



# Progetto ECO-HEALTH WASTE MANAGEMENT

## Industrial waste reuse: evaluation of environmental and sanitary impacts

Tema: economia circolare



**Carlotta Alias**, Laboratorio Interdipartimentale B+LabNet, UniBS  
**Donatella Feretti**, Dipartimento di Specialità Medico-Chirurgiche,  
Scienze Radiologiche e Sanità Pubblica, UniBS



Progetto ECO-HEALTH WASTE MANAGEMENT



RECUPERO DELLE SCORIE DI ACCIAIERIA NELLE COSTRUZIONI

## PERCHE' LE SCORIE DI ACCIAIERIA?

- Problema di interesse per il territorio bresciano
- Necessità di trovare soluzioni alternative allo smaltimento
- Materiali con caratteristiche tecniche di interesse per il recupero nel settore delle costruzioni

MA

scarsa conoscenza degli **effetti sull'ambiente** e, soprattutto, **sulla salute umana** conseguenti alle operazioni di recupero

Scopo: studiare i potenziali effetti **sull'ambiente e sulla salute** integrando l'approccio «tradizionale» basato sulla **caratterizzazione chimica** delle matrici (scorie/eluati) con una valutazione dei potenziali effetti tossici e mutageni basati su **test biologici**



# APPROCCIO INTERDISCIPLINARE AL TEMA DEL RECUPERO DI RIFIUTI NEL SETTORE DELLE COSTRUZIONI



Partecipanti	Dipartimento
Alessandro Abbà	DICATAM
Carlotta Alias	B+LabNet
Laura Benassi	B+LabNet
Donatella Feretti	DSMC
Umberto Gelatti	DSMC
Giovanna Piovani *	DMMT
Sabrina Sorlini	DICATAM

**DICATAM** - Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica

**B+LabNet** - Laboratorio Interdipartimentale H&W

**DSMC** - Dipartimento di Specialità Medico-Chirurgiche, Scienze Radiologiche e Sanità Pubblica

**DMMT** - Dipartimento di Medicina Molecolare e Traslazionale

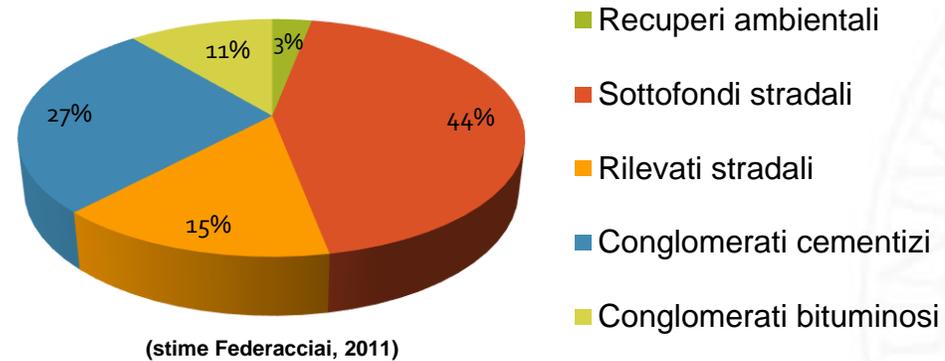
\* Coordinatore del progetto

# Scorie industriali da acciaieria



- **EAF-C** scorie da produzione di acciaio al carbonio in forno ad arco elettrico
- 800 mila ton/anno in Brescia e provincia, *stima RAMET* (3 milioni di tonnellate annue in Italia)

## Settori di impiego delle scorie EAF-C



## Vantaggi del **riutilizzo**:

- ✓ Minimizzazione della quantità di rifiuti da smaltire in discarica
- ✓ Minore sfruttamento delle risorse naturali
- ✓ Riduzione dell'impatto legato alle attività estrattive
- ✓ Risparmio energetico e diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>

# Scorie industriali da acciaieria

Recupero



Test di cessione  
NORMA UNI EN 12457-2



Allegato 3 DM 186/2006

È rappresentativo?  
Recupero in  
sicurezza?



Parametri		Conc. Limite
Nitrati	mg/L	50
Fluoruri	mg/L	1,5
Solfati	mg/L	250
Cloruri	mg/L	100
Cianuri	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
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

# PIANO SPERIMENTALE

Scoria di acciaieria



Aggregato di cava naturale



Test di cessione granulare → eluati

Caratterizzazione eluati

Analisi chimiche

Test di tossicità

Test di mutagenicità/genotossicità

# MATERIALI

Scoria di acciaieria



**5 campioni  
(A1, A2, A3, A4, A5)**

Aggregato di cava naturale



**5 campioni  
(C1, C2, C3, C4, C5)**

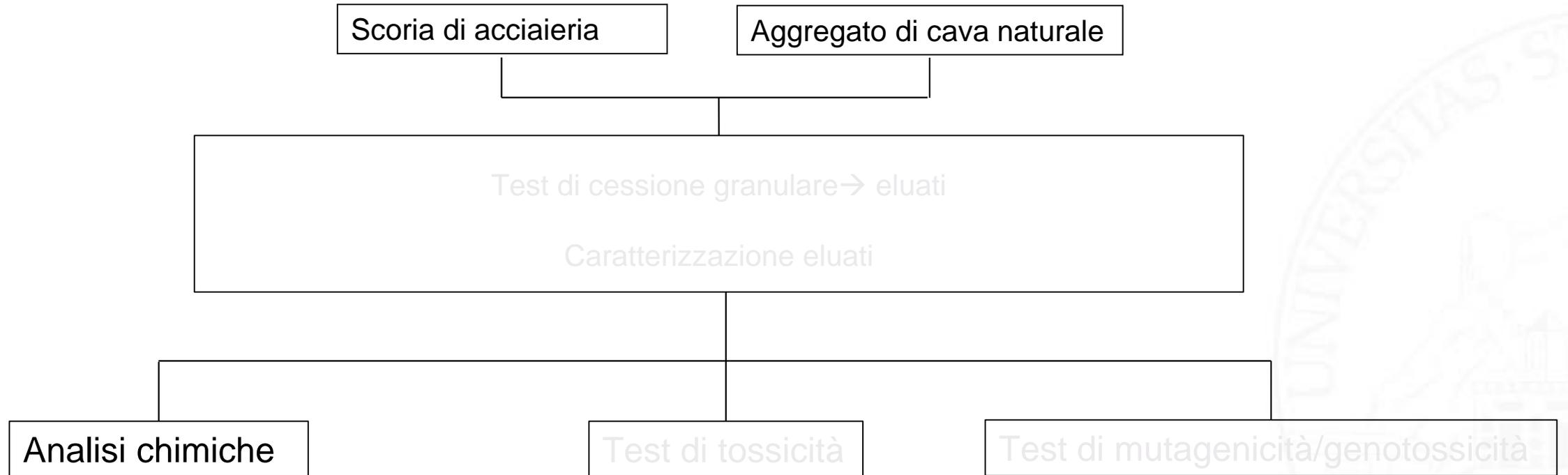
Tutti reperiti a Brescia e provincia

# METODI

Eluati ottenuti seguendo la metodica per materiali granulari UNI EN 12457-2



# METODI



Eseguite presso un laboratorio esterno mediante:

- Cromatografia ionica - **nitrati, fluoruri, solfati, cloruri**
- Metodo colorimetrico - **cianuri**
- Spettrometro ICP al plasma ottico - **metalli**

# RISULTATI

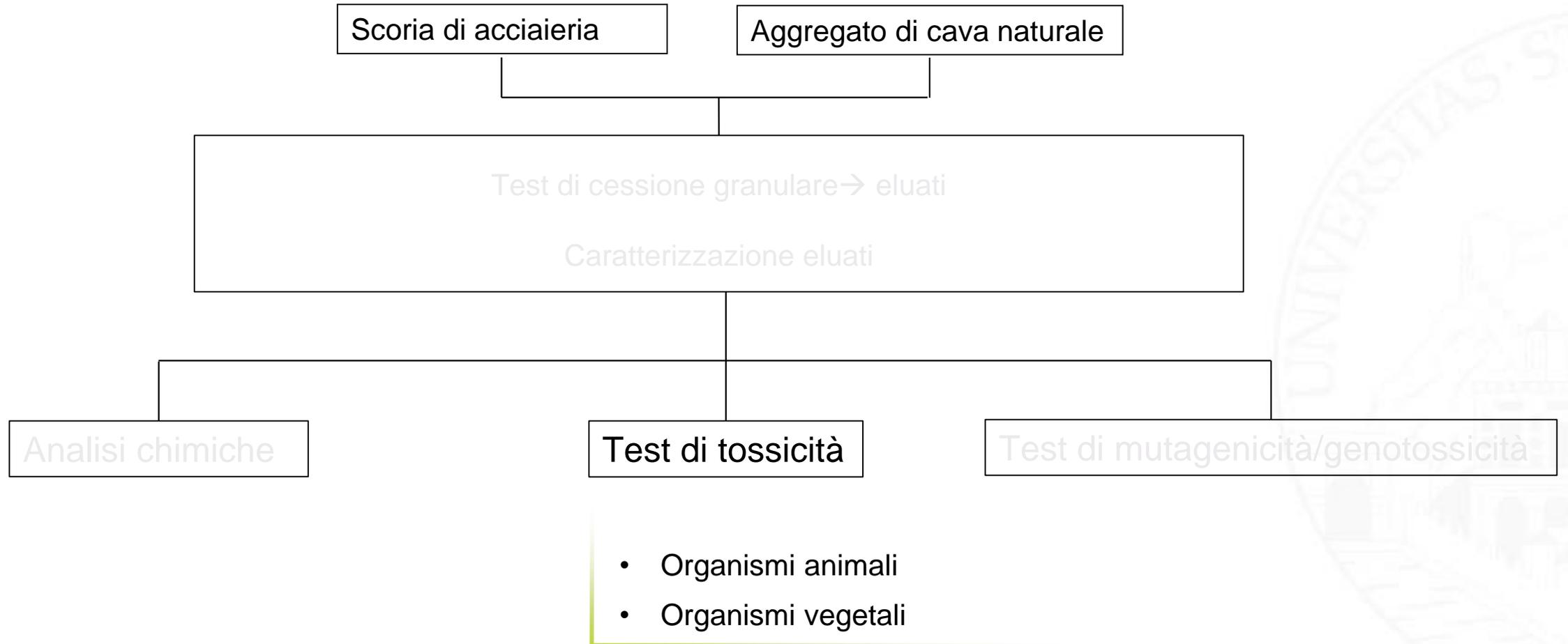
## SCORIE DI ACCIAIERIA

Parametri		A1	A2	A3	A4	A5	LIMITE DM 186/2006
<b>Nitrati</b>	mg/L	0.77	5.0	1.1	1.7	1.9	50
<b>Fluoruri</b>	mg/L	0.65	0.21	0.26	0.31	0.64	1.5
<b>Solfati</b>	mg/L	1.6	1.0	26.2	7.0	9.7	250
<b>Cloruri</b>	mg/L	3.5	9.2	5.7	4.8	5.8	100
<b>Cianuri</b>	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50
<b>Bario</b>	mg/L	0.25	0.27	0.16	0.17	0.23	1
<b>Rame</b>	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
<b>Zinco</b>	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	3
<b>Berillio</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Cobalto</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	250
<b>Nichel</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Vanadio</b>	µg/L	217	228	157	68	189	250
<b>Arsenico</b>	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50
<b>Cadmio</b>	µg/L	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	5
<b>Cromo totale</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	29	12	50
<b>Piombo</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	50
<b>Selenio</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Mercurio</b>	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1
<b>COD</b>	mg/L	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	30
<b>pH</b>	-	10.8	10.2	10.5	11.3	10.9	5.5-12

## AGGREGATI NATURALI DI CAVA

Parametri		C1	C2	C3	C4	C5	LIMITE DM 186/2006
<b>Nitrati</b>	mg/L	0.42	1.6	0.43	0.36	2.0	50
<b>Fluoruri</b>	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1.5
<b>Solfati</b>	mg/L	0.30	0.31	0.37	0.37	2.7	250
<b>Cloruri</b>	mg/L	2.0	3.9	2.2	1.6	4.8	100
<b>Cianuri</b>	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50
<b>Bario</b>	mg/L	0.016	0.019	0.011	< 0.01	0.010	1
<b>Rame</b>	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05
<b>Zinco</b>	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	3
<b>Berillio</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Cobalto</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	250
<b>Nichel</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Vanadio</b>	µg/L	27	21	14	< 10	25	250
<b>Arsenico</b>	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	50
<b>Cadmio</b>	µg/L	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	5
<b>Cromo totale</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	50
<b>Piombo</b>	µg/L	< 10	< 10	12	< 10	< 10	50
<b>Selenio</b>	µg/L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Mercurio</b>	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1
<b>COD</b>	mg/L	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	30
<b>pH</b>	-	8.4	8.3	8.3	8.1	8.2	5.5-12

# METODI



# TEST di TOSSICITÀ

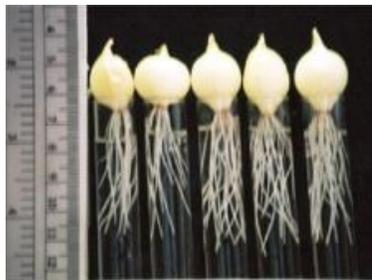
## *Daphnia magna* (OECD 202)

- **Crostacei cladoceri**
- **Tossicità acuta (24-48 h)**
- **END-POINT: % di immobilizzazione** degli organismi esposti rispetto al controllo
- **Dosi: TQ**

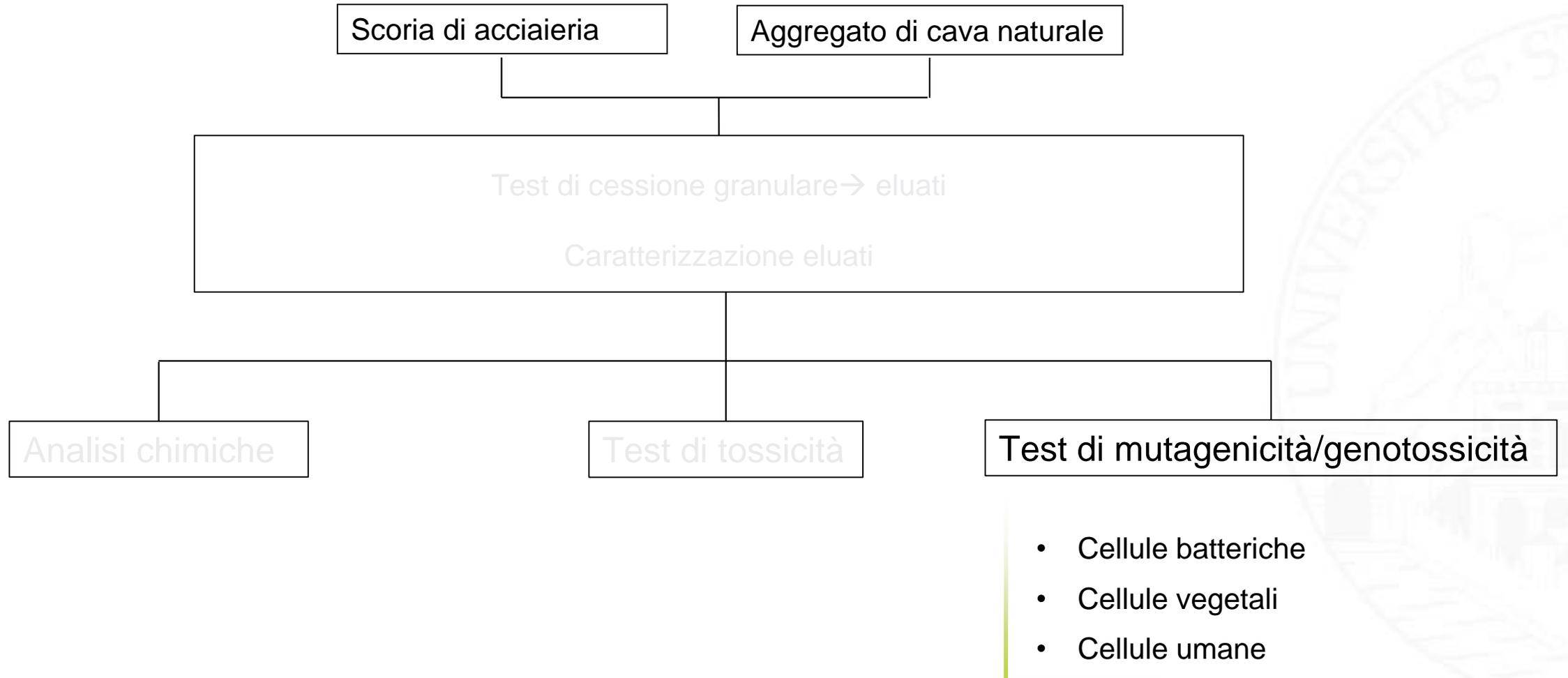


## *Allium cepa*

- Valutazione della **crescita radicale ed alterazioni macroscopiche** in radici di ***Allium cepa***
  - ✓ **EC50:** concentrazione a cui si osserva un allungamento radicale pari al 50% della lunghezza delle radici nel controllo
  - ✓ Caratteri macroscopici: colore, forma, consistenza, turgore, tumori apicali
- **END-POINT: lunghezza delle radici**
- **Dosi: TQ, dil 1:2, dil 1:10, dil 1:20, dil 1:100, dil 1:200, dil 1:1000**



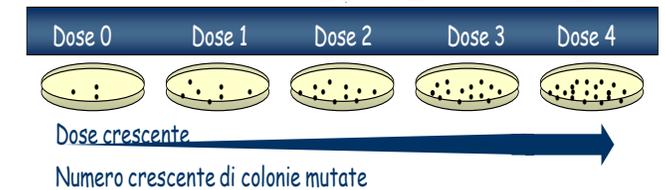
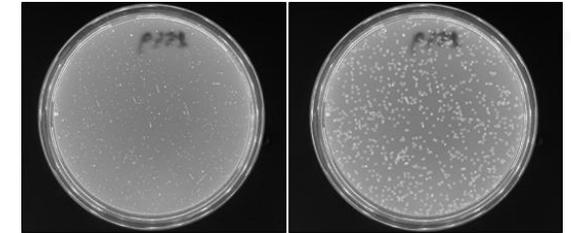
# METODI



# TEST di MUTAGENICITÀ e GENOTOSSICITÀ

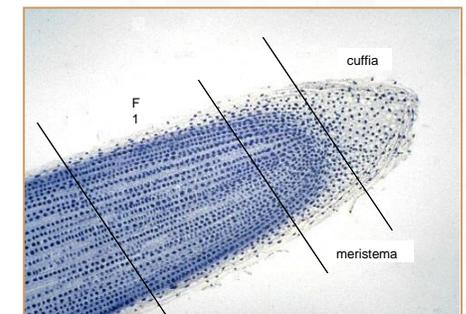
Test di reversione in *Salmonella typhimurium* o test di Ames (OECD 471)

- **Mutazione genica in batteri**
- ***Salmonella typhimurium*** diversi ceppi:
  - **TA100** mutazione per sostituzione di basi
  - **TA98** mutazione *frameshift*
- **END-POINT: numero di colonie cresciute (revertenti)**
- **Dosi: TQ, dil 1:2, dil 1:10, dil 1:100**



*Allium cepa* test

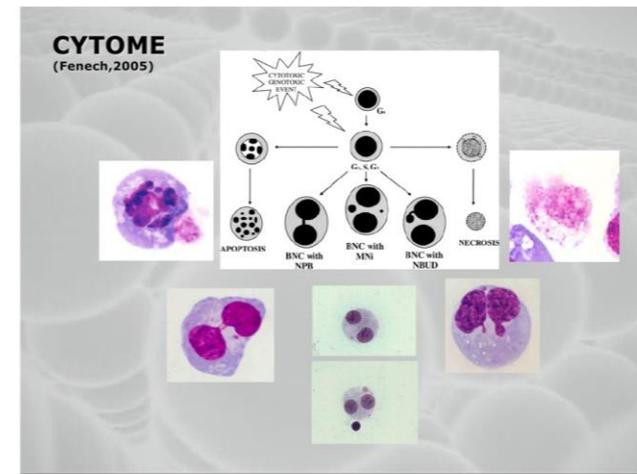
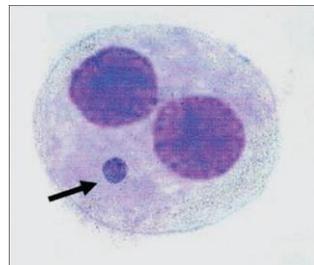
- **Cellule vegetali: cellule radicali di *Allium cepa***
- **Mutazioni cromosomiche**
  - **Aberrazioni cromosomiche** (ponti, cromosomi vaganti, frammenti, ...)
  - **Micronuclei**
- **END-POINT: % anomalie cromosomiche (AC, MN)**
- **Dosi: TQ**



# TEST di GENOTOSSICITÀ

## Test del micronucleo *in vitro* (MNVIT) (OECD 487/2016)

- **Cellule umane (leucociti, linee cellulari di fibroblasti umani)**
- **Micronuclei: danno cromosomico stabile**
- **END-POINT: % micronuclei in cellule binucleate**
- **Altre anomalie cromosomiche: figure a ponte, buds, nuclei apoptotici**
- **Dosi: TQ, dil 1:2, dil 1:10, dil 1:100**

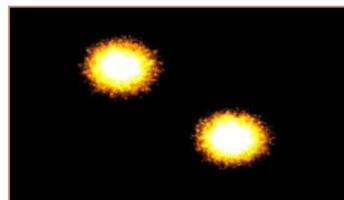


## Test della cometa (Single Cell Gel Electrophoresis assay)

- **Cellule umane (leucociti)**
- **Danno primario al DNA:** danno molto precoce e reversibile
  - rotture del DNA nel doppio e/o singolo filamento
  - siti abasici, addotti, cross links, basi ossidate
- DNA sottoposto a elettroforesi ⇒ in campo elettrico i frammenti di DNA migrano verso l'anodo con differente velocità, dando origine a formazioni tipo "comete", in cui l'entità della migrazione è direttamente proporzionale al danno ⇒ diverse classi di danno
- **END-POINT: % di DNA nella coda (lunghezza delle coda)**
- **Dosi: TQ, dil 1:2, dil 1:10, dil 1:100**



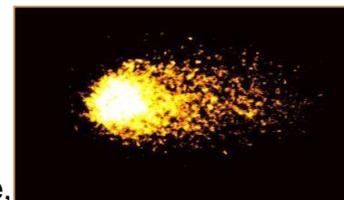
Classe 0



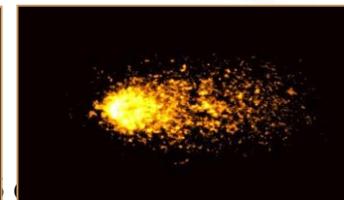
Classe 1



Classe 2



Classe 3



# CONCLUSIONI

- Approccio integrato
  - ✓ diverse aree disciplinari
  - ✓ chimico-biologico
  - ✓ batteria di test con bersagli cellulari e end-point differenti
- Scorie di acciaieria e aggregati di cava: effetti simili
- Eluato delle scorie:
  - ➔ **no tossicità in *Daphnia magna***
  - ➔ **no tossicità in *Allium cepa***
  - ➔ **no mutagenicità in *Salmonella typhimurium***
  - ➔ **no MN in cellule vegetali e in cellule umane**
  
  - ➔ **AC in cellule vegetali e danno al DNA in leucociti**
- Le scorie possono rappresentare un'alternativa agli aggregati tradizionali
- Numerosi vantaggi ambientali derivanti dal riutilizzo delle scorie (riduzione del conferimento in discarica, diminuzione dell'utilizzo di materie prime)
- Economia circolare e sostenibilità

# FUTURI SVILUPPI

Work in Progress

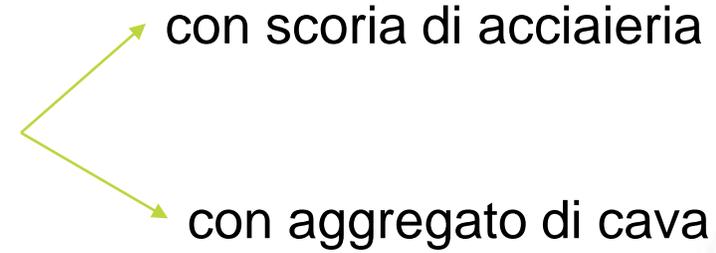
Cubetti di calcestruzzo



Test di cessione  
Monolitico UNI EN 15863



Analisi chimiche + test biologici



Grazie al Laboratorio Pietro Pisa



**Grazie per l'attenzione**