



سازمان حفاظت محیط زیست
Department of the Environment
I.R. IRAN

حوزه معاونت محیط زیست انسانی

دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک

تدوین شاخص های کیفیت فیزیکی و زیستی خاک برای شناسایی مواد

آلاینده، واحدهای آلاینده و اشخاص آلوده کننده خاک و اعلام وقوع

وضعیت اضطراری و تکمیل و بازنگری شاخص کیفیت شیمیایی خاک

سُبْحَانَكَ اللَّهُمَّ رَبِّ السَّمَاوَاتِ
الْأَعْلَى رَبَّنَا هَذَا الصَّبْرُ



فهرست مطالب

۱- بررسی تطبیقی نظام شناسایی آلودگی خاک	۸
۱-۱ بررسی پارامترهای کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و تعیین حدود مجاز آنها در نهادهای بین المللی و کشورهای منتخب در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن	۱۵
۱-۱-۱ معاهدات، توافق نامه ها و پروتکل های بین المللی	۱۵
۱-۱-۲ قوانین کشورها در خصوص خاک	۱۸
۱-۱-۳ قانون حفاظت خاک در ژاپن	۱۹
۱-۱-۴ قوانین اتحادیه اروپا در ارتباط با حفاظت خاک	۱۹
۱-۱-۵ قانون ملی آلمان در خصوص حفاظت از خاک	۲۰
۱-۱-۶ قانون کره جنوبی در خصوص حفاظت از خاک	۲۱
۱-۱-۷ قانون پیشگیری و کنترل آلودگی خاک در چین	۲۱
۱-۱-۸ بررسی قوانین و استاندارد خاک در ایران	۲۲
۱-۱-۹ آژانس محیط زیست ایالات متحده USEPA	۲۴
۱-۱-۱۰ بررسی آلودگی خاک در ژاپن	۲۵
۲-۱ الگوهای پیشنهادی نمونه برداری خاک برای شناسایی آلودگی خاک به تفکیکی فیزیکی، شیمیایی و زیستی در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن در نهادهای بین المللی و کشورهای منتخب	۲۸
۲-۱-۱ تجربه های مطالعات FOREGS در زمینه آلودگی خاک	۲۸
۲-۱-۲ نگاهی به پروژه GEMAS در اروپا	۳۳
۲-۱-۳ پایش سرب در سایت های آلوده ایالات متحده (نظارت بر سرب خاک زمینه)	۳۸
۳-۱ بررسی اهداف، رویکرد، دامنه و فرآیندها و روبه ها و ساختارهای اجرایی شناسایی آلودگی خاک در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن در کشورهای منتخب	۴۱
۳-۱-۱ رویکرد اروپا در مدیریت خاک های آلوده	۴۱
۳-۱-۲ بررسی آلودگی خاک در خاک های اروپا	۴۴
۳-۱-۳ اتحادیه اروپا	۴۶
۳-۱-۴ نگاهی به تجربه چین در بررسی آلودگی خاک	۴۹
۳-۱-۵ تجربه فرانسه در بررسی خاک های آلوده	۵۳



- ۳-۴-۱ مرور بر مدیریت زمین های آلوده در مالزی و پالایش سایت های آلوده ۵۷
- ۳-۵-۱ (SSSA) انجمن علوم خاک ایالات متحده ۶۱
- ۴-۱ بررسی چارچوب کلی بانک اطلاعاتی آلودگی خاک و تحلیل آن در کشورهای منتخب، نحوه دسترسی، به کارگیری و پیاده سازی آنها، به روز رسانی سامانه جامع ۶۳
- ۴-۱-۱ بانک اطلاعات خاک اروپا ۶۳
- ۴-۲-۱ بانک اطلاعات خاک و خصوصیات خاک ۶۵
- ۴-۲-۱-۱ داده های مربوط به تهدیدات خاک ۶۶
- ۴-۲-۱-۲ داده های مربوط به کارکرد خاک ۶۸
- ۴-۲-۱-۳ داده های نقطه ای خاک ۶۹
- ۴-۲-۱-۴ داده های پروژه های خاک ۷۰
- ۵-۱ شناسایی فن آوریهای نوین به کار گرفته شده در سطح جهانی برای نمونه برداری، ارزیابی سریع وضعیت آلودگی خاک، انتقال و ذخیره سازی اطلاعات ۷۲
- ۵-۱-۱ شبکه نظارت خاک در ایالات متحده ۷۲
- ۵-۲-۱ پایش خاک و سنجش از دور ۷۶
- ۵-۳-۱ روش های پایش کیفیت و سلامت خاک ۸۰
- ۶-۱ جمع بندی و تحلیل بررسی تطبیقی نظام های پایش منابع خاک در کشور ۸۶
- ۶-۱-۱ پایش دائمی خاک در آلمان ۸۶
- ۶-۲-۱ شبکه اندازه گیری کیفیت خاک در فرانسه ۸۹
- ۶-۳-۱ پایش خاک در کره جنوبی ۹۱
- ۶-۴-۱ بررسی برنامه پایش زیست محیطی خاک در داخل کشور و کشورهای پیشرفته و در حال پیشرفت براساس منطقه مورد نظر ۹۴
- ۶-۵-۱ انواع پایش ۹۷
- ۶-۶-۱ اهداف پایش خاک ۱۰۰
- ۶-۶-۱-۳ رویکرد های پایش ۱۰۳
- ۶-۶-۱-۴ پیشینه پایش خاک در کشور ۱۰۵



فهرست جداول

جدول ۱	برنامه ها و استانداردهای بررسی آلودگی خاک در چند ایالت کشور امریکا..... ۱۲
جدول ۲	استراتژی عمومی تعدادی از کشورهای اتحادیه اروپا در خصوص آلودگی خاک..... ۱۳
جدول ۳	استانداردهای کیفیت خاک در خصوص فلزات سنگین در کشورهای مختلف..... ۱۴
جدول ۴	میزان حد آستانه سمیت کادمیوم در محصولات مختلف کشاورزی..... ۱۴
جدول ۵	اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای الزام آور مرتبط با خاک..... ۱۵
جدول ۶	اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای غیر الزام آور مرتبط با خاک..... ۱۷
جدول ۷	برخی از مهمترین قوانین خاک کشورها، مناطق و سازمانهای مختلف..... ۱۸
جدول ۸	اسناد راهنمای مربوط به پاکسازی خاک/سوبات – آژانس محیط زیست ایالات متحده..... ۲۵
جدول ۹	مناطق با غلظت آلودگی بیش از حد استاندارد..... ۲۶
جدول ۱۰	سیاست ها، استراتژی ها و ابزارهای اتحادیه اروپا برای بررسی آلودگی خاک و هدف اصلی مربوط به خاک..... ۴۶
جدول ۱۱	ویژگی عمومی انواع پایش..... ۱۰۰
جدول ۱۲	گروه بندی اهداف اصلی برای آگرواکوسیستم ها..... ۱۰۲
جدول ۱۳	پارامترهای اندازه گیری شده در پایگاه ها..... ۱۰۹



فهرست اشکال

- شکل ۱ ساختار اجرایی رفع آلودگی خاک در کشور چین..... ۹
- شکل ۲ چارچوب مدیریت مناطق آلوده به نام CERICA در ایالات متحده..... ۱۱
- شکل ۳ نمونه ای از نقشه های تهیه شده برای غلظت فلزات سنگین مربوط به آرسنیک، کادمیوم، کبالت و کروم در قاره اروپا..... ۳۲
- شکل ۴ مناطق دارای اولویت برای ارزیابی دقیق تر کیفیت خاک در قاره اروپا- بنابر تجمع تعداد فلزات سنگین با غلظت بالا (عدد ۶ نشان دهنده وجود شش عنصر فلز سنگین با غلظت بالا می باشد)..... ۳۳
- شکل ۵ جدول عناصر اندازه گیری شده در نمونه های خاک کشاورزی در پروژه GEMAS که در قالب نقشه غلظت عناصر در سطح خاک اروپا ارائه شده است..... ۳۵
- شکل ۶ نمونه ای از تهیه نقشه های کیفیت خاک در اروپا در قالب پروژه GEMAS..... ۳۸
- شکل ۷ نمونه ای از اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس محیط زیست آمریکا برای یکی از ایالت ها (منبع ۹۰)..... ۴۱
- شکل ۸ تعداد سایت هایی با پتانسیل آلودگی در میان کشورهای اروپایی..... ۴۲
- شکل ۹ تصویری از نتایج بررسی آلودگی خاک در چین است که در بولتن ملی آن منتشر شده است (منبع ۲۱)..... ۵۰
- شکل ۱۰ غلظت کروم در خاک عمقی اندازه گیری شده در یکی از نواحی پروژه AIGRETTE در جنوب غربی فرانسه (www.institut-ecocitoyen.fr)..... ۵۷
- شکل ۱۱ چارت دستورالعمل پالایش خاک در یک سایت آلوده در مالزی (منبع ۸۲)..... ۶۱
- شکل ۱۲ ساختار تشکیلاتی پایگاه داده های خاک اروپا..... ۶۵
- شکل ۱۳ داده های مربوط به تهدیدات خاک در بانک اطلاعاتی خاک اروپا..... ۶۷
- شکل ۱۴ اطلاعات عمومی در دسترس مربوط به بانک اطلاعاتی خاک اروپا در بخش تهدیدات خاک بعنوان نمونه..... ۶۸
- شکل ۱۵ سایت نظارت خاک آمریکا و نحوه ورود به صفحه داده های خاک بر روی نقشه های هر ایالت و دسترسی به داتلود داده های خاک..... ۷۳
- شکل ۱۶ نمایی از نحوه ارائه داده های خاک در قالب نقشه، جدول و شرح توصیفی منطقه مورد درخواست در شبکه نظارت خاک..... ۷۵
- شکل ۱۷ پایگاه داده های خاک در دسترسی در شبکه نظارت خاک آمریکا (منبع ۸۵)..... ۷۶
- شکل ۱۸ نمونه یک تصویر فراطیفی..... ۷۷
- شکل ۱۹ مدل مفهومی تصاویر فراطیفی..... ۷۸
- شکل ۲۰ نمونه یک اسپکتروسکوپ دستی..... ۷۹
- شکل ۲۱ نمونه ای از کارت سلامت خاک ایالت مریلند تهیه شده در سال ۱۹۹۷..... ۸۲
- شکل ۲۲ نمایی از صفحه داده های مربوط به کارت سلامت خاک در هندوستان (منبع ۶۳) <https://soilhealth.dac.gov.in/>..... ۸۴
- شکل ۲۳ نمایی از صفحه پورتال کشاورزان در طرح سلامت خاک هندوستان. با کلیک بر روی ایالت کشاورزان می توانند اطلاعات مورد نیاز خود را بدست آورند..... ۸۶
- شکل ۲۴ سایت های پایش خاک براساس کاربری اراضی در آلمان..... ۸۸
- شکل ۲۵ نقشه پایش کیفی خاک فرانسه..... ۹۰
- شکل ۲۶ روند پایش خاک در کره جنوبی..... ۹۲
- شکل ۲۷ سیستم دسترسی به اطلاعات خاک و محیط زیست در کره جنوبی..... ۹۳
- شکل ۲۸ پایگاه های نمونه برداری نهایی پایش..... ۱۰۸



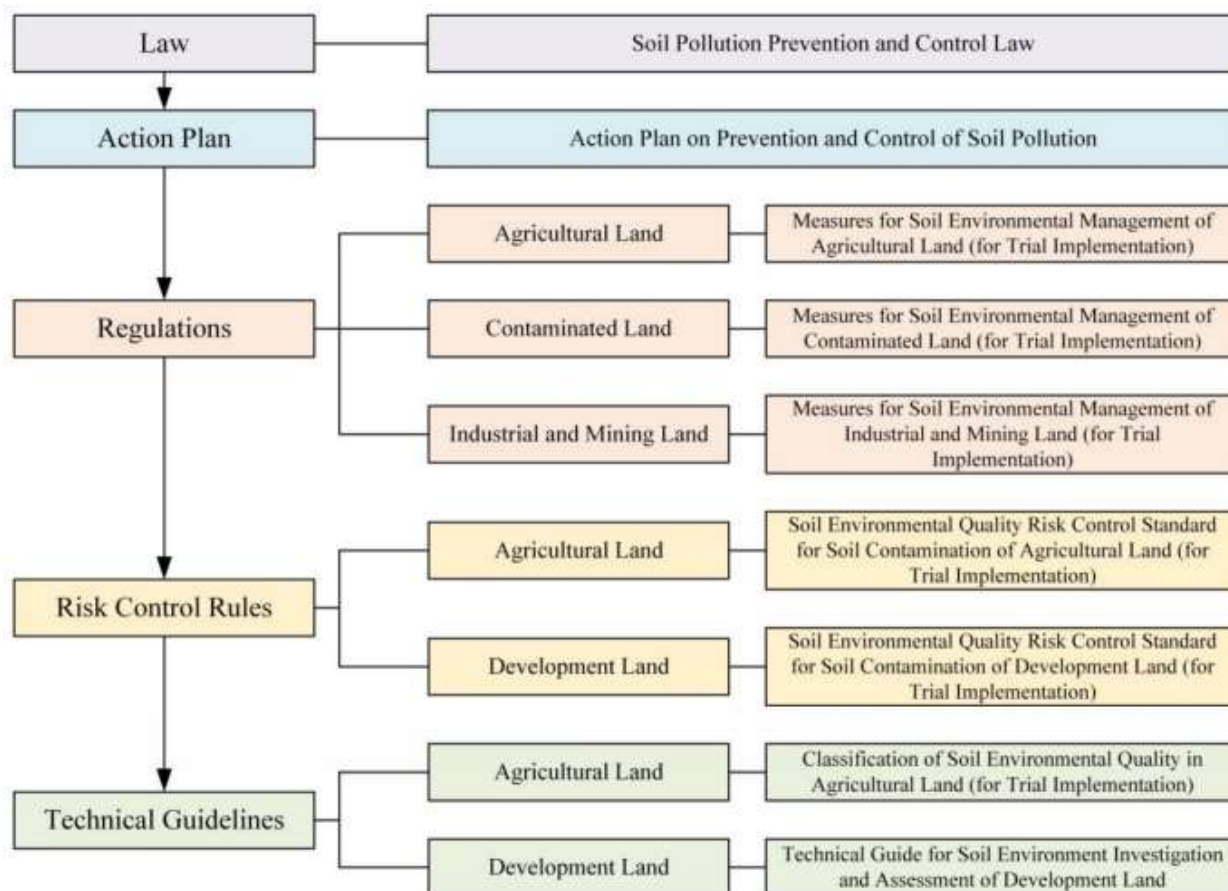
فهرست نقشه ها

- نقشه ۱ نقشه محل های نمونه برداری از اراضی مرتعی در سطح خاک اروپا در قالب پروژه GEMAS..... ۳۶
- نقشه ۲ نقشه سایت های آلوده آمریکا در اکتبر سال ۲۰۱۳. نقاط قرمز نشان دهنده سایت های آلوده، نقاط زرد پیشنهاد شده و نقاط سبز حذف شده اند (معمولاً به این معنی است که پاکسازی شده اند)..... ۳۹
- نقشه ۳ نقشه هایی که تاثیر بالقوه باران اسیدی را در خاک چین نشان میدهد (منبع ۲۱)..... ۵۳



۱- بررسی تطبیقی نظام شناسایی آلودگی خاک

گزارشهای منتشر شده از منابع رسمی مختلف چین در سال ۲۰۱۴ نشان داد حدود ۱۶,۱ درصد نقاط خاک نمونه برداری شده آلودگی بیش از حد مجاز استاندارد زیست محیطی سطح ۲ را دارا می باشند. در اراضی کشاورزی این مقدار ۱۹,۴٪ می باشد. آلاینده هایی همچون کادمیم، جیوه، آرسنیک، مس، سرب، نیکل، DDT ها، و هیدروکربنهای معطرپلی سیکلیک فراوانترین نوع آلاینده ها می باشند. در این بین آلاینده های غیر آلی ۸۲ درصد نقاط آلوده را شامل می شوند. با این همه تمرکز قوانین آلودگی در چین روی آب و هوا متمرکز شده است و اخیراً آلودگی خاک به صورت پررنگ تری پیگیری می شود (Li, ۲۰۱۸). کوششهای اخیر کشور چین در خصوص رفع آلودگی خاک شامل یک چارچوب مدیریت نظام مند می باشد که از چهار بخش قوانین، روشهای اجرایی، مقررات و قواعد کنترل استانداردها می باشد. در شکل ۱ جزئیات بیشتری از این ساختار برای رفع آلودگی خاک دیده می شود.



شکل ۱ ساختار اجرایی رفع آلودگی خاک در کشور چین

در ایالات متحده چارچوب مدیریت مناطق آلوده به نام CERICA خوانده می شود که در سال ۱۹۸۰ تصویب گردیده است. اما تعیین ضوابط و اجراییات این چارچوب قانونی سالها زمان برد که در ویرایشهای مختلف مواد آن اضافه، کم و یا تغییر یافت. هدف اجرای این قانون تعیین ابزاری برای شناسایی شخص مسئول ایجاد آلودگی و تعیین جرایم نقدی برای پاک سازی آلودگی می باشد. در این چارچوب ۴ نوع مقصر حقوقی در قبال آلودگی خاک تعریف می شوند:

(۱) بهره بردار فعلی زمین

(۲) بهره برداری زمین در زمانی که خاک آلوده گردیده است.

(۳) فردی که هماهنگ کننده آلودگی خاک بوده است.



۴) فردی که آلودگی را به محل حمل نموده است.

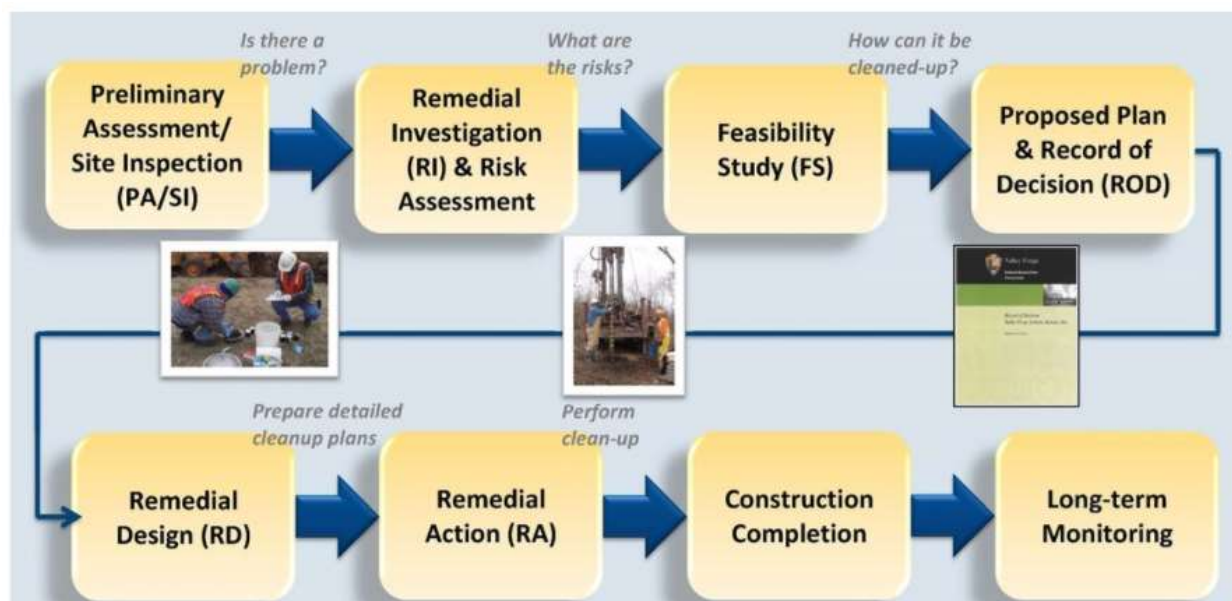
در اخذ جرایم از تمامی مقصران جریمه اخذ می شود و اگر فردی توان مالی پرداخت نداشته باشد سایر مقصران می بایست سهم آن را بپردازند. در CRECLA دو نوع عملیات اجرایی تعریف می شود:

۱) عملیات حذف: این بخش به جمع آوری و حذف آلودگی و منبع آلوده کننده می پردازد که خود به سه وضعیت زیر تقسیم می شود:

- وضعیت اضطرار
- وضعیت بحرانی
- زمان غیر بحرانی

۲) عملیات درمان: این عملیات طولانی تر از عملیات حذف می باشد و باید از طریق آن به صورت دائم و معنی دار وضعیت خاک بهبود پیدا کند.

جزئیات بیشتری از این چارچوب در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲ چارچوب مدیریت مناطق آلوده به نام CERCLA در ایالات متحده

در ارتباط با آلودگی خاک ضوابط دیگری نیز در ایالات متحده وضع گردیده است که از بین آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

SARA, Brownfield Act, USEPA, EPA

لازم به ذکر است به جز قوانین دولت فدرال، هر ایالت نیز در این راستا برنامه ها، استانداردها و حدود مجاز خودش را پیگیری می نماید. در جدول ۱ به تعدادی از این موارد اشاره شده است.



جدول برنامه ها و استانداردهای بررسی آلودگی خاک در چند ایالت کشور آمریکا

States	Criteria
Alabama:	Risk-based Corrective Action
Alaska:	Contaminated Sites Program
Arizona:	Soil Remediation Levels
Arkansas	ADEQ Hazardous Waste Division
California	OEHHA Standards/CHHSLs/Soil Screening Numbers/San Francisco Board of Water Screening Levels
Colorado	Soil Remediation Objectives
Connecticut	Remediation Standard Regulations (RSRs); Proposed Remediation Standard Regulations
Delaware	Remediation Standards Guidance
Florida	Soil Cleanup Target Levels
Idaho	Risk Evaluation Manual
Illinois	Risk-Based Cleanup Objectives
Indiana	Risk Integrated System of Closure (RISC)
Iowa	Statewide Standards for Soils in the Land Recycling Program
Kansas	Risk-Based Standards

در اروپا طی ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته سیاستهای حفاظت خاک به شکل مرحله به مرحله در سطح ملی و اتحادیه اروپا توسعه و تکمیل گردیده است. در اروپا چندین مجموعه مختلف از آژانسها و برنامه ها توسط صنایع، محققان و مقامات کشورها به خدمت گرفته شده تا اسناد علمی در خصوص آلودگی خاک را در سطح اروپا منتشر کنند و با یکدیگر به اشتراک بگذارند. تعدادی از این برنامه ها شامل موارد زیر می باشد:

CARACAS, CLARINET, NICOLENATO/CCMS

حفاظت از خاک به صورت یک ابزار اجرایی تخصصی تا کنون در سطح اتحادیه اروپا محقق نگردیده است. تنها در لابه لای سیاستهای ارزیابی ریسک آلودگی، آب، پساب، مواد شیمیایی، مسئولیت زیست محیطی و سیاستهای کیفیت هوا برخی از جنبه های مسقیم و غیر مستقیم حفاظت خاک دیده می شود. این سیاستها (که هدف اولیه آنها حفاظت خاک نمی باشد) اکثرا در مقیاس منطقه ای پیگیری می شوند و محلی نیستند و در اجرا در مواجه شدن با پیشینه آلودگی و توسعه کاربریها محدودیتهای زیادی دارند.



در جدول ۲ استراتژی عمومی تعدادی از کشورهای اتحادیه اروپا در خصوص آلودگی خاک ارایه شده است.

جدول ۲ استراتژی عمومی تعدادی از کشورهای اتحادیه اروپا در خصوص آلودگی خاک

Country	Most common approach for the classification of contaminated sites and definition of clean-up criteria	Specific contaminated land policy
Republic	adverse effects; C – Significant risk to human health and the environment. Risk assessment approach for 'B' cases.	
Denmark	Risk-based guideline values	Yes
Estonia	Target values and guidance values (based on risk to public health)	Preliminary
Finland	Risk-based guideline values	No
France	Site-specific risk assessment (tiered approach: preliminary site investigation; simplified risk assessment; detailed risk assessment)	No
Germany	Risk-based soil screening values (trigger values) and action values	Yes
Hungary	Limit values for soil and groundwater: A: background values; B: Threshold values of contamination; C: Threshold values of measures; D: target values. (based on Dutch, German, US EPA and Canadian guidelines)	Preliminary
Italy	Original 'limit value' approach has been included into a 'risk-based' multi-tier approach: Tier 1 – screening values or contamination threshold values; Tier 2 – site-specific target levels or risk threshold values	Yes

استانداردهای آلودگی خاک در کشورهای متفاوت فرق می کند و هر کشوری با توجه به وضعیت منابع طبیعی و روند توسعه آن کشور حدود مجاز خودش را تعیین می نماید. در جدول ۳ استانداردهای کیفیت خاک در خصوص فلزات سنگین در کشورهای مختلف اشاره شده است.



جدول ۳ استانداردهای کیفیت خاک در خصوص فلزات سنگین در کشورهای مختلف

Country	Standard values of heavy metals in soil (mg kg ⁻¹)								Reference
	Cadmium	Arsenic	Chromium III	Copper	Mercury	Lead	Zinc	Nickel	
Australia	2	20	50 (total)	100	2	100	200	70	Zarcinas <i>et al.</i> (2004)
Belgium	6	110	300	400	15	700	1 000	470	Carlon (2007)
Bulgaria	0.6	15	90	50	0.05	40	110	6	Carlon (2007)
Canada	10	12	64	63	6.6	140	200	50	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Czech	0.5	20	90	60	0.3	60	120	50	Vácha <i>et al.</i> (2016)
Denmark	0.5	20	500 (total)	500	1	40	500	3	Carlon (2007)
Finland	1	5	100	100	0.5	60	200	50	Jarva (2016)
France	20	37	130	190	7	400	9 000	140	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Germany	20	50	400	NA	20	400	NA	140	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Japan	150	150	250 (Cr(VI))	NA	15	150	NA	NA	Chen (2014)
Republic of Korea	12	75	15	450	12	600	900	300	RKME (2010)
Netherlands	12	55	380	190	10	530	720	210	Carlon (2007)
Norway	3	2	25	100	1	60	100	50	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Poland	4	20	150	150	2	100	300	100	Wcislo (2012)
Russia	0.76	4.5	3.8	3.5	1.9	55	16	2.6	Vodyanitskii (2016)
Sweden	0.4	15	120	100	1	80	350	35	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Switzerland	20	NA	NA	1 000	NA	1 000	2 000	NA	Provoost <i>et al.</i> (2006)
Thailand	0.15	30	80	45	0.1	55	70	45	Zarcinas <i>et al.</i> (2004)
UK	8	20	130	NA	8	450	NA	50	Provoost <i>et al.</i> (2006)
USA	37	22	100 000	3 100	23	400	23 000	1 600	Provoost <i>et al.</i> (2006)

NA, not applicable.

همچنین علاوه بر این حدود مجاز آلودگی در یک کلاس کاربری با توجه زیر کلاسه های بهره برداری از آن متفاوت می باشد. به عنوان نمونه در جدول ۴ میزان حد آستانه سمیت کادمیوم در محصولات مختلف کشاورزی گنجانده شده است.

جدول ۴ میزان حد آستانه سمیت کادمیوم در محصولات مختلف کشاورزی

Soil type	pH	Crop grain	Threshold values of soil Cd toxicity (mg kg ⁻¹)
Meadow cinnamon soil (Beijing)	8.0–8.1	Paddy rice	2.80
		Winter wheat	1.00
Tidal soil (Beijing)	7.8	Paddy rice	1.80
		Winter wheat	1.00
Sierozem (Gansu)	8.7	Spring wheat	2.40
Meadow burozem (Liaoning)	6.5–6.8	Paddy rice	2.00
		Soybean	0.90
Black soil (Heilongjiang)	6.9–7.2	Spring wheat	1.92
		Soybean	1.27
Yellow brown soil (Jiangsu)	6.5–7.5	Paddy rice	0.95
		Winter wheat	0.30
Red soil (Guangdong)	5.6	Paddy rice	0.56
Latosolic red soil (Guangdong)	4.5–5.1	Paddy rice	0.46
		Peanut kernel	0.59
Laterit soil (Guangdong)	5.4	Paddy rice	0.63
		Peanut kernel	0.39
Paddy soil (Hunan)	4.7–6.5	Paddy rice	0.26

¹⁾ Adopted from Standard of Soil Environmental Quality for Agricultural Land-three Solicitation Draft, 2016 (http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201603/t20160315_332881.htm).



۱-۱ برر سی پارامترهای کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و تعیین حدود مجاز آنها در نهادهای بین المللی و کشورهای منتخب در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن

۱-۱-۱ معاهدات، توافق نامه ها و پروتکل های بین المللی

از اوایل سال ۱۹۰۰، بیش از ۲۰۰ معاهده، توافق نامه و پروتکل محیط زیستی در راستای مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی تصویب شده اند. بطور کلی اسناد حقوقی بین المللی در زمینه خاک به دو دسته الزام آور و غیر الزام آور (اختیاری)، تقسیم می شوند. در راستای بررسی میزان کارآیی هر یک از این اسناد توجه به مزایا و معایب خاص هر یک، از جمله زمان پیشنهاد تدوین یک سند بین المللی در زمینه خاک، پذیرش سیاسی، توجه سند به پیچیدگی های اکولوژیکی خاک، توانایی فنی کشورهای در حال توسعه در بکارگیری اسناد بین المللی در زمینه استفاده پایدار از خاک و منابع مالی مورد نیاز در اجرای سند ضروری می باشد. در جدول ۵ اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای الزام آور مرتبط با خاک آورده شده است:

جدول ۵ اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای الزام آور مرتبط با خاک

ردیف	نام سند بین المللی	سال تصویب	بخش مرتبط با خاک
۱	کنوانسیون سازمان ملل متحد برای مبارزه با بیابان زایی	۱۹۹۴	طبق ماده یک کنوانسیون، هدف جلوگیری و کاهش تخریب زمین، احیای اراضی تخریب شده جزئی و اراضی بیابانی شده بویژه در کشورهایی است که از خشکسالی شدید رنج میبرند.
۲	پروتکل اجرایی کنوانسیون آلپ در مورد حفاظت از خاک	۱۹۹۱	پروتکل حفاظت خاک کنوانسیون آلپ در سال ۱۹۹۸ به عنوان پروتکل الحاقی تصویب شد در سال ۲۰۰۶ اجرا گردید. هدف اصلی این پروتکل کاهش آسیب کمی و کیفی به خاک از طریق استفاده از روشهای کاربری مناسب کشاورزی و جنگل داری است که به خاک صدمه



			نمیزند. در این پروتکل به کاهش دست کاری خاک، کنترل فرسایش خاک و احیای خاک توجه ویژه شده است. ماده ۱۰ - اختصاص اراضی برای احیا و مدیریت اراضی خاک. ماده ۱۵ - حفاظت خاک در برابر آلاینده ها
۳	کنوانسیون آفریقایی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی	۱۹۶۸	ماده ۶ این کنوانسیون به حفاظت و بهره برداری پایدار از خاک تاکید دارد. این ماده دولت ها را ترغیب به تصویب تدابیر حفاظتی و پیش گیرانه در جهت حفاظت و تقویت خاک می نماید. تا از این طریق با فرسایش و تخریب ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی خاک مقابله شود. دولت های عضو این کنوانسیون م یبایس تدر مناطق آسیب دیده ناشی از تخریب زمین، باید با برنامه ریزی مناسبی نسبت به انجام تدابیر کاهنده و احیای خاک اقدام کنند.
۴	موافقت نامه ASEAN در مورد حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی	۱۹۸۵	اعضای این موافقت نامه برونئی، اندونزی، مالزی، فیلیپین، سنگاپور و تایلند هستند. ماده ۷ در مورد خاک از اعضا میخواهد تا نقش خاک را در کارکرد زیست بوم های طبیعی لحاظ کرده و بمنظور احیای خاک های فرسایش یافته و تخریب شده، اقدامات حفاظتی خاک را در پیش گرفته، فرسایش خاک را کنترل کرده و حاصل خیزی خاک را بهبود بخشند.

منبع: حفاظت و بهره برداری پایدار از خاک و جایگاه آن در حقوق بین الملل محیط زیست.

اسناد حقوقی غیرالزام آور شامل تعهدات کلی مربوط به همکاری میان دولت های عضو می باشد و در قالب پیشنهادها، دستورالعمل ها، برنامه های اقدام و بیانیه ها مطرح می شود. این اسناد علیرغم اینکه الزام آور نمی باشند، اما دولت ها آنها را بعنوان الگویی برای اقدامات آتی خود می پذیرند. در جدول ۶ اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای غیر الزام آور مرتبط با خاک آورده شده است:



جدول ۶ اسناد حقوقی بین المللی و منطقه ای غیر الزام آور مرتبط با خاک

ردیف	نام سند بین المللی	سال تصویب	بخش مرتبط با خاک
۱	منشور جهانی خاک و سیاست جهانی خاک	۱۹۸۰	هدف منشور جهانی خاک، تقویت همکاری های بین المللی برای استفاده بهینه و حفاظت خاک می باشد. اصل سی ام این منشور بر آسیب پذیری منابع خاک جهانی تاکید داشته و حفاظت از خاک را برای حفظ ظرفیت تولید غذا در منابع خاکی ضروری می داند. منشور جهانی خاک در جهت توسعه سیاست های ملی خاک در کشورهای استرالیا، ایسلند، سوریه، اوگاندا، جامائیکا و اندونزی مورد استفاده قرار می گیرد.
۲	منشور اروپایی خاک	۱۹۷۲	محدود بودن منابع خاک، درخواست از کشاورزان و جنگل نشینان جهت استفاده از روش هایی که کیفیت خاک را حفظ نماید و ضرورت حفاظت از خاک در برابر فرسایش و آلودگی تماما از جمله ملاحظات خاص این منشور نسبت به حفاظت و بهره برداری پایدار از خاک بوده که به ترتیب در اصول ۲، ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. از دیدگاه این منشور فرسایش خاک موضوعی مجزا از آلودگی خاک است
۳	منشور جهانی طبیعت	۱۹۸۲	فصل ۲ این منشور جهانی طبیعت در استفاده پایدار از خاک به خوبی قابل اعمال بوده و اینگونه تصریح دارد که بهره وری از خاک باید از طریق حفاظت از حاصل خیزی بلند مدت خاک، فرآیندهای تجزیه ارگانیک و جلوگیری از فرسایش و دیگر اشکال تخریب، افزایش و تداوم یابد. این منشور در حقیقت ترغیب دولت ها به بهره برداری پایدار از خاک است.
۴	قطعنامه عمان در مورد خاک		این قطعنامه به فقدان ابزار حقوقی زیست محیطی خاصی در سطح جهان در مورد بهره برداری از خاک تاکید دارد. آنچه که بویژه در قطعنامه عمان در زمینه خاک مورد توجه می باشد، این است که جامعه علمی خاک و اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) رابطه مهمی را بین اجرای قطعنامه خاک عمان و دستیابی به اهداف راهبردهای مختلف بین المللی خاک را ترسیم می کند.

منبع: حفاظت و بهره برداری پایدار از خاک و جایگاه آن در حقوق بین الملل محیط زیست. (۱۴)



۱-۲ قوانین کشورها در خصوص خاک

با توجه به اهمیت خاک در بقاء انسان و تاثیر مهم آن در انتقال آلودگی به سایر موجودات زنده و مهمتر از همه توجه به خاک و جلوگیری از آلودگی و از بین رفتن آن بعنوان بستر و محیط زندگی بشر و موجودات زنده، برخی از کشورها بخصوص کشورهای پیشرفته جهان قوانینی را در جهت حفظ سلامت و جلوگیری از آلودگی خاک و همچنین پاکسازی خاک های آلوده تدوین نموده اند. که از جمله این کشورها می توان به آمریکا، هلند، استرالیا، انگلستان، کانادا و نیوزلند اشاره کرد. در جدول ۷ برخی از مهمترین قوانین کشورها، مناطق و سازمان های مختلف در خصوص خاک ارائه شده است:

جدول ۷ برخی از مهمترین قوانین خاک کشورها، مناطق و سازمانهای مختلف

ردیف	قانون	تاریخ انتشار	کشور یا مرجع
۱	مجموعه قوانین دواير حفاظت خاک	۲۰۰۳	آمریکا
۲	برنامه بانک خاک (مجموعه قوانین ایالات متحده)	۱۹۵۶	آمریکا
۳	قانون حفاظت خاک و بهره برداری از زمین	۲۰۰۱	استرالیا
۴	مجموعه قوانین خاک	۱۹۹۸	انگلستان
۵	قانون حفاظت خاک	۲۰۰۰	کوئیزلند (استرالیا)
۶	قانون خاک های آلوده شده	۲۰۰۱	دانمارک
۷	قانون فدرال حفاظت خاک	۲۰۰۰	آلبرتا (کانادا)
۸	حفاظت خاک برای قرن بیست و یکم	۱۹۸۰	ایلینویز (آمریکا)
۹	قانون اصلاح آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی	۲۰۰۰	تایوان
۱۰	قانون حفاظت خاک	۱۹۹۸	هلند
۱۱	قانون جلوگیری از آلودگی در اراضی کشاورزی	۱۹۹۹	ژاپن
۱۲	قانون حفاظت از خاک	۱۹۹۸	آلمان
۱۳	قانون حفاظت از محیط زیست خاک	۱۹۹۵	کره جنوبی
۱۴	قانون کنترل و پیشگیری از آلودگی خاک	۲۰۱۶	چین

منبع: دستورالعمل رفع آلودگی خاک، اداره کل محیط زیست استان کرمان - ۱۳۹۰



بررسی قوانین و مقررات مربوط به حفاظت خاک در کشورها نشان میدهد که اهداف حفاظت خاک در کشورهای مختلف متفاوت بوده و با توجه به سیاست های هر کشور در خصوص منابع غذایی، صنایع و شهرنشینی ها تدوین شده است.

۱-۱-۳ قانون حفاظت خاک در ژاپن

بطور مثال بررسی قانون جلوگیری از آلودگی در خاک اراضی کشاورزی ژاپن بیان کننده حساسیت نگاه مسئولان ژاپنی درباره خاک ژاپن در حوزه کشاورزی است. البته ژاپن درباره خاک در حوزه معادن و صنایع نیز قوانین مهمی دارد. هدف قانون جلوگیری از آلودگی در خاک اراضی کشاورزی ممانعت از تولید محصولات کشاورزی و دامی مضر برای سلامتی انسان یا جلوگیری از موانع رشد محصولات کشاورزی و دیگر گیاهان مفید در امر حفظ سلامت ملی یا حفظ محیط زیستی سالم، از طریق اعمال سیاستهای ضروری است که در جلوگیری از وقوع آلودگی خاک اراضی کشاورزی به علت برخی مواد مضر، باید حذف شوند یا در استفاده از اراضی کشاورزی آلوده، مفید و مؤثر هستند. در این قانون اراضی محدود به اراضی کشاورزی نشده و کلیه مراتع و چراگاه هایی که دام از آنها نیز تغذیه می کند مشمول این قانون میشود.

۱-۱-۴ قوانین اتحادیه اروپا در ارتباط با حفاظت خاک

مقررات قانون حفاظت از خاک در سطح ملی و اروپا وجود دارد. براساس قوانین اتحادیه اروپا، مفاد متعدد اتحادیه اروپا باید در قوانین ملی اجرا شود. مقررات مربوط به حفاظت از خاک را می توان به ویژه در قوانین شیمیایی اتحادیه اروپا، قانون پسماند و قوانین مربوط به تأسیسات و تأسیسات صنعتی یافت. علاوه بر این قوانین بین الملل همچنین حاوی مقررات مهمی در مورد حفاظت از خاک است.

کمیسیون اتحادیه اروپا در ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۶ پیشنهاد رسمی برای دستور چارچوب خاک را ارائه داد. هدف از این چارچوب در وهله اول جلوگیری از وخیم شدن بیشتر کیفیت خاک و حفظ عملکردهای خاک



است. ثانیاً، خاک های آسیب دیده باید هدف بازیابی عملکرد و محدود کردن هزینه احیا شوند. باوجود اینکه پارلمان اتحادیه اروپا پیش نویس پیشنهادی چارچوب حفاظت از خاک را پذیرفت ولی با رای محدود کننده منفی اقلیت پنج کشور عضو - آلمان، فرانسه و انگلستان - از تصویب آن جلوگیری شد. در انتها در سال ۲۰۱۴ کمیسیون اتحادیه اروپا پیشنهاد را پس گرفت.

۱-۱-۵ قانون ملی آلمان در خصوص حفاظت از خاک

قوانین ملی آلمان حاکم بر حفاظت از خاک در بسیاری از قوانین و مقررات مختلف گنجانده شده است. در قانون آلمان فدرال حفاظت از خاک و دستورالعمل خاک و سایت های آلوده در این زمینه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف از این قانون ایجاد امنیت پایدار یا بازیابی عملکردهای خاک است. براساس قانون حفاظت خاک آلمان، از اثرات منفی بر روی خاک باید خودداری کرد و کلیه تأثیرات منفی بر خاک باید احیا شود. علاوه بر این ، اقدامات پیشگیرانه نیز باید انجام شود.

هدف قانون حفاظت از خاک آلمان که در سال ۱۹۹۸ به تصویب رسید، ایمن سازی پایدار یا بازیابی عملکردهای خاک است. برای دستیابی به این هدف ممانعت از تغییرات مضر در خاک، همچنین کنترل آلودگی سایت ها ناشی از آلودگی آب نیز در دستور کار قرار گرفت. در این قانون احیا و پالایش مکان های آلوده از طریق ارزیابی سایت های آلوده و روند تصمیم گیری برای احیای خاک اجرایی میشود. همچنین این قانون بر رعایت اصول حفاظت پیشگیرانه خاک مانند حفظ کیفیت اراضی کشاورزی تاکید می کند. علاوه بر این قانون در آلمان قانون ملی ساختمان و قانون برنامه ریزی منطقه ای نیز حاوی مقررات مربوط به خاک است. این قانون بر استفاده حداقلی از زمین و با در نظر گرفتن الزامات تاکید دارد. این قانون در برنامه ریزی شهری بسیار مورد توجه است.



۱-۱-۶ قانون کره جنوبی در خصوص حفاظت از خاک

در کره جنوبی از زمان تصویب قانون حفاظت از محیط زیست خاک در سال ۱۹۹۵، قوانین و سیاست های آب زیرزمینی و خاک در حال توسعه است. قانون آب و خاک زیرزمینی عمدتاً به دو بخش تقسیم شده است: قانون محیط زیست خاک و قانون آبهای زیرزمینی. هدف قانون حفاظت از محیط زیست خاک در کره جنوبی شامل موارد ذیل است:

۱- حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست در برابر آلودگی خاک

۲- حفاظت از اکوسیستم سالم خاک از طریق اصلاح خاک

۳- بهبود ارزش خاک بعنوان منابع طبیعی

۴- ارائه محیط زیستی سالم برای زندگی عموم مردم است

پیشینه بررسی وضعیت خاک در این کشور به سال ۱۹۰۵ باز می گردد که اولین بار توسط کارشناسان ژاپنی بررسی و نظارت خاک انجام شد.

۱-۱-۷ قانون پیشگیری و کنترل آلودگی خاک در چین

با بدتر شدن وضعیت کیفیت خاک در چین و گسترش آلودگی ها، دولت چین با ایجاد یک سیستم مدیریت سیستماتیک شامل قوانین، برنامه های عملیاتی، مقررات، قوانین کنترل ریسک (استانداردهای کنترل) و دستورالعمل های فنی، قوانین مربوط به آلودگی خاک را سختگیرانه تر کرد. براین اساس، برنامه اقدام در مورد پیشگیری و کنترل آلودگی خاک توسط شورای ایالتی چین در تاریخ ۲۹ می ۲۰۱۶ به تصویب رسید. و این آغاز جدیدی برای مقررات آلودگی خاک در چین بود.



برنامه اقدام، اقدامات کنترلی مربوطه با اهداف کوتاه مدت و بلند مدت برای پیشگیری از آلودگی خاک پیشنهاد می دهد. در ۳۱ آگوست ۲۰۱۸، قانون پیشگیری و کنترل آلودگی خاک، که اولین قانون تخصصی خاک در چین است، توسط کمیته دائمی سیزدهمین کنگره ملی خلق تصویب شد.

۱-۸ بررسی قوانین و استاندارد خاک در ایران

لایحه قانون حفاظت از خاک ایران به پیشنهاد مشترک سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت جهاد کشاورزی در جلسه ۳۰ فروردین ۱۳۹۴ هیئت وزیران به تصویب رسیده بود. این لایحه بالاخره در ۴ خرداد ۱۳۹۸ در مجلس شورای اسلامی و ۱۲ خرداد ۹۸ در شورای نگهبان به تصویب و تأیید رسید. این قانون در ۲۶ ماده به تصویب رسیده است.

وظایف و مسئولیت های اصلی سازمان حفاظت محیط زیست در قانون حفاظت از خاک به قرار زیر تعیین شده است:

ماده ۱۱- سازمان موظف به پایش خاک های آلوده، شناسایی مواد آلاینده خاک و اشخاص آلوده کننده آن و اعلام وقوع وضعیت اضطراری براساس حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربری های مختلف خاک می باشد.

ماده ۱۲- وزارت و سازمان حسب مورد مکلفند با همکاری دستگاههای اجرایی ذیربط نسبت به تهیه و اجرای طرح بازسازی خاک در مناطق تخریب یافته و آلوده شده ناشی از حوادث طبیعی غیرمترقبه اقدام کنند.

ماده ۱۴- در صورت بروز آلودگی خاک، آلوده کننده مکلف است مراتب را بلافاصله به نزدیکترین اداره حفاظت محیط زیست اطلاع دهد و با هماهنگی و تایید اداره مذکور، آلودگی خاک را تا رسیدن به حدود مجاز برطرف کند.



ماده ۱۵- سازمان مکلف است نسبت به شناسایی واحدهای آلاینده خاک اقدام نموده و به آلوده کننده اخطار دهد که ظرف مهلت معینی متناسب با نوع ماده آلاینده نسبت به حذف و رفع منشاء آلودگی، بازسازی خاک و جبران خسارت وارده اقدام کند.

ماده ۱۸- به منظور کاهش آلاینده‌گی، تمامی واحدهای بزرگ تولیدی، صنعتی، عمرانی، خدماتی، زیربنایی و معدنی موظفند نسبت به پایش آلودگی خاک اقدام و نتیجه را در چهارچوب خوداظهاری پایش محیط زیست ارائه کنند. نام واحد مستنکف، توسط سازمان در فهرست واحدهای آلاینده موضوع قانون مالیات بر ارزش افزوده مصوب ۱۳۸۷/۲/۱۷ قرار می گیرد.

ماده ۲۳- مأمورانی که از طرف سازمان و وزارت مأمور کشف و تعقیب جرایم موضوع این قانون می باشند در حدود وظایف محوله، (ضابط دادگستری) محسوب می شوند.

ماده ۲۶- آیین نامه های اجرایی این قانون توسط وزارت با همکاری سازمان، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان برنامه و بودجه کشور تهیه می شود و ظرف مدت شش ماه به تصویب هیات وزیران می رسد.

پیش از تصویب قانون حفاظت خاک، برخی از قوانین و مقررات کشور بطور غیر مستقیم به مبحث حفاظت از خاک در قالب حفاظت از محیط زیست اشاره داشته اند. برخی از این قوانین و مقررات را میتوان در موارد زیر عنوان نمود:

- اصل پنجاهم قانون اساسی کشور - جمهوری اسلامی ، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات رو به رشدی داشته باشند ، وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو فعالیت های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند ممنوع است .

- قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست



ماده ۱- حفاظت و بهبود و بهسازی محیط زیست و پیشگیری و ممانعت از هر نوع آلودگی و هر اقدام مخربی که موجب برهم خوردن تعادل و تناسب محیط زیست میشود، همچنین کلیه امور مربوط به جانوران وحشی و آبزیان آبهای داخلی از وظائف سازمان حفاظت محیط زیست است.

ماده ۹- اقدام به هر عملی که موجبات آلودگی محیط زیست را فراهم نماید ممنوع است. منظور از آلوده ساختن محیط زیست عبارتست از پخش یا آمیختن مواد خارجی به آب یا هوا یا خاک یا زمین به میزانی که کیفیت فیزیکی و یا شیمیایی یا بیولوژیک آن را بطوریکه زیان آور به حال انسان یا سایر موجودات زنده و یا گیاهان و یا آثار و ابنیه باشد تغییر دهد.

• قانون مدیریت پسماندها

ماده ۱۸- در شرایطی که آلودگی، خطر فوری برای محیط و انسان دارد، با اخطار سازمان و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، متخلفین و عاملین آلودگی موظفند فوراً اقداماتی را که منجر به بروز آلودگی و تخریب محیط زیست میشود متوقف نموده و بلافاصله مبادرت به رفع آلودگی و پاکسازی محیط نمایند.

۹-۱-۱ آژانس محیط زیست ایالات متحده USEPA

آژانس محیط زیست ایالات متحده آمریکا، دارای چند دستورالعمل در خصوص پاکسازی خاک و رسوبات آلوده می باشد که عناوین آنها در جدول ۸ ارائه شده است. قابل ذکر است که کلیه این راهنماها در سایت EPA صورت pdf قابل دریافت است. هدف اقدام اصلاحی EPA در رابطه با آلودگی خاک/رسوبات جهت جلوگیری از اثرات سوء بر سلامت انسان و محیط زیست با محافظت از یکپارچگی منابع خاک/رسوبات در این کشور است. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا معتقد است پیشگیری از قرار گرفتن در معرض آلودگی در کوتاه مدت و هدف پاکسازی و احیای خاک در بلند مدت از عوامل اساسی و استراتژی طراحی شده برای دستیابی به این هدف کلی است.



جدول ۸ اسناد راهنمای مربوط به پاکسازی خاک/رسوبات – آژانس محیط زیست ایالات متحده

نام راهنما	توضیحات
بهترین روش های مدیریتی برای فناوری های تصفیه خاک	این سند راهنما در مورد چگونگی طراحی و انجام فعالیت های بازسازی خاک در قانون حفاظت و بازیابی منابع (RCRA) و سایر سایت های پسماندهای خطرناک است که انتقال آلودگی ها از خاک آلوده به سایر محیط ها را مانند خاک، هوا و آبهای سطحی و زیرزمینی کاهش می دهد. این سند همچنین توصیه هایی در مورد پیشگیری و کنترل آلودگی از طریق بهترین روشهای مدیریتی ارائه میدهد که براساس تحقیقات و تجربیات گذشته، ممکن است برای فناوری انتخاب شده بهترین باشد.
توضیحات راهنمای ۱۹۹۴ تجدیدنظر شده در هدایت موقت سرب در خام برای سایت های CERCLA و امکانات اقدام اصلاحی RCRA	این بخشنامه سیاست استفاده از هیات مشاورین EPA برای بررسی جذب یکپارچه سرب از طریق مدل بیوکینتیک و مطالعات سرب در خون را ارائه میدهد. همچنین تعیین منطقه جغرافیایی برای ارزیابی خطر در معرض قرار گرفتن انسان به آلودگی سرب از طریق محیط های گوناگون و پاسخ مناسب به آن است
استانداردهای تصفیه خاک	این سند تاریخ موثر برای احکام اصلی قانون فاز چهارم را روشن می کند. از جمله موارد دیگر قانون فاز VI استانداردهای تصفیه خاک آلوده را با محدودیت های دفع زمین ابلاغ می کند.
راهنمای پاکسازی خاک سطحی در سایت های پسماندهای خطرناک	نحوه اجرای سطوح پاکسازی در سایت های آلوده به پسماندهای خطرناک
راهنمای شهروندان برای حفر خاک آلوده	این مجموعه دارای ۲۲ برگه است که خلاصه روش های پاکسازی مورد استفاده در سایت های خطرناک آلوده را بیان می کند. این راهنما شامل خاک حفاری آلوده است که در آن خاک آلوده از بین رفته و به مکان دیگری منتقل میشود تا تصفیه یا تخریب شود. در طی این فرآیند ممکن است مواد دیگری مانند بشکه های مواد شیمیایی یا مخازن ذخیره نفت از سایت خارج شود.

منبع: سایت USEPA

۱-۱-۱۰ بررسی آلودگی خاک در ژاپن

بنابر مطالعات انجام شده در ژاپن، دلایل اصلی آلودگی خاک در ژاپن شامل موارد ذیل است:

۱-فعالیت های صنعتی شامل معدنکاری



۲- کشاورزی شیمیایی

۳- لندفیل های دفع پسماندها

• فعالیت های صنعتی

در سالهای اخیر، موارد آلودگی خاک بوسیله مواد شیمیایی خطرناک در مناطق شهری خصوصا در سایت های صنعتی، انیستیتوهای تحقیقاتی و آزمایشی، و دیگر تاسیسات رخ داده است. ژاپن در سال ۱۹۸۸، بررسی میزان کادمیوم، مس و آرسنیک را در هفت استان در دستور کار قرار داد. نتایج این بررسی، آلودگی خاک را در ۱۲۸ منطقه با وسعت ۷۰۰۰ هکتار نشان داد.

جدول ۹ مناطق با غلظت آلودگی بیش از حد استاندارد

عناصر آلاینده - فلز سنگین	مساحت	تعداد مناطق آلوده
کادمیوم	۶۵۱۰ هکتار	۹۱
مس	۱۴۳۰ هکتار	۳۷
آرسنیک	۳۹۰ هکتار	۱۴
کل	۷۰۵۰ هکتار	۱۲۸

منبع: آژانس محیط زیست ژاپن، ۱۹۹۲

آلودگی خاک با پساب های صنعتی یکی از مهمترین معضلات زیست محیطی محسوب می شود. این آلودگی کن است بدلیل سهل انگاری در صنعت مانند نشت تصادفی یا تخلیه پسابها که با ظرفیت تحمل طبیعت مطابقت ندارند، بوجود آمده باشد. بنا به اعلام محیط زیست ژاپن، اخیرا موارد متعددی از آلودگی خاک ناشی از توسعه دوباره و بازسازی مناطق شهری در ژاپن مشاهده شده است که ناشی از حوادث رخ داده مانند نشت مواد آلاینده و سمی از سایت های قدیمی صنعتی، تخلیه غیرقانونی پسابها و غیره بوده است.

• آلودگی ناشی از کشاورزی



با افزایش مصرف سموم و کودهای کشاورزی در دهه های اخیر در اراضی کشاورزی، انواع آلاینده ها در خاک منتشر شده است. این آلودگی زنجیره غذایی و محیط زیست را با انواع سموم شیمیایی تهدید کرده و باعث ایجاد نگرانی های اجتماعی شده است. دولت ژاپن برای حل این مشکل سعی کرد تا استفاده از آفت کش ها را کنترل کرده و آفت کش هایی با سمیت کمتر را تولید کند. معیارهای بررسی آلودگی ناشی از آلاینده های کشاورزی شامل موارد زیر است:

۱- مقدار باقیمانده در محصول

۲- مقدار باقیمانده در خاک

۳- مشاهده سموم در گونه های جانوری و گیاهی دریایی

۴- آلودگی آب

• پساب های صنعتی

یکی از منابع اصلی آلودگی خاک و آب زیرزمینی پسابهای صنعتی است. در برخی از سایت های صنعتی، نشت فاضلاب از لوله ها و زهکش ها باعث آلودگی خاک و در نهایت آبهای زیرزمینی میشود. آلودگی آبها در ژاپن یکی از مشکلات اصلی ناشی از فعالیت های شهرنشینی، صنعتی شدن و کشاورزی در ۳ دهه آخر قرن بیستم بوده است. برخی از رودخانه ها مواد آلاینده بسیاری را با خود حمل کرده و باعث بروز مشکلات زیست محیطی فراوانی شده بودند. منابع آب زیرزمینی حدود ۳۰ درصد از منابع آب شرب شهرهای ژاپن را تامین می کنند. براساس پایش چاه های آب ژاپن در سال ۱۹۸۸، بیش از ۲۷ هزار چاه در این کشور آلوده بوده و بسیاری از آنها به کادمیوم آلوده بودند.

یکی از موارد آلودگی خاک به کروم شش ظرفیتی در ژاپن به سال ۱۹۷۳ باز می گردد. زمانی که دولت ژاپن زمینی را برای توسعه مترو و بازسازی شهر خریداری کرد. دولت متوجه شد که یک شرکت شیمیایی با دفن مواد شیمیایی خود در زمین باعث آلودگی شدید خاک به کروم شش ظرفیتی در اطراف توکیو شده



است. با شکایت دولت ژاپن و ارجاع پرونده به دستگاه قضایی، بالاخره در سال ۱۹۸۶ شرکت شیمیایی مجبور به تصفیه خاک آلوده شد و پایش دائمی خاک را تحت نظارت دولت ژاپن برعهده گرفت. تمامی هزینه های تصفیه خاک می بایست توسط شرکت آلوده کننده پرداخت می شد. مهار آلودگی برای ۸۶ هزار مترمکعب خاک انجام شد. این زمین در حال حاضر کاربری پارک تفریحی را داراست.

۱-۲ الگوهای پیشنهادی نمونه برداری خاک برای شناسایی آلودگی خاک به تفکیکی فیزیکی، شیمیایی و زیستی در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن در نهادهای بین المللی و کشورهای منتخب

۱-۲-۱ تجربه های مطالعات FOREGS در زمینه آلودگی خاک

همانطور که گفته شد برنامه FOREGS یکی از مراجع مهم در بررسی وضعیت خاک و همچنین آلودگی خاک ها در اتحادیه اروپاست. تشکیلات علمی FOREGS پروژه ها و برنامه های متعددی را طی چند دهه اخیر در زمینه بررسی آلودگی خاک در اروپا و سایر نقاط جهان انجام داده است. شاید یکی از مهمترین و گسترده ترین این طرح مربوط به بررسی میزان فلزات سنگین در خاک اروپا باشد.

یکی از تجربه های FOREGS بررسی فلزات سنگین در خاک های اروپا است. این بررسی بر روی خاک سطحی در سطح اروپا انجام شد. در این پروژه بزرگ ابتدا از داده های شبکه لوکاس اروپا (سلول های ۲ در ۲ کیلومتری) استفاده کردند و بیش از ۲۳ هزار نمونه از سطح خاک جمع آوری کردند. عمق نمونه برداری صفر تا ۲۰ سانتیمتری خاک بود. این نمونه برداری با هدف تولید اولین پایگاه منسجم و پایه برای پایش خاک در سطح قاره اروپا تعریف شد. نمونه گیری در دو مرحله و بطور گسترده در سالهای ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ انجام شد. این نمونه برداری سطح خاک در چارچوب کاربری زمین/ پوشش زمین یک پروژه گسترده



در اتحادیه اروپا برای نظارت بر تغییرات در مدیریت و مشخصات زمین انجام شد. در این بررسی، که نشان دهنده اولین تلاش برای ایجاد پایگاه داده های مکانی از خواص خاک برای ارزیابی محیط زیست است، از روش نمونه گیری استاندارد و روش های تحلیلی استفاده شده است.

در این بررسی، علاوه بر فلزات سنگین، خصوصیات پایه خاک، مانند توزیع اندازه ذرات، pH، کربن آلی، کربناتها، مواد مغذی خاک، ظرفیت تبادل کاتیون ها نیز اندازه گیری شد. پس از تجزیه و تحلیل پارامترهای اساسی خاک که در سال ۲۰۱۲ به پایان رسید، آزمایش خاک بر روی محتوای فلزات سنگین شامل آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، روی و آنتیموان انجام شد.

در این پروژه، از داده های زمین شناسی اروپا برای میزان زمین زاد فلزات سنگین در خاک استفاده شده است. در این راستا حدود ۱۰۰ نقشه خاک از انواع سنگ ها تهیه شد. وضعیت پوشش گیاهی نیز مانند همه ارگانسیم ها میتواند به فلزات سنگین در خاک مرتبط باشد. گیاهان اغلب هم به میزان کمبود و هم در دسترس بودن بیش از حد یون های فلزات سنگین بعنوان ریز مغذی ضروری حساس هستند. در حالیکه در غلظت های بالاتر و حتی بیشتر فلزاتی مانند کادمیوم، آرسنیک و جیوه به شدت برای فعالیتهای بیولوژیکی سمی است. مناطق کشاورزی بویژه بدلیل کاربردهای مستقیم کودهای آلی یا معدنی و مواد شیمیایی زراعی تحت تاثیر آلودگی فلزات سنگین قرار می گیرند. برای پوشش گیاهی در این پروژه از تصاویر ماهواره ای با سری زمانه ماهانه استفاده شده است.

مطالعات اقلیمی نشان می دهد که فرآیندهای طبیعی و فعالیت های انسانی منجر به انتشار فلزات ذرات معلق در هوا میشود. بسته به شرایط آب و هوایی غالب، این ذرات ممکن است در فواصل زیاد با باد حرکت کرده و در نهایت با بارش باران و یا برف به لیتوسفر بازگردند. بنابراین در این پروژه از داده های مختلف هواشناسی نیز استفاده کرده اند. همچنین تاثیر عوامل انسانی در تحلیل داده ها در این پروژه نقش مهمی داشته است. از نقش عوامل انسانی نمی توان در نقشه برداری از توزیع فلزات سنگین در خاک صرف



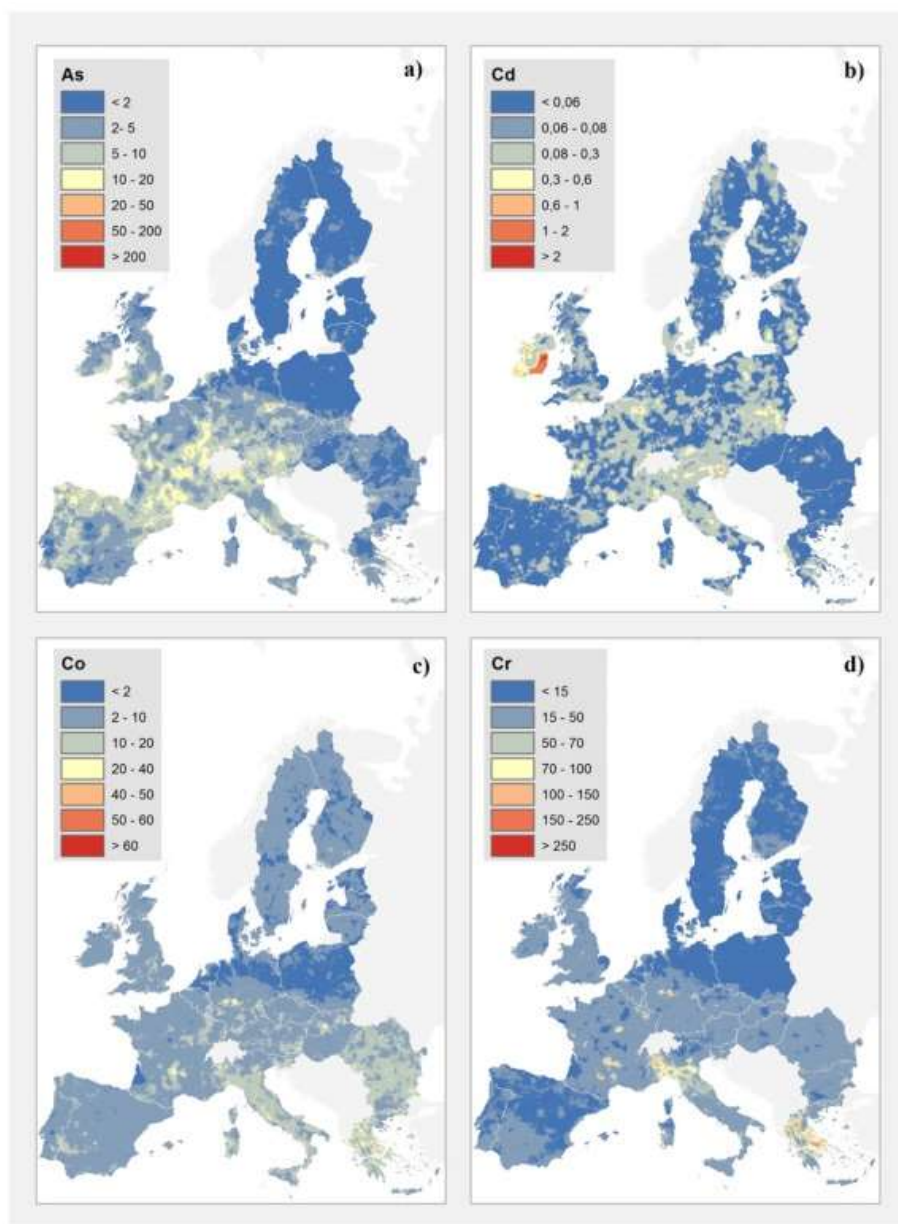
نظر کرد. جدا از کشاورزی، این تاثیرات انسانی در نزدیکی شهرها، جاده ها و مناطق صنعتی متمرکز شده است.

در این طرح، یک واحد کنترل داده مستقل از روش نمونه برداری ایجاد شد. مجموعه داده های کنترل شامل ۴۳۹۶ نقطه مشاهده ای می باشد که بطور تصادفی از مجموعه داده های لوکاس (شبکه بررسی وضعیت خاک اروپا با سلول های ۲ در ۲ کیلومتر) انتخاب شده است. این مجموعه ۲۰ درصد از کل مجموعه داده های لوکاس را پوشش می دهد.

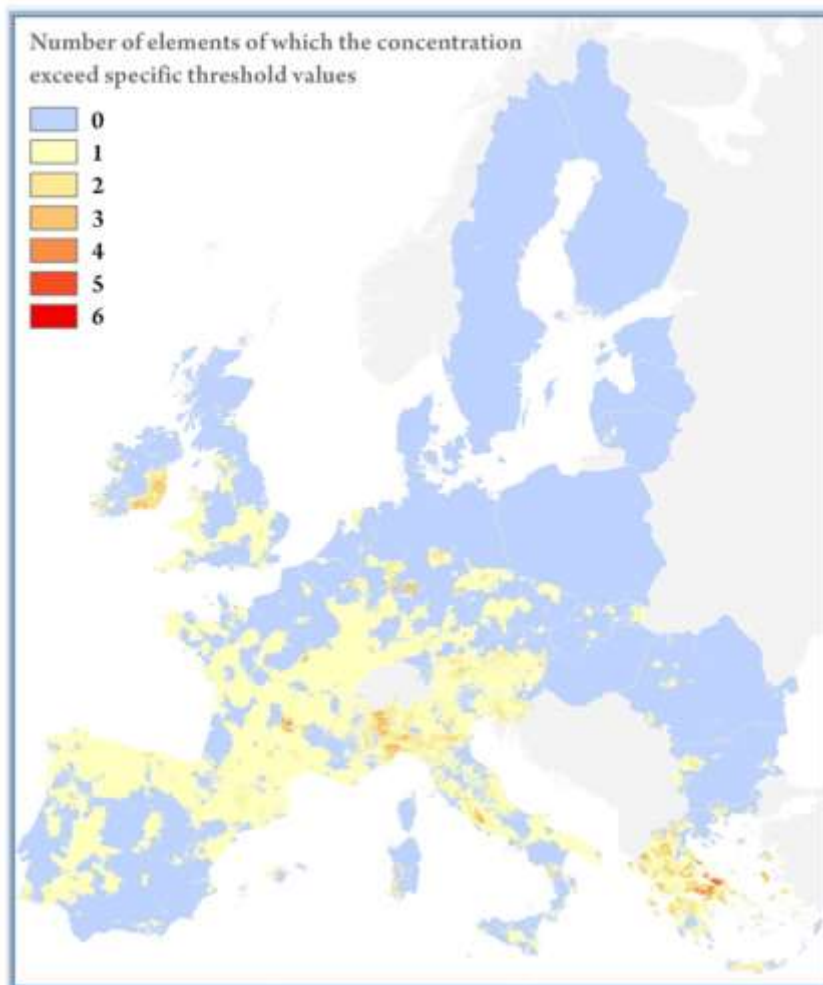
نتایج داده ها حاکی از غلظت بالای Zn و Cd, Cu, Hg, Pb بود که میتواند با فعالیت های انسانی، یعنی صنعتی شدن و کشاورزی گسترده و صنعتی مرتبط باشد. همچنین همبستگی معنی داری بین محتوای نیکل و کروم و بزرگی زمین لرزه ها نیز مشاهده شد. در این پروژه بزرگ، نقشه های غلظت میزان فلزات سنگین برای محدوده های نمونه برداری شده تهیه شد که نشان میداد که در مناطقی خاص در اروپای غربی، ایتالیای مرکزی، یونان و جنوب شرقی ایرلند نگرانی از میزان بالای فلزات سنگین وجود دارد. در حالیکه غلظت زمین زاد طبیعی و آلودگی های ناشی از فعالیت های انسانی نمی تواند بطور قطعی براساس نقشه های ارائه شده تفکیک شود، البته برخی از گرایش ها و hotspots از لحاظ منبع آلودگی قابل شناسایی است. شکاف اصلی زمین شناسی در قاره اروپا بین مناطقی دیده می شود که کمترین غلظت با بیشترین غلظت در بین اکثر فلزات سنگین بررسی شده، مشاهده میشود. این مناطق در مرز آخرین یخبندان قرار دارند که از عرض جغرافیایی ۵۵ درجه عبور می کند. بطوریکه موارد جداگانه از مکان های بسیار آلوده را میتوان گهگاه در هر نقطه از قاره اروپا مشاهده کرد. برخی از مناطق صنعتی و معدنی بزرگتر تاریخی نشان دهنده غلظت زیاد As, Cd, Pb و جیوه در بیشتر مناطق هستند. این مناطق، به همراه مناطقی که یک یا چند فلز سنگین دیگر با غلظت بالاتر از استاندارد هستند، مناطق اولویت دار برای ارزیابی دقیق تر هستند.



نقشه های شکل شماره ۳ غلظت های مختلف برخی از فلزات سنگین در خاک سطحی اتحادیه اروپا را نشان می دهد. فلزات سنگین موجود در خاک سطحی یا منشا طبیعی دارد یا از منابع انسانی حاصل می شود. فعالیتهای انسانی میتواند منجر به آلودگی مناطق محدود با مرزهای مشخص شده از منابع نقطه ای یا آلودگی پراکنده در سطوح بزرگتر زمین باشد. اگر منبع نقطه ای آلودگی در محل با غلظت بالای فلز سنگین قابل شناسایی نباشد، شناخت منبع و منشا فلزات سنگین اغلب آسان نخواهد بود. نقشه های محتوای فلزات سنگین در خاک سطحی در قاره اروپا به شناسایی هر دو زمینه فضایی و نقاط hotspots کمک می کند. داده های تولید در قالب نقشه های تولید شده همگی در سایت مرکز داده های خاک اروپا (ESDAC) در دسترس عموم قرار گرفته است.



شکل ۳ نمونه ای از نقشه های تهیه شده برای غلظت فلزات سنگین مربوط به آرسنیک، کادمیوم، کبالت و کروم در قاره اروپا



شکل ۴ مناطق دارای اولویت برای ارزیابی دقیق تر کیفیت خاک در قاره اروپا- بنابر تجمع تعداد فلزات سنگین با غلظت بالا (عدد ۶ نشان دهنده وجود شش عنصر فلز سنگین با غلظت بالا می باشد)

۲-۲-۱ نگاهی به پروژه GEMAS در اروپا

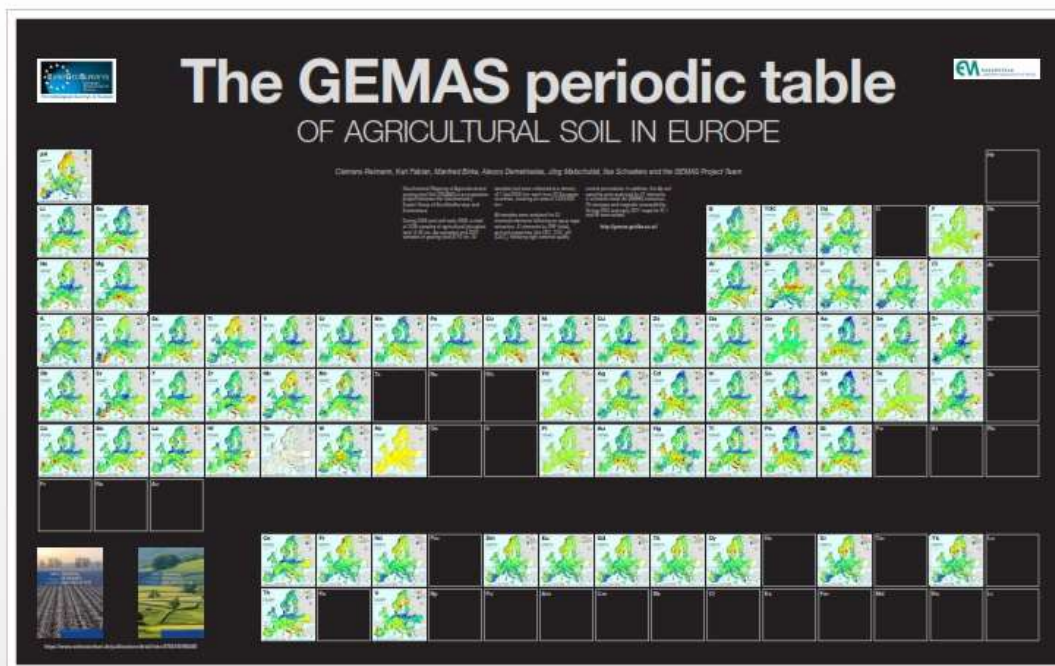
پروژه تهیه نقشه ژئوشیمیایی از خاک کشاورزی و مراتع به نام GEMAS، داده های ژئوشیمیایی هماهنگ، آزادانه و قابل ارتباط با یکدیگر را برای خاک کشاورزی شخم زده و برای مراتع غیر کشاورزی (حداقل ۱۰ سال زیرکشت نباشد) ارائه می دهد.

هدف این پروژه شناخت کیفیت خاک تولیدی اروپا در آغاز قرن ۲۱ بوده است که از لحاظ تولید مواد غذایی کشاورزی در اروپا بسیار مهم است. با رشد جمعیت جهانی، بهره وری از خاک کشاورزی در معرض



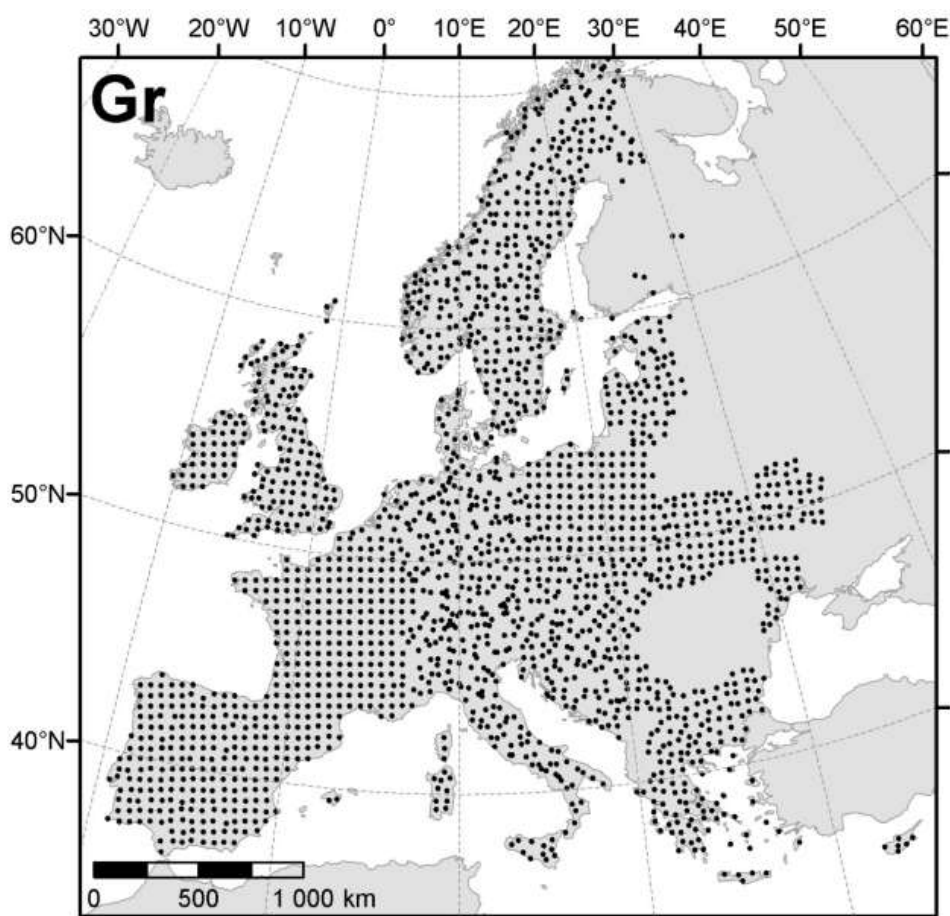
تهدید دائمی است. همراه با فشار تغییر اقلیم، انتظار میرود که در دهه های آینده روند تخریب و فرسایش خاک سرعت بیشتری بگیرد. بنابراین، ضروری است که کیفیت خاک کشاورزی به منظور ثبت وضعیت موجود و اطمینان از پایداری این منبع حیاتی برای نسل های آینده ارزیابی شود. در همین زمان، مقررات مربوط به EU REACH شامل ثبت، ارزیابی و مجوز مواد شیمیایی، صنعت را ملزم می کند تا مواد شیمیایی خود را بطور امن و بدون آسیب رساندن به محیط زیست تولید کند. در نتیجه، صنایع فلزی به داده های ژئوشیمیایی هماهنگ در توزیع طبیعی فلزات و خصوصیات خاک برای تعیین میزان دسترسی خاک به عناصر فلزی در خاک در مقیاس قاره ای نیاز دارند.

اسناد پروژه GEMAS، برای اولین بار غلظت ۶۰ عنصر شیمیایی و پارامترهای تعیین کننده قابل دسترس و قابل مقایسه در معرض فلزات را در خاک کشاورزی و زمین های مرتعی ارائه می دهد. در این پروژه در سطح اروپا در ۳۳ کشور به مساحت ۵,۶ میلیون کیلومتر مربع نمونه برداری انجام شده است. بیش از ۴۰۰۰ نمونه خاک در این پروژه با استفاده از دستورالعمل مشخص و اختصاصی این پروژه برداشت شده است.



شکل ۵ جدول عناصر اندازه گیری شده در نمونه های خاک کشاورزی در پروژه GEMAS که در قالب نقشه غلظت عناصر در سطح خاک اروپا ارائه شده است

این نمونه ها از ۲۲۱۱ سایت کشاورزی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتر و ۲۱۱۸ سایت از خاک اراضی مراتع در عمق ۱۰-۰ سانتیمتر در سال ۲۰۰۸ با تراکم متوسط یک نمونه در سایت در ۲۵۰۰ کیلومترمربع جمع آوری شده است. در این پروژه کلیه نمونه های جمع آوری شده به اسلواکی برای آماده سازی نمونه ها برای آنالیز ارسال شده بود.



نقشه ۱ نقشه محل های نمونه برداری از اراضی مرتعی در سطح خاک اروپا در قالب پروژه GEMAS

پروژه GEMAS در سال ۲۰۰۸ آغاز شد و در دسامبر ۲۰۱۳ کتاب نتایج را ارائه داد. مجموعه داده ها بطور رایگان در اختیار عموم قرار دارد. کلیه نقشه ها و گزارش های تهیه شده در این پروژه در سایت اینترنتی این پروژه در دسترس عموم قرار گرفته است.

نتایج کلیدی این پروژه به شرح ذیل اعلام شده است:

- ۱- نتایج قابل مقایسه برای دو نوع خاک نمونه برداری شده در مقیاس اروپا
- ۲- اختلاف زیادی در غلظت عنصر شیمیایی بین خاک در شمال و جنوب اروپا وجود دارد: در شمال اروپا غلظت عناصر ۲/۳ برابر کمتر از خاک در جنوب اروپاست.



۳- توزیع عناصر به زمین شناسی و آب و هوا بستگی دارد و تاثیرات انسانی در مقیاس اروپا به سختی قابل تشخیص است.

۴- ارزیابی ریسک برای فلزاتی مانند مس نشان داده است که تعداد کمی از نمونه ها دارای غلظت بسیار بالایی هستند که برای موجودات خاک خطر سمی به همراه دارد.

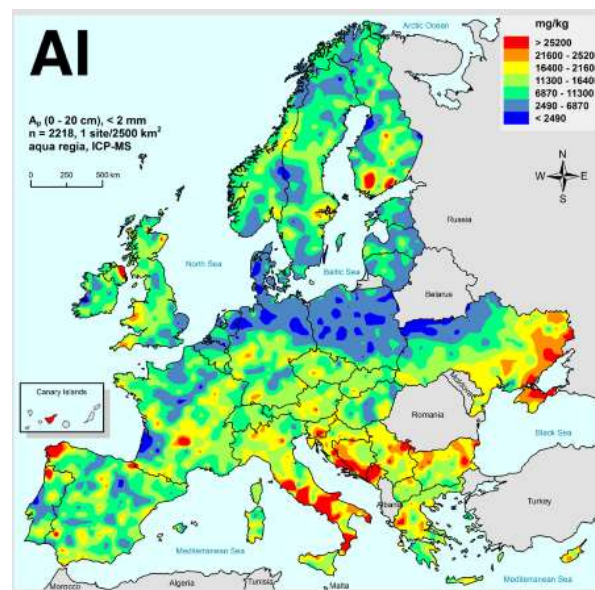
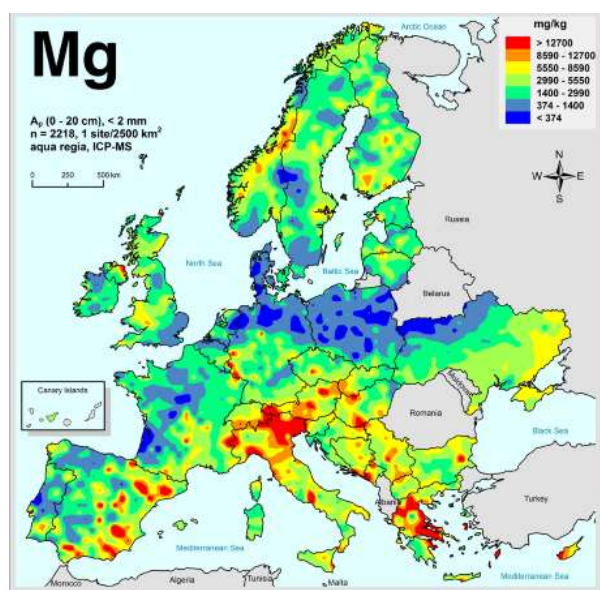
۵- چندین عنصر کمیاب مهم مانند مس و روی که نقش مهمی در مغذی بودن خاک دارند، سطح کمتری را نسبت به بخش های قابل توجهی از خاک کشاورزی در اروپا نشان می دهند، که کمبود این عناصر کمیاب به وضوح نگران کننده است.

۶- ارزیابی ریسک برای فلزاتی مانند مس نشان می دهد که تعداد کمی از نمونه ها دارای غلظت بسیار بالایی هستند که برای ارگانیزم های خاک خطر سمی دارند. بیشتر این نمونه ها در تاجیکستان های انگور در آنالیزها مشاهده شده است.

نتایج حاصل از پروژه GEMAS، برنامه های متنوعی را ارائه می دهد. یکی از آنها ایجاد بایگانی نمونه خاک است که وضعیت خاکهای کشاورزی و مراتع اروپایی را در سال ۲۰۰۸ ثبت کرده است. داده های GEMAS مبنای پایه ژئوشیمیایی ارزیابی ریسک مربوط به قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی در خاک کشاورزی و خاک مراتع را براساس مقررات EU REACH تعریف می کند.

این پروژه نتیجه همکاری بین گروه متخصصان ژئوشیمیایی EuroGeoSurveys و انجمن فلزات اروپا Eurometaux با مشارکت ۳۳ کشور اروپایی است.

در شکل ۶ نمونه ای از نقشه های تهیه شده برای وضعیت خاک در سطح اروپا ارائه شده است.



شکل ۶ نمونه ای از تهیه نقشه های کیفیت خاک در اروپا در قالب پروژه GEMAS

بطور مثال در بررسی اثرات فعالیت های انسانی بر منابع خاک در سطح اروپا مشخص شد که غلظت عناصر جیوه، سرب و حتی نقره، در برخی از شهرهای اروپایی در اراضی کشاورزی و مجاورت آنها بالاست. برای مثال، لندن، پاریس و روتردام شهرهای اروپایی هستند که با غلظت بالایی از جیوه در اراضی کشاورزی در بسیاری از نقشه ها بدست آمده اند. این در حالی است که یک ناهنجاری در منطقه رم/ ناپل بعلت وجود وجود سنگ های آتشفشانی قلیایی دیده می شود. در کنسارهای بزرگ جیوه در اروپا مانند منطقه Almaden اسپانیا و Monte Amiata ایتالیا نیز ناهنجاری از جیوه مشخص شده است. بسیاری از ناهنجاری ها در اسکاندیناوی، در امتداد غرب اسکاتلند و ایرلند بدلیل وجود خاک غنی از مواد آلی است.

۱-۲-۳ پایش سرب در سایت های آلوده ایالات متحده (نظارت بر سرب خاک

(زمینه)

یکی از پروژه های بزرگ بررسی آلودگی خاک سازمان محیط زیست آمریکا (EPA) مربوط می شود به بررسی میزان سرب در خاک مناطق مسکونی. این پروژه بررسی آلودگی خاک به منظور ارزیابی ریسک



کودکان در تماس با خاک آلوده به سرب انجام شده است. این پروژه توسط سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) و زیر نظر سازمان محیط زیست آمریکا انجام شد.

در همین راستا از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) نمونه برداری خاک را برای بیش از ۴۸۰۰ سایت در سراسر ایالت های این کشور تعریف کرد. از میان سایت های نمونه برداری خاک برای سنجش میزان سرب، تعدادی سایت بوسیله گزینش تصادفی انتخاب شد. در نمونه برداری خاک سعی شده است تا از هر سایت سه نمونه از عمق مختلف خاک برداشت شود. در نهایت ۱۴۰۰ نمونه خاک تهیه شد. عمق نمونه برداری خاک عمدتاً شامل یک نمونه از سطح خاک به عمق صفر تا ۵ سانتی متر، نمونه دوم نماینده ای از ترکیب افق A خاک بوده، و عمیق ترین نمونه ترکیبی از افق C خاک و یا در مواردی بالای افق C در عمق بیش از ۱ متر، از عمق تقریبی ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی برداشت شدند. نمونه های جمع آوری شده آنالیز شده و مجموعه داده های به دست آمده یک تصویر لحظه ای از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۰، از فراوانی و توزیع فضایی عناصر شیمیایی و مواد معدنی در خاک ایالات متحده است.



نقشه ۲ نقشه سایت های آلوده آمریکا در اکتبر سال ۲۰۱۳. نقاط قرمز نشان دهنده سایت های آلوده، نقاط زرد پیشنهاد شده و نقاط سبز حذف شده اند (معمولاً به این معنی است که پاکسازی شده اند)



اطلاعات در دسترس نشان می دهد که غلظت واقعی سرب می تواند بسیار گسترده باشد. نتایج نشان می دهد که غلظت سرب خاک شهری می تواند بطور فزاینده ای شهر به شهر متفاوت باشد. بنابراین، این مقادیر نشان دهنده غلظت سرب خاک زمینه یا میزان سرب خاک بطور زمین زاد و با تاثیر از منابع گسترده انسانی است. در کل، اطلاعات مربوط به سرب خاک پس زمینه از سازمان زمین شناسی آمریکا در مناطق پرجمعیت قابل استفاده نبوده و ممکن است برای توصیف خاک زمینه برای ارزیابی بیشتر سایت های آلوده^۱ (عبارتند از مکان های آلوده شناسایی شده در امریکا که نیازمند اجرای قوانین و تصمیمات طولانی مدت برای پاکسازی از آلودگی های خطرناک هستند)، مهم نباشد.

در پایش سرب خاک، میزان سرب موجود در خاک مناطق آلوده شهری برای هر ایالت اندازه گیری شد و هدف آژانس محیط زیست آمریکا ارائه ساده داده ها به شکل خام برای استفاده گروه های مختلف با اهداف متفاوت بوده است. این اهداف میتواند شامل توسعه شهری، تغییر کاربری زمین، احداث مدارس و زمین بازی کودکان باشد.

در شکل ۷ نمونه ای از داده های خام تولید شده در خصوص میزان سرب موجود در خاک در ایالت آلباما به نحوی که در دسترس عموم قرار می گیرد، ارائه شده است.

^۱Superfund sites



Alabama State Data

Tables

Geogenic Soil Lead Concentrations (mg/kg): 2007-2010 (All Data)

Number of Samples	Mean	Std Error	95 UCL	Std Dev	Coeff of Variation	Min	Q1	Median	Q3	90th	95th	99th	Max
85	14.2	0.8	15.6	7.6	0.534	0.3	9.6	12.2	17.4	24.9	29.6	39.3	39.3

Geogenic Soil Lead Concentrations (mg/kg): 2007-2010 (Outliers Excluded)

Number of Samples	Mean	Std Error	95 UCL	Std Dev	Coeff of Variation	Min	Q1	Median	Q3	90th	95th	99th	Max
83	13.6	0.7	14.8	6.6	0.484	0.3	9.1	12.1	17.1	23.9	28.0	31.8	31.8

About These Tables:

These tables show the overall occurrence of lead in surface samples as described by USGS.

Sources of These Data:

The U.S. Geological Survey provided the soil sampling data. The data display was prepared by U.S. Environmental Protection Agency. Revision Date:

شکل ۷ نمونه ای از اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس محیط زیست آمریکا برای یکی از ایالت ها (منبع ۹۰)

۳-۱ بررسی اهداف، رویکرد، دامنه و فرآیندها و رویه ها و ساختارهای اجرایی

شناسایی آلودگی خاک در شرایط اعلام وضعیت اضطرار و غیر آن در کشورهای

منتخب

۱-۳-۱ رویکرد اروپا در مدیریت خاک های آلوده

بیش از ۲۰۰ سال صنعتی شدن باعث شده است که آلودگی خاک تبدیل به یک مشکل گسترده در

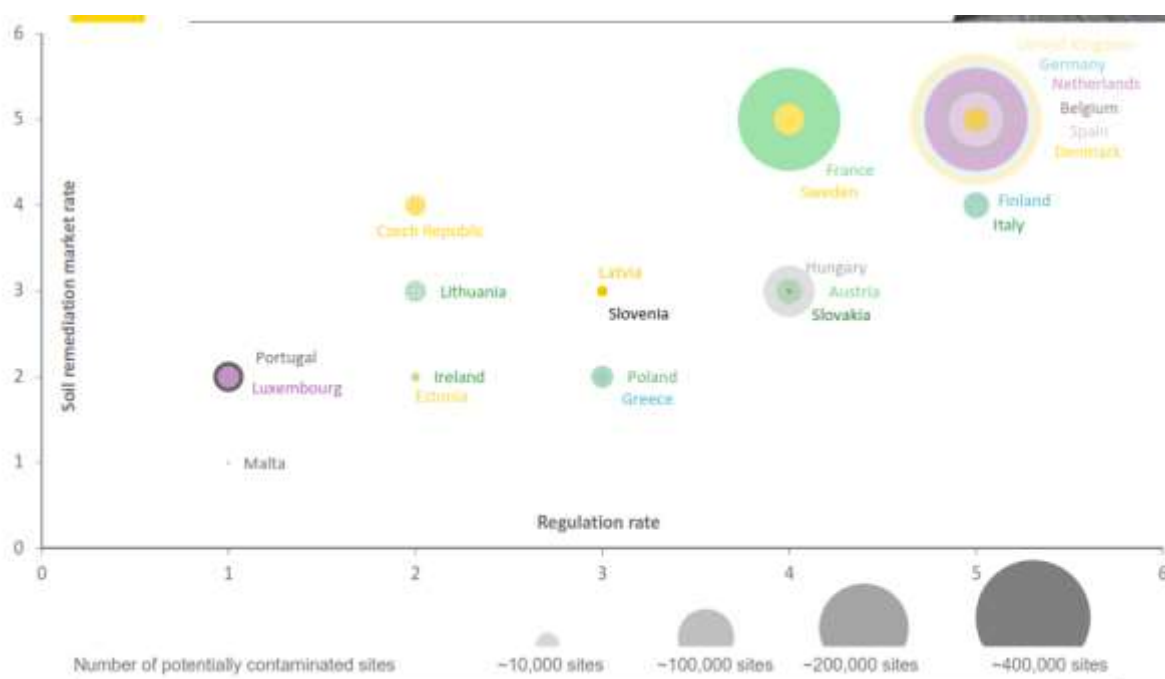
اروپا شود. تصمیم گیرندگان، دانشمندان، مشاغل و تک تک شهروندان بطور کلی می پذیرند و درک می



کنند که آلودگی هوا و آب می تواند تاثیرات منفی بر سلامتی انسان بگذارد، اما تاثیرات آلودگی خاک بر سلامتی ما بسیار پایین تر است و به خوبی درک نشده است.

در دهه ۱۹۹۰، نگرانی عمومی در مورد محیط زیست اروپا را فراگرفت. در پاسخ، دولت ها اتحادیه اروپا تلاش کردند تا سیاست های سختگیرانه تر و زیرساخت هایی را مانند آژانس محیط زیست اروپا (EEA) توسعه دهند.

بیشترین آلاینده های خاک در اروپا مربوط به فلزات سنگین و مواد معدنی است. تخمین زده میشود تقریباً ۳ میلیون سایت تحت تاثیر فعالیت هایی هستند که می توانند خاک را آلوده کنند و آلوده هستند. از این سایت ها، تقریباً ۲۵۰ هزار سایت ممکن است نیاز به اصلاح فوری و برنامه احیای خاک داشته باشند. در شکل ۸ تعداد حدودی سایت های آلاینده در کشورهای اروپایی نشان داده شده است.



شکل ۸ تعداد سایت هایی با پتانسیل آلودگی در میان کشورهای اروپایی

در حال حاضر، دانش شناسایی خصوصیات خاک اروپا براساس بررسی های متنوع صورت گرفته توسط سازمان های مختلف در بخش های دولتی و خصوصی بدست آمده است و هنوز هم در حال انجام است.



مطالعات گذشته زمین شناسی داده هایی را در خصوص رسوبات و بستر رودخانه ها، بررسی خاک، بررسی های هیدرولوژیکی بر روی منابع آبهای زیرزمینی و سطحی و همچنین زیست شناسی و کشاورزی را ارائه داده است و برنامه های اخیر به نمونه برداریهای تکمیلی برای سنجش آلودگی در خاک و شناسایی منابع آلاینده آنها متمرکز شده است.

بررسی وضعیت خاک اروپا طی چند دهه اخیر توسط انجمن گروه بین المللی ژئوشیمی (BGS)^۲ که بعد ها به FOREGS^۳ و در حال حاضر Euro Geo Surveys تغییر نام داد، در حال انجام است. این انجمن بررسی های زمین شناسی اروپا را بین سالهای ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۶ هدایت کرده و پیش از برنامه ریزی برای انجام بررسی ژئوشیمیایی استاندارد در سراسر اروپا، فهرست داده های ژئوشیمیایی را در این قاره تکمیل کرده است.

بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹، برنامه نقشه برداری پایه ژئوشیمیایی یا اصطلاحاً FOREGS در اروپا اقدام به سنجش عناصر مختلف در خاک را از طریق بررسی پایه ژئوشیمیایی کرده و در نهایت نقشه خاک اروپا را تهیه کرد. در این برنامه، انتخاب سایت های نمونه برداری براساس شبکه مرجع جهانی (GRN)^۴ با هدف نقشه برداری پایه ژئوشیمیایی جهانی ساخته شده است. در این بررسی، هر سلول ۱۶۰ در ۱۶۰ کیلومتر وسعت داشت. هدف، جمع آوری داده های خاک در هر سلول، از پنج نقطه بطور تصادفی در هر سایت نمونه برداری بود. داده های تولید شده توسط برنامه نقشه برداری ژئوشیمیایی (FOREGS) سهم قابل توجهی در دستورالعمل حفاظت از خاک اتحادیه اروپا به ویژه بعنوان پایه ای برای تعیین محدودیت های اقدام داشته است. هدف اصلی برنامه نقشه برداری پایه ژئوشیمیایی (FOREGS) تهیه داده های پایه ژئوشیمیایی محیطی چند منظوره با کیفیت بالا برای اروپاست. نیاز به این نوع داده ها بلافاصله پس از

2 British Geological Survey

3 Forum of European Geological Surveys

4 global Geochemical Reference Network



حادثه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶ توسط اولین گروه کاری در زمینه نقشه برداری ژئوشیمیایی منطقه تعریف شد.

۱-۳-۲ بررسی آلودگی خاک در خاک های اروپا

در سطح اتحادیه اروپا، موضوع آلودگی خاک برای سایت های آلوده (آلودگی محلی) و زمین های آلوده (آلودگی منتشره) در موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته است (۱۱):

- مرکز تحقیقات مشترک (JRC) با تعدادی اقدام

- کار بر روی شاخص های IRENA برای خاک: آلودگی خاک به آفت کش ها (۲۰ شاخص)، فرسایش خاک (۲۳ شاخص) و کیفیت خاک (۲۹ شاخص)
- کار بر روی منابع معمول ارزیابی ریسک برای سایت های آلوده در اروپا از طریق سازماندهی یک نشست فوری با عنوان " به سوی چارچوب مشترک اروپا برای ارزیابی ریسک سایت های آلوده در اروپا " ایتالیا فوریه ۲۰۰۵
- برگزاری یک کارگاه آموزشی با موضوع " اراضی آلوده در کشورهای عضو، معیار ارزیابی میراث تاریخی و اقدامات ملی " بوداپست، مجارستان ۲۰۰۳
- مطالعه ای در مورد رتبه بندی سایت های آلوده " روشهای استخراج مقادیر غربالگری در اروپا، بررسی و ارزیابی رویه های ملی برای ایجاد هماهنگی "

- شاخص پیشرفت در مدیریت سایت های آلوده (CSI ۰۱۵)

- کار بر روی شاخص اصلی "پیشرفت در مدیریت سایت های آلوده (CSI ۰۱۵) در آژانس محیط زیست اروپا (EEA): در سال ۲۰۱۱، آلودگی خاک ها در مقیاس محلی در حدود ۲,۵ میلیون منطقه بطور بالقوه اعلام شد که تا کنون ۴۵ درصد از این تعداد مکان های بالقوه آلوده بررسی و شناسایی قطعی شده اند. حدود یک سوم از کل سایت های تخمین زده شده، حدود



۳۴۲ هزار سایت آلوده قبلاً شناسایی شده بودند که برای ۱۵ درصد از این تعداد سایت آلوده

برنامه پالایش خاک تهیه و اجرا شده است.

چهار مرحله مدیریتی برای مدیریت و کنترل آلودگی خاک محلی تعریف شده است، یعنی شناسایی

سایت (یا مطالعات اولیه)، تحقیقات مقدماتی، تحقیقات اصلی سایت و اجرای اقدامات کاهش ریسک برای

هر سایت آلوده.

پیشرفت در هریک از این مراحل شواهدی را در اختیار کشورها قرار میدهد که سایت های بالقوه آلوده

را شناسایی می کنند، تایید اینکه این سایتها آیا واقعا آلوده هستند و اقدامات اصلاح خاک در صورت نیاز

اجرا گردد. البته برخی کشورها اهداف مختلفی را برای مراحلا مختلف تعیین کرده اند.

۳۰ کشور از ۳۹ کشور مورد بررسی دارای یک فهرست کامل از سایت های آلوده هستند: ۲۴ کشور

دارای فهرست کامل در سطح ملی هستند و شش کشور یعنی بلژیک، بوسنی هرزگوین، آلمان، یونان، ایتالیا

و سوئد فهرست سایت های آلوده خود را در سطح منطقه تهیه کرده اند. تقریباً همه فهرست ها شامل

اطلاعات مربوط به فعالیت های آلاینده، سایت های بالقوه آلوده و سایت های آلوده هستند.

• همکاری مشترک پایگاه داده های خاک (ESDAC) و شاخص پیشرفت در مدیریت

سایتهای آلوده (CSI ۰۱۵)

بعد از سال ۲۰۰۷، در زمینه توسعه داده های خاک اروپا (ESDAC) توسط مرکز تحقیقات مشترک

(JRC)، که بعنوان یک نقطه کانونی برای داده های مربوط به خاک در اروپا در نظر گرفته میشود، تصمیم

گرفته شد تا کلیه فعالیتهای مدیریت داده های خاک که توسط آژانس محیط زیست اروپا (در قالب پروژه

شاخص پیشرفت در مدیریت سایت های آلوده) انجام شده بود به JRC (مرکز تحقیقات مشترک اتحادیه

اروپا) منتقل شود. پس از آن، پایگاه داده های خاک اروپا، تهیه دو مجموعه داده اصلی را آغاز کرد. داده

های اولیه به بررسی میزان کربن آلی خاک و فرسایش خاک پرداخته است. این پروژه در سال ۲۰۰۹ انجام



شد. پروژه دوم با هدف ایجاد به روز رسانی شاخص "پیشرفت در مدیریت سایت های آلوده" انجام شد. این پروژه برای "سایت های آلوده" در سال ۲۰۱۱ تعریف شد.

۱-۳-۳ اتحادیه اروپا

در سال ۲۰۱۵، اتحادیه اروپا سیاست های مربوط به خاک در سطح اتحادیه اروپا و سطح ملی را تنظیم کرد که در سال ۲۰۱۷ منتشر شد. در مجموع ۳۵ سیاست در سطح اتحادیه اروپا و ۶۷۱ ابزار در ۲۸ کشور اروپایی در قالب ویژگی های خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در سطح اتحادیه اروپا، ۳ سند نظارتی و غیرنظامی در رابطه با حفاظت از خاک شناخته شده است. ابزارهای غیر تنظیمی ۴۱ درصد از اسناد قانونی را در اتحادیه اروپا شامل میشود که مربوط به خاک است و آنها شامل طرح های نظارت، بودجه و آگاهی رسانی میشود. درصد بالای ابزارهای غیر تنظیمی نشان میدهد که تلاش زیادی برای محافظت از خاک صورت گرفته است، اما توافق سازگار برای توسعه یک چارچوب قانونی که حفاظت از خاک را تضمین کند وجود ندارد. در مورد ابزارهای نظارتی، ۱۳ دستورالعمل اتحادیه اروپا تاثیر مستقیم بر توسعه سیاست های ملی مربوط به پیشگیری و مدیریت آلودگی خاک دارند. هیچ یک از آنها آلودگی خاک را به عنوان یک هدف تنظیم کننده دارای اولویت نمی دانند، ولی بعنوان محافظت از خاک در برابر آلودگی ذکر شده اند.

جدول ۱۰ سیاست ها، استراتژی ها و ابزارهای اتحادیه اروپا برای بررسی آلودگی خاک و هدف اصلی مربوط به خاک

اهداف	ابزار سیاستی
اقدامات الزام آور، بخشنامه ها، مقررات و تصمیمات	
این هدف برای جلوگیری و کاهش آلودگی است، آلاینده های اصلی ذکر شده و آستانه های تعیین شده است. کشورهای عضو برای تهیه یک موجودی از سیستم های سطحی، شامل اکوسیستم های زمینی اقدام می کنند.	بخشنامه چارچوب آب
هدف حفاظت آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی در برابر آلودگی توسط نیترات از طریق منابع کشاورزی	بخشنامه نیترات
هدف آن اطمینان از حفظ و بازیابی گونه ها و انواع زیستگاه هایی است که از آنها محافظت می شود. هدف اصلی دستیابی به یک وضعیت مطلوب حفاظت در کل دامنه های طبیعی داخل اتحادیه اروپا و کاهش آلودگی زیستگاه هاست که به نوبه خود ممکن است آلودگی خاک را کاهش دهد.	بخشنامه زیستگاه پرندگان



بخشنامه ارزیابی اثرات زیست محیطی	هدف آن ارزیابی اثرات زیست محیطی پروژه های دولتی و خصوصی است که احتمالا تأثیرات چشمگیری بر محیط زیست دارد
بخشنامه انتشار بخش صنعت	هدف آن جلوگیری، کاهش و حذف (در صورت امکان) آلودگی ناشی از فعالیت های صنعتی است. کشورهای عضو قرار است موجودی دی اکسید گوگرد (SO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NOx) و انتشار گرد و غبار را ایجاد کنند. اپراتورها همچنین گزارش پایه ای برای تعیین وضعیت آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی تهیه می کنند.
بخشنامه لجن فاضلاب	هدف تنظیم استفاده از لجن فاضلاب در کشاورزی است بطوریکه برای جلوگیری از اثرات مضر بر خاک و ایجاد مقادیر محدود فلزات سنگین در خاک استفاده شود
بخشنامه ارزیابی استراتژیک زیست محیطی	هدف از بخشنامه کاهش اثرات زیست محیطی از برنامه و طرح ها در محیط زیست شامل خاک است
بخشنامه چارچوب مواد زائد	این چارچوب برای اصلاح مکان های دفن زباله تهیه شده است. خاک های آلوده حفاری نشده به عنوان زباله محسوب نمیشوند
اقدامات الزام آور، بخشنامه ها، مقررات و تصمیمات	
بخشنامه سیل ها	هدف آن کاهش و مدیریت خطری است که سیل بر سلامت انسان، محیط زیست، میراث فرهنگی و فعالیت های اقتصادی به همراه دارد
بخشنامه مسئولیت زیست محیطی	هدف این بخشنامه ایجاد چارچوبی مبتنی بر اصل "آلاینده کننده پرداخت می کند" است که برای جلوگیری و رفع آسیب های زیست محیطی به خاک، اکوسیستم ها و منابع آبی، اگر سلامت انسان تحت تاثیر قرار گیرد.
ابزار سیاستی	اهداف
بخشنامه چارچوب آفت کش ها	هدف آن پیش بینی آلودگی زیست محیطی بوسیله آفت کش هاست
بخشنامه مراکز دفن زباله	هدف آن جلوگیری یا کاهش اثرات منفی جمع آوری زباله بر محیط زیست در کل چرخه حیات زباله است.
مقررات کود	این هدف تضمین می کند که کود در شرایط عادی اثرات منفی بر سلامت انسان، حیوانات، گیاهان یا محیط زیست از جمله خاک ندارد
مقررات جیوه	هدف آن شناسایی و ارزیابی سایتهای آلوده به جیوه، از جمله فهرست موجودی سایتهای آلوده است. این شامل لیستی از ترکیبات اصلی جیوه است
بخشنامه آب زیرزمینی	هدف آن جلوگیری از ورود آلاینده ها (از منابع پراکنده) به آبهای زیرزمینی و شناسایی زمین های آلوده است که می تواند در کیفیت آبهای زیرزمین خطری ایجاد کند. کشورهای عضو موجودی منابع آلودگی را بررسی و حفظ کنند. این شامل مقادیر آستانه ای برای آلاینده های آب زیرزمینی است.



این هدف برای مقررات انتشار آلاینده های در جو و کاهش اوتروفیکاسیون و اسیدی شدن خاک است. کشورهای عضو ملزم به تهیه موجودی های انتشار برای آلاینده های ذکر شده و موجودی های بزرگ از منابع نقطه ای هستند	بخشنامه حداکثر مجاز انتشار آلاینده ها در جو
این هدف برای کنترل تاثیر تولید سوخت های زیستی بر کیفیت خاک است. علاوه بر این، هدف آن استفاده مجدد از خاک به شدت آلوده برای تولید سوخت های زیستی است. کشورهای عضو موجودی ذخایر کربن را برآورد می کنند	بخشنامه انرژی های تجدید پذیر
طرح های راهبردی	
هدف آن محافظت خاک ها با جلوگیری از تخریب خاک و بازیابی خاک تخریب شده از جمله آلوده است	استراتژی موضوعی برای حفاظت خاک
یکی از اهداف اولویت شامل مدیریت پایدار زمین، حفاظت کافی از خاک و اصلاح مکان های آلوده است	هفتمین برنامه اقدام محیط زیست
یک چارچوب کلی برای تحول سیاست به سمت اتحادیه اروپا فراهم می کند که در آن منابع، از جمله خاک، بطور پایدار مدیریت میشوند	نقشه راه منابع
هدف آن محدود کردن آب بندی خاک یا کاهش اثرات آن است. برخی تعاریف مانند کیفیت خاک ارائه شده است.	دستورالعمل های آب بندی خاک
این هدف متوف کردن از دست دادن تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم در اتحادیه اروپا و همچنین کمک به جلوگیری از کاهش تنوع زیستی جهان تا سال ۲۰۲۰ است. خاکها سالم را ارتقا میدهد	استراتژی تنوع زیستی
هدف آن پشتیبانی و تقویت مدیریت پایدار جنگل و نقش چند منظوره جنگل هاست	استراتژی جنگل های اتحادیه اروپا
هدف آن افزایش سازگاری از طریق ساز و کارهای مختلف است که آمادگی و ظرفیت را برای پاسخگویی در سطوح مختلف به تاثیرات تغییرات آب و هوایی، ایجاد یک رویکرد سازگار و بهبود هماهنگی افزایش میدهد	استراتژی سازگاری

منبع: ۲۰۱۸ - Status of local soil contamination in Europe

علاوه بر این در اتحادیه اروپا، ۲۴ سیاست ملی به طور صریح در قوانین ملی، آلودگی خاک و اصلاح آن

را بررسی می کند. بطور کلی، تمام این مقررات به منظور جلوگیری از تغییرات مضر در خاک و احیای خاک



های آلوده و آبهای زیرزمینی می باشد. در برخی از موارد جلوگیری از آلودگی هوا توسط انتشار در جو نیز تحت قوانین خاص در آلودگی خاک گنجانده شده است (۲۵).

۱-۳-۲ نگاهی به تجربه چین در بررسی آلودگی خاک

چین در حداقل دو دهه اخیر در خصوص آلودگی خاک این کشور مطالعات متنوع و گسترده ای را در سطح ملی انجام داده است. بنابر گزارش منتشره توسط شورای همکاری بین المللی چین در زمینه محیط زیست و توسعه (CCICED) اقدامات گسترده بررسی آلودگی خاک در چین به شرح زیر می باشد:

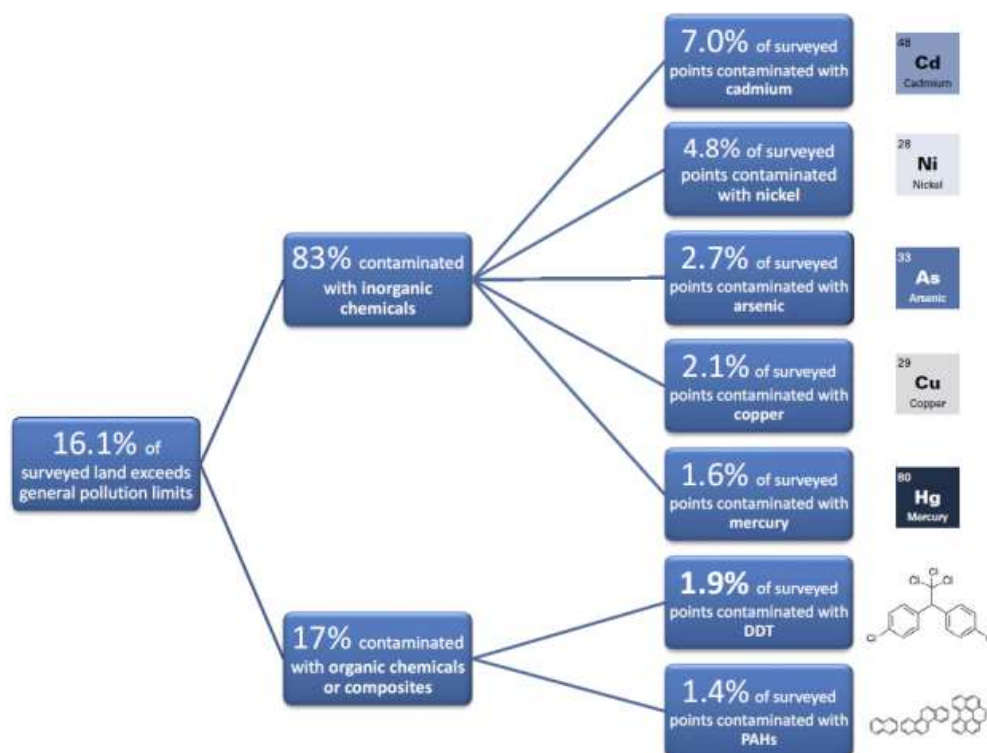
۱- اولین بررسی ملی چین در مورد کیفیت خاک

اولین بررسی آلودگی خاک در سطح ملی در چین در سال ۲۰۰۵ انجام شد. وزارت محیط زیست چین به همراه وزارت زمین و منابع بطور مشترک بین سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ یک بررسی ملی در مورد کیفیت خاک در چین انجام داد. نتایجی که در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، نشان داد که وضعیت عمومی محیط خاک چین رضایت بخش نیست. برخی از مناطق از آلودگی جدی رنج می برند، کیفیت زیست محیطی زمین در اراضی کشاورزی نگران کننده است و مشکلات برجسته زیست محیطی در زمین های صنعتی و معدنی متروکه وجود دارد. ۱۶ درصد از نمونه های خاک بررسی شده در چین در طبقه خاک آلوده تقسیم بندی شدند. این رقم برای خاکهای کشاورزی ۱۹,۴ درصد بود.

چین توزیع مکانی و الگوی داده ها را در بولتن عمومی خود از این مطالعه ملی منتشر نکرده است، اما در بولتن های منتشره نشان داده شده است که آلودگی در قسمت جنوبی چین نسبت به بخش شمالی بیشتر است. بویژه این آلودگی در مناطقی که از دلتای یانگ تسه، دلتای رود مروارید، و پایگاه های صنعتی تاریخی در شمال شرقی چین بیشتر است. نتایج این مطالعه گسترده نشان داده است که مناطق جنوب غربی و مرکزی چین آلودگی گسترده ای از فلزات سنگین را دارا هستند. محتوای کادمیوم، جیوه، آرسنیک و سرب از شمال غربی به جنوب شرقی و از شمال شرقی به جنوب غربی افزایش می یابد. اگرچه اطلاعات



خاصی در مورد روند آلودگی خاک در چین در معرض دید عموم قرار داده نشده است، اما بولتن نشان می دهد که آلودگی خاک در چین در حال افزایش است.



شکل ۹ تصویری از نتایج بررسی آلودگی خاک در چین است که در بولتن ملی آن منتشر شده است (منبع ۲۱)

۱۶ درصد از کل خاکها و ۱۹ درصد ز خاکهای کشاورزی چین در طبقه آلوده قرار گرفته اند. در اطراف

سایت های بسیار آلوده نیز بیش از یک سوم خاکها آلوده شده اند.

۲- بررسی ملی عناصر مفید و مضر در خاک

پروژه دوم ملی چین در مورد خاک مربوط می شود به بررسی ملی عناصر مفید و مضر در خاک. در سال

۲۰۱۵، سازمان زمین شناسی چین تحت نظارت وزارت زمین و منابع، یک بررسی ملی دیگر برای کیفیت

خاک با عنوان گزارش بررسی ژئوشیمیایی زمین های کشاورزی چین منتشر کرد. این مطالعه نشان میدهد

که تقریباً در ۹۲ درصد از خاکهای کشاورزی مورد بررسی، غلظت فلزات سنگین پایین تر از مقادیر استاندارد



ملی بود. بعبارت دیگر، ۸ درصد از کل زمین های قابل کشت مورد بررسی آلوده بودند. ۵,۷ درصد از اراضی کشاورزی بررسی شده با آلودگی خفیف فلزات سنگین و ۲,۶ درصد با آلودگی شدید طبقه بندی شده اند. این بررسی همچنین در مورد تغییر در سایر خصوصیات کیفیت خاک، از جمله کاهش محتوای مواد آلی در شمال شرقی، افزایش اسیدیته در جنوب و افزایش قلیایی شدن در شمال چین گزارش شده است. گزارش شده است که بیش از ۲۰ درصد خاک ها به شدت بدلیل اسیدی شدن آسیب دیده اند و تقریباً ۳۰ درصد تمایل به قلیایی شدن با سخت شدن خاک، کاهش باروری و در دسترس بودن عناصر غذایی را نشان داده اند.

۳- توانایی خاک برای حفظ تولید مواد غذایی و ایمنی مواد غذایی

در بررسی ملی دیگر، که در آن تمرکز اصلی توانایی خاک برای حفظ تولید و ایمنی مواد غذایی بوده است، نقشه هایی تهیه شد که کلاس کیفی خاک را با در نظر گرفتن وضعیت مواد مغذی و آلودگی فلزات سنگین نشان میداد. در این مطالعه ۳۴ درصد با کمبود برخی از عناصر غذایی طبقه بندی شدند، در حالیکه در مورد فلزات سنگین، تنها ۲,۶ درصد از خاکهای بررسی شده آلوده تشخیص داده شد و ۲۹,۵ درصد نیز در رده کمتر پاک دسته بندی شدند.

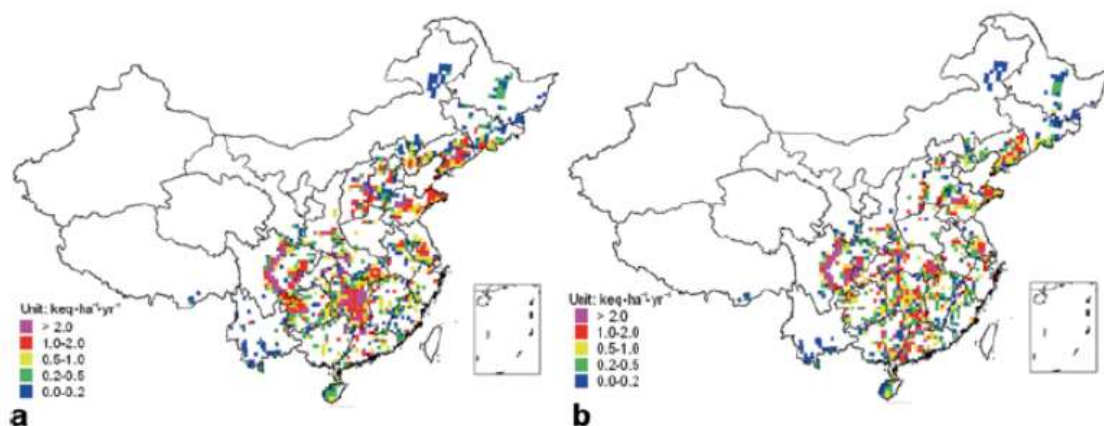
در این مطالعه بررسی کمبود مواد غذایی در خاک نشان میدهد که خاک برخی از عملکردهای مهم خود را از دست داده است. به عنوان مثال یک کشاورز کود بیشتری را مصرف می کند و در نتیجه رواناب مواد مغذی بیشتری به آبهای سطحی وارد می کند، که باعث اوتریفیکاسیون، افت کیفی آب و شکوفایی جلبک ها میشود. علاوه بر این باعث افزایش ترکیبات نیتروژن در جو میشود که به افزایش سطح ذرات ثانویه (PM_{۲,۵}) و همچنین گازهای گلخانه ای کمک می کند. از اینرو، حفظ سلامت خاک نه تنها برای عملکرد خاک و تولید غذا بلکه برای کیفیت آب و کیفیت هوا نیز مهم است.



ارتباط مهم دیگر بین کیفیت خاک و آب، استفاده از سموم دفع آفات در بخش کشاورزی و آلودگی های بعدی اکوسیستم های آبی است. این موضوعی است که به راحتی در مقیاس بزرگ بررسی کیفیت خاک پوشش داده نمیشود و نیاز به ارزیابی نمونه های بیولوژیکی ماتریسی دارد. همراه با استفاده گسترده از سموم دفع آفات و صنعتی سازی، با تاثیر مستقیم بر کیفیت و عملکرد خاک، نگرانی فزاینده ای برای کاهش کیفیت آب از بقایای سموم دفع آفات وجود دارد.

۴- باران اسیدی و اسیدی شدن خاک

خاک همچنین تحت تاثیر رسوب آلودگی از جو، از جمله فلزات سنگین و باران های اسیدی قرار می گیرد. باران های اسیدی بویژه بدلیل انتشار گوگرد ناشی از سوزاندن ذغال سنگ، بلکه تا حدودی ناشی از انتشار نیتروژن در جو، یک نگرانی عمده در چین هستند. باران های اسیدی منجر به تخریب خاک شده و با کاهش pH، باعث از دست دادن کاتیون های پایه و کاهش ظرفیت بافر میشوند که تهدیدی برای سلامت جنگل است. برآورد میشود که ۱۶ درصد از خاک چین، با باران اسیدی و رسوب اتسمفری تهدید میشود. اسیدی شدن خاک یک خطر طولانی مدت هم برای اکوسیستم های جنگلی و هم برای تولید محصولات کشاورزی بدنبال دارد، زیرا اسیدی شدن خاک منجر به از دست دادن کاتیون های مفید پایه خاک (مانند کلسیم) و تحرک یون های آلومینیوم با اثرات احتمالی مضر بر ریشه گیاهان میشود. کاهش رشد جنگل ها و محصولات در حال حاضر رخ میدهد و در بلندمدت، مرگ جنگل ها یک سناریوی احتمالی است.



نقشه ۳ نقشه هایی که تأثیر بالقوه باران اسیدی را در خاک چین نشان میدهد (منبع ۲۱)

در نقشه ۳ رنگها نشان می دهد که میزان بحرانی خاک برای باران اسیدی (گوگرد و نیتروژن) چقدر است در (a) ترسیب اتمسفری مشاهده شده در سال ۲۰۰۵ بیش از حد است (b) ترسیب پیش بینی شده برای سال ۲۰۲۰

علاوه بر مطالعات فوق، چین مطالعه جامعی را در مورد آلودگی آبهای زیرزمینی این کشور به لحاظ ارتباط نزدیک بین آلودگی خاک و آلودگی آبهای زیرزمینی انجام داده است. براساس گزارش ملی که در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، ۶۰ درصد از آبهای زیرزمینی در این کشور آلوده بوده و برای شرب مناسب نبودند. ۴۴ درصد از سایت های تحت نظارت کیفیت نسبتا ضعیفی داشته و ۱۶ درصد بسیار ضعیف طبقه بندی شده اند.

۳-۳-۱ تجربه فرانسه در بررسی خاک های آلوده

یکی از پروژه های بررسی آلودگی خاک در فرانسه به پروژه AIGRETTE^۵ مربوط می شود که فاز اول آن در استان SAN OUEST فرانسه در سال ۲۰۰۷ شروع شده است. این پروژه با عنوان رویکرد

^۵ Approche Intégrée de la Gestion des Risques Environnementaux à l'échelle d'un TerriToirE



یکپارچه برای مدیریت خطرات زیست محیطی در مقیاس سرزمینی (AIGRETTE) برای ارزیابی ریسک زیست محیطی تعریف شده است. این برنامه مبتنی بر روش ابزار کمک به تصمیم گیری یک برنامه عملیاتی هماهنگ با ذینفعان مختلف (جوامع، شرکت ها، خدمات دولتی، انجمن ها و غیره) است که با در نظر گرفتن وضعیت آلودگی سرزمین از لحاظ آب، خاک و هوا و تاثیر بر سلامت جوامع انسانی طراحی شده است. در اجرای این پروژه بررسی زمین شناسی فرانسه (BRGM)^۶ در تامین بودجه و همچنین همکاری با گروه های علمی اجرای آن را برعهده دارد.

این پروژه نه تنها مشخصات آلودگی های منتشره را بررسی می کند بلکه ارتباط بین منابع آلاینده و سیستم هیدرولوژی محدوده را در انتهای حوضه آبریز که خلیج FOS است را نیز بررسی میکند. محدوده مورد مطالعه در این پروژه، دارای فعالیتهای صنعتی سنگین و آلاینده شامل پتروشیمی ها، آهن و فولاد، شیمی و غیره است که در محدوده خروجی نهایی حوضه آبخیز منطقه در نزدیکی دریا عمدتاً واقع شده اند. علاوه بر این منابع آب سطحی و زیرزمینی که آلاینده های مختلف را دریافت می کنند در نهایت در خلیج FOS در رسوبات و زیست توده ها ظاهر شده و آبهای شیرین آلوده به دریا تخلیه می شوند. نکته مهم در خصوص خاکهای منطقه این است که خاکهای منطقه بدلیل فقر در مواد آلی، برای به دام انداختن آلودگی ها چندان مساعد نیستند.

فاز اول این پروژه به شناخت اولیه اختصاص یافته بود که شامل شناسایی، مرتب سازی، اعتبار سنجی و سازماندهی هرگونه اطلاعات زیست محیطی است که در قلمرو محدوده مطالعاتی تولید شده است. فاز دوم این پروژه به تکمیل اطلاعات موجود در فاز اول و در خاکهای سطحی محدوده مطالعاتی پرداخته است. با توجه به نتایج بدست آمده از فاز اول پروژه و شناسایی نقاط آلوده، داده های قبلی موجود از آنالیز خاک و پیشینه مطالعات، برنامه نمونه برداری خاک تهیه شد.

^۶ Bureau de Recherches Géologiques et Minières



برنامه تحقیق و بررسی در این فاز در سه مرحله تعریف شده بود:

۱- مرحله آماده سازی که طی آن مناطقی که باید در مرحله اول تحقیق بررسی شوند (غربالگری) و

نوع بررسی روی این قطعات انجام شد

۲- یک نمونه برداری و تجزیه و تحلیل از یک شبکه محدود از ایستگاه ها با اندازه گیری در محل و

نمونه برداری خاک برای ۲۰ سایت. این مرحله منجر به ایجاد یک کمیته راهبردی متشکل از

استان و سازمان زمین شناسی فرانسه شد.

۳- نمونه برداری برای حدود ۹۰ ایستگاه که در مرحله غربالگری بدلیل منابع آلاینده شناسایی شده

بودن با هدف تکمیل اطلاعات انجام شد.

این تحقیق سه تیم مجزا را که هریک دارای روشهای خاص برای اهداف تعیین شده زیر بودند را به راه

انداخت.

۱- خصوصیات آلودگی منتشره در خاکهای سطحی

۲- خصوصیات آلودگی نقطه ای خاک

در این مطالعه، بدلیل وسعت منطقه و تنوع زمینه های زیست محیطی شناخته شده در این محدوده

(نواحی صنعتی، مناطق شهری، مناطق کشاورزی، مناطق طبیعی و غیره)، روش نمونه برداری سیستماتیک

بدلیل هدفمند بودن تحقیقات و کاهش تعداد نمونه ها با حفظ احتمال زیاد تشخیص ناهنجاری ها، کنار

گذاشته شد. و از روش انتخاب سایت های نمونه برداری با رویکرد متفکرانه و کارشناسی استفاده شد.

نمونه برداری خاک در قلمرو ۳۵۰ کیلومتر مربعی استان San Ouest فرانسه انجام شد. در این پروژه

نمونه برداری با برداشت نمونه های متنوعی از خاک در مرحله اول در سپتامبر و نوامبر سال ۲۰۰۷ انجام

شد. نمونه های خاک سطحی در عمق ۵-۰ سانتیمتر (برای خاکهای غیر کشاورزی) و عمق ۳۰-۰ سانتیمتر

(برای خاکهای کشاورزی) در ۷۹ سایت در ۶ شهرستان استان مورد مطالعه برداشت شد.

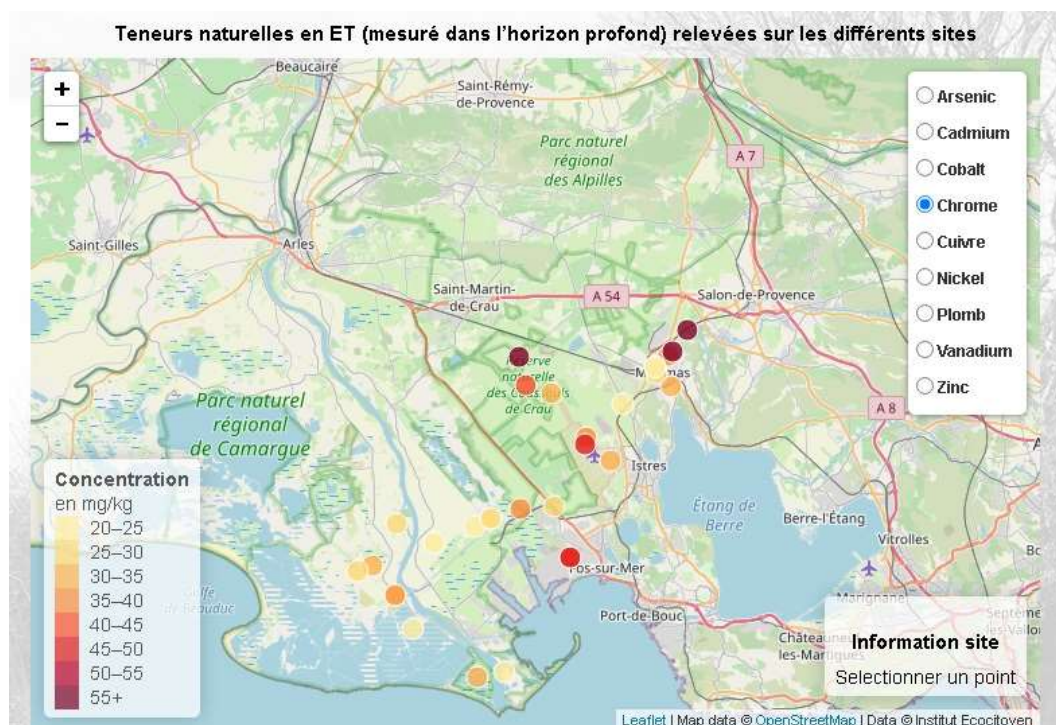


در این پروژه با توجه به تنوع منابع آلاینده صنعتی شناسایی شده، پارامترهای نمونه برداری تعریف شده است. بطور مثال، برای بررسی آلاینده های منتشره بر روی خاک که منشا آلودگی صنعتی با احتراق سوخت در صنایع و یا فرآیندهای شیمیایی دارند، دیوکسین ها و فوران ها اندازه گیری شد. البته این دو ماده می توانند ریشه های طبیعی، خانگی و یا تصادفی نیز داشته باشند.

منابع آلاینده دیوکسین ها و فوران ها در محدوده مطالعاتی شامل زباله سوزهای خانگی قدیمی و یا زباله سوزهای صنعتی که در آنها کنترل احتراق مشکل دارد و فاقد سیستم تصفیه گاز پس از احتراق هستند، آتش سوزی در ترانسفورماتورهای الکتریکی که از روغن های کلره استفاده می کنند و غیره شناسایی شده است. بررسی میزان دیوکسین ها و فوران ها در خاک سطحی ۵-۰ سانتیمتر اندازه گیری شده است. از سوی دیگر عناصر فلزی در نمونه های خاک نیز اندازه گیری شد، چون دیوکسین ها و فورانها می توانند فلزات را همراهی کنند. برای ایستگاه های شاهد در این نمونه برداری، مناطقی خارج از محدوده تحت تاثیر آلودگی هوای صنایع انتخاب شده است.

انتخاب سایت ها برای اندازه گیری فلزات و متالوئیدها به روش قبلی در غربالگری سایت های آلوده به دیوکسین ها و فوران هاست. در بررسی فلزات سنگین در خاک کاربری های مختلف برای سایت های نمونه برداری انتخاب شد که شامل کاربری کشاورزی، صنعتی، طبیعی و شهری است.

پس از بررسی خاک های سطحی در این پروژه، طی سالهای بعد لایه های عمقی زمین نیز نمونه برداری شده و میزان آلاینده های مربوط به فلزات سنگین در آنها نیز بررسی شد. در شکل زیر نمونه ای از نقشه پراکندگی و غلظت فلز کروم در محدوده شهرستان FOS SUR MER در محدوده مطالعاتی پروژه AIGRETTE نشان داده شده است.



شکل ۱۰ غلظت کروم در خاک عمقی اندازه گیری شده در یکی از نواحی پروژه AIGRETTE در جنوب غربی فرانسه (www.institut-ecocitoyen.fr)

۴-۳-۱ مروری بر مدیریت زمین های آلوده در مالزی و پالایش سایت های آلوده

سازمان حفاظت محیط زیست مالزی دستورالعملی برای پالایش خاک های آلوده در این کشور تهیه کرده است. آخرین نسخه ویرایش شده این دستورالعمل مربوط به سال ۲۰۰۹ است. براساس این دستورالعمل فرآیندهای پالایش خاک برای سناریوهای زیر اعمال می شود:

- سایت هایی با غلظت بالای آلودگی خاک و منابع آب زیرزمینی
- سایت هایی با ریسک غیرقابل قبول برای سلامتی انسان براساس یافته های ارزیابی خطر سلامتی انسان مطابق با دستورالعمل ارزیابی و گزارش سایت های آلوده

براساس اعلام سازمان محیط زیست مالزی، این دستورالعمل مشمول شرایط اضطراری آلودگی بوجود آمده مانند انفجار در تاسیسات زیرزمینی و مواد شیمیایی و همچنین نشت مواد شیمیایی که می تواند



باعث آسیب جدی و فوری بر جوامع انسانی شود نمی گردد. در این موارد اقدام فوری مسئول سایت در جهت کنترل و حذف آلودگی باید انجام گردد و هیچ گونه اتلاف وقتی قابل پذیرش نیست.

دستورالعمل پالایش خاک ها و سایت های آلوده مالزی شامل اقدامات زیر میشود:

- ۱- برنامه اقدام پالایش
 - ۲- بررسی پالایش / مطالعه امکان سنجی
 - ۳- اجرای پالایش خاک
 - ۴- ارزیابی پس از انجام پالایش خاک
- رویکرد مبتنی بر ریسک، اصل راهمای کلی مدیریت زمین های آلوده در مالزی است. این اصول اساسی در فعالیت های پالایش خاک به شرح زیر می باشد:
- تصمیم گیری در مورد مدیریت زمین های آلوده باید براساس حفاظت از سلامت انسان یا محیط زیست باشد.
 - منابع موجود برای مدیریت سایت محدود هستند و بنابراین نیاز به تخصیص مناسب منابع براساس ریسک برای سلامت انسان یا محیط زیست دارند.
 - در مواردی که خطر برای سلامت انسان یا محیط زیست غیر قابل قبول تلقی شود، باید طیف وسیعی از استراتژی های کاهش خطر را در نظر گرفت. انتخاب گزینه های مدیریت سایت باید براساس توانایی استراتژی های پیشنهادی برای به حداقل رساندن خطر برای سلامتی انسان و محیط زیست، اطمینان به کارگیری استراتژی و هزینه های اجرا باشد.
 - فوریت اقدام در یک سایت باید میزان تاثیرات احتمالی غیرقابل قبول و پیش بینی بازه زمانی را که ممکن است رخ دهد، منعکس کند



همانطور که گفته شد چهار مرحله برای استراتژی مدیریت سایت های آلوده در مالزی طراحی شده است.

مرحله اول: برنامه اقدام پالایش

برنامه اقدام پالایش یک سند مکتوب است که جزئیات اقدامات لازم را برای یک سایت آلوده ارائه میدهد. این سند همچنین کلیه اهداف پالایش و کلیه اقدامات پیشنهادی را در جهت دستیابی به اهداف بیان می کند.

بطور معمول یک برنامه اقدام پالایش خاک، شامل موارد ذیل میشود:

- بررسی اطلاعات سایت
- بحث در مورد اهداف پالایش
- استراتژی و اقدامات پیشنهادی برای پالایش خاک
- انتخاب فناوری های پالایش قابل اجرا

مرحله دوم: بررسی پالایش، مطالعه امکان سنجی و طرح پالایش

این مرحله با هدف تعریف مناسب ترین استراتژی پالایش و یا فناوری های مناسب برای یک سایت آلوده انجام میشود.

بطور کلی، این مرحله از بخشهای زیر تشکیل شده است:

- بررسی پالایش
- مطالعه امکان سنجی
- طرح پالایش

مرحله سوم: اجرای پالایش خاک



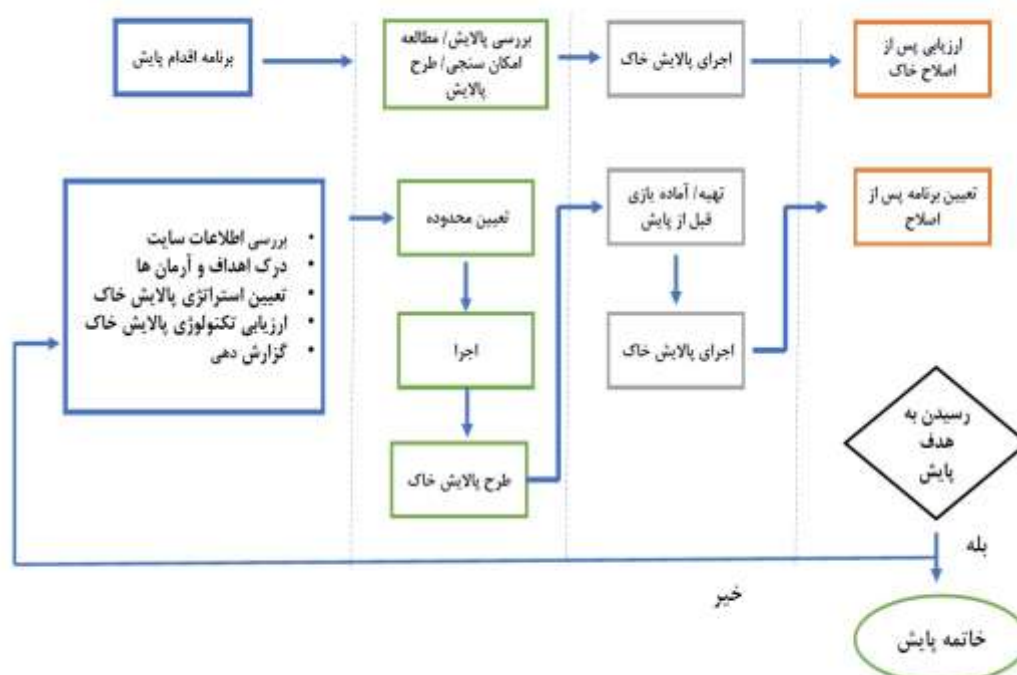
اجرای پالایش برای دستیابی به اهداف پالایش تعریف شده برای یک سایت آلوده انجام میشود، اجرای طرح نهایی انجام فناوری پالایش خاک در محل سایت است. بخشهای زیر در اجرای پالایش باید مد نظر قرار گیرد:

- انطباق با الزامات نظارتی قابل اجرا
- نظارت بر کار
- کنترل سایت
- دفع پسماندهای ناشی از فرآیند

مرحله چهارم: ارزیابی پس از پالایش

ارزیابی پس از پالایش برای ارزیابی اثربخش اقدام انجام می گردد. این ارزیابی برای تایید انطباق اجرای پالایش با اهداف از پیش تعیین شده برای پالایش سایت می باشد.

فرآیند انجام پالایش خاک در یک سایت آلوده به شرح زیر در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ چارت دستورالعمل پالایش خاک در یک سایت آلوده در مالزی (منبع ۸۲)

۱-۳-۵ (SSSA) انجمن علوم خاک ایالات متحده

انجمن علوم خاک امریکا (SSSA)^۷، بزرگترین جامعه متخصص خاک در ایالات متحده است. این انجمن در سال ۱۹۳۶ از ادغام بخش خاک انجمن زراعت آمریکا و انجمن بررسی خاک آمریکا شکل گرفت. این انجمن توسط هیات مدیره اداره میشود. چشم انداز و جهت گیری استراتژیک این انجمن، برپایه گردآوری دانش و الهام بخشی برای تقویت کشف و تعریف علم و کاربرد علوم خاک است.

دامنه وسیع فعالیت های علمی انجمن علوم خاک امریکا این فرصت را فراهم آورده است تا در بسیاری از سطوح با بسیاری از سازمان ارتباط برقرار کند. این فرصت ها شامل روابط همکاری، مشارکت در فعالیت

^۷ Soil Science Society of America



های مدارس در دوره های ابتدایی تا متوسطه برای برقراری ارتباط با معلمان و دانش آموزان، ایفای نقش اصلی در برگزاری مراسم بین المللی روز جهانی خاک و ایجاد کمپین های جهانی برای حفاظت خاک مانند کمپین "خاک قلب من است"

به نمونه ای از کارهای انجمن علوم خاک امریکا در ذیل اشاره می شود:

- سایت اطلاع رسانی خاک برای معلمان^۸ که نیازهای معلمان و مربیان را برای دروس مرتبط با خاک برای تدریس در کلاس را تامین می کند. اجزای اصلی این سایت شامل مبانی خاک، موضوعات خاک، خاک و مردم، درسها و فعالیتهای و منابع می باشد. صفحه درسها/فعالیتها در این سایت مربوط میشود به درسهای توسعه توسط انجمن علوم خاک امریکا و مقاله هایی که توسط دانشمندان خاک تهیه شده اختصاص یافته است تا از صحت دانش و روشها اطمینان حاصل شود.

- وبسایت خاک برای کودکان^۹

این وبسایت به دانش آموزان اختصاص داده شده و به تعریف اصول زمین، بازی های سرگرم کننده با خاک، پیشنهاداتی برای آزمایش های علمی تجربی با خاک را ارائه میدهد و ذهن آنها را برای مشاغل علوم خاک باز می کند. همچنین دانش آموزان در هر ایالت با خصوصیات خاک منطقه خود آشنا می شوند.

- سال بین المللی خاک

مجمع عمومی سازمان ملل سال ۲۰۱۵ را سال جهانی خاک اعلام کرد. انجمن علوم خاک امریکا جایزه این سال تاریخی را بدلیل برپایی یک کمپین جهانی دریافت کرد. برنامه گسترده این کمپین در سطح جهانی، فعالیتهای و فیلم ها در سایت مخصوصی^{۱۰} در دسترس قرار دارد.

^۸ www.soils4teachers.org/

^۹ www.soils4kids.org

^{۱۰} www.soils.org/IYS



از دیگر فعالیت های مهم انجمن علوم خاک امریکا انتشار مجله و کتب تخصصی می باشد. مجلات علمی تخصصی این انجمن شامل دو مجله زیر است:

- مجله محصولات و خاک^{۱۱}، برای محصولات کشاورزی، زارعان و دانشمندان خاک که بر راه حل های چالش های امروزه کشاورزی و خاک کار می کنند.

- مجله رسمی اخبار CSA، که برای اعضای انجمن آمریکایی آمریکا (ASA)^{۱۲}، انجمن علوم زراعی آمریکا (CSSA)^{۱۳} و انجمن علوم خاک آمریکا (SSSA) تهیه میشود.

علاوه بر نشر مجلات علمی فوق، انجمن علوم خاک آمریکا، بیش از ۶۰ سال است که با همکاری انجمن آمریکایی آمریکا و انجمن علوم زراعی آمریکا کتابهای متعددی در زمینه زراعت، خاک و علوم محیطی منتشر می کند. این انجمن تا کنون بیش از ۳۳۰ جلد عنوان کتاب را چاپ کرده است.

۴-۱ برر سی چارچوب کلی بانک اطلاعاتی آلودگی خاک و تحلیل آن در کشورهای

منتخب، نحوه دسترسی، به کار گیری و پیاده سازی آنها، به روز رسانی سامانه

جامع

۱-۴-۱ بانک اطلاعات خاک اروپا

مرکز داده های خاک اروپا (ESDAC)^{۱۴} مرکز موضوعی داده های مربوط به خاک در اروپاست. هدف این پایگاه داده این است که تنها نقطه مرجع برای کلیه داده ها و اطلاعات مربوط به خاک در سطح اروپا باشد. این پایگاه از تعدادی از منابع تشکیل شده است که به روش های مختلف سازماندهی شده و داده

^{۱۱} Crops & Soils

^{۱۲} American Society of America

^{۱۳} Crop Science Society of America

^{۱۴} The European Soil Data Centre



های خود را ارائه می دهند. این داده ها عمدتاً شامل مجموعه داده ها، خدمات، نقشه ها، اسناد، رویدادها، پروژه ها و پیوندهای خارجی می باشد.

ساختار تشکیلاتی پایگاه داده های خاک در اروپا در شکل شماره ۱۲ نشان داده شده است. پایگاه داده ها به کمیسیون اتحادیه اروپا بعنوان مرجع اصلی متصل است. سپس کار تولید داده ها به مرکز تحقیقات مشترک اروپا (JRC^{۱۵}) سپرده شده است که با مشارکت چند مجموعه زیر اقدام به تولید داده های خاک می نماید.

- شبکه اداره خاک اروپا

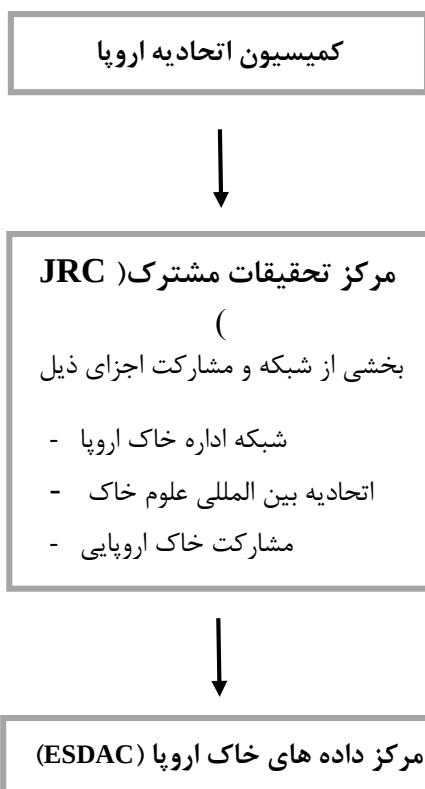
- اتحادیه بین المللی علوم خاک

- مشارکت خاک اروپایی

- شبکه آگاهی از خاک اروپا

در انتها مرکز داده های خاک اروپا (ESDAC) بعنوان مرجع نهایی داده ها را تحلیل کرده و اقدام به

انتشار نقشه های خاک و داده های می نماید.



شکل ۱۲ ساختار تشکیلاتی پایگاه داده های خاک اروپا

پایگاه داده های خاک اروپا دارای منابع مختلف اطلاعاتی است که بطور عمده در پنج گروه داده های

زیر طبقه بندی شده اند.

۱-۴-۲ بانک اطلاعات خاک و خصوصیات خاک

بانک اطلاعات خاک اروپا منبع مهمی از اطلاعات گسترده از داده ها و سایر سرویس ها را در اختیار

کارشناسان قرار میدهد. بعنوان مثال داده های مربوط به اطلاعات خاک از شبکه جامع خاک اروپا در قالب

شبکه های ۱ در ۱ کیلومتری و ۱۰ در ۱۰ کیلومتری در دسترس عموم قرار دارد. دسترسی عمومی به داده

های شبکه ۱۰ در ۱۰ کیلومتری بدون هیچ محدودیتی است و دسترسی به اطلاعات خاک مربوط به

رسترهای ۱ در ۱ کیلومتری با ثبت نام و تکمیل فرم درخواست اطلاعات، قابل دسترس است.

بانک اطلاعاتی خاک اروپا (ESDB) شامل چهار مجموعه داده مجزا به قرار زیر است:



- پایگاه داده جغرافیایی خاک اوراسیا در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ (SGDBE)
- پایگاه قوانین انتقال داده های خاک اروپا- به معنای ترجمه داده های خام خاک به اطلاعات مفیدتر (PTRDB)

- پایگاه تحلیلی مشخصات خاک اروپا (SPADBE)
- بانک اطلاعات خصوصیات هیدرولیکی خاک های اروپا (HYPRES)

۱-۴-۲-۱ داده های مربوط به تهدیدات خاک

در این گروه برخی از مجموعه داده مربوط به تهدیدات خاک، همانطور که توسط استراتژی موضوعی خاک اروپا شناسایی شده اند، ارائه میشود. این تهدیدات خاک شامل فرسایش خاک، کاهش کربن آلی، تراکم، شور شدن خاک، کاهش تنوع زیستی خاک، امنیت غذایی، رانش زمین و فلزات سنگین است. این داده ها برای دریافت از طریق ثبت درخواست اطلاعات، قابل دسترس است.

در ذیل این صفحه از بانک اطلاعاتی خاک اروپا، انواع موضوعات مربوط به خصوصیات خاک در ۳۶ عنوان بطور مجزا ارائه شده است. عنوان نمونه برخی از موضوعاتی که در این بانک اطلاعاتی تا کنون تهیه شده به شرح زیر می باشد:

- از بین رفتن خاک بدلیل برداشت محصول در اروپا
- توزیع مس در خاک های سطحی اروپا
- فرسایش خاک در اراضی جنگلی اروپا
- فلزات سنگین در سطح خاک

البته باید خاطر نشان کرد که در بانک اطلاعات خاک اروپا، بسیاری از داده های جهانی مربوط به خاک

نیز وجود دارد.



The screenshot shows the European Soil Data Portal (ESDP) homepage. The main content area displays a list of soil data resources, including datasets and soil threats data. The resources are categorized by title, resource type, year, and language. The page also features a sidebar with highlights and a search bar at the top.

Title	Resource Type	Year	Language
Global phosphorus losses due to soil erosion	Datasets	2020	en
Global soil erosion by water in 2070	Datasets	2020	en
Caesium-137 and Plutonium-239+240 in European topsoils	Datasets	2020	en
Soil Organic Matter (SOM) fractions for 186 LUCAS 2009 soil samples (grassland, forest)	Datasets	2019	en
Global Soil Erosion	Datasets	2019	en
Soil loss due to crop harvesting in the European Union	Datasets	2019	en

شکل ۱۳ داده های مربوط به تهدیدات خاک در بانک اطلاعاتی خاک اروپا

با مراجعه به هر یک از موضوعات در صفحه فوق، ابتدا داده های عمومی در دسترس بازدیدکننده قرار می گیرد. بطور مثال با مراجعه به موضوع توزیع مس در خاک های سطحی اتحادیه اروپا، اطلاعات کلی در خصوص نحوه توزیع مس و منشأ آن در خاک، علل افزایش مس در خاک های اروپا، تعداد نمونه های جمع آوری شده برای سنجش مس در خاک، مدل های بکار رفته برای تهیه نقشه ها در اختیار بازدیدکننده قرار می گیرد. همچنین خلاصه ای از نتایج آنالیز در خصوص مناطقی که مس بیشتری در خاک مشاهده می شود از لحاظ کاربری اراضی ارائه شده است. در بخش بعدی این صفحه برای دسترسی به اطلاعات و داده های جزئی تر لازم است تا فرم درخواست اطلاعات تکمیل و ارسال گردد. در شکل ۱۴ نمونه ای از صفحه مربوط به داده های موضوعی در بانک اطلاعاتی اروپا نشان داده شده است.



شکل ۱۴ اطلاعات عمومی در دسترس مربوط به بانک اطلاعاتی خاک اروپا در بخش تهدیدات خاک بعنوان نمونه

۱-۴-۲ داده های مربوط به کارکرد خاک

داده های مربوط به تعدادی از کارکردهای خاک

- نقشه های بهره وری زیست توده خاک از مراتع ، زمین های زراعی و مناطق جنگلی در اتحادیه اروپا
- نقشه های ظرفیت ذخیره سازی و فیلتر کردن خاک ها در اروپا
- نقشه اروپا از نظر تناسب کارکرد برای اکثر فعالیت های انسانی
- نقشه های مواد مادری در خاک اتحادیه اروپا
- نقشه کربن آلی در خاک - ظرفیت اشباع در اتحادیه اروپا
- نقشه های ظرفیت حفظ آثار فرهنگی و مواد دفن شده در خاک در اتحادیه اروپا
- نقشه های اطلس جهانی تنوع زیستی خاک و اروپا
- نقشه خصوصیات هیدرولیکی خاک برای اروپا (ظرفیت ذخیره آب خاک در اروپا)



داده های هر یک از موارد فوق مانند بخش داده های مربوط به تهدیدات خاک در دو بخش اطلاعات کلی و نقشه ها و جزییات از طریق دسترس عمومی و درخواست اطلاعات قابل دسترسی است.

۱-۴-۲-۳ داده های نقطه ای خاک

این صفحه، دسترسی به داده های نقطه ای مربوط به موارد زیر را فراهم می کند.

- **داده های خاک سطحی LUCAS^{۱۶}:** لوکاس به معنی بررسی چارچوب پوشش مناطق و کاربری اراضی برپایه جمع آوری اطلاعات از انواع مختلف کاربری ها زمین و همچنین تنوع پوشش زمین می باشد. این داده ها براساس مشاهدات مستقیم انجام شده در ۲۵۰ هزار نقطه در سراسر اتحادیه اروپا جمع آوری شده است. براین اساس و با تکرار بررسی ها، هر چند سال یکبار میتوان تغییرات کاربری اراضی را شناسایی کرد.

در سال ۲۰۰۹، کمیسیون اتحادیه اروپا حدود ۲۰ هزار نقطه (توزیع شده در ۲۵ کشور) از شبکه اصلی LUCAS (شامل سلول های ۲ در ۲ کیلومتر که در اتحادیه اروپا برای نمونه برداری خاک تعریف شده) را برای جمع آوری نمونه های خاک سطحی انتخاب کرد. از روشی استاندارد برای جمع آوری نمونه های خاک سطحی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتر استفاده شد. نمونه برداری ها و تجزیه تحلیل نمونه در این طرح تا سال ۲۰۱۲ تکمیل شد. بانک اطلاعات نهایی برای ۱۹۹۶۷ نمونه خاک تهیه شد و بصورت رایگان در دسترس عموم قرار گرفته است. دسترسی به داده ها از طریق ثبت نامه فرم درخواست امکان پذیر است. همه نمونه ها از نظر درصد بافت خاک (درصد رس، ماسه و سیلت)، pH خاک، کربن آلی، مقدار کربنات، محتوای فسفره، محتوای نیتروژن کل، محتوای پتاسیم قابل استخراج، ظرفیت تبادل کاتیونی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۱-۱-۱-۲ Land Use and Coverage Area frame Survey ¹⁶



- پروژه ۲ & ۱^{۷۱} SPADE : در این پروژه در فاز اول، پایگاه داده ای براساس پروفیل خاک تهیه شده است. داده های پروفیل خاک تهیه شده بر پایه دو مبنا جمع آوری شده است. ۱- از طریق اندازه گیری در سایت ۲- از طریق پیش بینی و تخمین کارشناسی. این پایگاه داده شامل نتایج تحلیلی زیر برای افق های خاک است:

بافت خاک، محتوای مواد آلی خاک، محتوای کل نیتروژن، pH، شوری خاک، محتوای سولفات کلسیم، محتوای کربنات کلسیم، عمق ریشه، عمق آبهای زیرزمینی، مواد مادری خاک.
فاز دوم پروژه مربوط میشود به زمانی که داده های اولیه کافی نبوده، لذا فاکتورهای تکمیلی برای تحلیل نمونه های خاک تهیه تعریف شده است. برای هر دو داده فوق، اطلاعات در قالب موضوعات مجزا و به شکل نقشه و تحلیل های نوشتاری تهیه و در اختیار بازدیدکنندگان سایت قرار گرفته است.

۱-۴-۲-۴ داده های پروژه های خاک

این بخش شامل پیوندهایی به داده هایی است که منشأ آنها در بسیاری از پروژه های مربوط به خاک در مرکز تحقیقات مشترک اتحادیه اروپا (JRC) انجام شده است. البته بسیاری از این پروژه ها به دلایل حفاظت از اطلاعات اجازه انتشار داده ها را ندارند. برخی از این پروژه های مرتبط با خاک شامل موارد زیر است:

- **Geoland^۲**: یک مدل جدید برای فرسایش خاک است که حاصل همکاری JRC، مدیریت منابع زمین و آزمایشگاه مدیریت جنگل و سنجش از دور دانشگاه Aristotle تسالونیک یونان در چارچوب پروژه Geoland^۲ است. این مدل از دست دادن خاک برحسب تن در هکتار، ناشی از فرسایش



بارش و رواناب را بصورت ماهانه تخمین میزند. این پروژه در یک حوضه آبریز رودخانه ای در جنوب شرقی اروپا انجام شده است.

- داده های آژانس غذایی اروپا (EFSA)^{۱۸}: این داده ها شامل نقشه های خاک (محتوای مواد آلی موجود در خاک سطحی، pH خاک سطحی، میزان آب در ظرفیت زمین)، نقشه های هواشناسی (میانگین دمای ماهانه، میانگین دمای سالانه، میانگین بارش ماهانه، میانگین بارندگی سالانه)، کاربری اراضی - پوشش زمین - نقشه های پوشش زمین، نقشه های عمومی (کشورهای عضو، مناطق نظارتی، مناطق تمرکز و تمام پرونده ها) بوده و قابل دریافت است.
- پروژه Ram Soil: این پروژه روش های مختلف ارزیابی ریسک که در حال حاضر در اروپا در ارتباط با خاک انجام میشود را ارزیابی می کند. این پایگاه داده در قالب اکسل ذخیره شده است.
- شبکه مرجع اروپا INSPIRE^{۱۹}: این شبکه تبادل داده های مربوط به خاک در سطح منطقه ای، ملی و اروپایی را به صورت شبکه ای یا شطرنجی طراحی کرده است. اساس این کار در دسترس بودن شبکه های استاندارد یا مرجع در یک سیستم مختصات مشترک با اندازه سلول ثابت و کدگذاری سلول مشترک است. برنامه اقدام خاک اروپا این شبکه را پیشنهاد کرده است و تعدادی شبکه مرجع برای ۲۵ کشور عضو اتحادیه اروپا در سلول های یک کیلومتری و ۱۰ کیلومتری تعریف شده است.

^{۱۸} European Food Safety Authority

^{۱۹} INfrastructure for SPatial InfoRmation in. Europe



۵-۱ شنا سایی فن آوریهای نوین به کار گرفته شده در سطح جهانی برای نمونه

برداری، ارزیابی سریع وضعیت آلودگی خاک، انتقال و ذخیره سازی اطلاعات

۱-۵-۱- شبکه نظارت خاک در ایالات متحده

برنامه مشارکت ملی نظارت خاک نتیجه تلاش سرویس حفاظت از منابع طبیعی سازمان کشاورزی ایالات متحده و سایر آژانس های فدرال است. دولت های ایالتی با همکاری سازمان ها و ارگان های مختلف اقدام به انجام یک مطالعه سیستماتیک از خاک کرده اند که شامل طبقه بندی خاک، نقشه برداری و تفسیر خاک است. شناسایی و طبقه بندی خاک در این برنامه ملی از اصول خاکشناسی، زمین شناسی و زمین ریخت شناسی استفاده شده است.

شبکه نظارت خاک (WSS^{۲۰}) داده های خاک و اطلاعات تولید شده توسط مشارکت ملی نظارت خاک (NCSS^{۲۱}) ایالات متحده را فراهم می کند. این شبکه توسط سرویس حفاظت از منابع طبیعی (NRCS^{۲۲}) سازمان کشاورزی ایالت متحده اداره میشود. سرویس حفاظت از منابع طبیعی نظارت خاک دسترسی به بزرگترین سیستم اطلاعات منابع طبیعی جهان را فراهم میکند. سرویس حفاظت از منابع طبیعی ایالات متحده در حال حاضر نقشه و داده های خاک را برای بیش از ۹۵ درصد از ایالت های این کشور داراست و پیش بینی میشود در آینده نزدیک ۱۰۰ درصد خاک ایالات متحده را پوشش دهد. سایت

۲۰ Web Soil Survey

۲۱ National Cooperative Soil Survey

۲۲ Natural Resources Conservation Service



شبکه نظارت خاک ۲۳ بصورت آنلاین به روز رسانی و نگهداری میشود و تنها سایت معتبر اطلاعات بررسی خاک ایالات متحده است.

از بررسی داده های خاک میتوان برای برنامه ریزی عمومی اراضی کشاورزی، در سطح محلی و منطقه ای استفاده کرد. در برخی موارد، مانند ارزیابی کیفیت خاک و برخی مصارف حفاظتی و مهندسی، بررسی خاک در محل نیز مورد نیاز است.

با مراجعه به سایت اصلی شبکه نظارت خاک، امکان دسترسی به سایر داده ها و منابع مختلف فراهم شده در خصوص خاک در دسترس بازدید کنندگان قرار می گیرد. با کلیک بر روی بخش مشخص شده شروع، ورود به صفحه مربوط به نقشه های ایالات مختلف با داده های خاک امکان پذیر می گردد (۸۵). با توجه به تعدد صفحات زمینه و ابزارها برای دستیابی به اطلاعات، راهنمایی برای مراجعه کنندگان تهیه و در سایت قابل دسترس است که نحوه دسترسی به اطلاعات و چگونگی استفاده از ابزارها در صفحات را نشان می دهد.



شکل ۱۵ سایت نظارت خاک آمریکا و نحوه ورود به صفحه داده های خاک بر روی نقشه های هر ایالت و دسترسی به داندود داده های خاک

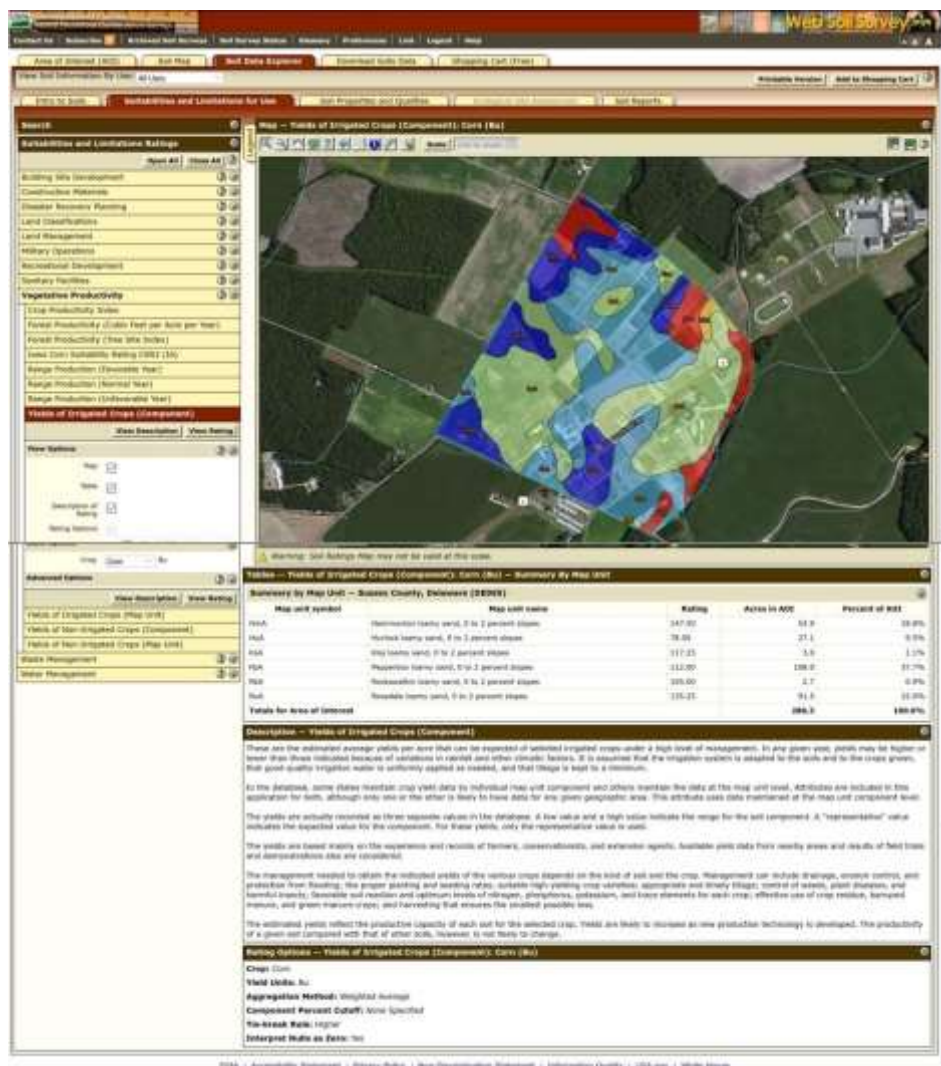


پایگاه داده های این سایت SSURGO^{۲۴} شامل اطلاعاتی در مورد خاک است که توسط سازمان ملی مشترک خاک طی یک قرن جمع آوری شده است. اطلاعات این پایگاه داده را میتوان در جداول یا بعنوان نقشه نمایش دارد و برای بیشتر مناطق ایالات متحده در دسترس است. شکل شماره ۱۶ نقشه موجود از این پایگاه داده را در سطح ایالات متحده نشان می دهد. اطلاعات با مشاهده خاک از سایت ها جمع آوری شده است. بسیاری از نمونه های خاک جمع آوری شده در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نقشه ها بطور پایه حاوی اطلاعات توصیفی خاک می باشد.

نقشه های تولید شده در پایگاه داده ها حاوی اطلاعات مربوط به اجزای خاک و خصوصیات آنها بوده و عمدتاً شامل ظرفیت آب موجود، واکنش خاک، هدایت الکتریکی و فرکانس جاری شدن سیل برای زمین های زراعی، جنگلی و مرتعی می باشد. این داده ها همچنین محدودیت ها برای توسعه اراضی را در بخش های تفریحی، ساخت و ساز و سایر کاربردهای مهندسی ارائه میدهد. داده های مربوط به SSURGO را میتوان به صورت آنلاین نیز در سایت شبکه نظارت خاک مشاهده کرد.

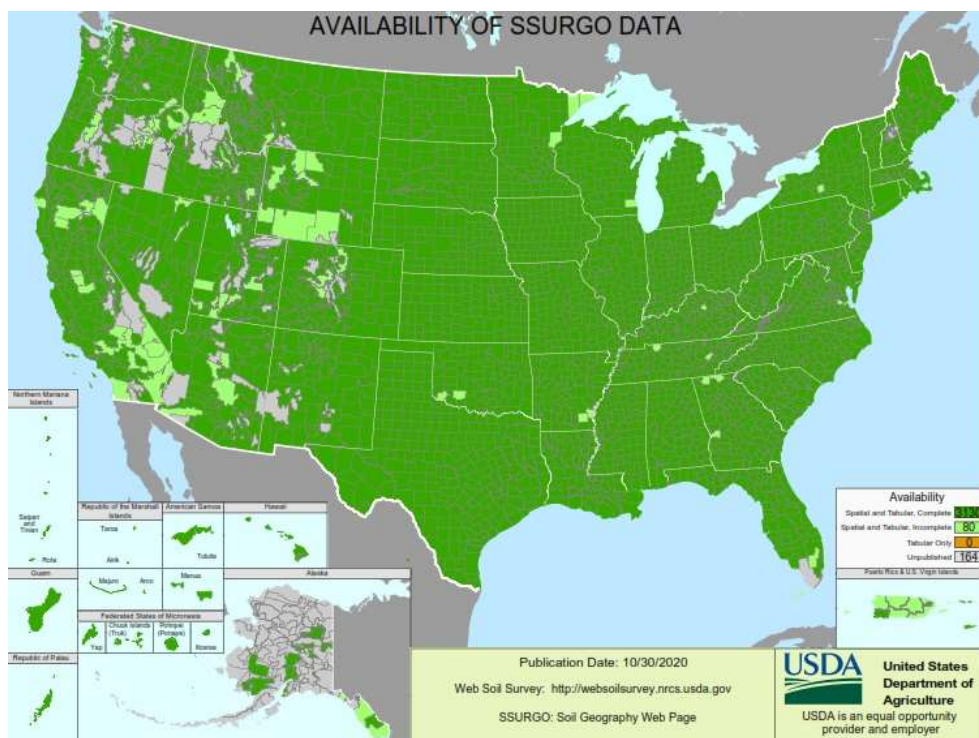
در نهایت در خصوص اطلاعات خاک، صفحه ای که داده های خاک را در اختیار بازدید کننده قرار میدهد. همانطور که در شکل می بینید، داده های خاک تا مقیاس های بسیار کوچک در حد یک مزرعه نیز قابل برداشت است. نقشه ارائه شده برای بلوکی که کاربر سایت درخواست کرده است شامل تیپ و بافت خاک، شیب زمین است که در قالب جدول نیز ارائه گردیده است. علاوه بر آن، یک شرح زمین نیز به صورت توصیفی در اختیار کاربر قرار می گیرد.

در این بخش شرح حالی از کاربری زمین در حال و گذشته داده میشود، برای اراضی کشاورزی نوع کشت مناسب، مدیریت زمین و اطلاعات تکمیلی نیز در اختیار کاربر قرار می گیرد.



شکل ۱۶ نمایی از نحوه ارائه داده های خاک در قالب نقشه، جدول و شرح توصیفی منطقه مورد درخواست در شبکه نظارت خاک

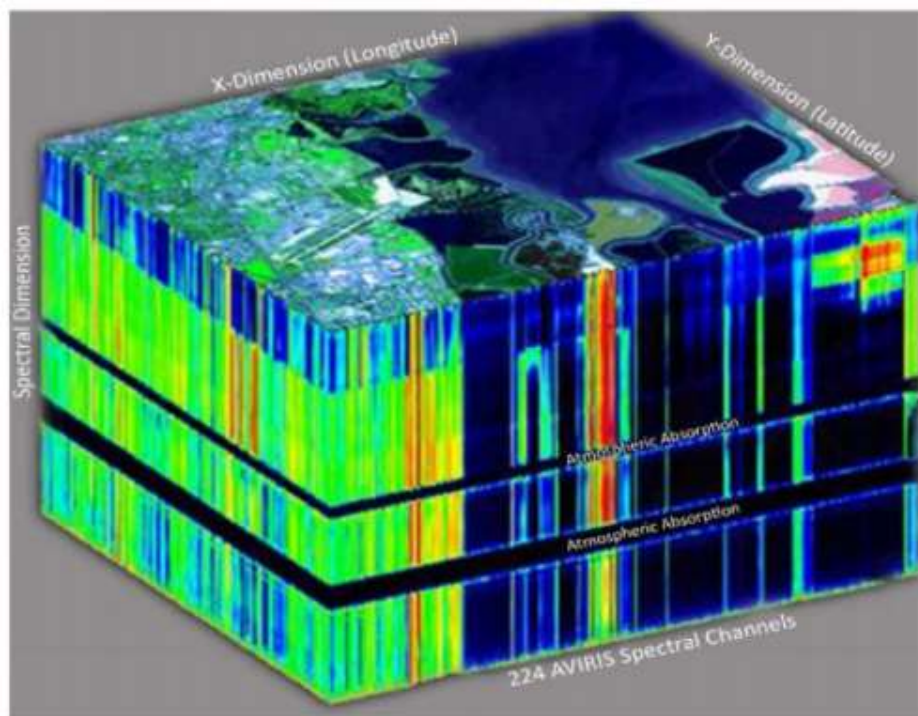
در شکل شماره ۱۷ نقشه اراضی در سطح ایالات متحده که دارای داده های خاک در این سیستم هستند نشان داده شده است. پهنه های سبز رنگ در این نقشه نشان دهنده وجود داده های فضایی و کلیه داده های تولید شده خاک می باشد که در دسترس است. همانطور که مشاهده میشود بیش از ۹۰ درصد از سطح خاک ایالات متحده در این سیستم دارای داده های خاک تولید شده است. رنگ سبزرنگ در نقشه نشان دهنده مناطقی است که داده های مربوط به خاک هنوز تکمیل نشده است.



شکل ۱۷ پایگاه داده های خاک در دسترسی در شبکه نظارت خاک آمریکا (منبع ۸۵)

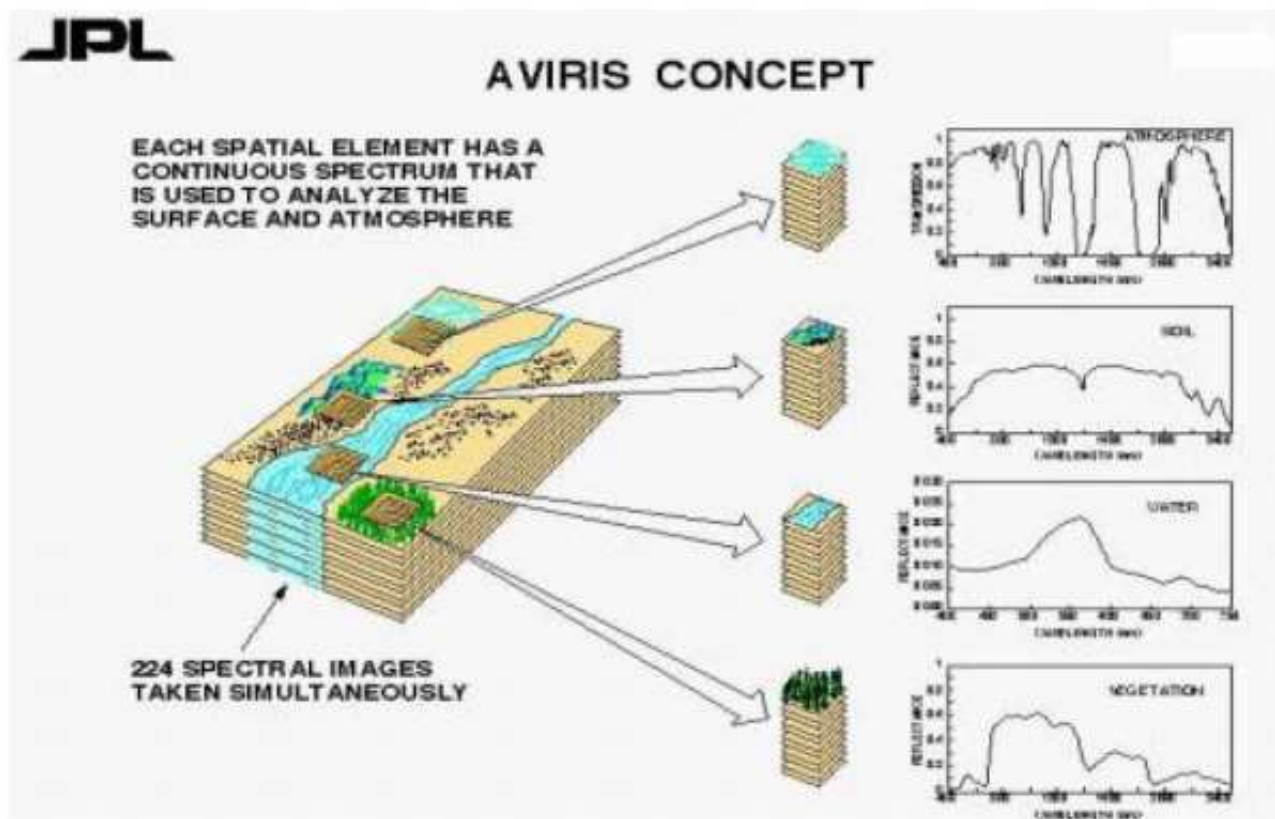
۱-۵-۲ پایش خاک و سنجش از دور

برای درک بیشتر از فرایندهای محیطی، شرایط و تغییرات سلامت انسانی و اکولوژیکی سنجش از دور اهمیت بیشتری پیدا نموده است. پیشرفت های اساسی در تکنولوژی ساخت سنسور ها و الگوریتم های پردازش تصویر منجر به توانایی های تکنیکی شده است که از آن طریق می توان با بررسی برهمکنش انرژی الکترومغناطیسی با ساختار مولکولی مواد مختلف معدنی مختلف سطح زمین را تشخیص داد (Goetz and others, ۱۹۸۵; Green and others, ۱۹۹۸; Clark, ۱۹۹۹; Clark and others, ۲۰۰۹) (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ نمونه یک تصویر فراطیفی

سنجش از دور فراطیفی (Hyperspectral) می تواند انرژی الکترومغناطیسی سطح زمین را درصدها طول موج خیلی باریک ثبت نمایند. این پیشرفت در جمع آوری داده می تواند با کمک تکنیک های طیف سنجی که توسط شیمیدان ها و ستاره شناس ها که برای قرن ها استفاده می شده است در درک مواد سطح زمین به کار گرفته شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ مدل مفهومی تصاویر فراطیفی

با پیشرفت تکنولوژی امکان استفاده از اسپکتروسکوپ (شکل ۲۰) در شرایط خارج از آزمایشگاه نیز

فراهم شده است که با این ابزار می توان سنجش از دور فراطیفی را با دقت بیشتری وی انجام داد.



شکل ۲۰ نمونه یک اسپکتروسکوپ دستی

بازتاب طیفی زمین که اساسا حاصل برهمکنش بین فوتون های نوری است با ساختار مولکولی مواد برخورد می کند می تواند مبنایی برای تشخیص نوع مواد و ترکیبات موجود در در سطح زمین باشد (Vane and Goetz, ۱۹۸۸; Green and others, ۱۹۹۸; Clark, ۱۹۹۹).

تعیین فلزات در خاک عموما در آزمایشگاه و به روش هضم اسیدی شیمیایی تر (wet chemical acid digestion) با استانداردهای EPA۳۰۵۰ یا EPA۶۰۱۰ انجام می شود. در سالهای اخیر روشهای اشعه ایکس فلوروسنسی (X-ray fluorescence&XRF) یا متد EPA۶۲۰۰ برای سنجش فلزات در خاک در روشهای صحرایی پذیرفته شده است. اثرات ارتعاشی یا انتقالی الکترون در ساختار سلولی مولکولی اغلب نشانه طیفی مشخصی را در دامنه طیفی مواد موجب می شود. (Clark and others, ۱۹۹۹)



هنگامی که فلزات از معادن استخراج می شوند و در محیط چه به شکل خالص یا در ترکیب با سایر مواد منتشر می شوند، ویژگیهای طیفی آنها کمتر قابل تشخیص بوده و قابلیت تفکیک آنها از طریق دور مشکل می شود. مطالعات (Choe and others, ۲۰۰۸), Kemper and Sommer (۲۰۰۲) نشان می دهد وقتی غلظت فلزات در خاک افزایش می یابد، امکان تشخیص آن با تکنیکهای سنجش از دور فراهم می آید.

طبق گزارشات موجود میزان تجمع فلزات با بخش طیفی خاصی ارتباط دارد. این بخش شامل عمق باند ۱۹۰۰، ۱۴۰۰، ۵۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتری، نسبت باندی ۶۱۰ به ۵۰۰ نانومتر و ۱۳۴۴ به ۷۷۸ نانومتر و همچنین عمق باند ۲۲۰۰ نانومتر می باشد (Choe and others, ۲۰۰۸; Kemper and Sommers, ۲۰۰۲; Gannouni and others, ۲۰۱۲).

(Wu and others, ۲۰۰۷) نشان دادند که اغلب تحقیقات مرتبط در این خصوص میزان سطح فلزات را به طور غیر مستقیم در ارتباط با سایر پارامترهای خاک مثل میزان آهن یا مواد آلی و یا میزان رس سنجیده اند. این مطالعات نشان داد تشخیص اسپکتروسکوپی فلزات در ماتریس خاک مشکل است مگر اینکه غلظت فلز به بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم برسد.

۱-۵-۳- روش های پایش کیفیت و سلامت خاک

تجربیات موفق از روشهای پایش کیفیت و سلامت خاک در جهان وجود دارد. این روشها شامل روش "امتیاز دهی سلامت خاک"، "کیت های آزمون کیفیت خاک" توسعه یافته و پس از آزمون مورد استفاده کشاورزان قرار گرفته است. همچنین برپایه مبانی اکولوژیکی و سیستم های مهندسی، چارچوب ارزیابی مدیریت خاک ارائه شده است. در ادامه نمونه هایی از روش های ارزیابی سلامت خاک کشاورزی ارائه می گردد.



۱-۵-۳-۱- روش ارزیابی کیفیت خاک کشاورز محور

روش ارزیابی با کارت های امتیاز یکی از اولین روش های ارزیابی کیفیت خاک است که از اوایل دهه ۹۰ میلادی معرفی گردید. این روش بر امتیازدهی ساده کیفی توسط کشاورزان استوار است. کارت های امتیاز و راهنمای آنها در ابتدا برای استفاده در شرایط محلی توسط موسسه کیفیت خاک آمریکا ارائه گردید. امتیاز دهی کیفیت خاک ویسکانسین و ابتکار کیفیت خاک ایلینویز از جمله ارزیابی های مبتنی بر کشاورزان می باشد. این کارتها برای مستند سازی اطلاعات پایه خاک و اثرات تلاش های مدیران مزارع بر روی خاک توسعه و ارتقا یافت.

در این شیوه که عمدتاً بر روش کیفی استوار است معیارها و شاخص هایی براساس تجربیات و دانش کشاورزان تدوین گردیده است و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی و کارشناسان تخصصی ندارد. در روش امتیاز دهی کیفیت خاک ویسکانسین، امتیازات از صفر تا ۴ می باشد که عدد صفر حداقل ارزش کیفیت خاک و امتیاز ۴ برای مناسب ترین حالت کیفیت خاک می باشد. در این روش ویژگی های سطحی خاک (همانند پوشش بقایای گیاهی، درجه فرسایش، سهولت خاک ورزی، سله سطحی و درز و ترک ها)، ویژگی های نیمرخ خاک (همانند عمق خاک سطحی، زهکشی، عمق افق A و C) و خصوصیات خاک (همانند جمعیت کرم خاکی، ساختمان خاک، رنگ خاک، مقدار فشردگی، نفوذ پذیری، حفظ آب در خاک، وضعیت حاصلخیزی خاک، درجه تخریب و تجزیه بقایای آلی، تهویه، فعالیت بیولوژیکی) و شاخص های کیفی خاک (همانند لمس خاک و بو) وجود دارد. در روش ابتکار کیفیت خاک ایلینویز، امتیازات ویژگی های منتخب خاک که با مقدار عناصر غذایی، رواناب، ناحیه رشد ریشه ها مرتبط است با امتیازات ۰/۱، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ برای کیفیت خاک پایین، متوسط، نسبتاً خوب و خوب در نظر گرفته شده است. کارت های سلامت خاک در ایالت های مختلف آمریکا متناسب با شرایط هر ایالت تنظیم و طراحی شده است. از جمله دیگر ایالت ها می توان به جورجیا، آیداهو، مرلند، مونتانا، نبراسکا، اوهایو، داکوتای شمالی و پنسیلوانیا



اشاره نمود که اطلاعات جامع تر آن در پایگاه اکترونیکی NRCS^{۲۵} امریکا قابل دسترس می باشد که بعنوان نمونه جداول کارت سلامت خاک در شکل ۲۱ نشان داده شده است.

Assessment Sheet										Assessment Guide	
Date	Crop									Indicator	Best Assessed
Farm/Field ID										Earthworms	Spring/Fall Good soil moisture
Soil Quality	Poor			Medium			Good			Organic Matter	Moist soil
INDICATORS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Color	Anytime
Earthworms										Organic Matter	Anytime
Organic Matter										Roots/Residue	Best pre-tillage or post harvest Good soil moisture
Color										Subsurface	Good soil moisture
Organic Matter										Compaction	Good soil moisture
Roots/residue										Soil Tilth	Good soil moisture
Subsurface										Mellowness	After heavy rainfall
Compaction										Friability	After rainfall
Tilth/Friability										Water Holding	During growing season
Mellowness										Capacity	After rainfall
Erosion										Drainage	Growing season
Water Holding										Infiltration	Good soil moisture
Capacity										Crop Condition	Anytime, but at same time of year each time
Drainage										pH	Over a five year period, always at same time of year.
Infiltration										Nutrient Holding	
Crop Condition										Capacity	
pH										Other (write in)	
Nutrient Holding										Other (write in)	
Capacity											
Other (write in)											
Other (write in)											

شکل ۲۱ نمونه ای از کارت سلامت خاک ایالت مریلند تهیه شده در سال ۱۹۹۷

۱-۵-۳-۲ روش کیت های آزمون کیفیت خاک

در این روش با استفاده از حفر خاک و بهره گیری از کیت های آزمون کیفیت خاک نسبت به بررسی تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک طی زمان و یا از منطقه ای به منطقه دیگر انجام شود. در این روش کیفیت خاک با استفاده از کیت های آزمون کم هزینه و تجاری، ارزیابی می شود. کیت های خاک برای ارزیابی سریع ویژگی های خاک در شرایط مزرعه ای و همراه با دفترچه راهنما برای تفسیر نتایج و برآورد کیفیت خاک و آب برای مزارع خاصی طراحی شده اند. نتایج ارزیابی ارائه شده توسط کیت های آزمون مزرعه ای قابل مقایسه با نتایج آزمایشگاهی هستند. البته این دقت به ویژگی خاک، زمان نمونه

^{۲۵} Natural Resources Conservation Service



گیری، عمق خاک، تعداد تکرار و غیره بستگی دارد. استفاده از کیت های آزمون خاک، ابزار بسیار امید بخشی هستند که اندازه گیری سریع و کم هزینه کیفیت خاک را فراهم می آورد.

۱-۵-۳ طرح کارت سبز سلامت خاک هندوستان

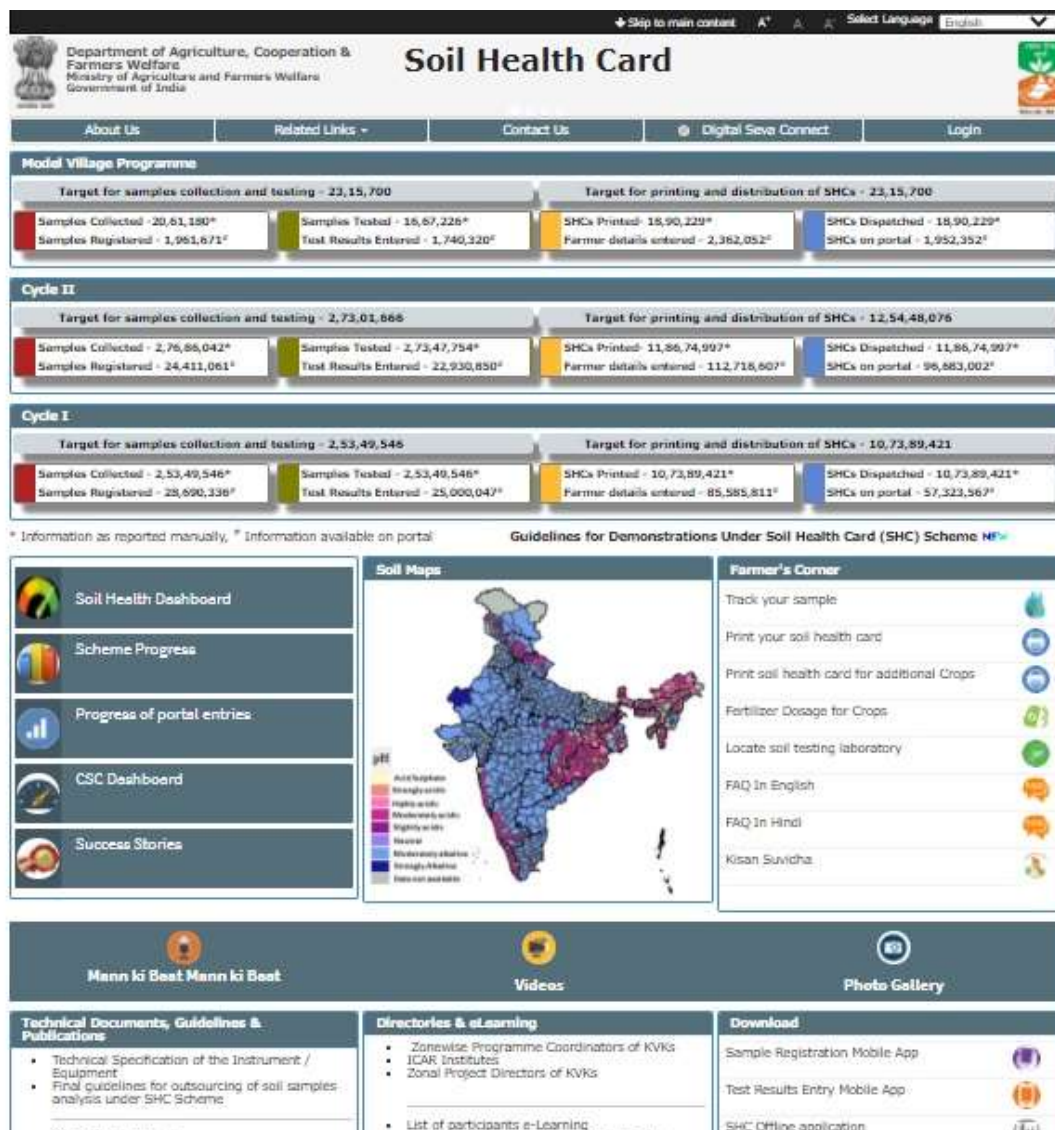
کشاورزی در هندوستان بعنوان فعالیت اصلی جمعیت زیاد هند به شمار میرود و هرگونه تغییر مثبت در آن تاثیرات زیادی در معیشت، تامین غذا، ایجاد شغل، امنیت غذایی و محیط زیستی دارد. چندان که انقلاب سبز و اثرات آن هنوز بر ذهن جوامع بین المللی نقش بسته است. با توجه به این دو موضوع دولت هند چشم در انقلاب دوم سبز دارد. آگاهی از سلامت خاک و نقش انواع کود هم در افزایش تولیدات گیاهی و هم در حفظ و ارتقاء سلامت و کیفیت خاک موثر می باشد. در و صرت افزایش کیفیت خاک در همه مناطق کشور، فشار کنونی به مناطقی مثل ایالت های پنجاب و هاریانا نیز کم میشود.

در این راستا دولت هند برنامه کارت سلامت خاک را از سال ۲۰۱۵ آغاز نموده است. در این برنامه که در سراسر کشور هند انجام می گردد، نمونه های خاک (بطور متوسط از هر ۲/۵ هکتار یک نمونه) تهیه و توسط آزمایشگاه های مورد تایید تجزیه و سنجش میشوند. این تجزیه و سنجش شامل ۱۲ پارامتر مهم خاک شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، مس، منگنز بور، pH، شوری، کربن آلی اندازه گیری میشود. پس از تجزیه نمونه خاک، تفسیر نتایج و توصیه های در خصوص مصرف کود به کشاورزان ارائه می گردد و در این مسیر استفاده از اپلیکیشن ها و نرم افزارهای مبتنی بر موبایل جایگاه ویژه ای پیدا کرده اند. این داده ها بدون شک بعنوان پیمایش یا پیمایش پایه به شمار می رود که در سالیان بعد می تواند بر مبنای داده های آن پایش انجام گیرد.

از نکات قابل توجه در این برنامه حمایت جدی دولت هند بوده که بودجه ۹۰ میلیون دلاری را برای آن تدارک دیده و در سال اول نیمی از آن را تامین نموده است. هم چنین افتتاح و فرهنگ سازی آن توسط نخست وزیر هند قابل تامل است..



در شکل ۲۲ تصویری از صفحه اول کارت سایت داده های مربوط به سلامت خاک هندوستان در صفحه وزارت کشاورزی و رفاه کشاورزان هند نشان داده شده است.



شکل ۲۲ نمایی از صفحه داده های مربوط به کارت سلامت خاک در هندوستان (منبع

<https://soilhealth.dac.gov.in/> (۶۳)

در صورت مراجعه به سایت فوق با امکان دسترسی به تعداد داده های مختلف در خصوص خاک و کشاورزی مواجه میشوید. تعداد نمونه های برداشت شده در سه لایه روستایی، چرخه اول و دوم به تفکیک



استان ها ارائه شده است. در صورت کلیک بر روی نقشه هندوستان، امکان ورود به صفحه و انتخاب ناحیه برای دریافت داده ها فراهم می شود.

در صفحه اصلی مربوط به کارت سلامت خاک، با انتخاب استان تا نام روستا، صفحه ای نمایش داده میشود که معرف فراوانی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین سطح pH خاک در محدوده اراضی کشاورزی روستا می باشد. علاوه بر آن، نتایج آزمایش های انجام شده بر روی سلامت خاک برای پارامترهای اندازه گیری شده شیمیایی خاک نیز ارائه میشود. این پارامترها عبارتند از: هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگرنر، مس، بور و pH خاک که تا مقیاس اراضی کشاورزی روستاها قابل دسترسی است. البته غلظت پارامترها ارائه نشده و برای درک بهتر از مفاهیمی مانند بسیار کم، کم، متوسط و زیاد استفاده شده است.

یکی از زیرساخت های مهم برای اجرای گسترده کارت سلامت خاک در هندوستان، دسترسی کشاورزان به تلفن و ارسال پیام و دریافت خدمات مشاوره ای بوده است. این امر با ایجاد یک پورتال خاص (mKisan) برای کشاورزان محقق شد. این پورتال امکان بهره مندی کشاورزان از اینترنت پرقدرت را نیز فراهم آورده است.

علاوه بر این پورتال دیگری برای کشاورزان ساخته شده است که با اتصال به صفحه پورتال کشاورزان می توانند به همه اطلاعات مربوط به موضوعات خاص در اطراف روستا، منطقه و ایالت خود دست پیدا کنند. این اطلاعات در قالب متن های کوتاه، ایمیل و صوتی/ تصویری به زبانی که کشاورز به راحتی متوجه شود، ارائه می شود. از طریق نقشه هندوستان که در صفحه اصلی قرار دارد می توان به راحتی به سطح اطلاعات دست یافت. کشاورزان همچنین می توانند از طریق پنجره ای سوالات خاص خود را پرسیده و پاسخ دریافت کنند.



شکل ۲۳ نمایی از صفحه پورتال کشاورزان در طرح سلامت خاک هندوستان. با کلیک بر روی ایالت کشاورزان می توانند اطلاعات مورد نیاز خود را بدست آورند

۱-۶-۱ جمع بندی و تحلیل بررسی تطبیقی نظام های پایش منابع خاک در کشور

۱-۶-۱-۱ پایش دائمی خاک در آلمان

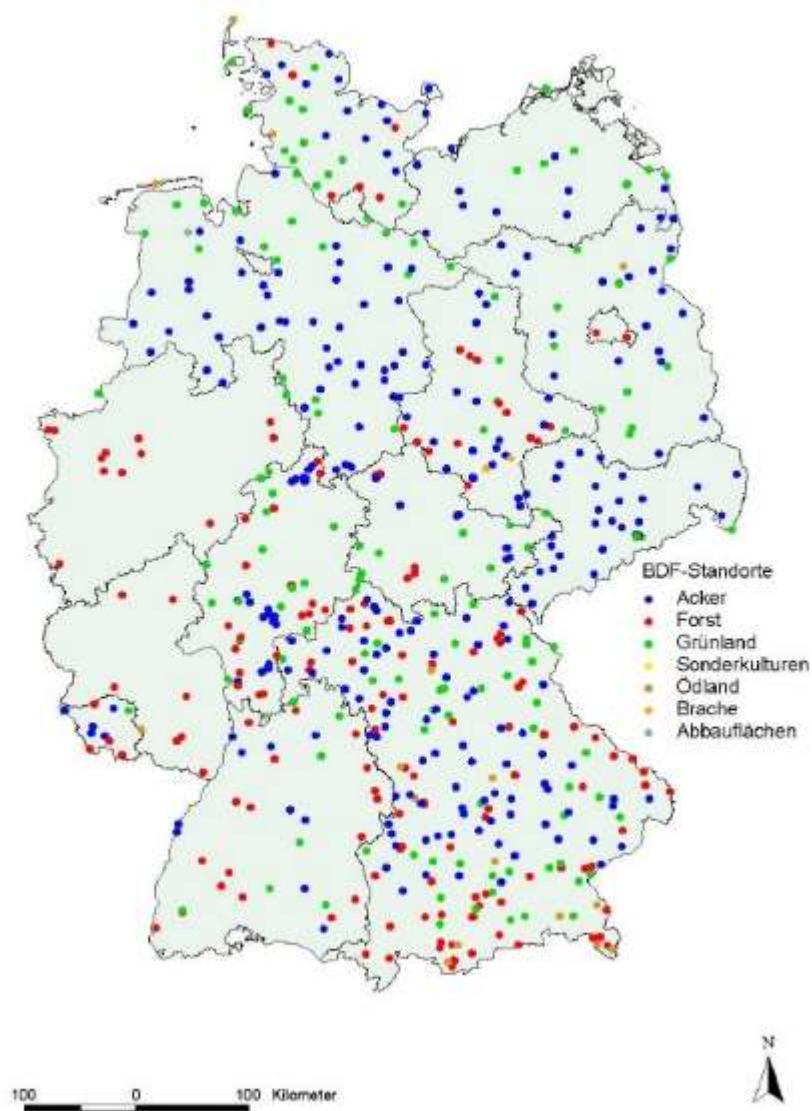
در آلمان پایش دائمی خاک از سال ۱۹۸۶ آغاز شده و در حال حاضر این پایش، حدود ۸۰۰ سایت در سراسر آلمان را شامل میشود. هدف از پایش خاک در آلمان این است که وضعیت خاک فعلی را ثبت کند، تغییرات آن را کنترل کرده و پیش بینی توسعه آینده را ارائه دهد. پایش دائمی خاک در آلمان دارای دو نوع پایش متفاوت است: سایت های پایش پایه که برای اسناد شناخت مورد استفاده قرار می گیرند. سایت های پایش فشرده که علاوه بر این با مستندات فرآیند (ورودی و خروجی ماده) سر و کار دارند. در انتخاب سایت ها برای پایش دائمی خاک در دسترس بودن طولانی مدت سایت ها به معنی عدم وجود تغییر کاربری در آینده نزدیک، امکان قرار گرفتن سایت ها در برنامه های زیست محیطی موجود و یا موقعیت سایت ها در مناطق مورد توجه زیست محیطی نیز در نظر گرفته شده است.



آژانس محیط زیست فدرال (آلمان) صلاحیت گزارش وضعیت زیست محیطی فعلی آلمان را دارد. بنابراین هدف اصلی این پایش دائمی خاک جهت بیان وضعیت فعلی خاک در سطح کشور آلمان است. این در حالی است که در هر دوره ۴ ساله باید گزارش پیشرفت در زمینه حفاظت از خاک منتشر شود. تجزیه و تحلیل داده ها توسط آژانس محیط زیست فدرال در سال ۱۹۹۹ آغاز شده است. هدف این پروژه تلفیق داده های پایش خاک در ایالات مختلف و تجزیه و تحلیل آماری آنها بود. تفسیر داده ها با توجه به اسناد قانونی موجود مانند دستورالعمل حفاظت خاک آلمان انجام میشود. همچنین یک خط مبنای مشترک برای تجزیه و تحلیل بین المللی بیشتر داده ها در سری زمانی ایجاد می گردد که می تواند در تحلیل ها مورد استفاده قرار گیرد.

مهمترین پارامترهای مورد سنجش در برنامه پایش دائمی خاک آلمان عبارتند از فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم، نیکل، جیوه، روی و مس، کربن آلی و کربن کل، نیتروژن کل، فسفر کل. نمونه برداری از خاک در این پایش در بیشتر موارد در عمق خاک و با توجه به افق های خاک انجام شده است.

نتیجه بدست آمده از تفسیر داده ها از پایش خاک و مقایسه آن با قانون حفاظت خاک آلمان باید به این سوال پاسخ دهد که آیا کیفیت خاک ها بدلیل تاثیر مواد و ترکیبات گسترده ای که در حال حاضر در خاک پخش می شود، در حال تغییر هستند یا خیر؟ این ترکیبات پخش شده در خاک یا همان آلاینده های خاک از مسیرهای مختلفی میتوانند در پیکره اکوسیستم انتقال یابند (به عنوان مثال از خاک به انسان، از خاک به گیاه، از خاک به آب زیرزمینی). باید توجه داشت که این مواد بعنوان آلاینده های خاک در غلظت های خاصی سمی هستند. در شکل شماره ۲۴ تصویری از پراکنش سایت های پایش خاک آلمان با توجه به کاربری اراضی تعریف شده نشان داده شده است.



شکل ۲۴ سایت های پایش خاک براساس کاربری اراضی در آلمان

کاربری اراضی تعریف شده برای پایش کیفی خاک آلمان			
کشاورزی	جنگل	مرتفع	مناطق خاص فرهنگی
زمین بایر	زمین آیش	معدن	



۱-۶-۲ شبکه اندازه گیری کیفیت خاک در فرانسه

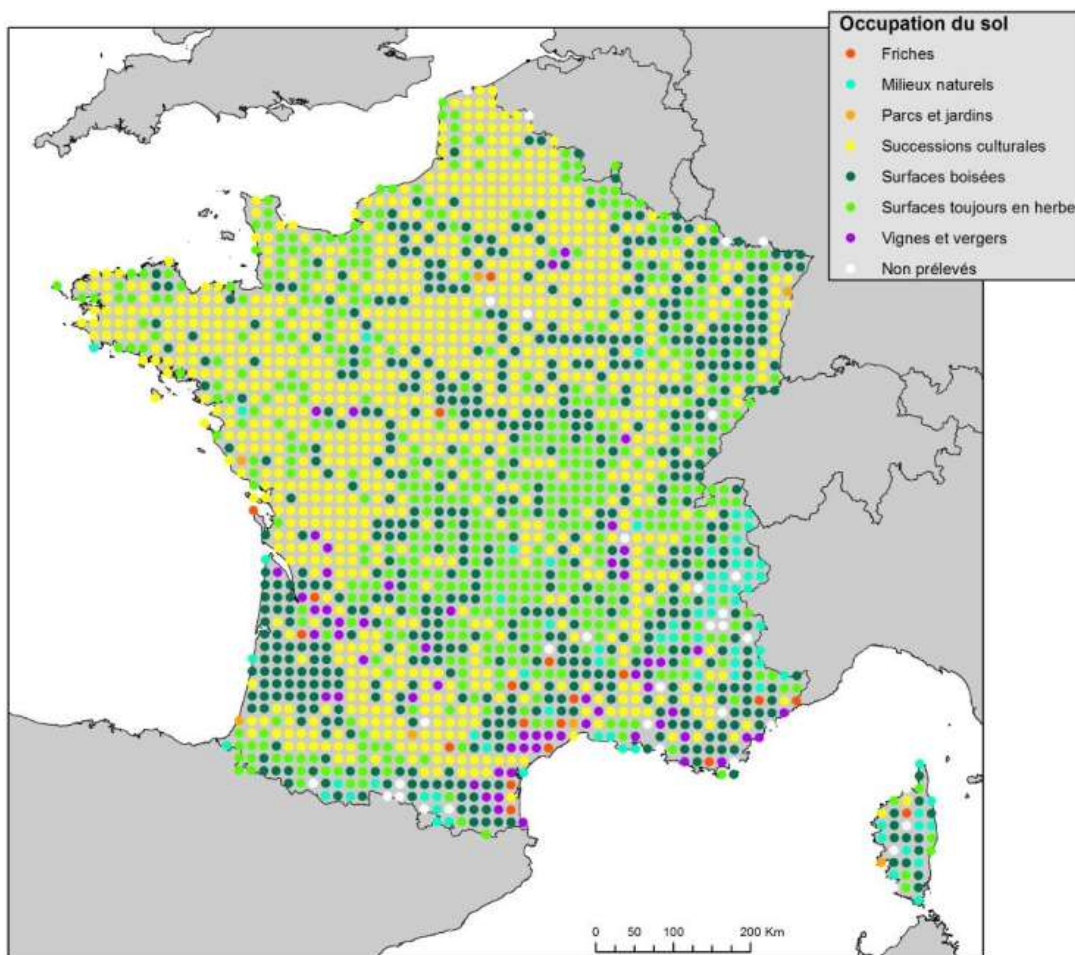
فرانسه برای پایش کیفی خاک، شبکه سنجش کیفی خاک را که ابزار نظارتی طولانی مدت برای کیفیت خاک است را طراحی کرده. خاکی که تحت تاثیر عوامل اصلی طبیعی و تحت تاثیر فعالیتهای انسانی (کاربرها، توسعه زمین، روشهای کشاورزی، گسترش زمین) دائما در حال تغییر است. این شبکه از سال ۲۰۰۰ با عنوان شبکه سنجش کیفی خاک (RMQS) راه اندازی شده است. شبکه RMQS^{۲۶} برای ۲۲۴۰ سایت به مساحت ۱۶ کیلومتر مربع برای هر سایت نمونه برداری طراحی شده است. نمونه برداری، اندازه گیری و مشاهدات خاک هر ۱۵ سال در مرکز هر سلول انجام می شود.

اولین کمپین نمونه برداری خاک در فرانسه بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ انجام شد و در کل ۲۱۷۰ سایت نمونه برداری شد. دومین کمپین از سال ۲۰۱۶ آغاز شده و تا سال ۲۰۲۷ ادامه خواهد یافت. آلودگی، تغییرات آب و هوایی، ارزیابی تنوع زیستی و نظارت بر کیفیت خاک براساس تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، همراه با شناسایی منبع آلودگی و همچنین تازیخچه کاربری زمین در هر سایت مورد بررسی قرار می گیرد.

اولین کمپین خاک فرانسه با تمرکز بر آلودگی خاک، امکان ترسیم وضعیت آلودگی ۹ عنصر فلزات را فراهم آورد. این ۹ عنصر شامل کادمیوم، کبالت، کروم، مس، مولیبدن، نیکل، سرب، تالیوم و روی می باشند. به لطف نمونه های خاک بایگانی شده، امکان تجزیه و تحلیل سایر مواد معدنی (جیوه آرسنیک) و آلاینده های آلی (هیدرو کربن آروماتیک چندحلقه ای PAH، دیوکسین ها و فوران ها و PCB ها) می باشد. همچنین داده های تولیدی امکان ارزیابی دقیق ذخایر کربن خاک و نقشه برداری از زیست توده میکروبی خاک را فراهم کرده است. در کمپین دوم نمونه برداری خاک فرانسه، پارامترهای جدیدی برای

^{۲۶} Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols

ارزیابی بهتر حساسیت خاک در زمینه تغییرات آب و هوایی (ذرات معدنی، ذخایر کربن عمیق و ذخیره مفید) اضافه شده است.



شکل ۲۵ نقشه پایش کیفی خاک فرانسه

کاربری اراضی تعریف شده برای پایش کیفی خاک			
زمین بایر	محیط طبیعی	پارک و باغ	محصول متوالی - کشاورزی
منطقه جنگلی	منطقه همیشه سبز (علفزار)	باغ های انگور	بدون نمونه برداری



نمونه برداری خاک در برنامه پایش کیفی خاک فرانسه به این صورت است که هر ساله حدود ۸ درصد از سایت ها (۱۷۳ تا ۱۹۶ سایت) برداشت نمونه صورت می گیرد. نمونه برداری در این پایش از سطح خاک تا در عمق های متفاوت و در صورت امکان تا عمق یک متری خاک صورت می گیرد. تشخیص پروفیل خاک و توصیف آن و همچنین جمع آوری داده های مربوط به مدیریت طرح در کمپین اول نمونه برداری خاک انجام شده است.

۱-۶-۳ پایش خاک در کره جنوبی

تاریخچه بررسی کیفیت خاک در کره جنوبی به سال ۱۹۰۵ باز میگردد. در این سال اولین نظارت بر خاک توسط کارشناسان ژاپنی انجام شد. این بررسی بر روی اقلیم، ویژگی طبیعی، خاک، سیستم کشاورزی و غیره انجام شد.

در سال ۱۹۳۰، بررسی خاک برای بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز در خصوص استاندارد مصرف کود کشاورزی انجام شد. پس از آن در سال ۱۹۳۶، پروژه ده ساله در سراسر کره برای بررسی خاک آغاز شد. ولی بدلیل شروع جنگ جهانی دوم این طرح متوقف شد. بررسی خاک در کره جنوبی دوباره بعد از سال ۱۹۴۵ در موارد زیر آغاز شد.

- آغاز پروژه ملی نقشه برداری خاک در سال ۱۹۴۶
 - نقشه برداری خاک در سراسر کشور طی پنج دهه گذشته برای کشاورزی و سایر مناطق در کره، پایگاه داده خاک را ایجاد کرد
 - اطلاعات خاک بدست آمده از بررسی دقیق و تجزیه و تحلیل خاک های کره در وب در دسترس عموم قرار دارد
- روند پایش خاک در کره در شکل ۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۶ روند پایش خاک در کره جنوبی

برای دستیابی به برنامه پایش خاک کره، ابتدا خاک در تمام سطح کشور کره جنوبی طبقه بندی شده و نقشه های آن تهیه شد. این طبقه بندی شامل موارد زیر می باشد:

- تیپ خاک و شناسایی پروفیل آن
 - تعیین عمق خاک و تهیه نقشه عمق خاک در کشور
 - تعیین بافت خاک
- هدف از سیستم پایش خاک در کره عبارتست از:
- برای ارائه اطلاعات دقیق مشخصات خاک در یک محدوده و یا مزرعه در سطح منطقه ای و ملی برای کشاورزان، محققان و تصمیم گیرندگان
 - برای توصیه نرخ مصرف کود به کشاورزان
 - برای حمایت از سیاستگذاران کشاورزی براساس داده های خاک برای تامین کود، بهبود خاک و غیره

اطلاعات خاک کره بر مبنای GIS تهیه شده و در سایت مخصوصی در اختیار عموم قرار گرفته است.

در شکل ۲۷ صفحه اصلی سایت به همراه کاربردهای اصلی سایت نشان داده شده است.



شکل ۲۷ سیستم دسترسی به اطلاعات خاک و محیط زیست در کره جنوبی

سنجش فاکتورهای شیمیایی خاک در برنامه پایش خاک در کره جنوبی، هم مواد مغذی خاک و هم عناصر مضر و آلاینده خاک را شامل می شود. که از این داده ها برای بهتر شدن کیفیت خاک کشاورزی، توصیه برای مصرف نوع کود شیمیایی، زمان دقیق مصرف کود برای رشد بهتر گیاه استفاده می گردد. آنالیز خاک در این طرح پایش نشان میدهد که خصوصیات شیمیایی خاک چیست. شامل مواد آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، کاتیون های خاک، pH خاک، فسفر کل در خاک است. براساس داده های بدست آمده از خاک، محصول مناسب کشت برای هر منطقه نیز پیشنهاد می گردد.



سیستم اطلاعات خاک و محیط زیست کره جنوبی با همکاری سه ارگان دولتی و خصوصی به قرار زیر کار می کند.

۱- وزارت کشاورزی، غذا و امور روستایی

۲- انستیتوی ملی علوم کشاورزی

۳- اداره توسعه روستایی

۱-۶-۴ بررسی برنامه پایش زیست محیطی خاک در داخل کشور و کشورهای

پیشرفته و در حال پیشرفت براساس منطقه مورد نظر

پایش کیفیت خاک از جمله مطالعات بلندمدتی است که بدنبال آگاهی یافتن از تغییرات ویژگی های خاک مرتبط با وظایف و عملکرد خاک می باشد. انجام مطالعات بلند مدت بیش از بررسی های کوتاه مدت نیازمند داشتن روش های اجرایی و پروتکل های شفاف و واضح است. چرا که در صورت نبود شفافیت و تشریح جزئیات قابلیت های برنامه پایش دچار خدشه خواهد شد.

هدف اصلی پایش خاک جلوگیری و کاهش آلودگی توسط موادی است که امکان تاثیر نامطلوب بر خود خاک و هوا، آب و ارگانیسم هایی را دارند که ممکن است با خاک تماس داشته باشند. پایش خاک همراه با برنامه مصوب، عمدتاً شامل ارزیابی آلودگی هایی که در سطح خاک منتشر شده اند. بنابراین، لایه های زیرسطحی معمولاً هدف پایش خاک نیستند، اما ممکن است دلیل پایش آبهای زیرزمینی باشند.

پایش جمع آوری اطلاعات در مورد یک چیز از طریق مشاهدات تکراری یا پیوسته به منظور اطمینان از تغییرات احتمالی در آن چیز است. توجه کنید که چیز مورد پایش ممکن است وسعت داشته و یا نداشته باشد. چنانچه سطح داشته باشد مشاهده می تواند از طریق نمونه گیری در زمان - مکان انجام گیرد.



بعبارت دیگر پایش اندازه گیری سیستماتیک متغیرها و فرآیندها در طی زمان است که در خلال آن جمع آوری داده ها و پردازش آنها با اهدافی خاص انجام می گیرد.

برنامه ریزان و تهیه کنندگان برنامه پایش لازم است تا موارد زیر را در نظر بگیرد:

- تهیه طرح پیشنهادی پایش خاک
 - اجرای طرح پایش خاک تصویب شده
 - تفسیر و گزارش نتایج پایش خاک
 - تهیه نقشه های مدیریت خاک در مواردی که در نتایج پایش خاک درخواست شده باشد
- برنامه پایش خاک بیشتر برای حفاظت از محیط زیست با لحاظ کردن اصول زیر تهیه می گردد:
- توسعه باید پایدار باشد به این معنی که استفاده امروزه از منابع و محیط زیست نباید چشم انداز استفاده آنها را برای نسل های بعدی مختل سازد
 - اثرات زیست محیطی توسعه باید حذف و یا کاهش یابد
 - آلوده کنندگان باید مسئولیت پرداخت هزینه های اقدامات خود را بپذیرند
 - هزینه های اصلاح باید در برنامه ریزی های مالی لحاظ شود تا بودجه کافی برای بازسازی سایت در دسترس باشد و برنامه ریزان بتوانند هزینه ها و مزایای واقعی برنامه های کاهش منبع را برآورد کنند

در کل، پایش کیفی خاک باید در جهت یک اقدام کنترلی برای کاهش اثرات سوء بر سلامت ناشی از مصرف منابع غذایی که به مواد آلاینده آلوده شده اند، استفاده شود. هدف از پایش و نظارت بر کیفیت خاک ردیابی تغییرات در ویژگی های خاک کشاورزی، بویژه خصوصیات شیمیایی رخ داده در خاک است. که در فواصل زمانی خاص تحت تاثیر فعالیت انسانی کشاورزی و غیرکشاورزی رخ می دهد.



داده های جمع آوری شده باید در انتخاب اقدامات اصلاحی مناسب، در صورت تاثیر مضر بر زندگی انسان یا محیط زیست، کمک کنند. همچنین داده ها باید اجازه اقدامات اصلاحی یا کمک به انتخاب اقدامات اصلاحی مناسب را در صورت تاثیر مضر بر زندگی انسان یا محیط را بدهند. داده ها همچنین اقدامات اصلاحی یا از بین بردن اثرات در شرایط موجود، مانند ریسک های زیست محیطی را ارائه می دهند.

با این حال، مشکل اصلی در پایش خاک از طبیعت برهم کنشی خاک ناشی می شود. آلاینده های موجود در آب یا هوا معمولاً راحت تر از آلودگی های خاک اندازه گیری می شوند. مشکل دوم دسترسی به خاک های آلوده است. آلاینده های وارد شده به زمین با گذشت زمان به سمت پایین مهاجرت کرده و از دسترس خارج شده و یا دستیابی به اطلاعات مشکل میشود. به همین ترتیب، ممکن است آلودگی ها به طور مستقیم در مناطق عمیق تر وارد شوند و با افزایش عمق خاک های آلوده، تکنیک های پایش نیز ممکن است تغییر کنند.

به طور کلی، بهترین تکنیک های پایش، تکنیک هایی هستند که با استفاده از ابزارهای نمونه برداری میدانی، ارزان و نسبتاً آسان انجام شوند. با این حال، معمولاً قابلیت اطمینان اطلاعات و دشواری تجزیه و تحلیل ممکن است با هم ارتباط داشته باشند، یعنی هرچه تجزیه و تحلیل قابل اطمینان تر و پیچیده تر باشد، دشوارتر، زمان برتر و گران تر است. یک چالش بزرگ در زمینه پایش خاک، ارائه روشهای پایش خاک نسبتاً مطمئن است که به راحتی و با حداقل آموزش پرسنل مورد نیاز انجام می شود و از ابزارهای ارزان قیمت و مقاوم در برابر زمین استفاده شود.

تکنیک های پایش خاک نه تنها به دلیل دامنه خصوصیات شیمیایی خود آلاینده ها، بلکه با توجه به دلایل اجرای پایش، متنوع هستند. برخی از انواع پایش خاک در درجه اول به عنوان یک آزمایش غربالگری برای تخمین غلظت نسبی آلاینده ها یا گروه های آلاینده استفاده می شود. برخی از پایش ها توسط مقررات



محلی، یا ملی ضرورت دارد. برخی دیگر از پایش ها بین این دو قرار می گیرند و ممکن است برای نظارت بر روند تضعیف طبیعت، خودپالایی طبیعی آلودگی خاک از طریق فرآیندهای شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی در محیط صورت گیرد. هر یک از این نوع نگرانی ها به سطح متفاوتی از پیچیدگی های تحلیلی، سطح تشخیص، جداسازی و شناسایی آلاینده های شیمیایی خاص در خاک نیاز دارد. علاوه بر این، مسائل مربوط به هزینه، قابلیت اطمینان اندازه گیری و سهولت تجزیه و تحلیل در تعیین اینکه چه نوع تجزیه و تحلیلی و برای چه هدفی از تجزیه و تحلیل استفاده می شود، مهم است.

۱-۶-۵ انواع پایش

با توجه به هدف پایش گروه بندی های مختلفی برای انواع پایش انجام گرفته است. انواع پایش در کتابی که در سال ۱۹۹۱ توسط لی مک دونالد و همکاران در ایالات متحده با عنوان "راهنمای پایش برای ارزیابی اثرات فعالیت های جنگلداری در آلاسکا" و در آژانس محیط زیست ایالات متحده (EPA) تهیه شده است، به هفت گروه تقسیم شده است:

- (۱) پایش روند^{۲۷} (۲) پایش خطوط مبنا^{۲۸} (۳) پایش اجرا^{۲۹} (۴) پایش اثربخشی^{۳۰} (۵) پایش پروژه^{۳۱} (۶) پایش اعتبار سنجی^{۳۲} (۷) پایش سازگاری^{۳۳}

۱. **پایش روند:** کلمه روند دلالت بر آن دارد که اندازه گیری بایستی در فواصل زمانی مناسب و بطور منظم برای تعیین روند تغییرات بلند مدت در مورد پارامتر خاص انجام گیرد. پایش روند برای تشخیص تغییرات احتمالی کیفیت سیستم مورد پایش در طول زمان تحت تاثیر عوامل مختلف،

^{۲۷} Trend Monitoring

^{۲۸} Baseline Monitoring

^{۲۹} Implementation Monitoring

^{۳۰} Effectiveness Monitoring

^{۳۱} Project Monitoring

^{۳۲} Validation Monitoring

^{۳۳} Compliance Monitoring



انجام می شود. اندازه گیری ها بطور مستمر و با فاصله زمانی مشخص انجام می شود تا محدوده و روند تغییرات یک پارامتر در طول زمان مثلا ۱۰ ساله یا بیشتر، مشخص شود. برای اطمینان از تشخیص صحیح روندها، لازم است برنامه پایش کمترین تغییر را در طول زمان داشته باشد و عناصر یا اجزای برنامه مانند محل ایستگاه ها، تناوب نمونه برداری، زمان نمونه برداری، روش های نمونه برداری و آنالیز و تجزیه و تحلیل آنها ثابت باشد.

۲. پایش وضعیت پایه یا خطوط مبنا: این پایش برای تعیین شرایط کیفیت فعلی و ایجاد داده های

پایه برای برنامه ریزی یا مقایسه های آینده انجام گیرد. عبارتی سطوح اولیه پارامترها و متغیرها مشخص می شود. در برخی منابع این نوع پایش را پایش سیاهه برداری و یا پایش ارزیابی نام گذاری می کنند. زیرا در حقیقت یک فهرست برداری از وضع موجود بوده و تغییرات در طی زمان را نشان نمی دهد. این نوع پایش در حقیقت مرحله اول برنامه پایش است.

۳. پایش اجرا: این نوع پایش، وظیفه ارزیابی انجام اقدامات براساس برنامه پایش بینی شده را برعهده

دارد. در این پایش معمولا امور و بررسی های دفتری انجام می شود و کمتر به اندازه گیری و بخش پارامترها پرداخته می شود.

۴. پایش اثربخشی: در حالیکه پایش اجرا برای ارزیابی انجام یا عدم انجام اقداماتی با برنامه مدون

قبلی می باشد. پایش اثربخشی ارزیابی نتایج حاصل از انجام فعالیت های مورد نظر را برعهده دارد. عبارتی ارزیابی تاثیر فعالیت های مختلف بر کیفیت آب و بررسی روند تاثیرپذیری محیط در اثر ورود آلاینده های ناشی از فعالیت های انسانی و وقایع طبیعی هدف این پایش می باشد. پایش اثر به دو صورت کوتاه مدت و بلند مدت انجام میشود. پایش اثر کوتاه مدت اغلب مواقعی انجام می شود که حادثه ای ناشی از فعالیت های انسانی یا وقایع طبیعی رخ میدهد و ممکن است بر کیفیت خاک اثر گذارد. پایش اثر بلندمدت، برای ارزیابی اثر فعالیت های انسانی یا طبیعی در یک دشت



یا آبخوان انجام میشود. در صورتیکه هدف اجرای پایش بررسی اثرات یک طرح توسعه باشد، بهتر است پیش از اجرای طرح توسعه برنامه پایش وضعیت پایه انجام شود تا داده های مورد نیاز برای ارزیابی اثر فعالیت در زمان اجرای پروژه و پس از آن تولید شود.

۵. **پایش پروژه:** این نوع پایش ارزیابی پیامدهای فعالیتی خاص یا پروژه ای خاص را بررسی می کند همانند ساخت یک ساختمان یا پیست اسکی به روی کیفیت آب. اغلب این نوع ارزیابی با مقایسه داده های اخذ شده در بالادست و پایین دست پروژه انجام میشود. شاید بتوان گفت پایش پروژه زیرمجموعه ای از پایش اثربخشی می باشد.

۶. **پایش اعتبارسنجی:** پایش اعتبار سنجی وسعت و گستره آثار مداخلات مدیریتی برای رسیدن به اهداف مطلوب را بررسی می کند. پایش اعتبار سنجی فراتر از پایش اثربخشی بوده و این سوال را مطرح میسازد که آیا به یک هدف حفاظتی ویژه به دلایل درست دست یافته ایم یا خیر؟ این نوع پایش همانند ایجاد یک مدل آماری می باشد که با گروهی از داده ها مدل را ایجاد و یا اصلاح نموده و با گروه دیگری از آن صحت و اعتبار آن را می سنجند.

۷. **پایش سازگاری:** این نوع پایش برای تطابق کیفیت موضوع یا منبع مورد بررسی در پایش با معیارهای پذیرفته شده می باشد. هدف از پایش سازگاری تطابق نیازمندی های ضروری مندرج در قوانین، استانداردها یا وضعیت فعلی موجودیت در حال پایش سازگار می باشد. این پایش شامل شش مرحله زیر می باشد:

۱- **مراقبت یا نظارت:** بازرسی اولیه مانند مشاهدات میدانی به منظور کسب اطلاعات کلی پیش از ورود تجهیزات پایش به منطقه

۲- **بازرسی:** مرور داده ها و اطلاعات قبلی، مشاهدات، نمونه برداری، آنالیز، مصاحبه و غیره در منطقه

۳- **بررسی:** کامل تر از مرحله بازرسی بوده و در صورت احتمال وجود آلودگی جدی اکوسیستم انجام می شود.



۴- بررسی سوابق: بررسی همه داده ها و اطلاعات موجود جمع آوری شده از منطقه (اطلاعات می

تواند از مجموع مراحل قبلی یا هرکدام از آنها بدست آمده باشد)

۵- جمع آوری اطلاعات مورد نظر: کسب اطلاعات دقیق تر درباره موضوع مورد نظر یا شرایط محلی

۶- اصلاح پایش سازگاری: اصلاح مراحل قبلی

جدول ۱۱ ویژگی عمومی انواع پایش

نوع پایش	تواتر اندازه گیری	مدت پایش	شدت آنالیز داده
روند	کم	طولانی	کم تا متوسط
پایه	کم	کوتاه تا متوسط	کم تا متوسط
اجرا	متغیر	مدت پروژه	کم
اثر بخشی	متوسط تا زیاد	معمولا کوتاه تا متوسط	متوسط
پروژه	متوسط تا زیاد	بیشتر از طول مدت پروژه	متوسط
اعتبار سنجی	زیاد	معمولا متوسط تا زیاد	زیاد
سازگاری	متغیر	بسته به پروژه	متوسط تا زیاد

منبع: ایجاد بانک اطلاعاتی و تدوین دستورالعمل ها، شیوه نامه ها و روش های مورد نیاز پایش های کشاورزی کیفیت خاک- ۱۳۹۷ (۱۵)

۱-۶-۶ اهداف پایش خاک

۱-۶-۶-۱ اهداف عمومی برنامه های پایش

پایش با اهداف متعددی انجام میگیرد که در زیر به برخی از آنها اشاره نمود:

۱ - سامانه ای برای پایش آگاهی: غالبا تغییرات کیفی و کمی خاک با روندی کند و آهسته اتفاق می افتد و ذهن بشر شدت و گستره امر را آنگونه که باید درک نمی کند. در برخی موارد تغییرات با کمک برخی شواهد بطور مستقیم قابل رویت است. اما در برخی موارد بطور مستقیم قابل رویت نیست. پایش کمک می کند تا تغییرات را قبل از بروز حوادث ناگوار زیست محیطی رصد نموده و بتوان برای رفع آن برنامه ریزی کرده و بر مسئله فائق آمد.



۲ - کاهش ریسک در تصمیم گیری: برای به حداقل رساندن ریسک در تصمیمات، نیاز به داشتن اطلاعاتی کافی و مرتبط با موضوع مورد بررسی می باشد. چنین اطلاعاتی معمولاً از مطالعات پایش در سطوح مختلف مزرعه، حوضه آبخیز، منطقه و یا کشور بدست می آید.

۳ - افزایش درک فرآیندهای بیوفیزیکی: ایجاد مدل های مناسب برای پیش بینی و تفسیر تغییرات ناشی از مدیریت، تهیه اطلاعات پایه برای سیاست گذاری صحیح در مدیریت منابع طبیعی (ایجاد خطوط پایه، تشخیص و تعیین الزامات مهم) و تعیین روابط علت و معلولی بین پدیده های طبیعی از دیگر اهداف پایش به شمار می رود.

۱-۶-۲- اهداف اصلی پایش کیفیت خاک

تعیین هدف اصلی و دقیق در برنامه پایش مرحله ای بسیار مهم بشمار میرود. چه در صورت نداشتن هدفی معین و مشخص، رسیدن یا نرسیدن به آن واضح نبوده و در بسیاری از موارد پایش را با شکست مواجه میسازد. برای برنامه پایش خاک مهم ترین هدف، حفظ کیفیت خاک است چرا که کیفیت خاک نقش حیاتی را در حفظ باروری دائم خاک، حفظ محیط زیست (کیفیت آب، هوا و تنوع زیستی) و تولید محصولات غذایی سالم و مغذی و غیره دارد.

اهداف اصلی در قالب چهار گروه توانمندی اقتصادی، امانت داری، اجتماعی و محیط زیست تقسیم بندی شده است. این گروه ها مستقل و مجزا نبوده بلکه دارای برهمکنش با همدیگر هستند. برای مثال باروری خاک بر عملکرد گیاه، آبشویی عناصر غذایی و ترکیب شیمیایی گیاه تاثیر می گذارد. لذا نقش های چندگانه خاک باعث شده تا تعریف کیفیت خاک خیلی وسیع و گسترده باشد. بهر حال برای ارزیابی و پایش هریک از این ویژگی های اصلی بایستی به متغیرهای کلیدی آن اهداف توجه نمود.



جدول ۱۲ گروه بندی اهداف اصلی برای اگرواکوسیستم ها

نوع هدف	هدف اصلی	متغیرهای کنترل کننده کلیدی
توانمندی اقتصادی	باروری بالا هزینه کم تولید ریسک کم تولید	پتانسیل ژنتیکی، هوا، خاک، مدیریت و اقتصاد عملکرد پتانسیل، نهاده های مورد نیاز، هزینه نهاده ها تغییرات بازار، تغییر پذیری در تولید
امانت داری	حفظ اراضی بارخیز حیوانات سالم غذا و الیاف با کیفیت بالا	خاک، اقلیم، مدیریت کمیت و کیفیت علوفه، بیماری ها الگوی شیمیایی یا میکروبی و ترکیب شیمیایی
اجتماعی	جوامع محلی توانمند صفت نهاده ها فراساختارهای توانا	اندازه، جمعیت، توانمندی و تنوع اقتصادی اندازه، جمعیت، توانمندی و تنوع اقتصادی سودمندی، اندازه و باز یافت صنعت
محیط زیست	آب پاک هوای پاک زیستگاه حیات وحش	اقلیم، خاک، مدیریت اقلیم، خاک، مدیریت اقلیم، خاک، مدیریت

*متغیرهایی که تحت تاثیر ویژگی های خاک نیز هستند

منبع: ۲۰۰۴، Berner and Ellert

برای مفید بودن هر برنامه پایش، بایستی اهداف آن شفاف و قابل دسترس باشند. هدف شفاف دارای ملاک و معیار قابل اندازه گیری بوده که بتوان با استفاده از آن در مورد رسیدن یا نرسیدن به اهداف قضاوت نمود. اهداف غیرشفاف ملاک قابل اندازه گیری ندارند. در اغلب موارد اهداف شفاف نیازمند بیان ساده ای از شرایط یا محدودیت های موجود در رسیدن به اهداف می باشد. مثلاً برای هدف مربوط به کیفیت خاک برای رشد و نمو گیاه، نوع گیاه، عملیات مدیریتی و اقلیم بایستی کنترل شود. این امر میتواند توسط محدودیت های ایجاد شده توسط بشر و یا بعثت پیامدهای زیست محیطی محدود گردد.

اهداف قابل دسترس به معنی اهدافی که به آسانی در کوتاه مدت قابل دسترس هستند، نیست. بلکه بر اهدافی دلالت دارد که احتمال رسیدن به آن وجود دارد. با توجه به اینکه ویژگی های خاک در طی سالیان دراز تغییر می کند، بسیاری از ویژگی های خاک در اهداف کوتاه مدت مناسب نیستند. بعنوان مثال هدف بسیاری از کاربران بطور ساده حفظ و تقویت کیفیت خاک می باشد. این اهداف، اهدافی دقیق با



ملاک و شرایط شفاف نیستند. دلیل این امر آن است که در حال حاضر کیفیت خاک قابل اندازه گیری نیست. زیرا کیفیت خاک را میتوان برحسب برون دادهای خاک ارزیابی کرد. بعبارت دیگر با مقایسه این که خاک چه می کند؟ یا از خاک چه می خواهیم؟ کیفیت خاک ارزیابی میشود. برون داده های مناسب نه تنها به خصوصیات ذاتی خاک بلکه به عوامل بیرونی همانند اقلیم و زمین منظر بستگی دارد. از برون داده های مهم و مطلوب عملکرد خاک یا اراضی میتوان به تولیدات گیاهی، آب پاک، هوای پاک، انتشار کم گازهای گلخانه ای، غذای سالم و ایمن و حفظ زیستگاه حیات وحش اشاره نمود.

۱-۶-۳ رویکرد های پایش

پس از تعیین هدف لازم است رویکرد مناسب با توجه به اهداف مورد نظر و شرایط و امکانات انتخاب شود. بطور کلی چهار رویکرد برای پایش اراضی وجود دارد:

۱. **پایش ساده:** در این رویکرد متغیری در یک نقطه یا تعدادی از نقاط جغرافیایی طی زمان، اندازه

گیری و ثبت میشود. داده های دمای هوا در سراسر دنیا بعنوان مبنایی برای بررسی تغییر دما و اقلیم مثالی بارز از این نوع رویکرد می باشد.

۲. **پایش پیمایشی:** در مواردی مشکلات زیست محیطی بدون هیچ گونه سابقه ای دال بر بروز

مشکل، آشکار و مشاهده می گردد. در این شرایط نبود داده های ثبت شده تاریخی را میتوان با پیمایش شرایط فعلی در مناطق جغرافیایی مختلف جستجو نمود. پایش پیمایشی به نحوی طراحی می گردد تا مناطقی که تحت تاثیر مساله مورد نظر قرار نگرفته است را در برگیرد. در این رویکرد فرض بر این است که مناطق تحت تاثیر، در گذشته دارای وضعیتی همانند مناطق تحت تاثیر قرار نگرفته می باشند. رویکرد پیمایشی برای پایش خاک بر فرضیات زیر استوار است:

- خاک های مناطق مختلف همانند هم بوده اند

- برای هر موقعیت سابقه کاربری اراضی وجود دارد.



- نمونه برداری از پایگاه های نمونه برداری دارای سابقه مدیریتی مختلف این امکان را فراهم می کند تا پیامدهای انجام مدیریت های ویژه را بر روی اراضی طی زمان استنتاج کنیم. عبارت دیگر مکان را جایگزین زمان نماییم. بعنوان مثال رابطه بین مقدار کربن آلی و زمان کشت و کار را در خاک های مختلف نشان می دهد. محدودیت اصلی این رویکرد در فرضیات آن است. در این روش مکان جایگزین زمان می گردد. البته امکان اینکه پایگاه های با سابقه مدیریتی مختلف، همانند هم باشند بسیار مشکل است.

۳. **پایش عاملی یا جایگزینی:** شیوه دیگر برای جبران عدم دسترسی به داده های بلند مدت ثبت شده استفاده از اطلاعات جایگزین می باشد. در این رویکرد از داده های مرتبط با متغیر مورد نظر استفاده میشوند. برای مثال برای بررسی روند تغییرات گرم شدن جهانی، بهترین روش استفاده از داده های دمای ثبت شده از ابتدای زمان می باشد. اما این امر شدنی نیست. چندین جایگزین برای دما وجود دارد. استفاده از مغزه های یخ در لایه های مختلف و نسبت ایزوتوپ های اکسیژن و هیدروژن از جمله آنهاست.

۴. **پایش تلفیقی:** رکوردهای بلندمدت در پایش ساده، پیمایشی و جایگزینی، اطلاعاتی راجع به آنچه تغییر می کند ارائه می نمایند اما آنها به خودی خود نمی توانند به این سوال مهم " چرا این تغییر اتفاق افتاده است؟" پاسخ دهند. دلیل این امر نیز نیاز به وجود داده های بیشتر بمنظور بررسی روابط علت و معلولی می باشد. پایش تلفیقی با هدف ثبت تغییرات در محیط و به منظور درک دلایل تغییرات بنا شده است.

اهداف پایش تلفیقی را میتوان در چهار ویژگی خلاصه کرد:

۱- ایجاد روابط علت و معلولی

۲- استخراج روش های مدیریتی و برنامه های کنترل آلودگی قابل دفاع



۳- سنجش و ارزیابی واکنش های محیط زیست نسبت به فعالیت های مدیریتی

۴- ایجاد سامانه پیش آگاهی پیامدهای زیست محیطی

پایش تلفیقی، رویکردی چند تخصصی است که هواشناسی، عوامل زیستی، هیدرولوژی، زمین شناسی و .. در آن دخالت دارد. بطور مثال در یک حوضه آبخیز ورودی ها و برون دادهای آب، ترکیبات شیمیایی و ... اندازه گیری میشود. اطلاعات بدست آمده از این پایش هم تغییرات را بیان می کند و هم دلیل یا دلایل تغییرات را نشان می دهد.

۵. **پایش وضعیت پایه:** هدف اصلی این پایش، شناسایی شرایط پایه در سیستم خاک است. عبارتی سطوح اولیه متغیرها/پارامترها در خاک مشخص میشود. این پایش بمنظور شناخت شرایط کیفیت خاک در یک محدوده جغرافیایی معین انجام میشود؛ به همین دلیل بیش از آنکه یک پایش کامل باشد یک فهرست برداری یا ارزیابی از وضع موجود است. زیرا تغییرات در طول زمان را نشان نمی دهد. این پایش اغلب در دشت هایی انجام میشود که اطلاعات کیفی در مورد آن وجود ندارد و تا کنون نمونه برداری و سنجش در آن انجام نشده است.

۱-۶-۴ پیشینه پایش خاک در کشور

در کشور ما ایران مطالعات شناسایی خاک و طبقه بندی اراضی عملاً با مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی در خوزستان توسط بنگاه مستقل آبیاری در سال ۱۳۳۲ آغاز گردید، و تا کنون نیز در مقیاس ها و شکل های مختلف این امر ادامه داشته است. شاید بتوان این مطالعات را در انجام شناسایی خاک با تمرکز بر خصوصیات پایایی خاک دانست که توانسته اطلاعات با ارزشی را به کشور ارائه دهد. اما به دلایل:

- لزوم بررسی تغییرات حاصلخیزی خاکهای تحت کشت در اثر مدیریتهای مختلف
 - فراهم آوردن مبنایی برای برنامه ریزی توسط گیرندگان با تمرکز به آثار سیاستها بر محیط زیست
- بویژه خاک



- لزوم پایش ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک

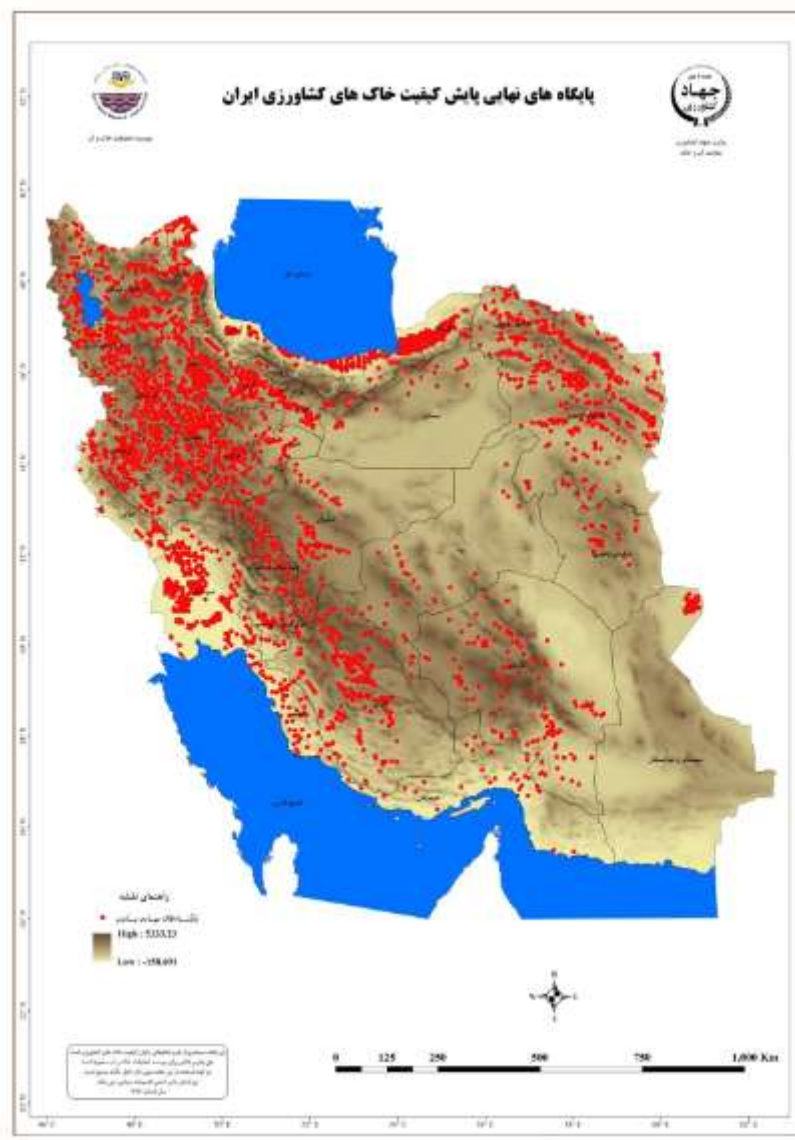
تا دهه ۸۰ به مقوله خاک توجه چندانی نشده بود. در سال ۱۳۸۳ در پی برنامه ریزی برای عقد تفاهم نامه ای در سطح وزارت جهاد کشاورزی با کشور کانادا، پیشنهادی از موسسه تحقیقات آب و خاک تحت عنوان پایش اراضی شور با استفاده از کرتهای دائم و تصاویر ماهواره ای پیشنهاد گردید که متعاقب آن در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی مورد تایید قرار گرفت و با توجه به پذیرش معاونت زراعت وقت در برنامه تفاهم نامه قرار گرفت. اما بدلیل عدم اجرایی شدن تفاهم نامه، اجرایی نگردید. در سال ۱۳۸۶ مجدداً این موضوع توسط موسسه از معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت جهاد کشاورزی پیگیری گردید که نهایتاً مورد پذیرش قرار گرفت.

در برنامه پایش کیفیت خاک های کشاورزی ایران، در مرحله اول حدود ۳۰۰۰ پایگاه (سایت) مطالعاتی در کل اراضی کشاورزی کشور انتخاب گردید. پایگاه قطعه ای از مزرعه یا باغ است که نماینده شکل زمین، یا وضعیت فیزیوگرافی زمین، مدیریت کشت و کار و خاک منطقه باشد. انتخاب پایگاه های مطالعاتی یکی از دشوارترین و مهمترین مراحل پایش کیفیت خاک می باشد. اهمیت این امر با آگاهی از وسعت بالای اراضی و تغییر پذیری خاک آشکار می گردد. همان گونه که قبلاً ذکر شد، با توجه به هدف پایش و توجه به اهمیت انتخاب پایگاه ها در تعمیم دادن نتایج، روش های مختلفی پیشنهاد گردیده است. استفاده از هم مکانی پایگاه با دیگر برنامه های پایش از جمله این روشهاست. در این مطالعه ترکیبی از شبکه منظم و روش کارشناسی استفاده گردیده است. بدین منظور نقاط بر روی نقشه ها انتخاب و طول و عرض جغرافیایی پانها مشخص شد که روش آن در زیر آمده است.

طبق آمارهای رسمی، اراضی کشاورزی کشور حدود ۱۸ میلیون هکتار شامل ۶ میلیون هکتار اراضی کشاورزی آبی، ۶ میلیون هکتار اراضی کشاورز دیم، ۴ میلیون هکتار اراضی باغی و حدود ۲ میلیون هکتار آیش می باشد. به همین منظور در مرحله اول حدود ۳۰۰۰ پایگاه (سایت) مطالعاتی در کل اراضی کشاورزی



کشور (به ازاء حداقل هر ۶۰۰۰ هکتار یک سایت) پیش بینی گردید. انتخاب این نقاط ترکیب متناسبی از اراضی زراعی، باغی و آیش در شرایط آبی و دیم بود. هم چنین نقاط و مکان های خاص نظیر اراضی آلوده، شور، مانداب و غیره که دارای سطح قابل توجهی در منطقه بودند افزون بر نقاط پیش بینی شده، در نظر گرفته شدند. برای انتخاب این پایگاه های نمونه برداری، از اطلاعات جانبی دیگری نظیر نوع کاربری اراضی، نقشه خاک های ایران، اقلیم، اطلاعات زمین شناسی و غیره نیز استفاده شد. برای تعیین نقاط نمونه برداری، با استفاده از اطلاعات نظیر نقشه رقومی استان ها، نقشه رقومی کاربری اراضی در یک شبکه ۶ کیلومتر در ۶ کیلومتر، تعداد و موقعیت پایگاه های اولیه در هر استان مشخص شدند. سپس با توجه به سطح زیر کشت استان ها (شامل زراعی، باغی و آیش) به تفکیک دیم و آبی، تعداد نقاط مورد نیاز برای منطقه مشخص و مختصات جغرافیایی آن ثبت شد. در شکل ۲۰ شبکه پایش نهایی و نقاط نهایی پایگاه های پایش نشان داده شده است.



شکل ۲۸ پایگاه های نمونه برداری نهایی پایش

در پایش کیفیت خاک های کشاورزی ایران، پارامترهای ذکر شده در جدول شماره ۱۳ در هر سایت نمونه برداری اندازه گیری می شود.

منظور از پایگاه شاهد در این پایش، پایگاه های است که حدود ۱۰ درصد از کل پایگاه ها را در هر منطقه/استان در بر می گیرد و نماینده بخش وسیعی از ویژگی های منطقه می باشد. تعیین پایگاه های شاهد پس از نمونه برداری از کلیه پایگاه ها و ارائه گزارش اولیه انجام خواهد شد. به این منظور کارشناس مربوطه موظف است از بین کل پایگاه ها، پایگاه های شاهد مشتمل بر حدود ۱۰ درصد پایگاه ها را طی



گزارشی به مجری برنامه پایش پیشنهاد تا پس از تایید نسبت به اندازه گیری پارامترهای تکمیلی اقدام نماید. پارامترهای تکمیلی و چگونگی اندازه گیری آنها پس از انتخاب پایگاه های شاهد و متناسب با شرایط و مسائل آن را ارائه می گردد.

جدول ۱۳ پارامترهای اندازه گیری شده در پایگاه ها

پایگاه های شاهد	کلید پایگاه ها (سایت ها)	پارامترها
	*	بافت
	*	جرم مخصوص ظاهری
	*	عمق لایه سطحی خاک
*		نفوذ پذیری
*		پایداری خاکدانه
*		منحنی رطوبتی
*		جرم مخصوص حقیقی
	*	هدایت الکتریکی (EC)
	*	واکنش خاک (pH)
*		ظرفیت تبادل کاتیونی
	*	نیترژن کل
	*	فسفر قابل استفاده
	*	پتاسیم قابل استفاده
	*	آهن قابل استفاده
	*	مس قابل استفاده
	*	روی قابل استفاده
	*	بور قابل استفاده
	*	منگنز قابل استفاده
	*	منیزیم قابل استفاده
	*	کلسیم
	*	گچ
	*	آهک (TNV)
	*	سولفات
	*	سدیم
	*	کربنات
	*	بی کربنات
	*	کلر
*		نیکل
	*	کادمیم
	*	سرب
	*	SAR
	*	ESP



بیولوژیکی	جمعیت میکروبی	*
	نیتروژن آلی	*
	کربن آلی	*
	تنفس خاک	*

منبع: ایجاد بانک اطلاعاتی و تدوین دستورالعمل ها، شیوه نامه ها و روش های مورد نیاز پایش های کشاورزی کیفیت خاک- ۱۳۹۷ (۱)

براساس گزارش ارائه شده در سال ۱۳۹۷ توسط موسسه تحقیقات آب و خاک، طرح پایش کیفی خاک های کشاورزی ایران در سالهای ۹۵-۱۳۹۰ در فاز اول بررسی شده و ۳۰۰۰ پایگاه از لحاظ پارامترهای معرفی شده در جدول ۱۳ مورد بررسی قرار گرفتند و در فاز دوم این طرح با هدف بررسی دقیق تر با حساسیت بیشتر ۱۰ درصد از ۳۰۰۰ پایگاه انجام خواهد شد. فاز دوم این طرح برای دوره پنج ساله دوم تعریف شده بود که بنا بر اعلام مؤسسه تحقیقات خاک و آب، این طرح بدلیل عدم تامین اعتبار بودجه در فاز دوم متوقف شده است. علاوه بر این نقشه کربن آلی خاک های کشور با مشارکت فائو و با استفاده از بیش از ۴۵ هزار داده مکانی تهیه شده است.

به جز طرح پایش کیفیت خاک های کشاورزی ایران، طرح پایش فراگیر دیگری برای خاک های ایران تا کنون تعریف نشده است.