

Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE)



ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO



ILMATIETEEN LAITOS

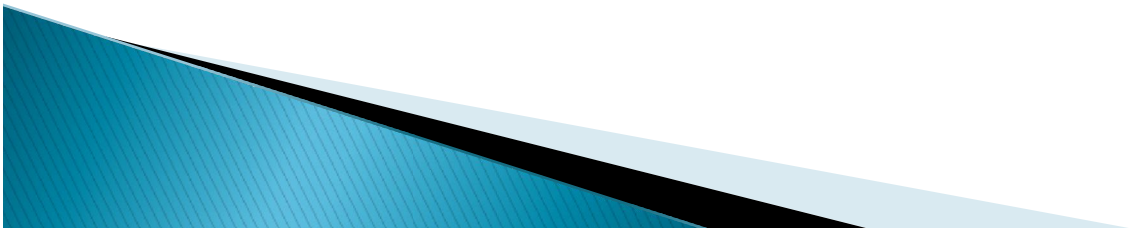
Mukana olevat tahot

Osallistuvat tutkimustahot ja projektin vastuuhenkilöt

- ▶ **Jorma Jokiniemi**, professori
Itä-Suomen yliopisto, Ymp.tieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio
- ▶ **Maija-Riitta Hirvonen**, professori
Itä-Suomen yliopisto (UEF), Ymp.tieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio
- ▶ **Kari Lehtinen**, professori
Ilmatieteen laitos (IL), Kuopion yksikkö

Osallistuvat yritystahot

- ▶ Ecocat Oy, Vihtavuori
- ▶ Energiateollisuus ry
- ▶ Suomen Soodakattilayhdistys ry
- ▶ Tulikivi Oyj, Juuka
- ▶ MW Biopower Oy, Kiuruvesi
- ▶ Symo Oy, Kuopio
- ▶ Savon Voima Oyj, Kuopio



Uutta tietoa polttoperäisten hiukkasten terveysvaikutuksista tarvitaan

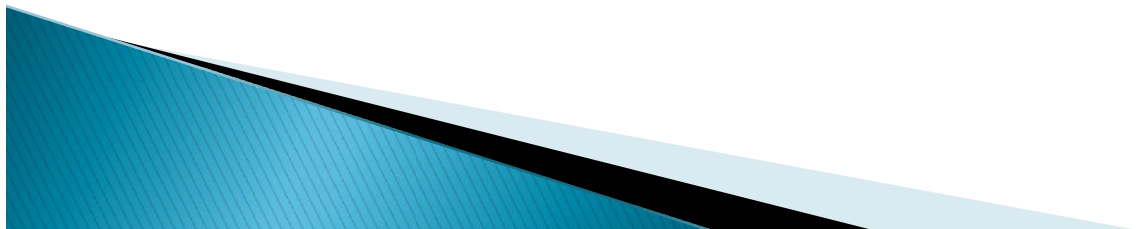
- ▶ Ilmansaasteet ihmisen terveydelle haitallisin ympäristöaltista
- ▶ Bioenergian tuotannon ja käytön lisääminen voi lisätä pienhiukkaspäästöjä
- ▶ Uudet polttotekniikat ja päästöjen jälkikäsittelytekniikat muuntavat päästöjä tuntemattomaan suuntaan (pienpoltto/pienet bioenergialaitokset)
- ▶ Pelkkä päästö määrä ei vielä kerro terveysvaikutuksista

LISÄKSI: uusien materiaalien (nanohiukkaset) terveysriskejä ei tunneta riittävästi



Lainsäädäntö kiristymässä

- ▶ Saksa 1.1.2010: Päästöraja hiukkasille 75 mg/m³ (v. 2015 40 mg/m³, pellettipoltolle 20-30 mg/m³)
- ▶ Saksa 2014: Vanhojen tulisijojen vaihto-ohjelma niille, jotka eivät täytä rajoja
- ▶ EU valmistelee direktiiviä pienpolttolaitteiden päästöille (noudattelee Saksan rajoja)
 - => Tulee koskemaan myös Suomea



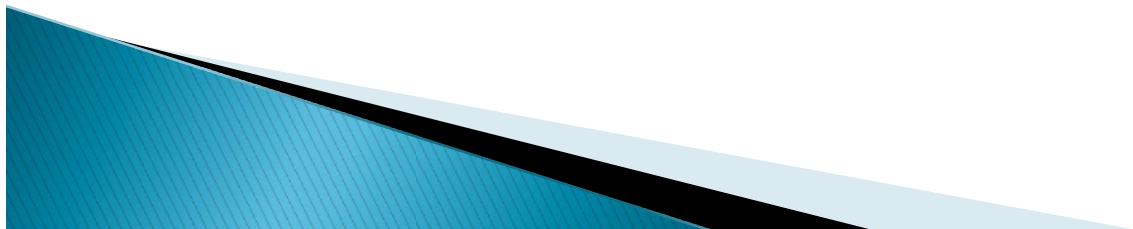
Hankkeen sisältö

Projektissa tutkitaan

- ▶ soodakattilan, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta dieselajoneuvon päästöihin,
- ▶ päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia,
- ▶ Lisäksi: teollisten nanohiukkasten vastaavia ominaisuuksia.

Tuloksena: uusi kokeellinen tutkimusmenetelmä, jolla voidaan

- ▶ luotettavasti **arvioida päästöjen haitallisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä** perustuen niiden fysikaalisiin ja kemiallisiin sekä toksikologisiin ominaisuuksiin sekä
- ▶ verrata poltosta vapautuvien pienhiukkasten ja teollisten nanohiukkasten haitallisuutta keskenään.

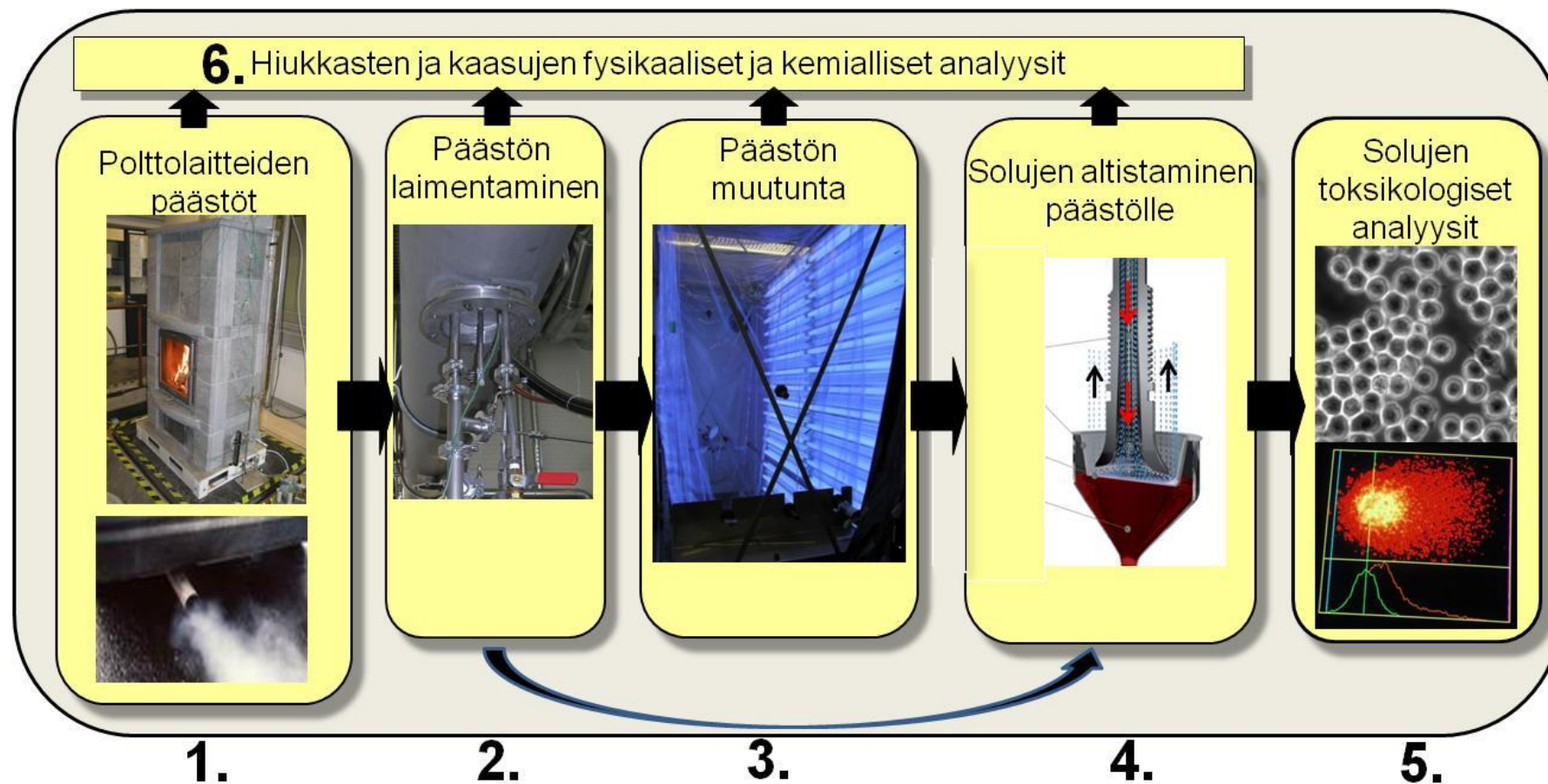


Tavoitteet

1. **Kehittää malli**, jolla voidaan ennustaa polttolaitteen, polttotavan ja polttoaineen vaikutus polton päästöihin, päästöjen kemiaan ja terveysriskejä kuvaaviin indikaattoreihin. Tutkimuskohteena ovat polttoperäiset aerosolit ja nanohiukkaset.
2. Määrittää tutkittavista päästölähteistä kerättävien päästöjen **toksiset ominaisuudet** ja verrata näitä samojen näytteiden kemialliseen koostumukseen ja päästötietoihin. Tietojen avulla voidaan arvioida eri lähteistä peräisin olevien päästöjen haitallisuutta.
3. Määrittää ilmakehässä tapahuvan **laimenemisen ja muutunnan vaikutusta** päästön haitallisuudelle kokeellisesti.
4. Verrata nykyisin käytössä olevaa hiukkasmassan suodatinkeräysmenetelmää ja hankkeessa käytettävää uutta suoraa altistusmenetelmää toisiinsa.



Tutkimuslaitteistokokonaisuus



Toteutus: Palamisperäisten päästöjen ja nanohiukkasten tuottaminen

<i>Tutkittava laite</i>	<i>Polttotapa</i>	<i>Polttoaine</i>	<i>Ei-ikäännytetty</i>	<i>Ikäännytetty</i>	<i>Suodatinkeräys (perinteinen menetelmä)</i>
Selluteollisuus	Soodakattila Meesauuni	Mustalipeä	X	-	-
Energiantuotanto-laite 1	Hakekattila (aluelämpökokko)	Puu/kuori	X	-	-
Energiantuotanto-laite 2	Arinapoltto (40 kW)	Puu/kuori	X	X	-
Pienpolttolaite: Varaava Takka	Panospoltto	Puu	X	X	X
Ajoneuvo	Dieselmoottori ilman jälkikäsittelyä	Diesel, fossiilinen	X	X	X
Ajoneuvo	Dieselmoottori jälkikäsittelyllä	Diesel, fossiilinen	X	X	-
Nanohiukkaskgeneraattori	-	-	-	-	-

1. Polttolähteiden ja niiden päästöjen karakterisointi

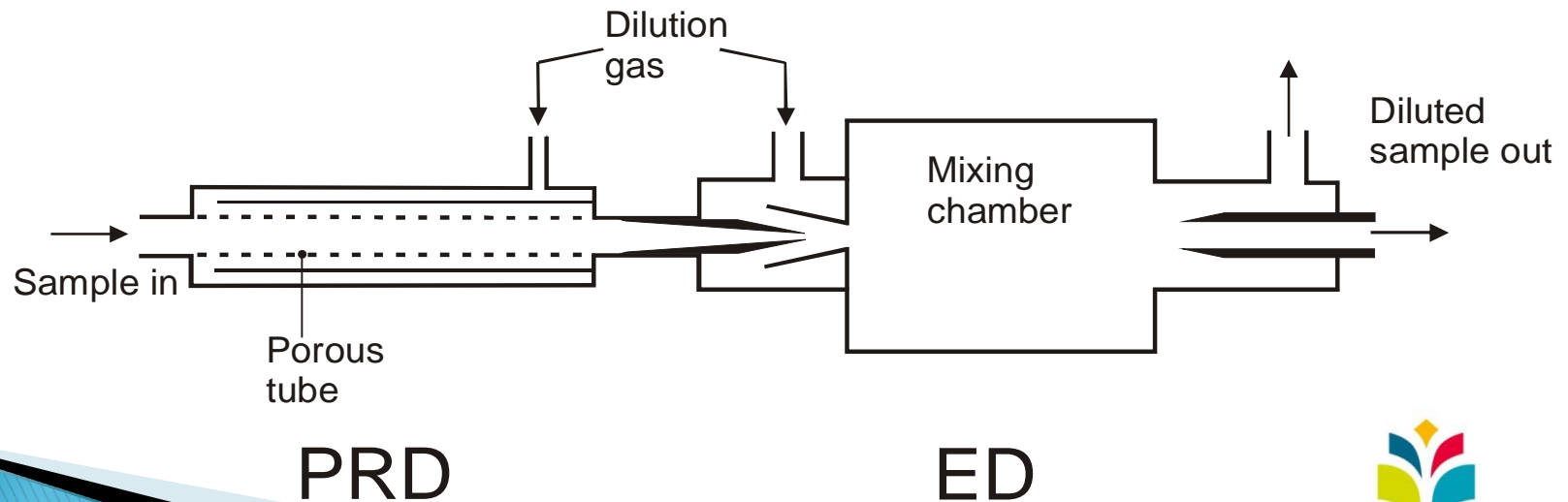
MITATTAVAT SUUREET:

- ▶ Hiukkasten massapäästö
- ▶ Hiukkasten lukumääräpitoisuus ja kokojakauma
- ▶ Kaasumaiset päästöt (mm. CO, NO_x, OGC, SO₂,...)
- ▶ Polttolaitteistojen toimintaparametrit (mm. ilmakerroin, lämpötilat)
- ▶ Polttoaineanalyysit
- ▶ Hiukkasten kemiallinen koostumus
 - Alkuainehiili (mustahiili)
 - Orgaaninen aine
 - Epäorgaaniset tuhkakomponentit
- ▶ Yksittäisten hiukkasten elektronimikroskooppianalyysit



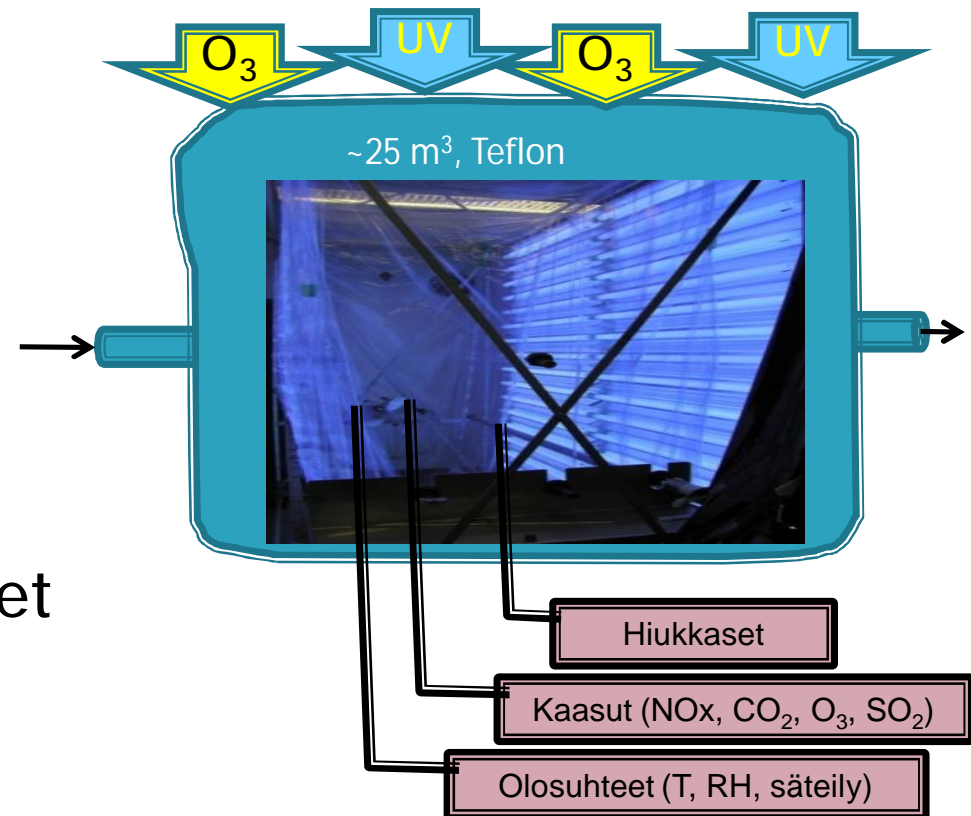
2. Päästöjen laimentaminen

- ▶ Tavoitteena imitoida ulkoilmalaimennusta
- ▶ Päästöjen laimentamiseen käytetään erilaisten laimennusmenetelmien yhdistelmiä:
 - Huokoisputkilaimennin
 - Ejektorilaimennin
 - laimennustunneli



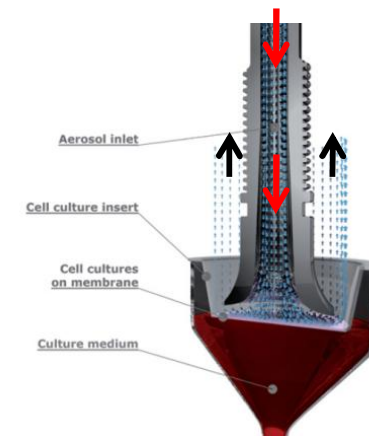
3. Päästöjen ikäännyttäminen

- ▶ Laimennettu päästö johdetaan muutuntakammioon, missä se muuntuu jäljitellen ulkoilmassa tapahtuvia reaktioita
- ▶ Viipymä useita tunteja
- ▶ Muuntuneen päästön fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määritetään tarkasti lähdetiedoiksi solualtistuksille, minne päästö johdetaan

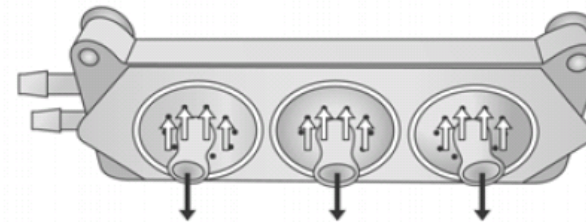
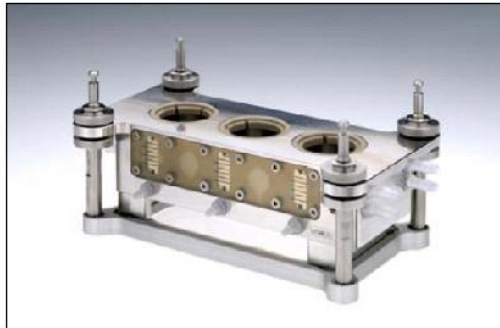


4. Solujen altistaminen

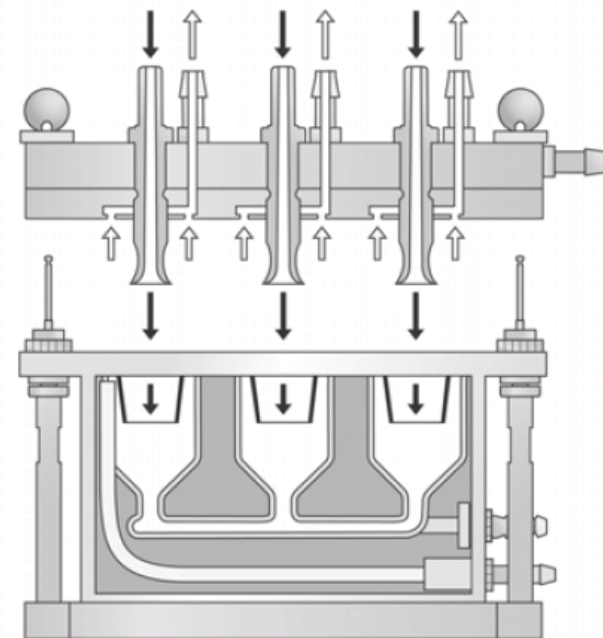
- ▶ Solut altistetaan suoraan tuoreelle tai ikäännytetylle päästölle
- ▶ Solut altistetaan päästöille nesteen ja ilman rajapinnassa kuoppalevy-inserteillä
- ▶ Suora-altistus lisää toksikologisten menetelmien herkkyyttä ja kaasumaisten päästöjen vaikutukset saadaan huomioitua
- ▶ Mahdollistaa todellista altistumista vastaavan annoskoon soluille



Solujen altistaminen (2)



View 1
Exposure Top

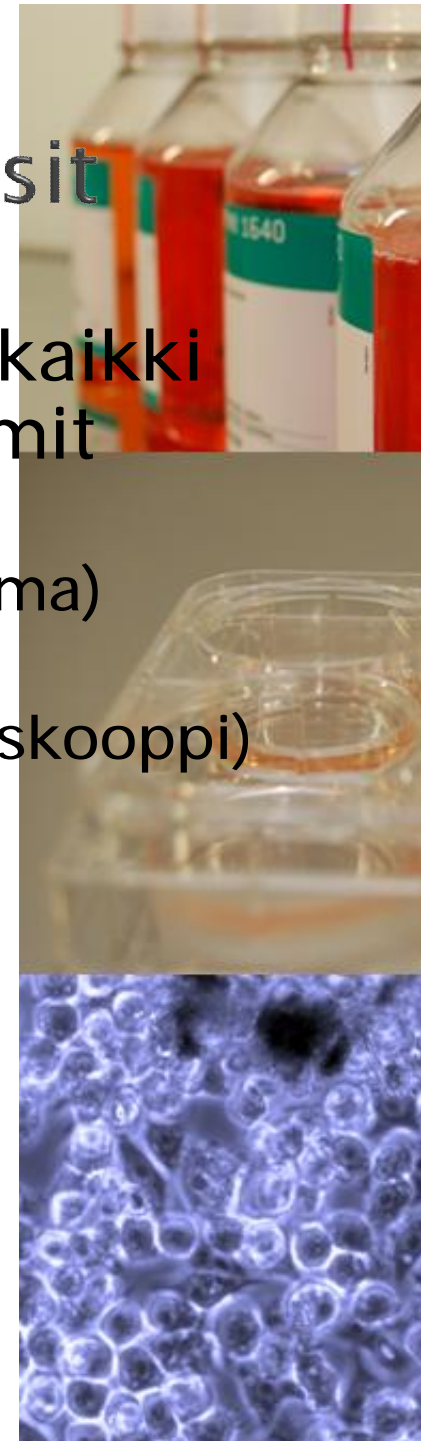


View 2
Exposure Top

Cultivation
Base Module

5. Päästöjen toksikologiset analyysit

- ▶ Altistetuista soluviljelmistä analysoidaan kaikki terveyshaittojen taustalla olevat mekanismit
 - Tulehdus (sytokiinit)
 - Solutoksisuus (akuutti ja ohjelmoitu solukuolema)
 - Genotoksisuus (DNA vauriot)
 - Hapettava stressi (happiradikaalit, fluor. Mikroskooppi)
- ▶ Käyttöön otetaan uusia multiplexing ja fluoresenssimenetelmiä
- ▶ Multiplexing menetelmillä voidaan analysoida 9 tulehdusvälittäjääainetta samasta näytteestä



6. Mallintaminen

Tavoitteena

- ▶ Ymmärtää ja kvantitoida koelaitteistossa tapahtuvat prosessit, jotka vaikuttavat päästön olomuotoon ja ominaisuuksiin
- ▶ Kehittää työkalu, jolla solualtistuskammiossa soluihin päätyvä annos pystytään ennustamaan
- ▶ Optimoida koelaitteisto vastaamaan todellisia olosuhteita

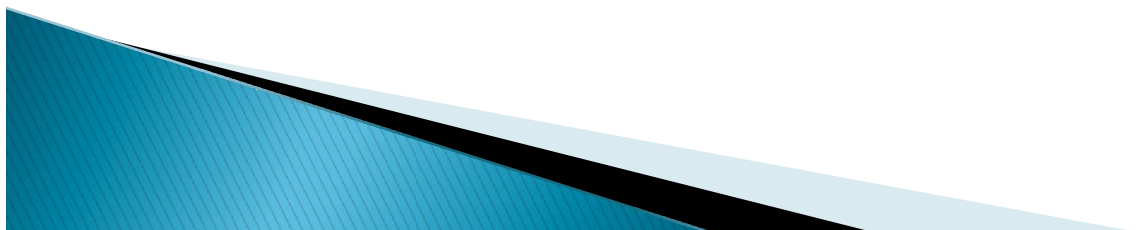
Keinot

- ▶ Yhdistetään aiemmin kehitetyt hiukkasmalli, kemiallisia reaktioita kuvaava malli ja virtausmalli yhdeksi kokonaisuudeksi



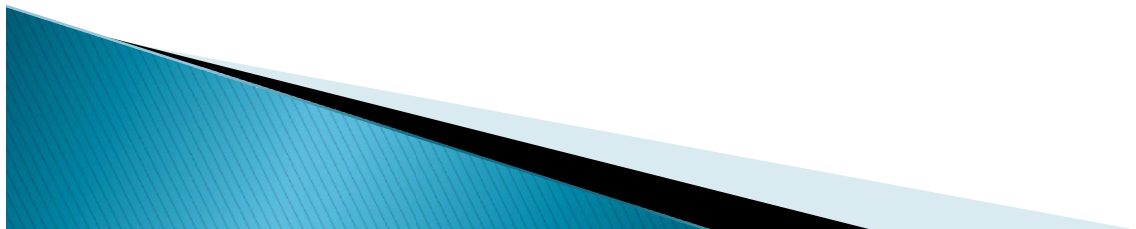
Aikataulu

Hankkeen aikataulu	2011				2012				2013			
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Laitteiston testaaminen ja validointi												
Dieselajoneuvo												
Arinapoltto												
Panospoltto												
Soodakattila												
Hakekattila												
Mallintaminen												
Tulosten käsittely ja raportointi												



Kansainvälinen yhteistyö (tärkeimmät)

- ▶ *Päästöjen toksikologia (Prof. Maija-Riitta Hirvonen):*
Hannoverin Fraunhofer Instituutti, Saksa
- ▶ *Agglomeraattihiukkasten ominaisuudet (Prof. Jorma Jokiniemi):* Paul Scherrer instituutti, Sveitsi
- ▶ *Päästöjen muutunta (Prof. Kari Lehtinen):*
National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA



Kustannusarvio: Koko hanke

Kustannuslaji	2011	2012	2013	Yhteensä
Palkat	78 000	79 500	71 100	228 600
Henkilösivukustannukset	39 155	39 924	35 941	115 020
Yleiskustannukset	114 372	116 539	103 762	334 672
Matkat	9 000	11 500	10 322	30 822
Aineet ja tarvikkeet	51 000	32 000	27 276	110 276
Ostettavat palvelut	4 000	4 000	4 000	12 000
Laiteostot	5 000	1 000	1 000	7 000
Muut kustannukset	1 150	230	230	1 610
YHTEENSÄ	301 677	284 693	253 631	840 000

Jakautuu:


Jokiniemen ryhmä 280 000 €

Hirvosen ryhmä 280 000 €

Lehtisen ryhmä 280 000 €

Rahoitussuunnitelma: Koko hanke

Rahoittaja	€
Tekes (95 %)	798000
Yritykset (5 %)	42000
Yhteensä	840000



Yritys	€
Energiateollisuus ry	15000
Suomen Soodakattilayhdistys ry	15000
Tulikivi Oyj	9000
Symo Oy	3000
Yhteensä	42000

Muu yritystuki

- Ecocat Oy, jälkikäsittelylaitteet ja -järjestelmät (ml. suunnittelu, raaka-aineet ja valmistus) sekä työpanos, arvo 10000 €
- Savon Voima Oyj, työpanos (noin 3 henkilötyöpäivää näytteenottoon valittujen tuotantolaitosten tuhkapäästöistä), arvo 1000 €
- Symo Oy, työpanos, arvo 3000 €
- Tulikivi Oyj, *tulisijan toimitus tutkimuksiin (?)*

