

# Viimeaikaiset muutokset ruokavalioissa ja niiden vaikutukset jätevedenpuhdistukseen

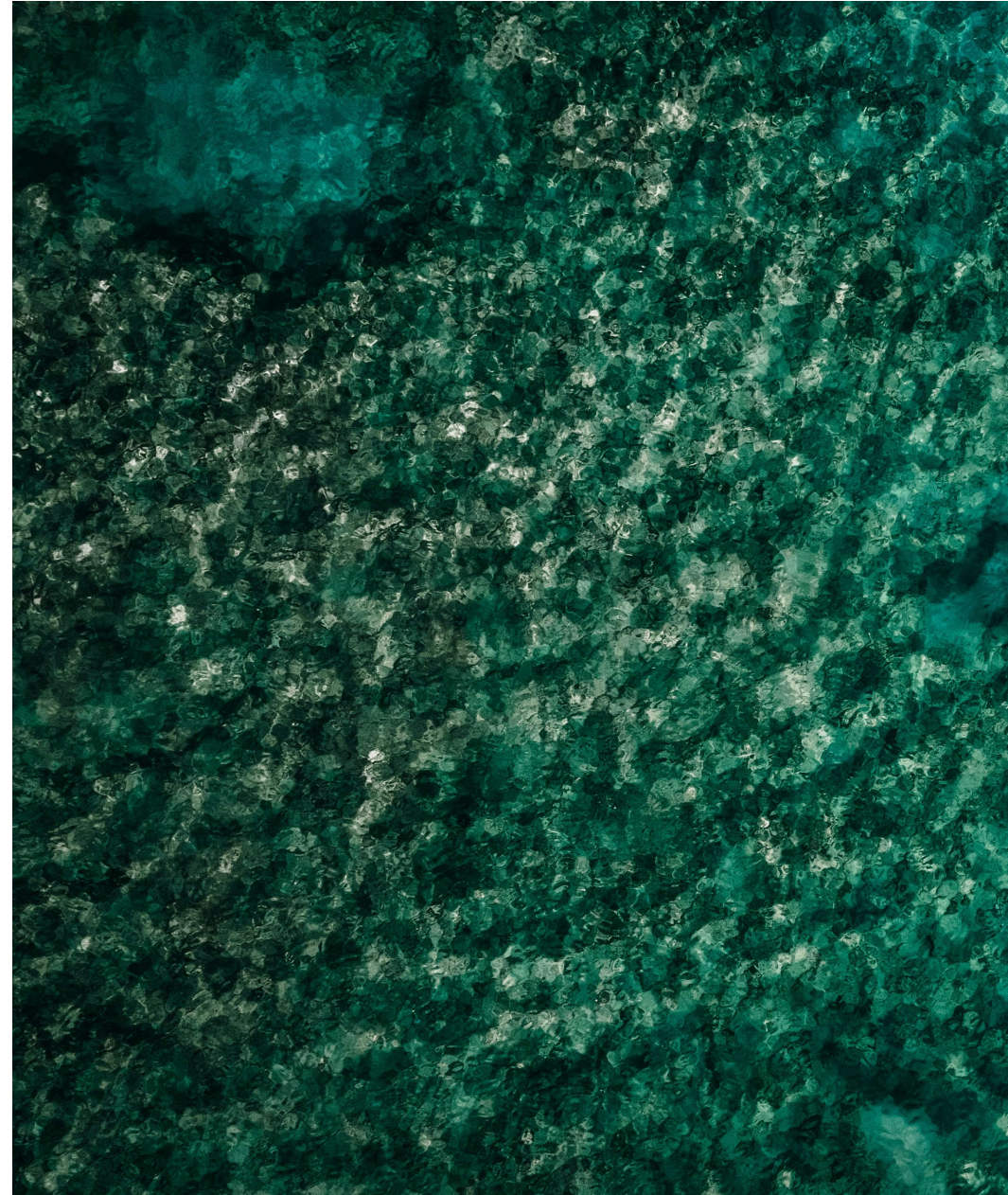


**Nea Rautiainen**

**15.6.2022**



**Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University**



# Sisällys

- Työn tausta ja tavoitteet
- Materiaalit
- Ruokavalioskenaariot
- Hermanninsaaren malli ja mallinnusolosuhteet
- Tulokset
- Johtopäätökset



# Työn tausta ja tavoitteet

## Jätevedenpuhdistamoiden kuormat vesistöihin kasvavat

- Väestön kasvu, tulotasojen nousu, lihan ja prosestoitujen ruokien kulutus, näiden kautta ruoantuotannon kasvaminen sekä lannoitteiden lisääntynyt käyttö. (Gao ym. 2018)
- Jätevedenpuhdistamoilta vesistöihin pääsee typpeä ja fosforia, jotka aiheuttavat rehevöitymistä.
- Ravinteiden puhdistaminen jätevedestä lisää puhdistamoiden energian- ja kemikaalien kulutusta, sekä typpioksiduulipäästöjä. (Maktabifard ym. 2022)
- Typpi ja fosfori ovat suureksi osaksi peräisin ihmisten ravinnosta ja typpi syödystä proteiinista. (Leach ym. 2012, Martinez ym. 2019)

## Työn tavoitteena arvioida ruoankulutuksen ja ravinnekuorman yhteyttä ja erityisesti proteiininkulutuksen vaikutusta jätevedenpuhdistukseen.

- Ruokavalion näkökulma jätevedenpuhdistukseen
- Voidaan arvioida paremmin ruokavalion ympäristövaikutuksia

# Materiaalit

**Kirjallisuuskatsaus, sekä FAO:n tilastot ja puhdistuslaitosten historiatietoja.**

**Porvoon vedeltä data Hermanninsaaren puhdistamo koskien.**

**Skenaarioiden mallinnukseen ja vaikutusten arviointiin apuna Dynamitan Sumo prosessimallinnusohjelmistoa**



# Ruokavalioksenaariot

## Nykytilanne

Faon tilastojen mukainen nykyinen energian- ja proteiininkulutus

## Ader

(Average daily energy requirement)

Faon määrittelemä keskimääräinen päivittäinen energiantarve ja nykytilanteeseen skaalattu proteiininkulutus

## THL17%

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen mukainen ravitsemussuositus, jossa 17% kokonaisenergiankulutuksesta peräisin proteiinista

## Mahdollinen

Nykyinen energiankulutus, josta 15% kokonaisenergiansaannista proteiinista

## Maksimi

Nykyinen energiankulutus, josta 20% kokonaisenergiansaannista proteiinista

# Ruokavaliokenaariot

## Nykytilanne

- 3340 kcal
- 118 g/hlö
- 14%

## Ader

(Average daily energy requirement)

- 2550 kcal
- 90 g/hlö
- 14%

## THL17%

- 2330 kcal
- 99 g/hlö
- 17%

## Mahdollinen

- 3340 kcal
- 125 g/hlö
- 15%

## Maksimi

- 3340 kcal
- 167 g/hlö
- 20%

# Mallinnusosuus

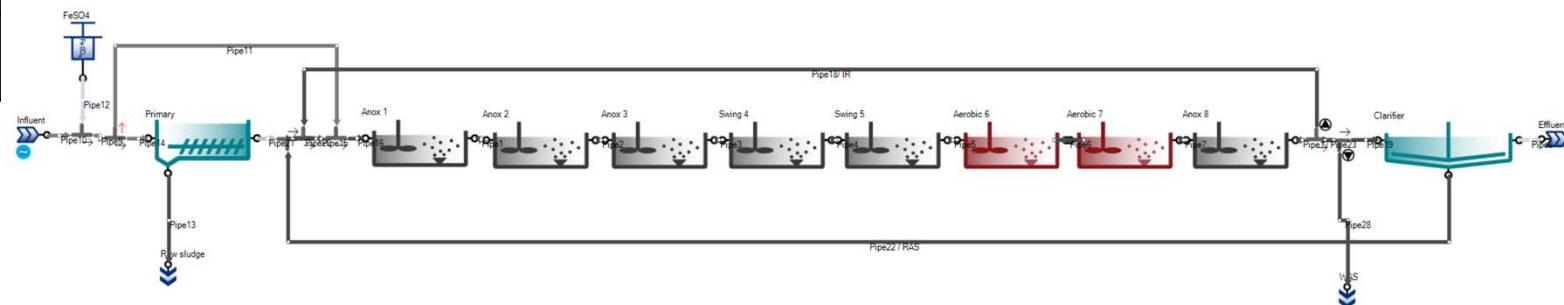
Case Hermanninsaari

# Hermanninsaaren puhdistamo ja mallinnus

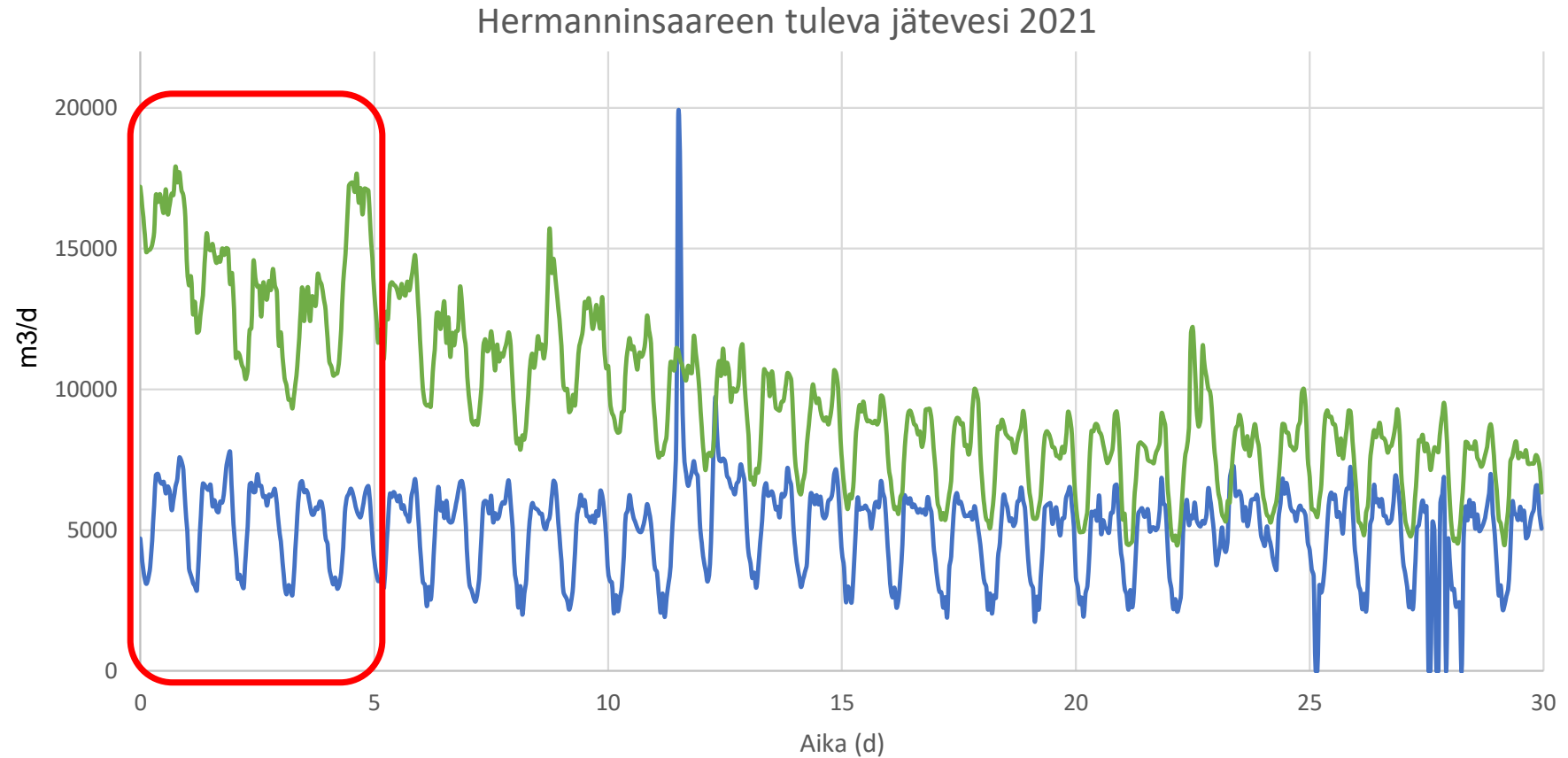
- Laitos on otettu käyttöön 2001
- Kiekkosuodatin 2018
- Kaksilinjainen biologis-kemiallinen puhdistusprosessi

Typpi	600 kg/vrk
Fosfori	85 kg/vrk
Virtaama	13 200 m <sup>3</sup> /vrk
Asukkaita	38 600 as. (FCG 2020)

- Yksinkertaistettu malli, ei huomioida flokkien kokoa ja laskeutuvuutta
- Jälkikiekkosuodatus puuttuu
- Mallinnuksessa huomioidaan vain muuttuva typpikuorma
- Mallin avulla voidaan arvioida ilmastusenergian- sekä kemikaalien kulutusta



# Hermanninsaaren virtaamadata



# Kevään ja syksyn mallinnusolosuhteet

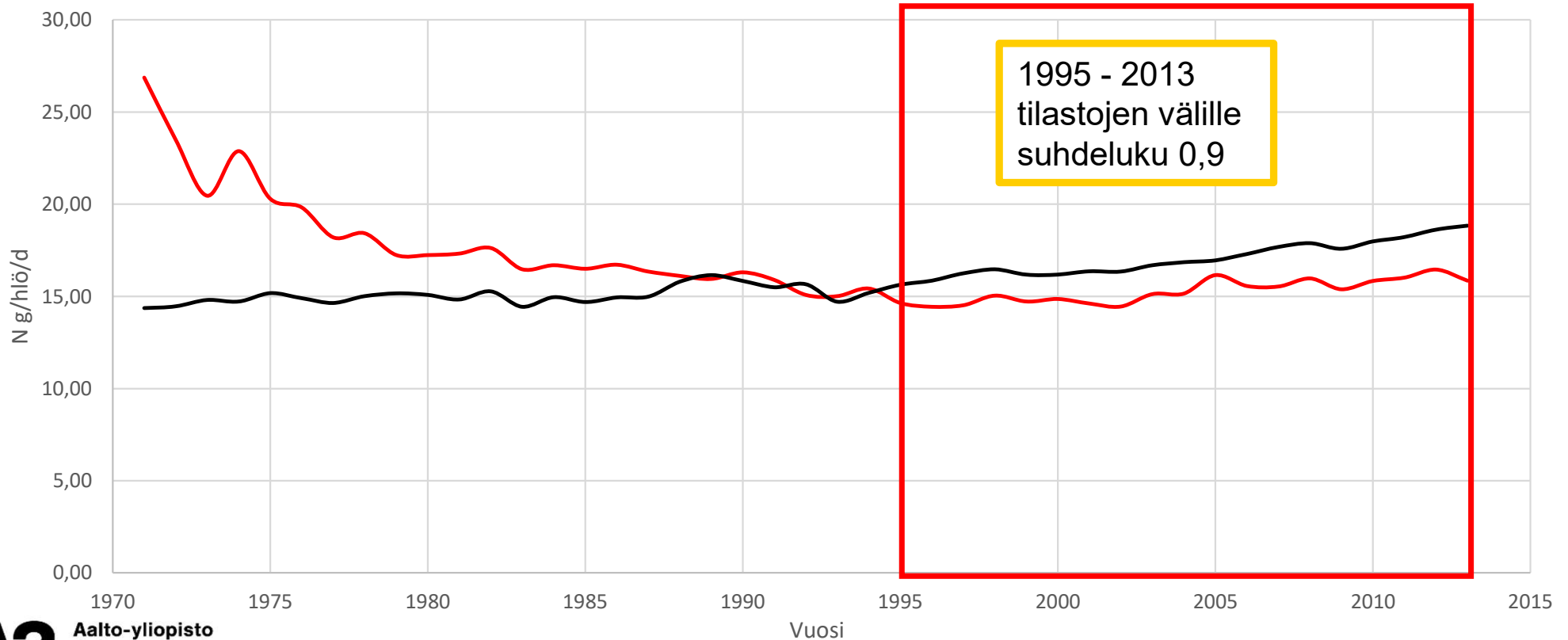
	Kevät	Syksy
Virtaama, m <sup>3</sup> /d	13 972	5 382
Lämpötila, C°	9	15
TCOD, g/m <sup>3</sup>	211	543
TP, g/m <sup>3</sup>	3,2	7,5
Lieteikä, d	16,6	20

FCG, 2021

# Tulokset

# Typpikuorman historiallinen kehitys

Typpikuorma henkilöä kohden



# Skenaarioiden typpikuorman muutos

	Ravinnon kuorma henkilöä kohden	Koko Porvoon kuorma	Puhdistamolle tuleva kuorma	Puhdistamolle tuleva kuorma	Kuorman muutos
<b>Skenaario</b>	g N/hlö/d	kg N/d	g N/hlö/d	kg N/d	%
<b>Nykytilanne</b>	18,9	797	17,0	654	0 %
<b>Ader</b>	14,4	609	12,9	499	-24 %
<b>THL 17%</b>	15,8	670	14,2	549	-16 %
<b>Mahdollinen</b>	20,1	849	18,0	695	6 %
<b>Maksimi</b>	26,7	1131	24,0	927	42 %

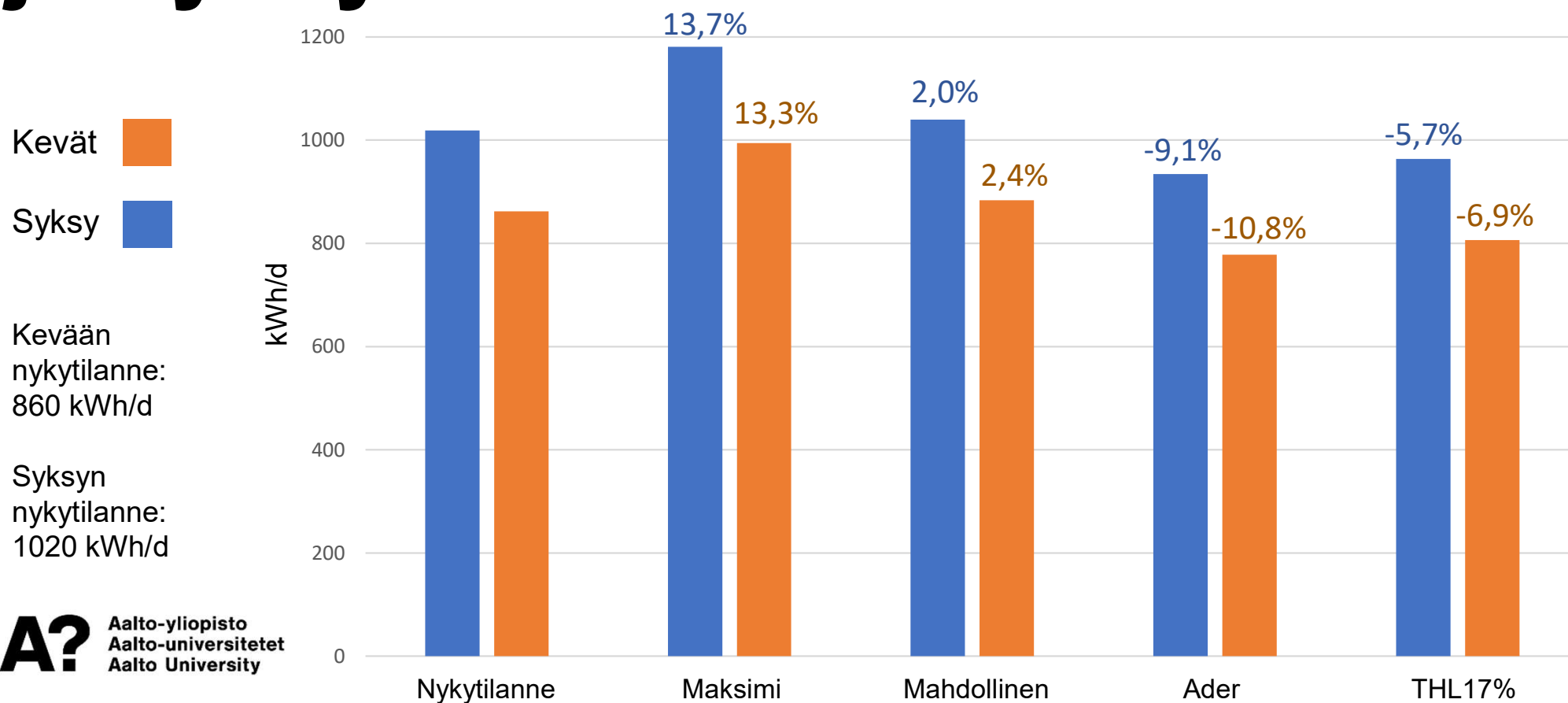
# Kevään ja syksyn puhdistus tulokset

Mallinnuksessa puhdistustulos keväällä 71% ja syksyllä 87% (maksimiskenaariossa 81%)

Kevät	Tulevan veden pitoisuus	SUMO lähtevä pitoisuus	SUMO lähtevä kuorma	Lähtevän typpikuorman muutos
Skenaario	g N/m <sup>3</sup>	g N/m <sup>3</sup>	kg N/d	%
Nykytilanne	23,4	6,9	192	0 %
ADER	17,8	5,2	145	-33 %
THL 17%	19,7	5,7	161	-20 %
Mahdollinen	24,9	7,3	205	6 %
Maksimi	33,2	10,1	281	32 %

Syky	Tulevan veden pitoisuus	SUMO lähtevä pitoisuus	SUMO lähtevä kuorma	Lähtevän typpikuorman muutos
Skenaario	g N/m <sup>3</sup>	g N/m <sup>3</sup>	kg N/d	%
Nykytilanne	60,8	7,9	85	0 %
ADER	46,3	6,0	65	-31 %
THL 17%	51,0	6,7	72	-19 %
Mahdollinen	64,6	8,4	91	6 %
Maksimi	86,1	16,6	178	52 %

# Ilmastusenergiankulutus keväällä ja syksyllä



# Typpioksiduulipäästöt ja CO<sub>2</sub>-ekv.

	Typpioksiduulipäästöt	Typpioksiduulipäästöt	Typpioksiduulin CO <sub>2</sub> päästöt	Muutos nykytilanteeseen
Skenaario	kg/vrk	t/v	t CO <sub>2</sub> -ekv./v	%
<b>Nykytilanne</b>	10,5	3,8	1013	0 %
<b>ADER</b>	8,0	2,9	772	-24 %
<b>THL 17%</b>	8,8	3,2	850	-16 %
<b>Mahdollinen</b>	11,1	4,1	1076	6 %
<b>Maksimi</b>	14,8	5,4	1 435	42 %

# Metanolin kulutus ja CO<sub>2</sub>-ekv.

	<b>K: Metanolin kulutus</b>	<b>S: Metanolin kulutus</b>	<b>K: Metanolin kulutuksen päästöt</b>	<b>S: Metanolin kulutuksen päästöt</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>Muutos nykytilantees een</b>
<b>Skenaario</b>	kg/vrk	kg/vrk	kg CO <sub>2</sub> - ekv./vrk	kg CO <sub>2</sub> - ekv./vrk	t CO <sub>2</sub> -ekv./v	%
<b>Nykytilanne</b>	58,2	0,0	26,9	0	9,8	0 %
<b>ADER</b>	0,0	0,0	0	0	0	0 %
<b>THL 17%</b>	0,0	0,0	0	0	0	0 %
<b>Mahdollinen</b>	97,5	0,0	45,0	0	16,4	67 %
<b>Maksimi</b>	324,7	71,9	150,0	33,2	66,9	581 %

# Herkkyystarkastelut

Lieteiän muutoksen tarkastelu maksimi ja nykyskenaarioille

Lämpötilanmuutoksen tarkastelu nykytilanteella keväälle ja syksyille

Skenaario	Muutos nykytilanteeseen
Maksimi 12d liete	-9,2 %
Maksimi 15d liete	-7,4 %
Maksimi 20d liete	-6,2 %
Nykytilanne 12D liete	-7,5 %
Nykytilanne 14D liete	-2,6 %
Nykytilanne 16D liete	-0,4 %
Nykytilanne 18D liete	-0,7 %

	Skenaario	Muutos nykytilanteeseen
Kevät	Nykytilanne 11C	-1,9 %
	Nykytilanne 10C	-1,1 %
	Nykytilanne 8C	-1,6 %
Syksy	Nykytilanne 7C	-3,9 %
	Nykytilanne 13C	-0,2 %
	Nykytilanne 14C	-0,1 %
	Nykytilanne 16C	-0,1 %
	Nykytilanne 17C	-0,1 %

# Johtopäätökset

- Ruokavaliolla on merkittävä rooli jätevedenpuhdistamoiden vesistökuormiin
- Ruokavalion näkökulma mukaan jätevedenpuhdistuksen ympäristövaikutusten tarkasteluun

**24%** vähemmän typpioksiduulipäästöjä kun proteiininkulutus vähenee 24%

**6-10%** pienempi ilmastusenergiankulutus jos proteiinin syönti laskisi 16-24%

Jokaisella on mahdollisuus vaikuttaa jätevedenpuhdistukseen omalla kulutuksella!

# Lähteet

Gao, Bing, Yunfeng Huang, Wei Huang, Yalan Shi, Xuemei Bai, ja Shenghui Cui. 2018. "Driving Forces and Impacts of Food System Nitrogen Flows in China, 1990 to 2012". *Science of The Total Environment* 610–611 (tammikuuta): 430–41. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.071>.

FAO. 2001. "Food balance sheets - A Handbook". Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. <https://www.fao.org/3/x9892e/x9892e00.pdf>.

FCG, 2021. Puhdistamotarkkailut.

FCG. 2020. "Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamon päästötarkkailu - PDF Ilmainen lataus.pdf". Helsinki: FCG Finnish Consulting Group Oy.

Leach, Allison M., James N. Galloway, Albert Bleeker, Jan Willem Erisman, Richard Kohn, ja Justin Kitzes. 2012. "A Nitrogen Footprint Model to Help Consumers Understand Their Role in Nitrogen Losses to the Environment". *Environmental Development* 1 (1): 40–66. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2011.12.005>.

Maktabifard, Mojtaba, Alexis Awaitey, Elina Merta, Henri Haimi, Ewa Zaborowska, Anna Mikola, ja Jacek Małkinia. 2022. "Comprehensive Evaluation of the Carbon Footprint Components of Wastewater Treatment Plants Located in the Baltic Sea Region". *Science of The Total Environment* 806 (helmikuuta): 150436. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150436>.

Martinez, Sara, Sergio Alvarez, Ruben Martinez Marin, ja Maria del Mar Delgado. 2019. "Food Consumption Contribution to Nitrogen Pollution of Cities in Northern and Southern Europe". *Sustainable Cities and Society* 50 (lokakuuta): 101655. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101655>.

Säylä, Jonne. 2015. "Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013" 2015: 30.

# Kiitos!



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

Nea Rautiainen  
nea.rautiainen@aalto.fi

# Kiitokset työn mahdollistamisesta!

Porvoon **vesi** Borgå **vatten** 



# Virhelähteet

- Syken raporttien historiatietojen tilastointi
- Huomioitava että FAO:n tilastojen peruste keskiarvoja
- Proteiinin typpisisältö vaihtelee ruoka-aineiden välillä
- Henkilökohtaisen energiankulutuksen arviointia on mahdotonta arvioida tarkasti

# Ilmastusenergian laskeminen

$$AE = \frac{S_O^{sat}}{1.8 \times 1000} \left( \sum_{i=1}^5 V_i K_L a_i \right)$$

Jossa,

$S_O^{sat}$  = dissolved oxygen concentration at saturation = 8 [g.m<sup>-3</sup>]

$K_L a_i$  = Oxygen mass transfer coefficient in the reactors ( $i = 1, \dots, 8$ ) [d<sup>-1</sup>]

$V_i$  = Reactor volumes [m<sup>3</sup>]

$Q_A$  = Internal recirculation flowrate [m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>]

$Q_R$  = External recirculation flowrate (RAS) [m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>]

$Q_W$  = Excess sludge (WAS) [m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>]