



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

YMPÄRISTÖN VALVONTAJÄRJESTELMÄ JA SIIHEN LIITTYVÄT TOIMET

Camelia DRAGHICI, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Braşov

c.draghici@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro

Käännös Merja Mäkelä



1 JOHDANTO

Tämä osa sisältää seuraavat asiat:

- ympäristön seurannan tavoitteet
- ympäristön seurantajärjestelmä
- liittyvä toiminta
- ympäristön laadun määrittäminen.

Tämän yksikön lopussa opiskelijat voivat ymmärtää:

- ympäristön seurannan merkityksen
- seurantajärjestelmien rakenteen - tietovirtajärjestelmän ja siihen liittyvät toimet
- tarvittavat toimenpiteet ympäristön saasteaineiden mittausten suorittamiseksi ympäristönäytteistä.

Seuraavan esityksen ymmärtämiseksi tarvitaan ympäristöseurannan määritelmä. Ympäristön seuranta (EM) on siten monimutkainen toiminta, joka perustuu ympäristön laadun tilasta saatuihin tietoihin, jotka on saatu pitkän aikavälin ja järjestelmällisten ympäristöparametrien ja indikaattoreiden mittausten jälkeen, jotka on järjestetty siten, että varmistetaan ympäristön pilaantumisen seuranta.

Ympäristön seurannan asiantuntijat keskittyvät ponnisteluihinsa ympäristön pilaantumisen ja muiden luonnollisten tai ihmisen aiheuttamien tekijöiden aiheuttamien ympäristöominaisuuksien muutosten seurannassa. Siksi eri valvontatyyppiä on rajattu ja kehitetty edelleen, kuten:

- *geofysikaalinen seuranta* - geofysikaalisten muutosten kartoitus
- *kemiallinen seuranta* - ympäristössä esiintyvien kemiallisten koostumusten muutosten kartoitus
- *fyysinen seuranta* - fyysisten ominaisuuksien (melun, radioaktiivisuuden) mittaaminen
- *biokemiallinen seuranta* - biokemiallisten muutosten kartoitus.

Ympäristötilojen koostumuksen monimutkaisuuden vuoksi kemiallinen seuranta on aina monitieteinen lähestymistapa, joka työskentelee eri taustoista vastaavien asiantuntijoiden kanssa: kemistit, biokemistit, biologit, ympäristönsuojelijat, hydrologit, meteorologit, maantieteilijät, tilastotieteilijät, tietotekniikan asiantuntijat, fyysikot, toksikologit, epidemiologit ja muut.

Seuraavassa esityksessä keskitytään *kemialliseen seurantaan* pääasiassa eri ympäristön osien (ilma, vesi, maaperä) näytteiden analysointiprosessissa. Seurannan tulokset on suunniteltu hyödyllisiksi ympäristön tilan ja saasteiden vaikutuksen arvioimiseksi kansanterveydelle.

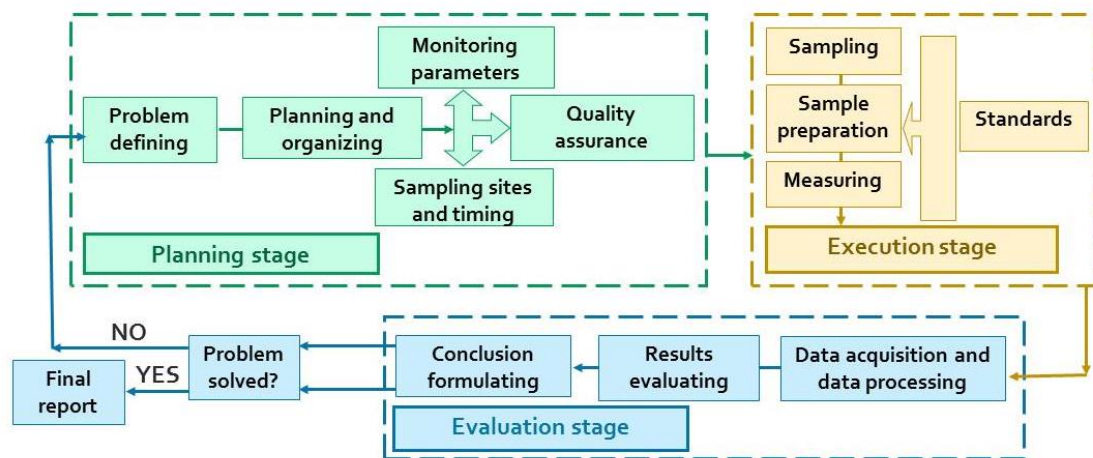
2 VALVONNAT KULKU JA NIIHIN LIITTYVÄT TOIMET

Seurannalla voi olla kaksi pääasiallista tavoitetta, joihin saastuminen ja muut luonnon tai ihmisen aiheuttamat tekijät vaikuttavat:

- ympäristön seuranta - ympäristökomponenttien kartoitus
- biologinen seuranta - kasvien ja eläinten terveydentilan arviointi.

Yleiskuvaus ympäristöseurannan virtausvaiheista, mukaan lukien tärkeimmät prosessit, esitetään kuvassa 1. Lisäksi esitetään yksityiskohtaisesti:

1. suunnitteluvaihe
2. toteutusvaihe
3. arviointivaihe.



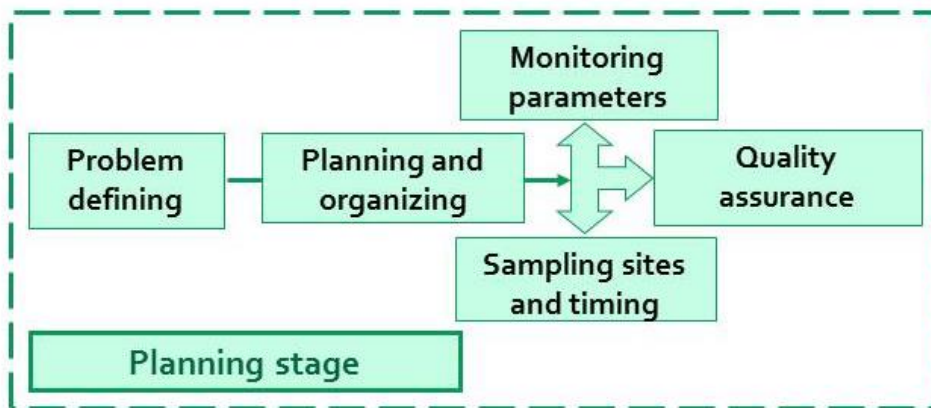
Kuva 1. Ympäristön seurannan päävaiheet.

a. SUUNNITTELUVAIHE

Ympäristön seurantatoimien ensimmäinen vaihe on suunnittelu, joka alkaa ongelman määrittelystä (kuva 2).

Ongelman määrittely

Kun ympäristöön kohdistuva haittavaikutus ilmenee, ongelma on määriteltävä tarkasti tavoitteiden ja niihin liittyvien toimien muotoilemiseksi tarvittavien menettelytapojen suunnitteluun.



Kuva 2. Ympäristönvalvonnan suunnitteluvaihe.

Ongelman määrittely tarkoittaa ensin vastausta seuraaviin kysymyksiin:

- a. Onko meillä ympäristöongelmia vai ei?
- b. Onko mitään toimintaa, jolla on merkittäviä ympäristövaikutuksia?

Jos vastaukset ovat positiivisia, ympäristön seurannan tavoite ja tavoitteet määritellään.

Suunnittelu ja järjestäminen

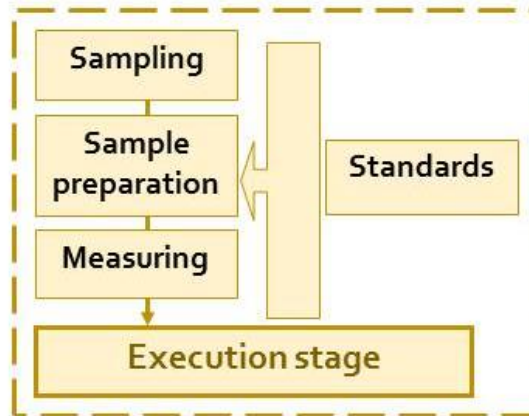
Ympäristöongelman määrittämisen jälkeen seuraava askel on organisoida järjestelmä, joka käsittää useita näkökohtia:

- perustaa vastuulliset ja toimivaltaiset laitokset, jotka vastaavat ympäristön seurantaohjelman toteuttamisesta
- organisoida vastuulliset laboratoriot erikoistuneella henkilöstöllä, jossa on riittävät analyttiset laitteet ja menetelmät
- järjestää seurantaohjelma perustamalla kohteen valvontaparametrit, näytteenottoaikat sekä ajoitus ja kampanjat, näytteenotto- ja analysointimenettelyt, tietojen arviointimenettelyt.

Kaikkiin toimintoihin sovelletaan sisäistä laadunvarmistusta ja ulkoista laadunvalvontajärjestelmää.

b. TOIMEENPANOVAIHE

The second stage of the environmental monitoring activities flow is the execution one. During this stage the analytical process occurs (Figure 3.).



Kuva 3. Ympäristönvalvonnan toteutusvaihe.

Analyttinen prosessi koostuu kaikista toiminnoista, jotka on suoritettu kiinnostuksen kohteena olevien parametrien arvon määrittämiseksi näytteenotosta mittauksiin.

Näytteenotto on yleinen termi, jossa määritellään kaksi ympäristötutkimukseen liittyvää toimenpidettä: (1) näytteen ottaminen ympäristömateriaalista (jota käytetään myös yksinkertaisesti näytteenottona) ja (2) näytteenvalmistelu tai esikäsittely.

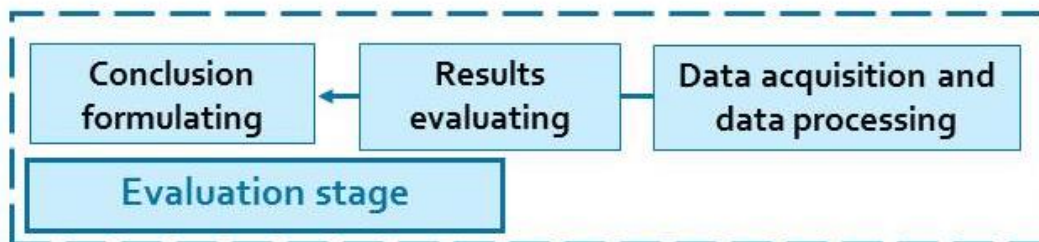
Näin ollen, kun **näytteenotto** edellyttää näytteenottoa tai keräämistä ilmasta, vedestä, maaperästä tai biotasta, **näytevalmistukseen** kuuluu kaikki erityisiin menetelmiin ja tekniikoihin liittyvät toimet, jotta saataisiin kiinnostuksen kohteena oleva yhdiste (epäpuhtaus), joka on läsnä eri matriiseissa, mitatuksi.

Ympäristöparametrin **mittaaminen** perustuu erityisiin analyttisiin menetelmiin ja tekniikoihin, joita voidaan käyttää eri näytematriiseissa ja erilaisissa epäpuhtauksissa.

Ympäristönäytteille on **standardoituja menetelmiä** kaikkiin analyttisiin vaiheisiin, näytteenottoon, näytteenvalmistukseen ja mittaukseen.

c. ARVIOINTIVAIHE

Suoritusvaihetta, mukaan lukien analyttinen prosessi, seuraa arviointivaihe (kuva 4). Tämä koostuu toimista, joiden tarkoituksena on muuntaa mittauksista (data) saadut tiedot hyödylliseksi tulosperusteiseksi tiedoksi.



Kuva 4. Ympäristön seurantamenettelyn arviointivaihe.

Tietojen hankinta ja tietojenkäsittely

Mittaustiedot rekisteröidään tietokantaan (tiedonhankintajärjestelmään), joka on spesifinen jokaiselle mittauslaitteelle ja laitteelle. Tietoja käsitellään edelleen fysikaaliskemiallisten lakien perusteella, kaavoja ja laskelmia käytetään lopulta ilmaisemaan ne hyödyllisiksi tiedoiksi tuloksina.

Tulosten arviointi

Tulokset arvioidaan ja esitetään sellaisina, **taulukoissa** tai niitä käytetään tärkeimpien **kaksi- tai moniulotteisten kaavioiden** määrittämiseen.

Yleensä seurantakäyrät osoittavat ympäristötekijöiden muuttuessa paikan tai ajan suhteen useimmiten epäpuhtauksien pitoisuuksina. Graafinen tapa esittää seurannan tulokset antaa päätöksentekijöille mahdollisuuden tehdä päätelmiä ja tehdä asiaankuuluvia päätöksiä.

Johtopäätösten muotoilu

Jos päätelmät vastaavat tunnistettuun ongelmaan, lopullinen seurantakertomus voidaan saattaa päätökseen (kuva 1). Jos johtopäätöksissä ei vastata muotoiltuun ongelmaan, seurannan vaiheita jatketaan ja aloitetaan tunnistamalla ongelmanratkaisun epäonnistuneet vaiheet.

Edelleen kuvassa 1. esitetään ympäristönseurantaohjelman sykli, joka sisältää toteutettavien toimien päävaiheet ongelman määrittelemisestä lopulliseen loppuraporttiin.

3 YMPÄRISTÖN SEURANTATOIMET JA NIIHIN LIITTYVÄT TULOKSET

Ympäristön seuranta on monimutkainen valvontaprosessi, jolla pyritään antamaan tärkeimmät tiedot epäpuhtauksien läsnäolosta ympäristötekijöissä ja -osissa: ilmassa, vedessä, maaperässä ja eliöstössä.

Ympäristön seurantakierron samojen päävaiheiden jälkeen esittelemme edelleen asiaan liittyvillä tuotoksilla liittyvät toiminnot. Suunnittelu-, toteutus- ja arviointivaiheet ovat samoilla väreillä kuin edellisessä järjestelmässä (kuva 1), ja vastaavan toiminnan tulokset ja tulokset esitetään punaisissa ruuduissa (kuva 5).

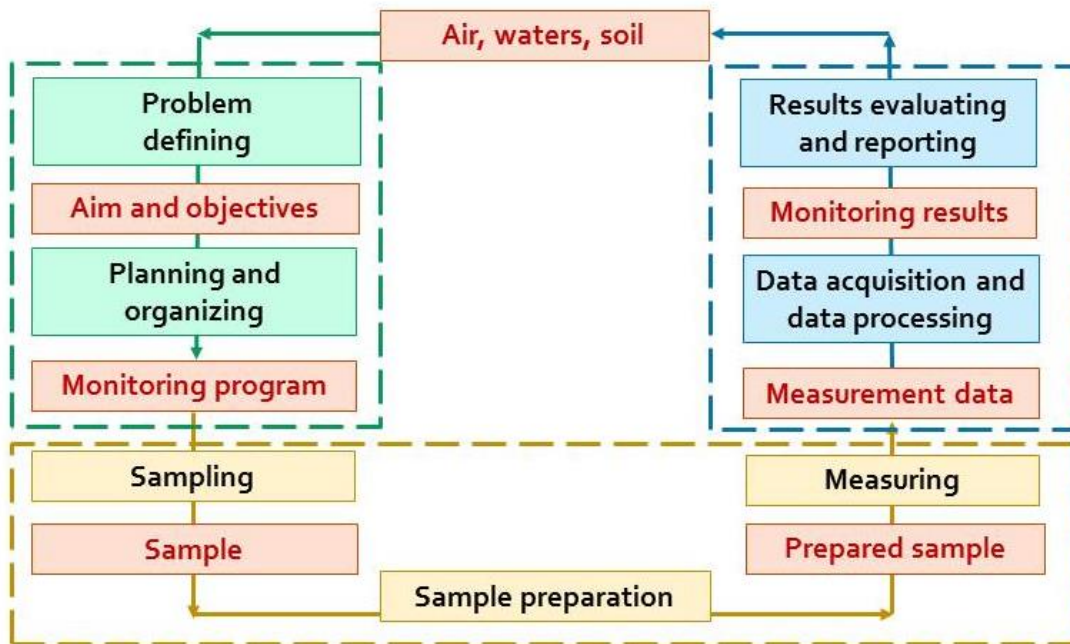
a. YMPÄRISTÖN OSAT

Edelleen esitelmämme on suunnattu ympäristöseurannalle, joka on kiinnostunut erilaisista ympäristökomponenteista ja niiden erityisistä osajärjestelmistä otetuista näytteistä:

- ilma - ulko- ja sisäilma
- vedet - pintavesi ja pohjavesi
- maaperä - maaperä ja maalajit
- eliöstö - mikro-organismit, kasvit ja eläimet.

Ilma ja vesi ovat monimutkaisia järjestelmiä, virtaavassa aggregaatiotilassa, enimmäkseen homogeenisia. Liikkuvien ominaisuuksiensa vuoksi ilmaa ja vettä pidetään molempien epäpuhtauksien etenemisvektoreina.

Ilman ja veden osalta päästöjä ja tunkeutumispäästöjä (immissio) voidaan seurata erikseen. Päästöt koostuvat eri lähteistä (nimeltään lähettiläs, emissary) peräisin olevista ympäristöstä vapautuvista epäpuhtauksista, kun taas tunkeutumispäästöt (immissiot) koostuvat ympäristössä esiintyvien epäpuhtauksien kokonaispitoisuudesta, mikä on altistunut päästöjen yhdistelmälle (kokonaispäästöt).



Kuva 5. Ympäristön seurannan kulku ja siihen liittyvät tuotokset.

Epäpuhtauksien läsnäolo **ilmaan ja veteen** arvioidaan seuraavasti:

- pitoisuus
- dispersionopeus
- virtaus.

Maaperä on monimutkaisempi ja heterogeenisempi järjestelmä, jota pidetään käyttöliittymänä, joka vie ja pitää epäpuhtauksia ilmasta ja vedestä.

Saatuttavien aineiden esiintymistä maaperässä arvioidaan seuraavasti:

- pitoisuus
- retentioaika
- muut säilytysindikaattorit.

Eliöstö, joka koostuu kasveista ja eläimistä, liittyy biotransformaatioon, bioakkumulaatioon ja epäpuhtauksien biomagnifointiin, jolloin niitä käytetään biomonitoreina.

Kuten voi odottaa, epäpuhtauksien läsnäolo eliöstössä arvioidaan erilaisilla parametreilla kuin niiden läsnäolo ilmassa, vedessä ja maaperässä:

- keskittyminen (määrä)
- biokertyvyysaste
- muut biokertyvyysindikaattorit.

Päästöt ja immissiot ovat termejä, jotka eivät liity maaperään ja eliöstön laatuominaisuuksiin.

YMPÄRISTÖN SEURANTAOHJELMA JA TAVOITTEET

Ympäristön laadunvalvontaohjelman päämäärä ja tavoitteet voidaan muotoilla ongelman määrittelemisen perusteella. Ne voivat vaihdella valvontaohjelman tyyppistä riippuen tutkimushankkeisiin tai institutionaalisiin järjestelmällisiin mittauksiin.

Ympäristön seuranta voi olla kiinnostavaa **tutkimusryhmien** kehittämässä hankkeissa. Ne haluavat objektiivista tietoa ilman, veden ja maaperän laadusta, jotta voivat määrittää ympäristön pilaavien aineiden esiintymisen ja niiden vaikutuksen eläviin organismeihin:

- väestön altistuminen ja sen terveysvaikutusten tunnistaminen
- annos-vastesuhteen tutkiminen
- luonnon ekosysteemeihin kohdistuvien uhkien tunnistaminen.

Toinen valvontatyyppi perustuu systemaattisiin mittauksiin, joita valtuutetut laitokset järjestävät. Tässä tapauksessa pyritään määrittämään ympäristöön kohdistuvat epäpuhtaudet (saastumisen torjunta), mutta myös yksilöimään väestön altistuminen ja arvioimaan sen terveysvaikutuksia.

Kun otetaan huomioon, että systeemiperusteinen ympäristön seuranta on osa ympäristöasioiden hallintajärjestelmää, päätavoitteet ovat seuraavat:

- objektiivisen panoksen tarjoaminen ilman ja veden laadun hallintaa varten, maankäytön suunnittelu
- kansallisten tai kansainvälisten määräysten noudattaminen, tuloksia verrataan ilman, veden ja maaperän epäpuhtauspitoisuuksien hyväksytyihin raja-arvoihin
- pilaantumista aiheuttavien lähteiden tunnistaminen ja muutosten aikaansaaminen ympäristön laadussa
- luonnollisten ekosysteemien uhkien tunnistaminen
- tiedottaminen yleisölle ympäristön laadusta ja hälytysjärjestelmien luomisesta
- hallintatyökalujen, kuten mallien ja maantieteellisten tietojärjestelmien, kehittäminen ja kelpoistaminen
- menettelytapojen kehittäminen ja ympäristöasioiden hallintatoimien painopisteiden asettaminen

- määrällisten suuntausten havaitseminen tulevista ongelmista tai kehittyminen hallinto- tai valvontatavoitteiden saavuttamisessa.

Ympäristöseurannan ja kansanterveysdatan perusteella rekisteröidyn tiedon tilastollisen käsittelyn perusteella vahvistetaan ympäristötasojen pilaavien aineiden pitoisuuksien hyväksytyt rajat.

VALVONTAOHJELMA

Suunnittelu- ja organisaatiovaiheen tuotoksena on seurantaohjelma, jossa otetaan huomioon seuraavat seikat:

- seurattavien parametrien tai indikaattorien määrittäminen
- näytteenottopaikkojen ja pisteiden sijainnin vahvistaminen
- valvontakampanjoiden vahvistaminen seurantaohjelman keston, näytteenotto- ja mittausrytmin mukaan
- näytteenotto- ja mittausmenetelmien ja -menetelmien valinta
- mittausdatan hankkimista ja käsittelyä koskevat menettelyt seurantatulosten aikaansaamiseksi
- rytmityksen ja raportoinnin tavoitteen määrittely.

Täten esittämällä ympäristökomponentit, tavoitteen ja tavoitteiden määrittämisen sekä seurantaohjelman saadaan ympäristövalvonnan suunnitteluvaiheen tulokset (kuva 6).

YMPÄRISTÖNÄYTTEET

Näyte on osa näytteenottopaikan ja -näytteen edustavaa järjestelmää (tapauksessamme ympäristön). Näytteenottoimenpiteiden jälkeen näytteitä kerätään ympäristön osastoista, sitten niitä valmistellaan analysointia varten.

Ympäristönäytteet, jotka ovat monikomponenttiseoksia, ovat hyvin monimutkaisia useiden näkökohtien vuoksi:

1. näytteen aggregaatiotila:

- kaasumaiset, kuten ilmakehän, sisäilman, kaasumaiset päästöt
- neste, kuten vedet (pinta, pohjavesi), jätevedet, suotovesi
- kiinteät, kuten maaperä, biotit, jätevesilietteet, sedimentit

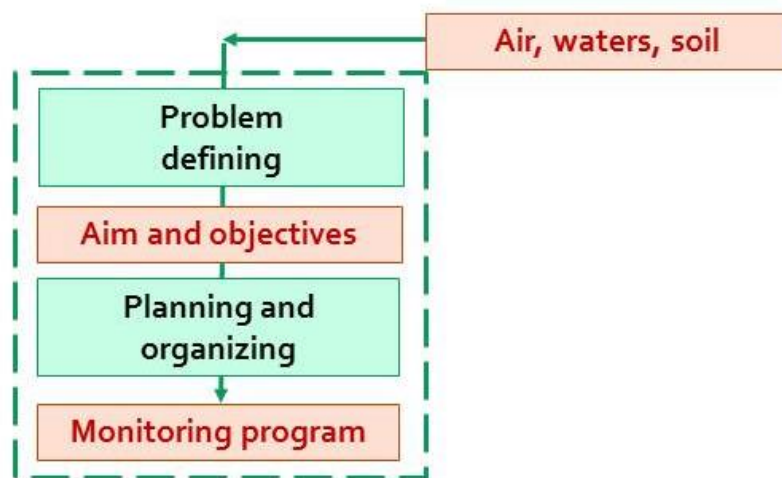
2. näytteen luonne, mineraalinen alkuperä (epäorgaaniset yhdisteet) tai biologinen alkuperä (orgaaniset yhdisteet)

3. näytteiden koostumus:

- (enemmän) homogeeninen, kuten ilma, vedet
- (enimmäkseen) heterogeenista, kuten aerosolit, savu, vedet suspendoituneella aineella, jätevesiliete, sedimentit, maa, eliöstö

4. näyteyhdisteiden liukoisuus:

- vesiliukoiset yhdisteet (hydrofiiliset)
- veteen liukenemattomat yhdisteet (hydrofobiset).



Kuva 6. Ympäristön seurannan suunnitteluvaihe ja siihen liittyvät tuotokset.

MITTAUSTIEDOT

Tällaisten monimutkaisten näytteiden keräämisen ja valmistelun jälkeen näytteen luonnehdinta muodostuu mittausten perusteella laadullisten muuttujien, erityisesti ympäristönäytteiden sisältämien epäpuhtauksien pitoisuuksista:

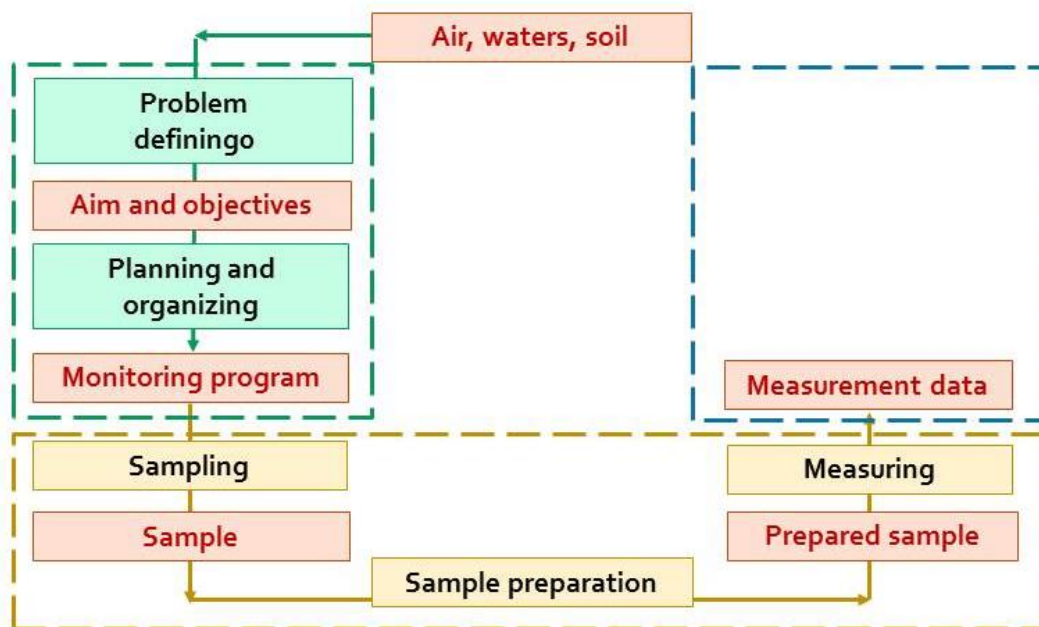
- laadullinen analyysi vastaten kysymykseen "mitä epäpuhtauksia esiintyy näytteessä?"
- kvantitatiivinen analyysi vastaten "kuinka paljon jokaisesta epäpuhtaudesta on läsnä?"

Mittaukset perustuvat analyttisiin menetelmiin, joissa käytetään asianmukaisia laitteita. Ympäristöanalyysijä varten on käytettävissä **vakiomuotoisia analyttisiä menetelmiä**, joita säännellään akkreditoitujen laitosten ja organisaatioiden toimesta. Ympäristöanalyysin laboratorioissa hyväksytään

myös **vakiintumattomat menetelmät**, jotka molemmat, standardimenetelmät ja epästandardit menetelmät, ovat **kelpoistuksen** kohteena ennen käyttöä.

Mittaukset antavat tietoa ilmaistuna määritellyissä yksiköissä sekä analysointimenetelmistä ja laitteista. Tiedot hankitaan ja tallennetaan tiedonkeruujärjestelmiin. Suurin osa niistä on nykyään erikoisohjelmistoissa toimitettuna yhdessä mittauslaitteiden kanssa. Nämä ohjelmistot varmistavat tietojen hankinnan lisäksi myös alustavan tietojenkäsittelyn, ja ne voivat näyttää tietoja eri muodoissa: taulukoina, käyrinä, kaavioina.

Mittaustietojen perusteella ympäristövalvonnan toteutusvaihe ja siihen liittyvät tuotokset esitetään kuvassa 7.



Kuva 7. Ympäristön seurannan toteutusvaihe ja siihen liittyvät tulokset.

MONITORING RESULTS

Mittauksista saatuja tietoja käsitellään fysikaalis-kemiallisten lakien perusteella, ja ne muunnetaan tuloksiksi. Seurantatulokset ilmaistaan epäpuhtauspitoisuuksina yksiköissä säädösten mukaan.

Pitoisuus tarkoittaa analyytin (epäpuhtauden) sisällön ilmoittamista näytteelle. Pitoisuusyksiköt riippuvat näytteen aggregoitumistilasta (kaasumaiset, nestemäiset tai kiinteät) ja analyytin ja näytteen määrästä.

Taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä saastuttavien aineiden pitoisuusyksiköistä, jotka ovat ominaisia kaasumaisten, nestemäisten ja kiinteiden näytteiden epäpuhtauksien pitoisuuksille, määräysten mukaisesti:

- Kaasumaisissa näytteissä pitoisuudet ilmaistaan epäpuhtauspäästöjen (mg, g) ja kaasumaisen näytteen tilavuuden (m³) suhteenä.
- Nestemäisissä näytteissä pitoisuudet ilmoitetaan saastuttavan aineen (mg, µg, ng) suhteenä nestemäisen näytteen tilavuuteen (L, ml).
- Kiinteissä näytteissä pitoisuudet ilmaistaan epäpuhtauspäästöjen (mg, µg, ng) suhteessa kiinteään näytteen massa (g, kg).

Taulukko 1. Saastuttavien aineiden pitoisuusyksiköt ympäristönäytteissä.

Näytteen aggregaatiotila	Esimerkkejä näytteistä	Pitoisuusyksiköt *
kaasumainen	kaasumaiset päästöt, ilmakehän tai sisäilman	mg/m ³ , µg/m ³
nestemäinen	vedet, biologiset nesteet	ppm: mg/L, µg/mL ppb: µg/L; ng/mL
kiinteä	maaperä, sedimentit, viemäriete, eliöstö	ppm: mg/kg, µg/g ppb: µg/kg, ng/g (kuivan näytteen massa)

* ppm – miljoonasosaa, ppb - miljardisosaa

Seurantatulokset ilmoitetaan valtuutetuille laitoksille tai kaikille ryhmille, jotka ovat käynnistäneet seurantaohjelman, ja lisäksi ne ovat tilastollisen analyysin, tarkistamisen, julkaisemisen tai levittämisen kohteena.

Pilaavien aineiden pitoisuusraportoinnin esittelyn yhteydessä tehtiin ympäristöseurannan viimeinen vaihe, arviointi yksi (kuva 5). Tulosten on vastattava seurantaohjelman päämääriin ja tavoitteisiin, mikä sulkee seurantavaiheen koko syklin.

LÄHTEET

1. Chunlong C.Z., Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, USA, 2007.
2. Colbeck, I., Draghici, C., Perniu, D., (Eds), Environmental Pollution and Monitoring, in EnvEdu series, ISSN 1584-0506, ISBN 973-27-1169-8, Romanian Academy Press, Bucharest, 2003.
3. Draghici, C., Chirila, E., Complex Characterization of Polluted Samples, in L. Simeonov, M. Hassanien (Eds.), Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution – Contemporary Methodology, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2009, 165-180.
4. Manahan S.E., Environmental Chemistry, CRC Press LLC, Boca Raton FL, USA, 2001.
5. Patnaik P., Handbook of Environmental Analysis, 2nd Edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL, USA, 2010.
6. <https://www.eea.europa.eu/>
7. <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/environmental-monitoring>





**VNiVERSIDAD
DSALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



UNIVERZITA
KARLOVA



Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665