

Utilizzo del modello dinamico e relativo algoritmo di calcolo per la previsione della variazione della concentrazione di piombo nei contenitori in vetro.

Stazione Sperimentale del Vetro

Premessa

Lo studio si prefigge di valutare l'effetto di alcuni scenari industriali sulla riduzione del contenuto di piombo nei contenitori di vetro prodotti in ambito nazionale. Gli scenari industriali considerati sono stati i seguenti:

- Azione sul rottame di vetro
 - Applicazione delle migliori tecnologie per la riduzione del contenuto di piombo nel rottame di vetro pronto forno (valore di riferimento basato sulle migliori performance di settore)
- Azioni sulla sabbia di vetro
 - Rimozione del materiale ad elevato contenuto di piombo dallo scarto CSP (ceramica colorata) utilizzato per la produzione di sabbia di vetro
 - Eliminazione dello scarto ceramico dalla produzione sabbia di vetro
- Azioni sulle polveri da abbattimento dei fumi dei forni fusori (polveri ESP)
 - Eliminazione delle polveri ESP nella composizione (no riciclo)
 - Riduzione del Pb dalle polveri ESP riutilizzate (-50%)

L'attività prevede l'utilizzo del modello dinamico precedentemente sviluppato (R.P. 109318 del 24/05/2013) per la previsione della variazione della concentrazione di piombo nei contenitori di vetro colorato.

Definizione dello scenario

Il modello è stato sviluppato utilizzando il programma Simulink® di MatLab® che consente di simulare attraverso uno specifico algoritmo l'andamento dinamico dei flussi in ingresso e uscita dal sistema e prevedere il comportamento nel tempo di una o più variabili.

Il modello è stato sviluppato considerando il sistema di produzione di contenitori di vetro nazionale. Nella figura 2 è riportato lo schema semplificato del modello utilizzato per lo sviluppo dell'algoritmo.

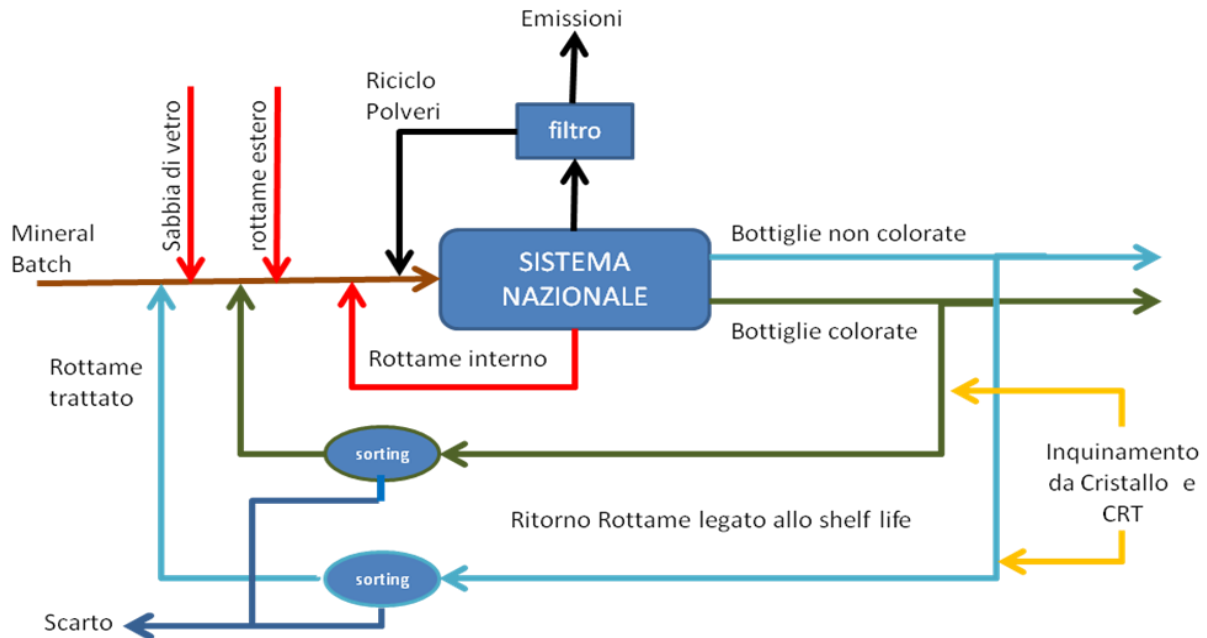


Figura 1: schema del sistema "vetro" utilizzato per la costruzione del modello previsionale.

Nel modello sono stati utilizzati i medesimi flussi utilizzati nel lavoro precedente (R.P. 109318 del 24/05/2013), aggiornati con i dati del 2015. Di seguito si riporta un elenco dei flussi necessari per l'applicazione del modello:

- *Input per il bilancio di massa, valori costanti.*
 - Rottame utilizzato per la produzione vetro colorato.
 - Percentuale di riciclo interno per vetro colorato.
 - Quantità di polveri da ESP riutilizzate.
 - Quantità di sabbia di vetro.
 - Shelf-life per contenitori colorati.

- *Input per lo scenario di azione, valori variabili*
 - Eliminazione Polveri ESP;
 - Rimozione Piombo da polveri ESP (50%)
 - Adeguamento del contenuto di piombo nel rottame in ingresso (benchmark sui migliori trattatori);

- Rimozione del materiale apportatore di Piombo dall'input della sabbia di vetro;
- Eliminazione del materiale CSP dall'input dell'impianto di produzione della sabbia di vetro;

In assenza di perturbazioni l'algoritmo fornisce un output costante, espresso come concentrazione di piombo finale nel contenitore.

Validazione modello di shelf-life

Prima di procedere con lo sviluppo degli scenari è stato definito lo shelf-life dei contenitori colorati, ossia il tempo di ritorno medio dei contenitori immessi in commercio come rottame di vetro. A tale scopo i 2 scenari analizzati nel precedente R.P n°108170/2013 applicati al modello sono stati confrontati con i valori medi di concentrazione di piombo nei contenitori colorati misurati nel corso delle campagne semestrali promosse dal COREVE.

I dati numerici di ingresso sono stati aggiornati, ove possibile, con i dati disponibili per il 2015 ricavati da indagini SSV precedenti e con i dati ricavati da Rapporti CoReVe. Di seguito vengono riportati in Tabella 1 i valori numerici per i parametri di ingresso.

| tipologia | Ton/anno | Ppm Pb |
|--|-----------------|---------------|
| Imnesso al consumo ¹ | 2.342.845 | - |
| Raccolta ¹ | 1.825.000 | - |
| Riciclo ¹ | 1.614.828 | 185 |
| Di cui colorato misto (66%) ² | 1.065.786 | 206 |
| Polveri ESP ² | 6.000 | 10000 |
| Sabbia di Vetro ¹ | 86.000 | 360 |

Tabella 1: dati utilizzati per l'algoritmo: i valori segnati con "1" sono ricavati da dati CoReVe, mentre i dati con "2" sono ricavati da precedenti indagini SSV.

Viene definito come shelf-life il tempo che intercorre tra la produzione del contenitore in vetro e il suo rientro come rottame pronto forno in vetreria. Infatti

dopo l'uso i contenitori attraversano la filiera di recupero del vetro, campana / porta a porta, centro di raccolta, centro di lavorazione rottame per arrivare di nuovo in vetreria.

Di seguito in Figura 2 vengono riportate le funzioni utilizzate per lo shelf-life contenitore colorato (2 scenari). Le ipotesi sono state formulate in seguito a consultazione con esperti del settore e sono mostrate in Tabella 2.

| Scenario Rientro Veloce | Scenario Rientro Lento |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Primo rientro dopo 3 mesi • 20 % bottiglie birra entro 6 mesi • 60 % bottiglie vino, spumante entro 1 anno • 20 % bottiglie vino e olio entro 3 anni | <ul style="list-style-type: none"> • Primo rientro dopo 6 mesi • 100 % bottiglie entro 5 anni |

Tabella 2: dati di rientro stimati.

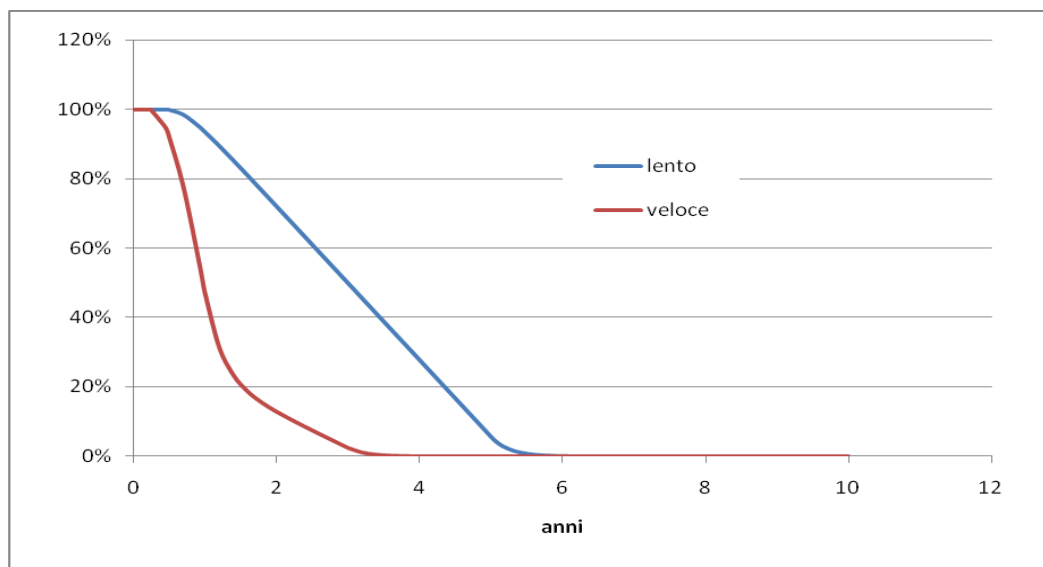


Figura 2: andamenti dei due scenari di *shelf-life* come implementati nell'algorithm.

Per la validazione dello shelf-life sono stati usati i dati raccolti da SSV durante le campagne di monitoraggio semestrale, dal 2013 al 2016, accompagnati dal valore trovato durante la campagna preliminare effettuata nel 2011: i valori sono mostrati in Tabella 3.

| Indagine | Tutti | Contenitori colorati |
|--------------------|--------------|-----------------------------|
| <i>2011</i> | <i>144</i> | <i>194</i> |
| <i>2013 I sem</i> | <i>135</i> | <i>197</i> |
| <i>2013 II sem</i> | <i>134</i> | <i>173</i> |
| <i>2014 I sem</i> | <i>117</i> | <i>165</i> |
| <i>2014 II sem</i> | <i>110</i> | <i>159</i> |
| <i>2015 I sem</i> | <i>111</i> | <i>150</i> |
| <i>2015 II sem</i> | <i>104</i> | <i>132</i> |
| <i>2016 I sem</i> | <i>104</i> | <i>136</i> |
| <i>2016 II sem</i> | <i>106</i> | <i>135</i> |

Tabella 3: valori di concentrazione di Piombo nei contenitori, generale e colorato, come trovati durante le campagne di monitoraggio

In Figura 3 viene mostrato l'andamento dei valori di concentrazione di Piombo per il vetro colorato, sovrapposti agli andamenti ipotizzati durante lo studio effettuato in passato.

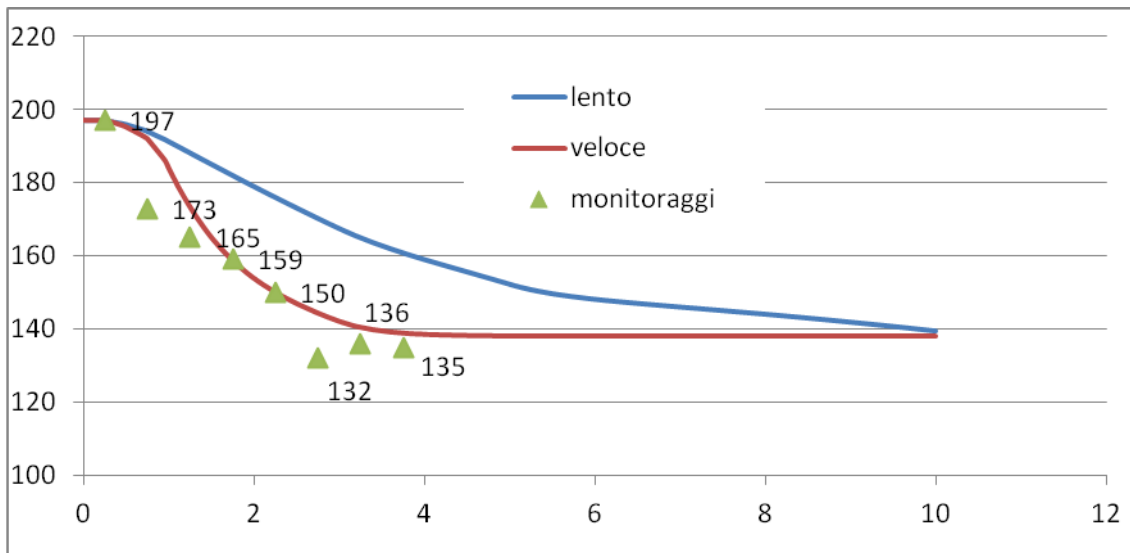


Figura 3: andamento della concentrazione di Piombo come calcolato nel 2013 e confrontato con i valori ricavati dalle campagne di monitoraggio.

L'analisi dei risultati evidenzia che l'andamento dello shelf-life "veloce" si adatta meglio ai dati ricavati dalle campagne di monitoraggio, per cui tale scenario è stato utilizzato per lo studio dei nuovi scenari industriali.

Scenario 1: Applicazione delle migliori tecnologie per la riduzione del contenuto di piombo nel rottame pronto forno (valore di riferimento basato sulle migliori performance di settore)

Durante il recente monitoraggio semestrale (2016 II semestre), e come avviene dal monitoraggio del I semestre 2014, è stata applicata la procedura di vagliatura con la Lampada UV che prevede di determinare il contributo di frammenti di vetro al Piombo presenti nei campioni di rottame di vetro pronto al forno (vedi Tabella 4).

| | Media pesata | | | Media 3 impianti migliori | |
|-------------|--------------|-----------|--|---------------------------|-----------|
| | contenitore | frammenti | | contenitore | frammenti |
| 2014 I sem | 169 | 135 | | 138 | 24 |
| 2014 II sem | 142 | 99 | | 163 | 41 |
| 2015 I sem | 153 | 99 | | 157 | 39 |
| 2015 II sem | 131 | 53 | | 129 | 34 |
| 2016 I sem | 122 | 86 | | 138 | 41 |
| 2016 II sem | 119 | 79 | | 115 | 18 |

Tabella 4: andamento del contributo medio dei frammenti nel rottame misto, Media pesata e Media per i tre impianti migliori.

Nel modello si ipotizza una diminuzione del contributo di frammenti di vetro al Piombo, da un valore pari all'attuale (media 79 ppm) ad un valore che corrisponde alla performance dei migliori 3 impianti di trattamento (media 18 ppm) nel giro di un anno, cioè che il 100% del rottame utilizzato nel giro di un anno abbia un contributo di frammenti uguale ai migliori 3 impianti.

Per rendere il modello più realistico, si ipotizza anche un obiettivo intermedio, dove il 50% del rottame ha un contributo frammenti uguale ai migliori 3 impianti, ed i restanti impianti mantengono il contributo medio.

I due scenari vengono riassunti di seguito:

1. Scenario: 100% del rottame trattato a 18 ppm di contributo frammenti entro un anno.
2. Scenario: 50% del rottame trattato a 18 ppm di contributo frammenti entro un anno, 50 % rimane al valore medio attuale di 79 ppm.

I risultati ottenuti vengono presentati in Figura 4.

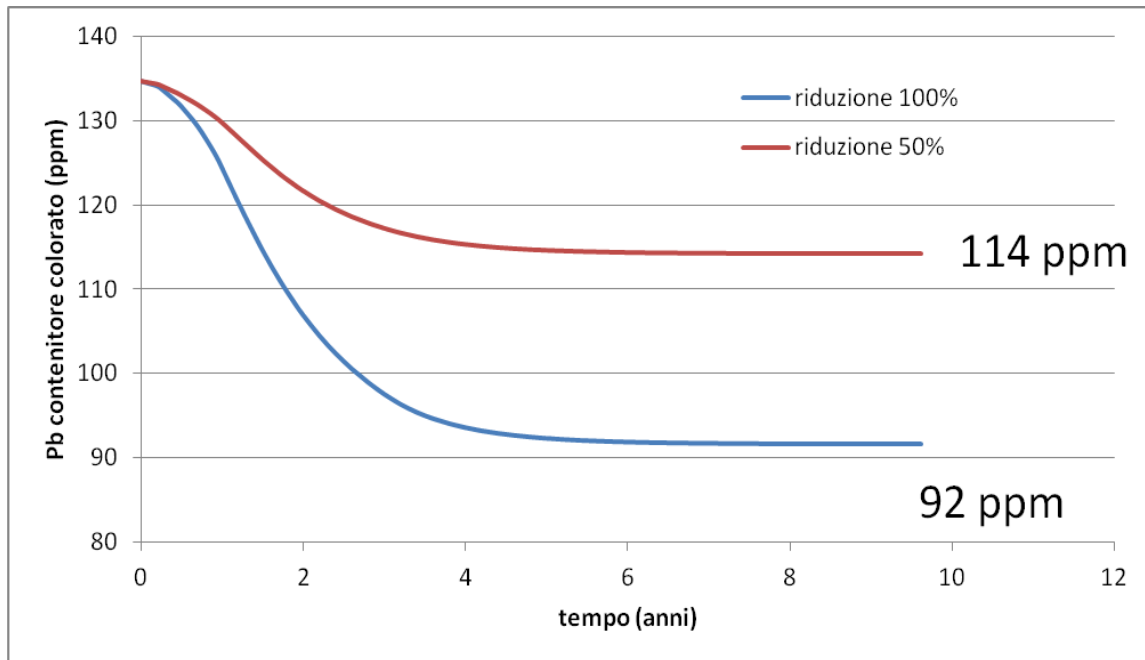


Figura 4: andamento calcolato per i due scenari di azione sul contributo frammenti nel rottame.

Dall'analisi dei risultati si evidenzia che il primo scenario, dove tutto il rottame viene trattato in impianti con performance simili ai migliori impianti nazionali, permette di scendere al di sotto della soglia di 100 ppm per i contenitori di vetro colorato, mentre il secondo scenario che considera soli il 50 % degli impianti operanti nelle migliori condizioni si mantiene al di sopra dei 100 ppm. Il tempo impiegato per scendere sotto i 100 ppm di piombo è di circa 3 anni.

Scenario 2: riduzione dell'apporto di Piombo presente nella sabbia di vetro.

La sabbia di vetro viene prodotta mescolando in proporzioni variabili lo scarto CSP ed lo scarto di sottovaglio (< 8 mm). I valori possibili di concentrazione di Piombo nel CSP e nel Sottovaglio sono piuttosto variabili; per la simulazione si è utilizzata una situazione rappresentativa dei valori trovati nel corso del monitoraggio del II semestre 2015. Il consumo dichiarato di sabbia di vetro nel 2015 è stato di circa 86.000 tonnellate.

Per gli scopi del modello sono stati considerati i seguenti valori di partenza:

- Conc. Pb nel CSP -> 520 ppm
- Conc. Pb sottovaglio -> 200 ppm

Considerando un rapporto di mescolamento medio tra i due materiali di input 50:50, si ottiene una concentrazione di partenza di 360 ppm (rispetto a 358 ppm del II semestre 2015, dati monitoraggio).

Sono previsti due scenari:

1. riduzione dei frammenti apportatori di Piombo nel materiale CSP (esperienza Progetto Coreve/Conai): in questo ambito lo scarto CSP viene trattato con macchine di selezione, arrivando ad un materiale di output caratterizzato da una concentrazione di piombo di 300 ppm. La concentrazione di Piombo finale nella sabbia di vetro sarà 250 ppm.
2. Eliminazione dello scarto CSP dalla produzione della sabbia di vetro: in questo caso la sabbia di vetro passerà da 360 a 200 ppm.

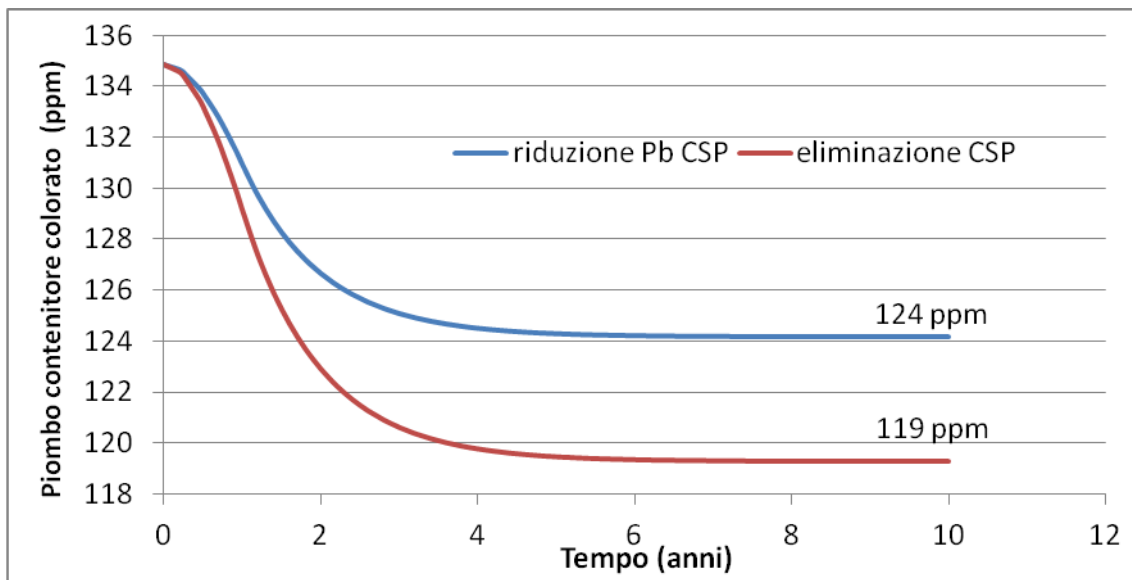


Figura 5: scenari di riduzione del piombo da sabbia di vetro, calcolati dal modello dinamico.

L'analisi dei risultati evidenzia che nonostante l'elevata quantità di piombo rimossa dalla sabbia di vetro, in entrambi gli scenari la concentrazione di piombo non scende mai al di sotto dei 100 ppm. Questo è dovuto principalmente ai bassi quantitativi di sabbia di vetro utilizzati nella simulazione, che limita l'impatto dell'azione di riduzione.

Scenario 3: eliminazione polveri ESP

Le polveri recuperate dai sistemi di abbattimento contengono in media circa l'1% di Piombo, mentre la quantità di polvere recuperata è stata stimata pari a circa 2500 tonnellate anno. La simulazione ha interessato due scenari:

1. eliminazione totale dell'utilizzo delle polveri ESP;
2. rimozione del piombo dalle polveri, con una resa del 50%.

I risultati sono mostrati in Figura 6.

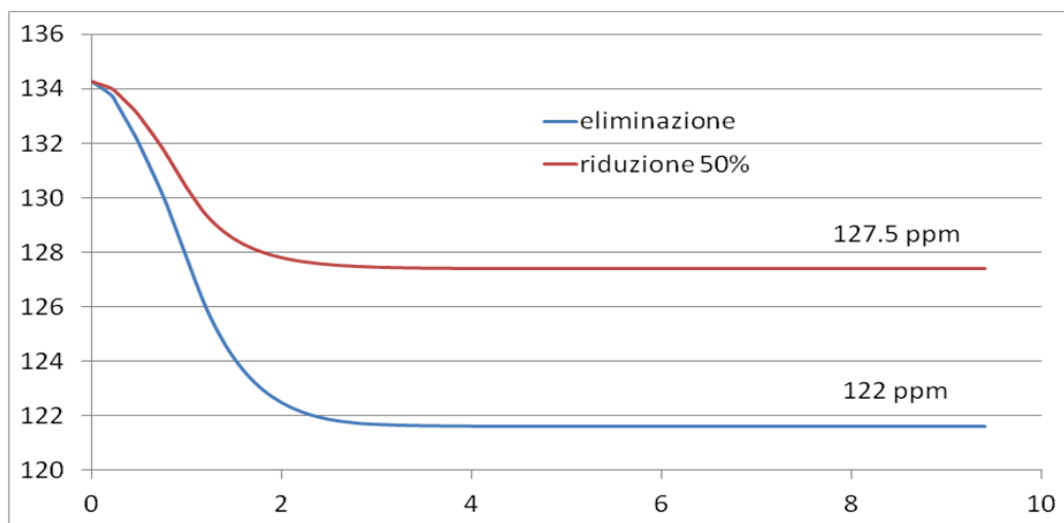


Figura 6: scenari di riduzione del piombo da polveri ESP, calcolati dal modello dinamico.

Anche in questo caso, a causa della limitata quantità di polveri utilizzate in vetreria, il contributo alla diminuzione del piombo dalle polveri ha un impatto marginale e in nessun caso si riesce a scendere sotto i 100 ppm.

Conclusioni

Partendo da una condizione iniziale di 134 ppm di piombo nel contenitore di vetro colorato, l'applicazione degli scenari studiati potrebbe portare ai seguenti risultati:

- Ottimizzazione rese di rimozione impianti di trattamento
134 ppm -> 92 ppm
- Rimozione piombo dalla sabbia di vetro nazionale
134 ppm -> 122 ppm (medio)
- De-piombizzazione delle polveri ESP
134 ppm -> 126 ppm (medio)

L'applicazione sinergica di tutti gli scenari studiati consentirebbe di scendere facilmente al di sotto dei 100 (teoricamente minore di 80 ppm).

--- FINE DEL RAPPORTO DI PROVA ---