

# FOSFORINPOISTON KEHITTYMINEN 1980–2020

Risto Saarinen  
Toimitusjohtaja  
Porvoon vesi

[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)

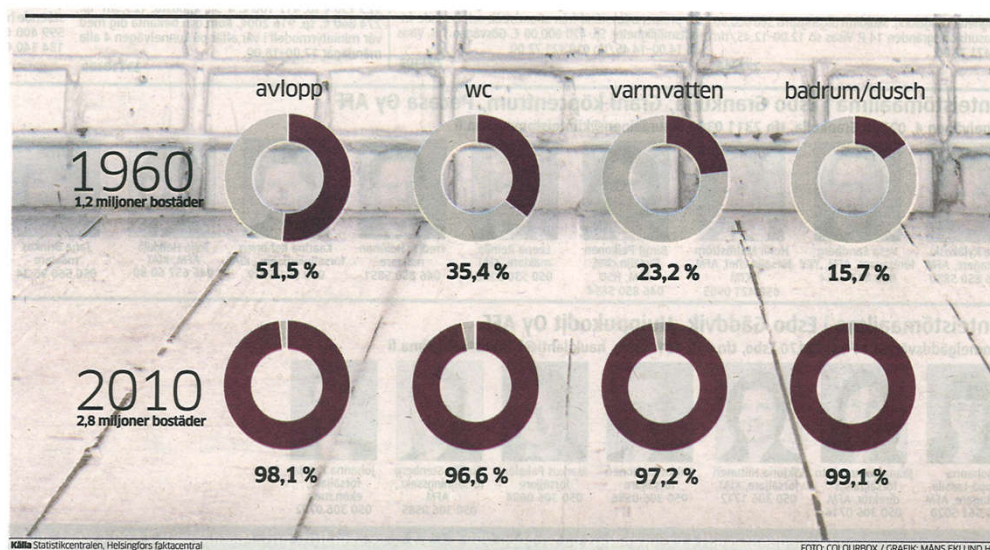


## Yhteenveto

- Fosforinpoisto osataan Suomessa
- Osaaminen ja tekniset ratkaisut ovat parantuneet
- On aika arvioida, tarvitaanko vesien tilan parantamiseen edelleen uusia askelia jätevedenpuhdistamoiden fosforinpoistossa.

[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)





[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)

## Fosforin käyttäytyminen

- Jäteveden fosfori
  - Ortofosfaattina  $PO_4^{3-}$
  - Sitoutuneena orgaanisiin molekyyleihin, joista vapautuu ortofosfaatiksi
  - Pieni osa polyfosfaatteina, jotka eivät hajoa tai reagoi ja niitä on vaikea poistaa.
- Solujen energiatasapainoreaktiot
  - Energiaa vapautuu: Adenosiinitrifosfaatti ATP → ADP → AMP
  - Energiaa sidotaan päinvastaisessa reaktioketjussa
- Biologinen jv-puhdistus
  - Perustuu biomassan kasvuun ja soluhengitykseen, jotka kuluttavat jäteveden orgaanista ainesta
  - Merkittävä määrä fosforia sitoutuu solumassaan. Assimilaatioon kuluu 30–40 % fosforista.
  - Biomassan ravintetarve arvioitavissa BHK : N : P –suhteen avulla (100 : 5 : 1)
- Fosforin tehostettu poisto tarpeen vesistön kannalta
  - Fosfori leväkeasvua rajoittava tekijä
  - Assimilaatiossa ei sitoudu riittävästi fosforia
  - Käsittelyn jälkeen runsaasti fosforia verrattuna luonnonvesiin

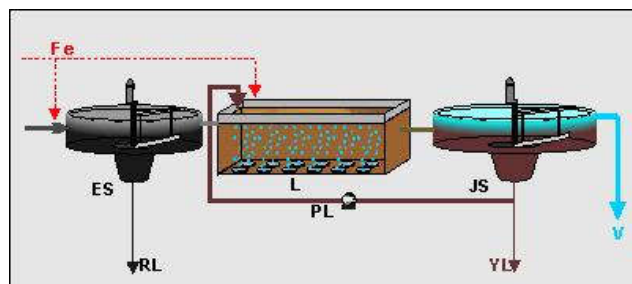


[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)

## Puhdistamoiden rakentaminen käynnistyi

- Vesilaki 1961, vesiasetus 1962
  - Vesistön pilaamiskielto, lupahakemus, lupamääräykset pilaamisen rajoittamiseksi
- Rakentaminen käyntiin laajemmin 1970-luvulla
- Prosessiratkaisuuina rinnakkaisaostus ja suorasaostus



#vesihuolto2018  
@saarinen\_risto

Porvoon vesi  
Borgå vatten

## Rinnakkaisaostus

- Sveitsissä ja Suomessa kehitetty
- Porissa titaanidioksidituotannon sivutuotteena ferrosulfaatti
- Aluksi riittävä annostus, myöhemmin säätäminen jäännösfosforin avulla, sitten kaksipistesyöttö ja polymeerin käyttö
- Reaktiot
  - Ferrosulfaatin liukeneminen:
 
$$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 7 \text{H}_2\text{O}$$
  - Raudan hapettuminen kolmenarvoiseksi:
 
$$\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
  - Rautafosfaatin saostuminen:
 
$$\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4$$

#vesihuolto2018  
@saarinen\_risto

Porvoon vesi  
Borgå vatten

## Suorasaostus

- Yksinkertainen ja halpa prosessi
  - Metallihydroksidi + metallifosfaatti
  - Pikasekoitus ja flokkaus
  - pH:n säätö oleellinen
- Sammutettu kalkki aluksi yleisin saostuskemikaali
- AVR (rautapitoinen alumiinisulfaatti)
- Finnferri (rautakloridi/sulfaatti) ... PIX
- Ansu (alumiinisulfaatti)
- Kempac (polyalumiinkloridi) ... PAX
- Muitakin laatuja ja toimittajia

Partek  
Boliden  
Finnish Chemicals  
/ Kemira  
Kemira  
Kemira

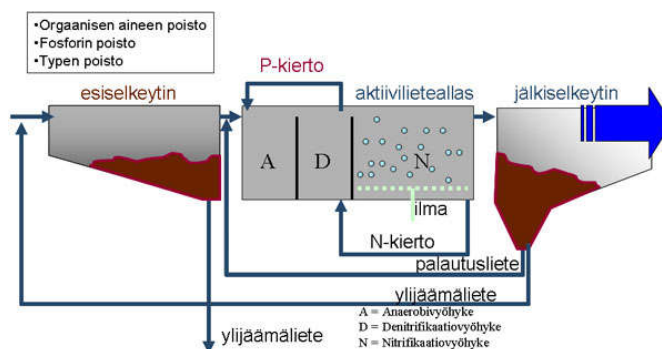


[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)

## Biologinen fosforinpoisto

- Ei yleistynyt Suomessa
- Edellyttää aina myös saostuskemikaalin käyttöä



[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)



## 2000-luku

- Suorasaostuslaitoksista luovutaan
- Aktiivilieteprosessi päämenetelmä
- Muita menetelmiä: biologinen suodatin, bioroottori, MBBR, MBR
- Tertiäärikäsittely yleistyy
  - Flotaatio
  - Hiekkasuodatus (jatkuvatoiminen)
  - Kiekkosuodatus
- Ohitusvesien käsittelyyn ryhdytty
  - Mikrohiekkalla tehostettu lamelliselkeytys
  - Kiekkosuodatus
- Joissain täydentävissä menetelmissä vain kiintoaineen erotuksen tehostus, joissain myös kemiallinen saostus ja flokkaus

[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)



## Vaatimusten kiristyminen edisti/edellytti teknistä kehittymistä

- 1,5 mg/l
  - Säkkiannostelu / irtotavaran "viikkotason annostelu"
- 1,0 mg/l
  - Jäännösfosforin mittaus
  - Annosteluliuksen tarkkailu
- 0,5 mg/l
  - Kaksipistesyöttö
  - Jatkuvatoiminen fosforin mittaus
  - Selkeytyksen tehostus polymeerillä
- 0,3 mg/l
  - Väljä mitoitus ja/tai tertiäärikäsittely
  - Ohitusvesien käsittely
- 0,1 mg/l
  - Membraaniprosessit

[#vesihuolto2018](#)

[@saarinen\\_risto](#)



## Joko riittää?

- Esimerkkinä Porvoo

- Porvoonjoen suulla 5-7 % fosforista peräisin yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilta
- Merialue:

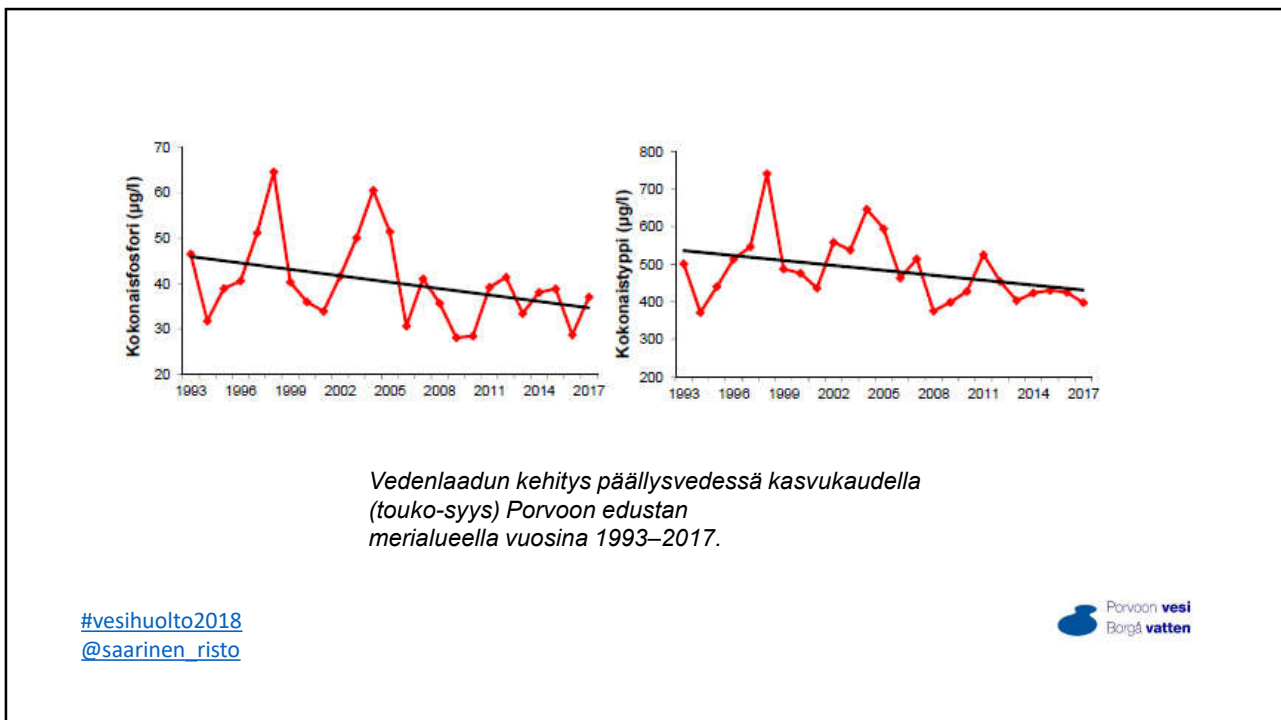
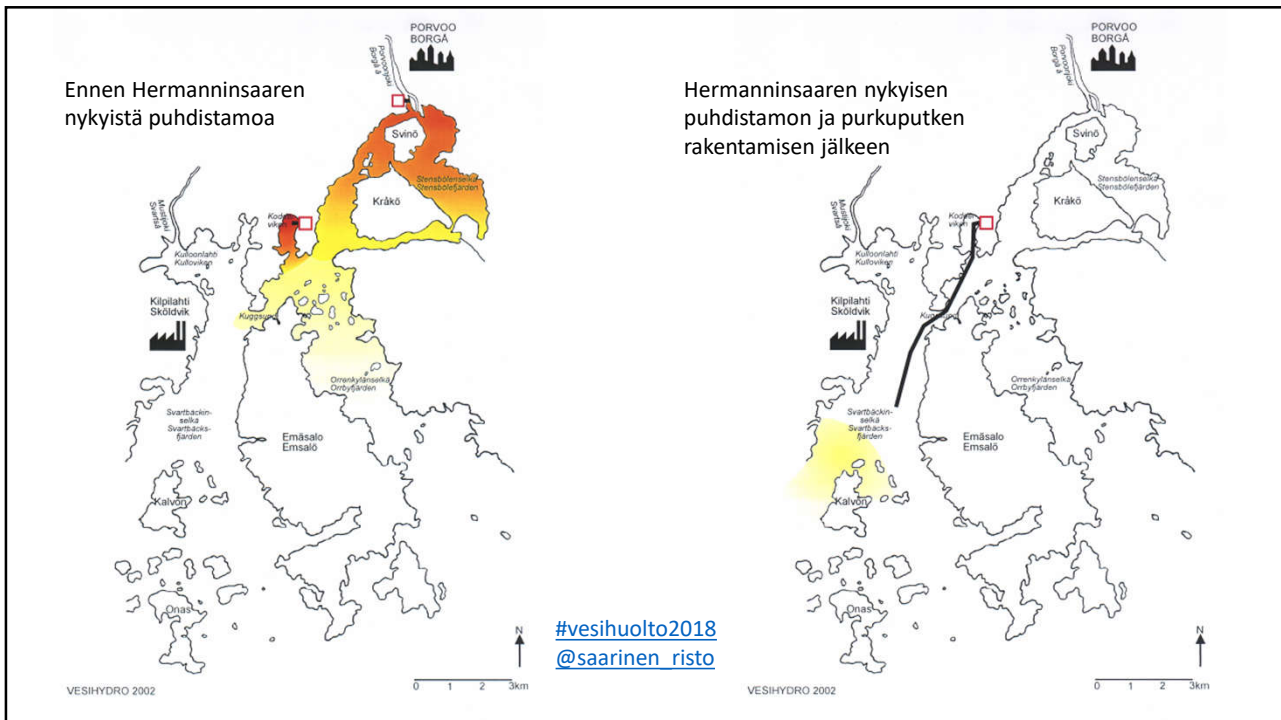
| Kuormitusosuudet 2017           | kok. P<br>% | kok. N<br>% |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| Porvoonjoki ja Mustijoki        | 96,4        | 94,2        |
| Tolkkisten biovoimalaitos       | 0,02        | 0,02        |
| Kilpilahden teollisuusjätevedet | 2,7         | 2,5         |
| Hermanninsaaren jyp             | 0,9         | 3,3         |

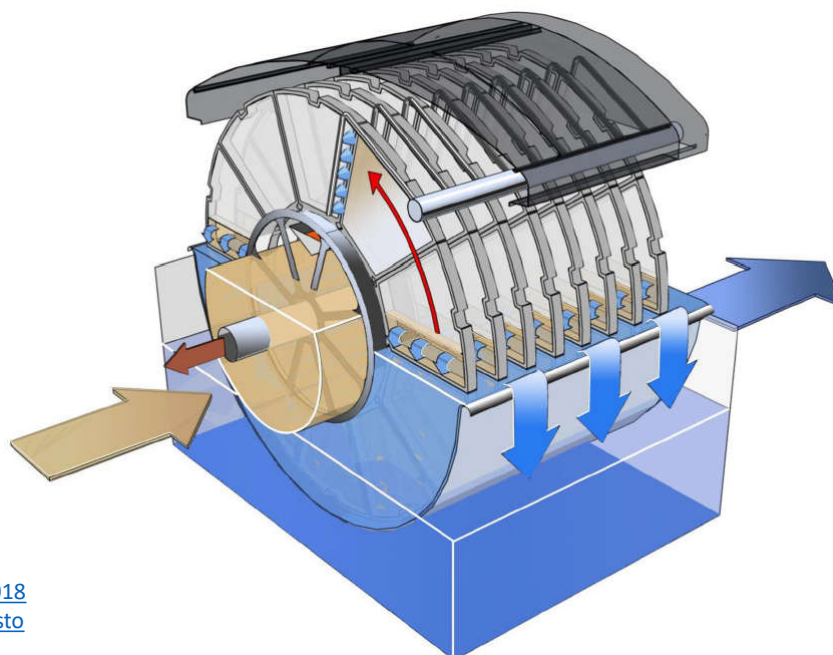
[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)



[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)

12





[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)

Parvoon **vesi**  
Borgå **vatten**

## Hermanninsaaren puhdistamo

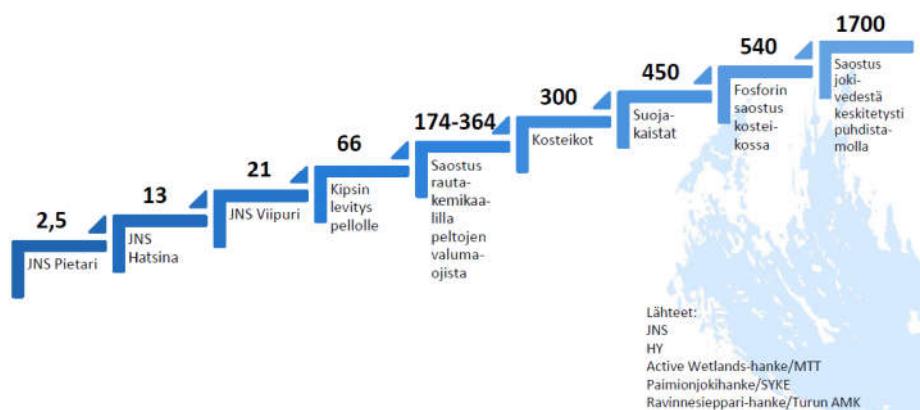
- Tulokuorma 90 kg/d, keskiarvo vuosina 2014-2016.
- Vesistökuormitus 2,4 kg/d, keskiarvo vuosina 2014-2016.
- Kiekkosuodatus (alustavia arvioita)
  - Vesistökuormitus 1,2 kg/d
  - Investointi 1,5 milj. €
  - Vuosikustannus 0,15 milj €
  - Päästövähennyksen hinta 340 €/kg P

[#vesihuolto2018](#)  
[@saarinen\\_risto](#)

Parvoon **vesi**  
Borgå **vatten**



## Kustannustehokkuuksia, eur/kgP



#vesihuolto2018  
[@saarinen\\_risto](https://twitter.com/saarinen_risto)