INSO

12773-6

1st.Edition

2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۶-۱۲۷۷۳

چاپ اول

۱۳۹۴

کیفیت خاک- نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک- قسمت ۶: طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-راهنما

Soil quality — Sampling of soil invertebrates —Part 6:The design of sampling programmes with soil invertebrates- Guidance

ICS: 13.080.05; 13.080.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد، به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرفکنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2-International Electrotechnical Commission
3-International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4-Contact point
5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«کیفیت خاک-نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-قسمت ۶: طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-راهنما»

	سمت و/یا نمایندگی
رئیس:	
مبین، هایده (دکترای میکروبیولوژی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
دبیر:	
سلیمانی، جابر (دکترای مهندسی کشاوزی)	شرکت اسلوب آفرینان آریا آذربایجان
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ایران‌خواه، سیامک (دکترای دامپزشکی)	انجمن صنفی مدیران کنترل کیفی و مسئولین فنی صنایع استان آذربایجان‌شرقی
بهاری‌وایقان، حسین (لیسانس مهندسی کشاورزی-علوم دامی)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
بیات‌ماکو، روشنک (فوق‌لیسانس بیوشیمی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
پرتونیا، لیدا (فوق‌لیسانس زیست‌شناسی)	اداره کل حفاظت محیط زیست استان‌آذربایجان‌شرقی
جوادی، افشین (دکترای دامپزشکی)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
چراغی، رضا (لیسانس مهندسی‌شیمی)	سازمان صنعت، معدن و تجارت استان آذربایجان‌شرقی

حسین‌زاده، ملیحه (دکترای پزشکی)	شرکت اسلوب آفرینان آریا آذربایجان
زمزمی، سهراب (فوق‌لیسانس سنجش از دور و GIS)	اداره کل منابع طبیعی و آبخیـزداری اسـتان آذربایجان‌شرقی
سالک‌زمانی، سپیده (فوق‌لیسانس مهندسی‌معماری)	کارشناس
سالک‌زمانی، علی (فوق‌لیسانس مهندسی‌کشاورزی)	مرکز تحقیقـات کشـاورزی و منـابع طبیعـی استان آذربایجان‌شرقی
سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم‌تغذیه)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
شیخ‌الاسلامی، امیر (فوق‌لیسانس مهندسی‌عمران)	شرکت آلتین شاتو شمالغرب
عبدالهی، لیلی (لیسانس مهندسی‌خاک‌شناسی)	کارشناس استاندارد
قدیمی، فریده (فوق‌لیسانس شیمی‌آلی)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
نهرلی، اکرم (لیسانس زمین‌شناسی)	کارشناس
ولی‌پور، جواد (دکترای شیمی‌تجزیه)	دانشگاه صنعتی سهند

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		و
مقدمه		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۳
۴	اصول روش	۶
۵	هدف نمونه‌برداری	۸
۶	نمونه‌ها و نقاط نمونه‌برداری	۱۲
۷	ملاحظات عملی برای نمونه‌برداری بیولوژیکی از خاک‌ها	۱۵
۸	گزینه‌های طراحی برای نمونه‌برداری از بی مهرگان خاک	۱۹
۹	گزارش نمونه‌برداری	۳۳
۱۰	کنترل کیفیت و تضمین کیفیت (QC & QA)	۳۳
پیوست الف (اطلاعاتی) مطالعات موردی		۳۴
پیوست ب (اطلاعاتی) کتاب‌نامه		۵۸

پیش گفتار

استاندارد «کیفیت خاک-نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-قسمت ۶: طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت اسلوب آفرینان آذربایجان تهیه و تدوین شده است و در هفتاد و دومین اجلاسیهٔ کمیته ملی استاندارد محیط‌زیست مورخ ۱۳۹۴/۷/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 23611-6: 2012, Soil quality — Sampling of soil invertebrates — Part 6: Guidance for the design of sampling programmes with soil invertebrates

مقدمه

تنوع زیستی زیاگان[1] خاک شگفت‌انگیز است. خاک، زیستگاه گونه‌های زیادی است، که فرایندهای اکوسیستمی از قبیل تجزیهٔ مواد آلی، جریان‌های مواد مغذی یا به طور کلی، حاصل‌خیزی خاک را تنظیم می‌کنند[۴۰]، [۴۵].می‌توان همه تبارهای[2] حیوانات زمینی را در خاک‌ها یافت [۱۶]. در هر متر مربع از خاک، علاوه بر هزاران «گونهٔ» باکتریایی و قارچی، بیش از ۱۰۰۰ گونه از بی‌مهرگان با فراوانی تا ۱/۵ میلیون مورد یافت می‌شود [۳]، [۵]. از آن جا که پارامترهای دیگری مثل آب و هوا، با غنای گونه‌ها ارتباطی ندارند یا صرفا ارتباط ضعیفی دارند، این تنوع را فقط می‌توان با بررسی خود جامعهٔ خاک تخمین زد [۲۴].

ترکیب این جامعه، و همچنین فراوانی و زیست‌توده‌های[3] تک‌تک گونه‌ها و گروه‌ها، منبع ارزشمندی از اطلاعات است، چرا که اثرات مختلف بیوتیکی و غیربیوتیکی مانند خصوصیات و شرایط خاک، تاثیرات آب و هوایی، رقابتی، یا زیست‌جغرافیایی، در آنها ادغام شده است[۶۸]. از این روست که ارزیابی تنوع زیستی جوامع بی‌مهرگان خاک، برای طبقه‌بندی و ارزیابی کیفیت بیولوژیکی خاک، هر روز اهمیت بیشتری می‌یابد [۵۱]. با این حال، این کار در صورتی امکان‌پذیر است که جمع‌آوری داده‌ها (به عنوان مثال نمونه‌برداری از زیاگان خاک) مطابق با روش‌های استانداردشده انجام شود. به این دلیل، تعدادی از خطوط‌راهنمای استاندارد تهیه شده است که نمونه‌برداری از مهم‌ترین گروه‌های ارگانیسمی خاک را پوشش می‌دهند.

در دیگر قسمت‌های این استاندارد، کار عملی مربوط به گروه حیوانات مربوطه، با جزئیات شرح داده شده است. با این حال، (تقریبا) چیزی در مورد چگونگی برنامه‌ریزی استفاده از چنین روش‌ها یا چگونگی ارزیابی نتایج بیان نشده است. به رغم این واقعیت که نمونه‌برداری، برای هر مطالعهٔ میدانی[4]، می‌تواند بسته به هدف متفاوت باشد، راهنمایی برای مطالعات پایشی در بافتار[5] قانونی، مورد نیاز است. چنین مطالعاتی دربرگیرندهٔ موارد زیر است:

-ارزیابی ریسک ویژهٔ جایگاه زمین آلوده‌شده؛

-مطالعهٔ اثرات جانبی بالقوهٔ تاثیرات انسان‌زاد (به عنوان مثال استفاده از مواد شیمیایی یا ساخت جاده‌ها)؛

-طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک به منظور تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک؛

-پایش بلند مدت زیست‌جغرافیایی در بافتار حفاظت از طبیعت یا احیای آن، از جمله تغییرات جهانی [به عنوان مثال همان طور که در پروژهٔ تحقیقاتی بلندمدت اکولوژیکی[6] (LTER) ذکر شده است].

برای جمع‌آوری داده‌ها، در مطالعات فضایی که بر سوالات زیست‌محیطی و اکولوژیکی تمرکز دارند، راهبردِ به‌دقت طراحی‌شده‌ای، مورد نیاز است [۳۱]، [۶۵]. قبل از مشخص کردن طراحی بهینه، دو موضوع باید روشن شود:

1-Fauna
2-Phyla
3-Biomass
4-Field study
5-Context
6-Long-term Ecological Research Project

هدف مطالعه چیست و در حال حاضر، چه اطلاعاتی دربارهٔ منطقه مورد بررسی شناخته شده است؟ پس از آن، محقق ممکن است یکی از الگوهای طراحیِ به‌خوبی شناخته شده (به عنوان مثال نمونه‌برداری شبکه‌ای[1]، نمونه‌برداری تصادفی، نمونه‌برداری خوشه‌ای یا ترانسکت تصادفی[2]) را انتخاب کند یا طراحی‌ای ویژهٔ مطالعه تهیه نماید. در هر صورت، طراحیِ نمونه‌برداریِ میدانی باید عملی باشد، به عنوان مثال حجم خاکی که باید نمونه‌برداری شود، بسته به اندازه و توزیع ارگانیسم‌ها، باید مقرون به صرفه و قابل کنترل (به عنوان مثال هر چه حیوانات کوچک‌تر باشد، اندازه نمونه نیز کوچک‌تر گردد) باشد.

در مطالعات متمرکز بر بی‌مهرگان خاک، مشاهدهٔ کل جمعیت امکان‌پذیر نیست. بنابراین، نمونه‌برداری فقط در تعداد محدودی از مکان‌ها انجام می‌شود. دلیل اصلی برای استفاده از طرح‌های مناسبِ نمونه‌برداری آماری این است که چنین نمونه‌برداری‌ای، تضمین‌کنندهٔ عینیت علمی و جلوگیری‌کننده از انواع اریبی‌ها[3] مانند موارد ناشی از نمونه‌برداری قضاوتی[4] است. چنان چه هدف، به دست آوردن داده‌هایی معرفِ (نمایان‌گرِ) کل ناحیه باشد، این امر ارزش بیشتری خواهد یافت. در عین حال، طرح‌های نمونه‌برداری مبتنی بر آمار، موجب حصول اطمینان از روش‌های نمونه‌برداری استانداردشده به مرور زمان است، یعنی، چنان چه همان ناحیه دوباره در آینده، مورد نمونه‌برداری واقع شود، نتایج قابل مقایسه خواهد بود.

پایهٔ منطقی[5] برای این استاندارد، طراحی روش‌های نمونه‌برداری میدانی برای بی‌مهرگان خاک با در نظر گرفتن راهنمای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ است که به طور کلی راهنمای طراحی برای برنامه‌های نمونه‌برداری از خاک است.

برای طراحی مطالعات میکروبی، در حال حاضر، استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱-۱۰۹۶۲، ۱-۷۶۱۴ و ۲-۷۶۱۴ کاربرد دارند.

1-Grid sampling
2-Random transects
3-Bias
4-Judgement sampling
5-Rational

کیفیت خاک-نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-قسمت ۶: طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک-راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین راهنما برای طراحیِ مطالعات میدانی در مورد بی‌مهرگان خاک است (به عنوان مثال برای پایش کیفیت خاک به عنوان زیستگاهی برای ارگانیسم‌ها).

یادآوری- اطلاعات تفصیلی در مورد نمونه‌برداری از مهم‌ترین ارگانیسم‌های خاک در قسمت‌های دیگر این استاندارد یعنی قسمت‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ و نیز استاندارد ISO 23611-4 ذکر شده است.

این استاندارد، برای همه زی‌جاهای[1] زمینی که در آن بی‌مهرگان خاکی یافت می‌شوند، کاربرد دارد.

یادآوری۱-اطلاعات عمومی در مورد طراحی مطالعات میدانی به طور کلی در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ بیان شده است. این اطلاعات می‌تواند مطابق با الزامات ملی یا شرایط آب و هوایی/ منطقه‌ایِ جایگاهی که قرار است مورد نمونه‌برداری واقع شود، به کار رود.

یادآوری۲- در حالی که بناست این استاندارد به طور کلی برای همه جایگاه‌های زمینی که زیستگاه‌های بی‌مهرگان خاک را تشکیل می‌دهند، به کار رود، اطلاعات موجود عمدتا مربوط به مناطق معتدل است. با این حال، معتبر بودن اصول مطروحه در این استاندارد از چندین مطالعه انجام‌شده در دیگر مناطق (گرمسیری و شمالی)، و همچنین ملاحظات نظری، تائید شده است، [۴]، [۶]، [۴۰]، [۲۱].

این استاندارد، برای ارائه اطلاعات در مورد ارزیابیِ ریسکِ ویژۀ جایگاهِ زمین آلوده‌شده، مطالعۀ عوارض جانبی بالقوه تاثیرات انسان‌زاد[2] (به عنوان مثال استفاده از مواد شیمیایی یا ساخت جاده‌ها)، طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک به منظور تعیین کیفیت بیولوژیکی آن و پایش درازمدت زیست‌جغرافیایی در بافتار حفاظت از طبیعت یا احیای آن، از جمله تغییرات جهانی (به عنوان مثال پروژه‌های تحقیقاتی اکولوژیکی بلندمدت) کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲، کیفیت خاک- نمونه‌برداری-قسمت ۱: راهنمای طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری

1-Biotopes
2-Anthropogenic

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۹۶۲، کیفیت خاک-نمونه‌برداری-قسمت ۲: راهنمای روش‌های نمونه‌برداری

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲،کیفیت خاک- نمونه‌برداری -قسمت ۳: راهنمای ایمنی

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۰۹۶۲، کیفیت خاک-نمونه‌برداری-قسمت ۵: روش اجرایی بررسی مناطق شهری و صنعتی در ارتباط با آلودگی خاک-آیین کار

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۰۹۶۲، کیفیت خاک – نمونه‌برداری- قسمت ۶: راهنمای جمع‌آوری، جابجایی و نگهداری خاک تحت شرایط هوازی برای ارزیابی فرآیندهای میکروبیولوژیکی، توده میکروبی و تنوع آنها در آزمایشگاه

۲-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۴، کیفیت خاک – تعیین pH

۲-۷ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۷۴، کیفیت خاک - تعیین ظرفیت تعادلی کاتیونی موثر و سطح پایه اشباع با استفاده از محلول کلرید باریم

۲-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۱، کیفیت خاک - تعیین توزیع اندازه ذرات در ماده معدنی خاک - به روش الک کردن و ته‌نشینی

۲-۹ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۶، خاک- تعیین آب همراه بر مبنای حجم جزئی با استفاده از استوانه‌های کرگیری-روش وزن‌سنجی

۲-۱۰ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۵، خاک-تعیین ماده خشک و آب همراه بر مبنای جرم

۲-۱۱ استاندارد ملی ایران شماره ۸۹۹۹، کیفیت خاک - استخراج عناصر کم‌مصرف محلول در محیط آبی

۲-۱۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۹۹۱، کیفیت خاک ـ تعیین مقدار نیتروژن کل به روش احتراق خشک (آنالیز عنصری)

۲-۱۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۱۱۵، کیفیت خاک- تعیین کلیه عناصر موجود- بخش ۱: روش انحلال با هیدروفلوریک اسید و پرکلریک اسید

۲-۱۴ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۳۱، خاک - آب خاک، ناحیه غیراشباع - تعاریف، علائم و تئوری – واژه‌نامه

۲-۱۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۷۷۳، کیفیت خاک – نمونه‌برداری از بی‌مهرگان موجود در خاک - قسمت ۱: جدا کردن کرم خاکی با دست و استخراج آن با فرمالین

۲-۱۶ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۶۲۱، کیفیت خاک –نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک -قسمت ۲: نمونه برداری و استخراج بندپایان کوچک (پادمیان و کنه‌ها)

۲-۱۷ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۲۷۷۳، کیفیت خاک – نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک – قسمت۴: نمونه‌برداری، عصاره‌گیری و معرفی نماتدهای موجود در خاک

۲-۱۸ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۲۷۷۳، کیفیت خاک – نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک - قسمت ۵: نمونه‌برداری و استخراج بی‌مهرگان بزرگ خاک

2-19 ISO 10381-4, Soil quality — Sampling — Part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, nearnatural and cultivated sites

2-20 ISO 10694, Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)
2-21 ISO 11074, Soil quality — Vocabulary
2-22 ISO 11272, Soil quality — Determination of dry bulk density
2-23 ISO 11274, Soil quality — Determination of the water-retention characteristic — Laboratory methods
2-24 ISO 15799, Soil quality — Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials
2-25 ISO 17616, Soil quality — Guidance on the choice and evaluation of bioassays for ecotoxicological characterization of soils and soil materials
2-26 ISO 23611-3, Soil quality — Sampling of soil invertebrates— Part 3: Sampling and soil extraction of enchytraeids

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۳-۱ زیست‌شناسی خاک

۳-۱-۱

تنوع زیستی

تغییرپذیری در میان موجودات زنده بر روی زمین، از جمله تغییرپذیری درون و بین گونه‌ها و درون و بین اکوسیستم، تنوع زیستی نامیده می‌شود.

یادآوری- تنوع زیستی همچنین اغلب به عنوان تعداد و رقم[۱] موجودات زنده یافت‌شده در یک منطقهٔ جغرافیاییِ مشخص، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱-۲

جامعه

اجتماع[۲] ارگانیسم‌ها، متعلق به گونه‌های مختلف، خانواده‌ها، و غیره، که در زمانِ یکسان در مکانِ یکسان زندگی می‌کنند (بخش زندهٔ اکوسیستم).

یادآوری-برای آگاهی بیشتر به مرجع [۴۲] کتاب‌نامه مراجعه کنید.

۳-۱-۳

بی‌مهره

اصطلاحی است دربرگیرنده همه ارگانیسم‌ها به جز *طناب‌داران*[۳] و فلور میکروبی[۴].

یادآوری- بی‌مهره اصطلاحی آرایه‌شناختی[۵] نیست.

1-Variety
2-Association
3-Chordates
4-Microflora
5-Taxonomic term

۴-۱-۳

ریزززیاگان (میکروفونا)[1]، میان‌زیاگان (مزوفونا)[2] و درشت‌زیاگان (ماکروفونا)[3]

زیاگان خاک با توجه به اندازه (طول، قطر) حیوانات، در سه گروه مزبور، طبقه‌بندی می‌شوند.

برای آگاهی بیشتر به مرجع [۶۶] کتاب‌نامه مراجعه کنید.

مثال: نمونه‌های مهم برای ریززیاگان، *پروتوزوآها*[4] و *نماتدها*[5]ست، برای میان‌زیاگان، *کلمبولاها*[6]، *کنه‌ها*[7] و *کرم‌های سفید*[8]، و برای برای درشت‌زیاگان، *کرم‌های خاکی* و *حلزون‌ها*.

۵-۱-۳

تاکسوکوئنوزیز[9]

تاکسوکوئنوزیز، تعداد کل گونه‌های متعلق به همان واحد آرایه‌شناختی بالاتر (به عنوان مثال گروه، آرایش) داخل یک جامعه است.

۳-۲ حفاظت خاک

۱-۲-۳

کیفیت خاک

کیفیت خاک، ظرفیت نوع خاصی از خاک برای عمل کردن در داخل مرزهای طبیعی یا کنترل شدهٔ اکوسیستم، برای حفظ بهره‌وری گیاهی و حیوانی، حفظ یا افزایش کیفیت آب و هوا، و حمایت از سلامت و زیستگاه انسانی است.

برای آگاهی بیشتر به مراجع [۱۶]، [۳۰] مراجعه کنید.

یادآوری- در تعاریف اخیر، کارکردهای طبیعی خاک به طور اختصاصی ذکر شده است: خاک به عنوان زیستگاهی برای ارگانیسم‌ها، به عنوان بخشی از سیستم‌های طبیعی (در چرخه‌های مواد مغذی خاص) و برای تجزیه[10]، بازداری[11] و فیلتراسیون. برای آگاهی بیشتر به مرجع [۶] مراجعه کنید.

۲-۲-۳

زیستگاه

زیستگاه، مجموع محیط گونه‌ها یا جامعهٔ خاص (به عنوان مثال از لحاظ خصوصیات خاک، کاربری زمین، آب و هوا) است.

1-Microfauna
2-Mesofauna
3-Macrofauna
4-Protozoans
5-Nematodes
6-Collembolans
7-Mites
8-Enchytraeids
9-Taxocoenosis
10-Decomposition
11-Retention

۳-۲-۳

کارکرد زیستگاه

قابلیت خاک/مواد خاکی برای عمل کردن به عنوان زیستگاهی برای میکروارگانیسم‌ها، گیاهان، حیوانات خاک‌زی، و حمایت از برهم‌کنش‌های آنها (جامعه یا زی‌سازند[1]) کارکرد زیستگاه نامیده می‌شود.

۴-۲-۳

آلودگی

آلودگی، ماده (ها) یا عامل(های) موجود در خاک به عنوان ماحصل فعالیت انسان‌زاد است.

یادآوری- در این تعریف، به آسیب‌زایی آلاینده‌ها، اشاره نشده است.

۵-۲-۳

آلاینده

موادی که به سبب خصوصیات، مقدار یا غلظت خود، تاثیراتی بر کارکردهای خاک یا کاربری خاک دارند.

۶-۲-۳

خاک مرجع

خاک مرجع، خاک آلوده نشده‌ای است با خصوصیات خاک‌شناسی قابل مقایسه با خاک مورد مطالعه، به جز آن که بدون آلودگی است.

۳-۳ روش‌ها

۱-۳-۳

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

GIS[2]

GIS در دقیق‌ترین مفهوم، سیستم کامپیوتریِ قادر به مونتاژ، ذخیره، دست‌کاری (مداخله)[3] و نمایش اطلاعات مرجع جغرافیایی، یعنی داده‌های شناسایی شده مطابق با مکان‌های آنهاست.

۲-۳-۳

ارزیابی ویژهٔ جایگاه

ارزیابی کیفیت جایگاه خاص با استفاده از روش‌های شیمیایی، بیولوژیکی یا روش‌های دیگر، ارزیابی ویژهٔ جایگاه نامیده می‌شود.

۳-۳-۳

ارزیابی ریسک زیست‌محیطی

ارزیابی ریسک زیست‌محیطی، فرایند شناسایی و مقدارسنجی ریسک‌ها (احتمال رخ دادن اثر) برای ارگانیسم‌های غیرانسانی و تعیین قابل قبول بودن آنهاست.

1-Biocenosis
2-Geographical Information Systems
3-Manipulating

۴-۳-۳

کارکرد خاک

خصوصیت خاک (ویژه خاک) که اغلب در مدارک قانونی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- معمولا کارکردهای طبیعی خاک (به عنوان مثال خاک به عنوان زیستگاهی برای ارگانیسم‌ها) و کارکردهای انسان‌زاد خاک (به عنوان مثال خاک به عنوان بستری برای تولید محصول) از هم متمایز هستند.

۵-۳-۳

کارکرد ارگانیسم خاک

فعالیت ارائه شده توسط تک‌تک گونه‌ها یا، اغلب، از طریق برهم‌کنش چندین گونه یا کل جامعه خاک، به عنوان مثال تثبیت نیتروژن یا فروشکست[1] ماده آلی، به کارکرد ارگانیسم خاک موسوم است.

۴ اصول روش

۴-۱ کلیات

طراحی مطالعات میدانی، برای بررسی بی‌مهرگان خاک، به طور قابل توجهی بسته به هدف مربوطه، متفاوت است. با این حال، در همه موارد، لازم است که نمونه‌برداری انجام شود، چرا که جایگاه و جمعیت‌های بیولوژیکی که قرار است مورد بررسی قرار گیرند، معمولا بزرگتر از آنی هستند که بتوانند در مجموع، مورد مطالعه قرار گیرند. علاوه بر این، بسیاری از بی‌مهرگان خاک، در خاک به طور پنهانی زندگی می‌کنند و/یا کوچکتر از آنی هستند که بتوانند به طور مستقیم مورد مطالعه قرار گیرند. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده باید تا حد امکان، معرف جایگاهی باشند که قرار است مشخصه‌های آن تعیین شود، اما تخریب باید در حداقل نگه داشته شود. علاوه بر این، وجود موادی که به طور طبیعی به جایگاه مورد مطالعه، تعلق ندارند (به عنوان مثال پسماندها یا مواد شیمیایی) می‌توانند هنگام نمونه‌برداری از سیستم‌های چندفازی[2] از قبیل خاک‌ها، که شامل آب، گازها، جامدات معدنی و مواد بیولوژیکی هستند، مشکلاتی ایجاد کنند.

طراحی مطالعه (به عنوان مثال موقعیت و تراکم نقاط نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری) عمدتا به اهداف مطالعه و مقدار و کیفیت اطلاعات در دسترس از جایگاه مطالعه (به عنوان مثال داده‌های پیشین[3]، تجربهٔ شخصی) بستگی دارد. این طراحی، همچنین به این نکته بستگی دارد که آیا اطلاعات به عنوان مقدار میانگین (نمونه‌برداری برای میانگین فضایی[4]، به عنوان مثال میانگین تعداد *نماتدها*) مورد نیاز است یا به عنوان توزیع فضایی[5] (به عنوان مثال نمونه‌برداری برای یک نقشهٔ نشان‌دهنده فراوانیِ *نماتدها* با توجه به خصوصیات خاک). علاوه بر این، حجم کامل و ناهمگنی خصوصیات خاک، و نیز خصوصیات ارگانیسم‌هایی که باید نمونه‌برداری شوند، باید در نظر گرفته شود. در هر صورت، باید فهرستی از نقاط نهایی اندازه‌گیری برای

1-Breakdown
2-Multiphase systems
3-Historical
4-Spatial mean
5-Spatial distribution

گروه(های) ارگانیسمی مربوطه تهیه شود و محدودیت‌های اصلی این روش(های) نمونه‌برداری، معلوم گردد. مورد اخیر عمدتا مربوط است به تغییرپذیریِ طبیعیِ بالای داده‌ها در مورد بی‌مهرگان. آزمون‌های آماری نرمال که معمولا توسط افرادی استفاده می‌شوند که نمونه‌های مرکب[1] برمی‌دارند (برای بررسی فلور میکروبی، خصوصیات خاک) یا نمونه‌های زیاد می‌گیرند (برای بررسی خصوصیات خاک) و کم و بیش به طور خودکار پردازش می‌شوند، در اینجا قابل اعمال نیستند.

نکتهٔ دیگری که توجه بدان لازم است، عبارت است از میزان جزئیات و دقت مورد نیاز و همچنین شیوه‌ای که قرار است برای بیان نتایج به کار رود (به عنوان مثال حداکثر و حداقل مقادیر در یک جدول، نمایش‌های گرافیکی یا نقشه‌ها). روش‌های آماری مناسب برای ارزیابی داده‌های مرتبط با ناحیه (از جمله استفاده از روش‌های GIS) همچنین باید مشخص شود. این مورد، اغلب برای انجام برنامهٔ نمونه‌برداری اکتشافی، قبل از تعریف طراحی مطالعه نهاییِ تفصیلی، ضرورت دارد. نکات اصلی که تصمیم‌گیری‌ها باید در مورد آنها اتخاذ شود، در بند ۴-۲ بیان شده است که ترتیب منطقیِ پیشرفت روند مطالعه را نشان می‌دهند.

یادآوری- این بند با در نظر گرفتن استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ تقریر شده است.

۴-۲ سوالی که باید هنگام طرح‌ریزی مطالعه میدانی پاسخ داده شود

هدف از مطالعه را می‌توان با سوالات زیر تعیین کرد:

- چرا چنین مطالعه‌ای انجام می‌شود؟
- برای پاسخ به سوالات طرح شده، چه اطلاعاتی لازم است و چگونه می‌توان آنها را به طور کامل ارائه کرد؟
- کدام رویکرد برای تفسیر نتایج مورد استفاده قرار خواهد گرفت؟
- پیامد مطالعه چگونه می‌تواند متناسب نیازهای حامی مطالعه (یا سهام‌داران) سفارشی‌سازی شود؟

اطلاعات اولیه را می‌توان با طرح سوالات زیر تعیین کرد:

- در حال حاضر، چه اطلاعاتی در مورد جایگاه کنونی و پیشین (به خصوص کاربری زمین، مدیریت) و مشخصات خاک معلوم است؟
- چه اطلاعاتی موجود نیست؟ آیا می‌توان آنها را به دست آورد؟
- از نظر منابع (به عنوان مثال پیشین) با چه کسی باید تماس گرفته شود؟
- آیا مشکلات قانونی برای مثال در ورود به جایگاه‌ها وجود دارد؟
- آیا باید پارامترهای دیگری غیر از پارامترهای بیولوژیکی، در همان جایگاه و همان زمان اندازه‌گیری شوند، یعنی آیا برهم‌کنش‌های (منفی) از برنامه‌های مختلف نمونه‌برداری انتظار می‌رود؟
- آیا جایگاه قبلا مورد بازدید قرار گرفته است؟

راهبرد مطالعه را می‌توان با سوالات زیر تکوین نمود:

- چگونه محدوده‌ها[2] در زمان و مکان ناحیه(ها) مورد بررسی، تعیین می‌شوند؟

1-Composite samples
2-Delineation

- کدام گروه‌های ارگانیسمی و نقاط نهایی اندازه‌گیری برای نیل به هدف مطالعه مناسب هستند؟
- از کدام الگوهای نمونه‌برداری، نقاط نمونه‌برداری، زمان‌های نمونه‌برداری، عمق‌های نمونه‌برداری باید استفاده شود؟
- آیا روش‌های مشخص شده در استانداردها می‌توانند برای همه فعالیت‌ها به کار گرفته شوند؟

تصمیمات لازم در مورد نمونه‌برداری و آنالیز را می‌توان با پاسخ دادن به سوالات زیر اخذ کرد:

- آیا نمونه‌برداری می‌تواند مطابق با استاندارد مربوطه انجام شود یا انحراف‌هایی از آن وجود دارد؟
- ارتباطات با کارکنان مسئول ارائه و آنالیز نمونه چگونه هماهنگ می‌شود؟
- از چه روش‌های ارزیابی آماری استفاده خواهد شد؟
- آیا نمونه‌برداری مطابق با تجزیه و تحلیل داده‌های اخیر است؟
- آیا هنگام مطالعهٔ مواد بیولوژیکی، پرداختن به سطح مناسب آرایه‌شناختی ممکن است؟
- مستندات، چگونه سامان‌دهی می‌شوند؟

به سوالات زیر در مورد ایمنی باید پاسخ داده شود:

- آیا همهٔ اقدامات احتیاطی لازم در جایگاه در نظر گرفته شده است؟
- آیا اطلاعات مربوط به مالکان‌زمین، مقامات محلی[1] و غیره قابل اطمینان است؟
- آیا الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲، به عنوان راهنمای موارد ایمنی در برنامه‌های نمونه‌برداری، و همچنین موضوعات ایمنی ذکر شده در قسمت‌های ۱، ۲ و ۵ مجموعه استانداردهای ۱۰۹۶۲ و استاندارد ISO 23611-4 برآورده می‌شوند؟

به سوالات زیر در خصوص گزارش نمونه‌برداری باید پاسخ داده شود:

- آیا انحرافی از محتوای اساسی گزارش مطالعه، به صورتی که در این استاندارد مشخص شده است، وجود دارد؟
- آیا اطلاعات بیشتری مورد نیاز است؟
- چگونه می‌توان مطمئن شد که هر گونه انحراف بعدی از این استاندارد، یا برنامه مطالعه مستند شده و توزیع می‌شود؟ در بندهای ۵ تا ۸، به این پرسش‌ها، پاسخ داده شده است.

۵ هدف نمونه‌برداری

۵-۱ کلیات

تحقیقات بیولوژیکی خاک به تعدادی از سوالات مختلف مربوط به وضعیت بی‌مهرگان موجود در، یا بر روی خاک (از جمله بسیاری از گونه‌های مختلف متعلق به گروه‌های مختلف تغذیه‌ای، آرایه‌شناختی، فیزیولوژیکی یا کارکردی و متعلق به طبقات مختلف اندازه)، می‌پردازد که اغلب به نوعی تحت تاثیرات انسان‌زاد هستند، یا به دنبال این تاثیرات بررسی می‌شوند. در مورد سوالات بوم‌سم‌شناختی[2]، معمولا از آزمون‌های آزمایشگاهی برای

1-Local authorities
2-Ecotoxicological

مطالعهٔ اثرات چنین تاثیراتی (به عنوان مثال مواد شیمیایی اضافه شده به خاک) بر روی بی‌مهرگان و به این ترتیب، در حالت کلی بر روی کیفیت خاک، استفاده می‌شود. چنین روش‌هایی در استاندارد ISO 15799 معرفی شده است، در ضمن، ارزیابی نتایج آزمون در استاندارد ISO 17616 مورد بحث قرار گرفته است. راهنمایی‌های بیشتر در مورد نمونه‌برداری، جمع‌آوری، حمل و نقل و آماده‌سازی خاک آلوده‌شده برای آزمون‌های بیولوژیکی (یعنی بوم‌سم‌شناختی) در مرجع [۲۱] کتاب‌نامه ذکر شده است. این امر به ویژه برای شناسایی و تعیین خصوصیات مهم خاک‌های مرجع میدانی که برای تعیین مقادیر مرجع بیولوژیکی لازم هستند، حائز اهمیت است. به عنوان نمونه: مثال‌ها در پیوست الف (مطالعات موردی) فراهم شده است.

۵-۲ ملاحظات عمومی

همان طور که در مقدمه ذکر شد، اهداف اصلی نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک به شرح زیر از هم تمایز داده می‌شوند:

- کارایی تعیین مشخصاتِ ویژهٔ جایگاه و ارزیابی زمین آلوده‌شده؛
- مطالعه اثرات جانبی بالقوهٔ تاثیرات انسان‌زاد (به عنوان مثال استفاده از مواد شیمیایی یا ساخت جاده‌ها)؛
- طبقه‌بندی بیولوژیکی و ارزیابی خاک‌ها به منظور تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک‌ها؛
- پایش زیست‌جغرافیایی بلندمدت در بافتار حفاظت از طبیعت یا احیای آن، از جمله تغییرات جهانی (به عنوان مثال همان طور که در LTER ذکر شده است).

هر چهار هدف مذکور، به درجه‌های مختلفی، تعیین مقادیر مرجع بیولوژیکی (یا خط مبنا[1]) را دربرمی‌گیرند، به این معنی که باید این نکته را روشن کنند که چه جامعه‌ای از ارگانیسم‌های خاک، در خاک خاصی وجود دارد، با این فرض که هیچ‌گونه تاثیرات انسان‌زادی در آن جا وجود ندارد. از آن جا که این پیش‌شرط، در بسیاری از خاک‌ها (اگر نتوان گفت همه خاک‌ها)، تامین نمی‌شود، چنین حالتِ نرمالی باید مشخص شود، به عنوان مثال از طریق نمونه‌برداری از خاک‌های مرجع. این خاک‌ها بر اساس معیارهایی مثل معرف بودن برای مناطق خاص یا اَشکال کاربری زمین یا نبود آلودگی، انتخاب می‌شوند [۱۴].

کاربری خاک و جایگاه، بسته به هدف اصلی تحقیقات، از نظر اهمیت متفاوت هستند. نتایج به دست آمده از نمونه‌برداری می‌تواند نیاز به تحقیقات بیشتر را عیان کند، به عنوان مثال آلودگی تشخیص داده شده، می‌تواند نیاز به شناسایی و ارزیابی عوامل خطرزا[2] و ریسک‌های بالقوه را آشکار سازد. با این حال، این استاندارد برای ارزیابی چنین عوامل خطرزا و ریسک‌هایی کاربرد ندارد. علاوه بر این، روش‌های گیر و بازگیر[3] - در حالی که اغلب در اکولوژی برای بی‌مهرگان زمینی روی زمین استفاده می‌شود (به عنوان مثال برای *عنکبوت‌ها*، [۲۶])- به ندرت در طرح‌های پایش عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرند، و از این رو، در این استاندارد، پوشش داده نشده‌اند.

1-Base-line
2-Hazard
3-Capture-recapture methods

بررسی بی‌مهرگان خاک، اغلب بخشی از برنامه‌های پایش کلی را تشکیل می‌دهد که در آنها، پارامترهای بیولوژیکی دیگر (عمدتا میکروبی)، و همچنین پارامترهای خاک‌شناسی، آب و هوایی و احتمالا کشاورزی منظور شده است. اگر چنین برنامه‌های پایش با فواصل منظمی انجام شود، جایگاه‌های نمونه‌برداری دائمی باید تعیین شود. در این صورت، تلاش‌های اضافی به منظور اطمینان‌بخشی به تبادل موثر اطلاعات، الزامی می‌گردد. نمونه‌برداری معمولا در ناحیه ریشه‌دهی اصلی[1] (نمونه‌برداری در عمق‌های زیادتر انجام نمی‌شود، چرا که بیشتر بی‌مهرگان خاک در عمق cm ۳۰ از سطح خاک زندگی می‌کنند) انجام می‌گیرد. از افق‌ها یا لایه‌های خاک می‌توان به طور جداگانه نمونه‌برداری کرد (در چنین حالتی، نمونه‌ها باید مطابق آنها برچسب‌گذاری شوند). به منظور حمایت کافی از اقدامات قانونی یا مقرراتی، باید به همهٔ جنبه‌های تضمین کیفیت توجه خاص مبذول شود. راهنمای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۰۹۶۲ به طور اخصّ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. پس از تبیین مهم‌ترین پیش‌شرط‌ها، چهار گروه از اهداف اصلی که به طور خلاصه در بالا ارائه شد، در زیر بندهای زیر معرفی شده‌اند. با این حال، باید اذعان کرد که، در واقع، یک مطالعهٔ خاص می‌تواند در بیش از یکی از این گروه‌ها جای گیرد.

۵-۳ پیش‌شرط‌ها

قبل از طراحی یک مطالعهٔ میدانی با بی‌مهرگان خاک، قویا توصیه می‌شود که مشخصات منطقه مربوطه از نظر خاک‌شناسی، تعیین گردد[۴۳]. بسته به اهداف اصلی، معمولا لازم است که مشخصات بدنهٔ خاک[2] یا بخشی از آن تعیین شود.

- ماهیت، غلظت‌ها و توزیع موادی که به طور طبیعی یافت می‌شوند،
- ماهیت، غلظت‌ها و توزیع آلاینده‌ها،
- خصوصیات و تغییرات فیزیکی و شیمیایی،
- تاثیرات انسان‌زاد در آن جایگاه، به‌ویژه کاربری زمین (از جمله پوشش گیاهی).

اغلب، لازم است که تغییرات حاصل از فعالیت‌های انسان‌زاد یا طبیعی (به عنوان مثال آب و هوایی) در متغیرهای فوق‌الذکر برحسب زمان و مکان (به صورت عمودی، افقی)، لحاظ شود.

علاوه بر این، باید pH، توزیع اندازهٔ ذرات، نسبت C/N، محتوای ماده آلی و کربن آلی، محتوای ازت کل، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری آب در خاک، به ترتیب مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۴، استاندارد ISO 10694، استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۷۴، استاندارد ISO 11272، استاندارد ISO 11274، استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۱، استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۹۹۱، استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۶، استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۵، استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۳۱، و استاندارد ISO 17616 تعیین شوند.

1-Main rooting zone
2-Body of soil

۵-۴ کارایی ارزیابی ویژه جایگاه از زمین آلوده‌شده

هنگامی که زمین با مواد شیمیایی و مواد دیگری که به طور بالقوه به عنوان آلاینده‌ها در محیط زیست عمل می‌کنند، آلوده می‌شود، لازم است که مطالعه‌ای به عنوان بخشی از ارزیابی ریسک و/یا عامل خطرزا انجام شود. این مطالعه شامل تعیین ماهیت و میزان آلودگی، برای شناسایی عوامل خطرزای مرتبط با آلودگی، برای شناسایی اهداف بالقوه و راه‌های مواجهه[1] و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی مرتبط با کاربری کنونی و آتی از جایگاه و زمین مجاور است. برنامهٔ نمونه‌برداری برای ارزیابی ریسک همچنین می‌تواند در انطباق با الزامات قانونی یا مقرراتی باشد، توجه دقیق به یکپارچگی نمونه توصیه می‌شود. در مرجع [۲۱] کتاب‌نامه، مزایا و محدودیت‌های پارامترهای بیولوژیکی به عنوان مولفهٔ ارزیابی زمین آلوده‌شده، بیان شده است.

۵-۵ بررسی عوارض جانبی بالقوه تاثیرات انسان‌زاد

نمونه‌برداری معمولا به دنبال یک اثر انسان‌زاد از قبیل ورود ماده‌ای نامطلوب (به طور عمده مواد شیمیایی) می‌تواند درخواست شود، ماده می‌تواند از منبع نقطه‌ای[2] یا از منبع غیرمتمرکز[3] وارد شود. مثال دیگر می‌تواند جاده‌سازی باشد. طراحی مطالعه لازم است به طور ویژه برای جایگاه صورت پذیرد. نمونه‌برداری همچنین می‌تواند قبل از هر فعالیتی برای تعیین شرایط خط‌مبنا، مورد نیار باشد که ممکن است بر ترکیب یا کیفیت خاک تاثیر بگذارد.

یادآوری- چنین نمونه‌برداری خط‌مبنا می‌تواند به عنوان بخشی از طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک (به بند ۵-۴ مراجعه کنید) انجام شود.

۵-۶ طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک‌ها به منظور تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک

این طبقه‌بندی به طور معمول می‌تواند در فواصل زمانی (نامنظم) برای تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک برای مقاصد خاص (به عنوان مثال به عنوان بخشی از یک برنامه غربال‌گری بزرگ‌مقیاس یا در بافتار فعالیت طرح‌ریزی محلی) انجام شود. هر چند تاکنون، به ندرت این کار در زیستگاه‌های زمینی (به جز در مورد گیاهان)، انجام شده است، اطلاعات به دست آمده از این طریق می‌تواند برای تهیه نقشه‌های بیولوژیکی خاک، [۸] مورد استفاده قرار گیرد.

یادآوری- مطالعهٔ کیفیت بیولوژیکی خاک نیز می‌تواند برای تعیین «شرایط خط‌مبنا» در بافتار ارزیابی تاثیرات انسان‌زاد (به بند ۵-۳مراجعه کنید) یا تغییرات بلندمدت مانند گرم شدن کره زمین (به بند ۵-۷ مراجعه کنید) مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۷ پایش زیست‌جغرافیایی در زمینهٔ حفاظت از طبیعت یا احیای آن

در نهایت، اطلاعات به دست آمده از برنامه‌های نمونه‌برداری موجب گسترش دانش در زیست‌جغرافیای ارگانیسم‌های خاک می‌شود، که در زمینهٔ حفاظت از طبیعت به ویژه در رابطه با تغییرات بلندمدت مانند گرم شدن کره زمین، لازم است. تاکنون، تنها معدودی از بی‌مهرگان خاک (به طور عمده *سوسک‌ها* یا سایر حشراتی که مرحله لاروی خود را در خاک می‌گذرانند) در فهرستِ قرمزِ گونه‌های در معرض ریسک، قرار داده شده است.

1-Exposure
2-Point source
3-Diffuse source

همچنین دلایل کمی در خصوص ریشه‌کن شدن چنین گونه‌هایی در دوران مدرن وجود دارد. با این حال، در هر دو مورد، این واقعیت عمدتا ناشی از سطح اندک دانش دربارهٔ این گونه‌هاست؛ بسیاری از گونه‌ها ممکن است بی‌آن که مرجعی، متوجه قضیه شده باشد، از بین رفته باشند. برنامه‌های نمونه‌برداری نیز می‌تواند تعیین کند که آیا مجموعه‌های بیولوژیکی خاکِ (ویژه جایگاه) مورد انتظار در منطقه‌ای، در حین احیای طبیعت، یا پس از اقدامات اصلاحی[1] (کنترل موفقیت‌ها) ایجاد شده است یا نه.

۶ نمونه‌ها و نقاط نمونه‌برداری

۶-۱ کلیات

انتخاب، محل و آماده سازی نقاط نمونه‌برداری، بستگی به اهداف بررسی، اطلاعات اولیهٔ در دسترس و شرایط محل[2] دارد. خصوصیات خاک، وجود ارگانیسم‌ها و آلودگی به طور مداوم از نظر فضایی متغیر هستند؛ ارقام در نقاطی که نزدیک به هم هستند، شباهت بیشتری دارند تا در نقاطی دورتر و این وابستگی فضایی را می‌توان با استفاده از زمین‌آمار[3] توصیف کرد، [۴۳]. زمین‌آمار در تکوین راهبردهای نمونه‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از خاک نمونه‌برداری شده، کاربرد دارد [۴۱]. در این بند که از واژه‌شناختی مورد استفاده در پیوست C استاندارد ISO 10381-1: 2002، بهره گرفته شده است، چندین گزینه (استاندارد) و مواردی که باید در نظر گرفته شوند، طرح شده است.

۶-۲ الگوهای نمونه‌برداری

الگوهای نمونه‌برداری بر اساس برآورد توزیع بی‌مهرگان خاک، در ناحیه‌ای است که قرار است نمونه‌برداری شود. چندین الگوی توزیع می‌تواند تمایز داده شود (البته با انواع بینابینی):

- بدون توزیع خاص (به عنوان مثال به صورت تصادفی)،
- توزیع همگن (احتمالا بسیار نادر)،
- توزیع کپه‌ای[4]،
- توزیع متغیر مطابق با گرادیان[5] مورد نظر (خطی یا متحدالمرکز).

طراحی نمونه‌برداری باید مطابق با الگوی توزیع یا شرایط قابل مشاهده محلی (مورد انتظار به لحاظ نظری) که برخی از الگوها را محتمل‌تر می‌نماید، تنظیم شود. اگر در منطقه‌ای که قرار است نمونه‌برداری شود، از نظر خصوصیات مهم، مانند کاربری زمین، شرایط خاک، ژئومورفولوژی، الگوهای پوشش گیاهی، تفاوت‌هایی مشاهده شود، جایگاه باید با توجه به این تفاوت‌ها به اجزای فرعی تقسیم شود و نمونه‌های جداگانه باید از زیرجزءهای «همگن» (روش نمونه‌برداری لایه‌ای) برداشته شود.

1-Remediation measures
2-On-site conditions
3-Geostatistics
4-Clumped distribution
5-Gradient

در نمونه‌برداری‌های کشاورزی یا جنگل‌داری، تعداد کمی از الگوهای نمونه‌برداری متعارف به منظور به دست آوردن اطلاعات از مناطق بزرگتر تهیه شده است. نمونه‌هایی از چنین الگوهایی به طور خلاصه در زیر شرح داده شده است (برای آگاهی از جزئیات بیشتر به استاندارد ISO 10381-4 مراجعه کنید):

- الگوهای سیستماتیک (نمونه‌برداری نامنظم):
  - با فرض توزیع نسبتا همگن، چنین نمونه‌برداری می‌تواند با استفاده از الگوهای شبیه «N»، «S»، «W» یا «X» انجام شود. نمونه‌برداری مورب[1] به شکل «X» به طور خاص متداول است، اما باید در این مورد، از اریبی جدی و واضح به سمت منطقه مرکزی آگاه بود. عبور از منطقه با «الگوی زیگزاگ» روشی دیگر از کاربرد الگوی غیرسیستماتیک است.
  - برای مناطقی که به طور دائم تحت پایش قرار دارند، در الگوی مورب «X» اصلاحاتی ایجاد شده است، به این ترتیب که مساحتی حدود m^2 ۱۰۰۰ به چهار مربع، هر کدام به مساحت m^2 ۲۵۰ تقسیم شده است. در هر یک از این چهار مربع، ۱۸ نمونه با الگوی «X» برداشته می‌شود. با چرخش «X»، می‌توان هشت بار از منطقه نمونه‌برداری کرد.
- شبکه‌های مدور:
  - این الگو که ندرتا کاربرد می‌یابد، هنگام مطالعه تاثیر یک منبع انتشار منطقه‌ای (به عنوان مثال ترسیب از کارخانه‌های صنعتی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمونه‌برداری در مقطع دایره‌های متحدالمرکز و خطوط هشت نقطه اصلی قطب‌نما انجام می‌گیرد.
- نمونه‌برداری منظم (شبکه‌های منظم):
  - نمونه‌ها از مرکز تعدادی از مربعات پوشش‌دهنده کل منطقهٔ مورد توجه برداشته می‌شود (نمونه‌برداری در تقاطع خطوط شبکه نیز ممکن است). ابعاد شبکه بستگی به جزئیات مورد نیاز دارد.
- نمونه‌برداری تصادفی:
  - انتخاب نقاط نمونه‌برداری با استفاده از برنامه تصادفی‌سازیِ مناسب، آسان است، اما از نقاط ضعف آن می‌توان از پوشش نامنظم و دشوار بودن درون‌یابی بین نقاط نمونه‌برداری نام برد. به منظور به حداقل رساندن این مشکل، گاهی اوقات نمونه‌برداری تصادفی‌شدهٔ لایه‌ای انجام می‌شود. با این روش، کل منطقه به تعدادی از سلول‌های شبکه‌ای تقسیم می‌شود و شمار معینی از نقاط نمونه‌برداری توزیع شده به طور تصادفی، در هر مربع انتخاب می‌شود. در نهایت، نمونه‌برداری تصادفی نامنظم[2] بر روی یک شبکه منظم انجام می‌شود، به این معنی که فقط یکی از این دو مختصات هر نقطهٔ نمونه‌برداری در شبکهٔ منظم به طور تصادفی انتخاب می‌شود.
- نمونه‌برداری منظم بر روی یک شبکهٔ غیرمستطیلی:

1-Diagonal sampling
2-Unaligned random sampling

- در مورد شبکه‌های مثلثی متساوی الاضلاع، هر نقطهٔ شبکه، همجوار با سه نقطهٔ شبکه، در فاصله‌ای منحصر به‌فرد قرار دارد.

۳-۶ انتخاب و شناسایی محل نمونه‌برداری

انتخاب محل‌های نمونه‌برداری بستگی به اهداف مطالعه، اطلاعات اولیه، و شرایط جایگاه دارد [۴۳]. نمونه‌هایی از شرایط جایگاه، که باید هنگام طراحی راهبرد نمونه‌برداری در نظر گرفته شود، عبارتند از: توپوگرافی محلی[1]، شرایط آب و هوایی، پوشش گیاهی (به خصوص درختان)، نوع خاک و/یا مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک و، حسب اقتضا، محل منبع آلاینده (نقطه‌ای یا غیرنقطه‌ای) یا مسیر آلودگی [۲۱].

شناسایی نقاط نمونه‌برداری همیشه لازم نیست. با این حال، مواقعی که نمونه‌ها در نقاط از پیش تعریف شده گرفته می‌شوند، محل و شناسایی دقیق آنها به دلایل زیر مهم است:

- برای امکان‌پذیر کردن بازدید مجدد از مکان‌های فعلی نمونه‌برداری چنان چه ضرورت ایجاب نماید، (خاطر نشان می‌شود که نمونه‌برداری از بی‌مهرگان معمولا مخرب است، یعنی تکرار دقیق آن امکان‌پذیر نیست)؛
- برای شناسایی کامل نمونه‌ها، هنگامی که نمونه‌های بیشتری برداشته می‌شود؛
- برای امکان‌پذیر کردن ترسیم دقیق داده‌ها در رابطه با ویژگی‌های جایگاه (به عنوان مثال خصوصیات خاک یا غلظت آلاینده‌ها)؛
- برای آماده‌سازی نقشه‌ها یا مطالعات مدل‌سازی.

نقشه‌های اولیه[2] و عکس‌ها (از جمله مقیاس و نشانگر جهت) باید در میدان تهیه شود. محل‌های نمونه‌برداری باید با درستی[3] مناسبی تعیین شود. استفاده از GPS قویا توصیه می‌شود. محل نقاط نمونه‌برداری باید قبل از آغاز نمونه‌برداری، با استفاده از تیرها[4] یا نشانگرهای افشانه‌ای رنگی مشخص شود.

۴-۶ آماده‌سازی جایگاه نمونه‌برداری

بسته به هدف بررسی، الگوی نمونه‌برداری در مرحله طراحی انتخاب شده و پس از آن در میدان مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس، جایگاه آماده می‌شود، برای مثال: انجام اقدامات ایمنی یا نصب نشان‌گرها برای نقاط دقیق نمونه‌برداری. چنان چه گرفتن نمونه در محل برنامه‌ریزی شده به دلایل مختلف (برای مثال وجود درختان، سنگ‌ها، یا مشکلات دسترسی) ممکن نباشد، این کار بسیار وقت‌گیر خواهد شد. طرح‌های احتمالی[5] برای کنار آمدن با چنین موقعیت‌هایی باید از قبل تهیه شوند (تصمیم‌گیری موردی[6] در میدان می‌تواند به اریبی منجر شود). نحوهٔ عمل بستگی به شرایط محیط دارد: محقق می‌تواند از آن نقطه چشم‌پوشی کند، یا محل جایگزین می‌تواند در نزدیکی آن (به عنوان مثال در محدوده ٪ ۱۰ فاصله‌گذاری شبکه‌ای دور از محل اصلی) انتخاب شود.

1-Local topography
2-Sketch maps
3-Accuracy
4-Poles
5-Contingency plans
6-Ad hoc decisions

در هر حالت، مواقعی که نقطهٔ نمونه‌برداری باید دوباره مکان‌یابی شود، این کار و دلیل مکان‌یابی مجدد باید به وضوح در گزارش ذکر شود.

۶-۵ توصیه‌های کلی بیشتر در مورد کارایی نمونه‌برداری

جزئیات عملکرد نمونه‌برداری در استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱-۱۰۹۶۲، ۲-۱۰۹۶۲، ۳-۱۰۹۶۲، ۵-۱۰۹۶۲، و استاندارد ISO23611-4 ارائه شده است. با این حال، برخی از توصیه‌های عمومی نیز در زیر ارائه می‌شود:

در مناطق کوهستانی یا مناطق تپه‌ماهوری با شیب‌های زیاد، نیاز به ملاحظات خاصی قبل از شروع نمونه‌برداری است. هیچ‌گونه توصیهٔ عمومی را نمی‌توان در مورد عمقی که باید نمونه‌ها تهیه شوند، ارائه داد. این امر به اهداف مطالعه و گروه‌های ارگانیسم‌های مربوطه‌ای که قرار است نمونه‌برداری شود، بستگی دارد. مورد ذکرشده برای زمان‌بندی و فواصل نمونه‌برداری نیز مصداق دارد. علاوه بر این، مقدار نمونه به طور قابل توجهی مطابق با روش مورد استفاده متفاوت است (از حدود ۱۰۰ گرم تا پنج کیلوگرم، برای اطلاعات بیشتر به مرجع [۲۱] کتاب‌نامه مراجعه کنید). در اغلب دستورالعمل‌های نمونه‌برداری برای تحقیقات کشاورزی (از جمله تحقیقات میکروبی)، نمونه‌های مرکب توصیه می‌شود، در حالی که برای مطالعه بی‌مهرگان خاک، معمولا نمونه‌های انفرادی برداشته می‌شود. اطلاعات دیگر مربوط به انجام نمونه‌برداری (به عنوان مثال ظروف نمونه، حمل و نقل و نگهداری نمونه‌ها و حفاظت از حیوانات) در استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱-۱۰۹۶۲، ۲-۱۰۹۶۲، ۳-۱۰۹۶۲،۵-۱۰۹۶۲، و استاندارد ISO23611-4 بیان شده است و، برای آگاهی از نمونه‌برداری در خاک‌های آلوده، مراجعه به مرجع [۲۱] کتاب‌نامه توصیه می‌شود. در هر صورت، هر نمونه باید به وضوح مشخص شده و بدون اشتباه نشانه‌گذاری شود و محل آنها در میدان یادداشت شود. بهتر است برچسب‌گذاری، هم در داخل و هم در خارج ظروف انجام شود.

در نهایت، اگر برنامهٔ نمونه‌برداری برای مقاصد قانونی انجام می‌شود، همهٔ داده‌های خام به دست آمده باید مطابق با برنامه‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت محلی (به بند ۱۰مراجعه کنید) جمع‌آوری شده باشد، به این معنی که، برای مثال، به منظور تسهیل مستندسازی داده‌ها، از فرم‌های خاص (به عنوان مثال فرم‌های زنجیره حفاظت[1] مورد استفاده در طول حمل و نقل نمونه‌ها از میدان تا آزمایشگاه) استفاده شود.

۷ ملاحظات عملی برای نمونه‌برداری بیولوژیکی از خاک‌ها

۷-۱ کلیات

الزامات مورد نیاز برای کارکنان نمونه‌برداری و برای اقدامات احتیاطی لازم در موقعیت‌های مختلف باید مورد توجه قرار گیرد (به استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲ مراجعه کنید).

1-Chain-of-custody forms

۲-۷ تمهیدات رسمی

همه اطلاعات مهم در مورد برنامه نمونه‌برداری باید در طرح نمونه‌برداری نهاده شده باشد، که راهنمای خاصی را برای روش‌ها و راهبردها برای داده‌ها و جمع‌آوری نمونه به دست می‌دهد. طرح نمونه‌برداری باید - حداقل - شرح هدف مطالعه، تعیین مشخصات جایگاه، شرح طراحی تجربی، روش اجرایی نمونه‌برداری، و نقاط نهایی که قرار است اندازه‌گیری شود، را دربرگیرد . در حال حاضر در این مرحله، علاوه بر کارکنان با تجربه در اکولوژی خاک، باید با کارشناسانی از حوزه‌های دیگر، مانند مدیران جایگاه، متخصصان آمار یا خاک‌شناسان، نیز مشورت شود.

در هر صورت، توصیه می‌شود فهرست بازبینی نمونه‌برداری، و همچنین فهرست بازبینی ثبت مشاهدات از میدان تهیه شود[۲۱]. فهرست اول شامل طرح نمونه‌برداری، و همچنین اطلاعات دقیق در مورد محل جایگاه، محل‌های نمونه‌برداری، وسایل و روش‌های اجرایی نمونه‌برداری، مواد و ابزارهای مستندسازی، مواد بسته‌بندی و ذخیره‌سازی و تجهیزات عمومی میدان از جمله تجهیزات بهداشتی و ایمنی است. فهرست دوم شامل فرم‌های آماده و غیره در مورد نمونه‌برداری خاک، جابه‌جایی نمونه، اندازه‌گیری‌های میدانی، مشاهدات در محل و فرم‌های ذخیره‌سازی و حمل و نقل است.

۳-۷ الزامات در مورد کارکنان نمونه‌برداری و احتیاطات ایمنی

در طراحی برنامهٔ نمونه‌برداری، لازم است تجربهٔ نمونه‌برداریِ کارکنان و توانایی آنها برای مشارکت در طراحی برنامهٔ نمونه‌برداری با توجه به نیازهای تحقیق لحاظ شود (به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ مراجعه کنید). بهتر است نمونه‌برداری توسط فردی با تجربه یا یکی دیگر از افراد واجد شرایط مناسب انجام شود. نمونه‌بردار باید وارد به تکنیک‌ها و ابزارهای مورد استفاده باشد (به استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۹۶۲مراجعه کنید). نمونه‌برداری به کار گروهی بستگی دارد. مسئولیت‌ها باید در همه مراحل عملیات نمونه‌برداری هم در میدان و هم در دفتر کار، شفاف و مشخص باشد. کارکنانی که داخل جایگاه کار می‌کنند، باید دانش کافی در مورد احتیاط‌های ضروری ایمنی، به خصوص هنگام نمونه‌برداری از جایگاه‌های آلوده‌شده داشته باشند (به استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲ مراجعه کنید).

۴-۷ بررسی اولیه

۱-۴-۷ کلیات

بررسی مقدماتی، باید قبل از هر برنامهٔ نمونه‌برداری انجام شود، هر چند تلاش اختصاص یافته به آن بستگی به هدف تحقیق دارد. این بررسی باید همیشه شامل مطالعه کتابخانه‌ای (دفتری)[1] (به بند ۷-۴-۲ مراجعه کنید) و بازدید از جایگاه باشد. علاوه بر این، نمونه‌برداری به صورت محدود ممکن است انجام شود (به بند ۷-۴-۳ مراجعه کنید). اهداف اصلی مطالعهٔ مقدماتی، به دست آوردن دانش در مورد وضعیت موجود جایگاه، و فعالیت‌های سابق بر روی جایگاه و زمین‌های مجاوری است که می‌تواند بر آن تاثیر گذاشته باشد، به این ترتیب، برنامه نمونه‌برداری که قرار است طراحی شود، می‌تواند از لحاظ فنی اثربخش بوده، مقرون به صرفه باشد. علاوه

1-Desk-top study

بر این، اقداماتی باید شناسایی شود که برای حفظ سلامتی و ایمنی کارکنان بررسی‌کننده و محیط زیست لازم است.

اطلاعات دیگر مربوط به اجرای برنامهٔ نمونه‌برداری نیز ممکن است جمع‌آوری می‌شود (به عنوان مثال وسایل دسترسی، در دسترس بودن برق). همچنین باید اطمینان حاصل شود که همه مجوزهای لازم برای انجام بررسی مقدماتی (به عنوان مثال برای دسترسی به جایگاه) اخذ شده است. چنین اطلاعاتی هنگام انجام تحقیقات برای ارزیابی ریسک اهمیت و ارتباط بیشتری می‌یابند.

۷-۴-۲ مطالعه کتابخانه‌ای

این مرحله شامل مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به جایگاه، به عنوان مثال ارجاع به محل، زیرساخت‌ها، اطلاعات بهره‌برداری یا تاریخی است. منابع احتمالی این اطلاعات نشریات، نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای از دفاتر مطالعاتی زمین، بررسی‌های زمین‌شناسی، کمیسیون‌های بازرسی صنعتی، کمیسیون‌های استخراج معادن، بایگانی‌های منطقه‌ای، یا مراجع کشاورزی و جنگل‌داری هستند (اما به آنها محدود نمی‌شوند). اطلاعات در مورد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و توزیع فضایی احتمالی پارامتر(های) خاک مرتبط با بررسی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، اطلاعات اکولوژیکی (مانند اطلاعات زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، گیاه‌شناسی، و طبقه‌بندی خاک‌شناسی جایگاه) باید جمع‌آوری شود. در برخی موارد طبقه‌بندی جایگاه از نظر بوم‌منطقه‌ای[1] یا بوم‌ناحیه‌ای[2] خاص نیز ممکن است انجام شود.

۷-۴-۳ بازدید از جایگاه

بهتر است بازدید از جایگاه، همراه با مطالعه کتابخانه‌ای باشد. بسته به وضعیت محل و اهداف مطالعه، باید فرد با تجربه‌ای برای این منظور انتخاب شود. چنین بازدیدهایی، دید اولیه‌ای در مورد ارتباط بین نقشه‌های موجود و واقعیت جایگاه به دست می‌دهد و اطلاعات اضافی دیگری را در مدت زمان نسبتا کوتاهی فراهم می‌کند. اغلب در طول بررسی‌های اولیه، نمونه‌ها برداشت نمی‌شوند. اما اگر این کار انجام شود، معمولا به منظور دستیابی به نمایی کلی در مورد نوع خاک است تا بتوان تجهیزات مناسب را برای فعالیت‌های بعدی انتخاب نمود (همچنین به استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۵-۱۰۹۶۲ و ۶-۱۰۹۶۲ و استاندارد ISO 10381-4 مراجعه کنید). به عنوان مثال، غربال‌گری نمونه‌های خاک با استفاده از مغزه‌گیر Pürckhauer [3] می‌تواند انجام شود تا آشنایی با پروفایل خاک و ناهمگنی[4] خصوصیات خاک حاصل شود. وجود سیاهه‌ای از گونه‌های شاخص گیاهی به عنوان بخشی از بررسی پوشش گیاهی نیز می‌تواند مفید باشد. خروجی بررسی اولیه می‌تواند اولین نقشه یا نقشه اضافی از جایگاه، و همچنین تلفیق همه اطلاعات موجود در قالب یک گزارش باشد.

نقشه‌ها را می‌توان با یکی از دو روش زیر آماده کرد:

1-Ecoregion
2-Ecozone
3-Corer pürckhauer
4-Heterogeneity

- شبکهٔ نمونه‌برداری بر روی نقشهٔ موجود ترسیم می‌شود. واحدهای نمونه‌برداری مطابق با نتیجهٔ نمونه‌برداری مربوطه رنگی می‌شوند.
- برنامه‌های کارتوگرافی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا درون‌یابی بین نقاط نمونه‌برداری مجاور انجام شود.
مهم است که معلوم شود توپوگرافی منطقهٔ مورد بررسی و تراکم واحدهای نمونه‌برداری، استفاده از چنین الگوریتم‌هایی را میسر می‌نمایند.

۷-۵ بررسی اصلی

همان طور که قبلا ذکر شد، اهداف نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک می‌تواند بسیار متفاوت باشد، و در نتیجه تعداد و تنوع بیشتری از گزینه‌های طراحی به دست دهد. از آن جا که پوشش دادن همه این گزینه‌ها، در این قسمت، امکان پذیر نیست، در بند ۸ نمونه‌هایی همراه با مراجع برای بیشترین اهداف مورد استفاده، ذکر شده است.

همان طور که پیشتر در بند ۴ بیان شد، جوامع ارگانیسمی خاک با تغییرپذیری بالای جمعیتی در زمان و فضا (اما متفاوت بر اساس گروه خاص) تعیین مشخصه می‌شوند. در حالی که گزینه‌ها برای بررسی تغییرپذیری فضایی قبلا در بند ۶ مورد بحث قرار گرفت، پرداختن به موقع به تغییرپذیری در سطح کلی دشوار است.

این امر، به طور عمده به هدف مطالعه بستگی دارد (به این معنی که در بسیاری از موارد فقط یک نمونه‌برداری امکان‌پذیر است یا لازم است) اما به عنوان یک قاعدهٔ کلی می‌توان گفت که - در صورت امکان – دست‌کم دو نمونه‌برداری در سال‌های مختلف باید انجام شود.

از نقطه نظر ارزیابی، طراحی‌ها و روش‌های آماری مختلف، باید بسته به هدف مربوطه به کار برده شود. با این حال، برخی از توصیه‌های عمومی از این قرار است:

ارزیابی ریسک ویژهٔ جایگاه در زمین آلوده:

- به عنوان مثال، پس از حوادث تکی مانند نشت روغن: طراحی BACI [1](قبل - بعد - کنترل - تاثیرات) و به دنبال آن، آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) یا مدل خطی عام[2] (GLM) یا، در مورد منبع نقطه‌ای تاثیرات، طراحی گرادیان و به دنبال آن آنالیز رگرسیون یا آنالیز تناظر کانونی [3] (CCA).

بررسی عوارض جانبی بالقوهٔ تاثیرات انسان‌زاد (به عنوان مثال، استفاده از مواد شیمیایی یا جاده‌سازی):

- به عنوان مثال، معمولا طراحی بلوک یا فاکتوریل، و به دنبال آن ANOVA یا GLM.

طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک به منظور تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک یا پایش زیست‌جغرافیایی بلندمدت در بافتار حفاظت از طبیعت یا احیای آن:

- به عنوان مثال نمونه‌برداری معرف[4] با تعیین میانگین‌ها و برآورد خطا.

1-BACI-Design (before – after - control – impact)
2-General linear model
3-Canonical correspondence analysis
4-Representative sampling

۸ گزینه‌های طراحی برای نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک

۸-۱ مقدمه

بی‌مهرگان خاک طیف گسترده‌ای از انواع زی‌نمود[1] را پوشش می‌دهند که ساکن بسیاری از زیستگاه‌ها و کنام‌های[2] خاکی هستند که خودشان می‌توانند از نظر فضا-زمان[3] متغیر باشند [۴۰]. به همین دلیل، هیچ روش نمونه‌برداری نمی‌تواند کل زیاگان خاک را ارزیابی کند و روش‌های استانداردشدهٔ مختلفی برای ارزیابی گروه‌های مختلف زیاگان خاک از نظر آرایه‌شناختی، کارکردی یا تاریخچه‌ای لازم هستند [۲۰].

ارزیابی زیاگان خاک غالبا اهمیت آنها را به عنوان شاخص‌های واکنشی یا شاخص‌های تاثیراتی نشان می‌دهند که از آن طریق تغییرات در الگوهای پیشین حیات یا فراوانی گونه‌های انفرادی یا کل جوامع، تغییرات در بیولوژی، شیمی یا فیزیک خاک منعکس می‌شود [۵۹]. در صورت بهره‌گیری از آزمون انفرادی یا پایش گونه‌ها برای ارزیابی تاثیرات آلاینده‌های شناخته شده، این کار می‌تواند به طور مستقیم نشان داده شود، در صورت استفاده از گونه‌های انفرادی یا کل جوامع برای نشان دادن شرایط زیستگاهی یا تغییرات آنها، انعکاسی غیرمستقیم از تغییرات مشاهده خواهد شد، برای آگاهی‌های بیشتر به مراجع [۱۰]، [۶۰]، [۱۱]، [۱۳] مراجعه کنید. انعکاس غیرمستقیم به‌خصوص، معمولا در برنامهٔ حفاظت زیست‌محیطی از خاک و همچنین طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکیِ خاک، نمود پیدا می‌کند. در این راستا، معمولا کل جوامع آرایهٔ سطح بالاتر (مجموعه چندگونه‌ای یا تاکسوکوئنوزیز) یا رسته‌ها[4] (گروه‌های چندآرایه‌ای تعریف شده از نظر کارکردی) از نظر قابلیت یکپارچه‌سازی گونه‌های مختلف در پاسخ به درجات مختلفی از تاثیرات مشابه، یا به طور افتراقی از نظر عوامل مختلفِ زیستگاهی، ارزیابی می‌شوند [۳۲]، [۶۹]، [۴۴]،[۳۰]. با این کار، حجم اطلاعات در دسترس افزایش می‌یابد و ارزیابی یکپارچه، میسر می‌شود، البته ارزیابی پیچیده‌تر نیز می‌شود.

برای ارزیابی بیولوژیکی در سطح جامعه یا مشخصات خاک، آرایهٔ بررسی‌شده باید پیش‌نیازهای مهم را به شرح زیر، و به طور مطلوبی برآورده نماید (مراجع [۱۸]، [۱۹]، [۲۹]):

- ثبت کارآ و مقرون به صرفهٔ (مجموعه) افراد آرایه از طریق روش‌های استانداردشده،
- تراکم‌های متوسط تا بالا و غنای گونه‌ها،
- قابلیت اثبات‌پذیری بدون ابهام مراحل فعال،
- ارجاع بدون ابهام به یک زیستگاه با دقت تعریف شده با توجه به شعاع کم فعالیت،
- توانایی پاسخ‌گویی سریع به تغییرات زیست‌محیطی به علت ولتینیسم[5]سودمند (یک تا چندنسل در سال)،
- تعیین مشخصات خوب از زی‌نمودها، تقاضاهای تغذیه‌ای، تک‌بوم‌شناسی[6]، و غیره،
- حساسیت به تغییرات زیستگاهی، اختلال و آلاینده‌ها و غیره.

1-Life-form
2-Niches
3-Spatio-temporally
4-Guilds
5-Voltinism
6-Autecology

علاوه بر این، برای کاربری زیاگان خاک در سطح جامعه به عنوان شناساگرهای واکنشی در حفاظت زیست‌محیطی از خاک، یا طبقه‌بندی و ارزیابی بیولوژیکی خاک‌ها، نمونه‌برداری از میدان، باید گنجانده شدن داده‌های جمع‌آوری‌شده را در الزامات خاص، میسر سازد:

- به منظور میسر ساختن ارزیابی بیولوژیکی کامل خاک، مجموعه‌های گونه‌ای (تاکسوکوئنوزیز یا گروه کارکردی) باید طور نمونه‌برداری شوند که تا حد ممکن معرف جامعه باشند، و به این ترتیب از حذف گونه‌های مهم جلوگیری شود.

- از آنجا که گونه‌های میان‌زیاگان خاک، اغلب فراوان‌ترین گونه‌های *یوری‌توپیک*[1] و *یوری‌ئوکوس*[2] هستند [۷۴]، در نتیجه، اجازه تمایز شاخص‌گونهٔ کافی از جایگاه را میسر نمی‌سازند، نه تنها این گونه‌ها، بلکه به خصوص گونه‌های ثانویه یا فرعی[3]، باید در جوامع نمونه‌برداری‌شده گنجانده شوند (برای آگاهی از مشکلات خاص در هنگام استفاده از میان‌زیاگان، به مرجع [۳۷] کتاب‌نامه مراجعه کنید).

- در توزیع فضایی تک‌تک نمونه‌ها درون پلات[4]، باید توزیع ناهمگون[5] جوامع و گونه‌ها لحاظ شود (به توضیحات توضیحات زیرین مراجعه کنید).

- با وجود الزامات فوق‌الذکر، نمونه‌برداری باید همچنان مقرون به صرفه باقی بماند.

نمونه‌برداری در صورت وجود میان‌زیاگان شدیدا توده‌مانند خاک، پیچیده شده، باعث ناهمگنی زیاد فضایی و زمانی و به سبب آن توزیع غیرطبیعی از جمله شکاف‌ها و تکه‌های زیاد می‌شود، به مراجع [۳۵]، [۶۷]، [۲۲]، [۲۵]، [۲] کتابنامه مراجعه کنید.

مثال: میانگینی از ۲۵ تا ۳۵ مغزه خاک[6] (هر کدام به مساحت cm^2 ۷۶) برای به دست آوردن داده‌های معرف در خصوص خصوص تنوع آرایه‌شناختی بی‌مهرگان بزرگ خاک از جایگاه‌های جنگلی روسی، ضروری هستند [۵۸].

با این حال، نشانه‌هایی وجود دارد که در برخی از مناطق نمی‌توان چنین تعداد دقیقی را ارائه کرد: برای مثال، هنگام نمونه‌برداری از جوامع ریزبندپایان[7] در دشت آمازون، به نظر می‌رسد هر چه پلات‌های بیشتری مورد نمونه‌برداری قرار گیرد، گونه‌های بیشتری، ثبت می‌شود [۵۷]. این توزیع افقی ناهمگون از ارگانیسم‌های خاک موجب می‌شود هنگام طراحی نمونه‌برداری برای دستیابی به الزامات فوق‌الذکر، به ویژه از نظر کثرت[8] نمونه (تعداد نمونه‌ها) توجه خاصی مبذول شود. اکثر مطالعات شامل مصالحه‌ای بین کثرت نمونه‌برداری (دقت داده‌ها) و مقرون به صرفه‌گی آن است. تفاوت‌ها در طراحی نمونه، با این حال، می‌تواند موجب ناهمخوانی‌های مبتنی بر روش[9] در داخل داده‌ها شود، و از این طریق ارزش مقایسه‌های زمانی (درون جایگاه) یا فضایی (بین جایگاه) را

1-Eurytopic
2-Euryoecous
3-Corollary
4-Plot
5-Patchy distribution
6-Soil cores
7-Micro-arthropod
8-Intensity
9-Methods-based discrepancies

محدود کند. بنابراین، اهمیت استفاده از روش‌های استانداردشده برای جمع‌آوری داده‌ها به همان اندازهٔ اهمیت تحلیل داده‌ها یا روش‌های ارزیابی است.

۸-۲ شرح راهبردهای نمونه‌برداری ممکن

دو دسته اصلی از راهبردهای نمونه‌برداری قابل تمایز است: قطعیتی[1] و احتمالاتی[2] (جدول ۱). در نمونه‌برداری قطعیتی (که اغلب قضاوتی نامیده می‌شود)، محل‌های نمونه‌برداری بر اساس دانش کارشناسی از جایگاه یا قضاوت حرفه‌ای انتخاب می‌شود. با راهبردهای نمونه‌برداری احتمالاتی، مکان‌های نمونه‌برداری با استفاده از نظریهٔ آماری و استفاده از شانس تصادفی برای انتخاب محل، انتخاب می‌شوند. راهبردهای نمونه‌برداریِ قضاوتی، می‌تواند ارزان‌تر و کارآمدتر از راهبردهایِ احتمالاتی باشد، با این حال، آنها به شدت به دانش تخصصی وابسته‌اند، هیچ راهی برای اندازه‌گیری دقیق داده‌ها وجود ندارد، و داده‌ها نمی‌توانند به طور آماری تفسیر شوند. در مقابل، اجرای راهبردهای نمونه‌برداری احتمالاتی، مشکل‌تر است (اغلب نیاز به کمک متخصص آمار دارد)، اما، هنگامی که استفاده می‌شود، عدم قطعیت در داده‌ها می‌تواند اندازه‌گیری شود و نتیجه‌گیری‌های کمّی می‌تواند به دست آید.

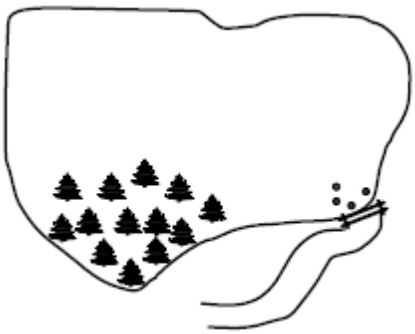
هنگام استفاده از مثال‌های جدول ۱، باید آگاه بود که راهبردهای پیشنهادشده را می‌توان در مقیاس‌های مختلف، یعنی حداقل در مقیاس پلات (به عنوان مثال ۱۰ m × ۱۰ m)، در مقیاس جایگاه (به عنوان مثال یک هکتار) یا در منظر[3] (به عنوان مثال چند کیلومتر مربع) به کار برد. علاوه بر این، برخی از راهبردهای ذکر شده را می‌توان به طور ترکیبی استفاده نمود (به برخی از مثال‌ها در پایان جدول ۱ مراجعه کنید).

هنگام انتخاب راهبرد مناسب (خواه قطعیتی خواه احتمالاتی)، نقاط نمونه‌برداری انتخاب شده، به منظور تسهیل کار میدانی با استفاده از GPS (سیستم موقعیت‌یابی جهانی) یا روش‌های مشابه در جا[4] شناسه‌گذاری و نشانه‌گذاری شوند. در حقیقت، روش‌های آماری باید در هر مقیاسی استفاده شود، از انتخاب نقاط نمونه‌برداری بر روی پلات نمونه گرفته تا شناسایی جایگاه‌های نمونه‌برداری. هنگامی که نتایج نمونه‌برداری به دست آمد، آنها باید از نظر معرف بودن برای پلات، جایگاه یا منظرِ تحت بررسی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری (در مرجع [۲۱] کتاب‌نامه جزئیات بیشتری در خصوص این موضوع می‌توان یافت) ارزیابی شوند.

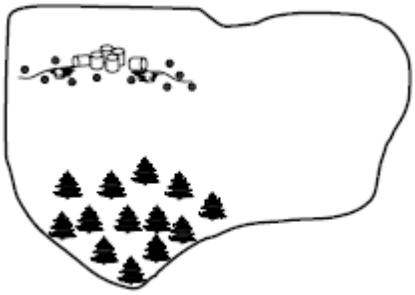
دقت کنید که راهبردهای مختلف نمونه‌برداری شرح داده شده در جدول ۱ در اصل برای یکی از چهار ردهٔ اصلی نمونه‌برداری از بی‌مهرگان در میدان، یعنی عملکرد ارزیابی‌های ویژهٔ جایگاه زمین آلوده‌شده، تدوین شده‌اند. با این حال، با اندکی تغییرات، این راهبردها برای هر نوع از چنین مطالعاتی معتبر هستند. بنابراین، سمیت مواد شیمیایی اغلب به عنوان مثال استفاده می‌شود، اما در واقع می‌توان هر عامل تنش‌زای انسان‌زاد یا زیست‌محیطی مانند pH خاک، یا گرادیان آب و هوا را به جای آن، مورد استفاده قرارداد.

1-Deterministic
2-Probabilistic
3-Landscape
4-In situ

جدول ۱ - خلاصه ای از متداول‌ترین راهبردهای نمونه‌برداری و معیارهای انتخاب برای استفاده از آنها برای اهداف مختلف مطالعه (اقتباس شده از مرجع [۲۱]). نمونه‌هایی برای (تقریبا) همه راهبردها در پیوست الف ارائه شده است (به مرجع ذکر شده تحت ستون «ملاحظات» در جدول ۱ مراجعه کنید)

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
قطعیتی				
نمونه‌برداری موردی	برای انتخاب محل‌ها، هیچ الگوی از پیش تعیین شده، وجود ندارد 	دسترسی به جایگاه دشوار است؛ زمان محدود است	بررسی مقدماتی؛ دسترسی یا زمان محدود است	باید توسط محقق مجرب انجام گیرد؛ بدون مطالعه موردی خاص توصیه نمی‌شود

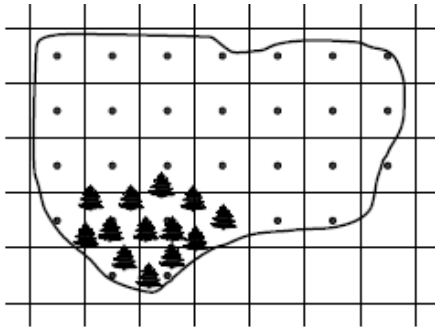
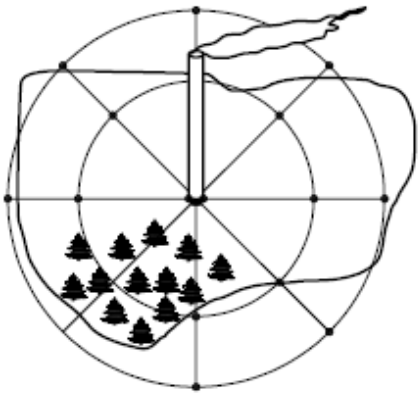
جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
قضاوتی	انتخاب محل‌ها مبتنی بر قضاوت حرفه‌ای 	بودجه یا زمان‌بندی مقید؛ اطلاعات قابل اعتمادی در خصوص جایگاه وجود دارد؛ جایگاه نسبتا کوچک است؛ نمونه‌های کوچک قرار است جمع‌آوری شود	غربال‌گری جایگاه؛ نمونه‌برداری فوریتی؛ نمونه‌برداری نقطهٔ داغ[a]	سطح عدم قطعیتی نمونه‌برداری قابل اندازه‌گیری نیست؛ استنباط‌های آماری دربارهٔ داده‌ها محدود است الف-۲-۱ (مقیاس پلات)، الف-۳-۲ (سطح پلات)
احتمالاتی				
نمونه‌برداری تصادفی ساده	محل‌های نمونه‌برداری طوری انتخاب می‌شوند که هر نمونه از شانس یکسان برای انتخاب شدن از هر محل معین داشته باشد 	جایگاه نسبتا یکنواخت است	غربال‌گری جایگاه؛ برای مثال میانگین سمیت در یک جایگاه؛ مقایسه جایگاه با مرجع؛ ارزیابی اصلاحی	در مقایسه با سایر راهبردها، ساده‌ترین اما با کمترین کارایی است؛ مبنایی است برای بسیاری دیگر از راهبردها؛ محافظت از اریبی؛ محل‌های نمونه، به طور یکنواخت در جایگاه گسترده نشده‌اند بدون مطالعه موردی

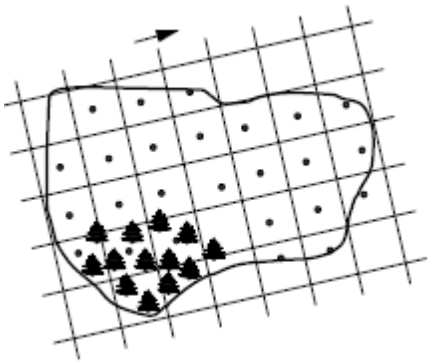
جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری لایه‌ای	نمونه‌ها از نواحی (لایه‌ها) مشخص در جایگاه (برای مثال نوع خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی) جمع‌آوری می‌شوند. نمونه‌ها می‌توانند از داخل لایه‌ها به طور تصادفی یا سیستمی جمع‌آوری شوند 	لایه‌ها بر روی جایگاه به خوبی تعریف شده‌اند؛ انتظار می‌رود تغییرپذیری داخل لایه‌ها کمتر از تغییرپذیری میان آنها باشد	میانگین سمیت در جایگاه؛ برای مثال نمونه همراه با گرادیان غلظتی(غلظت‌ها می‌توانند لایه‌لایه باشند)؛ مقایسه جایگاه با مرجع؛ تعیین نفوذ بر سمیت بر اساس نوع خاک/زیستگاه؛ ارزیابی اصلاحی	کارآتر و دقیق‌تر از نمونه‌برداری تصادفی است؛ نمونه‌ها بیشتر حالت معرف بودن دارند؛ نمونه‌ها اطلاعات بیشتری را فراهم می‌کنند، به خصوص اگر متغیرهای خاک بر اساس سمیت و/یا زیست‌فراهمی تصحیح شوند؛ اطلاعاتی در مورد ریسک برای بوم‌گیرندگان[b] مطابق با زیستگاه به دست آید الف-۳-۱-۱، الف-۳-۱-۲، الف-۳-۲، الف-۴-۲، الف-۴-۳، الف-۵-۱

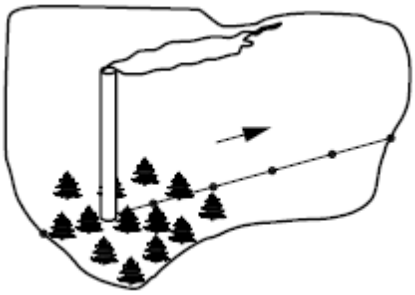
جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری شبکه سیستماتیک	نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در الگوی شبکه‌ای منظم در کل جایگاه جمع‌آوری می‌شوند؛ محل و جهت شبکه به طور تصادفی انتخاب می‌شود؛ شبکه‌ها می‌توانند مربع، مستطیلی، کروی و غیره باشند  	هیچ اطلاعاتی در مورد جایگاه وجود ندارد؛ سمیت در جایگاه شناسایی می‌شود؛ الگو و وسعت سمیت مشکوک در جایگاه مشخص می‌شود؛ نقشه سمیت خاک هدف غایی است	غربال‌گری جایگاه؛ برای مثال، شناسایی نقطه‌های داغ سمیت؛ تولید نقشه سمیت خاک؛ میانگین وسعت عامل تنش‌زا (برای مثال تراکم) در جایگاه، مقایسه جایگاه با مرجع، ارزیابی اصلاحی؛ پایش بلندمدت	عملی و راحت؛ دقیق؛ با پوشش یکنواخت؛ بهترین راهبرد برای استفاده از زمین‌آمارها شبیه کیرگینگ برای تهیه نقشه‌های سمیت الف-۴-۲، الف-۴-۴، الف-۵-۲ (به شکل الف ۱۱ مراجعه کنید)

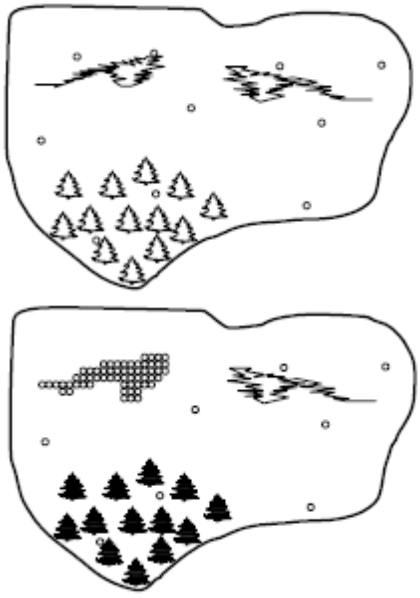
جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری سیستماتیک ترانسکت	نمونه‌ها بر اساس الگویی منظم با یک محور شبکه‌ای برای مثال موازی با محور پرشار[c] آلاینده جمع‌آوری می‌شوند 	اطلاعات قبلی در مورد جایگاه وجود دارد؛ برای مثال نمونه‌برداری در امتداد پرشار آلاینده مورد نظر	نمونه در امتداد گرادیان غلظت؛ مقایسه جایگاه با مرجع؛ تولید نقشه سمیت؛ پایش بلندمدت	عملی و راحت؛ دقیق؛ مناسب برای ارزیابی‌های با طراحی رگرسیون؛ استفاده از زمین‌آمارها برای تهیه نقشه‌های سمیت الف-۲-۱ (منظر)

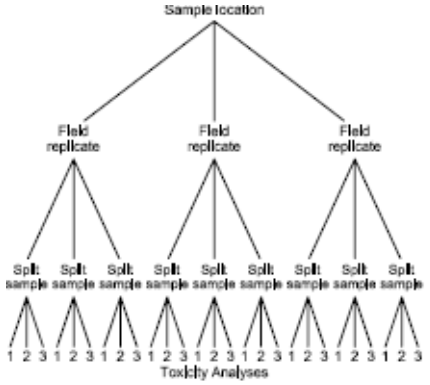
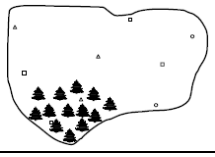
جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری ترانسکت	نمونه‌ها براساس الگویی منظم، برای مثال موازی با محور پرشار آلاینده جمع‌آوری می‌شوند 	اطلاعات قبلی در مورد جایگاه وجود دارد؛ برای مثال نمونه‌برداری در امتداد پرشار آلاینده مورد نظر است	نمونه، برای مثال در امتداد گرادیان غلظت؛ مقایسه جایگاه با مرجع؛ پایش بلندمدت	عملی و راحت؛ مقرون به صرف؛ مناسب برای ارزیابی‌های با طراحی رگرسیون؛ الف-۲-۱

جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری خوشه‌ای	نمونه‌های اولیه به طور احتمالاتی انتخاب می‌شوند؛ سپس نمونه‌ها به دنبال قواعد انتخاب از پیش تعیین شده جمع‌آوری می‌شوند 	اطلاعات خیلی ناچیزی از قبل دربارهٔ جایگاه وجود دارد	نمونه‌برداری نقطه داغ؛ غربال گری جایگاه	آمارزمین قابل اعمال برای داده‌هاست؛ چنان چه آزمون‌های قطعی سمیت به کار رود و/یا زمان آزمون آهسته باشد، می‌تواند پرهزینه گردد

جدول ۱ –ادامه

راهبرد	شرح	معیارهای انتخاب	هدف (ها) مطالعه	ملاحظات (به پیوست الف مراجعه کنید)
نمونه‌برداری آشیانه‌ای	نمونهٔ متعدد در هر محل برداشته می‌شود (تکرارهای میدانی)؛ هر تکرار میدان تقسیم‌بندی فرعی می‌یابد (نمونه‌های اسپلیت[d]؛ هر نمونه اسپلیت به عنوان یک نمونه آزمایشگاهی آزمون می‌شود؛ هر نمونه آزمایشگاهی به چند تکرار آزمایشگاهی تقسیم‌بندی فرعی می‌یابد.  	هنگام شناسایی منابع تغییرپذیری (برای مثال محل، تکرار نمونه، آزمون) به کار می‌رود	می‌تواند با هر راهبرد نمونه‌برداری دیگر یا هر هدف مطالعه به کار رود	اطلاعاتی را دربارهٔ مولفه‌های واریانس در مطالعه فراهم می‌سازد؛ تکرارهای آزمایشگاهی برای آزمون سمیت می‌تواند از هر سطحی بسته به اهداف و بودجه مطالعه برداشته شود الف-۲-۲، الف-۳-۱-۱، الف-۳-۱-۲(به شکل‌های الف۳ و الف۴ مراجعه کنید)، الف-۵-۲
احتمالاتی + قطعیتی				
نمونه‌برداری سری رتبه‌بندی‌شده	نمونه‌های به طور تصادفی انتخاب‌شده به سری‌های مختلف مطابق با قضاوت حرفه‌ای رتبه‌بندی می‌شوند و زیرنمونه از سری‌ها برداشته می‌شود سری رتبه‌بندی‌شده 			
	▵ سری ۱ ○ سری ۲ ▫ سری ۳			

a Hot spot
b Ecoreceptors
c Contaminant plume
d Split

۳-۸ توصیه‌های برنامهٔ اروپایی ارزیابی زیست‌محیطی خاک برای پایش (ENVASSO)[1]

پروژهٔ اتحادیهٔ اروپا ENVASSO با هدف طراحی مجموعه‌ای واحد، یکپارچه و عملیاتی از معیارهایی در سطح اتحادیه اروپا و شاخص‌هایی برای تامین مبنایی برای سیستم اطلاعاتی جامع و هماهنگ‌شدهٔ زمین و خاک برای پایش در اروپا (مراجع [۱]، [۳۴]) تهیه شد. به منظور پایش بلندمدتِ تنوع زیستی خاک، توصیه‌های زیر توسط یک گروه کاری بزرگ متشکل از کارشناسان باتجربه در زیست‌شناسی، نمونه‌برداری و پایش خاک پیشنهاد شد، مراجع [۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰]. در حالی که این پیشنهاد در اصل در بافتار پایش در سطح اتحادیهٔ اروپا تکوین شد، همان طور که در پیش‌نویس دستورالعمل چارچوب خاک اتحادیه اروپا، مراجع [۸۱، ۸۲]، بیان شده است، شاخص‌های پیشنهادی همچنین می‌تواند برای مقاصد دیگر استفاده شوند، مانند مطالعهٔ اثرات جانبی بالقوهٔ تاثیرات انسان‌زاد یا طبقه‌بندی بیولوژیکی و ارزیابی خاک‌ها. این شاخص‌ها را می‌توان به سه مرحله تقسیم کرد. شاخص‌های بیولوژیکی که برای سه سطح مختلف (رویکرد سه‌تایی) انتخاب شده‌اند و باید همیشه در ترکیب با تعیین مشخصات خاک و جایگاه (به طور مبسوط) استفاده شوند.

الف- مرحله ۱: شرح جایگاه و تعیین مشخصات خاک مطابق با

- استاندارد ISO 23611-1: 2006؛

- مدیریت زمین، کاربری زمین و نوع پوشش گیاهی باید طبق طبقه‌بندی FAO 2006 [2]باشد؛

-برای تعیین نوع خاک باید طبقWRB 2006 [3] ، یا طبقه‌بندی بین‌المللی خاک ارائه‌شده توسط مرجع FAO 2006 استفاده شود.

ب- مرحله ۲: بنیانگان[4] ناحیه نمونه‌برداری (تعریف سطح، مکان‌یابی، تکرارها)

- ناحیه نمونه‌برداری باید حدود ۱۰۰ m^2 باشد.

- در صورت وجود شبکهٔ پایش موجود برای ارزیابی جایگاه و تعیین مشخصات خاک (ناحیه پایش متعارف)، ناحیهٔ نمونه‌برداری بیولوژیکی، باید به منظور استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده (به عنوان مثال آب و هوایی، کاربری زمین، تحلیل‌های فیزیکی-شیمیایی)، در داخل ناحیهٔ پایش متعارف یا در نزدیکی آن (حداکثر در پنج متری آن ناحیه) واقع شده باشد.

- در صورت نبود شبکهٔ پایش، تحلیل‌های مکمل باید بر روی نمونه مرکب از ناحیهٔ مطالعه شده صورت پذیرد تا داده‌های مربوط به تنوع زیستی (پارامترهای مورد نیاز) توضیح داده شود/ تفسیرشود.

- مکان‌یابی ناحیهٔ نمونه‌برداری در ناحیه‌های همگن (بر اساس ویژگی‌های خاک‌شناسی و پوشش خاک) انجام شود.

- موقعیت ناحیهٔ نمونه‌برداری با یک وسیلهٔ تشخیصی GPS ثبت شود.

- راهبرد نمونه‌برداری: کمینه سه تکرار با فاصلهٔ مساوی بین زیرپلات‌ها/تکرارها.

1-Environmental Assessment of Soil for Monitoring
2-ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf
3-ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf
4-Installation

پ- مرحله ۳: آماده‌سازی ناحیهٔ نمونه‌برداری خاک

- پوشش گیاهی را ببرید یا پوشش خاک را به صورت لاشبرگ[1] بدون آسیب رساندن به سطح خاک بردارید.

- در مورد جنگل: خاکروبه[2] را بردارید و در یک کیسهٔ پلاستیکیِ نمونه، به منظور ارزیابی زیاگان در آزمایشگاه قرار دهید.

برای تفسیر داده‌های بیولوژیکی، به طور معمول چندین اندازه‌گیری به منظور تحلیل خاک به شرح زیر مورد نیاز است:

- pH مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۴؛

- میزان رطوبت خاک مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۵؛

- کربن آلی، کل کربن مطابق با استاندارد ISO 10694؛

- آنالیز فلزات سنگین مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۱۱۵و استاندارد ملی ایران شماره ۸۹۹۹؛

- بافت مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۳۱.

یادآوری ۱- این توصیه‌ها که برای مقاصد پایش است، می‌تواند برای اهداف دیگر، نیز مورد توجه قرار گیرد.

طرح پیشنهادی نیز برای مجموعه‌ای از شاخص‌های مناسب برای پایش تنوع زیستی خاک تهیه شد، [۷۸] (به جدول ۲ مراجعه کنید). شاخص‌ها هم از منابع علمی و هم از سیاههٔ برنامه‌های ملیِ پایش، انتخاب شده‌اند. تنوع زیستی خاک به عنوان اشکال حیات (ژن، گونه و به ندرت سطح عالی‌تر،) موجود در خاک (هم از نظر کمیت و هم تنوع) و کارکردهای مرتبط تعریف شده است. برای انتخاب شاخص‌های سطح I، سه معیار دقیق به کار برده شده است: شاخص باید:

۱) روشگان[3] نمونه‌برداری و/یا اندازه‌گیری استانداردشده داشته باشد،

۲) مکمل شاخص‌های دیگر باشد، و

۳) به آسانی در هر دو سطح علمی و خط‌مشی‌ای قابل تفسیر باشد.

شاخص‌های سطح I به عنوان معرف از سه گروه آرایه‌شناختی مختلف و سطوح کارکردی انتخاب شده‌اند:

- فراوانی، زیست‌توده و تنوع گونه‌های کرم‌های خاکی – درشت‌زیاگان (به یادآوری ۲ مراجعه کنید)؛

- فراوانی و تنوع گونه‌ها از *کلمبولاها*، میان‌زیاگان.

- تنفس میکروبی.

تنوع زیستی (سطح گونه‌ها)، و همچنین کارکردهای بوم‌شناختی ارگانیسم‌های خاک، تحت پوشش این گروه‌ها و سطوح قرار می‌گیرند. در اصل، هنگام توجه به تنوع زیستی خاک، همه ارگانیسم‌های خاک و کارکردهای بیولوژیکی که آنها را فراهم می‌کنند، مهم هستند و باید بررسی شوند. با این حال، برای سطح اولویت I (جدول ۲) سه شاخص انتخاب شده است تا به عنوان معیارهای جایگزین[4] برای تنوع زیستی کلی عمل کنند. بسته به در

1-Mulch
2-Litter
3-Methodology
4-Surrogate measures

دسترس بودن منابع و الزامات خاص، این مجموعهٔ حداقلی از شاخص‌ها می‌تواند گسترش یابد تا سطوح اولویت II و III (جدول ۲)، به عنوان مثال همه درشت‌زیاگان، تنوع *نماتدی*، تنوع و فعالیت باکتریایی و قارچی، فعالیت زیاگان به عنوان ساختارهای زیست‌زا[1] یا فعالیت تغذیه‌ای را نیز دربرگیرد. شاخص‌های انتخاب‌شده سه سطح اولویت I در جدول ۲ ارائه شده است.

یادآوری۲ -هنگامی که احتمال یافت شدن *کرم‌های خاکی* منتفی است (به عنوان مثال در خاک‌های اسیدی) تنوع و فراوانی *کرم‌های سفید* باید ترجیحا اندازه‌گیری شود.

جدول ۲ - سطح اولویت شاخص‌ها برای کاهش تنوع زیستی خاک (ENVASSO)

موضوع کلیدی	گروه‌های گونه‌ها	**سطح I** (همهٔ نقاط مرکزی شبکهٔ پایش)	**سطح II** (همهٔ نقاط مرکزی یا نقاط انتخاب‌شده برای موضوعات خاص و زیست‌فراهمی منابع)	**سطح III** (اختیاری)
تنوع گونه‌ها	درشت‌زیاگان	گونه‌های کرم‌خاکی	همه درشت‌زیاگان	
	میان‌زیاگان	*کلمبولاها* (در صورت نبود *کرم‌خاکی*، *کرم‌سفید*)	زیر رده‌های *آکارینا*[a]	
	ریززیاگان		تنوع *نماتد* (کارکردی) براساس عادات تغذیه‌ای	آغازیان
	گیاهان آوندی		تنوع باکتریایی و قارچی براساس استخراج DNA/PLFA	برای مراتع وچراگاه‌ها
کارکردهای بیولوژیکی	درشت‌زیاگان			فعالیت درشت‌زیاگان (برای مثال ساختارهای زیست‌زا)
	میان‌زیاگان			فعالیت میان‌زیاگان براساس کیسه‌های خاکروبه یا لایه طعمه[b]
	ریززیاگان	تنفس خاک	فعالیت باکتریایی و قارچی	

[a] Acarina sub-orders
b Bate lamina

1-Biogenic

۹ گزارش نمونه‌برداری

در گزارش نمونه‌برداری باید به شماره این استاندارد ارجاع داده شود و خلاصه‌ای از روش‌ها و پارامترهای مورد استفاده در طول مطالعه و نتایج به دست آمده را دربرگیرد. اطلاعات زیر باید در گزارش نمونه‌برداری گنجانده شود:

۹-۱ شرح مفصلی از هدف مطالعهٔ مورد استفاده؛

۹-۲ مشخصات جایگاه مطالعه (به خصوص خصوصیات خاک)، از جمله مختصات محل(های) نمونه؛

۹-۳ شرح کامل از طراحی‌ها و روش‌های اجرایی آزمایشگاهی؛

۹-۴ روش اجرایی نمونه‌برداری؛

۹-۵ همه اصلاحات یا تغییرات نسبت به روش شرح داده شده در دستورالعمل‌های استانداردهای مرتبط، به ویژه استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۱۲۷۷۳ تا شماره ۵-۱۲۷۷۳)؛

۹-۶ شرح شرایط نمونه‌برداری، از جمله تاریخ و مدت زمان نمونه‌برداری در میدان و پارامترهای آب و هوایی مانند دمای هوا؛

۹-۷ شماره‌های بدون ابهام شناسه‌گذاری نمونه؛

۹-۸ همهٔ اطلاعات، از جمله همهٔ داده‌های خام اندازه‌گیری شده و همه مشکلاتی که ممکن است در طول همهٔ مراحل مطالعه رخ دهد؛

۹-۹ بحث در مورد نتایج (نتیجه‌گیری‌ها).

یادآوری- علاوه بر این، شکل‌های زنجیرهٔ حفاظتی می‌تواند در مواقعی که نمونه‌ها برای مقاصد قانونی مورد نیاز است، اهمیت پیدا کند.

۱۰ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت (QC & QA)[1]

هدف از برنامه‌های QA/QC شناسایی، اندازه‌گیری، و کنترل خطاهای ناشی از هر جزء در مطالعه نمونه‌برداری، از جمله طرح‌ریزی، نمونه‌برداری، آزمون و گزارش [۲۱] است. به خاطر دلایل و اهداف مختلف نمونه‌برداری، مجموعهٔ واحدی از روش‌های اجرایی کنترل کیفیت و تضمین کیفیت که قابل استفاده برای همهٔ سازمان‌های ارائه‌کننده خدمات نمونه‌برداری و در کلیه شرایط باشد، وجود ندارد. با این حال، قویا توصیه می‌شود، تا جایی که امکان دارد، دستورالعمل‌های مندرج در استاندارد ایران-ایزو ۹۰۰۰ رعایت شود. به ویژه، آماده‌سازی طرح نمونه‌برداری، استفاده از افراد متخصص در طرح‌ریزی و اجرای کار، و همچنین مستندات تفصیلی از همه مراحل مطالعه (و به ویژه کار میدانی)، از بالاترین اهمیت برخوردار است.

1-Quality control and quality assurance

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مطالعات موردی

الف-۱ ملاحظات مقدماتی

در ادامه، مطالعات موردی در قالب جدول (همراه با یک شکل) معرفی شده‌اند. معیارهای مورد استفاده برای توصیف آنها به طور خلاصه در اینجا تعریف شده است.

در آغاز، هر مطالعه موردی با یک عنوان خاص و یک مرجع علمی مشخص می‌شود.

جدول الف۱

هدف	هدف از مطالعه یا فرضیه اساسی؛ در صورت امکان، همراه با پس‌زمینه‌های قانونی
اطلاعات مقدماتی	اطلاعات مرتبط با طراحی مطالعه و/یا ارزیابی نتایج؛ به عنوان مثال پیشینه جایگاه (کاربری زمین، مدیریت جایگاه)، داده‌های در دسترس زیستی یا غیرزیستی
محل	جایگاه، منطقه یا کشوری که مطالعه در آن انجام می‌شود و طرح پیشنهادی در اصل برای آن تهیه شده است
عوامل تنش‌زا	هر عامل انسان‌زاد (به عنوان مثال مواد شیمیایی، تراکم، ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی) یا طبیعی (به عنوان مثال خصوصیات خاک مانند pH، بافت، درصد مادهٔ آلی، و همچنین خصوصیات آب و هوایی، به عنوان مثال بارش، دما)
راهبرد طراحی	با اشاره به جدول ۱، راهبرد طراحی از مطالعهٔ مستقل بسته به مقیاس مربوطه (به عنوان مثال پلات، جایگاه یا سطح منظر) تقسیم‌بندی می‌شود. توجه داشته باشید که طراحی انتخاب شده به خودی خود بهینه نیست و بستگی به عوامل مختلف، از جمله در دسترس بودن منابع، زمان و غیره دارد. برای آگاهی از تعاریف برای هر راهبرد طراحی، به جدول ۱ مراجعه کنید
نمونه‌برداری و آنالیز ارگانیسم‌ها	گروه ارگانیسمی که قرار است نمونه‌برداری شود (در صورت امکان، دلیل این انتخاب)، و همچنین نقاط انتهایی اندازه‌گیری (برای مثال فراوانی، ترکیب گونه‌ها) و شیوهٔ ارزیابی نتایج (به عنوان مثال محاسبهٔ شاخص تنوع)
روش‌های مورد استفاده	شامل نمونه‌برداری از نقاط انتهایی زیستی (به عنوان مثال گروه‌های ارگانیسمی) و غیرزیستی (مانند خصوصیات خاک). در صورت استفاده از روش‌های شرح داده شده در استاندارد، اطلاعات دربارهٔ مقایسه‌پذیری و اعتبار نتایج به دست آمده باید داده شود.
تفاسیر	هر گونه اطلاعاتی که به طور بالقوه مرتبط است، اما تا کنون ذکر نشده است.

ملاحظات زیر، به طور کلی، در مورد برنامه‌های پایش لازم است:

در حالت ایده‌آل، چنین پایشی به طور منظم در بسیاری از جایگاه‌ها و مناطق ممکن انجام می‌شود، زیرا این داده‌ها برای تعریف مقادیر مرجع [یعنی هر جامعه‌ای که تحت برخی شرایط زیست‌محیطی (مانند آب و هوا، پوشش گیاهی، خصوصیات خاک)، «عادی» یا «قابل انتظار» است] ضرورت دارد. به لحاظ نظری، تنها جایگاه‌هایی

بدون تاثیرات انسان‌زاد مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این کار نه ممکن است و نه سودمند، چرا که در بسیاری از نقاط جهان، خاک به طریقی از فعالیت‌های انسان تاثیر پذیرفته است. بنابراین، مقادیر مرجع خاصی برای شکل‌های مختلف کاربری زمین لازم است (دست‌کم، برای جایگاه‌های کشاورزی، مرتع و جنگل این مقادیر باید از هم تمایز داده شوند). با این حال، تاکنون پارامترهای بیولوژیکی به ندرت در برنامه‌های پایش خاک بررسی شده‌اند [برای مثال در فرانسه، نمونه‌برداری میکروبی، مزوزئولوژیکی[1] و ماکروزئولوژیکی در سال ۲۰۰۶ به عنوان بخشی از شبکه پایش کیفیت خاک (RMQS)[2] اجرا شد].

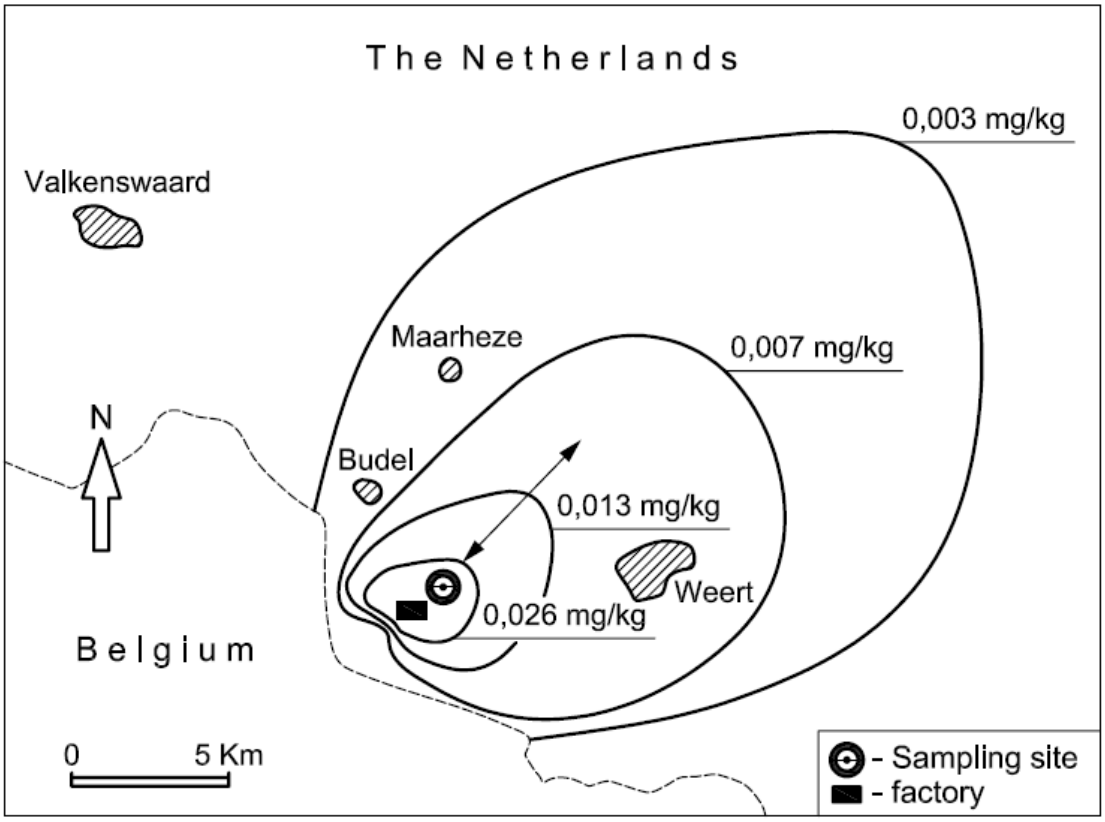
الف-۲ تعیین مشخصات ویژهٔ جایگاه و ارزیابی زمین آلوده‌شده

الف-۲-۱ آلودگی با فلزات سنگین، [۵۰]

جدول الف۲

هدف	ارزیابی انتشار فلزات سنگین از کارخانه ذوب فلز (منبع نقطه‌ای) بر تنوع گروه مهم زیاگان خاک
اطلاعات مقدماتی	خاک‌های ناهمگن با یک فلز غالب و گرادیان pH. جایگاه به عنوان زمین آموزش نظامی، و نیز برای مقاصد تفریحی مورد استفاده قرار گرفته است. پوشش گیاهی: عمدتا جنگل مخروطیان (کاج)، اما پلات‌های مراتع نیز برجسته بود.
محل	کارخانه ذوبِ روی، واقع در نزدیکی بودل[a] (هلند)
عوامل تنش‌زا	انتشارهای روی و کادمیوم از سال ۱۸۹۲ تا از ۱۹۸۰ (به شکل الف۱ مراجعه کنید).
راهبرد طراحی	منظر: ترانسکت؛ مقیاس پلات: قضاوتی. هنگام تثبیت ترانسکت، فاصله تا منبع، جهت باد غالب و خصوصیات آلاینده‌ها نیز لحاظ شدند.
انتخاب و آنالیز ارگانیسم‌ها	*کرم‌های سفید* (برجسته‌ترین گروه میان‌زیاگان در جایگاه مطالعه).
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	نمونه‌برداری مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲ بر اساس اطلاعات به دست آمده در مطالعات پایلوت انجام می‌شود. نمونه‌ها در ۳۰ جایگاه (هر جایگاه یک تکرار) واقع در گرادیانی شروع‌شده از یک کیلومتری شمال شرقی کارخانه سابق ذوبِ روی و پایان یافته در شش کیلومتری به سمت پایین برداشته می‌شوند. جهت باد غالب و خصوصیات آلاینده در نظر گرفته شد. بزرگترین مشکل: اجتناب از عوامل محلی مخدوش‌کننده (یعنی اختلال خاک مانند تراکم) در تک‌تک جایگاه‌های نمونه‌برداری به منظور تمرکز بر عامل اصلی مورد توجه، یعنی غلظت‌های فلزی.
ملاحظات	چنین مطالعاتی قبلا در دهه ۱۹۸۰ انجام شده بود (به عنوان مثال در کارخانه برنج در سوئد، [۸]، یا یک جایگاه قابل مقایسه در انگلستان (آون‌موث. [۶۴]). اخیرا، نمونه‌برداری از بی‌مهرگان خاک در جایگاهی که قرار است مورد ارزیابی قرار گیرد، به عنوان بخشی از رویکردTRIAD انجام می‌شود، به این معنی که نتایج کار میدانی با هم و با نتایج حاصله از ارزیابی‌های زیست‌سنجی و آنالیزهای مانده‌ها، مورد مقایسه قرار می‌گیرد[۳۳].
[a]Budel	

1-Mesozoological
2-Soil quality monitoring network



یادآوری- سی نمونه *کرم سفید* در امتداد ترانسکت پنج کیلومتری (پیکان) برداشته شد. اعداد، غلظت کادمیم را در خاک بسته به مسافت‌شان از کارخانه نشان می‌دهند.

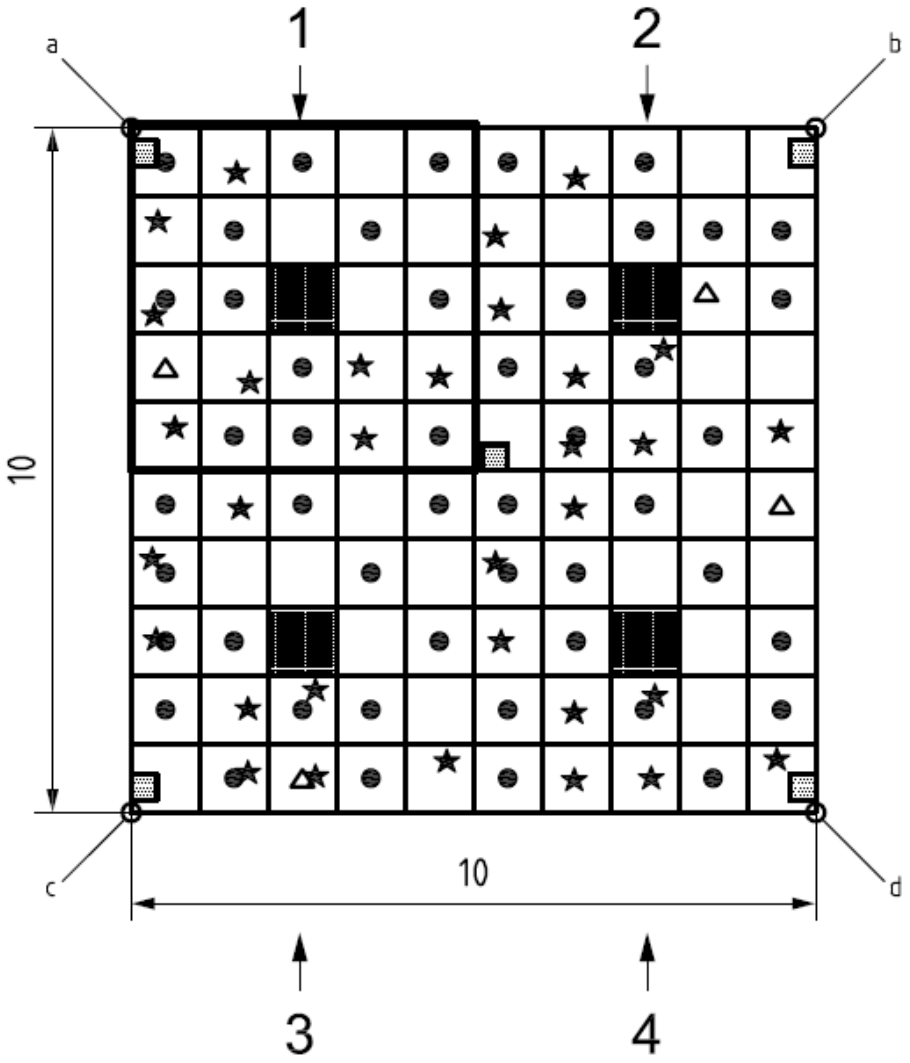
شکل الف۱-پلان جایگاه بودل، نشانگر ناحیه آلوده‌شده، مرجع [۴۷]

الف-۲-۲ منابع مختلف آلودگی‌ها: طرح پیشنهادی فرانسه

جدول الف۳

هدف	شاخص‌های بیولوژیکی معتبر (شاخص‌های زیستی) برای توصیف سطح آلودگی خاک در سطح ملی
اطلاعات مقدماتی	داده‌های زیست‌محیطی شیمیایی و فیزیکی (خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، و ...)، پیشینه میدان در صورت امکان، منابع آلودگی، برای مثال PAHs یا عناصر کم‌مقدار (Pb، Cu، As)
محل	کارخانه ذوبِ روی واقع در نزدیکی بودل[a] (هلند)
عوامل تنش‌زا	عناصر کم‌مقدار، PAHsو...
راهبرد طراحی	لایه‌ای مطابق با ماهیت آلاینده‌ها (برای مثال عناصر کم‌مقدار یا آلی) برای انتخاب جایگاه و مطابق با گرادیان آلودگی برای انتخاب ناحیه نمونه‌برداری. نمونه‌برداری آشیانه‌ای در سطح پلات

ادامه جدول الف۳	
انتخاب و آنالیز ارگانیسم‌ها	پوشش گیاهی، از جمله تنوع، انباشت‌زیستی و شاخص‌های زیستی باکتریایی و قارچی، از جمله تنوع و فعالیت زیاگان خاک، از جمله *کلمبولاها* و *نماتدها* (تنوع)، *کرم‌های خاکی* و کل درشت‌زیاگان (تنوع، فعالیت، انباشت زیستی، شاخص‌های زیستی)، *حلزون‌ها* (انباشت‌زیستی)، پستانداران ریز (انباشت‌زیستی، شاخص‌های زیستی)
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	در هر پلات، طراحی نمونه‌برداری ($۱۰۰ m^2$) در چهار تکرار مجاور (به شکل الف۲ مراجعه کنید) ترتیب داده شد. به ازای هر تکرار، نمونه مرکب خاک از ۱۲ مغزه خاک (به قطر ۸ cm، عمق ۱۵ cm) مورداستفاده قرار گرفت تا پارامترهای میکروبی، زیاگان *نماتدی* و پارامترهای فیزیکی-شیمیایی سنجش شوند. در آزمایشگاه، از نمونه‌های خاک، *کلمبولاها* و *کنه‌ها* استخراج و به طور دستی جور شدند. کل درشت‌زیاگان ($۲۵ cm^2 \times ۱۵ cm$) با استفاده از روش بیولوژی و به‌سازی خاک‌های گرمسیری (TSBF) استخراج شدند.
ملاحظات	روش‌های نمونه‌برداری خاک و بیولوژیکی مورد استفاده طوری طراحی شده بودند که تا حد امکان تامین‌کننده الزامات استانداردها و توصیه‌های ENVASSO باشند.
[a] Tropical Soil Biology and Fertility	



راهنما

نمونه مرکب خاک: میکروبی، زیاگان *نماتودی*، فیزیکی-شیمیایی	2	REP2
کلمبولاها، *کنه‌ها*	3	REP3
کرم‌های خاکی (جامعه)	4	REP4
کل درشت‌زیاگان	a	GPS1
فلور میکروبی	b	GPS2
نقاط	c	GPS3
REP1	d	GPS4

شکل الف۲-طراحی نمونه‌برداری سازمان‌دهی‌شده در چهار تکرار مجاور

الف-۳ مطالعه اثرات جانبی بالقوه تاثیرات انسان‌زاد

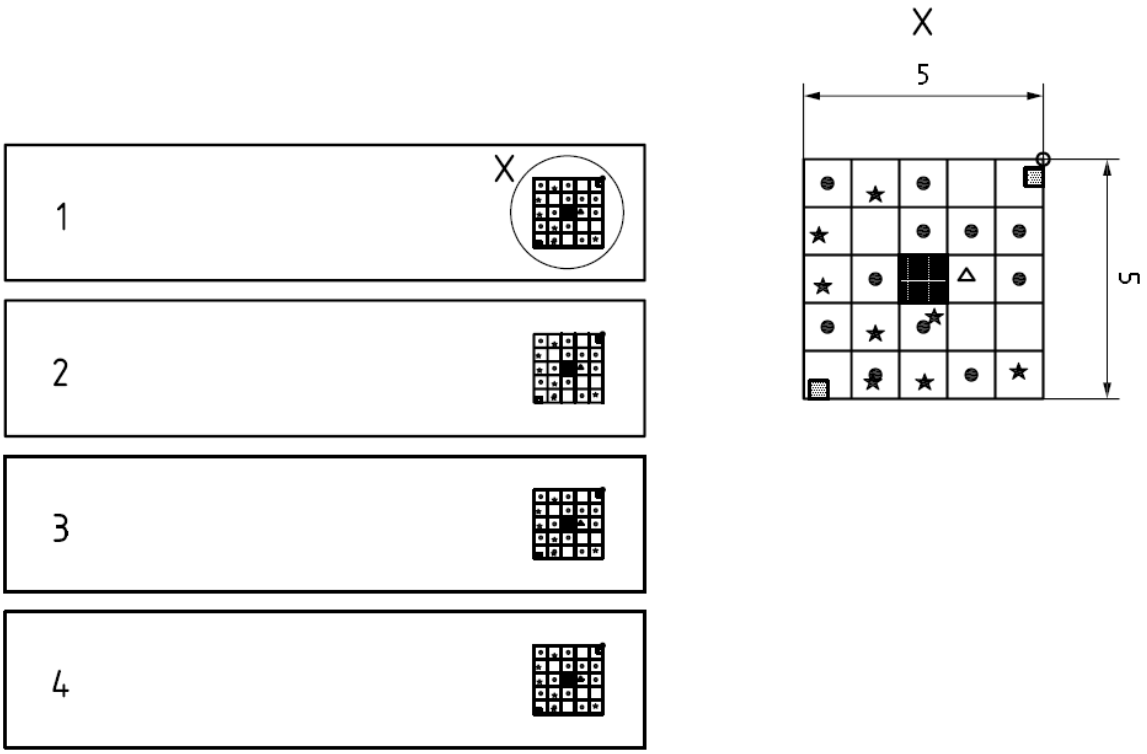
الف-۳-۱ تاثیرات شکل‌های کاربری از زمین

الف-۳-۱-۱ تاثیرات کشاورزی

جدول الف۴

هدف	ارزیابی تاثیرات بر ارگانیسم‌های خاک در کاربست‌های کشاورزی مختلف (برای مثال کشت و زرع در مقابل بدون کشت و زرع، مزارع ارگانیک در مقابل مزارع معمولی، نوبتی در مقابل تک‌کشتی، کشت/مرتع، استفاده‌کننده از کمپوست
اطلاعات مقدماتی	پیشینه‌های میدان، از جمله کاربست‌های کشاورزی و کاربری‌های زمین، پارامترهای کشاورزی خاک [pH، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، ...]و آلاینده‌ها (آفت‌کش‌ها، فلزات، ...)
محل	فرانسه
عوامل تنش‌زا	کاربست‌های کشاورزی
راهبرد طراحی	لایه‌ای مطابق با کاربری زمین/کاربست‌های کشاورزی برای انتخاب جایگاه نمونه‌برداری آشیانه‌ای در میدان و سطح پلات
انتخاب و آنالیز ارگانیسم‌ها	باکتریایی و قارچی، از جمله تنوع و فعالیت زیاگان خاک، از جمله *کلمبولاها* و *نماتدها* (تنوع)، *کرم‌های خاکی* و کل درشت‌زیاگان (تنوع، فعالیت، انباشت‌زیستی، شاخص‌های زیستی)، *حلزون‌ها* (انباشت‌زیستی)، پستانداران ریز (انباشت‌زیستی، شاخص‌های زیستی)
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	طراحی بلوک میدان (حداقل چهار بلوک). در هر بلوک، یک تکرار انجام می‌شود (به شکل الف۳ مراجعه کنید). به ازای هر تکرار، نمونه مرکب از ۱۲ مغزه خاک (به قطر ۸ cm، عمق ۱۵ cm) برای اندازه‌گیری پارامترهای میکروبی، پارامترهای زیاگان *نماتدی*، و فیزیکی-شیمیایی به کار می‌رود. *کلمبولا وکنه‌ها* از نمونه‌های خاک (به قطر ۸ cm، عمق ۱۰ cm) در آزمایشگاه استخراج می‌شوند. *کرم‌های خاکی* ($1m^2$)با استفاده از استخراج شیمیایی استخراج می‌شوند به طور دستی جور می‌شوند. کل زیاگان (۱۵ cm×۲۵ cm^2)با استفاده از روش TSBF استخراج می‌شوند.
ملاحظات	روش‌های بیولوژیکی و نمونه‌برداری خاک مورد استفاده طوری طراحی شدند که تا حد امکان تامین‌کننده الزامات استانداردها و توصیه‌های اروپایی (برنامه ENVASSO) باشند

[a]Budel



راهنما

نمونه‌های خاک (یک نمونه مرکب از ۱۲ مغزه) برای ارزیابی میکروارگانیسم‌ها، زیاگان *نماتودی*، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

میان‌زیاگان (*کلمبولا*، *کنه‌ها*)

کرم‌های خاکی

کل درشت‌زیاگان

گیاهان

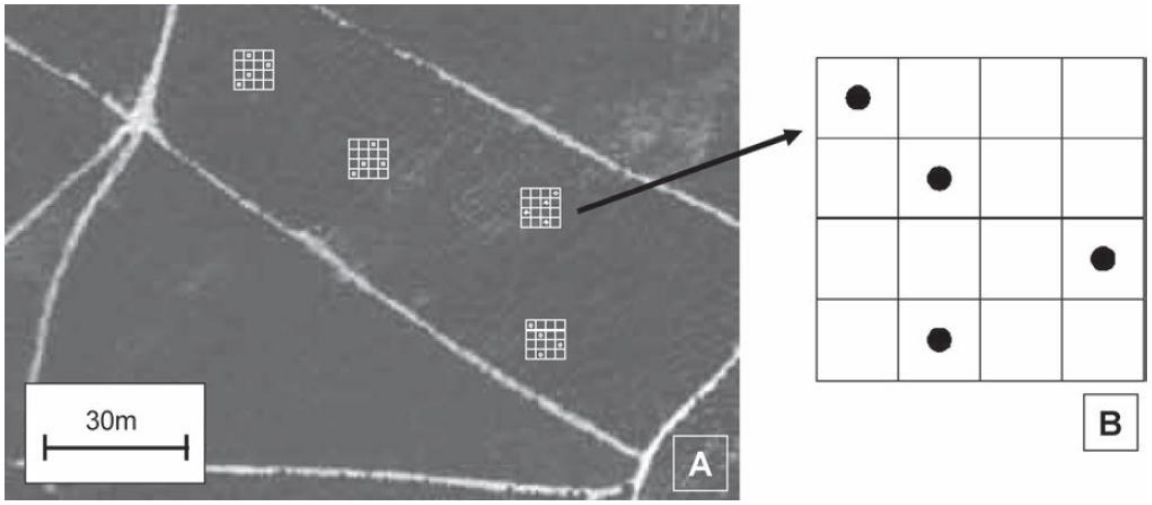
نقاط

شکل الف۳-طراحی نمونه‌برداری برای ارزیابی تاثیرات کشاورزی با بهره‌گیری از طراحی نمونه‌برداری بلوک

الف-۳-۱-۲ تاثیرات مدیریت جنگل، مراجع [۶۱، ۶۲]

جدول الف۵

هدف	بررسی اثر احیای جنگل و کاربست‌های مدیریتی جنگل بر میان‌زیاگان خاک
اطلاعات مقدماتی	عکس‌های هوایی از منطقه. خصوصیات پوشش گیاهی
محل	پرتغال؛ جایگاه‌های جنگلی مختلف
عوامل تنش‌زا	احیای جنگل و تکنیک‌های مدیریتی مختلف؛ معرفی گونه‌های درختی غیربومی
راهبرد طراحی	طراحی آشیانه‌ای در مورد تکه‌های مختلف پوشش‌های گیاهی درون جایگاه: نمونه‌برداری لایه‌ای
انتخاب و آنالیز ارگانیسم‌ها	*کلمبولاها* (*دم‌فنری‌ها*)؛ گروه میان‌زیاگان مهم از نظر کارکردی و با تنوع بسیار بالا تعداد گونه‌ها و ترکیب گونه به عنوان نقاط انتهایی استفاده می‌شود.
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۰۹۶۲. مقایسه جایگاه‌های مختلف با انواع جنگل‌های مختلف یا نمونه‌های مختلف تیمارهای جنگل (به شکل الف۴ مراجعه کنید). مغزه‌های خاک باید از ناحیه نسبتا بزرگی گرفته شوند تا نمایان‌گر جایگاه تحت ارزیابی باشند، از رونوشت‌های کاذب فضایی[a] اجتناب شود. با فرض پوشش گیاهی همگن و بسته به اندازه جایگاه ناحیه‌ای به مساحت ۱۰۰ m× ۱۰۰ m می‌تواند انتخاب شود (به شکل الف۴ مراجعه کنید). واحدهای آزمایشی (مربعات ۸ m × ۸ m) به طور تصادفی انتخاب شدند. مغزه‌های خاک در هر واحدی گرفته شد، و فاصله اینها از هم ۲ m بود، از خودهمبستگی فضایی[b] اجتناب شد.
ملاحظات	میزان بالایی از اطلاعات در دسترس
	[a] Pseudoreplication [b] Autocorrelation.



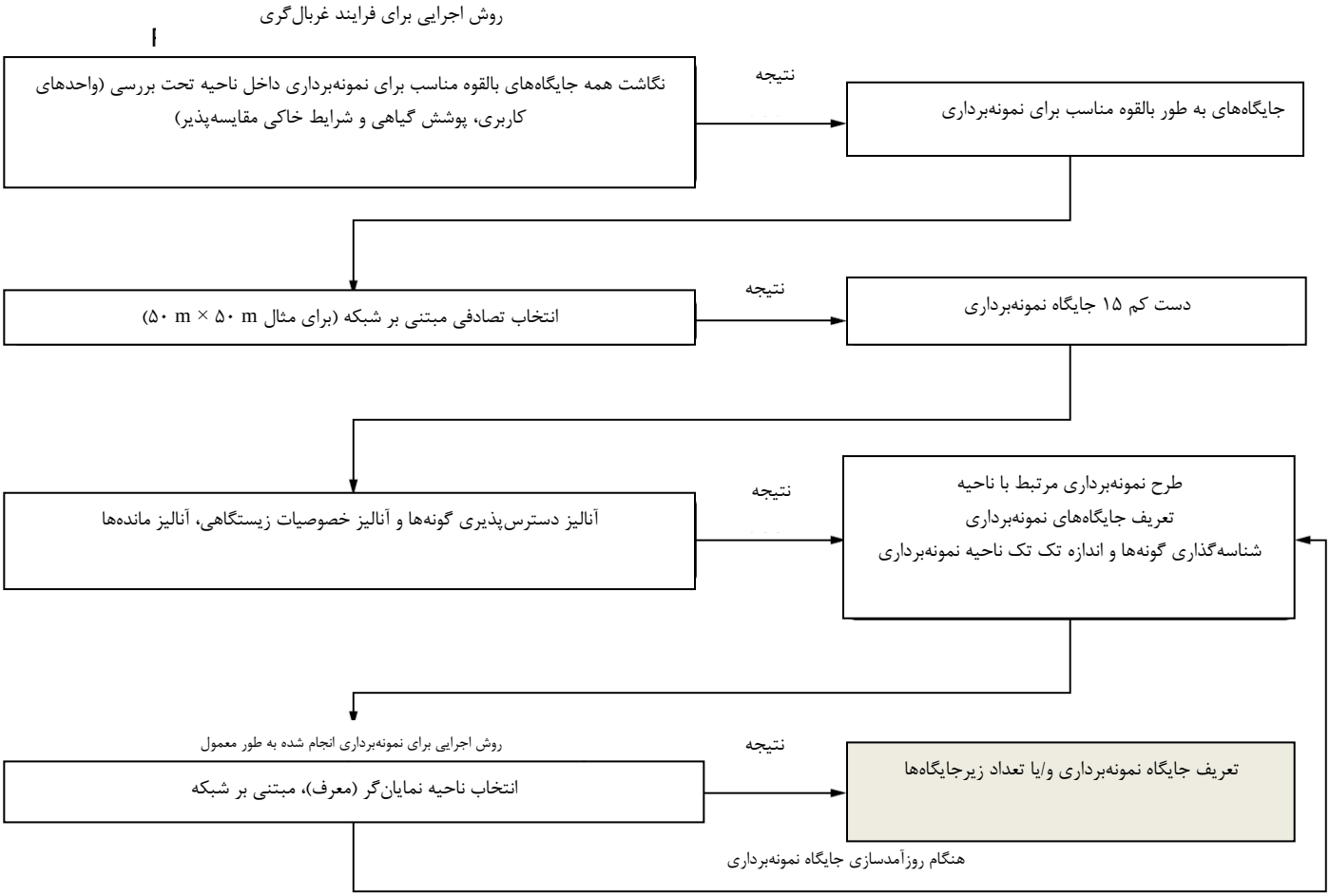
شکل الف۴- قسمت A: ایستگاه جنگلی همگن با واحدهای آزمایشی به دنبال طراحی آشیانه‌ای؛ قسمت B: جزئیات واحد آزمایشی با نقاط نمونه‌برداری

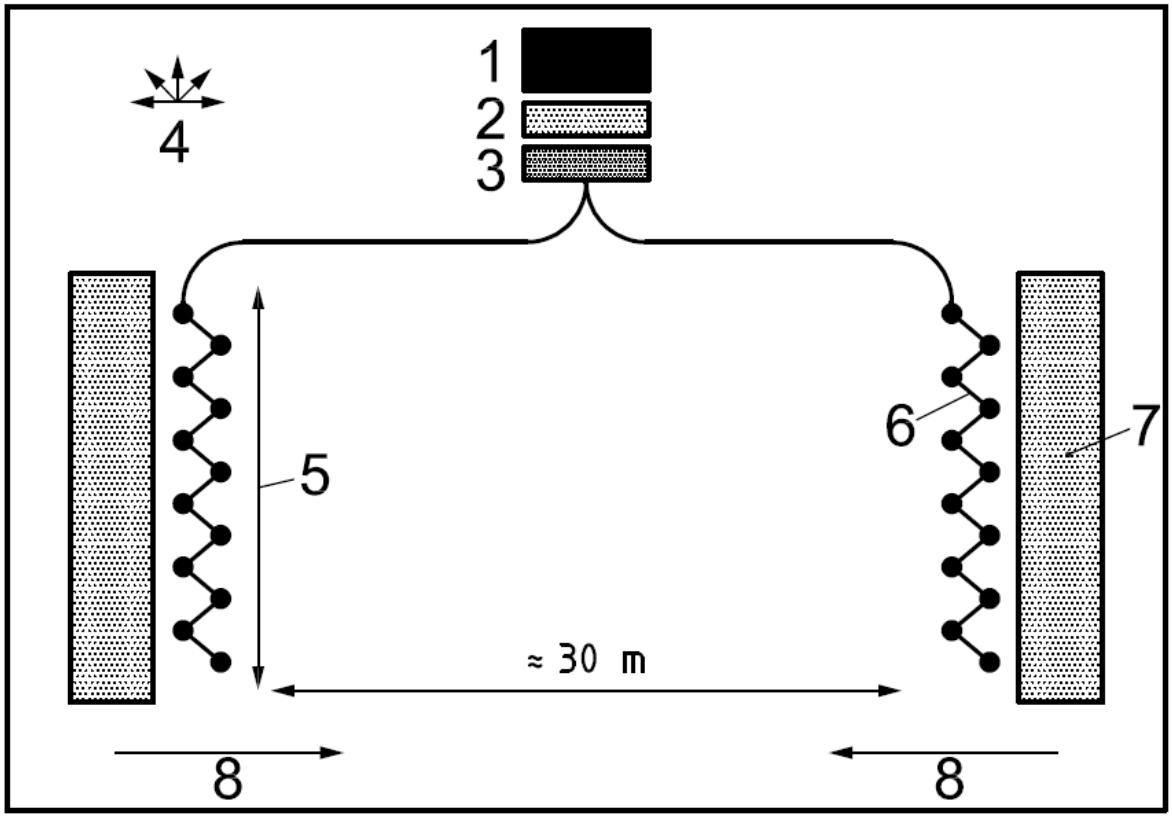
الف-۳-۲ آلودگی نامشخص (شیمیایی) (کیفیت بیولوژیکی زیاگان خاک)، [۴۸]

جدول الف۶

هدف	تعیین انباشت‌زیستی مواد شیمیایی در *کرم‌های خاکی* به منظور بررسی گذشته‌نگر تغییرات شیمیایی دراز مدت در، به عنوان مثال، اکوسیستم‌های زمینی [بانک نمونه‌های زیست‌محیطی آلمان (ESB)[a]].
اطلاعات مقدماتی	غربال‌گری باید به منظور تعریف جایگاه‌های نمونه‌برداری، گونه‌های هدف، و تعداد نمونه تصادفی، انجام شود. هدف دیگر این پیش‌مطالعه، تعیین مشخصات خاک، تغییرات در غلظت‌های آلاینده و طرح فضایی بار آلودگی (شکل الف۵) است. بر اساس غربال‌گری، نگاشت همه جایگاه‌های بالقوه مناسب برای *کرم‌های خاکی*، با کاربری زمین، پوشش گیاهی، شرایط خاکی مقایسه‌پذیر، انجام می‌شود.
محل	حدود ۵۰ جایگاه به عنوان مکان‌های آلوده‌نشده در سرتاسر آلمان در نظر گرفته شدند
عوامل تنش‌زا	به طور بالقوه، همه مواد شیمیایی (عمدتا هوابرد): فلزات سنگین، PAHها، یا آفت‌کش‌ها.
راهبرد طراحی	نمونه‌برداری لایه‌ای (سطح جایگاه)، قضاوتی (سطح پلات)
انتخاب و آنالیز ارگانیسم‌ها	*کرم‌های خاکی* معرف جامعه تجزیه‌گر در خاک. (*لومبریکوس ترستریس*[a]، *آپورکتودآلونگا*[b]). زیست‌توده زیاد آنها تعیین حتی غلظت‌های کم آرایهٔ وسیعی از مواد شیمیایی را تسهیل کرد.

ادامه جدول الف۶	
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	شبکه‌ای روی هر جایگاه گسترده شد، دست کم ۱۵ بخش به طور تصادفی به عنوان نقاط نمونه‌برداری انتخاب شد. جایگاه‌های نمونه‌برداری برای نمونه‌برداری‌های معمول، مطابق شکل الف۶ تعیین شد. با توجه به نوع اکوسیستم و اندازه ناحیه نمونه‌برداری، تعداد پلات‌های نمونه‌برداری متفاوت است. یک پلات نمونه‌برداری می‌تواند متشکل از چندین پلات جزئی باشند، که نباید مرتبط با هم دیگر باشند. محل و اندازه پلات (های) نمونه‌برداری باید در طرح نمونه‌برداری مرتبط با ناحیه ثبت شود. در هر حالت، دست‌کم ۱۰ نقطهٔ نمونه‌برداری باید به صورت تصادفی به ازای هر پلات انتخاب شود. با تبعیت از طرح شکل الف۶، ژنراتور، آمپرمتر، و خطوط الکترودی در نواحی به دام‌اندازی[c] مرتب شدند. خطوط الکترود، هر دو به صورت الگوی زیگزاکی درون خاک در فاصله حداکثر ۳۰ m نصب شدند. الگوی زیگزاگ توصیه می‌شود چرا که در مقایسه با آرایش خطی الکترودها، موجب وسعت بخشیدن به ناحیه به دام اندازی در هر خط می‌شود. اگر مقادیر برای ولتاژ و/یا جریان، با وجود ولتاژ خروجی ۲۲۰ V، بیش از حد کم باشد که بتواند کرم‌های خاکی را به سطح خاک بیاورد، هر دو خطوط الکترودی باید نزدیک‌تر به هم گذاشته شوند. مقادیر دقیق برای ولتاژ مناسب نمی‌تواند تعیین شود، چرا که، بسته به هدایت‌پذیری خاک، حتی در مورد مقادیر کم می‌توان منافع خوبی از به دام‌اندازی را شاهد بود. جمع‌آوری همیشه در هر دو خطوط الکترودی انجام می‌شود.
ملاحظات	*لومبریکوس ترستریس*، در مقایسه با *آپورکتودآلونگا*[b] معلوم شد که بیشتر برای این منظور مناسب است.
	[a] *Terrestris Lumbricus* [b] *Aporrectodea* [c] Trapping zones


روش اجرایی برای فرایند غربال‌گری
نگاشت همه جایگاه‌های بالقوه مناسب برای نمونه‌برداری داخل ناحیه تحت بررسی (واحدهای کاربری، پوشش گیاهی و شرایط خاکی مقایسه‌پذیر)
نتیجه
جایگاه‌های به طور بالقوه مناسب برای نمونه‌برداری
انتخاب تصادفی مبتنی بر شبکه (برای مثال ۵۰ m × ۵۰ m)
نتیجه
دست کم ۱۵ جایگاه نمونه‌برداری
آنالیز دسترس‌پذیری گونه‌ها و آنالیز خصوصیات زیستگاهی، آنالیز مانده‌ها
نتیجه
طرح نمونه‌برداری مرتبط با ناحیه
تعریف جایگاه‌های نمونه‌برداری
شناسه‌گذاری گونه‌ها و اندازه تک تک ناحیه نمونه‌برداری
روش اجرایی برای نمونه‌برداری انجام شده به طور معمول
انتخاب ناحیه نمایان‌گر (معرف)، مبتنی بر شبکه
نتیجه
تعریف جایگاه نمونه‌برداری و/یا تعداد زیرجایگاه‌ها
هنگام روزآمدسازی جایگاه نمونه‌برداری



راهنما

1 ژنراتور
2 ترانسفورمر کنترل
3 آمپرمتر، با کلید خاموشی اضطراری
4 جهت باد
5 طول خط الکترود: ۵ m
6 خط الکترود به صورت الگوی زیگزاگی
7 کف‌پوش عایق (= محلی برای کارکنان)
8 جهت کار

شکل الف۶-چیدمان لوازم به دام‌اندازی، مرجع [۴۲]

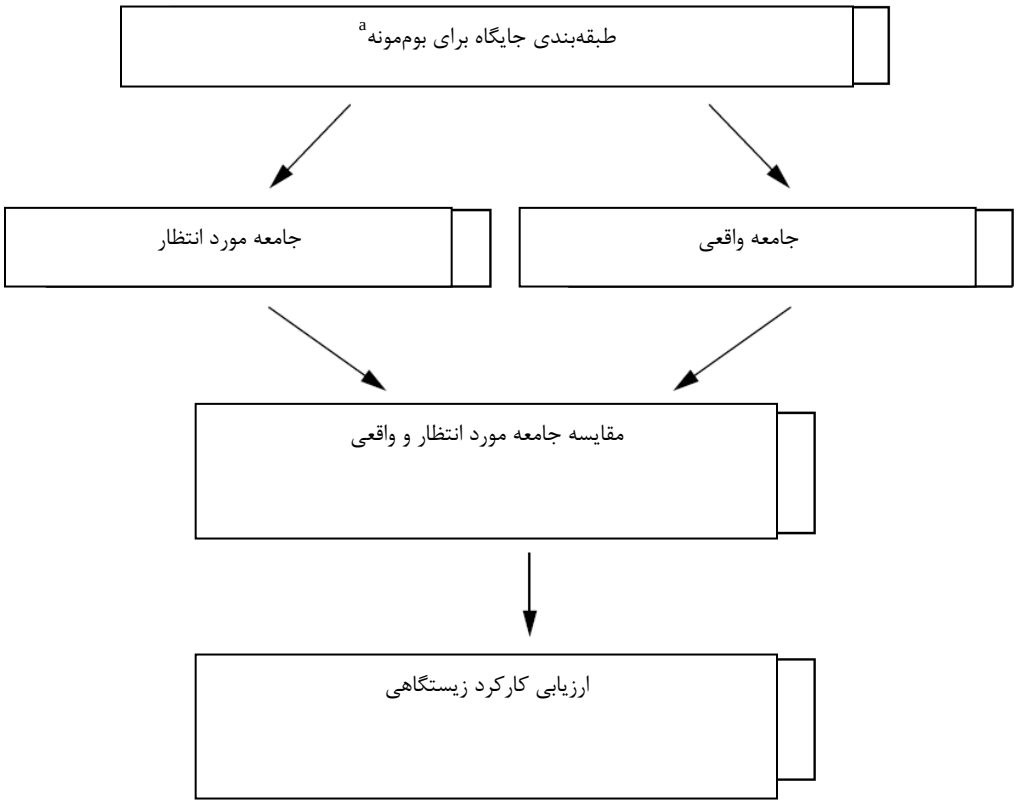
الف-۴ طبقه بندی بیولوژیکی و ارزیابی خاک‌ها

الف-۴-۱ رویکرد BBSK

جدول الف۷

هدف	ارزیابی کارکرد زیستگاهی خاک‌ها
اطلاعات مقدماتی	مشخصات همه جایگاه‌ها با دقت تعیین شد (به عنوان مثال مقدار pH، مقدار ماده آلی، نسبت C/N، رطوبت خاک، و بافت خاک (معمولا با استفاده از روش‌های شرح داده شده در استانداردها) و همچنین پیشینه، کاربری زمین، و غیره).
محل	مطالعه پایلوت با ۲۵ جایگاه در سرتاسر آلمان (به طور عمده جنگل‌ها، همچنین مراتع و جایگاه‌های کشاورزی

ادامه جدول الف۷	
عوامل تنش‌زا	جایگاه‌های انتخاب‌شده، طیف وسیعی از خصوصیات خاک، مناطق آب و هوایی همچنین تاثیرات انسان‌زاد بالقوه (مثلا آلاینده‌های هوابرد) داشت، از جایگاه‌های نزدیک به مراکز صنعتی گرفته تا مناظر بکرتر روستایی.
راهبرد طراحی	نمونه‌برداری خوشه‌ای (سطح پلات)، مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲. به عنوان مثال نمونه‌ها به شیوه X منظم شدند (فاصله بین تک‌تک نمونه‌ها: ۵ m)
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	گروه‌های مهم از نظر اکولوژیک: ریززیاگان (*نماتدها*)، میان‌زیاگان (*کرم‌های سفید*، *کنه‌ها*) و درشت زیاگان (*کرم‌های خاکی*، *سوسک‌ها*)
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	نمونه‌برداری مطابق با استانداردها (به عنوان مثال مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۷۷۳) در فصل بهار و پاییز هنگامی که ارگانیسم‌های خاک فعال هستند، انجام شد. در هر جایگاه (حدود ۱۰۰ m × ۱۰۰m) تعداد مختلفی از نمونه‌ها گرفته شد: نه مورد برای *ریزبندپایان*، *کرم‌های سفید* و *نماتدها* (خاکروبه و لایه‌های خاک متفاوت بودند) و شش مورد برای *کرم‌های خاکی*. طراحی نمونه‌برداری توصیه شده در استانداردها مورد استفاده قرار گرفت. نقاط خاص در جایگاه‌هایی (به عنوان مثال مسیرها در جنگل‌ها) که می‌تواند بر توزیع بی‌مهرگان خاک تاثیر بگذارد، تا حد امکان از نمونه‌برداری کنار گذاشته شدند.
ملاحظات	این مطالعه به عنوان یک پروژه پایلوت بود که در آن روش‌هایی برای طبقه‌بندی زیاگان (رویکرد نظری: شکل الف۷) ارائه شد. مقادیر مرجع براساس دانش تخصصی برای هر آرایه به طور جداگانه، تعریف شد. انحراف‌ها از مقادیر مرجع به صورت «−» (انحراف بین مرجع و مقدار واقعی)، «±» (برخی تفاوت‌ها، اما مبهم)، و «+» (بدون انحراف در محدوده ٪ ۳۰) طبقه‌بندی شدند.



[a] Echotype

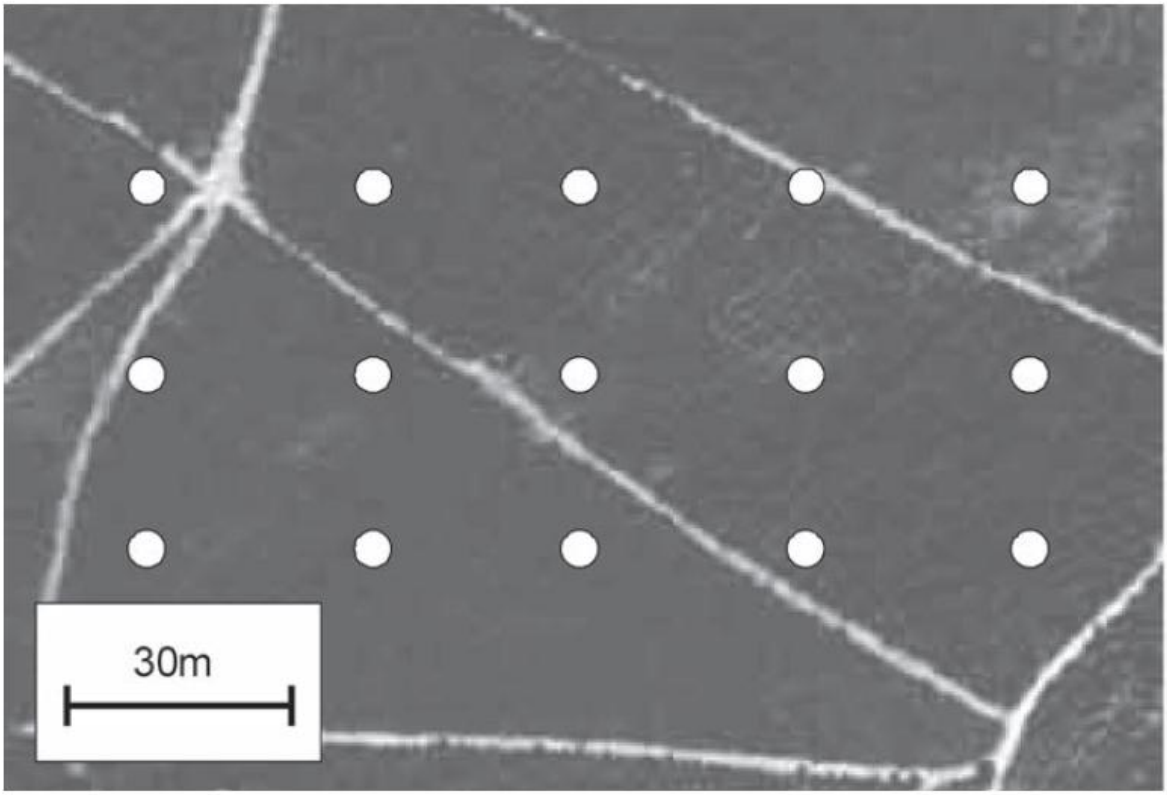
شکل الف۷-بررسی طرح‌واره مفهوم BBSK

الف-۴-۲ نمونه‌برداری از ریزبندپایان

جدول الف۸

هدف	پایش تنوع ریزبندپایان در سطح زیستگاهی (برنامه پایش متمرکز بر جنگل)
اطلاعات مقدماتی	قرار دادن شبکه براساس تحلیل عکس هوایی، اجتناب از اثرات حاشیه‌ای.
محل	جنگل آبگیری در نزدیکی کارلسروهه (آلمان)
عوامل تنش‌زا	انواع جنگل‌ها و/ یا کاربست‌های مدیریتی مختلف
راهبرد طراحی	طراحی شبکه (در مورد وجود تکه‌های مختلف گیاهی درون جایگاه میدان، نمونه‌برداری لایه‌ای توصیه می‌شود)
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	*ریزبندپایان* (به خصوص *کلمبولاها*)، چرا که آنها به لحاظ کمی و کیفی به مهم‌ترین گروه‌های حیوانی خاک متعلق هستند، منابع [۷۲]، [۲۲]، [۱۶]، به لحاظ آرایه‌شناختی به خوبی توصیف شده‌اند و داده‌های زیادی در مورد جغرافیای حیوانی و واکنش‌ها نسبت به عوامل زیست‌محیطی در دسترس است (مراجع [۱۲]، [۲۷]، [۴۹])

ادامه جدول الف۸	
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	نمونه‌ها (= مغزه‌های خاک) باید از یک منطقهٔ نسبتا بزرگ برداشته شوند تا معرف جایگاه تحت ارزیابی باشند، و از رونوشت کاذب فضایی (به مساحت به عنوان مثال ۱۵۰ m × ۱۵۰ m) پرهیز شود. توزیع واحدهای آزمایشی در ناحیهٔ نمونه‌برداری از طراحی شبکه ۳ × ۵ (شکل الف۸، با نقاط نمونه‌برداری از هم جدا شده در فواصل ۳۰ m) تبعیت می‌کند. ۱۵ نقطهٔ نمونه‌برداری (حداقل ۱۰ مورد) انتخاب شدند. در هر نقطه یک مغزهٔ نمونه و یک مونولیت خاک برداشته شد و همچنین یک دام راه اندازی شد (برای یک دوره ۱۰ روزه). جمع‌آوری نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۶۲۱ انجام شد. به منظور شناسایی همهٔ گونه‌های موجود، نمونه‌ها باید به طور یکنواخت درون پلاتی (به صورت تصادفی یا مطابق با الگوهای ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ توزیع شوند؛ همچنین به بند ۶-۲ مراجعه کنید). از این رو ضرورت دارد که اطمینان حاصل شود همهٔ گرادیان‌های زیست‌محیطی به طور برابر نشان داده شوند و حداقل فاصله ۱ m از ساختارهای عمدهٔ ژئومورفولوژیکی و بیولوژیکی میدان حفظ شود، مراجع [۳۸]، [۳۹]. فاصلهٔ حداقلی ۱ m و فاصلهٔ بهینه ۲ m تا ۳ m باید بین تک‌تک نمونه‌ها برای جلوگیری از خودهمبستگی حفظ شود.
ملاحظات	مطالعات میدان و متا آنالیز داده‌های علمی انجام شد تا طراحی‌های میدانی مناسب با توجه به توزیع ناهمگن زیاگان و دقت داده‌ها، [۱۵]، [۲۲]، [۲۳]، [۵۴] روشن شود. توصیه‌های ارائه شده در این مقالات قابل اقتباس در بسیاری از مطالعات و انواع زیستگاهی می‌باشند. با این حال، تفاوت‌های عمده‌ای در مورد اعماق خاک‌های مورد نمونه‌برداری وجود دارد. در حالی که در مرتع و جنگل‌ها، بزرگترین فراوانی و غنای گونه‌ها در ۵ cm تا ۱۰ cm بالاتر از خاک معدنی یافت می‌شوند، خاک‌های زراعی به عمق شخم بستگی دارد. توزیع *کلمبولا* با جزئیات لازم مورد مطالعه قرار گرفت تا بتواند به عنوان مثال در اینجا مورد استفاده قرار گیرد، [۵۳].



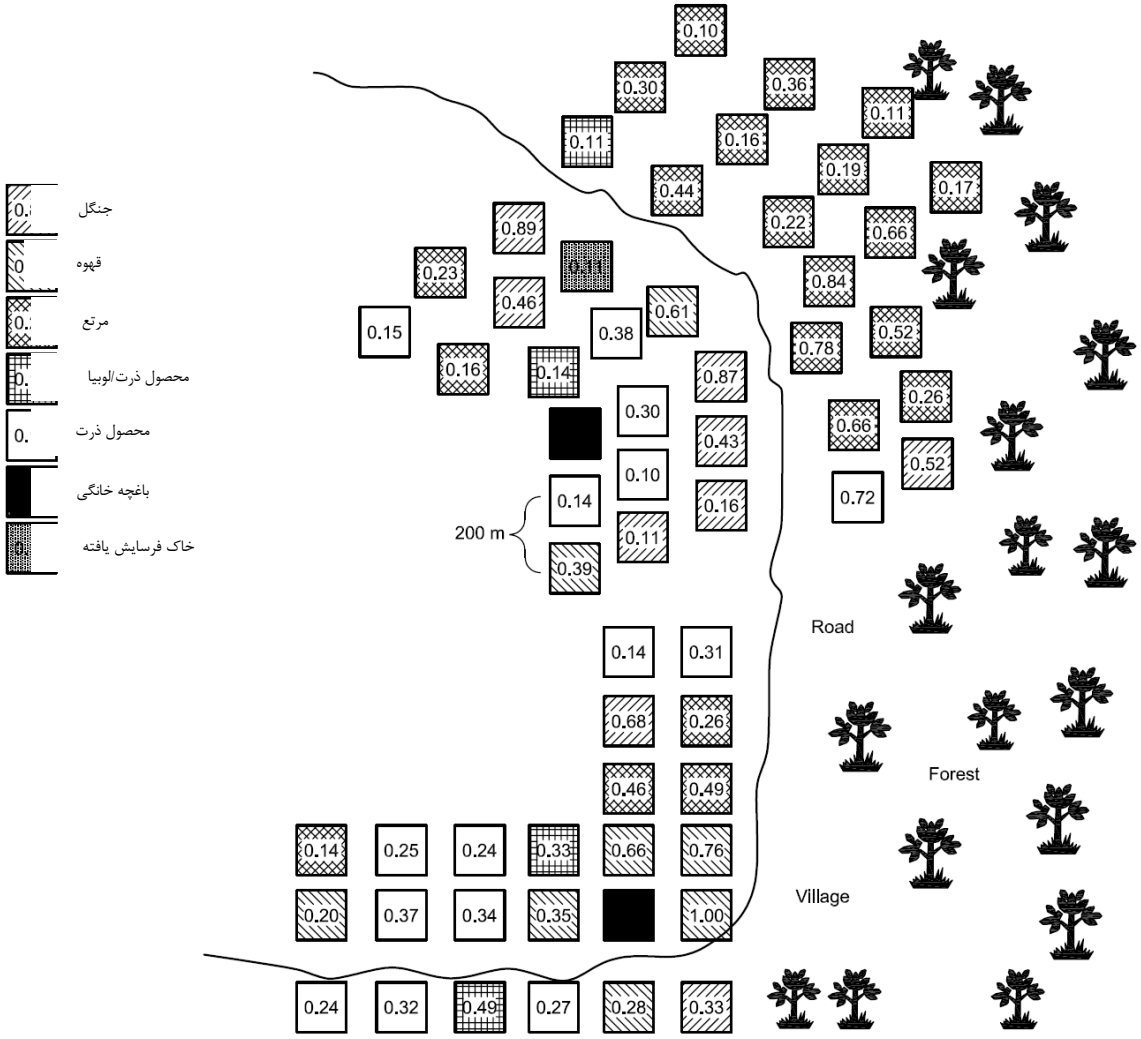
شکل الف۸-ایستگاه جنگلی همگن با نقاط نمونه‌برداری قرار گرفته بر روی طراحی شبکه‌ای

الف-۴-۳ درشت‌زیاگان در سطح منظر - مطالعه موردی در نیکاراگوئه، مراجع [۴، ۷۰، ۷۱، ۷۳]

جدول الف۹

هدف	بررسی اثر کاربست‌های مختلف کاربری زمین در سطح منظر، طراحی شاخص کلی منعکس‌کننده کیفیت جوامع بی‌مهرگان خاک و رتبه‌بندی این جایگاه‌ها مطابق با این معیار.
اطلاعات مقدماتی	به ویژه، داده‌های مربوط به اقدامات کشاورزی و مدیریت زمین
محل	حوزه آبریز ویبیوز[a]، در نیکاراگوئه مرکزی. منطقه پر از تپه پوشیده شده با کاربری‌های گوناگون زمین نمایش داده شده در آرایه موزاییکی. منظر نمونه‌برداری‌شده به مساحت حدود ۵ km^2 با موزاییک جنگل ثانویه، مزارع قهوه، مراتع و محصولات کشاورزی ذرت (به شکل الف۹ مراجعه کنید).
عوامل تنش‌زا	کاربری زمین، انواع محصولات و مدیریت زمین
راهبرد طراحی	نمونه‌برداری لایه‌ای
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	۱۶ آرایه از درشت‌زیاگان (به عنوان مثال *کرم‌های خاکی*، *مورچه‌ها*، *موریانه‌ها*، *سوسک‌ها*، *هزارپا*، *دوجفت‌پاویسان*[b])، شناخته شده به عنوان آرایه‌های غالب در این خاک

ادامه جدول الف۹	
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	پروتکل نمونه‌برداری شبکهٔ منظمی بود با نقاط نمونه‌برداری با فاصله ۲۰۰ m. پنج نمونه (مونولیت ۲۵ cm × ۲۵ cm × ۳۰ cm) قرار گرفته مطابق با پروتکل TSBF (به استاندارد (ملی ایران شماره ۱-۱۰۹۶۲ مراجعه کنید) در هر نقطه برداشته شد، و بی‌مهرگان درشت خاک با دست جور شدند. برای ارزیابی بی‌مهرگان درشت خاک در این سطح آرایه‌شناختی، تعداد سه نقطهٔ نمونه‌برداری مناسب است. بی‌مهرگان در ۱۶ آرایه شناسایی شدند و تحلیل چندمتغیره، حاکی از تاثیر معنی‌دارِ نوع کاربری زمین بر گرادیان غنا و فراوانی از زمین‌های کشت‌های قهوه و جنگل‌های ثانویه گرفته تا زمین‌های آیشی، باغچه‌های خانگی، محصولات زراعی متنوع، تک محصولی، و مراتع، و خاک‌های فرسایش‌یافته احاطه شده توسط تک‌کشتی‌ها (به عنوان مثال ذرت) بود. شاخص فراوانی و تنوع درشت‌زیاگان خاک به طور خاص بر اساس رویکرد چندمتغیره طراحی شد.
ملاحظات	تخریب زمین موضوعی بسیار جدی در اکوسیستم‌های دامنهٔ کوه‌ها در امریکای مرکزی است جایی که در آن فرسایش، از دست رفتن مواد آلی و کاربست‌های استخراج مواد مغذی هنوز هم با ورودی‌های مناسب (کودهای شیمیایی و مواد آلی) و کاربست‌های حفاظتی کمی جبران می‌شود.
	[a] Wibuse [b] Diplopods



یادآوری-اعداد در جعبه‌ها نشانگر مقدار محلی زیرشاخص درشت‌زیاگان محاسبه شده است [۷۱]

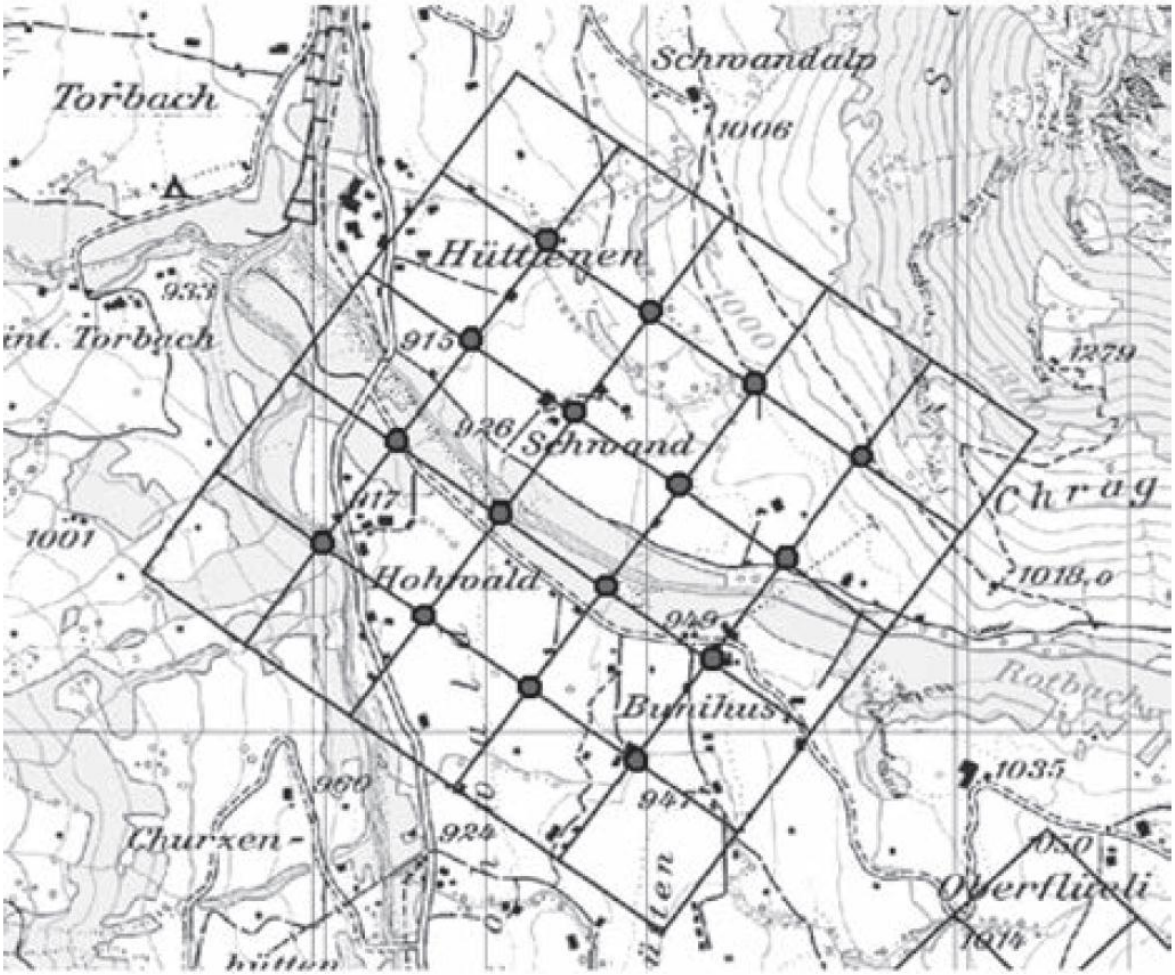
شکل الف۹-طرح نمونه‌برداری در ناحیه آبریز ویبیوز

الف-۴-۴ نمونه‌برداری از میان‌زیاگان در سطح منظر، مراجع [۵، ۶۳]

جدول الف۱۰

هدف	ارزیابی تغییرات در الگوهای تنوع در سطح منظر
اطلاعات مقدماتی	موقعیت جغرافیایی، خصوصیات خاک و آب و هوا، مشخصات پوشش گیاهی
محل	جایگاه‌های مختلف در اروپا، به عنوان مثال فرانسه
عوامل تنش‌زا	تغییرات کاربری زمین، واقع در امتداد ترانسکت از یک منظر جنگلی برجسته به منظر برجسته کشاورزی، گذرنده از یک منظر چندکاربری
راهبرد طراحی	طراحی شبکه
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	در این مثال: *کلمبولا*، بسیار متنوع و مهم از نظر کارکردی از گروه میان‌زیاگان

ادامه جدول الف۱۰	
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	جمع‌آوری نمونه‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۶۲۱. نمونه‌ها از ناحیهٔ نسبتا بزرگی برداشته شد تا معرف پیکربندی منظر تحت ارزیابی باشد. اندازه این پنجره‌ها بستگی به دانه‌بندی منظر دارد، به عنوان مثال، مناظری با دانه‌بندی درشت ممکن است نواحی بزرگتر را بطلبند. شش واحد کاربری زمین از منظر (LUUs)[a]، با مساحت km^2 انتخاب شدند. این شش LUUs گرادیان مورد بحث را تشکیل می‌دهند، و همچنین می‌تواند به عنوان گرادیان تشدید کاربری زمین[b] دیده شود. در هر LUU، ۱۶ نقطهٔ نمونه‌برداری روی یک شبکهٔ ۴ × ۴ با فاصلهٔ ۲۰۰ m (شکل الف۱۰) تعریف شد. این شبکهٔ نمونه‌برداری تقریبا همه انواع کاربری زمین در را در پنجرهٔ منظر، دربرداشت. در هر نقطه نمونه‌برداری، یک، اما ترجیحا بیش از یک، مغزه خاک باید گرفته شود. برای ارتباط دادن توصیف‌گرهای تنوع زیستی با ساختار و ترکیب منظر، سنجه‌های[c] منظر در مقیاس‌های مختلف فضایی توسط تجزیه و تحلیل تصویر به دست آمد.
ملاحظات	این مطالعه بخشی از یک مطالعهٔ پان‌اروپایی بود که در آن، به دنبال همان راهبرد نمونه‌برداری، دیگر گروه‌های ارگانیسمی خاک نیز جزو نمونه‌ها بودند.
	[a] Landscape land-use units [b] Gradient of land-use intensification [c] Metrics



شکل الف۱۰-پنجره منظر (LUU) به وسعت km2 ۱ با شبکه نمونه‌برداری روی آن (۱۶ نقطه نمونه‌برداری)

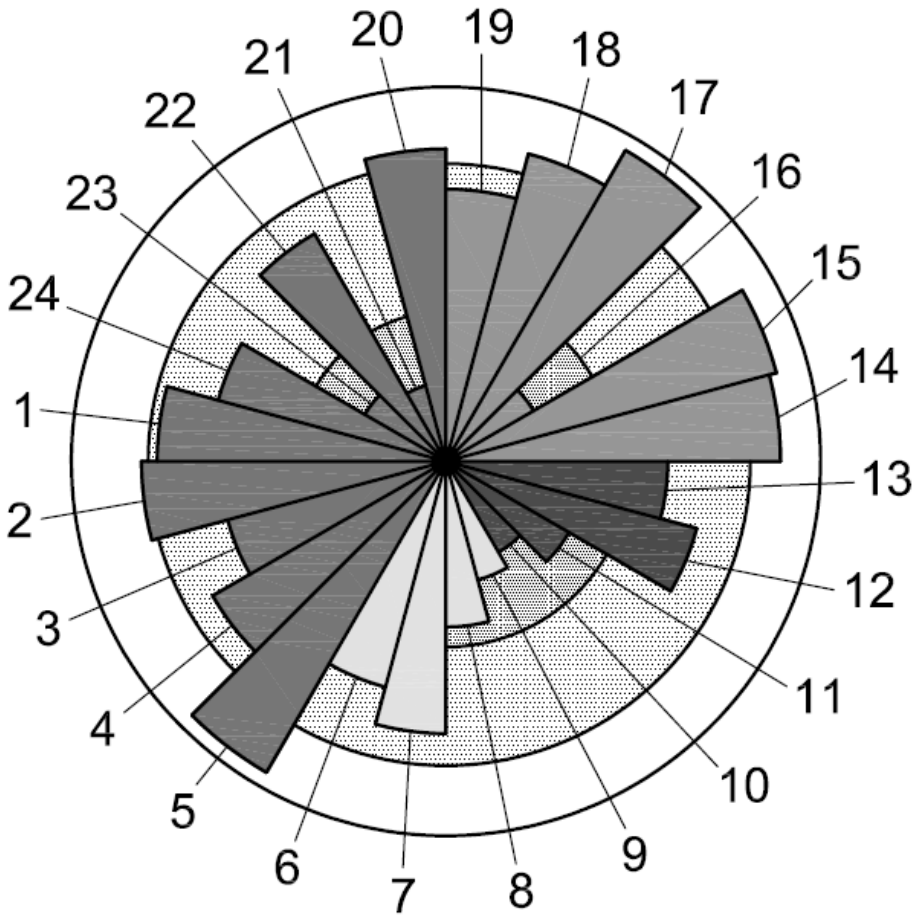
الف-۵ پایش طولانی مدت زیست‌جغرافیایی

الف-۵-۱ شبکه پایش ملی خاک در هلند، مراجع [۵۵، ۵۶]

جدول الف۱۱

هدف	هدف ارائهٔ مبنایی برای ارزیابی کیفیت بیولوژیکی خاک‌ها در هلند
اطلاعات مقدماتی	موقعیت جغرافیایی، پیشینه کاربری از زمین (در مدیریت خاص)، خصوصیات خاک و آب و هوا، پوشش گیاهی
محل	حدود ۳۰۰ مکان نمونه‌برداری (= جایگاه‌های مزرعه) واقع در سرتاسر هلند
عوامل تنش‌زا	کاربری زمین، به ویژه مدیریت کشاورزی
راهبرد طراحی	طراحی تصادفی لایه‌ای متشکل از ترکیب‌های دقیق کاربری زمین و نوع خاک
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	پارامترهای مختلف توصیف‌کننده جامعه باکتریایی و بی‌مهرگان اصلی (*نماتدها*، *کلمبولاها*، *کنه‌ها*، *کرم‌های سفید* و *کرم‌های خاکی*)

ادامه جدول الف۱۱	
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	همهٔ اندازه‌گیری‌های بیولوژیکی خاک طی برنامهٔ زمان‌بندی منظم (هر شش سال یکبار) مطابق با روش‌های استاندارد انجام می‌شود. به عنوان مثال، به منظور توصیف جامعه *نماتدی* در سطح مزرعه، ۳۲۰ مغزه خاک تک به تک، به طور برابر روی کل ناحیه، برداشته می‌شود که یک نمونهٔ مرکب حدود kg ۱۵ تولید می‌کند. پس از همگن‌سازی، نمونه‌هایی در حدود kg ۱ را می‌توان از این مخلوط گرفت. ارگانیسم‌های بزرگتر از شش پلات گسستهٔ به طور مساوی گسترده‌شده در سرتاسر محل، نمونه‌برداری می‌شوند. در هر یک از این پلات‌ها، سه نمونهٔ مجزا گرفته می‌شود.
ملاحظات	مشکل شایع برای فعالیت‌های پایش: چگونه می‌توان نتایج چنین برنامه‌های پیچیده‌ای را اطلاع‌رسانی کرد؟ در اینجا، اطلاعات به دست آمده به شکل نمودار رادار ("Amoebe"، شکل الف۱۱) نشان داده شده است، نمودار هیستوگرام دایره‌ای نمایانگر همه مقادیر شاخص‌گر، مقیاس‌بندی‌شده در برابر یک موقعیت تاریخی، دست نخورده، یا مورد نظر، است [۱۴]. تهیهٔ مرجعی مناسب، به طور جداگانه برای هر ترکیبی از نوع خاک و کاربری خاک، تحت مطالعه است [۵۵]. به عنوان مثال، داده‌های شاخص‌گر از پلات بیولوژیکی مرتع در شکل الف۱۱ به عنوان مرجعی برای پلات‌هایی که زیاد مورد استفاده قرار داشتند، به کار رفت. هر متغیر مرجع به صورت ٪ ۱۰۰ مقیاس‌بندی شد. نتیجه، دایره‌ای از مقادیر ٪ ۱۰۰ برای هر موقعیت مرجع بود. پارامترهای نشان‌گر تقریبا همگی در دایره ٪ ۱۰۰ ظاهر شدند. ظاهرا، تنوع زیستی در گروه‌های کارکردی، و نرخ‌های فرایندی مرتبط، در پلات‌هایی تحت مدیریت فشرده، کمتر از پلات‌های معمول بودند.



یادآوری- همهٔ نتایج حاصل از جایگاه مرجع (مزرعهٔ بیولوژیکی) در دایره ٪ ۱۰۰ مقیاس‌بندی شدند. نتایج پایش حاصل از مزارع منظم به صورت میله نشان داده شده است.

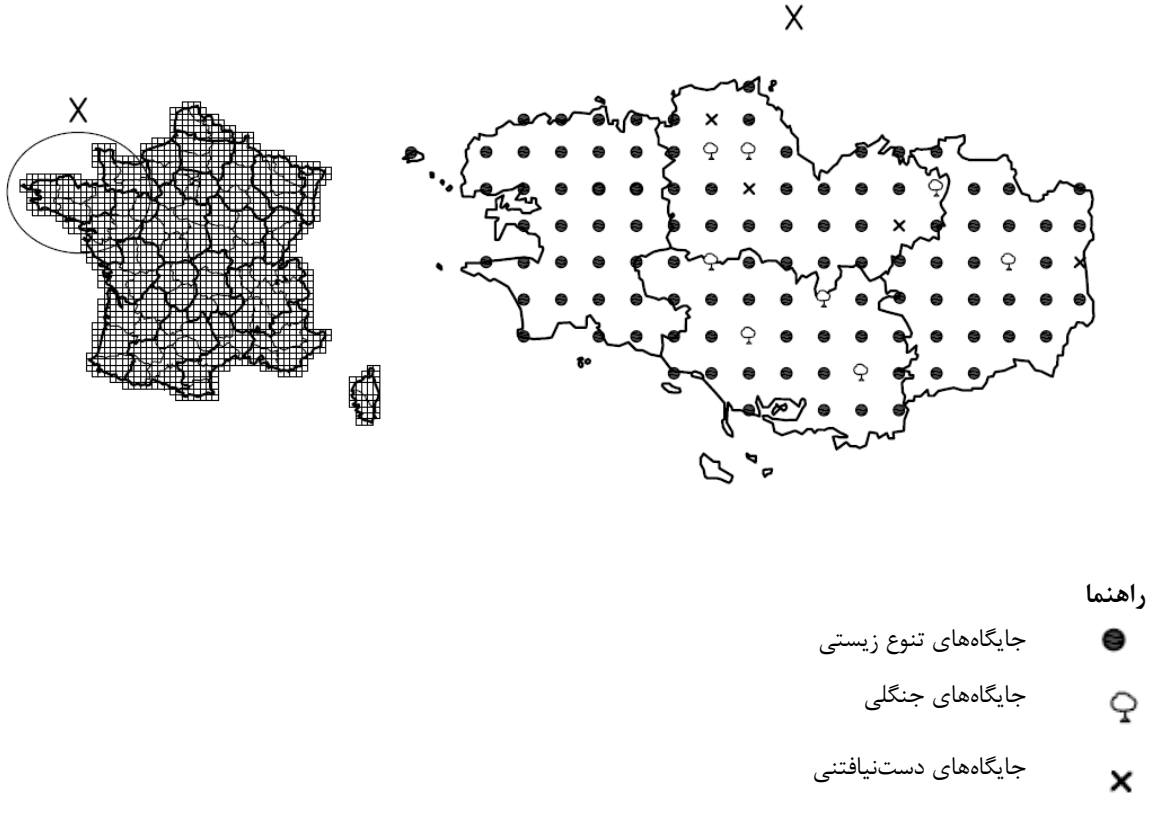
شکل الف۱۱ - ارائه نتایج پایش بر گروه خاصی از مزارع در "Amoebe"

الف-۵-۲ پایش تنوع زیستی خاک در مقیاس منطقه‌ای: "RMQS BioDiv"، تجربهٔ‌منطقهٔ پایلوت در فرانسه

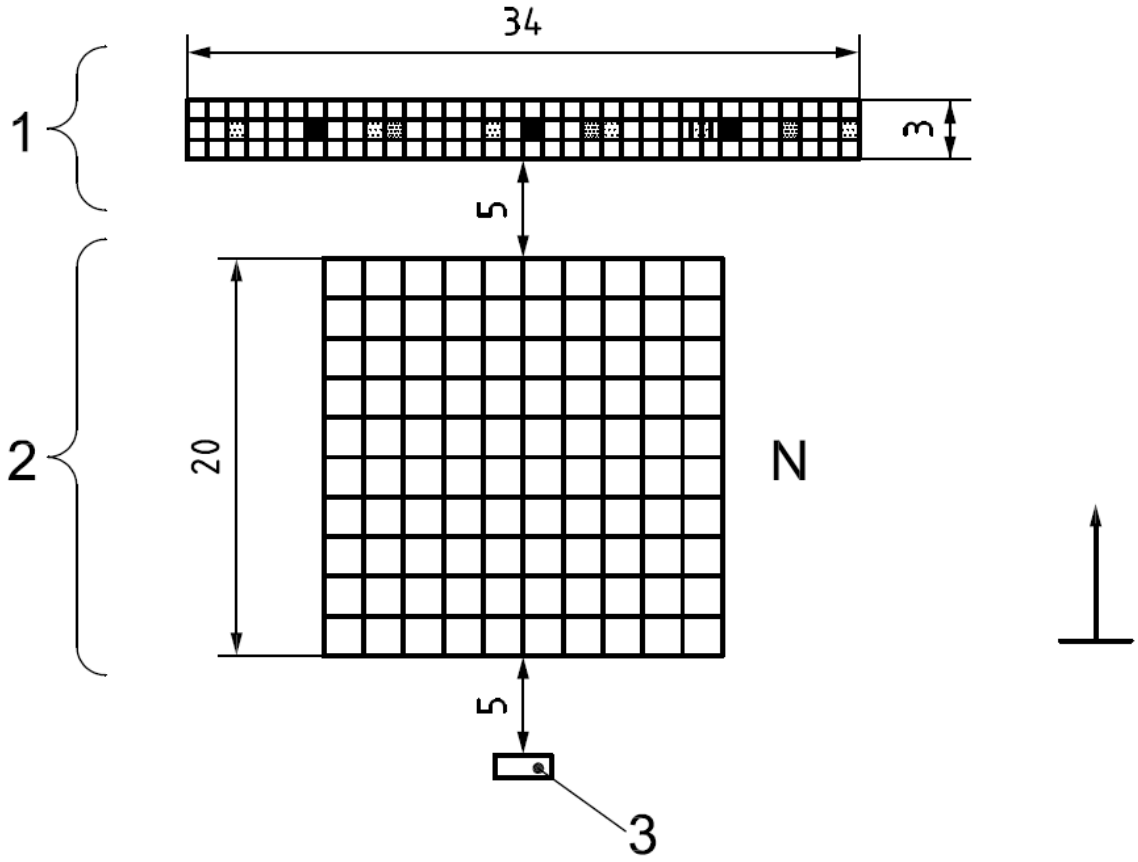
جدول الف۱۲

هدف	پایش تنوع زیستی خاک (گونه‌ها و کارکرد) در رابطه با کاربری زمین (به طور عمده کاربست‌های کشاورزی) و پارامترهای خاک‌شناسی-آب و هوایی[a]
اطلاعات مقدماتی	برنامهٔ متصل به شبکهٔ بزرگتر پایش خاک در مقیاس ملی (شبکه اندازه‌گیری کیفیت خاک - RMQS) که پایش پارامترهای خاک (شیمی، فیزیک) و مدیریت کشاورزی را با استفاده از شبکهٔ منظم (۱۶ km × ۱۶ km) در سطح ملی تحت پوشش داشت: پیشینه میدان، از جمله کاربست‌های کشاورزی و کاربری‌های زمین، پارامترهای زراعی خاک (pH ، CEC، و غیره) و آلاینده‌ها (آفت‌کش‌ها، فلزات، و غیره).
محل	فرانسه (سطح منطقه‌ای بریتانی)
عوامل تنش‌زا	کاربری زمین (جنگل‌ها، مراتع، کشت‌ها)، کاربست‌های کشاورزی (چرخشی، به‌سازی، و غیره) و پارامترهای زیست‌محیطی (آب و هوا، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، جغرافیای زیستی، و غیره)

ادامه جدول الف۱۲	
راهبرد طراحی	شبکهٔ سیستماتیک در بریتانی (۱۶ km × ۱۶ km) برای انتخاب جایگاه نمونه‌برداری آشیانه‌ای در میدان و مقیاس پلات
انتخاب و آنالیز گروه ارگانیسمی	درشت‌زیاگان (*کرم‌های خاکی* و کل بی‌مهرگان درشت)، میان‌زیاگان (*آکارینا* و *کلمبولا*)، میکروارگانیسم‌ها (*نماتدها*، زیست‌توده میکروبی، تنوع باکتریایی)، همچنین پارامترهای بیولوژیکی کارکردی (تنفس خاک، شاخص هوموس).
روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده	طرح نمونه‌برداری، رویکردی سیستماتیک بر اساس شبکهٔ مربع ۱۶ km× ۱۶ km (شکل الف۱۲). ۱۰۹ جایگاه نمونه‌برداری شدند. در هر نقطهٔ نمونه‌برداری، ناحیه RMQS BioDiv (۱۰۰ m^2) در ۵ m ناحیه RMQS کلاسیک، در یک منطقهٔ همگن (بر اساس ویژگی‌های خاک‌شناسی و پوشش خاک) واقع شده بود. طراحی نمونه‌برداری از قبل تعریف شده بود تا از آشفتگی بین گروه‌های مختلف بیولوژیکی (شکل الف۱۳) اجتناب شود: کل بی‌مهرگان درشت: شش تکرار (۲۵cm × ۲۵cm)؛ *کرم‌های خاکی*: سه تکرار ($1m^2$) *کلمبولا* و *آکارینا*: سه تکرار؛ *نماتدها* و فلور میکروبی: نمونه مرکب از ۳۲ مغزه.
ملاحظات	روش‌های نمونه‌برداری بیولوژیکی و خاک مورد استفاده طوری طراحی شده بودند که تا حد امکان توصیه‌های استانداردها و برنامه ENVASSO را برآورده سازند.
[a] Pedoclimatic	



شکل الف۱۲–طراحی نمونه‌برداری سیستماتیک (شبکه ۱۶ km × ۱۶ km)



راهنما

کل درشت‌زیاگان		1	ناحیه نمونه‌برداری RQMS Biodiv
کرم‌های خاکی		2	وسیلهRQMSکلاسیک- نمونه‌برداری مرکب RQMS (آنالیزفیزیکی-شیمیایی)
میان‌زیاگان		3	پیت خاک‌شناسی
ریززیاگان و فلور میکروبی			

شکل الف۱۳ – ناحیه نمونه‌برداری RQMS Biodiv و RQMS کلاسیک با موقعیت نمونه ها از گروه‌های مختلف بیولوژیکی

پیوست ب

(اطلاعاتی)

کتاب‌نامه

[1] Environmental Assessment of Soil for Monitoring Volume V: Procedures & Protocols. EUR 23490 EN/5, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 165 pp

[2] Alexander C.J., Holland J.M., Winder L., Wooley C., Perry J.N. Performance of sampling strategies in the presence of known spatial patterns. Ann. Appl. Biol. 2005, **146** pp. 361–370

[3] Anderson J.M. The enigma of soil animal species diversity. In: Progress in Soil Zoology, (Vanek J., ed.). Dr. W. Junk B.V. Publishers, The Hague, 1975, pp. 51–8.

[4] Anderson J .M., I ngram J.S.I. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. C A B International, Wallingford, UK, 1993

[5] Andr H .M., N oti M .-I., Lebrun P. The soil fauna: the other last biotic frontier. Biodivers. Conserv. 1994, **3** pp. 45–56

[6] Andr H.M., Ducarme X., Lebrun P. Soil biodiversity: myth, reality or conning? Oikos. 2002, **96** pp. 3–24

[7] BBodSchG (Bundesbodenschutzgesetz) (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Bundesgesetzblatt 502 vom 17.03.1998

[8] Bengtsson G., Rundgren S. Population density and species number of enchytraeids in coniferous forest soils polluted by a brass mill. Pedobiologia (Jena). 1982, **24** pp. 211–218

[9] Beylich A., Broll G., Graefe U., Höper H., Römbke J., Ruf A. et al. Biologische Charakterisierung von Böden. Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. BVB-Materialien. 2005, **13** pp. 1–78

[10] Bick H. Bioindikatoren und Umweltschutz. Decheniana Beihefte. 1982, **26** pp. 2–5

[11] Blab J. Bioindikation und Naturschutzplanung. Theoretische Anmerkung zu einem komplexen Thema. Natur und Landschaft. 1988, **63** pp. 147–149

[12] Black H.I.J., Hornung M., Bruneau P.M.C., Gordon J.E., Hopkins J.J., Weighell A.J. et al. (2003): Soil biodivesity indcators for agricultural land: Nature conservation perspectives. In: OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators, Rome, March 25-28, 2003. pp. 517-530.

[13] Bongers T. The Maturity Index. An ecological Measure of environmental Disturbance based on Nematode species Composition. Oecologia. 1990, **83** pp. 14–19

[14] Breure A.M., Mulder C., Römbke J., Ruf A. Ecological classification and assessment concepts in soil protection. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2005, **62** pp. 211–229

[15] Bruckner A ., B arth G ., S cheibengraf M. Composite sampling enhances the confidence of soil microarthropod abundance and species richness estimates. Pedobiologia (Jena). 2000, **44** pp. 63–74

[16] Coleman D.C., Crossley D.A. Jr., Hendrix P.R. Fundamentals of Soil Ecology. Elsevior, Amsterdam, Boston, Heidelberg, New York, Second Edition, 2004

[17] Doran J.W., Parkin T.B. Defining and assessing soil quality. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, 35, (Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A., eds.). American Society of Agronomy Special Publication, Madison, WI, 1994, pp. 3–21.

[18] Dunger W. (1982): Die Tiere des Bodens als Leitformen für anthropogene Umweltveränderungen, Decheniania – Beihefte (Bonn) 26, pp. 151-157.

[19] Dunger W. Tiere im Boden - 3. Auflage - Wittenberg: A. Ziemsen, 1983

[20] Dunger W., Fiedler H.J. In: Methoden der Bodenbiologie (2. (Verlag G.F., ed.). Jena, 1997
[21] EC (Environment Canada). (2008): Guidance Document on Sampling and Preparation of Contaminated Soil for the Application of Biological Testing. Biological Test Method Series, EPS 1/RM/XX – First Draft. Ottawa, Canada.
[22] Ekschmitt K. (1993): Über die räumliche Verteilung von Bodentiere. Zur ökologischen Interpretation der Aggregation und zur Probenstatistik. Diss. Univ. Bremen. 173 pp.
[23] Ekschmitt K. Population assessments of soil fauna: General criteria for the planning of sampling schemes. Appl. Soil Ecol. 1998, **9** pp. 439–445
[24] Ekschmitt K ., S tierhof T., D auber J ., K reimes K ., Wolters V. On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as predictors of soil faunal richness at different spatial scales. Agric. Ecosyst. Environ. 2003, **98** pp. 273–283
[25] Ettema C.H., Wardle D.A. Spatial soil ecology. Trends Ecol. Evol. 2002, **17** pp. 177–183
[26] Follner K ., H enle K. Closed Mark-Recapture Models to Estimate Species Richness: An Example Using Data on Epigeal Spiders. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 2001, **6** pp. 176–182
[27] Fox C.A., Topp E., Mermut A., Simard R., eds. Soil biodiversity in Canadian Agroecosystems. Can. J. Soil Sci. 2003, **83** pp. 1–336
[28] German Federal Agency for Earth Sciences and Raw Materials. Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhaltung, Stuttgart, 1994, 392 p.
[29] Ghilarov, M.S. (1978): Bodenwirbellose als Indikatoren des Bodenhaushaltes und von bodenbildenden Prozessen Pedobiologia, pp. 300-309
[30] Graefe U., Schmelz R.M. Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. Newsletter Enchytraeidae. 1999, **6** pp. 59–67
[31] Green, R.H. (1979): Sampling Design and Statistical Methodsfor Environmental Biologists.
[32] Hgvar S. Log-normal distribution of dominance as an indicator of stressed soil microarthropod communities? Acta Zool. Fenn. 1994, **195** pp. 71–80
[33] Jensen J., Mesman M. (2006): Ecological Risk Assessment of Contaminated Land. Decision support for site specific investigations. RIVM report No. 711701047, 136 pp.
[34] Jones R.J.A., Verheijen F.G.A., Reuter H.I., Jones A.R., eds. (2008).
[35] Joose E.G.N., Verhoef H.A. On the aggregational habits of surface dwelling Collembola. Pedobiologia(Jena). 1974, **14** pp. 245–249
[36] Karlen D.L., M ausbach M .J., Doran J .W., C line R .G., H arris J .F., Schuman G.E. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 1997, **61** pp. 4–10
[37] Koehler H. The use of soil mesofauna for the judgement of chemical impact on ecosystems. Agric. Ecosyst. Environ. 1992, **40** pp. 193–205
[38] Kopeszki H. Populationsdynamik und Indikatorwert der Boden-Mesofauna im Einflußbereich des sauren Buchen-Stammablaufes. Zool. Anz. 1988, **221** pp. 368–378
[39] Kopeszki H. Veränderungen der Mesofauna eines Buchenwaldes bei Säurebelastung. Pedobiologia (Jena). 1992, **36** pp. 295–305
[40] Lavelle P., Spain P.V. Soil ecology. Kluwer Publ, 2001, 654 p.
[41] Mason B.J. (1992): Preparation of soil sampling protocols: Sampling techniques and strategies. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC 20460, EPA/600/R-92/128.
[42] Molles M.C. Jr. Ecology: Concepts and Applications. McGraw-Hill, Boston, 2002
[43] Paetz A ., W ilke B.-M. Soil Sampling and Storage. In: Manual for Soil Analysis – Monitoring and Assessing Soil Bioremediation. Soil Biology, (Margesin R., Schinner F., eds.). Springer Verlag, Berlin, Vol. 5, 2005, pp. 1–45.

[44] Pankhurst C., Doube B.M., Gupta V.V.S.R., eds. Biological Indicators of Soil Health. CAB International, Wallingford, New York, pp. 297–324.
[45] Petersen H., Luxton M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. Oikos. 1982, **39** pp. 287–388
[46] Ponge J.-F., Gillet S., Dubs F., Fedoroff E., Haese L., Sousa J.P. et al. Collembolan communities as indicators of land use intensification. Soil Biol. Biochem. 2003, **35** pp. 813–826
[47] Posthuma L., Van Gestel C.A.M., Smit C.E., Bakker D.J., Vonk J.W. (1998): Validation of toxicity data and risk limits for soils: final report. - RIVM Report No. 607505004, Bilthoven, 230 pp.
[48] Quack M ., Bartel M ., K lein R ., N eitzke M ., Nentwich K ., Paulus M. et al. Guideline fo sampling and sample treatment. Earthworm (Lumbricus terrestris, Aporrectodea longa). Guidelines for sampling, transport, storage and chemical characterisation of environmental and human organ samples. Annex, Umweltbundesamt Dessau, Germany, 2003, 16 pp..
[49] Ritz K ., M cHugh M ., H arris J . (2003): B iological d iversity a nd f unction i n s oils: c ontemporary perspectives and implications in relation to the formulation of effective indicators. In: OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators, Rome, March 25-28, 2003. pp. 563-572.
[50] Rmbke, J., Notenboom, J. & Posthuma, L. (2002): The effects of zinc on Enchytraeids. The Budel case study. Natura Jutlandica Occasional papers No. 2: 54-67.
[51] Rmbke J., Breure A.M., eds. (2005): Ecological soil quality - Classification and assessment. Ecotox. Environ. Safety **62**: pp.185-308.
[52] Rmbke J., Sousa J.P., Schouten T., Riepert F. Monitoring of soil organisms: A set of standardised field methods proposed by ISO. Eur. J. Soil Biol. 2006, **42** pp. S61–S64
[53] Russell D.J. Feststellung und Modellierung der kurzfristigen Jahresdynamik und kleinräumigen Variabilität von endogäischen Insekten auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg. Erhöhung der Aussagekraft des Minitoringprogramms in Rheinauen. Report BWC 20020. Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, 2004, 103 p.
[54] Russell D.J. Bodenbiologisches Monitoring: Verifizierung des Probenahmeschemas für Monitoringprogramme und Etablierung von Erwartungswerten für die Bodenbiodiversität in Auwaldhabitaten. Endbericht PWAB BWR 24011. Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz, 2007, 103 p.
[55] Rutgers M., Muldr C., Schouten A.J. Soil ecosystem profiling in the Netherlands with ten references for biological quality. RIVM Report 607604009. Bilthoven The Netherland, 2008, 86 pp.
[56] Rutgers, M., Schouten, A.J., Bloem, J., Van Eekeren, N., De Goede, R.G.M., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Van der Wal, A., Mulder, C., Brussaard, L. & Breure, A.M. Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. Eur. J. Soil Biol. 2009, **60** pp. 820–832
[57] Santos E.M.R., Franklin E., Magnusson W.E. Cost-efficiency of Subsampling Protocols to Evaluate Oribatid-Mite Communities in an Amazonian Savanna. Biotropica. 2008, **40** pp. 728–735
[58] Savin F.A., Gongalsky K.B., Pokarzhevskii A.D. The necessary amount of sampling for census and assessing the taxonomic diversity of large soil invertebrates in different geographic zones. Russ. J. Ecol. 2006, **37** pp. 35–40
[59] Schubert R. Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Fischer, Jena, 1991
[60] Soule D.F., Kleppel G.S. Marine organisms as indicators. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1988

[61] Sousa J.P., da Gama M.M. Rupture in a Collembola community structure from a Quercus rotundifolia Lam. forest due to re-afforestation with Eucalyptus globulus Labill. Eur. J. Soil Biol. 1994, **30** pp. 71–78
[62] Sousa J.P., Vingada J.V., Barrocas H., da Gama M.M. Effects of introduced exotic tree species on Collembola communities: the importance of management techniques. Pedobiologia (Jena). 1997, **41** pp. 166–174
[63] Sousa J.P., Bolger T., Gama M.M., Lukkari T., Ponge J.-F., Simón C. et al. Changes in Collembola richness and diversity along a gradient of land-use intensity: a pan European study. Pedobiologia (Jena). 2006, **50** pp. 147–156
[64] Spurgeon D.J., S andifer R .D., Hopkin S.P. (1996): The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination - indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS). In: Bioindicator Systems for Soil Pollution. Van Straalen, N.M. & Krivolutsky, D.J. (eds.). Kluwer Acad. Publ., 95-110.
[65] Stein A., Ettema C. An overview of spatial sampling procedures and experimental design of spatial studies for ecosystem comparisons. Agric. Ecosyst. Environ. 2003, **94** pp. 31–47
[66] Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1979, 372 p.
[67] Usher M. Some properties of the aggregation of soil arthropods: Cryptostigmata. Pedobiologia (Jena). 1975, **23** pp. 126–144
[68] Van Straalen N .M., K rivolutsky D.A. (1996): Bioindicator Systems for Soil Pollution. NATO ASI Series. 2: Environment, Vol. 16, 261 pp.
[69] Van Straalen N.M. Community structure of soil arthropods as a bioindicator of soil health. In: Biological Indicators of Soil Health, (Pankhurst C ., D oube B.M., Gupta V.V.S.R., eds.). CAB International, Wallingford, New York, 1997, pp. 235–64.
[70] Velsquez E. Bioindicadores de calidad de suelo basado en las poblaciones de macrofauna y su relación con caracter□sticas funcionales del suelo. Tesis (Doctorado en ciencias agropecuarias area manejo de suelos y aguas). Universidad Nacional de Colombia, 2004
[71] Velasquez E ., L avelle P., A ndrade M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. Soil Biol. Biochem. 2007, **39** pp. 3066–3080
[72] Wallwork J.A. The Distribution and Diversity of Soil Fauna. Academic Press, London, New York, San Francisco, 1976
[73] Watt A., Fuller R., Chamberlain D., van Swaay C., Scheidegger C., Stofer S., Fernández-González F., Niemelä J., Lavelle P., Dubs F., Sousa J.P., Koch B., Ivits E., Gurrea Sanz P., Bolger T., Korsos Z. & Vanbergen A.E. (2003): The Biodiversity Assessment Tools Project (BIOASSESS). Final Report.. EVK2- CT 1999- 00041.
[74] Wolters V. Biodiversity of soil animals and its function. Eur. J. Soil Biol. 2001, **37** pp. 221–227
[۷۵] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۶۱۴، خاک - تعیین زی‌توده میکروبی خاک - قسمت اول: روش تعیین فعالیت تنفسی
[۷۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۶۱۴، خاک - تعیین زی‌توده میکروبی خاک - قسمت دوم: روش تدخین و استخراج
[77] Bispo A., Cluzeau D., Creamer R., Dombos M., Graefe U., Krogh P.H. et al. Indicators for Monitoring Soil Biodiversity. Integr. Environ. Assess. Manag. 2009, **5** pp. 717–719

[78] Bispo A., Peres G., Cluzeau D., Graefe U., Römbke J., Rutgers M. et al. Rubio JL. 2007. ENVASSO (Environmental assessment of soil for monitoring) WP 5 – Decline in soil biodiversity. EU Contract No. 022713, 22 pp.
[79] Gardi, C., Montanarella, L., Arrouays, D., Bispo, A., Lemanceau, P., Jolivet, C., Mulder, C., Ranjard, L., Römbke, J., RutgerS, M. & Menta, C. Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges. Eur. J. Soil Biol. 2009, **60** pp. 807–819
[80] Morvan X., Sabya N.P.A., Arrouaysa D., Le Basa C., Jonesc R.J.A., Verheijenc F.G.A. et al. Soil Monitoring in Europe: A review of existing systems and requirements for harmonisation. Sci. Total Environ. 2008, **391** pp. 1–12
[81] EC (European Community) 2006a. Proposal for a directive of the European Parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM(2006) 232 final. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf
[82] EC. 2006b. Thematic strategy for soil protection. COM(2006)231 final. http://ec.europa.eu/environment/ soil/pdf/com_2006_0231_en.pdf

[۸۳] استاندارد ایران-ایزو ۹۰۰۰، سیستم‌های مدیریت کیفیت - مبانی و واژگان