ILMATIETEEN LAITOS

LAUSUNTO

12.11.2025 692/03.00.01/2025.

Eduskunnan ympäristövaliokunta

Kuulemis- ja lausuntopyyntö. O 50/2025 vp Ukrainan sodan ympäristötuhot 24.10.2025.

Ilmatieteen laitoksen asiantuntijalausunto liittyen Ukrainan sodan ympäristötuhoihin

Eduskunnan ympäristövaliokunta järjestää asiantuntijakuulemisen 13.11.2025 saadakseen yleiskuvan Venäjän hyökkäyssodan aiheuttamista ympäristötuhoista Ukrainassa, ja on siihen liittyen pyytänyt asiantuntijalausuntoa Ilmatieteen laitokselta.

Ilmanlaatuyhteistyö Ukrainan kanssa

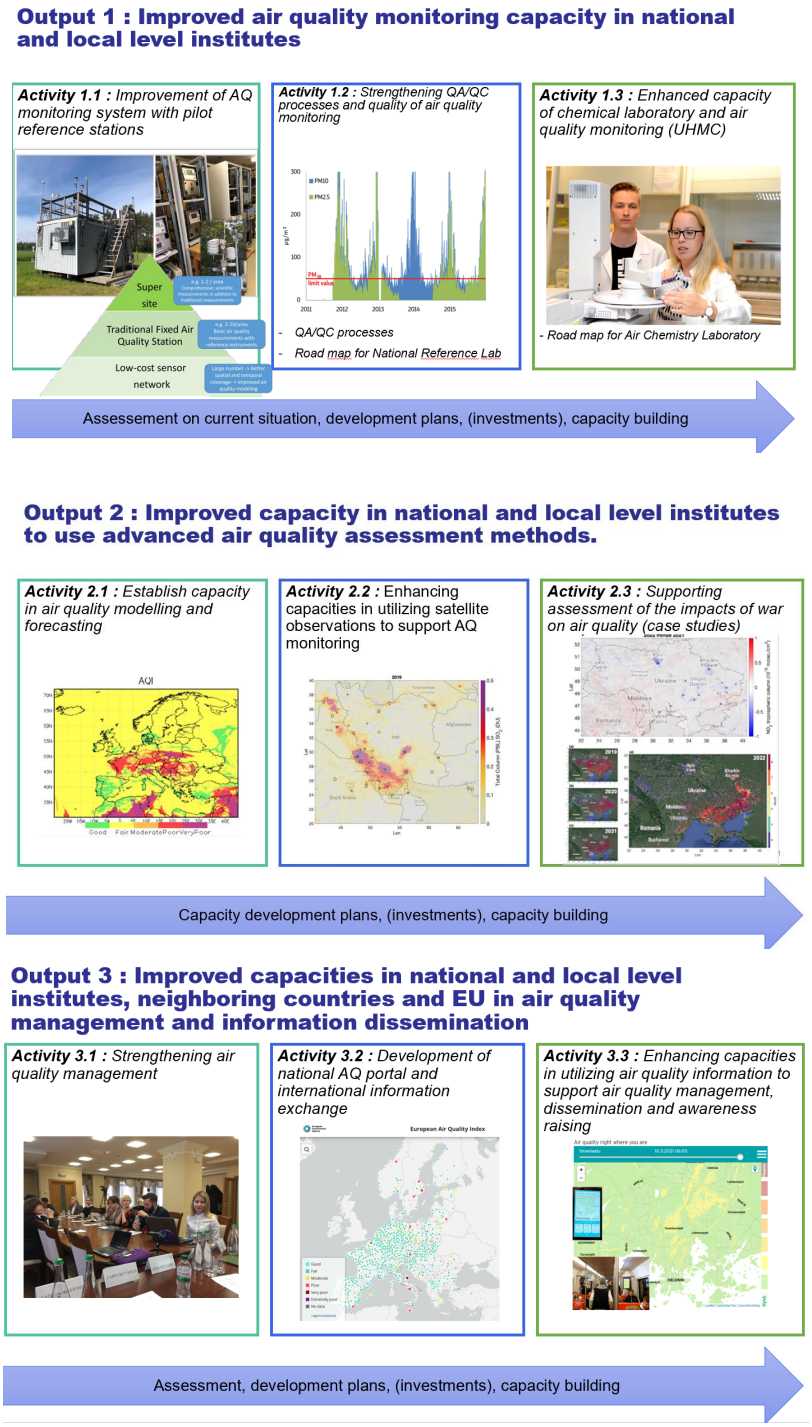
Ilmatieteen laitos on tehnyt yhteistyötä ilmanlaatuasioissa noin 10-vuoden ajan Ukrainan ympäristöhallinnon kanssa (Ministeriö, alueelliset ympäristöviranomaiset ja kaupungit).

Yhteistyön painopisteinä ovat olleet Ukrainan tukeminen EU-integraatiossa ja jäsenyysneuvotteluissa (chapter 27, ympäristö ja ilmastonmuutos), EU:n ilmanlaatudirektiivien saattaminen kansalliseen lainsäädäntöön, ja uuden lainsäädännön käytännön toimeenpano (ennen sotaa mm. Mariupolin ja Dnipron alueella modernisoitiin ilmanlaadun seurantaa, sota on pääosin tuhonnut saavutukset).

Nyt meneillään olevassa Suomen ulkoministeriön rahoittamassa UFAIR (Ukraine–Finland Institutional Cooperation In Air Quality Monitoring) hankkeessa (2024–2028) päähankekumppanina on Ukrainan talous-, ympäristö- ja maatalousministeriö, ja muina hankekumppaneina Ukrainan hydrometeorologinen keskus (UHMC), Kiovan kaupunki, Lviv, Ivano-Frankivsk ja Sumy kaupungit sekä alueelliset ympäristöhallinnot.

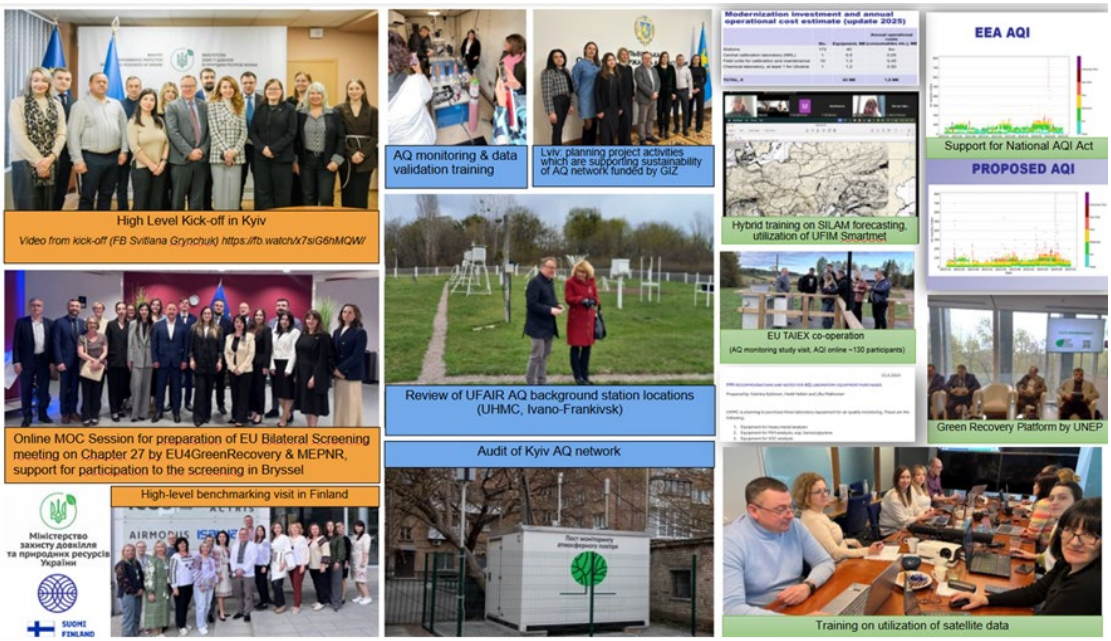
Hankkeen tavoitteena on parantaa ja vahvistaa Ukrainan kansallisten ja paikallisten ympäristöviranomaisten kykyä tuottaa ja tarjota luotettavaa tietoa ilmanlaadusta (Kuvat 1 ja 2);

1. Parantamalla ilmanlaadun seurantajärjestelmiä: ilmanlaadun mittausverkkojen suunnittelua, uusien asemien ja mittalaitteiden hankintoja, sekä niihin liittyvän osaamisen kehittämistä,
2. Uusien ilmanlaadun arviointityökalujen käyttöönotto, mm. ilmanlaatumallit, ilmanlaatuennusteiden tekeminen mallinnustyökalujen (SILAM) avulla, satelliittiaineistojen käyttö ilmanlaadun arvioinnin tukena,
3. Ilmanlaadusta tiedottamisen ja ilmanlaatutiedon jakamisen parantaminen paikallisella ja kansallisella tasolla, siihen liittyvien tietojärjestelmien suunnittelu ja rakentaminen sekä ilmanlaadun hallinnan kehittäminen.



Kuva 1. UFAIR-hankkeen (2024–2028) päätavoitteet (Output 1–3) ja niihin liittyvät aktiviteetit. Sodan ilmanlaatuvaikutusten arviointi on osana Output 2 aktiviteetteja, jossa vahvistetaan ukrainalaisten kansallisten ja paikallisen tason toimijoiden osaamista ilmanlaatuarvioiden tekemisessä, mukaan lukien sodan ilmanlaatuvaikutusten arviointi.

UFAIR-hanke on edennyt hyvin, ja hankkeessa on saatu jo konkreettisia tuloksia aikaan (Kuva 2).



Kuva 2. UFAIR hankkeessa ensimmäisen vuoden aikana toteutettuja aktiviteettejä, hands-on koulutuksia, vierailuita kummassakin maassa, lainsäädännön valmistelun tukemista jne.

Sodan ympäristötuhojen arviointi, ilmanlaatuvaikutuksien näkökulmasta

Ilmatieteen laitos aloitti Sodan ilmanlaatuvaikutusten arvioimisen helmikuussa 2022 heti Venäjän laajamittaisen hyökkäyksen alettua. Vaikutusten arviointia on jatkettu koko ajan, ja jatketaan niin kauan kuin Venäjän hyökkäyssota jatkuu.

Sodan ilmanlaatuvaikutuksia on arvioitu eri menetelmin, pääsiassa satelliittiaineistojen avulla ja olemassa olevia jatkuvatoimisia ilmanlaatumittausaineistoja (Kiovan kaupunki) analysoimalla. Sodan ilmanlaatuvaikutuksista julkaistiin tieteellinen artikkeli (2023) *Satellites capture socioeconomic disruptions during the 2022 full-scale war in Ukraine.* Lisätietoja artikkelista kohdassa julkaisuja.

Meneillään olevassa UFAIR-hankkeessa hankitaan lisää erilaisia ilmanlaadun mittalaitteistoja (mittausasemia, mittaussensoreita), joita voidaan käyttää ilmanlaadun mittauksiin. Teemme yhteistyötä vaikutusarviossa paikallisten ja kansainvälisten toimijoiden kanssa (UNEP, UNDP ja WB).

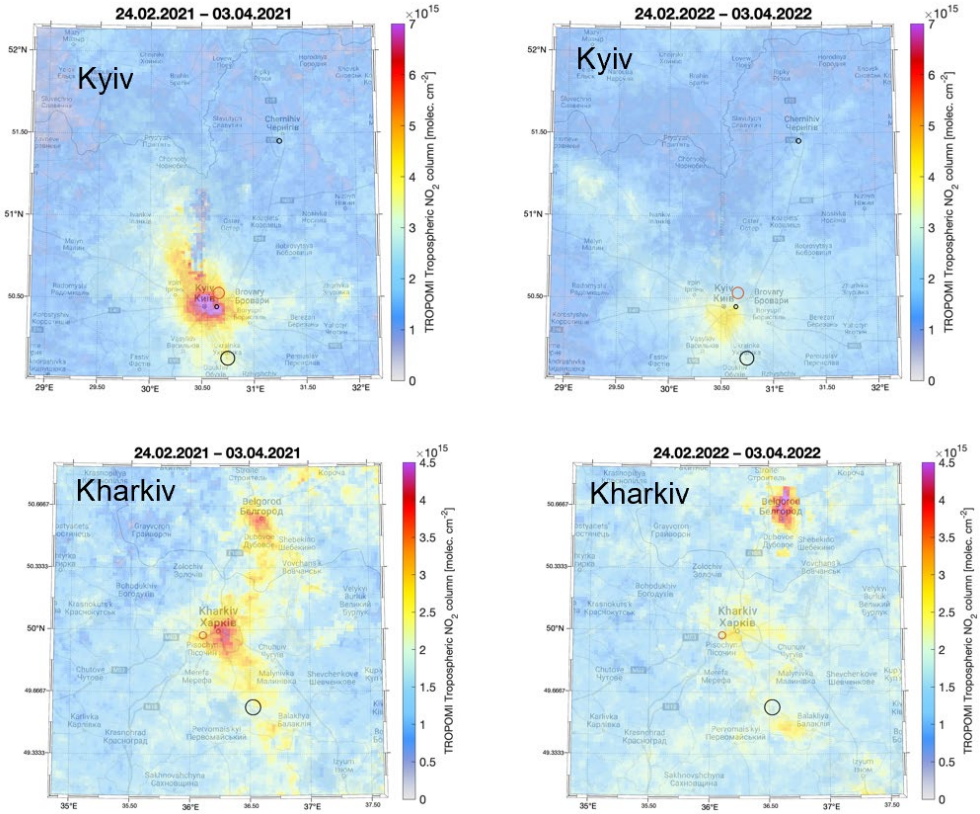
Sodan ilmanlaatuvaikutukset

Sodalla on moninaisia vaikutuksia ilmanlaatuun, epäsuoria vaikutuksia demografisten muutosten kautta, sekä sotatoimien suoria vaikutuksia.

1. Demografiset muutokset ja niiden vaikutukset

Sota on vaikuttanut Ukrainassa väestöön ja asukasmääriin eri alueilla ja kaupungeissa. Tällä muutoksella on myös vaikutuksia ilmanlaatuun. Väestöä on siirtynyt maan itäosista länteen ja ulkomaille. Väestömäärä esimerkiksi Ivano-Frankivsin alueella on miltei tuplaantunut, liikennemäärät kaksinkertaistuneet, ja Ilmanlaatu vuositasolla heikentynyt tämän myötä.

Venäjän hyökkäyssodan alettua muutokset mm. kahdessa Ukrainan suurimassa kaupungissa Kiovassa (Kyiv) ja Harkovassa (Kharkiv) olivat merkittäviä, ja ne näkyvät ilmanlaatuun liittyvissä satelliittikuvissa (Kuva 3). Merkittävä määrä ihmisiä lähti kaupungeista. Tämän seurauksena Ilmanlaatu parani joidenkin epäpuhtauksien osalta (mm. NO_2), koska kaupungin liikennemäärät vähenivät, samoin myös monet muut ilmanlaatuun vaikuttavat toiminnot vähenivät. Sodan jatkuessa väestö on osittain palannut Kiovaan ja tilanne on jonkin verran "normalisoitunut".



Kuva 3. Kiovan ja Harkovan pääosin liikenteen päästöistä aiheutuvat typpidioksidi (NO_2) pitoisuudet samana ajanjaksona vuonna 2021 ja vuonna 2022. Vasemmalla olevissa kuvissa tilanne ennen sotaa (24.2.-3.4.2021) verrattuna oikealla olevissa kuvissa tilanteeseen Venäjän hyökkäyssodan alettua 24.2.–3.4.2022.

2. Venäjän sotatoimet ovat tuhonneet merkittävän määrän Ukrainan teollista ja energiainfraa

Ukrainan teollisuuslaitokset ja energiantuotanto ovat olleet yksi venäjän sotatoimien kohde. Hyökkäykset suuriin teollisuuslaitoksiin ja energiantuotantolaitoksiin ovat osaltaan tuhonneet ja vaurioittaneet kohteita, jolloin päästölähteet eivät enää "saastuta". Tämä näkyy esim. SO_2 pitoisuuksien pienenemisenä teollisuusalueilla (Kuva 4).

Toisaalta isojen energialaitosten tuhouduttua, energiantuotanto on entistä enemmän hajautettua (lisää resilienssiä sotaa vastaan), ja energiatuotantoa ja teollista toimintaa on siirtynyt enenevässä määrin myös Länsi-Ukrainaan. Teollisen ja energiantuotannon päästöprofiili on tämän myötä muuttunut, se on enemmän hajautettua ja päästöt vapautuvat matalammalta ja siten vaikuttavat paikallisesti ilmanlaatuun enemmän kuin korkealta vapautuvat päästöt, jotka laimenevat tehokkaasti.

Varavoimana käytettyjen dieselgeneraattoreiden käyttö on yleistä sotatoimista aiheutuvien toistuvien sähkökatkojen aikana Ukrainassa. Dieselgeneraattoreiden käyttö tuottaa päästöjä ilmaan (NOx, SO_2 ja pienhiukkaset). Puun pienpoltto on myös lisääntynyt talojen lämmitysmuotona. Generaattoreiden käyttö ja puunpoltto heikentävät ilmanlaatua, koska niiden päästöt vapautuvat läheltä hengityskorkeutta alueilla, joilla asuu ja oleskelee ihmisiä. Tämä näkyy esim. Länsi-Ukrainassa (esim. Ivano-Frankivsissä) etenkin talvisin ilmanlaadun heikkenemisenä. On todennäköistä, että hiukkaspitoisuudet ja pienpolton päästöihin liittyvät muiden haitallisten yhdisteiden, kuten PAH-yhdisteiden, pitoisuudet alueella nousevat. Tästä tullaan saamaan tarkempaa tietoa, kun UFAIR-projektissa asennetaan ensimmäinen EU-kriteerit täyttävä ilmanlaatuasema Ivano-Frankivskiin.

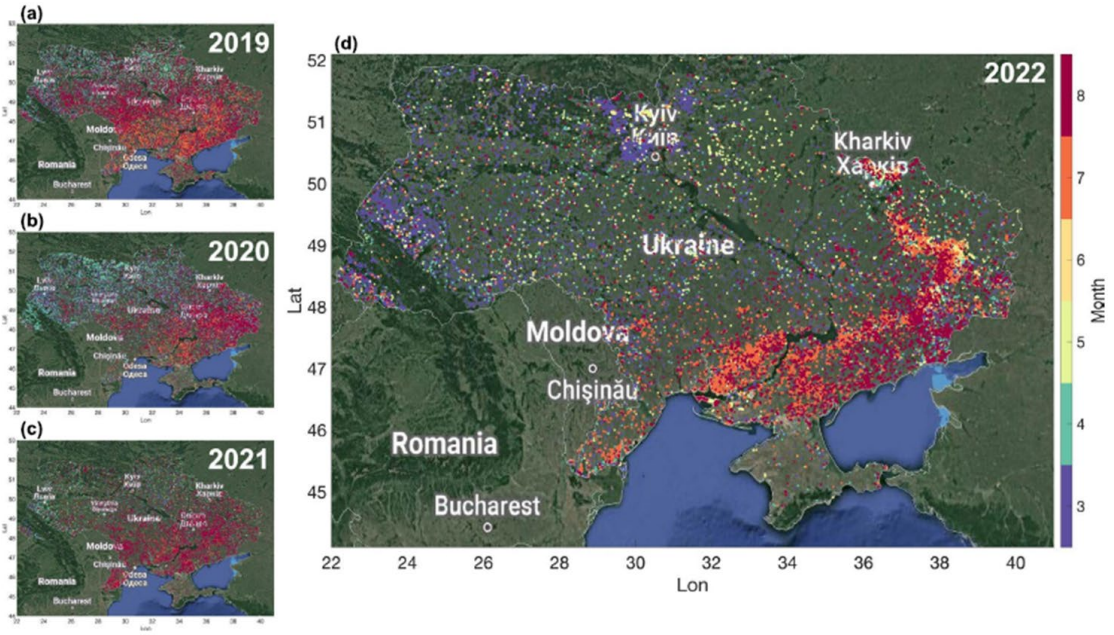
Sotatoimien kohdistuessa teollisuuslaitoksiin, riskinä on teollisuudessa käytettyjen erilaisten vaarallisten aineiden leviäminen lähiympäristöön. Ne voivat aiheuttaa akuuttia vaaraa myös Ukrainan pelastustoimen henkilöstölle. Ukrainassa onkin tunnistettu olevan suuri tarve CBRN (Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear threats) mittausten sekä ennusteiden parantamiselle. Tähän liittyen SESU:sta (State Emergency Service of Ukraine) on tullut UNEP:n kautta pyyntö auttaa heitä asiassa. Suomessa on tähän liittyvää yksityissektorin mittaamisosaamista ja Ilmatieteen laitoksella mallintamisosaamista.



Kuva 4. Sentinel-2-kuvia Mariupolin kaupungista. Ylempi kuva: 4.3.2021 ja alempi kuva 24.3.2022. Kohonneissa lämpötiloissa olevat pinnat, kuten tulipalot ja kuuma savu, näkyvät punaisina tai keltaisina, kasvillisuus on vihreää. Siniset neliöt osoittavat metallurgiseen teollisuuteen liittyviä lämpötilapoikkeamia, punaiset neliöt osoittavat sotilastoimintaan liittyvien tulipalojen sijainnin. *(Iolanda, I. et all. 2023)*

3. Sotatoimien suorat vaikutukset ilmanlaatuun

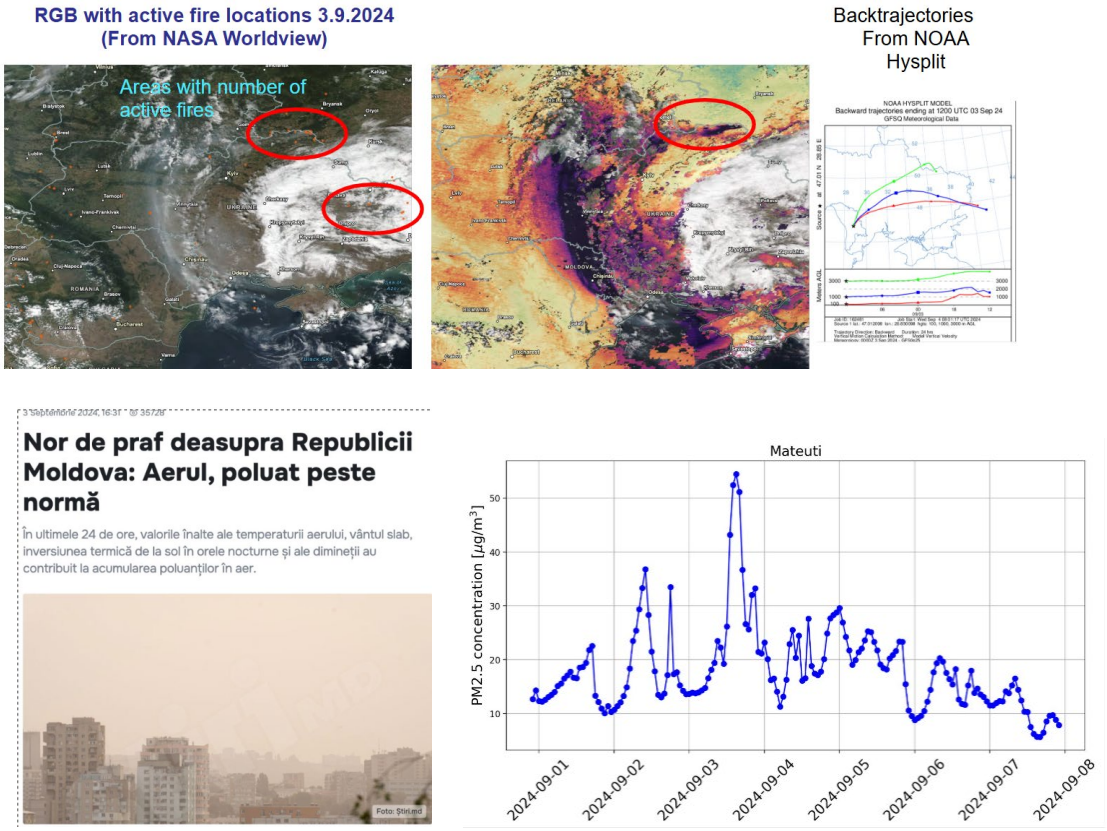
Sotatoimilla on runsaasti lyhytaikaisia suoraan sotatoimiin liittyviä ilmanlaatuvaikutuksia. Yksi merkittävin on sotatoimien aiheuttamat metsä- ja maastopalot, jotka ovat olleet massiivisia etenkin rintamalinjan lähellä ja jotka näkyvät satelliittihavainnoissa selvästi (Kuva 5). Palot lisäävät runsaasti esim. hiukkapitoisuuksia ja kasvihuonepäästöjä sekä epätäydellisen palamisen myötä muita erittäin haitallisia ilmanepäpuhtauksia (mm. PAH-yhdisteet).



Kuva 5. Suomi-NPP VIIRS:n Ukrainan yllä havaitsemat tulipalot maaliskuun ja elokuun välisenä aikana vuosina 2019–2022. Värit vastaavat kuukausinumeroita. *(Iolanda, I. et all. 2023)*

Joissain tapauksissa, sopivissa meteorologisissa olosuhteissa, laaja-alaisten palojen päästöt voivat kulkeutua pitkiä matkoja, koska palokaasut ovat kuumia ja nousevat korkealle ilmakehään. Palojen ilmanlaatuvaikutuksia on havaittu mm. Moldovassa asti. Mm. syyskuun 2024 alussa Moldovassa havaittiin korkeiden hiukkaspitoisuuksien episoditilanne, joka vaikutti näkyvyyteen ja korkeat pitoisuudet näkyivät myös ilmanlaadun mittaustuloksissa korkeina pienhiukkaspitoisuuksina ($PM_{2,5}$). Satelliittiaineisto- ja trajektorianalyysien perustella vaikutti todennäköiseltä, että hiukkaset kulkeutuivat Itä-Ukrainasta rintamalinjan läheisyydestä ilmamassojen mukana Moldovaan (Kuva 6).

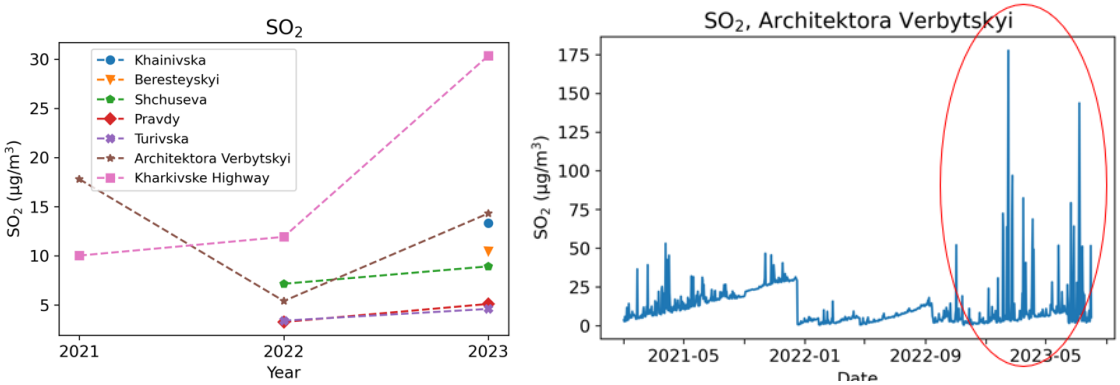
Etenkin sodan ensimmäisten vuosien aikana oli useissa kaupungeissa intensiivisiä sotatoimia (Mariupol, Butsa, Kiovan lähialueet jne.), jotka aiheuttivat akuuttia ilmanlaadun heikkenemistä sotatoimien lähialueilla. Ilmatieteen laitos on tehnyt useisiin kaupunkeihin erillisiä vaikutusarvioita satelliittihavaintojen perusteella, ja Kiovassa on hyödynnetty myös paikallisia ilmanlaatumittauksia (Kiovan kaupunki).



Kuva 6. Syyskuun alussa 3.9.2024 havaittiin Moldovassa huonon ilmanlaadun episoditilanne, joka vaikutti näkyvyyteen ja näkyi myös ilmanlaadun mittauksissa. Episodin lähdettä tarkasteltiin satelliittiaineistojen ja HYSPLIT trajektorien avulla.

UFAIR projektissa ukrainalaisten yhteistyökumppaneiden käyttöön asennetaan operatiivinen Ilmatieteen laitoksella kehitetty SILAM-malli, jota voidaan käyttää ilmanlaadun ennustamiseen. Mallin käyttöönottoon annetaan koulutusta, jotta ukrainalaiset voivat operoida mallia itsenäisesti. Mallia voidaan hyödyntää myös metsä- ja maastopalojen päästöjen leviämisen ennustamiseen, radioaktiivisten aineiden kulkeutumisennusteiden tekemiseen sekä erilaisten onnettomuustilanteiden arviointiin.

Sotatoimien vaikutukset ilmanlaatuun voidaan havaita Kiovan uusien jatkuvatoimisten ilmanlaatuasemien mittaustuloksista. Mm. rikkidioksidipitoisuudet (SO_2) ovat selvästi nousseet vuonna 2023 aiempiin vuosiin verrattuna. Syynä rikkidioksidipitoisuuksien kasvuun Kiovassa ovat todennäköisesti sotatoimien aiheuttamat vahingot energiantuotantoinfraan ja sen myötä lisääntynyt varavoiman käyttötarve (dieselgeneraattoreiden käyttö) ja muutokset energiantuotannossa, sekä sodan aiheuttamat paikalliset räjähdykset ja tulipalot (kuva 7).



Kuva 7. Rikkidioksidimittaustuloksia Kiovan kaupungin uusilla jatkuvatoimisilla mittausasemilla. Vasemmalla: rikkidioksidipitoisuuksien (SO_2) vuosikeskiarvopitoisuudet vuosina 2021–2023. Oikealla: rikkidioksidin tuntipitoisuudet yhdellä Kiovan mittausasemalla vuosina 2021–2023.

Yhteistyön jatkonäkymät

Ilmatieteen laitoksen yhteistyö Ukrainan ympäristöhallinnon kanssa jatkuu tiiviinä, tarpeet yhteistyölle ovat entistäkin suuremmat. Ilmatieteen laitos on sitoutunut jatkamaan Ukrainan tukemista ilmanlaadun hallinnan kehittämisessä EU-integraatioon ja jatkamaan sodan ilmanlaatuvaikutusten arviointia tiiviissä yhteistyössä muiden kansainvälisten toimijoiden ja ukrainalaisten yhteistyökumppaneiden kanssa. Ilmatieteen laitos on tehnyt arvion Ukrainan ilmanlaadun seurannan modernisoinnille EU-kriteerit täyttäväksi, kustannusarvio on n. 50 MEUR. Suomessa on hyvää osaamista ja teknologiaa olla mukana toteuttamassa tämä modernisointi.

Yhteenveto

1. Pitkäaikainen ilmanlaatuyhteistyö ja kapasiteetin vahvistaminen

Ilmatieteen laitos on tehnyt yli 10 vuotta yhteistyötä Ukrainan ympäristöhallinnon kanssa tukien EU-integraatiota, lainsäädännön toimeenpanoa ja ilmanlaadun hallinnan kehittämistä. Meneillään oleva UFAIR-hanke (2024–2028) vahvistaa kansallisia ja paikallisia valmiuksia tuottaa ja jakaa luotettavaa ilmanlaatutietoa mittauksin, mallinnuksin ja tiedottamista kehittämällä.

2. Sodan epäsuorat vaikutukset ilmanlaatuun

Sodan aiheuttamilla demografisilla muutoksilla on moninaisia vaikutuksia ilmanlaatuun. Ihmiset ovat sotatoimien alkamisen jälkeen lähteneet osa ulkomaille, osa Itä-Ukrainasta Länsi-Ukrainaan. Asukaslukujen muutokset vaikuttavat talouden ja liikenteen aktiivisuuteen eri alueilla ja sen myötä päästöihin ja ilmanlaatuun.

Venäjän hyökkäyssota on tuhonnut teollisuus- ja energiainfraa, joka on muuttanut energiantuotantoa hajautetummaksi, lisännyt varavoiman (dieselgeneraattorit) ja puun pienpolton päästöjä paikallisesti. Teollisuusalueilla päästöt ovat voineet laskea, mikäli niihin on kohdistunut sotatoimia. Sodan seurauksena on myös riski vaarallisten kemikaalien leviämisestä teollisuusalueiden lähistöön.

3. Sodan suorat vaikutukset ilmanlaatuun

Sotatoimet aiheuttavat räjähdyksiä ja tulipaloja, joiden vaikutukset ovat paikallisia, sekä laajoja metsä- ja maastopaloja, joiden ilmanlaatuvaikutukset leviävät laajasti ja kantautuvat kaukokulkeumana myös Ukrainan ulkopuolelle. Rintamalinjojen läheisyydessä räjähdykset ja tulipalot ovat selvästi nähtävissä satelliittiaineistoissa. Rintamalinjojen läheisyydessä ei ole ehjiä mittausjärjestelmiä, joten satelliittiaineistot ovat paras käytettävissä oleva keino alueiden ilmanlaatuvaikutusten arviointiin.

Ilmatieteen laitos arvioi sodan ilmanlaatuvaikutuksia satelliittihavaintojen ja mittausaineistojen sekä SILAM-mallin avulla yhteistyössä ukrainalaisten ja kansainvälisten toimijoiden kanssa.

Julkaisuja

Iolanda Ialongo, Rostyslav Bun, Janne Hakkarainen, HenrikVirta, and Tomohiro Oda. Nature Scientific reports Satellites capture socioeconomic disruptions during the 2022 full-scale war in Ukraine, received: 7 April 2023; Accepted: 5 September 2023, published online 22 September 2023. (https://doi.org/10.1038/s41598-023-42118-w).

Katja Lovén
Ryhmäpäällikkö, Ilmanlaatu ja energia
Ilmatieteen laitos

Harri Pietarila
Yksikön päällikkö, Asiantuntijapalvelut
Ilmatieteen laitos