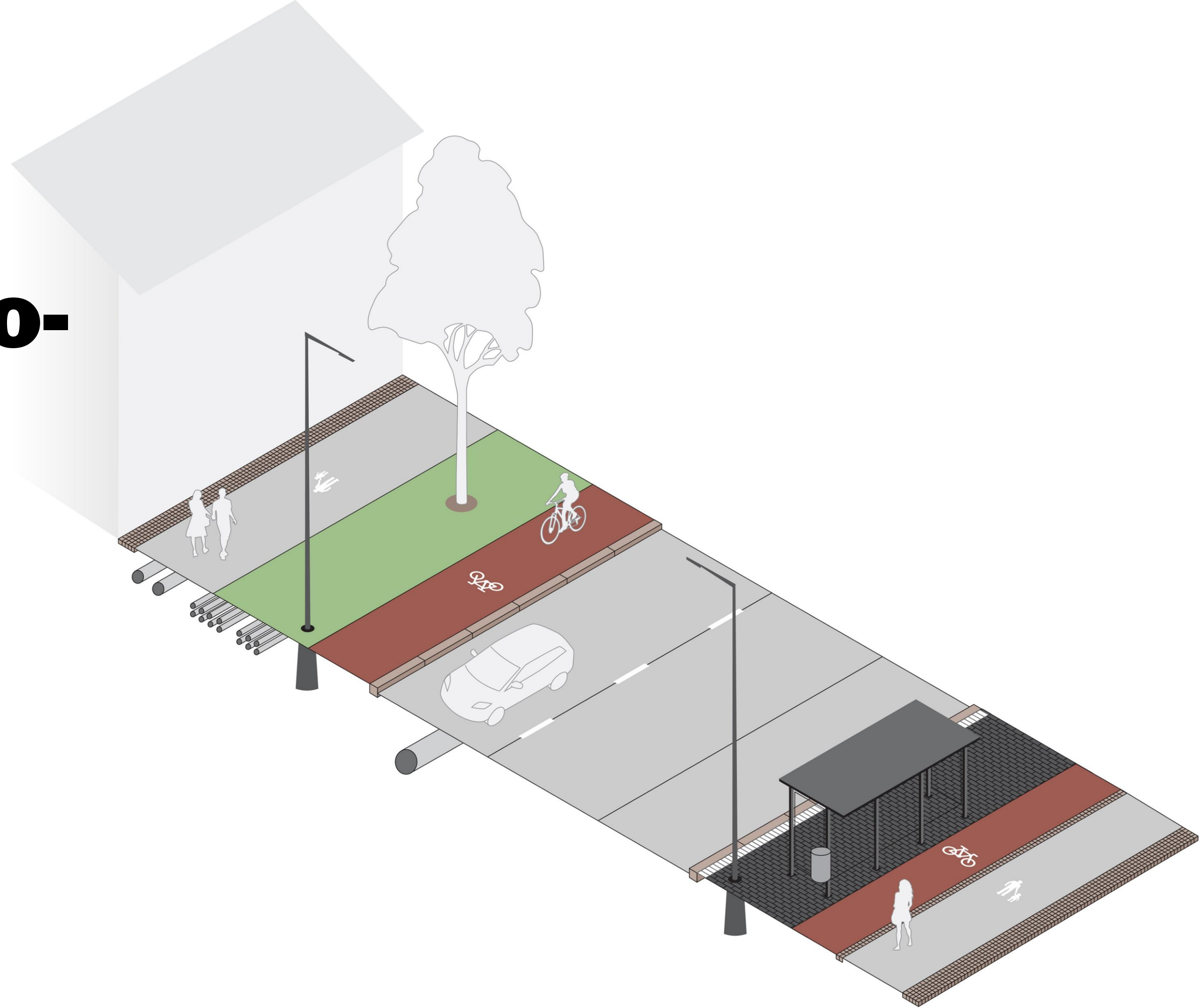


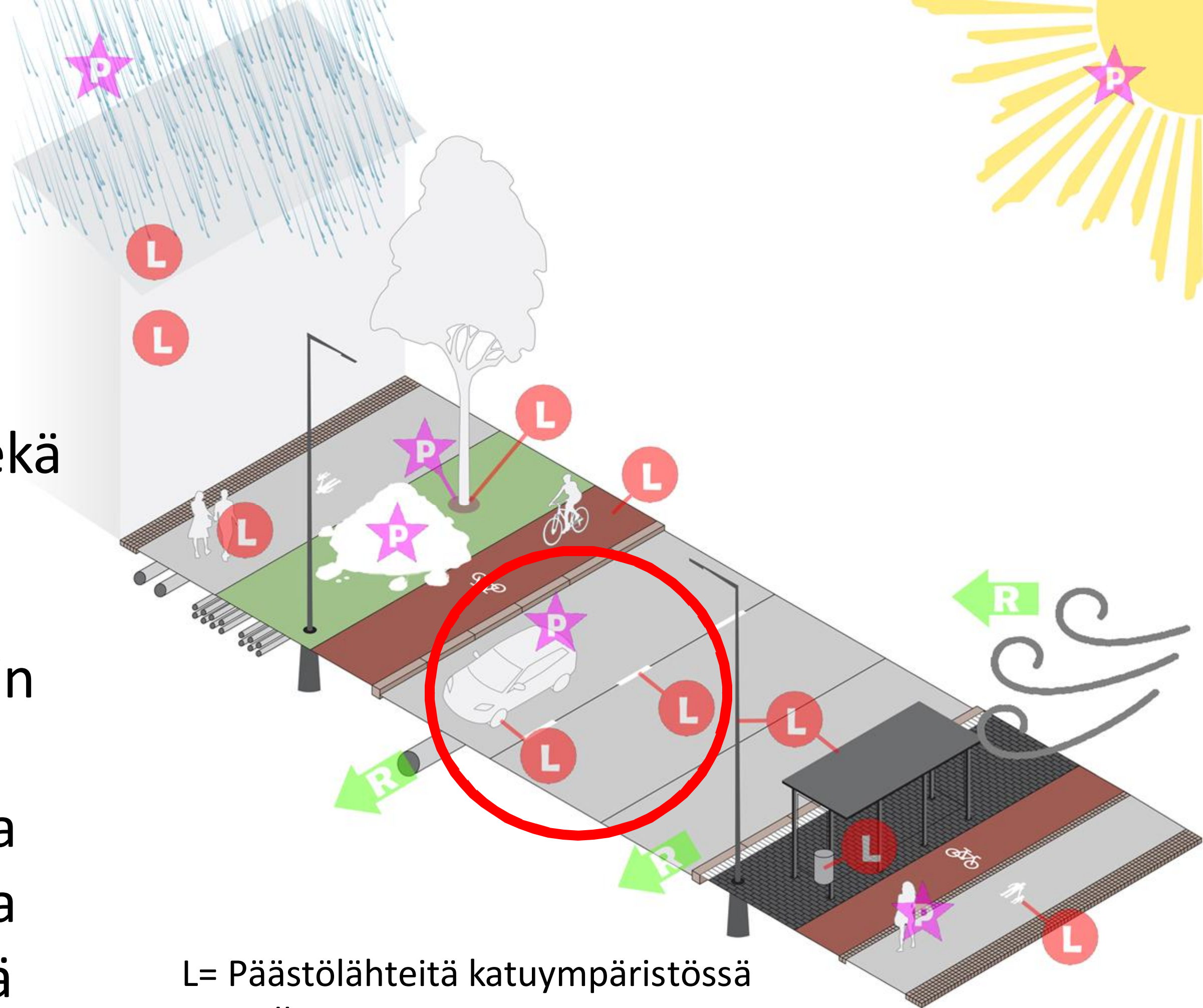
Tieliikenteen mikro- ja makroroska- päästöt

RoskatPois!-hankkeen
sidosryhmäseminaari
Suomen meriympäristön
roskaantumisesta
12.4.2019



Rajaus

- RoskatPois! -hankkeessa keskitytty rengaskulumaan sekä tiemerkeihin liikenteen päästöjen osalta
- Tunnistettu kuitenkin muitakin mahdollisia liikennealueelähtöisiä mikro- ja makroroskia, niiden reittejä ja aiheuttavia prosesseja. Näistä ei kuitenkaan tehty laskelmia.



L= Päästölähteitä katuympäristössä

R= Kulkeutumisreittejä

P= Aiheuttavat prosessit ja ympäristötekijät

Rajaus

Kulumamääriä ei tiedossa:

- Pinnoitteet ja –katteet joiden seoksessa polymeeriosa
- PMB-asfaltin kuluma (polymeerimodifioitu bitumi/kumibitumi, jossa SBS-elastomeeri)
- Turvallisuus- ja opasrakenteiden ja hajoaminen ja kuluminen (liikennemerkkit, pollarit, kaiteet, puomit, portit jne.)







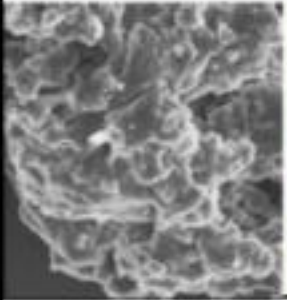
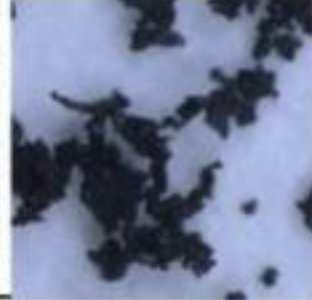


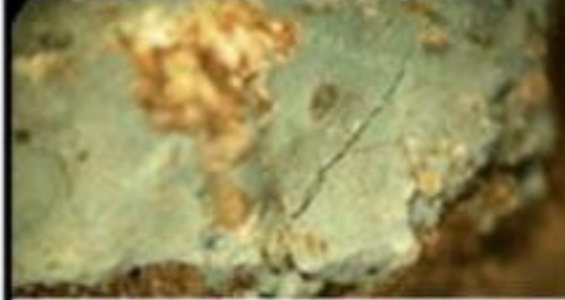

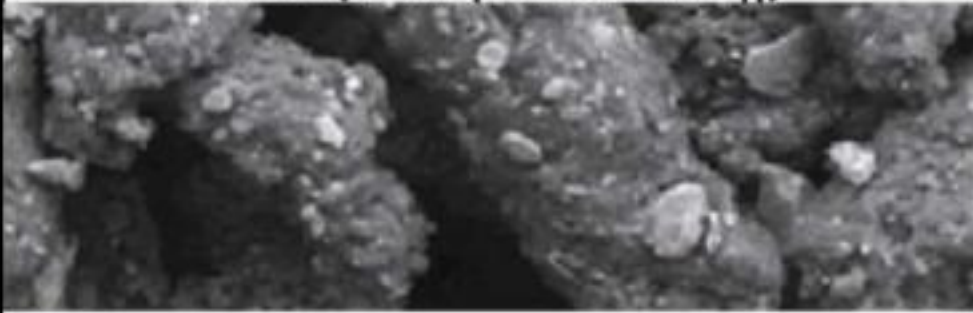



Rajaus

- jarruista irtoava materiaali
- ajoneuvoista irtoavat osat
- liikennealueilla tapahtuva roskaaminen → ei ole varsinaisesti tieliikenteen päästö, mutta hajoaa ja kulkeutuu liikenneympäristössä helposti



Rajaus

Vogelsang et al. 2018

| | | | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Contributors | <p>Rubber in tyre treads</p> <p>Passenger cars Heavy trucks, busses</p> | | <p>Polymers in PMB in wear layer of road pavement</p> | <p>Thermoplastic elastomers in road marking paints</p> | <p>Road dust particles</p> |
| Sources |  | |  |  |  |
| Shreds | <p>TP</p>    | | <p>RP_{PMB}</p>  | <p>RP_{RM}</p>  | <p>RP</p>  |
| Wear particles | <p>TWP (TWP_P and TWP_H)</p>  | | <p>RWP_{PMB}</p>  | <p>RWP_{RM}</p>  |  |
| Main microplastic components | <p>Styrene butadiene rubber (SBR), polybutadiene rubber (PBR)</p> <p>Natural rubber (NR)</p> | | <p>Styrene butadiene styrene (SBS)</p> | <p>Styrene isoprene styrene (SIS), ethylene vinyl acetate (EVA), polyamide (PA)</p> | |

Rajaus

Vogelsang et al. 2018


Pinnoitteet ja katteet

Ajoneuvoista irtoavat osat


Rakenteiden hajoaminen ja kuluminen

Rubber in tyre treads

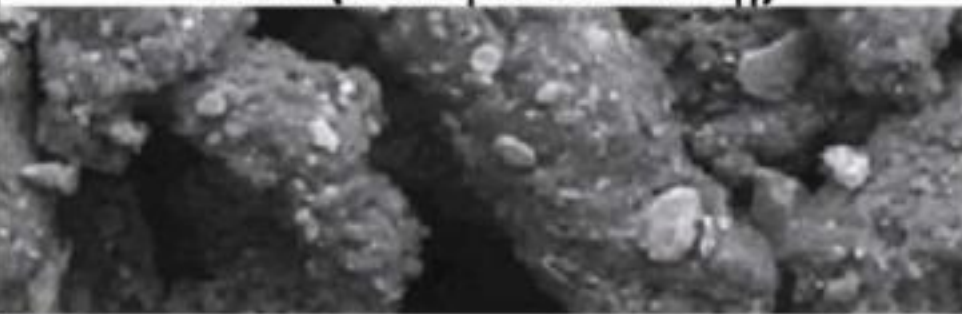
Passenger cars Heavy trucks, busses



TP




TWP (TWP_P and TWP_H)




| | |
|--|---------------------|
| Styrene butadiene rubber (SBR), polybutadiene rubber (PBR) | Natural rubber (NR) |
|--|---------------------|

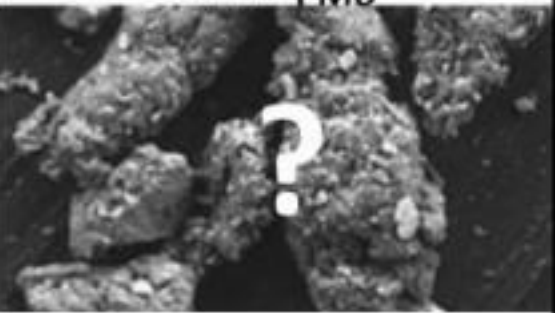
Polymers in PMB in wear layer of road pavement



RP_{PMB}




RWP_{PMB}

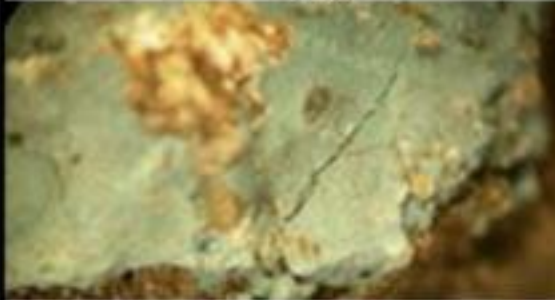


Styrene butadiene styrene (SBS)

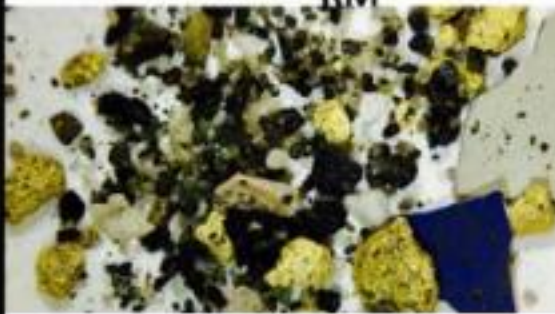
Thermoplastic elastomers in road marking paints



RP_{RM}



RWP_{RM}



Styrene isoprene styrene (SIS), ethylene vinyl acetate (EVA), polyamide (PA)

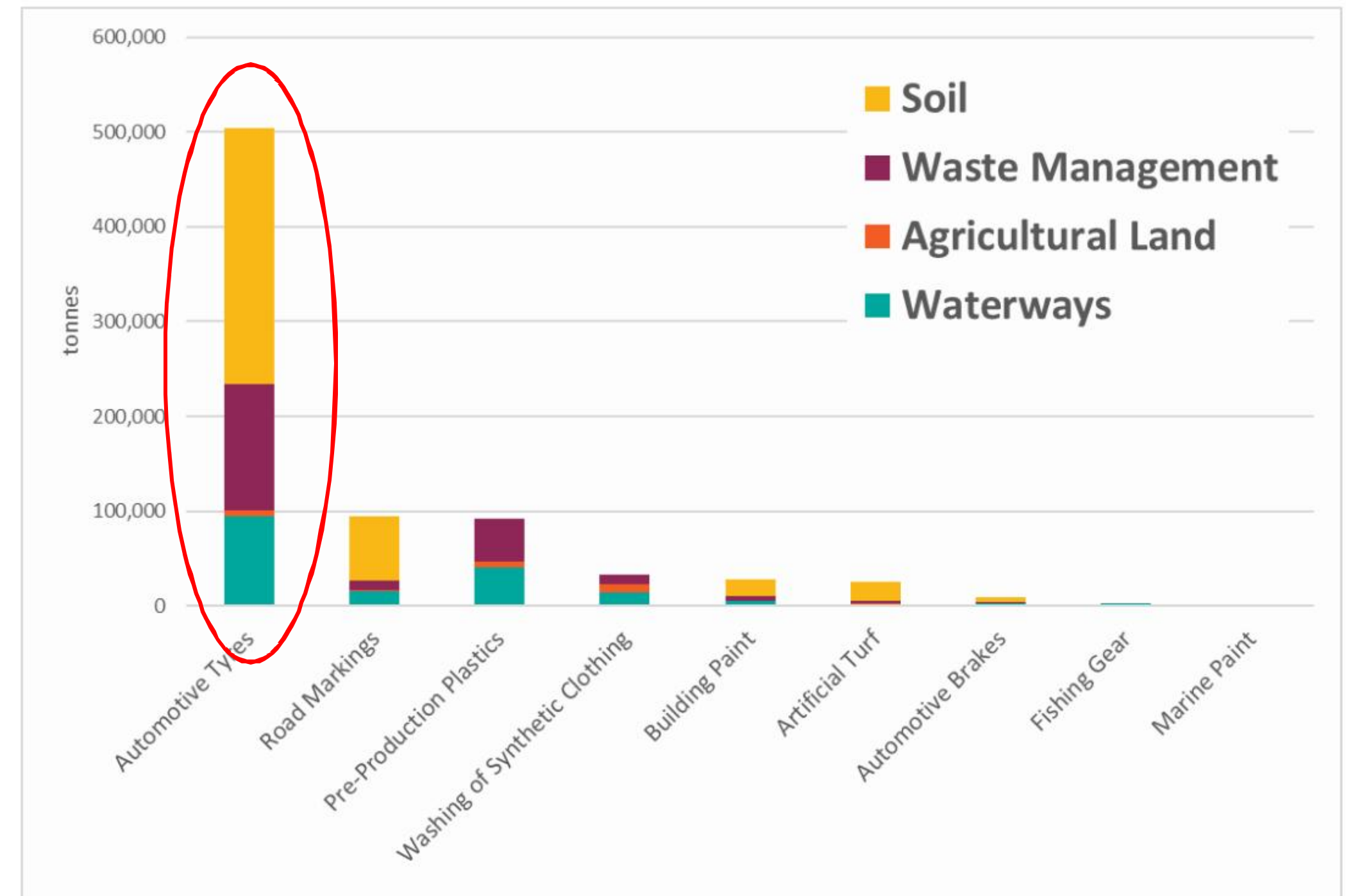
Road dust particles



RP

Rengaskuluma, yleistä

- Arvioitu suurimmaksi päästölähteeksi kun kyseessä tuotteet, joihin ei tarkoituksella lisättyjä mikromuoveja
- Prosessi yksinkertainen: renkaiden kulutuspinna on kontaktissa tiehen ja siitä partikkelit irtoavat hankauskulumisen seurauksena
- Useita kulkeutumisreittejä ja nieluja



Hann et al. 2018

Renkaiden materiaali

Kulutuspinnan materiaaliseoksessa on synteettistä styreenibutadieenikumia (SBR), luonnonkumia (NR), polybutadieenia (PBD), hiilimustaa ja/tai silicaa, öljyä ja vulkanisointikemikaaleja.

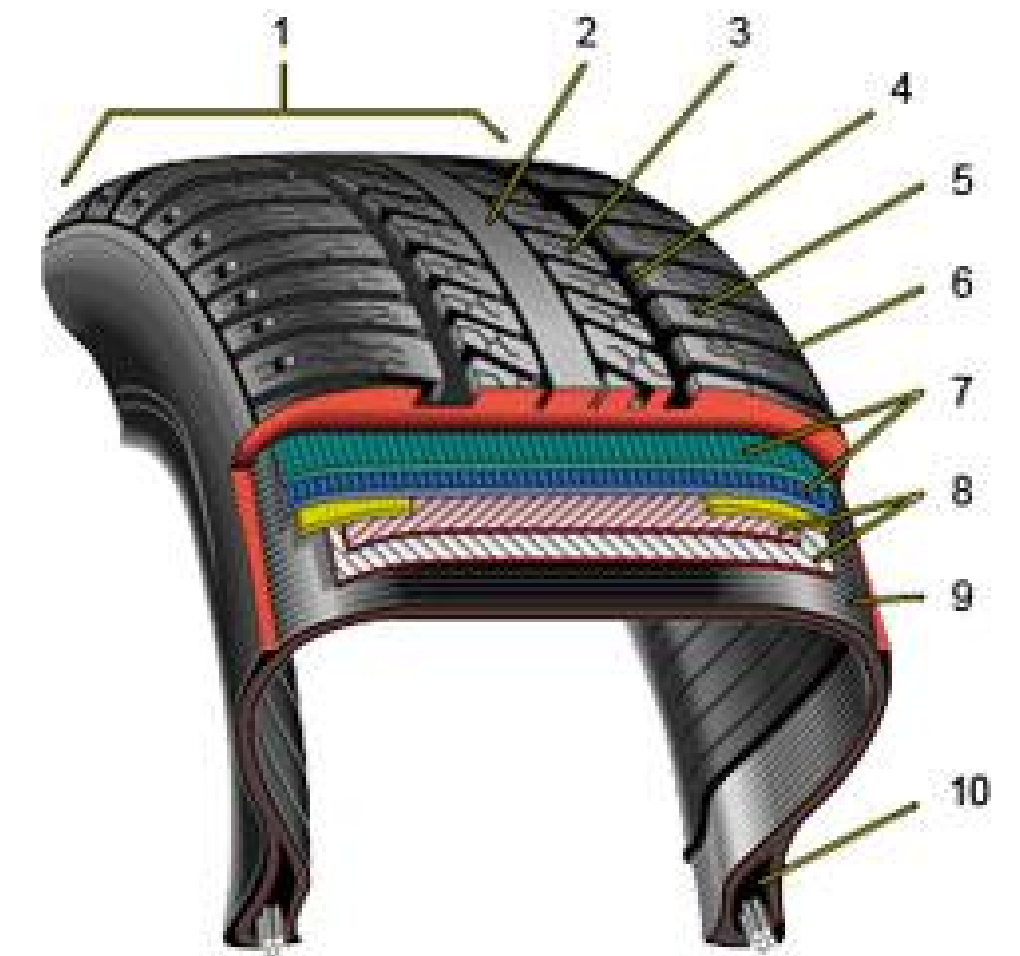
Kumin tiheys yleisesti $> 1 \text{ g/cm}^3$ jopa yli $2,5 \text{ g/cm}^3$, eli ei kellu. On kuitenkin tutkimus kierrätysrenkaista valmistetusta kumipölystä, joka tiheys $0,8 \text{ g/cm}^3$, eli osa saattaa kellua (Sofi 2017).

1. Kulutuspinta
2. Kuvio
3. Kuviopalat
4. Urat
5. Lamellointi
6. Olkapää
7. Suojakerros

8. Vyökerros
9. Runkokerros
10. Kolmioliuska

Lähde:

<https://www.renkaatvaihtoon.fi/tyreschool>



Kulkeutuminen

- Rengaspartikkelit kulkeutuvat ympäristöön yhdistyneenä päällysteestä irtoaviin kappaleisiin
- Päästöjen mallinnuksessa onkin käytetty TRWP-päästökerrointa (tire and road wear particles) (mm. Unice et al. 2018 ja 2013)

TRWP:ta löydettiin 97% maaperä- ja sedimenttinäytteistä, joita kerättiin 150 kpl Ranskasta, Japanista ja Pohjois-Amerikasta (Unice et al. 2013)

Kulkeutuminen

TRWP sisältää siis polymeerien lisäksi mineraaleja ja erilaisia täyteaineita päällysteistä. Rengas/päällyste suhdeluku 50/50 (Kreider et al. 2010)

Vogelsang et al. (2018) luokitus, jossa vain katupölyn mikromuovi:

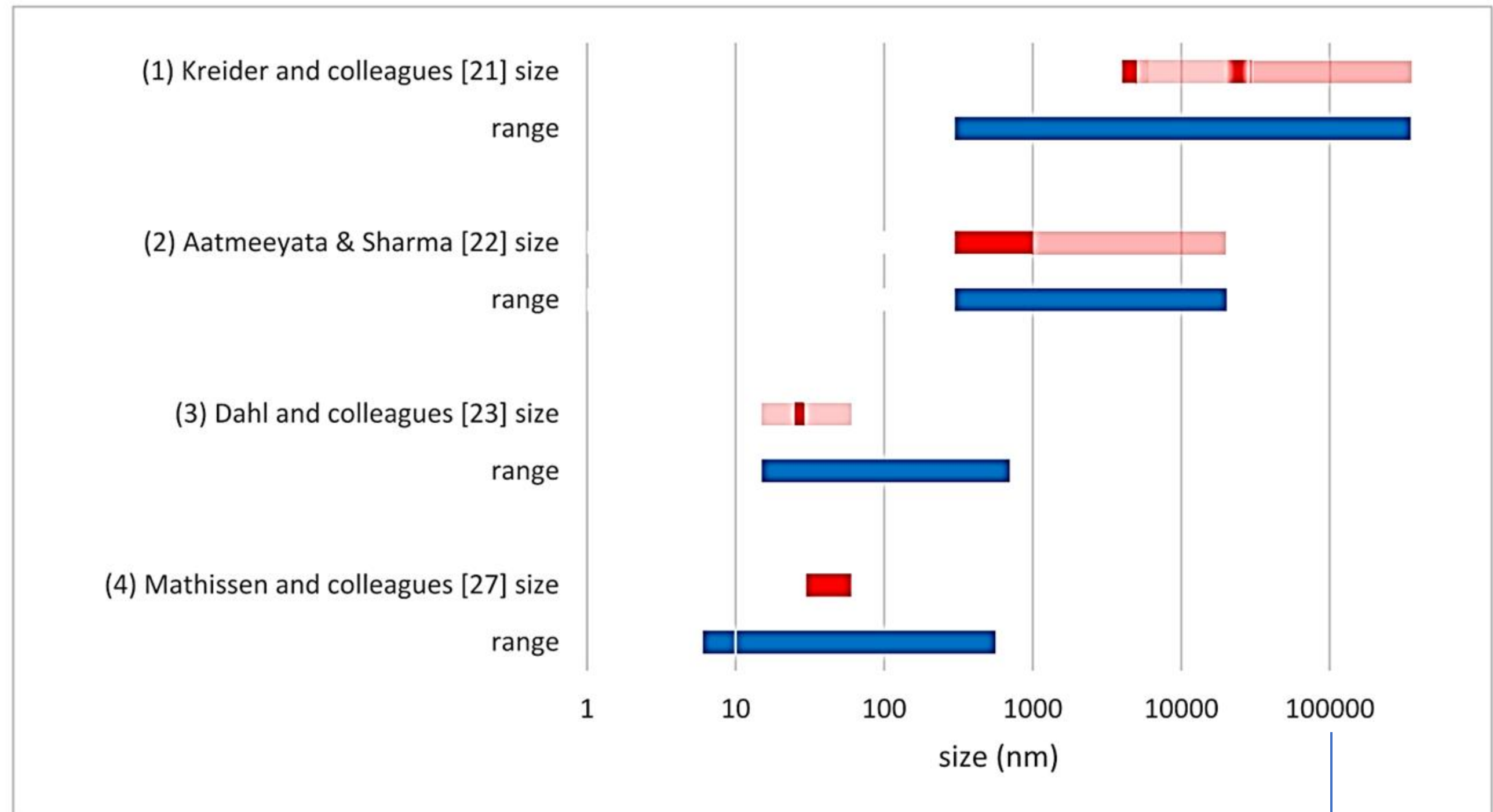
Road dust-associated microplastic particles; $RAMP = TWP + RW_{PRM} + RWP_{PMB}$

Katupölyyn liittyvät mikromuovipartikkelit = rengaskuluma +
tiemerkinöjen kuluma + PMB-asfaltin kuluma

Rengaskuluma, partikkelikoko

Ympäristöön päässeen kumigradientin koko vaihtelee suuresti.

Rengaspartikkeleista pienimmät ovat joitakin kymmeniä nanometrejä ja suurimmat millimetrejä (Kole et al. 2017).



Sininen on tutkittu kokoalue ja punainen havaitut partikkelit neljässä eri tutkimuksessa. Tumma punainen kuvaa kokoaluetta jolla on suurin määrä partikkeleita (Kole et al. 2017)

=100µm
=0,1mm

Rengaskulumma, laskennallinen arvio

- Vuonna 2017 rengaskuluman määrä Suomessa oli **5 400 - 10 500 tn**.
- Asukasta kohden määrä on **1,0-1,9 kg/vuosi** ja se on lähellä eurooppalaista keskitasoa.
- Vuosien 1980-2017 välillä rengaskuluman määrä oli yhteensä **n. 166 100- 320 500 tn**

Laskelma ei sisällä moottoripyöriä, mopoja tai muita 2-pyöräisiä eikä kevyitä nelipyöriä. Myös lentokoneiden ja perävaunujen sekä trukkien, kaivureiden ja muiden tehdas-, työmaa- ja varastoalueiden kumipyöräajoneuvot rajattu pois laskelmasta.



Rengaskuluma, laskennallinen arvio

- Arvio perustuu tilastotietoihin liikennesuoritemääristä ja tutkimustietoon keskimääräisestä rengaskulumasta per km eri ajoneuvotyypeillä (mg/vkm)
- Vaihteluväli johtuu erilaisista arvoista kuluman intensiteetistä eri ajoneuvotyypeille. Suomen laskelmassa käytetty UNECE:n (2013) suositusarvoja ja Kole et al. (2017) laajan koontiartikkelin arvoja.
- Tarkistuksessa käytetty rengaskierrätystilastoja ja arvioita renkaiden elinkaaren aikaisista kulumista.

Rengaskuluma, muut maat

Table 13. The amount of wear and tear of car tyres per capita per year (Number of capita as per July 2016 [42], Number of cars as per 2013 [52]).

| | Number of Capita [42] | Number of Cars [52] | Total Emission from Tyres (tonnes/year) | Emission per Capita/year (kg) |
|-----------------|--------------------------|------------------------|--|----------------------------------|
| The Netherlands | 17,016,967 | 9,612,273 | 8834 | 0.52 |
| Norway | 5,265,158 | 3,671,885 | 7884 | 1.5 |
| Sweden | 9,880,604 | 5,755,952 | 13,238 | 1.3 |
| Denmark | 5,593,785 | 2,911,147 | 6721 | 1.2 |
| Germany | 80,722,792 | 52,391,000 | 92,594 | 1.1 |
| United Kingdom | 64,430,428 | 35,582,650 | 63,000 | 0.98 |
| Italy | 62,007,540 | 51,269,218 | 50,000 | 0.81 |
| Japan | 126,702,133 | 76,763,402 | 239,762 | 1.9 |
| China | 1,373,541,278 | 250,138,212 | 756,240 | 0.55 |
| India | 1,266,883,598 | 159,490,578 | 292,674 | 0.23 |
| Australia | 22,992,654 | 17,180,596 | 20,000 | 0.87 |
| USA | 323,995,528 | 265,043,362 | 1,524,740 | 4.7 |
| Brazil | 205,823,665 | 81,600,729 | 294,011 | 1.4 |
| Total | 3,564,856,130 | 1,011,411,004 | 3,369,698 | 0.95 |

Tiementunnukset, yleisiä

Tiementunnusainemassojen tiedetään karkealla tasolla sisältävän hiekkaa (**suurin osuus kokonaismassasta**), lasihelmiä, pigmenttejä, öljyhartseja, prosessiöljyjä sekä polymeerejä: mm. styreeni-isopreeni-styreeni (**SIS**), etyyli-vinyyli-asetatti (**EVA**) ja polyamideja (**PA**). Eivät kellu.

Tiementunnusainemaalit voivat olla liuotinpohjaisia tai vesiliukoisia. Maalit koostuvat sideaineista, väripigmenteistä, täyttöaineista ja lisäaineista.



Tiemerkinnät, määrät

- Tiemerkintämassojen menekki n. **9000 tn**
- Tiemerkintämaalien **0,6-1,3 milj. litraa**
- **HUOM.** menekki ei vielä kerro päästömäärää! Vielä ei ole riittävän tarkkaa tietoa kulumisnopeudesta saati kulkeutumisesta.
- Määrät saatu PANK Ry:lta (PANK 2010) ja maahantuojille v. 2017 tehdystä kyselystä



Puutteet tiedoissa

- Renkaiden ja tiemerkinntämassojen/-maalien tarkka materiaalikoostumus vain valmistajien tiedossa
- Vain vähän mitattua tietoa pitoisuuksista. Esim. hulevesinäytteenotto ja materiaalianalytiikka on ja hankalaa.
- Vaikka on tunnistettu useita lähteitä, kulkeutumisreittejä ja nieluja, on mallinnus vielä hankalaa, koska hydrologiset olosuhteet, hulevesien hallintatavat ja verkostot ovat paikallisesti erilaisia → selvitettävä alueellisesti/paikallisesti (myös UNEP:n yleissuositus)
- Kulkeutumista ja kulumaa lisäävien trendien yhteisvaikutus päästömäärien kehittämisessä?

Mikä on yhteisvaikutus?

Lisää läpäisemätöntä pintaa, ihmisiä ranta-alueille ja kaupunkiliikennettä

(esim. IPCC 2007, The World Bank 2012, Liikennevirasto 2018, Novotny 2002; Park ym. 2009)

Kaupunkiajo kuluttaa eniten rengasta. Sähköautot painavampia.

(Kole ym. 2017)

Sadanta lisääntyy Suomessa ilmastonmuutoksen takia

(esim. Ruosteenoja ym. 2016)

Liikennealueet ovat tyypillisesti merkittäviä hiilivetyjen, raskasmetallien ja rikin lähdealueita

(mm. Barrett ym. 1998; Kim ym. 2005; Airola ym. 2014; Taka 2017)

Mikromuoveihin kiinnittyy haitta-aineita

(mm. Koelmans et al. 2016)

KAUPUNGISTUMINEN

KAUPUNKIAJO JA SÄHKÖAUTOT

ILMASTONMUUTOS

MUUT HAITTA-AINEET

MIKROMUOVI VEKTORINA

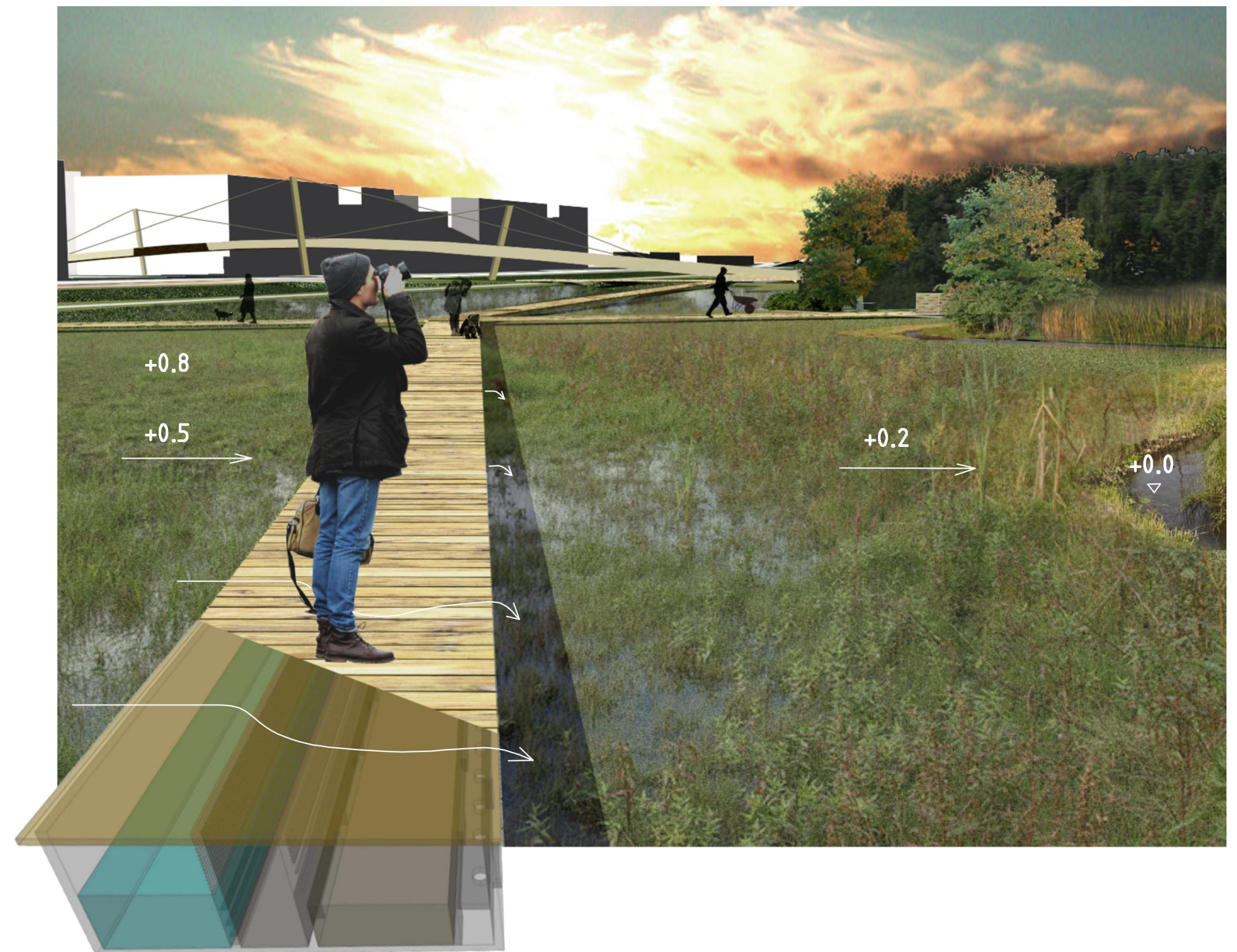
Hallintakeinoja - Lainsäädännön kehittämisen lisäksi

Kaupunki- ja liikennesuunnittelu
Tehostettu ylläpito: katujen pesu & jätehuolto

Eco Driving, eli ei driftailla 😊
Vähäpäästöiset renkaat

Hulevesien määrällinen hallinta (esim.
läpäisevät päällysteet, pidätys-, viivytys- ja
imeytysrakenteet, viivytysaltaat, viherkatot...)

Hulevesien laadullinen hallinta (esim. bio-
/maasuodatusrakenteet, käsittelykosteikot,
suodatusarkut ja kaivojen lisäosat, sakkapesät...)



Hallintakeinoja - Lainsäädännön kehittämisen lisäksi

Kaupunki- ja liikennesuunnittelu
Tehostettu ylläpito: katujen pesu & jätehuolto

Eco Driving
Vähäpäästöiset renkaat

Hulevesien määrällinen hallinta (esim. läpäisevät päällysteet, pidätys-, viivytyks- ja imeytysrakenteet, viivytyksaltaat, viherkatot...)

Hulevesien laadullinen hallinta (esim. bio-/maasuodatusrakenteet, käsittelykosteikot, suodatusarkut ja kaivojen lisäosat, sakkapesät...)



Hallinnan lisäarvo, esimerkkejä

Kaupunki- ja liikennesuunnittelu
Tehostettu ylläpito, katujen pesu & jätehuolto

Eco Driving
Vähäpäästöiset renkaat

Hulevesien määrällinen hallinta (esim. läpäisevät päällysteet, pidätys-, viivytyks- ja imeytysrakenteet, viivytyksaltaat, viherkatot...)

Hulevesien laadullinen hallinta (esim. bio-/maasuodatusrakenteet, käsittelykosteikot, suodatusarkut ja kaivojen lisäosat, sakkapesät...)

**RUUHKAT VÄHENEVÄT, VIIHTYISYYS
JA ILMANLAATU PARANEE**

**KUSTANNUSSÄÄSTÖJÄ JA
MATERIAALITEHOKKUUS PARANEE**

**TULVARISKI PIENENEE JA
ILMASTORESILIENSSI KASVAA**

**LIIKENNEALUEIDEN MUUT HAITTA-
AINEET SAADAAN PUHDISTETTUA**

**VESISTÖN KÄYTTÖ-
MAHDOLLISUUDET PARANTUVAT**

Lähteet

(KUVAT OVAT TEKIJÄN ELLEI MUUTA MAINITA)

Airola ym. 2014. Huleveden laatu Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014

Barrett, M.E. & Irish, L.B. & Malina, J.F. & Charbeneau, R.J. 1998. Characterization of highway runoff in Austin, Texas, area. *Journal of Environmental Engineering*, 124/2, 131-37.

Hann, Simon; Sherrington, Chris; Jamieson, Olly; Hickman, Molly; Kershaw, Peter; Bapasola, Ayesha; Cole, George (2018). Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. Final Report. London/Bristol.

IPCC 2007. Climate Change - Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

Kim, L-H. & Kayhanian, M. & Zoh, K-D. & Stenstrom, M.K. 2005. Modeling of highway stormwater runoff. *Science of The Total Environment*, 348/1–3, 1-18.

Koelmans et al. 2016. Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment. Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. *Environ. Sci. Technol.* 2016.

Kole P., Löhr A., Belleghem F. & R. Ad (2017). Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14, Review (2017), pp. 1-31

Kreider, M.L., Panko, J.M., McAtee, B.L., Sweet, L.I., Finley, B.L., 2010. Physical and chemical characterization of tire-related particles: comparison of particles generated using different methodologies. *Sci. Total Environ.* 408 (3), 652–659.

Liikennevirasto 2018. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018.

Novotny, V. 2002. *Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management*; Hoboken, NJ. Wiley.

Park, M-H. & Swamikannu, X. & Stenstrom, M.K. 2009. Accuracy and precision of the volume–concentration method for urban stormwater modeling. *Water Research*, 43(11), 2773-86.

PANK Ry 2010. Päällystealan neuvottelukunta, seminaariesitelmä 18.5.2010.

Ruosteenoja, K. & Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, Volume 51, Issue 1: 17–50.

UNECE 2013. Working Party on Pollution and Energy (GRPE). Informal Document GRPE-65–20, (65th GRPE, 15–18 January 2013, Agenda Item 16) Transmitted by the Expert from the Russian Federation; GRPE: Geneva, Switzerland, 2013.

Unice, Kenneth & Weeber, Marc & Abramson, Matt & Reid, Rachel & van Gils, J.A.G. & Markus, Adriaan & Vethaak, Andre & Panko, Julie. (2018). Characterizing export of land-based microplastics to the estuary - Part I: Application of integrated geospatial microplastic transport models to assess tire and road wear particles in the Seine watershed. *Science of The Total Environment*. 646. 10.1016/j.scitotenv.2018.07.368.

Unice, K.M., Kreider, M.L., and Panko, J.M. (2013). Comparison of Tire and Road Wear Particle Concentrations in Sediment for Watersheds in France, Japan, and the United States by Quantitative Pyrolysis GC/MS Analysis, *Environmental Science & Technology*, Vol.47, No.15, pp.8138–8147.

Sofi, A. 2018. Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review. *Ain Shams Engineering Journal* 9 (2018) 2691-2700.

Taka, M. 2017: Key drivers of stream water quality along an urban-rural transition - a watershed-scale perspective. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos. 57 s.

The World Bank 2012. *What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management*.

Vogelsang C., Lusher A., Dadkhah M., Sundvor I., Umar M., Ranneklev S., Eidsvoll D. & Meland S. 2018: Microplastics in road dust – characteristics, pathways and measures. Norwegian Institute for Water Research - Report. p. 28-33

KIITOS!

