



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA



Regione
Lombardia

GLI UTILIZZI DEGLI AGGREGATI RICICLATI

Speaker: Sabrina Sorlini

sabrina.sorlini@unibs.it

Pre-forum 14 Ottobre 2022 – Regione Lombardia

Valorizzazione dei Rifiuti da Costruzione e Demolizione e Buone Pratiche di Economia Circolare

RECUPERO DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE

DM 05/02/98 E S.M.I.

«Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero»

7. RIFIUTI CERAMICI E INERTI

7.1 Tipologia: rifiuti costituiti da laterizi, intonaci e conglomerati di cemento armato e non, comprese le traverse e traversoni ferroviari e i pali in calcestruzzo armato provenienti da linee ferroviarie, telematiche ed elettriche e frammenti di rivestimenti stradali, purché privi di amianto [101311] [170101] [170102] [170103] [170802] [170107] [170904] [200301].

7.1.1 Provenienza: attività di demolizione, frantumazione e costruzione; selezione da RSU e/o RAU; manutenzione reti; attività di produzione di lastre e manufatti in fibrocemento.

7.1.2 Caratteristiche del rifiuto: materiale inerte, laterizio e ceramica cotta anche con presenza di frazioni metalliche, legno, plastica, carta e isolanti escluso amianto.

7.1.3 Attività di recupero:

- a) messa in riserva di rifiuti inerti [R13] per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia, mediante fasi meccaniche e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione della frazione metallica e delle frazioni indesiderate per l'ottenimento di frazioni inerti di natura lapidea a granulometria idonea e selezionata, con eluato del test di cessione conforme a quanto previsto in allegato 3 al presente decreto [R5];
- b) utilizzo per recuperi ambientali previo trattamento di cui al punto a) (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al presente decreto [R10];
- c) utilizzo per la realizzazione di rilevati e sottofondi stradali e ferroviari e aeroportuali, piazzali industriali previo trattamento di cui al punto a) (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al presente decreto [R5].

Art. 3 (D.M. 05/02/98)



CARATTERISTICHE
TECNICHE

Le attività, i procedimenti e i metodi di riciclaggio e di recupero di materia individuati nell'allegato 1 devono garantire l'ottenimento di prodotti o di materie prime o di materie prime secondarie con caratteristiche merceologiche conformi alla **NORMATIVA TECNICA DI SETTORE** o, comunque, nelle forme usualmente commercializzate.

In particolare, i prodotti, le materie prime e le materie prime secondarie ottenuti dal riciclaggio e dal recupero dei rifiuti individuati dal presente decreto **non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti e delle materie ottenuti dalla lavorazione di materie prime vergini.**



CARATTERISTICHE AMBIENTALI



IDONEITA' TECNICA

Per quanto riguarda la valutazione delle prestazioni tecniche, l'AR deve essere considerato idoneo all'utilizzo nel settore delle costruzioni, deve rispettare i requisiti geometrici, fisici e chimici richiesti dalla marcatura CE.

- UNI EN 12620:2008 "Aggregati per calcestruzzo"
- UNI EN 13139:2003 "Aggregati per malte"
- UNI EN 13043:2002 "Aggregati per conglomerati bituminosi"
- UNI EN 13055:2016 "Aggregati leggeri"
- UNI EN 13242:2008 "Aggregati per opere civili e stradali"
- UNI EN 13450:2003 "Aggregati per sottofondi ferroviari"
- UNI EN 13383-1:2003 "Grandi aggregati per opere idrauliche"





TEST DI CESSIONE – D.M. 5 febbraio 1998 modificato dal D.M. 186/2006 Allegato 3

Per il RECUPERO DIRETTO (Sottofondo ferroviaria, ripristino ambientale, ecc.), i rifiuti devono essere sottoposti a prova di lisciviazione (secondo il metodo UNI EN 12457-2) e rispettare i limiti imposti dal D.M. 186/2006 (modifica del D.M. 5/2/98) per gli inquinanti rilasciati nell'eluato.

Metodo – UNI EN 12457-2

- Materiale con granulometria di almeno il 95 % (massa) inferiore a 4 mm.
- Rapporto liquido/solido di 10 L/kg.
- Il tempo di contatto tra i rifiuti e l'agente lisciviante (acqua demineralizzata) deve essere di 24 ore.

Dopo le 24 ore, l'eluato viene filtrato e sottoposto a caratterizzazione chimica.





TEST DI CESSIONE – M.D 5 febbraio 1998 modificato dal M.D.186/2006 Allegato 3

Il D.M. 186/2006 definisce le concentrazioni di inquinanti che devono essere rispettate affinché i rifiuti possano essere recuperati.

Parametri	U.M.	Limiti
Nitrati	mg/L	50
Fluoruro	mg/L	1,5
Solfato	mg/L	250
Cloruro	mg/L	100
Cianuro	µg/L	50
Bario	mg/L	1
Rame	mg/L	0,05
Zinco	mg/L	3
Berillio	µg/L	10
Cobalto	µg/L	250
Nichel	µg/L	10

Parametri	U.M.	Limiti
Vanadio	µg/L	250
Arsenico	µg/L	50
Cadmio	µg/L	5
Cromo totale	µg/L	50
Piombo	µg/L	50
Selenio	µg/L	10
Mercurio	µg/L	1
Amianto	mg/L	30
COD	mg/L	30
pH	-	5,5-12

PRINCIPALI UTILIZZI DEGLI AGGREGATI RICICLATI

- RECUPERI AMBIENTALI
- SOTTOFONDI STRADALI
- RILEVATI STRADALI

USI «NON LEGATI»

- PRODUZIONE DI MANUFATTI E
PRODOTTI PER L'EDILIZIA

USI «LEGATI»

USO ATTUALE di AR in Italia:

- **81,2%** pavimentazioni stradali, ferroviarie e altre opere civili

- **11,6%** operazioni di riempimento che non richiedono un elevato livello di qualità

- **7,2%** calcestruzzo per applicazioni strutturali (0,4%) e non strutturali (6,8%)

Fonte: ANPAR, 2018

UTILIZZI COME SOTTOFONDO E RIEMPIMENTO («uso non legato»)



PROVINCIA DI TRAPANI: Principali lavori per sottofondi e strati di ricoprimento: Banchina Ronciglio del Porto di Trapani (6.000 tonnellate), Canale di Gronda Saline di Trapani (1.820), lavori per linee elettriche e telefoniche (3.600). Ricoprimento giornaliero della discarica comunale di Trapani (24.000 tonnellate).



JUVENTUS STADIUM (Torino): Recupero dei materiali dismessi del vecchio Stadio “Delle Alpi”. 40.000 metri cubi di calcestruzzo, per sottofondo del rilevato strutturale del nuovo impianto



PALAGHIACCIO (Torino): Utilizzo di 20.000 metri cubi di aggregati riciclati per il sottofondo sia interno che esterno alla struttura.

Fonte: rapporto recycle l'economia circolare nel settore delle costruzioni 2017

UTILIZZO PER PRODOTTI PER EDILIZIA («uso legato»)



VERGERS- GINEVRA (CH)

1350 alloggi ripartiti in 30 edifici su una superficie di circa 160 000 m²

Per la realizzazione degli spogliatoi sono serviti 400 m³ di calcestruzzo riciclato.



FONTE:

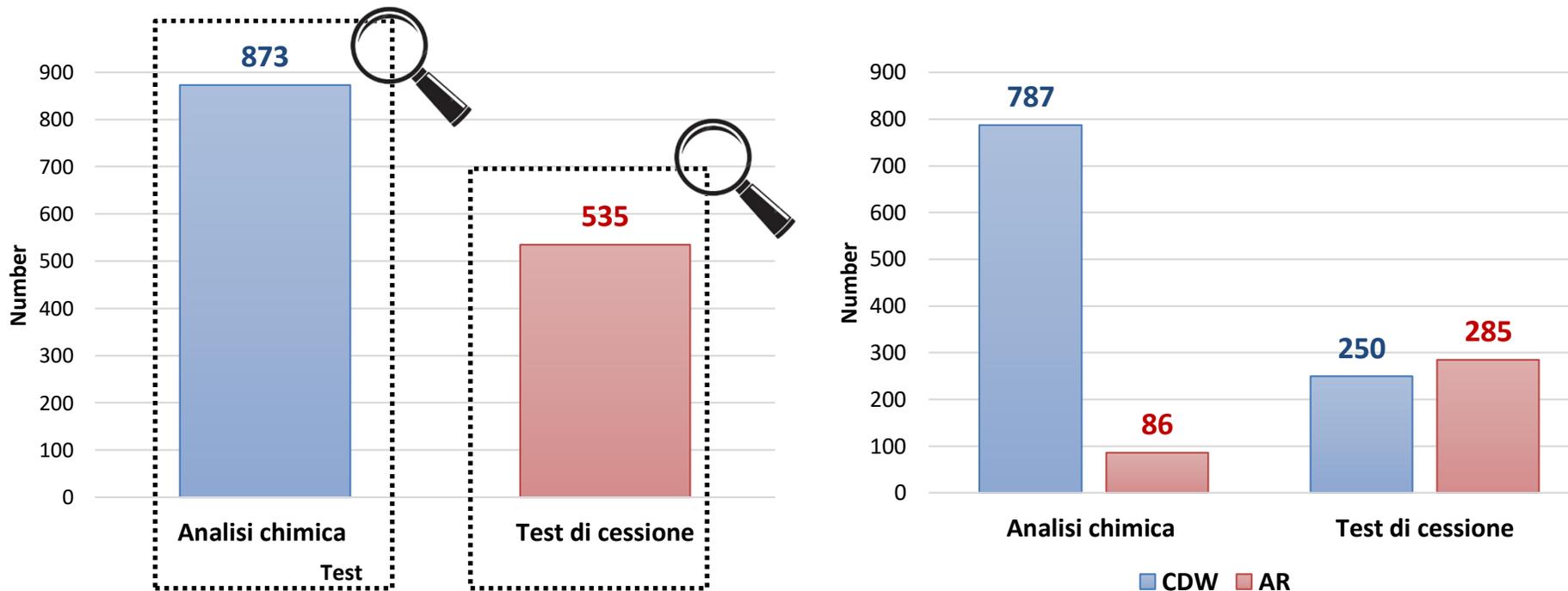
<https://www.holcimpartner.ch/it/stories/calcestruzzo-riciclato-ginevra-e-allavanguardia>

ATTIVITA' DI RICERCA SUL TEMA CDW/AR

- Studio caratteristiche chimiche CDW e AR
- Studio test di cessione CDW e AR
- Studio della possibilità di produzione di calcestruzzo con AR
- Caratterizzazione meccanica del calcestruzzo con AR
- Test di cessione sui monoliti prodotti con calcestruzzo con AR
- LCA sul confronto di produzione AR e AN
- LCA sul confronto della produzione di calcestruzzo con AR e AN

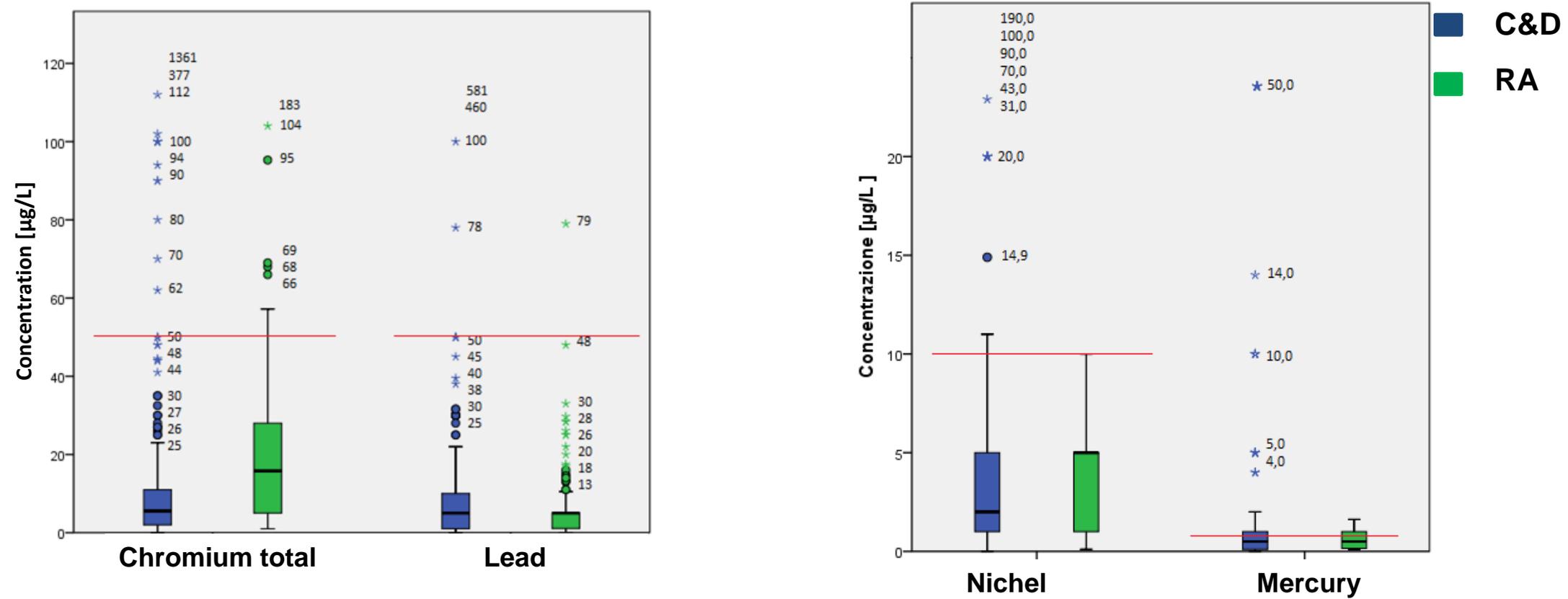
CARATTERISTICHE CHIMICHE E TEST DI CESSIONE CDW/AR

Sono stati analizzati complessivamente 1.408 certificati sono stati raccolti dal 2011 al 2019, così suddivisi:



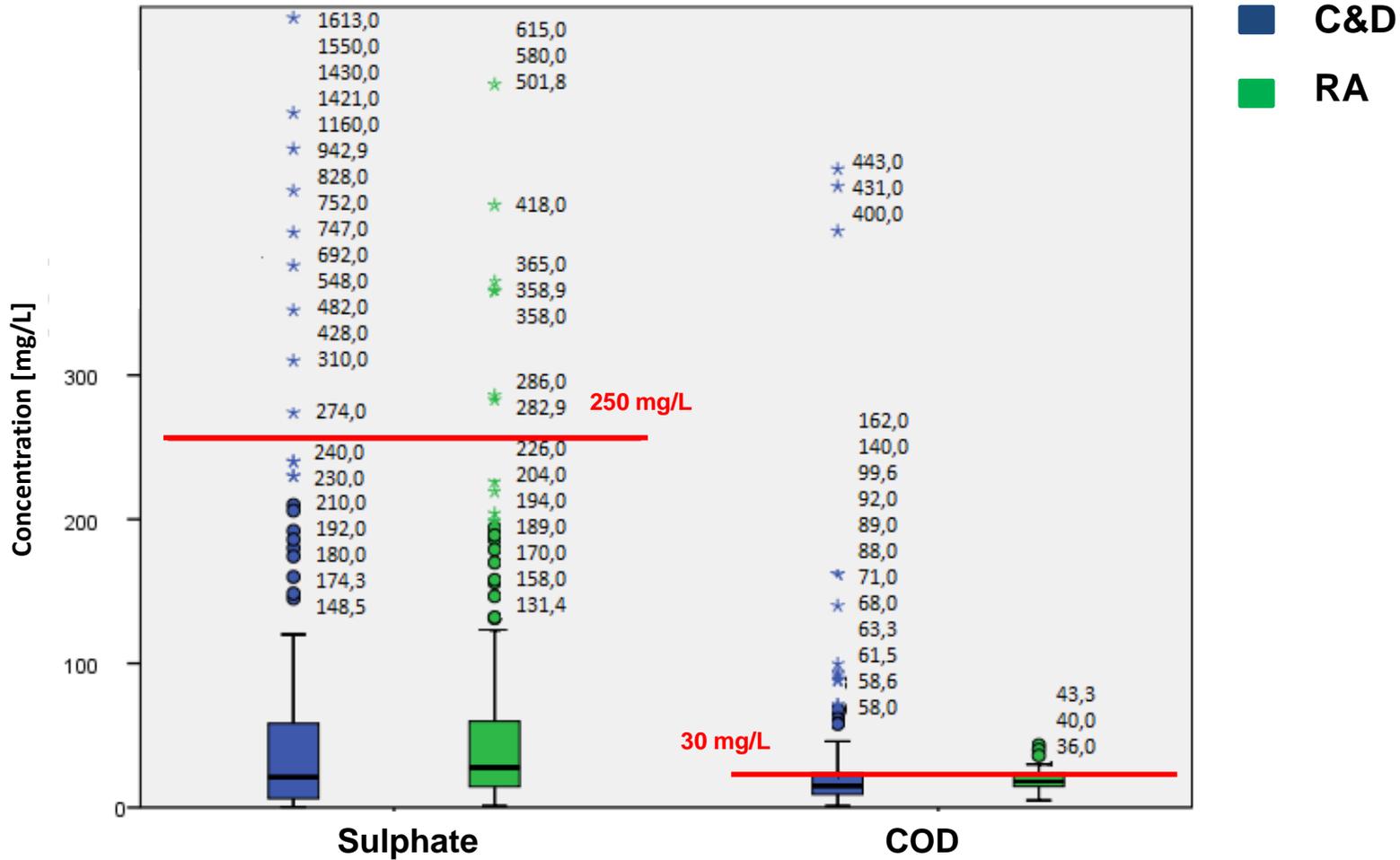
TEST DI CESSIONE CDW/AR

Cromo totale, piombo, nichel e mercurio



TEST DI CESSIONE CDW/AR

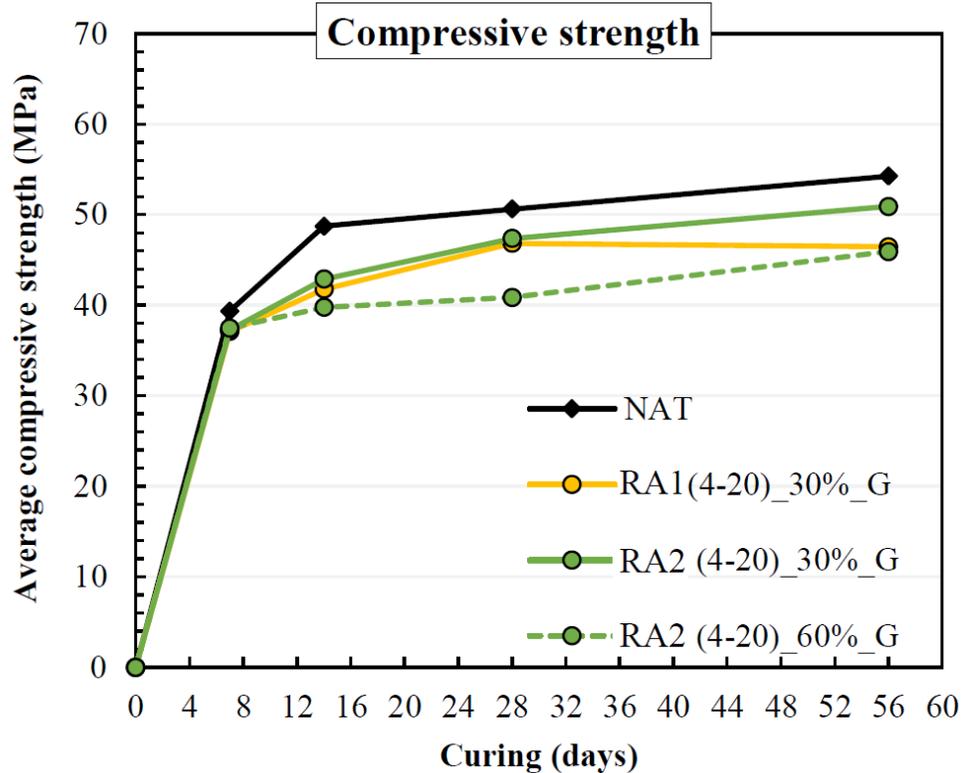
Sulphate and COD



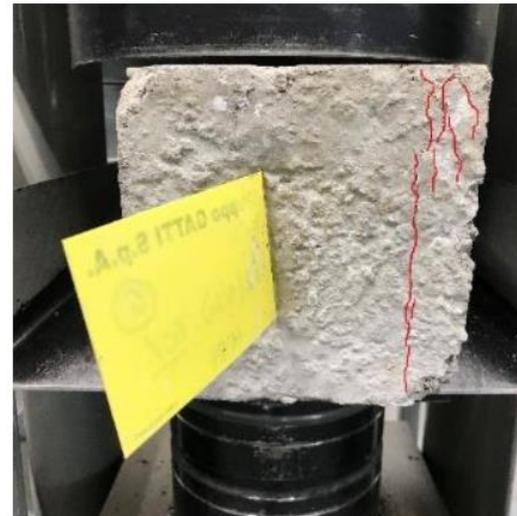
Parameter	CDW	RA
Sulphate	Critico	Non critico
Arsenic	Non critico	Non critico
Beryllium	Non critico	Non critico
C.O.D.	Critico	Critico
Mercury	Critico	Critico
Cadmium	Non critico	Non critico
Selenium	Non critico	Non critico
Cyanide	Non critico	Non critico
Fluoride	Non critico	Non critico
Nitrate	Non critico	Non critico
Tot. Chrome	Critico	Critico
Lead	Non critico	Non critico
Zinc	Non critico	Non critico
Nickel	Non critico	Non critico
Copper	Non critico	Non critico
Vanadium	Non critico	Non critico
Chlorides	Non critico	Non critico

PRODUZIONE DI CALCESTRUZZO CON AR

Miscela		Componente												
		Cem.	Acqua	Sabbia 0/2	Sabbia 0/6	Ghiaia 6/20	Agg. riciclato	Add. Re-Con	Add. Tend	Agg100 W400R	a/c	Slump	Massa vol.	Aria inglob.
		III/A 42,5 N		mm	mm	mm	(4/20)				-	(mm)	(kg/m ³)	(%)
		(kg/m ³)	(L/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(L/m ³)	(L/m ³)			(kg/m ³)	(%)	
NAT	0%	350	155	187	579	1154	-	2,04	1,65	0,44	210	2407	1,30	
AR1	4/20	30%	350	155	187	483	673	551	2,07	1,65	0,44	200	2352	1,60
AR3	4/20	30%	350	155	187	482	673	549	2,37	1,65	0,44	210	2377	1,30
		60%	350	155	186	482	96	1098	2,57	1,65	0,44	160	2353	2,00



- Aggregato riciclato prodotto da solo calcestruzzo
- 30% Percentuale di sostituzione dell'aggregato naturale con aggregato riciclato → Riduzione del 7% della resistenza alla compressione
- Sostituzione del 60% → Riduzione del 20% della resistenza alla compressione



- Si è ottenuto un calcestruzzo di classe Rck 30/37

Fonte:
Tesi di
dottorato
Alessandra
Diotti

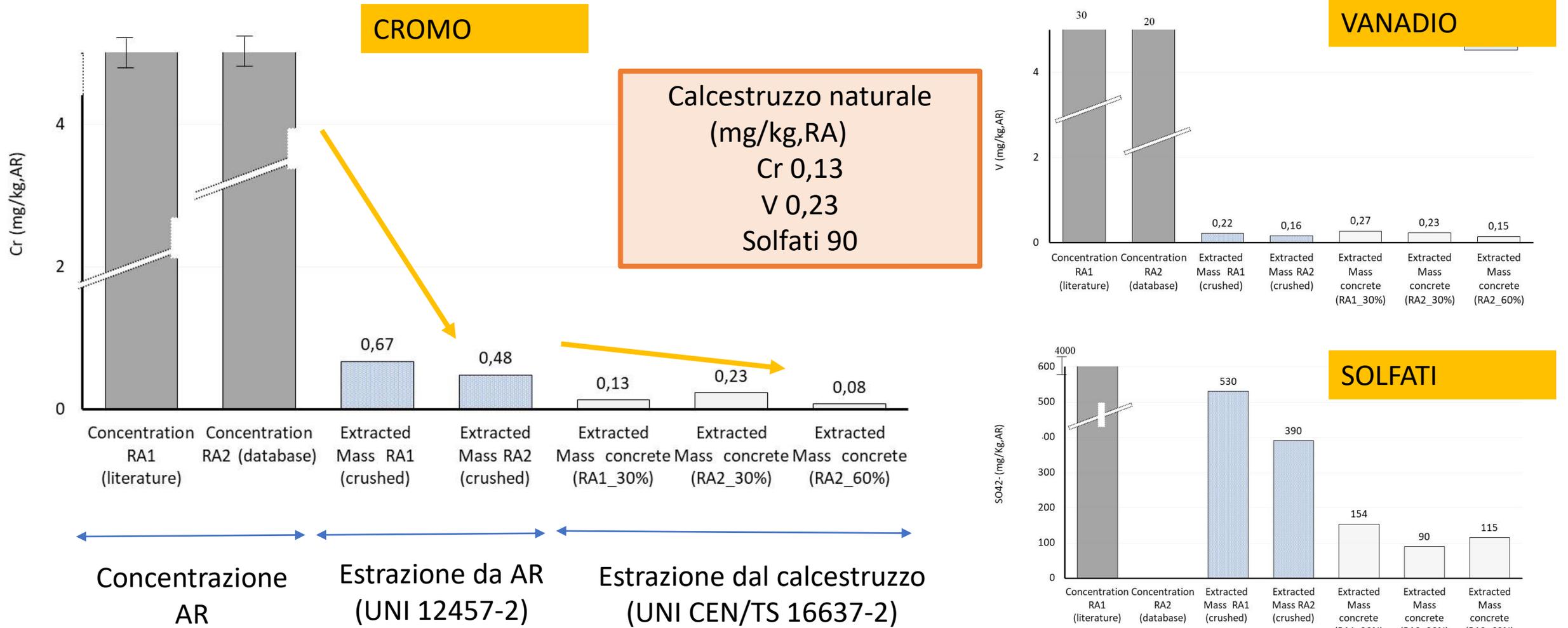
TEST DI CESSIONE CALCESTRUZZO (UNI CEN/TS 16637-2)

Parametro	U.M.	Miscele di calcestruzzo											
		NAT			AR1			AR3					
		0%			30%			30%		60%			
		6h	18h	Total	6h	24h	Total	6h	24h	Totale	6h	24h	Total
Solfati	(mg/L)	2	2	4	8	4	12	4	3	7	9	6	15
Vanadio	(µg/L)	14	12	26	11	10	21	8	10	18	10	9	19
Cromo totale	(µg/L)	5	5	10	5	5	10	9	9	18	5	5	10
pH	(unità pH)	10.4	10.5	-	10.5	10.6	-	10.4	10.6	-	10.2	10.7	-

* Nitrati < sempre 1 mg/L; Fluoruri < sempre 0,1 mg/L; Cloruri < sempre 1 mg/L; Cianuri liberi < sempre 5 µg/L; Bario < sempre 0,1 mg/L; Rame < sempre 0,01 mg/L; Zinco < sempre 0,05 mg/L; Berillio < sempre 0,5 µg/L; Cobalto < sempre 5 µg/L; Nichel < sempre 2 µg/L; Arsenico < sempre 1 µg/L; Cadmio < sempre 0,5 µg/L; Piombo sempre < 1 µg/L; Selenio < sempre 1 µg/L; Mercurio < sempre 0,1 µg/L; COD sempre < 10 mg/L.



TEST DI CESSIONE: Confronto UNI EN 12457-2 e UNI CEN/TS 16637-2 (mg/kg,RA)



CONCLUSIONI

- Variabilità nel rilascio di inquinanti dei CDW e AR dovuta alla elevata eterogeneità del materiale di partenza
- L'impiego di AR per applicazioni «non legate» richiede un controllo del processo a monte (demolizione, trattamento per la produzione di AR)
- L'utilizzo di AR per la produzione di calcestruzzo strutturale è possibile (cls C30/37 con il 30% di AR)
- L'inglobamento di AR nel calcestruzzo riduce il rilascio di inquinanti (es. cromo totale e solfati) critici per AR
- Il rilascio di inquinanti dal calcestruzzo contenente AR è comparabile con quello naturale