



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



**Euroopan unionin
osarahoittama**

KIELO - Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkelissä

KUULUMISIA JA TULEVAA BIO- JA KIERTOTALOUESTA

Ympäristöturvallisuuden ja vesiteknologian tutkimusryhmän webinaari 8.4.2025

Projektipäällikkö Salla Pulliainen, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

KIELO - Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkelissä

Ohjelma klo 9.00-11.30:

- ***Tilaisuuden avaus ja hankkeen esittely***, projektipäällikkö Salla Pulliainen, Xamk
- ***Purku-urakoiden ympäristömonitorointi***, projektipäällikkö Salla Pulliainen, Xamk
- ***Droonin hyödyntäminen purku-urakoissa***, projektitutkija Henri Kettunen, Xamk
- ***Purkumateriaalien kiertotalouskokeilut***, projektitutkija Leena Pekurinen, Xamk
- ***Kokemuksia kiertotaloushankinnoista ja purkuosien uudelleenkäytöstä Mikkelissä***, projektipäällikkö Jenina Luotolampi, Mikkelin kehitysyhtiö Miksei Oy



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu



KIELO - Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkeliissä

Toteuttajat: Mikkelin kehitysyhtiö Miksei Oy ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Toteutusaika: 1.5.2023-30.4.2025

Rahoittaja: Euroopan Unionin osarahoittama, rahoituksen on myöntänyt Etelä-Savon ELY-keskus

Kokonaisbudjetti: 440 719 euroa

Xamkin osuus kokonaisbudjetista: 265 705 euroa

KIELO - Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkelissä

Tavoitteet

- Vakiinnuttaa Etelä-Savon julkisten toimijoiden yksiköissä kiertotaloutta edistäviä hankintakäytäntöjä
- Tuottaa käytännön esimerkkejä rakentamisen kiertotalousratkaisuista
- Käynnistää ja kehittää uusia rakentamisen kiertotalouden palveluja Etelä-Savon alueella
- Selvittää purkutyömaan ympäristövaikutuksia
- Kokeilla uusia digitaalisia menetelmiä materiaalivirtojen seurannassa ja tunnistuksessa



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Kuva: Salla Pulliainen

KIELO - Kiertotalousloikka rakennusmateriaalien uudelleenkäytön parantamiseksi Mikkelissä

Toimenpiteet

TP 1: Hankintamenettelyt

TP 2: Uudelleenkäytön ja purkupalvelujen ratkaisut ja liiketoiminnan edistäminen

TP 3: Demonstraatiokohteen ja purkutyömaan aikaisten ympäristövaikutusten monitorointia

TP 4: Uusiomateriaalien valmistus purkumateriaaleista

TP 5: Viestintä

Tulokset

- Kiertotalouskriteerien sisällyttäminen hankintakäytäntöihin
- Käytännön esimerkkejä rakentamisen kiertotalousratkaisuksista
- Tietoa rakennetun ympäristön kiertotaloustoimenpiteiden päästöistä ja kustannuksista, purkutyömaan ympäristövaikutuksista ja uusista tekniikoista materiaalivirtojen seurannassa



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Työmaavesien vaikutus lähivesistöihin

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

www.xamk.fi



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Työmaavedet

Työmaavedet

- Työmaalla muodostuvia sade- ja sulamisvesiä
- Työmenetelmissä muodostuvia vesiä (mm. kasteluvedet)
- Työmaan ulkopuolelta työmaalle kulkeutuvaa vettä

Haitta-aineet

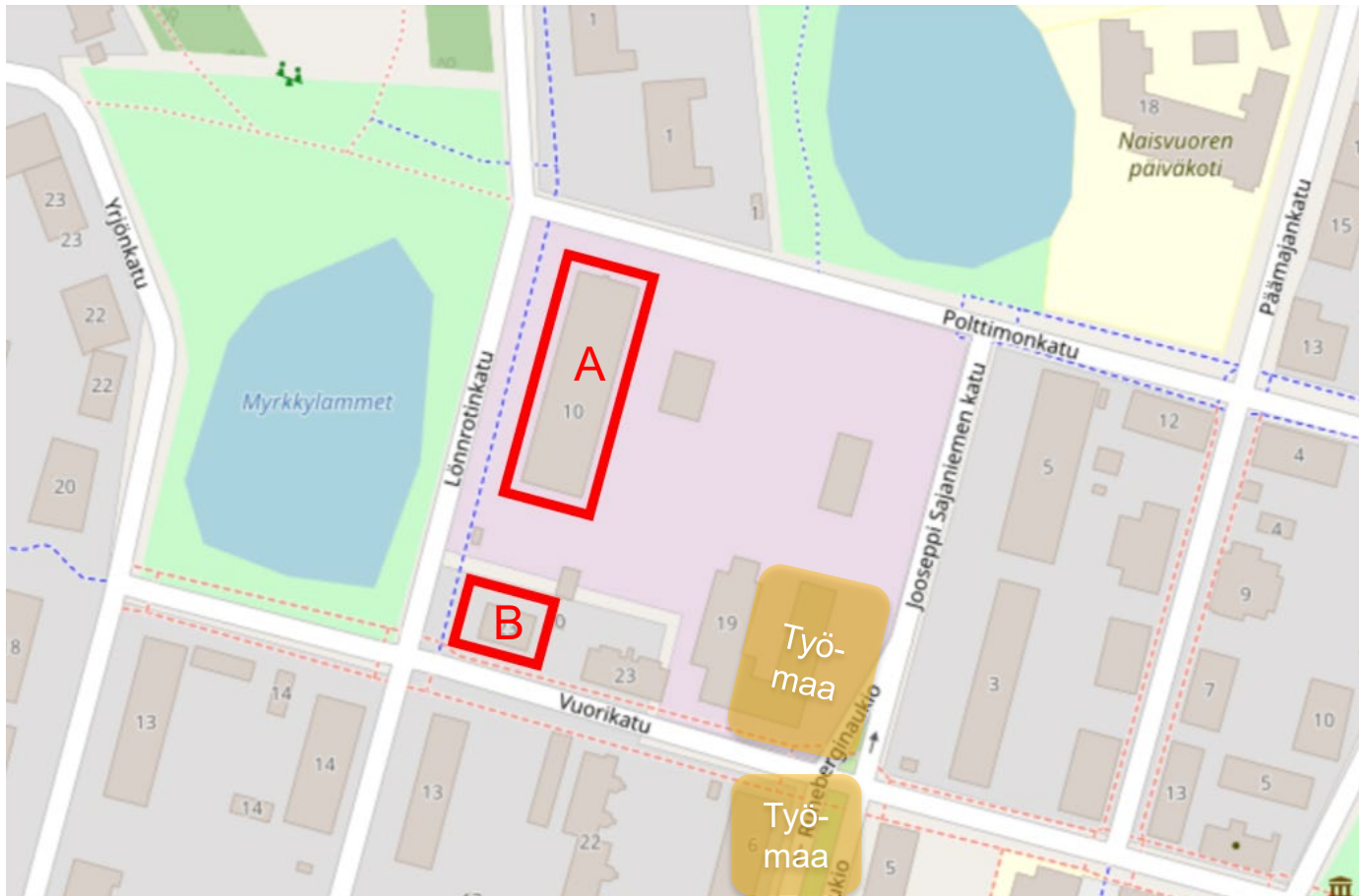
- Vapautuu mm. materiaalien hajottamisessa, työkoneiden käytössä ja maanmuokkauksessa
- Haitta-aineita mm. kiintoaine, ravinteet, metallit, kloridi, öljyt ja rasvat, PAH-yhdisteet

- Työmaavesien laadulle ei ole Suomessa erityisiä, kansallisia raja-arvoja.
- Vesien suojelua ohjaavat kansalliset ja kansainväliset lait ja säädökset.
- Useilla kaupungeilla ja kunnilla on omat työmaavesiohjeensa.
- Hulevesien laadun arvioinnissa käytetään usein Tukholman läänin ohjearvoehdotuksia haitta-aineille.



Työmaavesien laadun seuranta

Rakennusten purkamisen vaikutusta ympäröiviin vesistöihin seurattiin Mikkelin keskustan alueella sijaitsevassa, ns. ESE-korttelin purkukohteessa.



Kartta pohjautuu [OpenStreetMapin](#) 2025 dataan. Saatavissa ODbL-lisenssillä. Muokkaukset: Salla Pulliainen.

- Purkukohteet syksyn 2024 aikana:
 - Rakennus A:** rakennettu 1970-luvulla, teräsrunkoinen toimisto-/korjaamorakennus
 - Rakennus B:** rakennettu 1950-luvulla, puurunkoinen asuinkerrostalo
- Kortteli pääasiassa pinnoittamatonta maaperää.
 - Työmaavesien oletettiin suurelta osin imeytyvän maaperään.
 - Kohteessa ei toteutettu purun aikaista, erillistä työmaavesien hallintaa.
- Työmaita yhtäaikaaisesti myös korttelin sisällä ja Joos. Sajaniemen kadulla.

Seurantamenetelmät

- 2 näytepistettä työmaakorttelin ympärillä
- 1 näytepiste (referenssi) n. 500 m:n päässä

• Esiseuranta n. 3 kk ajan

- Hulevesien laatu ns. normaaleissa olosuhteissa ennen purkamista.

• Raskaspurun aikainen seuranta n. 3 vkon ajan

• Jälkiseuranta n. 2 kk ajan

- Päästöt purkamisen jälkeen.

• Vertaus referenssipisteeseen

- Ns. taustapitoisuus, työmaan vaikutus ei yllä
- Veden laatua verrattiin työmaan ympäristön näytepisteiden vesien laatuun.



Seurantamenetelmät

Kenttämittaukset

- Hulevesistä mitattiin kentällä lämpötila, happipitoisuus, pH, sameus ja sähkönjohtokyky
- Yhteensä 16 kertaa, sateiden mukaan

Näytteenotot/analyysit

- Kiintoaine (16 näytettä/näytepiste)
- Ravinteet, TOC, DOC, kloridi, sulfaatti, COD, fluoridi, raskasmetallit, PAH-yhdisteet ja öljyhiilivedyt (3 näytettä/näytepiste)

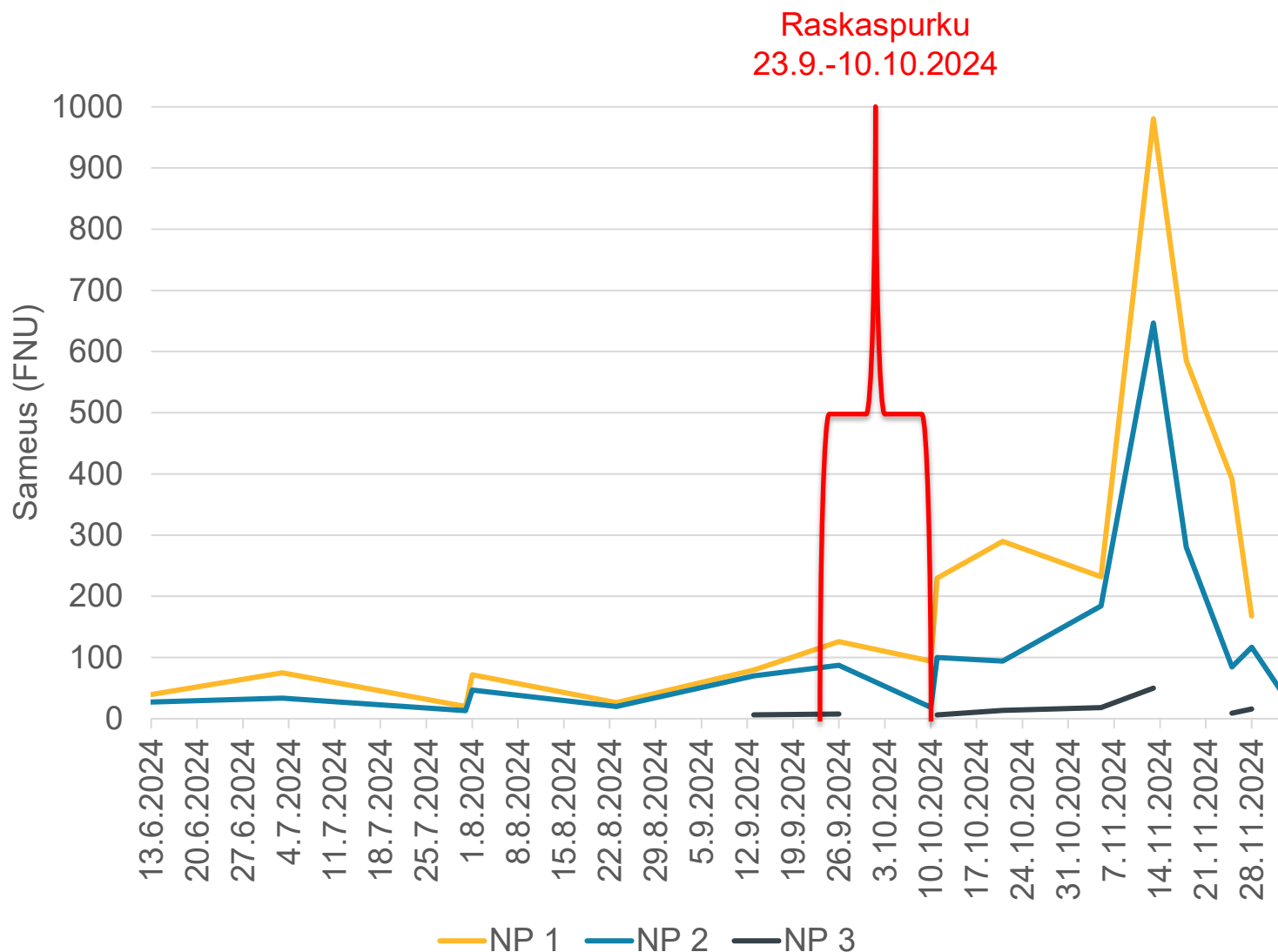
Huom! Näytteenottoihin ja tuloksiin vaikuttivat sateiden ajankohdat ja intensiteetit.



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Kuva: Henri Kettunen

Tulokset, sameus

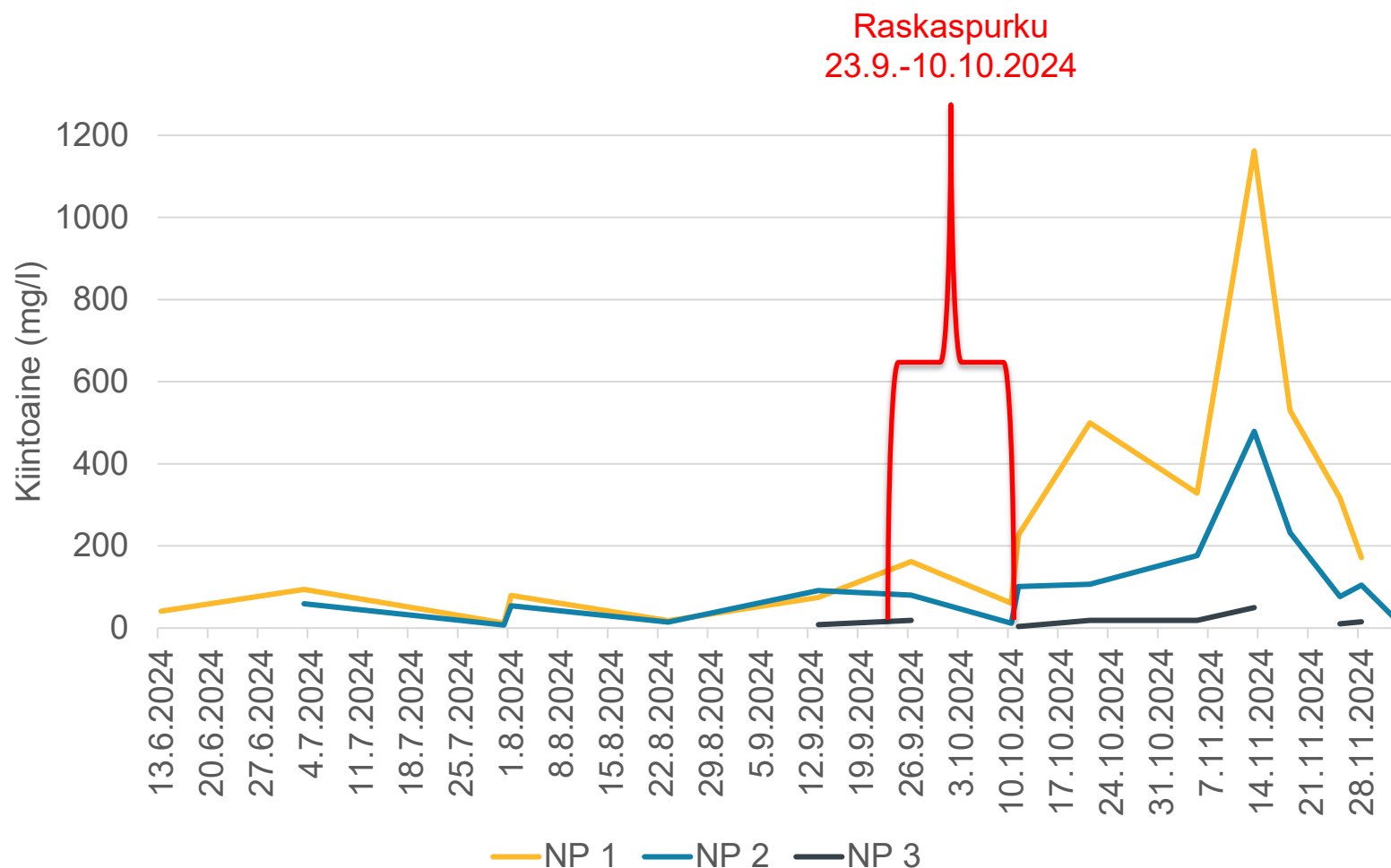


- Veden sameuden vaihtelu oli vähäistä purkamisen alkamiseen saakka.
- Purkamisen aikana ja sen jälkeen näytepisteissä mitattiin kohonneita sameuspitoisuuksia.
- Referenssipisteen (NP 3) huleveden laatu poikkesi työmaan ympäristön hulevesien laadusta.



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tulokset, kiintoaine



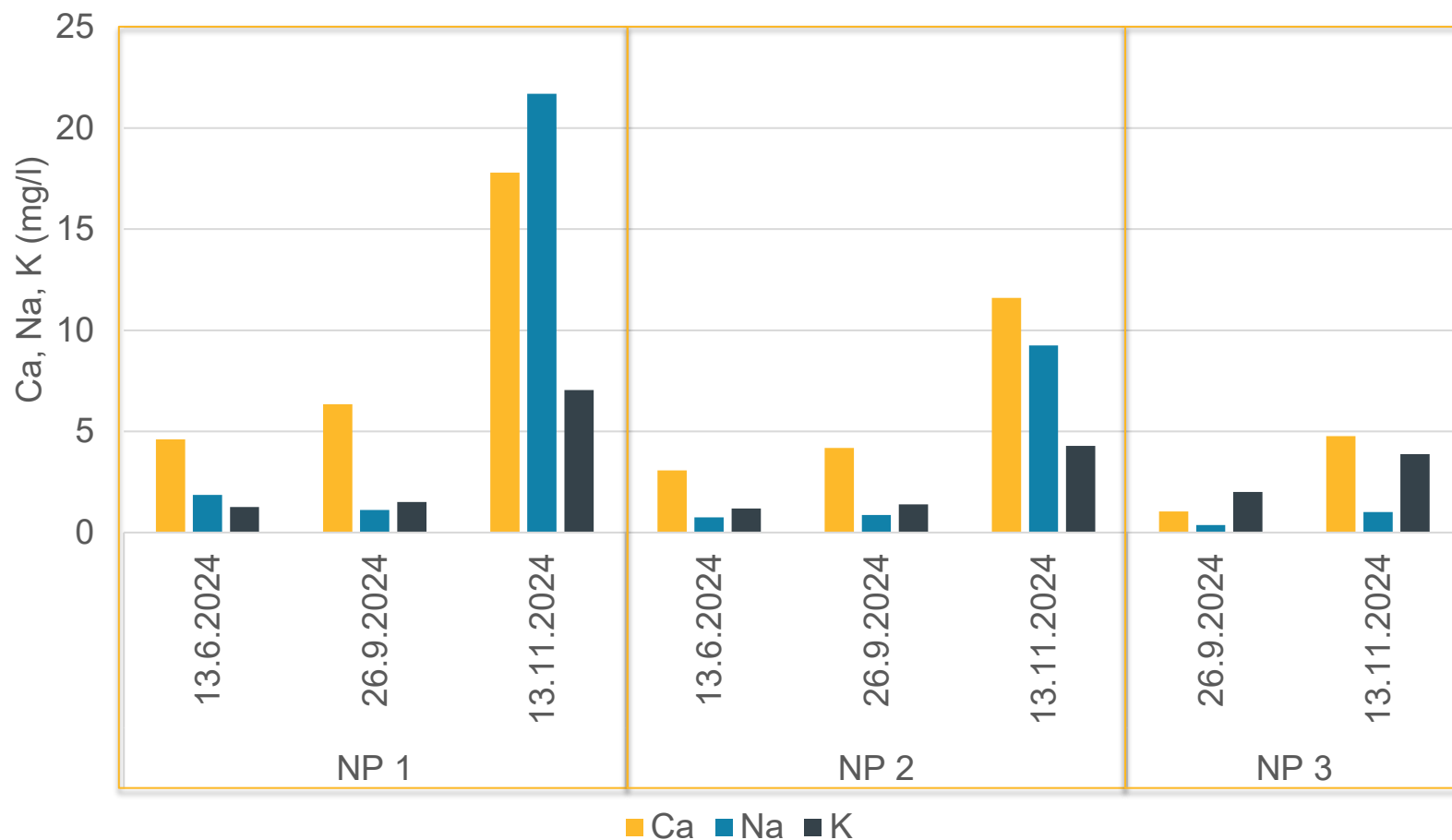
- NP 1:n ja NP 2:n hulevesien kiintoainepitoisuudet nousivat voimakkaasti raskaspurun jälkeen.
- Pitoisuudet palasivat ennalleen noin 1,5 kuukauden kuluttua purkamisen päätyttyä.

Kiintoaineen mukana voi vesistöihin kulkeutua työmaalta haitta-aineita. Hetkellinenkin kuormitus voi aiheuttaa haittaa vesistölle ja sen eliöstölle ja mm. hulevesiverkoston ja ojien tukkeutumista.



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tulokset, metallit



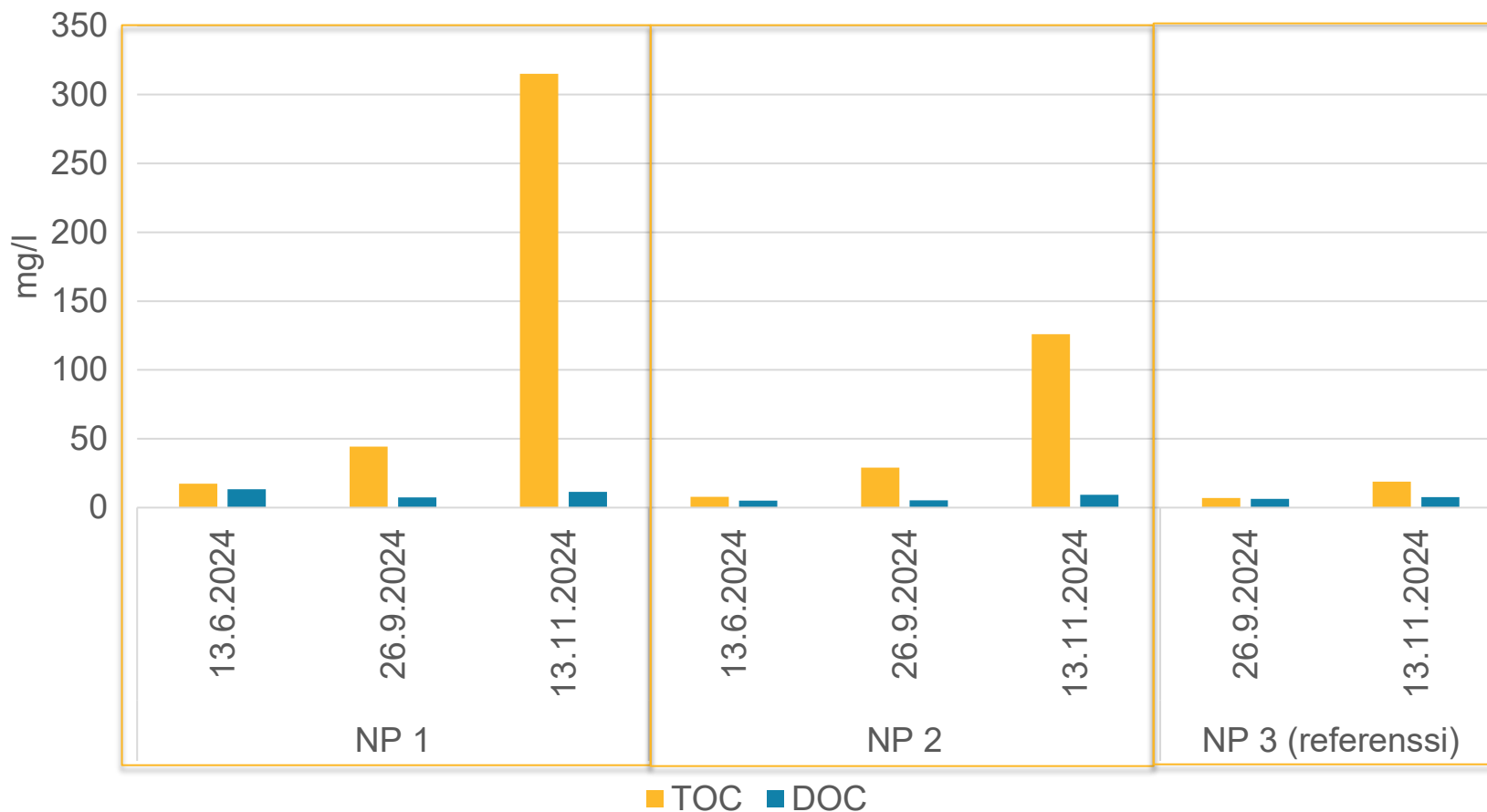
- Joidenkin metallien, kuten kalsiumin, natriumin ja kaliumin pitoisuudet olivat kohonneet etenkin purkamisen jälkeen otetuissa näytteissä.

Näytteet: 13.6.2024: ennen purkua, 26.9.2024: raskaspurku meneillään, 13.11.2024: purku päättynyt
Raskaspurku: 23.9.-10.10.2024



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tulokset, TOC ja DOC



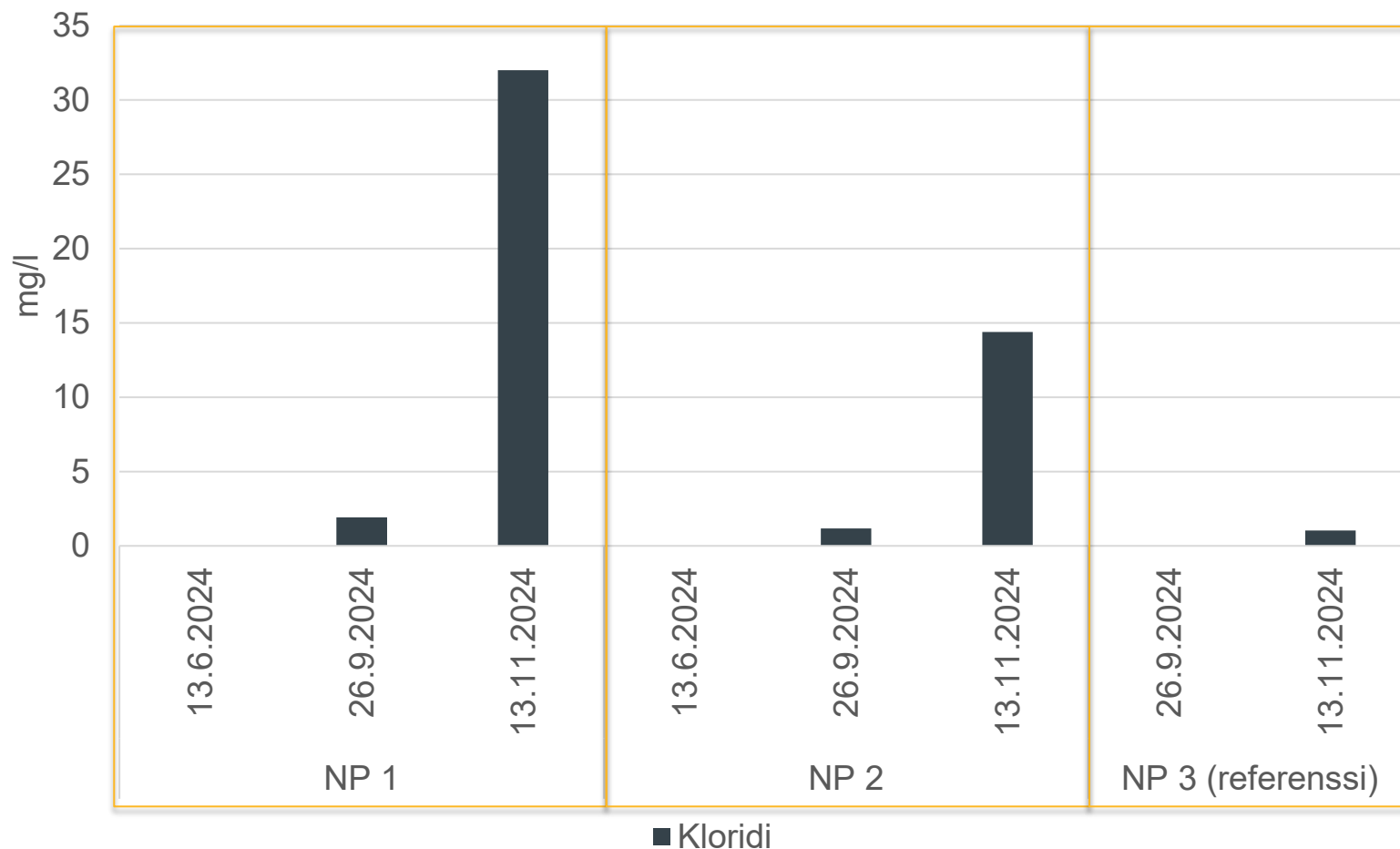
- TOC (orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus) nousi raskaspuurin jälkeen.
- DOC (liuenneet orgaanisen hiilen määrä, max. 0,45 µm hiukkaset) – pitoisuudessa ei muutosta.

Näytteet: 13.6.2024: ennen purkua, 26.9.2024: raskaspuuri meneillään, 13.11.2024: purku päättynyt
Raskaspuuri: 23.9.-10.10.2024



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tulokset, kloridi



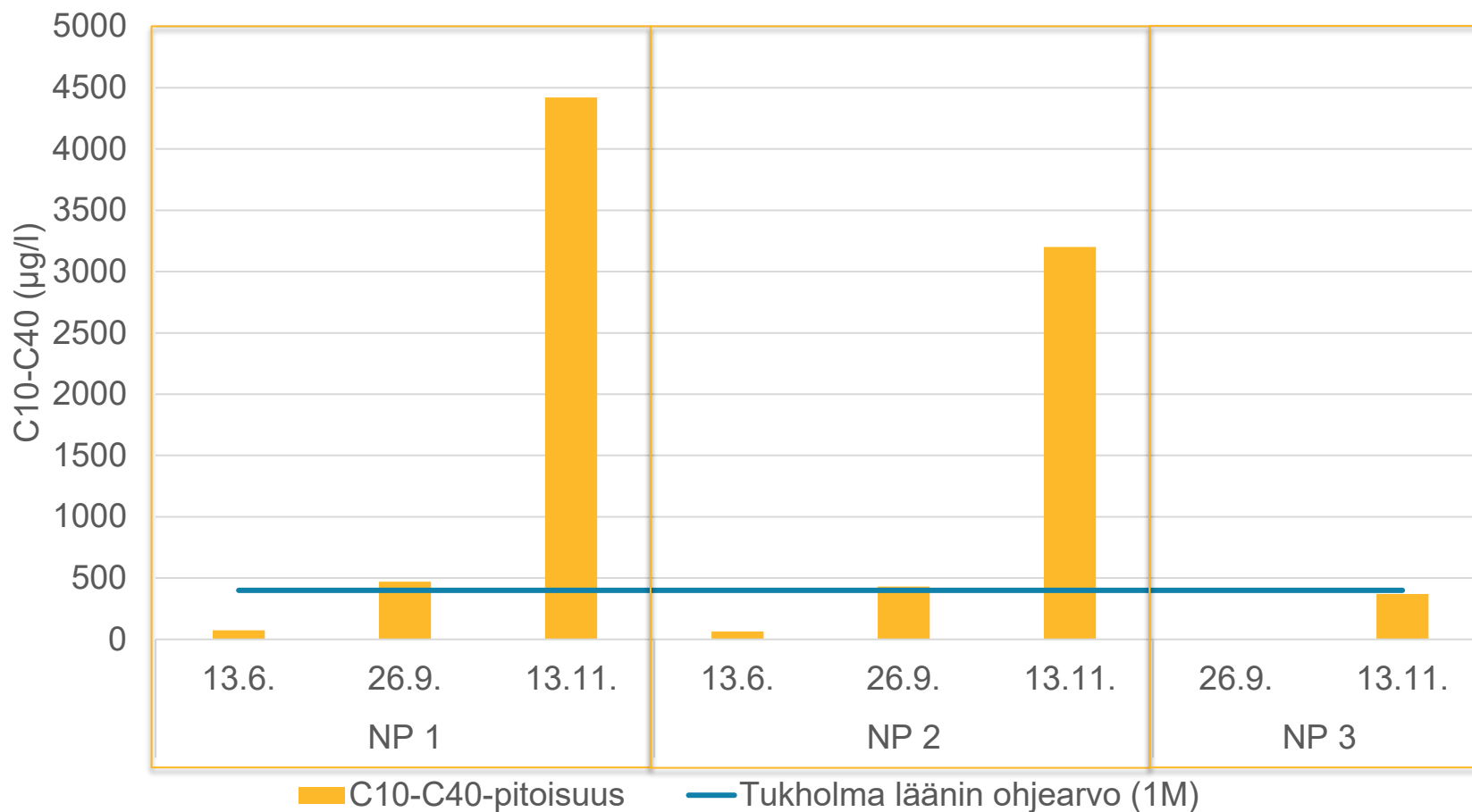
- Kloridin pitoisuus nousi voimakkaasti NP 1:ssä ja NP 2:ssa raskaspurun jälkeen.

Näytteet: 13.6.2024: ennen purkua, 26.9.2024: raskaspurku meneillään, 13.11.2024: purku päättynyt
Raskaspurku: 23.9.-10.10.2024



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tulokset, öljyhiilivedyt



- Öljyhiilivetyjen (C10-C40) pitoisuuksissa havaittiin huomattavaa kasvua purkamisen jälkeen NP 1:stä ja NP 2:sta otetuissa näytteissä.
- Tukholman läänin ohjearvo 1M, 400 µg/l, ylittyi.

Näytteet: 13.6.2024: ennen purkua, 26.9.2024: raskaspurku meneillään, 13.11.2024: purku päättynyt
Raskaspurku: 23.9.-10.10.2024



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Yhteenveto huleveden laadun muutoksista

- Työmaan viereisissä seurantapisteissä suurimmat huleveden laadun muutokset havaittiin veden kiintoainepitoisuudessa, sameudessa ja sähkönjohtavuudessa.
- Myös joidenkin metallien ja öljyhiilivetyjen, sekä kloridin pitoisuudet kohosivat etenkin purkamisen jälkeen.
- Pitoisuuksien nousut vaikuttavat ajallisesti johtuvan purkamisesta ja sen päästöistä.
 - Jokainen mittaus ja näyte ilmaisevat kuitenkin vain tietyn hetken tilanteen.
 - Myös muut päästölähteet vaikuttivat huleveden laatuun.



Päästölähteiden todennus

- Huleveden laadun muutoksiin ja haitta-aineiden pitoisuuksiin vaikuttaa kaikki valuma-alueella tapahtuva toiminta ja seurannan aikaiset sääolosuhteet, mm:
 - liikenne
 - purun aikaiset muut alueen työmaat
 - sateiden ajankohdat ja intensiteetti.
- Työmaan viereisten näytepisteiden vertaus referenssipisteeseen, seurantapisteen erilaiset valuma-alueet ja olosuhteet:
 - NP 1:n ja NP 2:n valuma-alueilla oli enemmän pinnoitettua aluetta kuin NP 3:n alueella
 - NP 1 ja NP 2 sijaitsivat esim. runsaammin liikennöityjen katujen vaikutusalueella kuin referenssipiste (NP 3).

→ Haitta-aineiden päästölähteitä ei näissä olosuhteissa voitu täysin luotettavasti todentaa.



Kuva: Salla Pulliainen



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Työmaavesien seurannasta

- Päästölähteen varmentamiseksi samassa näytepisteessä tulisi tehdä pidempiaikaisia ja tiheämpiä mittauksia normaalin pitoisuusvaihtelun todentamiseksi.
- Esim. raskaspuuron aikana sadetapahtuman osuessa purkukohteen valuma-alueelle olisi tärkeää pystyä monitoroimaan hulevesiä jo sadetapahtuman alussa, jolloin mahdolliset kiintoaineet ja niiden mukana kulkeutuvat haitta-aineet on mahdollista saada talteen.
- Muiden päästölähteiden vaikutus tulisi pystyä sulkemaan pois.



Purkutyömaalta ympäristöön leviävä pöly – KIELO-hankkeen case-tutkimukset

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

www.xamk.fi



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Pölyn vaikutuksia ympäristöön

Ilman hiukkaset: Kaikki ilmassa leijailleva aines, joka ei ole kaasua

PM₁₀ = korkeintaan 10 µm:n kokoiset hiukkaset (hengittyvät hiukkaset)

PM_{2,5} = korkeintaan 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset (pienhiukkaset)

- Kulkeutuvat hengityselimistöön
- Sisältävät monenlaisia kemiallisia yhdisteitä
- Purkutyömaalta voi erityisesti levitä ilmaan mm. raskasmetalleja, home- ja sienikasvustoa ym. epäpuhtauksia.
- Ekologisia vaikutuksia:
 - Maaperän ja vesistön happamuuden muutokset.
 - Seuraamuksia alueen kasvillisuudelle ja eläimistölle.
 - Vaativat yleensä kuitenkin pitkäkestoisia pölytapahtumia/päästöjä.



Kuva: Salla Pulliainen



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu



Kuva: Salla Pulliainen

Monitorointimenetelmät

- Pölyn leviämistä ja koostumusta seurattiin kolmessa purkukohteessa.
- **Laskeuman monitorointi**
 - Bergerhoff-keräimet työmaa-aidoissa
 - Vesi-etanoliliuos estämään jäätyminen/leväkasvu
 - Näytteenkeräysaika = raskaspuurun kesto
 - Määritetty kokonais-, orgaaninen- ja epäorgaaninen laskeuma sekä raskasmetallit
 - Vertailu: referenssikeräin etäällä työmaasta
- **Hiukkaspitoisuuden mittaus**
 - TSI DustTrak-laitteisto
 - PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} , PM_{15}
 - Vertailu: pitoisuus työmaan lähellä vs. referenssi kaukana työmaasta



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Ilmanlaadun mittarit Suomessa

- Purkutyön pölypäästöille ei ole erillisiä ohje- tai raja-arvoja.
- Ilmanlaadun hiukkaspitoisuuksien raja-arvot (VNa 79/2017).

Yhdiste	Aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallitut ylitykset vuosittain (kpl)
PM _{2,5}	Vuosi	25	-
PM ₁₀	Vuorokausi	50	35
	Vuosi	40	-
Lyijy (Pb)	Vuosi	0,5	-

Ilmanlaadun tavoitearvot (VNa 113/2017)

Yhdiste	Aika	Tavoitearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Arseeni (As)	Vuosi	0,006
Kadmium (Cd)	Vuosi	0,005
Nikkeli (Ni)	Vuosi	0,020



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Muita sovellettavia vertailuarvoja

- IAQM (Institution of Air Quality Management, Iso-Britannia) on antanut rakennus- ja purkutyömaiden pölypäästöihin liittyen ilman hiukkaspitoisuuksille ohjearvoja.
 - PM_{10} : $190 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$
 - Aiemmin käytetty $250 \mu\text{g}/\text{m}^3/15 \text{ min.}$
 - Lyhyen aikavälin pitoisuus verrattuna Suomen lainsäädäntöön.
 - Soveltuu purkutyön kaltaisen toiminnan päästöjen arviointiin paremmin, kuin Suomessa voimassa olevat ilmanlaadun raja-arvot.
- Pölylaskeuma: tietylle pinta-alalle tietyssä ajassa painovoimaisesti laskeutuva aines.
 - Suomessa ei voimassa olevaa raja-arvoa, aiemmin käytetty viihtyvyyshaitan raja-arvona kokonaislaskeumalle $10 \text{ g}/\text{m}^2/\text{kk}$ (vastaa $330 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{d}$).
 - IAQM: $200 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{d}$ (vastaa $6 \text{ g}/\text{m}^2/\text{kk}$)

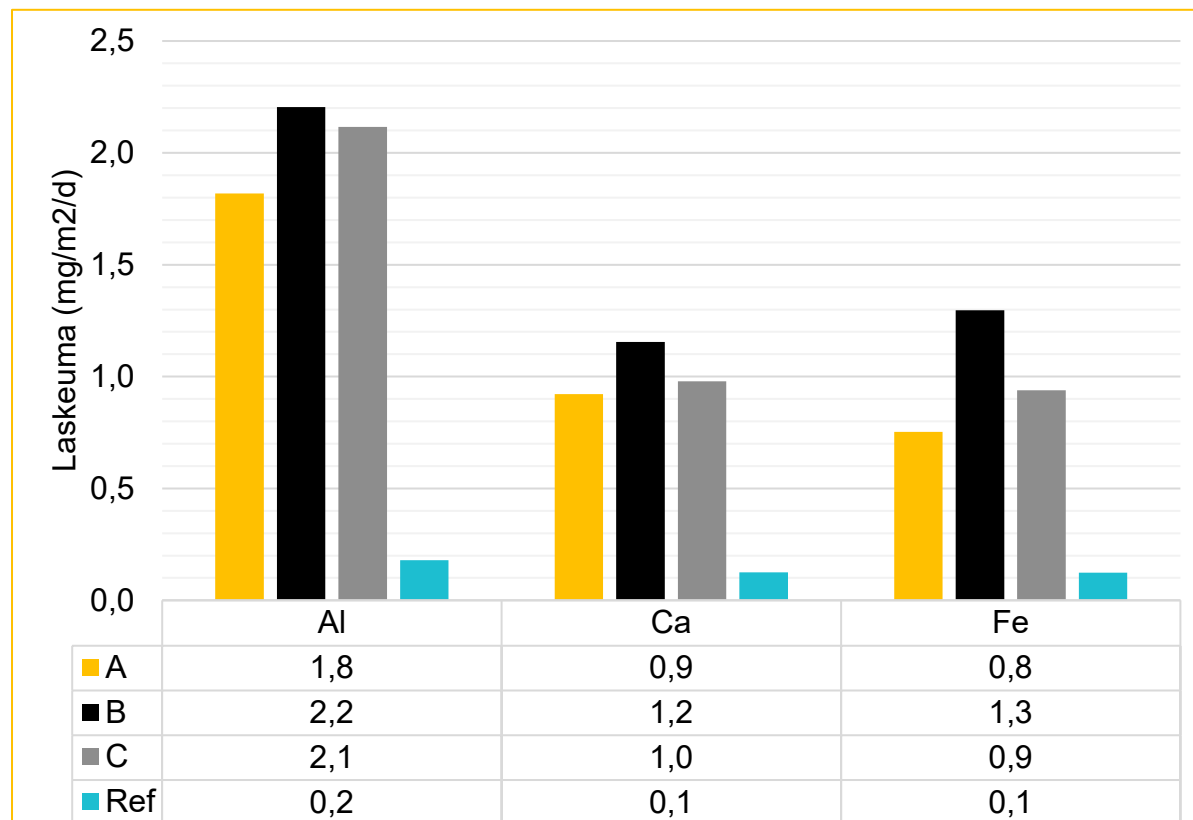
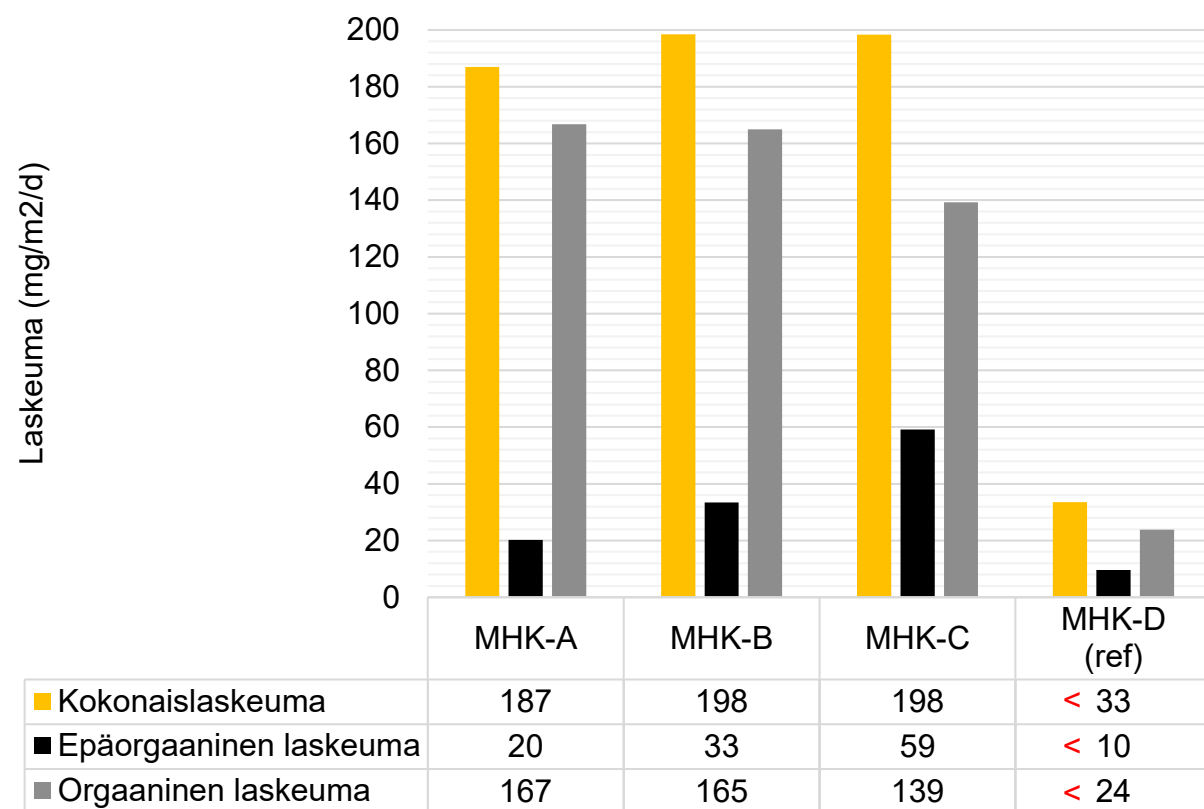


Case: Mäntyharjun kirkonkylän koulu

- Puurakenne
- Pölynhallinta: ei kastelua purun aikana
- Laskeuman monitorointi
 - Kuvan mittauspisteet A, B, C
 - Keräysaika 21 vrk (purun alusta loppuun)
 - Referenssikeräin noin 500 metrin etäisyydellä
- Hiukkaspitoisuusmittaukset
 - 3 krt/vko koko purun ajan
 - 30 min/piste + referenssipiste

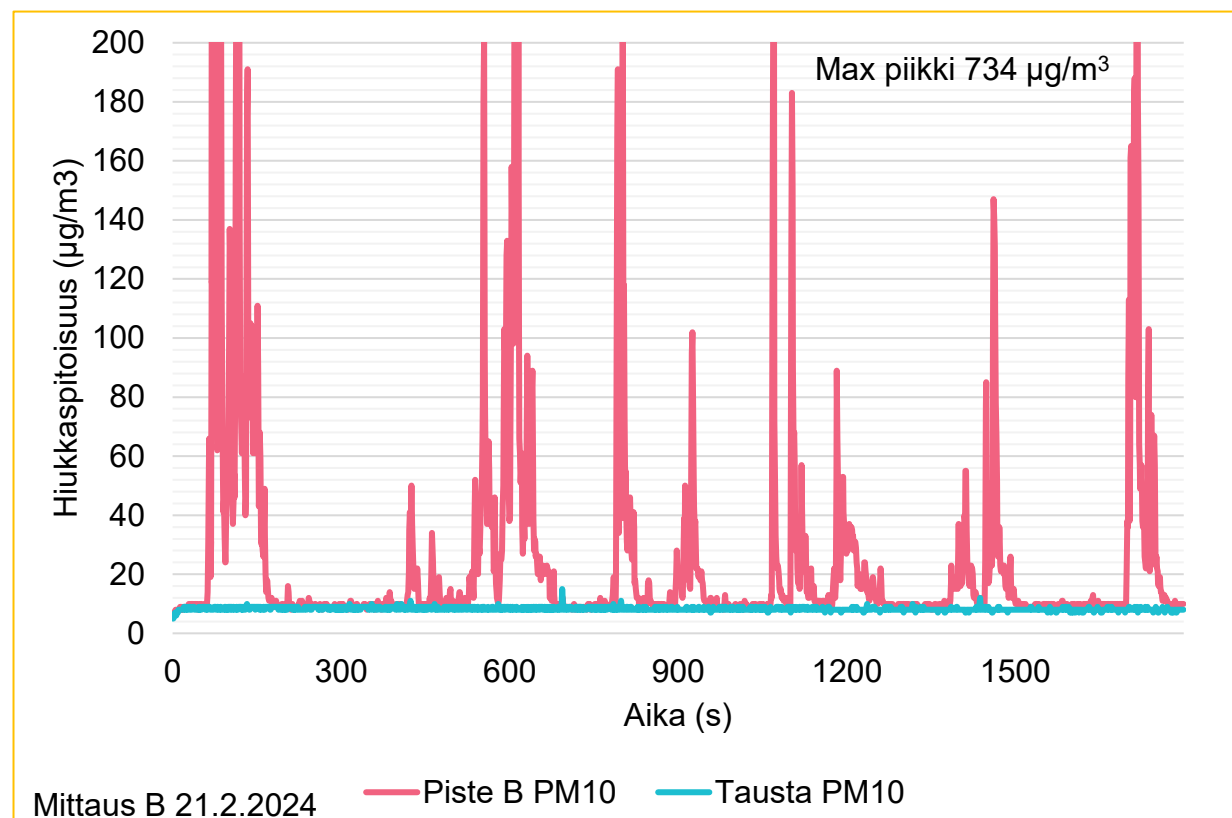
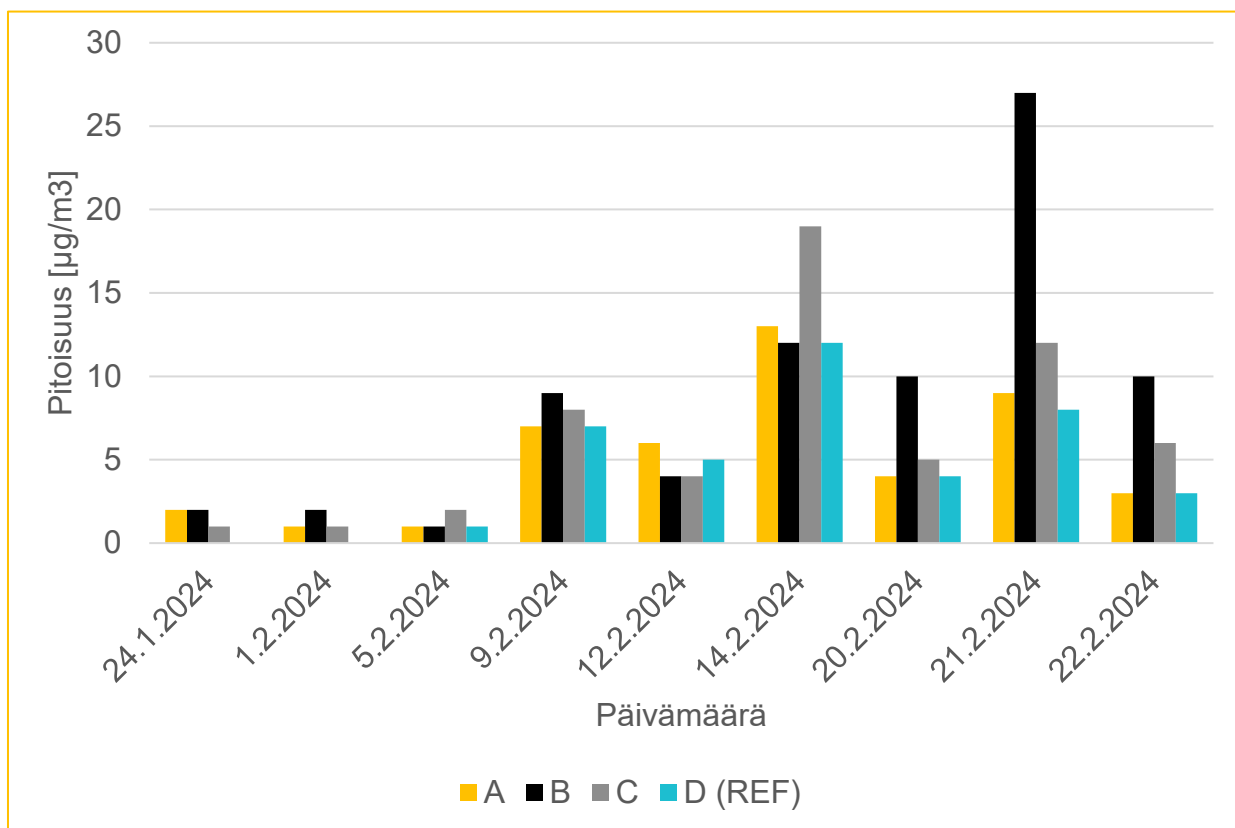
Case: Mäntyharju, laskeumatuloksia

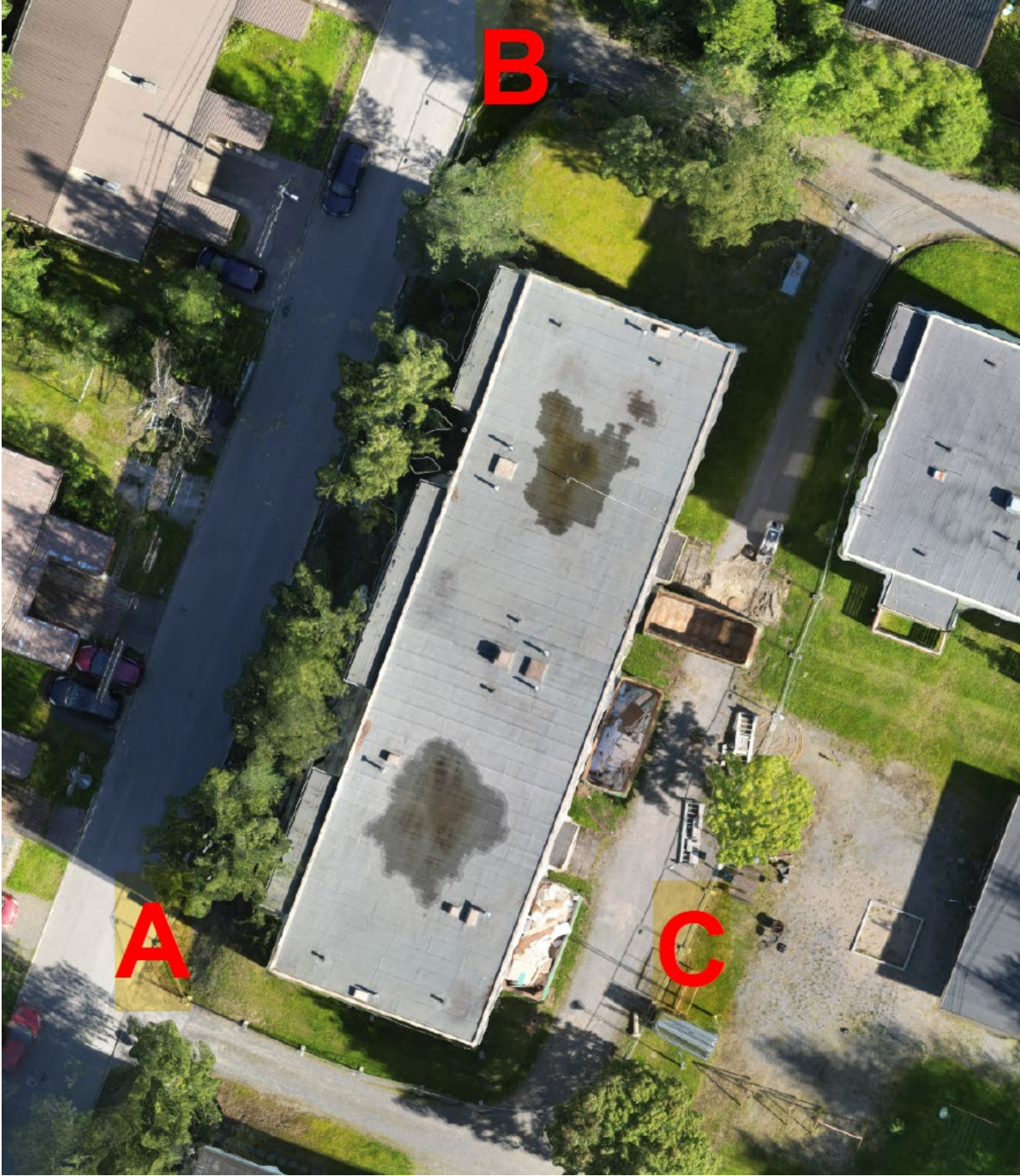
- Purkutyömaan lähellä moninkertaisia laskeumamääriä referenssiin verrattuna.
 - Kokonaislaskeuma ei saavuttanut viihtyvyyshaitan tai IAQM:n ohjearvoja.
- Raskasmetalleista alumiinia, kalsiumia ja rautaa havaittiin referenssipisteelläkin.
 - Pitoisuudet moninkertaisia purkutyömaan lähellä.



Case: Mäntyharju, PM₁₀-hiukkaspitoisuudet

- 30 min ka. pitoisuudet maltillisia, vaikka selviä pöllähdyksiä nähtiin ajoittain (vas. kuvaaja).
 - Pöllähdystapahtumat ilmenevät hetkellisinä pitoisuuspiikkeinä.
- Suurimmat pitoisuudet urakan lopulla purkubetonin murskauksen aikana (oik. kuvaaja).
- Raskasmetalleista havaittiin ilmassa pieniä määriä lyijyä ja nikkeliä.



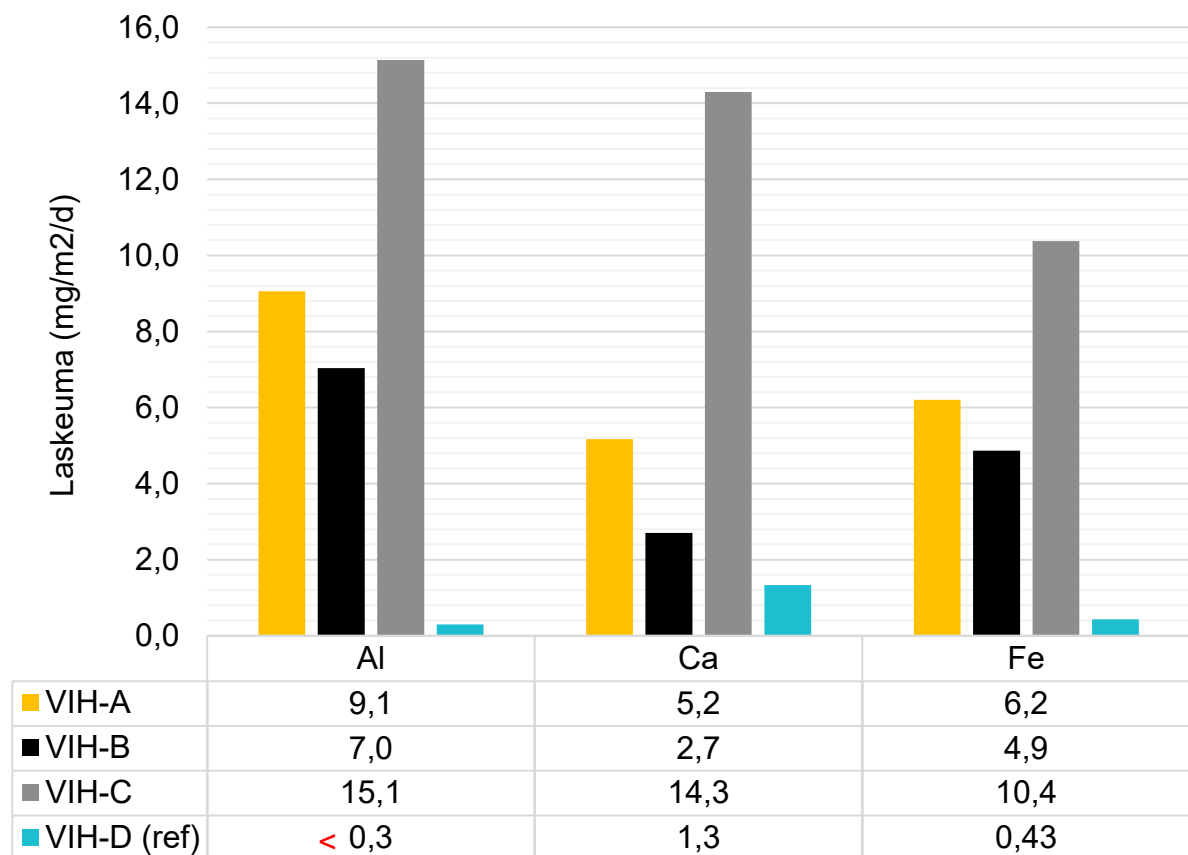
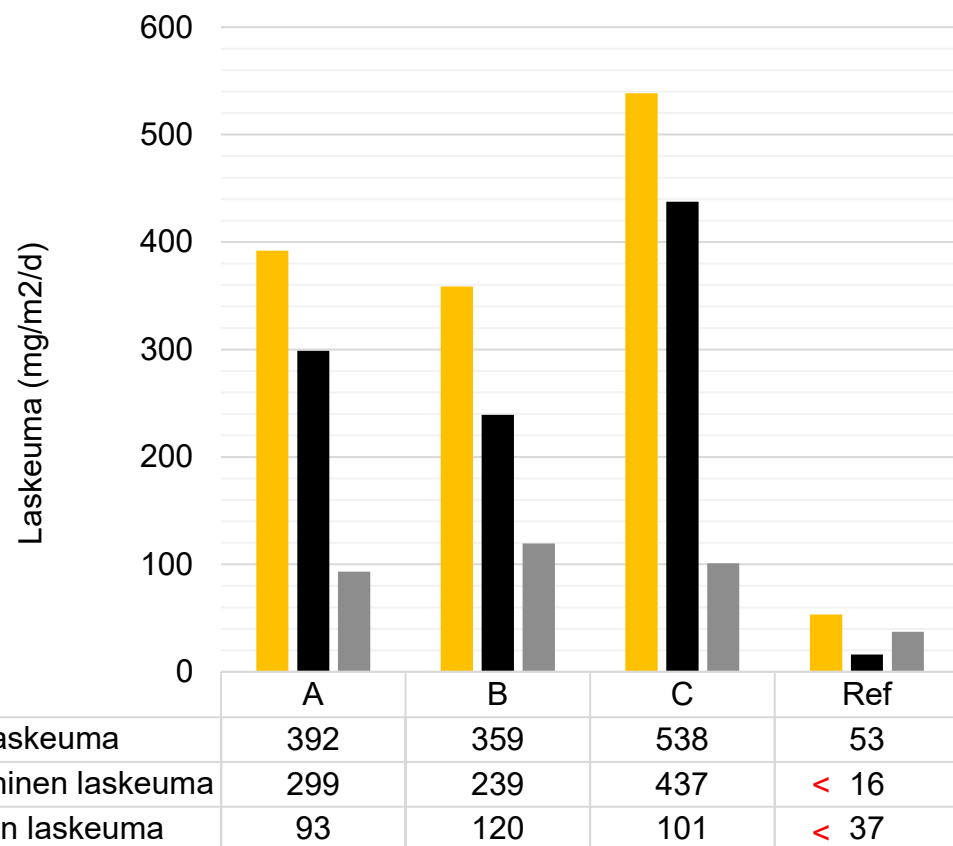


Case: Vihuritaival kerrostalo

- Betonirakenne
- Pölynhallinta: työmaakastelu käytössä
- Laskeuman monitorointi
 - Kuvan mittauspisteet A, B, C
 - Keräysaika 21 vrk (vain raskaspuurin ajan)
 - Referenssikeräin noin 150 metrin etäisyydellä (rakennuksia välissä)
- Hiukkaspitoisuusmittaukset
 - 3 krt/vko koko puurin ajan
 - 30 min/piste + referenssipiste

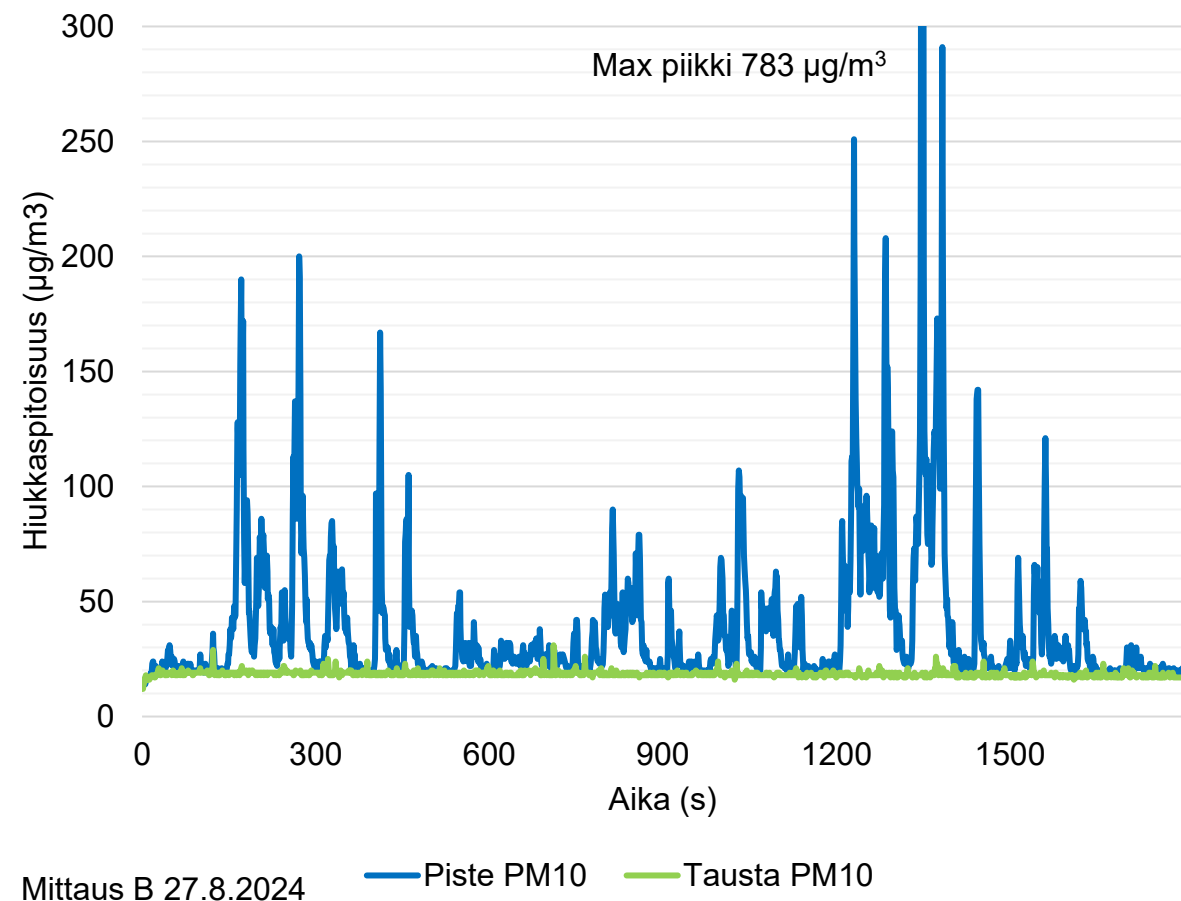
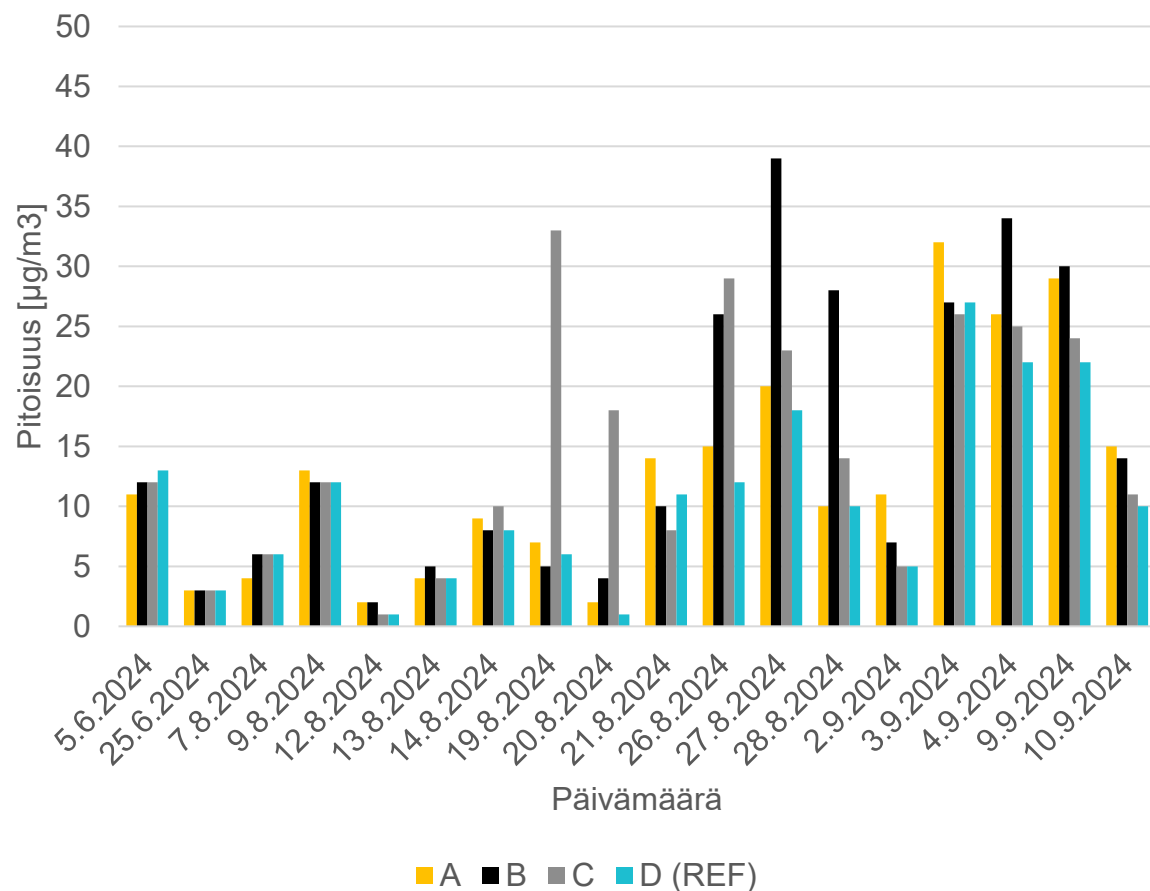
Case: Vihuritaival, laskeumatuloksia

- Purkutyömaan lähellä moninkertaisia laskeumamääriä referenssiin verrattuna (vas. kuvaaja).
 - Viihtyvyyshaitan raja-arvo 330 mg/m²/d ylittyi kaikilla pisteillä.
- Raskasmetalleista havaittiin referenssipisteellä kalsiumia ja rautaa (oik. kuvaaja).
 - Purkutyömaan lähellä suurempia pitoisuuksia kuin Mäntyharjun purkukohteella.



Case: Vihuritaival, PM₁₀-hiukkaspitoisuudet

- 30 min ka. pitoisuudet (vas. kuvaaja) eivät ylittäneet sovellettavia raja-arvoja, mutta olivat suurempia, kuin Mäntyharjulla.
- Sisäpurku ei nostata hiukkaspitoisuuksia, raskaspuhun aikana (oik. kuvaaja) selvä ero referenssiin.
- Raskasmetalleista havaittiin ilmassa lyijyä ja nikkeliä pieniä määriä.



Case: ESE-korttelin rakennukset

- Varasto: teräsrunkoinen varastohalli
- Veturi: puurunkoinen pienkerrostalo
- Pölynhallinta: Ei kastelua käytössä
- Hiukkaspitoisuusmittaukset
 - Mittaukset raskaspuurkujen ajan
 - 2 h/piste + 30 min/referenssi
 - Mittauspisteet vaihtelivat päivittäin riippuen tuulen suunnasta
 - Varsinainen mittaus tuulen alapuolelta suhteessa kohteeseen (vihreä)
 - Referenssi tuulen yläpuolelta (keltainen)

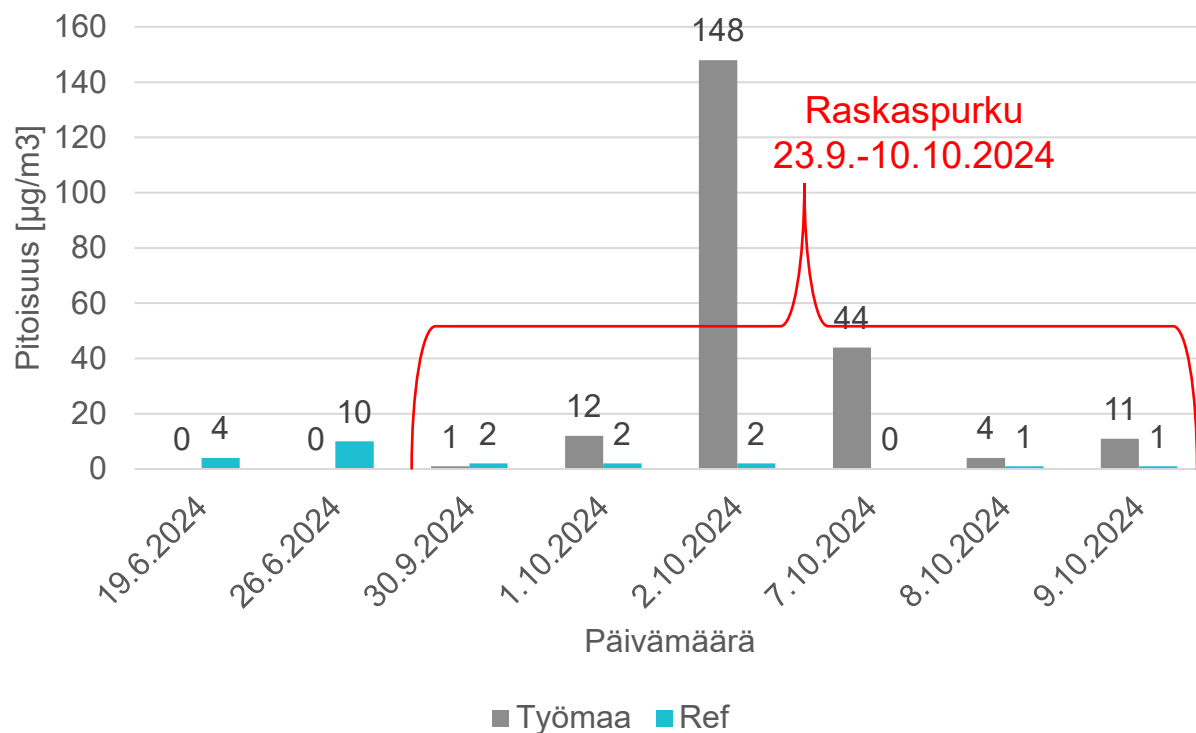
Kartta: OpenStreetMap 2025. Saatavissa ODbL-lisenssillä. Muokkaukset: Henri Kettunen.



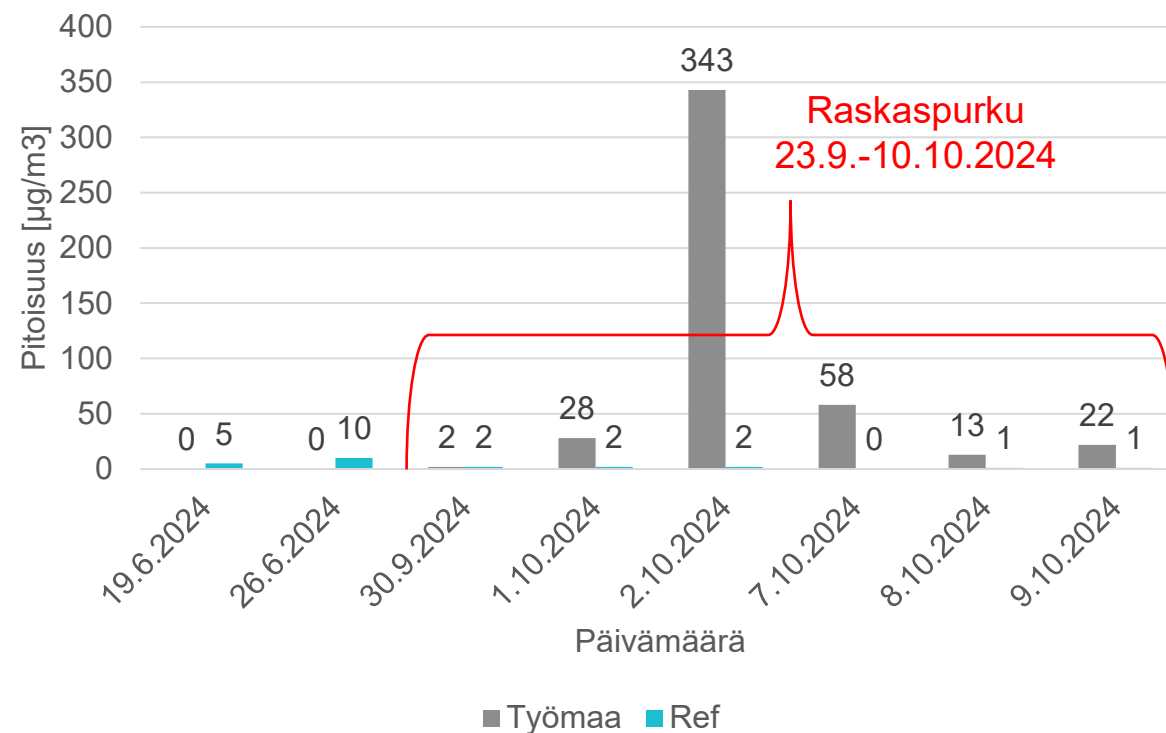
Case: ESE-kortteli, PM₁₀-hiukkaspitoisuudet

- Hiukkaspitoisuudet korkeita puurakenteisen kerrostalon purussa.
 - IAQM:n suositus 190 µg/m³/h ei ylittynyt.
 - Vanha IAQM:n suositus 250 µg/m³/15 min ylittyi yhtenä päivänä (seinien ja katon purkua kaivinkoneella).
- Raskasmetalleista havaittiin ilmassa vain lyijyä hyvin pieni pitoisuus

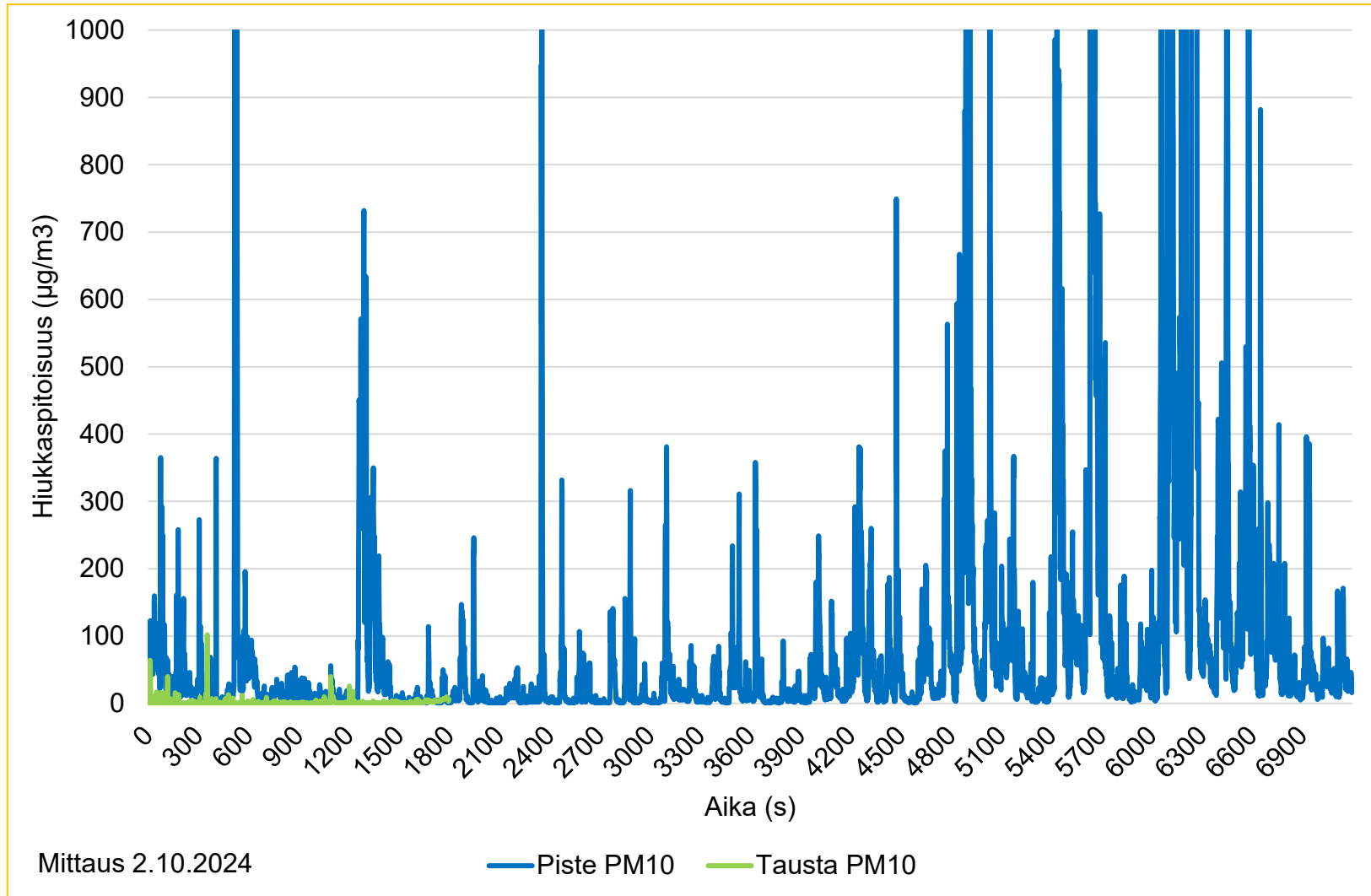
PM10-pitoisuudet, 1h keskiarvot



PM10-pitoisuudet, 15 min keskiarvot



Case: ESE-kortteli, PM₁₀-hiukkaspitoisuudet



- Hiukkasmittaus puurakenteisen kerrostalon raskaspuurun aikana.
- Purku max. piikki: 3910 µg/m³
- Tausta max. piikki: 102 µg/m³

Yleisiä havaintoja pölymonitoroinneista

- Laskeuman monitorointi herkkä indikaattori pölyn leviämislle.
 - Vaikka hiukkaspitoisuudet eivät pääasiassa olleet erityisen korkeita, laskeumamäärät olivat lähellä IAQM:n ohjearvoja.
- Laskeuman koostumus vaihtelee purettavasta rakennuksesta riippuen.
 - Vuodenajan ja sääolosuhteiden vaikutus: ajoneuvojen nostattama pölyn määrä maasta ei ole talvella yhtä suurta kuin kesällä.
- Ilman aktiivista pölyntorjuntaa (mm. kastelua) hiukkaspitoisuudet kohoavat purkutyömaan lähiympäristössä.
 - Etenkin tuulisella ja kuivalla säällä pölynhallinta tärkeää
- Purkutyömaiden pölypäästöjen monitorointia tulisi jatkaa erilaisilla kohteilla.
- Tarve soveltuville ohjearvoille?



Kuva: Henri Kettunen



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu



Tunne huomisen.



Kuva: Manu Eloaho

Kiitos!

Lisätiedot: www.xamk.fi/kielo



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu