



**RUOKAVIRASTO**  
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

Tutkimuksia  
**1/2026**

# Kierrätyslannoitteiden muovisten epäpuhtauksien pinta-alan määrittäminen







# Kierrätyslannoitteiden muovisten epäpuhtauksien pinta-alan määrittäminen



### **Kiitokset**

Kiitämme Ruokaviraston Mikko Lehosta asiantuntija avusta sekä raportin kommentoinnista. Kiitämme myös Laadukas biokierrätys -hankkeeseen osallistuneita yrityksiä näytemateriaalin toimittamisesta. Kiitos myös muille hankkeen yhteistyökumppaneille ja raporttia kommentoineille asiantuntijoille. Tämä raportti tehtiin osana Laadukas Biokierrätys -hanketta, jota ympäristöministeriö on avustanut 107 999 eurolla Ahti-ohjelmasta. Ahti-ohjelman tavoite on saada ravinnekuormitus kuriin, maan rakenne kuntoon, haitta-aineet hallintaan sekä resurssit talteen ja käyttöön.

### **Ilmoitus tekoälyn käytöstä**

Tätä raporttia on muokattu Microsoft Copilot -tekoälyn avustuksella selkeyden ja luettavuuden parantamiseksi. Kaikki sisältö on tekijöiden tarkistamaa ja viimeistelemää, ja tekijät vastaavat täysin julkaistun raportin sisällöstä.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Ruokavirasto
Tekijät	Elli Auvinen ja Liisa Maunuksela
Julkaisun nimi	<b>Kierrätyslannoitteiden muovisten epäpuhtauksien pinta-alan määrittäminen</b>
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ruokaviraston tutkimuksia 1/2026
Julkaisuaika	4/2026
ISBN PDF	978-952-358-073-2
ISSN PDF	2490-1180
Sivuja	24
Kieli	Suomi
Asiasanat	Kierrätyslannoitteet, muoviset epäpuhtaudet, pinta-alaperusteinen määrittäminen, kuvankäsittely, komposti, mädäte
Kustantaja	Ruokavirasto
Taitto	Ruokavirasto, käyttäjäpalvelujen yksikkö
Julkaisun jakaja	Sähköinen versio: ruokavirasto.fi

## Tiivistelmä

Laadukas biokierrätys -hankkeen osana tehdyssä työssä arvioitiin muovin pinta-alaperusteisen määrittämenetelmän soveltuvuutta komposti- ja mädäntenäytteille sekä tunnistettiin siihen liittyviä haasteita. Kompostien ja mädäntenäytteiden sisältämälle muoville on lainsäädännössä massaperusteinen raja-arvo, joka ei välttämättä havainnollista riittävästi muovin visuaalista määrää eli näkyvyyttä lannoitevalmisteissa, joissa muovi on usein kevyttä ja kalvomaista.

Aineistona oli 15 komposti- ja mädäntenäytettä, joille tehtiin sekä massaperusteinen muovipitoisuuden määrittäminen että muovin pinta-alan laskenta. Menetelmässä muovit eroteltiin näytemateriaalista, punnittiin, levitettiin kuvausalustalle ja kuvattiin, minkä jälkeen kuvasta laskettiin muovien pinta-ala kuvankäsittelyn ja kuvantunnistuksen avulla.

Mitattujen muovimassojen arvot olivat pääosin välillä 0,1–2 g/kg kuiva-ainetta, ja niitä vastaavat pinta-alat vaihtelivat välillä 26–273 cm<sup>2</sup>/kg kuiva-ainetta. Havainnot viittasivat siihen, että suuremmille massoille mitattiin myös suurempia pinta-aloja. Tutkimuksen keskeisimmät havainnot liittyivät menetelmän teknisiin rajoitteisiin. Mittaustarkkuuteen vaikuttivat muovien fyysiset ominaisuudet (esimerkiksi ohuiden kalvomuovien rullautuminen), muovien kuvauksessa esiintyvät optiset tekijät (läpikuultavuus, heijastukset, varjot ja valaistuksen vaihtelut) sekä kuvankäsittelyn ja -tunnistuksen rajoitteet. Nämä tekijät heikensivät muovien erottumista kuvasta ja siten pinta-alan laskennan luotettavuutta.

Pinta-alaperusteinen määrittäminen voi kuitenkin toimia suuntaa antavana analyysinä massamittauksen rinnalla, kun halutaan havainnollistaa muovin näkyvyyttä näytteissä. Luotettavan ja toistettavan menetelmän kehittäminen edellyttäisi kuitenkin vakioituja kuvausolosuhteita, nykyaikaisempia kuvantunnistusratkaisuja ja menetelmän validointia. Lisäksi mahdollisen pinta-alaperusteisen raja-arvon määrittäminen vaatisi laajempaa aineistoa eri muovilajeista ja näytematriiseista.

# Beskrivning

<b>Utgivare</b>	Livsmedelsverket
<b>Författare</b>	Elli Auvinen och Liisa Maunuksela
<b>Publikationens titel</b>	<b>Areabaserad bestämning av plastiska orenheters yta i återvunna gödselprodukter</b>
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Livsmedelsverkets forskningsrapporter 1/2026
<b>Utgivningsdatum</b>	4/2026
<b>ISBN PDF</b>	978-952-358-073-2
<b>ISSN PDF</b>	2490-1180
<b>Sidantal</b>	24
<b>Språk</b>	Finska
<b>Nyckelord</b>	Återvunna gödselmedel, plastföroreningar, areabaserad bestämning, bildbehandling, kompost, rötrest
<b>Förläggare</b>	Livsmedelsverket
<b>Layout</b>	Livsmedelsverket, enheten för interna stödtjänster
<b>Distribution</b>	Elektronisk version: livsmedelsverket.fi

## Referat

Som en del av projektet Laadukas biokierrätys utvärderades i denna studie tillämpbarheten av en areabaserad metod för bestämning av plastinnehåll i kompost och rötrestprover samt identifierades de metodrelaterade utmaningarna. I lagstiftningen anges ett massbaserat gränsvärde för plast i komposter och rötrest, vilket inte nödvändigtvis återspeglar plastens visuella mängd eller synlighet i gödselprodukter, där plasten ofta är lätt och filmartad.

Materialet bestod av 15 kompost och rötrestprover som analyserades med både massbaserad bestämning av plastinnehåll och areabaserad analys. I metoden separerades plasterna från provmaterialet, vägdes, placerades på ett avbildningsunderlag och fotograferades, varefter plastens synliga yta beräknades med hjälp av bildbehandling och bildigenkänning.

De uppmätta plastmassorna låg huvudsakligen i intervallet 0,1–2 g/kg torrsubstans, och de motsvarande uppmätta ytorna varierade mellan 26 och 273 cm<sup>2</sup>/kg torrsubstans. Observationerna antydde att större plastmassor i flera fall var förknippade med större uppmätta ytor. Studiens viktigaste resultat var emellertid kopplade till metodens tekniska begränsningar. Mätosäkerheten påverkades av plastens fysiska egenskaper (till exempel att tunna plastfilmer rullade ihop sig), optiska faktorer vid avbildningen (såsom genomskinlighet, reflexer, skuggor och variationer i belysningen) samt begränsningar i bildbehandling och bildigenkänning. Dessa faktorer försvårade en tillförlitlig separation av plast från bakgrunden och begränsade därmed robustheten i beräkningen av plastens yta.

Areabaserad bestämning kan trots detta fungera som ett vägledande komplement till massbaserad analys när målet är att illustrera plastens synlighet i prover. Utvecklingen av en mer tillförlitlig och reproducerbar metod skulle kräva standardiserade avbildningsförhållanden, mer avancerade lösningar för bildigenkänning samt metodvalidering. Därutöver skulle fastställandet av ett areabaserat gränsvärde kräva ett omfattande datamaterial som täcker olika plasttyper och provmatriser.

## Description

<b>Publisher</b>	Finnish Food Authority
<b>Authors</b>	Elli Auvinen and Liisa Maunuksela
<b>Title of publication</b>	<b>Determination of the Surface Area of Plastic Impurities in Recycled Fertilisers</b>
<b>Series and publication number</b>	Finnish Food Authority Research Reports 1/2026
<b>Publications date</b>	4/2026
<b>ISBN PDF</b>	978-952-358-073-2
<b>ISSN PDF</b>	2490-1180
<b>Pages</b>	24
<b>Language</b>	Finnish
<b>Keywords</b>	Recycled fertilizers, plastic impurities, surface area-based determination, image processing, compost, digestate
<b>Publisher</b>	Finnish Food Authority
<b>Layout</b>	Finnish Food Authority, In-house Services Unit
<b>Distributed by</b>	Online version: <a href="http://foodauthority.fi">foodauthority.fi</a>

### Abstract

As part of Laadukas biokierrätys project, this study evaluated the applicability of an area-based method for determining plastic content in compost and digestate samples and identified challenges associated with its use. Current legislation sets a mass-based limit for plastic content in composts and digestates, which does not necessarily reflect the visible amount of plastics in fertilizer products, where plastics are often lightweight and film-like.

The studied material consisted of 15 compost and digestate samples which were analyzed using both mass-based plastic determination and surface area measurement. Plastics were separated from the sample material, weighed, spread on an imaging surface and photographed, after which the plastic surface area was calculated using image processing and image recognition.

Measured plastic masses were predominantly in the range of 0.1–2 g/kg dry matter, and the corresponding surface areas ranged from 26 to 273 cm<sup>2</sup>/kg dry matter. Observations suggested that higher plastic masses were associated with larger measured surface areas. The most important findings of the study were related to the technical limitations of the method. Measurement accuracy was affected by the physical properties of plastics (such as the curling of thin plastic films), optical factors during imaging (including translucency, reflections, shadows and variations in lighting), as well as limitations of image processing and image recognition. These factors reduced the reliable separation of plastics from the background and thus limited the robustness of surface area calculations.

Area-based determination may nevertheless serve as an indicative complement to mass-based analysis when the aim is to illustrate the visibility of plastics in samples. The development of a reliable and reproducible method would require standardized imaging conditions, more advanced image recognition approaches and method validation. In addition, defining a surface area-based regulatory limit would require a large and diverse dataset covering different plastic types and sample matrices.

# Sisällys

---

<b>1 Johdanto .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Aineisto ja menetelmät.....</b>	<b>8</b>
2.1 Näytteet ja esikäsittely.....	8
2.2 Muovianalyysi.....	8
<b>3 Tulokset .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Pohdinta ja johtopäätökset.....</b>	<b>12</b>
<b>5 Yhteenveto.....</b>	<b>14</b>
<b>6 Viitteet .....</b>	<b>15</b>
<b>7 Liitteet.....</b>	<b>16</b>
<b>Liite 1: Ohjeet menetelmän toteuttamiseen .....</b>	<b>16</b>
Muovien eristäminen .....	16
Muovien kuvaaminen.....	16
Kuvankäsittely Gimp-ohjelmalla.....	16
Pinta-alan laskenta ImageJ-ohjelman Fiji-lisäosalla .....	20
<b>Liite 2: Pienisohjelma pinta-alan laskentaan.....</b>	<b>24</b>

# 1 Johdanto

---

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (964/2023) mukaan lannoitevalmisteiden tuoteluokkiin komposti, mädäte sekä käsitelty jätevesiliete saa sisältyä yli 2 mm:n kokoisia muovipartikkeleita enintään 5 g/kg kuiva-ainetta<sup>1</sup>. EU:n lannoitevalmisteasetuksessa (2019/1009) vastaava raja-arvo on 3 g/kg kuiva-ainetta<sup>2</sup>. EU-asetuksen raja-arvo tiukentuu 16.7.2026 alkaen, jolloin yli 2 mm:n muovien määrä saa olla enintään 2,5 g/kg kuiva-ainetta<sup>2</sup>. Kansallisessa asetuksessa sama tiukempi raja tulee voimaan 1.1.2028 alkaen<sup>1</sup>. Uusi kansallinen lannoitelaki 711/2022<sup>3</sup> ja asetus lannoitevalmisteista 964/2023<sup>1</sup> edellyttävät myös uusia analyysimenetelmiä. Lainsäädännön vaatimusten todentamiseksi lannoitteiden menetelmästandardeja uudistetaan. Muun muassa tekninen spesifikaatio CEN/TS 16202:2013<sup>4</sup>, johon lannoitteiden epäpuhtausmääritys perustuu, korvautuu standardilla EN 16202<sup>5</sup>. Referenssistandardien arvioidaan valmistuvan vuoteen 2027 mennessä.

Koska muovi on materiaalina hyvin kevyt, on herännyt kysymys siitä, kuvaako massaperustainen raja-arvo riittävän tarkasti muovin visuaalista esiintymistä lopputuotteessa. Lannoitevalmisteisiin päätyvä muovi on tyypillisesti ohutta, kalvomaista ja pirstaloitunutta, minkä vuoksi sillä voi olla suuri pinta-ala suhteessa massaan. Tällaisissa tapauksissa massaperusteinen raja-arvo ei välttämättä kuvaa tuotteen koettua roskaantuneisuutta tai muovin näkyvyyttä.

Ruokavirastossa oli vuoteen 2023 asti käytössä massaperusteisen epäpuhtausanalyysin ohella myös muovin pinta-alan määrittäminen.<sup>6</sup> Pinta-alaperusteisen analytiikan tavoitteena oli tuottaa lisätietoa kompostien ja mädätteen sisältämien muovipalojen koosta, muodosta ja näkyvyydestä eli tekijöistä, joita pelkkä massamittaus ei kuvasta. Menetelmä kuitenkin poistettiin käytöstä, koska sille ei ollut vaatimusta lainsäädännössä ja sen suorittaminen lisäanalyyseinä vei paljon resursseja. Lisäksi menetelmän käyttöön liittyi useita teknisiä haasteita, kuten muovikalvojen rullautuminen, muovien läpikuultavuus ja kuvantunnistuksen rajoitteet, joilla on vaikutusta määrityksen tarkkuuteen.<sup>6</sup>

Tässä työssä tavoitteena oli arvioida muovin pinta-alaperusteisen määritysmenetelmän soveltuvuutta ja tunnistaa sen keskeisiä teknisiä rajoitteita. Tarkastelu perustui komposti- ja mädäntenäytteiden tutkimiseen massaperusteisen muovipitoisuuden määrityksen sekä muovin pinta-alan määrityksen kautta. Tavoitteena oli kerätä suuntaa-antavaa tietoa siitä, miten pinta-ala ja massa suhteutuvat toisiinsa ja mitä käytännön haasteita menetelmään liittyy. Tarkoituksena ei ollut arvioida yksittäisten lannoitevalmisteiksi päätyvien tuotteiden tai ainesosien roskaantuneisuutta tai vaatimustenmukaisuutta. Työn ohella laadittiin ohjeistus, joka mahdollistaa analyysin toteuttamisen esimerkiksi toimijoiden omavalvonnassa. Tutkimuksessa saatua tietoa voidaan myös hyödyntää, kun arvioidaan EU-tason lannoitelainsäädännön kehitystarpeita. Euroopan komissio arvioi viimeistään vuonna 2029 kierrätyslannoitteiden muoviroskien analyysimenetelmien tarkoituksenmukaisuutta<sup>2</sup>.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Näytteet ja esikäsittely

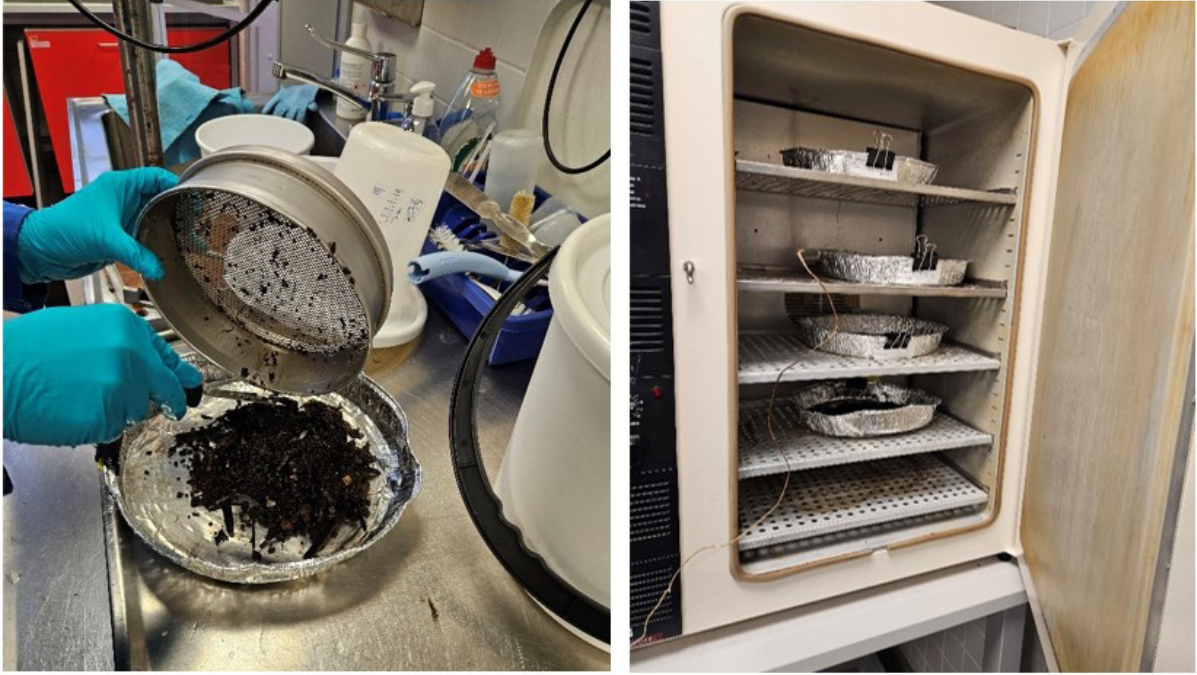
Seitsemältä eri yhteistyöyritykseltä vastaanotettiin yhteensä 15 komposti- ja mädätenäytettä. Näytteiden joukossa oli valmiita lannoitevalmisteina käytettäviä lopputuotteita, niiden ainesosia sekä prosessien keskeneräisiä välituotteita. Näytteet seulottiin ja niistä määritettiin kosteus standardin SFS-EN 13040:2008 "*Maanparannusaineet ja kasvualustat. Näytteen esikäsittely kemiallisia ja fysikaalisia kokeita varten, kuiva-ainepitoisuuden, kosteuspitoisuuden ja tiivistetyn laboratoriotilavuuspainon määrittäminen*" mukaan.<sup>7</sup> Näytteet seulottiin ensisijaisesti 10 mm seulalla. Näytteille, jotka eivät läpäisseet 10 mm seulaa riittävässä määrin standardin edellyttämällä tavalla, käytettiin 20 mm seulaa. Seulonnassa ei poistettu materiaalia, vaan kaikki fraktiot yhdistettiin takaisin näytteeseen ja näyte sekoitettiin. Sekoitetusta näytteestä otettiin osanäytteet kosteuden määrittystä varten. Kosteus määritettiin kolmena rinnakkaisena määrittämisnäytteenä kuivaamalla noin 50 g näytettä 24 tunnin ajan 103 °C lämpökaapissa.

### 2.2 Muovianalyysi

Muovianalyysi pohjautui tekniseen spesifikaatioon CEN/TS 16202:2013 "*Sludge, treated biowaste and soil. Determination of impurities and stones.*"<sup>14</sup> Muovianalyysiä varten näytteestä otettiin karkeuden mukaan noin 1–1,5 litran osanäyte, joka punnittiin tuorepainon määrittämiseksi. Osanäyte liotettiin vedessä ja märkäseulottiin 2 mm seulalla, jotta orgaaninen hienoaine ja muu alle 2 mm fraktio poistuisi (Kuva 1). Seulalle jäänyt materiaali kuivattiin lämpökaapissa vähintään 16 tunnin ajan ja seulottiin uudelleen 2 mm seulalla (Kuva 2).

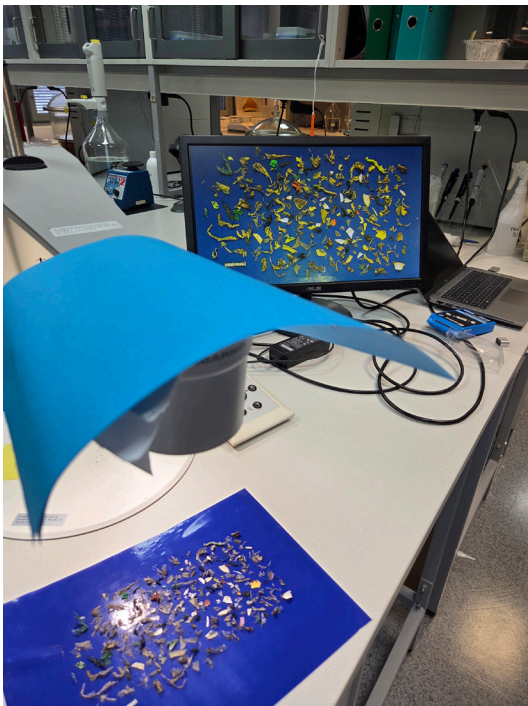


Kuva 1. Vasemmalla näytteen liotus ja sekoitus ja oikealla märkäseulonta (Kuvat: Mikko Lehtonen).

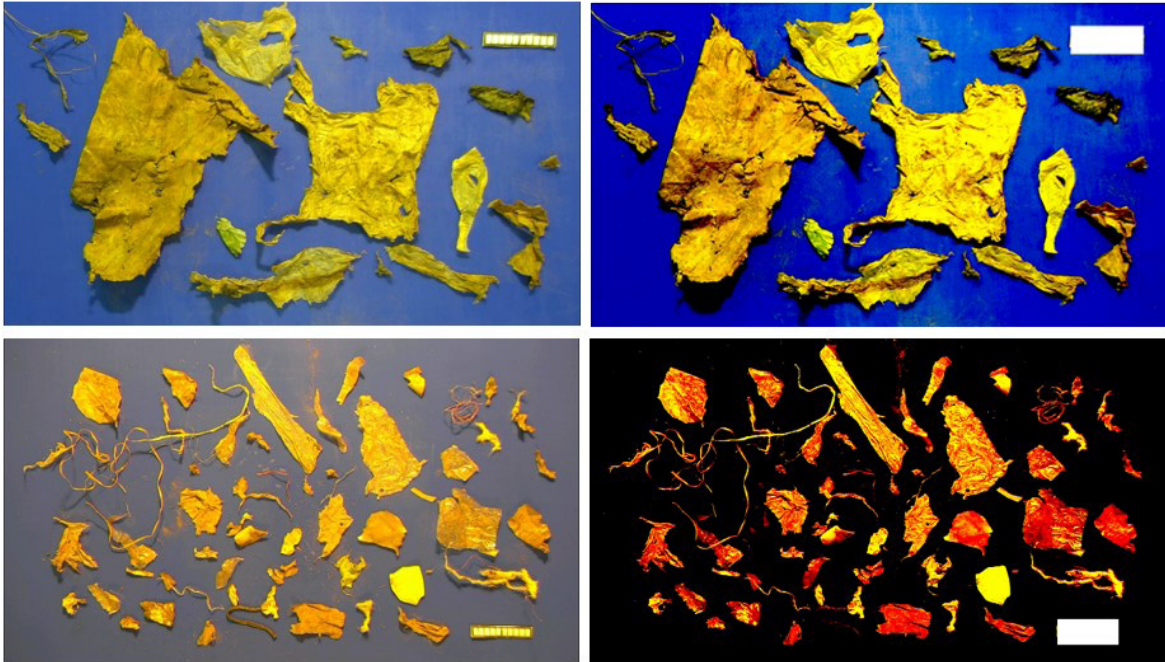


*Kuva 2. Vasemmalla näytteen siirto foliovuokaan ja oikealla kuivaus lämpökaapissa (Kuvat: Mikko Lehtonen)*

Alle 2 mm materiaali poistettiin ja yli 2 mm fraktiosta eroteltiin kaikki muovit manuaalisesti pinseteillä. Erotellut muovipalat levitettiin mahdollisimman tasaisesti siniselle, tasaväriselle alustalle ja kuvattiin kiinteästi sijoitetulla kameralla (Kuva 3). Kuvaa esikäsiteltiin GIMP 3.0.6-1-kuvankäsittelysovelluksella kirkkauden ja kontrastin parantamiseksi sekä kuvassa olleen mitta-asteikon poistamiseksi (Kuva 4). Kontrastin parannuksen tavoitteena oli lisätä muovin ja taustan välistä kirkkaus- ja sävyerotuvuutta ennen pinta-alan laskentaa. Tarkat ohjeet menetelmän toteuttamiseen on esitetty liitteessä 1.

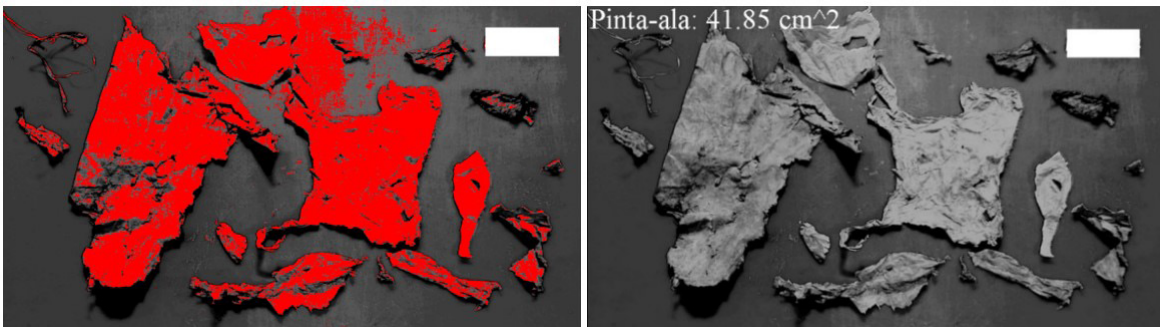


*Kuva 3. Muovien kuvaus (Kuva: Elli Auvinen).*

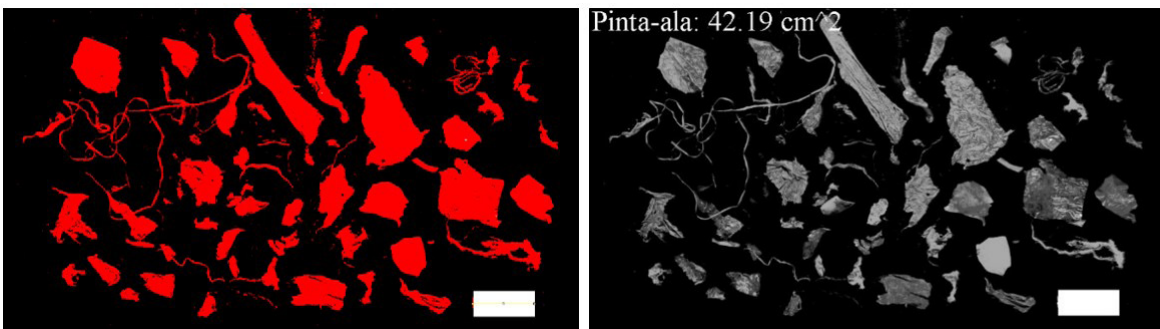


**Kuva 4.** Vasemmalla puolella käsittelemätön ja oikealla puolella käsitelty kuva. Alemmassa tapauksessa muovit on saatu paremmin esille kirkkautta ja kontrastia säätämällä (Kuvat: Elli Auvinen).

Pinta-alan määrittäminen tehtiin ImageJ -ohjelmalla valmiin makron avulla (Liite 2). Kuvasta muodostettiin ensin 8-bit-harmaasävykuva, minkä jälkeen tehtiin kynnsarvoon perustuva erottelu. Kynnsarvoon perustuvassa erottelussa säädetään kuvan intensiteettirajan siten, että muovit vastaavat pikselit muodostavat kaksitasoisen maskin (punaiseksi korostetut alueet, Kuvat 5 ja 6). Maskin pinta-ala laskettiin ImageJ-ohjelman mittausominaisuksella kuvalla asetetun mittakaavan perusteella. Lopputuloksena saatiin muovipalojen kokonaispinta-ala  $\text{cm}^2$ -yksikössä.



**Kuva 5.** Esimerkki tapauksesta, jossa osa taustasta korostuu punaisella, jolloin se tulee mukaan pinta-alan laskentaan. Vastaavasti osa muoveista jää harmaaksi, jolloin niitä ei lasketa.



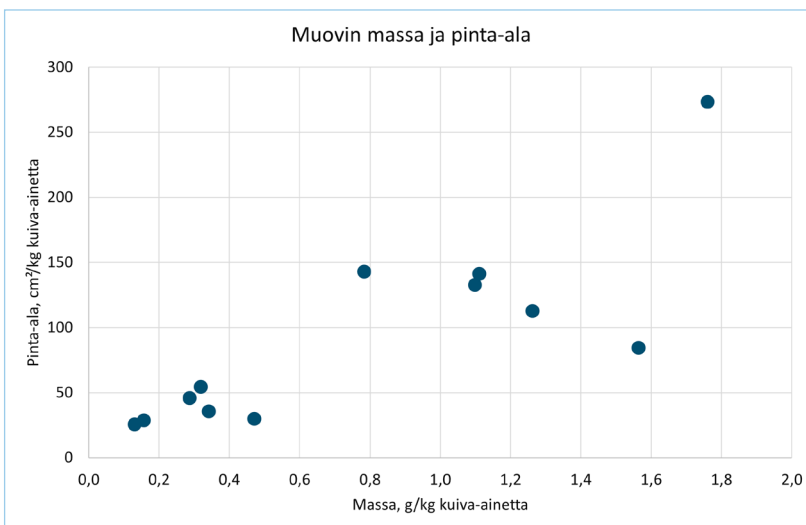
**Kuva 6.** Esimerkki tapauksesta, jossa taustan ja muovien kontrasti on saatu paremmin säädetyksi, jolloin taustaa ei korostu punaisella. Osa tummista muoveista on kuitenkin hävinnyt kuvasta.

### 3 Tulokset

Kahdessa näytteessä muovit olivat kiertyneet materiaaliin niin tiukasti, ettei luotettava erottelu ollut teknisesti mahdollista, joten näytteet hylättiin. Muiden tutkittujen näytteiden muovipitoisuudet massana ja pinta-alana on esitetty taulukossa 1. Kuvassa 7 näkyy muovin pinta-ala suhteessa massaan. Kuvaajan selkeyttämiseksi aineiston suurin arvo jätettiin pois visualisoinnista, koska se poikkesi mittakaavaltaan muista havainnoista.

**Taulukko 1.** Näytteiden sisältämän muovin massa (g/kg kuiva-ainetta) ja pinta-ala (cm<sup>2</sup>/kg kuiva-ainetta).

Muovin massa, g/kg KA	Muovin pinta-ala cm <sup>2</sup> /kg KA
0,13	25,79
0,16	28,77
0,29	46,02
0,32	54,68
0,34	35,79
0,47	29,94
0,78	143,10
1,1	132,79
1,11	141,51
1,26	112,81
1,56	84,67
1,76	273,45
27,81	1 993,93



**Kuva 7.** Muovin pinta-ala suhteessa massaan.

## 4 Pohdinta ja johtopäätökset

Tutkituissa näytteissä muovin massapitoisuus vaihteli välillä 0,13–1,76 g/kg kuiva-ainetta, ja vastaavat mitatut pinta-alat olivat noin 26–273 cm<sup>2</sup>/kg kuiva-ainetta. Aineistossa suuremmat muovimassat tuottivat keskimäärin suurempia pinta-alan arvoja. Tuloksissa havaittu vaihtelu liittyi pääosin muovien erilaisiin fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten paksuuteen, muovilaatuun ja muotoon, minkä vuoksi muovin massa ja pinta-ala eivät olleet suoraan verrannollisia.

Määrittysten yhteydessä havaittiin useita käytännöllisiä ja teknisiä haasteita, jotka vaikuttivat analyysin onnistumiseen ja tarkkuuteen. Keskeisin menetelmään liittyvä rajoite havaittiin muovien asetteluvaiheessa. Ohuiden kalvomuovien voimakas rullautuminen aiheutti sen, että muovit palautuivat avaamisesta huolimatta taittuneeseen tai kiertyneeseen muotoon, jolloin niiden todellinen pinta-ala ei tullut näkyviin. Vastaavasti paksummat ja kolmiulotteiset muovipalat eivät litistyneet tasaiseksi kuvattavaksi pinnaksi. Näissä tilanteissa kuvasta mitattu pinta-ala aliarvioi muovin todellista pinta-alaa, eikä menetelmä siten mittaa täysin sitä suuretta, jota pinta-alan määrittämisellä tavoitellaan. Toisaalta esimerkiksi Saksalaisen Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) -yhdistyksen menetelmäohjeen mukaan epäpuhtauksien pinta-alaa määritettäessä kääriytyneitä muoveja ei avata, vaan ne kuvataan sellaisina kuin ne ovat.<sup>8</sup> Tämä havainnollistaa, että pinta-alan määrittämisessä muovien avaaminen ei ole kaikissa menetelmissä lähtökohtana.

Muovien fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi pinta-alan määrittäminen osoittautui herkäksi kuvausolosuhteille. Pienetkin muutokset kameran sijainnissa, valaistuksessa tai muovien heijastusominaisuuksissa vaikuttivat muovin ja taustan väliseen kontrastiin ja näin lähtökuvan onnistumiseen. Kun muovi erottui lähtökuvassa selkeästi taustasta, kuvan kirkkauden ja kontrastin säätö paransi kynnyksiarvoon perustuvan erottelun toimivuutta, jolloin pinta-alan laskenta kohdistui pääosin kuvassa näkyvään muoviin. Osassa tapauksista lähtökuvasta ei ollut riittävän onnistunut, jolloin kontrastia ei saatu säädetyllä tavalla, joka olisi mahdollistanut tarkemman pinta-alan laskennan. Tällöin kynnyksiarvoon perustuvassa erottelussa osa muovista jäi tunnistamatta tai taustapikseleitä tuli mukaan pinta-alan laskentaan. Erityisiä haasteita aiheuttivat ohuet ja läpikuultavat kalvomuovit, tummat muovipalat sekä muovien varjot ja heijasteet. Koska ImageJ-ohjelman erottelu perustuu yksinomaan pikselien kirkkausarvoihin, muovia ei voida erottaa luotettavasti tilanteissa, joissa sen sävy on lähellä taustan kirkkaustasoa tai vaihtelee voimakkaasti. Näiden optisten tekijöiden sekä kuvausgeometrian pienten muutosten yhteisvaikutus heikensi analyysin johdonmukaisuutta ja vaikeutti menetelmän vakiointia. Varsinaisia rinnakkaisia toistomittauksia ei tehty, mutta havaintojen perusteella menetelmä on selvästi altis näille vaihteluille. Optisia ja kuvausgeometriaan liittyviä haasteita voisi mahdollisesti vähentää käyttämällä tasoskanneria, kuten BGK-yhdistyksen menetelmässä.

Kokonaisuutena pinta-alamenetelmä voisi toimia suuntaa-antavana työkaluna, jolla havainnollistetaan muovin näkyvyyttä massamittauksen rinnalla. Se tarjoaa erityisesti lisätietoa kalvomuovien osalta, mutta sen käyttökelpoisuus rutiinimittauksessa on rajallinen johtuen menetelmän monivaiheisuudesta ja teknisistä rajoitteista. Jos muovin pinta-alan määrittäminen halutaan kehittää tarkemmaksi ja toistettavammaksi,

kehitystyön tulee kohdistua kuvausvaiheen hallintaan ja vakiointiin sekä nykyaikaisempien kuvantunnistusmenetelmien käyttöönottoon. Perinteinen kynnyksarvoon perustuva erottelu ei ole optimaalisin työkalu ohuiden, läpikuultavien ja optisesti vaihtelevien muovien tunnistamiseen. Kehittyneemmät menetelmät, kuten koneoppimiseen perustuva erottelu, voivat mahdollisesti parantaa muovien tunnistamista vaihtelevissa olosuhteissa.

## 5 Yhteenveto

---

Muovin pinta-alan määritysmenetelmä tarjoaa suuntaa-antavaa tietoa muovin näkyvyydestä massan tutkimisen rinnalla, mutta sen käyttö edellyttää testauksessa havaittujen rajoitteiden ymmärtämistä. Jos menetelmää halutaan kehittää viranomaisvalvonta-analytiikkaan soveltuvaksi tai lannoitevalmisteiden sisältämille muoville halutaan määrittää pinta-alaperusteinen raja-arvo, edellyttäisi se huomattavasti nykyistä tiukempaa kuvaolosuhteiden ja kuvan esikäsittelyn vakiointia, automaattista ja käyttäjästä riippumatonta kynnysarvoerotusta sekä menetelmän luotettavuuden ja mittaustarkkuuden osoittamista toistettavuustesteissä sekä laboratorioden välisissä vertailuissa. Lisäksi pinta-alaraja-arvon määrittäminen lannoitevalmisteille edellyttäisi laajaa aineistoa eri muovilajeista ja näytematriiseista, jotta raja-arvo olisi perusteltu, vertailukelpoinen ja käytännössä toteuttamiskelpoinen.

## 6 Viitteet

---

1. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023. Finlex; 2023.  
Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2023/964>.
2. Euroopan parlamentti ja neuvosto. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/1009, annettu 5.6.2019, EU-lannoitevalmisteiden asettamista saataville markkinoilla koskevien sääntöjen vahvistamisesta sekä asetusten (EY) N:o 1069/2009 ja (EY) N:o 1107/2009 muuttamisesta ja asetuksen (EY) N:o 2003/2003 kumoamisesta. EUR-Lex; 2019.  
Saatavilla: <https://data.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj>.
3. Lannoitelaki (711/2022). Finlex; 2022.  
Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/711>.
4. CEN (European Committee for Standardization). CEN/TS 16202:2013. Sludge, treated biowaste and soil – Determination of impurities and stones.
5. CEN (European Committee for Standardization). PrEN 16202, Compost and digestate – Determination of the content of macroscopic impurities and stones.
6. Ruokaviraston asiantuntija. Henkilökohtainen tiedonanto 11.6.2025.
7. SFS Suomen Standardit. SFS EN 13040:2008. Maanparannusaineet ja kasvualustat. Näytteen esikäsittely kemiallisia ja fysikaalisia kokeita varten, kuiva-ainepitoisuuden, kosteuspitoisuuden ja tiivistetyn laboratoriotilavuuspainon määrittäminen.
8. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK). Methodenbuch zur Analyse organischer Düngemittel, Bodenverbesserungsmittel und Substrate. 5. painos, 4. Ergänzung (12/2015).

## 7 Liitteet

### Liite 1. Ohjeet menetelmän toteuttamiseen

#### Muovien eristäminen

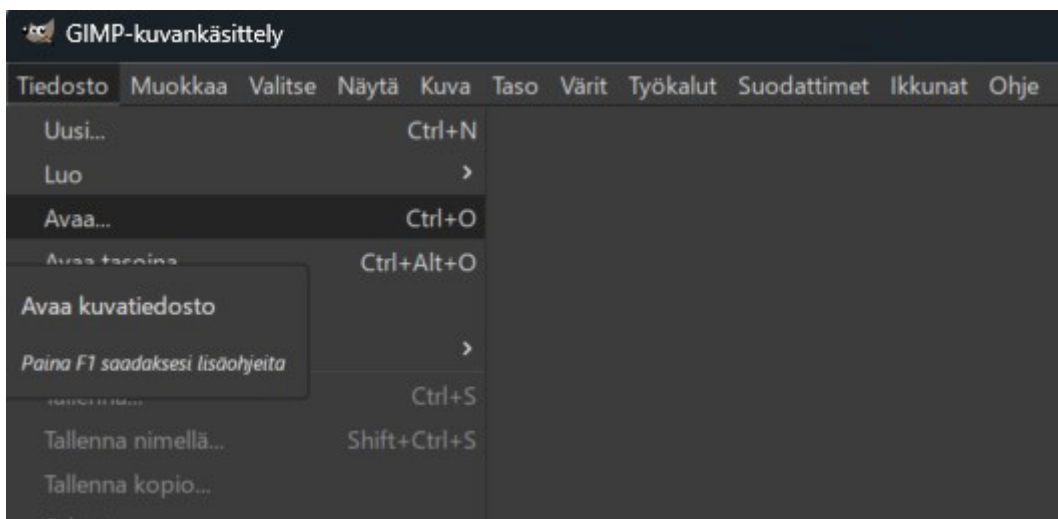
Muovianalyysi perustuu tekniseen spesifikaatioon CEN/TS 16202:2013 “Sludge, treated biowaste and soil – Determination of impurities and stones.” Näytteestä punnitaan ämpäriin osanäyte, jonka tilavuus on karkeuden mukaan noin 1–1,5 l. Näytteen päälle ämpäriin lisätään noin 2 l vettä ja sekoitetaan viisi minuuttia. Näyte kaadetaan 2 mm seulan päälle ja veden avulla pestään siitä pois materiaalia, joka läpäisee seulan. Jäljelle jäänyt yli 2 mm fraktio siirretään seualta takaisin ämpäriin ja sekoitus ja märkäseulonta toistetaan. Yli 2 mm fraktio kuivataan 16 h 80 °C, minkä jälkeen se seulotaan osissa 2 mm ja 5 mm seuloilla. Yli 5 mm kivet ja yli 2 mm epäpuhtaudet, lasi, metalli ja muovi erotellaan. Jos tarkoituksena on vain muovin tarkastelu, muita epäpuhtauksia ei ole tarpeen erotella. Epäpuhtaudet punnitaan ja niiden määrä ilmoitetaan yksikössä g/kg kuivaainetta.

#### Muovien kuvaaminen

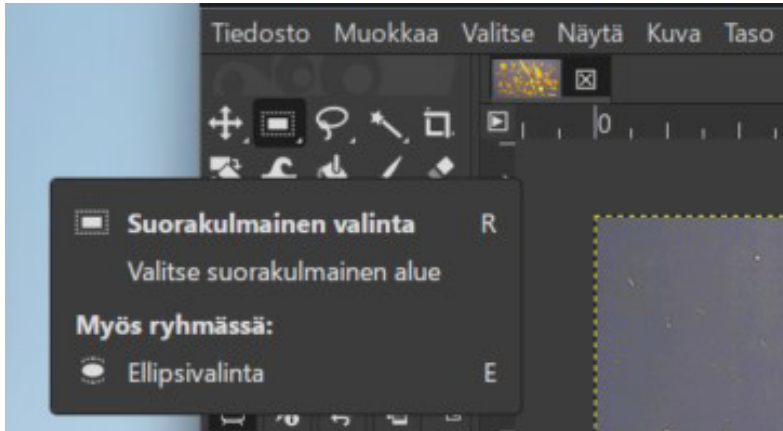
Levitä muovikappaleet mahdollisimman tasaisesti heijastamattomalle alustalle (esim. sininen silikonimatto). Asettele muovit niin, että varjoja syntyy mahdollisimman vähän. Kiinnitä huomiota myös valaistukseen, sen luomaan kontrastiin sekä mahdollisiin heijastuksiin kuvausalustassa. Minimoi heijastukset. Mitä keltaisemmalta muovit näyttävät kuvassa sinistä taustaa vasten, sitä paremmin myöhemmät vaiheet onnistuvat. Laita kuvaan mittajana, jonka tarkka pituus tiedetään (esim. 2 cm). Ota kuvat mieluiten kiinteästi sijoitetulla kameralla suoraan ylhäältä päin. Jos muovit eivät mahdu yhteen kuvaan, ota useampi kuva. Tallenna kuvat tietokoneelle.

#### Kuvankäsittely Gimp-ohjelmalla

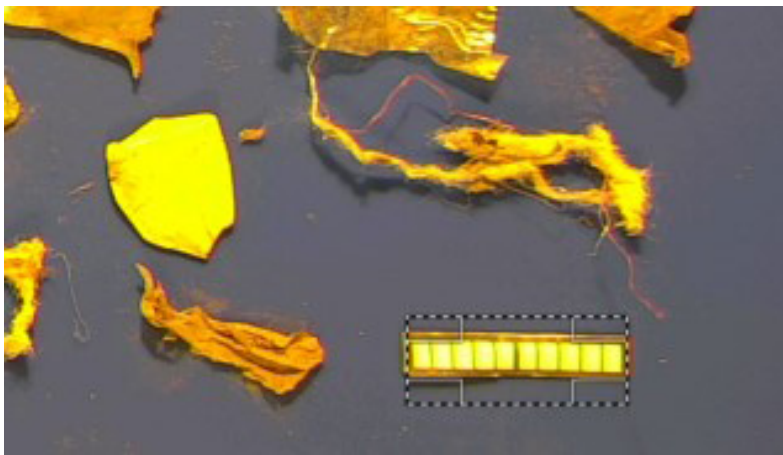
1. Avaa ohjelma ja hae kuva: **Tiedosto** → **Avaa** → valitse kuva hakemistosta.



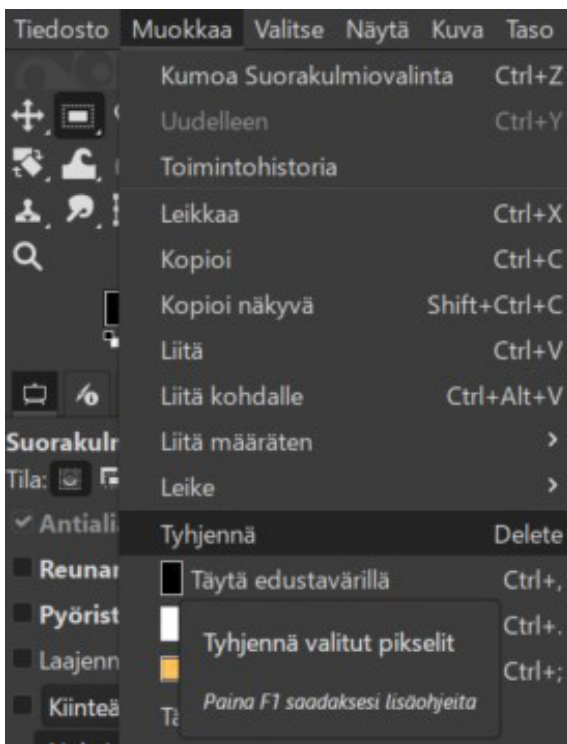
2. Kun kuva aukeaa, päällä on automaattisesti rajaustoiminto. Rajaa kuvaa tarvittaessa vetämällä laatikko halutun alueen ympärille ja painamalla **Enter**.



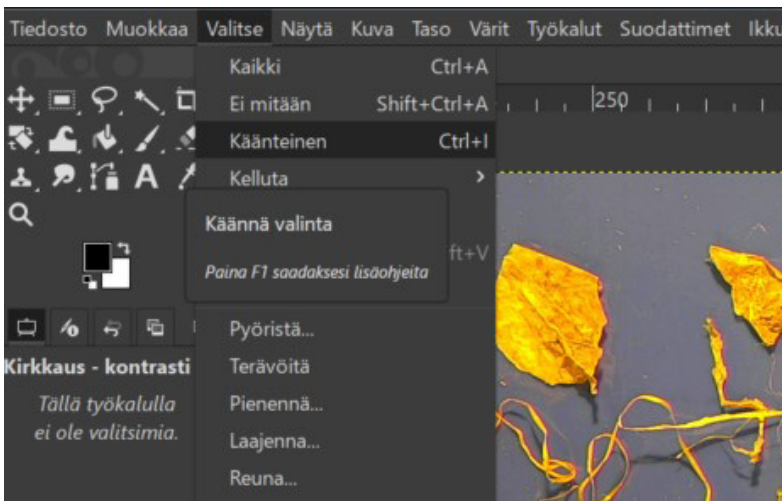
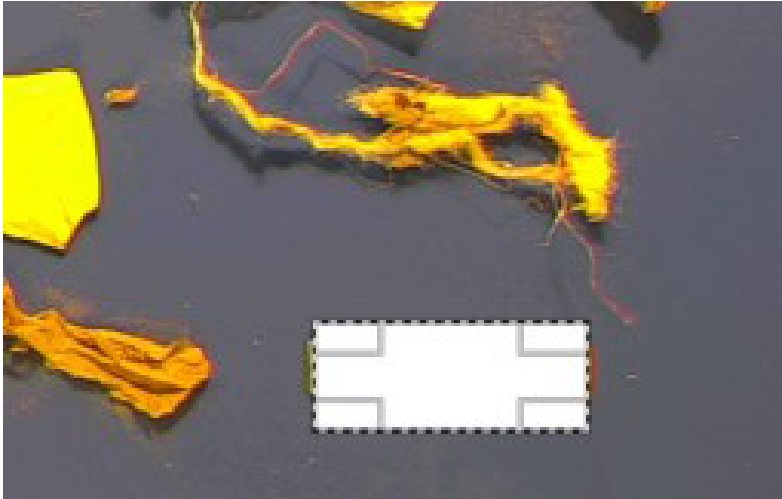
3. Valitse **Suorakulmainen valinta** -työkalu, jotta voit rajata mittanauhan pois kuvasta.



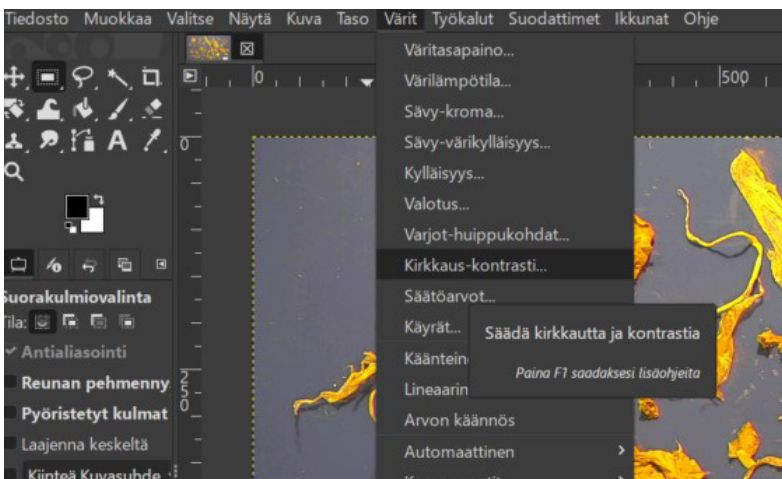
4. Vedä laatikko mitan päälle muuten kokonaan, mutta jätä hiukan mittaa näkymään molemmista päistä, jotta sen tarkka pituus säilyy tiedossa.



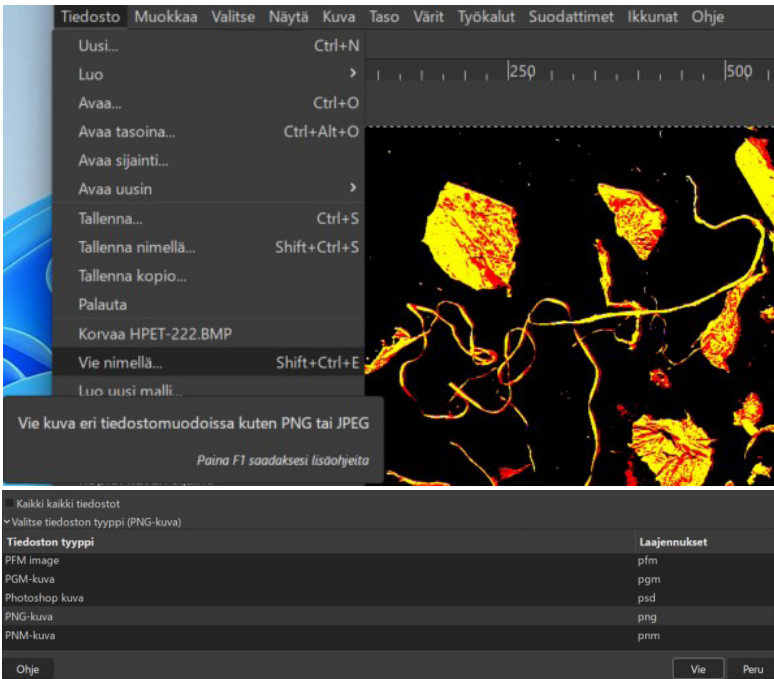
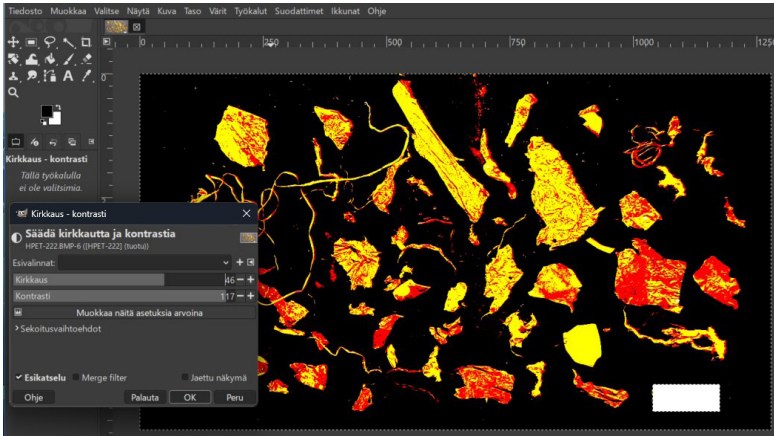
5. Tyhjennä mittanauha kuvasta: **Muokkaa** → **Tyhjennä**.



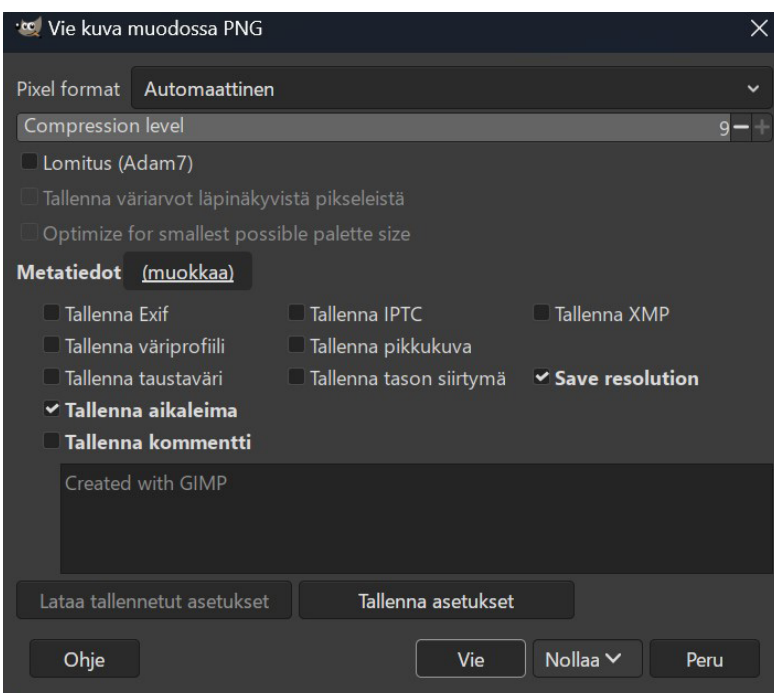
6. Vaihda valinta laatikosta kuvaan: **Valitse** → **Käänteinen**.



7. Säädä kirkkautta ja kontrastia liukusäätimillä, kunnes muovit erottuvat mahdollisimman hyvin ja tausta alkaa hävitä: **Värit** → **Kirkkaus-kontrasti**.



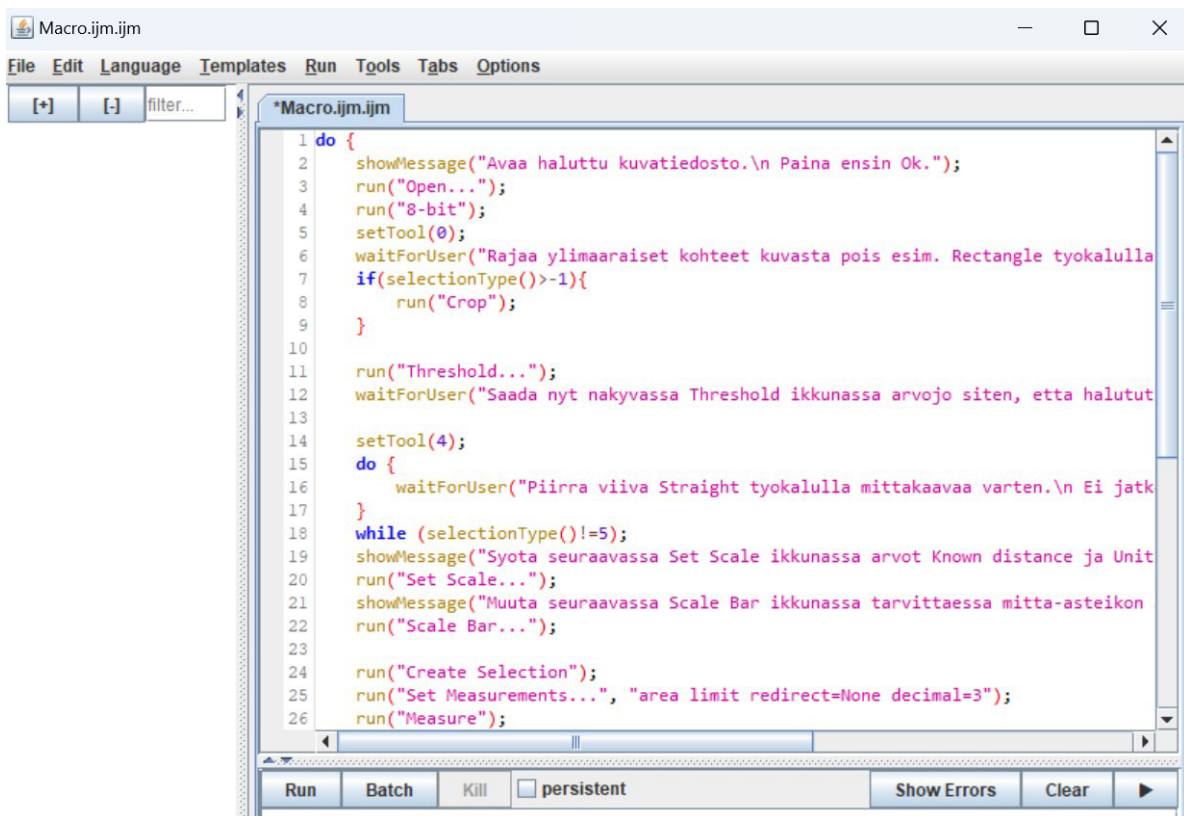
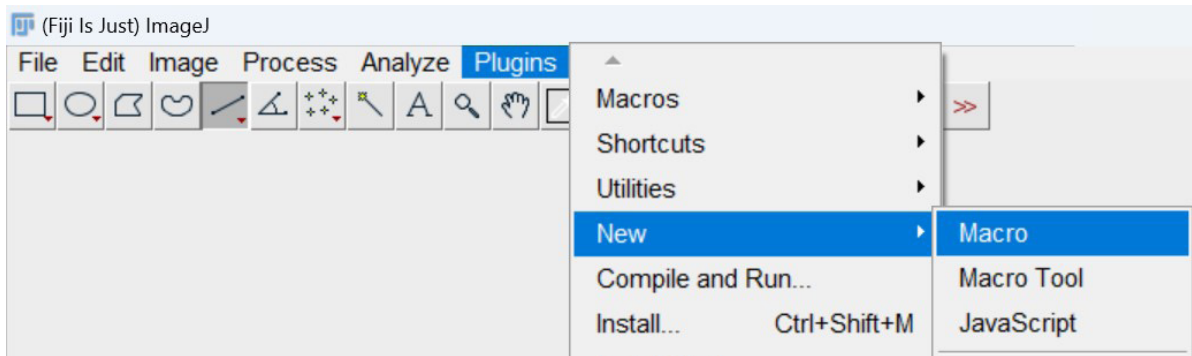
8. Lopuksi tallenna kuva PNG-tiedostona valitsemalla **Tiedosto** → **Vie nimellä** ja valitsemalla listasta oikea tiedostotyyppi.



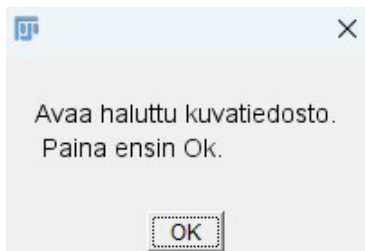
9. Tarkista vielä aukeavasta ikkunasta, että ruksit ovat oikeilla kohdilla ja paina **Vie**.

## Pinta-alan laskenta ImageJ-ohjelman Fiji-lisäosalla

1. Avaa ImageJ-ohjelma.
2. Kopioi **Liitteessä 2** oleva teksti, joka toimii pinta-alan laskentaan käytettävänä pienoishjelmana (makro). Valitse sitten ImageJ-ohjelman ylävalikosta **Plugins** → **New** → **Macro** → liitä kenttään kopioimasi teksti → **Run**.



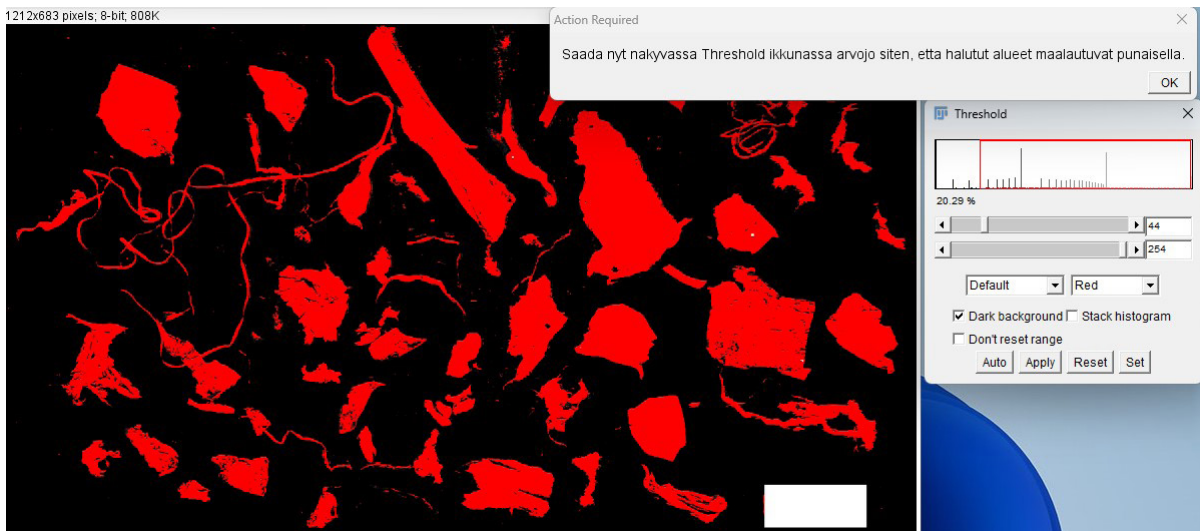
3. Makro ohjeistaa kuvankäsittelyn vaihe vaiheelta. Valitse ensin **OK** ja avaa sitten tietokoneen hakemistosta haluttu kuvatiedosto.



4. Kuva aukeaa ja siitä voi halutessaan rajata ylimääräiset alueet. Valitse **OK**.



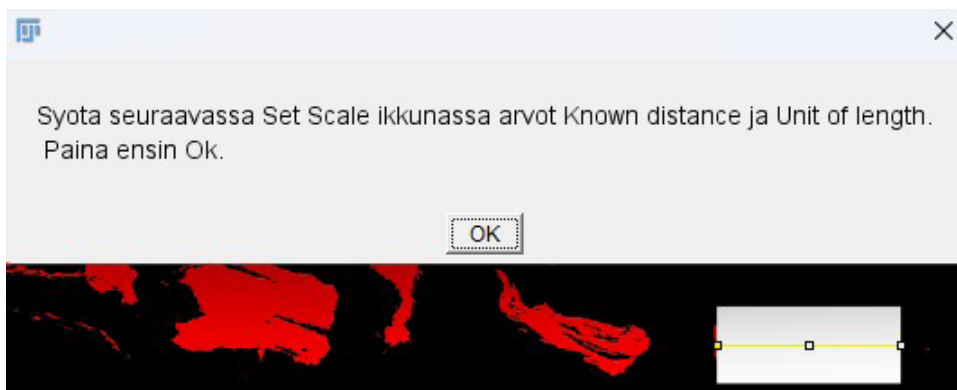
5. Seuraavaksi aukeaa ikkuna, jossa säädetään liukusäätimillä arvoja siten, että halutut alueet (muovit) maalautuvat punaisella. Kun säätö tehty, valitaan **OK**.



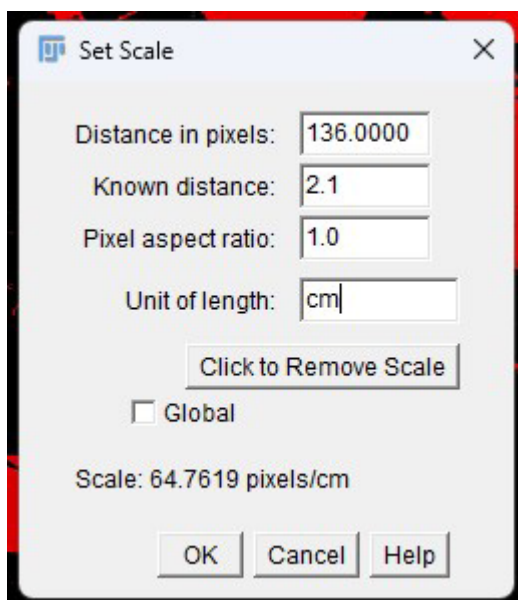
6. Piirrä kuvaan mittanauhan kohdalle sen pituutta vastaava viiva. Kun piirretty, valitaan **OK**.



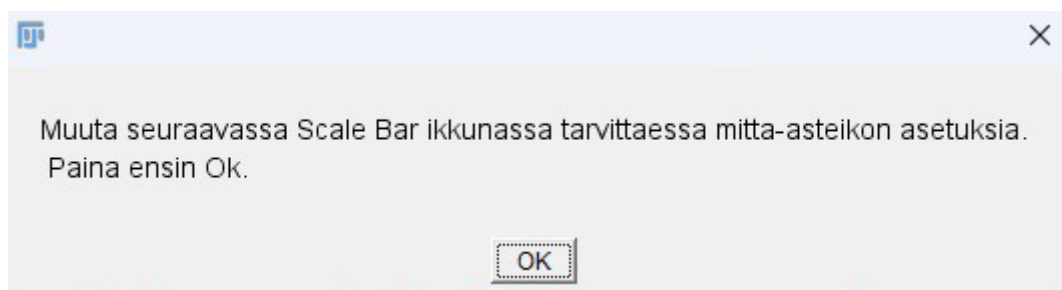
7. Seuraavaksi syötetään mittanauhan pituus, mutta sitä ennen valitse **OK**.

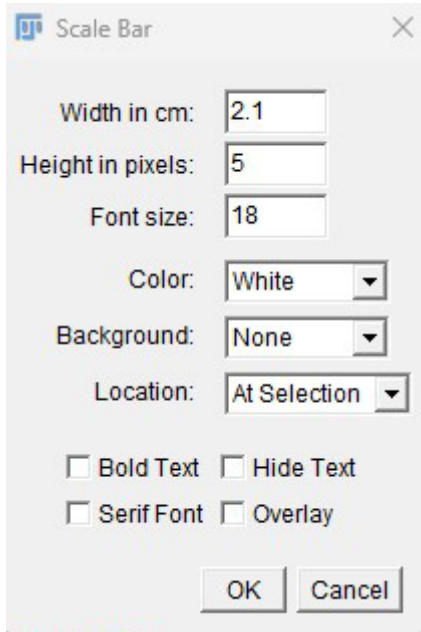


8. Mittanauhan pituus (cm) syötetään Known distance -kenttään ja yksikkö Unit of length -kenttään. **Huom!** käytä desimaalierottimena pistettä. Kun valmista, valitse **OK**.



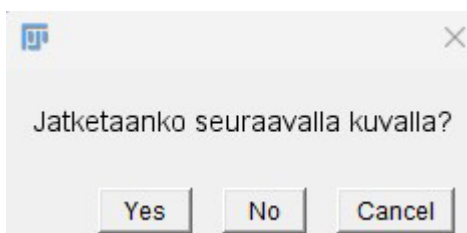
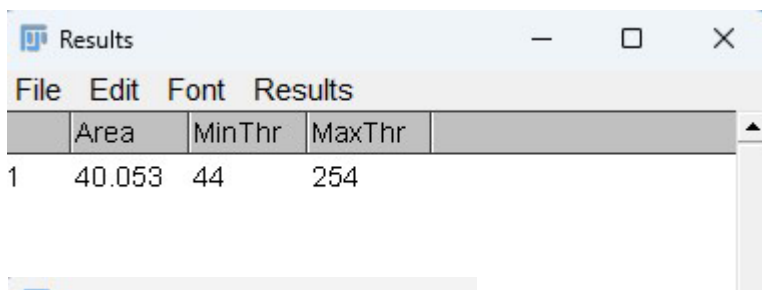
9. Mitta-asteikon asetuksille ei tarvitse tehdä mitään. Valitse **OK** ja uudestaan **OK**.





10. Ohjelma luo kuvan, jonka yläreunassa laskettu pinta-ala näkyy. Ohjelma tallentaa kuvan automaattisesti samaan kansioon mistä valitsit alkuperäisen kuvan. Tulokset tulevat näkyviin myös erilliseen tulosikkunaan.

18.71x10.55 cm (1000x564); 8-bit; 551K



11. Voit jatkaa suoraan seuraavalla kuvalla.

## Liite 2. Pienisohjelma pinta-alan laskentaan

```

do {
    showMessage("Avaa haluttu kuvatiedosto.\n Paina ensin
Ok.");
    run("Open...");
    run("8-bit");
    setTool(0);
    waitForUser("Rajaa ylimääräiset kohteet kuvasta pois esim.
Rectangle työkalulla.\n Jos ei ole tarvetta rajata mitään, paina vain
Ok.");
    if(selectionType()>-1){
        run("Crop");
    }

    run("Threshold...");
    waitForUser("Saada nyt näkyvässä Threshold ikkunassa
arvojo siten, että halutut alueet maalautuvat punaisella.");

    setTool(4);
    do {
        waitForUser("Piirra viiva Straight työkalulla
mittakaavaa varten.\n Ei jatketa ennen kuin viiva on tehty.");
    }
    while (selectionType()!=5);
    showMessage("Syötä seuraavassa Set Scale ikkunassa arvot
Known distance ja Unit of length.\n Paina ensin Ok.");
    run("Set Scale...");
    showMessage("Muuta seuraavassa Scale Bar ikkunassa
tarvittaessa mitta-asteikon asetuksia.\n Paina ensin Ok.");
    run("Scale Bar...");

    run("Create Selection");
    run("Set Measurements...", "area limit redirect=None
decimal=3");
    run("Measure");

    getStatistics(area, mean, min, max, std, histogram);
    getPixelSize(unit, pixelWidth, pixelHeight);
    run("Select None");

    newwidth = 1000;
    run("Size...", "width="+toString(newwidth)+"
height="+toString(newwidth*getHeight/getWidth,0));

    setFont("Serif",50);
    drawString("Pinta-ala: "+toString(area, 2)+" "+unit+"^2",
5, 50);

    waitForUser("Pinta-alan laskenta valmis. Lue tulokset.
Paina Ok jatkaaksesi.");

    dir = getDirectory("image");
    name = File.nameWithoutExtension;
    name = name + "_tmp";
    saveAs("jpeg", dir+name);

    run("Close All");
}
while (getBoolean("Jatketaanko seuraavalla kuvalla?"));

```





# RUOKAVIRASTO

Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

---

Ruokaviraston tutkimukia 1/2026

ISSN 2490-1180

ISBN 978-952-358-073-2 (pdf)

[ruokavirasto.fi](http://ruokavirasto.fi)