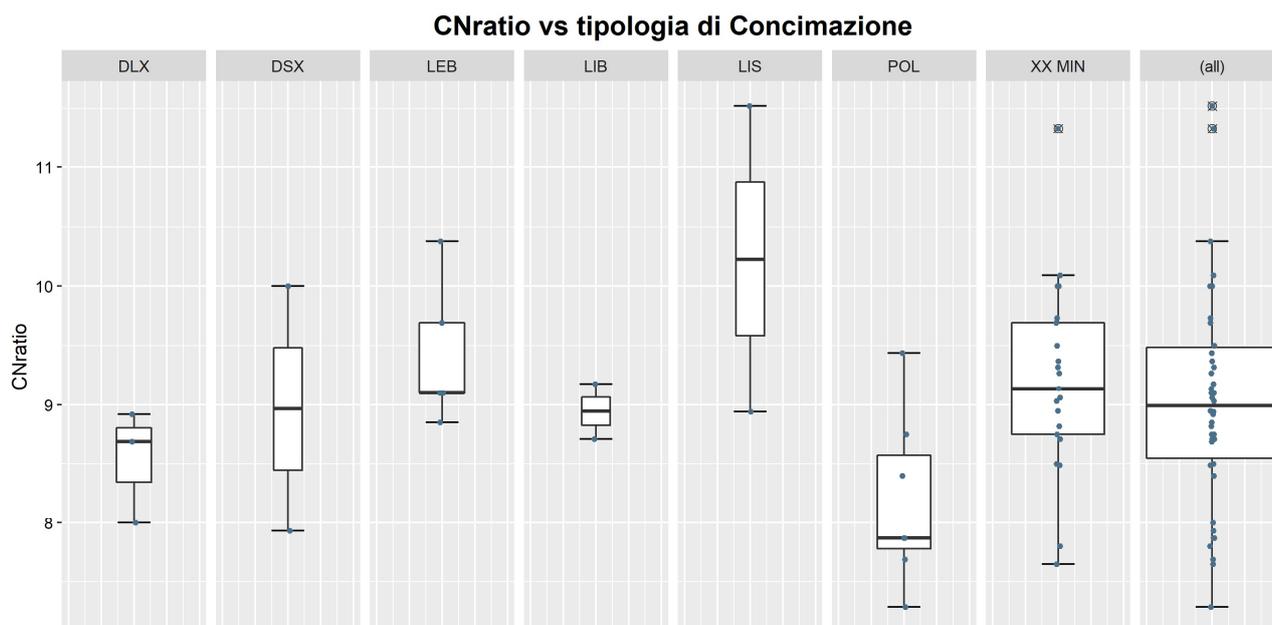


Figura 11: Boxplot per rapporto C/N in funzione della tipologia di effluente.

rapporto C/N	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.166
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente : LEB, LIS, ecc...	0.084
Kruskal-Wallis per ZV	0.540

Tabella 13: Risultati test statistici condotti sul rapporto C/N in funzione di 3 variabili.

6.5 Fosforo assimilabile e potassio scambiabile

Le dotazioni in **fosforo assimilabile** globalmente rispecchiano la media regionale dei suoli di pianura scostandosene però sensibilmente nella classe più alta (Tabella 14). Gli appezzamenti con concimazione minerale sono per il 62% scarsamente dotati mentre quelli con concimazione organica sono per il 57% molto ricchi.

Le concentrazioni risultano mediamente maggiori sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Figura 12).

In funzione della tipologia di effluente organico sparso (Figura 13), i valori maggiori di fosforo assimilabile riscontrati sono sui terreni trattati con digestato e pollina, in coerenza con i contenuti elevati in queste tipologie di effluenti; i valori nei campi concimati con minerale sono significativamente più bassi.

Giudizio	Contenuto P ass [mg/kg]	N dati Pass	Percentuale sul totale	% pianura Veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Scarso	<14	18	43	40	5	24	13	62
Medio	14-20	1	2	14	1	5	0	0
Ricco	20-45	9	21	29	3	14	6	29
Molto Ricco	>45	14	33	18	12	57	2	10

Tabella 14: Distribuzione contenuto di fosforo assimilabile in classi (blu), confrontati con le distribuzioni medie e divisi per concimazione organica (verde) e minerale (rosso).

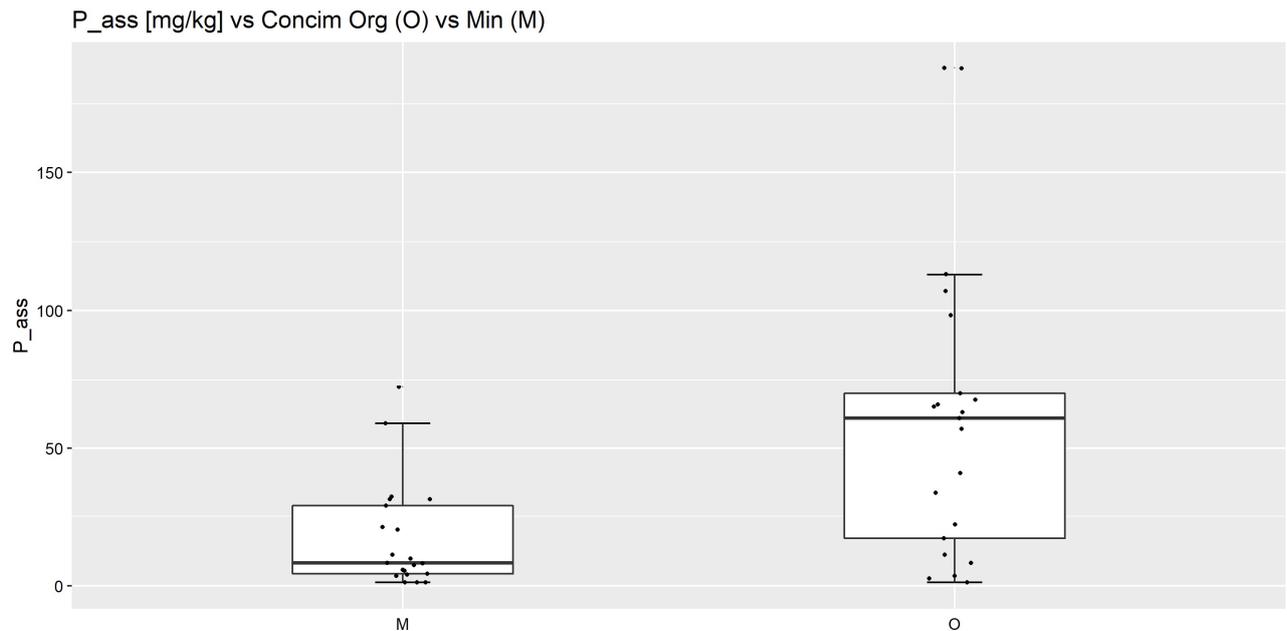


Figura 12: Boxplot per fosforo assimilabile in funzione di tipologia di concimazione (organica vs minerale).

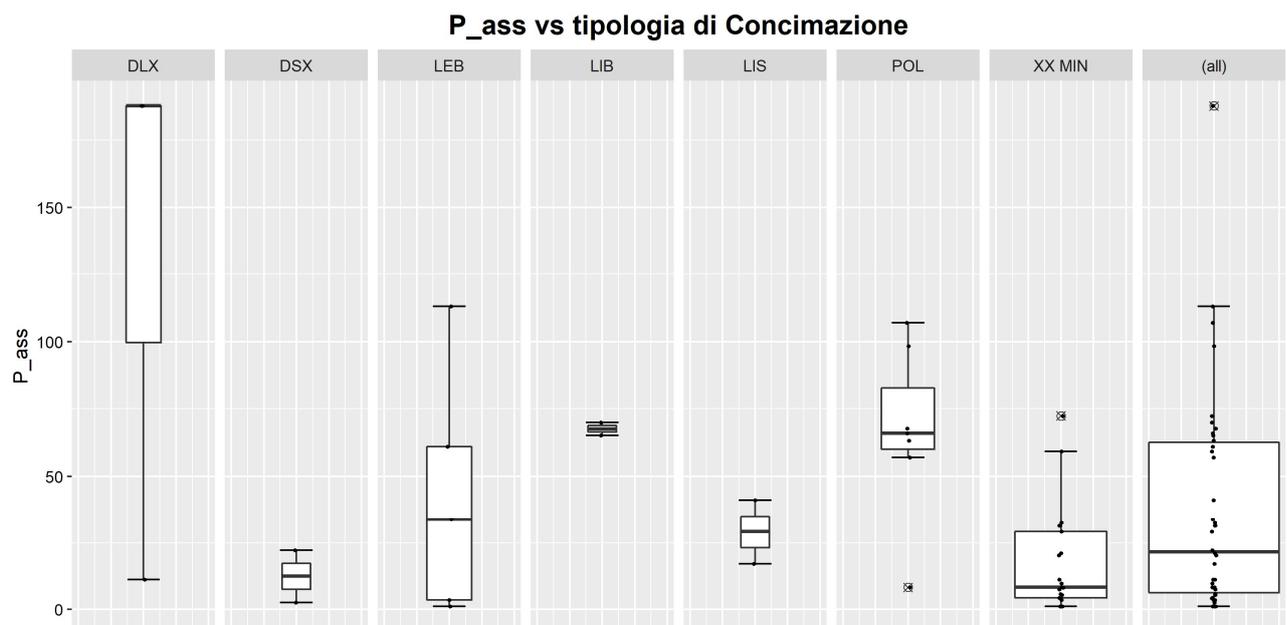


Figura 13: Boxplot per fosforo assimilabile in funzione della tipologia di effluente.

Dal confronto degli appezzamenti a concimazione minerale e organica riferiti allo stesso punto di campionamento (Figura 14) si osserva che in oltre la metà dei casi l'apporto organico porta a degli accumuli di fosforo nel terreno, in talune circostanze con incrementi notevoli (es. punti 17, 21, 34 e 66).

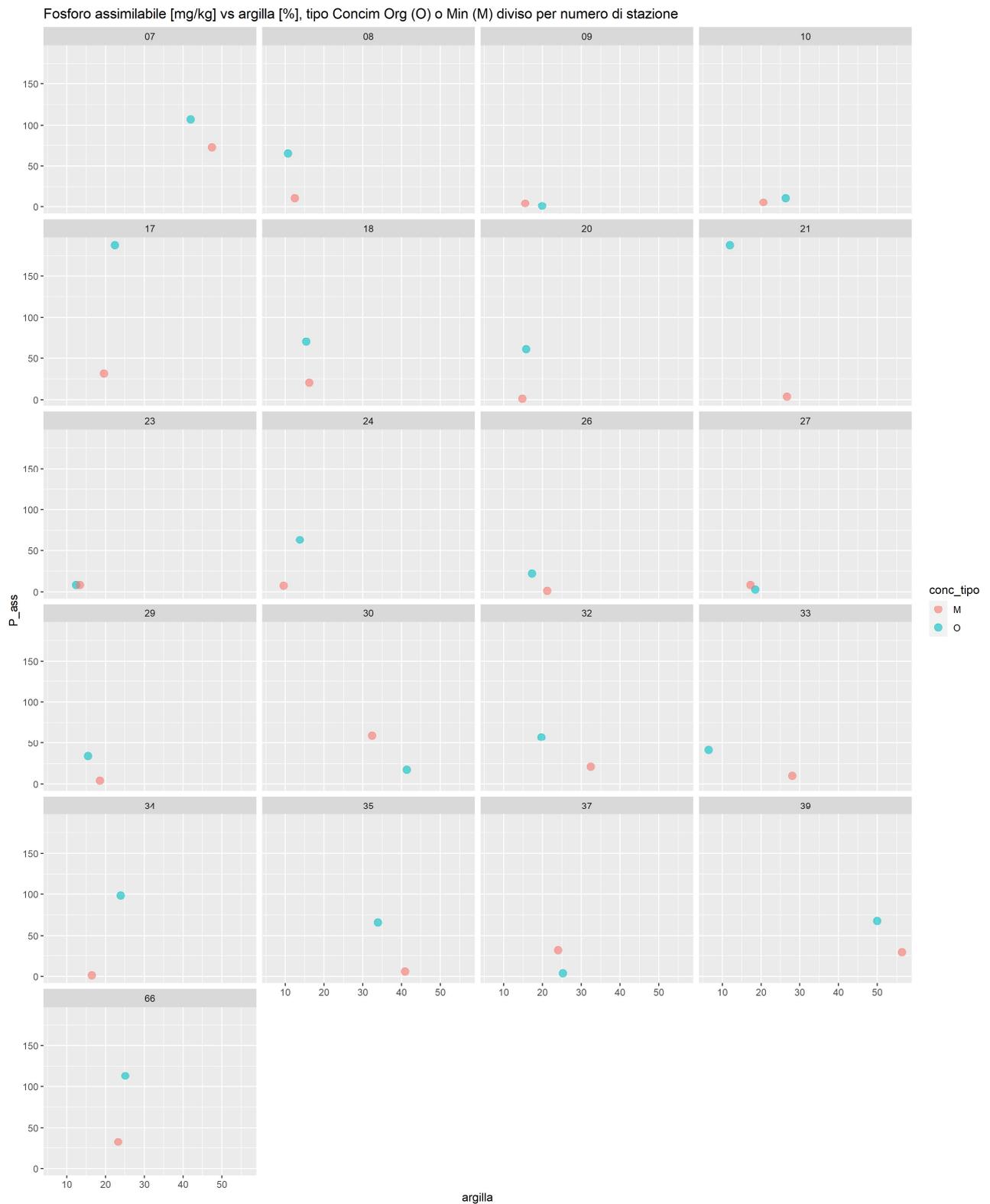


Figura 14: Contenuto di fosforo assimilabile (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).

Le dotazioni in **potassio scambiabile** sono abbastanza allineate con la distribuzione regionale (Tabella 15) ma si nota che la classe più alta (> 240 mg/kg) è maggiormente rappresentata (43%) per la maggior incidenza di terreni a concimazione organica.

Giudizio	Contenuto K scamb [mg/kg]	N dati	Percentuale sul totale	% Pianura Veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Scarso	<80	4	10	14	1	5	3	14
Medio	80-120	9	21	21	3	14	6	29
Ricco	120-240	11	26	41	4	19	7	33
Molto Ricco	>240	18	43	24	13	62	5	24

Tabella 15: Distribuzione contenuto di potassio assimilabile in classi (blu), confrontati con le distribuzioni medie dei valori nella pianura veneta (bianco) e divisi per concimazione organica (verde) e minerale (rosso).

Le concentrazioni risultano mediamente maggiori sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Figura 15).

Gli effluenti organici che comportano i valori più elevati di potassio assimilabile sono digestato, letame, pollina e liquame suino; i valori nei campi concimati con minerale sono invece significativamente più bassi (Figura 16).

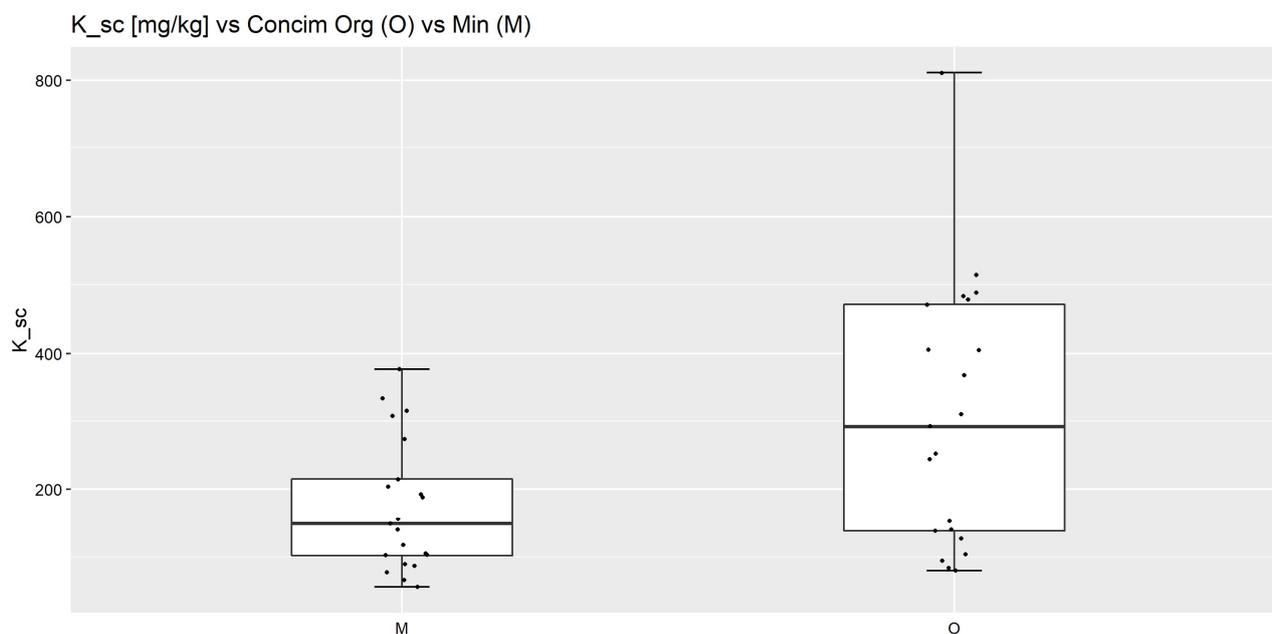


Figura 15: Boxplot per potassio scambiabile in funzione di zona e tipologia di concimazione (organica vs minerale).

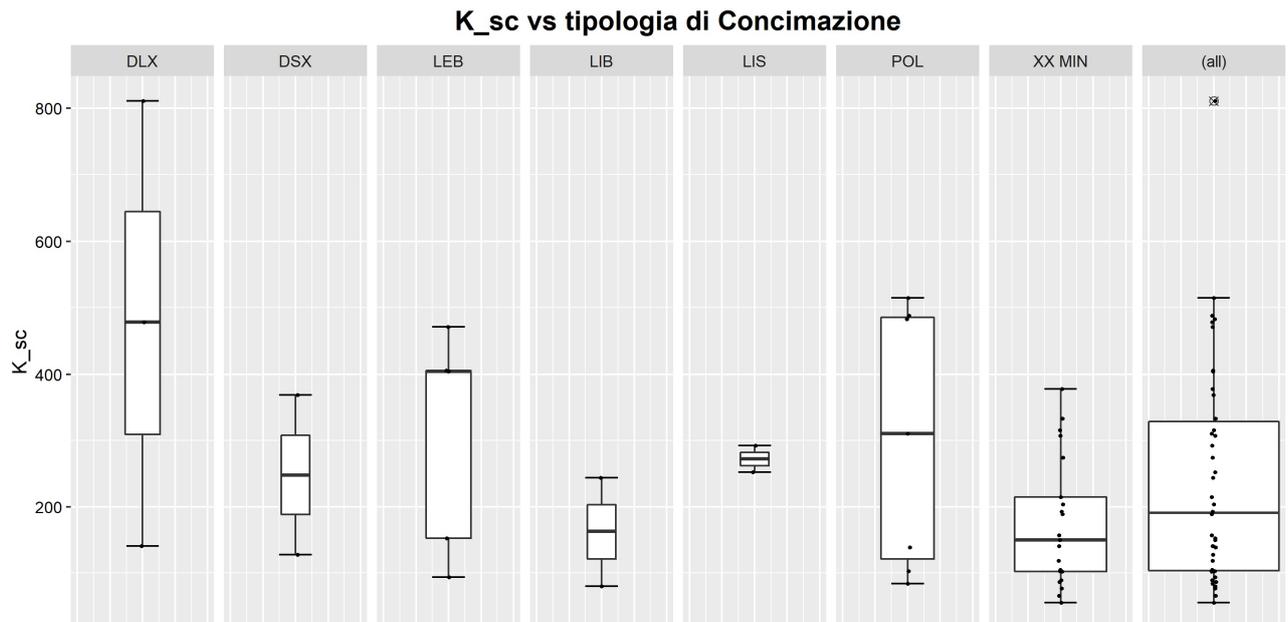


Figura 16: Boxplot per potassio scambiabile in funzione di zona e tipologia di concimazione (organica vs minerale) e per tipo di effluente.

Anche per il potassio sono stati messi a confronto gli appezzamenti a concimazione minerale e organica riferiti allo stesso punto di campionamento (Figura 17). Nel 50% dei casi la concimazione organica ha prodotto degli incrementi, in alcuni casi molto notevoli (es. punti 17 e 34) nella dotazione dell'elemento nutritivo.

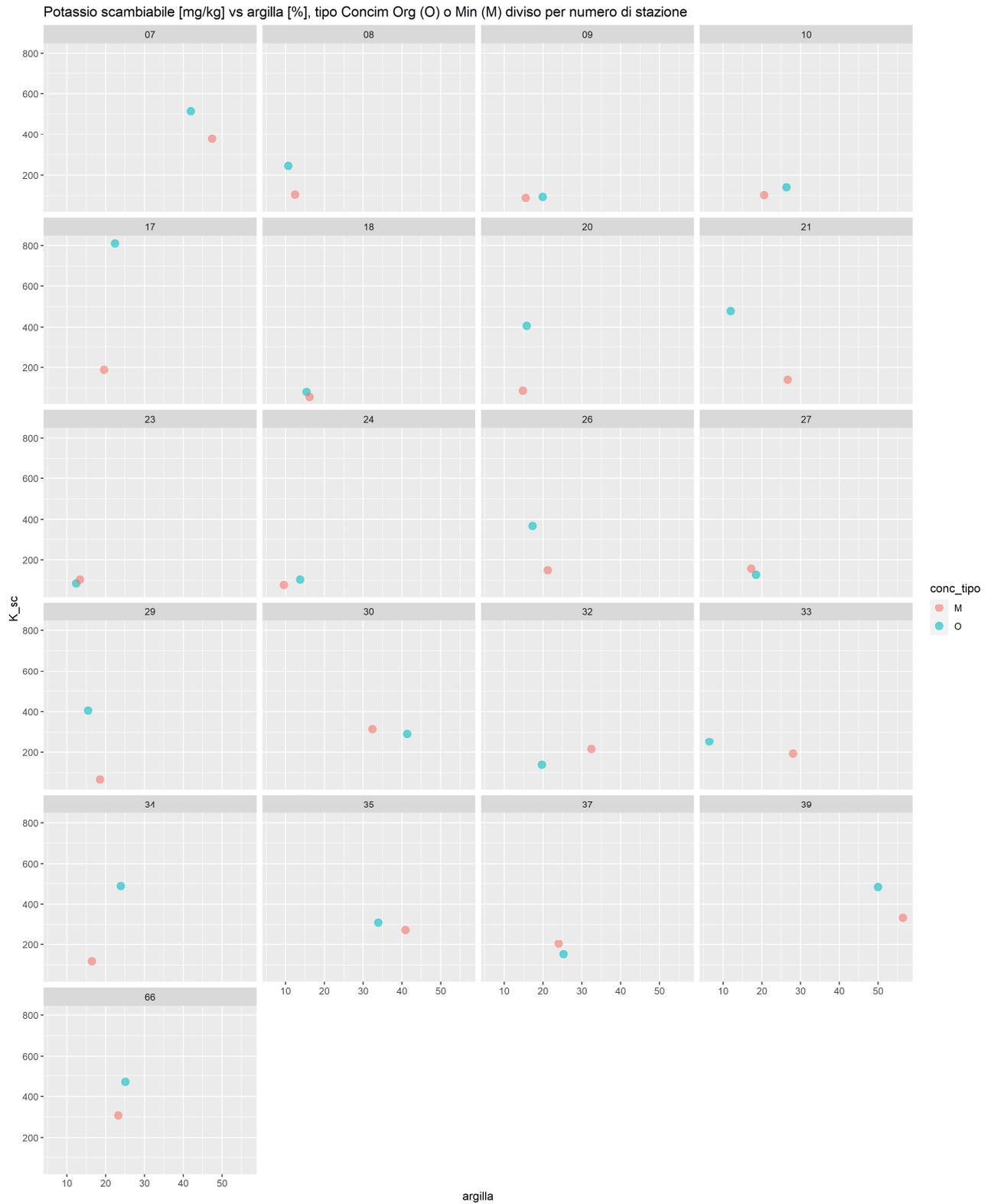


Figura 17: Contenuto di potassio scambiabile (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).

Per verificare se vi sia una differenza statistica sono stati condotti i test non parametrici di Kruskal-Wallis (di seguito KW) in funzione di 3 variabili:

- tipologia di concimazione (Organica vs Minerale)
- Tipologia effluente zootecnico o minerale (DLX, LEB, LIB, LIS, POL e Minerale)
- Zona (Vulnerabile vs Ordinaria)

Il test conferma una differenza statistica per entrambi gli elementi tra concimazione organica e minerale, all'interno delle varie tipologie di concimazione soltanto per il fosforo.

La concimazione organica appare dunque migliorare il tenore di fosforo e potassio.

Non si può invece affermare che vi sia differenza tra zone ordinarie e vulnerabili. I valori di p-Value del test KW sono riassunti in Tabella 16 e Tabella 17.

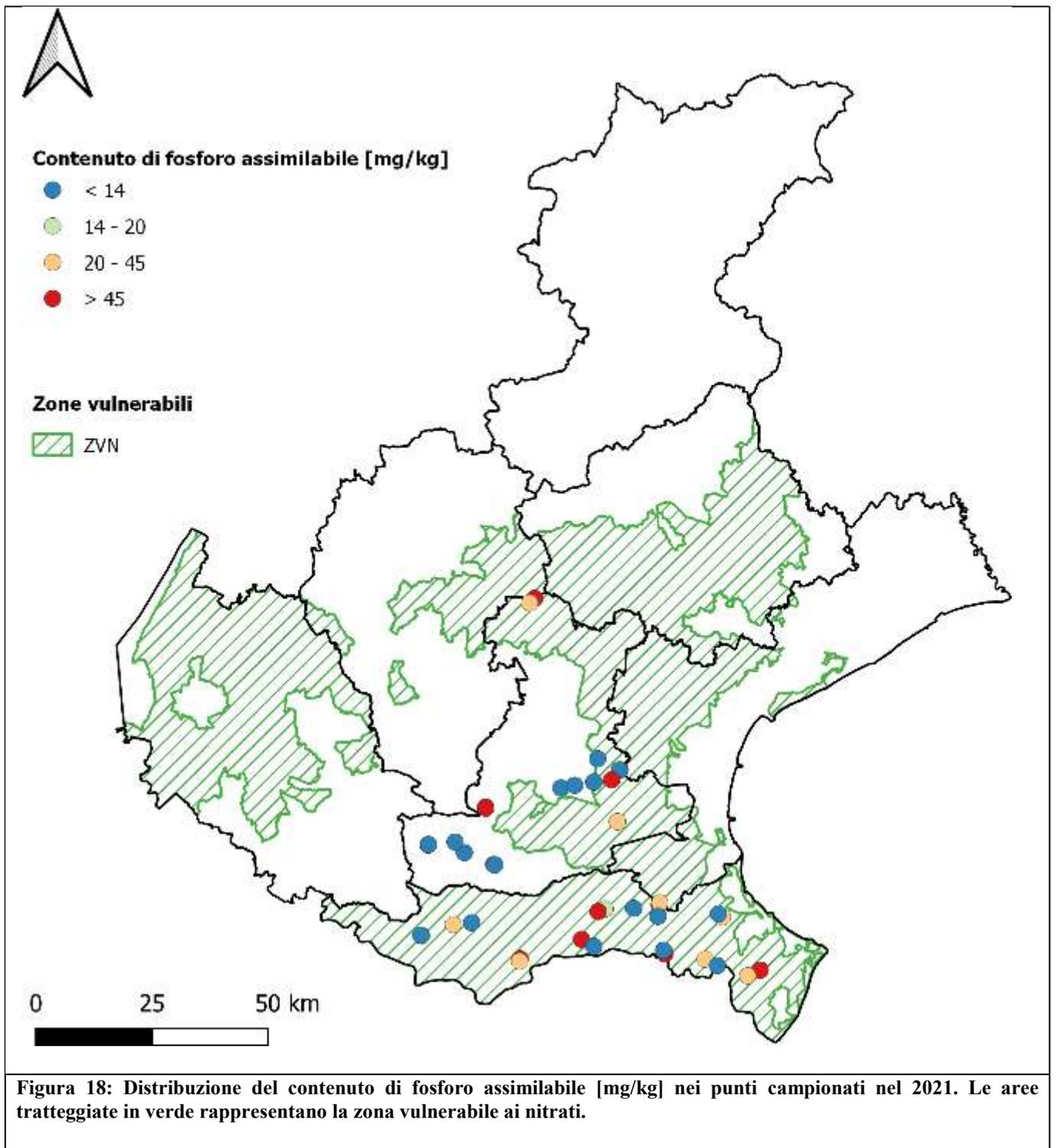
P ass	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.002
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	0.017
Kruskal-Wallis per ZV vs ZO	0.587

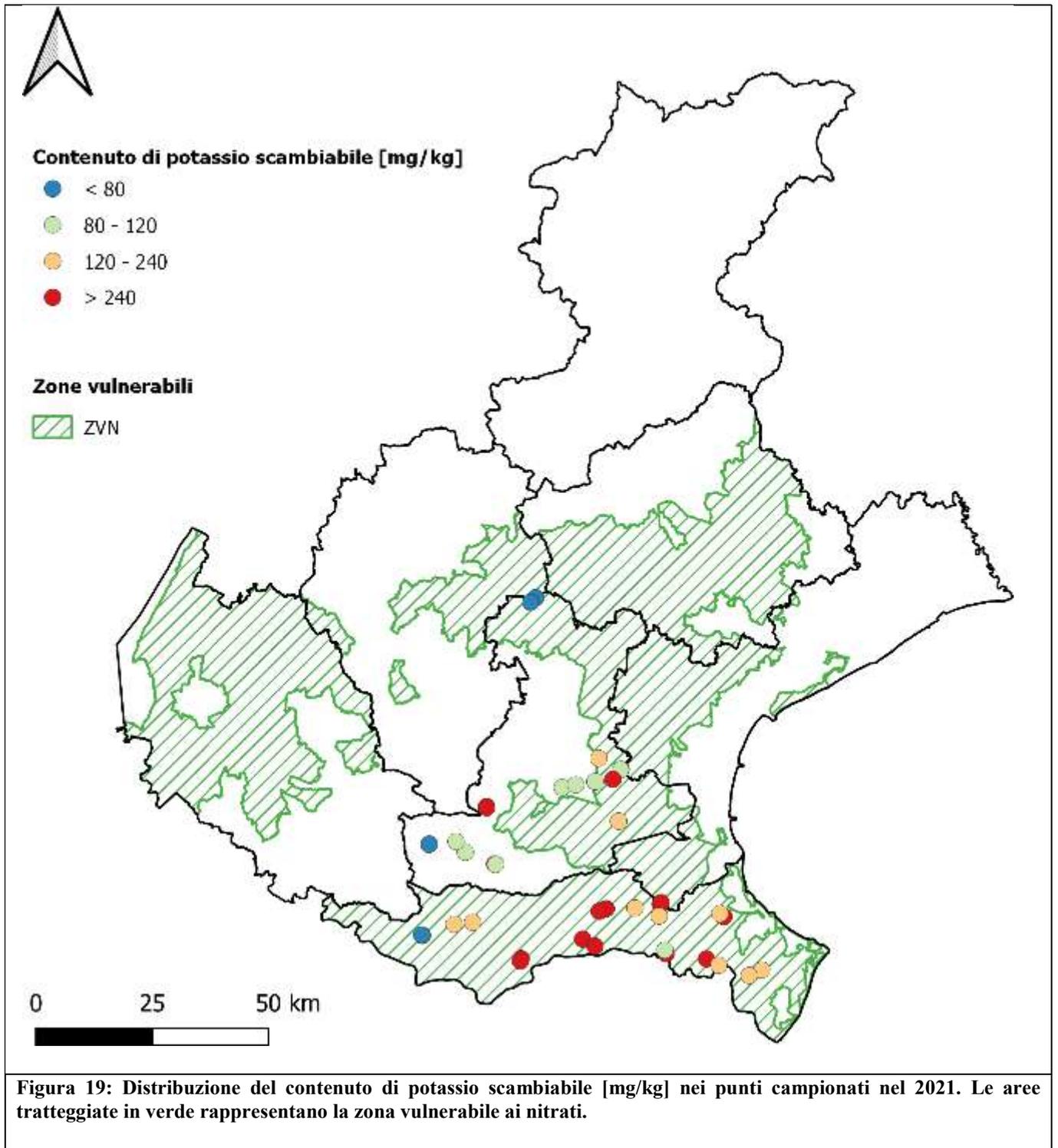
Tabella 16: Risultati test statistici condotti sul fosforo assimilabile in funzione di 3 variabili.

K sc	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.023
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	0.251
Kruskal-Wallis per ZV vs ZO	0.033

Tabella 17: Risultati test statistici condotti sul potassio scambiabile in funzione di 3 variabili.

La distribuzione delle diverse classi del fosforo e potassio assimilabile sul territorio campionato sono illustrate nelle Figure 18 e 19.





6.6 Salinit 

La salinit  del terreno   stata valutata attraverso la determinazione della conduttivit  elettrica (  stata considerata la diluizione 1:2): i terreni analizzati risultano globalmente non salini (86%) e leggermente salini solo nel 14% dei casi.

I terreni leggermente salini sono quasi tutti concimati con organico, solo un caso di terreni concimati con solo minerale (Tabella 18).

La concimazione organica sembra quindi influenzare la concentrazione di sali minerali, mantenendo in ogni caso le condizioni all'interno dei limiti per una buona crescita delle coltivazioni (Figura 20). Tale differenza   confermata anche tramite test statistico KW applicato alla conduttivit  elettrica (Tabella 19).

Le tipologie di effluente che maggiormente contribuiscono all'aumento del tenore salino sono il digestato ed il liquame suino (Figura 21).

Giudizio	Classe Conduttivit� 1:2 [dS/m]	N dati Conducib 1:2	% Conduttivit� 1:2 Dati 2020	N dati EC1:2 ORG 2020	% EC1:2 ORG 2020	N dati EC1:2 MIN 2020	% EC1:2 MIN 2020
Non salino	<0.4	36	86	16	76	20	95
Leggermente salino	0.4-1	6	14	5	24	1	5
Moderatamente salino	1-2	0	0	0	0	0	0
Molto salino	2-5	0	0	0	0	0	0
Estremamente salino	>5	0	0	0	0	0	0

Tabella 18: Distribuzione valori di conduttivit  elettrica in classi.

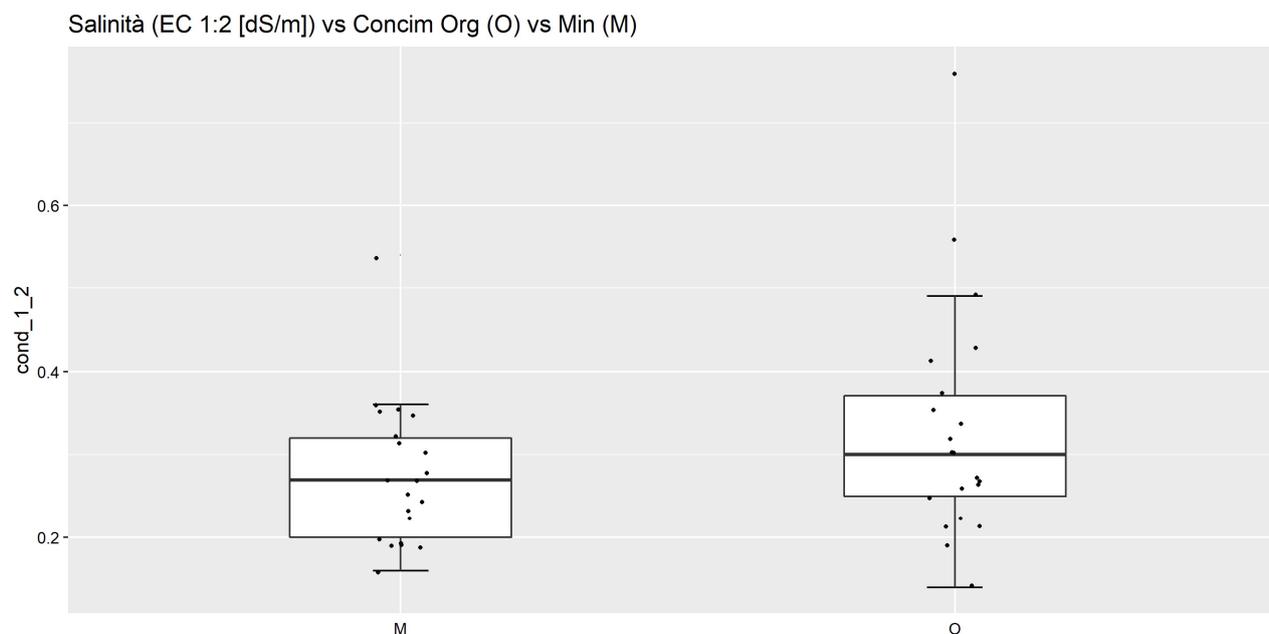


Figura 20: Boxplot per conduttivit  elettrica in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).

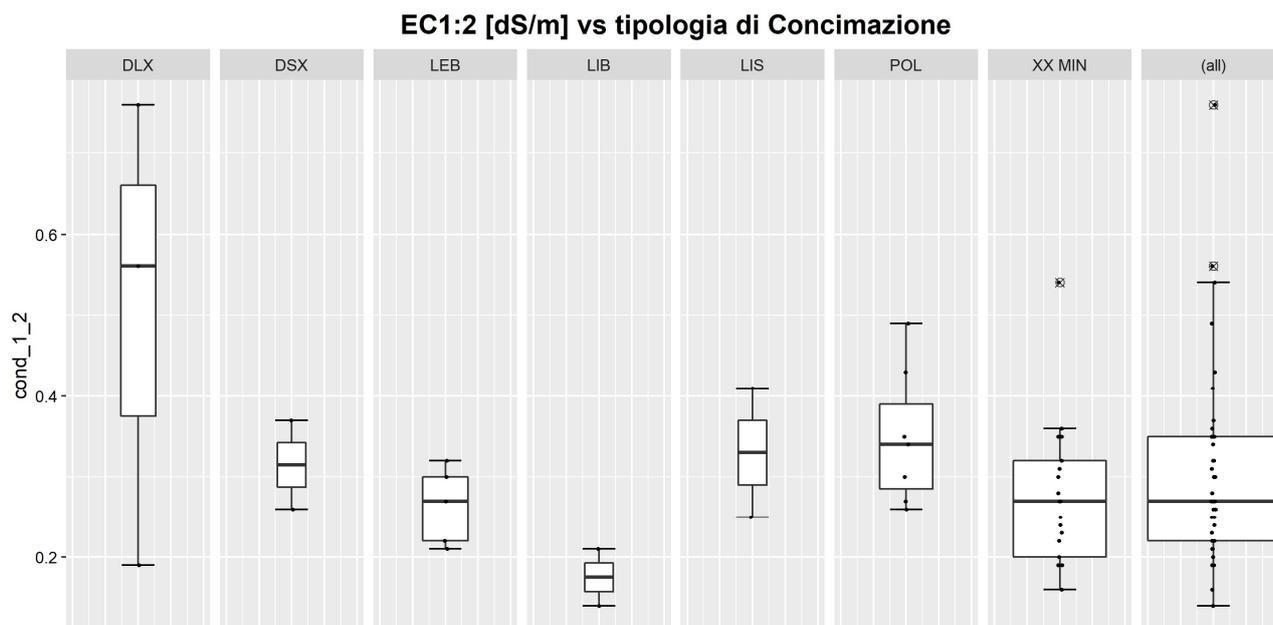


Figura 21: Boxplot per conduttività elettrica in funzione della tipologia di effluente.

EC 1:2	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.203
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente : LEB, LIS, ecc...	0.173
Kruskal-Wallis per ZV-ZO	0.002

Tabella 19: Risultati test statistici condotti sulla conduttività elettrica in funzione di 3 variabili.

6.7 Metalli

Le concentrazioni rilevate di rame e zinco sono state confrontate con i valori di fondo delle unità fisiografiche e deposizionali del Veneto in cui ricadevano (Figura 22 e 23).

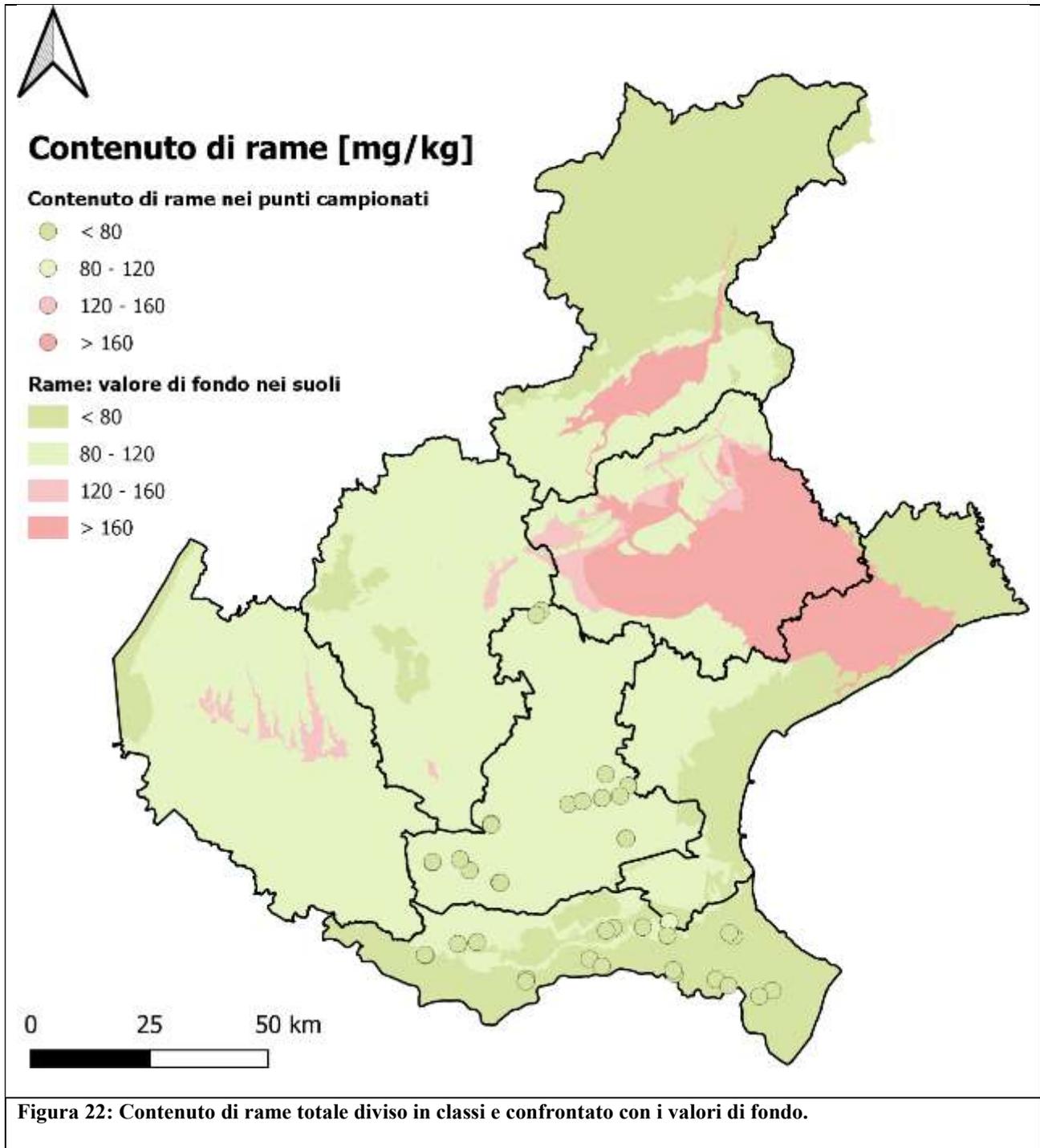
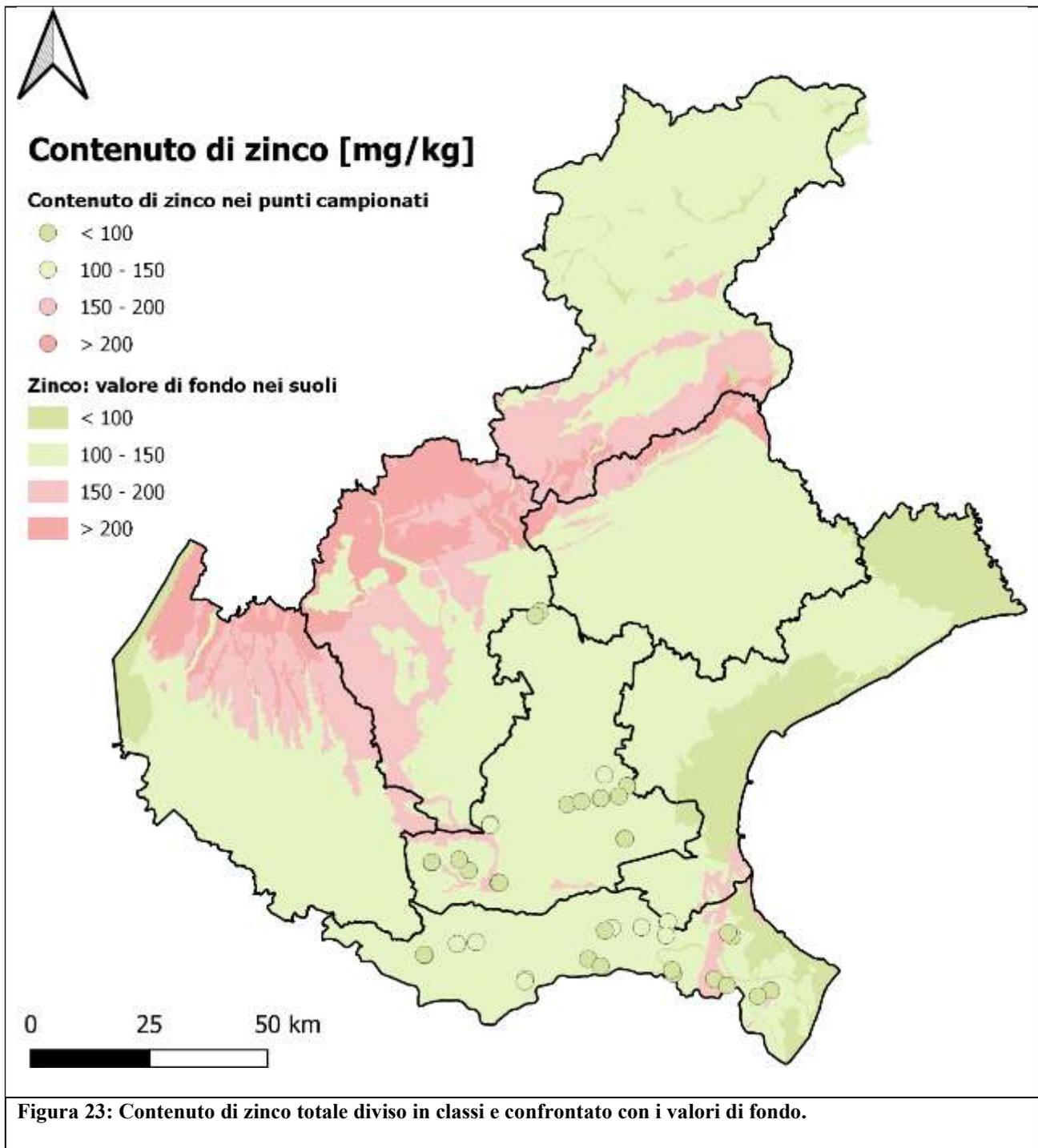


Figura 22: Contenuto di rame totale diviso in classi e confrontato con i valori di fondo.



I dati di rame e zinco sono stati rappresentati anche tramite boxplot (Figura 24 e Figura 25) in funzione della tipologia di concimazione (ORG vs MIN) e messi in relazione ai valori di fondo (95° percentile della concentrazione) e ai valori mediani dell'unità.

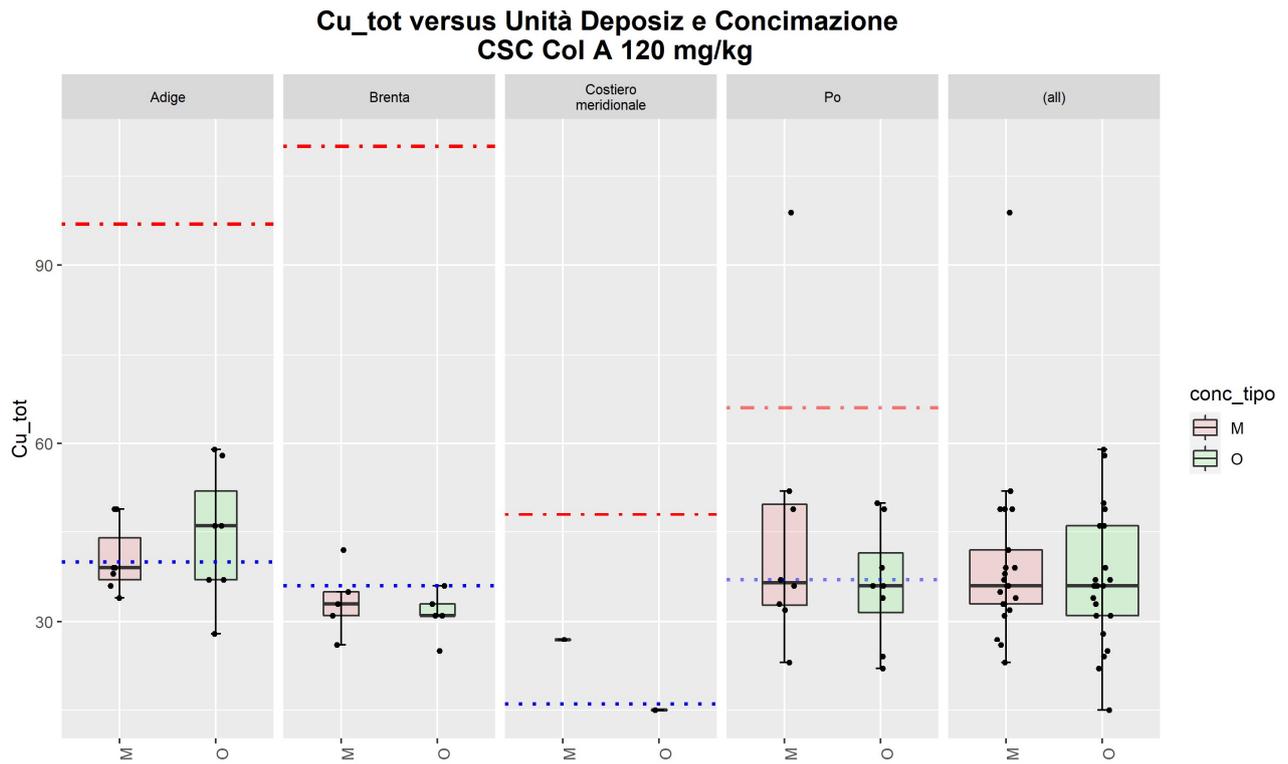


Figura 24: Boxplot livelli di Rame in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale); linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

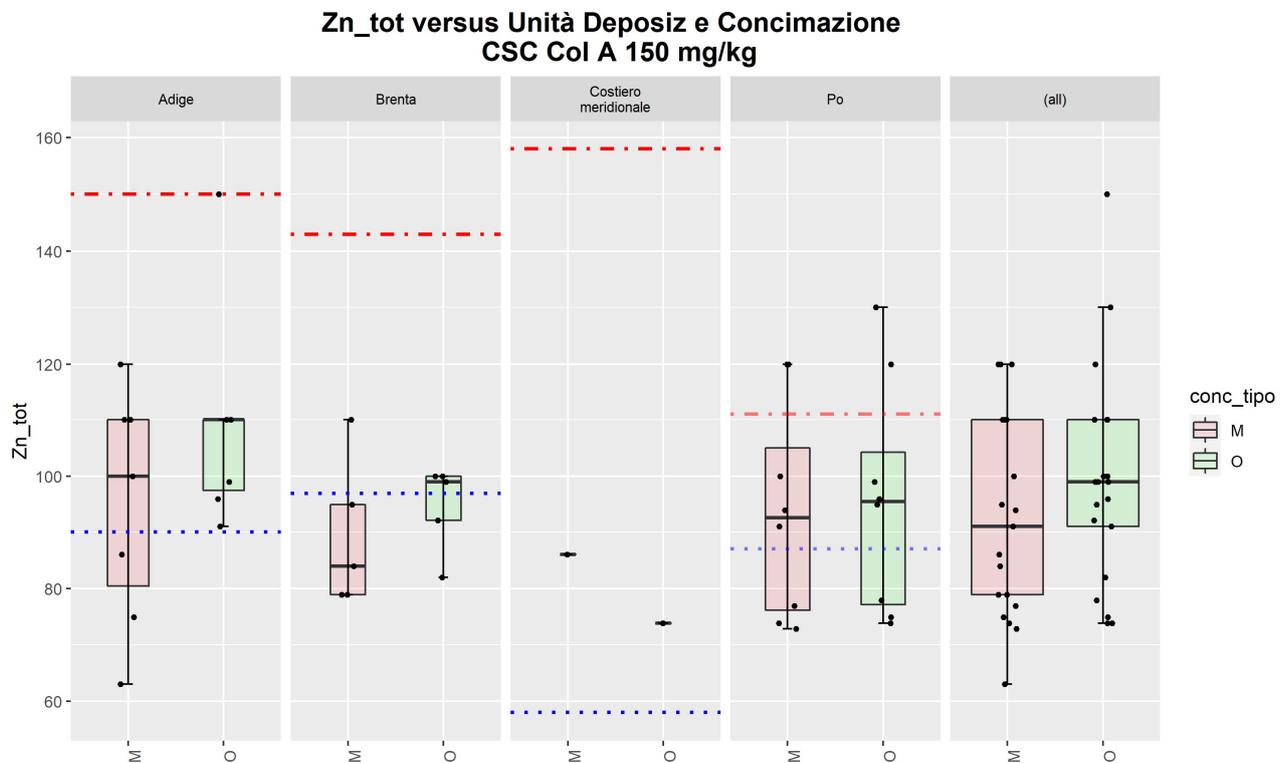


Figura 25: Boxplot livelli di Zinco in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale); linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

Si sono riscontrati alcuni superamenti del valore di fondo di rame e zinco ma solo in corrispondenza di tre stazioni di monitoraggio nell'unità del Po, caratterizzate da elevati contenuti di carbonio organico e argilla, entrambe condizioni che possono contribuire a spiegare la concentrazione più alta (ARPAV 2016). In ogni caso il tenore di rame e zinco restano all'interno dei limiti previsti dal DM 46/2019 per aree agricole (200 mg/kg per il rame e 300 mg/kg per lo zinco).

Per lo zinco si evidenziano dei valori leggermente superiori per la concimazione organica rispetto a quella minerale, la differenza è meno evidente per il rame.

Per qualche stazione (Figure 26 e 27) si verifica che l'appezzamento concimato con minerale ha contenuti superiori di metalli rispetto al vicino appezzamento con concimazione organica (es. punto 21, 32 e 66) ma a fronte di un maggior contenuto di argilla o sostanza organica.

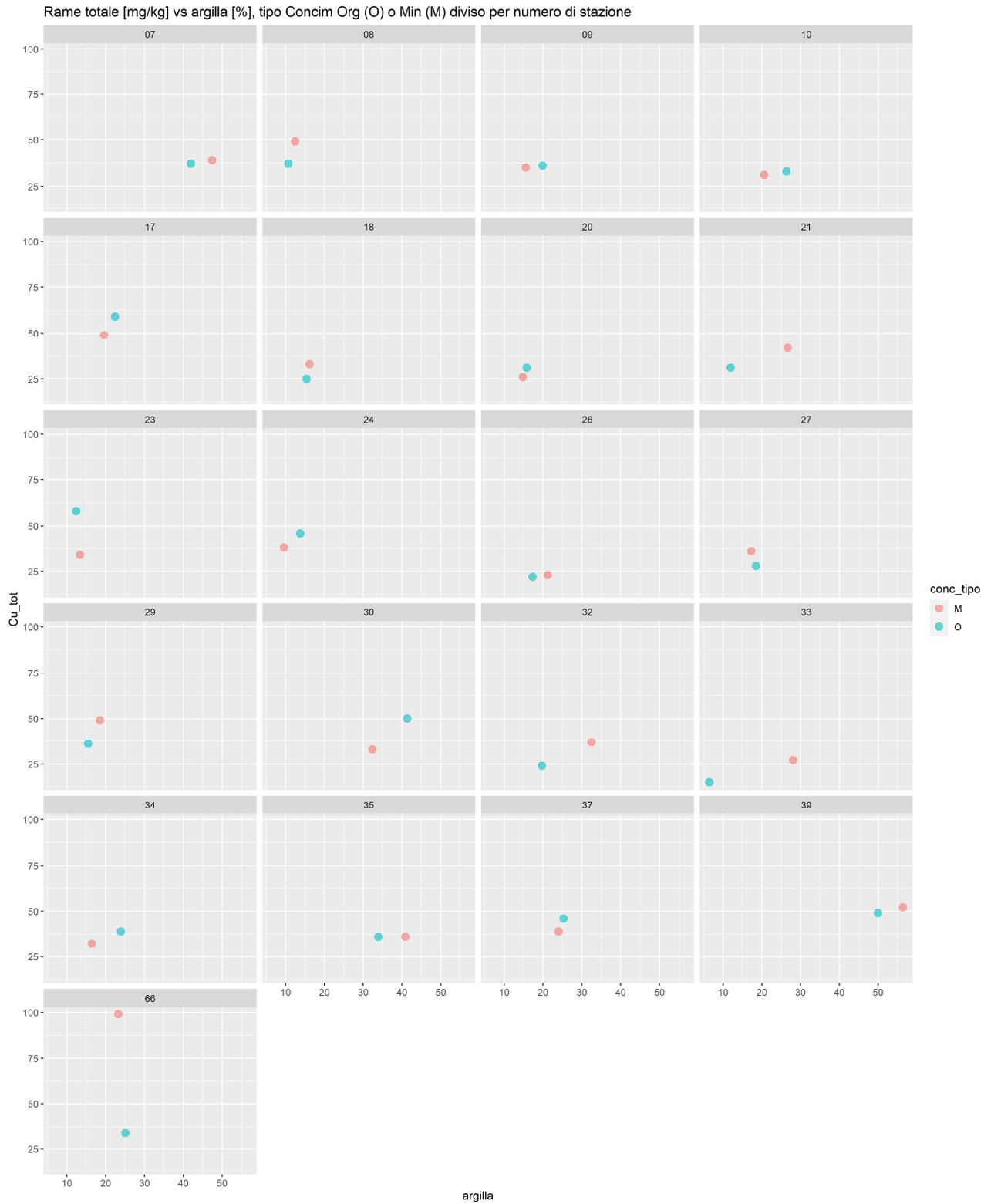


Figura 26: Contenuto di Rame (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).



Figura 27: Contenuto di Zinco (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).

In Figura 28 e Figura 29 si riportano i boxplot dei contenuti di rame e zinco per diverse tipologie di effluenti sempre divisi per unità deposizionali, confrontate rispetto ai valori di fondo (mediana e 95° percentile).

Sia per il rame che per lo zinco si notano degli arricchimenti rispetto al valore mediano, più evidenti per lo zinco e nel gruppo concimato con pollina (che di contro è il gruppo con il numero maggiore di campioni). Va osservato che l'esiguo numero di campioni per molti gruppi non è sufficiente per considerazioni ragionevoli e supportate da significatività statistica. Infatti la variabilità dei valori riscontrati per ogni tipologia di effluente è piuttosto alta ed è difficile poter individuare il singolo effluente che maggiormente induce un accumulo.

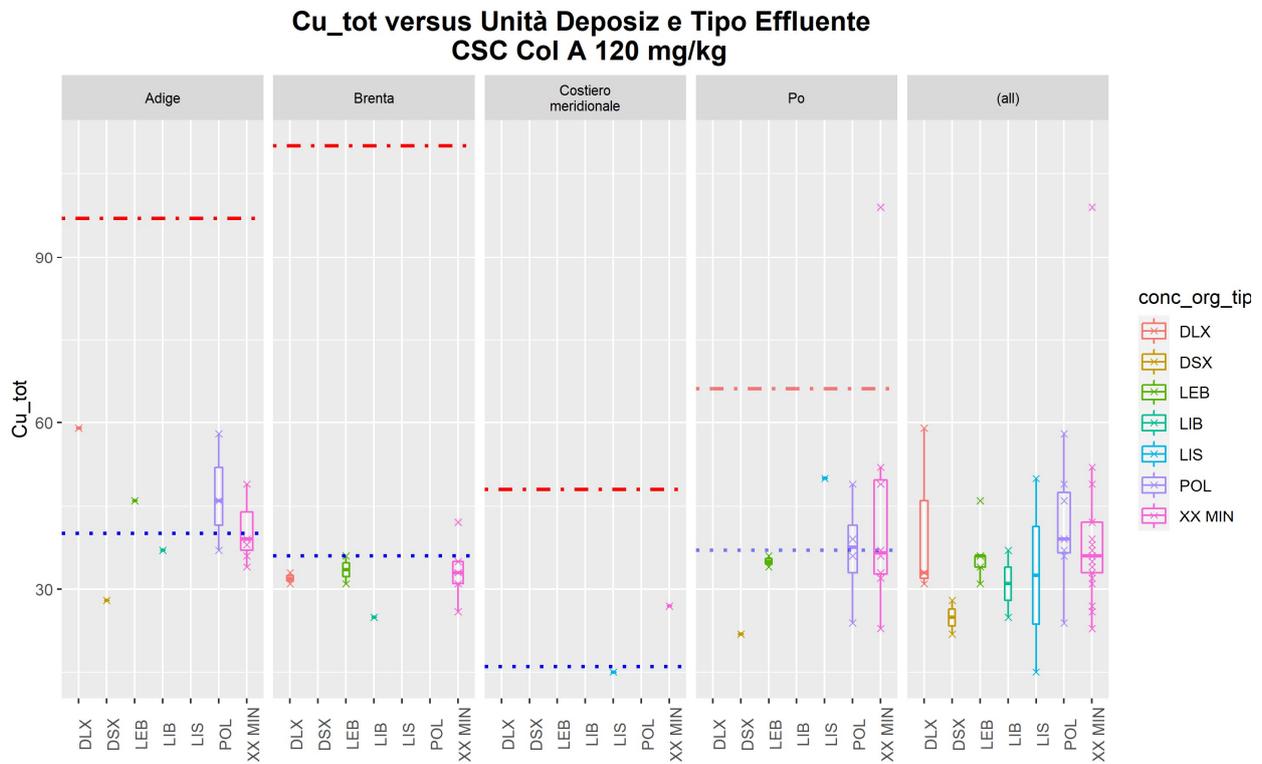


Figura 28: Boxplot livelli di Rame in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di effluente; linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

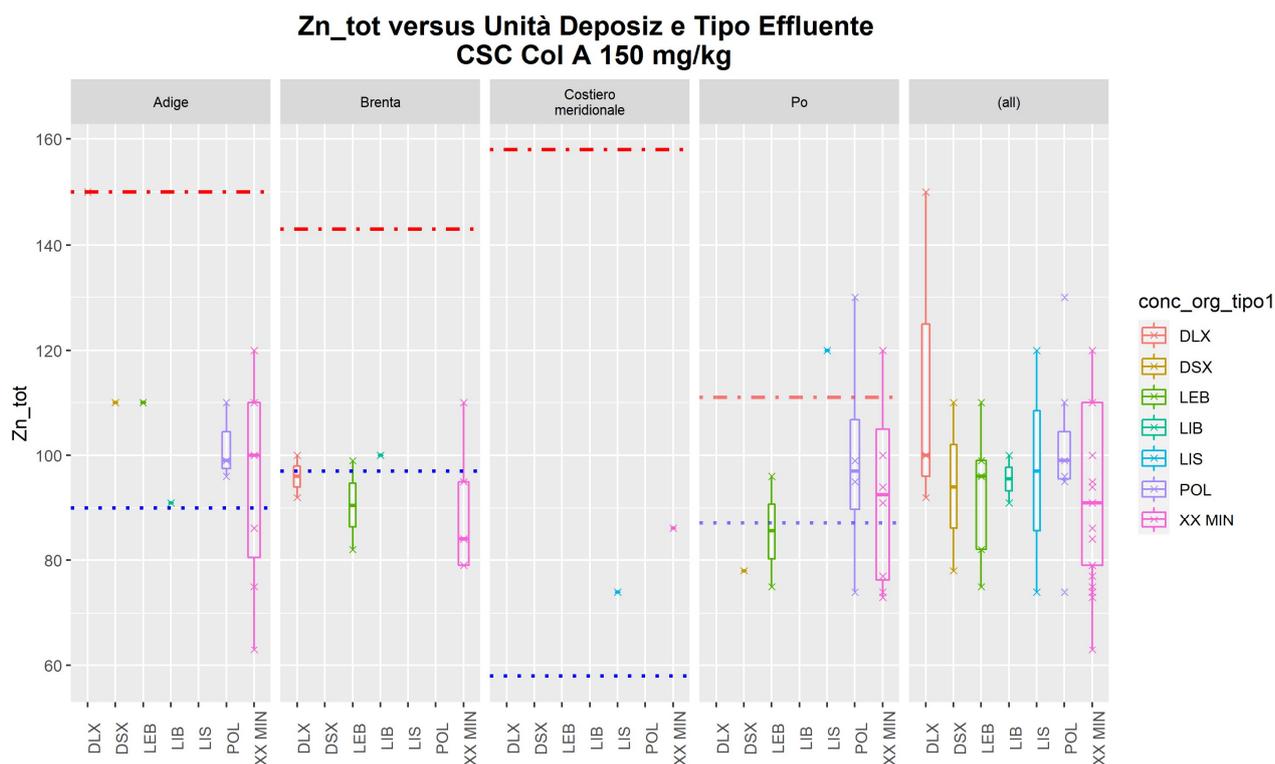


Figura 29: Boxplot livelli di Zinco in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di effluente; linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

Sono stati condotti i test KW in funzione delle 3 variabili principali: in nessun caso il test è risultato significativo (Tabella 20).

Gruppi	p.Value per Rame	p.Value per Zinco
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.623	0.338
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	0.458	0.894
Kruskal-Wallis per ZV	0.322	0.252

Tabella 20: p-value risultanti dal test KW applicato ai metalli Cu e Zn in funzione di 3 fattori

6.8 Forme azotate

Nel 2021 oltre ai parametri determinati nel primo anno di monitoraggio sono state eseguite anche le analisi relative alle forme dell'azoto nel terreno.

Le concentrazioni rilevate sono fortemente dipendenti da molteplici fattori: dal tipo e dallo stato della coltura (es. coltura in atto, suolo nudo con residui colturali, suolo lavorato), dal tipo di concimazione (organica e minerale), dalla dose del concime distribuito e dal tempo intercorso tra la concimazione e il campionamento, oltre che dalla tipologia di suolo (tessitura, contenuto intrinseco di carbonio organico, permeabilità) e da fattori climatici (temperatura e piovosità) che influenzano i processi di trasformazione nelle varie forme azotate e il movimento con la soluzione circolante nel suolo.

I dati delle forme azotate sono stati raggruppati per tipologia di effluente (Tabella 21 e Figura 30)

Tipo Concime	Forma Azotata	n	Media	Mediana	Min	Max	Dev. Stand.
Digestato	N_NO3	3	23.83	30.05	2.4	39.04	19.1
Digestato	N_NO2	3	0.18	0.19	0.08	0.28	0.1
Digestato	N_NH4	3	1.16	1.55	0.37	1.55	0.68
Digestato	N_tot_estr	3	36.19	52.09	3.7	52.78	28.14
Digestato solido	N_NO3	2	9.9	9.9	2.82	16.97	10.01
Digestato solido	N_NO2	2	0.13	0.13	0.08	0.17	0.06
Digestato solido	N_NH4	2	1.2	1.2	1.19	1.21	0.01
Digestato solido	N_tot_estr	2	12.81	12.81	6.01	19.6	9.61
Letame bovino	N_NO3	5	7.02	7.97	0.5	11.8	4.14
Letame bovino	N_NO2	5	0.16	0.16	0.11	0.25	0.05
Letame bovino	N_NH4	5	1.14	1.17	0.99	1.23	0.09
Letame bovino	N_tot_estr	5	11.69	11.96	6.07	15.4	3.54
Liquame bovino	N_NO3	2	2.4	2.4	1.89	2.9	0.71
Liquame bovino	N_NO2	2	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01
Liquame bovino	N_NH4	2	1.8	1.8	0.28	3.32	2.15
Liquame bovino	N_tot_estr	2	7.11	7.11	4.4	9.81	3.83
Liquame suino	N_NO3	2	5.79	5.79	0.5	11.08	7.48
Liquame suino	N_NO2	2	0.22	0.22	0.22	0.22	0
Liquame suino	N_NH4	2	2.46	2.46	1.52	3.4	1.33
Liquame suino	N_tot_estr	2	10.5	10.5	8.02	12.97	3.5
Pollina	N_NO3	7	11.82	8.9	1.55	31.48	11.39
Pollina	N_NO2	7	0.17	0.13	0.01	0.37	0.14
Pollina	N_NH4	7	2.02	1.28	0.2	4.8	1.76
Pollina	N_tot_estr	7	22.53	14.07	4.1	50.94	17.54
Minerale	N_NO3	21	6.73	5.97	0.50	19.20	5.36
Minerale	N_NO2	21	0.10	0.11	0.02	0.23	0.06
Minerale	N_NH4	21	1.48	1.29	0.32	4.23	0.94
Minerale	N_tot_estr	21	11.73	10.34	4.16	35.63	7.80

Tabella 21: Raggruppamento dei dati delle forme azotate nel suolo (mg/kg) per tipologia di concimazione.

Boxplot forme azotate [mg/kg] in funzione delle tipologie di concimazione

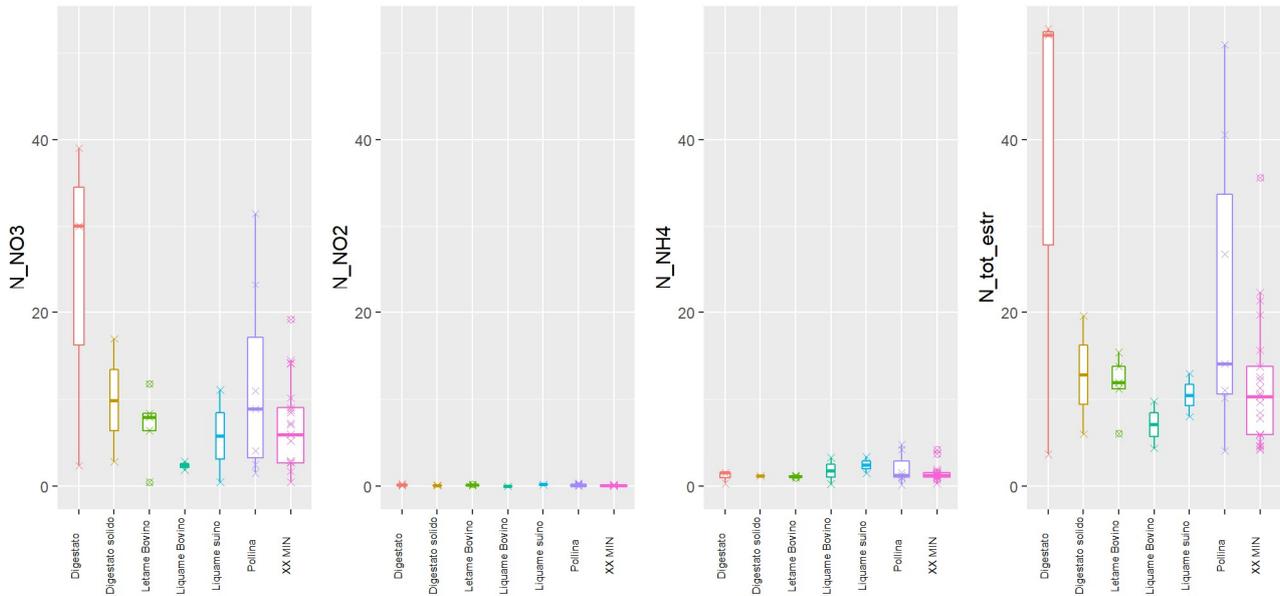


Figura 30: Boxplot delle diverse forme azotate misurate in funzione della tipologia di concimazione.

Come si vede dal grafico e dalla tabella, la forma nitrica è prevalente rispetto alle altre forme azotate. Digestato e pollina hanno i valori maggiori (con valori medi di azoto nitrico rispettivamente di 30 e 9 mg/kg), seguiti dal liquame suino (5.8 mg/kg). In generale le concentrazioni sono influenzate dalla stagione in cui è stato eseguito il campionamento: le concentrazioni più basse sono in inverno quando le basse temperature impediscono i processi di mineralizzazione e di nitrificazione; in autunno e in primavera le concentrazioni sono più elevate, variabili in funzione del tipo di effluente distribuito e dal tempo trascorso dalle concimazioni. I valori più elevati nel gruppo della pollina sono state riscontrate in primavera mentre in quello del digestato in autunno.

Si riportano di seguito le mappe della distribuzione delle forme azotate, divise per classi (Figura 31).

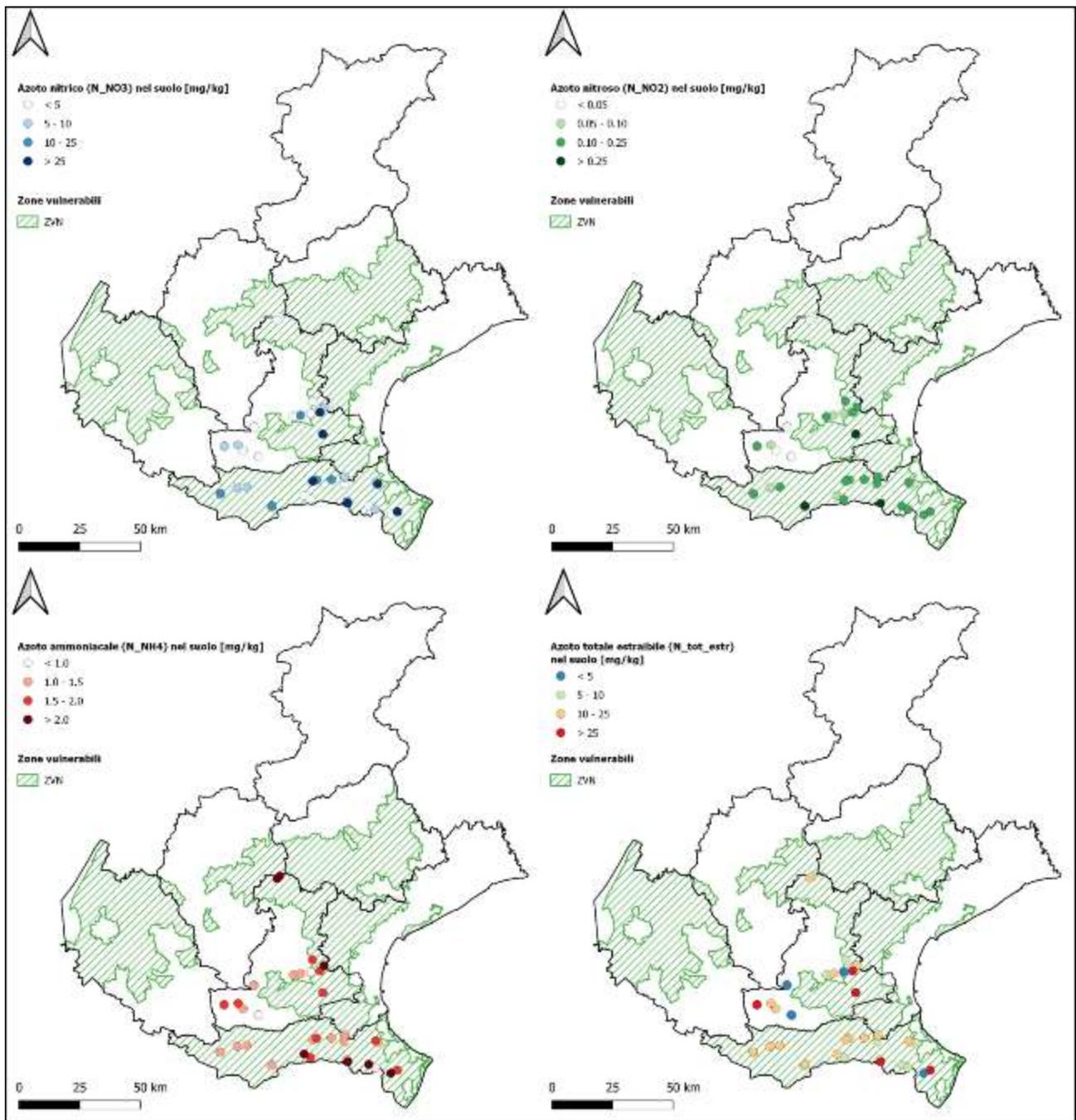


Figura 31: Distribuzione delle forme azotate nel suolo. Le aree tratteggiate in verde rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

7 Dataset completo rete monitoraggio Nitrati

Nel seguente capitolo si riportano alcune considerazioni ed analisi statistiche relative l'intero dataset della rete monitoraggio nitrati completato finora, dato cioè dall'unione dei campionamenti effettuati nel 2020 e nel 2021 (Tabella 22 e Figura 32). Un dataset più consistente è infatti più idoneo ad una analisi statistica d'insieme e permette di evidenziare eventuali differenze tra i gruppi analizzati.

PROVINCIA	Numero campionamenti								
	Totale	Zona ordinaria	Zona vulnerabile	letame bovino	liquame bovino	liquame suino	pollina	digestato	digestato solido
Padova	20	12	8	5	2	3	4	6	0
Vicenza	10	6	4	3	1	0	3	3	0
Rovigo	11	0	11	3	0	2	4	0	2
TOTALE	41	18	23	11	3	5	11	9	2

Tabella 22: Distribuzione degli appezzamenti campionati nel 2020 e nel 2021 nelle province di Padova, Vicenza e Rovigo.

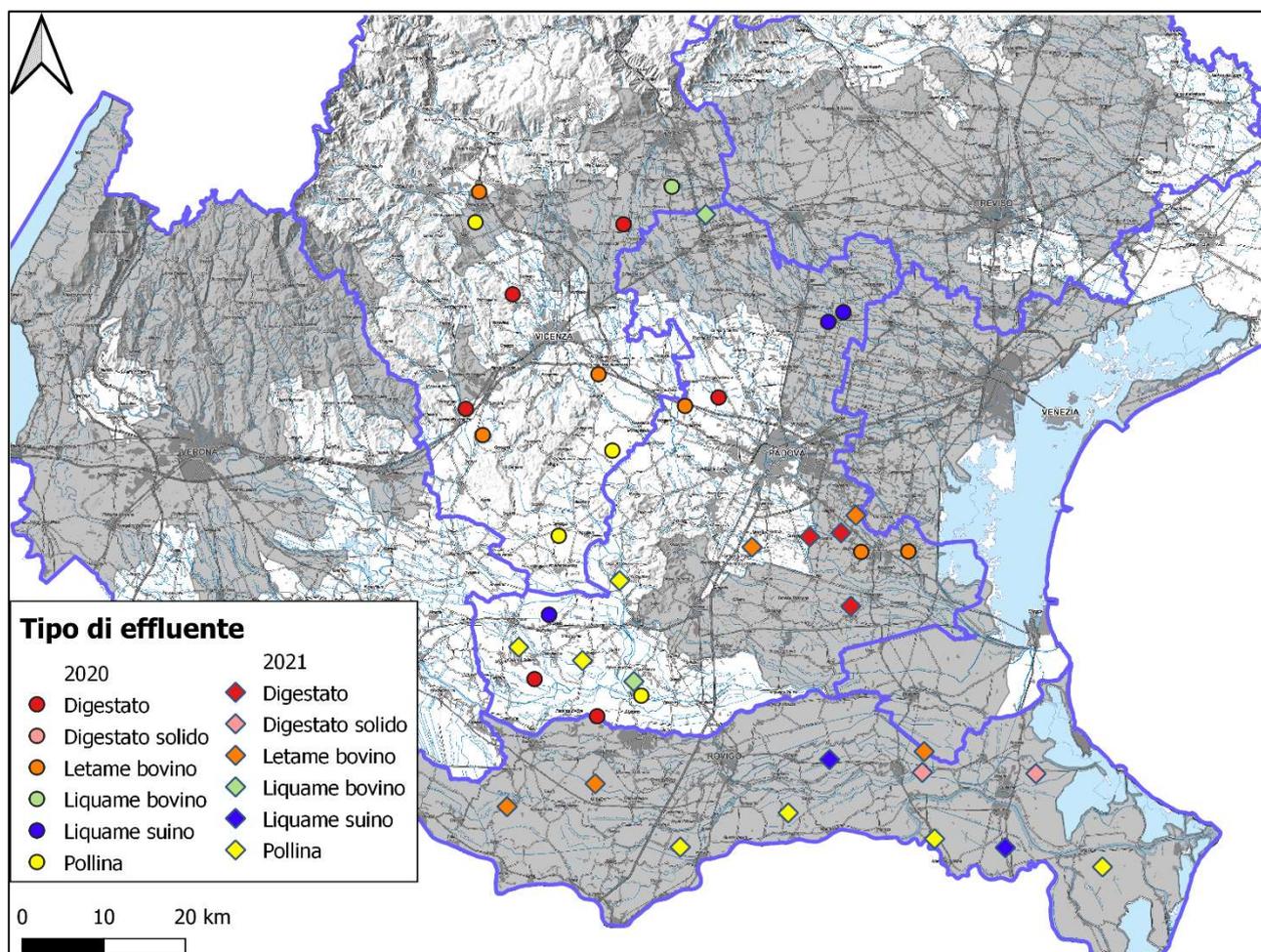


Figura 32: Localizzazione dei punti di campionamento del 2020 e 2021 nelle province di Padova, Vicenza e Rovigo, suddivisi per tipo di effluente. Le aree in grigio rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

Come è possibile osservare dalla Tabella 22, gli appezzamenti campionati si collocano equamente tra zona ordinaria (18 campioni) e zona vulnerabile (23 campioni). Per quanto riguarda gli effluenti, si

osserva una discreta distribuzione di campionamento, tuttavia alcuni concimi organici risultano ancora poco rappresentati (digestato solido, liquami). Nei successivi tre anni di monitoraggio si cercherà di equilibrare ulteriormente le tipologie di effluente campionate.

I test KW effettuati sulle principali variabili (Tabella 23) non evidenziano differenze significative all'interno del dataset, ad eccezione della concentrazione di azoto totale tra zona ordinaria / zona vulnerabile, ed il contenuto di elementi nutritivi fosforo e potassio tra concimazione organica / concimazione minerale e tra tipologia di effluente. Anche i valori di salinità risultano differenti all'interno del dataset considerando i principali gruppi comparativi ma si rimane comunque sempre all'interno di classi di salinità piuttosto basse (<1 dS/m di conduttività 1:2).

Si fa comunque presente che la popolazione del dataset è ancora limitata e risultati più solidi si avranno con la prosecuzione del monitoraggio.

Sottogruppo campioni	Tutti	Tutti	tutti
Variabile di test	ZV vs ZO	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	0.262	0	0
K sc [mg/kg]	0.085	0	0.008
N tot [g/kg]	0.017	0.085	0.636
Corg [%]	0.052	0.154	0.627
EC 1:2 [ds/m]	0.049	0.008	0.035
Cu tot [mg/kg]	0.256	0.375	0.098
Zn tot [mg/kg]	0.261	0.109	0.583

Sottogruppo campioni	Solo ZO	Solo ZO	Solo ZV	Solo ZV
Variabile di test	ORG vs MIN	Tipologia effluente	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	0.004	0.074	0.004	0.074
K sc [mg/kg]	0.034	0.220	0.034	0.220
N tot [g/kg]	0.295	0.595	0.295	0.595
Corg [%]	0.296	0.602	0.296	0.602
EC 1:2 [ds/m]	0.157	0.366	0.157	0.366
Cu tot [mg/kg]	0.289	0.226	0.289	0.226
Zn tot [mg/kg]	0.193	0.525	0.193	0.525

Sottogruppo campioni	Solo Org	Solo Org	Solo Min
Variabile di test	ZV vs ZO	Tipologia effluente	ZV vs ZO
P ass [mg/kg]	0.217	0.287	0.626
K sc [mg/kg]	0.112	0.499	0.270
N tot [g/kg]	0.053	0.933	0.114
Corg [%]	0.109	0.771	0.202
EC 1:2 [ds/m]	0.202	0.225	0.144
Cu tot [mg/kg]	0.236	0.107	0.693
Zn tot [mg/kg]	0.502	0.878	0.257

Tabella 23: p_Value del test di Kruskal Wallis (KW) applicato a diversi parametri, in funzione dell'appartenenza a zona ordinaria o vulnerabile, concimazione ORG o MIN e tipologia d'effluente.

7.1 Carbonio organico

A sostegno del paragrafo 6.2.1, considerando il carbonio organico non sussistono differenze statisticamente significative tra i gruppi di appezzamenti concimati con fertilizzanti organici e quelli con solo concimi minerali, anche se i valori del primo gruppo sono mediamente superiori (Boxplot superiore in Figura 33).

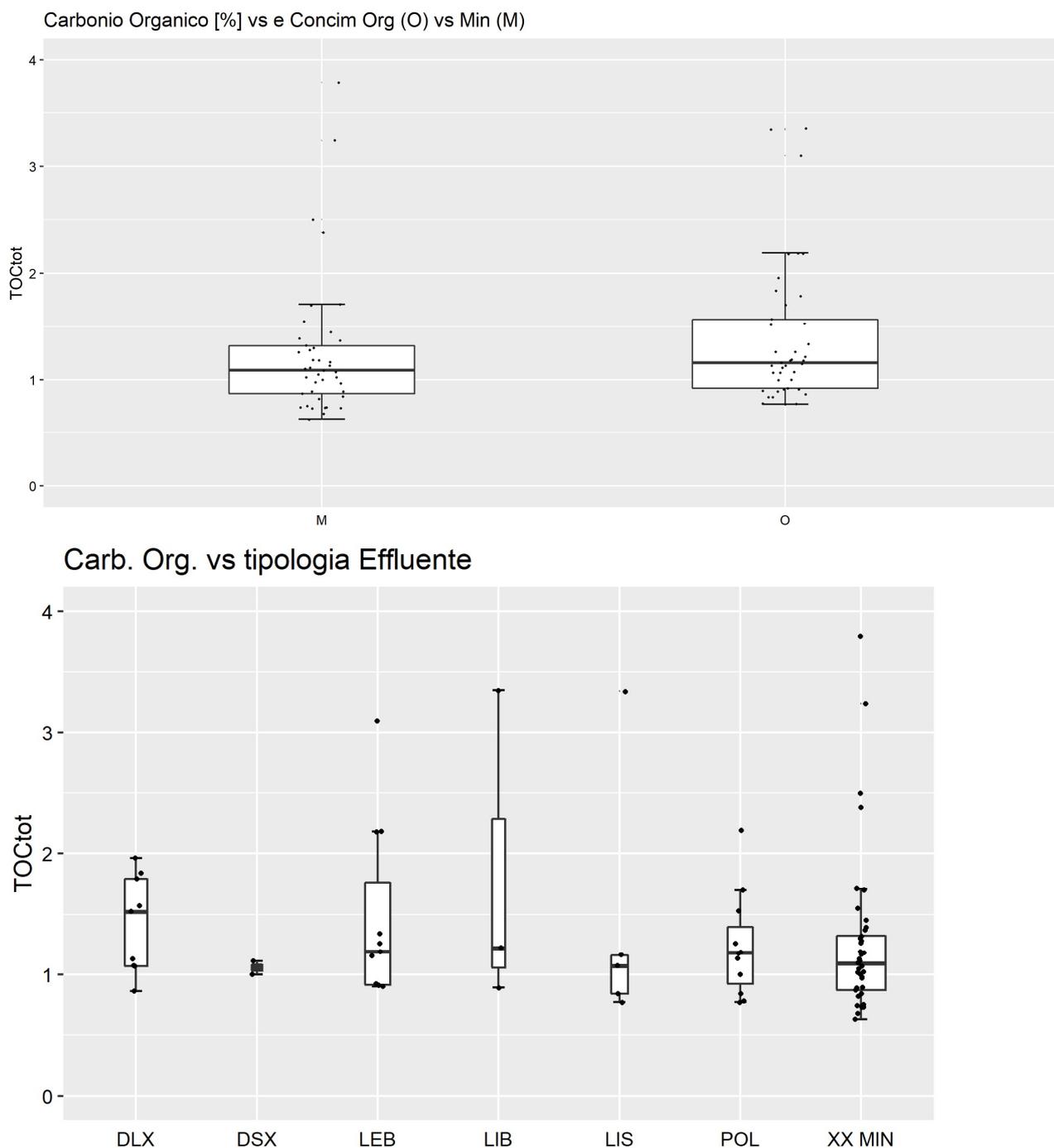


Figura 33: Boxplot per carbonio organico in funzione della tipologia di concimazione (sopra) e boxplot valori di carbonio organico in funzione della tipologia di effluente (sotto).

Considerando la tipologia di effluente, non si evidenziano differenze significative tra i vari gruppi campionati (Boxplot inferiore in Figura 33); molti gruppi di effluenti sono sotto-campionati rispetto la popolazione totale del dataset. La suddivisione in base alla tipologia di effluente non evidenzia

inoltre differenze statisticamente significative tra i vari gruppi con il test di Tukey (Figura 34 e Tabella 24).

Come affermato in precedenza, il contenuto di carbonio organico è fortemente influenzato dalle caratteristiche intrinseche del suolo e non solo dalle specifiche pratiche agronomiche adottate.

Gruppi a confronto	p adj
DSX-DLX	1.223489
LEB-DLX	0.950082
LIB-DLX	1.754177
LIS-DLX	1.148442
POL-DLX	0.724627
XX MIN-DLX	0.579153
LEB-DSX	1.968472
LIB-DSX	2.623848
LIS-DSX	2.084662
POL-DSX	1.743017
XX MIN-DSX	1.672485
LIB-LEB	1.688118
LIS-LEB	1.076098
POL-LEB	0.642812
XX MIN-LEB	0.486175
LIS-LIB	1.103078
POL-LIB	0.739027
XX MIN-LIB	0.650818
POL-LIS	0.895008
XX MIN-LIS	0.781503
XX MIN-POL	0.711629

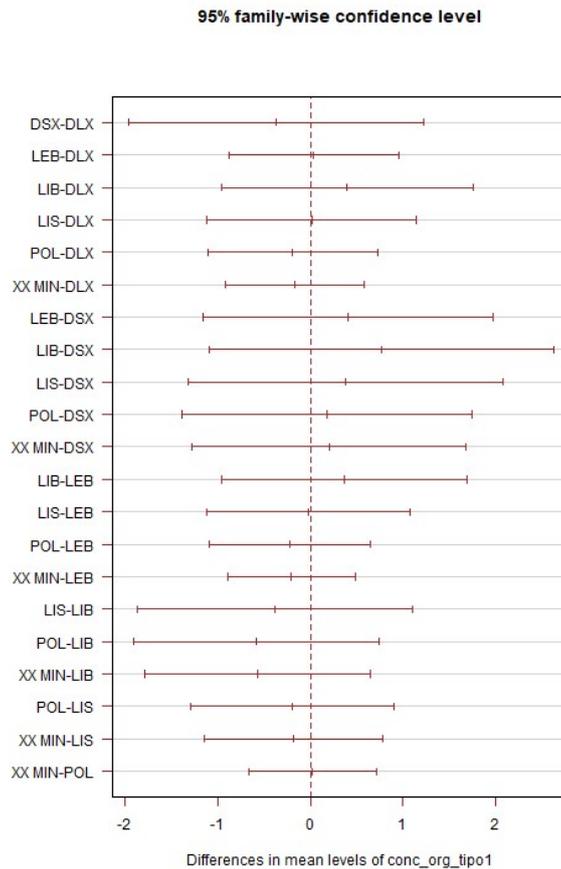


Tabella 24: p-Value test di Tukey applicati al carbonio organico, per gruppo di concimazione.

Figura 34: Diagramma di Tukey applicato al carbonio organico, per gruppo di concimazione.

7.2 Azoto totale

Anche considerando l'azoto totale non sussiste una differenza consistente tra concimazione organica/minerale (Boxplot superiore di Figura 35) o tra tipologia di effluente (Boxplot inferiore di Figura 35). Le diverse tipologie di effluente organico sembrano apportare la medesima quantità di azoto, mentre la concimazione solo minerale mostra spesso valori di azoto inferiori alla mediana del dataset.

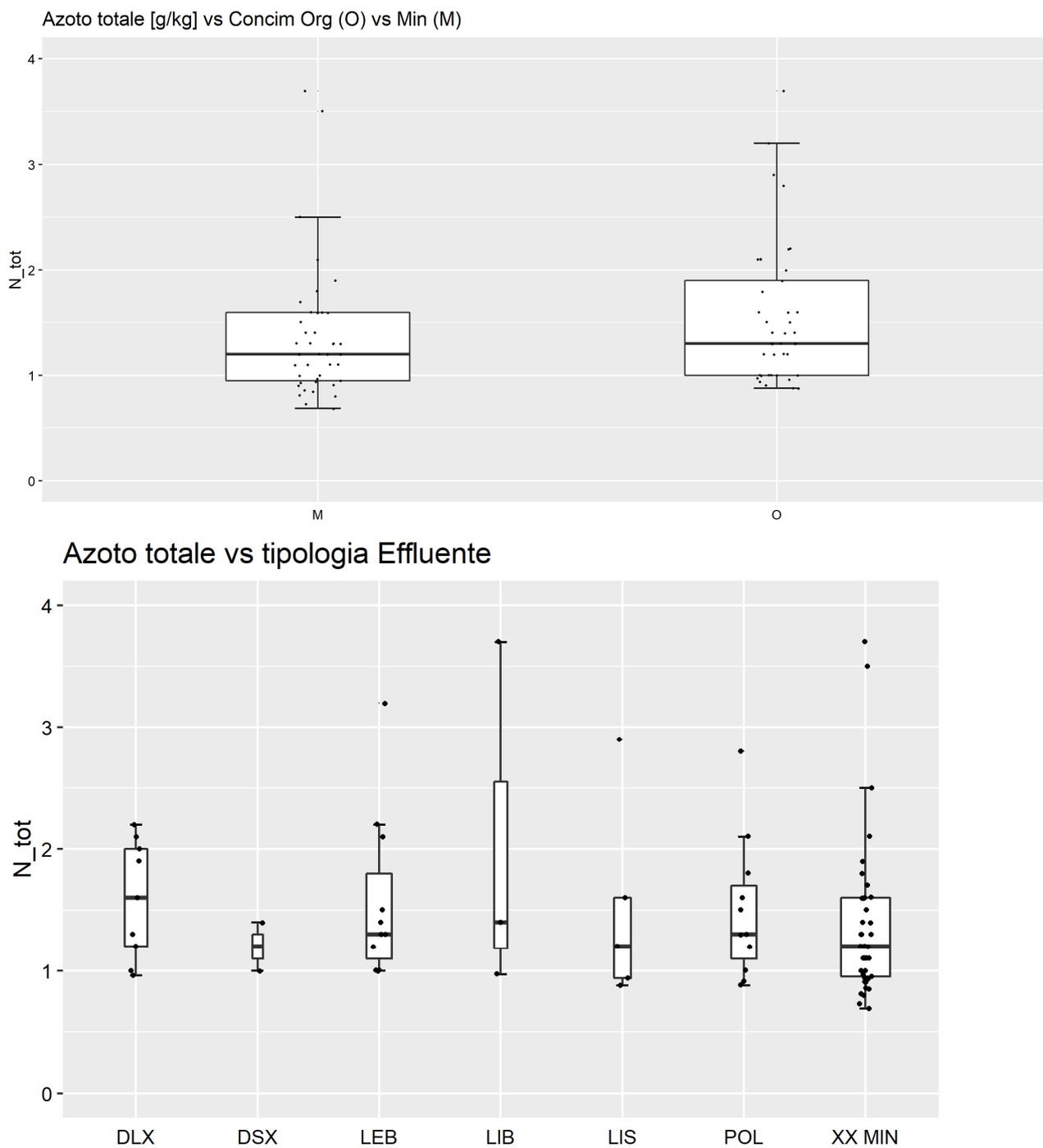


Figura 35: Boxplot per azoto totale in funzione della tipologia di concimazione (sopra) e boxplot valori di azoto totale in funzione della tipologia di effluente (sotto).

7.3 Fosforo assimilabile e potassio scambiabile

Maggiore variabilità si osserva invece considerando i valori di fosforo assimilabile. Le concentrazioni risultano infatti più elevate sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Boxplot superiore in Figura 36), mentre in funzione della tipologia di effluente, i valori maggiori di fosforo sono sui terreni trattati con digestato e pollina, a conferma di quanto verificato nei singoli anni (Boxplot inferiore in Figura 36). I valori nei campi concimati con minerale e con digestato solido (di cui si ricorda tuttavia la limitata rappresentatività) sono significativamente più bassi. Il fosforo è un elemento poco mobile nel terreno pertanto l'accumulo si verifica nei suoli in cui viene apportato regolarmente negli anni.

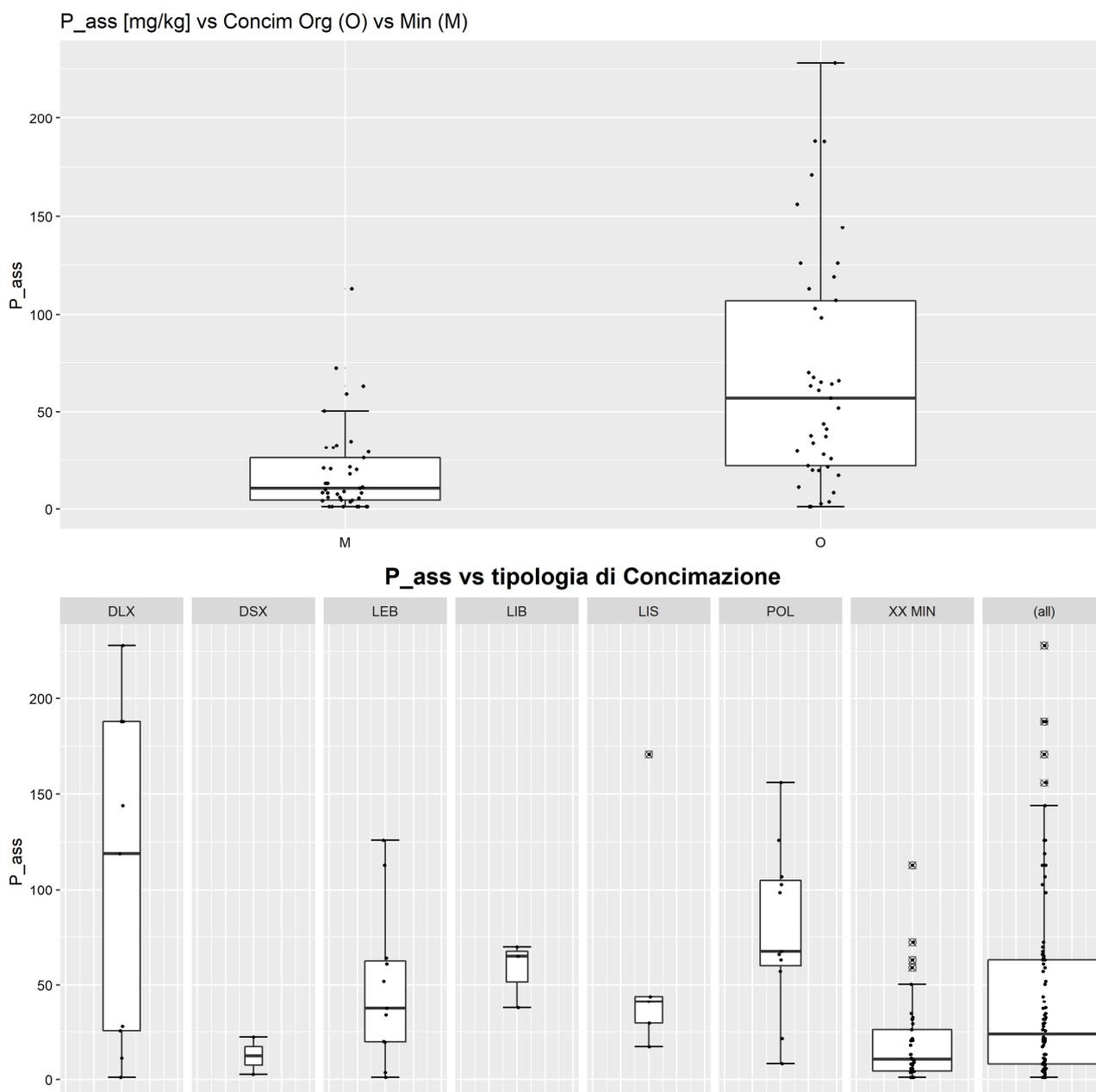


Figura 36: Boxplot per fosforo assimilabile in funzione della tipologia di concimazione (sopra) e boxplot valori di fosforo assimilabile in funzione della tipologia di effluente (sotto).

Analogamente al fosforo, anche il contenuto di potassio varia significativamente all'interno del dataset, ed i valori risultano molto più elevati negli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Boxplot superiore in Figura 37). Gli effluenti organici che comportano maggiore contenuto di potassio scambiabile sono letame bovino, notoriamente ricco in potassio, e digestato, in cui l'apporto è notevole in funzione della biomassa da cui è stato ottenuto (Boxplot inferiore in Figura 37); i valori nei campi concimati con minerale e con liquame bovino (di cui si ricorda tuttavia la limitata rappresentatività) sono invece significativamente più bassi.

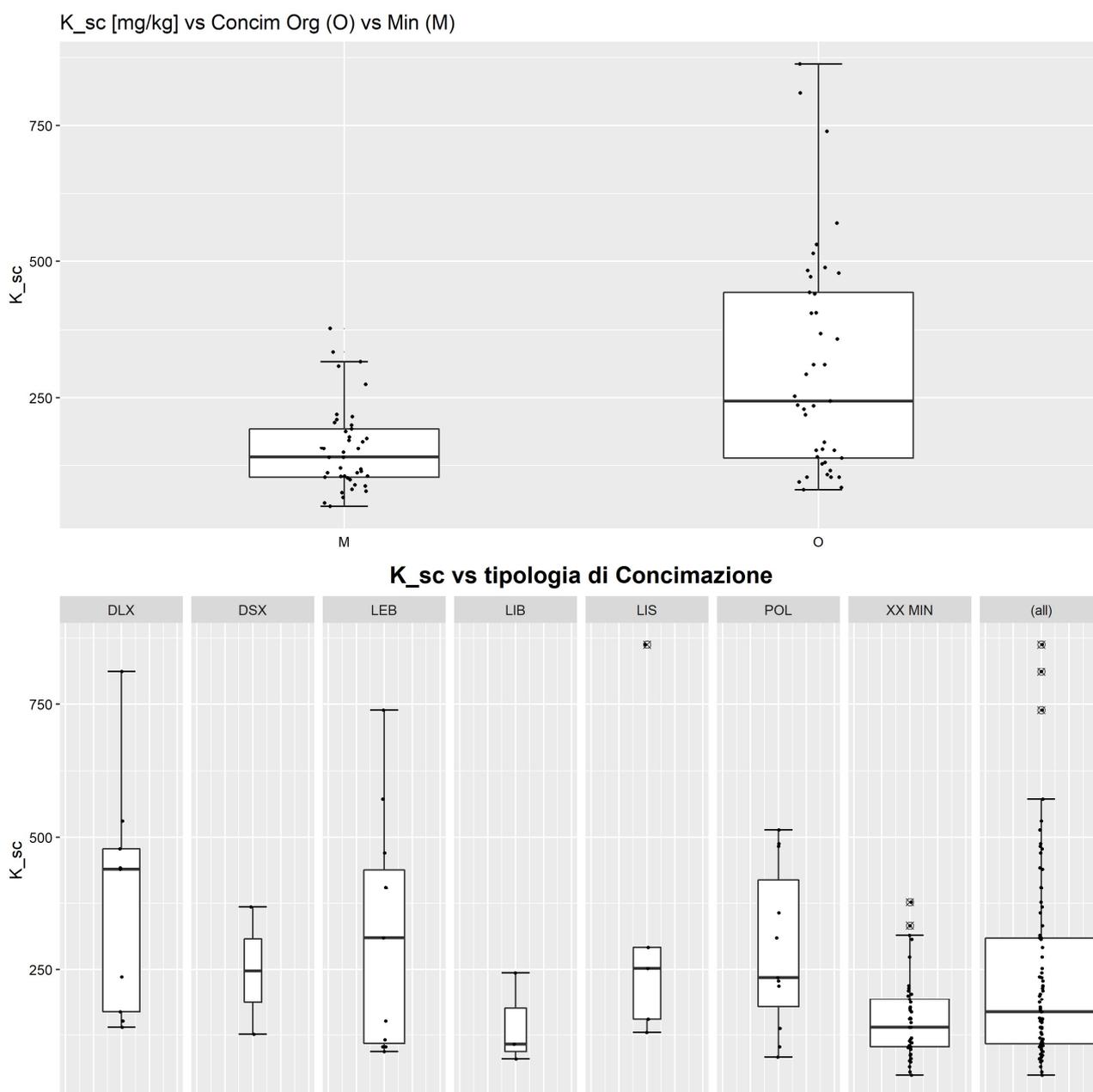


Figura 37: Boxplot per potassio scambiabile in funzione della tipologia di concimazione (sopra) e boxplot valori di potassio scambiabile in funzione della tipologia di effluente (sotto).

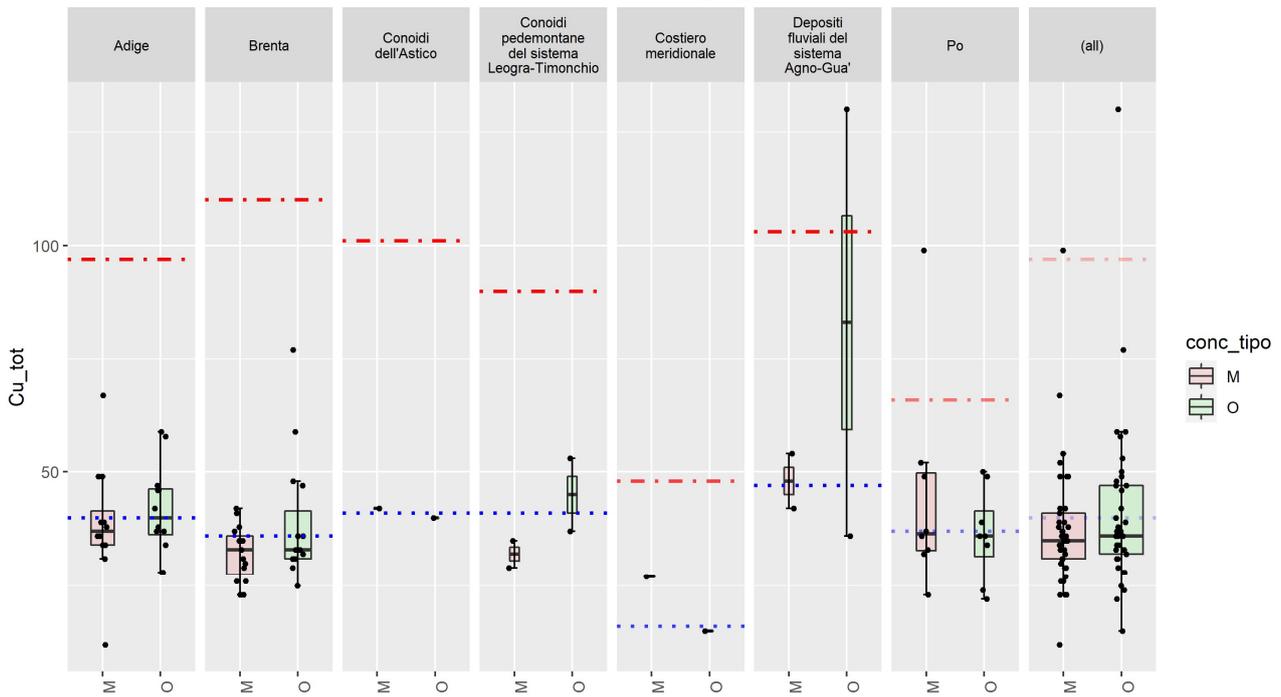
7.4 Metalli

Considerando il contenuto in rame e zinco, metalli che possono essere apportati con gli effluenti zootecnici, le concimazioni organiche apportano effettivamente maggiori contributi rispetto quelle minerali, (Boxplots di Figura 38).

I casi di superamenti rispetto i valori di fondo sono pressoché trascurabili, tranne in limitate circostanze (es. Cu nel sistema di depositi fluviali dell'Agno-Guà e Zn nel sistema di conoidi pedemontane del Leogra-Timonchio) il cui superamento sembra tuttavia maggiormente legato al precedente uso del suolo dell'appezzamento. In nessun caso si sono verificati superamenti dei limiti previsti dal DM 46/2019 per le aree agricole.

Considerando la tipologia di effluente per ciascuna unità deposizionale (Boxplots di Figura 39), anche nel dataset accorpato dei 2 anni non si osservano differenze statisticamente significative tra i vari gruppi per entrambi gli elementi.

**Cu_tot versus Unità Deposiz e Concimazione
CSC Col A 120 mg/kg**



**Zn_tot versus Unità Deposiz e Concimazione
CSC Col A 150 mg/kg**

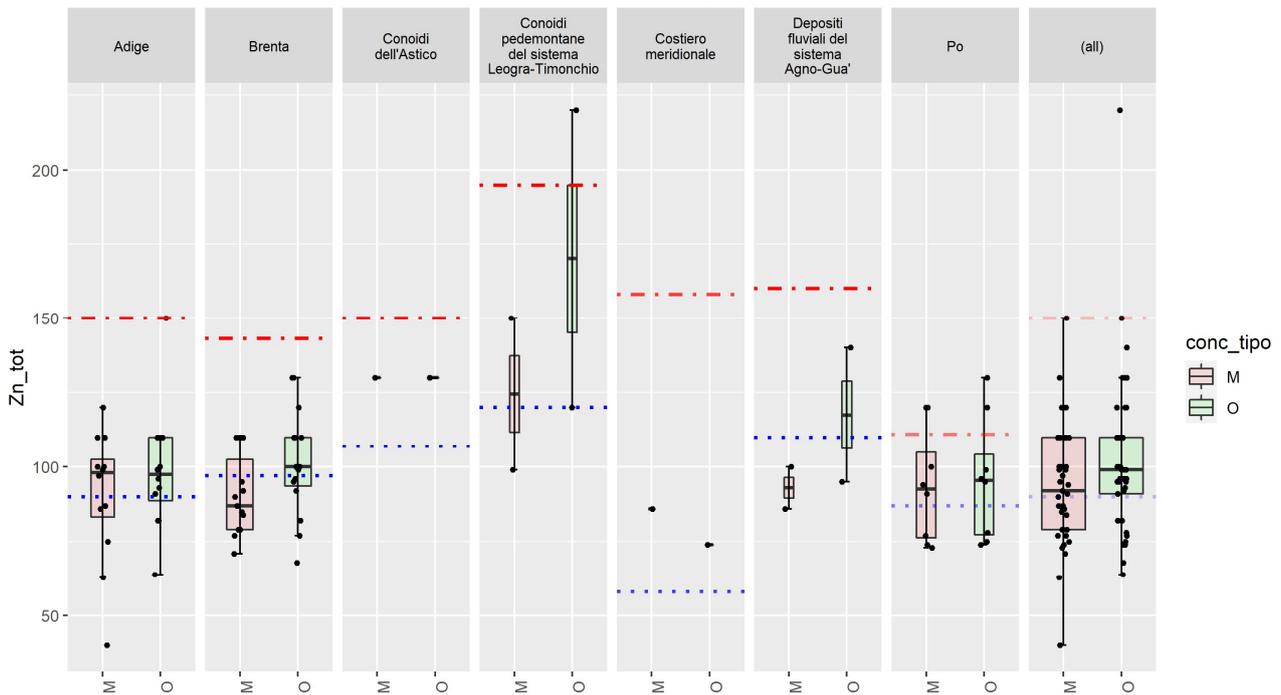
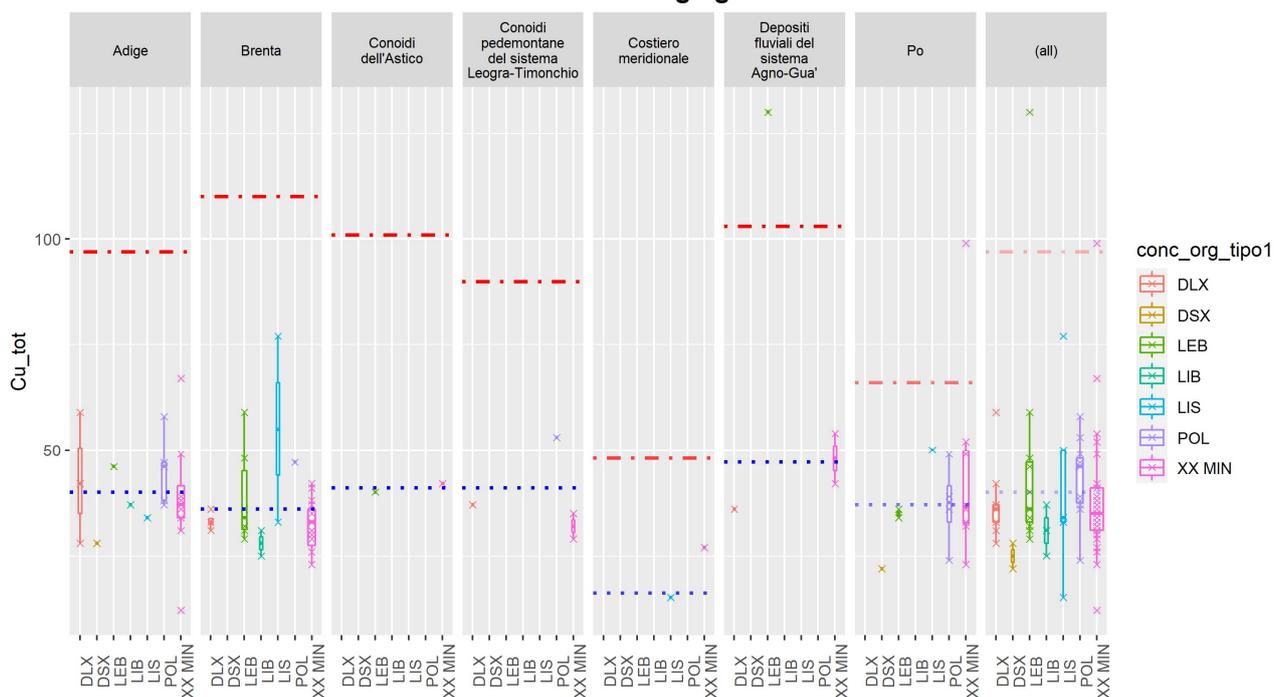


Figura 38: Boxplot livelli di Rame (sopra) e Zinco (sotto) in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale); linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

Cu_tot versus Unità Deposiz e Tipo Effluente CSC Col A 120 mg/kg



Zn_tot versus Unità Deposiz e Tipo Effluente CSC Col A 150 mg/kg

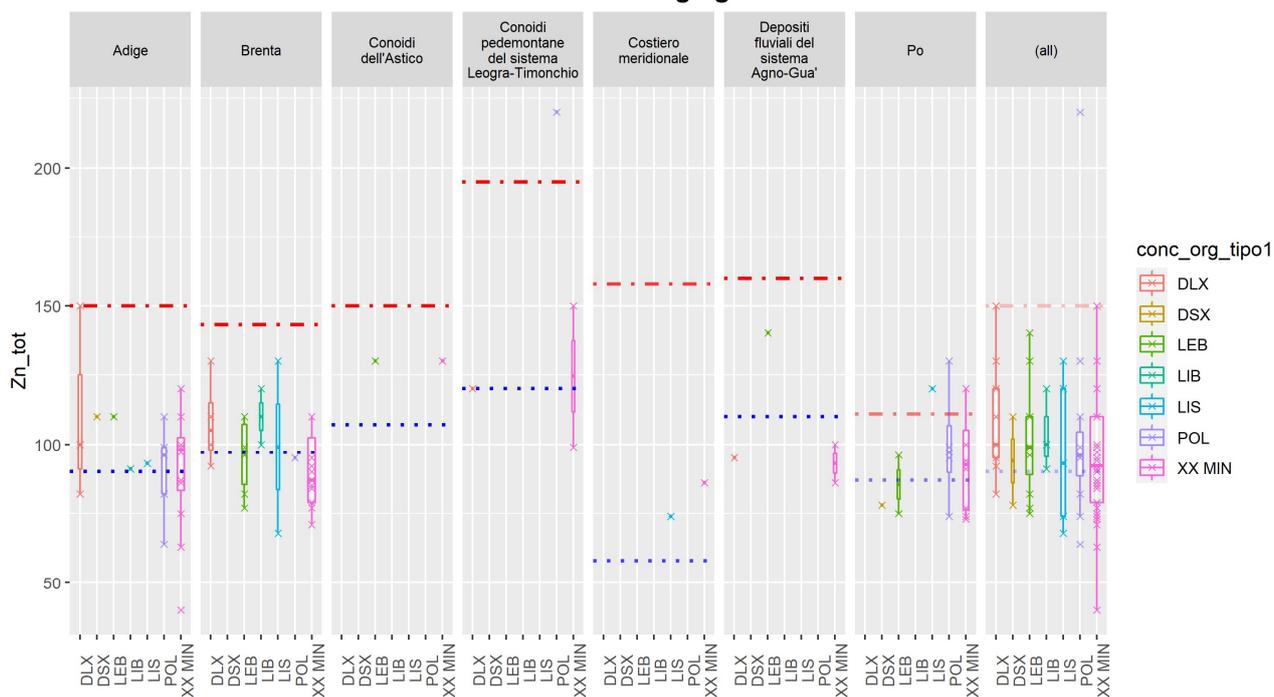


Figura 39: Boxplot livelli di Rame (sopra) e Zinco (sotto) in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di effluente; linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

8 Conclusioni

In questa relazione sono stati esposti ed analizzati i dati dei 42 campionamenti di suolo svolti durante l'anno 2021, secondo anno del monitoraggio ordinario dei suoli agricoli per la direttiva nitrati che ha interessato le province di Padova e Rovigo. Sono stati campionati 21 appezzamenti concimati abitualmente con effluenti di origine zootecnica e altrettanti nelle vicinanze concimati da più anni con solo concimi chimici.

I dati sono stati analizzati per i principali parametri fisico-chimici previsti dal progetto: elementi nutritivi (fosforo, potassio assimilabile e azoto totale), carbonio organico, salinità, contenuto di rame e zinco.

Le elaborazioni statistiche si sono concentrate sul mettere in evidenza e verificare eventuali differenze sui parametri citati in funzione dei principali fattori geografici (zona vulnerabile vs ordinaria), pedologici (tipo di suolo e relativa classe tessiturale) e di gestione agronomica (concimazione organica vs minerale; effluente utilizzato per la concimazione, es. pollina, letame bovino, liquame, suino, ecc...; coltura presente o "uso del suolo").

I risultati principali sono qui di seguito riepilogati:

- il tenore di **carbonio organico** è allineato con i valori medi regionali e sembra debolmente influenzato dalla tipologia di concimazione (minerale od organica), anche se risulta leggermente più elevato negli appezzamenti soggetti all'utilizzo di effluenti; in diversi casi è influenzato fortemente dalla dotazione organica intrinseca del tipo di suolo e dal tipo di coltura, così da rendere difficile il confronto. Tra i vari tipi di effluente, la pollina ha un contenuto leggermente superiore di sostanza organica;
- il tenore di **azoto totale** è allineato con i valori medi regionali; valori lievemente maggiori sono evidenziati sui terreni concimati con organici, in particolare con pollina;
- in molti appezzamenti sono stati riscontrati valori del **rapporto C/N** piuttosto bassi rispetto ai valori ritenuti equilibrati (tra 9 e 10): prevalgono i processi ossidativi che portano ad una riduzione di sostanza organica. La tipologia di effluente organico sembra influenzare il rapporto C/N: i terreni concimati con pollina mostrano rapporti C/N tendenzialmente bassi (inferiori a 9) mentre quelli concimati con letame hanno valori mediani superiori a 9;
- il tenore di **fosforo assimilabile** è significativamente maggiore nei punti campionati rispetto alla media regionale; in particolare il tenore è maggiore nei punti concimati con effluenti organici. Gli appezzamenti concimati con digestato e pollina hanno evidenziato i valori maggiori di fosforo assimilabile;
- anche per il **potassio scambiabile** la concimazione organica appare avere un effetto positivo, benché i dati globali (considerando anche i terreni concimati con minerale) risultino allineati con i valori medi regionali. Gli appezzamenti concimati con digestato, pollina, letame bovino e liquame suino hanno evidenziato i valori maggiori di potassio assimilabile;
- la concimazione organica sembra favorire una **salinità** del terreno leggermente superiore rispetto alla concimazione minerale, ma i terreni risultano solo leggermente salini e sempre idonei alla coltivazione di colture classiche del territorio veneto. Come verificato nel monitoraggio 2020, gli appezzamenti concimati con digestato e liquame suino hanno evidenziato i valori maggiori di salinità;
- Per lo **zinco** si evidenziano dei valori leggermente superiori per la concimazione organica rispetto a quella minerale, la differenza è meno evidente per il **rame**; non sono state riscontrate differenze significative tra le varie tipologie di effluente.

I risultati confermano in gran parte quanto evidenziato in precedenza, cioè che le dotazioni in elementi nutritivi (azoto, fosforo e potassio) degli appezzamenti in cui vengono distribuiti effluenti sono spesso superiori a quelle dei terreni concimati con solo fertilizzanti minerali e alla media dei terreni della pianura veneta. Risulta pertanto necessario limitare l'apporto di concimi minerali quando vengono

già distribuiti fertilizzanti organici, dal momento che questi ultimi già soddisfano in parte i fabbisogni della coltura, cercando di limitare i sovradosaggi, anche nell'ottica di ridurre il rilascio nell'ambiente. L'effetto positivo di aumento della sostanza organica in seguito alla distribuzione di effluenti non è sempre evidente, è influenzato sia dalla tipologia di suolo che dal tipo di effluente.

Gli effluenti a bassa percentuale di sostanza secca (digestati e liquami) sembrano avere effetti sulla salinità del suolo.

Per quanto riguarda il contenuto in metalli va tenuto in considerazione l'apporto di zinco che nel tempo tende ad accumularsi nel suolo.

Rimangono alcune criticità già messe in evidenza con i dati del 2020:

- non è sempre facile ottenere informazioni precise e dettagliate sulla conduzione dei vari appezzamenti, con conseguenti difficoltà nell'interpretazione del dato;
- in molte zone in cui l'allevamento zootecnico è molto diffuso è difficile trovare appezzamenti concimati esclusivamente con fertilizzanti minerali per cui spesso sono state campionate superfici marginali e poco rappresentative o che erano state in precedenza interessate da spargimenti;
- il numero ancora limitato dei campioni ne riduce la significatività statistica e rende difficile l'interpretazione del dato, soprattutto per quanto riguarda la tipologia di effluente. Il procedere del monitoraggio nei prossimi anni permetterà di avere un maggior numero di dati a disposizione, per poter bilanciare le numerosità campionaria e permettere una migliore comprensione dell'influenza dei singoli parametri.

I dataset derivanti dai campionamenti effettuati nel 2020 e nel 2021 sono stati uniti per una analisi statistica d'insieme al fine di evidenziare eventuali differenze tra i gruppi analizzati.

Gli appezzamenti campionati si collocano equamente tra zona ordinaria (18 campioni) e zona vulnerabile (23 campioni). Per quanto riguarda gli effluenti, si osserva una discreta distribuzione di campionamento, tuttavia alcuni concimi organici risultano ancora poco rappresentati (digestato solido, liquami). Nei successivi tre anni di monitoraggio si cercherà di equilibrare ulteriormente le tipologie di effluente campionate.

Rispetto ai singoli dataset si evidenziano differenze soprattutto nel contenuto di fosforo e potassio tra concimazione organica / concimazione minerale e tra le varie tipologie di effluente.

Per entrambi i nutrienti le concentrazioni risultano più elevate sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale. Riguardo alla tipologia di effluente, i valori maggiori di fosforo sono sui terreni trattati con digestato e pollina, a conferma di quanto verificato nei singoli anni; gli effluenti organici che comportano maggiore contenuto di potassio scambiabile sono risultati letame bovino, notoriamente ricco in potassio, e digestato, in cui l'apporto è notevole in funzione della biomassa da cui è stato ottenuto.

Si ringraziano tutti gli agricoltori per la disponibilità ad aver permesso ad ARPAV di accedere ai terreni e realizzare i campionamenti, anche durante le fasi di crescita colturale ed aver sempre consentito di svolgere le attività nel modo migliore possibile.

9 Bibliografia

ARPAV (2019) Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto. Treviso, 188p

ARPAV (2019) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2019

ARPAV (2018) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2018

ARPAV (2017) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2017

Giandon P., Bortolami P., (2007) L'interpretazione delle analisi del terreno. Strumento per la sostenibilità ambientale. ARPAV, Collana Verdenauta. Padova, 70 p.

C. Ballabio, E. Lugato, O. Fernández-Ugalde, A. Orgiazzi, A. Jones, P. Borrelli, L. Montanarella, P. Panagos (2019) Mapping LUCAS topsoil chemical properties at European scale using Gaussian process regression, *Geoderma*, Volume 355, 113912, ISSN 0016-7061, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706119304768>)

DIPARTIMENTO REGIONALE QUALITÀ DELL'AMBIENTE
Unità Organizzativa Qualità del Suolo
Via Santa Barbara, 5a
31100 Treviso, (TV)
Italy
Tel. +39 0422 558 620
Fax +39 0422 558 516
E-mail: ssu@arpa.veneto.it
<https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo>



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto
Direzione Generale
Via Ospedale Civile, 24
35121 Padova
Italy
Tel. +39 049 8239 301
Fax +39 049 660966
e-mail: urp@arpa.veneto.it
e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it
www.arpa.veneto.it