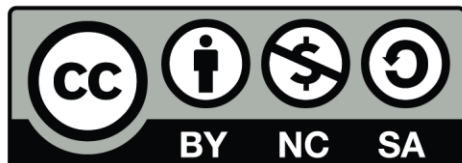


Sähkösuodin

ESP Electrostatic Precipitator

Usein myös **sähkösuodatin**



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.

Sähkösuodin

- Seinämäkeräyslaite
 - Voimana sähköstaattinen voima
 - Tehokas myös $<5 \mu\text{m}$ hiukkasille
-
- Ei ole oikeastaan suodatin mutta ihan yleisesti kutsutaan sähkösuodattimeksi.

Mikä parempaa?

1. Kaikissa seinämäkeräyslaitteissa vastustava voima (Stokesin laki) verrannollinen halkaisijaan eli D :hen
 - Syklonissa ja laskeutuskammiossa keräävä voima verrannollinen massaan eli D^3 :een
 - Sähkösuotimessa keräävä voima verrannollinen D^2 :een
 - Siis keräävän voiman suhde vastustavaan pienenee sähkösuotimessa hitaammin hiukkasen pientyessä
 - D^2/D verrattuna D^3/D
2. Sähkösuotimessa ei tarvita suuria nopeuksia
 - Aikaa keräämiseen


Toimintaperiaate

- Hiukkaset varataan sähköisesti
 - Nopea prosessi
- Viedään sähkökenttään, joka ajaa hiukkaset keräysseinään.
 - Hidas prosessi
- Kaksivaiheinen prosessi, vaiheet voivat tapahtua samassa tai eri osissa suodinta
 - Yleensä samassa

- Kuva sähkösuotimen toimintaperiaatteesta: esim. Wikipedia Electrostatic Precipitator

Osat

- Maadoitetut keräyslevyt
- Koronalangat (~ -40 kV)
 - Koronapurkaukset irrottavat kaasumolekyyleistä elektroneja, jotka tarttuvat hiukkasiin
- Tasasuuntaaja
- Ravistelumeکانismi
- Diffuusori
- Keräysastia



Iso yleiskuva sähkösuotimesta, esim.
<https://www.babcock.com/de-de/resources/learning-center/basic-esp-operation>

Suodatinkakku

- Keräyslevyn pintaan muodostuu hiukkasista suodatinkakku
- Toimii eristimenä -> pitää poistaa
- Mekaaniset tai sähköiset vasarat kopauttavat levyyn ja kakku putoaa
- Osa hiukkasista pääsee takaisin virtaukseen

Nestemäiset partikkelit

- Valuvat alas ja tippuvat pois
- Levy korvataan usein putkella, jonka sisällä koronalangat kulkevat.
- Joskus myös vesivirtaus keräyspintaa pitkin kuljettaen kerättyjä hiukkasia pohjalle, jolloin ravistelua ei tarvita
 - Mahdollinen myös kiinteille hiukkasille

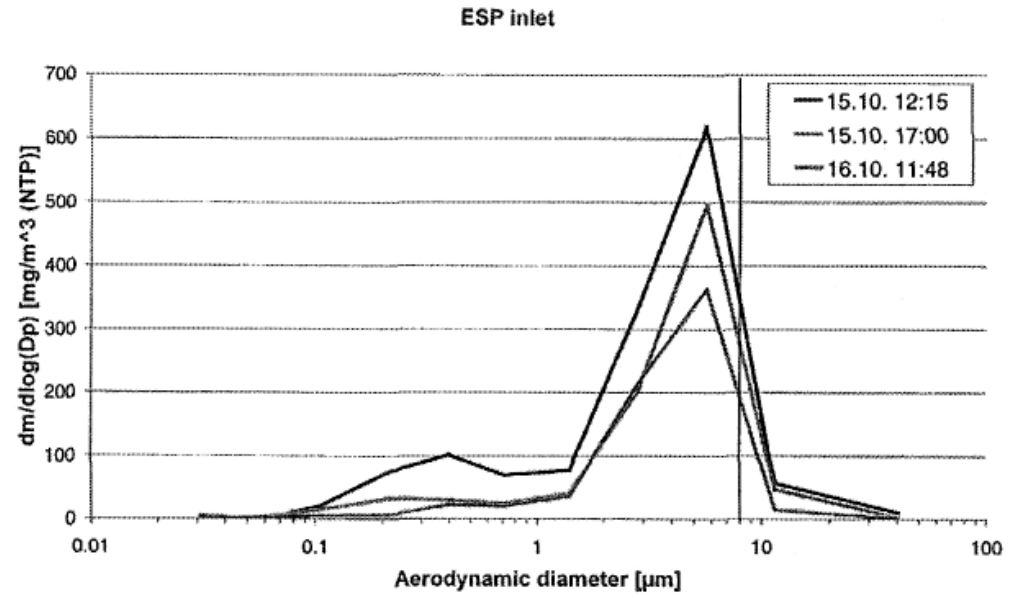
Erotusaste (Deutschin yhtälö)

- Käytetään perinteisesti sähkösuotimen mitoituksen laskemiseen
- w varautuneiden hiukkasten ajautumisnopeus kohti elektrodeja
- A keräyselektrodien pinta-ala
- Q puhdistettavan kaasun tilavuusvirta

$$\eta = 1 - e^{-\frac{wA}{Q}}$$

Teho

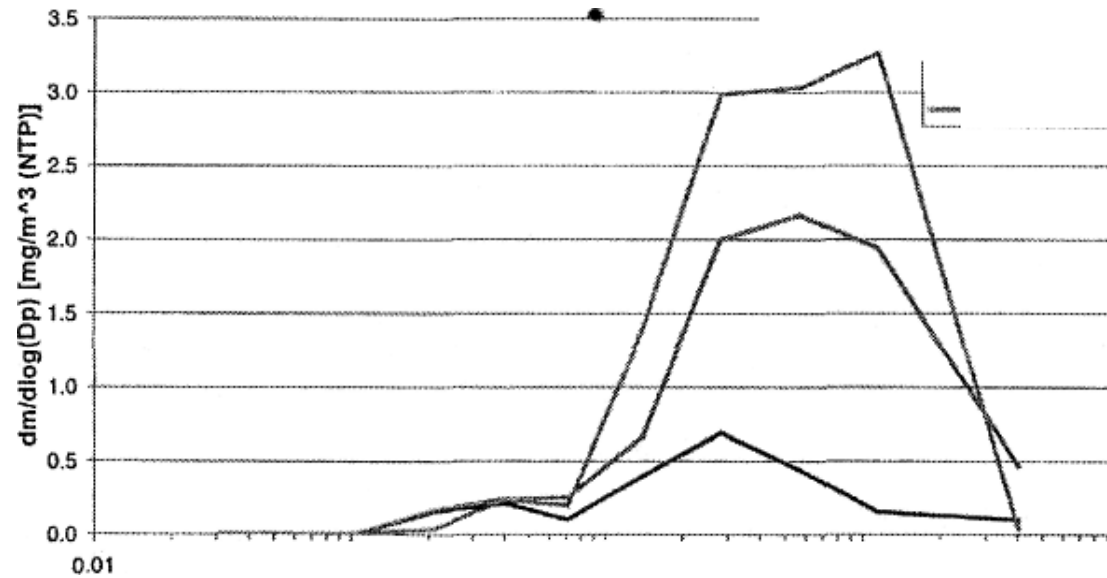
Tuleva kaasu



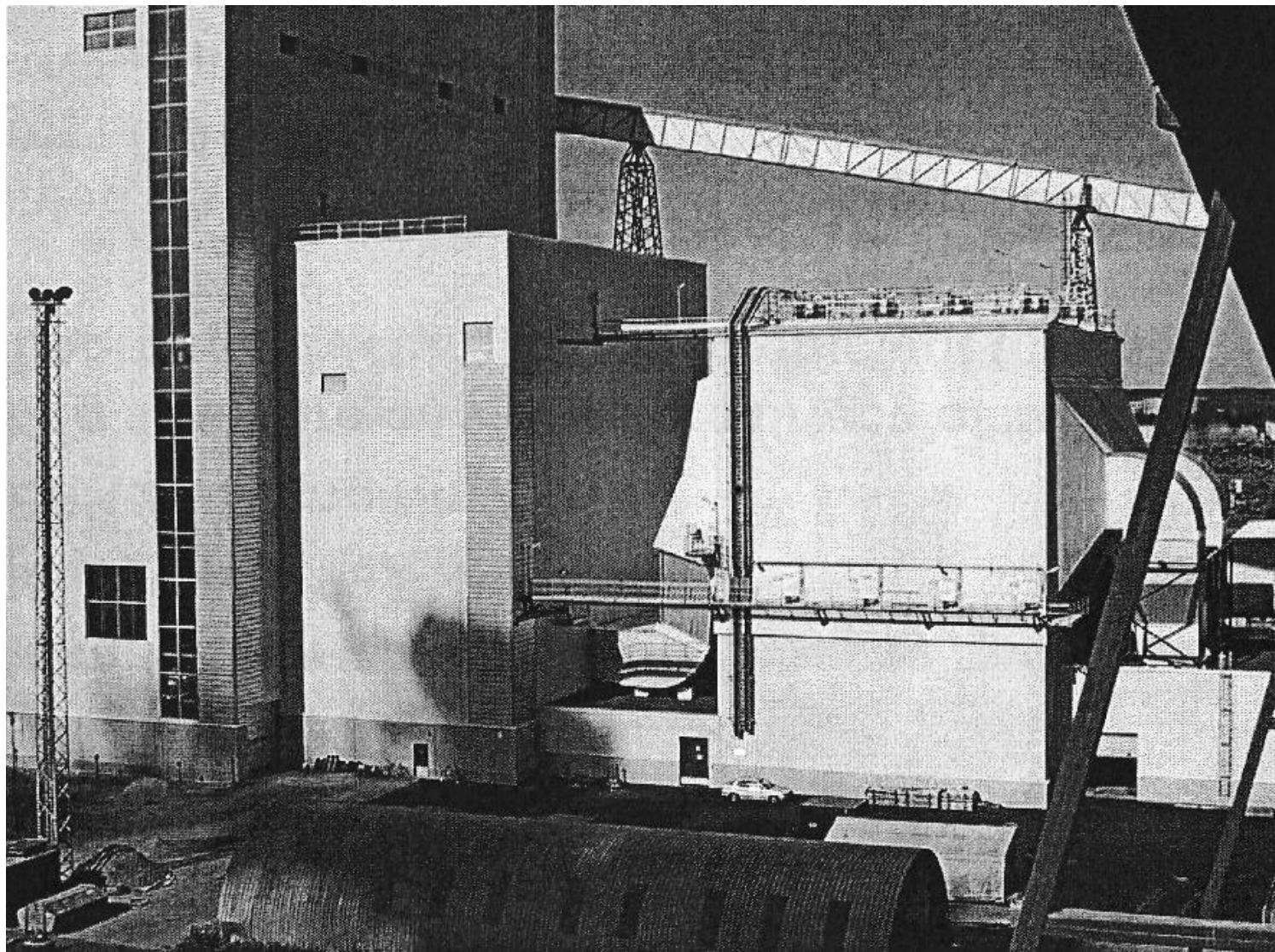
$$p = 2,5/500 = 0,005$$

$$n = 1-p = 1-0,005 = 0.995$$

Puhdistettu kaasu



Alholmens Kraft, sähkösuodin



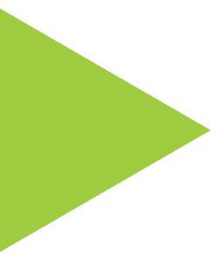
Ominaisuuksia

- Rajahalkaisija yleensä noin 0,5 μm
 - Rajahalkaisijaa pienemmistä hiukkasista <50 % saadaan poistettua
- Erotusaste parhaimmillaan 99,9 %
- Soveltuu varautuville hiukkasille
- Eniten huoltoa vaativat ravistimet laitteen katolla helposti huollettavissa
- Vaadittava koko vaihtelee hiukkasten laadun mukaan (w vaihtelee 0.03 – 0,15 m/s)
- Hiukkasten suuri resistiivisyys (eristävyys) heikentää tarttumista levyyn
 - Joskus auttaa kostutus, myös SO_3 imee hyvin vettä
 - Lämpötila vaikuttaa (esim. liian kylmä hiilituhka)
- Kaasun nopeus suotimen sisällä 0,9–1,5 m/s, viipymäaika 3-10 s
- Painehäviö 25–125 Pa (pieni)

- <https://www.youtube.com/watch?v=BdRk3op2zpE> 18 min
- <https://www.youtube.com/watch?v=8KrxmwxjzDE> 9 min
- <https://www.youtube.com/watch?v=eu4T080dsG8> 3 min (selkeä)

Tehtävä

- Laske minimikeräysala, kun:
 - Tavoiteltu erotusaste on 99 %
 - Kaasuvirtaus 7500 m³/min
 - Hiukkasten ajautumisnopeus 10 cm/s
- Käytetään Deutschin yhtälöä



$$\eta = 1 - e^{-\frac{wA}{Q}}$$

$$1 - \eta = e^{-\frac{wA}{Q}}$$

$$-\frac{wA}{Q} = \ln(1 - \eta)$$

$$A = -\frac{Q}{w} \ln(1 - \eta)$$

Tavoiteltu erotusaste on 99 %
Kaasuvirtaus 7500 m³/min
Hiukkasten ajautumisnopeus 10 cm/s