

Hållbar hantering av uttjänt filtermaterial från fosforfällor

-Gödseleffekt och miljöpåverkan

Anna Thynell

2011

Miljövetenskap

Examensarbete för masterexamen 30 hp

Lunds universitet

Hållbar hantering av uttjänt filtermaterial från fosforfällor

-Gödseffekt och miljöpåverkan



2011-11
Lunds Universitet
Anna Thynell
Handledare: Martijn van Praagh



LUNDS
UNIVERSITET

Innehåll

Abstract.....	3
Förord.....	4
Definitioner.....	4
1. Introduktion.....	5
2. Bakgrund.....	6
2.1 Fosfor - Livsnödvändigt och icke förnyelsebart	6
2.2 Övergödning och Enskilda avlopp.....	6
2.3 Lagstiftning kring enskilda avlopp.....	6
2.3.1 Utsläppskrav för enskilda avlopp.....	7
2.3.2 Krav på resurshushållning	8
2.4 Fosforfällornas funktion.....	8
2.5 Beskrivning av nuläget	10
3. Syfte	11
4. Avgränsningar.....	12
5. Material och metod.....	12
5.1 Odlingsförsök.....	12
5.2 Beskrivning av materialen.....	13
5.3 Analyser	15
5.4 Statistik.....	16
6. Resultat.....	16
6.1 Filtermaterialens inverkan på pH och växttillgängligt P.....	16
6.2 Producerad biomassa.....	17
6.3 Upptag av P i vete.....	17
6.4 Grunds substratets betydelse för resultatet.....	18
6.5 P i lakvattnet.....	18
6.6 Tungmetallhalt i lakvattnet.....	19
7. Diskussion.....	19
7.1 Påverkan på kompostens pH.....	19
7.2 Filtermaterialens påverkan på växttillgängligt P och tillväxten av vete.....	20
7.3 Tillförsel och läckage av tungmetaller	21
7.3.1 Kadmium	21
7.3.2 Övriga tungmetaller.....	23
8. Slutsats.....	24
9. Referenser.....	25
Appendix 1-5.....	28

Abstract

Phosphorus-filter with reactive filter material has shown good potential to reduce P in wastewater from single households. In 2006 the Swedish EPA updated the restrictions for wastewater treatment for single households(NFS 2006:7) according to the environmental code. Apart from minimizing nutrient loss the new restrictions also suggests that phosphorus(P) in the filter should be recycled back to arable land, if there are practical solutions that allow this. The potential to re-use P in the filter material, once the filter has been saturated is investigated in this project. Two materials (Filträ P and Polonite) both with a high content of calcium are considered. The aim is to find a sustainable method to recycle filter material in three municipalities (Eslöv, Hörby and Höör) that could be easily applied in the existing wastemanagement. Blending the filter material with garden compost from the three municipalities is tested in a pot experiment during six weeks. P-fertilizer potential, effect on soil pH and the effect on heavy metal levels in the leachate is measured. Commercial fertilizer as well as municipal sewage and wood ash were tested parallel to the filter material for comparison. The results show that Filträ P and Polonite had no significant effect on the pH of the compost. Both material increases the amount of P in the compost but the method of analysis of plant-available phosphorus was misleading since it showed calcium-bound fractions that most likely were not readily available for the plant. While treatment of the easily available calciumphosphate showed a significant increase in growth of wheat grown in the compost, there was no increase in growth in the treatments with Filträ P or Polonite. No effect on levels of heavy metals in the leachate could be seen for any of the treatments (Filträ P, Polonite, municipal sewage or woodash).

Förord

Stort tack till Mellanskånes renhållnings AB (MERAB), Hörby kommun, Eslövs kommun och Höörs kommun för finansiering av projektet. Till Björn Liwing och miljöinspektörerna Håkan Bergknut, Malin Åberg och Maria Lantz för deras engagemang och all viktig bakgrundsinformation som legat till grund för projektet. Jag vill tacka Gunno Rehnman på KTH för visat intresse och för tillgången till material från försöken på KTH. Stort tack till Linda Maria Mårtensson för handledning vid planering och genomförande av odlingslabben samt för hjälpen med analyserna i labbet på avdelningen för växtekologi. Tack till min handledare Martijn van Praagh för viktig feedback vid planering av projektet och vid skrivandet av rapporten.

Definitioner

Fosforfälla: en samlad benämning på konstruktion (behållare och filtermaterial) som kan installeras som ett sista steg i reningsprocessen för att reducera fosforkoncentrationen i avloppsvatten från enskilda avlopp.

Filtermaterial: här en benämning på det material som används för att adsorbera fosfor från avloppsvatten, placerat i fosforfällor. Sammansättning varierar beroende på leverantör.

Enskilda Avlopp: en samlad benämning på mindre avloppsanläggningar, där avloppsvattnet från en eller ett fåtal fastigheter renas. Är ej anslutna till det kommunala avloppssystemet.

Avloppsvatten: en samlad benämning på allt vatten som kommer ifrån hushåll, vilket är toalettwater och BDT-vatten (Bad-, disk- och tvättwater).

Växttillgängligt P: här en benämning på mängd fosfor som övergår från bunden till löst form vid extraktion med Bray-lösning.

Polersteg: en benämning på rening av avloppsvatten från enskilda avlopp utöver trekammarbrunn och markbädd.

REVAQ-certifiering: ett certifieringssystem startat av vattentjänstbranschen, LRF, Lantmännen och dagligvaruhandeln för att kvalitetssäkra avloppsslam för spridning på jordbruksmark. Certifierade avloppsreningsverk ska ha slam som uppfyller fastställda krav, vara öppna med all information om slammets sammansättning samt ständigt arbeta med att förbättra slamkvaliteten. Det ställs även krav på spårbarhet av ämnen.

1. Introduktion

Utsläppen från enskilda avlopp står för en förhållandevis stor del av de totala utsläppen av näringsämnen i Sverige. Av den totala belastningen av antropogent fosfor (3 130 ton/år) till sjöar och hav, står enskilda avlopp för 21 % (Brandt & Ejhed, 2002). Att minska utsläpp av näringsämnen från enskilda avlopp är därför ett viktigt steg i kommunernas arbete att minska övergödningen av våra sjöar och hav (Olshammar och Eriksson, 2006). År 2006 kom det nya allmänna råd för enskilda avlopp (NFS 2006:7), uppdaterade för att stämma överens med kraven som ställs i miljöbalken. Vid sidan av råden för recipientskydd och smittspridning, infördes råd för resurshushållning och kretslopp. Tidigare har fokus varit att optimera reningen av avloppsvattnet för att uppnå reduktionskraven, nu står man i de flesta kommuner även inför utmaningen att hitta hållbara system där näringsämnen kan återföras till odling på ett säkert sätt. Det finns olika typer av s.k. ”polersteg” som kan installeras för att uppnå kraven på reduktion av näringsämnen i avloppsvattnet från enskilda avlopp (Bergknut, pers. komm., 2010). Potentialen att återföra näringsämnen från dessa varierar. Exempel är fosforfälla, kemfällning eller passiv biologisk rening så som våtmark, vassbädd eller biofilterdike (Bergknut, pers. komm., 2010). Vilken typ av polersteg man väljer är upp till fastighetsägaren, varför kostnaden och tillgång till mark ofta blir avgörande. Enligt naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2006:7) bör man ”*Om det finns tekniklösningar som medför möjlighet till nyttiggörande av näringsämnen...*” välja dessa. Fosfor är det näringsämne som är av störst intresse att recirkulera i kretsloppet då det är en sinande naturresurs som inte går att framställa industriellt (Cordell et al, 2009). Oron att en tillgången på ”rent” fosfor mineral kommer att ta slut i framtiden har ökat medvetandet och arbetet med att hitta hållbara alternativ. Enligt ett av miljömålen ”*God bebyggd miljö*” ska minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark år 2015 (miljömålsportalen, 2010). Det är därför av stort intresse att undersöka potentialen för återföring av fosfor från enskilda avlopp.

När det gäller att återföra restprodukter från avloppsanordningar till produktiv mark är det vanligt att man stöter på konflikter mellan olika miljömål. Problemen uppstår då man blir tvungen att bryta mot ett miljömål för att uppnå ett annat. Just den här konflikten mellan miljömål känner vi igen från den debatterade ”slam-frågan” (Ahnland, 2010 & Andersson, 2005). Spridning av slam på åkermark är viktigt för att hushålla med resurser och återföra en större mängd fosfor vilket tidigare nämnts stöds av miljömålet ”*God bebyggd miljö*”. Dock kan spridning av avloppsslam medföra spridning av miljöfarliga ämnen som t ex tungmetaller, kemikalier och läkemedelsrester vilket i sin tur regleras av miljömålet ”*giftfri miljö*”. Till skillnad från slam från kommunala reningsverk är det lättare att kontrollera vad som leds in i enskilda avlopp då det inte finns någon industri och dagvatten anslutet (Naturvårdsverket, 2010).

Fosforfällor betraktas som kommunalt avfall från hushållen och därmed faller det under kommunens försorg i enlighet med Avfallsförordningen 2001:1063. Det är således det företag som har hand om hämtning, mottagande och omhändertagande av hushållsavfall i kommunerna som berörs av vilket avfall som uppkommer från fosforfällor i kommunerna. I dagsläget eftersträvas det att finna praktiskt genomförbara sätt att återföra filtermaterialet till odling.

2. Bakgrund

2.1 Fosfor - Livsnödvändigt och icke förnyelsebart

Fosfor (P) är ett viktigt makronäringsämne för växter då det behövs i relativt stor mängd och är helt nödvändigt för flera livsviktiga processer (Raven et al, 1999). I växternas

fotosyntes krävs P som en del av ATP (adenosintrifosfat) -molekylen som gör det möjligt för cellen att lagra och använda energi. Det är en byggsten i alla protein och är även del av DNA och RNA. Fosfor är efter kväve (N) och kalium (K) det näringsämne som behövs i störst mängd vid växtodling. Till skillnad från kvävet, som finns tillgängligt i atmosfären, kan fosfor inte tillverkas industriellt, utan bryts från berggrunden på en del ställen runt om i världen och används som konstgödsel (Cordell et al., 2009). Tillgången på fosformineral är idag avgörande för att upprätthålla ett effektivt jordbruk och en hög livsmedelsproduktion. En del forskare menar att fosformineral som är lämplig till gödselmedel kan ta slut inom 60-150 år, speciellt den råvara som har god kvalitet, dvs. har lågt innehåll av Kadmium (Cordell et al., 2009). Idag är det mycket av den fosfor som tillsätts kretsloppet genom konstgödsel som inte tas tillvara och återanvänds. Vi står inför utmaningen att skapa förutsättningar att återföra fosfor från avfall och avlopp på ett säkert sätt för att minska behovet av det icke förnyelsebara fosformineralet.

2.2 Övergödning och Enskilda avlopp

I naturliga ekosystem, där inget tillskott av antropogent fosfor finns, är vittring av mineral och nedbrytning av organiskt material de viktigaste källorna av fosfor för växter (Bergström et al, 2007). Fosfor är det viktigaste begränsande näringsämnet av alger i sötvatten, det är därför ofta det som reglerar tillväxten i sjöar och vattendrag (Schindler, 1977). Carignan et al. (2000) påvisade att produktiviteten av växtplankton i sjöar var direkt korrelerad med den totala halten av P i sjövattnet. Utsläpp av antropogent P från jordbruket och kommunala och enskilda avlopp har lett till problem med ökad tillväxt och övergödning. Ökad biomassa av alger leder till ökad nedbrytning vilket i sin tur leder till syrebrist. I syrefria förhållanden avsätts fosfor vilket i sin tur leder till ytterligare tillväxt av alger.

I Sverige finns det drygt 700 000 hushåll med enskilt avlopp (Naturvårdsverket, 2008). Totalt sett i Sverige uppskattades år 2002 utsläppen av fosfor från hushåll med enskilt avlopp vara 640 ton per år, vilket var mer än vad som släpptes ut från samtliga svenska kommunala reningsverk (490 ton) (Brandt & Ejhed, 2002). Att de enskilda avloppen står för en stor del av totala utsläppen av närsalter, trots att de är förhållandevis små, beror på att många av dessa avloppsanläggningar är gamla eller dåligt underhållna. Enligt Naturvårdsverket (2008) kan redan enbart ett fåtal bristfälliga enskilda avlopp leda till övergödningensproblem.

I takt med att det ställts högre krav på reningsgrad av näringsämnen från enskilda avlopp, har flera nya reningstekniker blivit tillgängliga. Exempel på lösningar som blivit tillgängliga är olika typer av fosforfällor, minireningsverk, kemfällning eller urinseparering (Bergknut, pers. komm., 2010). Som nämnt ovan kommer det här projektet att fokusera på en typ av reningsteg, nämligen fosforfällor. Enligt leverantörerna av de fosforfällor som undersöks finns det potential för återvinning av fosfor (Palmér Riviera, 2008 och Biotech, 2009). Om filtermaterialet från fosforfällorna kan användas som gödselmedel skulle det innebära ett steg i arbetet att minska behovet av konstgödsel och återföra större andel fosfor i enlighet med miljömålet ”*God bebyggd miljö*”.

2.3 Lagstiftning kring enskilda avlopp

För att få en övergripande bild av lagarna kring enskilda avlopp förklaras först vilka krav som ställs på reningskapacitet för enskilda avlopp och varför. Vidare beskrivs kraven på återföring av näringsämnen och eventuella problem som kan uppstå och konflikter mellan olika miljömål. En annan aspekt som är viktig att beakta i frågan om fosforfällorna är vem som bär ansvaret för återföring av näringsämnen, kommunen eller fastighetsägaren.

Naturvårdsverket tog 2006 fram nya ”allmänna råd” för små avloppsanläggningar, en uppdatering av de allmänna råden som gavs 1987. Här framgår vilka krav som bör ställas

enligt miljöbalken (2 kap) vid tillsyn och prövning av enskilda avlopp. De allmänna råden har som syfte att underlätta arbetet med tillsyn av enskilda avlopp, genom att göra lagarna mer tillgängliga och lättare att applicera (Naturvårdsverket, 2008). Dessa har varit en hjälpsam vägledning för att hitta väsentliga lagtexter som berör enskilda avlopp.

2.3.1 Utsläppskrav för enskilda avlopp

När det gäller krav på utsläpp från enskilda avlopp utvärderar kommunen först om normal eller hög ”skyddsnivå” ska tillämpas för varje enskilt fall, beroende på recipientens känslighet för olika utsläpp. Exempel på fall där hög skyddsnivå krävs är då utloppet finns inom skyddade områden (enligt MB 3 kap 2 §), om det finns grund- eller ytvattentäkter i området som kan påverkas, då utsläpp av renat avloppsvatten sker direkt utan föregående fördröjning till känsligt ytvatten, tex. nära badplats, eller då den sammanlagda belastningen är eller riskerar att bli hög på grund av antalet utsläppskällor (Naturvårdsverket, 2008).

Vilka är då kraven på enskilda avloppsanläggningar med normal respektive hög skyddsnivå? Det finns grundkrav på funktion av anordningen som gäller för båda nivåer, dessa innefattar bland annat krav på att

- Inget dag- och dränvatten leds in i anläggningen
- Anläggningen går att underhålla och att det finns instruktioner
- Anläggningens funktion går att kontrollera
- Anläggningen är tät
- Anläggningen ökar inte risken för smitta
- Hantering av restprodukter som sker på fastigheten kan skötas på hygieniskt acceptabelt sätt

Skillnaden mellan normal och hög skyddsnivå är främst att det ställs högre reningskrav av näringsämnen vid hög skyddsnivå, t.ex. kan det innebära att man behöver (Naturvårdsverket 2008):

- Anpassa utsläppspunkten (bort från ytvatten)
- Öka uppehållstiden i anläggningen
- Utjämna varierande flöden
- Lägga till reningssteg (ex biologisk rening, kemfällning, minireningsverk, eller fosforfälla)

Kraven på reduktion av näring vid normal respektive hög skyddsnivå enligt naturvårdsverket (2006) visas i tabell 1. I de flesta fall krävs utökad rening utöver trekammarbrunn och filterbädd för att uppnå reduktionskraven för fosfor vid hög skyddsnivå (Bergknut, pers. komm., 2010).

Tabell 1. Krav på reduktion av näringsämnen i enskilda avlopp vid normal resp. hög skyddsnivå (Naturvårdsverket, 2006).

	Fosfor	Kväve
Hög skyddsnivå	90%	50%

2.3.2 Krav på resurshushållning

Kravet på resurshushållning finner vi i miljöbalken som en av de allmänna hänsynsreglerna. Ägaren av en fastighet med enskilt avlopp är en verksamhetsutövare enligt miljöbalken. Det övergripande kravet på resurshushållning lyder (2 kap. 5 §):

”Alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning...”

När det gäller mera specifika krav på kretsloppsanpassning vid enskilda avlopp säger naturvårdsverkets allmänna råd att:

”Om det finns tekniklösningar som medför möjlighet till nyttiggörande/kretslopp bör dessa väljas.”

För att ta exemplen Hörby, Eslöv och Höörs kommun blir det enligt miljöinspektörerna ofta upp till fastighetsägaren att bestämma vilken typ av rening man vill installera, så länge man uppfyller naturvårdsverkets krav på hög reningsgrad. Där blir det i praktiken ofta utrymme och kostnad som sätter kriterierna (Bergknut pers. komm., 2010, Åberg pers. komm., 2011). Eftersom avloppsfraktioner och filtermaterial från enskilda avlopp i nuläget ses som hushållsavfall, är det möjligt att vid tillsyn ställa krav på kretsloppsanpassade avloppsanordningar, även om kommunerna inte vid tidpunkten har något etablerat system för återföring (Naturvårdsverket, 2008 och Bergknut pers. komm., 2010, Åberg pers. komm., 2011).

I miljöbalken står det dock att (2 kap, 5 §):

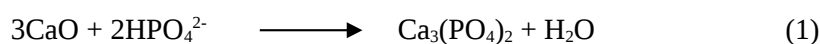
”Kommunen bör skapa förutsättningar för att hushållsavfall som utgörs av avloppsfraktioner nyttiggörs, exempelvis genom att inrätta system för insamling, behandling och lagring samt överlåtelse till jordbrukare, eller genom att vägleda om nyttjande på den aktuella fastigheten med vidmakthållande av hygien och minimering av potentiell smittspridning.”

Då filtermaterialet klassificeras som hushållsavfall, har kommunen skyldighet att hämta upp och ta hand om filtermaterialet, en tjänst som betalas av fastighetsägaren (Liwing pers. komm., 2010).

2.4 Fosforfällornas funktion

Reningen i fosforfällor baseras på att fosfor i avloppsvattnet adsorberas av ett material med hög kapacitet för fosforbindning. Det finns olika typer av fosforfällor, med varierande konstruktion och komposition av filtermassa. Två typer av filtermaterial kommer att undersökas i denna studie: Filtra P (Nordkalk) och Polonite (Bipthech), då de båda används i de berörda kommunerna (Bergknut pers. komm., 2010, Åberg pers. komm. 2011). De har båda ett högt innehåll av kalcium i form av bränd kalk (se tabell 2).

Bränd kalk framställs genom att upphetta kalksten (en bergart som huvudsakligen består av mineralet calcit, CaCO₃) som då avger koldioxid och kalciumoxid (CaO) bildas. CaO binder fosfor mera effektivt än CaCO₃, som återfinns i släckt kalk (Johansson et al, 1999) varför det är att föredra vid fosforavskiljning. I alkaliska förhållanden reagerar fosfatet i avloppsvattnet med kalcium för att bilda kalciumfosfater (se reaktion 1) (Eriksson et al., 2005).



För Filtra P rekommenderas att testa pH i utloppsvattnet eftersom pH bör vara >9 för att reningen ska fungera (Nordkalk, 2009). De olika fosforfiltren har enligt tillverkaren en viss

livslängd, varefter reningskapaciteten avtar och de behöver bytas ut för att uppnå kravet på hög fosforreduktion (>90 %) (Bergknut pers. komm., 2010).

2.4.1 Filtra P

Filtra P tillverkas av Nordkalk, det är en granulerad produkt med kornstorlek på 3-12 mm som enligt leverantören består av bränd kalk och gips (Nordkalk, 2009). Kemisk sammansättning och tungmetallinnehåll i oanvänt Filtra P kan ses i tabell 2 och tabell 3. Enligt leverantören är filtrets funktion beroende av ett pH >9, och det är genom pH-mätningar som man avgör filtrets funktion. Filtret säljs i säckar i två olika storlekar (500 eller 1000 kg), säcken placeras i en brunn där avloppsvattnet som först gått igenom trekammarbrunn och filterbädd leds igenom filtret (se *Appendix 3*). Filtermaterialet kan ligga kvar i säcken för att underlätta vid byte då filtermaterialet är uttjänt.

Tabell 2. Kemisk sammansättning av oanvänt Filtra P och Polonite (% av TS) enligt uppgifter från leverantören (Nordkalk 2008, Biotech, 2009).

Ämne	Filtra P	Polonite
CaO	42,97	42,00
SiO ₂	1,08	40,00
TiO ₂	0,03	0,30
Al ₂ O ₃	0,41	5,00
Fe ₂ O ₃	0,27	2,00
MgO	0,35	1,00
K ₂ O	0,08	1,00
Na ₂ O	0,03	0,10
MnO	0,01	0,02
P ₂ O ₅	0,03	0,06

Tabell 3. Innehåll av tungmetaller i oanvänt Filtra P och Polonite (mg/kg TS), enligt uppgifter från leverantören (Nordkalk, 2008 & Biotech, 2009).

Metall	Filtra P	Polonite
Kadmium (Cd)	<0.05	-
Kvicksilver (Hg)	0,25	-
Nickel (Ni)	2,04	-
Bly (Pb)	1,43	10
Koppar (Cu)	1,95	1,2
Zink (Zn)	7,28	20
Krom (Cr)	4,38	50
Arsenik (As)	1,83	-

"-" indikerar att mätvärden saknas.

Då det gäller kraven på återföring av fosfor till odlingsmark, säger leverantören att detta är möjligt då materialet består enbart av "naturliga råvaror" (Nordkalk 2009). Vidare säger de potentialen som fosforgödselmedel beror på belastningen av fosfor på filtret. Enligt Nordkalks mätningar varierar fosforinnehållet mellan 2-20 g P/kg i uttjänt filtermaterial. I *"Råd för hantering av använd filtermassa Nordkalk filtra P"* (Palmér Riviera, 2008) står det:

"Filtra P fungerar väl som ett fosforgödselmedel." och "...Fosforinnehållet varierar dock och Nordkalk Filtra P är främst att beakta som ett kalkningsmedel med viss fosforpotential."

När det gäller bakterieinnehåll säger samma källa att:

"...provtagningar av använt filtermaterial har visat att bakterieantalet minskar dramatiskt i filtret, eftersom filtrets höga pH ger en effektiv avdödning av bakterier."

Något specifikt försök på bakteriereduktionen i filtret finns inte refererat. Tillverkaren ger förslaget att använda den använda filtermassan som jordförbättrande medel på åkrar, vid matjordstillverkning, eller i komposter (Nordkalk, 2009).

2.4.2 Polonite

Polonite är kalciumsilikat också kallat Opoka brutet från bergrunden i Polen som är värmebehandlat för att öka bindningskapaciteten av P (Eveborn, et al., 2009). Då Opoka

upphettats till cirka 900°C sker en så kallad kalcinering där koldioxid och kalciumkarbonat i materialet övergår till kalciumoxid (Brogowski och Renmann, 2004). Kemisk sammansättning av ett oanvänd Polonite kan ses i tabell 2, innehåll av tungmetaller visas i tabell 3. Materialet har en kornstorlek på 2-8 mm och precis som Filtra-P levereras filtret i säckar om antingen 500 eller 1000 L. Tillverkaren säger att materialet behåller sin form även efter långvarig användning och att det har en lång livslängd för avskiljning av fosfor vid vattenrening. Enligt tillverkaren kan fosfor i materialet återföras till växtodling.

Enligt en studie av Gustafsson (2008) har både Filtra P och Polonite god potential att reducera fosfor i avloppsvatten då båda materialen reducerade fosfor i utgående vatten med >95%. Samma studie visar dock att Filtra P till skillnad från Polonite har en tendens att förändras i fysisk struktur då filtret används. Problemet har också uppmärksammats i fosforfällorna men Filtra P i Hörby kommun (Bergknut pers. komm., 2010). Företaget håller i nuläget på att utveckla en bättre produkt som ska hålla samma struktur vid långvarig användning (Nordkalk, 2010). I nuläget är Filtra P det material som är mest aktuellt att finna användning för i Hörby, Eslöv och Höörs kommun, då samtliga filter som behöver bytas ut i dagsläget är Filtra P. Då Polonite är relativt nytt på marknaden finns det i nuläget inte några fosforfällor där materialet anses uttjänt (Bergknut pers. komm., 2010).

2.5 Beskrivning av nuläget

Mellanskånes Renhållnings AB (MERAB) ansvarar för hämtning, mottagande och omhändertagande av hushållsavfall i Höör, Hörby och Eslövs kommun. Således berörs MERAB i högsta grad av vilket avfall som uppkommer från fosforfällor i kommunerna och de har intresse att hitta en plan för omhändertagandet av de uttjänta fosforfällorna. För att beskriva nuläget i Höör, Hörby och Eslöv utfördes intervjuer med miljöinspektörer ansvariga för enskilda avlopp i de tre kommunerna, frågeformulär ses i *Appendix 3*.

2.5.1 Hörby Kommun

I Hörby kommun görs bedömningen att för alla enskilda avlopp med ytvatten som recipient krävs hög skyddsnivå avseende miljöskydd (Bergknut pers. komm., 2010). Det gäller därför samtliga platser som inte har infiltrationsbenägen mark. På dessa platser finns således krav på utökad rening, utöver trekammarbrunn och markbädd. Det finns även ett antal skyddade områden där det generellt gäller hög skyddsnivå enligt MB kap 7.

Antal enskilda avlopp i Hörby kommun är ca 3700, av dessa har ca 1800 ytvatten som recipient och behöver därför utökad rening. Som tidigare nämnts är det inte lagstadgat vilken typ av utökad rening som ska installeras, så länge man uppnår reduktionskraven (Bergknut, 2010). Alternativ för utökad fosforreduktion som har tillämpats i Hörby kommun är kemfällning, urinsortering, passiva biologiska polersteg och fosforfällor. Exempel på passiva biologiska polersteg som används i Hörby är biofilterdike, översilning eller våtmark (Bergknut pers. komm., 2010). I nuläget finns det sammanlagt ca 30 enskilda avlopp med installerade fosforfällor, varav huvudparten är Filtra P. Filtra P var det filtermaterial som var tillgängligt på marknaden först, varav det stora antalet. Den vanligaste kombinationen av reningssteg av dessa enskilda avlopp är trekammarbrunn, markbädd och fosforfälla, endast trekammarbrunn och fosforfälla förekommer inte.

I nuläget i Hörby kommun ställs det inga krav på egenkontroll av filtrets funktion från tillsynsmyndigheten, då det inte finns något utvecklat system för omhändertagande ännu. Meningen är att det i framtiden ska finnas krav på att fastighetsägaren analyserar pH i utgående vatten som ett mått på fosforreduktionen (Persson, pers. komm. 2010). Man har inte tagit hand om några uttjänta fosforfällor i nuläget, men det anses vara nödvändigt att byta ut samtliga fosforfällor med Filtra P inom en nära framtid (Bergknut pers. komm., 2010). Mängden filtermaterial som behöver bytas ut uppskattas till 30 000 L (30 st x 1000 L) vilket

motsvarar ca 30 m³.

2.5.2 Höörs Kommun

I Höörs kommun finns det sammanlagt ca 2700 enskilda avlopp (Åberg pers. komm., 2011). Bedömningen för vilka av dessa som har hög skyddsnivå görs utifrån recipientens ekologiska status, Vatteninformationssystem Sverige (VISS) används som underlag. Ringssjöns avrinningsområde ligger till stor del i Höörs kommun, och eftersom Ringsjön bedöms ha dålig ekologisk status pga. övergödning (VISS, 2011), gäller hög skyddsnivå för alla enskilda avlopp som har Ringsjön som slutrecipient (Åberg, pers. komm., 2011). I nuläget finns det ca 10 enskilda avlopp med installerade fosforfällor i Höörs kommun (Åberg pers. komm., 2011). Eftersom kommunen inte har någon fastställd plan för omhändertagande av filtermaterial från fosforfällor rekommenderar miljöinspektörerna i dagsläget andra typer av polerstep framför fosforfällor då enskilda avlopp behöver uppdateras (Åberg pers. komm., 2011). I nuläget installeras fosforfällor endast då fastighetsägaren själv begär tillstånd att installera den. För att uppnå reduktionskraven vid hög skyddsnivå rekommenderas vanligtvis istället minireningsverk. Malin Åberg (pers. komm., 2011), miljöinspektör i Höörs kommun menar dock att det kommer att finnas behov av att installera fosforfällor, eftersom ett stort antal enskilda avlopp behöver uppdateras och fosforfällor kan vara ett enklare och mer ekonomiskt alternativ för de enskilda avlopp som redan har trekammarbrunn och filterbädd.

2.5.3 Eslövs Kommun

I Eslövs kommun finns det ca 2500 enskilda avlopp, inventering av samtliga av dessa har visat att alla som är i bruk har trekammarbrunn och markbädd (Lantz, 2011). Då det inte fanns krav för hög skyddsnivå då inventeringen gjordes, ställdes det inte heller krav på ytterligare rening utöver filterbädd för de existerande anläggningarna. Däremot ställs det krav vid nybyggnad/nyinstallation av avlopp att uppnå hög skyddsnivå. I dagsläget finns det ca 40 enskilda avlopp med installerade fosforfällor i Eslövs kommun. Kommunen som har, liksom Höör och Hörby, i dagsläget ingen plan för omhändertagandet av filtermaterialet. Det är fastighetsägarens ansvar att materialet blir utbytt i tid och MERAB som ansvarar för omhändertagandet, då det klassas som hushållsavfall (Lantz, 2011).

3. Syfte

Syftet är att projektet ska ligga till grund för att hitta en långsiktigt hållbar hantering av filtermaterial från fosforfällor i Hörby, Eslöv och Höörs kommun. Specifikt syfte är att undersöka miljöpåverkan och gödseffekt av uttjänt Filtra P och Polonite då det tillsätts MERABs trädgårdskompost. Certifierat avloppsslam och certifierad aska testas parallellt med filtermaterialen för att möjliggöra en jämförelse med dessa material. Målet med odlingsförsöket är (1) att undersöka miljöpåverkan i form av tungmetallinnehåll i lakvattnet, (2) att undersöka skörd och näringsupptag i vete som odlas i substraten samt förändring av kompostens pH och tillgänglighet av P.

Hypoteser som testas i odlingslabben är:

H₀: Filtermaterialet påverkar inte kompostens pH

H₀: Medelhalten växttillgängligt P påverkas inte då Filtermaterialet tillsätts komposten.

H₀: Filtermaterialet påverkar inte tillväxten av vete odlat i komposten

H₀: Filtermaterialet påverkar inte upptag av P i vete odlat i komposten

H₀: Medelhalten tungmetaller i lakvattnet från komposten påverkas inte av behandlingarna med Filtra P, Polonite, Slam eller Aska.

4. Avgränsningar

Projektet kommer endast att beröra fosfor, återföring av andra näringsämnen kommer inte diskuteras. Avgränsningar har gjorts till en undersökning av tre skånska kommuner; Höör, Hörby och Eslöv. Det finns flera olika typer av fosforfällor i kommunerna, avgränsningar gjorts till Filtra P och Polonite. Filtra P som används i odlingsförsöket kommer ifrån en slumpmässigt vald uttjänt fosforfälla i Höby kommun, och Poloniten kommer ifrån ett försök på KTH där materialet har filtrerat avloppsvatten från en samfällighet med 10 personer i 5 månader. Variationer av näringsinnehåll och tungmetallinnehåll mellan olika fosforfällor kommer endast att diskuteras utifrån tidigare analyser av filtermaterial. Återförsel via MERABs trädgårdskompost är det alternativ som kommer att stå i fokus. Andra metoder att återföra filtermaterial till odling kommer endast att diskuteras utifrån litteratur och tidigare försök. Fokuset för miljöpåverkan vid återföring till odling kommer att läggas på risken för spridning av tungmetaller. Bakterieinnehåll och smittspridning via fosforfilter kommer inte att ingå i arbetet. Spridning av organiska miljögifter så som PCB:er kommer inte heller att beaktas i nuläget, men prover kommer att sparas så att möjligheten finns vid senare tillfälle.

5. Material och metod

5.1 Odlingsförsök

Filtra P, Polonite, certifierat avloppsslam och certifierad trädaska testas som fosforgödsel i ett krukodlingsförsök under 6 veckor. MERABs trädgårdskompost används som grundsubstrat och Vete (*Triticum aestivum*) odlas i krukorna. Alla försöksled görs parallellt med 50 volymprocent inblandad jord, se *tabell 4*.

Polonite, Filtra P, slam och aska tillsätts i olika mängder, beroende på fosforinnehåll för att uppnå 0,044 g P/kruka, motsvarar en giva på 22kg P/ha och 5,5 g P/m³ kompost (för beräkningar se *Appendix 2*). Innehåll av total-P i materialen samt mängd tillsatt material/kruka ses i *tabell 5*. Som referensbehandling (A2 och B2) tillsätts samma mängd P i form av KH₂PO₄. För att kunna jämföra materialens kalkningseffekt samt att undersöka kompostens buffringskapacitet tillsätts kalciumoxid (CaO) i en referensbehandling (A3 och B3) (för mängdberäkningar se *Appendix 2*).

Tabell 4. Upplägg för odlingsförsöket. Visar numrering, grundsubstrat och behandling (n=5).

Nr	Substrat	Behandling
A1	Kompost	-
A2	Kompost	KH ₂ PO ₄
A3	Kompost	KH ₂ PO ₄ +CaO
A4	Kompost	Filtra P
A5	Kompost	Polonite
A6	Kompost	Slam
A7	Kompost	Aska
B0	Jord	-
B1	Kompost+Jord	-
B2	Kompost+Jord	KH ₂ PO ₄
B3	Kompost+Jord	KH ₂ PO ₄ +CaO
B4	Kompost+Jord	Filtra P
B5	Kompost+Jord	Polonite
B6	Kompost+Jord	Slam
B7	Kompost+Jord	Aska

Tabell 5. Materialens innehåll av Total-P (g P/g TS), samt mängd material som tillsattes per kruka, för att uppnå mängden 0,044 P/kruka.

Material	Innehåll av Total-P (g P/g TS)	Mängd material (g TS/kruka)	Total mängd tillsatt P (g P/kruka)
KH ₂ PO ₄	0,2279	0,19	0,044
Filtra P	0,0071	6,20	0,044
Polonite	0,0047	9,36	0,044
Slam	0,0250	1,76	0,044
Aska	0,0253	1,74	0,044

Uppsamling av lakvattnet görs separat från varje kruka under hela försöksperioden. Vattning sker med mått för att veta att samma mängd har tillsatts varje kruka. Krukornas placeras i slumpmässig ordning i växthus.

5.2 Beskrivning av materialen

5.2.1 Kompost och jord

Komposten som används i försöket är MERABs trädgårdskompost, vilken består av komposterat trädgårdsavfall från Eslöv, Höör och Hörby kommun. Vattenhalten mättes innan försöket till 30,9 % och glödförlust 14,6%. Medelvärdet på total-P från fyra analyser under 2010 är 0,7 g P/kg TS. Växttillgängligt P (Bray-extraktion) samt pH mättes innan försöket (se tabell 6).

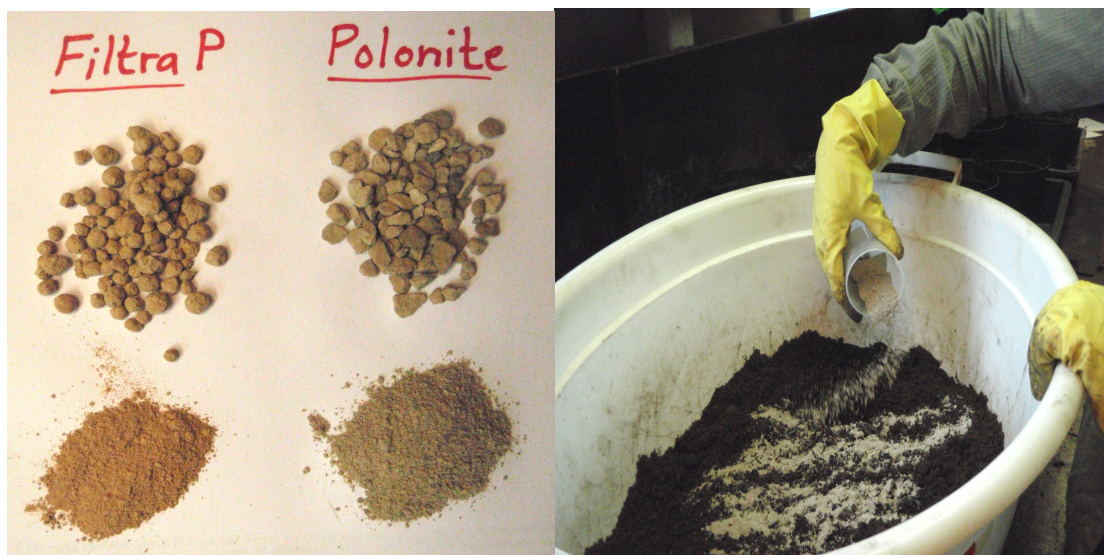
Tabell 6. Medelvärde för kompostens, jordens och materialens pH (n=3) samt medelvärde för växttillgängligt P (Bray-extraktion) (mg/g TS) i jorden och komposten analyserat innan odlingsförsöket. “-” indikerar att mätningar inte utförts (se tabell 5 för Total-P).

Material	pH	Växttillgängligt P (mg/g TS)
Kompost	7,65	375
Jord	6,78	140
Jord+Kompost	7,40	237
Filtra P	9,89	-
Filtra P (pulver)	10,95	-
Polonite	9,11	-
Polonite (pulver)	9,71	-
Slam	7,55	-
Aska	11,30	-

Jorden som används i odlingsförsöket är ogödslad och okalkad ängsjord från Måssagården i Veberöd, Skåne. Växttillgängligt P samt pH med och utan inblandning av kompost kan ses i tabell 6.

5.2.2 Filtermaterial

Filtra P som används i odlingsförsöket kommer ifrån fosforfälla installerad vid en fastighet i Korsholm söder om Hörby. Fastigheten är ett hushåll på fyra personer och fosforfällan har varit i drift i tre år. Avloppsvattnet leds först till en trekammarbrunn och igenom en markbädd innan det leds in i fosforfällan. Fem prov på vardera ca 0,5 kg togs från fosforfällan den 16 mars 2011.



Figur 1. Okrossad och krossad Filtra P samt Polonite.

Figur 2. Krossad Polonite blandas med komposten för att sedan föras över i fem krukor.

Då det i dagsläget inte finns någon fosforfälla med Polonite som har varit installerad under tillräckligt lång tid för att räknas som uttjänt (Personlig komm. Rehnman, 2011.) kommer Poloniten som används i odlingsförsöket ifrån ett kolonn-försök på KTH. Materialet har under fem månader filtrerat riktigt avloppsvatten från en samfällighet med 10 personer.

Filtra P och Polonite lufttorkades i rumstemperatur i 6 dagar. Den totala halten tungmetaller (Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni och Zn) i uttjänt Filtra P och Polonite som används i odlingsförsöket analyseras innan försöket med ICP-MS (ELAN 6000, perkinElmer). Först görs en totaluppslutning där 15 ml koncentrerad svavelsyra (H_2SO_4) kokar med 1 g krossat filtermaterial i 4 dagar. Proven väljs ut slumpmässigt, tre replikat för varje material analyseras. Resultatet för tungmetallinnehåll ses i tabell 7. Filtermaterialen krossas i mortel innan de blandas i odlingssubstratet för att öka exponeringsytan och göra ämnena mer tillgängliga. pH bestämdes i både okrossat och krossat filtermaterial (se tabell x).

Tabell 7. Innehåll av tungmetaller (mg/kg TS) i; oanvänd Filtra P och Polonite (info från Nordkalk, 2008 resp. Biotech, 2009), använd Filtra P och Polonite (Växtekologen, 2011-05-07), avloppsslam (Ellinge reningsverk, 2010) samt trädaska (Österlenskraft AB, 2010-11-18). "-" indikerar att mätvärden saknas.

Metall	Oanvänd Filtra P	Oanvänd Polonite	Använd Filtra P	Använd Polonite	Slam	Aska
Kadmium (Cd)	<0,05	-	0,27	0,04	0,96	22,30
Kvicksilver (Hg)	0,25	-	0,15	0,01	0,25	0,03
Nickel (Ni)	2,04	-	37,10	23,15	16,50	37,70
Bly (Pb)	1,43	10,00	17,85	4,15	8,05	433,00
Koppar (Cu)	1,95	1,20	9,18	10,83	295,00	321,00
Zink (Zn)	7,28	20,00	142,50	42,13	360,00	2660,00
Krom (Cr)	4,38	50,00	123,50	21,01	25,50	135,00
Arsenik(As)	1,83	-	0,48	5,57	2,95	<3

5.2.3 Slam och aska

Avloppsslammet är certifierat enligt Revaq-certifiering och kommer ifrån Eslövs kommunala reningsverk (Ellinge reningsverk). Innehåll av tungmetaller enligt reningsverkestes analyser ses i tabell 7, pH och innehåll av näringsämnen ses i tabell X.

Slammet tillsätts komposten utan att torkas (för beräkningar se *appendix 2*). Askan som används i odlingsförsöket är trädaska ifrån Österlen kraft AB. Askan är godkänd för att spridas på skogsmark och sprids i nuläget av Askungen Vital AB (Österlenskraft, 2011). Askan har härdats i ca 6 månader innan försöket. Innehåll av tungmetaller enligt Österlenskrafts analyser ses i *tabell 7*. Askan mortlas till ett pulver innan den tillsätts komposten.

5.3 Analyser

5.3.1 Växtdelar

Växtdelarna skördas och torkas i 40°C i fem dagar. De torkade rötterna och skotten vägs separat för bestämning av mängd producerad biomassa. För att bestämma mängden N och P i skotten görs uppslutning enl. Kjeldahl; 200 mg växtmaterial kokas med 1 g katalysator (10:1 K₂SO₄ och CuSO₄) samt 4 ml koncentrerad svavelsyra (H₂SO₄) i 350°C. Koncentrationen av ammoniumkväve (NO₃-N) samt fosfat (PO₄-P) i proven analyseras med FIA (flow injection analysis) i överensstämmelse med ISO 11732:2005.

5.3.2 Odlingssubstrat

För bestämning av pH i odlingssubstratet efter skörd skakas 10 g jord ifrån samtliga 75 krukor med 50 ml avjoniserat vatten i en timme, proven står över natten för att sedimentera varefter pH mäts. Bray-extraktion används för att ge en indikation på mängden växttillgängligt P i odlingssubstratet efter skörd i samtliga krukor. 100 ml Bray-lösning (dest. vatten, 0,03 M NH₄F och 0,1 M HCl) tillsätts 10 g jord. Fosfatkoncentrationen efter filtrering analyseras sedan med FIA i överensstämmelse med ISO11732:2005.

5.3.3 Lakvatten

Lakvattnet överförs från uppsamlingspåsarna till provrör efter skörd. Koncentration total-P samt koncentration av tungmetaller (Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni och Zn) i lakvattnet analyseras med ICP-MS (ELAN 6000, perkinElmer).

5.4 Statistik

Statistisk analys utförs med SPSS statistics 18. Data analyserades med två-vägs ANOVA med applikationen Tukey's simultaneous tests (p<0.05).

6. Resultat

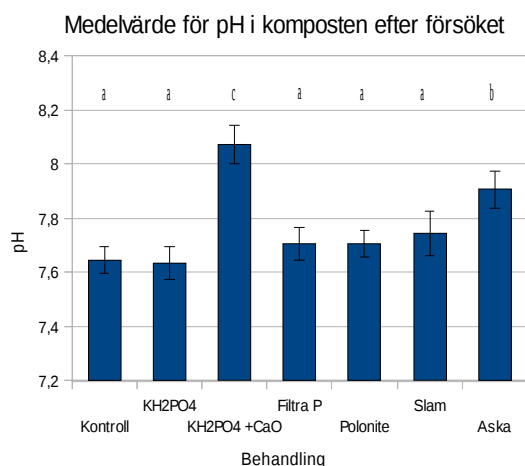
6.1 Filtermaterialens inverkan på pH och växttillgängligt P

Mätningar efter odlingsförsöket visade inga signifikanta förändringar i kompostens pH då kaliumfosfat, Filtra P, Polonite eller slam tillsätts i de angivna mängderna (se *tabell 8* och *Fig. 3*). De enda behandlingarna som bidrog till en signifikant höjning av kompostens pH var behandlingen med CaO och behandlingen med Aska.

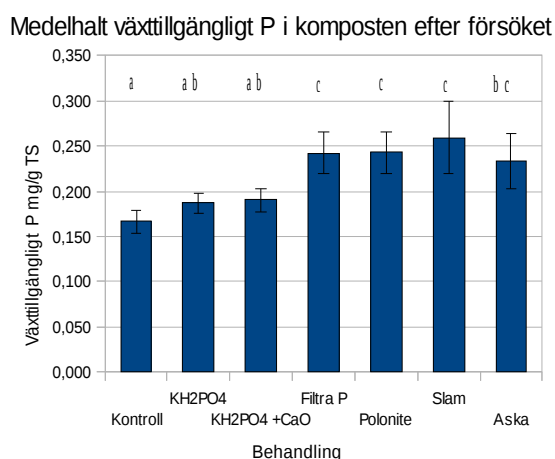
Tabell 8. Resultat för de olika behandlingarna vid odling i kompost; mängd tillsatt material, mängd tillsatt P, pH efter skörd, extraherbart P efter skörd, samt mängd producerad biomassa/kruka, ± visar standardavvikelse.

Behandling	Mängd material g kruka ⁻¹	Mängd P g kruka ⁻¹	pH	Extraherbart P mg g ts ⁻¹	Biomassa g ts kruka ⁻¹
A1. Inget P	-	-	7.646 ± 0.053	0.166 ± 0.012	3.977 ± 0.366
A2. KH ₂ PO ₄	0,19	0,044	7.636 ± 0.061	0.187 ± 0.011	6.070 ± 1.817
A3. KH ₂ PO ₄ +CaO	0.19/3.74	0,044	8.072 ± 0.074	0.190 ± 0.013	5.462 ± 0.678
A4. Filtra P	6,20	0,044	7.708 ± 0.058	0.242 ± 0.023	3.771 ± 0.346
A5. Polonite	9,36	0,044	7.704 ± 0.045	0.243 ± 0.023	3.468 ± 0.227
A6. Slam	1,76	0,044	7.744 ± 0.076	0.259 ± 0.040	3.347 ± 0.078
A7. Aska	1,74	0,044	7.906 ± 0.072	0.233 ± 0.031	3.879 ± 0.399

Mängden växttillgängligt P efter försöket var signifikant högre i behandlingarna med slam, Polonite, Filtra P och Aska jämfört med kontrollbehandlingen (se Fig. 4). Växttillgängligt P i behandlingarna med kaliumfosfat skiljde sig inte signifikant ifrån kontrollbehandlingen utan P. I kontrollbehandlingen med bara kompost minskade mängden växttillgängligt P efter sex veckors odling av vete i medel med 56 %.



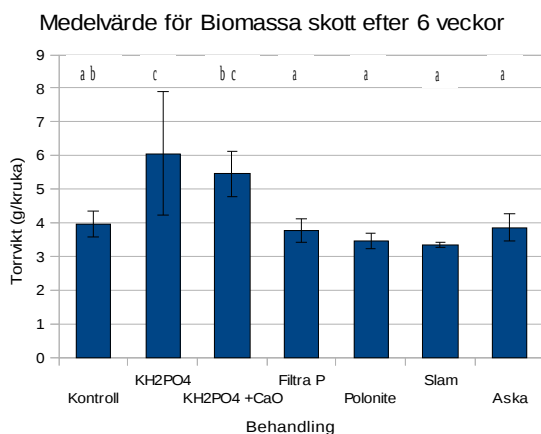
Figur 3. Medelvärde för kompostens pH efter odlingsförsöket för de sju behandlingarna. Från vänster: 1. Inget P, 2. KH₂PO₄, 3. KH₂PO₄+ CaO, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska. Små bokstäver (a, b, c) anger signifikanta skillnader (P=0,05), behandlingar med samma bokstav skiljer sig inte åt signifikant.



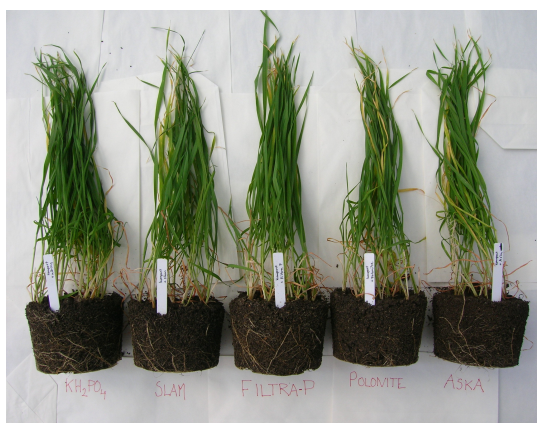
Figur 4. Medelhalt växttillgängligt P (mg/g ts) i komposten efter odlingsförsöket för de sju behandlingarna; 1. Inget P, 2. KH₂PO₄, 3. KH₂PO₄+ CaO, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska. Små bokstäver (a, b, c, d) anger signifikanta skillnader (P=0,05), behandlingar med samma bokstav skiljer sig inte åt signifikant.

6.2 Producerad biomassa

Den största biomassan av vete odlad i komposten sågs i behandlingarna med kaliumfosfat (se Tab. 8 och Fig. 5). Biomassan i behandlingen med kaliumfosfat var signifikant större jämfört med samtliga övriga behandlingar (kontroll, Filtra P, Polonite, slam och aska). Ingen skillnad i biomassa sågs mellan kontrollen, Filtra P, Polonite, slam eller aska. Ingen skillnad i rötternas torrsvikt kunde ses mellan någon av behandlingarna.



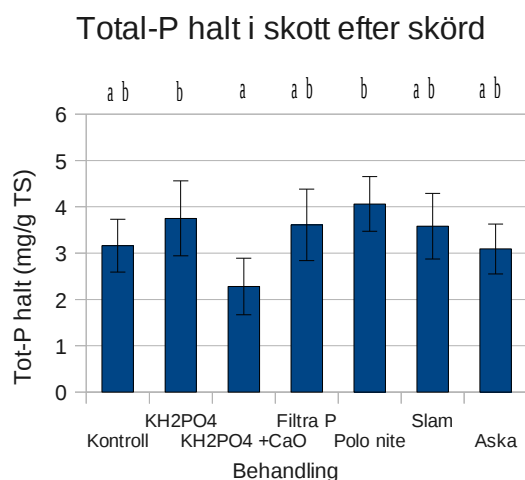
Figur 5. Medelvärde producerad biomassa (g ts/Kruka) av vete odlad i komposten för de sju behandlingarna; 1. Inget P, 2. KH₂PO₄, 3. KH₂PO₄+ CaO, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska. Små bokstäver (a, b, c, d) anger signifikanta skillnader (P=0,05), behandlingar med samma bokstav skiljer sig inte åt signifikant.



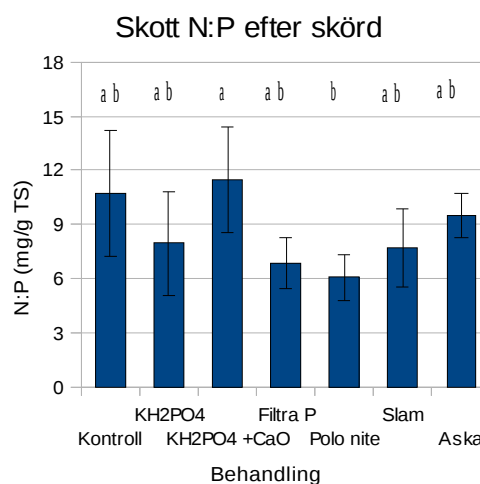
Figur 6. Sluppmässigt utvalda krukor innan skörd ifrån behandlingarna; 2. KH₂PO₄, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska.

6.3 Upptag av P i vete

Störst koncentration av P i skotten sågs i behandling 5 (Polonite) och behandling 2 (kaliumfosfat), vilka skiljde sig signifikant från behandling 3 (Kaliumfosfat och kalciumoxid) med lägst P-koncentration (se Fig. 7. Ingen signifikant skillnad sågs mellan behandling 1 (kontroll), 2 (kaliumfosfat), 4 (Filtra P), 5, (Polonite), 6 (slam) och 7 (aska). Endast små skillnader i koncentration av N i skotten iaktogs mellan behandlingarna. Kvoten mellan N och P i skotten var störst i behandlingen i behandlingen kaliumfosfat och kalciumoxid.



Figur 7. Medelkoncentration av Total-P i skotten efter skörd (mg/ g TS) för de sju behandlingarna; 1. Inget P, 2. KH₂PO₄, 3. KH₂PO₄+ CaO, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska. Små bokstäver (a, b, c, d) anger signifikanta skillnader (P=0,05), behandlingar med samma bokstav skiljer sig inte åt signifikant.



Figur 8. Förhållande mellan N och P i skott (mg/g TS) för de sju behandlingarna; 1. Inget P, 2. KH₂PO₄, 3. KH₂PO₄+ CaO, 4. Filtra P, 5. Polonite, 6. Slam, 7. Aska. Små bokstäver (a, b, c, d) anger signifikanta skillnader (P=0,05), behandlingar med samma bokstav skiljer sig inte åt signifikant.

6.4 Grundsubstratets betydelse för resultatet

Hittills har endast resultat från odling i kompost presenterats. Samma behandlingar testades med inblandning av 50 volymprocent jord i komposten. Inte heller vid inblandning av jord påverkade filtermaterialen substratets pH, och precis som endast med kompost sågs en signifikant ökning av pH-värdet i behandlingen med kalciumoxid. Mängden växttillgängligt P efter skörd var precis som skottens torrsvikt överlag lägre i jord och kompost jämfört med samma behandlingar i kompost (se tabell x och Fig x.). Däremot var koncentration av P i skotten överlag signifikant högre då komposten blandats med jord (se Fig. x). I jord och kompost var tillväxten med Polonite signifikant lägre jämfört med kontrollbehandlingen och behandlingen med kaliumfosfat. Torrsvikten för behandlingarna med Filtra P, Polonite, slam och aska skiljde sig däremot inte signifikant här heller (se Tab. x). Ingen signifikant skillnad i skottens torrsvikt sågs heller här mellan kontrollbehandlingen, kaliumfosfat, slam och aska.



Figur 9. Behandlingen med Kaliumfosfat i enbart kompost (till vänster) och 50:50 jord och kompost (till höger).

Tabell 9. Resultat för de olika behandlingarna vid odling i 50% kompost blandat med 50% jord ;mängd tillsatt material, mängd tillsatt P, pH efter skörd, extraherbart P efter skörd, samt mängd producerad biomassa/kruka. (n=5) ± visar standardavvikelse.

Behandling	Mängd material g kruka ⁻¹	Mängd P g kruka ⁻¹	pH	Extraherbart P mg g ts ⁻¹	Biomassa g ts kruka ⁻¹
B0. Endast jord	-	-	7,410 ± 0,23	0,096 ± 0,011	0,08 ± 0,83
B1. Inget P	-	-	7,848 ± 0,08	0,110 ± 0,008	2,61 ± 0,41
B2. KH ₂ PO ₄	0,19	0,044	7,686 ± 0,12	0,153 ± 0,016	2,64 ± 0,17
B3. KH ₂ PO ₄ + CaO	0,19/3,74	0,044	8,186 ± 0,05	0,194 ± 0,015	3,45 ± 0,79
B4. Filtra P	6,20	0,044	7,828 ± 0,07	0,212 ± 0,015	2,08 ± 0,17
B5. Polonite	9,36	0,044	7,768 ± 0,11	0,184 ± 0,016	1,46 ± 0,22
B6. Slam	1,76	0,044	7,610 ± 0,04	0,195 ± 0,022	2,19 ± 0,11
B7. Aska	1,74	0,044	7,760 ± 0,39	0,179 ± 0,021	2,26 ± 0,33

6.5 P i lakvattnet

Mätningarna av Total-P i lakvattnet visade ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna. Stora variationer inom varje behandling förekom (se tabell x).

Tabell 10. Innehåll av Total P i lakvattnet (µg/L) från kontrollbehandlingen (endast kompost), samt från behandling med Filtra P, Polonite, Slam och Aska. ± indikerar standardavvikelsen.

Behandling	Total-P(µg/L)
Kontroll	450 ± 613
Filtra P	284 ± 333
Polonite	463 ± 347
slam	733 ± 687
aska	807 ± 647

6.6 Tungmetallhalt i lakvattnet

På grund av stora variationerna inom varje behandling kunde ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna påvisas för någon tungmetall, med undantag för kvicksilver som var signifikant högst i lakvattnet från kontrollbehandlingen (se tabell x samt Fig x-x i appendix). Lakvattnet från behandlingen med avloppsslam hade högsta koncentrationen för flest tungmetaller (Cd, Ni, Pb, Cu, Cr, As), men att slam bidrar till mer läckage av tungmetaller kan inte styrkas statistiskt pga den stora variationen.

Tabell 11. Medelhalt tungmetaller i lakvatten (µg/L) från kontrollbehandlingen(endast kompost), samt från behandling med Filtra P, Polonite, Slam och Aska. Samtliga behandlingar har endast kompost som grundsubstrat. n=5 för samtliga behandlingar (± indikerar standardavvikelsen).

Metall	Kontroll	Filtra P	Polonite	Slam	Aska
Kadmium (Cd)	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.06	0.13 ± 0.05	0.12 ± 0.06
Kvicksilver (Hg)	0.04 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Nickel (Ni)	12.68 ± 3.53	14.45 ± 6.65	12.14 ± 5.63	18.12 ± 7.26	13.49 ± 7.22
Bly (Pb)	1.28 ± 0.32	0.9 ± 0.25	1.66 ± 1.04	2.4 ± 1.41	1.88 ± 1.20
Koppar (Cu)	15.73 ± 2.78	11.02 ± 2.87	13.13 ± 4.62	17.73 ± 4.96	16.24 ± 6.52
Zink (Zn)	3.21 ± 2.27	4.33 ± 1.84	2.84 ± 0.40	4.17 ± 2.03	4.09 ± 2.27
Krom (Cr)	7.94 ± 1.15	8.59 ± 2.87	8.61 ± 2.64	12.36 ± 3.52	10.25 ± 3.70
Arsenik(As)	5.1 ± 2.22	3.49 ± 2.00	4.29 ± 1.25	6.02 ± 2.67	5.81 ± 3.41

7. Diskussion

7.1 Påverkan på kompostens pH

Tidigare studier har visat att filtermaterial har en pH-höjande effekt då det tillsätts olika jordar (Hylander & Simán, 2001, Cucarella, 2008). Rekommendationer har därför gjorts att Polonite och Filtra P lämpar sig bäst att användas som jordförbättring på sura jordar, där kalkingseffekten är positiv då det bidrar till ökad tillgänglighet av både fosfor och andra näringsämnen. Då pH-värdet redan är relativt högt (pH 7,6-8,6) i MERABs trädgårdskompost var det viktigt att se hur materialen påverkade kompostens pH. En ytterligare höjning av pH-värdet kan nämligen bidra till en motsatt effekt, dvs fastläggning eller minskad tillgänglighet av näringsämnen. Resultatet visade att kompostens pH inte förändrats signifikant, under de sex veckor då försöket pågick, då Filtra P eller Polonite tillsatts i de angivna mängderna. Filtra P som tillsattes i odlingsförsöket hade ett pH på 11,0 och Poloniten 9,7. Dessa värden skiljer sig inte nämnvärt från filtermaterialens pH i ett tidigare odlingsförsök (Filtra P: 11,5 och Polonite: 9,9) där en pH höjande effekt påvisades (Cucarella et al, 2008). Resultatet kan bero på skillnader i mängd tillsatt filtermaterial eller också att komposten har en bättre buffringförmåga jämfört med de jordar som testats i tidigare försök.

Att man ser en signifikant höjning av pH-värdet i behandlingen med kalciumoxid samt behandlingen med trädaska kan dels bero på att en större mängd kalk tillsattes i dessa behandlingar eller också att den förekom i en mer reaktiv form. Mängd kalciumoxid som tillsattes i referensbehandlingen beräknades utifrån den mängd kalciumoxid som hade tillsatts via Polonite om materialet var oanvänt (42 CaO % av TS). Under tiden som filtret använts för att rena avloppsvatten har halten CaO sannolikt minskat. Kalciumhalten i de använda filtermaterialen testades inte innan odlingsförsöket, detta hade varit relevant för att bättre förstå resultatet. Askan som tillsattes hade pH 11,3 vilket är högre än både den Filtra P (9,7) och Polonite (11,0) som användes.

7.2 Filtermaterialens påverkan på växttillgängligt P och tillväxten av vete

Den signifikant större tillväxten i behandlingarna med kaliumfosfat tyder på att det lösliga kaliumfosfatet är direkt tillgängligt för upptag av växterna till skillnad från det fosfor som är bundet i organiskt material i komposten, men också i filtermaterialen, slammet och askan. Tidigare studier bekräftar att näringsämnen i organiska fraktioner och filtermaterial till skillnad från handelsgödsel har låg tillgänglighet och att de blir tillgängliga allteftersom nedbrytning sker. Jag kan utifrån resultaten säga att det sannolikt finns ett behov av lösligt fosfor i komposten, då detta gav en tydlig inverkan på biomassen. Ingen av behandlingarna med Filtra P, Polonite, slam eller aska hade däremot en effekt på mängden biomassa under försöksperioden, trots att samma mängd P tillsattes via dessa material som via kaliumfosfat. Halten växttillgängligt P (Bray-extraktion) i komposten efter odlingsförsöket var däremot signifikant högre i behandlingarna med Polonite och Filtra P jämfört med kontrollen utan tillsatt P, men även jämfört med behandlingen med tillsatt kaliumfosfat. Extraktionsmetoden som användes för att mäta växttillgängligt P (Bray-extraktion) har enligt tidigare studier påvisats överskatta mängden växttillgängligt P i kalciumrika jordar. Det är därför troligt att kalciumbundet-P som tillsattes via filtermaterialet inte varit tillgängligt för växterna under försöksperioden men vid extraktion med bray-lösningen (dest. vatten, 0,03 M NH_4F och 0,1 M HCl) har fosfor frigjorts. Det är möjligt att fosfor i materialen frigörs i takt med nedbrytningen men för att undersöka detta behövs en längre försöksperiod och flermätningstillfällen. Det hade varit relevant att även titta på de olika materialens inverkan på den biologiska aktiviteten i komposten.

Vid odling i 50% jord och 50% kompost hade behandlingen med Polonite signifikant lägre tillväxt jämfört med kontrollbehandlingen med endast jord och kompost. Den lägre tillväxten

kan ha varit en effekt av andra ämnen i Poloniten som har påverkat näringsupptag och/eller rotutvecklingen och att detta blev mera tydligt när komposten blandades med en näringsfattig jord. Jorden som användes i försöket visade sig vara direkt olämplig för odling av vete, då tillväxten var mycket liten och grobarheten bara 10% i krukorna med endast jord. Det hade varit intressant att titta på ledningstalet i jorden samt hur filtermaterialet påverkade ledningstalet för att se om det möjligen varit en anledning till den lägre tillväxten. Då inga tidigare studier har hittats där material har blandats i trädgårdskompost och jord kan resultaten endast jämföras med studier där filtermaterial blandats direkt med jord.

Poloniten består till ca 40% av kiseloxid (SiO). Kisel räknas traditionellt inte som essentiellt växtnäringsämne. Studier har dock visat att det har en positiv effekt på tillväxten för flera växtarter (Epstein, 1999). Enligt Taiz & Zeiger (2002) och Jian et al (2002) är kisel ett av få ämnen som inte skadar växter då det ackumulerar i jorden i överskott. Växter med stor tillgång på kisel har visats vara mera resistent mot svampsjukdomar och ha en minskad risk att brytas (Taiz & Zeiger, 2002). Detta gör det svårt att tro att kiseloxiden i Poloniten skulle påverka tillväxten negativt.

Tidigare analyser som är gjorda på utjänt Filtra P indikerar att det finns stora variationer i fosforinnehåll mellan olika filter, men också mellan olika mättillfällen. Information om avloppsvattnets ingående och utgående fosforinnehåll saknas, vilket gör det svårt att förklara den stora variationen. Det kan bero på en skillnad i P-belastning från hushållen eller på en skillnad i reningsgrad i filtren.

7.3 Tillförsel och läckage av tungmetaller

Det har visat sig från analyser av filtermaterial i Höör och Hörbys kommun att tungmetaller adsorberas till materialen när de filtrerar avloppsvatten (se tabell 7). Detta är positivt ur vattenreningssynpunkt men kan innebära problem om materialet ska återanvändas för odling. Utgångspunkten är att man ska kunna använda trädgårdskomposten som anläggningsjord och som jordförbättringsmedel utan risk för en förhöjning av jordens tungmetallinnehåll och/eller en ökad halt tungmetaller i lakvattnet. Kadmium kommer att diskuteras separat då det är den tungmetall som har störst inverkan på oss människor och därför regleras hårdast. Övriga tungmetaller kan även de ha skadlig effekt på människor men påverkar främst markprocesser, marklevande djur, vattenlevande organismer eller grödan om de förekommer i för stora halter. I tabell 12 ses halten av tungmetaller i trädgårdskomposten samt de genomsnittliga värdena av tungmetaller i svensk odlingsmark enligt naturvårdsverkets rapport (SNV Rapport 4077, 1992). Som man kan se från tabellen är utgångsläget för innehåll av tungmetaller något högre i trädgårdskomposten jämfört med en genomsnittlig jordbruksmark.

Tabell 12. Medelvärde tungmetaller i MERABs trädgårdskompost från fyra analyser gjorda under 2009 och 2010. Samt medelvärden av tungmetaller i svensk jordbruksmark framtaget av naturvårdsverket. Samtliga värden anges i mg/kg TS.

Metall	MERABs trädgårdskompost	Medelvärde för svensk jordbruksmark
Kadmium	0,46	0,24
Krom	23,5	17,1
Koppar	27,5	15,2
Kvicksilver	<0,05	0,06
Nickel	9,4	9,5
Bly	22,5	15,6
Zink	145,8	57,0

7.3.1 Kadmium

På grund av dess lättroliga egenskaper och skadliga inverkan på människor är kadmium den tungmetall som regleras hårdast vid spridning på odlingsmark. Kompost som tillverkas av park- och trädgårdsavfall har inte samma gränsvärde som till exempel avloppsslam som ska spridas på åkermark. För spridning av slam på åkermark är det största tillåtna värdet 35 mg Cd/kg P då givan är 22 kg P/ha/år, men planeras sänkas till 17 mg Cd/kg P. Detta gränsvärde är beräknat utifrån ett långsiktigt mål att tillförseln av kadmium inte ska överskrida bortförseln. Kompostens kadmium-fosforkvot skulle blivit betydligt högre än kvoten för avloppsslammet eftersom kompostens fosforinnehåll är förhållandevis lågt; 0,7 g/kg P/kg TS jämfört med 25 g/kg TS i slam. Det finns inga riktvärden för kadmiuminnehåll per fosfor för trädgårdskompost. Istället har statens geotekniska institut (SGI) tagit fram kriterier för tungmetaller i markmiljön vid återvinning av avfall för att undvika negativ påverkan på marklevande organismer (se tabell 13). För kadmium är riktvärdet 1 mg/kg TS för att skydda 95 % av marklevande arter och processer, ett gränsvärde som nu används av kemikalieinspektionen (2011). Kriterierna för 95 % arterna används vid "allmän användning" vilket stämmer med hur komposten i detta fall kommer att användas. Medelvärdet för kadmiumhalten i trädgårdskomposten från fyra analyser från 2009 och 2010 är 0,46 mg/kg TS (se tabell 12), vilket således ligger under gränsvärdet.

Figur 13. Kriterier för tungmetaller i mark med skydd av 95 % respektive 75 % av marklevande arter och markprocesser (mg/kg TS) (Statens geotekniska institut, 2007).

Metall	Halt för skydd av 95% av arter	Halt för skydd av 75% av arter
Kadmium	1	4
Krom	40	80
Koppar	40	80
Kvicksilver	0,5	5
Nickel	35	70
Bly	80	200
Zink	120	250
Arsenik	15	20

Figur 14. Kriterier för halter av tungmetaller i ytvatten samt kriterier för skydd mot hälsoskadliga halter i lakvatten (µg/l) (Statens geotekniska institut, 2007).

Metall	Kriterier för halter ytvatten	Kriterier för hälsoskadliga halter i lakvatten
Kadmium	0,02	250
Krom	0,3	2500
Koppar	1	100000
Kvicksilver	0,005	50
Nickel	1	1000
Bly	0,5	500
Zink	4	-
Arsenik	0,3	500

Mängd tillsatt material per kruka i odlingsförsöket beräknades utifrån fosforinnehåll (för att uppnå maxgivan på 22 ha), utan hänsyn till materialens tungmetallinnehåll. Då inga tester gjordes av kompostens tungmetallinnehåll i slutet av försöket kan halten kadmium endast diskuteras utifrån den beräknade tillsatta mängden (se tabell 15). Utgår man ifrån materialens innehåll av kadmium och mängd filtermaterial som tillsätts blir resultatet att de bidrar till förhållandevis liten del av kompostens kadmiuminnehåll och gränsvärdena skulle inte överskridas för någon av behandlingarna. Samtliga material förutom askan bidrar enligt dessa beräkningar till en ökad fosforhalt i förhållande till kadmiumhalt i komposten, vilket får anses positivt. Askan är mindre lämplig att använda då dess höga kadmiuminnehåll gör att den skulle bidra till en ökning av kompostens kadmium-fosforkvot.

Det finns en risk om man använder komposten som jordförbättring av samma jord vid flera tillfällen, som vid slamgödsling av åkermark, att halterna "byggs upp" under en längre tid och så småningom blir för höga. Det är även viktigt att tillägga att det kan förekomma stora variationer i både fosfor- och kadmiuminnehåll mellan olika filter (Bergknut 2010) varför varje filter bör testas specifikt innan användning för odling. Detta är speciellt viktigt ifall komposten ska användas för att odla ätbara växter. Upptag av kadmium i vete testades inte i detta försök då försöksperioden på sex veckor ansågs för kort för att se någon skillnad i

upptag av metaller (Caspersen, 2011). Med mera tid för försöket hade det varit intressant att titta på både innehåll i komposten efter försöket och upptag i skotten.

Tabell 15. Beräknad tungmetalltillförsel (mg/kg TS) via Filtra P, Polonite, slam och aska. Beräkningar gjorda utifrån materialens tungmetallinnehåll (se tabell 7).

Metall	Filtra P	Polonite	Slam	Aska
Mängd tillsatt material	6200	9360	1760	1740
Kadmium	0,0008	0,0002	0,0008	0,0194
Kvicksilver	0,0005	0,0000	0,0002	0,0000
Nickel	0,1150	0,1083	0,0145	0,0328
Bly	0,0553	0,0194	0,0071	0,3767
Koppar	0,0284	0,0507	0,2596	0,2793
Zink	0,4418	0,1971	0,3168	0,7482
Krom	0,3829	0,0983	0,0224	0,1175
Arsenik	0,0015	0,0261	0,0026	0,0026

Som nämns i introduktionen innehåller även mineralgödsel en viss mängd kadmium. Det är därför inte enbart vid spridning av restprodukter man riskerar att höja kadmiuminnehållet i marken, utan även vid användning av mineralgödsel. De olika typerna av fosforgödselmedel på marknaden i Sverige innehåller olika halt av kadmium per fosfor, beroende på vilken råvara som används vid framställning. Gödselmedel som produceras av apatit har lägst halt, ofta under 5 mg Cd/ kg P, medan de övriga typerna av fosforgödselmedel har ofta halter över 25 mg Cd/kg P (Kemikalieinspektionen, 2011). Enligt statistiska centralbyrån är medelvärdet för mineralgödsel som sålts i Sverige år 2010 6 mg Cd/kg P (SCB, 2010). Slammet som användes i försöket innehöll 38,4 mg Cd/kg P, Poloniten 8,5 och Filtra P 38,0. Ifall alternativet till filtermaterialen är att man ska tilläggsgödsla komposten med mineralgödsel tillsätter man visserligen en något lägre mängd kadmium per fosfor, men man tillsätter också ”nytt” kadmium till kretsloppet, vilket kan vara sämre sett ur ett större perspektiv.

Halterna av kadmium i lakvattnet visade precis som för övriga metaller stora variationer. Anledningen till de stora variationerna är svåra att förklara men kan ha varit att alg tillväxt skedde i uppsamlingspåsarna i slutet av försöket där tungmetaller kan ha bundits in. Det kan också bero på att bevattningsvattnet var kranvatten. För att förhindra eventuella fel och bakgrundsvärden borde svarta uppsamlingspåsar användas för att skydda mot solljus och avjoniserat vatten som bevattningsvattnet. Medelhalterna för kadmium i lakvattnet låg mellan 0,08 och 0,13 µg/l. Dessa värden överskrider kriterierna för ytvatten på 0,02 µg/l men ligger långt under kriterierna för vad som anses vara hälsoskadliga halter i lakvatten (250 µg/l) (se Tab. 14). Att kontrollen inte skiljde sig från behandlingarna tyder på att de uppmätta halterna i lakvattnet kommer ifrån komposten och/eller från kranvattnet och inte ifrån de tillsatta materialen. Störst mängd kadmium tillsattes i behandlingen med aska (se tabell 15), men inte heller här sågs en effekt på halten i lakvattnet. Det hade varit intressant att se vad som händer med lakvattnet under en längre period, och om kompostens pH ändras.

7.3.2 Övriga tungmetaller

Enligt analyser av komposten är halten av kvicksilver <0,05 mg/kg TS, vilket är mindre än medelvärdet för svensk jordbruksmark (se Tab. 12). Riktvärdena för skydd av 95% av marklevande arter och processer är 0,5 mg/kg TS (se Tab. 13). De beräknade värdena som tillsätts i försöket är mycket små i jämförelse (se Tab. 15), och bidrar inte till att riktvärdet överskrids. För kvicksilver i lakvattnet sågs inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna, det största värdet av kvicksilver sågs i kontrollbehandlingen med endast kompost.

Halten av nickel i komposten ligger på samma nivå som medelhalten i svensk jordbruksmark (9,4 resp. 9,5 mg/kg TS) (se Tab. 12). Riktvärdena för skydd av 95% av marklevande arter och processer är 35 mg/kg TS (se Tab. 13). Den största mängden nickel som tillsätts i någon behandling är enligt beräkningarna 0,115 mg/kg TS i behandlingen med Filtra P (se Tab. 15). Tillskottet bidrar inte till att riktvärdet överskrids. Halten av nickel i lakvattnet ligger mellan 12 och 18 µg/l, utan några signifikanta skillnader mellan behandlingarna och kontrollen. Dessa värden överskrider riktvärdena för halter i ytvatten som för nickel är 1 µg/l men ligger långt under riktvärdena för hälsoskadliga halter i lakvatten på 1000 µg/l.

Halten av bly i komposten ligger något över medelhalten i svensk jordbruksmark (22,5 resp. 15,6 mg/kg TS) (se Tab. 12). Riktvärdena för skydd av 95% av marklevande arter och processer är 80 mg/kg TS (se Tab. 13). Den största mängden bly som tillsätts i någon behandling är 0,377 mg/kg TS i behandlingen med Aska (se Tab. 15). Tillskottet bidrar inte till att riktvärdet överskrids. Medelhalten av bly i lakvattnet varierar mellan 0,9 µg/l i behandlingen med Filtra P och 2,4 µg/l i behandlingen med slam. Dessa värden överskrider riktvärdena för halter i ytvatten på 0,5 µg/l men ligger långt under riktvärdena för hälsoskadliga halter i lakvatten på 500 µg/l.

Halten av koppar i komposten är 27,5 jämfört med 15,2 i svensk jordbruksmark (se Tab. 12). Riktvärdena för skydd av 95% av marklevande arter och processer är 40 mg/kg TS (se Tab. 13). Den största mängden koppar som tillsätts i någon behandling är 0,28 mg/kg TS i behandlingen med Aska (se Tab. 15). Tillskottet bidrar inte till att riktvärdet överskrids. Medelhalten av koppar i lakvattnet varierar mellan 11 och 17 µg/l. Dessa värden överskrider riktvärdena för halter i ytvatten på 1 µg/l men ligger långt under riktvärdena för hälsoskadliga halter i lakvatten på 100 000 µg/l.

Halten av Zink i komposten är 145,8 mg/kg TS jämfört med 57,0 mg/kg TS i svensk jordbruksmark (se Tab. 12) och överskrider SGI:s riktvärden för skydd av 95% av marklevande arter och processer på 120 mg Zn /kg TS (se Tab. 13). Riktvärdena för skydd av markmiljön är framtagna från sammanställningar av ekotoxilogiska tester gjorda av den nationella institutionen för hälsa och miljö i Nederländerna (Statens geotekniska institut, 2007). Höga halter av zink kan påverka den biologiska aktiviteten i komposten negativt, det kan även påverka vattenlevande organismer om halterna i lakvattnet är höga (Kelly et. al., 1999). Den största beräknade mängden zink som tillsätts är 0,748 mg/kg TS i behandlingen med aska och minsta beräknade mängden är 0,197 mg/kg TS i behandlingen med Polonite (se Tab. 15). Det är förhållandevis lite jämfört med kompostens ursprungliga halt av zink. Ser man på medelhalten av zink i lakvattnet varierar det mellan 2,8 och 4,3 µg/l. Dessa värden ligger på gränsen på riktvärdena för halter i ytvatten på 4 µg/l. Enligt naturvårdsverket (2010) kan halter över 20 mikrogram per liter ge negativa effekter på vattenlevande organismer.

Halten av krom i komposten är 23,2 jämfört med 17,1 i svensk jordbruksmark (se Tab. 12). Riktvärdena för skydd av 95% av marklevande arter och processer är 40 mg/kg TS (se Tab. 13). Den största mängden krom som tillsätts i någon behandling är 0,38 mg/kg TS i behandlingen med Filtra P (se Tab. 15). Tillskottet bidrar inte således till att riktvärdet överskrids. Halten av krom i lakvattnet varierar mellan 7,9 (kontrollbehandlingen) och 12,4 µg/l (slambehandlingen). Dessa värden överskrider riktvärdena för halter i ytvatten på 0,3 µg/l men ligger långt under riktvärdena för hälsoskadliga halter i lakvatten på 2500 µg/l.

8. Slutsats

Resultaten visar att använt Filtra P och Polonite inte påverkar kompostens pH, det höjer mängden P i komposten men analysmetoden för växttillgängligt fosfor visade troligtvis på större mängd fosfor än vad som var tillgänglig för växterna i dagsläget. Tillskillnad från behandlingarna med lättillgängligt kaliumfosfat kunde ingen ökad tillväxt i behandlingarna med filtermaterial påvisas. Längre försöksperiod hade givit bättre förutsättningar för att visa till vilken grad fosfor blir tillgänglig för växterna. Filtermaterialens inverkan på kompostens mikrobiologiska egenskaper hade varit intressant att undersöka för att förstå resultatet bättre. Att undersöka kompostens ledningstal och hur filtermaterialen påverkade detta hade också varit relevant, då detta kan påverka odlingsgenskaperna. Anledningen till att tillsätta filtermaterialen till trädgårdskomposten är att höja dess innehåll av fosfor, samtidigt är det viktigt att kompostens innehåll av kadmium och andra tungmetaller inte ökar så pass mycket att riktvärden överskrids och att marklevande arter och processer skadas. Filtermaterialen bidrog enligt beräkningarna inte till att riktvärden för skydd av 95% av marklevande arter och processer överskreds. Detta gäller för de filtermaterial som användes i försöket och för de mängder som tillsattes. Då fosfor- och tungmetallhalt varierar mellan olika filter bör detta testas för varje filter för att säkerställa nyttan som fosfortillskott, men också för att minimera risken för förhöjda halter av tungmetaller i komposten. Halten av zink i komposten var över gränsvärdet innan filtermaterialet tillsattes, filtermaterialen bidrog inte till en märkbar ytterliggare ökning av detta värdet. Det man kan tänka på är att inte tillsätta filtermaterial med högre halter av zink. Ingen effekt på halter av tungmetaller i lakvattnet kunde ses för någon av behandlingarna (Filtra P, Polonite, avloppsslam eller trädaska).

9. Referenser

- Ahnland L. (2010).** "Stoppa slamspridning på åkermark" tidningsartikel dagens Internationelen:26-07-2010. [Tillgänglig online]:
<http://www.internationalen.se/2010/07/26/%E2%80%9Dstoppa-slamspridning-pa-akermark%E2%80%9D/>
- ALcontrol laboratories (2010).** Rapport utfärdad av accrediterat laboratorium (Swedac accreditering) Lotta Erlandsson Laboratoriechef, ALcontrol laboratories, Linköping.
- Andersson P.G.(2005).** Slamspridning på Åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981 – 2003 Ett projekt i samverkan mellan kommunerna Malmö, Lund, Trelleborg, Kävlinge, Burlöv, Lomma,Staffanstorp och Svedala, samt SYSAV. Hushållningssällskapets rapportserie; 13.
- Bergknut H.,2010.** Miljöinspektör Samhällsbyggnadsförvaltningen Hörby kommun, Hörby. Personlig kommunikation. Tel: 0415-183 04 Mobil: 0733-31 83 04
- Bergström, L., Djodjic, F., Kirchmann, H., Nilsson, I. and Ulén B. (2007).** Fosfor från jordbruksmark till vatten- tillstånd, flöden och motåtgärder i ett nordiskt perspektiv. Rapport MAT 21 nr 2/2007. Inst. För Markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bioptech (2009).** Polonite. Product from Biopthech. Bioptech sewage treatment. Bioptech AB,Sigtuna.[Tillgänglig online]:
http://www.bioptech.se/dokumentarkiv/allt_om_polonite.pdf
- Brandt, M. och Ejhed, H. 2002.** Rapport 5247. TRK: Transport-Retention-Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket.
- Cordell, D., Drangert, J-O. & White, S. (2009).** **The story of phosphorus: Global food security and food for thought** Department of Water and Environmental Studies, Linköping University & Institute for Sustainable Futures University of Technology Sydney, Australia. Global Environmental Change.19: 2, p 292-305.
- Cucarella, T. Zaleski, R. Mazurek & G. Renman (2007).** Fertilizer Potential of Calcium-Rich Substrates Used for Phosphorus Removal from Wastewater. Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology (KTH). Department of Soil Science and Soil Protection, Agricultural University of Krakow.
<http://www.pjoes.com/pdf/16.6/817-822.pdf>
- Eveborn D., Gustafsson J.P, Hesterberg D. & Hillier, S. (2009).** Speciation of P in Environmental Samples: An Assessment of Filter Media for on-site Wastewater Treatment. Dept. of land and water resources, KTH, Stockholm, Sverige. Environ. Sci. Technol. 2009, 43, 6515-6521.
- Fridström L.-M. & Seth S. (2009).** Certifiering av avloppsslam för användning som växtnäring på åkermark. Examensarbete Lunds tekniska högskola, Institutionen för teknik och samhälle
- Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson M., (2005).** Wiklanders marklära, ISBN:9144024827, Chapter 5 and 11. Studentlitteratur, Lund, Sweden.

Hylander, L.D., & Simán, G. (2001) "Plant availability of phosphorus sorbed to potential wastewater treatment materials" *Biology and Fertility of Soils*, 34:1, 42-48.

Hylander, L.D., Kietlinska, A., Renman, G., & Simon, G. (2006) "Phosphorus retention in filter materials and its subsequent stability for plant production" *Bioresource Technology*, 97, 914-921

Johansson L. & Gustafsson J.P (2000). Phosphorous removal from wastewater using blast furnace slags and opoka- Mechanisms. *Water research* 34:259-265.

Liwing, B. (2010). Miljöingenjör, Mellanskånes renhållnings AB (MERAB), Eslöv. Personlig kommunikation 2010-11-23. Telefon: 0413-68445 Mobil: 070-6098445 E-post: bjorn@merab.se

Mark- och grödoinventeringen (2007). Sveriges lantbruksuniversitet på uppdrag av Naturvårdsverket. Inst. f. mark och miljö/biogeokemi. [tillgänglig online]: <http://www.jordbruksmark.slu.se/AkerWebb/MgiPub/Index.jsp?PageType=0&PageID=0>

Naturvårdsverket (2006). Naturvårdsverkets författningssamling (NFS) 2006:7. Naturvårdsverkets allmänna råd [till 2 och 26 kap. miljöbalken och 12-14 och 19§§ förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd] om små avloppsanordningar för hushållsvatten.

Naturvårdsverket (1994). Naturvårdsverkets författningssamling (NFS) 1994:2 Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Statens naturvårdsverks författningssamling, Miljöskydd. Beslutad den 30 maj 1994. Ändringsföreskrifter SNFS 1998:4, SNFS 2001:5 [tillgänglig på]: http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs1994/SNFS1994_02k.pdf

Naturvårdsverket (2008). Små avloppsanläggningar. Handbok till allmänna råd. 2008:3 Utgåva 1. Miljörättsavdelningen Naturvårdsverket, Stockholm.

Olshammar, M. & Ericsson, M. (2006). Indata mindre punktkällor för PLC5-rapporteringen 2007. SMED Slutrapport 2006. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Norrköping

Palmér Riviera, M. (2008). Råd för hantering av använd filtermassa Nordkalk filtra P. Senast uppdaterad 2008-02-27. Water Revival Systems (WRS) Uppsala AB. [Tillgänglig online]: <http://www.nordkalk.com/streamer.asp?do=save&act=21879806F227E1DB06F2DF8780A5A4E6&id=825>

Persson, I. (2010) Miljöchef Samhällsbyggnadsförvaltningen, Miljö & Hälsoskydd Hörby kommun. Personlig kommunikation 2010-12-09. Tel: 0415-183 13 Mobil: 0733-318313 ida.persson@horby.se

Petersens E. af (2003) Småskaliga avloppsreningsanläggningar – marknadsöversikt över prefabricerade produkter för behandling "i slutet av röret". Va-Forsk rapport nr 7 februari 2003.

Raven, P. H., Evert, R. F. and Eichhorn, S. E (1999). *Biology of Plants* 6th edition, section 6, Chapter 30. Washington University, St. Louis, USA. Freeman and Company/Worth Publishers.

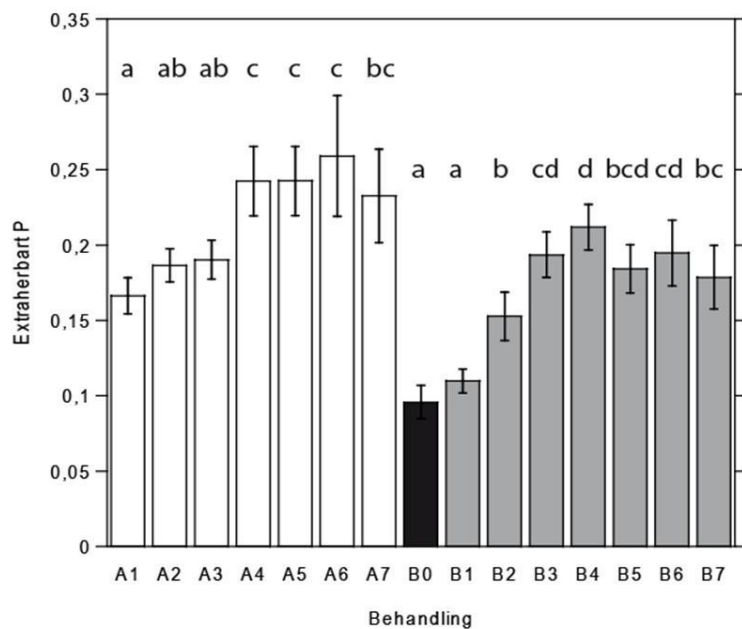
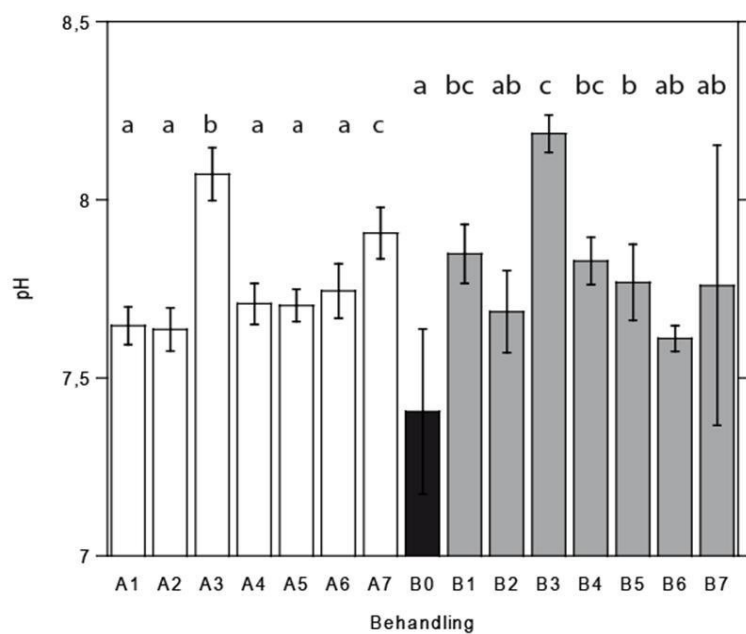
Sikström, U., Björk, R. G., Ring, E., Ernfors, M., Jacobson S., Nilsson M. & Klemedtsson, L. (2009). Tillförsel av aska i skog på dikad torvmark i södra Sverige
Effekter på skogsproduktion, flöden av växthusgaser, torvegenskaper, markvegetation och grundvattenkemi Värmeforsk Service AB, Stockholm.

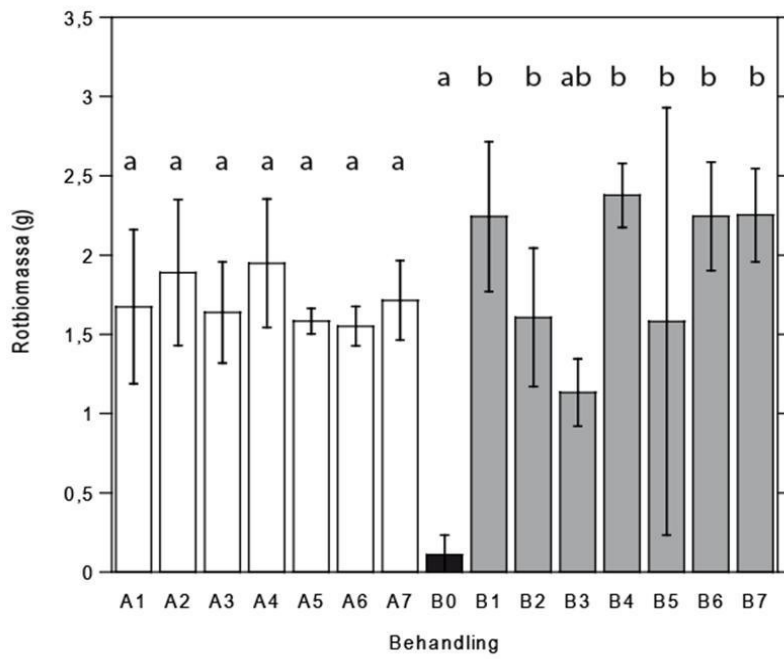
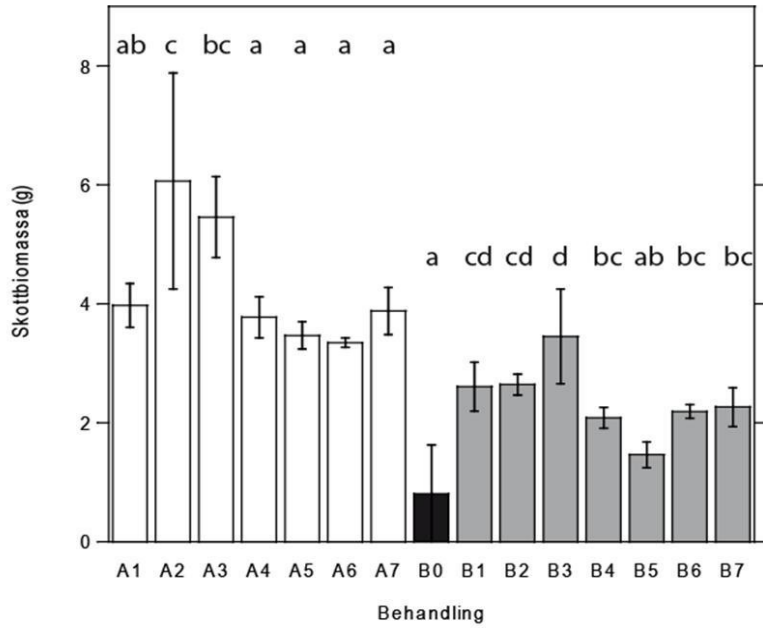
Skogsstyrelsen (2008). Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring
(meddelande 2/ 2008) ISSN1100-0295 BEST NR 1562 Skogsstyrelsens förlag

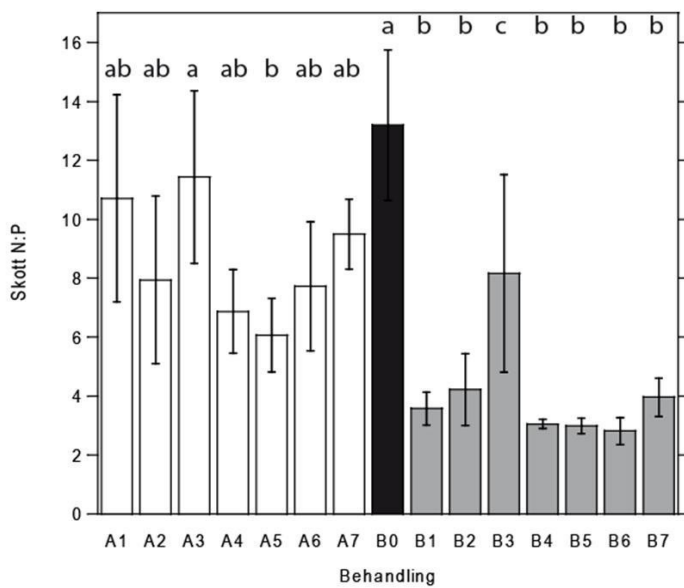
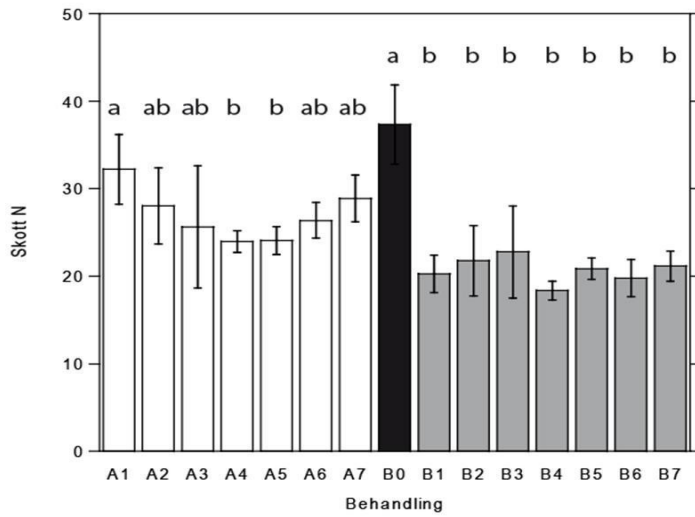
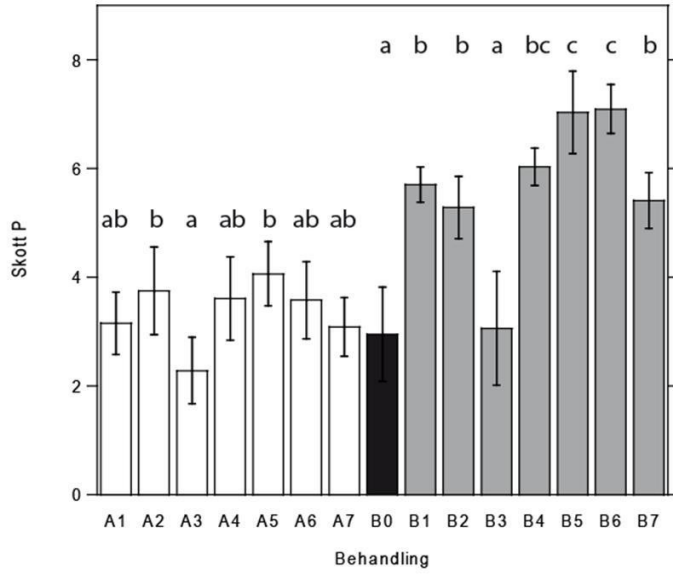
Turner, R.G. (2007). Botanica- The illustrated A-Z of over 10000 garden plants and how to cultivate them. [Random House Australia](#).

Appendix 1.

Samtliga resultat från odlingsförsöket







Appendix 3.

Beräkningar av mängd filtermaterial

Idealgiva av på 22 kg P/ha används som utgångspunkt vid beräkning av mängd fosfor som tillsattes varje kruka.

$$22000 \text{ g/ha} / 1000000 = 0,022 \text{ g/dm}^2$$

Eftersom krukans yta är 2 dm² blir det (2 x 0,022) = 0,044 g P/kruka.

Material	konc. (mg/l)	Volym (l)	Provets torrvikt (g)	Tot-P halt i material (mg/g TS)	g P/g TS	P-giva/kruka (g)	Mängd material (g)
Polonite	7,55	0,10	0,16	4,70	0,00470	0,044	9,360
Filtra P	11,32	0,10	0,16	7,08	0,00708	0,044	6,219
Slam				25,00	0,02500	0,044	1,760
Aska				25,30	0,02530	0,044	1,739

$$\text{Krukvolym} = 6 \text{ dm}^3$$

$$\text{Mängd P} = 0,044 \text{ g P} / 6 \text{ dm}^3$$

Omräkning till g P/ m³ kompost:

$$(0,044 \times 1000) / 6 = 7,3 \text{ g P} / \text{m}^3$$

	g P/g TS	Mängd material (TS) / kruka (g)	Total mängd P/kruka (g)
KH₂PO₄	0,2279	0,19	0,044
Filtra P	0,0071	6,20	0,044
Polonite	0,0047	9,36	0,044
Slam	0,0250	1,76	0,044

Mängden tillsatt Filtra P omräknat till g/m³ kompost:

$$(6,20 \times 1000) / 6 = 1033 \text{ g/m}^3$$

Mängden tillsatt Polonite omräknat till g/m³ kompost:

$$(9,36 \times 1000) / 6 = 1560 \text{ g/m}^3$$

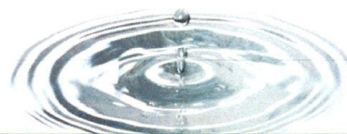
Beräkning av mängd Kalciumoxid

Mängd CaO som tillsätts i referensbehandlingen beräknas utifrån hur mycket CaO som tillsätts via Poloniten (då det är det filtermaterial som tillsätts i störst mängd). Eftersom Poloniten enligt tillverkaren har ett CaO innehåll på 40 viktprocent och mängd tillsatt polonite är 9,36 g blir mängden tillsatt CaO 3,74 g/kruka.

	Mängd material (g)	CaO innehåll (enligt tillverkare)	Tillsatt CaO
polonite	9,36	0,4	3,744135557

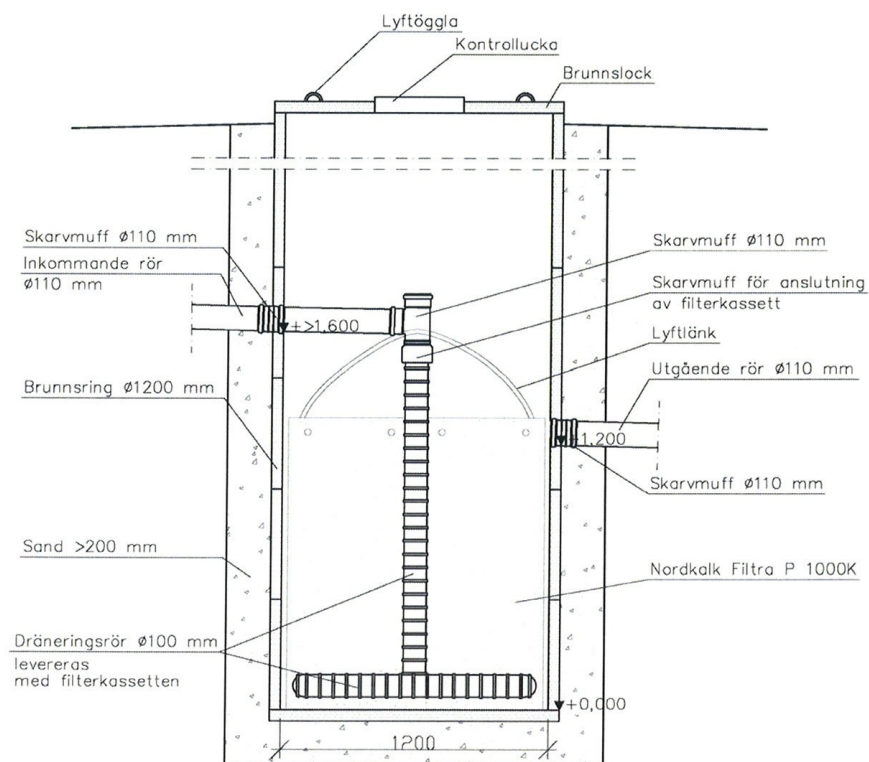
Nordkalk Filtra P

Ritning Nordkalk Filtra P 1000 K



Mars, 2009

Nordkalk Filtra P 1000K
Ringbrunn med botten



Skala 1:20

1 (1)

 Nordkalk

Appendix 5.

Intervjufrågor för miljöinspektörer i Hörby, Höör och Eslöv

1. Hur många Fastigheter med Enskilda Avlopp finns i kommunen idag?
2. Hur stort antal av dessa är klassade med hög skyddsnivå?
(dvs behöver utökat reningssteg för att uppnå reduktionskraven av näringsämnen)
3. Hur gör ni bedömingen hög skyddsnivå?
4. Ungefär hur många Enskilda Avlopp med installerade Fosforfällor finns i kommunen?
5. Finns det någon plan för omhändertagande/återanvändning av det uttjänta filtermaterial som uppkommer från Fosforfällorna?
6. Om JA, på vilket sätt tas filtermaterialet omhand?
7. Om det funnits plan för omhändertagande i kommunen, tror ni det hade betytt att fler fosforfällor installerats?