## *Diossine, furani e PCB diossina-simili · Criteri TDE di valutazione*

Scheda tecnica decisionale · 8 novembre 2026 · Versione 1.0

### 1. Finalità e scelta del parametro

Valutare, attraverso i muschi, la pressione ambientale da sostanze diossina-simili nel territorio candidato o già qualificato come Terra dell'Eccellenza (TDE). Il dato nei muschi non è un indicatore diretto della concentrazione nelle derrate, ma una sentinella di esposizione ambientale che si interpreta con le altre matrici TDE.

Indicatore decisionale: somma delle tossicità equivalenti dei 17 congeneri PCDD/F e dei 12 congeneri PCB-DL, espresse in pg WHO-TEQ 2005 per grammo di sostanza secca (pg WHO-TEQ/g s.s.). I due contributi devono essere anche riportati separatamente nel rapporto di prova.

### 2. Soglie operative TDE

| Σ PCDD/F + PCB-DL (pg WHO-TEQ/g s.s.) | Classificazione TDE | Conseguenza operativa |
|---|---|---|
| **≤ 0,10** | Compatibile | Si prosegue nella valutazione integrata del territorio. |
| **> 0,10 e ≤ 0,20** | Fascia di verifica | Approfondimento con altre matrici e verifica della qualità del dato; nessuna esclusione automatica. |
| **> 0,20** | Anomalia significativa | Verifica mirata e, se pertinente, sospensione cautelativa della qualifica. Mancata qualificazione o revoca soltanto dopo conferma dell'incompatibilità. |

Nota: 0,10 e 0,20 pg WHO-TEQ/g s.s. sono soglie convenzionali TDE. Non sono limiti normativi, valori tossicologici o mediane europee misurate. La seconda soglia equivale a 2 × la prima. Le condizioni di campionamento e di confronto temporale dovranno essere standardizzate nel protocollo generale dei bioindicatori.

### 3. Motivazione tecnico-scientifica

La letteratura mostra concentrazioni molto basse ma variabili nei muschi europei. Dreyer e collaboratori (Germania, campagna 2015) riportano per i soli PCDD/F un intervallo di 0,024–0,81 pg WHO2005-TEQ/g s.s.; Danielsson e collaboratori (Svezia, 2016) riportano 0,0001–0,57 pg WHO2005-TEQ/g s.s. per i PCDD/F. Le ricerche presentano i PCDD/F e i PCB-DL anche separatamente. Questi intervalli NON sono la distribuzione statistica della sommatoria combinata e non permettono, da soli, di ricavare una mediana paneuropea della somma.

La soglia TDE di 0,10 pg WHO-TEQ/g s.s. è pertanto un riferimento operativo prudente, arrotondato e verificabile, scelto in relazione all'ordine di grandezza delle osservazioni disponibili

in Europa; 0,20 pg WHO-TEQ/g s.s. è fissato come segnale di anomalia significativa. Non si attribuisce a tali valori una giustificazione statistica più forte di quella documentabile.

### 4. Regole analitiche

- Richiedere separatamente: Σ PCDD/F (17 congeneri), Σ PCB-DL (12 congeneri), e Σ complessiva PCDD/F + PCB-DL.
- Utilizzare i WHO-TEF 2005, riportando tutti i risultati in pg WHO-TEQ/g di sostanza secca.
- Richiedere almeno le sommatorie lower bound (non quantificati posti a zero) e upper bound (non quantificati assunti al LOQ), con elenco dei congeneri e rispettivi LOQ.
- Per la decisione iniziale utilizzare il lower bound, purché il limite analitico sia sufficientemente basso. Se la distanza lower bound/upper bound rende incerta la classificazione, il giudizio è indeterminato e occorre migliorare la sensibilità o ripetere il controllo.
- La capacità analitica del laboratorio sui muschi deve essere confermata prima della prima applicazione; un risultato non quantificabile non equivale automaticamente a un valore inferiore alla soglia TDE.
- Campionare la medesima specie o specie comparabili, con procedure uniformi e rispetto delle interferenze da polveri e substrato.

### 5. Logica decisionale

Campione di muschio → analisi dei 29 congeneri → calcolo separato PCDD/F e PCB-DL → somma WHO-TEQ 2005 → confronto con le soglie TDE → valutazione integrata con suolo, acque e altri bioindicatori. Un superamento non è compensato da una media con risultati migliori di altre matrici; le verifiche servono a chiarire attendibilità, estensione e significato della pressione contaminante.

### 6. Bibliografia scientifica e riferimenti


1. Dreyer, A., Neugebauer, F., Rüdel, H., Klein, R., Lohmann, N., Rauert, C., Koschorreck, J. (2018). (Persistent) Organic pollutants in Germany: results from a pilot study within the 2015 moss survey. Environmental Sciences Europe, 30, 43. https://doi.org/10.1186/s12302-018-0172-y
2. Danielsson, H., Hansson, K., Potter, A., Friedrichsen, J., Brorström-Lundén, E. (2016). Persistant organic pollutants in Swedish mosses. IVL Swedish Environmental Research Institute, Report C 188. https://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1654071/FULLTEXT01.pdf
3. Carballeira, A. et al. (2006). Moss: a powerful tool for dioxin monitoring. Atmospheric Environment, 40(30), 5776–5786. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.05.016
4. Van den Berg, M. et al. (2006). The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. Toxicological Sciences, 93(2), 223–241. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl055
5. Nickel et al. (2026). Studio tedesco sulle distribuzioni modellate di inquinanti organici nei muschi, Atmosphere, 17(3), 263. https://www.mdpi.com/2073-4433/17/3/263 (dato modellato: non utilizzato per calcolare la mediana combinata).


Le soglie operative TDE potranno essere riesaminate sulla base dei risultati del monitoraggio territoriale e di ulteriori distribuzioni europee comparabili della sommatoria combinata.