

# Ympäristöä kuormittavat teolliset nanomateriaalit

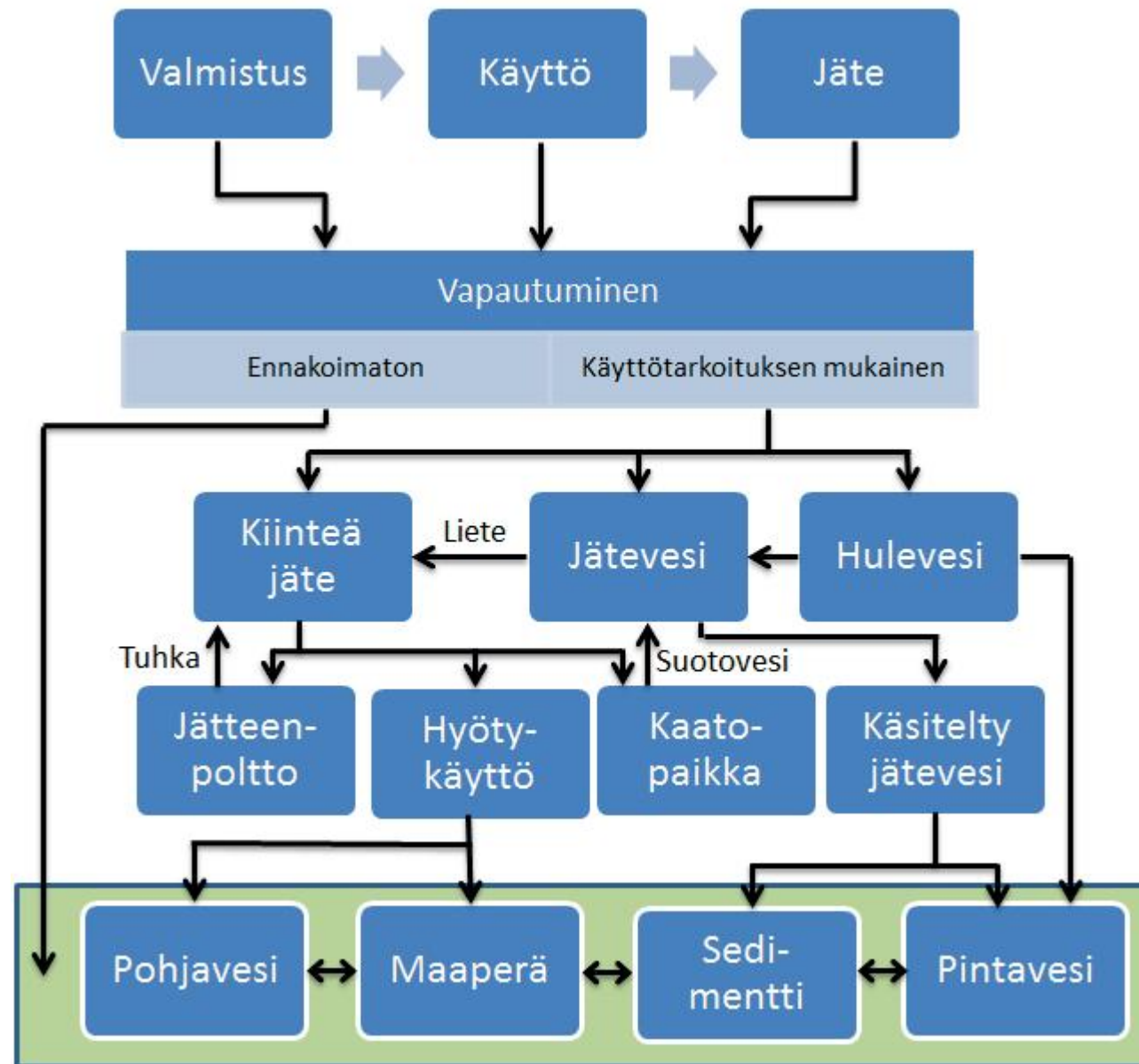
Markus Sillanpää, SYKE,  
SOTERKOn tutkimuspäivä  
5.2.2016

# Nanoteknologia ja ilmastonmuutos

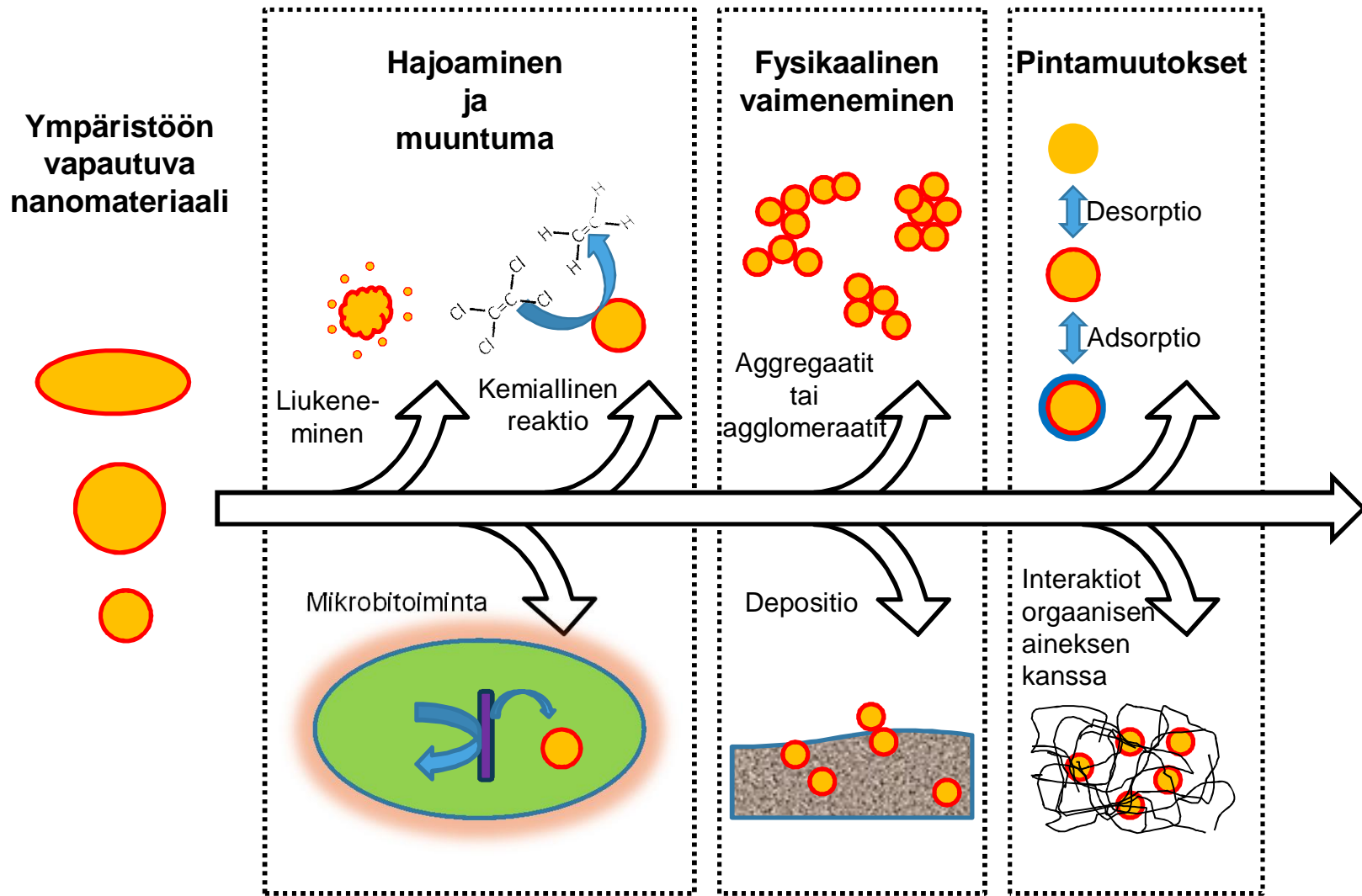
- **Kevyet nanokomposiittimateriaalit**
  - jopa 10 % kevyemmät kulkuneuvot => 10 % pienemmät polttoainekulutus ja päästöt
- **Nanopinnoitteet**
  - fiilisyys/fobisuus, korroosiosuoja, ilmanvastus
- **Nanokatalyytit**
  - palamisen tehostaminen ( $\text{CeO}_2$  8-10%), voiteluaineet (2%)
- **Nanorakenteiset materiaalit**
  - auton renkaat, rakennusten eristeet
- **Uudet energiatuotantoratkaisut**
  - aurinkopaneelit, tuuliturbiinit
- **Sähkön siirto ja varastointi**
  - kevyet ja tehokkaat akut (hybridi- ja sähköautot), sähkökaapelit
- **Sensorit**
  - ratkaisut energiatehokkuuteen



# Nanomateriaalien kulkeutuminen ympäristöön

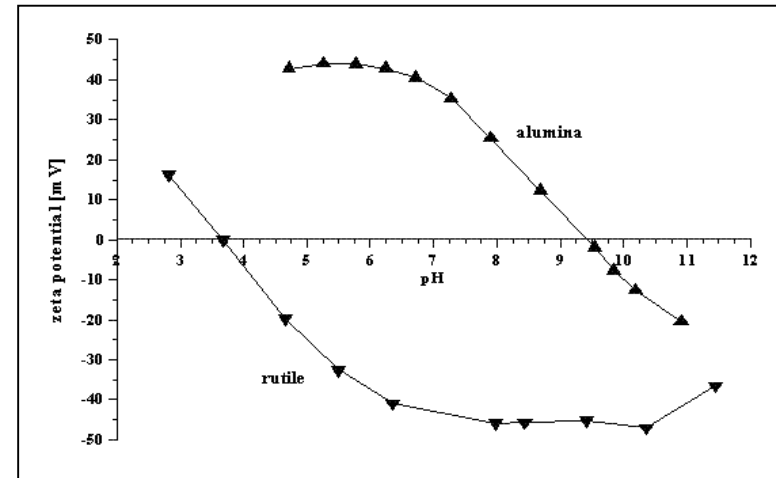


# Muuntuminen ympäristössä



# Vedenlaatutekijöiden vaikutuksista nanohiukkasiin - laboratoriokeet

- **pH**: nanohiukkasten pintavaraus riippuu liuoksen pH:sta => nollassa varauspisteen lähellä hiukkaset eivät ole elektrostaattisesti stabiileja



- **Ionivahvuus ja -koostumus** lisää agglomeroitumista:  
merivesi > murtovesi > makea vesi
- **NOM**: voivat lisätä tai vähentää agglomeroitumista (esim. steerinen este)

=> Vaikutus nanohiukkasten kulkeutumiseen, biosaatavuuteen ja toksisuuteen

# Tärkeimmät lähteet ja resipientit (MFA)

TiO<sub>2</sub>-NP

PRIMARY SOURCE		PRIMARY RECIPIENT		
WIP	<1 %	Soils	63.4%	Almost only from STP sludge.
STP effluent & overflow	10.2 %	Fresh water	15.5%	Directly from PMC or via STP overflows and effluents.
STP sludge	70.4 %	Marine water	21%	
PMC (incl. untreated waste water)	19.3 %	Air	<1%	Insignificant amounts.

WIP = waste incineration plant  
 STP = sewage treatment plant  
 PMC = production + manufacturing + use

Ag-NP

PRIMARY SOURCE		PRIMARY RECIPIENT		
WIP	<1 %	Soils	49%	Insignificant amounts.
STP effluent & overflow	21.1 %	Fresh water	20.5%	Insignificant amounts: mostly from STP overflows.
STP sludge	3.5%	Marine water	29.7%	
PMC (incl. untreated waste water)	75.3 %	Air	appr. 1%	Insignificant amounts.

	Yks.	TiO <sub>2</sub> -NP	Ag-NP
Makea vesi	ng/l	3	0,015
Merivesi	ng/l	0,30	0,0003
Sedimentti (MV)	µg/kg	1200	5,4
Sedimentti (MV)	µg/kg	390	0,3
Pellot	µg/kg	0,085	0,01
Urbaani maa	µg/kg	0,33	0,04
Lietteellä käsitelty maa	µg/kg	1300	0,17
Ilma	ng/m <sup>3</sup>	0,10	0,000007

Lähde: Gottschalk et al. (2015) Modeling flows and concentrations of nine engineered nanomaterials in the Danish environment. IJERPH 12, 5581-5602.

## Ympäristövaaran arvioinnista (1/2)

- Julkaisuja lukumääräisesti paljon
- Altistuskokeet tehty korkeissa pitoisuuksissa, altistuksen aikainen karakterisointi vaihtelee ja erilaiset menetelmät (dispersointi, alistusliuoksen koostumus, jne.)

### **TiO<sub>2</sub>-nanohiukkaset**

- pitävää näyttöä hiukkaskoon tai päällysteen merkityksestä haittaominaisuuksiin ei ole saatu (TiO<sub>2</sub>-NP)
- vaikutusmekanismi: happiradikaalien muodostuminen ja niiden seurauksena vaurioita solutasolla

### **ZnO - nanohiukkaset**

- Liukenevilla hiukkasilla haittavaikutukset johtuvat pääosin tai kokonaan liuenneista ioneista sekä maaperässä että vesiympäristössä
- vaikutusmekanismeja: hiukkasten toimiminen kuljettimena ja liukoisen sinkin lähteenä, haitallisten happiradikaalien muodostuminen

## Ympäristövaaran arvioinnista (2/2)

### **Nanohopea**

- hiukkasista liennut hopea haittavaikutusten pääasiallinen aiheuttaja, hopea on myrkyllinen raskasmetalli
- vaikutusmekanismi pääasiassa hopeaionien kautta: häiriöt energian tuotannossa, häiriöt DNA:n kahdentumisessa, vapaiden happiradikaalien muodostuminen, solukalvojen vaurioituminen

### **Kvanttipisteet**

- erilaisia kvanttipisteitä suuri määrä, koostumus ja päällystemateriaalit muuttavat ominaisuuksia oleellisesti
- haitallisimpia todennäköisesti raskasmetalleja sisältävät kvanttipisteet

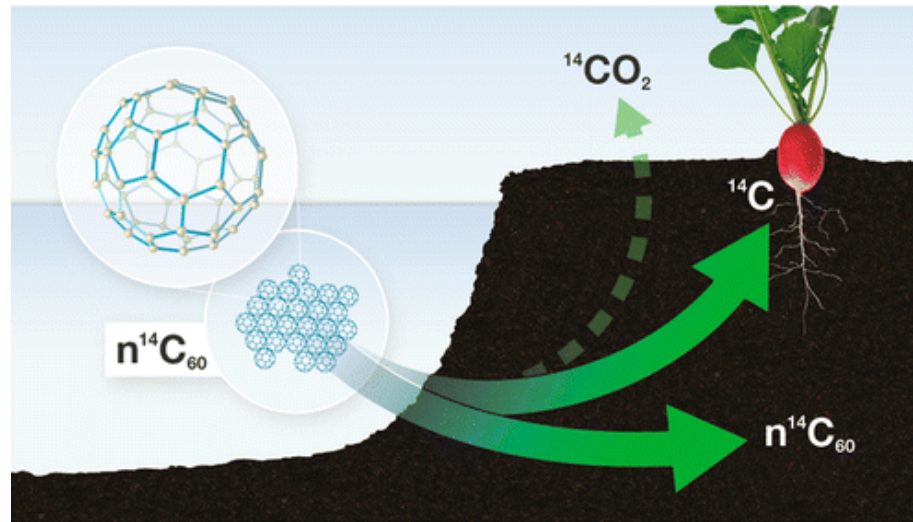
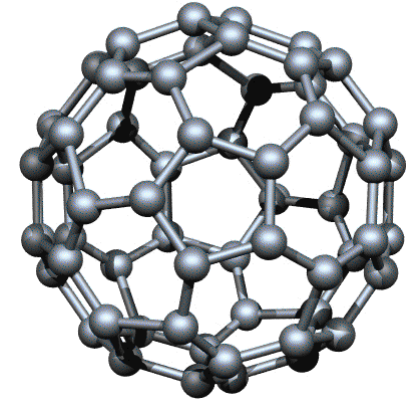
### **Hiilinanoputket ja fullereenit**

- hiilinanoputkien käyttäytyminen ja sen seurauksena vaikutukset vesiliuoksissa riippuvat suuresti testiliuoksen ominaisuuksista, tutkittavan aineen ominaisuuksista ja dispersointitekniikasta
- vaikutuksia todettu useilla eliöillä laboratoriotesteissä, mutta altistuminen ympäristössä epätodennäköistä
- hiilinanoputket saattavat päätyä maaperä- ja vesieliöiden ruuansulatuskanavaan, mutta eivät tunkeudu solujen sisään ja yleensä poistuvat nopeasti, siirtyminen ravintoketjussa ylöspäin mahdollista



## Fullereeni

- $C_{60}$ , myös 20, 32, 44, 70 ja jopa 540 ja 960
- $C_{60}$  vesiliukoisuus:  $1.3 \times 10^{-11}$  mg/mL
- inertti



- Orgaaninen hiili vaikuttaa  $C_{60}$ :n pidättymiseen maaperässä
- Vain hyvin pieni määrä  $^{14}CO_2$  vapautui 328 - 754 vrk:n aikana => hidas mineralisoituminen
- Kaviin kulkeutui 7%, josta juurissa 40–47%, mukulassa 22–23%, varsissa 12–16% ja lehdissä 18–22%.

## Tutkimusta tarvitaan

- kehittyneempiä mittausmenetelmiä ja tietoa ympäristöpitoisuuksista
- systemaattista tietoa haittavaikutuksista ja ympäristöriskeistä
  - yhteisvaikutukset
- leviämismallit, elinkaariarviointi, luokittelu, read across, jne.

# KIITOS!

Lisätietoa: Sillanpää M., Schultz E. ja Tuominen M. (2014)  
Synteettisten nanomateriaalien ympäristövaikutukset:  
kokeellisen tutkimuksen nykytila. Suomen ympäristökeskuksen  
raportteja 47/2014, 57 sivua.