

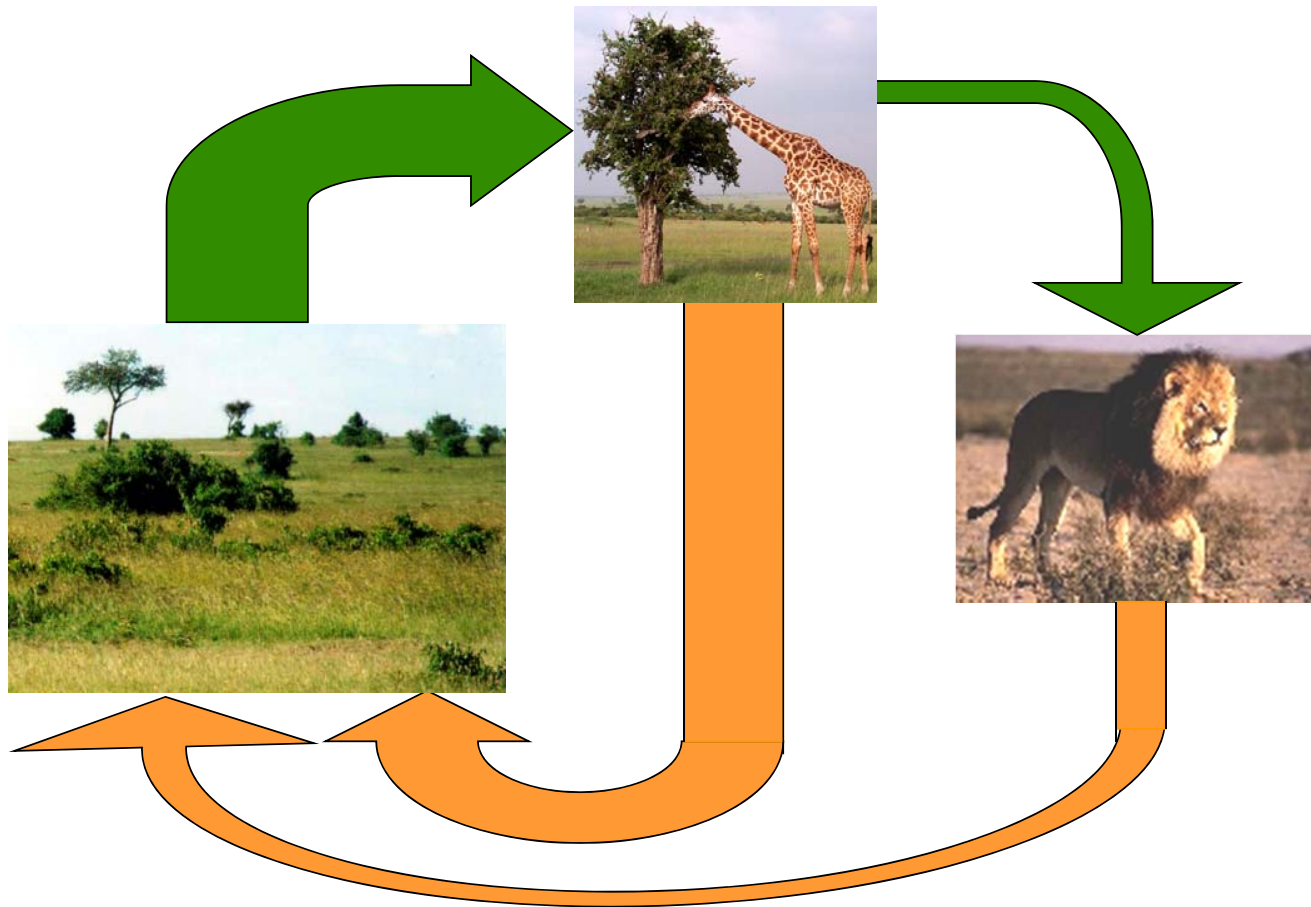
Framtidens VA – kretslopp av näring och vatten

Presentation vid utdelningen av Vattenpriset 2018-03-14

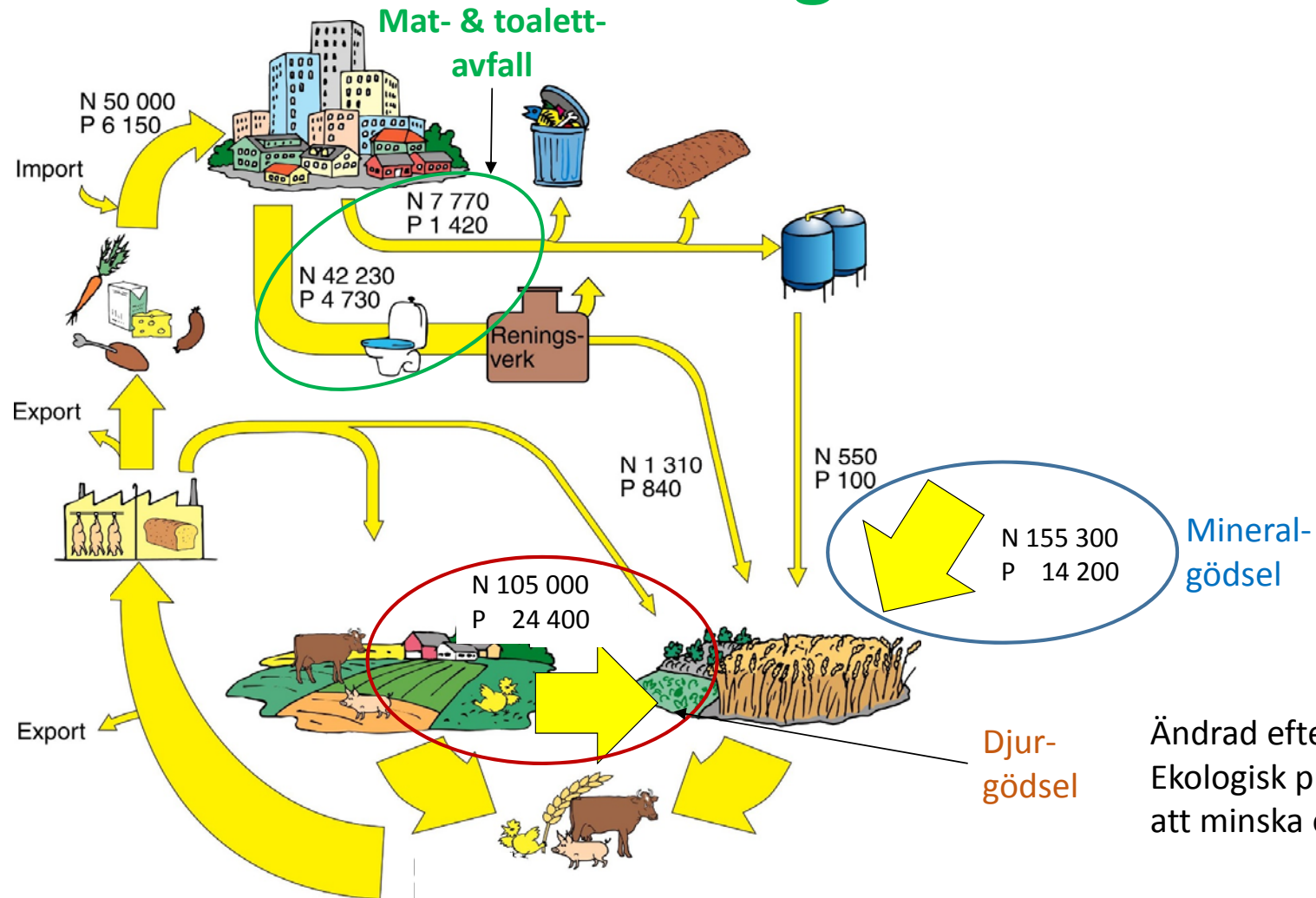
Håkan Jönsson, SLU



Vision – hållbara kretslopp av näring och andra resurser

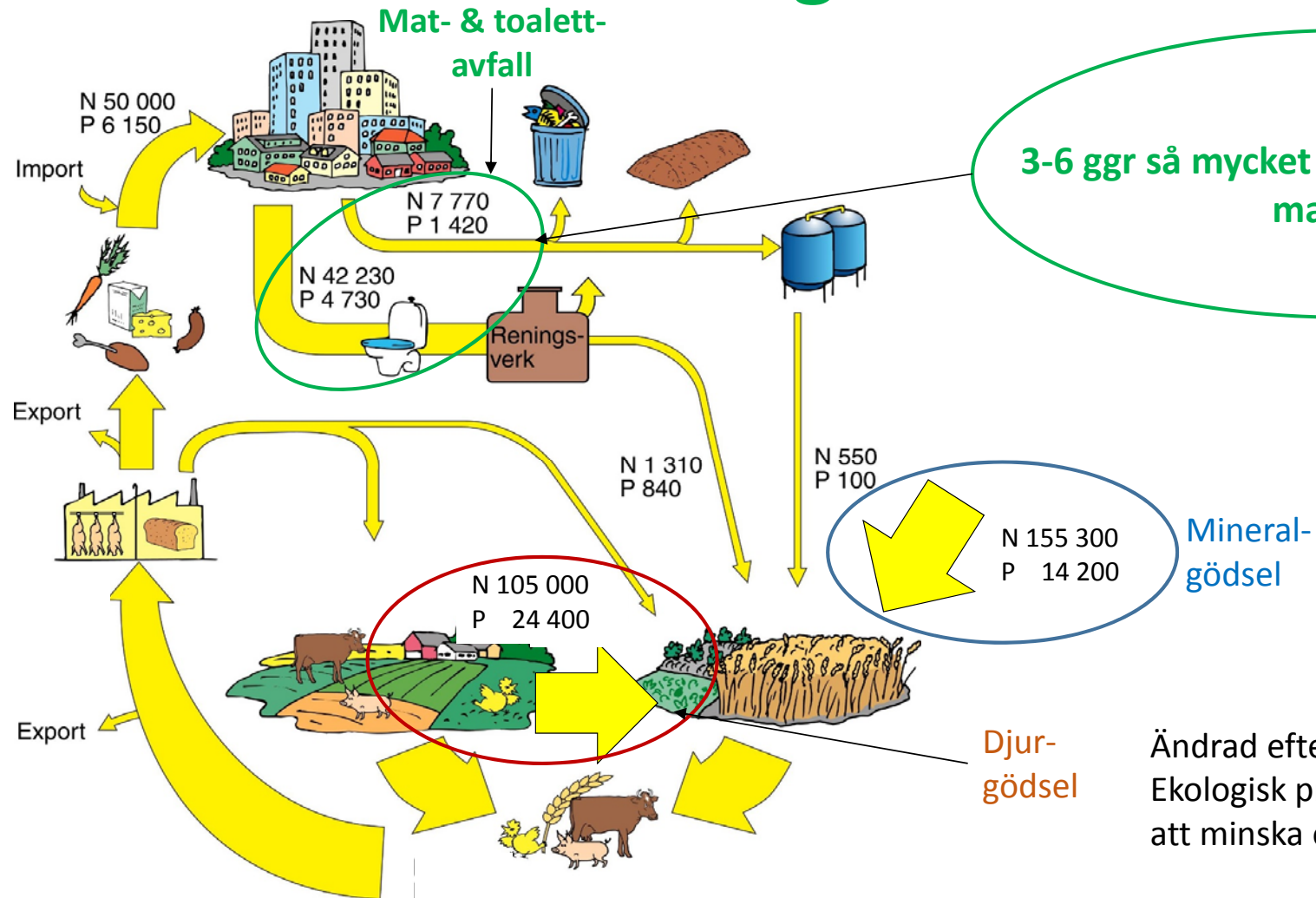


Flöden av växtnäring i samhället



Ändrad efter: Wivstad et al. 2009.
 Ekologisk produktion – möjligheter
 att minska övergödning. Rapport.

Flöden av växtnäring i samhället

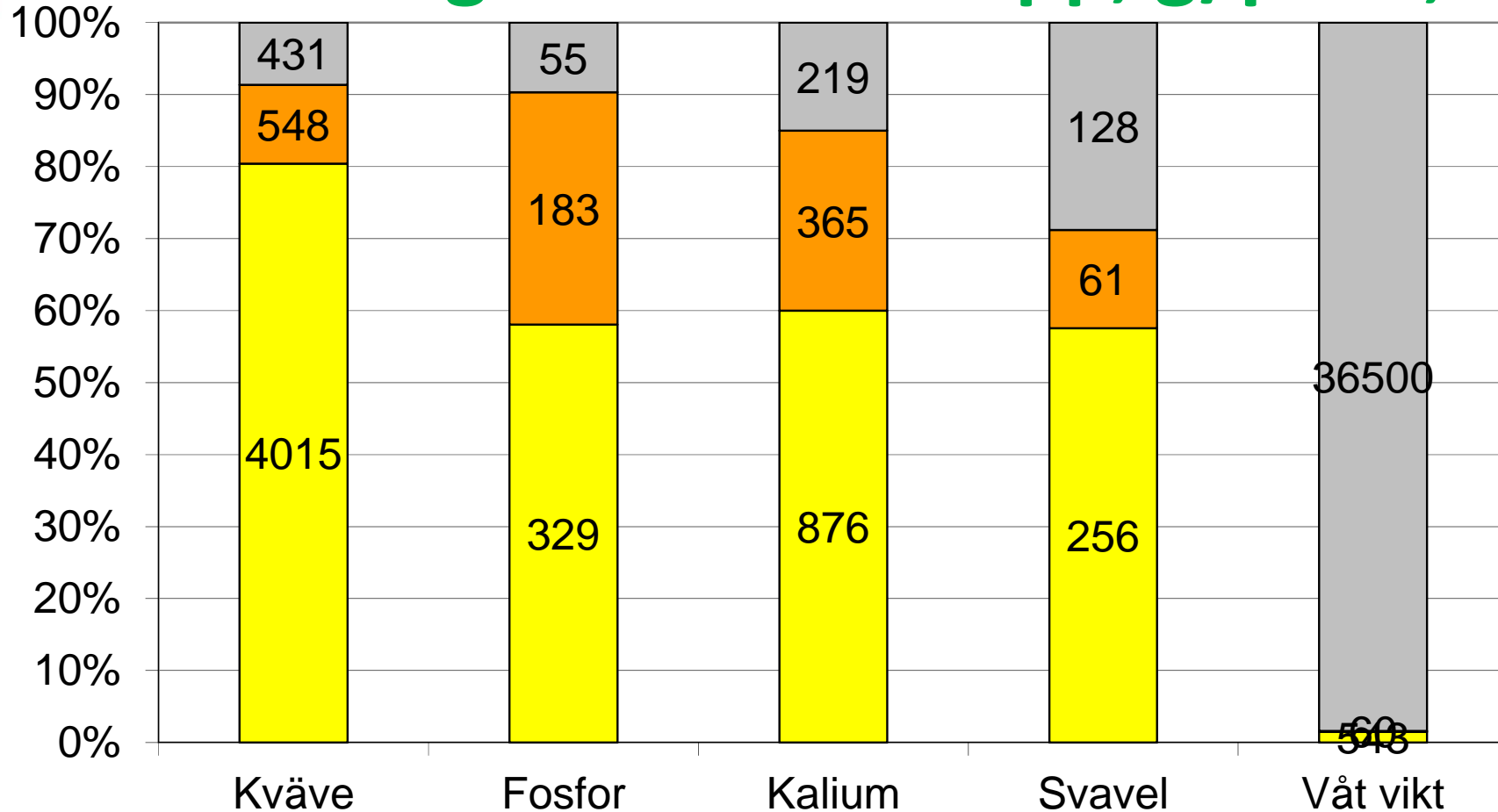


3-6 ggr så mycket näring i toalett- som i matavfall

N 155 300
P 14 200

Ändrad efter: Wivstad et al. 2009.
Ekologisk produktion – möjligheter
att minska övergödning. Rapport.

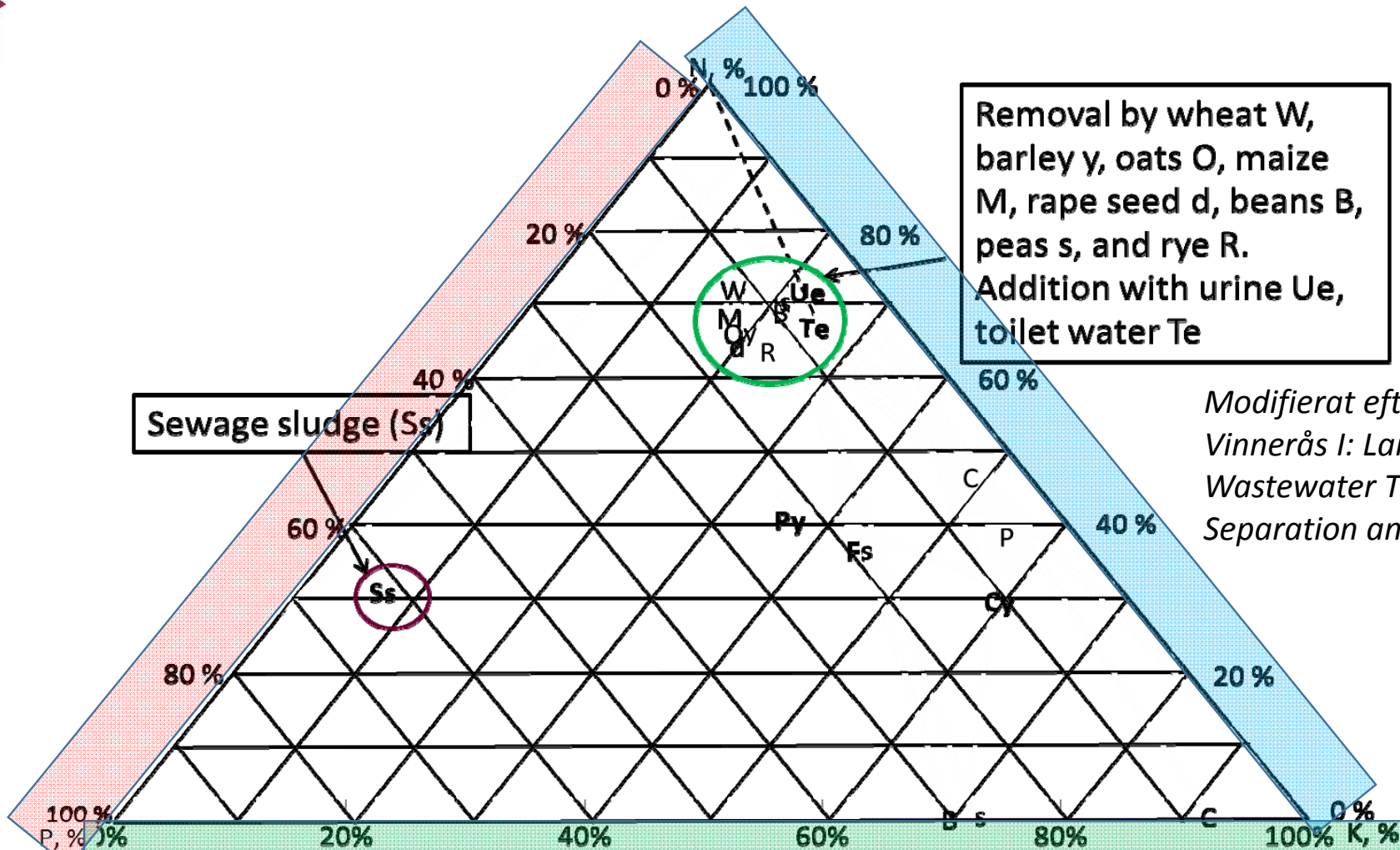
Växtnäring i hushållsavlopp, g/pers., år



■ Urin
 ■ Fekalier
 ■ BDT-vatten

Ref: Jönsson m.fl. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste. Report

NPK-förhållande matchar grödans bortförel



Modifierat efter Jönsson & Vinnerås I: Larsen et al. 2013. Wastewater Treatment: Source Separation and decentralisation

Figure. Nutrient composition of urine (Ue), faeces (Fs), toilet waste (Te), pig slurry (Py) and cattle slurry (Cy), sewage sludge (Ss) and nutrients removed by crops.

Urinsortering – effektivt, enkelt och robust

- Kan återvinna ~80% N, ~60% P & K från hushållsavloppet

Jönsson et al. 2005; Ek et al. 2014.

- **Urin** – ett unikt fullgödselmedel mycket växttillgängligt, extremt låga metallhalter, biologiskt ursprung.

Jönsson et al. 2000; Jönsson et al. 2005

- **Funktionssäkert**

–om rätt byggt och underhållet.

Jönsson et al. 2000; Kvarnström et al. 2006

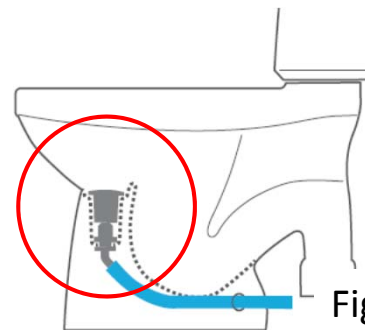
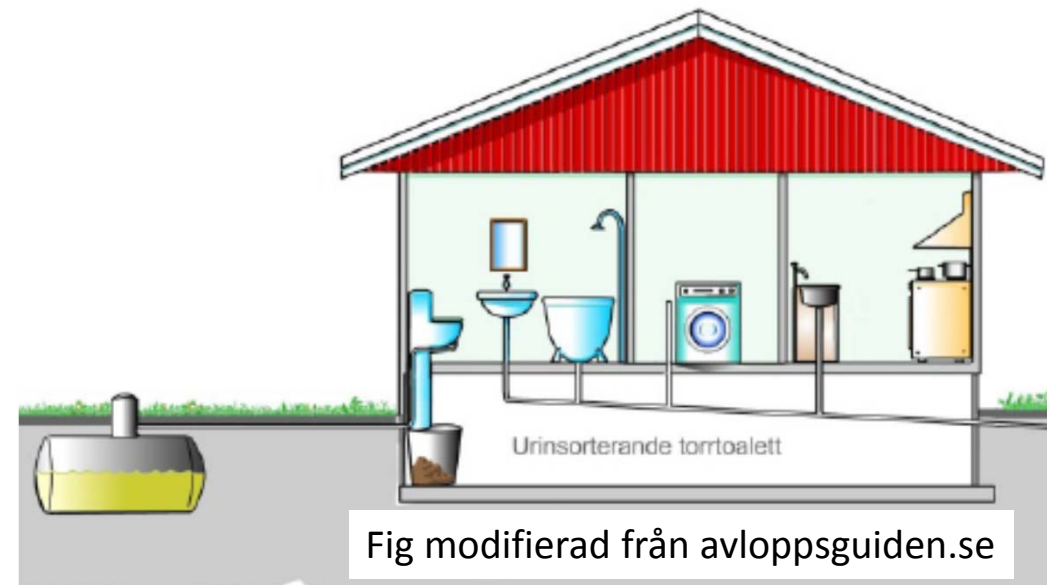
- **Socioekonomiska utmaningar**

-Kommunen: urininsamling saknas etc.

-Acceptans

-Liten marknad – toalettutbud etc

McConville et al. 2017

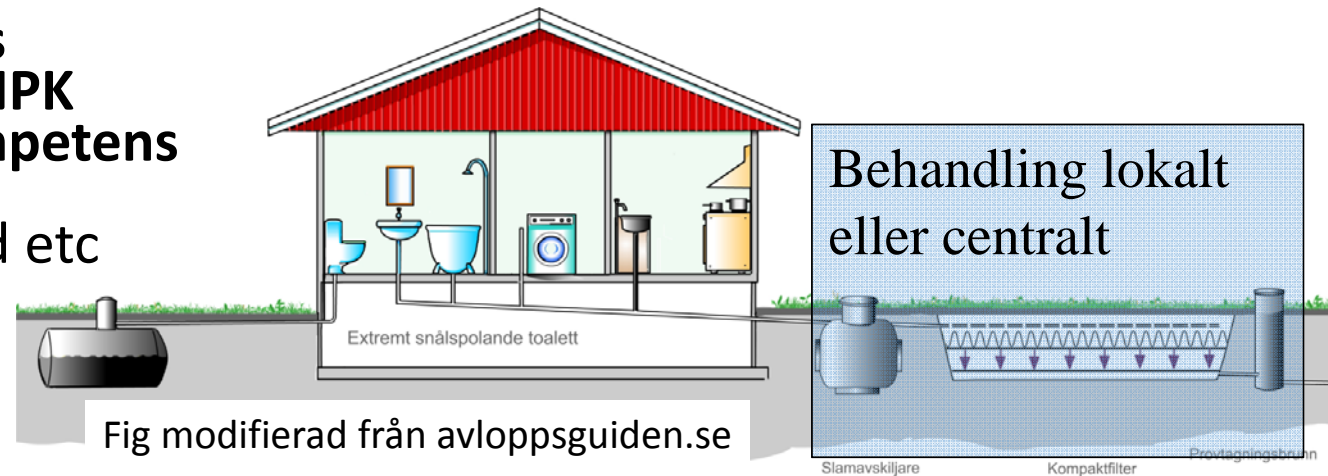


Figs modifierade from Wostman Ecology AB

Klosettvattnensortering – stora miljöfördelar

- **Kan återvinna ~90% N & P, ~85% K från hushållsavloppet**
Jönsson et al. 2005; Ek et al. 2014.
- **Inga patogener, antibiotikaresistenta organismer till miljön**
Nordin & Vinnerås 2015; Kohn et al. 2016, Fidjeland et al. 2015
- **Hygieniserat klosettwater = bra fullgödselmedel**
växttillgängligt, biologiskt ursprung.
Jönsson et al. 2013; Jönsson et al. 2005
- **BDT-vattnet BOD₇:N:P 100: 4,5: 0,7** – optimalt för aktivt slam
- **Socioekonomiska utmaningar**
 - Juridik, organisation & praxis
 - 5-15 kommuner återvinner NPK
 - Marknadens storlek och kompetens
 - Acceptans
 - Liten marknad – toalettutbud etc

McConville et al. 2017





Miljöeffekter av klosettvatten- & urinsortering

Medianvärden 6, 5 miljösystemsanalyser 2010-

- +Spar primärenergi (-26%, -41%)
- +Minskad växthuseffekt (-38%, -25%)
- +Minskad övergödning (-29%, -26%*)
- +Ökad återvinning av N, P, K, S etc. & organiskt
- **Källsorterad VA i:** Uddevalla, Södertälje, Hanninge, etc., Västerås, Helsingborg, Hamburg, Gent, Amsterdam, Noorderhoek (Sneek), EAWAG...etc.

Medianvärden av Kärrman et al. 2012, Remy. 2010, Spångberg et al. 2014, Tervahauta et al. 2013, Vidal. 2014, Wittgren et al. 2011



Urinsorterande och urintorkande toalett

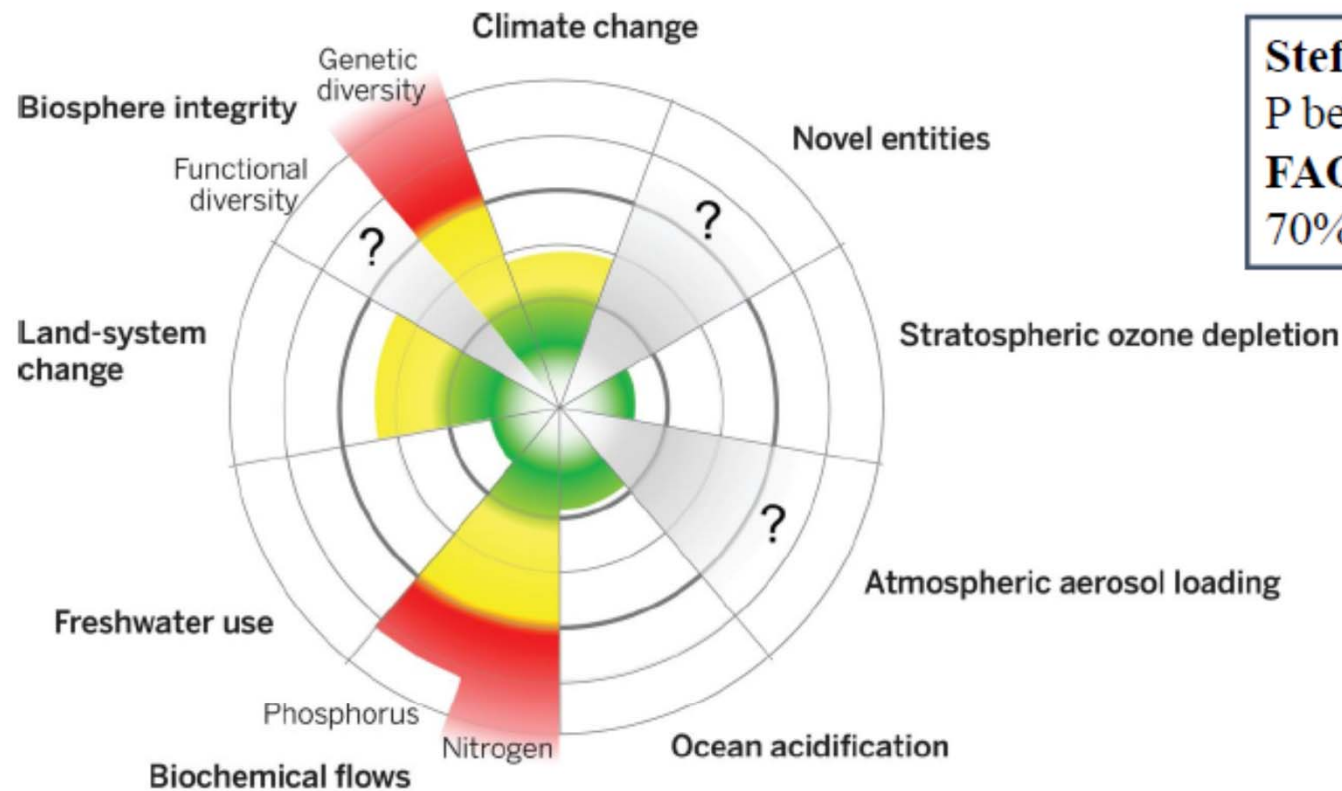
- 1-1,5 l urin/person, dygn
- 1,5-2 kg/person, mån
- Torr produkt NPK 15:1,5:5
- Ingen extra ledning
- Återvinning av hushållsavlopp:
 - N <65%
 - P, K <60%
- 0,25 m², 10-25W/person
- *Björn Vinnerås, Jenna Senecal, Prithvi Simha*



Webb: kt-et.slu.se/ Blog: <https://blogg.slu.se/kretsloppsteknik/>

Kritiska gränser för planetens säkra utveckling

Grönt är säkert, gult osäkert och rött är hög-riskområde.



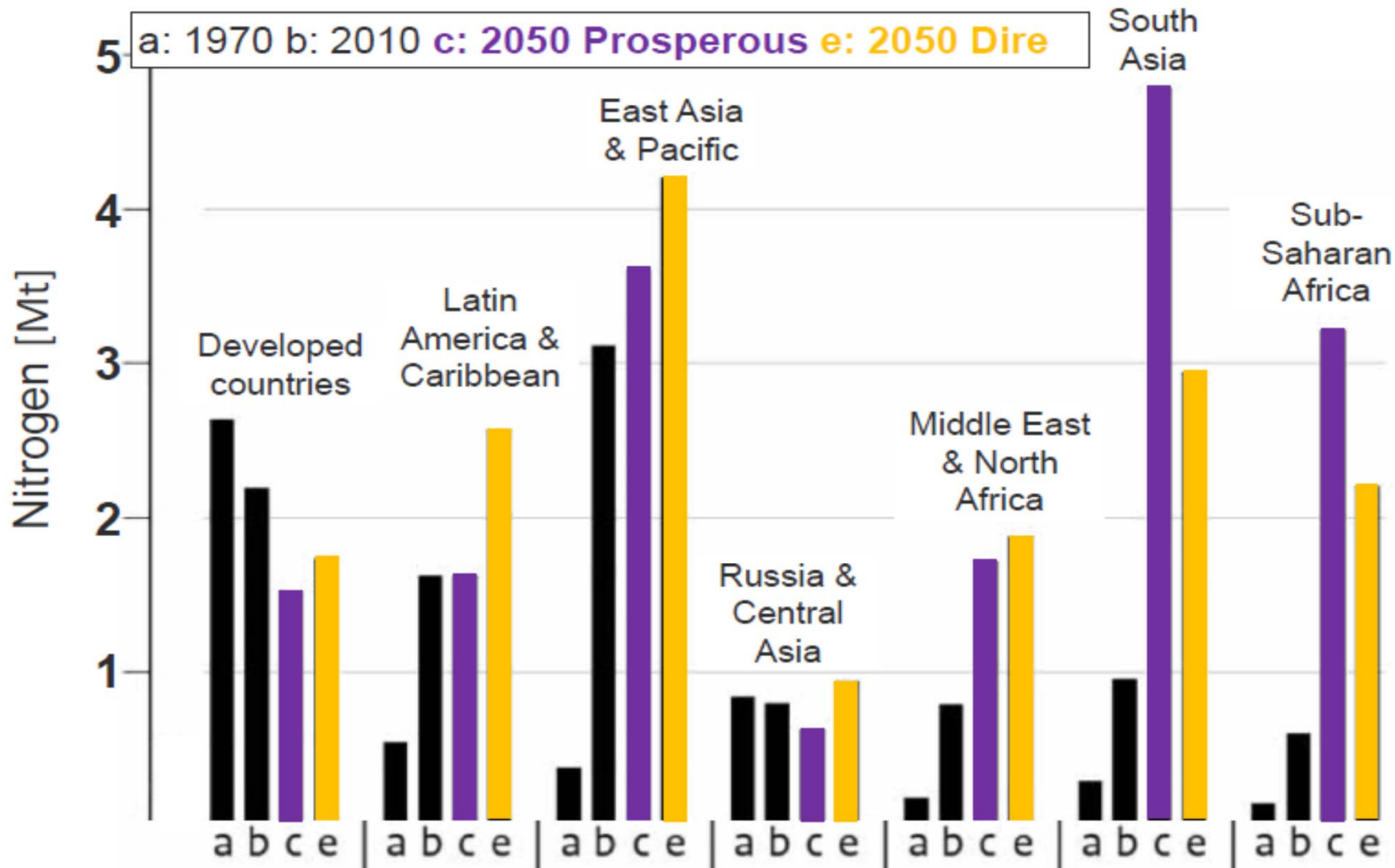
Steffen m.fl.: Mineral N och P behöver minska med 50%.
FAO (2009): 70% mera mat behövs 2050.

■ Beyond zone of uncertainty (high risk) ■ Below boundary (safe)
■ In zone of uncertainty (increasing risk) ■ Boundary not yet quantified



Kväve från avlopp till ytvatten

From Puijenbroek et al., 2015, Water Science and Technology, 71(2), 227-232



Figur från
Tove Larsen
2017-10-25



Kretslopp - Varför återföringsmål för fosfor?

Aspekt	Kväve	Fosfor	Kalium
Livsnödvärdigt, ej utbytbar	X	X	X
Användning 2012/13, 1000 ton/år	161	12	26
Ekonomisk reserv, år	53 (N-gas)	266	93
Geopolitik - störst reserver	N-gas: Iran, Ryssland	Maroko/Väst-sahara, Kina	Kanada, Vitryssland
Beredskap - skördeminskning	30-70% från år 1	Märkbart efter 3-8 år	Gröd-/jord-beroende
Potentiella vinster, 100% återföring	Kväve	Fosfor	Kalium
Växthuseffekt, 1000 ton CO ₂ -ekv./år	-200	-3	-4
Primärenergi, kWh/pers, år	-50	-1	-2
Värde, kr/pers,år	46	9	18

Kväve (N) och kalium (K) viktigare än fosfor (P)



Källsortering - utmaningar

- **Branschpraxis** – kompletterande lösningar kommer inte ens upp
- **MB 1§ 5 punkten:** ” återanvändning och återvinning ... främjas så att ett kretslopp uppnås” **tillämpas inte för avlopp**
- **Källsortering och öka dina VA-kostnader**
- **Ingen praxis** → osäker juridik & organisation
- **Liten marknad**, få konsulter, toalettmodeller etc.
- Men
- **STOR GLOBAL MARKNAD** för decentraliserat källsorterande avlopp
- **I linje med ”polluter pays principle”**

Webb: kt-et.slu.se/ Blog: <https://blogg.slu.se/kretsloppsteknik/>



Tack alla - Ni som lyssnat och

Doktorander: Björn Vinnerås, Cecilia Sundberg, Pernilla Tidåker, Charles Niwagaba, Sahar Dalahmeh, Johanna Spångberg, Evgheni Ermolaev & Agnes Willén.

Bihandledare och kollegor: Mikael Pell, Lena Rodhe, Björn Vinnerås, Pernilla Tidåker, Elisabeth Kvarnström, Gunilla Brattberg, Madeleine Fogde, Cecilia Sundberg, Ann Albihn, Bengt Carlsson, Berit Mattsson, Magnus Ljung, Maimuna Nalubega, Lars Hylander, Ingrid Öborn, Per-Anders Hansson.

Finansiärer: Formas, VR, Sida, SVU, Naturvårdsverket, Vinnova, m.fl.

Familjen: Min hustru **Ingrid Mossberg** & våra barn.

Gruppen för kretsloppsteknik under ledning av Björn Vinnerås: Annika, Cecilia, Sahar, Jennifer, Evgheni, Jenna, Pritvi, Louis, Alice, Solveig, Sven, Chris, Giulio, Victoria, Lovisa, som hängivet jobbar vidare mot vår visionen:

**Säkert nyttjande av resurser i matrelaterat avfall
(gödsel & jordbruksavfall, matavfall och toalettavfall)**

Webb: kt-et.slu.se/ Blog: <https://blogg.slu.se/kretsloppsteknik/>



Referenser

- Ek, M., Junestedt, C., Larsson, C., Olshammar, M., Ericsson, M. Teknikenkät – enskilda avlopp 2011. SMED Rapport 44, Svenska MiljöEmissionsData.
- Fidjeland, J. Svensson S.-E. & Vinnerås, B. 2015. Ammonia sanitization of blackwater for safe use as fertilizer. *Water Science & Technology* 71(5): 795-800.
- Jönsson, H. & Vinnerås, B. 2013. Closing the loop: Recycling nutrients to agriculture. In: *Wastewater Treatment: Source Separation and Decentralisation*, T.A. Larsen, K.M. Udert and J. Lienert (eds.), IWA publishing, London, UK.
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D. & Kärrman, E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and bio-waste - for utilisation in the URWARE model. Report 2005:6, Urban Water, Chalmers. Sweden.
- Jönsson, H., Nordberg, Å. & Vinnerås, B. 2013. System för återföring av fosfor i källsorterade fraktion av urin, fekalier, matavfall och i liknande rötat samhälls- och lantbruksavfall. (Systems for recycling of phosphorus in the source separated fractions urine, faeces, food waste and similar anaerobically digested urban and agricultural waste. In Swedish). Rapport 061, Institutionen för energi och teknik, SLU. ISSN 1654-9406.
- Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.A., Dalhammar, G. & Kirchmann, H. 2000. Källsorterad humanurin i kretslopp (Recycling source separated human urine). In Swedish, English summary. VA-FORSK Report 2000•1. VA-FORSK/VAV. Stockholm, Sweden.
- Kohn, T., Decrey, L., Vinnerås, B. 2017. Chemical Disinfectants. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros, (eds) *Global Water Pathogens Project*, <http://www.waterpathogens.org> (C. Haas (eds) Part 4 Management of Risk from Excreta and Wastewater) <http://www.waterpathogens.org/book/chemical-disinfectants> Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO.
- Kvarnström, E., Emilsson, K., Richert Stintzing, A., Johansson, M., Jönsson, H., af Petersens, E., Schönning, C., Christensen, J., Hellström, D., Qvarnström, L., Ridderstolpe, P. & Drangert, J.O. 2006. Urine diversion: One step towards sustainable sanitation. Report 2006-1. Ecosanres, Stockholm Environment Institute.
- Kärrman, E., Arnell, M., Rydhagen, B. & Svensson, G. & Wittgren, H.B. 2012. Multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området. Urban Water AB. Uppdrag 120010, Rapport.



Referenser 2

- McConville, J.R., Kvarnström, E., Jönsson, H., Kärrman, E., Johansson, M. 2017. Source separation: Challenges & opportunities for transition in the Swedish wastewater sector. *Resources, Conservation and Recycling* 120: 144–156.
- Nordin, A., Vinnerås, B., 2015. Sanitising black water by auto-thermal aerobic digestion (ATAD) combined with ammonia treatment. *Water Science & Technology* 72(12) pp 2112-2121.
- Van Puijenbroek, P. J. T. M., Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W., & Lucas, P. L. (2015). Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows. *Water Science and Technology*, 71(2), 227-233.
- Remy, C., 2010. Life cycle assessment of conventional and source separation systems for urban wastewater management. PhD Diss, Technischen Universität Berlin.
- Spångberg, J., Tidåker, P. & Jönsson, H. 2014. Environmental impact of recycling nutrients in human excreta to agriculture compared with enhanced wastewater treatment. *Science of the Total Environment* 493:209-219.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- Tervahauta, T., Hoang, T., Hernández, L., Zeeman, G., & Buisman, C. 2013. Prospects of Source-Separation-Based sanitation concepts: A model-based study. *Water*, 5(3), 1006-1035.
- Vidal, B. 2014. Blackwater sanitization with urea in Sweden – sanitization effect and environmental impact. Examensarbete 2014:13, Department of Energy and Technology, SLU. Uppsala, Sweden.
- Wittgren, H.-B., Malmqvist, P.-A., Norström, A., Pettersson, F. & Svensson, G. 2011. Systemanalys av kretsloppssystem för Norra Djurgårdsstaden, Stockholm. *Urban Water Management Rapport* 2011:1.
- Wivstad, M., Salomon, E., Spångberg, J. & Jönsson, H. 2009. Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning (Ecological production – opportunities for decreasing eutrophication; In Swedish). Rapport, Centrum för uthålligt lantbruk – CUL, SLU, Uppsala, Sweden. ISBN: 978-91-86197-50-6.