



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## تحلیل جامع آلودگی خاک و آب در چارچوب مدیریت پایدار منابع طبیعی

اشرف ملکیان<sup>۱\*</sup>، اکبر جعفرلو<sup>۲</sup>، سیروس شاکری<sup>۳</sup>

۱- گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ ashraf.malekian@pnu.ac.ir

۲- محیطبان منطقه حفاظت شده مراکان و دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه پیام نور تبریز؛

۳. گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛

### چکیده

آلودگی خاک و آب از مهمترین چالش های زیست محیطی عصر حاضر به شمار می رود که پایداری اکوسیستم ها و سلامت انسان را به طور مستقیم تهدید می کند. این پژوهش با هدف تحلیل جامع منابع، پیامدها و راهکارهای مقابله با آلودگی خاک و آب، در چارچوب مدیریت پایدار منابع طبیعی انجام شده است. روش تحقیق شامل مرور منابع علمی، تحلیل داده های میدانی از استان گیلان، و بررسی شاخص های آلودگی مانند فلزات سنگین، نیترات و مواد آلی در خاک و آب سطحی و زیرزمینی بود. نتایج نشان داد که فعالیت های کشاورزی ناپایدار، دفع نامناسب پسماندها و نفوذ آلاینده های صنعتی، نقش موثری در کاهش کیفیت منابع طبیعی دارند. در بخش بحث، بر ضرورت استفاده از فناوری های نوین پایش، زیست پالایی و مشارکت جوامع محلی در مدیریت منابع تاکید شده است. نتیجه گیری مقاله بر اهمیت سیاست گذاری هوشمند، آموزش عمومی و توسعه پایگاه داده کلی آلودگی خاک و آب برای دستیابی به توسعه پایدار تاکید دارد.

**واژگان کلیدی:** آلودگی آب، آلودگی خاک، اکوسیستم های حساس، زیست پالایی، مدیریت پایدار منابع طبیعی

### مقدمه

آلودگی خاک و آب از مهمترین چالش های زیست محیطی قرن حاضر به شمار می رود که پایداری اکولوژیکی، امنیت غذایی و سلامت انسان را به طور مستقیم تهدید می کند. در ایران، رشد بی رویه جمعیت و توسعه صنعتی و کشاورزی ناپایدار موجب ورود آلاینده های شیمیایی، فلزات سنگین و مواد آلی به منابع خاک و آب شده است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۴۰۰). این آلودگی ها نه تنها کیفیت منابع طبیعی را کاهش داده اند، بلکه موجب تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک و نابودی اکوسیستم های حساس شده اند (Karami et al., 2021).

مطالعات جهانی نشان می دهند که آلودگی خاک و آب با تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی و افزایش بیماری های انسانی ارتباط مستقیم دارد (FAO, 2020). در مناطق شمالی ایران، به ویژه استان گیلان، نفوذ فاضلاب های شهری و کشاورزی به منابع آب سطحی و زیرزمینی، کیفیت آب آشامیدنی و سلامت عمومی را به شدت تهدید کرده است (Rahmani et al., 2019). همچنین، استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات موجب تجمع فلزات سنگین در خاک های کشاورزی شده که از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می شوند (Zhang et al., 2019). منابع و پیامدهای آلودگی خاک و آب در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱، منابع و پیامدهای آلودگی خاک و آب

نوع آلودگی	منابع اصلی	پیامدهای زیست محیطی
------------	------------	---------------------



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کود شیمیایی، سموم، زباله های صنعتی	کاهش حاصلخیزی، تخریب پوشش گیاهی	آلودگی خاک
فلزات سنگین، مواد آلی	تهدید سلامت انسان، نابودی آبزیان	آلودگی آب
تغییر کاربری اراضی، فرسایش خاک	کاهش تنوع زیستی، تشدید بحران اقلیمی	آلودگی ترکیبی

خاک به عنوان بستر اصلی تولید غذا، حفظ تنوع زیستی و تنظیم چرخه های زیست محیطی، یکی از حیاتی ترین منابع طبیعی محسوب می شود. با این حال، در دهه های اخیر، ورود آلاینده های شیمیایی، فلزات سنگین، ترکیبات نفتی و پسماندهای صنعتی به خاک، کیفیت و عملکرد آن را به شدت کاهش داده است (بدری و همکاران، ۱۳۸۹؛ Zhang et al., 2019). در ایران، آلودگی خاک اغلب ناشی از کشاورزی ناپایدار، دفع غیر اصولی زباله ها، فعالیت های صنعتی و تغییر کاربری اراضی است. طبق گزارش مرکز پژوهشی آرا، بیشترین آلودگی ها در اطراف پالایشگاه ها و صنایع سنگین رخ می دهد که منجر به تجمع فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، نیکل و جیوه در خاک می شود. در جدول ۲ منابع اصلی آلودگی خاک ارائه گردیده.

جدول ۲، منابع اصلی آلودگی خاک

منبع آلاینده	نوع آلاینده	مناطق بحرانی در ایران
کشاورزی ناپایدار	نیترات، فسفات، سموم دفع آفات	مناطق بحرانی در ایران
صنایع سنگین	فلزات سنگین (pb. Cd. Ni. Hg)	دشت های گیلان، مازندران
زباله های شهری و صنعتی	ترکیبات آلی، میکروپلاستیک ها	اطراف پالایشگاه ها، شهرهای صنعتی
تغییر کاربری اراضی	رسوبات، کاهش پوشش گیاهی	حاشیه شهرها، مناطق دفن زباله
		مناطق جنگلی شمال، حاشیه تالاب ها

همچنین جدول ۳ در مورد استاندارد غلظت مجاز فلزات سنگین در خاک کشاورزی و برای تحلیل شدت آلودگی و مقایسه با استانداردهای مجاز می باشد.

جدول ۳، استاندارد غلظت مجاز فلزات سنگین در خاک کشاورزی (کاشفی الاصل، ۱۳۹۸)

فلز سنگین	حد مجاز (mg / kg)	اثرات زیست محیطی
سرب (pb)	۱۰۰	اختلال عصبی، کاهش رشد گیاهان
کادمیوم (Cd)	۳	سرطان زایی، تجمع در زنجیره غذایی
نیکل (Ni)	۵۰	سمیت برای گیاهان، اختلال در آنزیم ها
جیوه (Hg)	۱	آسیب به سیستم عصبی، تجمع زیستی

آب به عنوان حیاتی ترین عنصر زیستی، نقش کلیدی در سلامت انسان، کشاورزی، صنعت و پایداری اکوسیستم ها دارد. با این حال، ورود آلاینده های شیمیایی، فلزات سنگین، مواد آلی و فاضلاب شهری و صنعتی به منابع سطحی و زیرزمینی، کیفیت آب



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



را به شدت کاهش داده است (Rahmani et al., 2022)؛ سازمان آب و فاضلاب کشور، (۱۴۰۱). در مناطق شمالی ایران، به ویژه استان گیلان، نفوذ فاضلاب های کشاورزی و شهری به رودخانه ها و سفره های زیرزمینی موجب افزایش غلظت نیترات، فسفات و فلزات سنگین شده که تهدیدی جدی برای سلامت عمومی و اکوسیستم های آبی محسوب می شود (Karami et al., 2021)؛ Zhang et al., 2019). منابع اصلی و آلاینده آب و اثرات آنها که برای نمایش تاثیر هر منبع آلاینده بر کیفیت آب و سلامت اکوسیستم در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴، منابع آلاینده آب و اثرات آنها (رحمانی و همکاران، ۱۴۰۱)

منبع آلاینده	نوع آلاینده	اثرات زیست محیطی
فاضلاب شهری	مواد آلی، میکروارگانیزم ها	بیماری های گوارشی، کاهش اکسیژن محلول
کشاورزی	نیترات، فسفات، سموم	یوتروفیکاسیون، مرگ آبزیان
صنایع سنگین	فلزات سنگین (pb, Cd, Cr)	تجمع زیستی، اختلال در زنجیره غذایی
رسوبات	ذرات معلق، گل آلودگی	تخریب زیستگاه های آبی، کاهش شفافیت

### مواد و روش ها

این پژوهش با هدف تحلیل جامع آلودگی خاک و آب در چارچوب مدیریت پایدار منابع طبیعی، با استفاده از روش ترکیبی (مطالعات کتابخانه ای و داده های میدانی) انجام شده است. منطقه مورد مطالعه، استان گیلان در شمال ایران است که به دلیل تراکم بالای فعالیت های کشاورزی، صنعتی و شهری، به عنوان یکی از مناطق بحرانی از نظر آلودگی منابع طبیعی شناخته می شود.

برای ارزیابی آلودگی خاک، از ۱۲ نقطه بحرانی در سه شهرستان استان گیلان (رشت، صومعه سرا و لاهیجان) نمونه برداری انجام شد. نمونه های خاک از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی متر و نمونه های آب از منابع سطحی (رودخانه و تالاب ها) و چاه های آب زیرزمینی برداشت گردید. نمونه ها در ظروف پلی اتیلنی تمیز جمع آوری و در دمای ۴ درجه سانتی گراد تا زمان انتقال به آزمایشگاه نگهداری شدند.

در آزمایشگاه، غلظت فلزات سنگین شامل سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، نیکل (Ni) و جیوه (Hg) با استفاده از دستگاه طیف سنج جذب اتمی (AAS) و دستگاه ICP – MS اندازه گیری شد (Zhou et al., 2020؛ EPA, 2022). همچنین،



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۷ تا ۲۹ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل pH، هدایت الکتریکی (EC)، اکسیژن محلول (DO)، نیترات و فسفات با استفاده از اسپکتروفتومتر UV – VIS و کیت های استاندارد اندازه گیری گردید (Tyagi et al., 2013; WHO, 2017). برای تحلیل شدت آلودگی فلزات سنگین در خاک، از شاخص ژئوشیمیایی IGEO استفاده شد که توسط مولر معرفی شده است. این بخش از رابطه ۱ محاسبه گردید:

(۱)

$$I_{geo} = \log_2\left(\frac{C_n}{1.5 \times B_n}\right)$$

که در آن:

- $C_n$ : غلظت اندازه گیری شده فلز در نمونه خاک (mg/kg)
  - $B_n$ : مقدار زمینه ای فلز در خاک غیر آلوده
  - ضریب ۱,۵ برای جبران نوسانات طبیعی در ترکیب خاک در نظر گرفته شده است (Zollinger et al., 2018).
- برای ارزیابی کیفیت آب، از شاخص WQI استفاده شد که ترکیبی از چند پارامتر کلیدی کیفیت آب است. این شاخص از رابطه ۲ محاسبه گردید:

(۲)

$$WQI = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

که در آن:

- $Q_i$ : مقدار نسبی کیفیت هر پارامتر (pH, DO, نیترات)
  - $W_i$ : وزن هر پارامتر بر اساس اهمیت آن
  - $n$ : تعداد پارامترهای اندازه گیری شده (Tyagi et al., 2013).
- برای تحلیل داده های به دست آمده، از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) برای بررسی تفاوت معنی دار بین مناطق مختلف از نظر غلظت آلاینده به کار رفت. همچنین، برای نمایش گرافیکی داده ها از نرم افزار Excel و ترسیم نمودارهای ستونی و پراکندگی استفاده شد.

## نتایج و بحث

جدول ۵ غلظت فلزات سنگین و شاخص IGEO در خاک کشاورزی گیلان را نشان می دهد.

جدول ۵، نتایج اندازه گیری فلزات سنگین در خاک کشاورزی گیلان

غلظت سنگین	غلظت (mg/kg)	مقدار زمینه ای	IGEO	شدت آلودگی
Pb	۱۴۵	۵۰	۲,۱۲	متوسط تا شدید
Cd	۵,۸	۱,۵	۲,۲۹	شدید
Ni	۷۸	۳۰	۱,۷۱	متوسط
Hg	۲,۱	۰,۵	۲,۴۰	شدید



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



شاخص WQI برای منابع آب در فصل کشاورزی برابر با ۱۱۲ بود که در محدوده «ضعیف و غیرقابل استفاده» قرار دارد. غلظت فلزات سنگین در خاک های کشاورزی استان گیلان در بسیاری از نمونه ها بالاتر از حد مجاز بود. این یافته ها با مطالعات Zhou et al., (2020) درباره آلودگی خاک های کشاورزی در مناطق پر تنش هم خوانی دارد. همچنین، خطرات بهداشتی ناشی از تجمع فلزات سنگین در زنجیره غذایی توسط Khan et al., (2008) به صورت جامع بررسی شده اند. نتایج نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در خاک های کشاورزی گیلان بالاتر از حد مجاز است. شاخص IGEO برای کادمیوم و جیوه در محدوده آلودگی شدید قرار دارد که با یافته های Karami et al., (2021) و Rahmani et al., (2022) هم خوانی دارد. شاخص WQI در فصل کشاورزی به ۱۱۲ رسیده که در محدوده «ضعیف و غیرقابل استفاده» قرار دارد. این یافته ها با گزارش WHO (2017) و Tyagi et al., (2013) هم راستا است و نشان دهنده تهدید جدی برای سلامت عمومی است. همچنین، سطح آلودگی در منطقه مورد بررسی بالاتر از میانگین جهانی گزارش شده در مطالعات Zhang et al., (2019) و Zhou et al., (2020) است. این موضوع نشان دهنده ضرورت مداخله فوری از طریق اصلاح خاک، پایش مستمر و آموزش کشاورزان است. همچنین، UNESCO, (2021) بر اهمیت مدیریت پایدار منابع زیرزمینی در مناطق در معرض آلودگی تاکید کرده است.

### نتیجه گیری

آلودگی خاک و آب به عنوان یکی از چالش های پیچیده و چندلایه زیست محیطی، تاثیرات گسترده ای بر سلامت انسان، پایداری اکولوژیکی، امنیت غذایی و توسعه پایدار دارد. در این مقاله، با رویکردی جامع نگر، منابع اصلی آلودگی، پیامدهای زیست محیطی و راهکارهای مدیریتی، فناوریانه و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که فعالیت های کشاورزی ناپایدار، دفع غیراصولی پسماندها و نفوذ آلاینده های صنعتی به خاک و آب، موجب تخریب اکوسیستم ها، کاهش کیفیت منابع طبیعی و افزایش بیماری های انسانی شده اند. برای دستیابی به توسعه پایدار، باید از راهکارهای ترکیبی استفاده کرد که شامل سیاست گذاری هوشمند، فناوری های نوین و مشارکت مردمی باشد. ایجاد پایگاه داده ملی آلودگی خاک و آب، همانطور که در گزارش UNESCO, (2021) نیز توصیه شده، می تواند بستری برای تصمیم گیری دقیق را فراهم کند.

### فهرست منابع

- دهقانی فیروزآبادی، ج.، موسوی نیا، ر.، رادفر، ف. (۱۴۰۲). بحران های زیست محیطی جهانی تا ۲۰۳۰ و سناریوهای پیش روی ایران. فصلنامه روابط بین الملل و مطالعات منطقه ای. بازیابی شده از [https://jrgr.atu.ac.ir/article\\_17707.html](https://jrgr.atu.ac.ir/article_17707.html)
- رحمانی، م.، شکری، م.، ابراهیمی، ا. (۱۴۰۰). بررسی تطبیقی آلودگی فلزات سنگین در خاک شالیزارهای استان گیلان. فصلنامه سلامت محیط ایران، ۷ (۱)، ۴۵ - ۵۸.
- رحمانی، م.، قربانی، م.، جعفری، ح. (۱۴۰۱). بررسی آلودگی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی شمال ایران. پایش و ارزیابی محیطی، ۱۹۳ (۴)، ۱ - ۱۲.
- سازمان آب و فاضلاب کشور. (۱۴۰۱). گزارش پایش کیفیت منابع آب سطحی ایران. تهران: دفتر مطالعات و تحقیقات آب.
- سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۴۰۰). گزارش ملی پایش آلودگی خاک های کشاورزی ایران. تهران: معاونت پایش و ارزیابی.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۶. سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد . (۲۰۲۰). وضعیت منابع خاک و آب جهان . بازیابی شده  
<http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>؛
۷. شریعت، س . (۱۳۹۷) . اصول و مبانی محیط زیست . تهران : انتشارات پیام نور .
۸. شریعت، س . (۱۳۹۸) . آلودگی محیط زیست، اصول و مبانی . تهران : انتشارات پیام نور .
۹. شریعت، س . (۱۳۹۷) . آلودگی محیط زیست . تهران : انتشارات پیام نور .
۱۰. عباسی، م . (۱۳۹۷) . احیا خاک های آلوده . مشهد : جهاد دانشگاهی واحد مشهد .
۱۱. عبیری، ز .، ابره دری، ف.، صالحی، م .، بدیعی قراقیه، ر . (۱۴۰۳) . آلودگی آب و خاک در ایران : وضعیت موجود و راهبردهای سیاستی برای حفاظت از محیط زیست . اولین همایش بین المللی توسعه آموزش های فنی و حرفه ای . بازیابی شده از مقاله سیویلیکا .
۱۲. کاشفی الاصل، م . (۱۳۹۸) . آلودگی خاک و روش های اصلاح آن . تهران : انتشارات دانشگاه تهران .
۱۳. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک . (۱۴۰۴) . نشریه علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان . بازیابی شده از <https://jwsc.gau.ac.ir>
۱۴. منبع آب و محیط زیست . (۱۴۰۱) . گفت و گویی در رسانه، گفت و گویی با آب .
15. EPA. (2022). Soil screening guidance: Technical background document. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2022-03/documents/soil-screening.pdf>
16. FAO. (2020). State of the world's Soil and Water Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>
17. Karami, A., Ghorbani, M., & Jafari, H. (2021). Assessment of heavy metal contamination in agricultural soils of northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (4), 1 \_ 12
18. Rahmani, M., Shokri, M., & Ebrahimi, A. (2022). Water pollution and its impact on public health in GILAN Province. *Iranian journal of Environmental. Health*, 19 (1), 55 \_ 58
19. Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water. Resources*, 1 (3) 34 \_ 38
20. UNESCO. (2021). Groundwater pollution and sustainable management. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377482>
21. WHO. (2017). Guidelines for Drinking \_ water. Quality. World Health Organization
22. Zhang, Y., Liu, X., & Chen, H. (2019). Pesticide residues and heavy metals in agricultural soils: A global review. *Science of the Total Environment*, 651, 1416 \_ 1432
23. Zhou, J., Wang, Y., & Zhang, H. (2020). Heavy metal pollution in agricultural soils: A review. *Environmental Pollution*, 265, 114980. <https://doi/10.1016/j.envpol.2020.114980>
24. Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops. *Environmental pollution*, 152 (3), 686 – 692. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.106>
25. Zollinger, R., Muller, B., & Sigg, L. (2018). Geochemical indices for soil pollution assessment. *Journal of Geochemical Exploration*, 190, 1 \_ 10

## Comprehensive Analysis of Soil and Water Pollution within the Framework of Sustainable Natural Resource Management

Ashraf Malekian\*, Akbar Jafarloo, Sirous Shakeri

1. Department of Agriculture, Payame noor University, Tehran, Iran ([ashraf.malekian@pnu.ac.ir](mailto:ashraf.malekian@pnu.ac.ir))



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



2. Ranger at Marakan Protected Area, and Undergraduate Student in Environmental Science and Engineering, Payam Noor University of Tabriz, Iran
3. Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

### Abstract

Soil and water pollution is one of the most important environmental challenges of the present era that directly threatens the sustainability of ecosystems and human health. This research aims to comprehensively analyze the sources, consequences, and solutions to combat soil and water pollution within the framework of sustainable natural resource management. The research method includes reviewing scientific sources, analyzing field data from Guilan province, and examining pollution indicators such as heavy metals, nitrates, and organic matter in soil and surface and groundwater. The results show that unsustainable agricultural activities, improper waste disposal, and the infiltration of industrial pollutants play an effective role in reducing the quality of natural resources. In the discussion section, the necessity of using modern technologies for bioremediation and the participation of local communities in resource management is emphasized. Conclusion the article emphasizes the importance of smart policymaking, public education, and the development of a comprehensive database of soil and water pollution to achieve sustainable development.

**Keywords:** Bioremediation, Ecosensitive ecosystem, Soil pollution, Sustainable natural resource management, Water pollution.