



# NPHARVEST – TYPEN TALTEENOTTO REJEKTIVEDESTÄ – UUSI ENERGIAEHOOKAS TEKNOLOGIA

Vesihuoltopäivät 2018

JuhoKajunen 24.5.2018

## Sisältö

Miksi typpeä kannattaa ottaa talteen?

NPHarvest ja typen kierto

Pilotti ja testit

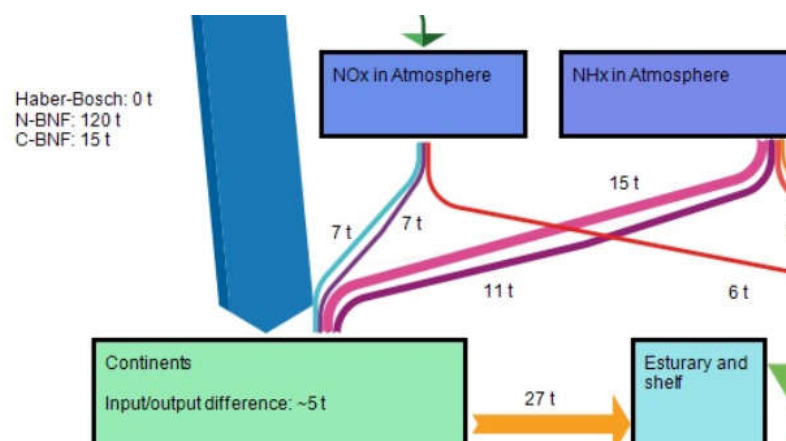
Tulokset



## Typen talteenoton hyödyllisyys

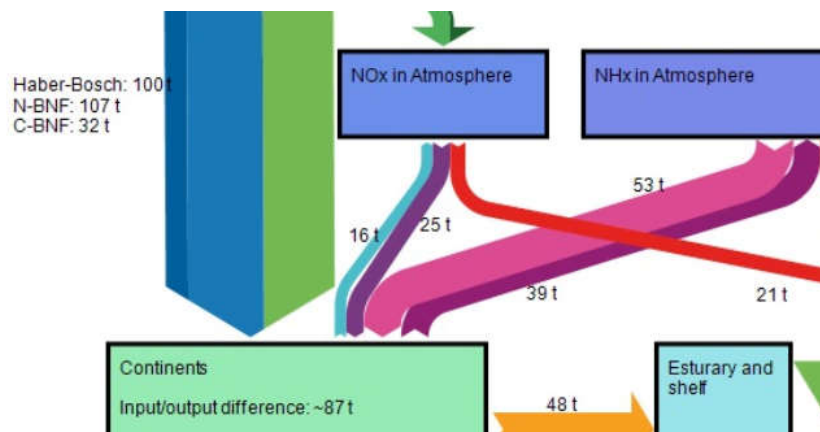
- Ihmiskopulaatio pystytään ruokkimaan tehokkaiden lannoitteiden käytön ansiosta
- Typeä sidotaan ilmakehästä Haber-Bosch prosessilla
  - Ilmakehän voidaan ajatella olevan loppumaton typpilähde
  - HB on kuitenkin hyvin energiaintensiivinen prosessi
    - 2 % mailman energiankulutuksesta kuluu tähän prosessiin (Liu 2014)
- Lannoitteiden käyttö kuitenkin muuttaa typen luonnollista kiertoa
  - Reaktiivisen typen määrä on kasvanut ja kasvaa luonnossa

## Typpivirta 1860



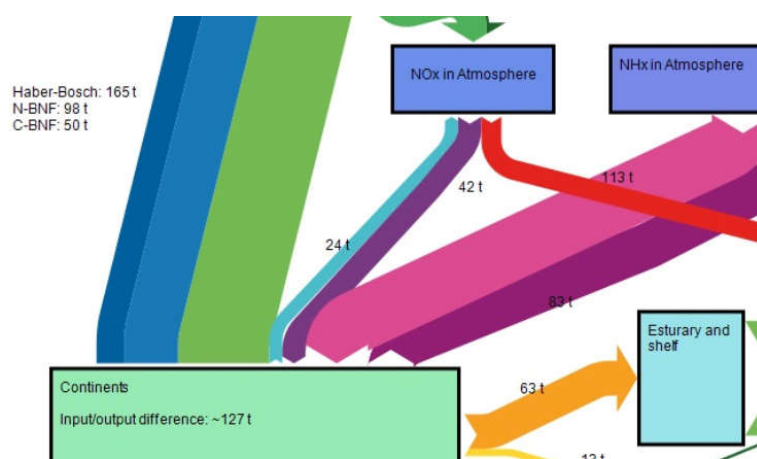
Modified from Galloway 2004

## Typpivirta 1990



Modified from Galloway 2004

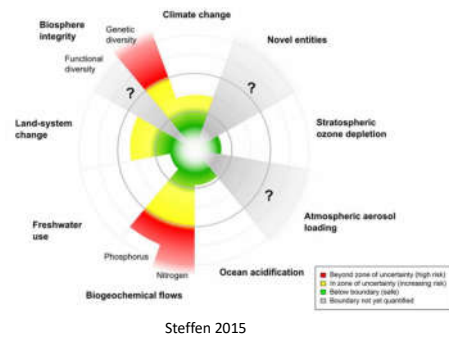
## Typpivirta 2050



Modified from Galloway 2004

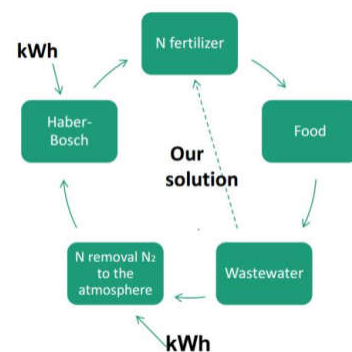
## Typen turvallisen käytön rajapyykki (safe planetary boundary)

- Reaktiivisen typen määrän kasvu vaikuttaa monella tavalla, muun muassa:
  - Rehevöityminen
  - Otsonikato
  - Valtamerien happamoituminen
- Typen kierto on jo muuttunut pysyvästi (Steffen 2015)



## NPHarvest

- Ajatuksena on vähentää energian kulusta ottamalla talteen typpi suoraan jätevedestä
- Prosessissa saostetaan myös fosforia
- Typen talteenottoteknologia perustuu hydrofobiseen kalvoon joka passiivisesti erottaa ammoniakkin jätevedestä
- Prosessikemikaaleina käytettiin kalsiumhydroksidia ja rikkihappoa
- Jätevetenä käytettiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamon rejektivettä

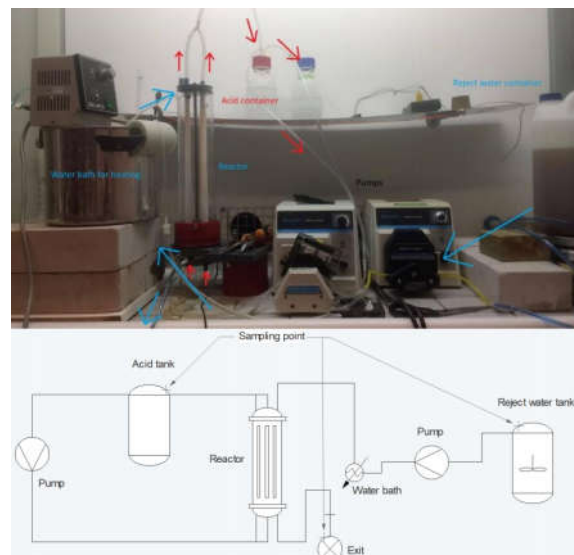


## Työn tavoitteet

1. Rakentaa jatkuvatoiminen pilottireaktori ja optimoida sen toiminta typen talteenottoa varten
2. Kerätä tarpeeksi dataa prosessin ylös skaalaamista varten
3. Arvioida tekniikan taloudellista potentiaalia

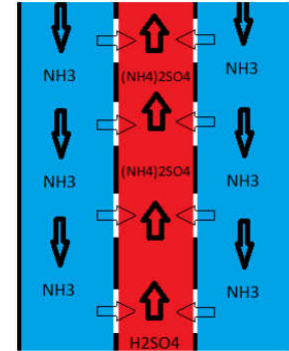
## Labrapilotti

- Pieni kahden litran reaktori
- Sisällä kaksi kalvoputkea
- Happoa kierrätettiin, rejekti kulki systeemin läpi
- Optimoitavat parametrit
  - Rejektiveden hydraulinen viipymäaika reaktorissa
  - Hapon kiertonopeus
  - Rejektiveden pH
- Muita testattuja ominaisuuksia
  - Hapon tyyppi, kalvon paksuus ja kalvopinta-ala



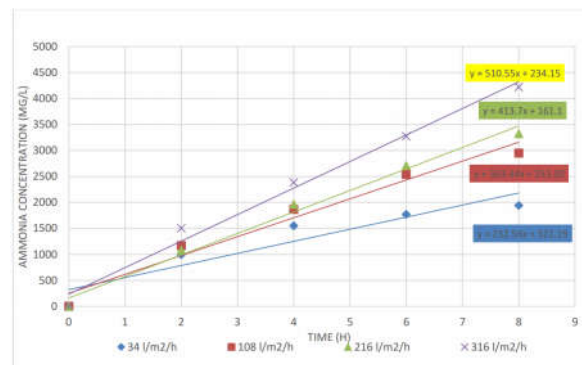
## Reaktorin toimintaperiaate

- Rejektiveden pH nostettiin lisäämällä veteen kalsiumhydroksidia
- Ammoniumi -> ammoniakki
- Kiintoaineen saostuminen
- Hydrofobinen kalvo
  - Ammoniakki kulkeutuu kalvon läpi ja reagoi sen sisällä virtaavaan happoon
    - *Ammoniakki ja happo reagoivat ammoniumsulfaatiksi*

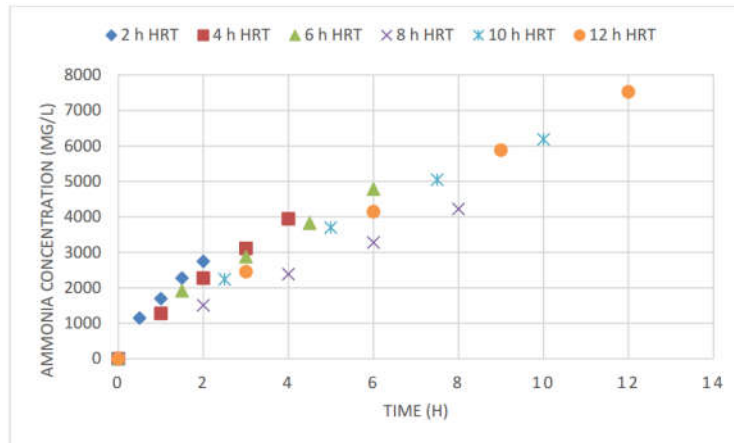


## Tulokset

- Nopeampi happokierto jouduttaa ammoniakin kulkeutumista kalvo yli
- Kokeissa käytettiin 300 l/m<sup>2</sup>/h
- Pidempi hydraulinen viipymäaika paransi saantoprosenttia
- Hydraulinen viipymäaika ei kuitenkaan parantanut ammoniakin kulkeutumista kalvon yli



## Tulokset



## Tulokset

### pH

- pH: nostaminen siirtää ammoniumi-ammoniakki-tasapainoa ammoniakin suuntaan
  - Parhaimmat tulokset saatiin kun pH oli yli 12

### Kalvopinta-ala ja -paksuus

- Pinta-alan kasvattaminen nostaa saantoa
- Kalvon paksuudella ei ollut vaikutusta

### Hapon tyyppi

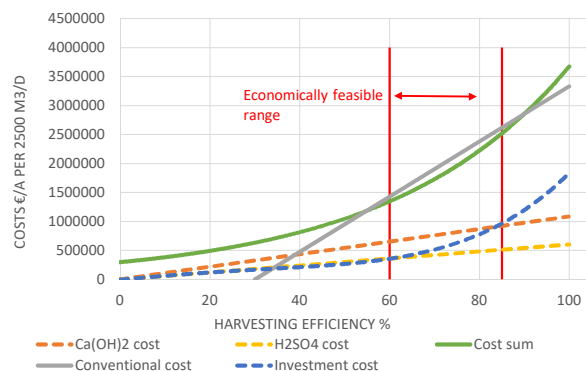
- Ei vaikutusta

## Lopputuote

- Ammoniakkikonsentraatio hapossa oli tyypillisesti 4-6 g/l (3.2-4.9 g/l N; 15,3-22,9 g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )
- Teoreettisesti samalla laitteistolla maksimi ammoniakkikonsentraatio olisi 34 g/l (28 g/l N; 130 g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )
- Hapon vahvuuden kasvattaminen nostaisi lopputuotteen vahvuutta entisestään

## Talousarvio

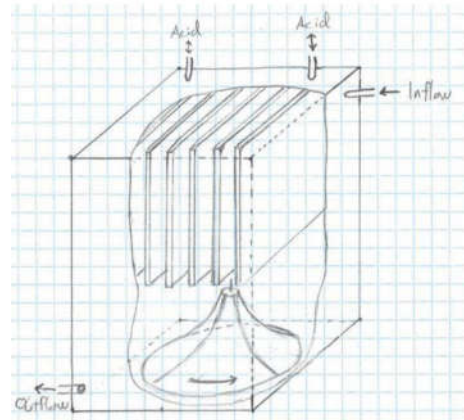
- Arvio tehtiin ajatellen laitosta, jossa tuotetaan rejektia, joka laitetaan takaisin puhdistusprosessiin sellaisenaan
- RW virtaama = 3000 m<sup>3</sup>/d
- Perinteisen prosessin kustannukset: 8 €/kg-N
- NPHarvest-prosessin osakustannukset
  - Kalsiumhydroksidi
  - Rikkihappo
  - Investointikustannus
- Ammoniumsulfaatilla ei oletettu olevan jälleenmyyntiarvoa





## Conclusions

- Typen talteenotto tällä reaktorilla toimii
- Talteenottotehokkuus kasvoi lineaarisesti 2 ja 8 tunnin viipymääjan välillä
- 60 % talteenotto saavutettiin 8 tunnissa
- Prosessin arvioitiin olevan tietyissä tapauksissa taloudellisesti kannattava
- Taloudellisen kannattavuuden eteen pitää kuitenkin tehdä jatkotutkimusta
- Seuraavan vaiheen pilotti on suunnitteilla ja totetutetaan Viikinmäessä



## Lähteet

- Galloway, J. (2004). Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future. *Biogeochemistry*, 70(2), pp. 153-226
- Liu, H. (2014). Ammonia synthesis catalyst 100 years: Practice, enlightenment and challenge. *Chinese Journal of Catalysis*, 35(10), pp. 1619-1640.
- Steffen, W. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), pp. 736-747.
- Rothrock, M. (2013). Recovery of ammonia from poultry litter using flat gas permeable membranes. *Waste Management*, 33(6), pp. 1531-1538.