



Forskning- och innovationsagenda för återvinning av näringsämnen ur avlopp

Erik Kärrman (RISE), Emma Lundin (RISE), Klara Westling (IVL) och Staffan Filipsson (IVL)

RISE Rapport : 2020:54

Abstract

Research and Innovation Agenda for Recovery of Nutrients from Wastewater

Projects funded on the topic of nutrient recovery and reuse in Sweden over the past years have been scattered, lacking a coherence in direction and coordination between the numerous research funding organizations. This agenda has been developed with the purpose of creating a framework and common understanding of what research and innovation is necessary to move forward in a transition to a circular nutrient economy. The goal was to identify and prioritize the R&I needs in order to enable a productive dialogue between investors, researchers and other crucial societal actors including organizations, the public sector and the industry.

The results and conclusions presented in this report are mainly drawn from a workshop in September 2019, with around 40 participants representing the water and wastewater sector, municipalities, academia, the agricultural sector, the industry and Swedish national agencies.

In the transition to a more circular management of nutrients including waste streams, several challenges were identified. The identified challenges in a nutshell:

- Current system solutions are not optimized, there is a lack of holistic approach
- Business models and incentives to choose products based on recovered nutrients on the market are missing
- Technology needed for circular management of nutrients are in general on a low technology readiness level
- Recovered nutrient products must maintain a uniform and high quality in order to compete on the market and the requirements should be the same for *all* fertilizers.

The agenda concludes that the research and innovation actions to meet the challenges should follow a holistic approach that includes the entire value chain of nutrient management in the food system. All essential nutrients in the food system and other resources in its waste streams should be considered, to maximize efficient and circular nutrient management. Based on this understanding, that a holistic approach is of such importance to target the identified challenges, the research and innovation needs were identified as:

- Develop a national plant nutrient management strategy that describes holistically how to manage nutrients overall in a circular economy
- Develop goals and targets for nutrient recovery from wastewater based on this nutrient management strategy (the Swedish inquiry on sludge management suggested a requirement of 60 % phosphorus recovery from wastewater treatment plants, this should just be the beginning and goals should also be set for other nutrients)
- A larger interdisciplinary R&I effort regarding the recovery goals should be coordinated to analyze how the transition to a circular management of nutrients best can be accomplished on a systems level
- Provide support to develop business models for optimal collaboration between different actors in different parts of the value chain and maximized resource efficiency

- Technology development and demonstrations aligned with the holistic approach for circular management of nutrients in the suggested national nutrient management strategy

Key words: Research and innovation agenda, nutrient management, wastewater management, nutrient strategy, circular economy, system approach

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2020:54

ISBN: 978-91-89167-37-7

Stockholm

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	3
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Bakgrund	6
1.1 Syfte och avgränsning	6
2 Status i Sverige och utomlands	7
3 Utmaningar	9
3.1 Regelverk och övergripande faktorer	9
3.2 Ekonomi och marknadsaspekter	10
3.3 Teknikutveckling.....	10
3.4 Logistik och lokal anpassning.....	11
3.5 Kvalitet.....	11
4 FoI-behov	13
4.1 Helhetsperspektiv	13
4.2 Samverkan	14
4.3 Ekonomi och marknadsaspekter	14
4.4 Teknikutveckling.....	15
5 Slutsatser och rekommendationer	17
Referenser	18

Förord

Denna forsknings- och innovationsagenda har tagits fram för att möjliggöra dialog om cirkulär hantering av näringsämnen i avloppsfraktioner, mellan forskningsfinansiärer, forskningsutförare och andra nödvändiga samhällsaktörer som inkluderar civilsamhällets organisationer, offentlig sektor och näringsliv.

Under en heldagsworkshop den 10 september 2019 i Stockholm med drygt 40 representanter från VA-branschen, kommuner, lantbruksaktörer, företag och myndigheter inhämtades utmaningar och behov av forskning och innovation (FoI). Denna agenda baseras huvudsakligen på resultaten från den dagen men även på personlig kommunikation med och omvärldsbevakning av dess författare.

Agendan har sammanställts av en arbetsgrupp bestående av Erik Kärrman och Emma Lundin från RISE Research Institutes of Sweden samt Klara Westling och Staffan Filipsson från IVL Svenska Miljöinstitutet.

Huvudfinansiering för framtagandet av agendan kommer från VINNOVA.

Stockholm i juni 2020

Sammanfattning

Syftet med denna forsknings- och innovationsagenda är att identifiera och prioritera behov av forskning och innovation (FoI) inom recirkulation av näringsämnen från avloppsströmmar till produktiv odlingsmark. Med agendan skapas ett strategiskt ramverk för att möjliggöra dialog mellan forskningsfinansiärer, forskningsutförare och andra nödvändiga samhällsaktörer som inkluderar civilsamhällets organisationer, offentlig sektor och näringsliv.

För att uppnå en mer cirkulär hantering av näringsämnen från avloppströmmar finns ett antal identifierade utmaningar som måste hanteras. Dessa utmaningar kan kortfattat sammanfattas:

- Det finns en avsaknad av helhetssyn på hur växtnäringsämnen bör hanteras i en cirkulär ekonomi
- Existerande regelverk och styrmedel gynnar inte implementering av cirkulära lösningar
- Det finns ingen utvecklad marknad för gödselprodukter som har ursprung i avloppsfraktioner
- Den teknik som behövs för cirkulär hantering av näringsämnen är mestadels omogen

FoI-agendan visar att utmaningarna bäst hanteras i ett helhetsperspektiv inbegripet hela värdekedjan från ”bord till jord” i form av olika FoI-insatser. För att uppnå effektivitet och närma sig en cirkulär ekonomi bör alla viktiga växtnäringsämnen i livsmedelskedjan och andra resurser i dess restströmmar beaktas i arbetet.

Baserat på insikten om vikten av helhetsperspektiv och de ovan listade utmaningarna har prioriterade behov av forskning och utveckling samt förbättrade förutsättningar för detta identifierats:

- Framtagande av en nationell växtnäringsstrategi för att beskriva hur växtnäring ska hanteras i en cirkulär ekonomi
- Framtagande av återvinningsmål kopplat till växtnäringsstrategin (slamutredningens mål på 60% fosfor för reningsverk över 20 000 pe är bara en början, framförallt behöver återvinningsmål formuleras för även andra näringsämnen)
- En större samlad tvärvetenskaplig FoI-insats kopplad till återvinningsmålen bör genomföras för att analysera hur omställningen till en cirkulär hantering av växtnäring ska genomföras i en verklighet där många socioekonomiska system samverkar
- Stöd för skapande av affärsmodeller för optimal samverkan mellan olika aktörer i olika delar av värdekedjan
- Teknikutveckling och demonstrationer med inriktning på den bredare syn på cirkulär växtnäring som tagits fram i den föreslagna växtnäringsstrategin nämnd ovan

1 Bakgrund

Världens befolkning ökar i snabb takt och närmar sig nu (år 2020) 10 miljarder. En större befolkning att mätta, i världen och i Sverige, ökar behovet av näringsämnen vid odling och är en viktig fråga för livsmedelsförsörjningen globalt. Användning av fosfor och kväve sker idag inte inom ramen för de planetära gränserna (Steffen et al 2015) och en ökad cirkulär hantering skulle förbättra situationen.

I januari 2020 presenterades den statliga utredningen Hållbar slamhantering, SOU 2020:3, där man föreslår ett förbud mot spridning av slam, alternativt att endast kvalitetssäkrat slam får användas på åkermark. Vidare föreslås ett återföringsmål från avloppsslam på 60% fosfor och ett förbud för att sprida avloppsslam i andra applikationer än åkermark. Fosfor är en förutsättning för livsmedelsproduktion och upptagen på EU:s lista över kritiska råvaror. Det finns därför goda skäl att återvinna fosfor från avloppsslam eftersom i stort sett all fosfor från maten vi äter ansamlas i slammet.

Samtidigt har analyser av de planetära gränserna visat att de biogeokemiska flödena av kväve på jorden har överstigit det man definierar som "safe operating space". Reserverna av naturgas, den viktigaste råvaran för produktion av mineralgödselkväve, är små och motsvarar 53 årsproduktioner (Jönsson 2019). Enligt analysen i rapporten påverkas troligen inte priset av reservens storlek, så länge denna är större än 20 årsproduktioner. Ytterligare en värdemätare på kvävet betydelse är att en framtida fördubbling av priset på mineralgödselkväve skulle öka kostnaden för svensk växtodling nästan sju gånger så mycket jämfört med en fördubbling av priset på fosfor. Det finns därför anledning att även uppmärksamma kväve som viktig resurs för återvinning ur avloppsfraktioner som i sin tur ger vinning i minskat upphov av lustgasutsläpp vid kväverening.

Utöver fosfor och kväve som viktiga näringsämnen att hantera cirkulärt, är enligt Jönsson (2019) reserverna för kalium och svavel mindre än för fosfor, och ingår likaså i denna forsknings- och innovationsagenda.

FoI-området om återvinning av näringsämnen från avlopp är brett och tvärvetenskapligt. Det finns ett behov av en koordinerad forsknings- och innovationsagenda för återvinning av näringsämnen ur avlopp.

1.1 Syfte och avgränsning

Syftet med denna forsknings- och innovationsagenda är att identifiera och prioritera behov av forskning och innovation (FoI) inom recirkulering av näringsämnen från avloppsströmmar till produktiv odlingsmark.

Med hjälp av agendan kan ett strategiskt ramverk skapas för att möjliggöra dialog mellan forskningsfinansiärer, forskningsutförare och andra samhällsaktörer inom området, såsom intresseorganisationer, kommuner, myndigheter och näringslivet.

FoI-agendan avgränsas till utnyttjande av resurser för växtodling från avloppsvatten och avloppsfraktioner. I den studerade kedjan ingår hantering av avloppsströmmar i form av transport, behandling, näringsåtervinning, produktifiering och användning av de återvunna produkterna på produktiv mark.

Övriga resurser med återvinningspotential i avloppströmmar, utöver näringsämnen, som exempelvis vatten och energi, har inte inkluderats i denna agenda.

2 Status i Sverige och utomlands

Området näringsämnen i avloppsfraktioner till kretslopp är aktuellt inte bara i Sverige utan även internationellt. I en studie över situationen i 9 länder: Sverige, Tyskland, Schweiz, Danmark, Nederländerna, Storbritannien, Norge, Finland och Kanada, kunde en gruppering av ländernas inriktning göras som kom att kallas "förbudsgruppen", "gränsvärdesgruppen" och "utredningsgruppen" (Kärrman m fl 2019). Uppdelningen är baserad på dagens hantering av slam i kombination med ambitioner och syn på framtiden i respektive land.

I den så kallade förbudsgruppen finns Tyskland och Schweiz där det senare landet förbränner allt slam och är det enda landet med slamspridningsförbud, vilket infördes 2006. Båda länderna i förbudsgruppen har ambitioner och lagstiftning gällande att utvinna fosfor ur askan efter förbränning.

Sex av de studerade länderna har en betydande mängd slamspridning på åkermark. I denna grupp var det fyra länder; Storbritannien, Danmark, Norge och Kanada, som inte heller visade några tendenser till att vilja minska andelen åkermarksspridning (gränsvärdesgruppen).

Finland och Sverige är två länder (utredningsgruppen) med betydande mängd slamspridning men går i riktningen mot att minska denna mängd och mot återvinning av fosfor. Finland stödjer sig på en ny policy och Sverige stödjer sig på en utredning som har gett förslag på ny lagstiftning.

Studien visade också nuläget med avseende på etablerade anläggningar. Utvinning av fosfor ur avloppsvatten i form av struvit har redan byggts på ett flertal avloppsreningsverk, i regel för att snarare minska driftskostnaderna än att specifikt uppnå mål om att återvinna fosfor. En fullskalanläggning för fosforutvinning från aska är under uppbyggnad utanför Hamburg, och två liknande finns på planeringsstadiet (i Sverige och Schweiz). Avsaknad av lagstiftning, styrning eller ekonomiska incitament har medfört att återvinning av kväve ännu inte har tagit fart även om det finns exempel på utbyggnader av källsorterande system och återvinning av kväve vid reningsverk på enskilda platser. Det behövs en harmonisering mellan lagstiftade krav och styrmedel för återvinning även av andra växtnäringsämnen än fosfor eftersom det i nuläget saknas ekonomiska drivkrafter att recirkulera.

En annan iakttagelse av Kärrman m fl (2019) var att växtodlarna inte alls är med i processen då avloppssektorn försöker välja väg för att återvinna näringsämnen ur avloppsfraktioner som når deras avloppsreningsverk. Frågan måste hanteras från båda håll eftersom återvinningen av näringsämnena blir meningslös om det inte finns en marknad för återvunna produkter för användning på produktiv åkermark. Myrbeck & Lundin, (2019) drar slutsatsen efter en litteraturgenomgång kring växttillgänglighet av återvunna gödselprodukter att kvalitetssäkring och på något vis standardiserade metoder för utvärdering av återvunna gödselprodukter måste utvecklas för att ge en rättvisande bild av hur de kan komma till användning inom jordbruket och jämföras med konventionella gödselmedel.

Kärrman m.fl. (2019) kunde också konstatera att Tyskland och Finland utmärker sig vad gäller satsningar på FoI. Ministeriet för utbildning och forskning (BMBF) i Tyskland har ett program kallat RePhoR för att utveckla koncept och finansiera fem till sex demo- eller fullskaleanläggningar med en total budget på 30 miljoner Euro. Anledningen är att man insett att den nya lagen om fosforåtervinning kommer att skapa nya och ökade kostnader för samhället och man vill på detta sätt hjälpa till med riktat stöd för forskning, utveckling och implementering. Stödet kan som längst utdelas till 2027. Finland har genomfört ett FoI-program för återvinning av näringsämnen (Raki2 2016-2019). Inom fosforåtervinning utmärks RAVITA som nyckelprojekt inom programmet och är en metod för kemisk fosforutvinning som ett sista steg på ett avloppsreningsverk. Projektet utgår från behov och möjligheter på de stora befintliga avloppsreningsverken i Finland som i regel inte har biologisk fosforering.

Större FoI-projekt på EU-nivå som pågår inom området är exempelvis Phos4Life som drivs av aktörer i Schweiz och Spanien med inriktning mot utvinning av fosfor från slamaska. Aktörer i Storbritannien koordinerar två Horizon 2020-projekt: SMART Plant och NextGen (<https://nextgenwater.eu>) där bland andra IVL deltar. Båda syftar bland annat till ökad återvinning av fosfor och kväve. Run4Life är ett annat Horizon-finansierat projekt som demonstrerar alternativa systemlösningar för att optimera återvinning av resurser ur avlopp genom decentraliserade system, med den största demo-sajten i Helsingborg. I Norge koordinerar NTNU projektet RECOVER som avslutas nu 2020 med fokus på återvinning av fosfor, kväve och energi från kommunalt avloppsvatten och slam

Den svenska statliga utredningen som presenterades i januari 2020, Hållbar slamhantering (SOU 2020:3), skapar både en ovisshet kring kommande krav men förtydligar också behovet av en övergång från linjära system till näringsämnen i en cirkulär ekonomi för att vi ska kunna uppfylla de Globala Hållbarhetsmålen. Vid FoI-agendans workshop i september 2019 uttryckte många VA-bolag behov av samordning och koordinering av insatser och resurser i projekt för att kunna skapa sig en faktabaserad uppfattning över vad som krävs av dem och empiriskt understött beslutsstöd inför att investera i en systemförändring och nya innovativa tekniklösningar.

En trend mot koordinering av forskning och innovation inom området syns genom samverkansinitiativ både inom länder men också länder emellan. Den Europeiska Plattformen, *European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP)*, samlar företag och behovsägare för att adressera utmaningar och möjligheter med en hållbar hantering av fosfor men också andra näringsämnen som är grundläggande för jordbruket och måste hanteras hållbart för hälsosamma vattendrag och ekosystem. Även i Nederländerna finns en plattform för samarbete kring hanteringen av näringsämnen. Tyskland har en etablerad fosforplattform. I Tjeckien, Italien, Irland, Norge, Schweiz och Storbritannien pågår enligt ESPP¹ en utveckling av dessa typer av nationella plattformar för att samla initiativ inom näringsåtervinning. I Sverige påbörjades etableringen av den Svenska Näringsplattformen år 2019, med syfte att koordinera insatser för att främja innovation.

Aktörer inom Svenska Näringsplattformen efterfrågar övergripande systemanalyser väl genomtänkta för sitt syfte och att samarbeta kring testuppställningar. Olika ansatser till och utveckling av metoder för bedömning av tilltänkta nya tekniker och systemlösningar är en viktig del av att navigera genom komplexa beslut och guida ny teknik (Mathews et

¹ <https://phosphorusplatform.eu/platform/nutrient-platforms>

al., 2019). Exempel på systemstudier som tagits fram som underlag inför viktiga beslut är IVL Svenska Miljöinstitutets två parallella projekt från 2019 som beräknat miljöpåverkan från tänkta framtida teknikkedjor för slambehandling med utgångspunkt i ett slamspridningsförbud och ett fosforåtervinningskrav (Grundestam, C., m.fl, 2020a och 2020b).

3 Utmaningar

Med en systemomställning till en mer cirkulär hantering av näringsämnen från avloppsströmmar kommer utmaningar som måste hanteras och övervinnas. Sammanställningen är ett resultat av den nämnda workshop som hölls i september 2019 och inbegriper samhällsutmaningar på övergripande nivå och utmaningar med innovation i allmänhet. De identifierade utmaningarna har delats in i Regelverk och övergripande faktorer, Ekonomi och marknadsaspekter, Teknikutveckling, Logistik och Lokal anpassning samt Kvalitet.

3.1 Regelverk och övergripande faktorer

En avsaknad av tydliga regelverk och policys medför svårigheter att fatta strategiska beslut exempelvis vid investering i ny teknik och nya processlösningar för näringsåtervinning. Det är också otydligt var gränsen mellan ansvariga aktörer går. Är det enbart VA-verksamheternas ansvar att utvinna näringsämnen och vem tar vid efter *utvinning* för att också möjliggöra *återvinning*? Vid avsaknad av regelverk riskerar debatter och beslut att styras av känslor istället för att baseras på en faktabaserad helhetssyn kring behov och syften.

Det är i högsta grad relevant att uppmärksamma kväve som viktig resurs för återvinning ur avlopp. Analys av de planetära gränserna visar att de geokemiska flödena av både kväve och fosfor globalt är för stora. Reserverna av naturgas, den viktigaste råvaran för produktion av mineralgödselkväve, är små och motsvarar 53 årsproduktioner (Jönsson 2019). Enligt Jönsson (2019) är reserverna för kalium och svavel mindre än fosfor, som definierats som en kritisk råvara inom EU och därför finns det anledning att beakta alla dessa näringsämnen i utvecklingen av regelverk och policys.

Utmaningarna som rör regelverk och övergripande faktorer sammanfattas i punktform:

- Avsaknad av regelverk om återvinning av näringsämnen medför svårigheter att fatta strategiska beslut om investeringar
- Riktlinjer saknas om hur man gör avvägning mellan olika nyttor, så som lokal och global miljönytta
- Oklarheter i ansvarsfördelning mellan olika aktörer i kedjan, dels mellan aktörer som representerar utvinning och återanvändning dels mellan verksamhetsutövare och tillsynsmyndigheter
- Oklarheter i definitionen kring vad som är avfall och vad som är produkt
- Avsaknad av faktabaserad helhetssyn och ett övergripande resursperspektiv i samband med näringsåtervinning
- Avsaknad av helhetssyn innebär att viktiga näringsämnen som exempelvis kväve, kalium och svavel riskerar att glömmas bort i debatten
- Oklart hur olika produkter med varierande kvalitet ska kvalitetssäkras
- Det behövs riktade statliga medel för att stimulera utveckling och innovation

3.2 Ekonomi och marknadsaspekter

Utvunna näringsprodukter från avloppsfraktioner behöver hålla jämn kvalitet för att konkurrera på en marknad med mineralgödsel som allt mer utvecklas mot precisionsodling för specifika grödor och jordar. Att få fram produkter med jämn kvalitet genom återvinning från avloppsvatten är en utmaning eftersom sammansättningen på avloppsvatten och slam skiljer sig mellan olika avloppsreningsverk och på grund av säsons- och dygnsvariationer. För att produkterna ska vara attraktiva för jordbruket är det viktigt att känna till växttillgängligheten på kort och lång sikt och att priset är konkurrensmässigt jämfört med liknande gödselprodukter. För detta behövs ekonomiska styrmedel eftersom kostnaderna för framtagande av utvunna produkter troligtvis kommer att vara betydligt högre till en början än priset på mineralgödsel.

Utmaningarna som rör ekonomi och marknadsaspekter sammanfattas:

- Marknaden för näringsämnen varierar geografiskt och över året
- Importen av mat och gödsel är betydande, och medför en tillförsel av både näringsämnen och föroreningar. Detta genererar en ackumulation av näringsämnen och föroreningar inom svenskt jordbruk
- Jordbrukarna är inte villiga att betala mer för gödselprodukter med ursprung i avlopp trots högre kostnader
- VA-sektorn står inför flera andra parallella utmaningar såsom läkemedelsrening, läckande ledningsnät, föråldrade anläggningar, vilket också kommer att kräva investeringar, varför det är svårt för politikerna att prioritera utifrån VA-taxan
- VA-systemen består av låsta systemlösningar genom väl etablerad infrastruktur och det saknas ofta ekonomi och möjlighet att skapa nya/ändra till, mer hållbara system
- Fokus på näringsämnen innebär en risk att glömma avloppsvattnets innehåll av mull
- Avloppsslam eller produkter med härkomst från avloppsvatten eller slam tillåts inte i ekologiska gödselmedel enligt EU, vilket begränsar marknaden för utvunna näringsämnen
- Utmanande att prioritera mellan miljö och ekonomi vid val av systemlösning
- Oklarheter kring vem som är problemägare och vem som får vinsten i olika delar av kedjan

3.3 Teknikutveckling

Flera VA-organisationer vittnar om att de får ständig uppvaktning från teknikleverantörer som erbjuder nya tekniklösningar för att lösa frågan om framför allt fosforåtervinning. Det uttrycks dock stor osäkerhet kring nya tekniklösningar, som ofta har låg teknisk mognadsgrad och som sällan är beprövade i full skala. VA-tjänstemännen vill inte riskera att välja fel, dels med avseende på kravbild eller konsekvenser i form av nya avfallsströmmar, ökad energi- och/eller kemikalieanvändning eller inlåsningseffekter i ohållbara systemlösningar.

Utmaningarna som rör teknikutveckling sammanfattas:

- Det är svårt för VA-organisationer att veta hur de ska förhålla sig till ny teknik

- Utveckling och upphandling av ny teknik bör ske i sådan takt att suboptimering och inlåsnings effekter i möjligaste mån undviks
- Teknikmognad och skalbarhet hos tekniklösningar är svåra att utvärdera
- Entreprenadavtal och andra affärsavtal innebär att VA-organisationer kan vara låsta under lång tid och förnyelse av avtal kan också bli extra svårt då nytt regelverk saknas
- Oklarheter kring vem som ska utveckla slutprodukter av utvunna näringsämnen
- Skillnader geografiskt i Sverige mellan små och stora kommuner, städer och landsbygd, mellan norr och söder, skapar behov av både lokala och regionala lösningar.

3.4 Logistik och lokal anpassning

I Sveriges finns stora skillnader i förutsättningar mellan storstäder och småstäder och landsbygd, utifrån antalet invånare och utifrån ekonomiska förutsättningar och personresurser som kan läggas på att driva fram nya mer hållbara systemlösningar. Förutsättningarna skiftar också på grund av skillnader i avstånd och skillnader i klimatet mellan de norra och södra delarna av landet. Det finns flera samarbetsinitiativ mellan stora och små VA-organisationer för att just stötta varandra och driva utvecklingen ihop. Avstånden mellan avloppsreningsverk, anläggningar för olika processteg i återvinningskedjan från avlopp tillbaka till åkermark och areal tillgänglig åkermark för spridning ser väldigt olika ut i landet. Det är en utmaning att identifiera rätt systemlösning utifrån alla dessa parametrar. Även närhet till industrier som möjliggör industriell symbios påverkar förutsättningarna

Utmaningarna som rör logistik och lokal anpassning sammanfattas:

- Optimering är komplicerat utifrån ett holistiskt resursperspektiv (inkluderat transporter, energi, material, aktörers lönsamhet och ekonomi)
- Att upphandla rätt lösning till befintliga system är komplext och kan inte generaliseras, aktuella förutsättningar hos den enskilda aktören såsom befintliga processteg på reningsverket och avstånd till andra aktörer är avgörande
- Hur kan de fysiska transportvägarna för slam, avvattat slam, torkat slam och aska bäst optimeras?
- Svårt att skapa lokala/regionala växtnäringsbalanser, på grund av import av foder och mat
- Det finns hotspots för ackumulation av näring, i storstäder och i djurtäta områden
- Det är svårt med helhetsbedömning av systemlösningar och övergripande resursutnyttjande i regionen, olika modeller för detta (ex. LCA) kräver mycket data som ibland inte ens finns, från många olika aktörer

3.5 Kvalitet

Vad behövs för att återvinning av näringsämnen också ska leda till återanvändning? Det finns ett självklart behov av kontinuerlig tillsats av växtnäringsämnen i jordbruket. Men vilka kvalitativa krav behöver ställas på de utvunna produkterna så att de ska ha ett faktiskt värde och för att det ska finnas en betalningsvilja för dem inom lantbruket?

Utmaningarna som rör kvalitet sammanfattas:

- Jordbrukssektorn efterfrågar produkter med jämn och hög kvalitet
- Oklarheter kring vilka kvalitetskrav (exempelvis föroreningsinnehåll och växtnäringens tillgänglighet) som ska ställas på en produkt och vilka kvalitetsparametrar som är rimliga att mäta
- Det är viktigt i jordbruket med produkter som möjliggör spridningsjämnhet och precision
- Odlingsmarker kräver balans mellan tillförsel och bortförsel av näringsämnen och det är därmed viktigt att veta vad som tillförs
- Kontroll och certifiering av olika avloppsfraktioner från reningsverk eller källsorterande system behöver hög trovärdighet
- Så länge mineralgödsel fortfarande finns på marknaden är det svårt att bedöma vad marknaden behöver

4 FoI-behov

Baserat på de utmaningar som diskuteras i kapitel 3 delades FoI-behoven som identifierats upp i fyra olika områden; Helhetsperspektiv, Samverkan, Ekonomi- och marknadsaspekter samt Teknikutveckling.

4.1 Helhetsperspektiv

För att uppnå största möjliga effektivitet, både miljömässigt och ekonomiskt, är det viktigt att ett helhetsperspektiv genomsyrar både regelverk och affärsmodeller kopplade till återvinning av näringsämnen ur avloppsströmmar. Med helhetsperspektiv menas att ta hänsyn till såväl uppströmsarbete, hantering av avloppsfraktioner vid avloppsreningsverk, slambehandling hos eventuell extern part, utvinning av näringsämnen ur avloppsfraktioner, produktifiering (ex. framtagande av ex. gödselprodukt), användning/återvinning av produkt och hantering av näringsämnen i stort som inte destruktivt inverkar på ekosystem.

Med ett helhetsperspektiv menas också att inkludera samtliga näringsämnen som kan vara av intresse för återvinning. Olika jordar och grödor har olika stort behov av olika näringsämnen, vilket visar på vikten av att inte fokusera på utvinning av ett näringsämne åt gången. Som exempel på fler näringsämnen än fosfor och kväve som är av vikt vid odling, och som finns i avloppsströmmar, kan nämnas kalium, svavel och järn. Även mullbildande ämnen, som finns naturligt i avloppsströmmar, bör beaktas eftersom detta är en betydande resurs för markens struktur vid odling av grödor.

En nationell växtnäringsstrategi för alla flöden i svenskt jordbruk, som tar hänsyn till resurshantering av samtliga näringsämnen av vikt för odling, skulle vara en stark vägvisare för att tydliggöra avloppsfraktioners roll inför en omställning. I växtnäringsstrategin bör återvinningsmål för fler näringsämnen än enbart fosfor definieras. En större samlad tvärvetenskaplig FoI-insats kopplad till återvinningsmålen bör sedan genomföras för att analysera hur omställningen till en cirkulär hantering av växtnäring ska genomföras i en verklighet där många samhällssektorer, såsom jordbruk och VA-huvudmän samverkar.

I avloppsfraktioner återfinns även varierande nivåer av oönskade ämnen, exempelvis tungmetaller, som en reflektion av de kemikalier som används i samhället. Dessa måste hanteras och på vilket sätt det görs är av vikt för hela värdekedjan.

För att undvika eventuell suboptimering rekommenderas framtagande av systemanalyser för att bedöma hållbarhet på systemnivå, exempelvis genom livscykelanalys- (LCA), livscykelkostnadsmodeller (LCC) och multikriterieanalys (MCA) (Ahlgren et al., 2020). LCA och LCC kan på ett standardiserat sätt genomföras för olika potentiella värdekedjor, och resultatet kan sedan ligga till grund för val av exempelvis återvinningsteknik och val av produkt att tillverka. Även känslighetsanalyser och riskanalyser bör genomföras som komplement till dessa metoder. Då det i dagsläget sker en snabb utveckling av olika tekniker för återvinning av näringsämnen ur avloppsströmmar är det viktigt att framtagna modeller kontinuerligt uppdateras för att innehålla korrekta data och för att fungera som relevant beslutsunderlag.

Vid utvärdering av resultatet från LCA- och LCC-modeller måste miljö- och ekonomiska aspekter ibland vägas mot varandra. För att underlätta och effektivisera beslutsgången är det i en sådan situation viktigt att det är klargjort hur denna avvägning ska göras. Ett sätt att strukturera den avvägningen och att skapa samsyn mellan olika aktörer i en komplex fråga är att göra en multikriterianalys.

Sammanfattningsvis finns behov av:

- Framtagande av en nationell växtnäringstrategi som skulle vara en vägvisare, vilket troligtvis också skulle underlätta skapande av de nya regelverk och affärsmodeller som kommer att behövas
- FoI-insatser på systemnivå där man studerar hela kedjan från ”bord till jord” utifrån ett helhetsperspektiv
- Beaktande av ett brett spektrum av näringsämnen och andra resurser i avloppsfraktioner för att undvika suboptimering och för att närma sig en cirkulär ekonomi

4.2 Samverkan

I arbetet i riktning mot en cirkulär ekonomi, samtidigt som vi kan stå inför ett förbud mot spridning av slam på åkermark, inklusive ett förbud mot användning av slam i anläggningsjord och som deponitäckning, krävs en i stort sett total omställning av dagens avloppsvattenhantering. För att effektivt kunna genomföra denna omställning förutsätts en god samverkan mellan olika aktörer i värdekedjan. Samverkan bör inkludera omvärldsanalys, kunskapsinhämtning, kunskapsutbyte och -spridning såväl som gemensamma forsknings- och utvecklingsprojekt. Omvärldsanalys är av stor vikt då liknande regelverk redan nyligen implementerats eller är på väg att implementerats i ett flertal länder.

För största möjliga samverkansseffekt kan detta arbete drivas genom exempelvis ett nätverk eller en plattform.

Sammanfattningsvis finns behov av:

- Plattformar med fokus på samverkan och kunskapsspridning mellan olika aktörer i värdekedjan.

4.3 Ekonomi och marknadsaspekter

För att möjliggöra en marknad för produkter innehållande näringsämnen med ursprung i avloppsströmmar krävs att dessa produkter kan konkurrera med dagens marknadsmässiga produkter. Det krävs dels att produkterna kan hålla en hög och jämn kvalitet i sig och dels att samma regelverk gäller för samtliga gödselmedel, även mineralgödsel. Det är oavsett viktigt att teknik som utvecklas för återvinning av näringsämnen möjliggör en konkurrerande och pålitlig produkt, miljömässigt och ekonomiskt.

Det är även viktigt att framtagen slutprodukt kan lagras utan försämring i kvalitet. På grund av rådande årstidsväxlingar i Sverige varierar behovet på marknaden över året,

medan råvaran, avloppsvattnet eller avloppsslammet, produceras jämnt och kontinuerligt över året.

Det behövs nya cirkulära affärsmodeller där aktörers roller och ägarskap i värdekedjan är klargjorda. Gemensamma lösningar regionalt och gemensam hantering av slammet, främst för mindre avloppsanläggningar, är en förutsättning för att uppnå en hållbar framtida slamhantering. Detta är också något som bör beaktas vid framtagande av nya affärsmodeller och olika aktörers roll i värdekedjan. Det finns ett behov av reglering även av kväveåtervinning ur avloppsströmmar, liknande det arbete som har utförts inom regeringsutredningen kopplad till återvinning av fosfor.

Jordbrukare som idag sprider avloppsslam på åkermark betalar inte något för denna produkt, och frågan är hur stor betalningsvilja som finns för andra produkter som härstammar från avloppsströmmar. Det finns ett behov av att klargöra vem som ska ha ansvar att driva en cirkulär användning av näringsämnen, vem som har ansvar för investering och drift av slambehandlings- och växtnäringsåtervinningsanläggningar och vilken aktör i kedjan som har ansvar för avloppsfraktionen i de olika stegen. Det behövs klargöras i vilket led som avloppsfraktionen övergår från att juridiskt klassas som avfall till att istället klassas som en produkt med ett värde. Det bör också utredas om det kan finnas eventuella andra avsättningsmöjligheter för avloppsfraktioner annat än för produktion av gödselmedel, och om detta då ska tillåtas om det kan minska recirkulationen av växtnäring till de ekologiska systemen.

Sammanfattningsvis finns behov av:

- Klargörande om kvalitetskrav från lantbruket och livsmedelsproducenter på återvunna växtnäringsprodukter
- Framtagande av nya affärsmodeller som också klargör olika aktörers roller och ägarskap

4.4 Teknikutveckling

I strävan mot en cirkulär ekonomi är det av stor vikt att fortsatt stimulera utveckling av teknik för återvinning av alla prioriterade näringsämnen. Utveckling av teknik som kan utvinna mer än ett näringsämne skulle också vara att föredra, för att undvika onödiga teknikinvesteringar, onödig ekonomisk belastning och onödig miljöpåverkan i form av energi- och resursförbrukning någon annan stans i systemet.

Mot bakgrund av ett framtida förbud mot spridning av avloppsslam på åkermark, samt ett krav på återvinning av fosfor från avloppsslam, pågår en intensiv teknikutveckling inom området. Tekniklösningarna är dock ännu i utvecklingsfas och det finns ofta få eller inga fullskaleinstallationer, varken i Sverige eller internationellt. En fortsatt teknikutveckling är därför av yttersta vikt, särskilt för uppfyllelse av det förväntade kravet på fosforåtervinning. För att möjliggöra bästa möjlig teknikutveckling är det viktigt att de krav som ställs syftar på funktion och inte på särskild, på förhand utvald teknik- det undviker inlåsningseffekter och möjliggör utveckling och framtagande av teknik som ännu kanske bara är på idéstadiet.

En positiv teknikutveckling gynnas av tillgång till fysiska testbäddar för experimentell verksamhet. Tillgång till oberoende fysiska testbäddar, som drivs av annan aktör än den

enskilde teknikleverantören, ger möjlighet till relevanta utvärderingar av olika tekniker, under jämförbara förhållanden. Tillgång till fysiska testbäddar ger också möjlighet att genomföra studier på hela eller delar av värdekedjan samtidigt, från inkommande avloppsvatten till slambehandling och näringsämnesåtervinning. Detta bidrar också till det viktiga helhetsperspektivet, som diskuterats i tidigare kapitel.

Det är också av vikt att fortsatt stimulera utveckling av teknik för återvinning av alla prioriterade näringsämnen. Utveckling av teknik som kan utvinna mer än ett näringsämne skulle också vara att föredra, för att undvika onödiga teknikinvesteringar, onödig ekonomisk belastning och onödig miljöpåverkan i form av energi- och resursförbrukning någon annan stans i systemet.

Sammanfattningsvis finns behov av:

- Generella krav på funktion och resultat oberoende av tekniklösning
- Tillgång till oberoende fysiska testbäddar för experimentell verksamhet
- Satsningar på teknik och systemlösningar som bidrar till recirkulation av fler näringsämnen

5 Slutsatser och rekommendationer

För att uppnå en mer cirkulär hantering av näringsämnen från avloppströmmar finns ett antal identifierade utmaningar som måste hanteras. Dessa utmaningar kan kortfattat sammanfattas i punktform enligt nedan:

- Det finns en avsaknad av helhetssyn på hur växtnäringsämnen bör hanteras i en cirkulär ekonomi
- Existerande regelverk och styrmedel gynnar inte implementering av cirkulära lösningar
- Det finns ingen utvecklad marknad för gödselprodukter som har ursprung i avloppsfraktioner
- Den teknik som behövs för cirkulär hantering av näringsämnen är mestadels omogen

De återvunna näringsprodukterna behöver ha en jämn och hög kvalitet för att kunna vara konkurrensmässiga på marknaden och samma kvalitetskrav bör ställas på samtliga gödselmedel för att skapa en rättvis marknad.

Utmaningarna kan bäst hanteras via ett helhetsperspektiv i form av FoI-insatser på systemnivå inkluderat hela värdekedjan, från ”jord till bord till jord”. Ett brett spektrum av näringsämnen och andra resurser bör beaktas för att uppnå effektivitet och närma sig en cirkulär ekonomi.

Baserat på ovan listade utmaningar har ett prioriterat FoI-behov identifierats som kan sammanfattas:

- Framtagande av en nationell växtnäringsstrategi för att beskriva hur växtnäring ska hanteras i en cirkulär ekonomi
- Framtagande av återvinningsmål för fler näringsämnen än fosfor, kopplat till växtnäringsstrategin (slamutredningens mål på 60% fosfor för reningsverk över 20 000 pe är bara en början, framförallt behöver återvinningsmål formuleras för även andra näringsämnen)
- En större samlad tvärvetenskaplig FoI-insats kopplad till återvinningsmålen bör genomföras för att analysera hur omställningen till en cirkulär hantering av växtnäring ska genomföras i en verklighet där många socioekonomiska system samverkar
- Stöd för skapande av affärsmodeller för optimal samverkan mellan olika aktörer i olika delar av värdekedjan
- Teknikutveckling och demonstrationer med inriktning på den bredare syn på cirkulär växtnäring som tagits fram i den föreslagna växtnäringsstrategin nämnd ovan

Referenser

Ahlgren S., Junestedt C., Ahlström M., Lundin E., 2020 Återvinning av växtnäringsämnen ur avloppsvatten – hur gör vi hållbarhetsbedömningar på bästa sätt. Ute på remiss. RISE Rapport 2020:16

Grundestam, C., Johansson, K., Mellin, A., Malmaeus, M., Rahmberg, M., 2020, Konsekvensbeskrivning för framtida slamhantering och fosforåtervinning - Livscykelanalys och ekonomiska beräkningar av två utvalda teknikkedjor för fosforåtervinning, IVL U 6218.

Hållbar slamhantering, 2020, Statens offentliga utredningar, SOU 2020:3.

Jönsson, H., 2019, Fosfor, kväve, kalium och svavel – tillgång, sårbarhet och återvinning från avlopp, Energi och teknik, 105.

Kärrman, E., Anderzén, C., von Bahr, B., Berg, J., Nilsson, J. (2019). Översikt över återvinning av fosfor och kväve från avlopp i nio utvalda länder, RISE Rapport 2019: 119, Stockholm.

Myrbeck, Å. och Lundin, E., 2019. Användning av recirkulerade fosforprodukter från avlopp - gödslings effekt och upplägg av odlingstester. RISE Rapportserie 2019:83, Uppsala.

Steffen, W et al 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Vol. 347, Issue 6223, 1259855

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 5608, 114 86 STOCKHOLM
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

RISE Rapport : 2020:54
ISBN: