

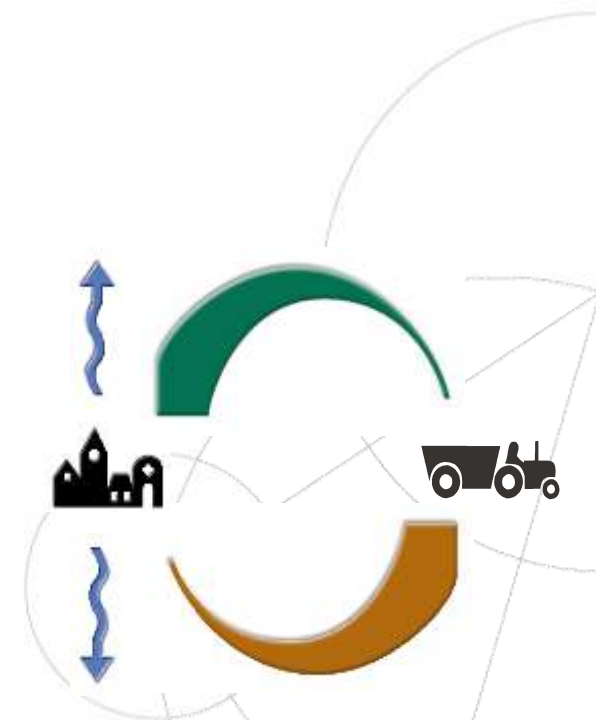


Recirkulering af fosfor fra byerne – cirkulær økonomi

Recirkulering af fosfor fra kildesorteret organisk affald, slam fra rensningsanlæg, aske, samt affald fra industri og handel

Jakob Magid

Information, København, 18. april 2018



Lidt om estimerede P mængder

| Kilde | Fosfor (Ton) |
|-----------------------------|--------------|
| Organisk affald husholdning | 1.090 |
| Organisk affald service | 264 |
| Organisk affald industri | 5000 |
| Kød og benmel - kategori 1 | 800 |
| Kød og benmel - kategori 2 | 1.200 |
| Kød og benmel - kategori 3 | 1.400 |
| Spildevandsslam | 4.300 |
| Husdyrgødning | 47.000 |
| Total | 61.054 |

Fra Oelofse et al (2013, 2016):

Kildesorteret 34 t
Forbrændning 526 t
Have park 394 t

Service sektor 22 t

Visse af de angivne
skøn virker højt sat

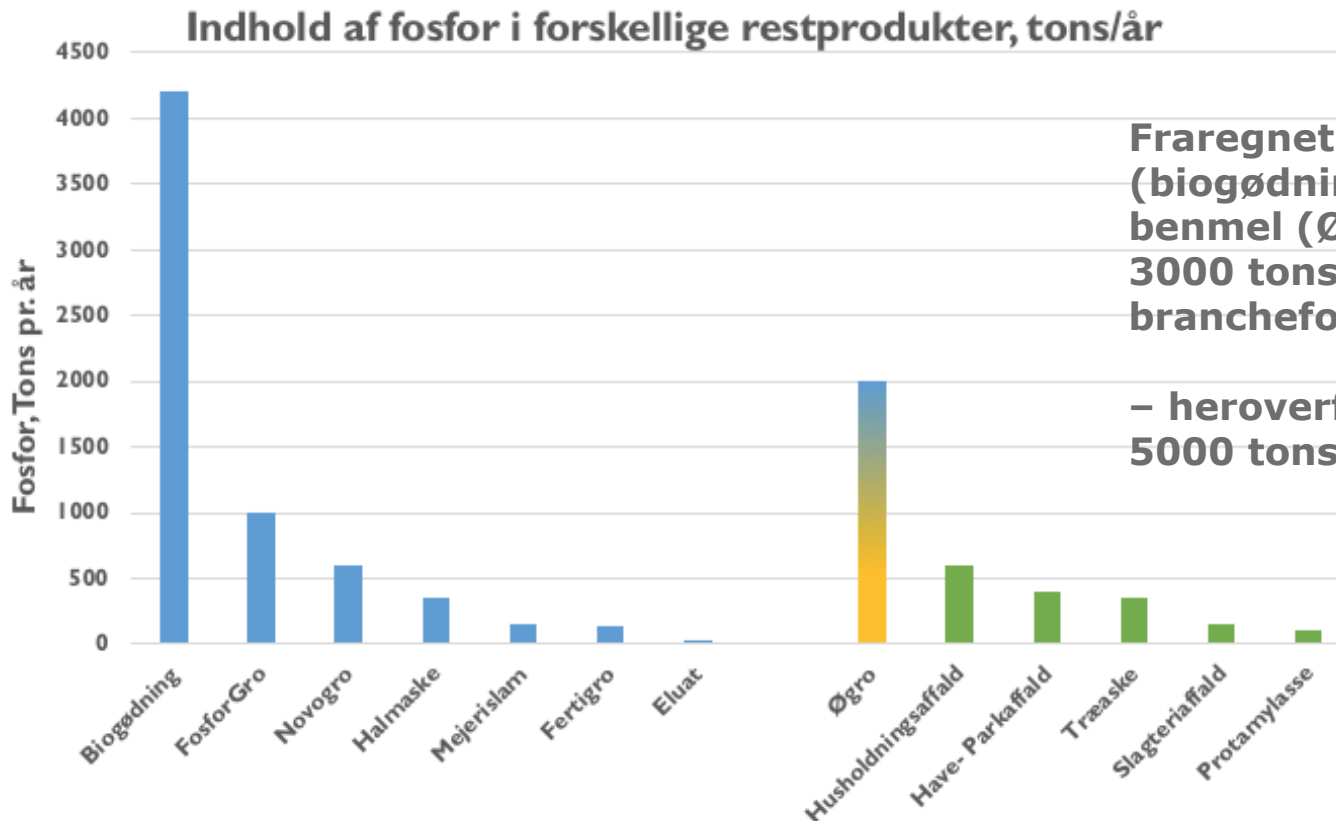
Hvis det samlede
landbrugsareal sættes
til 2.65 mio hektar –
svarer en ligefordeling
af alt dette til 23 kg P
per hektar – hvilket
burde være fuldt
tilstrækkeligt

Fra: Danmark uden affald Ressourceplan for
affaldshåndtering 2013-2018 Vejledning fra
Miljøstyrelsen nr. 4, 2014

Oelofse, M., Jensen, L.S. & Magid, J. 2016. Erratum to:
The implications of phasing out conventional nutrient
supply in organic agriculture: Denmark as a case. *Organic
Agriculture*, 6, 153, (At:
<https://doi.org/10.1007/s13165-015-0139-x>).
Oelofse, M., Jensen, L.S., Magid, J., LS, J. & Magid, J.
2013. The implications of phasing out conventional
nutrient supply in organic agriculture: Denmark as a
case. *Organic Agriculture*, 3, 41–55.



Branchens eget skøn



Fraregnet spildevandsslam (biogødning) og kød og benmel (Øgro) er der ca. 3000 tons anslået af brancheforeningen

– heroverfor er MST's skøn 5000 tons



Grundlæggende antagelser ...

I de fleste restprodukter fra dyr- og mennesker finder vi utallige stoffer, som vi i den bedste af alle verdener vil undgå at sende tilbage til fødevarsystemet:

medicin rester, persistente organiske forurenende stoffer, tungmetaller, mikroplastik og patogener, hvoraf nogle kan være multiresistente.

Vi formoder, at agro-økosystemer er mere robuste og modstandsdygtige over for skadevirkninger af mange uønskede stoffer end det er gængs at antage for tiden.

Vi formoder at vi har brug for denne modstandskraft til at hjælpe os i retning af en cirkulær økonomi, hvor genbrug spiller en fremtrædende rolle.



Improved Phosphorus Recycling in Organic Farming: Navigating Between Constraints – diskussion af dilemmaer ...

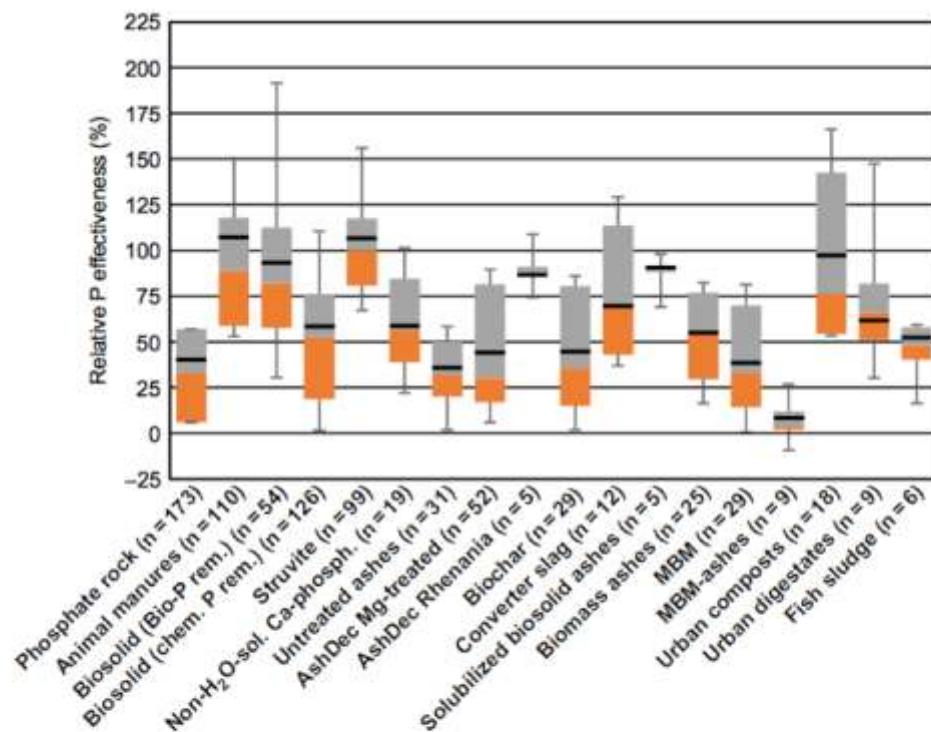


Figure 1. Phosphorus fertilizer efficiency of alternative P fertilizers (first year effect) relative to a water-soluble P fertilizer (from Möller et al, 2018). Plot indicates 50% of the values, whiskers 90%, the thick bar indicates the mean, and N signifies the number of studies in contributing data to the compilation.

Moeller, K., Oberson, A., Bunemann, E.K., Cooper, J., Friedel, J.K., Glaesner, N., Hoertenhuber, S., Loes, A.-K., Mader, P., Meyer, G., Mueller, T., Symanczik, S., Weissengruber, L., Wollmann, I. & Magid, J. 2018. Improved Phosphorus Recycling in Organic Farming: Navigating Between Constraints. In: *ADVANCES IN AGRONOMY, VOL 147*, pp. 159–237.

Relativ virkning ifht vandopløselig P gødning

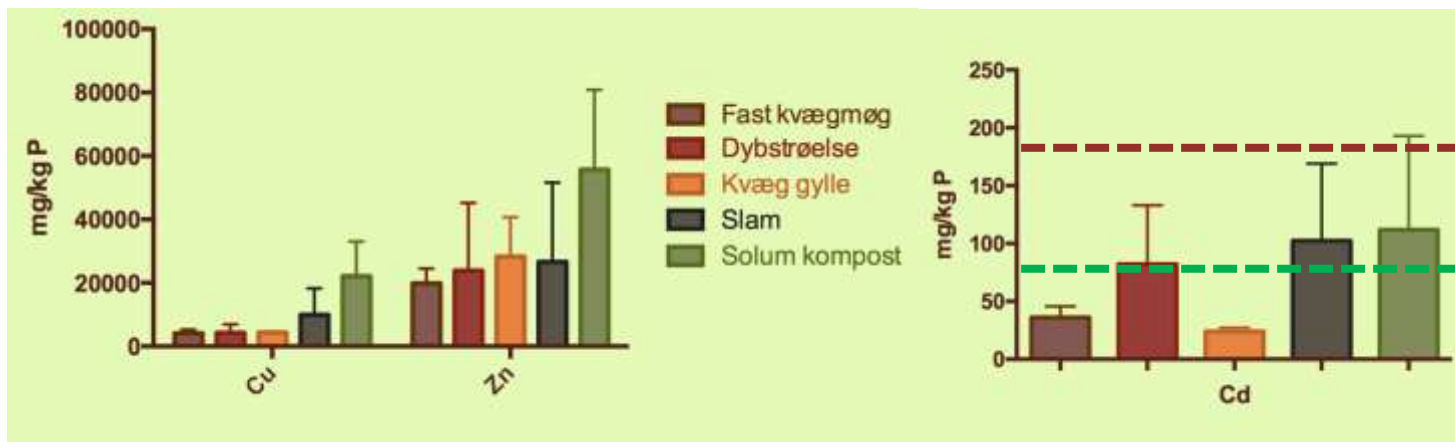
- 1) Spildevands slam- biologisk P fældning, 90% (54 observationer),
- 2) Kemisk P fældning, 60% (126 observationer),
- 3) ubehandlet aske fra slam, 30% (31 observationer),
- 4) ASH-DEC® Mg-behandlet aske, 45% (52 observationer)
- 5) komposteret byaffald ca 100% (18 observationer)

Generel forringelse af virkning ved forbrænding



Sammenligning på tværs af ressourcer

egne data (2003-2008)



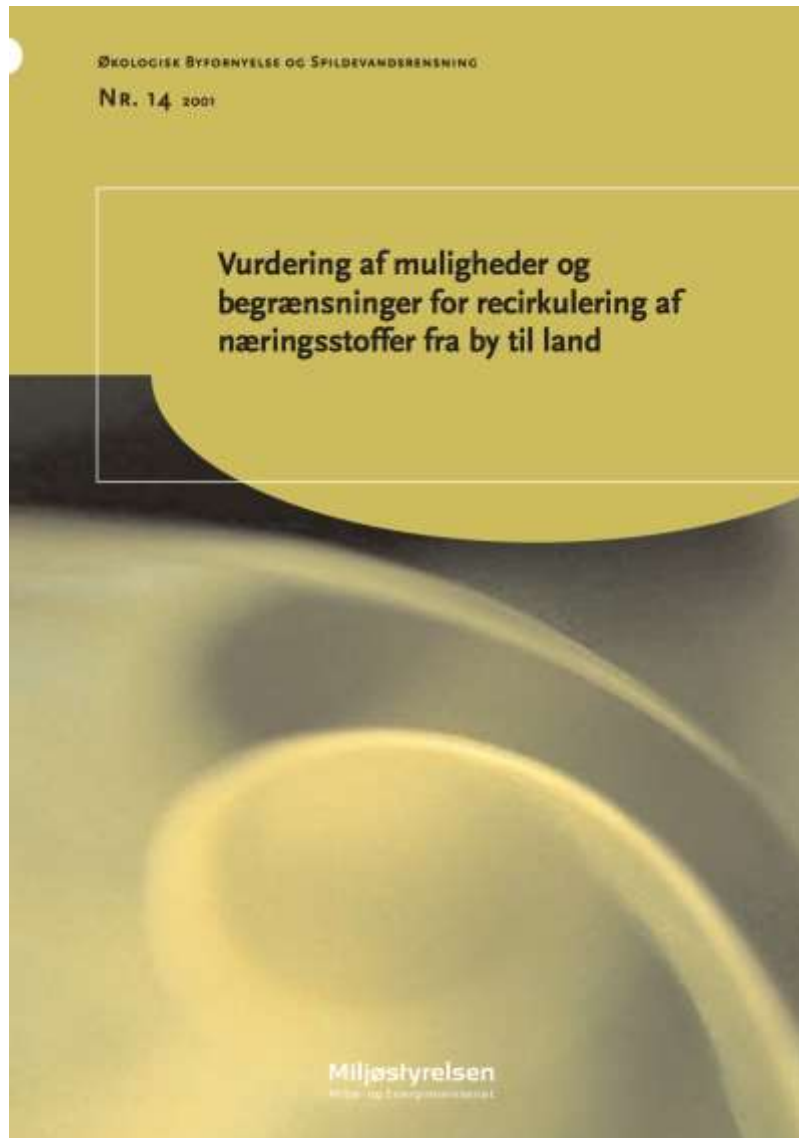
Højeste modellerede niveau med fortsat fald i jord og plante-koncentrationer

EU gennemsnit for P gødning

Fra:
Smolders E and Six L (2013) Revisiting and updating the effect of phosphate fertilizers to cadmium accumulation in European agricultural soils, KU-Leuven Belgium



Måler vi med samme alen.....?



Vi blev opmærksomme op at der var meget stor bevågenhed på risici ved recirkulering fra byerne, sammenlignet med det affald der i forvejen recirkuleres

Vi så på bl.a. østrogener og smitstoffer



Problemerne er ikke så enkle ...

Østrogener skæbne fra human urin til jord

En sammenligning af østrogener i human urin og husdyrgødning



Jane Lindedam MK0075

Karen Søgaard Jensen MK0074

Østrogener fra human urin i miljøet

Human urin indeholder mange værdifulde næringsstoffer. I stedet for at oprense næringsstofferne fra spildevandet, kan urin med fordel tilbageføres til landbruget som organisk gødning. Samtidig ville man mindske østrogenbelastningen til de meget sårbare vandmiljøer. Men hvordan vil østrogenbelastningen i jord være ved brug af human urin i forhold til almindelige organiske gødninger?

JANE LINDEDAM
KAREN SØGAARD JENSEN
JANIK LINDHJØR
JASPER MACH

Da landbruget indførte kunstgødning i starten af 1900-tallet medførte det også en øget afblanding af næringsstoffet i miljøet mellem by og land. Indtil da var byernes latrin blevet tilbageført til de omkringliggende marker. I dag er byernes haling til landbrugets næringsstofbalance kun magtfuld og udgøres af spildevandslam og kompost. I mellemtiden ligger byerne kede med en god og vellugt-

rende gødning, som ikke udnyttes, men i stedet betragtes som et affaldsproblem – nemlig menneskers urin. Human urin er i forhold til almindelig averske organiske gødninger (gylle, kompost, slægt) det rene affaldsprodukt med det laveste indhold af tungmetaller /%.

Human urin indeholder betydelige mængder mineraler N og udvælgelsen af næringsstofferne ligger typisk mellem 70-90% i forhold til handelsgødning /2/. I de senere år har der derfor også været stigende interesse i re-introduktion af urin som gødning, men indtil videre er forskningen omkring potentielle problemområder begrænset. Et problem ved anvendelse af urin som gødning kunne være

Tabel 1. Laveste effektivitetsværdier af 3 østrogener overfor fisk i laboratorieforsøg. Ikke bestemt, der Anvendes ikke er koncentration lavere end effektiviteten. Modtaget fra /3/.

| Østrogen | LOEC | NOEC |
|----------|-----------|--------------|
| E1 | 3,3 ng/l | 0,7 ng/l |
| E2 | 4 ng/l | 0,4 ng/l |
| EE2 | 0,03 ng/l | Ikke bestemt |

indholdet af hormoner, især østrogener, der vil blive spredt i miljøet. I denne artikel undersøges vi om human urin giver anledning til en større østrogenbelastning i jord og vand end husdyrgødning og slægt.

Hvad er problemet?

I miljøet er østrogener sammen med de vigtigste naturlige østrogener hos dyr og mennesker, oestron (E1) og 17 β -oestradiol (E2). Disse udøver deres fysiologiske effekt ved meget lavere koncentrationer end andre steroider, og de forekommer tilmed i miljøet i koncentrationer over deres laveste effekt værdier (LOEC) for fisk og planter. Tidligere har østrogenernes effekt på miljøet været mest uanset



Foto: Niels T. Duffell Kristensen

Problemerne er ikke så enkle ...

Spredning af østrogen ved dækning af N normen i vinterhvede

| Materiale | Østrogenindhold | | Spredning af østrogen (g/ha) |
|------------|--|---------------------------------|------------------------------|
| | interval | Midtværdi | |
| Kvæg | 600-1600 $\mu\text{g}/\text{kg ts}^a$ | 1100 $\mu\text{g}/\text{kg ts}$ | 5 |
| Svinegylle | 4-148 $\mu\text{g}/\text{kg ts}^a$ | 76 $\mu\text{g}/\text{kg ts}$ | 0,2 |
| Slam | 0,67-12,4 $\mu\text{g}/\text{kg ts}^a$ | 6,5 $\mu\text{g}/\text{kg ts}$ | 0,1 |
| Human urin | 3,6-4,6 $\mu\text{g}/\text{l}$ | 4,2 $\mu\text{g}/\text{l}^c$ | 1 |

Spredning af østrogen med P mængde som begrænsning

| Materiale | østrogen | | østrogen g/ha v 20 kg P |
|------------|----------|---------------------------------|-------------------------|
| Kvæggylle | 1100 | $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørstof | 4,23 |
| Svinegylle | 76 | $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørstof | 0,15 |
| Slam | 6,5 | $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørstof | 0,0048 |
| Human urin | 4,1 | $\mu\text{g}/\text{liter}$ | 1,35 |



Passende recirkuleringsløsninger..

Teknisk avancerede løsninger til kontrol af risici har ofte uønskede følger

- Et højt udgiftsniveau
- Et højt forbrug af energi og kemikalier
- Tab af næringsstoffer og/eller nedgang i tilgængeligheden af næringsstoffer

Nøgle spørgsmål

- Robusthed af jorden og af økosystemet
- Acceptable risici



Accept af recirkulering hos landmænd og aftagere

Fra pis til pilsner



En norsk risikovurdering (2009)



RISK ASSESSMENT OF CONTAMINANTS IN SEWAGE
SLUDGE APPLIED ON NORWEGIAN SOILS

VKM

- Opinion from the Panel on Contaminants in the
Norwegian Scientific Committee for Food Safety

Vilenskapskomiteen for mattrygghet
Norwegian Scientific Committee for Food Safety



Vurdering af:
Tungmetaller, organiske
fremmedstoffer, herunder
1400 medicin rester (for
hvert enkelt stof)

Risiko for:
jordmiljøet, grundvandet,
planteoptag, dyr og
mennesker

Konklusion:
Der er ingen signifikant
risiko ved jordbrugsmæssig
anvendelse af slam



Opsummering af europæisk forskning (Smith 2009)

Despite the extensive range of organic chemicals that can be present in sewage sludge, the expanding experimental evidence base indicates that these are not a significant limitation to the agricultural use of sewage sludge.

This view is based on a technical evaluation of the situation, which acknowledges that:

- the presence of effective source control measures and small concentrations of persistent contaminants in sludge,
- biodegradation and behaviour in soil,
- absence of crop uptake
- and sludge application practices

minimize the potential impacts of OCs in sludge on soil quality, human health and the environment.



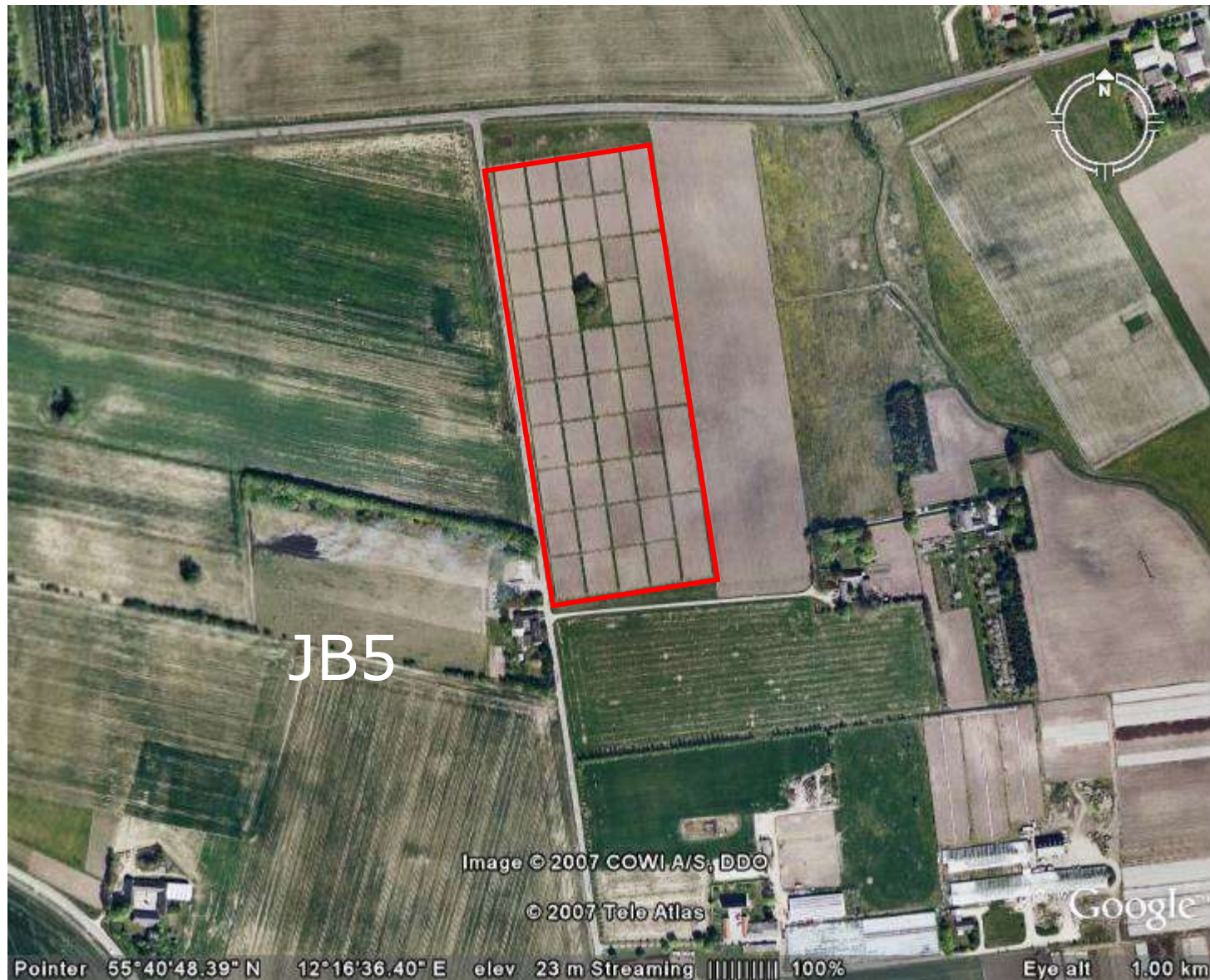
Opsummering ff..

The consensus view therefore is that there appears to be **no scientific rationale for including numerical limits on OCs** in quality assurance systems for the agricultural use of sewage sludge.

Nevertheless, new issues and compounds of concern, including endocrine-disrupting, pharmaceutical and personal-care products, require an ongoing and proactive approach to research and vigilant monitoring and rational assessment of the significance of new developments as they arise.

Smith, S.R. 2009. Organic contaminants in sewage sludge (biosolids) and their significance for agricultural recycling. *Philosophical Transactions of the Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 367, 4005–4041.





CRUCIAL - langtidforsøget

Behandlinger:

- Komposteret husholdningsaffald ('normalt' og accellereret niveau)
- Spildevands slam/biogødning ('normalt' and accellereret niveau)
- Human urin

- Kvægmøg (accellereret niveau)
- Dybstrøelse
- Kvæg gylle
- NPK gødning
- Ugødet med undersået kløver
- Ugødet

- En/to ekstra behandlinger mulige
- One ekstra blok ved siden af exp.



Frankenstein effekten



Hvor galt kan det gå?

⇒ Accelererede plots
p.t. > 100 års dosis

**Hoved resultater om
påvirkning af
frugtbarhed og jordens
og økosystemets
robusthed**



Agriculture, Ecosystems and Environment 231 (2016) 44–53



Contents lists available at ScienceDirect

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee



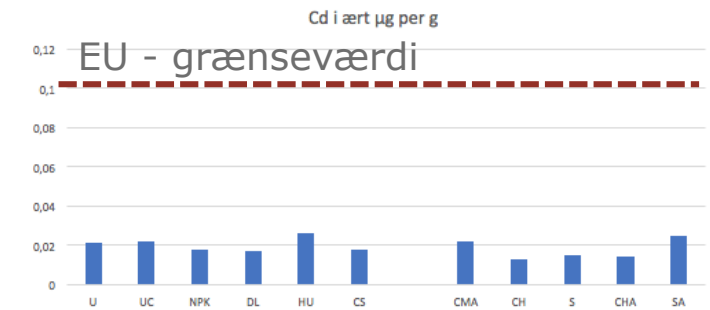
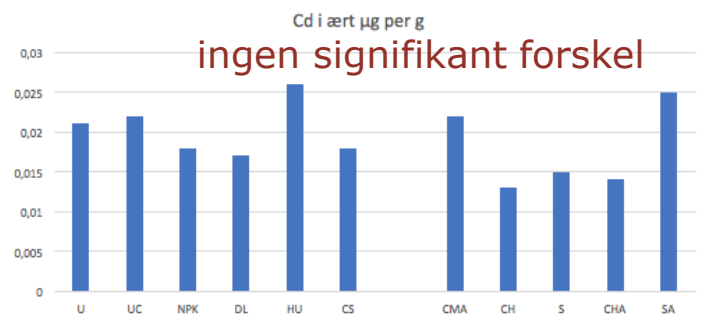
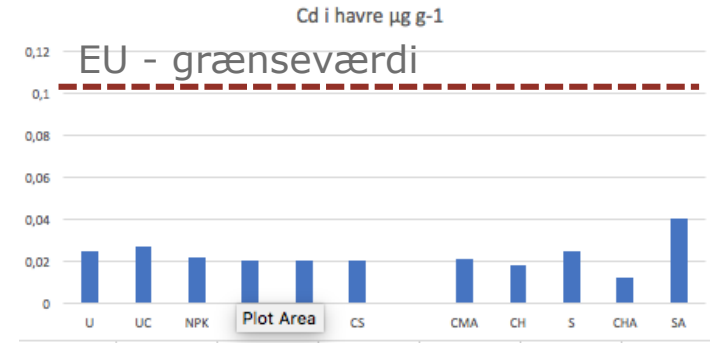
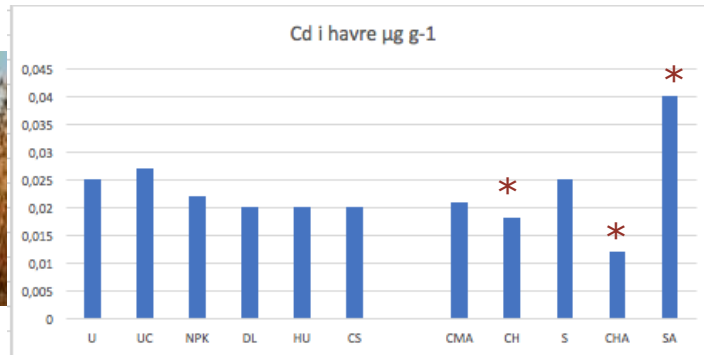
Long-term amendment of urban and animal wastes equivalent to more than 100 years of application had minimal effect on plant uptake of potentially toxic elements



Sandra López-Rayó, Kristian H. Laursen, Jonas D.S. Lekfeldt, Fabio Delle Grazie, Jakob Magid*

Plant and Soil Science, Department of Plant and Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Copenhagen, Thorvaldsensvej 40, Frederiksberg DK-1871, Denmark







RESEARCH ARTICLE

Exploring the immediate and long-term impact on bacterial communities in soil amended with animal and urban organic waste fertilizers using pyrosequencing and screening for horizontal transfer of antibiotic resistance

Leise Riber¹, Pernille H.B. Poulsen^{1,2}, Waleed A. Al-Soud¹, Lea B. Skov Hansen¹, Lasse Bergmark^{1,3}, Asker Brejnrod¹, Anders Norman^{1,4}, Lars H. Hansen^{1,5}, Jakob Magid⁶ & Søren J. Sørensen¹

¹Section of Microbiology, Department of Biology, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark; ²Danish Standards Foundation, Charlottenlund, Denmark; ³National Food Institute, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark; ⁴Department of Earth and Planetary Science, University of California Berkeley, Berkeley, CA, USA; ⁵Department of Environmental Science, Aarhus University, Roskilde, Denmark; and ⁶Department of Plant and Environmental Science, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark

Antibiotikaresistens af pseudomonader blev kun påvirket i kort tid (3 uger) efter tilførsel af kvægmøg, slam og kompost.

***P. putida* stammer kunne fange resistensgener fra bakterier tilført kvægmøg, slam og kompost, men kun i en uge efter tilførsel. Dette tyder på at tilstedeværelsen af overførbare resistens gener var tidsbegrænset.**



Soil Biology & Biochemistry 57 (2013) 794–802



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio

Effects of fertilization with urban and agricultural organic wastes in a field trial – Waste imprint on soil microbial activity

Pernille Hasse Busk Poulsen^a, Jakob Magid, Jesper Luxhøi, Andreas de Neergaard

Department of Agriculture and Ecology, Plant and Soil Science, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 Frederiksberg C, Denmark

Soil Biology & Biochemistry 57 (2013) 784–793



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/soilbio

Effects of fertilization with urban and agricultural organic wastes in a field trial – Prokaryotic diversity investigated by pyrosequencing

Pernille H.B. Poulsen^{a,b,*}, Waleed Abu Al-Soud^b, Lasse Bergmark^b, Jakob Magid^a, Lars H. Hansen^b, Søren J. Sørensen^b

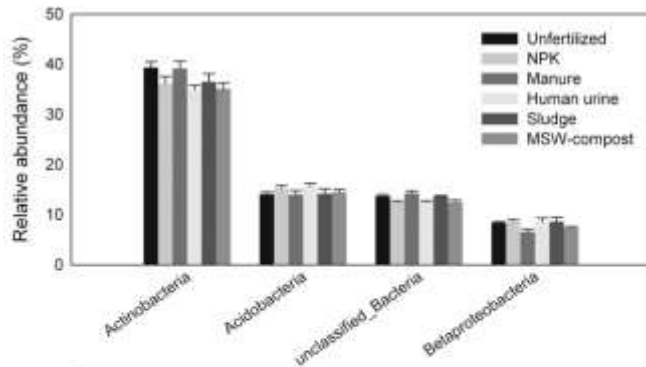
^a *Department of Agriculture and Ecology, Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 Frederiksberg C, Denmark*

^b *Department of Biology, Faculty of Science, University of Copenhagen, Sølvgade 83H, DK-1307 Kbh. K, Denmark*

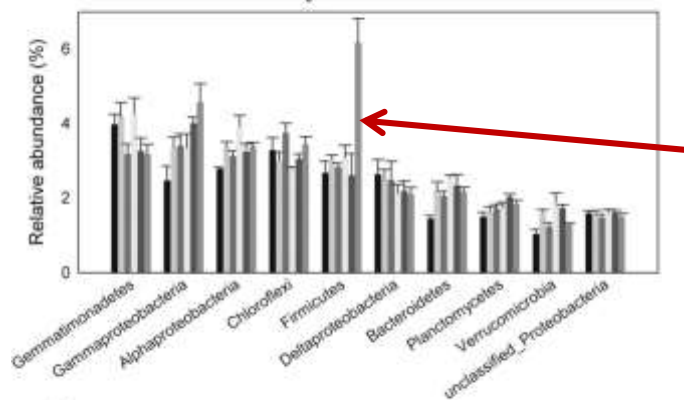
Den mikrobielle aktivitet er tæt forbundet med mængden af tilført kulstof og mikrobielle funktioner er upåvirkede



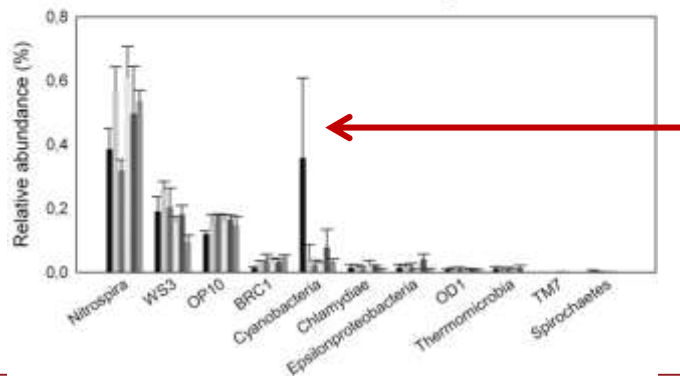
Analyse af 400.000 16S rRNA sekvenser fra 6 behandlinger



Meget robust mikrobielt samfund på phylum niveau



Høj population af firmicutes i kompost behandlet jord



Høj population cyanobakterier (fritlevende N-fikserende) i den u-gødede jord



Foreløbige konklusioner...

Jord som har fået tilført store mængder (svarende til 150-250 års lovlig dosis) organisk affald fra byer har haft gavnlige virkninger på frugtbarhed.

Indtil videre har vi ikke kunnet påvise forventede eller uventede negative effekter, bortset fra et u hensigtsmæssigt tab af næringsstoffer.

Vi er snarere blevet overraskede over jordens og økosystemets robusthed.



Nogle spørgsmål ifm cirkulær økonomi ...

Skal vil investere betydelige økonomiske ressourcer (herunder kemikalier og energi) i oprensning og evt afbrænding af vores restprodukter?

Gælder det i så fald også for husdyrgødning?

Eller skal vi leve med en accept af at påtage os en stærkt begrænset risiko – aht til fremtidige generationers muligheder?



Tak for ordet ...

