

# VOC

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet  
Volatile Organic Compounds



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.  
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

- Mitä VOCit ovat?
  - Haitat
  - Päästömäärät
  - Ominaisuudet
  - Käyttö
- VOC-päästöjen hallinta nestemäisten polttoaineitten jakeluketjussa
- Tuote-VOC-asetus
- Teollisuus-VOC-asetus

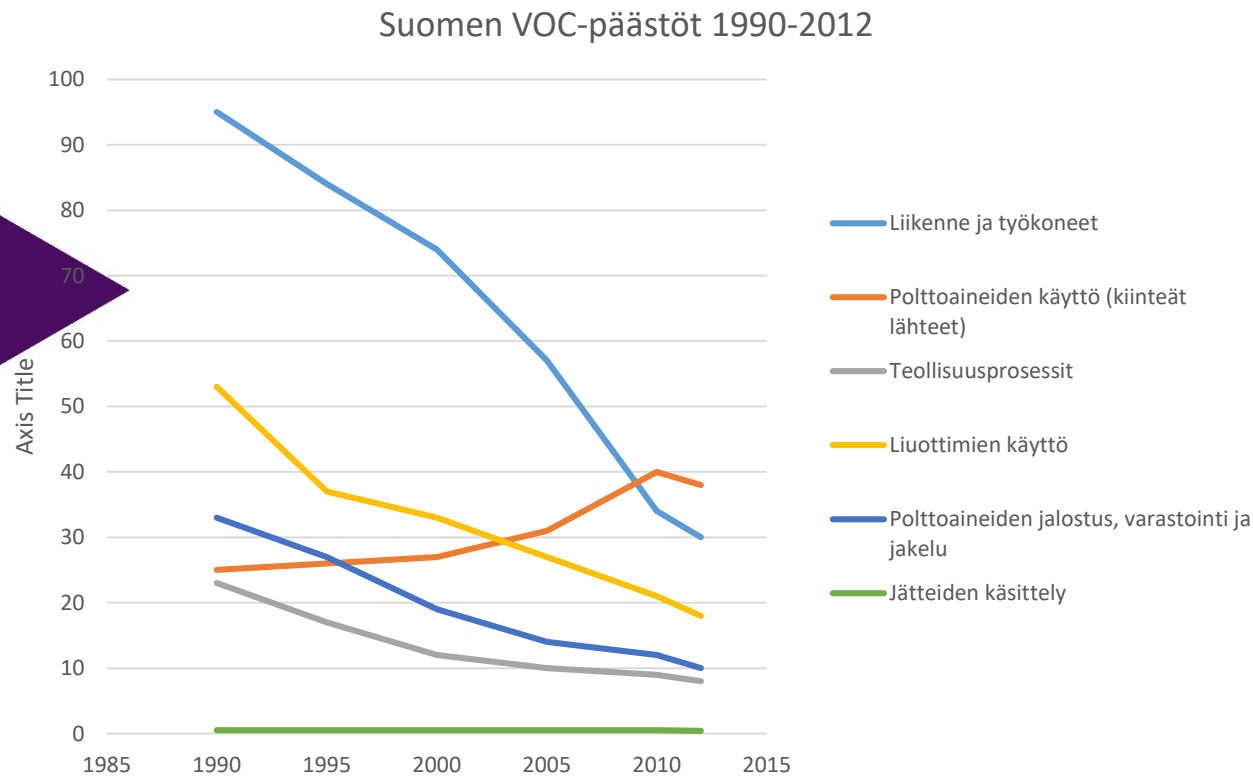
# VOC määritelmä

- EU-lainsäädännön mukaan VOCEja ovat orgaaniset yhdisteet, joiden kiehumispiste on alle 250 °C
  - Myös muita määritelmiä löytyy
- Laaja yhdisteryhmä
  - Nestemäisiä tai kiinteitä
  - höyrystyvät helposti
  - Sisältävät orgaanista hiiltä
    - Eivät sisällä  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$
- Osa hyvin myrkyllisiä ja karsinogeenisiä (esim. bentseeni)
- Monet nykytiedon mukaan melko vaarattomia terveydelle

# Rajoitustarve

- Osallistuvat savusumun muodostumiseen
- Muodostavat sekundäärisiä hiukkasia
- Jotkut merkittäviä kasvihuonekaasuja

# Suomen VOC-päästöt (ei metaani) 1990-2012



VOC vuosina 1990-2012 (NMVOC), 1000 t	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Liikenne ja työkoneet	95	84	74	57	34	30
Polttoaineiden käyttö (kiinteät lähteet)	25	26	27	31	40	38
Teollisuusprosessit	23	17	12	10	9	8
Liuottimien käyttö	53	37	33	27	21	18
Polttoaineiden jalostus, varastointi ja jakelu	33	27	19	14	12	10
Jätteiden käsittely	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
<b>Yhteensä</b>	<b>229</b>	<b>192</b>	<b>165</b>	<b>140</b>	<b>116</b>	<b>104</b>

# Höyrynpaine

- Höyrynpaine riippuu lämpötilasta
- Esim. veden höyrynpaine:
  - 100 °C höyrynpaine 1 atm = (1,01325 bar=101 325 Pa) eli sama kuin ilmakehän paine -> vesi muuttuu höyryksi kiehumalla
  - 20 °C höyrynpaine 0,23 atm -> vesi ei kiehu, mutta haihtuu kyllä hiljalleen, jollei ympäröivä ilma ole kylläinen
- Aineet, joiden höyrynpaine vallitsevassa lämpötilassa on korkeampi kuin ilmapaine, pitää säilyttää suljetussa paineistetussa säiliössä tai ne kiehuvat pois
- Muut eivät kiehu. Jos höyrynpaine on korkea, haihtuminen on kuitenkin voimakasta.

# Haihtuvien nesteiden käyttäytyminen

Höyryn- paine p	Avoimessa säiliössä	Täysin suljetussa säiliössä	Suljetussa, ilmastetussa säiliössä
$p > p_{atm}$	Kiehuu voimakkaasti ja jäähtyy -> p laskee, kunnes $p = p_{atm}$	Paine säiliön sisällä on p	Kiehuu voimakkaasti vapauttaen höyryä ilma-aukosta
$p = p_{atm}$	Kiehuu. Kiehumisnopeus riippuu lämmityksestä.	Paine säiliön sisällä on $p_{atm}$	Kiehuu. Kiehumisnopeus riippuu lämmityksestä. Ilma-aukosta vapautuu höyryä.
$p < p_{atm}$	Höyrystyy hitaasti.	Paine säiliön sisällä $< p_{atm}$ ellei joku muu kaasu aiheuta suurem-paa painetta. Säiliö voi romahtaa alipaineen vuoksi.	Höyrytila säiliössä enimmäkseen höyryllä kyllästettyä ilmaa.

# VOC:ien käytön syitä

- Nestemäiset polttoaineet helppoja kuljettaa, säilyttää, tuottaa ja käyttää
- Liuottimien (orgaanisten) käytön idea on juuri haihtuminen
  - Ilman jätteitä (kuivapesu, kynsilakan poistoaine,..)
  - Jättäen ohuen kalvon liuottimeen liuennutta ainetta (maalit, lakat, musteet,..)

# VOC-päästöjen ehkäiseminen

## 1. Puhdas teknologia

- Prosesseja muuttaminen päästöjen vähentämiseksi
- Korvaaminen
- Vuotojen hallinta

## 2. Puhdistusteknologia

- Pitkällä tähtäimellä puhdas teknologia yleensä edullisempi tapa. Aina ei ole aikaa löytää uusia ratkaisuja, kun päästörajat kiristyvät nopeasti.

# Korvaaminen

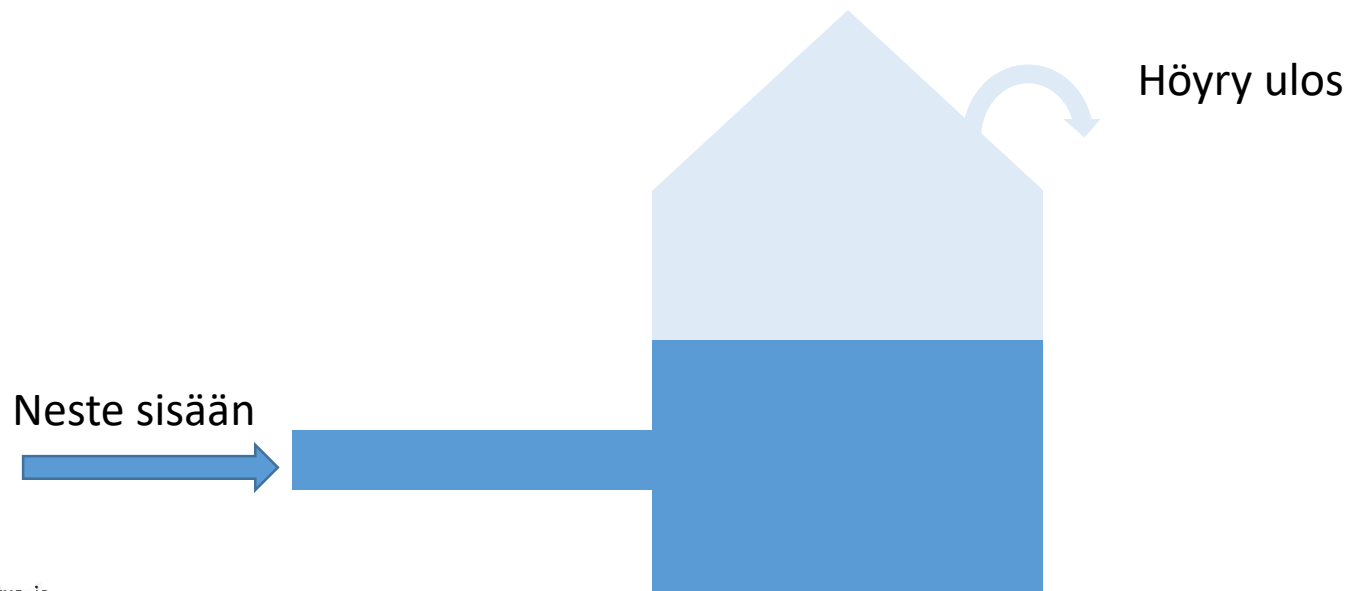
- Korvataan VOC-liuottimet vähemmän haitallisilla
- Esim. vesiliukoiset maalit, joissa öljyliukoinen maali on emulsiona vedessä. Ensin haihtuu vesi, lopuksi pieni määrä liuotinta.

# Prosessimuutokset

- Muutetaan prosessia niin, ettei liuottimia tarvita.
- Pulverimaalit
- Valoherkät painomateriaalit
- Sähköön reagoiva kirjoitinpaperi

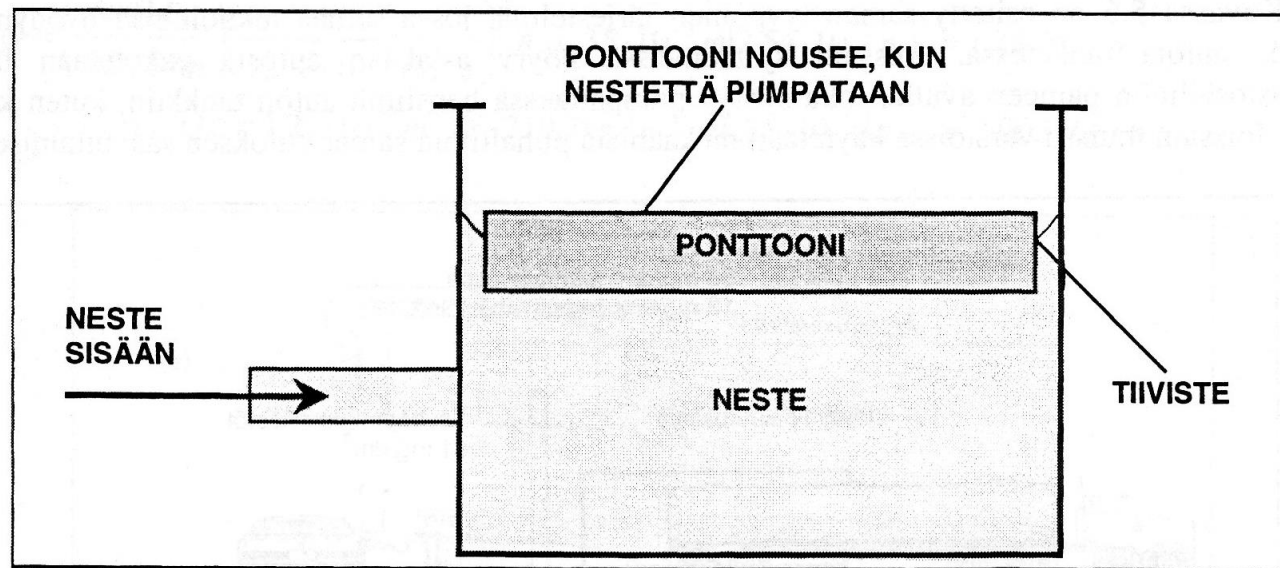
# Vuotojen hallinta

- Nestemäisiä VOC:ja sisältävät säiliöt päästävät VOC-höyryjä
  - Täytön ja tyhjennyksen yhteydessä
  - Lämpötilan ja ilmanpaineen muuttuessa



# Kelluva katto

- Käytetään suurissa öljytuotteiden säiliöissä
- Tiivistetty ponttooni kelluu nesteen pinnalla eikä säiliöön jää höyrytilaa.
- Vuotoja vain tiivisteistä.



# Höyryn talteenotto säiliön täytössä (Stage 1)

- Höyryn palautuslinja imee höyryn säiliöstä täytön yhteydessä (95 % talteen)
- Höyry palaa jalostamolle talteen otettavaksi
- Pakollinen kaikilla asemilla vuodesta 2005

Kuva esim. <https://portal.ct.gov/DEEP/Air/Mobile-Sources/Gasoline-Dispensing-Facilities>

# Höyryn talteenotto bensiinin tankkauksessa (Stage 2)

- Höyryn talteenotto autoa tankattaessa.
  - Höyry imetään takaisin aseman säiliöön.
- Vna 1085/2011, lokakuu 2011
- Järjestelmä toteutettava asemien korjausten yhteydessä (> 500 m<sup>3</sup>/a) tai viimeistään 2018 loppuun (>3000 m<sup>3</sup>/a läpivirtaus)
- Tehokkuus min. 85%

Kuva esim. <https://portal.ct.gov/DEEP/Air/Mobile-Sources/Gasoline-Dispensing-Facilities>

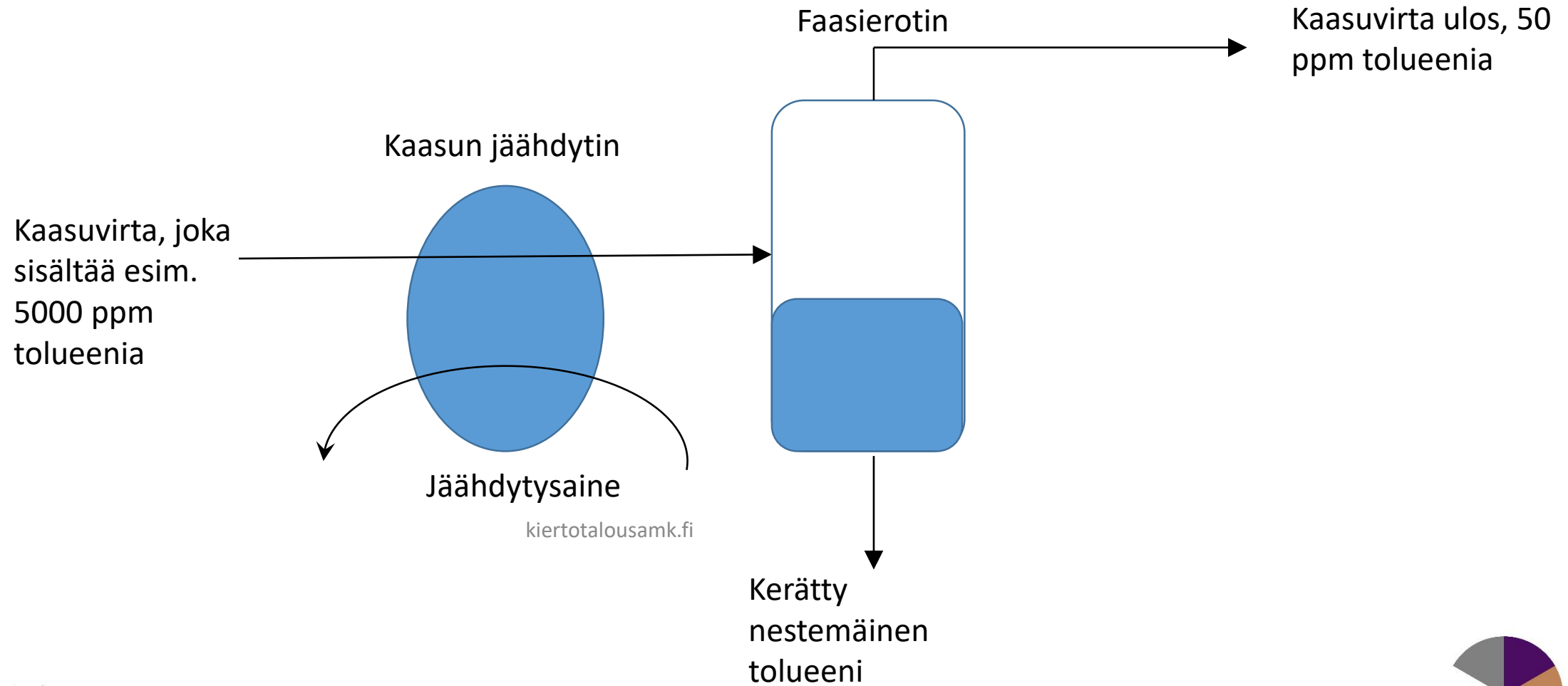
# VOC-yhdisteiden talteenotto

- Kondensaatio
  - Adsorptio
  - Absorptio
- 
- VOCit arvokkaita aineita.
  - Talteenotto jopa taloudellisesti kannattavaa, jos määrät suuria

# Kondensaatio

- Usein merkittävä osa VOC-päästöistä voidaan poistaa jäähdyttämällä kaasuvirtausta tarpeeksi alhaiseen lämpötilaan
- Suurin osa VOC-yhdisteestä kondensoituu ja on helppo poistaa nesteenä

# Kondenssaatio



# Kondensaation haasteita

- Mahdollisia ongelmia:
- Vaadittavat lämpötilat niin alhaisia, ettei yksinkertainen yksivaiheinen lauhdutin riitä
- Tehokkaan erotuksen vaatima lämpötila on alle aineen sulamislämpötilan. Silloin lauhduttimen pinnalle sublimoituu kerättävää ainetta kiinteänä.
- Vesi kondensoituu runsaasti vesihöyryä sisältävästä kaasuvirrasta ja kontaminoi kerättävän nesteen.
- Kylmän talteenotto poistuvasta kaasuvirrasta, jottei energian kulutus nouse kohtuuttomaksi.

# Adsorptio

- Adsorptiossa kerättävä aine tarttuu kiinteän aineen pintaan
- Esim. aktiivihiilisuodattimet hengityksensuojaimissa
- Ilmansuojelusuovelluksissa yleensä käytetään yleensä useaa perättäistä adsorptiopeitiä

Kuva: expanded bed absorption

- Kuvassa kaasuvirta kulkee kahden adsorptiopedin kautta ja vapautetaan ilmakehän toisen jälkeen
- Vuorollaan yksi kolmesta säiliöstä on regeneroitavana:
  - Kuumalla höyryllä haihdutetaan kerääntynyt VOC ja tiivistetään perään kytketyllä lauhduttimella

# Absorptio (pesu)

- Voidaan käyttää, jos löytyy sopiva liuotin
  - Erotettava VOC liukenee
  - Muut kaasuvirran komponentit eivät liukene
- Käytetään absorptiopesuria

Kuva esim.

<https://www.researchgate.net/figure/Process-flow-diagram-of-a-typical-aqueous-amine-based-CO-2-absorption-stripping-process-fig1-259217270>

Absorption + stripping

- Pesukolonissa VOC liukenee pesunesteeseen
- Stripperissä VOC haihtuu liuottimesta
  - Alempi paine tai korkeampi lämpötila
- VOC kerätään talteen
- Liuotin kierrätetään takaisin pesuriin

# (Jälki)polttto

- VOC-päästöjen vähentäminen hapettamalla  $\text{CO}_2$ :ksi ja  $\text{H}_2\text{O}$ :ksi
- Mahdolliset muut palamistuotteet riippuen VOC:n koostumuksesta
- Mahdollista myös katalyyttinen hapettaminen

# Muita menetelmiä

- Biologinen puhdistus
  - Esim. kaasun johtaminen läpi maakerroksen , jossa mikrobit hajottavat VOC:t
- Kalvosuodatus
  - Lähinnä pienille kaasumäärille
  - Mahdollisuus erittäin korkeaan erotusasteeseen

# Tuote-VOC-asetus

# Teollisuus-VOC-asetus



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.  
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

kierto-  
talous  
AMK  
CIRKULÄR EKONOMI YH  
CIRCULAR ECONOMY UAS



Opetus- ja  
kulttuuri-  
ministeriö

# Tuote-VOC-asetus

- Valtioneuvoston asetusorganisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta ([837/2005](#))
- Rajoittaa rakennusmaalien ja -lakkojen sekä ajoneuvojen korjausmaalauksessa käytettävien tuotteiden liuotinpitoisuuksia
- Määräyksiä päällysmarkkinöistä
- Tavoitteena vähentää VOC-päästöjä
- Ei koske tuotteita, joita käytetään ns. laitos-VOC-asetuksen ([64/2015](#)), muutoksineen) soveltamisalaan kuuluviin toimintoihin, laitoksiin tai toimintaan, joka on ympäristölupavelvollista tai ilmoitettu merkittäviksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Näissä toiminnoissa VOC-päästöjä rajoitetaan muutoin.



# Tuote-VOC poikkeukset

- erityistä historiallista ja kulttuurista arvoa omaavat rakennukset
- vanhojen ajoneuvojen entistäminen tai ylläpito
- Tukes voi hakemuksesta myöntää yksittäisen luvan myydä tai ostaa tuotetta, jossa tuote-VOC-asetuksen asettamat raja-arvot ylittyvät. Poikkeuslupa voidaan myöntää vain tiettyyn, rajattuun käyttökohteeseen.



# Aikataulut

- 2007 alusta vain rajoitusten mukaisia tuotteita markkinoille
- 2010 tiukemmat rajat



# Teollisuus-VOC-asetus (Laitos-VOC)

- Valtioneuvoston asetus eräiden orgaanisia liuottimia käyttävien toimintojen ja laitosten ilmaan johdettavien päästöjen rajoittamisesta
- ([64/2015](#))



# Teollisuus-VOC

- Sovelletaan liuottimia käyttäviin laitoksiin
  - Maalaukset ja pinnoitukset
  - Painaminen
  - Maalien, painovärien ja lakkojen valmistus
  - Ajoneuvojen korjausmaalaukset
  - Lääketeollisuus
  - Pintojen puhdistus
  - Kemiallinen pesu
  - Liimaus, laminointi, nahan viimeistely
- Oleellista: Orgaanisten liuottimien käyttö
  - Puhdistusaineena, liuottimena, pintajännityksen poistajana, pehmittimenä
  - Liuottimen kulutus t/a
  - Vaihtelu 1 t/a – 100 t/a



# Teollisuus-VOC

- VOC-kulutus yli 10 t/a tai 15 t/a (maalaukset)
- Pintojen puhdistus klooratuilla liuottimilla
- Kevyempänä versiona rekisteröinti ympäristönsuojelun tietojärjestelmään
  - Kemialliset pesulat
  - Korjausmaalaukset
  - Pienet maalaukset



# Päästöjen rajoittaminen

- Laitosten on noudatettava:
  - Poistokaasujen raja-arvoa ja hajapäästöjen raja-arvoa tai
  - Kokonaispäästöraja-arvoa tai
  - Vähentämishjelman tavoitearvoa (valinnainen vanhoille laitoksille)
  - JA raportointia ja päästöjen tarkkailua koskevia vaatimuksia



# Asetuksen uudistus (2015)

- Ympäristönsuojelulain (527/2014) uudistuksen myötä Teollisuus-VOC-asetuksessa ja YSL:ssä päällekkäisiä säädöksiä
- Tarkennuksia epäselviksi osoittautuneisiin kohtiin

